



AVRUPA KOMİSYONU

Mevcut En İyi Teknikler
Referans Belgesi

Seramik Üretim Sanayii

Ağustos 2007

Bu belge, aşağıda öngörülen belgelerden biridir (bu belgenin hazırlandığı dönemde tüm belgeler tamamlanmamıştır):

Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesinin konusu	Kodu
Büyük Yakma Tesisleri	BYK
Mineral Yağ ve Gaz Rafinerileri	REF
Demir ve Çelik Üretimi	I&S
Demir İçeren Metallerin İşlenmesi Sanayii	FMP
Demir İçermeyen Metal Sanayii	NFM
Demircilik ve Döküm Sanayii	SF
Metal ve Plastiklerin Yüzey Sanayii	STM
Çimento ve Kireç Üretim Sanayii	CL
Cam Üretim Sanayii	GLS
Seramik Üretim Sanayii	CER
Büyük Hacimli Organik Kimyasal Sanayii	LVOC
Organik İnce Kimyasalların Üretimi	OFC
Polimer Üretimi	POL
Klor - Alkali Üretim Sanayii	CAK
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Amonyak, Asit ve Gübre Sanayii	LVIC-AAF
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Katılar ve Diğerleri	LVIC-S
Özel İnorganik Kimyasalların Üretimi	SIC
Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri	CWW
Atık Arıtma Sanayii	WT
Atık Yakma	WI
Madencilik Faaliyetlerinde Artık ve Atık Kayaların Yönetimi	MTWR
Kağıt Hamuru ve Kağıt Sanayii	PP
Tekstil Sanayii	TXT
Deri ve Post Tanenleme	TAN
Kesimhaneler ve Hayvansal Yan Ürün Sanayii	SA
Gıda, İçecek ve Süt Sanayii	FDM
Kümes Hayvanları ve Domuzlar İçin Yoğun Hayvancılık	ILF
Organik Çözücüler Kullanarak Yüzey İşleme	STS
Endüstriyel Soğutma Sistemleri	CV
Depolama Kaynaklı Emisyonlar	ESB
Referans Dosya	
Genel İzleme İlkeleri	MON
Ekonomik ve Ortamlar Arası Etkiler	ECM
Enerji Verimliliği Teknikleri	ENE

Belgelerin taslak ve tamamlanmış hallerinin elektronik versiyonları erişime açıktır ve <http://eippcb.jrc.es> adresinden indirilebilir

YÖNETİCİ ÖZETİ

‘Seramik Üretimi (CER)’ başlıklı MET (Mevcut En İyi Teknikler) Referans Belgesi, 96/61/AK sayılı Konsey Direktifi (IPPC-Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi) Madde 16(2) uyarınca gerçekleştirilen bilgi alışverişini yansıtmaktadır. İşbu yönetici özeti ile, temel bulgular, en önemli MET çıkarımları ve ilgili tüketim ve emisyon düzeyleri açıklanmaktadır. Belgenin amaçları, ne amaçla kullanılması gerektiğinin ve hukuki hususların açıklandığı önsöz ile birlikte okunmalıdır. Tek başına bağımsız bir belge olarak okunması da mümkündür; ancak bir özet olduğundan, belgenin bütününde söz konusu olan karmaşık durumların tamamını yansıtmaz. Dolayısıyla, MET karar verme süreçlerinde kullanılmak üzere dosyanın bütünü yerine geçen bir araç amacı taşımamaktadır. Burada, 4. ve 5. Bölümlerle bağlantılı okunmadığı sürece özeti doğru biçimde yorumlanamayacağı bir kez daha vurgulanmaktadır.

BELGENİN KAPSAMI

Bu belge, 96/61/AK sayılı Direktife ait Ek I Kısım 3.5’te belirtilen endüstriyel faaliyetlere değinmektedir. Yani:

‘3.5. Günlük üretim kapasitesi 75 tonun üzerinde olan ve/veya fırın kapasitesi 4 m³’ten fazla olan ve her bir fırının ortam yoğunluğu 300 kg/m³’ten yüksek olan ve başta çatı kiremitleri, tuğlalar, refrakter tuğlalar, pekişmiş çini veya porselen olmak üzere seramik ürünlerinin pişirilerek üretilmesine yönelik tesisler’.

Belgenin amaçları dahilinde, bu tanım kapsamına giren endüstriyel faaliyetler ‘seramik sanayii’ olarak anılacaktır. Seramik ürünleri (seramik) üretimine dayalı temel sektörler şunlardır:

- duvar ve zemin karoları,
- tuğlalar ve çatı kiremitleri,
- sofa ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler),
- refrakter ürünler,
- sıhhi tesisat gereçleri,
- teknik seramikler,
- vitriye kil borular,
- genleştirilmiş kil agregalar,
- inorganik bağlayıcı aşındırıcılar.

Bu belge, temel üretim faaliyetlerinin yanı sıra, emisyon ve kirlilik üzerinde doğrudan etkili olabilecek faaliyetleri de kapsamaktadır. Dolayısıyla, ham maddelerin hazırlanışından üretilen ürünlerin dağıtımına çeşitli faaliyetlere yer verilmiştir. Ham maddelerin çıkarılması gibi, birincil faaliyetle doğrudan ilişkili kabul edilmeyen belirli faaliyetlerden bahsedilmemiştir.

SERAMİK SANAYİİ

‘Seramik’ (seramik ürün) terimi, genellikle metalik olmayan bileşiklerden oluşan ve pişirme işlemiyle sabit hale getirilen inorganik materyaller (muhtemelen belirli oranda organik içeriğe de sahip olmak üzere) için kullanılır. Seramik, günümüzde kil bazlı materyallerin yanında, az miktarda kil içeren veya hiç kil içermeyen birçok ürünü kapsar. Seramikler sırlı veya sırsız, gözenekli veya vitriye olabilir.

Seramik kütlelerinin pişirilmesiyle, içeriklerindeki minerallerin genellikle yeni mineral karışımlarına ve camı fazlara süre-sıcaklık dönüşümleri tetiklenir. Seramik ürünlerin karakteristik özellikleri yüksek kuvvet, aşınmaya dayanıklılık, uzun hizmet ömrü, kimyasal eylemsizlik, zehirli olmama, ısı ve ateşe karşı direnç, (genellikle) elektrik direnci ve bazen spesifik gözenekliliktir.

Kil ham maddelerinin dağıtımı Avrupa’da yaygın olduğundan, tuğlalar gibi kısmen ucuz (ancak ağırlıkları nedeniyle taşıma maliyetleri yüksek) seramik ürünleri, Üye Devletlerin hemen hemen tamamında üretilmektedir. İnşaat gelenekleri ve miraslarına dair hususlar, birimlerin boyutlarının ülkeden ülkeye değişmesine neden olur. Daha yüksek fiyatları olan özel ürünler, genellikle gerekli ham maddelere ve bununla aynı derecede önemli olan beceri ve uzmanlık geleneklerine sahip olan az sayıda ülkede üretilir.

TEMEL ÇEVRESEL HUSUSLAR

Üretim sürecine bağlı olarak, seramik üretimi yapan fabrikalar hava, su ve karaya (atık olarak) salınan emisyonlara sebep olurlar. Bunun yanında, gürültü ve rahatsız edici kokular da çevreyi etkileyebilir. Hava kirliliği, atıklar ve atık suların türü ve miktarı çeşitli parametrelere bağlıdır. Bu parametreler, kullanılan ham maddeler, yardımcı maddeler, yakıtlar ve üretim yöntemleri olabilir:

- havaya emisyonlar: seramik ürünlerin üretimi partikül madde/toz, is ve gaz halindeki emisyonlara (karbon oksitler, azot oksitler, kükürt oksitler, inorganik flor ve klor bileşikler, organik bileşikler ve ağır metaller) neden olabilir.
- suya emisyonlar: proses atık suyu temel olarak mineral içeriklerden (çözünmeyen partikül madde) ve diğer inorganik materyallerden, az miktarlarda çeşitli organik materyallerden ve belirli ölçüde ağır metalden oluşur.
- proses kayıpları/atıkları: seramik ürünlerin üretiminden kaynaklanan proses atıkları genellikle çeşitli türlerdeki çamur, kırılmış mallar, kullanılmış alçı kalıplar, kullanılmış emici maddeler, katı haldeki kalıntılar (toz, kül) ve paketlenme atıklarıdır.
- enerji tüketimi/CO₂ emisyonları: seramik sanayisinin her sektöründe yoğun enerji kullanımı söz konusudur, zira prosesin en önemli aşamalarından biri 800 ila 2000 °C arasında değişen sıcaklıklarda pişirme sonrası kurutma işlemidir. Günümüzde pişirme için genellikle doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) (propan ve bütan) ve ekstra hafif fuel oil kullanılırken, brülörler için enerji kaynağı olarak ağır fuel oil, sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG), biyogaz/biyokütle, elektrik ve katı yakıtlar (örn. kömür, petrol koku) da kullanılabilir.

UYGULANAN PROSES VE TEKNİKLER

Seramik ürünlerin üretimi, oldukça çeşitli tür, boyut ve renklere sahip ham maddelerle ve farklı türlerdeki fırınlarda gerçekleştirilir. Duvar ve zemin karoları, ev kullanımına yönelik seramikler, sıhhi tesisat gereçleri ve teknik seramikler için genelde birden fazla pişirme aşaması uygulansa da, seramik ürünlerin genel üretim süreci oldukça tekdüzedir.

Genellikle, ham maddeler karıştırılır ve kalıba dökülür, preslenir veya ekstrüzyonla şekillendirilir. İyi karıştırma ve şekillendirme için sürekli su kullanılır. Bu su, kurutucularda buharlaştırılır ve ürünler, özellikle periyodik olarak çalıştırılan mekik tipi fırınlarda, elle fırına yerleştirilir veya sürekli olarak çalıştırılan tünel veya roller fırınlara gönderilen taşıyıcılara yerleştirilir. Genleştirilmiş kil agregaların üretimi için döner fırınlar kullanılır.

Pişirme esnasında ürünlerin doğru işlemlerden geçtiğinden emin olmak için yüksek doğruluklu bir sıcaklık gradyanı gereklidir. Sonrasında ise, ürünlerin ısılarını aşamalı olarak verebilmesi ve seramik yapılarını koruyabilmesi için kontrollü soğutma yapılmalıdır. Daha sonra ürünler paketlenir ve teslimat için depoya gönderilir.

EMİSYON VE TÜKETİM

Emisyonlar

Kil ve diğer seramik ham maddelerinin işlenmesinde toz oluşumu, özellikle kuru malzemeler kullanılıyorsa, kaçınılmazdır. Kurutma (püskürtmeli kurutma da dahil olmak üzere), ufalama (öğütme, çekme), eleme, karıştırma ve aktarma işlemlerinin her birinde ince bir toz ortaya çıkabilir. Ayrıca ürünün dekore edilmesi ve pişirilmesi veya pişirilen ürünün makineyle işlenmesi veya bitim işlemleri sırasında da toz oluşur. Toz emisyonları yalnızca yukarıda bahsedilen ham maddeler ile ortaya çıkmaz; yakıtlar da bu emisyonların havaya salınımına katkıda bulunur.

Kurutma ve pişirme sırasında ortaya çıkan gaz halindeki bileşikler, genel olarak ham maddelerden kaynaklanır, fakat yakıtlar da gaz halindeki kirleticilere katkıda bulunur. Bunlar özellikle SO_x, NO_x, HF, HCl, UOB (uçucu organik bileşikler) ve ağır metallerdir.

Proses atık suyu çoğunlukla üretim sürecinde kil materyallerin temizlenirken suda bekletilmeleri ve ekipman temizliği ile ortaya çıkar, ancak sulu çıkış gazı temizleyicilerinin kullanılmasında da suya emisyon salınımı gerçekleşir. Seramik karışımlarına doğrudan eklenen su, daha sonra kurutma ve pişirme aşamalarında havaya buharlaştırılır.

Proses kayıpları genellikle geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya proses gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesiste geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, diğer sanayilerde kullanılmak veya harici atık geri dönüşüm veya su tahliyesi tesislerine gönderilmek üzere tesisi terk eder.

Tüketim

Seramik üretiminde birincil enerji kullanımı fırında pişirmede gerçekleşir ve birçok proseste, ara veya şekillendirilmiş ürünlerin kurutulması da yoğun enerji tüketir.

Neredeyse tüm seramik proseslerinde su kullanılır; iyi kaliteli su kil ve sır bulamaçlarının, ekstrüzyonla şekillendirilecek kil kütlelerinin, kalıplanacak “çamurların” ve püskürtmeyle kurutulan tozların hazırlanması ve ıslak çekme/öğütme, yıkama ve temizleme işlemleri için çok önemlidir.

Seramik sanayiinde geniş çeşitliliğe sahip ham maddeler tüketilir. Bunlar, yüksek tonajlardaki temel şekillendirici materyalleri, çeşitli katkıları, bağlayıcıları ve daha az kullanılan yüzey uygulamalı dekoratif materyalleri içerir.

METİN BELİRLENMESİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLECEK TEKNİKLER

Seramik sanayiinde IPPC Direktifinin uygulanması konusundaki önemli hususlar suya ve havaya salınan emisyonların azaltılması, verimli enerji, ham madde ve su kullanımı, proses kayıplarının/atıklarının en aza indirilmesi, geri kazanımı ve geri dönüşümü ve ayrıca, etkin yönetim sistemleridir.

Yukarıda belirtilen hususlar, çeşitli prosese entegre ve boru sonu teknikler ile, dokuz ayrı seramik sektöründeki uygulanabilirlikleri göz önünde bulundurularak ele alınmaktadır. Bu bağlamda, kirliliği önleme ve kontrol konusunda yaklaşık 50 teknik, aşağıdaki yedi konu başlığı altında bu belgede sunulmuştur.

Enerji tüketiminin azaltılması (enerji verimliliği)

Enerji kaynağı, pişirme tekniği ve ısıнын geri kazanımı yöntemi konusundaki seçimler, fırının tasarımında temel konular olup, aynı zamanda üretim sürecinin çevre performansını ve enerji verimliliğini etkileyen faktörlerdendir.

Enerji kullanımının azaltılması için ayrı ayrı veya beraber uygulanması mümkün olan temel teknikler aşağıda sıralanmış ve bu belgede detaylarıyla tartışılmıştır:

- fırın ve kurutucuların iyileştirilmiş tasarımı
- fırınlardan çıkan fazla ısının geri kazanımı
- kojenerasyon/kombine ısı ve elektrik santralleri
- ağır fuel oil ve katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlar ile ikamesi
- seramik kütlelerin modifikasyonu

Toz emisyonları (partikül madde)

Difüz ve kanalize haldeki toz emisyonlarının engellenmesine yönelik, ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek teknikler ve tedbirler tanımlanmıştır. Bunlar:

- tozlu işlemlere yönelik tedbirler
- toplu depolama alanlarına yönelik tedbirler
- ayırma/filtreleme sistemleridir.

Gaz halindeki bileşikler

Gaz halindeki hava kirleticilerinin (özellikle SO_{xx}, NO_{xx}, HF, HCl, UOB) emisyonlarını önlemeye yönelik, ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek birincil ve ikincil tedbirler ve teknikler açıklanmıştır. Bunlar:

- kirleticiye yol açan girdilerin azaltılması
- kalsiyum yönünden zengin katkıların eklenmesi
- proses optimizasyonu
- soğurma sistemleri (adsorberlar, absorberlar)
- son yakma.

Proses atık suyu

Proses atık suyunun (emisyon ve tüketim) azaltılmasına yönelik hedefler ve çözümler, proses optimizasyon tedbirleri ve proses atık su arıtma sistemleri olarak açıklanmıştır. Proses atık su emisyonlarının ve su tüketiminin azaltılması için, bu tedbirler genellikle birlikte uygulanır.

Proses kayıpları/atıkları

Seramik ürünlerin imalatında ortaya çıkan çamur ve katı proses kayıpları/katı atıkların azaltılmasına yönelik hedefler ve çözümler, proses optimizasyonu, geri dönüşüm ve yeniden kullanım tedbirleri/teknikleri halinde açıklanmıştır. Proses kayıplarının/atıklarının azaltılması için, genellikle bu tedbirler/teknikler birlikte uygulanır.

Gürültü konusundaki genel hususlar

Seramik ürünlerinin imalatının bazı aşamaları sırasında meydana gelen gürültünün azaltılmasına yönelik imkanlar gösterilmiştir. Gürültü azaltımının genel bir özeti ve konuya genel bakış sunulmuştur.

Çevre yönetimi araçları/çevre yönetimi sistemleri (ÇYS)

ÇYS'ler, genel anlamda endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerinin en aza indirilmesi için son derece önemlidir ve seramikler için özel öneme sahip bazı tedbirler içerir. Dolayısıyla, bu belgede ÇYS'ler işletmecilerin tasarım, inşaat, bakım, işletme ve işletmeden çıkarma hususlarında sistematik ve gösterilebilir bir şekilde kullanabilecekleri araçlar olarak sunulmuştur.

SERAMİK ÜRETİMİNDE MET'LER

MET bölümü (5. Bölüm); özellikle 4. Bölümde verilen bilgilere dayanarak ve Direktif'te Madde 2(11) ile verilen mevcut en iyi teknikler tanımını ve Ek IV'te sıralanan hususları göz önünde bulundurarak genel anlamda MET olarak kabul edilen teknikleri belirler. Önsözde daha etraflı ifade edildiği üzere, MET bölümü emisyon sınır değerlerini belirlemez veya öngörmez; yalnızca MET'in kullanımı ve seçimi ile ilişkilendirilen tüketim ve emisyon değerlerini gösterir. Uygun izin koşullarının belirlenmesinde, söz konusu tesisin teknik özellikleri gibi yerel ve sahaya özel faktörler ile, coğrafi konum ve yerel çevresel koşullar hesaba katılmalıdır. Mevcut tesisler için ise, yükseltmelerinin ekonomik ve teknik uygunluğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Aşağıdaki paragraflarda, en güncel çevresel hususlara ilişkin, seramik üretim sanayiinin anahtar MET çıkarımları özetlenmiştir. MET çıkarımları iki düzeyde açıklanmıştır. Kısım 5.1'de, genel anlamda seramik sanayiinin tamamına uygulanabilir olan genel MET çıkarımları sunulmuştur. Kısım 5.2'de ise, kapsam altına alınan dokuz ana seramik sektörüne yönelik özel MET çıkarımları yer almaktadır. Belirli bir tesis için 'Mevcut En İyi Teknikler', ilgili bölümde genel ve sektöre özel kısımlarda sıralanan teknikler ve tedbirlerin birinin veya birkaç tanesinin bir arada uygulanması olacaktır.

Bu Yönetici Özetiinde, belgedeki MET çıkarımlarının kısa bir özetlerinin verilmiş olduğuna dikkat edilmelidir. İlgili MET çıkarımlarının tamamını okumak için, belgenin 5. Bölümünde yer alan ilgili kısımlara bakınız.

Genel MET

Genel MET kısmı, bu belgede detaylıca tanımlanmış ve açıklanmış olan dokuz sektörün tamamına yönelik genel MET'lerden oluşur.

Bu Yönetici Özetiinde, belgedeki MET çıkarımlarının kısa bir özetlerinin verilmiş olduğuna dikkat edilmelidir. Bu MET özetinin ve özetinde bahsedilen ilgili MET İES (MET ile ilişkili emisyon seviyeleri) aralıklarının, belgenin 4. Bölümüyle ve 5. Bölümde verilen MET çıkarımlarının tamamıyla bağlantılı okunmadığı sürece doğru biçimde yorumlanamayacağını tekrar vurgulamakta fayda vardır.

Çevre yönetimi:

Belgenin 5.1.1 Kısımında verilen özellikleri kapsayan, mevcut koşullara uygun bir Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) uygulanması ve buna bağlı kalınması.

Enerji tüketimi:

Belgenin 5.1.2a Kısımında sıralanan ve aşağıda verildiği şekilde özetlenebilecek olan belirli tekniklerin bir arada kullanılmasıyla enerji tüketiminin azaltılması:

- fırın ve kurutucuların iyileştirilmiş tasarımı
- özellikle soğutma alanlarından olmak üzere, fırınlardan çıkan fazla ısının geri kazanımı
- fırınla pişirme prosesinde yakıt değişimine gidilmesi (ağır fuel oil ve katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlar ile ikamesi)
- seramik kütlelerin modifikasyonu

Ekonomik olarak uygulanabilir olan enerji düzenleme programları dahilinde, kullanılabilir ısı talebi temeline dayanan kojenerasyon/kombine ısı ve elektrik santralleri ile birincil enerji tüketiminin azaltılması.

Difüz toz emisyonları:

Belgenin 5.1.3.1 Kısımında sıralanan ve toplu depolama alanları için tedbirler ve tozlu işlemlere yönelik tedbirler olarak özetlenebilecek olan çeşitli tekniklerin birlikte uygulanmasıyla difüz toz emisyonlarının azaltılması.

Kurutma, püskürtmeli kurutma ve pişirme harici tozlu işlemlerden kaynaklanan kanalize toz emisyonları:

Tozlu işlemlerden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının torbalı filtre kullanımıyla 1 – 10 mg/m³ arası ortalama değere düşürülmesi. İşletim koşullarına bağlı olarak bu aralık daha geniş olabilir.

Kurutma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları:

Kurutucunun temizlenmesi, kurutucuda toz kalıntılarının birikmesinin engellenmesi ve uygun bakım protokollerinin uygulanmasıyla kurutma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 20 mg/m³ aralığında tutulması.

Fırında pişirme işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları:

Belgenin 5.1.3.4 Kısımında sıralanan tekniklerin birlikte uygulanmasıyla pişirme prosesleri sırasında çıkan baca gazından kaynaklanan toz emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 20 mg/m³'e düşürülmesi. Bu teknikler, düşük küllü yakıtların kullanılması ve pişirilecek malzemelerin harmanı sırasında ortaya çıkan tozun en aza indirilmesi olarak özetlenebilir.

Filtre yardımıyla kuru baca gazı temizliği yapılarak temizlenen baca gazındaki toz emisyonu seviyesinin 20 mg/m³'ün altında olmasının sağlanması ile, kaskad tipi dolgulu yataklı adsorber kullanılarak temizlenen baca gazındaki toz emisyonu seviyesinin 50 mg/m³'ün altında olmasının sağlanması MET'tir (genleştirilmiş kil agregalar için sektöre özel MET'e bakınız).

Gaz halindeki bileşikler, birincil tedbirler/teknikler:

Belgenin 5.1.4.1 Kısımında sıralanan tekniklerin ayrı ayrı veya birlikte uygulanmasıyla pişirme işlemleri sırasında çıkan baca gazından kaynaklanan gaz halindeki bileşiklerin (HF, HCl, SO_x, UOB, ağır metaller) emisyonlarının azaltılması. Bu teknikler, kirlетici öncü girişinin azaltılması ve ısıtma eğrisinin optimizasyonu olarak özetlenebilir.

Fırında pişirme ile çıkan baca gazlarından kaynaklı NO_x emisyonlarının, belgenin 4.3.1 ve 4.3.3 kısımlarında sıralanan birincil tedbirler/tekniklerin birlikte uygulanması yoluyla; NO₂ için 1300 °C'nin altındaki fırın gazı sıcaklıkları için belirtilen günlük değer olarak 250 mg/m³'ün altında, veya 1300 °C ve üzeri fırın sıcaklıkları için ise belirtilen günlük değer olarak 500 mg/m³'ün altında tutulması (genleştirilmiş kil agregalar için sektöre özel MET'e bakınız).

Kojenerasyon motorlarının çıkış gazlarındaki NO_x emisyonlarının, proses optimizasyon tedbirleri uygulanması yoluyla NO₂ için belirtilen günlük değer olarak 500 mg/m³'ün altında tutulması.

Gaz halindeki bileşikler, tek başına ve birincil tedbirler/tekniklerle beraber kullanılmak üzere ikincil tedbirler/teknikler:

Fırında pişirme işlemlerinden kaynaklanan baca gazlarındaki gaz halindeki inorganik bileşiklerin emisyonunun, belgenin 5.1.4.2 Kısımında sıralanan çeşitli tekniklerden biri uygulanarak azaltılmasıdır ve kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberler ve filtre yardımıyla kuru baca temizliği olarak özetlenebilir.

5.1.4.2 Kısımından alınan aşağıdaki tablo, belgenin 5.1.4.1a Kısımında verilen birincil tedbirler/tekniklerin ve/veya 5.1.4.2 Kısımında verilen ikincil tedbirlerin/tekniklerin birlikte uygulanması yoluyla elde edilen, fırınla pişirme işlemlerinden kaynaklanan baca gazlarındaki gaz halindeki inorganik bileşikler için MET emisyon seviyelerini göstermektedir.

Parametre	Günlük ortalama değerin birimi	MET İES ¹⁾
HF olarak belirtilen Florür	mg/m ³	1 – 10 ²⁾
HCl olarak belirtilen Klorür	mg/m ³	1 – 30 ³⁾
SO ₂ olarak belirtilen SO _x Ham maddedeki kükürt içeriği % J0,25	mg/m ³	<500
SO ₂ olarak belirtilen SO _x Ham maddedeki kükürt içeriği >% 0,25	mg/m ³	500 – 2000 ⁴⁾
¹⁾ Aralıklar, ham maddelerdeki kirleticinin (öncü) içeriğine dayanır; yani ham maddesindeki kirleticisi (öncü) içeriği az olan seramik ürünlerin pişirilme prosesleri için, aralıktaki düşük seviyeler MET iken, ham maddesindeki kirleticisi (öncü) içeriği yüksek olan seramik ürünlerin pişirilme prosesleri için MET İES aralıktaki yüksek seviyelere tekabül eder.		
²⁾ Ham maddenin özelliklerine bağlı olarak, yüksek MET seviyesi daha düşük olabilir.		
³⁾ Ham maddenin özelliklerine bağlı olarak, yüksek MET seviyesi daha düşük olabilir. Ayrıca, yüksek MET İES, atık suyun yeniden kullanımının önüne geçmemelidir.		
⁴⁾ Yüksek MET düzeyleri yalnızca aşırı yüksek kükürt içeriğine sahip ham madde için geçerlidir.		

Proses atık suyu (emisyonlar ve tüketim):

Belgenin 4.4.5.1 Kısımında sıralanan ve ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan proses optimizasyon tedbirlerinin uygulanması yoluyla su tüketiminin azaltılması.

Proses atık suyun; üretim sürecinde yeniden kullanılmak veya doğrudan su yoluna ya da dolaylı olarak belediye atık su kanalizasyon sistemine boşaltılmak üzere yeterli seviyede temizlendiğinden emin olmak için, belgenin 4.4.5.2 Kısımında sıralanan ve ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan proses atık suyu arıtma sistemlerinin uygulanması yoluyla temizlenmesi.

5.1.5 Kısımından alınan aşağıdaki tablo, atık su boşaltımında kirleticilerin MET ile ilişkili emisyon seviyelerini göstermektedir:

Parametre	Birim	MET İES (2 saatlik kompozit numune)
Askıda katı madde	mg/l	50,0
AOX	mg/l	0,1
Kurşun (Pb)	mg/l	0,3
Çinko (Zn)	mg/l	2,0
Kadmiyum (Cd)	mg/l	0,07

Proses suyunun %50'sinden fazlası üretim süreçlerinde yeniden kullanıldıysa; üretim miktarı (kg cinsinden işlenmiş ham madde) başına spesifik kirleticisi yükünün, %50'den az orandaki suyun geri dönüşümüyle ortaya çıkan kirleticisi yükünden yüksek olmaması kaydıyla, bu kirleticilerin daha yüksek konsantrasyonları da MET İES olabilir.

Çamur:

Çamur geri dönüşüm sistemleri uygulanması ve/veya çamurun diğer ürünlerde değerlendirilmesi ile çamurun geri dönüşümü/yeniden kullanımı.

Katı proses kayıpları/katı atıklar:

Belgenin 5.1.7 Kısımında sıralanan ve aşağıda verildiği şekilde özetlenebilecek olan belirli tekniklerin bir arada kullanılmasıyla katı proses kayıplarının/katı atıkların azaltılması:

- harmanlanmamış ham maddelerin geri beslemesi
- kırılmış ürünlerin üretim sürecine geri beslemesi
- katı proses kayıplarının diğer sanayilerde kullanımı
- pişirmenin elektronik olarak kontrol edilmesi
- optimize edilmiş ayarlamaların yapılması.

Gürültü:

Belgenin 5.1.8 Kısımında sıralanan ve aşağıda verildiği şekilde özetlenebilecek olan belirli tekniklerin bir arada kullanılmasıyla gürültünün azaltılması:

- birimlerin etrafının kapatılması
- birimlerin vibrasyon yalıtımının sağlanması
- susturucular ve yavaş dönen fanların kullanılması
- pencere, kapı ve gürültülü birimlerin komşulardan uzak yerlerde konumlandırılması
- pencere ve kapıların ses yalıtımının sağlanması
- pencere ve kapıların kapalı tutulması
- gürültülü faaliyetlerin (dış mekan) yalnızca gün içerisinde gerçekleştirilmesi
- tesisin bakımının düzgün yapılması.

Sektöre özel MET

Sektöre özel MET kısmı, bu belgede detaylıca tanımlanmış ve açıklanmış olan dokuz sektörün her birine yönelik özel MET'ten oluşur. Bu MET özetinin ve özette bahsedilen ilgili MET İES (MET ile ilişkili emisyon seviyeleri) aralıklarının, belgenin 4. Bölümüyle ve 5. Bölümde verilen MET çıkarımlarının tamamıyla bağlantılı okunmadığı sürece doğru biçimde yorumlanamayacağını tekrar vurgulamakta fayda vardır.

Kanalize toz emisyonları:

Duvar ve zemin karoları, ev kullanımına yönelik seramikler, sıhhi tesisat gereçleri, teknik seramikler, vitrifiye kil borular:

Püskürtmeli sırlama işlemlerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının torbalı filtre veya sinterlenmiş katmanlı filtre kullanımıyla 1 – 10 mg/m³ arası ortalama değere düşürülmesi.

Duvar ve zemin karoları, ev kullanımına yönelik seramikler, teknik seramikler:

Püskürtmeli kurutma işlemlerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının yarım saatlik değerlerinin; torbalı filtre kullanımıyla 1 – 30 mg/m³e, veya mevcut tesislerde durulama suyunun yeniden kullanılabilir olması halinde ıslak toz seperatörleri ile siklonların beraber kullanılmasıyla 1 – 50 mg/m³e düşürülmesi.

Genleştirilmiş kil agregalar:

Elektrostatik ayırıcılar veya ıslak toz seperatörlerinin kullanılmasıyla, sıcak çıkış gazlarından kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının günlük ortalama değerinin 5 – 50 mg/m³e düşürülmesi.

Fırında pişirme işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları:

Duvar ve zemin karoları:

Torbalı filtreyle kuru baca gazı temizliği yapılarak, fırınla pişirme işlemlerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan toz emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 5 mg/m³e düşürülmesi.

Gaz halindeki bileşikler/birincil tedbirler/teknikler:Tuğlalar ve çatı kiremitleri:

Kalsiyum yönünden zengin katkıların eklenmesi yoluyla, fırınla pişirme işlemlerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan gaz bileşiklerin (HF, HCl, SO_x,) emisyonlarının azaltılması.

Genleştirilmiş kil agregalar:

Birincil tedbirlerin/tekniklerin birlikte kullanılması yoluyla, döner fırınla pişirme işlemlerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan NO_x emisyonlarının; NO₂ için belirtilen günlük ortalama değer olan 500 mg/m³'ün altında tutulması.

Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler:Duvar ve zemin karoları, ev kullanımına yönelik seramikler, sıhhi tesisat gereçleri, teknik seramikler:

Özellikle düşük baca gazı akış hızları (18000 m³/saatten az) ve ham gazların HF (SO₂, SO₃, HCl) ve diğer tozlar hariç inorganik bileşik konsantrasyonunun az olduğu durumlar için; modül adsorberlerin uygulanmasıyla fırınla pişirme işlemlerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan gaz halindeki inorganik bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.

Duvar ve zemin karoları:

Torbalı filtreyle kuru baca gazı temizliği yapılması gibi yöntemlerle, fırınla pişirme işlemlerinden çıkan baca gazlarının HF emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 5 mg/m³'e düşürülmesi.

Uçucu organik bileşikler:Tuğlalar ve çatı kiremitleri, refrakter ürünler, teknik seramikler, inorganik bağlayıcı aşındırıcılar:

Tek veya üç odalı bir termoreaktörde termal son yakma uygulama yoluyla; fırınla pişirme işlemlerinden çıkan ve ham gazın kompozisyon ve sıcaklık gibi özelliklerine bağlı olarak, ham gaz konsantrasyonu 100 ila 150 mg/m³'ün üzerinde olan baca gazlarının uçucu organik bileşiklerinin emisyonlarının toplam C'nin belirtilen günlük ortalama değeri olarak 5 – 20 mg/m³'e düşürülmesi.

Organik bileşiklerle işlenen refrakter ürünler:

Aktif karbon filtrelerinin kullanılmasıyla, organik bileşiklerle işleme sonucu çıkan düşük hacimli çıkış gazlarındaki uçucu organik bileşiklerin emisyonlarının azaltılması. Yüksek hacimli çıkış gazları için MET, organik bileşiklerle işleme sonucu meydana gelen uçucu organik bileşiklerin emisyonlarının, termal son yakma ile 5 – 20 mg/m³'e düşürülmesidir.

Proses atık suyunun yeniden kullanılması:Duvar ve zemin karoları, ev kullanımına yönelik seramikler, sıhhi tesisat gereçleri:

Proses optimizasyon tedbirlerinin ve proses atık suyu arıtma sistemlerinin birlikte uygulanması yoluyla, proses atık suyunun %50-100'lük (üretilecek karonun türüne bağlı olmak üzere duvar ve zemin karoları için) veya %30-50'lik (ev kullanımına yönelik seramikler ve sıhhi tesisat gereçleri için) geri dönüşüm oranlarıyla üretim sürecinde yeniden kullanılması.

Çamurun yeniden kullanılması:

Duvar ve zemin karoları:

Uygulanabilir olması durumunda çamur geri dönüşüm sistemi kurularak, proses atık suyunun arıtılmasıyla ortaya çıkan çamurun, seramik kütlenin hazırlık işlemlerinde kütlenin ağırlıkça %0,4 - 1,5'i oranında eklenerek yeniden kullanılması.

Katı proses kayıpları/katı atıklar:

Duvar ve zemin karoları, ev kullanımına yönelik seramikler, sıhhi tesisat gereçleri, refrakter ürünler:

Aşağıdaki tedbirlerin birinin veya birkaçının birlikte kullanılarak, şekillendirmede kullanılmış alçı kalıplar halindeki katı proses kayıplarının/katı atıkların azaltılması:

- alçı kalıpların polimer kalıplarla değiştirilmesi
- alçı kalıpların metal kalıplarla değiştirilmesi
- vakumlu alçı mikserleri kullanılması
- kullanılmış alçı kalıpların diğer sanayilerde yeniden değerlendirilmesi.

GELİŞTİRİLMEKTE OLAN TEKNİKLER

Çevresel etkilerin en aza indirilmesi için geliştirme aşamasında olan veya sınırlı ölçüde kullanılan teknikler, geliştirilmekte olan teknikler olarak kabul edilmektedir. Bunlardan beş tanesi 6. Bölümde tartışılmıştır:

- radyant tüplü brülörler
- mikrodalga destekli pişirme ve mikrodalga kurutucular
- refrakter ürünlere yönelik yeni tip bir kurutma sistemi
- entegre sır geri kazanımlı gelişmiş proses atık su yönetimi
- yüksek kalite sofa porselenleri için kurşunsuz sırlama.

SON DEĞERLENDİRMELER

Son Değerlendirmeler Bölümünde; bu belgenin geliştirilmesine dair kilometre taşlarına ve seramik sanayiine yönelik MET önerilerinde ne derecede fikir birliğine ulaşıldığına dair bilgilendirme yapılmış ve özellikle bilgi alışverişinin gerçekleştirildiği dönemde sağlanmamış, dolayısıyla göz önünde bulundurulamamış olan verilerle ilgili bilgi açıklarına yer verilmiştir. İleri araştırmalara ve son olarak da seramik üretimine dair BREF'in güncellenmesine yönelik tavsiyelerde bulunulmuştur.

AK, Araştırma ve Teknolojik Geliştirme programları ile temiz teknolojiler, geliştirilmekte olan atık su arıtma ve geri dönüşüm teknolojileri ve yönetim stratejilerini konu alan bir dizi projeyi faaliyete geçirmekte ve desteklemektedir. Bu projelerin gelecekteki BREF incelemelerine faydalı katkılarda bulunması olasıdır. Dolayısıyla, okuyucuların bu belgenin kapsamıyla ilgili araştırma sonuçları konusunda EIPPCB'yi (Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu) bilgilendirmeleri rica olunur (ayrıca bkz. belgenin önsözü).

ÖNSÖZ

1. Belgenin Statüsü

Bu belgede “Direktif’e yapılan atıflar, aksi belirtilmediği sürece, 96/61/AK sayılı ve entegre kirlilik önleme ve kontrol konulu Avrupa Konseyi Direktifine yapılmıştır. Direktif, işyerinde sağlık ve güvenlik ile ilgili Topluluk hükümlerine hâlel getirmeksizin uygulandığından, bu belge için de aynı geçerlidir.

Bu belge, AB Üye Devletleri ile endüstriler arasında mevcut en iyi teknikler (MET), ilgili izleme faaliyetleri ve gelişmeler konularında gerçekleştirilen bilgi alışverişlerinin sonuçlarını sunan bir dizi belgenin bir parçasını oluşturmaktadır. Direktifin 16(2) sayılı maddesi uyarınca Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanmıştır; dolayısıyla “mevcut en iyi teknikler” belirlenirken Direktifin Ek IV’üne uygunluk dahilinde dikkate alınmalıdır.

2. IPPC Direktifi ile ilgili yasal yükümlülükler ve MET tanımı

Okuyucunun bu dokümanın tasarlandığı hukuki bağlamı anlamasına yardımcı olmak için, “mevcut en iyi teknikler” teriminin tanımı da dahil olmak üzere, IPPC Direktifinin ilgili hükümlerinden bazıları bu önsözde açıklanmıştır. Bu açıklamalar, kaçınılmaz olarak eksiktir ve yalnızca bilgi amaçlıdır. Hiçbir yasal niteliğe sahip değildir ve Direktifin esas hükümlerini hiçbir şekilde değiştirmez veya bunlara hâlel getirmez.

Direktifin amacı, Ek I’de listelenen faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin entegre bir şekilde önlenmesi ve kontrolünü sağlamak ve böylece çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlamaktır. Direktifin yasal temeli çevre korumaya ilişkindir. Uygulamasında Topluluk endüstrisinin rekabetçiliği gibi diğer Topluluk hedefleri de dikkate alınmalı ve böylece sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlanmalıdır.

Daha özel anlamda, hem işletmecilerin hem de düzenleyicilerin tesisin kirlileme ve tüketim potansiyeline entegre ve genel bakışını gerektiren belirli endüstriyel tesis kategorileri için bir izin sistemi öngörür. Böylesi bir bütüncül yaklaşımın genel amacı, bir bütün olarak çevre için yüksek düzeyde bir koruma sağlamada endüstriyel süreçlerin yönetimini ve kontrolünü iyileştirmek olmalıdır. Bu yaklaşımın merkezinde; işletmecilerin, özellikle çevresel performanslarını iyileştirmelerini sağlayan mevcut en iyi teknikleri uygulayarak kirliliğe karşı tüm uygun önleyici tedbirleri almaları gerektiğine dair 3. Maddede verilen genel prensip yer almaktadır.

“Mevcut en iyi teknikler” terimi, Direktifin 2(11) Maddesinde “faaliyetlerin geliştirilmesi ve bu faaliyetlerin; prensipte, emisyonların ve bir bütün olarak çevre üzerindeki etkilerin önlenmesi veya önlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda genel anlamda azaltılması amacıyla tasarlanmış olan emisyon sınır değerlerine temel oluşturacak özel tekniklerin pratik uygunluğunu gösteren işletmelerinde en etkili ve ileri aşama” olarak tanımlanmıştır. Madde 2(11)’in devamında bu tanım, aşağıdaki ifadelerle daha da netleştirilmiştir:

“teknikler” hem kullanılan teknolojiyi, hem de tesisin tasarımının, inşasının, bakımını, işletiminin ve hizmet dışı bırakılmasının nasıl gerçekleştirildiğini içerir;

“Mevcut” teknikler, işletmecinin erişiminin makul olması kaydıyla söz konusu Üye Devlette üretilmiş veya kullanılmış olup olmamasından bağımsız olarak, maliyetler ve faydalar göz önünde bulundurularak teknik ve ekonomik açıdan uygun koşullar altında, ilgili endüstriyel sektörde uygulamayı mümkün kılan ölçekte geliştirilmiş tekniklerdir;

“En iyi” ise, çevrenin bir bütün olarak genel anlamda yüksek düzeyde korunması konusunda en etkili olan anlamına gelir.

Ayrıca, Direktifin Ek IV' kısmında, “tedbirin olası maliyet ve faydaları ile önlem alma ve korunma ilkelerini göz önünde bulundurularak...genel veya özel durumlar için mevcut en iyi tekniklerin belirlenmesinde dikkat edilecek hususlar” listesi de yer almaktadır. Bu hususlar, Komisyon tarafından Madde 16(2) uyarınca yayınlanan bilgileri içerir.

İzinlerin verilmesinden sorumlu yetkili makamların, izin koşullarını belirlerken 3. Maddede belirtilen genel ilkeleri dikkate almaları gerekmektedir. Bu koşullar, uygun olan yerlerde eşdeğer parametreler veya teknik tedbirlerle desteklenen veya değiştirilen emisyon sınır değerlerini içermelidir. Direktifin 9(4) Maddesi uyarınca söz konusu emisyon sınır değerleri, eşdeğer parametreler ve teknik tedbirler; çevresel kalite standartlarına uyum gösterilmesine hanel getirmeksizin, herhangi bir tekniğin veya özel bir teknolojinin kullanılmasını öngörmeyen ve ilgili tesisin teknik özelliklerini, coğrafi konumunu ve yerel çevresel koşulları dikkate alan mevcut en iyi tekniklere dayalı olmalıdır. Her halükârda, izin koşullarının uzun mesafeli veya sınır ötesi kirliliğin en aza indirilmesi ile ilgili hükümler içermesi ve çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlaması gerekmektedir.

Direktifin 11. Maddesi uyarınca Üye Devletler, yetkili makamların mevcut en iyi tekniklere dair gelişmeleri takip etmelerini veya bunlardan haberdar olmalarını sağlamakla yükümlüdür.

3. Belgenin Amacı

Direktifin 16 (2) Maddesi, Komisyonun “Üye Devletler ile mevcut en iyi teknikler, ilgili izleme faaliyetleri ve gelişmeler hakkında endüstriler arasında bilgi alışverişi” organize etmesini ve bu bilgi alışverişinin sonuçlarını yayınlamasını öngörür.

Bilgi alışverişinin amacı, Direktifin 25 sayılı gerekçesinde “mevcut en iyi teknikler konusunda Topluluk düzeyinde bilgi toplanması ve alışverişi; Topluluk içerisindeki teknolojik dengesizliklerin düzeltilmesine yardımcı olacak, Toplulukta kullanılan sınır değerlerin ve tekniklerin dünya çapında tanıtılmasını sağlayacak ve Üye Devletlere Direktifin etkili bir biçimde uygulanması konusunda yardım edecektir” şeklinde ifade edilmiştir.

Komisyon (Çevre Genel Müdürlüğü), Madde 16(2) kapsamındaki çalışmaya destek olmak amacıyla bir bilgi alışverişi forumu (IEF) kurmuş ve IEF çatısı altında bir dizi teknik çalışma grubu oluşturulmuştur. Madde 16(2)'de gerekli kılındığı üzere, hem IEF hem de teknik çalışma grupları Üye Devletlerden ve sanayiden temsilciler içerir.

Bu belgeler dizisinin amacı, Madde 16(2) ile gerekli kılındığı üzere gerçekleştirilen bilgi alışverişini doğru bir şekilde yansıtmak ve izinlerin verilmesinden sorumlu makama, izin koşullarını belirlerken göz önünde bulundurulacak referans bilgileri sağlamaktır. Mevcut en iyi tekniklere ilişkin bilgi sağlayan bu belgeler, çevresel performansı yönlendirme konusunda değerli bir araç görevi görmelidir.

4. Bilgi Kaynakları

Bu belge, Komisyonun çalışmalarına yardımcı olmak için kurulan ve hizmetleri Komisyon tarafından doğrulanan grupların uzmanlığı başta olmak üzere bir dizi kaynaktan toplanan bilgilerin özetini sunmaktadır. Tüm katkılar için teşekkür edilmektedir.

5. Belgenin anlaşılması ve kullanımı

Bu belgede sunulan bilgilerin, belirli durumlara dair MET'in belirlenmesinde girdi olarak kullanılması amaçlanmıştır. MET'in belirlenmesi ve MET temelindeki izin koşullarının düzenlenmesi esnasında, çevre için bir bütün olarak yüksek seviyede koruma sağlamaya dair genel hedef daima göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu bölümün geri kalanı, belgenin her bir bölümünde sağlanan bilgilerin türünü açıklar.

1. ve 2. Bölümler, seramik üretim sanayii ve bu sektörde kullanılan endüstriyel süreçler hakkında genel bilgi verir. 3. Bölüm, belgenin yazıldığı dönemdeki güncel tüketim ve emisyon seviyelerini yansıtarak mevcut tesislerin durumu ile ilgili veri ve bilgi sağlar.

4. Bölümde, MET ve MET temelli izin koşullarının belirlenmesinde en uygun olarak değerlendirilen emisyon azaltma teknikleri ve diğer teknikler daha ayrıntılı olarak açıklanır. Bu bilgiler; tekniğin kullanılmasıyla ulaşılabilecek tüketim ve emisyon seviyelerini, teknikle ilişkili genel maliyet ve ortamlar arası hususları ve tekniğin IPPC izni gerektiren çeşitli yeni, mevcut, büyük veya küçük tesislerde ne ölçekte uygulanabilir olduğunu kapsar. Ayrıca tekniğin seramik sanayiinin çeşitli sektörlerinde uygulanabilirliği de göz önüne alınmıştır. Genel olarak eski olarak görülen tekniklere yer verilmemiştir.

5. Bölüm, genel anlamda MET ile uyumlu olarak kabul edilen teknikleri ve tüketim ve emisyon seviyelerini göstermektedir. Burada Amaç, MET temelli izin koşullarının belirlenmesine veya Madde 9(8) kapsamındaki genel bağlayıcılığı olan kuralların oluşturulmasına yardımcı, uygun bir referans noktası olarak kabul edilebilecek tüketim ve emisyon seviyelerine ilişkin genel göstergeler sağlamaktır. Belgenin emisyon sınır değerleri öngörmediği bir kez daha vurgulanmalıdır. Uygun izin koşullarının belirlenmesinde, söz konusu tesisin teknik özellikleri gibi yerel ve sahaya özel faktörler ile, coğrafi konum ve yerel çevresel koşullar hesaba katılmalıdır. Mevcut tesisler için ise, yükseltmelerinin ekonomik ve teknik uygunluğu göz önünde bulundurulmalıdır. Tek başına bir bütün olarak çevre için yüksek düzeyde koruma sağlama hedefi dahi, genellikle farklı çevresel etki türlerinden ödün vermeyi içeren kararlar verilmesini gerektirir ve bu kararlar yine genellikle yerel hususlardan etkilenir.

Bu sorunların bir kısmına değinmek için bir girişimde bulunulmasına rağmen, bu belgede eksiksiz olarak ele alınmaları mümkün değildir. Dolayısıyla 5. Bölümde sunulan teknikler ve seviyeler, tüm tesisler için uygun olmayacaktır. Öte yandan, uzun mesafe veya sınır ötesi kirliliğin en aza indirilmesinin de dahil olduğu yüksek düzeyde çevre koruma yükümlülüğü, izin koşullarının yalnızca yerel hususlar temelinde belirlenemeyeceği anlamına da gelir. Bu nedenle, izinlerin verilmesinden sorumlu makamların bu belgede verilen bilgileri bir bütün olarak dikkate alması son derece önemlidir.

Mevcut en iyi teknikler zaman içerisinde değiştiğinden, belge uygun şekilde gözden geçirilecek ve güncellenecektir. Tüm yorumlar ve öneriler, aşağıda adresi verilen Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) - Avrupa IPPC Bürosuna yapılmalıdır.

Edificio Expo, c/ Inca Garcilaso, s/n, E-41092 Sevilla,

İspanya Telefon: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

e-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

Seramik Üretimi konulu Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi

İDARİ ÖZET	I
ÖNSÖZ.....	XI
KAPSAM	XXV
1 SERAMİK ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Tarihi kökeni	1
1.2 Seramiklerin özellikleri	1
1.3 Coğrafi dağılım ve genel ekonomik hususlar	3
1.4 Temel çevresel hususlar	4
1.5 Seramik sektörleri	5
1.5.1 Tuğlalar ve çatı kiremitleri	6
1.5.2 Vitrikiye kil borular	7
1.5.3 Refrakter ürünler	8
1.5.4 Genleştirilmiş kil agregalar	9
1.5.5 Duvar ve zemin karoları	9
1.5.6 Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler).....	11
1.5.7 Sıhhi tesisat gereçleri	11
1.5.8 Teknik seramikler	12
1.5.9 İnorganik bağlayıcıları aşındırıcılar	12
2 SERAMİK ÜRETİMİNDE UYGULANAN PROSES VE TEKNİKLER	13
2.1 Ham maddeler	13
2.2 Genel ürün ve proses tanımları.....	14
2.2.1 Ham maddelerin depolanması ve taşınması	15
2.2.2 Ham maddelerin hazırlanması.....	15
2.2.2.1 Ön kurutma.....	15
2.2.2.2 Ön harmanlama	15
2.2.2.3 Havalandırma/asitlendirme	15
2.2.2.4 Birincil ve ikincil kırma, öğütme ve eleme	16
2.2.2.5 Kuru veya ıslak çekme (öğütme).....	16
2.2.2.6 Kuru eleme/havalı sınıflandırma	16
2.2.2.7 Püskürtmeli kurutma	17
2.2.2.8 Kireçleştirme	17
2.2.2.9 Sentetik baz materyaller	17
2.2.2.10 Fritler ve sırlar, sır hazırlanması.....	17
2.2.3 İçeriklerin karıştırılması	18
2.2.3.1 Genel	18
2.2.3.2 Sürekli karıştırıcılar.....	18
2.2.3.3 Harman karıştırıcılar	18
2.2.4 Ürünün şekillendirilmesi/oluşturulması	19
2.2.4.1 Genel	19
2.2.4.2 Presleme	19
2.2.4.2.1 Mekanik presleme	19
2.2.4.2.2 Hidrolik presleme	19
2.2.4.2.3 Çarpmalı presleme.....	19
2.2.4.2.4 Sürtünmeli presleme.....	19
2.2.4.2.5 İzostatik presleme.....	20
2.2.4.3 Ekstrüzyon.....	20
2.2.4.4 Kalıplama	20
2.2.4.5 Alçı kalıba dökme	20
2.2.4.6 Erimeli döküm.....	21
2.2.5 Seramik ürünlerin kurutulması.....	21
2.2.5.1 Genel	21
2.2.5.2 Sıcak zeminli kurutucular.....	21
2.2.5.3 Odalı kurutucular (aralıklı).....	21
2.2.5.4 Tünel kurutucular (sürekli).....	22
2.2.5.5 Dikey ‘sepetli’ kurutucular.....	22
2.2.5.6 Çok katlı yatay valsli kurutucular	22

2.2.5.8	Kızılötesi ve mikrodalga kurutucular	23
2.2.6	Seramik ürünlerin yüzey işlemleri ve dekorasyonu	23
2.2.6.1	Kil ürünlerin dokulandırılması.....	23
2.2.6.2	Uygulanan kaplamalar	23
2.2.6.3	Sırlama, astarlama ve diğer dekorasyon teknikleri	23
2.2.7	Pişirme.....	24
2.2.7.1	Pişirmenin amaçları	24
2.2.7.2	Pişirme sırasında gerçekleşen fizikokimyasal değişimler.....	24
2.2.7.3	Aralıklı (periyodik) fırınlar.....	25
2.2.7.4	Sürekli fırınlar.....	26
2.2.7.4.1	Odalı (Hoffmann) fırınlar	26
2.2.7.4.2	Tünel fırınlar	26
2.2.7.4.3	Roller fırınlar	27
2.2.7.4.4	Hareketli altlıklı fırınlar	28
2.2.7.5	Yığın halinde pişirme	28
2.2.7.6	Döner fırınlar	28
2.2.7.7	Akışkan yataklar	29
2.2.7.8	Soğutma aşamasında ısının geri kazanımı	29
2.2.8	Sonraki işlemler (ürünün tamamlanması).....	29
2.2.8.1	Makinelı işlemler (öğütme, delme, testereyle kesme)	29
2.2.8.1.1	Islak öğütme.....	29
2.2.8.1.2	Kuru öğütme	29
2.2.8.1.3	Delme.....	29
2.2.8.1.4	Testereyle kesme	30
2.2.8.2	Cilalama.....	30
2.2.8.3	Karbonla zenginleştirme (refrakter ürünler)	30
2.2.8.4	Cephe tuğlalarının tamburlanması	30
2.2.9	Yardımcı materyallerin eklenmesi.....	31
2.2.9.1	Birleştirme materyalleri (borular)	31
2.2.9.2	Silikonlar/su iticiler	31
2.2.9.3	Yalıtım materyalleri.....	31
2.2.9.4	Kart veya plaka yapıştırma (refrakter tuğlalar).....	31
2.2.9.5	Yapıştırıcılar	31
2.2.9.6	Son birleştirme işlemleri.....	31
2.2.10	Ayırma, paketleme ve depolama	31
2.2.11	Tedarik ve boşaltım (çıkış gazı ve proses atık suyu arıtma) sistemleri.....	32
2.2.12	Seramik sanayiinde geri dönüşüm.....	32
2.2.13	Çeşitli işleme yollarını gösteren genel proses akış diyagramı	33
2.3	Sektörden sektöre seramik ürünlerin üretiminde kullanılan tekniklerin açıklamaları.....	34
2.3.1	Tuğlalar ve çatı kiremitleri	34
2.3.1.1	Ham maddeler.....	35
2.3.1.2	Ham maddelerin hazırlanması	39
2.3.1.3	Şekillendirme.....	40
2.3.1.4	Kurutma, sırlama ve astarlama	41
2.3.1.5	Pişirme	41
2.3.1.6	Sonraki işlemler	43
2.3.1.7	Tuğla ve çatı kiremitlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları	43
2.3.2	Vitrifiye kil borular.....	44
2.3.2.1	Ham maddeler.....	45
2.3.2.2	Ham maddelerin hazırlanması	47
2.3.2.3	Şekillendirme.....	47
2.3.2.4	Kurutma ve sırlama	47
2.3.2.5	Pişirme	47
2.3.2.6	Sonraki işlemler	48
2.3.2.7	Vitrifiye kil boruların üretiminde giriş ve çıkış akımları	48
2.3.3	Refrakter ürünler	49
2.3.3.1	Ham maddeler.....	50
2.3.3.2	Ham maddelerin hazırlanması	51
2.3.3.3	Şekillendirme.....	51
2.3.3.4	Kurutma	52
2.3.3.5	Pişirme	52
2.3.3.6	Sonraki işlemler	53
2.3.3.7	Özel işlemler	53
2.3.3.8	Refrakter ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları	54

2.3.4	Genleştirilmiş kil agregalar	54
2.3.4.1	Ham maddeler, katkılar ve yardımcı maddeler	56
2.3.4.2	Genel sistem ve proses teknolojisi	57
2.3.4.2.1	Şekillendirme	57
2.3.4.2.2	Termal proses teknolojisi	57
2.3.4.2.3	Genleştirme sırasındaki kimyasal reaksiyonlar	58
2.3.4.2.4	Sonraki eleme ve kırma işlemleri	58
2.3.4.3	Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde giriş ve çıkış akımları	58
2.3.5	Duvar ve zemin karoları	59
2.3.5.1	Ham maddeler	60
2.3.5.2	Ham maddelerin hazırlanması	61
2.3.5.3	Şekillendirme	61
2.3.5.4	Kurutma	62
2.3.5.5	Piştirme ve sırlama	62
2.3.5.6	Sonraki işlemler	63
2.3.5.7	Duvar ve zemin karolarının üretiminde giriş ve çıkış akımları	63
2.3.6	Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)	64
2.3.6.1	Ham maddeler	65
2.3.6.2	Ham maddelerin hazırlanması	65
2.3.6.3	Şekillendirme	66
2.3.6.4	Kurutma	67
2.3.6.5	Piştirme, sırlama ve dekorasyon	67
2.3.6.6	Sonraki işlemler	70
2.3.6.7	Ev kullanımına yönelik seramik ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları	70
2.3.7	Sıhhi tesisat gereçleri	71
2.3.7.1	Ham maddeler	71
2.3.7.2	Ham maddelerin hazırlanması	72
2.3.7.3	Şekillendirme	72
2.3.7.4	Kurutma ve sırlama	72
2.3.7.5	Piştirme	73
2.3.7.6	Sonraki işlemler	74
2.3.7.7	Sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları	74
2.3.8	Teknik seramikler	75
2.3.8.1	Ham maddeler	77
2.3.8.2	Ham maddelerin hazırlanması	78
2.3.8.3	Şekillendirme	79
2.3.8.4	Makine ile işleme	80
2.3.8.5	Sırlama, astarlama ve metalizasyon	81
2.3.8.6	Kurutma, yakma ve ön piştirme	82
2.3.8.7	Piştirme/sinterleme	83
2.3.8.8	Sonraki işlemler	84
2.3.8.9	Teknik seramiklerin üretiminde giriş ve çıkış akımları	84
2.3.9	İnorganik bağlayıcı aşındırıcılar	85
2.3.9.1	Ham maddeler	85
2.3.9.2	Ham maddelerin hazırlanması	85
2.3.9.3	Şekillendirme	86
2.3.9.4	Kurutma	86
2.3.9.5	Piştirme	86
2.3.9.6	Sonraki işlemler	86
2.3.9.7	İnorganik bağlayıcı aşındırıcıların üretiminde giriş ve çıkış akımları	86
3	MEVCUT EMİSYON VE TÜKETİM SEVİYELERİ	89
3.1	Emisyonlar - genel hususlar	89
3.1.1	Havaya emisyonlar	89
3.1.1.1	Toz (partikül madde)	89
3.1.1.2	Gaz halindeki emisyonlar	89
3.1.1.2.1	Kükürt dioksit ve diğer kükürt bileşikler	89
3.1.1.2.2	Azot oksitler ve diğer azot bileşikler	89
3.1.1.2.3	Karbon monoksit (ve karbon dioksit)	90
3.1.1.2.4	Uçucu organik bileşikler (UOB'ler)	90
3.1.1.2.5	Metaller ve bileşikler	90
3.1.1.2.6	Klor ve bileşikler	90
3.1.1.2.7	Flor ve bileşikler	91
3.1.2	Suya emisyonlar	91
3.1.3	Proses kayıpları/atıkları	92

3.1.4	Gürültü emisyonları	92
3.1.5	Muhtemel emisyon kaynakları ve emisyon yolları	93
3.2	Tüketim - genel hususlar	94
3.2.1	Enerji tüketimi	94
3.2.2	Su tüketimi	94
3.2.3	Ham madde tüketimi	94
3.3	Emisyon ve tüketim verilerinin sunumu	95
3.3.1	Tuğlalar ve çatı kiremitleri	95
3.3.1.1	Emisyon verileri	95
3.3.1.2	Tüketim verileri	104
3.3.2	Vitrifiye kil borular	106
3.3.2.1	Emisyon verileri	106
3.3.2.2	Tüketim verileri	108
3.3.3	Refrakter ürünler	109
3.3.3.1	Emisyon verileri	109
3.3.3.2	Tüketim verileri	111
3.3.4	Genleştirilmiş kil agregalar	113
3.3.4.1	Emisyon verileri	113
3.3.4.2	Tüketim verileri	115
3.3.5	Duvar ve zemin karoları	116
3.3.5.1	Emisyon verileri	116
3.3.5.2	Tüketim verileri	120
3.3.6	Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)	121
3.3.6.1	Emisyon verileri	121
3.3.6.2	Tüketim verileri	125
3.3.7	Sıhhi tesisat gereçleri	126
3.3.7.1	Emisyon verileri	126
3.3.7.2	Tüketim verileri	129
3.3.8	Teknik seramikler	130
3.3.8.1	Emisyon verileri	130
3.3.8.2	Tüketim verileri	133
3.3.9	İnorganik bağlayıcı aşındırıcılar	134
3.3.9.1	Emisyon verileri	134
3.3.9.2	Tüketim verileri	136
4	SERAMİK ÜRETİMİ İÇİN MET'İN BELİRLENMESİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLECEK	
	TEKNİKLER.....	137
4.1	Enerji tüketiminin azaltılması (enerji verimliliği)	138
4.1.1	Fırın ve kurutucuların iyileştirilmiş tasarımı	138
4.1.2	Fırınlardan çıkan fazla ısının geri kazanımı	140
4.1.3	Kojenerasyon/kombine ısı ve elektrik santralleri	141
4.1.4	Ağır fuel oil ve katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlar ile ikamesi	143
4.1.5	Seramik kütlelerin modifikasyonu	144
4.2	Toz emisyonları (partikül madde)	146
4.2.1	Tozlu işlemlere yönelik tedbirler	146
4.2.2	Toplu depolama alanlarına yönelik tedbirler	147
4.2.3	Ayırma/filtreleme sistemleri	148
4.2.3.1	Santrifüjlü seperatörler	148
4.2.3.2	Torbalı filtreler	148
4.2.3.3	Sinterlenmiş katmanlı filtreler	151
4.2.3.4	Islak toz seperatörleri	152
4.2.3.5	Elektrostatik ayırıcılar (ESP)	153
4.3	Gaz halindeki bileşikler	155
4.3.1	Kirletici öncü girişinin azaltılması	155
4.3.2	Kalsiyum yönünden zengin katkıların eklenmesi	157
4.3.3	Proses optimizasyonu	159
4.3.3.1	Isıtma eğrisinin optimizasyonu	159
4.3.3.2	Fırın gazlarındaki su buharı seviyelerinin azaltılması	160
4.3.3.3	Karbonizasyon gazının içten yakımı	161

	4.3.3.4	Düşük NO _x emisyonlu brülörler	162
	4.3.4	Soğurma sistemleri (adsorberlar, absorberlar)	163
	4.3.4.1	Kaskad tipi dolgu yataklı adsorberler	163
xvi	4.3.4.2	Modüllü adsorber sistemleri	167

4.3.4.3	Filtre ile kuru baca gazı temizliği (torbalı filtre veya elektrostatik ayırıcı ile).....	168
4.3.4.4	Islak baca gazı temizliği.....	171
4.3.4.5	Aktif karbon filtreleri	173
4.3.4.6	Biyolojik yıkayıcılar.....	173
4.3.5	Son yakma.....	174
4.3.5.1	Termal son yakma	174
4.3.5.2	Katalitik son yakma.....	176
4.3.6	Çeşitli baca gazı temizliği tekniklerine ilişkin işletim, verimlilik, tüketim ve maliyet verilerine örnekler	178
4.4	Proses atık suyu.....	182
4.4.1	Ham madde olarak kullanılan su	182
4.4.2	Isı değişim aracı olarak kullanılan su	182
4.4.3	Yıkama maddesi olarak kullanılan su	182
4.4.4	Temizleme maddesi olarak kullanılan su	182
4.4.5	Proses atık suyunun azaltımı konusunda amaçlar ve çözümler (emisyonlar ve tüketim) 182	
4.4.5.1	Proses optimizasyonu	183
4.4.5.2	Proses atık suyu arıtma sistemleri	184
4.5	Proses kayıpları/atıkları.....	186
4.5.1	Seramik ürünlerin üretiminde ortaya çıkan çamur	186
4.5.1.1	Çamur geri dönüşüm sistemleri.....	186
4.5.1.2	Çamurun diğer ürünlerde yeniden kullanılması	188
4.5.2	Katı proses kayıpları/katı atıklar	189
4.5.2.1	Katı proses kayıplarının ham madde olarak yeniden kullanılmasına ilişkin genel hususlar	189
4.5.2.2	Alçı kalıplar, pişirme yardımcıları ve kırık parçalara ilişkin genel hususlar – kaçınma/yenileme/azaltma	190
4.6	Gürültüye ilişkin genel hususlar.....	191
4.7	Çevre yönetimi araçları	192
5	SERAMİK ÜRETİMİNDE MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER.....	201
5.1	Genel Mevcut En İyi Teknikler.....	203
5.1.1	Çevre yönetimi	203
5.1.2	Enerji tüketimi.....	204
5.1.3	Toz emisyonları.....	205
5.1.3.1	Difüz toz emisyonları	205
5.1.3.2	Tozlu işlemlerden kaynaklanan kanalize toz emisyonları	205
5.1.3.3	Kurutma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları	205
5.1.3.4	Fırında pişirme işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları	205
5.1.4	Gaz halindeki bileşikler.....	206
5.1.4.1	Birincil tedbir/teknikler	206
5.1.4.2	Tek başına ve birincil tedbirler/tekniklerle beraber kullanılmak üzere ikincil tedbirler/teknikler.....	206
5.1.5	Proses atık suyu (emisyonlar ve tüketim).....	207
5.1.6	Çamur.....	208
5.1.7	Katı proses kayıpları/katı atıklar	208
5.1.8	Gürültü	208
5.2	Sektöre özel Mevcut En İyi Teknikler.....	209
5.2.1	Tuğlalar ve çatı kiremitleri	209
5.2.1.1	Gaz halindeki bileşikler/birincil tedbirler/teknikler	209
5.2.1.2	Uçucu organik bileşikler	209
5.2.2	Vitrifiye kil borular	209
5.2.2.1	Kanalize toz emisyonları	209
5.2.3	Refrakter ürünler	209
5.2.3.1	Uçucu organik bileşikler	209
5.2.3.2	Katı proses kayıpları/katı atıklar	210
5.2.4	Genleştirilmiş kil agregalar	210
5.2.4.1	Kanalize toz emisyonları	210
5.2.4.2	Gaz halindeki bileşikler/birincil tedbirler/teknikler	210
5.2.5	Duvar ve zemin karoları	210
5.2.5.1	Kanalize toz emisyonları	210
5.2.5.2	Fırında pişirme işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları	210
5.2.5.3	Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler	211
5.2.5.4	Proses atık suyunun yeniden kullanılması	211

5.2.5.5	Çamurun yeniden kullanılması	211
5.2.6	Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)	211
5.2.6.1	Kanalize toz emisyonları	211
5.2.6.2	Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler	211
5.2.6.3	Proses atık suyunun yeniden kullanılması	211
5.2.6.4	Katı proses kayıpları/katı atıklar.....	212
5.2.7	Sıhhi tesisat gereçleri	212
5.2.7.1	Kanalize toz emisyonları	212
5.2.7.2	Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler	212
5.2.7.3	Proses atık suyunun yeniden kullanılması	212
5.2.7.4	Katı proses kayıpları/katı atıklar.....	212
5.2.8	Teknik seramikler	212
5.2.8.1	Kanalize toz emisyonları	212
5.2.8.2	Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler	213
5.2.8.3	Uçucu organik bileşikler.....	213
5.2.8.4	Katı proses kayıpları/katı atıklar.....	213
5.2.9	İnorganik bağlayıcıları aşındırıcılar.....	213
5.2.9.1	Uçucu organik bileşikler.....	213
6	SERAMİK ÜRETİMİNDE GELİŞTİRİLMEKTE OLAN TEKNİKLER.....	215
6.1	Radyant tüplü brülörler.....	215
6.2	Mikrodalga destekli pişirme ve mikrodalga kurutucular	215
6.3	Refrakter ürünlere yönelik yeni tip kurutma sistemi.....	216
6.4	Entegre sır geri kazanımlı gelişmiş proses atık su yönetimi	218
6.5	Yüksek kalite sofra porselenleri için kurşunsuz sırlama	219
7	SON DEĞERLENDİRMELER	221
8	REFERANSLAR.....	225
9	TERİMLER SÖZLÜĞÜ.....	227

Şekiller listesi

Şekil 1.1: Seramik ürünlerin üretimindeki aşamalar	2
Şekil 2.1: Çeşitli ürün grupları için endüstriyel bekletme sıcaklıkları aralıkları	25
Şekil 2.2: Mekik tipi fırının kesiti	26
Şekil 2.3: Tünel fırının şematik görüntüsü	27
Şekil 2.4: Arabalı bir tünel fırının kesiti.....	27
Şekil 2.5: Roller fırının kesiti	28
Şekil 2.6: Çeşitli işleme yollarını gösteren genel proses akış diyagramı.....	33
Şekil 2.7: Preslenmiş çatı kiremiti üretiminin şematik görüntüsü	34
Şekil 2.8: Ekstrüzyonla duvar tuğlası üretiminde hazırlığın şematik görüntüsü	35
Şekil 2.9: İtalya'daki killerde florür içeriği dağılımı	37
Şekil 2.10: İtalya'daki killerde klor içeriği dağılımı	38
Şekil 2.11: İtalya'daki killerde kükürt içeriği dağılımı	38
Şekil 2.12: Killerdeki kükürt içeriği.....	39
Şekil 2.13: Tuğla ve çatı kiremitlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları	44
Şekil 2.14: Vitrifiye kil boruların üretiminin şematik görüntüsü	45
Şekil 2.15: Vitrifiye kil boruların üretiminde giriş ve çıkış akımları	49
Şekil 2.16: Krom cevheri içeren basit tuğlaların üretiminin şematik görüntüsü	50
Şekil 2.17: Refrakter ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları	54
Şekil 2.18: Genleştirilmiş kil agrega üretiminin şematik görüntüsü	55
Şekil 2.19: Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde giriş ve çıkış akımları	59
Şekil 2.20: Duvar ve zemin karosu üretiminin şematik görüntüsü.....	60
Şekil 2.21: Duvar ve zemin karolarının üretiminde giriş ve çıkış akımları	63
Şekil 2.22: Sofra porseleni üretiminin şematik görüntüsü.....	64
Şekil 2.23: Ev kullanımına yönelik seramik ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları	70
Şekil 2.24: Sıhhi tesisat gereçleri üretiminin şematik görüntüsü.....	71
Şekil 2.25: Sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları.....	74
Şekil 2.26: Elektrik yalıtkanı üretiminin şematik görüntüsü	76
Şekil 2.27: Seramik katalizör üretiminin şematik görüntüsü.....	77
Şekil 2.28: Teknik seramiklerin üretiminde yeşil, beyaz ve sert makineleme işlemi	81
Şekil 2.29: Teknik seramiklerin üretiminde giriş ve çıkış akımları.....	84
Şekil 2.30: İnorganik bağlayıcı aşındırıcıların üretiminde giriş ve çıkış akımları.....	87
Şekil 3.1: İtalyan tuğla ve çatı kiremiti sanayiinde salınan florürün dağılımı	97
Şekil 3.2: İtalyan tuğla ve çatı kiremiti sanayiinde salınan klorürün dağılımı	97
Şekil 3.3: Almanya, Birleşik Krallık ve Belçika'daki SOX emisyonları	98
Şekil 3.4: Duvar tuğlası üretiminde kütle akış örneği	106
Şekil 3.5: Vitrifiye kil boru üretiminde kütle akış örneği.....	109
Şekil 3.6: Periklaz kromlu tuğla üretiminde kütle akış örneği	112
Şekil 3.7: Sofra gereçleri üretiminde kütle akış örneği	126
Şekil 3.8: Sıhhi tesisat gereçleri üretiminde kütle akış örneği.....	130
Şekil 4.1: Bir kombine ısı geri dönüşüm sistemi örneğinin şematik görüntüsü	140
Şekil 4.2: Kojenerasyon gaz motoru kullanılarak sıcak hava üretiminin şematik gösterimi	142
Şekil 4.3: Basınçlı darbeyle yenilemeli torbalı filtrenin şematik görünümü	149
Şekil 4.4: Filtre tesisatlarının yıllık maliyetleri kapsamında, kurulum ve filtre torbaları hariç yatırım maliyeti örnekleri.....	150
Şekil 4.5: Sert sinterli katmanlı filtrenin şematik görüntüsü	151
Şekil 4.6: Tuğlaların pişirilmesinde salınan kirleticilerin sıcaklık eğrisi örneğinin sıcaklık aralıkları.....	159
Şekil 4.7: Karbonizasyon gazının içten yakımının şematik görüntüsü.....	161
Şekil 4.8: Yatay akışlı kaskad tipi adsorber çizimi	164
Şekil 4.9: Soyma tamburlu kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberin proses diyagramı	165
Şekil 4.10: Petek modüllü adsorber sisteminin şematik görüntüsü	167
Şekil 4.11: Torbalı filtreyle kuru baca gazı temizliğinin şematik görüntüsü.....	168
Şekil 4.12: Elektrostatik ayırıcı ile kuru baca gazı temizliği	169
Şekil 4.13: Bir ıslak baca gazı temizliği ünitesinin çizimi	171
Şekil 4.14: Termoreaktördeki termal son yakma sisteminin şematik görüntüsü (üç odalı sistem)	175
Şekil 4.15: Dış termal son yakma sisteminde baca gazı iletimi.....	175
Şekil 4.16: Proses atık suyu arıtma sisteminin akış diyagramı	185
Şekil 4.17: Çamur geri dönüşüm kurulumunun şematik görüntüsü	187

Tablo listesi

Tablo 1.1: Seramik çıktıları, satışlar ve istihdama ilişkin rakamlar	3
Tablo 1.2: Avrupa'nın seramik sanayiinde sektöre özel enerji tüketim seviyeleri	4
Tablo 1.3: 1998 yılında Almanya'da sektörler göre kullanılan yakıtların payları	5
Tablo 1.4: Avrupa'daki sırlanmış kil boru sanayii	7
Tablo 1.5: 2001/2002 yıllarında AB-15 ülkelerinde refrakter ürünlerin üretimi	8
Tablo 1.6: Seramik karoların basitleştirilmiş sınıflandırması	10
Tablo 1.7: Üye Devletlerin enerji tüketimi (üretilen her 1000 ton başına spesifik enerji tüketimi)	10
Tablo 1.8: Sofra ve süs eşyalarına ait çıktılar	11
Tablo 2.1: Farklı Avrupa ülkelerindeki tuğla ve çatı kiremitleri sanayiinde kullanılan kil ham maddelerinin kimyasal ve mineralojik kompozisyonlarının aralıkları	36
Tablo 2.2: Tünel fırınların işletim verileri	42
Tablo 2.3: Klasik tünel fırınlarla hızlı pişirme yöntemlerinin karşılaştırılması (çatı kiremitleri)	42
Tablo 2.4: Hızlı pişirimli tünel fırınların işletim verileri	42
Tablo 2.5: Vitrifiye kil boruların üretiminde kilin mineralojik kompozisyonu	46
Tablo 2.6: Vitrifiye kil boruların üretiminde kilin kimyasal kompozisyonu	46
Tablo 2.7: Tünel fırınların işletim verilerine dair aralıklar	48
Tablo 2.8: Eritme/döküm işlemlerinde en çok kullanılan oksitler	51
Tablo 2.9: Periyodik olarak çalıştırılan kurutucuların işletim verileri (odalı kurutucular)	52
Tablo 2.10: İki tünel kurutucu ve bir iklim kontrollü kurutucuya ait işletim verileri	52
Tablo 2.11: Refrakter sanayiinde kullanılan tünel fırınlara ait işletim verileri	53
Tablo 2.12: Mekik tipi fırınların işletim verileri	53
Tablo 2.13: Genleştirmeyi artırıcı katkılar ve yardımcı maddelere örnekler	56
Tablo 2.14: Tünel ve roller fırınların işletim verileri	62
Tablo 2.15: Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde kullanılan ham maddelerin tipik mineralojik kompozisyon aralıkları	65
Tablo 2.16: Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde kullanılan ham maddelerin tipik kimyasal kompozisyon aralıkları	65
Tablo 2.17: Mekik tipi fırının işletim verileri	68
Tablo 2.18: Tünel fırınların işletim verileri	68
Tablo 2.19: Sır üstü dekorasyon işletim verileri	69
Tablo 2.20: Sır içi ve sır altı dekorasyon işletim verileri	69
Tablo 2.21: Periyodik olarak çalıştırılan kurutucuların işletim verileri (odalı kurutucular)	73
Tablo 2.22: Tünel fırınların işletim verileri	73
Tablo 2.23: Mekik tipi fırınların işletim verileri	73
Tablo 2.24: Teknik seramik materyallerinin sinterleme sıcaklıkları	83
Tablo 3.1: Seramik endüstrisinde olası emisyon kaynakları ve emisyon yollarına genel bakış	93
Tablo 3.2: Tuğlalar ve çatı kiremitlerinin üretiminde pişirme işleminden kaynaklanan ham baca gazı emisyonları	96
Tablo 3.3: Ham gazın çeşitli yakıtlarla kullanımına dair işletim verileri	98
Tablo 3.4: Çeşitli gözenek oluşturu maddelerin ham gaz değerleri	99
Tablo 3.5: Ortalama temiz gaz konsantrasyonları (gözenekli kil bloklar) ve bunlara karşılık gelen ürün kaynaklı emisyon faktörleri	99
Tablo 3.6: Duvar tuğlası fabrikalarında temiz gaz konsantrasyonları	100
Tablo 3.7: Klinker tuğla fabrikaları ile çatı kiremiti fabrikalarının temiz gaz konsantrasyonları	101
Tablo 3.8: Kil blok üretiminde ham gaz ve temiz gaz emisyon değerleri	102
Tablo 3.9: Cephe tuğlası üretiminde ham gaz ve temiz gaz emisyon değerleri	103
Tablo 3.10: Tuğla ve çatı kiremiti üreten tesislerin her bir ton ürün başına enerji tüketimi verileri	104
Tablo 3.11: Tuğla ve çatı kiremiti sanayiinde spesifik enerji tüketimi	105
Tablo 3.12: Vitrifiye kil boruların üretiminde maksimum temiz gaz konsantrasyonu	107
Tablo 3.13: Vitrifiye kil boruların üretiminde spesifik enerji tüketimi	108
Tablo 3.14: Farklı refrakter ürünlerin ham gaz değerleri	110
Tablo 3.15: Basit olmayan refrakter ürünler için kullanılan fırınların emisyonları	110
Tablo 3.16: Özel prosedürlerde ham gaz değerleri	110
Tablo 3.17: Manyezi refrakter tuğlaların üretiminde bir kg ürün için enerji tüketim verileri	111
Tablo 3.18: Bez filtreye doğru gerçekleştirilen birincil kırma işleminden kaynaklanan toz emisyon değerlerinin aralıkları	113
Tablo 3.19: İlgili filtre sistemine doğru gerçekleştirilen kuru öğütmeden kaynaklanan gerçek emisyon değerlerinin aralıkları	113
Tablo 3.20: Bez filtreye doğru gerçekleştirilen ufalama işleminden kaynaklanan toz emisyon değerlerinin aralıkları	114

Tablo 3.21: İlgili filtre sistemine doğru gerçekleştirilen pişirmeden kaynaklanan emisyon değerlerinin aralıkları	114
Tablo 3.22: Eleme ünitelerinin toz emisyon değerleri.....	114
Tablo 3.23: Sulu temizleyicilerin atık su değerleri.....	115
Tablo 3.24: Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde kullanılan ham madde karışımı	115
Tablo 3.25: Püskürtmeli kurutma ünitelerine ait işletim verileri ve ham gaz değerleri.....	116
Tablo 3.26: Kurutuculara ait işletim verileri ve ham gaz değerleri	117
Tablo 3.27: Pişirmeye ait işletim verileri ve ham gaz değerleri	117
Tablo 3.28: Duvar ve zemin karoları üretiminin çeşitli aşamalarında meydana gelen gaz emisyonlar. Kontrolsüz (KS) ve kontrollü (K) emisyonlar için kirleticisi emisyon faktörleri	118
Tablo 3.29: Arıtılmamış proses atık suyunun kimyasal analizi.....	119
Tablo 3.30: Çamurun temel kimyasal bileşenlerinin aralıkları (duvar ve zemin karosu üretimi)	119
Tablo 3.31: Farklı fırınların spesifik enerji gereksinimlerine örnekler	120
Tablo 3.32: Termal enerji ve elektrik enerjisinin her bir proses adımındaki spesifik tüketimlerinin karşılaştırılması	120
Tablo 3.33: Püskürtmeli kurutucunun işletim verileri ve temiz gaz toz emisyon değerleri	121
Tablo 3.34: Ev kullanımına yönelik seramiklerin pişirilmesine ilişkin ham gaz değerleri ve işletim verileri	122
Tablo 3.35: Ev kullanımına yönelik seramiklerin bir defa pişirilmesiyle ortaya çıkan ham ve temiz gaz değerleri	122
Tablo 3.36: Dekoratif renklendirme amacıyla kullanılan seramik pigment sistemleri	123
Tablo 3.37: Dekorasyon amaçlı pişirmeyle ortaya çıkan ham gazdaki ağır metal konsantrasyonları	123
Tablo 3.38: Bir porselen sofa gereçleri üreticisinin proses atık suyu analizi	124
Tablo 3.39: Ev kullanımına yönelik bir seramik fabrikasının proses atık suyu analizi	124
Tablo 3.40: Bir porselen sofa eşyası üreticisinin termal enerji ve elektrik enerjisi tüketim verileri	125
Tablo 3.41: Tünel fırından çıkan ham ve temiz gaz kompozisyonları örneği	127
Tablo 3.42: Tünel ve mekik tipi fırınların ham gaz konsantrasyonları	127
Tablo 3.43: Sıhhi tesisat gereçleri üreten iki fabrikanın temiz gaz konsantrasyonlarına örnekler	128
Tablo 3.44: Temizlenmiş proses atık suyundaki kirleticisi konsantrasyonları	128
Tablo 3.45: Farklı fırınların işletim verileri ve iş miktarları	129
Tablo 3.46: Enerji tüketimi verileri	129
Tablo 3.47: Elektrik yalıtkanlarının pişirilmesiyle çıkan ham gazların konsantrasyonları	131
Tablo 3.48: Elektrik yalıtkanlarının pişirilmesi sırasında mekik tipi fırından çıkan baca gazı konsantrasyonları	131
Tablo 3.49: Bir elektrik yalıtkanı üreticisinin temizlenmiş proses atık suyunun konsantrasyonları	132
Tablo 3.50: Bir elektrik yalıtkanı imalatçısının proses atık suyunun flokülasyon sonrası konsantrasyonları	132
Tablo 3.51: Piezoseramik ürün imalatçısının temizlenmiş proses atık suyunun konsantrasyonları	133
Tablo 3.52: İki elektroporselen fabrikasına ait enerji tüketim verileri	133
Tablo 3.53: Elektroporselen üretimi için ham madde konsantrasyonları	134
Tablo 3.54: İnorganik bağlayıcı aşındırıcıların üretildiği üç fabrikanın baca gazı değerlerine örnekler	135
Tablo 3.55: Üç ayrı inorganik bağlayıcı aşındırıcı üreticisinin genel enerji tüketim verileri	136
Tablo 3.56: Üç ayrı inorganik bağlayıcı aşındırıcı üreticisinin ham madde tüketim verileri	136
Tablo 4.1: Bu bölümde tanımlanan her teknik için verilen bilgilerin açıklamaları	137
Tablo 4.2 Filtre torbalarının sıcaklık dirençlerine ve fiyatlarına örnekler.....	150
Tablo 4.3: Bez filtre ile toz giderme için işletim verilerine örnekler	150
Tablo 4.4: Elektrostatik ayırıcıların işletim ve maliyet verileri.....	154
Tablo 4.5: Baca gazı temizliği tekniklerinin teknik parametreleri, verimlilikleri, tüketim ve maliyet verileri	178
Tablo 4.6: Ham maddenin kükürt içeriğine bağlı olan azaltım verimlilikleri179	
Tablo 4.7: Farklı hafifletici teknikler kullanılarak toz, inorganik gaz bileşikler ve organik gaz bileşiklerin azaltılmasına yönelik masraflar	181
Tablo 4.8: Seramik sanayiinin farklı sektörlerinde elde edilmesi mümkün proses atık suyu geri dönüşüm oranları183	
Tablo 5.1: Fırınla pişirme işlemlerinden ortaya çıkan gaz halindeki inorganik bileşiklerin MET ile ilişkili emisyon seviyeleri	207
Tablo 5.2: Atık su boşaltımında kirleticilerin MET ile ilişkili emisyon seviyeleri	207
Tablo 7.1: Seramik üretimi konulu BREF'e ilişkin çalışma sürecinin zamanlaması	221

KAPSAM

Bu belge, 96/61/AK sayılı Direktife ait Ek I Kısım 3.5'te belirtilen endüstriyel faaliyetlere değinmektedir. Yani:

'3.5. Günlük üretim kapasitesi 75 tonun üzerinde olan ve/veya fırın kapasitesi 4 m³'ten fazla olan ve her bir fırının ortam yoğunluğu 300 kg/m³'ten yüksek olan ve başta çatı kiremitleri, tuğlalar, refrakter tuğlalar, pekişmiş çini veya porselen olmak üzere seramik ürünlerinin pişirilerek üretilmesine yönelik tesisler'.

Belgenin amaçları dahilinde, bu tanım kapsamına giren endüstriyel faaliyetler 'seramik sanayii' olarak anılacaktır.

Seramik sanayiinin farklı sektörleri, oldukça çeşitli ham maddeler ve üretim tekniklerini kapsıyor olsa da, bu sektörlerin tamamında kil veya büyük ölçüde inorganik olan diğer materyallerin işlenmesi, kurutulması ve pişirilmesi söz konusudur. Seramik ürünleri (seramik) üretimine dayalı temel sektörler şunlardır:

- duvar ve zemin karoları
- tuğlalar ve çatı kiremitleri
- sofa ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)
- refrakter ürünler
- sıhhi tesisat gereçleri
- teknik seramikler
- vitriye kil borular
- genleştirilmiş kil agregalar
- inorganik bağlayıcı aşındırıcılar.

Bu belge, temel üretim faaliyetlerinin yanı sıra, emisyon ve kirlilik üzerinde doğrudan etkili olabilecek faaliyetleri de kapsamaktadır. Dolayısıyla, ham maddelerin hazırlanışından üretilen ürünlerin dağıtımına çeşitli faaliyetlere yer verilmiştir. Birincil faaliyetle doğrudan ilişkili kabul edilmemeleri sebebiyle belirli faaliyetlerden bahsedilmemiştir. Örneğin, ham maddelerin çıkarılması faaliyeti kapsama alınmamıştır. Belgenin kapsamında yer alan faaliyetler şunlardır:

- genel olarak kil ve/veya diğer inorganik mineraller olmak üzere ham maddelerin seçilmesi ve hazırlanması
- genellikle plastik durumunda olan ham maddelerden yapılacak ürünlerin şekillendirilmesi
- ürünlerin kurutulması ve bazı durumlarda kaplanması
- sırlama için fırında pişirme
- sonraki işlemler ve paketleme.

1 SERAMİK ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1.1 Tarihi kökeni

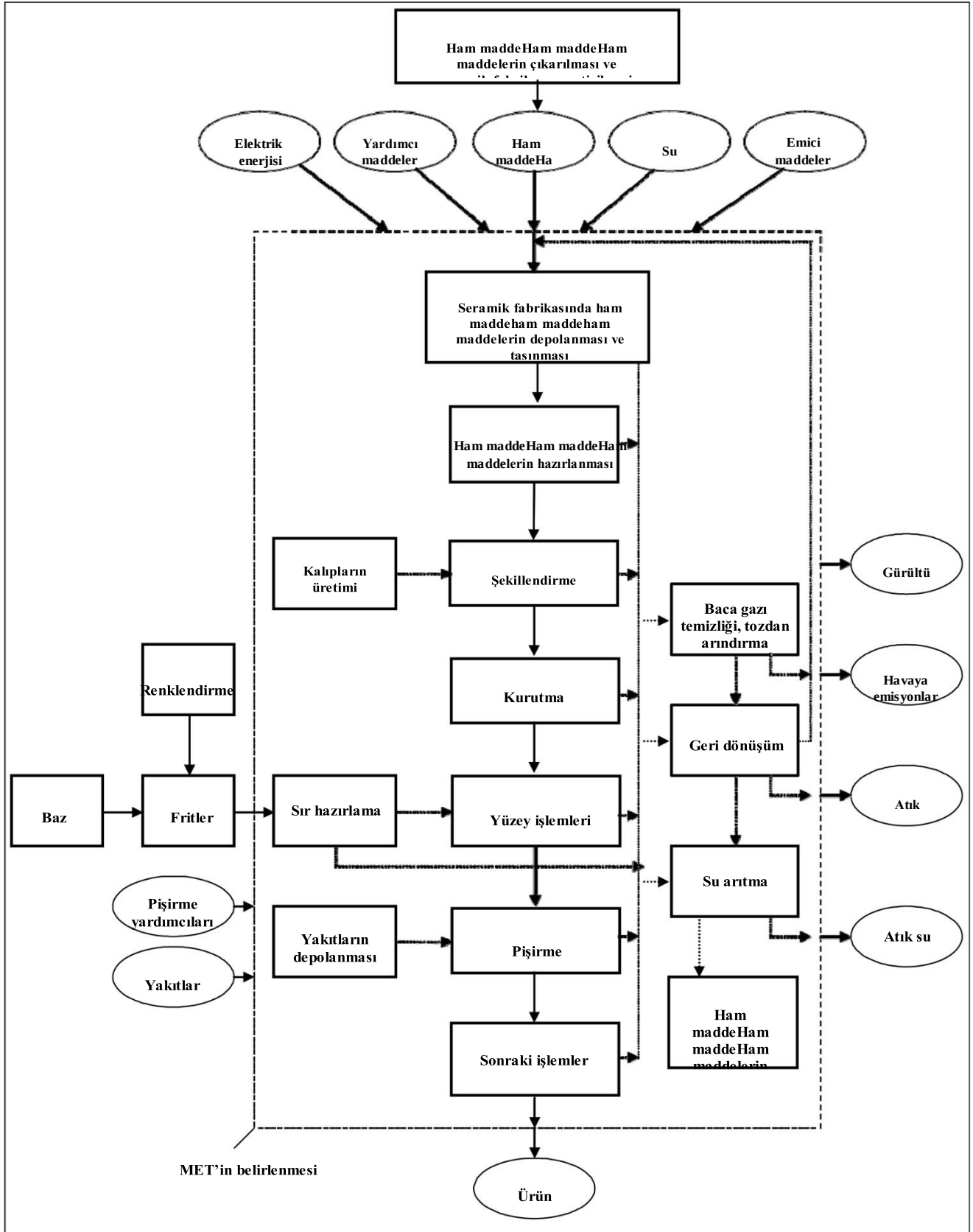
‘Seramik’ terimi, Yunanca ‘yanmış toprak’ anlamına gelen ‘keramos’tan türemiş olup çömlekçilik endüstrisindeki materyalleri tanımlamak için kullanılır. Yakın zamanda yapılan araştırmalar, kil işleme faaliyetlerinin MÖ 19000 yıllarında başladığını göstermektedir. Güney Japonya’da bulunan en eski çömlek örnekleri MÖ 8000-9000 yılları arasına aittir. MÖ 4000 yılı kadar eski yıllarda, fırınlanmış tuğlaların tapınak duvarları, saraylar ve kalelerin inşasında kullanıldığı bilinmektedir. Romalılar, 2000 yıldan uzun bir süre önce Avrupa’nın çeşitli yerlerinde tuğla yapımını yaygınlaştırmıştır. MÖ 2600 yılında Mısır’da sırlı seramik tabaklar duvarları süslemek için kullanılmıştır; Çin’de ise porselen yapımı MÖ 1000’den beri devam etmektedir.

1.2 Seramiklerin özellikleri

‘Seramik’ (seramik ürün) terimi, genellikle metalik olmayan bileşiklerden oluşan ve pişirme işlemiyle sabit hale getirilen inorganik materyaller (muhtemelen belirli oranda organik içeriğe de sahip olmak üzere) için kullanılır. Seramik, günümüzde kil bazlı materyallerin yanında, az miktarda kil içeren veya hiç kil içermeyen birçok ürünü kapsar. Seramikler sırlı veya sırsız, gözenekli veya vitrifiye olabilir.

Seramik kütlelerinin pişirilmesiyle, içeriklerindeki minerallerin genellikle yeni mineral karışımlarına ve camı fazlara süre-sıcaklık dönüşümleri tetiklenir. Seramik ürünlerin karakteristik özellikleri yüksek kuvvet, aşınmaya dayanıklılık, uzun hizmet ömrü, kimyasal eylemsizlik, zehirli olmama, ısı ve ateşe karşı direnç, (genellikle) elektrik direnci ve bazen spesifik gözenekliliktir.

Seramik ürünlerin üretiminde izlenecek temel adımlar, kullanılan materyallerden ve son üründen büyük ölçüde bağımsızdır. Aşağıdaki şekilde, tipik süreç ve gerekli veya muhtemel tedarik ve boşaltım sistemleri gösterilmektedir. Süreci meydana getiren adımlar; ham maddelerin çıkarılması ve seramik fabrikasına getirilmesi (bu iki adım bu belgenin kapsamına alınmamıştır), ham maddelerin depolanması, ham maddelerin hazırlanması, şekillendirme, kurutma, yüzey işlemleri, pişirme ve sonraki işlemlerdir[23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 1.1: Seramik ürünlerin üretimindeki aşamalar

Seramik sanayiinde entegre çevre koruması konusunda bu belgede bahsedilen mevcut en iyi teknikler, sınırlı alan içerisinde kullanılan prosaslara ilişkindir.

1.3 Coğrafi dağılım ve genel ekonomik hususlar

Kil ham maddelerinin dağıtımı Avrupa’da yaygın olduğundan, tuğlalar gibi kısmen ucuz (ancak ağırlıkları nedeniyle taşıma maliyetleri yüksek) seramik ürünleri, Üye Devletlerin hemen hemen tamamında üretilmektedir. İnşaat gelenekleri ve miraslarına dair hususlar, birimlerin boyutlarının ülkeden ülkeye değişmesine neden olur. Daha yüksek fiyatları olan özel ürünler, genellikle gerekli ham maddelere ve bununla aynı derecede önemli olan beceri ve uzmanlık geleneklerine sahip olan az sayıda ülkede üretilir. Örneğin seramik karoların büyük bir çoğunluğu İtalya ve İspanya’da; sofa malzemelerinin büyük bir çoğunluğu Birleşik Krallık, Almanya ve Fransa’da; vitrifiye kil boruların büyük bir çoğunluğu ise Almanya, Birleşik Krallık, Belçika ve Hollanda’da üretilmektedir.

Duvar ve zemin karoları, refrakter ürünler, sofa ve süs eşyaları, teknik seramikler, sırlanmış kil borular ve sıhhi tesisat gereçleri konusunda ciddi boyutta uluslararası ticaret mevcuttur.

Seramik sanayiinin istihdam ve ekonomik açıdan önemi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Seramik sanayii sektörü	AB-15 2000 yılı Çıktısı (x milyon ton)	AB-15 2003 yılı satışları (x milyon Euro)	2003 yılı iş gücü (x bin)
Duvar ve zemin karoları	25,0	10100	69
Tuğlalar ve çatı kiremitleri	55,0	6800	50
Sofra ve süs eşyaları	0,5	2000	48
Refrakter ürünler	4,5	3100	18
Sıhhi tesisat gereçleri	0,5	1900	25
Teknik seramikler	0,15	2000	9
Vitrifiye kil borular	0,7	300	2
Genleştirilmiş kil agregalar (2002)	3,0	300	2,5
İnorganik bağlayıcı aşındırıcılar (2003)	0,04	260	3,1

Tablo 1.1: Seramik çıktıları, satışlar ve istihdama ilişkin rakamlar

1.4 Temel çevresel hususlar

Üretim prosesine bağlı olarak, seramik üretimi yapan fabrikalar hava, su ve karaya (atık olarak) salınan emisyonlara sebep olurlar. Bunun yanında, gürültü ve rahatsız edici kokular da çevreyi etkileyebilir. Hava kirliliği, atıklar ve atık suların türü ve miktarı çeşitli parametrelere bağlıdır. Bu parametreler, kullanılan ham maddeler, yardımcı maddeler, yakıtlar ve üretim yöntemleri olabilir:

- havaya salınan emisyonlar: ham maddelerin taşınması veya işlenmesi veya ürünlerin tamamlanması sırasında partikül madde/toz ortaya çıkabilir, ayrıca fuel oil veya farklı katı yakıtların yakılmasıyla is oluşabilir. Gaz halindeki emisyonlar, seramiklerin pişirilmesi veya püskürtmeli kurutulması sırasında da ortaya çıkar ve kullanılan ham maddelerden ve/veya yakıtlardan kaynaklanabilir. Karbon oksitler, azot oksitler, kükürt oksitler, inorganik flor ve klor bileşikler ve organik bileşikler, gaz halindeki emisyonlar arasında en önemlileridir. Dekoratif amaçlar için kullanılan ağır metal içerikli maddeler veya yakıt olarak kullanılan ağır yağlar dolayısıyla ağır metaller de salınabilir.
- suya emisyonlar: genellikle seramiğin üretim sürecinde, özellikle de geleneksel seramiklerin üretimi esnasında ortaya çıkar ve bu emisyonlar sonucu oluşan proses atık suyu büyük ölçüde mineral bileşenler (çözünmeyen partikül maddeler) içerir. Üretim metoduna bağlı olarak, proses atık suyu diğer inorganik maddeler, az miktarda çeşitli organik maddeler ve belirli ağır metalleri de içerebilir. Genellikle kapalı devrelerde temizlenip yeniden kullanılan proses suları haricinde, soğutma suyu, yağmur suyu ve evsel atık su da fabrikanın suya emisyonları arasında yer alır.
- proses kayıpları/atıklar: seramik ürünlerin üretiminden kaynaklanan proses kayıpları, çoğunlukla şunlardan oluşur:
 - çeşitli türlerdeki çamur (proses atık suyunun arıtılmasıyla ortaya çıkan çamur, sırlama çamuru, alçı çamuru, öğütme çamuru),
 - şekillendirme, kurutma, pişirme sırasında kırılan malzemeler ve refrakter materyaller,
 - baca gazı temizleme ve tozdan arındırma ünitelerinden gelen toz,
 - kullanılmış alçı kalıplar,
 - kullanılmış emici maddeler (granüllü kireçtaşı, kireçtaşı tozu),
 - paketleme atıkları (plastik, ahşap, metal, kağıt, vb),
 - katı yakıtların yakılması ile kül gibi katı atıklar ortaya çıkar.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler.

- enerji tüketimi/CO₂ emisyonları: seramik sanayisinin her sektöründe yoğun enerji kullanımı söz konusudur, zira prosesin en önemli parçalarından biri 800 ila 2000 °C arasında değişen sıcaklıklarda pişirme sonrası kurutma işlemidir. Porselen üretiminde toplam maliyetin neredeyse yüzde 10'u ila 18'i enerji kullanımından kaynaklanır. Tuğla üretiminde enerji masraflarının payı yüzde 17 ila 25 arasında değişir, maksimum seviyeler ise yüzde 30'lara kadar çıkabilir.

Aşağıdaki tabloda, Avrupa'daki seramik sanayiinde sektöre özel enerji tüketimleri gösterilmektedir [30, Seramik TÇG, 2005]:

Sektör	Birim	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Tuğlalar ve çatı kiremitleri	GJ/t	2,65	2,45	2,19	2,06	2,38	2,31
Duvar ve zemin karoları	GJ/t	11,78	9,16	6,76	5,45	5,74	5,60
Refrakter ürünler	GJ/t	4,88	4,96	6,51	4,91	5,41	5,57
Sihhi tesisat gereçleri	GJ/t	26,56	24,214	22,27	22,76	20,88	21,87
Vitrifiye kil borular	GJ/t			5,75	5,77	6,1	5,23
Sofra ve süs eşyaları	GJ/t			47,56	38,91	43,46	45,18
Teknik seramikler	GJ/t					34,72	50,39

Tablo 1.2: Avrupa'nın seramik sanayiinde sektöre özel enerji tüketim seviyeleri

Günümüzde pişirme için genellikle doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) (propan ve butan) ve ekstra hafif fuel oil kullanılırken, brülörler için enerji kaynağı olarak ağır fuel oil, sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG), biyogaz/biyokütle, elektrik ve katı yakıtlar (örn. kömür, petrol koku) da kullanılabilir. Ağır fuel oil, kömür ve petrol kokunun kullanımı genellikle tuğla imalatı ile sınırlıdır.

Aşağıdaki tabloda, Almanya’da çeşitli sektörlerde kullanılan farklı yakıtların toplam yakıt tüketimindeki (elektriksiz) payı verilmiştir [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].

Sektör	Doğalgaz (%)	Ekstra hafif fuel oil (%)	Ağır fuel oil (%)	Diğer (%)
Ev kullanımına yönelik seramikler	98,0	1,6	-	0,4
Sıhhi tesisat gereçleri	97,7	2,3	-	-
Teknik seramikler	96,2	3,6	-	0,2
Refrakter ürünler	90,2	7,3	0,1	2,4
Duvar ve zemin karoları	98,1	1,1	0,8	-
Tuğlalar ve çatı kiremitleri	88,6	5,3	5,3	0,8
Vitrifiye kil borular	100	-	-	-
Genleştirilmiş kil agregalar ¹⁾	-	-	-	-
İnorganik bağlayıcılı aşındırıcılar ²⁾	90,6	9,4	-	-
¹⁾ kullanılabilir veri mevcut değil				
²⁾ Almanya için VDI’nin tahmini değerleri				

Tablo 1.3: 1998 yılında Almanya’da sektörlere göre kullanılan yakıtların payları

1.5 Seramik sektörleri

Çeşitli seramik ürünlerine ait üretim proseslerinde temel yöntemler ve adımlar genel olarak aynıdır; fakat duvar ve zemin karoları, sofa ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler), sıhhi tesisat gereçleri ve teknik seramikler için genellikle birden fazla aşamalı bir pişirme süreci söz konusudur. Bu, çeşitli seramik sektörlerinin niçin tuğlalar ve çatı kiremitleri, vitrifiye kil borular, refrakter ürünler ve genleştirilmiş kil agregaları içeren ‘kaba’ veya ‘inşaat’ seramikleri ile duvar ve zemin karoları, sofa ve süs eşyaları, sıhhi tesisat gereçleri, teknik seramikler ve inorganik bağlayıcılı aşındırıcılar sektörlerinin dahil olduğu ‘kaliteli’ veya ‘geleneksel ve endüstriyel’ seramikler olmak üzere iki grup halinde özetlendiğine dair tarihsel nedenlerdendir.

Diğer yandan teknik gerçekleştirme süreci, ürünlerin özel gereksinimleri ve kullanılan ham maddelerin özelliklerine bağlı olarak oldukça farklı olabilir. Örneğin, aynı veya farklı tür seramik ürünlerin pişirilmesinde kullanılan çeşitli sürekli çalışan (örn. tünel fırınlar) ve periyodik olarak çalışan (örn. mekik tipi fırınlar) fırınlar mevcuttur.

‘Kaliteli’ veya ‘geleneksel ve endüstriyel’ seramik ürünleri ile ‘kaba’ veya ‘inşaat’ seramiklerinin temel farkı dokularıdır. ‘Kaliteli’ veya ‘geleneksel ve endüstriyel’ seramik ürünleri ile ‘kaba’ veya ‘inşaat’ seramiklerinin arasındaki sınır, 0,1 ila 0,2 mm değerindeki eşdeğer parçacık çapları arasında değişiklik gösterir. ‘Kaba’ veya ‘inşaat’ seramik ürünleri, 0,2 mm’nin üzerinde homojen olmama durumu sergiler, fakat günümüzde ‘kaliteli’ veya ‘geleneksel ve endüstriyel’ seramik ürünleri ile ‘kaba’ veya ‘inşaat’ seramikleri arasında kesin bir sınır yoktur. Örneğin, ‘kaliteli’ veya ‘geleneksel ve endüstriyel’ seramiklere yönelik işleme teknolojileri, süper refrakter ürünler için de kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu belgede yukarıda bahsedildiği şekilde birbirinden ayrılan iki grup dikkate alınmamış olup, aşağıda verilen dokuz seramik ürün sektörü arasındaki ayrım gözetilmiştir [32, Seramik TÇG, 2006]:

- tuğlalar ve çatı kiremitleri,
- vitrifiye kil borular,
- refrakter ürünler,
- geliştirilmiş kil agregalar,
- duvar ve zemin karoları,
- sofa ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler),
- sıhhi tesisat gereçleri,
- teknik seramikler,
- inorganik bağlayıcılı aşındırıcılar.

1.5.1 Tuğlalar ve çatı kiremitleri

Tuğla ürünleri büyük miktarlarda üretilerek inşaatın birçok dalında malzeme olarak kullanılır. Tuğla ve karolar çoğunlukla kullanılan şekillendirme tekniğine göre değil, kullanım amacına göre sınıflandırılırlar:

- inşaat tuğlaları (örn. kil bloklar, cephe tuğlaları, mühendislik tuğlaları (‘klinker tuğla’) ve hafif tuğlalar),
- çatı kiremitleri (örn. kalıptan çekme veya preslenmiş karolar),
- döşeme tuğlaları,
- baca kiremitleri (örn. baca boruları).

İmalat sürecindeki farklı tekniklerden dolayı, farklı türlerdeki tuğla fabrikaları, kil çatı kiremitleri veya inşaat tuğlaları gibi çeşitli ürün gruplarında uzmanlaşmıştır.

2003 yılında; Avrupa kil tuğla ve çatı kiremitleri sanayinin toplam satışları 6800 milyon Euro civarında olmuş ve iş gücü yaklaşık 50000 kişiden oluşmuştur [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

Tuğla, döşeme ve çatı kiremitleri üretiminde ülkeler arasında bazı farklılıklar mevcuttur:

238 fabrika ile en fazla fabrikaya sahip olan İtalya’yı, Almanya (183), Portekiz (150), Fransa (136) ve Birleşik Krallık (134) takip etmektedir. İşletilmekte olan 70’ten az fabrikanın mevcut olduğu diğer ülkelerin arasında ise Hollanda (58), Belçika (40), Avusturya (30), İsviçre (27) ve Danimarka (26) bulunmaktadır.

Ülkede yaşayan her bir milyon kişiye düşen ortalama tuğla fabrikaları şöyledir:

Portekiz (1,5), Danimarka (5,1), İtalya (4,1), Belçika (4,0), Avusturya (3,8), İsviçre (3,7), Hollanda (3,7), Birleşik Krallık (2,3), Fransa (2,3) ve Almanya (2,2).

Çeşitli ülkelerde yaşayan kişilerle ilgili (2001'deki duruma göre) verilerin karşılaştırılması [3, CERAME-UNIE, 2003] ile ulaşılan bazı sonuçlar şunlardır:

- Fransa'da çatı kiremitlerinin üretim oranı yüksektir (kişi başına 0,89 m²), hemen arkasından ise İtalya (0,61), Almanya (0,54), İspanya (0,5), İsviçre (0,48), Danimarka (0,4) ve Avusturya (0,28) gelmektedir. Birleşik Krallık ve Belçika gibi diğer ülkelerde çatı kiremitlerinin üretimi çok daha düşüktür. Finlandiya ve Norveç çatı kiremiti üretmemektedir.
- AB-15 ülkelerinin her birinde tuğla ve bloklar üretilmektedir. En yüksek üretim oranının kaydedildiği Belçika'yı (kişi başına 0,29 m³), İspanya (0,28), İtalya (0,26), Avusturya (0,24), Almanya (0,17), İsviçre (0,08) ve daha düşük değerlerle diğer ülkeler takip etmektedir.

En yüksek üretim oranları, delikli tuğlalar için Avusturya (%97) ve Almanya'da (%87), cephe tuğlaları için ise Hollanda (%94), Birleşik Krallık (%82) ve Danimarka'da (%85) gerçekleşmektedir. Boşluklu birimler özellikle Fransa (%63) ve İtalya'da (%62) tercih edilmektedir.

Fabrikalardaki ortalama çalışan sayısı da Avrupa'nın çeşitli devletleri arasında farklılık göstermektedir:

- Birleşik Krallık (66),
- Belçika (44),
- Fransa (39) ve Hollanda (38),
- Avusturya (35), Almanya (34) ve İtalya (34),
- İsviçre (24) ve Danimarka (21).

1.5.2 Vitrifiye kil borular

Vitrifiye kil borular ve bağlantı elemanları, atık su boruları ve kanalizasyonların yanında, asit tankları ve ahır ürünleri için de kullanılır. 2000 yılında AB-15 ülkelerindeki yıllık üretim 708000 tona ulaşmıştır [3, CERAME-UNIE, 2003] [4, UBA, 2001].

Üretim fabrikaları Belçika, Almanya, İtalya, Hollanda ve Birleşik Krallık'ta bulunmaktadır. Burada üretilen ürünler 1991 yılında kabul edilen ve tüm AB-15 ve EFTA Üye Devletleri ile bazı diğer CEN Üye Devletlerinde uygulamaya koyulan Avrupa Standardı EN 295 temelinde tüm AB-15 Üye Ülkelerine dağıtılmaktadır.

Bu dosyada kullanılan 'borular' terimi, yeraltında atık suyun taşınmasında kullanılan borular ile bunların beraberindeki bağlantı elemanlarını içermektedir.

Aşağıdaki tabloda Avrupa'daki vitrifiye kil borular sanayiinin 2000 yılındaki durumu ile ilgili genel bilgiler verilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003], [30, Seramik TÇG, 2005].

Ülke	Bel.	Alm.	İta.	Holl.	BK	AB-15
Yaşayan kişi sayısı (10 ⁶)	10	82	57,5	15,7	58,5	
Fabrika Sayısı (*)	1	8	1	2	5	17
Yıllık boru ve bağlantı elemanı satışı (ton)	115000	208000	74000	102000	209000	708000
Toplam çalışan sayısı	250	500	150	213	800	1913
Her bir fabrika için ortalama personel	377	115	207	107	220	166
(*) Fabrikalarda birden fazla ocak işletiliyor olabilir						

Tablo 1.4: Avrupa'daki sırlanmış kil boru sanayii

1.5.3 Refrakter ürünler

Refrakter ürünler, 1500 °C'nin üzerinde sıcaklıklara dayanıklı olan seramik materyallerdir. Oldukça çeşitli şekil ve tiplerdeki birçok refrakter ürünler; çelik, demir, çimento, kireç, cam, seramik, alüminyum, bakır ve petrokimya endüstrilerinin birçok uygulamasında, yakma fırınları, güç santralleri ve gece depolamalı ısıtıcılar gibi ev tipi ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu ürünler yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen prosesler için hayati önem taşır ve erozyon, yavaş gerçekleşen deformasyon, korozyon ve termal şoklar gibi her türlü stres faktörüne (mekanik, termal, kimyasal) dirençlidir.

Refrakter materyallerin yüksek sıcaklık direnci, yumuşama noktalarının 1500 °C'den düşük olmaması olarak tanımlanır. Yumuşama noktası 1500 ile 1800 °C arasında olan materyaller için 'refrakter materyaller', 1800 °C'nin üzerinde olanlar için ise 'yüksek refrakter materyaller' sınıflandırması sıkça kullanılır [23, Seramik TÇG, 2005].

Başlangıçta yüksek saflıktaki killerin ham madde olarak kullanılmasına dayanan refrakter imalatında günümüzde hem doğal hem de sentetik birçok ham madde kullanılmaktadır. Bunların çoğu Avrupa dışındaki ülkelerden ithal edilir.

Refrakter ürün talebi, bunları kullanan sanayilerde gerçekleşen üretim ve yatırım oranları ile yakından ilişkilidir. Örneğin teknik inovasyonlar ve prosesler nedeniyle geçtiğimiz on yılda, çelik ve çimento gibi ürünlerin üretiminde her bir ton başına kullanılan refrakter materyal miktarında kayda değer bir düşüş yaşanmıştır. Çelik fırınları veya döküm kepçelerinin astarları için daha uzun kullanım ömürleri ve onarım ve bakımları için daha az zaman harcanması, bunları kullanan sanayilerin üretkenliğini önemli ölçüde iyileştirmiştir.

Refrakter ürünler genellikle metal, çimento, petrokimya ve cam sanayii gibi yoğun enerji tüketen endüstrilerde kullanılır. Kullanılan fırınların astarlarının kalitesi, proseslerin enerji verimliliği konusunda oldukça önemli olduğundan, refrakter endüstrisi bu endüstrilerin enerji verimliliği konusunda büyük öneme sahiptir. Refrakter ürünlerin yalıtımın geliştirilmesi ve astarların kullanım ömürlerinin artırılmasıyla sürekli olarak iyileştirilmesi, bunları kullanan endüstrilerin işlemlerinde spesifik enerji kullanımının azalmasını sağlamıştır.

2001 yılında toplam 4,6 milyon tonluk üretimle, AB-15 ülkeleri dünyada başı çekmekte (tahmini toplam üretimi 1,5 milyon ton olan Alman endüstrisi birinci sırada olmak üzere); bu da 2002 yılı için yaklaşık 3300 milyon Euro'ya karşılık gelmektedir. Bu üretim miktarının yaklaşık %65'i demir ve çelik üretimi, %5 ila 8'i çimento, cam ve seramik üretimi, geri kalanını ise demir dışı metalürji, kimyasal, petrokimyasal, enerji üretimi ve yakmayla ilişkilidir. 2002 yılında AB-15 endüstrisinde istihdam edilen kişi sayısı 18505'tir [20, CERAME-UNIE, 2004], [12, CTCV, 2004].

Aşağıdaki tablo 2001/2002 yılları için AB-15 ülkelerinin refrakter ürün imalatını göstermektedir [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Ülkeler	2002 yılında toplam üretim (10 ³ ton)
Avusturya (2001)	710
Benelüks	mevcut değil
Fransa	524
Almanya	931
Yunanistan (2001)	33
İtalya	556
Kuzey Ülkeleri (2001)	147
Portekiz	23
İspanya	417
Birleşik Krallık	204

Tablo 1.5: 2001/2002 yıllarında AB-15 ülkelerinde refrakter ürünlerin üretimi

1.5.4 Genleştirilmiş kil agregalar

Genleştirilmiş kil agregalar, ince ve kapalı hücrelerden oluşan düzgün gözenek yapısına ve yoğun sinterli, sıkı dış yüzeye sahip gözenekli seramik ürünlerdir. Kil mineralleri içeren ham maddelerden üretilirler. Ham madde hazırlanır, kalıba dökülür ve sonrasında 1100 ila 1300 °C arasındaki sıcaklıklarda pişirilir ve genişleme dolayısıyla hacminde önemli ölçüde artış meydana gelir.

Bu ürünler, birçok kullanım alanının çeşitli teknik gereksinimlerini karşılamak üzere, hassas biçimde ayarlanabilen tane boyutu ve özelliklere sahip olacak şekilde ve herhangi bir miktarda üretilir.

Bunlar, inşaat endüstrisinde gevşek veya çimento bağlı materyaller olarak (örneğin sahada işleme için gevşek dolgu malzemesi, hafif beton, blok veya diğer prefabrik hafif çimento bileşenler, hafif yapısal çimento) ve ayrıca bahçe ve peyzaj dizaynında gevşek materyaller (örneğin yol yapımında toprak dolgu malzemesi, eko-çatılar için altlık, filtre ve drenaj dolgusu) olarak kullanılmaktadır.

Endüstriyel ölçekte üretilen çeşitli hafif agregalar (LWA), oldukça çeşitli teknik özelliklere sahiptir. Tane boyutu, gözeneklilik, ağırlık ve tane gücü gibi özellikler, üretim sürecinde kontrol edilebilir. Tane yoğunluğu 0,15 ila 1,7 kg/dm³ arasında olan agregalar, geniş çeşitlilikteki gereksinim ve uygulamalara uyum sağlayabilir. Bu hafif agregalar, mükemmel bir yalıtım özelliğine sahiptir. Bunun nedeni, materyalin içinde dağınık halde olan gözeneklerdir. Endüstriyel üretimli hafif agregaların gevşek dolgularının termal iletkenlik değerleri, ilgili materyalin tane boyutu ve yoğunluğuna bağlı olarak 0,07 ila 0,18 W/(mK) arasında değişkenlik gösterir. Standardize granülometri, EN 13055 – 1 ve EN 13055 – 2’de tarif edilmiştir.

Genleştirilmiş kil agregaların yanında, endüstriyel olarak üretilen hafif agregalar genleştirilmiş şeyl ve damtaşı, taban külü, sinterli taş kömürü baca gazı ve genleştirilmiş camı da içerir, ancak belgede bu tür diğer ürün gruplarından bahsedilmemiştir.

Genleştirilmiş kil agrega üreticileri Danimarka, İsveç, Almanya, Norveç, Finlandiya, Estonya, Belçika, Avusturya, Polonya, İspanya, İtalya, Portekiz ve Çek Cumhuriyeti’nde bulunur. Orta ve Doğu Avrupa’da, genleştirilmiş kil genellikle ‘keramzit’ adıyla bilinir. Avrupa’nın toplam fabrika kapasitesinin 10 milyon metreküp civarında olduğu tahmin edilmektedir.

1.5.5 Duvar ve zemin karoları

Seramik karolar (bkz EN 14411) kil ve/veya diğer inorganik materyallerden üretilen ve genellikle duvar ve zemin kaplamada kullanılan ince levhalardır. Seramik karolar genellikle kalıptan çekme (ekstrüzyon) veya toz halinde presleme ile oda sıcaklığında şekillendirilir, kurutulur ve daha sonra gerekli özellikleri sağlamak için yeterli sıcaklıklarda pişirilir.

En yaygın karo şekilleri kare ve dikdörtgendir, ancak diğer çokgenler (altıgen, sekizgen gibi) de mevcuttur. Boyut olarak ise, karoların kenarları yalnızca birkaç santimetreden (mozaik) 60-100 santimetreye kadar çıkabilir. Kalınlıkları, 5 mm’lik duvar karolarından, 25 mm’nin üzerindeki çekme karolara kadar değişiklik gösterir.

Piyasada; toz halinde presleme veya ekstrüzyonla şekillendirilmiş, gözenekli, kompakt veya vitrifiye kütlelere veya beyaz (beyazımsı) veya renklendirilmiş (kırmızımsı) kütlelere sahip, sırlanmış veya sırlanmamış çeşitli türlerde seramik karolar mevcuttur.

Kültürel, resmi, işlevsel, ticari veya teknik sebeplerden dolayı bazı farklılıklar gösterebilir de, Üye Devletlerde üretilen seramik karolar benzer özelliklere sahiptir. Bu nedenle, farklı Üye Devletlerde çeşitli türlerdeki ürünlerin eşdeğerliklerinin ve ayrımlarının belirlenmesi zordur.

Bu zorluğun üstesinden gelmek amacıyla, Avrupa ve uluslararası standartlar kapsamında seramik karolar için genel bir sınıflandırma uygulanmaktadır. EN 14411 ile, seramik karolar imalat yöntemlerine (şekillendirme yöntemi) ve su emme özelliklerine göre dokuz gruba ayrılmıştır. Su emme özelliği materyalin gözenekliliği ile ilişkilidir; yüksek emicilik yüksek gözenekliliğe işaret ederken, düşük emicilik ise kompakt, vitrifiye yapı ile ilişkilendirilir.

Bu belgede, bu sınıflandırma genel referans olarak kabul edilmiştir. Fakat, bahsi geçen dokuz grup, belgede tartışılan çevresel özellikler bakımından önemli farklılıkları yansıtmamaktadır. Bu nedenle, belgenin özel amaçları doğrultusunda aşağıdaki tabloda verilen basitleştirilmiş sınıflandırma kullanılacaktır [3, CERAME-UNIE, 2003]. Üretim sürecinin çok küçük bir parçasını temsil etmeleri, özelliklerinin oldukça farklı olması veya kayda değer veya faydalı bilgilerin mevcut olmaması gibi nedenlerden dolayı bazı seramik karolar bu sınıflandırmada yer almamaktadır.

Sınıf	Tanım/spesifikasyon
A	Kalıptan çekme karo
Bla	Geçirimsiz kütleli toz halinde preslenmiş karo
Blb-BII	Kompakt kütleli toz halinde preslenmiş karo
BIII	Gözenekli kütleli toz halinde preslenmiş karo

Tablo 1.6: Seramik karoların basitleştirilmiş sınıflandırması

Seramik duvar ve zemin karoları, bina ve konut sektörlerinde duvar ve zemin kaplaması için kullanılan önemli ürünlerdir; dolayısıyla bakım ve iyileştirme piyasası bu ürünler için özel bir önem taşır. Karoların diğer uygulamaları arasında dış cepheler, yüzme havuzları ve kamuya açık alanlar yer almaktadır.

Açık ara en büyük ihracatçı olan Avrupa endüstrisi, dünyanın dört bir yanına karo satışı gerçekleştirmektedir. Avrupa'daki üretimin dörtte biri AB-15 dışındaki ülkelere ihraç edilir; Avrupa endüstrisi ise uluslararası karo ticaretinin $\frac{3}{4}$ 'lük payına sahiptir. Avrupa, 2001 yılında toplam değeri 10000 Euro olan, yaklaşık 1400 m² karo satışı gerçekleştirmiştir. Yine aynı yıl, bu endüstride 71000 kadar kişi istihdam edilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003]. Endüstrinin önemli bir bölümü, İtalya'nın Sassuolo bölgesi (Emilia-Romagna) ile İspanya'nın Castellón bölgesi (Comunidad de Valencia) olmak üzere iki bölgede yoğunlaşmıştır.

Karoların imalatında, çoğunlukla Avrupa'da bulunabilen yüksek rafinelikte kil kullanılmaktadır. Bunun yanında sırlama için de çeşitli maddeler kullanılmaktadır. Pişirme yoluyla kili seramiğe dönüştürdüğünden, enerji de bir ham madde sayılır. Kullanılan enerji kaynakları genellikle doğalgaz ve elektriktir.

Aşağıdaki tabloda, Üye Devletlerin enerji tüketimi gösterilmektedir [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Ülkeler	1980	1990	1997	2001
Almanya				7,58
Yunanistan	11,61	8,68	8,1	
İspanya	15,78	7,00	5,49	5,78
Fransa	6,97	5,84	5,71	6,42
İtalya	11,22	6,19	5,12	5,48
Hollanda	10,94	8,46	8,76	
Portekiz			6,20	6,00
Birleşik Krallık	18,05	13,15	11,33	

Tablo 1.7: Üye Devletlerin enerji tüketimi (üretilen her 1000 ton başına spesifik enerji tüketimi)

1.5.6 Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)

Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretimi sofras eşyaları, porselen, keramik ve ince pekişmiş çiniden yapılan suni gereçler ve süs eşyalarından oluşur. En tipik ürünler tabaklar, servis ürünleri, kupalar, kaseler, sürahiler ve vazolardır.

Diğer seramik ürünlerinin üretimiyle karşılaştırıldığında toplam üretim azdır, bkz. Tablo 1.1. Sofra ve süs eşyaları, tamamen farklı bir değer-ağırlık oranına sahiptir.

Sofra ve süs eşyaları, tüm seramikler için geçerli olan proseslerin genel tanımına uygunluk gösterir. Aşağıdaki tablo, çeşitli ürünlere ait çıktıları özetlemektedir [20, CERAME- UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Ülkeler	Ürünler	Yıllık ton
Almanya	Porselen sofras gereçleri diğer sofras gereçleri süs eşyaları	69000 4000 tahmini 500
Lüksemburg	Sofra gereçleri toplamı	5370
Hollanda	Sofra gereçleri (fayans, çini, vitriye otel gereçleri) süs eşyaları	5500 250
Portekiz	Sofra ve süs eşyaları toplamı	90000
Birleşik Krallık (2001)	Sofra ve süs eşyaları toplamı	86000

Tablo 1.8: Sofra ve süs eşyalarına ait çıktılar

1.5.7 Sıhhi tesisat gereçleri

Sıhhi amaçlar için kullanılan seramik ürünlerin tamamı sıhhi tesisat gereçleri olarak adlandırılır. Tipik sıhhi seramik ürünleri klozetler, bideler, lavabolar, su tankları ve çeşmelerdir. Bu ürünler genellikle vitroz porselenlerden (yarı porselen) veya fayanst (camlaştırılmamış kil) yapısı.

Tuğla veya refrakter ürünler gibi diğer seramik ürünlerinin üretimiyle karşılaştırıldığında toplam üretim azdır, bkz Tablo 1.1. Sıhhi tesisat gereçlerinin değer-ağırlık oranı, tuğla veya refrakter ürünlerinkinden tamamen farklıdır.

Sıhhi tesisat gereçlerinin üretim süreci, diğer seramik ürünlerinkine benzer işlemleri içerir. İstenilen özelliklere sahip bir kil döküm bulamacı oluşturmak için, ham maddeler suyla karıştırılır. Bu bulamaç daha sonra tanklarda depolanır ve ayrı kalıplarda veya basınçlı döküm makinelerinde döküm için kullanılır. Ürün, doğrudan basınçlı döküm makineleriyle üretilebileceği gibi alçı kalıba döküm işleminde kullanılan kalıplardan da çıkarılabilir. Parçalar sonraki işlemlerden geçmeden veya başka bir yere taşınmadan önce kurutulmalıdır.

Sırlama, doğrudan kil yüzeyine yapılarak ilgili ürün için uygun sıcaklıkta pişirilir; bu sıcaklık normal şartlarda vitroz seramik için yaklaşık 1200 – 1210 °C, ateş tuğlası için ise yaklaşık 1220 °C'dir.

Sırın püskürtülerek uygulanması, alttaki şeklin rengini ve 'canlılığını' sağlar. İstenen renk veya renk kombinasyonları, sırla beraber ilgili pigmentlerin kullanılmasıyla elde edilir. Pigmentlerin geneli metal oksitlerdir. Kullanılan pigmentlerin miktarı, ham maddelerin (kil) ve diğer içeriklerin ağırlığıyla karşılaştırıldığında oldukça minimaldir.

Tamamlanan ürün seçim, sevk ve dağıtım için depoya veya depolama tesisine gider.

1.5.8 Teknik seramikler

Avrupalı teknik seramik üreticileri, bir kısmı kil, bir kısmı da sentetik ham madde bazlı olan son derece çeşitli teknik seramik ürünleri imal etmektedir. Diğer seramik sektörlerinde olduğu gibi ham maddeler, çoğunlukla doğalgazla çalışan, bazen ise elektrikli fırınlarda pişirilir (2003: yaklaşık 2/3 oranında doğalgaz ve 1/3 oranında elektrik).

Teknik seramikler birçok sektörde kullanılır ve hem yalıtım malzemeleri gibi uzun süredir üretilmekte olan ürünleri, hem de yeni uygulamaları kapsar. Bu ürünler, havacılık ve otomotiv sektörleri (motor parçaları, katalizör taşıyıcılar), elektronik (kapasitör, pizoelektrik) ve biyomedikal (kemik replasmanı) ürünler, çevre koruma (filtreler) ve birçok diğer sektöre tedarik edilir.

Önemli teknik seramik üreticileri Almanya, Birleşik Krallık, Fransa ve Hollanda'da bulunur.

Bazı teknik seramik ürünlerin yüksek katma değeri nedeniyle, bu sektörü oluşturan parçalar diğer sektörlerdeki iş yüküyle karşılaştırıldığında fazla enerji yoğunluklu değildir. Kütle bazında ise enerji tüketimi karşılaştırılabilir seviyededir. Avrupa'da bu sektörde gerçekleştirilen toplam satış değeri 2001 yılı için 2500 milyon Euro olarak tahmin edilmektedir. 2003 yılı için ise, kesin veriler mevcut olmamakla beraber Avrupa'daki sektörün tamamı için toplam üretim hacmi 0,15 milyon ton olarak tahmin edilmektedir [3, CERAME-UNIE, 2003] [23, Seramik TÇG, 2005].

1.5.9 İnorganik bağlayıcılı aşındırıcılar

Bilinen en eski üretim proseslerinden biri olan öğütmenin en temel özelliklerinden biri, işlenecek parçanın materyallerinin çeşitli ve yönlendirilmemiş şekilde kesme etkisidir. Bu temel özelliği sağlayan aşındırıcı ürünler, her türdeki materyalin işlenmesinde sıklıkla kullanılan araçlar olup; metal, plastik, ahşap, cam, taş maddeleri öğütmenin yanı sıra kesip ayırma, cilalama, haşıl, keskinleştirme gibi işlemleri için de kullanılmaktadır.

Temelde bağlayıcılı aşındırıcılar ('öğütme taşları') ve kaplanmış aşındırıcılar ('zımpara kağıtları') olarak ikiye ayrılabilir. Bunun yanında herhangi bir desteğe doğrudan bağlantısı olmayan gevşek aşındırıcılar da mevcuttur (örn. cila pastası). Bu belgede yalnızca bağlayıcılı aşındırıcıların bir alt grubu olan 'inorganik bağlayıcılı aşındırıcılar'dan bahsedilmiştir.

İnorganik bağlayıcılı aşındırıcı (veya üreticilerin deyimiyle 'vitrifiye bağlayıcılı öğütme taşı) sentetik bir aşındırıcının vitrifiye bağla harmanlandığı bir araçtır (normal oran ağırlık olarak dokuz birim aşındırıcı başına bir birim kütledir). Söz konusu modern aşındırıcı materyaller, önceden belirli aşındırıcı tanecik büyüklüğünde ayrılmış olan özel erimiş alümina, sentetik korunt, kübik bor nitrür (CBN) veya elmasları içerir.

Ürün, bağlayıcı elemanı oluşturan kütlenin (örn. cam, kil) vitrifiye olduğu bir sıcaklıkta pişirilir ve soğutulduktan sonra aşındırıcı parçalara bağlanır [14, UBA, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

2 SERAMİK ÜRETİMİNDE UYGULANAN PROSES VE TEKNİKLER

2.1 Ham maddeler

Seramik sanayiinde, ürünlerin çeşitliliğine uyum sağlamak için geniş bir çeşitliliğe sahip materyaller kullanılmaktadır. Kullanılan materyaller hem doğal, hem de sentetiktir; bunların birçoğu Avrupa’da üretilir ve az bir kısmı ise ithal edilir. Sektörel ihtiyaçlar birbirinden farklıdır ve çeşitli sektörlerle ilişkili ham maddeler ilgili bölümlerde verilmiştir.

Kil bazlı seramik formülleri (veya kütleleri) bir veya birden fazla kilin ‘plastik olmayanlar’ olarak adlandırılan, kuvars tozu ve feldispat gibi mineral kristalleştiricilerle karıştırılır.

Yaygın kil mineralleri (‘plastik killer’) kayaların hava şartları ile ayrışması sonucu oluşan hidrate alüminyum silikatlarıdır ve kil mineral kafeslerinin çoğunda iki yapısal birim mevcuttur. Bunlardan biri, dört oksijen iyonu ile çevrelenmiş bir Si^{4+} içeren dört yüzlü moleküllerden oluşan ‘silika katmanı’dır. Diğer yapısal birim ise Al^{3+} iyonunun altı hidroksil grubu ile çevrelediği sekiz yüzlülerden oluşan ‘alüminyum hidroksit veya gibsit katmanı’dır. Bu sekiz yüzlü katmanlar, silika katmanlar ile beraber yoğunlaşarak kil minerallerini oluşturur.

Kil minerali olarak adlandırılan bir dizi mineral türü mevcuttur, ancak ‘kaolinit’ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, ‘montmorillonit’ $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ve ‘halloysit’ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ bunların en önemlileridir [8, Ullmann's, 2001], [11, Shreve, 1945].

Çok küçük bir oranda kil içeren veya hiç kil içermeyen gelişmiş seramik ürünler; Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr ve diğer metal iyonlarının oksitleri, karbitleri, nitritleri ve boritlerine dayanır. Tipik örnekleri Al_2O_3 (alümina), MgO (periklaz veya tam pişmiş manyezi), SiC (silisyum karbür), TiN (titanyum nitrit) ve WB_2 (tungsten borit)’dir [8, Ullmann's, 2001].

Killer veya killi materyaller (tortul killer, şistik kil, tınlı kil, marn) çoğunlukla tuğla, çatı kiremiti ve kil boruların üretiminde kullanılır. Organik katkıları (talaş, kağıt bağlayıcı maddeler, polistren) veya kizelgur veya perlit gibi inorganik yardımcı maddeler, daha büyük bir gözenek hacmi elde etmek için ilave edilebilir. Cephe tuğlası ve çatı kiremitleri endüstrisinde; MnO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , kromitler gibi metalik oksitler ve $CaCO_3$, $CaMgCO_3$ gibi mineraller, istenen rengin elde edilmesi ve/veya son ürünün gözenekliliğinin artırılması amaçlarıyla eklenebilir. Tozlaşmayı azaltmak için $BaCO_3$ eklenebilir. Bu tür katkıları, şekillendirmeden hemen önce veya ham madde hazırlık prosesinde; katı veya sıvı formda eklenir.

Refrakter ürünler kil, şamot (kalsine edilmiş ve kırılmış çiğ plastik kil) ve kuarzit, dolomit, boksit ve manyezit gibi belirli doğal kayalar ile beraber, silisyum karbür veya spinel gibi yukarıda bahsedilen sentetik materyalleri de içerir. Sıkıştırılabilir kütleler oluşturmak için, çekilen ham maddelere bağlayıcılar ve agregalar eklenir.

Genleştirilmiş kil sektöründe, belirli bir genleşebilirliğe sahip killer kullanılır. Genleşmeyi artırmak için katkıları (örn. ergiticiler, genleşme yardımcıları ve ayırıcı maddeler) kullanılır [26, UBA, 2005].

Duvar ve zemin karoları, ev kullanımına yönelik seramikler ve sıhhi tesisat gereçleri sektörlerinde üretilen ürünlerde baskın olarak alüminyum silikatlar bulunur ve kil mineralleri plastik ham madde görevi görür. Diğer yandan teknik seramikler veya inorganik bağlayıcılı aşındırıcılar genellikle sadece az bir miktar kil içerir, hatta teknik seramikler hiç kil içermeyebilir ve dolayısıyla yukarıda bahsedildiği gibi metal borit, karbit, oksit ve nitrit bazlıdır.

Kuvars, feldispat, bazı durumlarda tebeşir, dolomit, wollastonit ve stenitler, dolgu ve ergitici madde olarak kullanılır. Çeşitli seramik ürünlerinin görünür veya tüm yüzeyleri, sır fritleri veya astar bulamacı ile sırlanır veya astarlanır.

Yukarıda bahsedilen ham maddeler ve yardımcı maddelerin yanında, diğer yardımcı maddeler, pişirme yardımcıları, yakıtlar ve soğurucu maddeler de seramik üretimi için gereklidir. Organik bulamaç katkıları ve bağlayıcı maddeler, şekillendirme prosesinde yardımcı madde olarak kullanılır. Pişirme yardımcıları tekrar kullanılabilir ateşe dayanıklı kapsüller, levhalar ve dikmelerdir. Kalsiyum karbonat, kalsiyum hidroksit ve ince tebeşir gibi emici maddeler de baca gazı arıtmasında kullanılır.

2.2 Genel ürün ve proses tanımları

Seramik ürünlerin üretimi, oldukça çeşitli tür, çeşit, boyut ve renklere sahip ham maddelerle ve farklı türlerdeki fırınlarda gerçekleştirilir. Duvar ve zemin karoları, sofa ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler), sıhhi tesisat gereçleri ve teknik seramikler için genelde birden fazla pişirme aşaması uygulansa da, seramik ürünlerin genel üretim süreci oldukça tekdüzedir.

Genellikle, ham maddeler karıştırılır ve kalıba dökülür, preslenir veya ekstrüzyonla şekillendirilir. İyi karıştırma ve şekillendirme için sürekli su kullanılır. Bu su, kurutucularda buharlaştırılır ve ürünler, (özellikle periyodik olarak çalıştırılan fırınlarda) elle fırına yerleştirilir veya sürekli olarak çalıştırılan fırınlara gönderilen taşıyıcılara yerleştirilir. Çoğunlukla doğalgaz ile çalıştırılıyor olsalar da, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), fuel oil, kömür, petrol koku, biyogaz/biyokütle ve elektrik de fırınlarda kullanılır.

Fırında pişirme süreci ile, eski haline geri döndürülemez bir seramik yapı elde edilir. Burada, pişirme esnasında ürünlerin doğru işlemlerden geçtiğinden emin olmak için yüksek doğruluklu bir sıcaklık gradyanı esastır. Sonrasında ise, ürünlerin ısılarını aşamalı olarak verebilmesi ve seramik yapılarını koruyabilmesi için kontrollü soğutma yapılmalıdır. Daha sonra ürünler paketlenir ve teslimat için depoya gönderilir.

Belgenin 2.2.1 – 2.2.13 numaralı bölümlerinde, üretim süreçlerindeki temel adımlar ve değişiklikler ile beraber, bir seramik üretim fabrikasının en önemli birimleri açıklanacaktır [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [5, InfoMil, 2003], [6, Timellini, 2004], [7, Dodd, 1994], [8, Ullmann's, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [14, UBA, 2004], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005], [29, IMA-Europe, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006].

Hacimsel akış hızları ve konsantrasyonlarında standart koşullar için, ayrıca Terimler Sözlüğünde de verilmiş olan aşağıdaki tanımları inceleyiniz:

m ³ /s	hacimsel akış hızı: aksi belirtilmediği sürece, bu belgedeki hacimsel akış hızı, hacmen %18 oksijen ve standart hali ifade eder.
mg/m ³	konsantrasyon: aksi belirtilmediği sürece, belgede gaz halindeki maddelerin veya madde karışımlarının konsantrasyonları, hacmen %18'lik oksijen ve standart haldeki kuru baca gazını; benzer konsantrasyonları ise hacmen %15'lik oksijen ve standart hali ifade eder.
standart hal	273 K sıcaklık ve 1013 hPa basıncı ifade eder.

2.2.1 Ham maddelerin depolanması ve taşınması

Kil, kaolin, killi materyaller, feldispat, kuvars ve kullanılan diğer ham maddelerin çoğu, genellikle madenler veya taş ocaklarından çıkartılır. Bazı durumlarda kil, üretim fabrikasının yakınındaki nehir kıyılarından da elde edilir (örn. Hollanda'da). Ham maddeler üretim fabrikasına genellikle kamyonlarla taşınıyor olsa da, demiryolu veya maden ya da taş ocağının fabrikaya çok yakın olduğu durumlarda bantlı konveyörler de taşımada kullanılabilir.

Özelliklerine ve işleme aşamalarına bağlı olarak ham maddeler açık yığınlar halinde, kutularla ayrılmış depolarda, büyük hacimli besleme hatlarında veya temperleme, yaşlandırma, asitlendirme silolarında veya kuru silolarda saklanır. Silolar; seviye göstergeleri ve aşırı yük valfleri, filtreleri veya tozlu havanın salındığı gaz değiştirme üniteleri ile donatılmıştır. Teslimatı sıvı veya bulamaç halinde yapılan bazı materyaller ise tanklarda veya diğer fiçilerde depolanır.

Fabrika içerisinde taşıma için kullanılacak ekipmanlar, taşınacak materyalin tanecikli olma, yıpranmaya ve akışkanlığa dayanıklılık, sıcaklık, akış hızı ve mevcut alan gibi özelliklerine göre seçilir. Materyaller kovalı elavator, zincirli konveyör, helezon konveyör, pnömatik konveyör ve kaydıraklar gibi maden kaldıraçlarıyla taşınır. Döküm bulamacı kısmen borulardan pompalanır.

2.2.2 Ham maddelerin hazırlanması

Ham maddelerin ilk boyut küçültme ve ön homojenizasyonu çıkarma işlemlerinde gerçekleştirilir, ancak modern seramik ürünlerin katı teknik gerekliliklerine uymak için diğer hazırlık faaliyetleri de gereklidir. 2.2.2.1 – 2.2.2.10 Kısımlarında açıklanan proseslerden biri veya birden fazlası, uygulanma sırasından bağımsız olarak kullanılabilir.

2.2.2.1 Ön kurutma

Belirli ham maddelerin ön kurutması gerekli olabilir; örneğin kum, akışkan yataklı kurutucu teknolojileri veya döner kurutucular kullanılarak kurutulabilir. Rafine seramik ham maddelerinin birçoğu uzman tedarikçilerden, genellikle kuru halde satın alınır.

2.2.2.2 Ön harmanlama

Killerin harmanlanması, çıkarılma sürecinde başlayabilir; örneğin seçici kazı yapılabilir veya materyal yatay katmanlar halinde üst üste istiflenebilir ve daha sonra bu istif fabrikanın tedarik beslemesine dikey olarak sıyrılabilir.

2.2.2.3 Havalandırma/asitlendirme

Kil tuğla ve çatı kiremitleri üreten tesislerde, kil ve mineral ham maddelerin büyük hacimlerde saklanması gerekir ve ilk depolama sıklıkla açık havada gerçekleştirilir. Özellikle çok nemli kil süreçlerinin söz konusu olduğu belirli durumlarda, birkaç ay süren depolama kilin çalışabilirlik düzeyini artırır. Bu süreç asitlendirme olarak bilinir ve havaya maruz bırakma eyleminin en etkili olduğu dönem kış aylarıdır.

2.2.2.4 Birincil ve ikincil kırma, öğütme ve eleme

Kısmen daha kuru/gevrek olan seramiklerin kabaca birincil kırma işlemleri, genellikle madene yerleştirilen büyük dişli kibler silindirler, veya büyük çeneli konkasörler ile gerçekleştirilir. Çok sert ham maddelerin (genellikle refrakter ürünlerin yapımında kullanılır) boyutları da, mineral öbeklerini sabit veya hareketli bir sert yüzey arasında sıkıştıran çeneli veya konik konkasörler ile küçültülür.

Çekiçli değirmenler boyut küçültme işlemini çarpma kuvvetiyle gerçekleştirir; değirmene giren ham madde parçaları, hızla dönen çekiçlerin çarpmasıyla parçalanır.

Şili değirmenleri (örn. kuru veya ıslak taşlama makineleri) daha plastik yapıdaki ham maddelerin parçacık boyutunu küçültmeye uygundur. Delikli taban levhalarına sahip tavalar, belirli bir maksimum parçacık boyutu sağlar ve yaş karıştırıcılar ek olarak su ilavesiyle killerin temperlenme işlevini gerçekleştirir.

Kırıcı silindirler, kil parçacıklarının ufalanması, düzleştirilmesi ve homojenleştirilmesi için yaygın olarak ağır kil sanayiinde kullanılır. Birbirine paralel ve pürüzsüz ağır çelik silindirler zıt yönlerde ilerletilerek, silindirlerin arasına beslenen ham madde kesilir, kırılır ve düzleştirilir. Boyut kontrolü, silindirlerin arasındaki boşluk ayarlanarak sağlanır.

Kil öğütücüleri (ayrıca valsli değirmenler) de plastik ham maddeler için kullanışlıdır. Bunlarda kesici bıçaklı dönen bir yarıklı tambur bulunur. Kil öbekleri bu yarıklardan itilerek tıraşlanır.

Çarpma rotorlu kırıcılarda, cıvatalanmış çarpma aletleri veya ‘pabuç’ taşıyan iki rotor bulunur. Bunlar birbirine doğru dönerek beslenen ham maddenin sürekli olarak döndürülmesini, karıştırılmasını ve parçalanmasını sağlar.

2.2.2.5 Kuru veya ıslak çekme (öğütme)

Yukarıda açıklanan parçalama süreci, genellikle 2 mm veya daha büyük parçacık boyutu sağlar. Duvar ve zemin karoları, refrakter ürünler ve sofa gereçleri gibi birçok seramik uygulaması için boyutların daha da küçültülmesi gerekir. Kuru veya ıslak valsli değirmenler, yaklaşık 1 mm çapında parçacıkların elde edilmesi için kullanılır. Bunlar, bir dış çemberde hareket eden dönen dikey konumlandırılmış silindirlerden oluşur ve silindirler ve çember arasında, örneğin santrifüjle, basınç meydana getirilir. Birincil kırma aşamasından çıkan ham madde, suyla beraber veya susuz şekilde değirmene verilir ve istenen parçacık boyutuna ulaşılan kadar çekilir. Sürekli veya bilyeli değirmenlerde (seramik kürelerin yatay tamburlarda döndürüldüğü) daha da ince bir öğütme elde etmek mümkündür.

Bilyeli değirmenler, seramik zemin ve duvar karoları sanayiinde olağan seçimdir ve ıslak şekilde kullanıldıklarında, iki yüz mikrondan az olacak şekilde çekilmiş tozlar üretebilirler.

2.2.2.6 Kuru eleme/havali sınıflandırma

Seramiğin bazı özelliklerini (örn. yoğunluk) optimize etmek için, bazen belirli boyuttaki parçaların harmanlanması gerekli olabilir. Kuru elemelerde genellikle, materyalin birikmesini ve tıkanmayı engellemek için elektrikle ısıtılan titreşimli elekler bulunur.

Havali sınıflandırıcılar siklonların ayrılmasına dayanır ve kuru tozların ayrılması için de kullanılabilir. Her iki durumda da, boyutu fazla büyük olan materyal öğütücüye geri gönderilir.

2.2.2.7 Püskürtmeli kurutma

Bu proses, çoğunlukla duvar ve zemin karoları sanayiinde kullanılmakta olup, aynı zamanda sofa gereçleri, teknik seramikler ve refrakter ürünlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Islak bilyeli öğütme sonrası ham maddelerin sulu süspansiyonu (katı içeriği ~%60-70) sıcak hava akışıyla temas eden ince damlacıklar meydana getirecek şekilde basınçla püskürtülür. Damlacıkların kurutulmasıyla oldukça düzgün şekilli, az çok küresel boş granüller (nem içeriği tipik olarak %5,5-7 olan) elde edilir. Yüksek akışkanlığa sahip olan bu tozlu yapı, presleme kalıplarının düzgünce doldurulmasını ve büyük boyutlardaki tekli karoların preslenmesini kolaylaştırır. Günümüzde, belirli şirketler püskürtmeyle kurutulmuş tozların hazırlanmasında uzmanlaşmıştır. Bu şirketler, prefabrik materyali diğer işlemlerin gerçekleşeceği seramik fabrikalarına doğrudan teslim ederler.

2.2.2.8 Kireçleştirme

Bazı seramik ham maddeleri, özelliklerinin iyileştirilmesi için genellikle döner fırınlarda, tünel fırınlarda veya şaft fırınlarda ön pişirmeye tabi tutulur. Örneğin belirli oksitlerin (örn. dolomit, manyezit) refrakter üretim için uygun hale getirilmeleri için kimi zaman 1800 °C'yi geçen sıcaklıklarda 'tam pişirilmesi' gerekmektedir. Killerin (örn. kaolin) kireçleştirilmesi, eklendikleri kütlelerin plastik çekme payını azaltarak ürünlerin boyut kontrolüne yardımcı olur ve pişirme çevrimlerini hızlandırır. Günümüzde, belirli şirketler kalsine edilmiş ham maddelerin hazırlanmasında uzmanlaşmıştır. Bu şirketler, prefabrik materyali diğer işlemlerin gerçekleşeceği seramik fabrikalarına doğrudan teslim ederler.

Bu belge, ham maddelerin hazırlanmasına yönelik kireçleştirme işlemlerini içermez, fakat 'tam pişirilmiş oksitler' ve 'kalsine edilmiş şamot, pigmentler ve dolgular' konularında detaylı bilgiye dolomitin kireçleştirilmesinin anlatıldığı Çimento ve Kireç BREF'inden; kaolinin işlenmesinin anlatıldığı Madencilik Faaliyetlerinde Artık ve Atık Kayaların Yönetimi BREF'inden; magnezyum oksit üretiminin anlatıldığı Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar (Katılar ve Diğerleri) konulu taslak halindeki BREF'ten; ve özel inorganik pigmentlerin üretiminin anlatıldığı Özel İnorganik Kimyasalların Üretimi konulu taslak halindeki BREF'ten ulaşılabilir.

2.2.2.9 Sentetik baz materyaller

Silisyum karbür gibi bazı sentetik materyallerin özel tedarikçiler tarafından sağlanabileceği, ancak yine de parçalama prosesinden geçmesi gerekebileceği unutulmamalıdır.

2.2.2.10 Fritler ve sırlar, sır hazırlanması

Seramik duvar ve zemin karolarında, camsı özellikte ham maddeler (fritler) kullanılır. Fritler; yüksek sıcaklıklarda (1500 °C) eritildikten sonra hızla soğutularak elde edilen kristalize materyallerden oluşan ve suda çözünür camsı bileşiklerdir. Fritler, seramik karo endüstrilerine frit üreticileri tarafından tedarik edilir (daha fazla bilgi için ayrıca bkz. Cam Üretimi konulu BREF).

Fritler dışındaki sırdaki diğer en önemli içerikler silika (cam yapıcı), ergitici görevi gören katkılar (alkaliler, alkali topraklar, bor, kurşun, vb.), opaklaştırıcılar (zirkonyum, titanyum, vb.) ve renklendirici görevi gören katılardır (demir, krom, kobalt, manganez, vb.).

Sır hazırlama prosesinde, frit ve katkılar genellikle aralıklı tamburlu bilyeli öğütücülerde, önceden belirlenmiş nitelikteki ıskarta elde edilene kadar çekilir. Sır, titreşimli süzgeçlerden geçer. Daha sonra sulu süspansiyonun koşulları ayarlanır. Süspansiyonun özellikleri, kullanılacak uygulama yöntemine bağlıdır.

Ürünün türü, pişirme sıcaklığı ve son üründe istenen etki ve özelliklere bağlı olarak geniş çeşitlilikte sırlar hazırlanır.

2.2.3 İçeriklerin karıştırılması

2.2.3.1 Genel

Karıştırma süresi, yoğunluğu ve sırası, karışımın özellikleri ve dolayısıyla nihai ürün üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hazırlanan ham maddeler, istenen fizikokimyasal birliği sağlamak için kontrollü ölçülerde karıştırılmalı ve homojenize edilmelidir. İlgili seramik sektörüne bağlı olarak, karıştırma büyük ölçekli sürekli işlemlerden, titizlikle kontrol edilen küçük ölçekli karışımlara kadar değişiklik gösterebilir. Oranlama, hacim (örn. bantlı konveyörlere yerleştirilen besleme kutuları ile) veya kütle (tartı bantlara bağlı vidalı besleyicilerle) bazında yapılabilir.

Seramik oluşturma işlemlerinin çoğunda, belirli bir su veya bağlayıcı içerikli ham maddelere ve pigmentler, köpük önleyici maddeler gibi küçük katkılara gereksinim duyulur ve bağlayıcıların dozajı hassasiyetle ayarlanmalı ve karışıma eşit biçimde dağıtılmalıdır. Refrakter üretiminde, belirli ürünlerin özellikleri, çeşitli tanecik boyutuna sahip ham maddelerin dikkatlice harmanlanmasıyla optimize edilmiştir. Karışımın içeriklerinin oranlanması günümüzde büyük ölçüde otomatize edilmiştir, bilgisayarla kontrol edilen besleme mekanizmaları harmanın 'kompozisyonunu' hızla değiştirmeyi sağlar. Özellikle tuğla üretiminde bazı durumlarda, pişirme sürelerini azaltmak için kil, katı yakıt katkıları (ince kok gibi) ile de karıştırılır.

2.2.3.2 Sürekli karıştırıcılar

Çift şaftlı karıştırıcılar: bunlar, ağır kil sanayinde çok yaygın kullanılırlar ve birbirine doğru dönen iki paralel şaftı taşıyan bir tekneden oluşurlar. Şaftlarda, hareketli bir karıştırma sağlayan kürekler ve bıçaklar bulunur. Küreklerin eğimi sayesinde kütle, boşaltım ucuna doğru ilerletilir.

Tek şaftlı karıştırıcılar: bunlar, çift şaftlı versiyonlarına göre daha hassas karıştırma sağlar, ancak kil karışımlarının ekstrüzyon öncesi suyla temperlenmesinde faydalıdır. Karıştırıcı genellikle, hazırlanan kil karışımını sıkıştıran vidalı burğu ile sonlandırılır.

Tavalı değirmenler (kum karıştırıcı): bu tavaların öğütme fonksiyonu 2.2.2.4 kısmında açıklanmıştır. Kuru tava versiyonunda, tavalar döner ve çarklar (ağır çelik gergi tekerlekleri) sabit bir eksendedir, ıslak tavada ise, tava sabitken çarklar dikey bir eksenle dönerek hareket ettirilir. Kil karışımı, su ve bazı katkıların iyi bir düzeyde karıştırılması mümkündür.

Kil öğütücüler ve çarpma rotorlu kırıcılar: bunlardan 2.2.2.4 kısmında da bahsedilmiştir ve yine oldukça iyi düzeyde karıştırma ile parçalama olmak üzere iki işlevleri vardır.

2.2.3.3 Harman karıştırıcılar

Z bıçaklı karıştırıcı (hamur karıştırıcı): çeşitli tasarımları vardır ancak hepsi kesme ve yoğurma temel prensibi ile çalışırlar. Genellikle plastik ham maddelerle çalışırlar ancak daha kuru tozları da idare edebilirler.

Tamburlu karıştırıcılar: bunlar, aynı boyutlardaki kısmen daha kuru materyallerin karıştırılması için uygundur. Yüklü tambur, gerekli süre boyunca döndürülür.

Döner tavalı karıştırıcılar: bunlar büyük beton karıştırıcılar ile aynı prensipte çalışır ve en iyi, tavanın hareketi sırasında tek çeşit içeriklerin ölçülü miktarları ile yüklenirler. Tam bir harman elde etmek için sıyrıcılar, küreyiciler ve yönlendirme plakaları kullanılır ve bu karıştırıcılar, granüllü kili ince tozlarla karıştırabilir.

Dönen şaftlı karıştırıcılar (karma makineleri): bu versiyonda tava sabittir ve genellikle üzerinde dönen kürekler veya bıçaklar olan kolları olan merkezi şaft döner. Bu kürekler ve bıçaklar, tavanın tabanını planeter bir hareketle süpürür ve dönen tava tipiyle benzer harman karıştırma verimliliği sağlar.

Karıştırmalı tanklar: bunlar, seramik sanayiinde kullanılan çeşitli sulu bulamaçlar, dökümler ve süspansiyonların karıştırılmasında kullanılır. Süspansiyon maddeleri genellikle içeriğe dahil olsalar da, bulamaç ve benzeri maddelerin kullanılabildiği kadar karıştırmalı tanklarda veya ayrı depolama tanklarında devamlı karıştırılmaları sağlanmalıdır.

2.2.4 Ürünün şekillendirilmesi/oluşturulması

2.2.4.1 Genel

Geleneksel seramik ürünler her zaman plastik haldeki ham maddeler halindeyken şekillendirilmiş ve bu binlerce yıl boyunca manuel bir işlem olarak devam etmiştir. Günümüzde ise, boyutsal tolerans, yoğunluk, kuvvet, dayanıklılık ve refrakterlik gibi giderek artan katı teknik özelliklere talep vardır. Birçok durumda estetik özellikler de temel önem taşır. Ürünlerin oluşturulmasında kullanılan yöntem, ürünün nihai özellikleri üzerinde büyük etkiye sahiptir ve seramik sanayiinin çeşitli sektörlerinde, geniş bir çeşitliliğe sahip şekillendirme teknikleri geliştirilmiştir.

2.2.4.2 Presleme

2.2.4.2.1 Mekanik presleme

Bu yöntem, tuğlaların (örn. yarı kuru presleme) ve refrakter ürünlerin üretiminde hala kullanılmaktadır. Presleme kalıpları önceden belirlenmiş bir hacimdeki kil granülleri ile doldurulur ve ağır volanlarla desteklenen kam hareketiyle itilen pistonlarla genellikle yukarıdan ve aşağıdan olmak üzere basınç uygulanır.

2.2.4.2.2 Hidrolik presleme

Modern hidrolik presler yüksek sıkıştırma kuvveti, üretkenlik, tutarlılık ve ayarlama kolaylığı sağlayabilir. Artık preslerin birçoğunda, birimlerin yüksekliğini kontrol ederek çevrime boyut birliği sağlayacak şekilde otomatik olarak ayarlayan elektronik kontrol üniteleri bulunmaktadır. Bu tür presler, kompleks refrakter şekillerin oluşturulmasında kullanılanlar gibi presleme programları da dahil olmak üzere, çeşitli gereksinimleri karşılayacak şekilde kolayca ayarlanabilir. Hidrolik presleme karoların şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılır. Seramik karolarda, nemli toz (%5-7 nem içeriği) sıkı kalıplara basılırken, kil çatı kiremitleri genellikle kalıptan çekilmiş bir sütundan kesilen plastik kil ‘altlıkları’na basılarak şekillendirilir.

2.2.4.2.3 Çarpmalı presleme

Burada yüksek hızlı bir tokmağın tozu kalıba çarpmasıyla meydana gelen pnömatik-mekanik darbeye yüksek oranda enerji söz konusudur. Teknik, özel refrakter ürünlerin üretiminde kullanılır.

2.2.4.2.4 Sürtünmeli presleme

Mekanik itişli sürtünmeli (vidalı) presler, genellikle refrakter şekillerin üretiminde kullanılırlar da, hidrolik presler giderek yavaş yavaş bunların yerine geçmektedir.

2.2.4.2.5 İzostatik presleme

Bazı yüksek kaliteli ürünlerde tekdüze yoğunlaştırmaya ihtiyaç duyulur, bu da her yüzeye eşit basınç uygulanarak sağlanabilir. İzostatik preste, lastik veya poliüretan kalıplar seramik tozuyla doldurulur ve sıvı dolu bir kaba yerleştirilir. Sonrasında yüksek bir hidrostatik basınç uygulanır ve nesneler kalıptan çıkartılır. Bu teknik, refrakter ve teknik seramik sektörlerinin yanında, karo ve sofa eşyalarının imalatında da kullanılır.

2.2.4.3 Ekstrüzyon

Ekstrüzyon, kil tuğla ve blokların, vitrifiye kil boruların ve seramik zemin ve duvar karolarının üretiminde yaygın olarak kullanılır. Bu işlem aynı zamanda çatı kiremitlerine, refrakter şekillere vb. preslenmek üzere yarı işlenmiş ‘altlıklar’ yapmak için de kullanılır. Ekstrüzyon prosesinde, genellikle önemli oranda kil içeriğine işaret eden, plastik ham maddeye ihtiyaç duyulur. Plastik kütle su verilerek istenen yoğunluğa getirilir ve sonrasında genellikle güçlü bir burgu kullanılarak ekstrüzyon aygıtının kalıbına geçirilir. Burgudan önce genellikle vakumlu bir havasızlaştırma aşaması gerçekleştirilerek kil sütunun sağlamlığı artırılır. Son olarak bu kil sütun, uzatılarak gerilmiş düşey teller boyunca itilerek istenen uzunluktaki birimler halinde kesilir.

Ekstrüzyon; tuğlalar, borular ve benzerinin büyük ölçekli ve sürekli üretimi için oldukça uygundur ve büyük hafif inşaat blokları gibi gözenekli cisimlerin yapılması için idealdir.

2.2.4.4 Kalıplama

Bu yöntem, kil objelerin şekillendirilmesinde çok eskiden beri kullanılır; bilinen en eski tuğla (pişirilmemiş) 10000 yıldan öncesine aittir. Dünyanın birçok yerinde, kerpiç sistemler hala düzenli olarak kullanılır. Elle kalıplama uygulanmış ve boyut ve şekillerin birliğini sağlamak için basit ahşap kalıplar geliştirilmiştir. Kil gereçlerin kalıplanmasında presleme veya ekstrüzyona göre çok daha az güç gerekir, ancak karışım çok daha yumuşak (ıslak) olmalıdır; bu da kurutmada çekme oranının ve ısı enerjisi girişinin artmasına neden olur.

‘Çok nemli süreç’ olarak adlandırılan işlemle kalıplanan tuğlalar, oldukça revaçta olan özel doku ve estetik özelliklerine sahiptir; bunun bir nedeni de Avrupa’nın birçok şehri ve bölgesindeki zengin mimari mirasını korumaktır. Elle atılan tuğlalar, hala üretilmekte olup yüksek fiyatlara sahiptirler; ancak kalıplanan tuğlaların çoğu, Batı Avrupa’da sofistike makinelerle mekanik olarak üretilmektedir. Bu makinelerde de kil toprakları önceden kumlanmış olan kalıplara ayrı ayrı ‘atılır’. Refrakter sektöründe büyük ürünlerin (ağırlıkları kimi zaman bir tonu aşan ürünler) şekillendirilmesi için de kütlelerin kalıplanması işlemi gerçekleştirilir. Hassas bir akışkanlık düzeyine sahip olması gereken karışım, kalıba dökülür. Burada, karışımı güçlendirmek ve kalıbın tamamen dolduğundan emin olmak için vibrasyon (kalıba veya titreşimli çubuklarla doğrudan karışıma uygulanır) kullanılır. Bu işlem ‘vibrasyonlu döküm’ olarak adlandırılır.

2.2.4.5 Alçı kalıba dökme

Bu işlem, sıhhi tesisat gereçlerinin, sofa ve süs eşyalarının, özel ve karmaşık yapıdaki refrakter ürünlerin ve teknik seramiklerin üretiminde yaygın olarak kullanılır. İnce şekilde öğütülen mineral materyal, su ile karıştırılarak kil çamuru (kararlı bir sulu bulamaç) oluşturulur ve geleneksel olarak kurumuş alçı sıvadan yapılan gözenekli bir kalıba dökülür. Kalıbın kapiler emilmesi ile bulamaçtaki sıvı çekilerek, kalıbın iç yüzeyinde katı bir döküm meydana getirilir. Duvar kalınlığı aşamalı olarak artırılır ve arzu edildiği takdirde, kalıp çıkarılmadan önce zamanla tamamen katılaşmış bir kütle elde edilebilir.

Sıhhi tesisat gereçleri oldukça büyüktür ve konvansiyonel alçı döküm ile veya (daha doğrudan bir yöntem olan) basınçlı döküm makinelerinde şekillendirilir.

2.2.4.6 Erimeli döküm

Bu teknik, hem maliyet hem de enerji bakımından pahalı olduğundan, kullanımı uzmanlaşmış seramik uygulamaları ile sınırlıdır. Refrakter tuğlalar; erimiş cüruf, klinker ve benzerinden kaynaklanan, ciddi kimyasal ve fiziksel saldırılara uğrar. Erimeli dökümde seçilen ham maddelerin ön eritmesi yapılır ve kalıplara dökülür. Çıkan birimler yüksek yoğunluğa, düşük gözenekliliğe, çok güçlü taneler arası tutunma ve düzenli bir mikro yapıya sahiptir. Bu özellikler korozyona ve erozyona direnci artırır ve yüksek sıcaklıklarda mükemmel mekanik kuvvet sağlar. Bu işlemin bir özelliği de katılaşmada eriyen oksitlerin yüksek oranda çekmesidir (hacmen %15 civarında). Döküm parçalarının parçalanmasını engellemek ve kristalleşme sürecini kontrol etmek için kontrollü yavaş soğutma şarttır.

2.2.5 Seramik ürünlerin kurutulması

2.2.5.1 Genel

Geleneksel olarak kil maddelerin çoğu, ortam sıcaklığındaki havada bırakılarak ‘doğal’ şekilde kurutulurdu. Avrupa’nın birçok yerinde bu işlem yalnızca yaz aylarında etkili olmaktadır. Tuğla ve kiremit sanayiinde, yığılmış şekilde sıralanan kütlelerin, yağmurdan koruyucu, basit ve hafif bir ahşap siper altında dizilmesi gibi basit kurutma ‘hileleri’ kullanılırdı.

Modern seramik sanayiinde, kurutmanın hız, termal verimlilik ve israfın azaltılması yönlerinden optimize edilmesi esastır. Yavaş, hassas kurutma işlemleri hariç olmak üzere; ısıtma hızı, hava sirkülasyonu, sıcaklık ve nemin yakından kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Kurutma havasını ısıtmak için gereken ısı, günümüzde genellikle gazlı brülörler ve fırınların soğutma alanlarından geri kazanılan sıcak hava ile sağlanmaktadır. Bu ısı ayrıca kojenerasyon veya kömür, biyokütle, biyogaz veya petrol koku gibi diğer yakıtlar ile de sağlanabilir.

Seramik ham maddelerinin kurutmaya karşı hassasiyetleri değişiklik göstermekle beraber, birçoğu için başlangıçta yüksek nemli (ve ortamdan nem alınmadan/çok az alınarak) bir ısıtma ve sonrasında birimlere daha sıcak ve kuru havanın verildiği bir kurutma aşaması yararlı olur. Suyun geriye kalan yüzde birkaçlık değerini ortadan kaldırmak daha zordur; çok sıcak ve kuru havanın verilmesini gerektirir. Son derece çeşitli özellik ve boyutlardaki seramik bileşenlerinin kullanıldığı farklı sektörlerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere çeşitli kurutucular geliştirilmiştir.

2.2.5.2 Sıcak zeminli kurutucular

Bu basit kurutma yöntemi artık yaygın olarak kullanılmamaktadır ve mekanikleşme veya otomasyona elverişli değildir. Ancak, sıhhi tesisat gereçleri veya refrakter ürünler gibi büyük ve kompleks seramik maddelerin yavaş ve hassas biçimde kurutulması için halen kullanışlıdır. Bazı özel şekilli tuğlalar da bu şekilde kurutulur. Adından da anlaşılacağı gibi, kurutma eylemi ısıtılan zeminle temas halinde olan ürünlerin tabanına doğrudan iletilen ısı ve zeminin üzerindeki havada meydana gelen konveksiyon akımları ile gerçekleşir. Yanal hava akışı çok azdır ve nesnelerin tüm yüzeyleri düşük bir hızla, yüzeyde meydana gelebilecek gereksiz stresten kaçınılarak kurutulur.

2.2.5.3 Odalı kurutucular (aralıklı)

Bunlarda sıkıca kapatılan giriş kapıları olan ve kurutma arabalarını taşıyan raylara sahip bir odalar dizisi bulunur. Bu raylar, boşlukların düzenli olması için düşey olarak dizilen kurutma paletleri veya rafları ile yüklenir. Günümüzde, kurutucudaki sabit rafları besleyen transfer arabalı tamamen otomatik iletim sistemleri geliştirilmiştir.

Tuğlalar, bloklar, borular ve refrakter şekiller gibi seramik birimler raflara dizilir ve yüklü kurutma arabaları, dolduruldukları anda sıkıca kapatılan odalara sokulur. Modern fabrikalarda bu işlemin tamamı büyük ölçüde otomatize edilmiştir. Odanın sıcaklığı, sıcak hava verilmesiyle doğrudan veya ısı transfer yüzeyleri ile dolaylı olarak, kontrollü bir şekilde yükseltilir. Kurutma verimliliğini artırmak için havanın yeniden sirkülasyonu sağlanır. Isı transferi büyük ölçüde konveksiyon ve sıcak havanın ve ısıtılan yüzeylerin az miktarda ışıınımı ile gerçekleşir. Seramik ürünlere özel olarak belirlenen sıcaklık-nem profilleri takip edilir.

Odalı kurutucular özellikle çeşitli seramik kütlelerin üretildiği, kütlelerin nem içeriğinin yüksek olduğu veya üretimin aralıklı olduğu durumlarda oldukça kullanışlıdır. Ayrıca gerekli olduğu durumlarda ilave odaların inşa edilmesi de kısmen kolaydır.

2.2.5.4 Tünel kurutucular (sürekli)

Bunlar temelde, yaş seramik kütlelerle yüklenmiş bir dizi kurutucu arabalarının itildiği uzun bir tünel halindeki yapılardır. Tünele çıkış ucundan yüksek sıcaklıkta hava beslenir ve bir veya daha fazla fan ile bu havanın giriş ucuna doğru akışı sağlanır. Hava kurutucu boyunca akarken, ürüne ısı aktarır ve nem içeriği artar. Normal şartlarda, türbülans ve kurutma verimliliğini artıran, yeniden sirkülasyonu sağlayan fanlar kuruludur. Tünel kurutucunun uzunluğu, istenen ürün çıkışına ve seramik materyalinin su içeriğine bağlıdır.

2.2.5.5 Dikey ‘sepetli’ kurutucular

Dikey kurutucu, genellikle seramik karo sektöründe kullanılır; karolar, çok katlı silindirlerden oluşan sepetlere beslenir. Sepet grupları kurutucu boyunca yukarı doğru hareket ederler ve sıcak kurutma gazlarıyla karşılaşır. Bu tür kurutucudaki sıcaklık genellikle 200 °C’nin altındadır ve kurutma çevrimleri 35-50 dk arasında değişir.

2.2.5.6 Çok katlı yatay valsli kurutucular

Bu kurutucular da seramik karo üreticileri tarafından yaygın olarak kullanılır. Yatay kurutucular, roller fırınlarla aynı prensipte tasarlanmıştır. Karolar, kurutucu içerisindeki farklı katlara teker teker beslenirler ve hareket eden silindirlerde yatay olarak taşınırlar. Kurutucunun yanlarında yer alan brülörler, kütlelerin tersi yönde bir akım halinde sıcak kurutma havasını üfler.

Bu tür kurutuculardaki maksimum sıcaklık genellikle dikey seçenekten daha yüksektir (350 °C civarı) ve kurutma çevrimleri 15-25 dakikadır.

2.2.5.7 Nemsizleştirici kurutucular

Bu kurutucular genellikle aralıklı (odalı) ünitelerdir. Teknik, kurutma havasındaki nemin doyma seviyesinin çok altında tutulmasına dayanır; böylece sıcaklık artışına gerek olmaksızın kütleden su buharlaşmaya devam eder. Bu etkinin sürdürülebilmesi için, su buharının odadan sürekli çıkartılması gereklidir; bu da genellikle havanın soğutulan bir kondenser aracılığıyla sirkülasyonu sağlanır.

Bu tür kurutucular, nemli olabilecek çevre havasının girişini önlemek için son derece sızdırmaz olmalıdır ve normalde programlanabilir nem kontrolleri ile donatılmış olurlar. Bunların kullanım ölçeği sınırlıdır ancak hassas seramiklerin, özel şekilli ürünlerin vb. kurutulması için oldukça uygundur. Bu kurutma tekniği, atık olarak yalnızca sıvı halde su üretir.

Diğer bir ihtimal de doymuş buharı tünel kurutucuya sokmaktır. Bu tünel buhar kurutucuda, kurutma havasının nemi azaltılır ve kurutucu farklı sektörlerde kontrollü kurutma sağlar.

2.2.5.8 Kızılötesi ve mikrodalga kurutucular

Kızılötesi ve mikrodalga kurutucular, prensipte konvansiyonel kurutucuların alternatifi olarak görev yapabilir. Bu bağlamda, özellikle mikrodalgalar için ‘Seramik üretiminde geliştirilmekte olan teknikler’ başlıklı 6.Bölümü inceleyiniz.

2.2.6 Seramik ürünlerin yüzey işlemleri ve dekorasyonu

2.2.6.1 Kil ürünlerin dokulandırılması

Kil ürünlerin yüzeyleri, zemin karolarının kaydırmaz bitişli olması gibi işlevsel sebeplerden dolayı dokulandırılabilir.

Kil ürünlere ayrıca estetik sebeplerden ötürü de birçok farklı doku uygulanır. Çok nemli tuğlalarda, kil topağı kalıba atıldığında hoş, rastgele bir ‘kıvrım’ modeli meydana gelir ve özellikle elle atmalı işlemlerle oldukça iyi sonuçlar ortaya çıkar. Ekstrüzyonla üretilen ürünler, kilin yüzeyinin kazınmasıyla çekilerek dokulandırılabilirler. Alternatif bir teknik, ürünün normalden biraz daha büyük olarak çekilmesi ve kesme telleri ile düzeltilerek istenen uzunluk ve genişliğe getirilmesidir.

Bazı durumlarda, kil sütunun havasızlaştırılması aşaması atlanarak daha iyi bir dokulandırma sağlanabilir. Dokulu silindirlerle, çekilen ürünlere çeşitli dokular verilebilir.

Preslenen tuğlalar yaş durumdayken oldukça serttirler; bunlar bantlı konveyör üzerinde devamlı bir sütun olarak dizildikten sonra döner kesicilerle ‘rustiklenir’ veya farklı şekilde dokulandırılırlar. Ayrıca, genellikle önce üzerlerine yüzeylerinin yumuşatılması için sulu bir sprey püskürtüldükten sonra silindirle de dokulandırılabilirler.

2.2.6.2 Uygulanan kaplamalar

Önceden kalıp ayırıcı olarak kumla kaplanan kalıplara dökülen çok nemli tuğlalar, kalıpların içerisindeki kumla kaplanır. Estetik gereksinimlere uyan kum seçimi ile çeşitli doku ve pişirme renkleri elde edilebilir.

Preslenen veya ekstrüzyonla üretilen tuğlalar, bloklar ve çatı kiremitlerin de ön veya arka yüzlerine sıkıştırılmış hava tabancaları ile kum veya granüler yapıdaki diğer mineraller uygulanabilir. Birçok durumda, bitişin estetik çeşitliliğini sağlamak için kuma pigmentler eklenir.

2.2.6.3 Sırlama, astarlama ve diğer dekorasyon teknikleri

Sırlı tuğlalarda küçük ve uzmanlaşmış bir piyasa söz konusudur. Sırlamanın en yaygın olarak uygulandığı alanlar duvar ve zemin karoları, sıhhi tesisat gereçleri ve sofras gereçlerinin üretimidir ve çatı kiremitlerinin piyasa payı da giderek artmaktadır. Astarlama ise genel olarak kil çatı kiremitleri ve seramik duvar ve zemin karolarında kullanılır.

İnce çekilmiş sır bileşenleri (seramik karolar için genellikle fritler) sulu süspansiyonlar olarak hazırlanır. Akışkanlık ve askıda kalma özellikleri; püskürtme, şelale sırlama, kuru sırlama veya dekorasyon gibi uygulama yöntemlerine uygun olacak şekilde ayarlanır. Sırlama işleminde; kurutulmuş yaş seramik kütle, sıhhi tesisat gereçleri hariç yukarıda bahsedilen sektörlerin çoğunda, bisküvi pişirim ile sertleştirilir ve daha sonra, uygulanan sırn bileşenlerine bağlı olarak donuk camsı, pürüzsüz, kapalı transparan veya koyu bir katmanla kaplanır.

Astar genellikle kurutmadan sonra uygulanır, bazı durumlarda ürünler yaş veya pişirilmiş haldeyken bile astarlanabilir. Astarlama işlemi sırasında, ince çekilmiş, transparan olmayan açık renkli veya renkli bir seramik kütle katmanı, batırma veya dökme yoluyla görünen yüzeye veya yüzeyin tamamına yayılır.

Serigrafi, sırlama sıralarına uygulama kolaylığı nedeniyle kullanılan bir karo dekorasyon yöntemidir. Teknik, belirli bir tasarımın bir veya daha fazla baskı eleği (ağılı açıklığa sahip gerdirilmiş kumaş) kullanılarak basılmasından oluşur. Elek yüzeyi örter ve baskı mürekkebi yalnızca üretilecek tasarımlar için bırakılmış olan açıklıktan geçer. Bir sıyrıcı ile açıklıklardan itilen mürekkep ile tasarım karoya basılmış olur.

Diğer dekorasyon teknikleri ise gravür tekniği ve flekso baskıdır. Bu tekniklerde desen doğrudan bir veya daha fazla silindire aktarılır. Mürekkep bu silindirlerden karoya uygulanır ve bu teknik sayesinde karoların kenarlarına veya rölyef karolarına da baskı yapılabilir. Günümüzde mürekkep püskürtmeli teknik de geliştirilmektedir. Sofra gereçlerinde ise genellikle elle boyama veya bezemeler uygulanır.

2.2.7 Pişirme

2.2.7.1 Pişirmenin amaçları

Pişirme, tamamlanan ürünün birçok önemli özelliğini etkilediğinden seramik ürünlerin üretiminde temel işlemlerdendir. Bu özelliklerden bazıları mekanik kuvvet, aşınma direnci, boyutsal kararlılık, su ve kimyasallara dayanıklılık ve ateşe dayanıklılıktır.

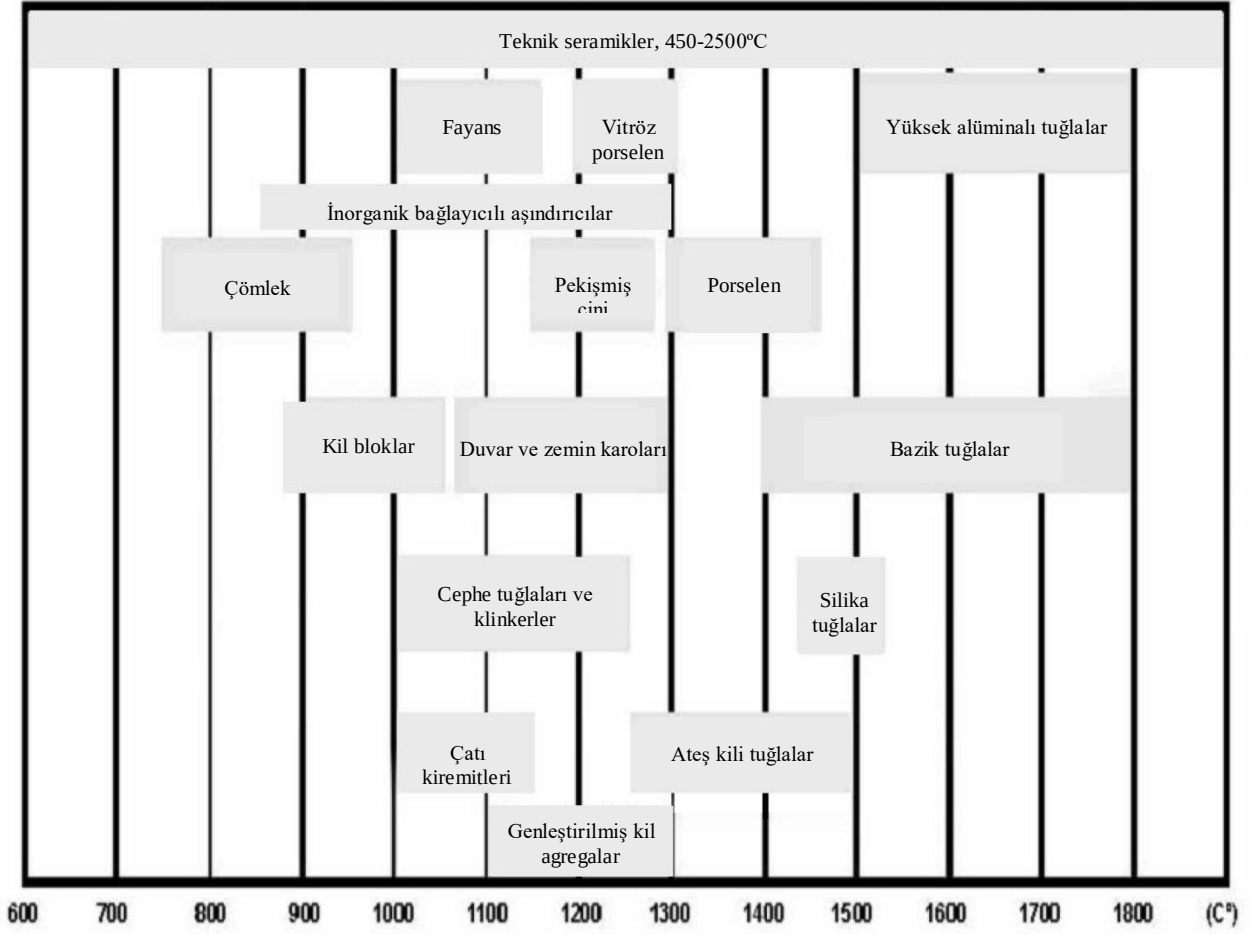
2.2.7.2 Pişirme sırasında gerçekleşen fizikokimyasal değişimler

Seramik kütlelerde kullanılan ham maddeler genellikle kil minerallerinin kuvars, feldispat, karbonatlar, jips, demir oksitler gibi diğer mineral maddelerle ve bazen de organik maddelerle karıştırılmasıyla oluşturulan kompleks karışımlardır. Refrakter ürünler ise çeşitli kil harici mineraller ile beraber özel katkılar ve bağlayıcılar (bunlar bazı killeri içerebilir) kullanılarak üretilir. Kil bazlı seramik ürünleri fırında pişirilirken, kalan herhangi nem içeriği 100 ila 200 °C'lik sıcaklıklarda uçurulur. Organik madde ve demir piritler mevcutsa, 300 ila 500 °C arasındaki sıcaklıklarda oksitlenme meydana gelir. Kil minerallerinin yapısı içerisinde birleşik su ('kristal su') genellikle 500-650 °C arasındaki sıcaklıklarda salınırken, kalsit ve dolomit gibi karbonatlar, 750-950 °C aralığındaki sıcaklıklarda karbon dioksit salınımı ile ayrışırlar.

Seramik özelliklerin gelişmesine ilişkin en önemli değişiklikler, kil minerallerinin kafesli orijinal yapısının bozulması ve ardından yeni kristalize bileşiklerin ve camsı fazların oluşumunu içerir. Camlaşmanın (vitrifikasyon/cam oluşumu) meydana geldiği sıcaklık, kilin mineralojisine bağlı olarak değişiklik gösterir. Camlaşma genellikle 900 °C'de başlar ve genellikle birçok tuğla kili için, yaklaşık 1050 °C'de, daha refrakter ateş killeri için ise 1100 °C'de tamamlanır.

Seramik pişirmenin camlaştırma aşamasında kuvars, demir oksitler, kireç bileşikleri ve alkaliler (sodyum ve potasyum oksitler) pişirilen kütle içerisine dahil olur. Belirli ölçüde sinterlenme ve katı çözünmesi gerçekleşir ve mineral parçacıklarının ve eriyik fazların ara yüzlerinde ötektik reaksiyonlar meydana gelir.

Bazı refrakter ürünler gibi kilsiz ürünler de sinterleme, camlaşma veya yeniden kristalleşme aşamalarına dayanır; bununla beraber birçok durumda istenen özelliklerin elde edilmesi için çok daha yüksek sıcaklıklar gereklidir. Aşağıdaki şekilde farklı ürün grupları için endüstriyel bekletme sıcaklıkları aralıkları verilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.1: Çeşitli ürün grupları için endüstriyel bekletme sıcaklıkları aralıkları

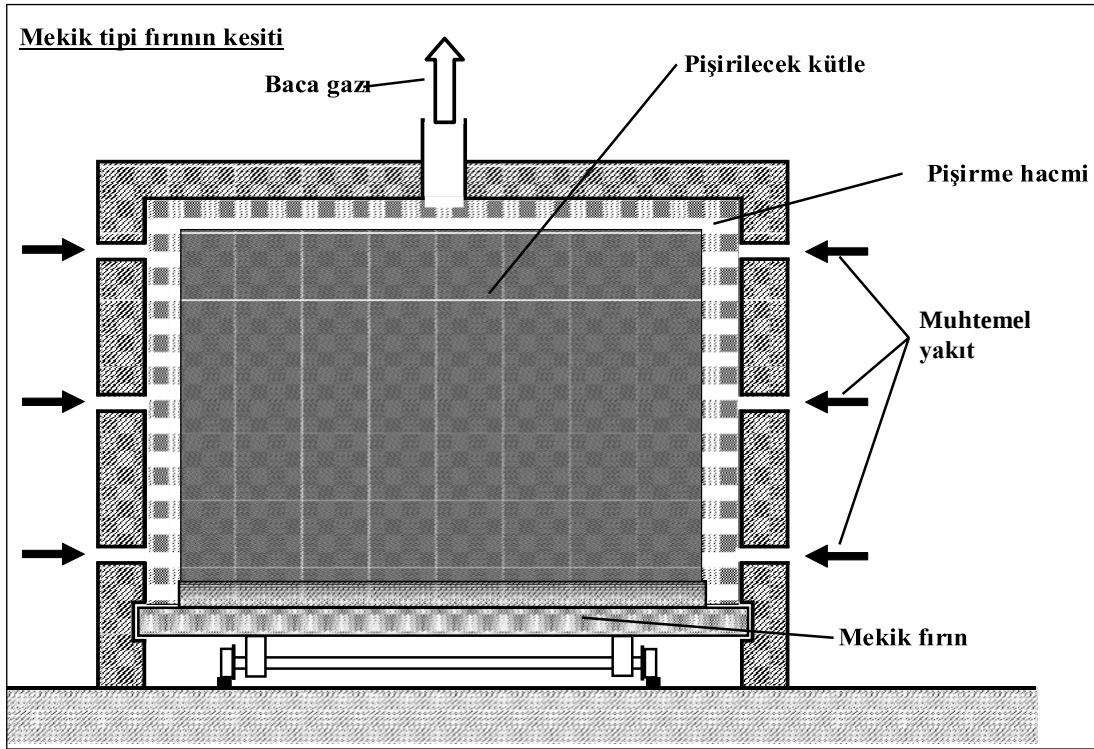
Pişirme işlemi için gerekli sıcaklıklar çoğunlukla doğalgaz veya fuel oil yakılması ile elde edilir. Bazı durumlarda katı yakıtlar, biyogaz/biyokütle ve elektrik enerjisi de ısı üretmek için kullanılır.

2.2.7.3 Aralıklı (periyodik) fırınlar

Bunlar tek odalı mekik tipi ve davlumbazlı tip fırınlardır; oda ön kurutulması tamamlanmış seramik ürünler ile doldurulur (davlumbazlı fırında ısıtma ünitesi ile donatılmış davlumbaz bir kaldırma ünitesi ile alta yerleştirilir; mekik tipi fırında pişirilecek nesneler mekik arabası ile ocağın fırın alanına getirilir), kapatılır ve belirlenen pişirme çevrimi gerçekleştirilir. Genellikle gaz brülörler kullanılarak sıcaklık ve fırın atmosferinin (yükseltgenme veya indirgenme) kontrolü sağlanır.

Aralıklı fırınların ısıtılmasında, örneğin teknik seramiklerin üretiminde, elektrik de kullanılabilir. Teknik seramikler için HIP (yüksek izostatik presleme), yüksek sıcaklıklı fırınlar ve koruyucu atmosferli fırınlar gibi özel fırın türleri mevcuttur.

Aralıklı fırınlar genellikle özel şekilli tuğlalar ve boru elemanları, çatı kiremiti elemanları ve refrakter ürünler gibi özel ürünlerin küçük ölçekli üretimi için kullanılır. Bu fırınlar, seramik kütle kompozisyonunun sık değiştirildiği durumlarda esneklik sağlar ve bu avantajları, daha düşük olan enerji verimliliklerine ağır basar. Aşağıdaki şekillerde mekik tipi bir fırının kesiti gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.2: Mekik tipi fırının kesiti

2.2.7.4 Sürekli fırınlar

2.2.7.4.1 Odalı (Hoffmann) fırınlar

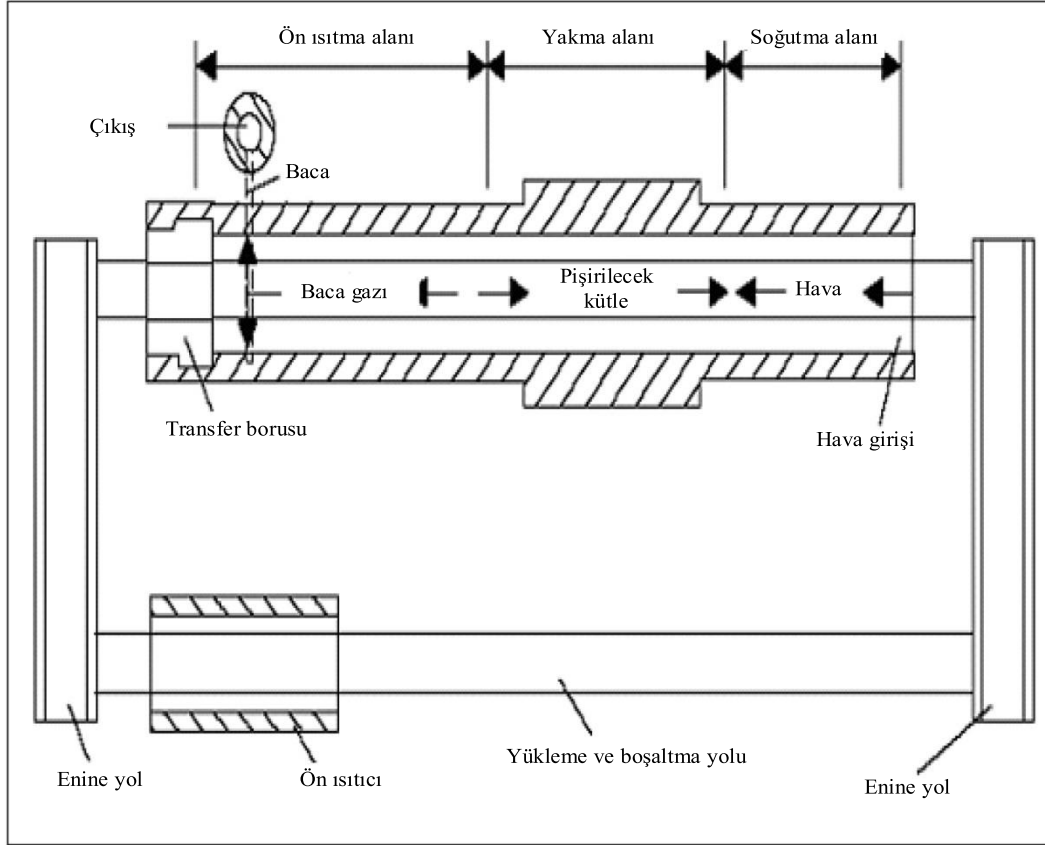
Bunlarda birbiriyle bağlantılı bir dizi oda mevcuttur ve bu odalar sırasıyla kurutulmuş kütle (örn. tuğla) ile doldurulur, kapatılır, sürekli sayılabilecek şekilde pişirilir ve sıcak gazlar bir odadan diğerine çekilir. Odalar arasındaki bacalar ve deliklerden oluşan bu bağlantı sistemi, aynı zamanda kütlelerin ön ısıtmasını ve baca gazlarının soğutulmasını da mümkün kılar ve böylece aralıklı fırınlara göre daha yüksek termal verimlilik sağlar ve maliyeti azaltır. Bu fırınların çoğu artık gazlıdır, ancak yağ veya kömürle üstten besleme de ara sıra uygulanır. Genellikle özel renkli tuğlalar gibi özel ürünlerin imalatı için kullanılırlar.

2.2.7.4.2 Tünel fırınlar

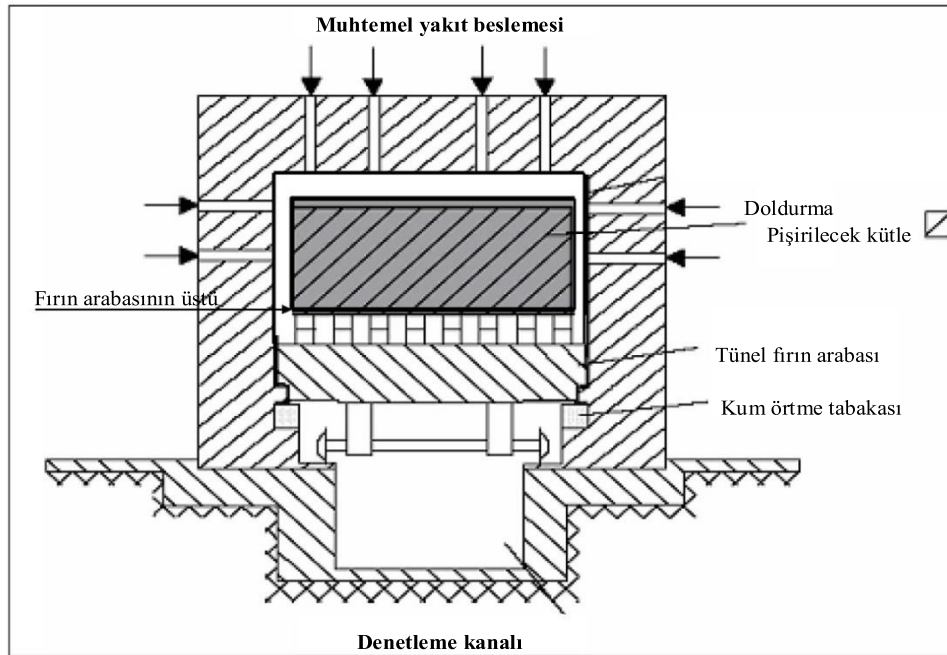
Bu fırınlar temel olarak fırın arabalarını taşıyan rayların çalıştığı refrakter tünellerdir. Fırın arabalarında kurutulmuş kütlelerin belirli ve kararlı şekillerde tutulduğu refrakter katlar bulunur. Arabalar, belirlenen aralıklarda fırına doğru itilir ve bunlara zıt yönde bir hava akımı fanlar aracılığıyla arabanın girdiği alanın yakınındaki bir egzoz kanalına doğru çekilir. Tünel fırınların çoğu artık gazla yakılmaktadır ve pişirme alanının maksimum sıcaklığa ulaştığı nokta fırının ortalarındadır. Pişirme alanından gelen sıcak gazlar ile giren kütlelerin ön ısıtması yapılır; giren hava ise pişirilen kütleleri soğutur ve kendi yakma rolü için ön ısıtması tamamlanmış olur. Genellikle, soğutma alanından gelen bu havanın bir bölümü çok yakında bulunan kurutuculara doğru çekilir ve yakıt ekonomisine önemli ölçüde katkıda bulunur.

Pişirme odası ve fırın arabaları, ikincil havaya karşı genellikle kumdan bir örtme tabakası ile kapatılır. En yeni fırın inşaatlarında su ile kapatma veya diğer gelişmiş mekanik çözümler kullanılır. Bu işlemlerin amacı, gaz sızdırmayan bir pişirme odası sağlayarak pişirme sürelerini ve enerji tüketimini azaltmaktır.

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te bir tünel fırının şematik düzeni ve kesiti gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.3: Tünel fırının şematik görüntüsü

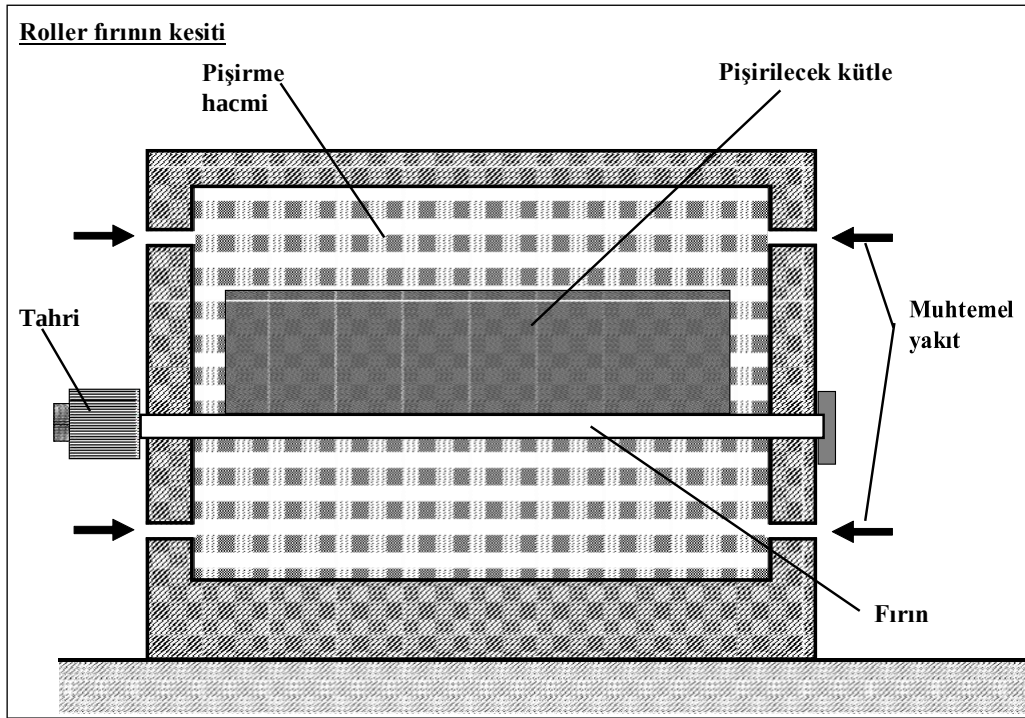


Şekil 2.4: Arabalı bir tünel fırının kesiti

2.2.7.4.3 Roller fırınlar

Tek katlı roller fırınlar, günümüzde duvar ve zemin karosu üretiminde artık neredeyse evrensel hale gelmiş ve pişirme programları 40 dakikanın altına indirilmiştir. Karolar, silindirler üzerinde ilerler ve pişirme için gerekli ısı, fırının yanlarında bulunan doğalgaz-hava brülörleri ile sağlanır. Temel ısı iletimi mekanizmaları konveksiyon ve ışımadır; fırınlar örtülü olmadığından ısı iletim katsayıları artar ve pişirme süresi ve enerji tüketimi azalır. Roller fırınlar bazen kil çatı kiremitleri,

vitrifiye kil borular, sıhhi tesisat gereçleri ve sofa gereçlerinin üretiminde de kullanılır. Aşağıdaki şekilde bir roller fırının kesiti gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.5: Roller fırının kesiti

2.2.7.4.4 Hareketli altlıklı fırınlar

Bunlar da hızlı pişiren fırınlardır ve roller fırınlara benzer bir prensiple çalışırlar. Ancak burada kütle, fırının kendisinin dışındaki raylar üzerinde tekerlekleriyle hareket eden refrakter ‘vagonlara’ yerleştirilir. Hareketli altlıklı fırın, daha düzensiz şekil ve boyutlardaki kütleleri kabul edebilirken, roller fırın yalnızca düzgün şekilli ürünleri pişirebilir.

2.2.7.5 Yığın halinde pişirme

Geleneksel stok tuğlaların yığın halinde pişirilmesi halen sınırlı olarak gerçekleştirilmektedir. Katı yakıt katkısı (ince kok gibi) içeren kurutulmuş tuğlalar, pişirilmiş tuğlalardan bir temel üzerinde, yoğun, büyük bir dikdörtgen olarak yığılırlar. Bacalar, pişirmeyi başlatacak kok katmanları ile beraber temel katmanlarda bırakılır. Yığın son olarak pişirilmiş tuğlalar ile kaplanır; dış duvarlar yapının sağlamlığı için yukarı çıktıkça içe doğru eğimlendirilir.

Yakıldıktan sonra ateş, tuğlaların içindeki yakıt yakılana kadar yavaşça ilerler. Yığının pişirilmesi, soğutma süreci de dahil olmak üzere birkaç hafta alır; soğuduktan sonra yığın elle ayrılır ve tuğlalar belirli ölçütlere göre sınıflandırılır.

2.2.7.6 Döner fırınlar

Döner fırın, uzun bir silindirik formundadır; genellikle eğimlidir ve eksen etrafında yavaşça döndürülür. Fırın, aşağı ucunda bulunan eksensel olarak ayarlanmış bir brülör ile yakılır. Döner fırınlar genleştirilmiş kil agregaların üretimi için kullanılır.

Bunlar ayrıca ateş kilinin kireçleştirilmesi ve dolomit veya manyezitin tam pişirilmesi için de kullanılabilir. Bu belge, ham maddelerin hazırlanmasına yönelik kireçleştirme işlemlerini içermez, fakat ‘tam pişirilmiş oksitler’ ve ‘kalsine edilmiş şamot, pigmentler ve dolgular’ konularında detaylı bilgiye dolomitin kireçleştirilmesinin anlatıldığı Çimento ve Kireç BREF’inden; kaolinin işlenmesinin anlatıldığı Madencilik Faaliyetlerinde Artık ve Atık Kayaların Yönetimi BREF’inden; magnezyum oksit üretiminin anlatıldığı Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar (Katılar ve Diğerleri) konulu taslak halindeki BREF’ten; ve özel inorganik pigmentlerin üretiminin anlatıldığı Özel İnorganik Kimyasalların Üretimi konulu taslak halindeki BREF’ten ulaşılabilir.

2.2.7.7 Akışkan yataklar

Akışkan yatak, gaz içerisindeki bir süspansiyonda tutulan katı parçacıklardan oluşan, dolayısıyla akışkan gibi davranan bir yataktır. Akışkanlaştırılacak toz, örneğin özel seramik gibi bir materyalden gözenekli bir baz ile desteklenir ve bu bazın altından basınçlı gaz (genellikle hava) beslenir. Bu prensip, tozları hafif eğimli bir seramik tekne boyunca iletme yolu olarak kullanılır. Toz eş zamanlı olarak kurutulabilir ve/veya kireçleştirilebilir.

2.2.7.8 Soğutma aşamasında ısıнын geri kazanımı

Mümkün olduğu durumlarda, pişirme alanından hemen sonra ürünlere doğru hava sirkülasyonu sağlanarak pişirilen seramik ürünlerin soğutulması hızlandırılır. Bunun sonucunda çoğu fanlarla fırından çekilen önemli hacimdeki temiz, sıcak hava ortaya çıkar ve bu havanın çoğu kurutmada kullanılır. Bu ısı geri kazanım yöntemi, özellikle tünel fırınlarda uygulandığında oldukça etkilidir.

2.2.8 Sonraki işlemler (ürünün tamamlanması)

2.2.8.1 Makineli işlemler (öğütme, delme, testereyle kesme)

Son şekilleri veya boyutsal toleransı teknik olarak veya birincil işleme ile yeterince hassas biçimde elde edilemeyen seramik ürünlerin imalatında makineyle işleme gerekli olabilir (özellikle büyük boyutlu şekiller veya bloklar için).

2.2.8.1.1 Islak öğütme

Son derece sıkı boyutsal tolerans gerektiren ürünlerin tamamlanmasında ıslak öğütmeden yararlanılır. Öğütme, birçok parçanın elmas makine başlığının altından geçen bir tablaya sabitlendiği bir kesikli işlemdir. İnşaat tuğlalarının veya bloklarının yatak yüzeyleri, ince katmanlı ‘tutkallar’ ile bağlanmalarını kolaylaştırmak için bazen ıslak öğütme yoluyla düzlenir.

2.2.8.1.2 Kuru öğütme

Kil blokların yatak yüzeylerinin elmas çarklı öğütme sistemleri ile kuru halde öğütülmesi, ince harç katmanına bağlanmasını kolaylaştırmak amacıyla üretimden sonraki bir işlem olarak yapılır. Kuru öğütmede, öğütme cihazının tamamı enkapsüledir.

2.2.8.1.3 Delme

Başta refrakter ürünler olmak üzere seramik ürünlerde istenen ‘deliğin’ presleme ve pişirme işlemleri sırasında yeterli hassasiyet ile oluşturulamadığı durumlarda delinmeleri gerekebilir.

2.2.8.1.4 Testereyle kesme

Bu, başta refrakter tuğlalar olmak üzere seramik tuğlaların son şekillerinin presleme ile etkin biçimde elde edilemediği durumlarda uygulanan bir bitim işlemidir. Burada boyutu büyük olan tuğlalar preslenir, pişirilir ve sonrasında kesilerek istenen boyutlara getirilir.

Cephe tuğlaları, ‘kesilerek birbirine yapıştırılan’ özel şekillerin üretiminde testereyle kesilebilir. Neredeyse tüm makineleme işlemlerinde, kapalı devre bir su sistemi kaydırma sağlar ve partikülleri çalışma alanından uzaklaştırır; aynı zamanda toz salınımını da en aza indirir.

2.2.8.2 Cilalama

Özellikle porselen karoların söz konusu olduğu bazı durumlarda, pişirilen yüzey parlak, sırsız ve homojen bir karo elde etmek için cilalanır.

2.2.8.3 Karbonla zenginleştirme (refrakter ürünler)

Refrakter ürünler son derece zorlu çalışma ortamlarında kullanılmak üzere üretilir, belirli uygulamalar için pişirilen ürüne petrol bazlı zift emdirilmesi gereklidir. Son ürünlerdeki karbon varlığı bazı faydalar sağlar:

- kayganlaştırıcı görevi görür, kayan kapılı plakaların çalışma yüzeyleri için faydalıdır.
- karbonun kısmen yüksek termal iletkenliği ürünün termal şok direncini artırır.
- karbon ürünün geçirgenliğini azaltan bir gözenek filtresi görevi görür ve ürünün cüruf ve metalin nüfuzuna direncini artırır.

Zift emdirme, tipik olarak üç adet kapaklı dik silindirik tankta gerçekleştirilen bir kesikli işlemdir. İşlenecek ürünler tankların içine giren metal sepetlere yüklenir. Ürünler ilk tankta sıcak hava sirkülasyonu ile yaklaşık 200°C’ye kadar ısıtılır, daha sonra sepet ve içerisindeki ürünler, sıcaklığı korumak için ısı gömleği bulunan ikinci tanka (bu tank otoklav olarak geçer) aktarılır. Otoklav kapatılır, vakumlanır ve sıvı zift (180-200 °C civarındaki sıcaklıklarda saklanan toplu depo tanklarından çekilen) ile doldurulur. Emdirme işlemi, vakum serbest bırakılarak ve yüksek basınçlı azot gazı uygulayarak gerçekleştirilir. Süzülükten sonra sepet ve içindekiler, uçucu zift bileşenlerinin meydana gelebileceğinin altındaki bir sıcaklıkta soğutma için üçüncü tanka aktarılır.

Son olarak, refrakter ürünler kullanıma başlandığında çalışma ortamı üzerinde olumsuz etkileri olabilecek zift uçucularının büyük bir kısmının ortadan kaldırılması gerekir. Bu işlem genellikle emdirilmiş ürünü belirli bir ısıtma çevriminden geçmek üzere fırına aktararak yapılır. Fırın egzoz fanı, en az 0,5 saniye bekleme süresiyle havayı 800°C’nin üzerinde tutulan termal yükseltgene (yakıcı) doğru tahliye eder. Bu koşullar, tüm zift uçucularının (kompleks hidrokarbonlar) tamamen yükseltgenmesini sağlar.

Yukarıda açıklanan işlemlerden geçen ürünler, paketleme veya diğer işlemler öncesinde giderilmesi gereken hafif ve kırılgan bir karbonlu bırakıntı ile kaplanmış halde çıkarlar. Bu genellikle püskürtme masasında kısa bir püskürtme işlemi ile sağlanır.

2.2.8.4 Cephe tuğlalarının tamburlanması

Bazı cephe tuğlaları lastik astarlı, eğimli bir dönen tamburdan geçirilerek tuğlalara eskitilmiş bir görüntü verilir. Sürtünme ile keskin köşelerin profili yumuşatılır. Bazı durumlarda kalsiyum karbonat (öğütülmüş kireçtaşı), is veya pigment sıçratılarak yeniden kullanılan, bilinen mimari role sahip tuğlaların görünüşü değiştirilir.

2.2.9 Yardımcı materyallerin eklenmesi

2.2.9.1 Birleştirme materyalleri (borular)

Boruların çoğu yer altında dreyn, kanalizasyon vb. olarak döşendiği için, birleştirmenin güvenilir olması önemlidir. Sanayide sert plastik kılıf ve kapaklar geliştirilmiştir.

2.2.9.2 Silikonlar/su iticiler

Pişirilmiş kil birimlerin gözeneklilik değerlerinde oldukça geniş bir çeşitlilik söz konusudur. Geçirmezliklerini artırmak ve organik büyüme ve tozlaşmayı azaltmak için bazen ürünlere silikon solüsyonlar püskürtülür veya ürünler bu solüsyonlara batırılır. Bu teknik özellikle çatı kiremitleri için kullanılır.

2.2.9.3 Yalıtım malzemeleri

Termal yalıtım özelliklerini güçlendirmek amacıyla, bazı büyük ve içi boş kil bloklara ve LWA bloklara polistiren veya mineral yün gibi yalıtım malzemeleri yerleştirilir.

2.2.9.4 Kart veya plaka yapıştırma (refrakter tuğlalar)

Refrakter ürünlerin kurulumuna ve fırın astarının ısınmasına yardımcı olmak amacıyla, pişirilen tuğlaların bir veya birden fazla yüzüne kalın kartlar veya metal plakalar yapıştırılabilir. Kart, genleşme parçası görevi görür ve fırın çalışma sıcaklığına gelirken yanarak kaybolur. Metal plakalar da benzer koşullar altında erir ve bitişik tuğlalar arasında bağlantı sağlar.

2.2.9.5 Yapıştırıcılar

Çatı kiremitleri bağlantı parçalarının, kil tuğla veya blokların 'kesilerek birbirine yapıştırılan' özel şekillerini birleştirmek için stabil yapıştırıcılar (genellikle epoksi bazlı) kullanılır.

2.2.9.6 Son birleştirme işlemleri

Bazı ürünler son birleştirme aşaması ile tamamlanır; örneğin metal flanşlar, burç, trafor ve diğer uygulamalarda sabitlenmeleri için yüksek gerilimli izolatörlerde montajlanır.

2.2.10 Ayırma, paketlenme ve depolama

Bazı kil tuğla, çatı kiremiti, şekillendirilmiş refrakter ürünler ve sofa ve süs eşyaları türlerinde olduğu gibi, ayırma ve paketlenme hala manuel olarak gerçekleştirilen bir işlem olabilir. Ancak pişirmedeki sıkı kontroller, son yıllarda kırık ürünlerin ortaya çıkmasını ciddi oranda azaltmıştır, dolayısıyla daha otomatik sistemlerin uygulanma eğilimi mevcuttur. Günümüzde, seramik karolar için önemli bir özellik olan renk dahi, araçlar ile ölçülebilmektedir. Kil tuğla ve blokların çok az atık ortaya çıkaran fırın düzenleri, shrink paketlemeye hazır paketler halinde mekanik olarak bir araya getirilir. Müşteri, birimlerin %1-2 oranında kusurlu olma olasılığını kabul eder.

Tuğlalar, bloklar, borular ve refrakter ürünler gibi düzgün şekilli seramik birimler genellikle standart boyutlu paketler halinde bağlanır, polietilen materyalle paketlenir ve paletlerle taşınır.

Değer bakımından en üst sıralarda bulunan sofa ve süs eşyaları gibi seramik ürünler için, gelişmiş ve koruyucu bir paketlenmenin ardından sıkı bir inceleme ve ayırma gereklidir. Diğer yandan, şekillendirilmemiş refrakter ürünler genellikle basitçe tartılıp torbalanır ve paletlerle taşınır. Depolama için metal tanklar da kullanılır.

Seramik karolar tek başlarına az çok kırılğan olmalarına rağmen, karton kutu içerisinde sıkıca dizildiklerinde taşıma ve nakliye sırasında son derece sağlam kalırlar.

Büyük ölçekte üretilen ağır kilden mallar genellikle açık havada depolanır; fakat torbalanmış veya kutulanmış ürünler, nem hassasiyeti olan bazı refrakter ürünler gibi, depolarda saklanmalıdır.

2.2.11 Tedarik ve boşaltım (çıkış gazı ve proses atık suyu arıtma) sistemleri

Toz ayırma ve fırın baca gazı arıtma üniteleri, proses atık suyu arıtma üniteleri ve yakıt depolama alanları, seramik ürün imalatı yapan fabrikalar için önemli tedarik ve boşaltım sistemlerindendir. Toz emisyonlarına bağlı olarak, tozdan arındırma üniteleri merkezi veya lokal santrifüjlü ön ayırıcılar, lifli bez filtreler, ıslak seperatörler ve elektrostatik ayırıcılar olarak inşa edilir. Seramik sanayiinde emisyon türüne göre, örneğin yıkayıcılar ve kuru soğurma sistemleri ile termal ve katalitik son yakıcılar (afterburnerlar) gibi diğer baca gazı arıtma üniteleri de kullanılır. Bu birimler genellikle ana emisyon kaynağının, yani fırının yakınında bulunur.

Seramik ürünlerin imalatı ile ortaya çıkan proses atık suyu büyük ölçüde mineral bileşenler içerir. Proses atık suyu temizleme üniteleri genellikle çöktürme havuzu olarak inşa edilir. İnorganik mineral bileşenlerin çöktürülmesi, flokülasyon ve koagülasyon maddeleri kullanılarak hızlandırılabilir.

Yakıt depolama, kullanılan yakıtın özelliklerine bağlıdır. Parça halindeki kömür, açık hava depolama sistemleri ve depolama sundurmalarında depolanabilir, toz kömür ise silolarda saklanır. Sıvılaştırılmış petrol gazı, özel basınçlı rezervuarlarda saklanır. Fuel oil tanklarda depolanır, ancak ağır fuel oil'in pompalanabilirliğini sağlamak için ısıtılması gerekir. Doğalgaz, gaz şirketinin tedarik şebekesi ile sağlanır. Yakıtların depolanmasıyla ilgili ayrıntılı bilgilere Depolama BREF'inden (ESB) ulaşılabilir.

İşlemlere bağlı olarak, kalıp üretim sistemleri gibi diğer tedarik sistemleri gerekli olabilir. Bu sistemler ile çatı kiremitlerinin üretimi gibi faaliyetlerde büyük miktarlarda kullanılan alçı kalıplar üretilir.

2.2.12 Seramik sanayiinde geri dönüşüm

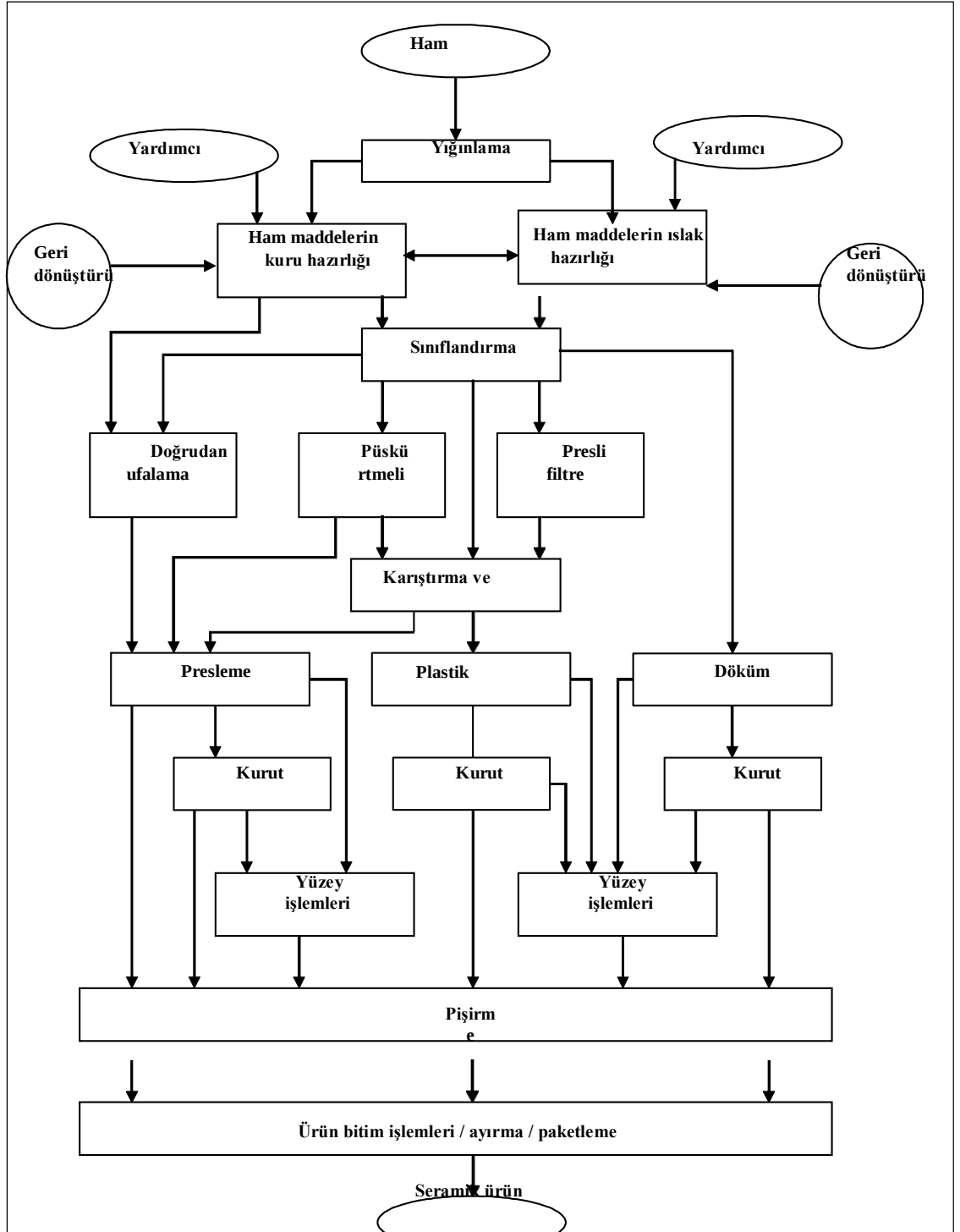
Endüstride yer alan sektörlerin çoğu, kesilen ve tıraşlanan parçalar ile standartların altındaki nesneler gibi materyallerin ham madde hazırlık aşamasına geri dönüşümünü sağlar. Pişirilen ürünlerin düşük kaliteli olanları da, granüler 'kırıntı' oluşturmak için kırıldıktan ve parçalandıktan sonra fabrikalarda geri dönüştürülebilir. Bu kırıntı plastik olmayan türdedir ve kil kütlelerine, geçirgenliği artırması amacıyla kontrollü bir oranda eklendiği takdirde kolay kurutma ve daha az küçülme gibi faydalar sağlayabilir. 'Pişirme proses kaybının' geri dönüşümü, kaybın ortaya çıktığı işlem için mümkün olmadığı durumlarda bile, seramiğin farklı proseslerinde mümkün olabilir.

Fırının yeniden astarlanması esnasında çıkarılan kullanılmış refrakter ürünler, cüruf, tuz, cam veya metalle kontamine edilmiş olabilir ve bunlar, eklendiği kütlelerin refrakter özelliğini bozabilir. Benzer biçimde diğer kontamine materyaller (örn. ağır metallerle kontamine olmuş, sırlardan çıkan materyaller) de geri dönüşüm için uygun olmayabilir. İşlevsel ömürlerinin sonuna gelmiş alçı kalıplar da yeniden kullanılamayan proses kayıplarına bir örnektir, ancak bazı durumlarda çimento sanayiinde ham madde olarak kullanılabilirler.

Ancak özellikle cephe tuğlaları ve kil çatı kiremitleri gibi diğer durumlarda, geri kazanım ve yeniden kullanım oldukça yaygındır ve geri kazanılmış tuğlalara yoğun talep mevcuttur. Avrupa'nın çeşitli yerlerindeki duvar yapılarında, çok sayıda Roma tuğlası hala bulunmaktadır. Ufalanmış veya ince öğütülmüş tuğla veya çatı kiremitlerinin, diğer sektörlerdeki benzer boyutlara sahip pişirilmiş ürünler için de kullanışlı olabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca, kırılmış ve elenmiş 'seramik proses kaybı materyal', inşaatlarda kullanılan betonda kısmi agrega olarak veya yol yapımında asfalt dolgusu olarak da kullanılabilir.

2.2.13 Çeşitli işleme yollarını gösteren genel proses akış diyagramı

Aşağıdaki şekilde çeşitli işlemlerin açıklamaları özetlenmiş ve seramik ürünlerin üretiminde izlenebilecek farklı yollar gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].

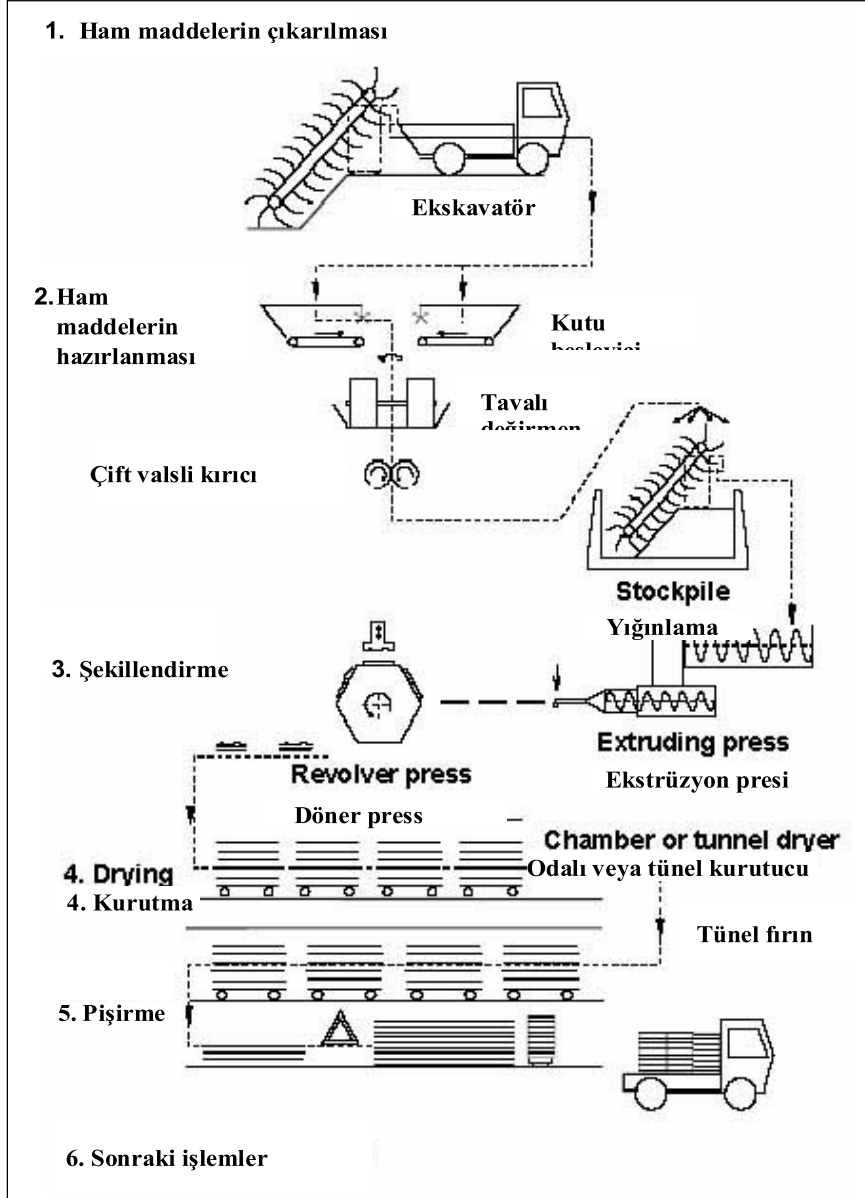


Şekil 2.6: Çeşitli işleme yollarını gösteren genel proses akış diyagramı

2.3 Sektörden sektöre seramik ürünlerin üretiminde kullanılan tekniklerin açıklamaları

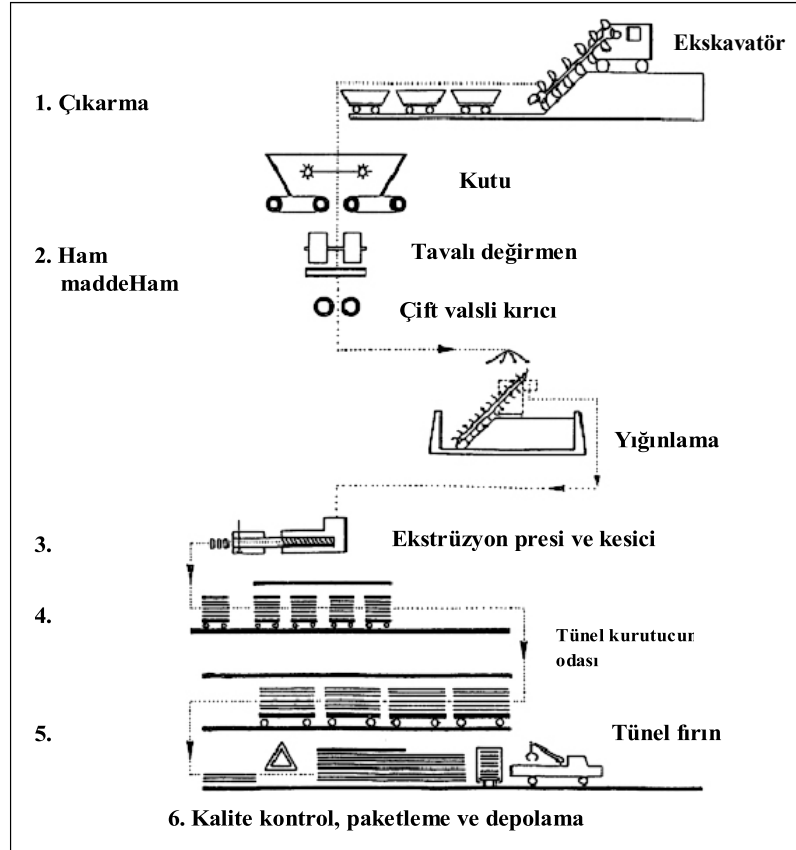
2.3.1 Tuğlalar ve çatı kiremitleri

Hem tuğla hem de çatı kiremiti fabrikalarında, bu ürünlerin imalatı; ham maddelerin çıkarılması (belgede bu faaliyetten bahsedilmemiştir), ham maddelerin depolanması, ham maddelerin hazırlanması, şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler aşamalarından geçer. Ürünlerin yüzey veya renklerine ilişkin özel gereklilikler için sırlama, astarlama veya profil çıkarma yoluyla yüzey işlemleri yapılır. Aşağıdaki şekilde, preslenmiş çatı kiremitlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımlarının şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 2.7: Preslenmiş çatı kiremiti üretiminin şematik görüntüsü

Aşağıdaki şekilde, duvar tuğlalarının üretiminde giriş ve çıkış akımlarının şematik görüntüsü verilmiştir [20, CERAME-UNIE, 2004].



Şekil 2.8: Ekstrüzyonla duvar tuğlaları üretiminde hazırlığın şematik görüntüsü

2.3.1.1 Ham maddeler

Kambriyen dönemden yakın zamana kadar çok geniş bir stratigrafik aralığı kapsadığından, Avrupa seramik sanayiinde kullanılan tuğla ve çatı kiremiti killerin coğrafyası oldukça çeşitlidir. Tuğla ve çatı kiremiti killerin büyük bölümü aslen tortul yapıdadır ve deniz, alüvyal, flüvyal, nehir-buzul gibi çok çeşitli çökelti ortamlarda bulunurlar. Çökelme ortamlarının çeşitliliği, kilin mineralojisini ve kimyasal kompozisyonunu etkiler. Farklı Avrupa ülkelerinde seramik sanayiinde kullanılan killerin mineralojik ve kimyasal kompozisyonu oldukça çeşitlidir. Aynı ülke içerisinde çok çeşitli kompozisyonların kullanımı da mümkün olabilir. Aşağıdaki tabloda farklı Avrupa ülkelerindeki tuğla ve çatı kiremitleri sanayiinde kullanılan kil ham maddelerinin kimyasal ve mineralojik kompozisyonlarının aralıkları gösterilmiştir [20, CERAME-UNIE, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

2. Bölüm

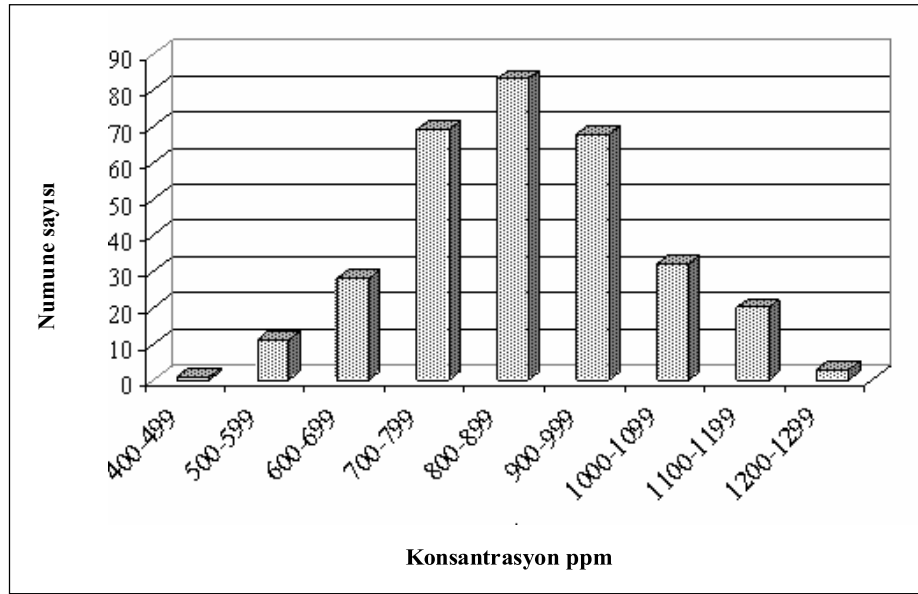
Ülke	Avusturya		Fransa		Hollanda		Macaristan		İtalya		Yunanistan		Danimarka		Belçika		Birleşik Krallık		İsviçre		Almanya		Avrupa aralığı 11 ülke için	
Kimyasal (ağırlıkça %)	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
S	0,00	1,30	0,00	0,50	<0,01	1,50	0,01	0,75	0,01	0,62			0,03	0,70	0,01	2,05	0,01	2,00	<0,01	0,50	0,01	2,00	0,00	2,05
F	0,05	0,10	0,00	0,15	0,02	0,10	0,02	0,10	0,04	0,13			0,03	0,08	0,02	0,07	0,02	0,09	0,00	0,08	0,03	0,16	0,00	0,16
CO ₂			0,0	14,0	<0,01	10,0							0,0	16,0	0,2	3,6								
SiO ₂	50,3	70,8	35,0	80,0	53,2	80,6	42,2	63,0	33,1	74,4	6,85	75,42	49,5	66,3	62,6	74,0	40,5	74,5	35,0	77,0	50,0	70,0	33,05	80,60
Al ₂ O ₃ + TiO ₂	9,6	18,8					8,6	17,6																
Al ₂ O ₃			8,0	30,0	7,3	18,1			8,1	21,0	5,85	20,22	11,7	17,9	5,5	14	9,0	24,5	7,0	29,0	7,0	20,0	5,47	30,0
Fe ₂ O ₃	4,2	8,2	2,0	10,0	2,0	8,4	2,9	7,6	2,7	7,6	2,19	39,03	4,8	7,2	2,8	4,3	3,9	11,5	2,4	10,0	1,0	8,0	1,00	11,50
MgO	0,2	3,6	0,0	5,0	0,5	2,7	1,4	4,5	0,7	7,2	0,24	12,90	1,3	2,5	0,9	1,5	0,2	6,6	<1	5,2	0,5	3,0	0,00	7,21
CaO	0,6	15,0	0,0	18,0	0,0	8,7	2,1	15,2	0,2	26,0	0,91	25,20	0,3	12,9	0,3	5,6	0,2	17,5	3,0	23,0	0,5	15,0	0,00	26,00
Na ₂ O	0,4	1,7	0,1	1,5	0,2	1,0	0,2	1,2	0,2	14,1	0,37	3,06	0,8	0,8	0,4	1,0	0,2	0,6	0,2	1,5	0,3	1,2	0,10	14,13
K ₂ O	1,7	3,0	0,1	4,5	1,3	2,3	0,6	1,3	1,4	4,3	0,11	3,19	2,9	2,9	1,5	3,0	1,6	5,9	1,0	2,7	1,0	4,0	0,10	5,90
TiO ₂			0,3	2,0	0,5	1,3			0,5	1,1	0,20	1,22	0,6	0,8	0,5	0,8	0,6	1,6	0,3	1,5	0,5	2,0	0,30	2,00
CaCO ₃											1,63	45,00												
MgCO ₃											0,50	31,00												
MnO											0,01	0,15												
Mineraloji (%)	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Kuvars	21	49	0	70	39,5	71	16	32	16	54			35	50	34	65	10	55	13	55	15	60	0,00	71,00
Feldispat	5	15	nadiren		1	12	3	14	1	24			10	20	10	15	0	25	<1	33	1	25	0,00	33,00
Kalsit	<2	26	0	30			0	14	1	41			<1	25	0	8	0	17	<1	37	1	25	0,00	41,00
Kalsit + Dolomit			nadiren		0	20,5	0	24																
Pirit	<2	<2			<0,01	2,8	0	2					0		0	2	0	7	0	0,7	0	2	0,00	7,00
Kaolinit	<3	10	az miktarda		5	21,5	2	13	1	26			5	15	1	5	0	40	5	26	3	40	0,00	40,00
İllit	25	60	baskın miktarda		7	20	4	21	5	42			10	20	3	15	0	40	2	40	10	50	0,00	60,00
Mont-morillonit	2	25	az miktarda		3	29,5	3	18	2	34			5	20	5	43	0	10			10	50	0,00	50,00
Vermikülit			yok		7	20	2	4									0	15	2	16	-	-	0,00	20,00

Tablo 2.1: Farklı Avrupa ülkelerindeki tuğla ve çatı kiremitleri sanayiinde kullanılan kil ham maddelerinin kimyasal ve mineralojik kompozisyonlarının aralıkları

Partikül boyutu dağılımı, mevcut olan diğer mineraller, bunların boyut aralığı ve oranı kilin özelliklerini temelden etkiler.

Ham madde kompozisyonundaki geniş çeşitlilik, seramik ürünlerin özellikleri ve pişirme sırasında ortaya çıkan gaz emisyonlarında da çeşitliliğe neden olur. Bu çeşitli killeri, tek başlarına veya karıştırılarak çatı kiremitleri, cephe tuğlaları ve ekstrüzyonla çekilen bloklar üretmek için kullanılır. Çoğu fabrikanın, çeşitli ürünlerin imalat tekniklerinin sahaya özel özelliklerine katkıda bulunan kil ocakları vardır.

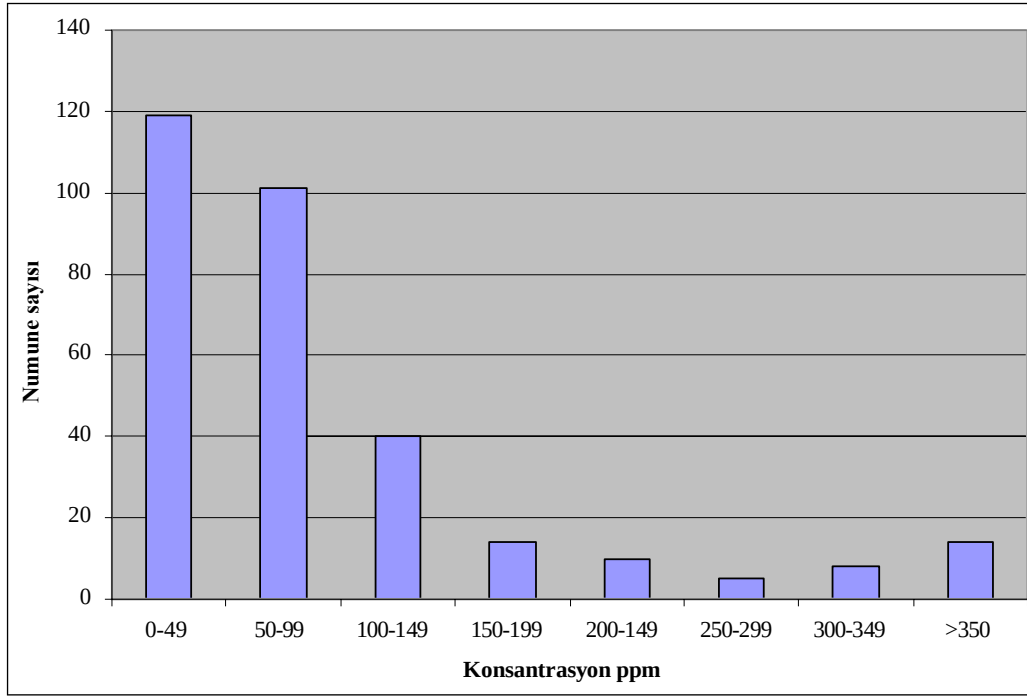
Pişirme sırasında ortaya çıkan emisyonları etkilediklerinden, florür ve kükürt analizi yapılmıştır. 3.3.1.1 kısmında ilgili emisyon verileri tartışılmıştır. Kil minerallerinin yapısında mevcut olan florür, Avrupa'nın çeşitli yerlerinde 1600 ppm'e kadar çıkar ve her ülkede büyük ölçüde değişiklik gösterir. Buna örnek olarak aşağıdaki şekilde florürün normal sıklık dağılımı, İtalya'nın coğrafi bölgelerinin tamamından alınan 312 kil numunesindeki içeriği ile gösterilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003].



Şekil 2.9: İtalya'daki killerde florür içeriği dağılımı

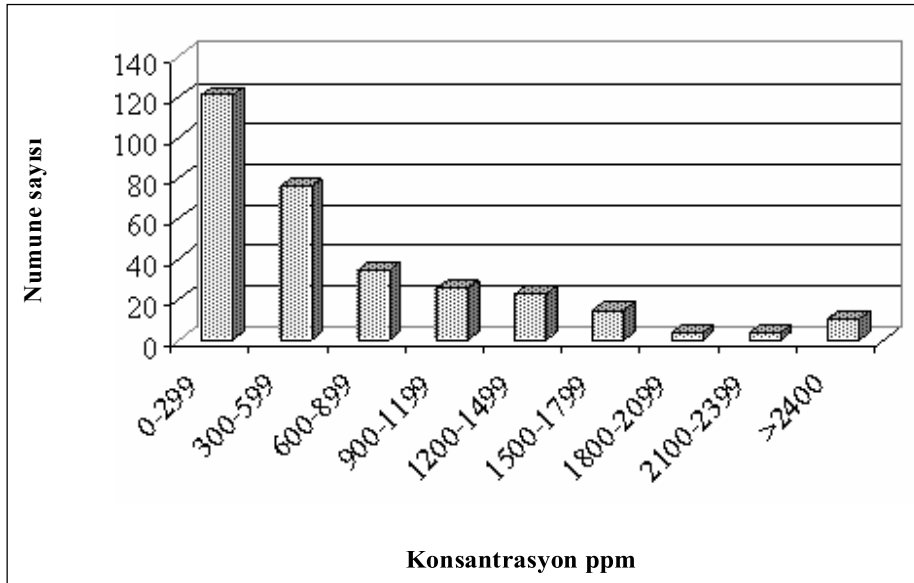
Killerin büyük bölümünde eser miktarlarda klor mevcuttur. Aşağıdaki şekilde İtalya'daki killerdeki klor dağılımına bir örnek gösterilmiştir [30, Seramik TÇG, 2005].

Seramik Üretim Sanayii



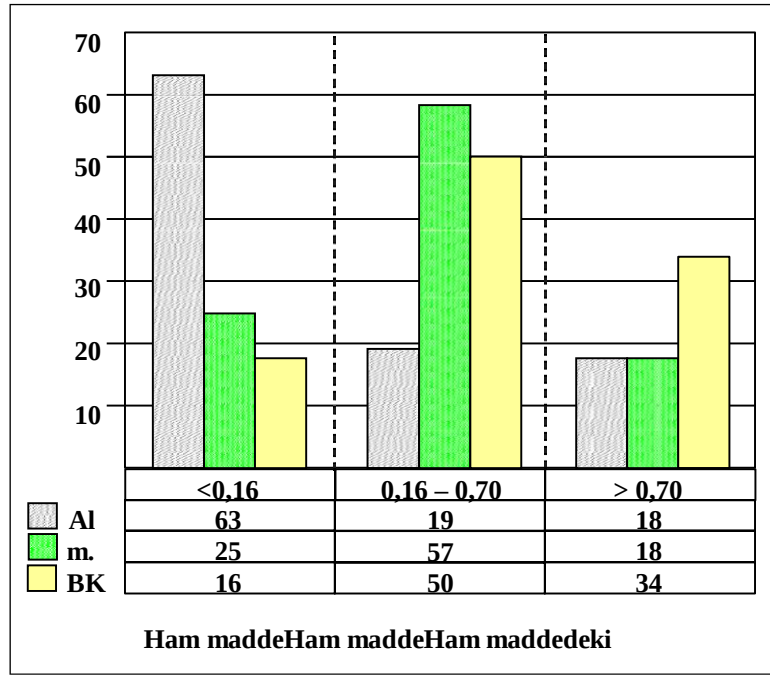
Şekil 2.10: İtalya'daki killerde klor içeriği dağılımı

Kullanılan ham maddelerde yalnızca farklı Avrupa ülkeleri arasında değil, aynı ülke içerisinde dahi gözlenen önemli ölçüdeki kükürt içeriği çeşitliliği, proses emisyonlarında büyük değişikliklere yol açar. Ham maddelerdeki kükürt genellikle sülfidler (pirit) halindedir. İtalya'da yürütülen araştırmalara göre kükürt, aşağıdaki şekilde de gösterildiği gibi lognormal dağılım gösterir [3, CERAME-UNIE, 2003].



Şekil 2.11: İtalya'daki killerde kükürt içeriği dağılımı

Kükürt içeriğinin boyutunun yanında, dağılımında da büyük çeşitlilik gözlenir. Aşağıdaki şekilde de verildiği gibi, Almanya, Birleşik Krallık ve Belçika'da kullanılan killer bu durumu açıkça göstermektedir. Almanya'da kullanılan killerin %80'inden fazlasında, genel olarak düşük ve orta miktar olarak kabul edilen seviyede kükürt bulunurken, Belçika ve Birleşik Krallık'taki killerin %75'inden fazlası orta ve yüksek kükürtlü killerdir [3, CERAME-UNIE, 2003].



Şekil 2.12: Killerdeki kükürt içeriği

Yine büyük çeşitliliklerin gözlemlendiği önemli bir diğer materyal, genellikle kalsit olarak ve/veya kil mineral yapısında mevcut olan kalsiyum oksittir (CaO). Pişirme sırasındaki karbonsuzlaşma sebebiyle CaCO_3 ‘açıcı madde’ görevi görür. HCl , SO_x ve florür salınımı, CaSO_4 ve CaF_2 oluşumu nedeniyle CaO ’dan etkilenebilir. Ancak baca gazlarındaki florür, SO_x ve HCl kompozisyonu her zaman ham maddedeki CaO içeriğinin düzeyiyle ilişkili değildir ve pişirme sıcaklığına ve pişirmede mevcut olan su buharına da bağlıdır [23, Seramik TÇG, 2005].

Organik bileşikler, fosfatlar ve karbonat da killi ham maddelerin plastikleştirilmesi için kullanılır. Gözenek oluşturucu olarak köpük polistiren, kağıt bağlayıcı maddeler, talaş ve kizelgur ve perlit gibi inorganik materyallere ihtiyaç duyulur. Yüzey işlemlerinde kullanılan astar, genellikle beyaz kil, ergitme maddeleri veya renklendirici oksitlerden meydana gelir. Sırda harman maddeleri karışımları (örn. Al_2O_3 , kuvars tozu, tebeşir, MgCO_3), ergitme maddeleri ve renklendirici oksitler veya fritler bulunur.

Ham maddeler açık havada veya depolarda, büyük hacimli besleme hatlarında veya temperleme, yaşlandırma, asitlendirme silolarında veya kuru silolarda saklanır. Tuğla fabrikaları çoğunlukla ham madde ocaklarının yakın çevresinde konumlandırılmıştır.

2.3.1.2 Ham maddelerin hazırlanması

Karo ve tuğlaların üretiminde kuru ve yarı ıslak hazırlık uygulanır. Hazırlık yöntemi mevcut materyaller, son ürünün kalite özellikleri, şekillendirme yöntemi ve ekonomik verimlilik gibi nedenlere bağlı olarak seçilir.

Kuru hazırlık genellikle, plastikliği az olan kısmen daha kuru ham maddelerin kullanıldığı durumlarda veya birinci sınıf ürünlerin üretiminde uygulanır. Kuru hazırlığın amacı, çekiçli veya askılı valsli değirmenlerde parçacıkların boyutunu küçültmek ve aynı zamanda su içerikleri yüzde üç ila altı arasına gelene kadar kurutmaktır. Gerekli katkılar da bu işlem sırasında eklenir; örneğin ekstrüzyon tipi işlemlerde kil sütunun kolay kesilmesini sağlamak için plastikliğini korumak ve su içeriğini düzenlemek ve sabitlemek amacıyla kile sönmüş kireç (%3,3-0,6) eklenebilir. Kuru hazırlık mühendislik ve cephe tuğlalarının üretiminde tercih sebebidir, çünkü şistli kil gibi cephe tuğlası ham maddelerinin düşük nem oranı bunları kuru hazırlık yöntemi için son derece uygun kılar.

Tuğlalar ve çatı kiremitlerinin üretiminde kullanılan ikinci bir hazırlık yöntemi ise yarı ıslak hazırlık işlemidir. Büyük hacimli besleyicilerle miktarların oranlanması gerçekleştirilir. Besleyiciler, toplu yük ile çeşitli ham maddelerin belirli şekilde orantılanmasını sağlar. Birçok durumda besleyicinin sonunda harmana su içeriği %20 civarında olana kadar karıştırma suyu eklenir. Sert materyallerin aşamalı olarak parçalanması ile, maksimum parçacık büyüklüğü 1,8 mm'nin altına indirilir. Çatı kiremitleri gibi ince ürünlerin parçacık büyüklüğü 0,5 ila 0,8 mm arasındadır. Ham maddenin özelliklerine göre kil parçalayıcılar, bıçaklı parçalayıcılar, çift valsli parçalayıcılar veya ıslak tavalı öğütücüler kullanılır. Kum da ayrıca hazırlanarak eklenebilir; bunun için çeneli konkasörler, çarpmalı kırıcılar, dikey çarpmalı kırıcılar ve elekler kullanılır. Bazı durumlarda kum ve kil ayrı olarak saklanır ve şekillendirmeden hemen önce karıştırılır.

Karıştırma ve yoğurmanın beraber uygulandığı işlem, kütlenin iyi düzeyde plastikliği için homojenizasyonunu sağlar. Bu amaç için kil öğütücü, çift şaftlı mikser, elekli yoğurucu ve filtreli mikser kullanılır. Tuğla üretiminde büyük hacimli gözenekler oluşturmak amacıyla, düşük termal iletkenliğe sahip organik ve inorganik katkılar eklenir. Bu adımda kütlenin nihai şekillendirme su içeriği %20-22 olur. Karıştırma işleminde sıcak su veya sıcak buhar, küçük partiküllerin çözünmesini ve açılmasına yardımcı olur.

Hazırlanan kütleler, homojenizasyon için büyük hacimli besleme hatlarında veya temperleme, yaşlandırma, asitlendirme sistemlerinde saklanır.

2.3.1.3 Şekillendirme

Kütlenin türüne, su içeriğine ve istenen ürüne bağlı olarak presleme, ekstrüzyon ve çok nemli kalıplama gibi çeşitli şekillendirme yöntemleri uygulanır (bkz 2.2.4.2, 2.2.4.3 ve 2.2.4.4).

Pratikte, yarı ıslak olarak hazırlanan ham madde çoğunlukla preslerde şekillendirilir. Kütle, vakum odası olan veya olmayan ekstrüzyon preslerinde, 0,6 ile 1,5 MPa arasında basınç ile preslenir. Kalıp, kütleye sütun şekli verir. Bu sütun, tel kesici ile tekli parçalar halinde kesilir. Bu yöntem, inşaat tuğlası ve ekstrüzyonla üretilen çatı kiremitleri için tipik işleme yöntemidir.

Preslenen çatı kiremitleri, ilk olarak hamur veya topak olarak adlandırılan şekiller haline getirilir. Bu adımdan sonra hamurların geometrisi diğer bir presle düzeltilir. Bu iş için mekanik ve hidrolik torna presler, anvil pres, döner leventli pres ve döner masa presler kullanılır. Tekli veya çoklu kalıp çeviren presler en çok kullanılanlardır. Çevirici preslerde, aralıklı olarak dönen beş, altı veya sekiz yüzlü bir prizma şeklindeki tamburun her yüzünde bir alt pres kalıbı taşır. Tambur her durduğunda, üst kalıbı taşıyan dikey piston, hemen altındaki alt kalıba doğru iner ve kil kütlesini presleyerek şekillendirir. Sonrasında ürünler özel bir taşıyıcıya yerleştirilir. Alçı kalıplar, kayganlaştırılmış dökme demir kalıplar, lastik astarlı kalıplar veya vulkanize astarlı metalik kalıplar gibi farklı türlerde açık kalıplar kullanılır.

Çatı kiremitlerinin görünür yüzü kısmen astarlanır veya sırlanır. Tuğlalar ve cephe tuğlalarının yüzeylerini dokulandırmak için profil çıkarma, soyma, fırçalama veya kumlama gibi işlemler yapılır.

2.3.1.4 Kurutma, sırlama ve astarlama

Yapılacak iş miktarına, mekanizasyon seviyesine ve kütlenin hassasiyetine bağlı olarak, kurutma işleminde farklı türlerde kurutucular kullanılır (bkz 2.2.5). Tuğla üretiminde odalı ve tünel kurutucular yaygındır. Çatı kiremitlerinde de odalı ve tünel kurutucular kullanılır. Tünel ve hızlı kurutucularda, tuğlaların kurutma koşulları 8 ila 72 saat ve yaklaşık 75 - 90°C arasında değişir. Hızlı kurutucuların çalışma süreleri, örneğin bloklar için 8 saat olmak üzere, oldukça kısadır; bazı cephe tuğlalarının kurutulması ise 72 saate kadar sürebilir. Odalı kurutucularda tuğlaların kurutulma süresi yaklaşık 90 °C'lik sıcaklıkta, 40 saate kadar sürebilir [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]. Çatı kiremitleri 12 ila 48 saat ve 60-90 °C arasında, tünel veya odalı kurutucularda kurutulur. Kütlenin tünel fırındaki pişirme işleminden önceki su içeriği, yüzde üçten düşüktür. Kurutucular çoğunlukla fırından gelen fazla ısı ile, bazı durumlarda ise doğalgaz, fuel oil brülörler veya kojenerasyon ile ısıtılır.

Çatı kiremitleri ve cephe tuğlalarının görünür yüzleri veya tüm yüzleri, özel renkler elde etmek için ya da ürünün yoğunluğunu artırmak için bazen sırlanır veya astarlanır. Sır veya astar, ürün kurutulduktan sonra uygulanır. Bazı durumlarda sırlama ve astarlama şekillendirme işleminden sonra uygulanır. Astar kil, ergitme maddeleri, dolgu materyali ve pigmentlerden oluşan bir kompozisyonudur. Miktarı fazla olan ürünlere uygulamak için en uygun işlem, püskürtmedir.

Akışkan astar ile işlenecek yüzeyin daha iyi bağlanmasını sağlamak için organik bağlayıcı maddeler astara eklenir. Sır; harman materyalleri, ergitme maddeleri, kil ve renklendirici oksitlerin, vitröz kütle oluşturmak için sinterlenen karışımıdır. Sır genellikle püskürtme odasında püskürtme yoluyla uygulanır.

2.3.1.5 Pişirme

Günümüzde tuğlalar ve çatı kiremitleri, çoğunlukla yükseltgen bir atmosfere sahip tünel fırınlarda pişirilir. Son pişirme sektöründeki indirgeme süresi, ihtiyaç duyulduğu takdirde özel renklerin verilmesini sağlar. İndirgeme süresinde, yakıt oksijen yönünden eksik bir atmosfere verilir. Bu şekilde, kullanılan ham maddeler tuğla ürünlerinin üzerinde istenen renk etkisini sağlar.

Pişirilecek kütleler, bir dizi fırın arabası üzerinde fırından geçerler. Yaş tuğlalar doğrudan fırın arabasının üzerine yerleştirilir, yaş çatı kiremitleri ise pişirme için kasetlerin (H veya U şekilli) içerisine koyularak klasik tünel fırına yığılır. Kasetlerin düzeni ürüne özeldir; sıcak pişirme gazlarının ürünün etrafında en iyi şekilde akışını ve dolayısıyla iyi pişirme sonuçları sağlayacak şekilde dizilmelidir. Pişirilecek parça 800 ile 1300 °C arasındaki bir bekletme sıcaklığına ısıtılır.

Bekletme sıcaklığında iki ila beş saat arasındaki biçimlenme süresi tamamlandıktan sonra kütle plana uygun olarak 50 °C'ye soğutulur.

Tünel fırınlarda pişirim süresi çatı kiremitleri için 10-40 saat, kaldırım tuğlalarının 45-60 saat ve kil bloklar için 17-25 saat aralıklarındadır. Baca gazının sıcaklığı, baca gazının çiylenme noktasına (dolayısıyla kompozisyonuna) bağlıdır; örneğin yüksek kükürt içeriği olan killerin çiylenme noktası yüksek olduğundan baca gazları da yüksek sıcaklıkta olacaktır. Aşağıdaki tabloda klasik tünel fırınların işletim verilerine ilişkin aralıklar verilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [27, VDI, 2004], [21, Almeida, 2004], [30, Seramik TÇG, 2005].

Tünel fırınlar	Birim	Cephe tuğlaları ve kil döşeme elemanları	Kil bloklar	Yatay delikli kil bloklar	Çatı kiremitleri
Yapılan iş	t/s	1 – 15	3 – 15	3 – 15	3 – 6
Fırın uzunluğu	m	35 – 160	60 – 120	60 – 120	80 – 140
Kesit alanı	m ²	1,3 – 6,0	4 – 12	4 – 12	4 – 10
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	650 – 1500	350 – 500	250 – 750	200 – 400
Pişirme sıcaklığı	°C	1000 – 1300	900 – 1050	950 – 1050	1000 – 1150
Spesifik enerji gereksinimi (kurutma + pişirme)	kJ/kg	1600 – 3000	1000 – 2500 ^{*)}	1000 – 2500	1600 – 3500
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	5000 – 20000	10000 – 50000	10000 – 50000	10000 – 40000
Baca gazı sıcaklığı	°C	100 – 230	100 – 300	100 – 150	170 – 200
*) Gözenek oluşturu maddenin ısı içeriği de dahil					

Tablo 2.2: Tünel fırınların işletim verileri

Roller fırınlarda hızlı pişirme yöntemi, klasik tünel fırında pişirme teknolojisine bir alternatif sağlar. Çatı kiremitlerinin üretiminde tek raflı düz pişirmenin uygulanmaya başlanmasıyla pişirme süresi ve pişirme yardımcılarının kütlesinin pişirilecek ürünün kütlesine oranı azaltılmıştır. Bu yöntem, bazı durumlarda pişirme sırasında enerji tüketiminin kısmen azaltılmasını sağlar.

Büyük klasik tünel fırınların aksine, hızlı pişirme yöntemi daha küçük fırın ünitelerinde gerçekleştirilir. Küçük üniteler, asıl ürünün pişirim parametrelerine uyum sağlanırken daha esnek olunmasını mümkün kılar. Hızlı pişirimli fırınlarda ortam yoğunluğu 100 kg/m³'ün altında olabilir. Aşağıdaki tablo, çatı kiremitlerinin üretiminde kullanılan klasik tünel fırınlar ve hızlı pişirme yöntemine dair bazı verileri göstermektedir [4, UBA, 2001].

Fırın tipi	Kütle oranı pişirme yardımcıları/pişirilen ürün	Pişirme süresi (s)
Klasik tünel fırın	6:1	~50
Hassas hızlı pişirme fırını	3:1	~10
Keramono tek raflı fırın	1:1	~2
Roller fırın	0:1 ila 2:1 arası	3 ila 8 arası

Tablo 2.3: Klasik tünel fırınlarla hızlı pişirme yöntemlerinin karşılaştırılması (çatı kiremitleri)

Tuğlalar ve çatı kiremitlerinin üretiminde hızlı pişirme yönteminin uygulanabilirliği, büyük ölçüde ürünün yüzeyine ve sıcak pişirme gazları ile sıvanabilirliğine dayanır. Hızlı pişirme yöntemiyle yalnızca çatı kiremitleri değil, petek tuğlalar gibi kil tuğlalar da üretilebilir. Aşağıdaki tabloda hızlı pişirmeli fırınların işletim verilerine ilişkin aralıklar verilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].

Hızlı pişirmeli tünel fırınlar	Birim	Kil bloklar	Cephe tuğlaları	Preslenmiş çatı kiremitleri
Yapılan iş	t/s	16,60 - 18,75	2,1 - 5,4	1,9 - 5,4
Fırın uzunluğu	m	130	90 – 120	80 – 125
Kesit alanı	m ²	17,6'ya kadar	3,5'e kadar	3,3'e kadar
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	mevcut değil.	mevcut değil.	mevcut değil.
Pişirme sıcaklığı	°C	1000	1000 – 1080	1020 – 1150
Pişirme süresi	h	2,5 - 3,5	4 – 5	3 – 4
Spesifik enerji gereksinimi (kurutma + pişirme)	kJ/kg	1250 – 3500	1590 – 4500	2930 – 4605

Tablo 2.4: Hızlı pişirimli tünel fırınların işletim verileri

El yapımı veya özel renkli cephe tuğlaları gibi özel ürünlerin üretiminde Hoffmann fırınları da kullanılır. Bunlarda birbiriyle bağlantılı bir dizi oda mevcuttur ve bu odalar sırasıyla kurutulmuş tuğlalar ile doldurulur, kapatılır, sürekli sayılabilecek şekilde pişirilir ve sıcak gazlar bir odadan diğerine çekilir. Odalar arasındaki bacalar ve deliklerden oluşan bu bağlantı sistemi, aynı zamanda kütlenin ön ısıtmasını ve baca gazlarının soğutulmasını da mümkün kılar. Bir pişirim çevrimi genellikle üç gün ile iki hafta arasında sürer ve bağlı odaların ortam yoğunluğu 300 kg/m³'ten fazladır. Fırınlar artık çoğunlukla gazla yakılsa da, bazen yukarıdan yağ veya kömürle besleme işlemi uygulanarak yaşlanma etkili tuğlalar üretilir [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

Aralıklı fırınlar da, genellikle daha küçük harmanlar ile özel çatı kiremitleri, tuğlalar veya bağlantı elemanları üretiminde kullanılabilir. Aralıklı olarak çalıştırılan bu fırınların pişirme süreleri 20-45 saat, pişirme sıcaklıklar 1000-1100 °C arasında değişir ve spesifik enerji gereksinimleri yaklaşık 500 ila 900 kJ/kg arasındadır [23, Seramik TÇG, 2005].

Klasik tünel fırınlar çoğunlukla doğalgaz veya fuel oil ile ısıtılır, hızlı pişirmeli fırınlar ise doğalgazla ısıtılır. Bazı durumlarda, yukarıda belirtildiği gibi kömür, petrol koku veya turba da kullanılır.

2.3.1.6 Sonraki işlemler

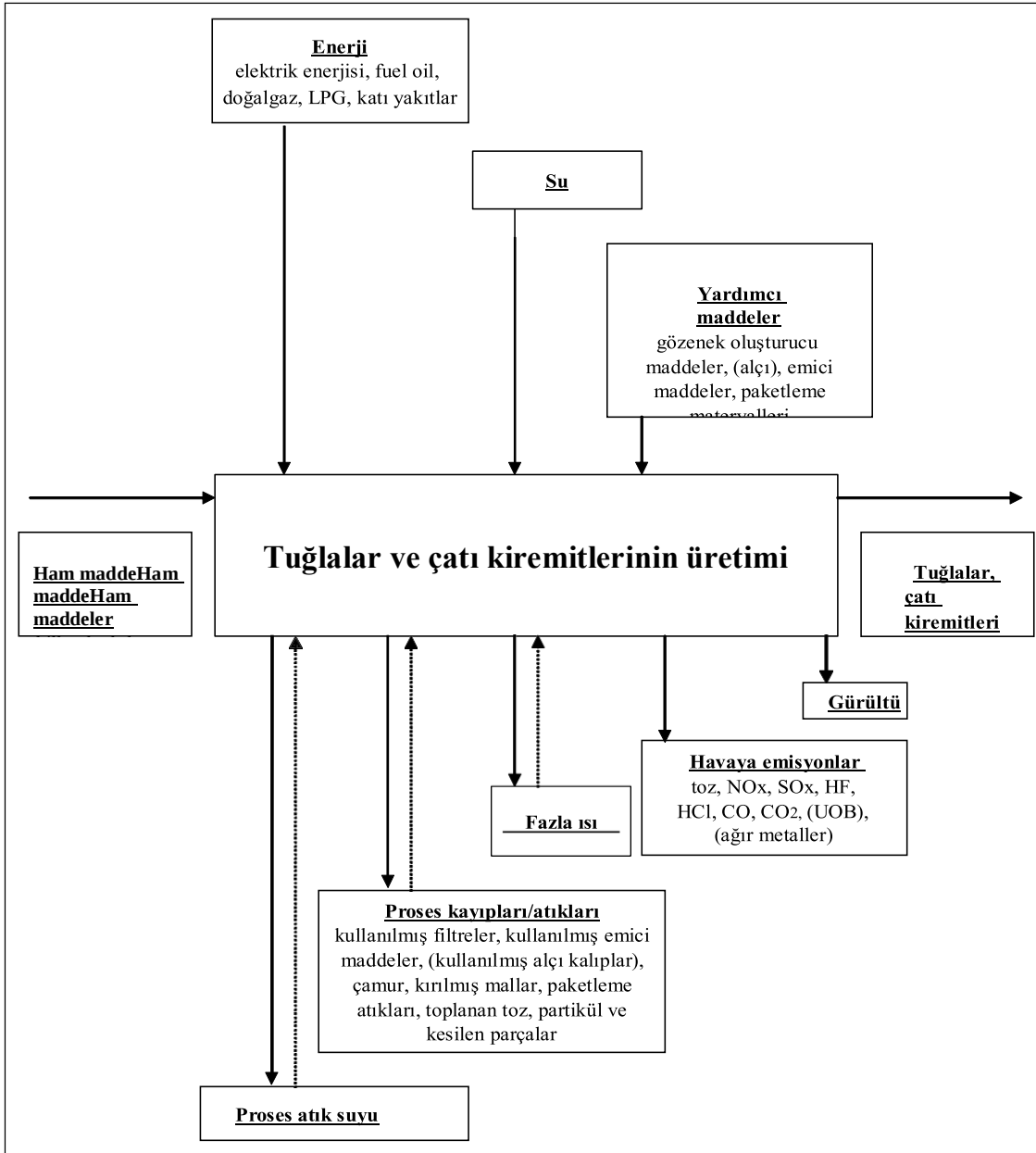
Pişirme işleminin sonuçlarına bağlı olarak, ürünler fırının veya tünel fırın arabasının otomatik veya manuel olarak boşaltılması esnasında ayrılır. Kalibre tuğlalar gibi ürünler öğütme makinelerinde işlenir.

Bazen kil cephe tuğlalarının, kil çatı kiremitlerinin veya bağlantı parçalarının hidrofilik veya hidrofobik maddelerle (örn. silikonlama, lanolinleme) işlenmesi gerçekleştirilir; bunun sonucunda suyla ıslatıldıklarındaki yüzey davranışları değişir.

Çatı kiremitleri paketlenir ve sevkiyat birimine aktarılmak üzere paletlere yüklenir. Her bir kiremit katmanının arasına bir kağıt, karton ya da tahta cılası uygulanır ve dolan paletler sıkı bir paketleme filmi ile kaplanır. Ürünler forkliftler, hareketli veya portal vinçlerle taşınır.

2.3.1.7 Tuğla ve çatı kiremitlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları

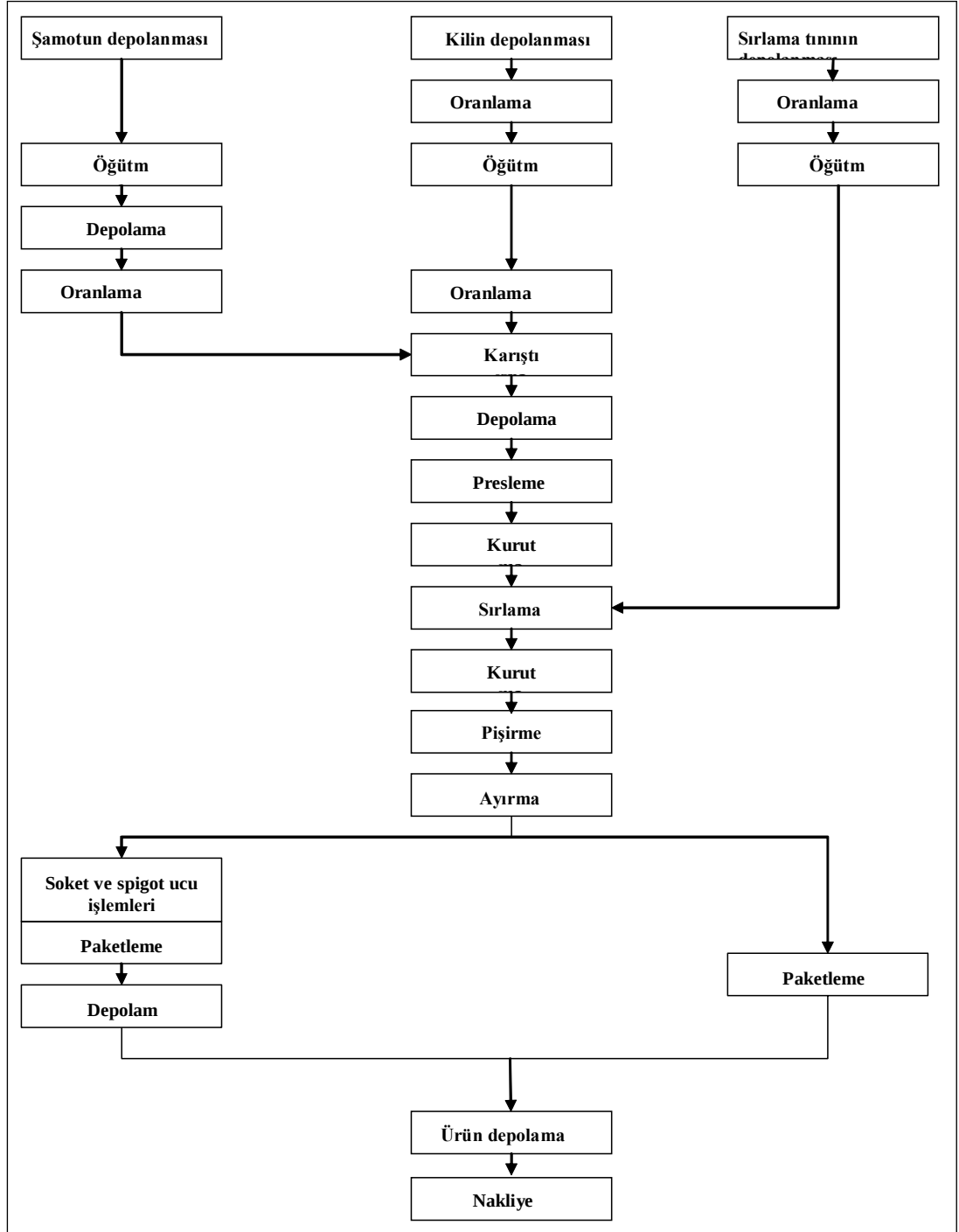
Aşağıdaki şekilde tuğla ve çatı kiremitlerinin üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.13: Tuğla ve çatı kiremitlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.2 Vitrifiye kil borular

Vitrifiye kil borular şu proses adımlarıyla üretilir: ham maddelerin depolanması, ham maddelerin hazırlanması, şekillendirme, kurutma, sırlama, pişirme ve sonraki işlemler. Aşağıdaki şekilde, vitrifiye kil boruların üretiminin şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 2.14: Vitrifiye kil boruların üretiminin şematik görüntüsü

2.3.2.1 Ham maddeler

Vitrifiye kil boruların üretiminde ham madde olarak kil, şamot ve sır kullanılır. Sır; tın, kil, tebeşir, dolomit, kuvars ve metal oksitlerin karışımından oluşur. Büyük oranda seramik üretim işlemlerinde kullanılmış materyallerden oluşan şamot ham maddeler ve sır için kullanılacak tın bir çatı altında depolanır. Hazırlık sürecine bağlı olarak kil bileşenler açık havada veya kutularda saklanabilir.

Tablo 2.5 ve Tablo 2.6’da vitrifiye kil boruların üretiminde kullanılan killerin mineralojik ve kimyasal kompozisyonlarına ilişkin aralıklar verilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003].

Parametre (% ağırlık)	Bel.	Alm.	İta.	Holl.	Birleşik Krallık
Kuvars min maks	24 45	8 25	35 50	40 50	21 33
Feldispat min maks	11 18	1 4	1 24	0 0	0 0
Kaolinit min maks	24 32	30 60	5 20	20 25	8 20
İllit min maks	16 37	10 40	12 30	20 25	40 56
Montmorillonit min maks	0 8	2 10	0,5 1	0 0	0 0

Tablo 2.5: Vitrifiye kil boruların üretiminde kilin mineralojik kompozisyonu

Parametre (ağırlıkça %)	Bel.	Alm.	İta.	Holl.	Birleşik Krallık
S min maks	0,02 0,05	0,0 0,2	0,01 0,62	0,01 0,05	0,01 0,10
F min maks	0,03 0,05	0,02 0,06	0,04 0,13	0,02 0,04	0,02 0,05
CO ₂ min maks	0,1 0,3			0,05 0,25	0,50 1,50
SiO ₂ min maks	60 81	55 70	60 75	65 72	55 63
Al ₂ O ₃ min maks	15 27	20 35	15 23	18 23	17 22
Fe ₂ O ₃ min maks	1,0 7,4	1,0 10	5,0 7,0	1,5 4,5	6,0 8,0
MgO min maks	0,2 1,0	0,0 1,5	0,7 1,5	0,5 1,4	1,7 2,2
CaO min maks		0,0 0,8		0,2 0,5	0,3 0,6
Na ₂ O min maks	0,1 0,3	0,0 0,4	3,0 7,0	0,1 0,6	0,3 1,1
K ₂ O min maks	1,0 2,6	1,0 4,0	1,0 3,0	1,8 2,6	2,8 3,9
TiO ₂ min maks	1,3 1,8	1,0 2,5	0,5 1,0	0,7 1,3	0,9 1,0

Tablo 2.6: Vitrifiye kil boruların üretiminde kilin kimyasal kompozisyonu

2.3.2.2 Ham maddelerin hazırlanması

Kil hazırlığında, örneğin döküm bulamacının hazırlanması gibi çeşitli işlemler söz konusudur. Kil, kutu besleyici ile istenen miktarlarda hazırlık sürecine aktarılır. Islak tamburlu veya valsli değirmenler gibi farklı değirmenlerde ince öğütme yapılır. Islak tamburlu değirmenler, tınlı sır bileşenlerinin ince öğütmesi için de kullanılır. Bileşenler 0,06 mm'lik bir inceliğe sahip olacak şekilde çekilir. Daha sonra kalan kaba parçalar eleklenme ile ayrılır. İnce bileşenler suda askıya alınır ve karıştırma tanklarında depolanır.

Ham şamot çeneli veya konik konkasörlerde, mikserlerde veya bilyalı değirmenlerde parçalanır ve öğütülür. Maksimum parçacık boyutu 2,5 olan kısım elenerek ayrılır ve depolanır. Şamot, açıcı olarak kullanılır ve kütleye pişirme sırasında gerekli kuvvet ve kararlılığını verir. Kil ve şamot, bantlı konveyör ve şamot tartıları ile gravimetrik olarak veya kutu besleyiciler, bantlı besleyiciler veya döner besleyiciler ile hacimsel olarak karıştırma ünitesine beslenir.

Karıştırma ünitesinde bileşenler karıştırılır ve uygun presleme nemine getirmek üzere su içeriği %15-20 olacak şekilde su eklenir. İhtiyaç olması halinde, preslenecek kütleye organik ve inorganik presleme maddeleri ve plastikleştiriciler eklenir. Hazırlanan nemli kütle büyük hacimli besleyiciler, kil siloları, depolama sundurmalar veya uygun mekanizasyona sahip yaşlandırma ve asitlendirme sistemlerinde depolanır ve homojenize edilir.

2.3.2.3 Şekillendirme

Yaş kil borular yatay ve dikey, havasızlaştırıcı ekstrüzyon cihazlarında şekillendirilir. Preslenecek kütle, ekstrüzyon cihazının havasızlaştırma odasında sıkıştırıldıktan ve havasızlaştırıldıktan sonra, boru şekillendirilir ve soket ve spigot ucuna gönderilir. Bu adımdan sonra soket ve spigot uçları temizlenir.

Yaş boru kütleleri, vakumlu yapışan robotlar gibi özel cihazlarla taşınır. Robotlar yaş seramik kütleleri kurutucu arabalarına yerleştirir. Preslenecek kütlelerin sertliği, farklı boru çapları ve periyodik olarak çalıştırılan ekstrüzyon cihazları, kil boru şekillendirme işleminin önemli özelliklerindendir.

2.3.2.4 Kurutma ve sırlama

Yaş seramik kütlelerin çatlamadan kurutulması işlemi, 100 °C'ye kadar çıkan odalı veya tünel kurutucularda gerçekleşir ve kalan nem oranı yüzde iki civarında olur. Bağlantı elemanlarının kurutma süresi 70 ila 100 saat arasındadır, boruların kurutma süresi ise 30 saat (küçük borular) ile dokuz gün (büyük borular) arasında değişir. Boruların orantısız çekme sonucu deformasyonunun önüne geçmek için iklim kontrolü (sıcaklık, nem) esastır.

Uygun kaldırma ve tutma robotları, kurutulan yaş kütleleri tınlı sır ile kaplamak için sır tankına daldırır, püskürtme ile sırlama da mümkündür. Pişirme işleminde sır, kütlelerin yüzeyi ile birleşir, yüzeyi çevreler ve pürüzsüz bir katman ile kapatır. Yüzeyin sırlanmayacak kısımları varsa, sırlama işleminden önce parafinle kaplanmaları gerekecektir.

Sırlandıktan sonra yaş seramik kütleler tünel fırın arabalarına yüklenir. Son olarak, tünel fırınların önünde yer alan tünel kurutucularda nem içerikleri yüzde birin altına ininceye kadar kurutulurlar.

2.3.2.5 Pişirme

Pişirme, gazla ısıtılan tünel fırınlarda, çoğunlukla yükseltgen bir atmosferde gerçekleştirilir. Yaş seramik kütleler, pişirme yardımcılarının üzerinde sabitlenerek dikey bir şekilde pişirilir. Konvansiyonel pişirme sıcaklıkları 1150 ila 1250 °C arasında, pişirme süresi ise 30 ila 80 saat arasındadır. Aşağıdaki tabloda vitrifiye kil boruların üretiminde kullanılan tünel fırınların işletim verilerine dair aralıklar verilmiştir. [4, UBA, 2001].

Tünel fırınlar	Birim	Vitrifiye kil borular
Yapılan iş	t/s	1 – 6
Fırın uzunluğu	m	80 – 180
Kesit alanı	m ²	6 – 10
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	150 – 300
Pişirme sıcaklığı	°C	1100 – 1200
Spesifik enerji gereksinimi (kurutma + pişirme)	kJ/kg	3000 – 4000
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	4000 – 18000
Baca gazı sıcaklığı	°C	160 – 200

Tablo 2.7: Tünel fırınların işletim verilerine dair aralıklar

Hızlı pişirme yöntemi, vitrifiye kil boruların konvansiyonel pişirme işlemine bir alternatiftir. Vitrifiye kil borular on saat boyunca kurutulur ve püskürtme ile sırlanır. Daha sonra sekiz saatlik bir süre boyunca fırından geçirilirler. Borular yatay halde çevrilerek pişirilirlir. Çıkış ağızları ve eğimli parçalar gibi bağlantı elemanları da hızlı pişirme ile üretilir. Hızlı pişirilen borulara benzer şekilde, sekiz ila on bir saat arasındaki süreler boyunca roller tipi fırınlardan geçirilirler. Bağlantı elemanlarının taşınması, çevrim halinde fırının altından geriye doğru hareket eden özel pişirme yardımcılarını üzerinde gerçekleştirilir.

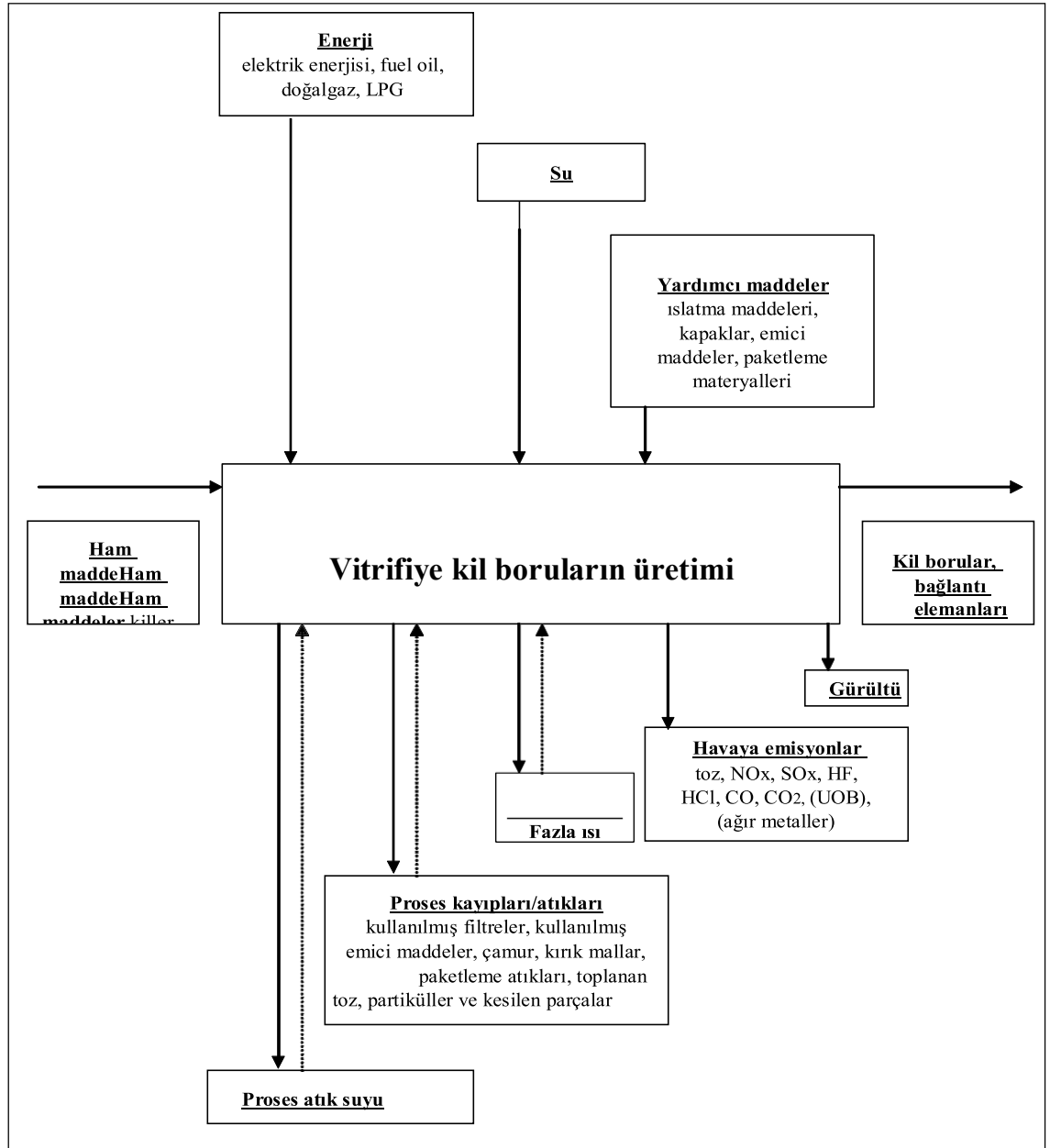
2.3.2.6 Sonraki işlemler

Pişirme işleminden sonra tüm ürünler incelenir. Soket ve spigot uçlarına polimer veya prefabrik kapaklar eklenir. Daha sonra borular ve bağlantı elemanları paketlenir.

Kapaklar takıldıktan sonra, belirli boyutlardaki boruların (DN 250 ile DN 600 arası) soket ve spigot uçlarının yüksek hassasiyetinin sağlanması için öğütme işlemine tabi tutulur.

2.3.2.7 Vitrifiye kil boruların üretiminde giriş ve çıkış akımları

Aşağıdaki şekilde vitrifiye kil boruların üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].



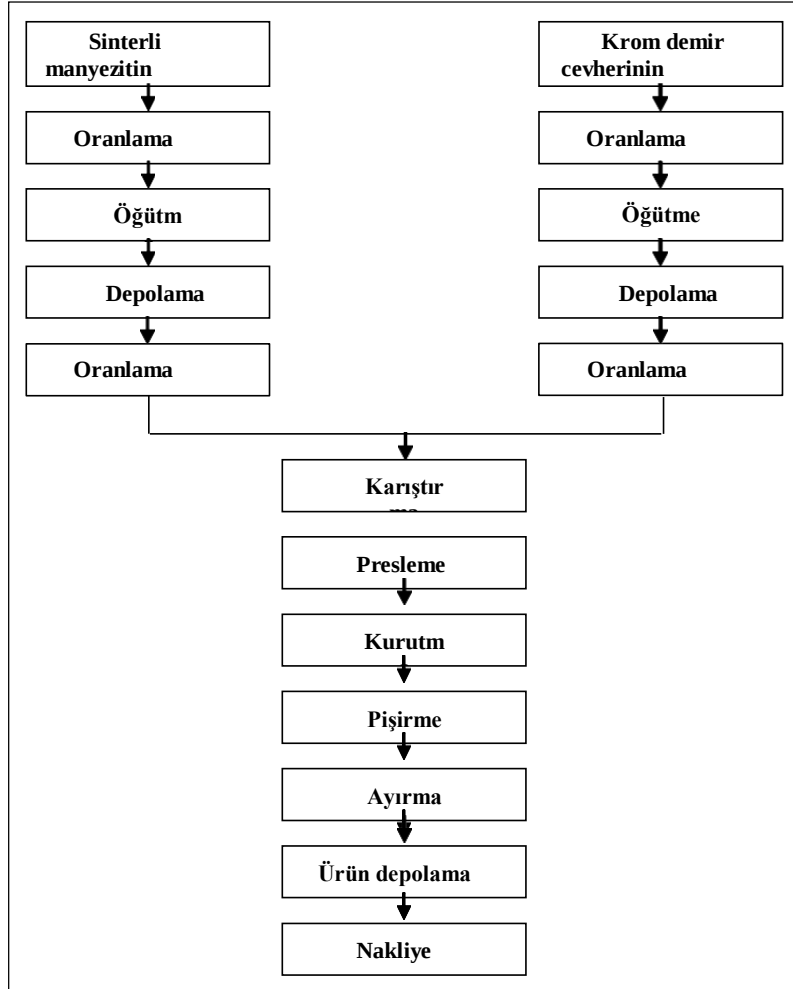
Şekil 2.15: Vitrikiye kil boruların üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.3 Refrakter ürünler

Refrakter ürünler temel bileşenlerine göre sınıflandırılır. Ana ürün grupları şunlardır:

- yüksek alümina içeren ürünler, grup 1 ($Al_2O_3 > \%56$)
- yüksek alümina içeren ürünler, grup 2 ($\%45 < Al_2O_3 < \%56$)
- ateş kili ürünleri ($\%30 < Al_2O_3 < \%45$)
- düşük alümina içeren ateş kili ürünleri ($\%10 < Al_2O_3 < \%30$, $SiO_2 < \%85$)
- silisli ürünler veya yarı silika ürünler ($\%85 < SiO_2 < \%93$)
- silika ürünler ($SiO_2 > \%93$)
- manyezi, manyezi-krom, krom-manyezi, kromit, forsterit, dolomit bazlı temel ürünler
- karbon, grafit, zirkon, zirkonya, silisyum karbür, karbitler (silisyum karbür harici), nitritler, boritler, spineller (kromit harici), erimiş kireç bazlı özel ürünler.

Refrakter sanayiinde tuğlaların üretilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En basit yöntem, şekillerin doğal veya yapay olarak oluşturulmuş ham maddelerden kesilmesidir. Erimeleli dökme ürünler, blok veya tuğla halinde katılaşabilmeleri için eriyiklerin kalıplara dökülmesi ile üretilir. Yüksek refrakter ürünlerin üretiminde; ince çekme ve ıslak karıştırma sonrası ekstrüzyon, alçı kalıba dökme veya izostatik presleme yöntemlerinin kullanımı günümüzde giderek artmaktadır. Refrakter tuğlaların üretiminde ise ağır kil seramik olarak adlandırılan yöntem tercih edilmektedir. Üretimin aşamaları ham maddelerin depolanması, ham maddelerin hazırlanması, şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemlerdir. Aşağıdaki şekilde, krom cevheri içeren basit tuğlaların üretiminde giriş ve çıkış akımlarının şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 2.16: Krom cevheri içeren basit tuğlaların üretim sürecinin şematik görüntüsü

2.3.3.1 Ham maddeler

Kil, şamot ve kuvarzit, dolomit, manyezit ve boksit gibi kalsine edilebilen doğal kayaçlar (bkz 2.2.2.8) ve ayrıca sinterli korunt, silisyum karbür, erimiş mullit veya spinel gibi sentetik baz materyalleri de refrakter ürünlerde ham madde görevi görebilirler. Sıkıştırılabilir kütleler oluşturmak için, çekilen ham maddelere bağlayıcılar ve agregalar eklenir. Kullanılan bağlayıcı ve agregalar oldukça çeşitlidir; kil çamuru, sülfat çözeltisi, kömür katranı, naftalin, sentetik reçine, kireç sütü, balmumu, fosforik asit, is, grafit ve kükürt bunlardan bazılarıdır. Ham maddeler üzeri kapalı kutularda saklanır. Önceden parçalanmış halde tedarik edilen ham maddeler, su ve ham maddenin reaksiyona girmesini önlemek için silolarda saklanır.

Aşağıdaki tabloda refrakter ürünlerin eritme/döküm işlemlerinde en çok kullanılan oksitler ve bunların erime sıcaklıkları verilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003].

Adı	Formülü	Erime sıcaklığı (°C)
Alümina	Al ₂ O ₃	2050
Krom III	Cr ₂ O ₃	2275
Manyezi	MgO	2830
Dolomit	CaO + MgO	2700
Silika	SiO ₂	1725
Zirkonya	ZrO ₂	2700
Zirkon	ZrSiO ₄	1770

Tablo 2.8: Eritme/döküm işlemlerinde en çok kullanılan oksitler

2.3.3.2 Ham maddelerin hazırlanması

Ham maddeler genellikle önce kaba, daha sonra ise ince bir kırma işleminden geçerler. Kaba kırma işlemi çeneli veya konik konkasörlerde ya da çarpmalı veya valsli kırıcılarda gerçekleştirilir. İnce öğütme halkalı valsli değirmenlerde, bilyalı değirmenlerde ve titreşimli değirmenlerde yapılır. Parçalanmış ve öğütülen ham maddeler, titreşimli eleklerle boyutlarına göre ayrılır. Fazla büyük parçalar değirmen ünitelerine geri beslenir. Parçalar, hazırlık aşaması ile tuğla üretimi arasındaki depolar olan silolarda geçici olarak depolanır. Orantılama, ağırlık ölçen tartılarla gerçekleştirilir. Gerekli olduğunda bağlayıcılar, gözenek oluşturmaya maddeler, yapışmayı önleyiciler ve kalıp kayganlaştırıcıları eklenir. Bileşenler karıştırıcılara beslenir (çoğunlukla periyodik olarak çalıştırılan mikserlere), homojenize edilir ve ön yoğunlaştırılmaları gerçekleştirilir. Kum karıştırma makineleri, karşı akım karıştırıcıları ve çift şarftlı karma makinelerinin iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Döküm bulamacı, ham maddelerin su gibi çözücü bir madde ile karıştırılmasıyla üretilir. ‘Presleme tozu’ ise kuru bir işlem ile veya arkasından püskürtmeli kurutma uygulanan ıslak veya yarı ıslak bir işlemle üretilir.

2.3.3.3 Şekillendirme

Döküm bulamacı ve ‘presleme tozu’ şekillendirme işleminde kullanılır. Döküm bulamacı, döküm işlemi sırasında kalıplara doldurulur. Yeterli biçimlenme süresi tamamlandıktan sonra, yaş seramik kütleler kalıptan çıkarılır.

Önceden, ‘presleme tozu’ istenen şekle mafsallı presler ile getirilmekteydi. Günümüzde ise mafsallı presler yerine modern elektronik kontrol üniteleri ile donatılmış, hidrolik olarak çalıştırılan presler kullanılmaktadır. Bu presler sürekli olarak tuğlaları kontrol ederek gerekli düzeltmeleri yaparlar. Günümüzde 80 ile 200 MPa arasındaki presleme gücü standart kabul edilir. Farklı presleme programları kullanılarak refrakter ürünlerin müşterilerin gereksinimlerine uygunluğu sağlanır.

İzostatik presleme yöntemi, yüksek kaliteli özel refrakter ürünlerin üretimi için kullanılır. Bu yöntemde esnek plastik kalıplar ince bir seramik toz karışımı ile doldurulur. Kalıp kapatıldıktan sonra karışıma, genellikle hidrolik otoklavda, basınç uygulanır. Basınç, sıkıştırıcı bir sıvı ile preslenen şeklin her yanına eşit olarak uygulanır; böylece eşit oranda yoğunlaştırma sağlanır. Bu işlemde, büyük boyutlu blokların ve özel şekillerin üretiminde 300 MPa’ya kadar basınçlar uygulanır.

Çeşitli özelliklere sahip seramik karışımları, kısmen düşük basınç ve vibratörler ile sağlanan salınımlarla beraber şekillendirilebilir. Yakın zamanda, geleneksel şekillendirme işlemi yeni bir işlem ile desteklenmektedir. Şekillendirilecek karışımlar, soğuğa karşı hassas olan bir bağlayıcı ile karıştırılır. Daha sonra karışımlar kalıplara dökülür ve -30 °C’nin altındaki sıcaklıklarda sertleştirilir.

2.3.3.4 Kurutma

Kurutma işlemi odalı veya tünel kurutucularda gerçekleştirilir ve tuğlaların boyutuna bağlı olarak bir günden birkaç haftaya kadar sürebilir. Büyük şekiller kurutma havasının neminin kontrolü sağlanarak kurutulur. Pişirme işlemi başlamadan önce, kalan nem oranı yüzde birden az olmalıdır. Aşağıdaki tabloda, refrakter endüstrisinde önemi giderek azalan periyodik olarak çalıştırılan kurutucuların işletim verilerine örnekler gösterilmektedir [4, UBA, 2001].

Odalı kurutucular	Birim	Ateş kili ürünler	Silika ürünler
Yapılan iş	t/çevri m	18	10
Kurutma odası hacmi	m ³	171	56
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	105	180
Kurutma sıcaklığı	°C	80	100
Kurutma süresi	s	44	24
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	350	300
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	1600	15000
Baca gazı sıcaklığı	°C	60	60

Tablo 2.9: Periyodik olarak çalıştırılan kurutucuların işletim verileri (odalı kurutucular)

Aşağıdaki tabloda iki tünel kurutucunun ve bir iklim kontrollü kurutucunun işletim verileri gösterilmiştir [4, UBA, 2001].

	Birim	Tünel kurutucu	Tünel kurutucu	İklim kontrollü kurutucu
Ürün		Ateş kili	Manyezit	Yüksek alümina
Yapılan iş	t/s	2,1	4	3,5
Kurutucu uzunluğu	m	80	51	36
Kesit alanı	m ²	1,65	2,5	2,7
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	1000	1800	1000
Kurutma sıcaklığı	°C	100	150 – 180	30 – 200
Kurutma süresi	s	48	17	32 – 48
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	500	1500	mevcut değil.
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	800	11000	5410
Baca gazı sıcaklığı	°C	40	120	105

Tablo 2.10: İki tünel kurutucu ve bir iklim kontrollü kurutucuya ait işletim verileri

2.3.3.5 Pişirme

Refrakter ürünler 1250 ila 1850 °C arasındaki sıcaklıklarda pişirilir. Bekletme sıcaklıkları, ham maddelerin kompozisyonuna bağlıdır ve deformasyon başlangıcına kadar çıkar. En önemli materyal grupları için pişirme sıcaklıkları aralıkları şöyledir:

- ateş kili tuğlalar 1250 - 1500 °C
- silika tuğlalar 1450 - 1500 °C
- yüksek alüminalı tuğlalar 1500 - 1800 °C
- manyezi tuğlalar 1400 - 1800 °C.

Ürünler tünel fırın, mekik tipi fırın ve davlumbazlı tip fırınlarda pişirilir. Aşağıdaki tabloda refrakter sanayiinde kullanılan tünel fırınların işletim verileri örneklenmiştir [4, UBA, 2001].

Tünel fırınlar	Birim	Manyezi tuğlalar	Ateş kili tuğlalar	Boksit tuğlalar	Silika tuğlalar
Yapılan iş	t/s	2 – 8	4	4	2,1
Fırın uzunluğu	m	150	113	116	180
Kesit alanı	m ²	1,3 – 3	2,4	2,2	2,8
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	1000 – 2500	600 – 1500	600 – 1300	700 – 1000
Pişirme sıcaklığı	°C	1760 – 1850	1260	1400	1450
Spesifik enerji gereksinimi (kurutma + pişirme)	kJ/kg	6000 – 9700	3200	4500	9050
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	15000 – 25000	10000 – 15000	10000 – 15000	1200
Baca gazı sıcaklığı	°C	250 – 400	150 – 200	150 – 220	120

Tablo 2.11: Refrakter sanayiinde kullanılan tünel fırınlara ait işletim verileri

Aşağıdaki tabloda silika, yüksek alüminalı ve ateş kili ürünlerin pişirilmesinde kullanılan mekik tipi fırınların işletim verileri örneklenmiştir [4, UBA, 2001].

Mekik tipi fırın	Birim	Silika tuğlalar	Yüksek alüminalı tuğlalar	Ateş kili tuğlalar
Yapılan iş	t/çevrim	153	40 – 50	18
Pişirme odası hacmi	m ³	180	20	25
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	850 – 1100	2000 – 2500	650 – 1000
Pişirme sıcaklığı	°C	1540	1340 – 1650	1430
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	4500 – 7000	4500 – 8000	7600
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	50000'e kadar	20000'e kadar	3600 – 7000
Baca gazı sıcaklığı	°C	180 – 300	180 – 290	160 – 250

Tablo 2.12: Mekik tipi fırınların işletim verileri

Tuğlaların özellikle tünel fırınlarda sertleşmesinde otomatik sertleştirme makineleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Preslerden çıkan tuğlalar, otomatik olarak alınır ve programlanan sertleştirme ayarlarına göre fırın arabalarına yerleştirilir. Sertleştirme ayarı, her yandan alev ve sıcak gazlara maruz kalmaya izin verir ve düşük enerji gereksinimi sağlanır. Modern fırınlar fuel oil ve doğalgaz ile çalıştırılır. Bazı durumlarda, özel ürünler için kısa süreli döngülerde elektrikle ısıtma standart olarak kabul edilir.

2.3.3.6 Sonraki işlemler

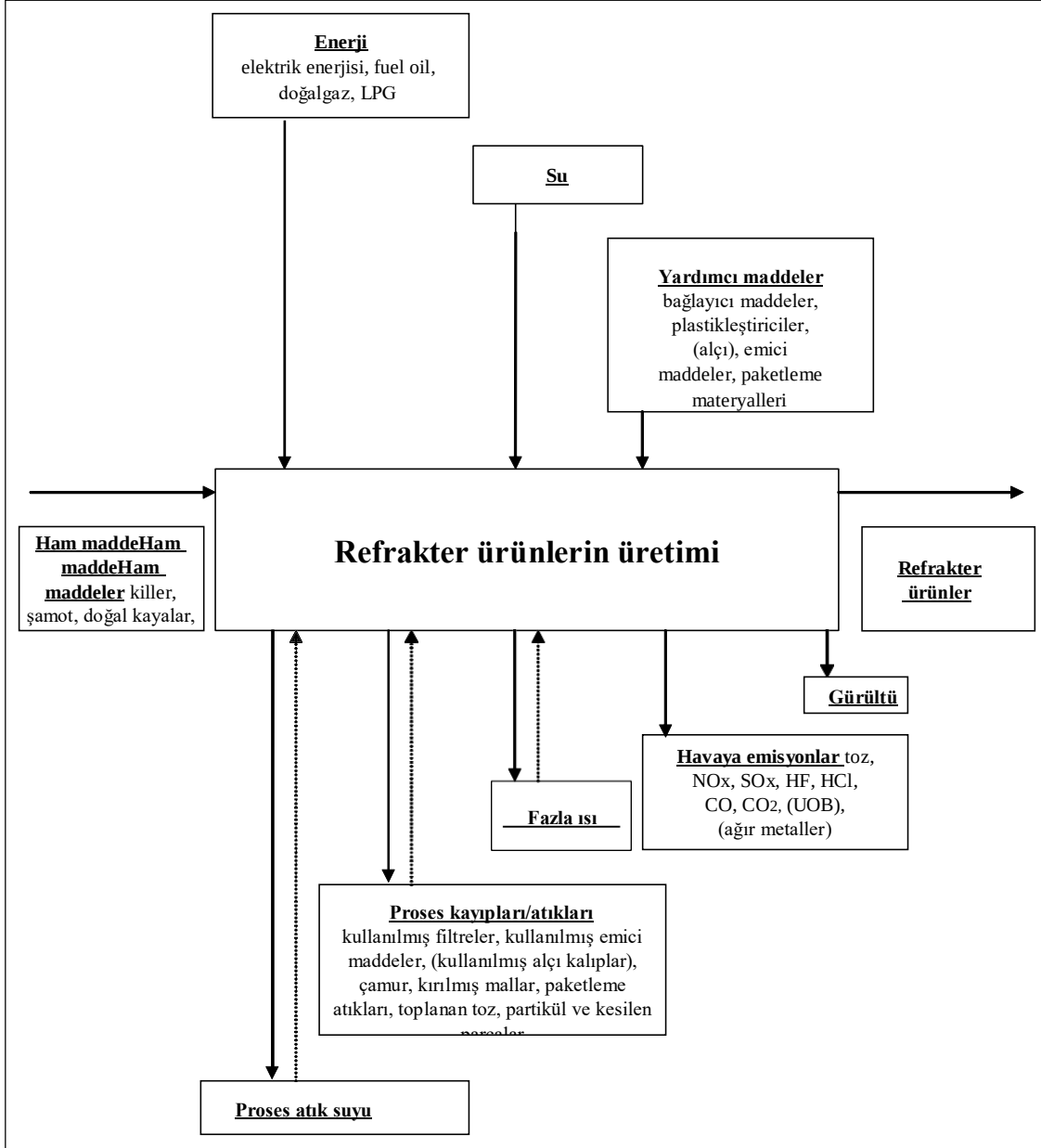
Bazı özel durumlarda, pişirilen refrakter ürünlerin kuru veya ıslak işlemlerle öğütülmeleri, cilalanmaları ve tornalanmaları gerekir. Bu işlemlerden sonra ürünler paletlere yüklenir veya su çekmelerini önlemek için paketlenerek üstleri plastik folyolar ile kapatılır; taşıma sürecinin tamamı boyunca koruma sağlanması gereklidir.

2.3.3.7 Özel işlemler

Özel karakteristik özelliklere sahip refrakter ürünlerin imalatında bazı özel prosedürler uygulanır. Karbon bağlama ve zift emdirmeye, özel yardımcı maddelerin kullanıldığı işlemlerdir. Karbon bağlı tuğlalar çoğunlukla çelik üretiminde kullanılır. Ham maddeler genellikle sıcak işlenir ve bağlayıcı olarak katran, zift veya reçine ile preslenir. Preslenen parçaların bağlanması, temperleme ve kürlenme ile büyük oranda güçlendirilir. Bağlayıcı madde temperleme sırasında, 320 ila 550°C arasındaki sıcaklıktaki hava hariç, koklaşır. Sertleştirme işlemi sırasında ürünler elektrikli fırınlarda yaklaşık 150 ila 220 °C'ye kadar ısıtılır. Bazı durumlarda, 'açık gözenekleri' engellemek için refrakter ürünlere kömür katranı veya katran taşı emdirilir.

2.3.3.8 Refrakter ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları

Aşağıdaki şekilde refrakter ürünlerin üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.17: Refrakter ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.4 Genleştirilmiş kil agregalar

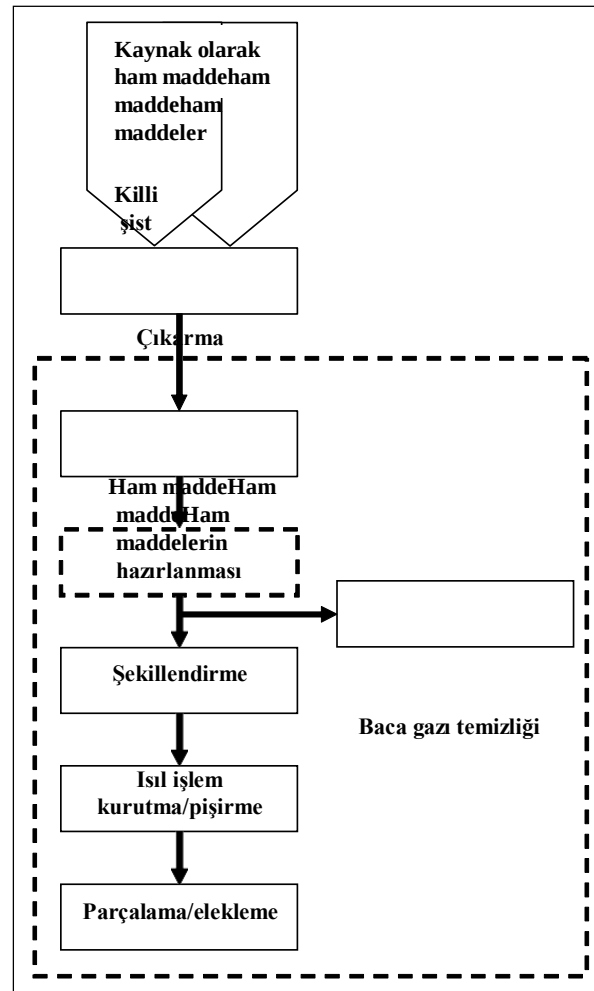
Genleştirilmiş kil agregalar, ince ve kapalı hücrelerden oluşan düzgün gözenek yapısına ve yoğun sinterli, sıkı dış yüzeye sahip gözenekli seramik ürünlerdir. Kil mineralleri içeren ham maddeler ve katkıları ile üretilirler. Ham madde hazırlanır, kalıba dökülür ve sonrasında 1100 ila 1300 °C arasındaki sıcaklıklarda pişirilir ve genleşme dolayısıyla hacminde önemli ölçüde artış meydana gelir.

Genleştirilmiş kilin endüstriyel üretimi için materyallere ilişkin belirli gereksinimlerin karşılanması gerekir. Bir diğer önemli faktör ise, ham maddelerin ve işlenecek miktarların özelliklerine uyumlu olması gereken fırın dizaynıdır. Aşağıdaki parametreler genleşme sürecini etkileyebilir:

- ham madde kompozisyonu
- katkıları
- sıcaklık eğrisi
- fırın atmosferi
- yukarıda bahsedilen etki faktörlerinin fonksiyonu olarak akışkanlık.

Genleştirilmiş kil üretiminde elde edilen pratik deneyimler, kilin genleşebilirliğinin ham maddeler, katkıları ve termal proses teknolojilerine bağlı olduğunu göstermiştir. Ham maddelerin genleşebilirliğini etkileyen temel teknolojik faktörler ısıtma hızı ve fırın atmosferidir.

Genleşmiş killerin üretimi şu adımlardan oluşur: ham maddenin çıkarılması (bu belgede bahsedilmemiştir), ham maddenin hazırlanması, şekillendirme, ısı işleme (kurutma, pişirme), sonraki ürün işlemleri, ürünün geri kazanımı ve nakliyat hazırlığı (torbalama, yükleme). Aşağıdaki şekilde, genleşmiş kil agregaların üretiminde giriş ve çıkış akımlarının şematik görüntüsü verilmiştir [26, UBA, 2005] [30, Seramik TÇG, 2005]. Şekillendirme işlemi tüm fabrikalar için geçerli değildir.



Şekil 2.18: Genleştirilmiş kil agrega üretiminin şematik görüntüsü

2.3.4.1 Ham maddeler, katkılar ve yardımcı maddeler

Genleştirilmiş killerin üretiminde kullanılan ham maddeler erken sinterleşen killerdir. Kontrollü bir ısıtma hızı ve 1100 ile 1300 °C arasındaki bir sıcaklıkta, hacimlerinde ciddi oranda artış meydana gelir. Yalnızca bu sıcaklıklara ısıtıldıklarında başta piropplastik, yoğun sinter veya erimiş kat oluşturan ham maddeler uygundur, bunlar aynı zamanda kütlenin içerisinde viskoz kütleleri genleştirebilen gazlar oluşturmalarıdır (granül parçacık). Bunun gerçekleşebilmesi için ayrıca demir oksitler, alkaliler, alkali topraklar gibi ergiticiler ve ham maddelerde mevcut olan veya işleme sırasında eklenebilen gaz oluşturu maddeler de gereklidir.

Geçmişteki çalışmalar, ham madde olarak kilin genleşme özelliklerinin genel olarak analizlerden çıkarılamayacağını göstermiştir. Genleşebilirlikleri kanıtlanmış olan materyallerin kimyasal/mineral kompozisyonlarına ve diğer özelliklerine ilişkin bazı genel ifadeler şunlardır:

- kısmen yüksek plastiklik, yüksek ince parçacık içeriği
- kısmen yüksek katmanlı silikat içeriği; özellikle illit veya mika grubundan, %40 ve üzeri avantaj sağlar; kaolinit içeriği genellikle düşüktür
- kalsit ve dolomit içeriği genleşme süresini kısaltır, topaklı kireç kavlanmaya yol açacağından tehlikelidir
- kimyasal kompozisyon:
 - Al_2O_3 : % 12 – 25
 - SiO_2 : % 47 – 78
 - ergitici (Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , FeO): % 8 – 29
 - Corganik: % 0 – 2,5
 - FeS_2 : ince çekilmiş halde olmalıdır (tamamlanmış üründe kalıntısı $\leq$ %1,0 veya 1,5 SO_3)
- mineralojik kompozisyon:
 - kuvars: % 7 – 45
 - karbonatlar: % 0,1 – 17
 - kil mineralleri % 40 – 80
 - feldispat: % 5 – 25
 - diğer: % 3 – 17
- kütlenin veya granüllerin piropplastik yumuşaması, gaz oluşumu sürecinin en uygun aşamasında meydana gelmelidir; bu şekilde, en avantajlı genleşme aralığı olan en az 50 ila 100 K sağlanır.

Doğal özellikleri itibarıyla genleşme konusunda yetersiz olan killeri, uygun katkıların ve yardımcı maddelerin eklenmesi ile genleştirilebilir hale getirilebilirler; böylece özel karakteristik özellikleri olan genleştirilmiş ürünlerin imalatı daha kolay (örneğin amaç termal yalıtım özelliklerini en yüksek seviyeye getirmekse genleştirilmiş kile genellikle genleşme yardımcıları eklenir) ve güvenli hale getirilir. Aşağıdaki tabloda gösterilen katkılar (ergitme ve salma maddeleri) ve yardımcı maddelerin (genleşme yardımcıları) özellikle güvenilir oldukları gözlenmiştir:

Ergi tici	Genleşme yardımcıları	Ayrırcı maddeler
Demir oksitler	Ağır yağlar	Kireç bileşikler
Demir hidroksitler	Linyosülfonatlar	Dolomit
İllitli killeri	Ultra ince kok/kömür	
	Bitümlü killeri	

Tablo 2.13: Genleştirmeyi artırıcı katkılar ve yardımcı maddelere örnekler

Katkıların ve yardımcı maddelerin türleri, ham maddenin kompozisyonuna, üretim teknolojisine (nemli veya kuru killerin işlenmesi, bkz.2.3.4.2), ekonomik imkanlara ve emisyon özelliklerine bağlıdır. Dozaj genellikle ağırlığın %0-10'udur.

2.3.4.2 Genel sistem ve proses teknolojisi

2.3.4.2.1 Şekillendirme

Kilin nem içeriğine bağlı olarak, ham maddenin hazırlanması ve şekillendirilmesinde iki temel teknik kullanılır.

Kısmen daha yüksek nem içeriğine sahip killer için, ıslak işleme en çok kullanılan tekniktir. Mekanik işlemede ve kil depolamada homojenizasyon sırasında tavalı değirmenler, parçalayıcılar, çift şaftlı karıştırıcı ve yoğurucular kullanılır, esnek killer (katkılarıyla beraber) döner kurutucuya beslenir. Zincirler, çapraz bar ve plakalar gibi kurutucu fırın eşyalarından uygun sırayla geçerek, kil parçaları daha da küçültülür.

Daha kuru killer için ise en çok kullanılan teknik yarı kuru işlemedir. Ham maddenin büyük parçalarını 100 mm'den küçük tanecikli hale gelecek şekilde kırmak için bir kırıncı kullanılır. Materyal, otomatik depolama sırasında homojenize edilebilir ve sepet konveyörlü ekskavatör aracılığıyla getirilir. Kuru öğütme ünitesinde, ham kil öğütme hattı ile öğütme silindirleri arasında parçalanır. Toz haline getirilen kile su eklenerek eğimli ufalayıcı kabına beslenir. Kabin döner hareketi, küresel granüllerin oluşmasına sebep olur ve bunlar kabin alt kenarından boşaltılır, ayrıca dönme hareketinin de belirli bir ufalayıcı etkisi vardır. Eklenen suyun yüzey gerilimini azaltmak için uygun reaktifler eklenir. Kabin eğimi ve hızı ile, kabin kenarının yüksekliği değiştirilerek granüllerin boyutu etkilenir ve özellikleri, ilgili ham maddeye uygun hale getirilir. Granüller, yüzeylerine kireçtaşı tozunun uygulandığı bir 'toz tamburu'nu geçer. Bu işlem pişmemiş granüllerin bağlanmasını ve fırında genleşmelerini engeller.

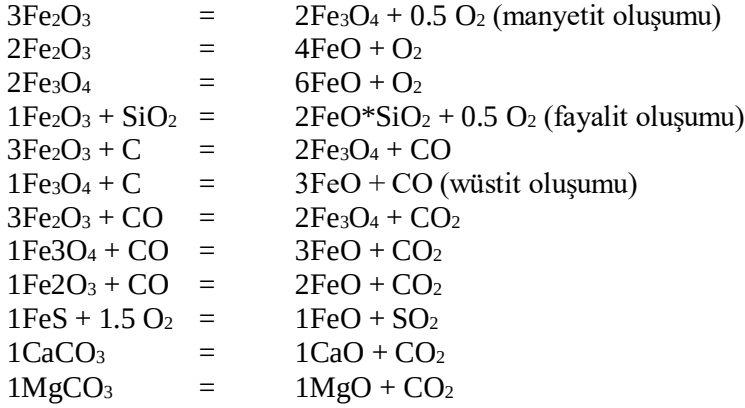
2.3.4.2.2 Termal proses teknolojisi

Fırın dizaynındaki trendler, hem ham maddelerin hem de istenilen ürünlerin özelliklerine basit ve esnek şekilde uyum sağlayan sistemler geliştirmek için gösterilen çabalar ile şekillenir. Bunu elde etme yolunda, değişken pişirme ve hav kontrolü ile, ayrı termal aşamalar için farklı transfer sürelerinin birleştirilmesi söz konusudur. Arzulanan yoğunluğa ulaşmak için optimal sıcaklık eğrisi, ham madde karışımı ve katkılara bağlıdır. Prosedürleri optimize etmek için asıl genleştirme fırınının yukarı akış yönüne ön ısıtıcılar yerleştirilir. En yaygın ön ısıtıcı türü, tamburlu ön ısıtıcıdır (kurutma fırını). Soğutma için genellikle şaftlı soğutucular, döner soğutucular, uydu soğutucular, hunili veya ızgaralı soğutucular kullanılır.

Genleştirilmiş killerin üretimi için kullanılan döner fırınlar genellikle karşı akım modunda çalışır, yani materyal ile ısıtma ortamı zıt yönlerde hareket eder. Ham madde, fırının soğuk tarafına eklenir. Tamburun eğimi ve fırının dönüş hareketi sayesinde materyal fırının sıcak ucuna, yani yüksek sıcaklıklı alanına doğru kayar. Transfer süresi fırının eğimine, hızına ve fırının içindeki gereçlere bağlıdır. Süre, ürünün özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Granüllerin birbirine yapışmasını engellemek için fırınlar bazen sarkıtılan zincirler gibi uygun gereçlerle donatılır. Fırın boyutları da kullanılan tekniğe göre değişir. Tüplerin uzunlukları 4-80 m arasında, çapları ise 1,0-4,5 m arasında değişir. Yaygın olarak kullanılan yakıtlar yağ, kömür ve gaz ve organik (örn. biyoyakıt, biyokütle) ve organik olmayan (örn. atık yağ, çözücüler) alternatif/ikincil yakıtlardır. Sistem tasarımı, geniş çeşitlilikteki sıcaklık ve ısıtma süresi seçeneklerini kullanarak termal dengeyi optimize etmeyi amaçlar.

2.3.4.2.3 Genleştirme sırasındaki kimyasal reaksiyonlar

Granüllerin ısıtılması esnasında; kalan su ile beraber oksijen, birleştirme işleminden kalan su buharı, organik maddelerden çıkan ayrışma gazları, kükürt dioksit ve karbonattan gelen karbonik asit, buhar oluşumuna sebep olur. Aynı zamanda yüzeydeki gözenekler kapanmaya başlar. Genleşen ürün (az çok ince bir hücresel iç yapıya sahip) sıcaklığın artışıyla genleşen gazlar ile ortaya çıkar. Genleşme sırasında meydana gelen en önemli tepkimeler şunlardır:



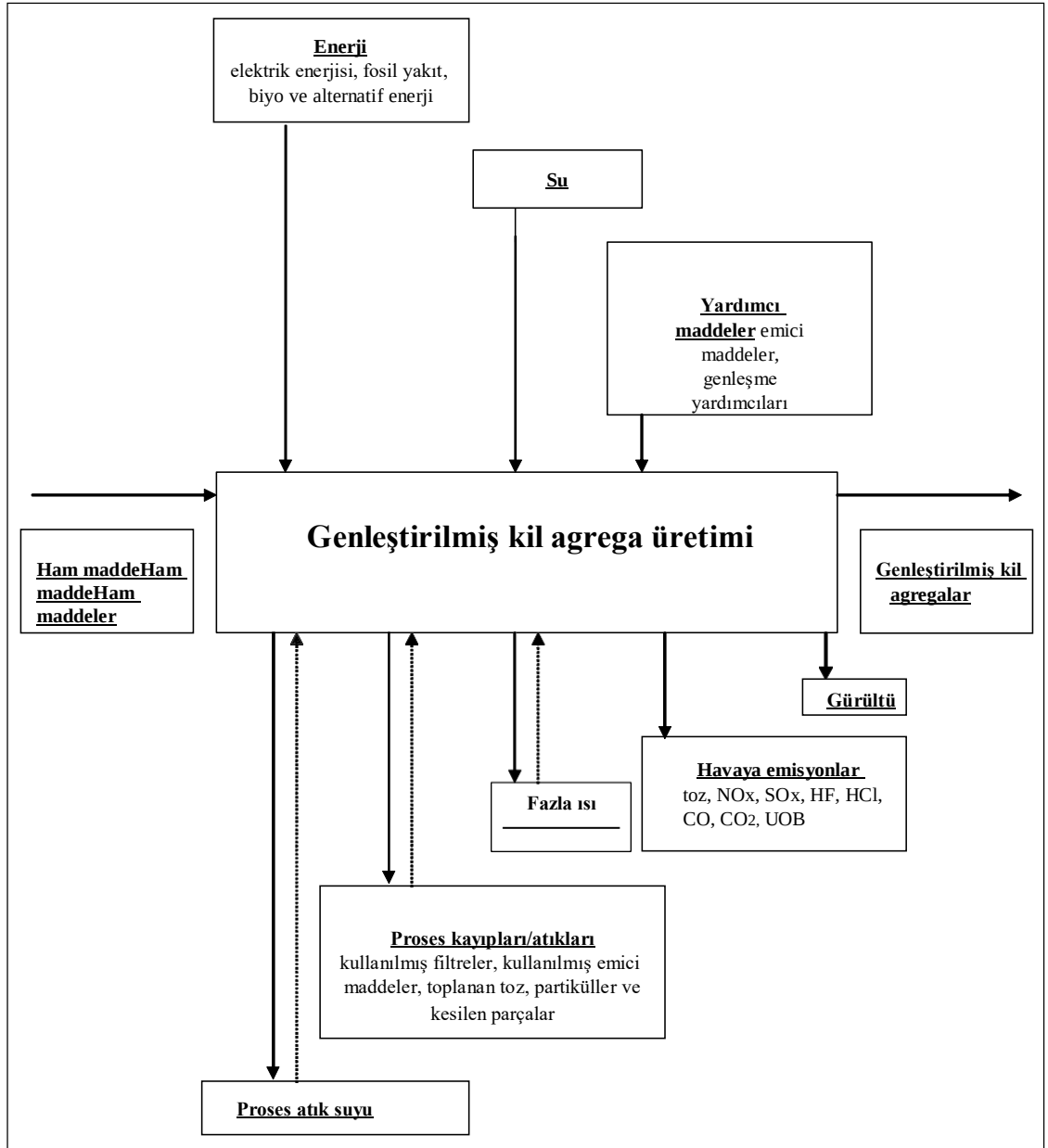
Sonuç olarak, gaz halindeki temel elementler ve salınan bileşikler oksijen, karbon monoksit, karbon dioksit ve/veya kükürt dioksittir; bunlardan bir veya birden fazlası genleşme sürecinde mevcut olmalıdır. Bu temel olarak yaklaşık 750 ila 1300 °C arasındaki geniş sıcaklık aralığında gerçekleşir.

2.3.4.2.4 Sonraki eleme ve kırma işlemleri

Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde, ısıl işlemlerden sonra agregalar istenilen granülometri ve kalitenin elde edilmesi için eleme ve parçalama işlemlerinden geçer. Normalde kuru eleme ve kum kırıcılar kullanılır.

2.3.4.3 Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde giriş ve çıkış akımları

Aşağıdaki şekilde genleştirilmiş kil agregaların üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].



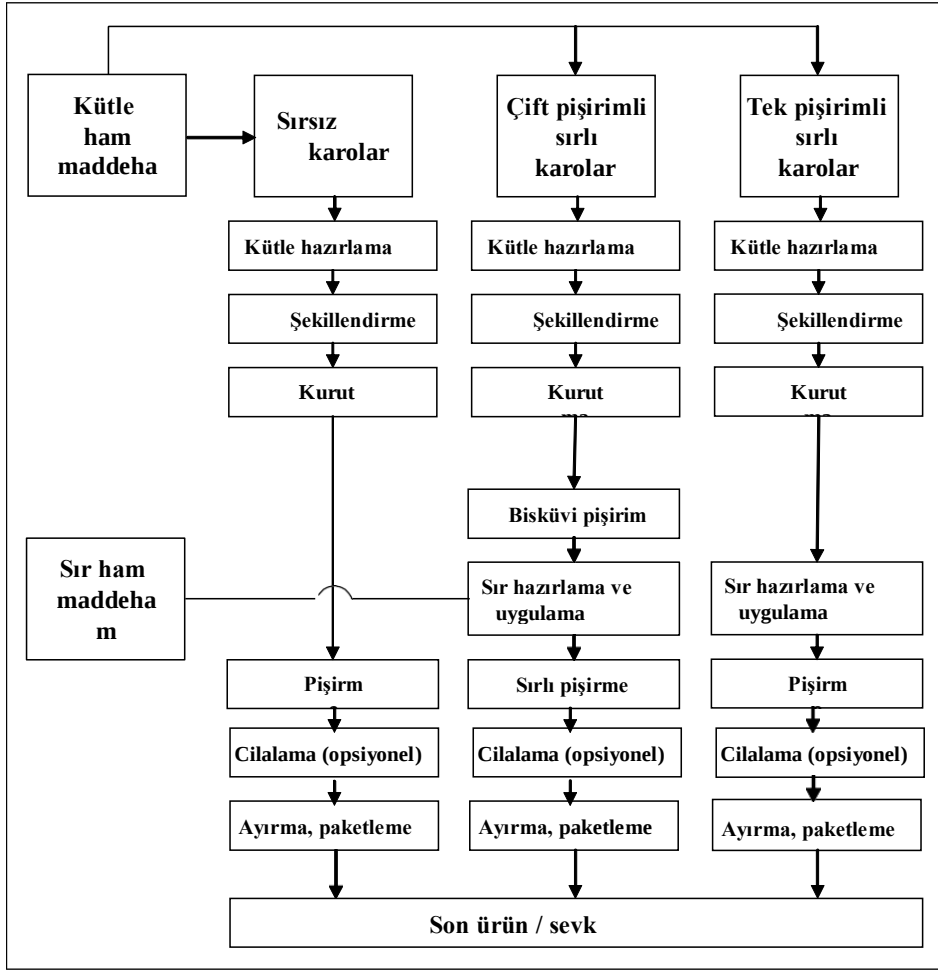
Şekil 2.19: Genleştirilmiş kil agregalarının üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.5 Duvar ve zemin karoları

Duvar ve zemin karolarının üretim süreci, aşağıdaki şekilde özetlenebilen bir dizi aşamadan oluşur:

- ham maddelerin depolanması
- kütle hazırlama (presleme tozu (kuru veya ıslak işleme) veya ekstrüzyon hamuru)
- şekillendirme
- yaş kütleinin kurutulması
- sır hazırlama ve sırlama
- pişirme (sırlı veya sırsız)
- cilalama
- ayırma ve paketleme.

Üretilecek ürünün sırlanıp sırlanmayacağına veya bir, iki veya üç defa olmak üzere uygulanacak pişirme sayısına bağlı olarak; karo belirli bir işlemde sırlanabilir veya sırlanmayabilir, ya da sırlama ve pişirme aşamalarının sırası uygun biçimde yeniden düzenlenebilir. Aşağıdaki tabloda, duvar ve zemin karolarının üretim süreçlerinde farklı olasılıkların şematik görüntüsü verilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.20: Duvar ve zemin karosu üretiminin şematik görüntüsü

2.3.5.1 Ham maddeler

Killer ve kaolinler, duvar ve zemin karolarının üretiminde kullanılan tipik plastik ham maddelerdir. Şamot, kuvars, feldispat, kalsiyum karbonat (kalsit), dolomit ve talk, kütle kompozisyonunda farklı işlevlere sahip, plastik olmayan ham maddelerdir (örn. feldispatlar ergitme maddesi görevi görür, kalsit ise kristal fazların oluşumunu sağlar). Sır fritleri, metal oksitler ve renklendiriciler ile kombine edilen aynı ham maddeler de sırlar için kullanılır. Sodyum silikat veya difosfat gibi elektrolitler, suyu indirgeyerek kurutma işlemindeki enerji tüketimini azaltmak için eklenir.

Kütle bileşenleri, ham madde depolama alanına genellikle toplu materyal olarak teslim edilir. Materyaller genellikle açık havada, depolama sundurmalarında, kutularda veya silolarda saklanır. Daha küçük kütleler torbalar ve konteynerler ile, akışkan materyaller ise kapalı tanklarda tedarik edilir ve saklanır.

2.3.5.2 Ham maddelerin hazırlanması

Ham maddelerin hazırlanması, üretilen kütlenin tipi veya şekline bağlı olarak farklı işlemler ve teknikleri içerir.

Ham maddelerin orantılanması, nem içerikleri hesaba katılarak gravimetrik olarak gerçekleştirilir. Kütle bileşenlerini renklendirmek için az miktarlarda pigmentler, metal oksitler veya renklendiriciler eklenir. Daha büyük parçalar için valsli değirmenlerde veya burgu makinelerinde ön kırma işlemi gerçekleştirilir. Tartıldıktan sonra, ön kırılması gerçekleştirilen materyaller, aralıklı veya sürekli çalışan ıslak tamburlu değirmenlerde öğütülür (su ve elektrolitler de dahil olmak üzere). Diğer bir seçenek, büyük tanklara ayrılan ham maddelerin yıkayarak ayrılması ve homojenizasyonudur. Tamburlu değirmenleri ıslatacak süspansiyon tanklardan pompalanır. Süspansiyonun su içeriği %35 civarındadır.

İnce öğütmeden (tanecik büyüklüğü $< 0,1$ mm olacak şekilde) sonra süspansiyon adım adım elekten geçirilir ve depolama tanklarında depolanır. Süspansiyon, plastik bir kütle ('ekstrüzyon hamuru') ya da 'presleme tozu' olacak şekilde işlenir. Döküm bulamacı hazırlanması ve işlenmesi, duvar ve zemin karolarının üretiminde sıkça görülmez.

'Ekstrüzyon hamurları' genellikle tavalı değirmenlerde veya laminasyon ünitelerinde hazırlanır. 'Ekstrüzyon hamuru' hazırlamak için, süspansiyon filtreli preslerde veya döner filtrelerde su içeriği %20-25 olacak şekilde susuzlaştırılır. Plastik bileşenin plastikliğini en üst seviyeye getirmek için organik veya inorganik maddeler eklenir. Bu maddelere örnek olarak aljinat, dekstrin, linyin, metil selüloz, etil selüloz ve parafin verilebilir.

Ham maddelerin plastik şekillendirmeye hazırlanmasında özel bir işlem, değirmenlerde ince öğütme, karıştırma ve yaklaşık %20 oranında su eklemedir (Buchta prosesi) [23, Seramik TÇG, 2005].

Karolar çoğunlukla 'presleme tozu' kullanılarak üretilir. Presleme tozu ıslak veya kuru işlemler ile üretilir.

Islak işlemde süspansiyon, karıştırılan depo tanklarından pompalar aracılığıyla püskürtmeli veya flaş kurutuculara pompalanır. Kurutma, 350 ile 450 °C arasında, su içeriği yüzde beş ila dokuz arasına gelene kadar gerçekleştirilir. Püskürtmeli kurutucuda gereken ısı doğal gaz veya fuel oil yakarak sağlanır. Tozun kayganlık özelliklerini artırmak için organik döküm bulamacı katkıları eklenir. Döküm bulamacı katkıları organik veya inorganik olabilir; kütle kompozisyonu hazırlığında en yaygın kullanılan katkıları sodyum silikat, sodyum tripolifosfat ve akrilatlardır. Kütle kompozisyonu hazırlığında karboksimetil selüloz, metil selüloz, polivinil alkol ve benzeri bağlayıcı maddeler, killerde önemli ölçüde bulunmalarından dolayı özel durumlar (örn. büyük boyutlar) haricinde genellikle gereksizdir [23, Seramik TÇG, 2005].

Kuru işlem ise konik, çekiçli veya halkalı değirmenlerde öğütme ve ardından, %5-7'lik nem içeriği sağlamak için öğütülen tozun uygun şekilde ıslatılmasından oluşur.

2.3.5.3 Şekillendirme

'Ekstrüzyon hamuru' ekstrüzyon makinesinde doğru geometrik özelliklere sahip olacak şekilde şekillendirilir ve parçalar halinde kesilir. Bu plastik bileşenlerden üretilen tipik ürünler döşeme karolarıdır. Fayans ve pekişmiş çini karoları genellikle 'presleme tozu'ndan üretilir. Toz, darbeli mafsallı presler, vidalı presler veya hidrolik preslerde, yaklaşık 35 MPa basınçla preslenmek üzere şekillendirilir. Normal şartlarda, her çevrimde dört karo oluşturabilen çoklu presler kullanılır. Preslenen yaş kütleler cilalanır ve tünel fırın arabasına veya valsli kurutucuya, manuel veya otomatik olarak yerleştirilir.

2.3.5.4 Kurutma

Preslenen kütleler çoğunlukla tünel kurutucularda, valsli kurutucularda veya dikey kurutucularda kurutulur. Fırından veya doğalgaz ve fuel oil yakan brülörlerden çıkan atık ısı, kurutucunun çalıştırılmasında kullanılır. Kurutma, teknolojinin türüne göre değişen sıcaklıklarda gerçekleştirilir; sıcaklık örneğin dikey kurutucularda 200 – 220 °C arasında, tünel kurutucularda ise 300 – 350 °C arasındadır. Kurutma süresi, yaş kütlelerin su içeriğine bağlı olarak bir ile dört saat arasında değişir. Pişirmede çatlaklar veya sırlama hatalarından kaçınmak için, yüzde birden az bir nem içeriğinin korunması gereklidir.

2.3.5.5 Pişirme ve sırlama

Karolar sırlı veya sırsız tek pişirimli ürünler veya sırlı çift hatta üç pişirimli ürünler olarak üretilir. Çift pişirme işleminde, karolar önce bisküvi pişirimden geçer. Bisküvi pişirim, 1050 ile 1150 °C arasındaki sıcaklıklarda klasik tünel fırınlarda (20-50 saat arası) veya modern roller fırınlarda bir veya iki saat olarak gerçekleştirilir. Periyodik olarak çalıştırılan fırınlar, seramiklerin bisküvi pişiriminde nadiren kullanılır. Bu adımdan sonra karolar otomatik olarak ayrılır ve sırlama aşamasına götürülür. Sır, karoların üzerine püskürtme veya sulama ile uygulanır. Sırlama makinelerinde karolara mermer deseni vermek için sürme üniteleri bulunur. Ayrıca, ipek elekli baskı makineleri de dekoratif amaçlar için kullanılabilir ve gravür veya fleksografi teknikleri ile de karolar dekore edilebilir. Ham maddelerin sırlanması genellikle frit olarak yapılır. Fritlerin tüm bileşenleri halihazırda ayrılmış, pişirilmiş ve öğütülmüştür. Kurşun gibi maddeler fritlerin içinde bağlı halde olduklarından bu adımda suyla ayrılamazlar.

Son pişirme roller, tünel veya periyodik çalıştırılan fırınlarda yapılır. Sırlı karolar pişirme yardımcılarının üzerine koyularak 1050-1300 °C arasındaki sıcaklıklarda tünel fırınlarda, veya pişirme yardımcıları olmaksızın roller fırınlarda pişirilir. Özel olarak biçimlendirilen karolar mekik tipi fırınlarda veya tünel fırınlarda, 1100 C'ye kadar olan sıcaklıklarda pişirilirler. Aşağıdaki tabloda tünel ve roller fırınların işletim verileri örneklenmiştir.

	Birim	Tünel fırın bisküvi pişirim	Roller fırın	
			son pişirme	tek pişirim
Ürün		su absorpsiyonu yüksek karolar		
Yapılan iş	t/s	2,8	1,2	1,6
Fırın uzunluğu	m	120	60	80
Kesit alanı	m ²	1,5 – 2,0	0,8 – 1,2	0,5 – 1,0
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	500 – 700	10 – 30	10 – 30
Pişirme sıcaklığı	°C	1100	1250	1300
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	3500	2900	2200
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	15000	10000	13000
Baca gazı sıcaklığı	°C	180	160	200

	Birim	Tünel fırın	Roller fırın	
			su absorpsiyonu düşük karolar	
Ürün			sırsız	sırlı
Yapılan iş	t/s	1,2	2,1	2,1
Fırın uzunluğu	m	130	80	60
Kesit alanı	m ²	1,5 – 2,0	1,2	0,8 – 1,0
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	700 – 1000	20 – 30	20 – 30
Pişirme sıcaklığı	°C	1200	1220	1230
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	3900	2900	2500
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	15000	10000	13000
Baca gazı sıcaklığı	°C	220	160	160

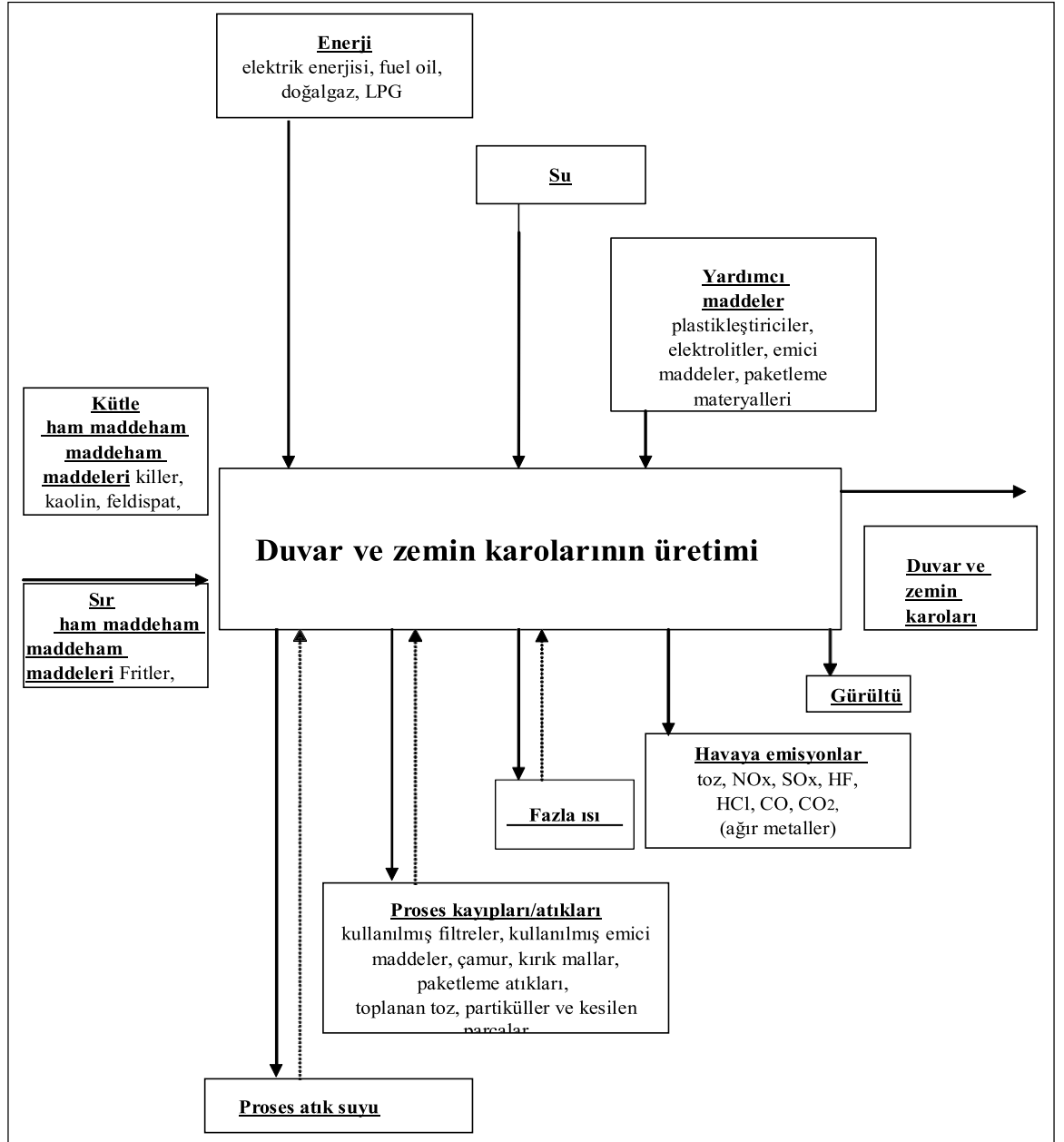
Tablo 2.14: Tünel ve roller fırınların işletim verileri

2.3.5.6 Sonraki işlemler

Son pişirmeden sonra, bazı karo türleri (çoğunlukla sırlanmamış porselen pekişmiş çini karolar) öğütülebilir veya cilalanabilir. Son olarak karolar manuel veya otomatik olarak ayrılır, paketlenir ve paletlere yüklenir. Paletler sıkı paketleme makinesinde folyo ile kaplanır.

2.3.5.7 Duvar ve zemin karolarının üretiminde giriş ve çıkış akımları

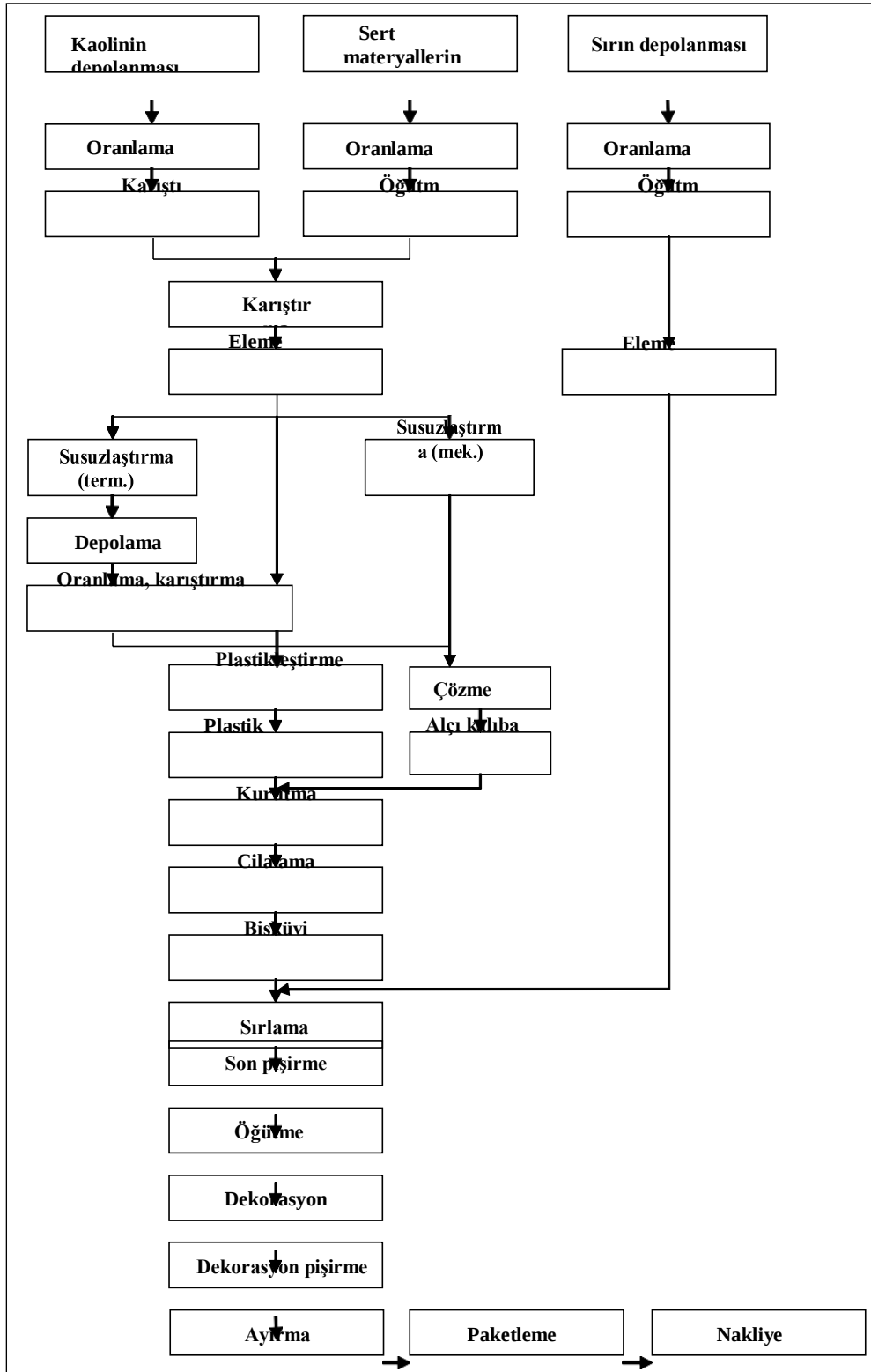
Aşağıdaki şekilde duvar ve zemin karolarının üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.21: Duvar ve zemin karolarının üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.6 Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)

Ev seramikleri, şu temel proses adımlarıyla üretilir: ham maddelerin depolanması, ham maddelerin hazırlanması, şekillendirme, kurutma, pişirme, sırlama, dekorasyon ve sonraki işlemler. Aşağıdaki şekilde, ev seramiklerinin üretimine tipik bir örnek olarak sofr porseleni üretim aşamaları gösterilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 2.22: Sofra porseleni üretiminin şematik görüntüsü

2.3.6.1 Ham maddeler

Plastik killler, feldispat ve kuvars, ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde kullanılan temel ham maddelerdir. Kütle ve sır harmanlarının çeşitli bileşikleri ham maddenin nem içeriği, depolama yöntemi ve parçacık büyüklüğüne bağlı olarak silolarda, torbalarda ve konteynerlerde saklanır. İyi kütle özellikleri elde etmek için farklı parametrelere sahip farklı ham maddeler kullanılır.

Tablo 2.15 ve Tablo 2.16’da ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde kullanılan ham maddelerin tipik mineralojik ve kimyasal kompozisyon aralıkları gösterilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003].

Mineral (%)	Fayans	Vitrifiye	Porselen	İnce porselen	Pekişmiş çini
Çin kili	25	25	55	25	0
Ball kili	15 – 25	25	0	0	0
Feldispat*	0 – 15	20	15	25	30
Talk	0 – 35	0	0	0	0
Silika	20 – 35	0	30	0	70
Çakmak taşı	0	30	0	0	0
Kemik külü*	0	0	0	50	0
*Nefelin siyenit: normalde feldispat ve kemik külüne bir alternatif					

Tablo 2.15: Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde kullanılan ham maddelerin tipik mineralojik kompozisyon aralıkları

Mineral (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Diğer
Çin kili (kaolin)	55	35	10
Ball kili	75	20	5
Feldispat	70	20	10
Nefelin siyenit	60	25	15
Talk	60	0	40 (MgO)
Silika	95	0	5
Çakmak taşı	90	0	10
Kemik külü	0	0	100 (Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH)

Tablo 2.16: Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde kullanılan ham maddelerin tipik kimyasal kompozisyon aralıkları

2.3.6.2 Ham maddelerin hazırlanması

Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde ham maddelerin hazırlanması kuru veya ıslak işlem olarak yapılır. Çoğunlukla ‘ekstrüzyon hamuru’ ve ‘presleme tozu’ üretilir. Kütle bileşenleri genellikle gravimetrik olarak ölçülür. Kaolin bileşikler suda çözölmüş ise hacimsel paylaşırma da yapılır. Genel olarak sırlama ham maddeleri de gravimetrik olarak dozajlanır. Plastik kütle bileşenleri, karıştırma işlemine hazırlanmak için karıştırmalı tanklarda suda askıya alınır. Sonraki adım olan ıslak öğütme tamburlu değirmenlerde veya karıştırıcı değirmenlerde gerçekleştirilir. Sert kütle bileşenleri genellikle doğru partikül parametrelerine sahip şekilde tedarik edilir, dolayısıyla tekrar öğütmeye gerek yoktur. Plastik ve sert kütle bileşenleri mikserlerde veya karıştırıcılarda karıştırılır. Bileşenler yabancı maddelerden arındırılmak üzere elenir; daha sonra ise yabancı demir bileşiklerini ayırmak için demirsizleştirilir. Demirsizleştirme, elektromanyetik alanda yapılır. Kütle bulamacının susuzlaştırılması, filtreli preslerde mekanik olarak veya püskürtmeli kurutucularda termal olarak gerçekleştirilir. ‘Ekstrüzyon hamuru’nun hazırlanması için bulamacın su içeriği, filtreli preslerde veya döner filtrelerde %65’ten %20-25’e indirilir. Filtre keki homojenize edilir ve ekstrüzyon preslerinde topak haline getirilir. ‘Presleme tozunun’ oluşturulması için döküm bulamacı, püskürtmeli kurutucularda su içeriği %5-8’e getirilene kadar kurutulur. Döküm bulamacı püskürtmeli kurutucuya özel bir bulamaç pompası ile pompalanır. Su içeriği sıcak gaz akımı ile azaltılır. Gazla ısıtılan kurutucunun baca gazı ve buharlaştırılan su kurutucunun üzerinden çıkar.

Organik döküm bulamacı katkıları ve bağlayıcı maddeler eklenerek ‘presleme tozu’nun yumuşak ve kaygan özellikleri elde edilir. Bu amaç için karboksimetil selüloz, metil selüloz, selüloz eter, polivinil alkol, polivinil asetat ve polisakkarit kullanılır. Olein, mineral yağ, stearik asit ve balmumu eklenir. ‘Presleme tozu’ndaki döküm bulamacı katkılarının ve bağlayıcı maddelerin payı ağırlıkça %0,2 ila 0,4 arasındadır. Akışkan yatak prosesi ile üretilen ‘presleme tozu’ bulamacı katkı ve bağlayıcılarının payı azaltılmış halde kullanılabilir, dolayısıyla daha iyi deformasyon özellikleri gösterir.

Bir yandan akışkan yatak ufalama, diğer yandan termal olmayan ufalama prosesleri, ‘presleme tozu’ üretiminde geleceğin alternatifleridir. Akışkan yatak ufalamada spesifik enerji tüketimi normal püskürtmeli kurutma işleminden yüksektir, ancak spesifik termal enerji tüketimi daha azdır.

Yumuşak plastik şekillendirmede kullanılacak ‘ekstrüzyon hamuru’, ‘presleme tozu’ kullanılarak hazırlanıyorsa, toz ve döküm bulamacı su içeriği %20-25 olana kadar karıştırılır. Ekstrüzyonla çekilen silindirik kısımlar, eşit nem ve gerilimin sağlanması için bir süre saklanır. Organik katkıları ve maddeleri ile magnezyum klorür, magnezyum sülfat, fosfat veya boraks gibi inorganik bağlayıcılar, yumuşak plastik şekillendirmede kullanılacak plastik bileşenlerin kuvvetini artırmak için kullanılır.

Filtre keki, sert plastik şekillendirme için plastik bileşik atıkları veya ‘presleme tozu’, döküm bileşenlerini (döküm bulamacı) hazırlamak için suda çözündürülür. Döküm bulamacının su içeriği % 25 ile 35 arasındadır. Daha düşük su içeriğinde bile bulamacın iyi özelliklere sahip olmasını sağlamak için karbonat, sodyum veya potasyum silikat, kostik veya hümitik asit kullanılır.

2.3.6.3 Şekillendirme

Ev seramiklerinin üretiminde üç farklı tür şekillendirme işlemi söz konusudur. Tabaklar gibi düz gereçler çoğunlukla kuru presleme ile üretilir. İçi boş ürünler, örneğin vazolar, döküm işlemi ile; bardak ve sürahiler ise plastik şekillendirme ile üretilir.

Kuru presleme işleminde, ‘presleme tozu’ (yaklaşık %5 oranında su içeriğine sahip) yardımcı maddelerle birlikte izostatik olarak preslenir. ‘Presleme tozu’ prese doldurulur. Pres, alt ve üst parçalardan oluşur. Alt parçadaki izostatik zar ana sıkıştırma parçası görevi görür. Ürüne bağlı olarak, üst parça çeşitli şekillerde tasarlanır. Çok şekilli başlıkların kullanıldığı yatay presler, çeşitli ürünleri yüksek çıktı ile üretebilir. Çift başlı presler saatte 1200’e kadar parça üretir. Toz, 30 MPa’lık basınçla istenen şekle preslenir. Bu işlemin avantajı, yaş kütlemin düşük su içeriğidir.

Plastik şekillendirme işleminde, ‘ekstrüzyon hamuru’ (%20-25’lik su içeriğine sahip) profillemeye araçlarının yardımıyla oyma makinelerinde şekillendirilir. Dinamik dengeli mallar, özel tesislerde üretilen alçı kalıplarda üretilir. Silindirik plastik kütle eşit dilimler halinde kesilir. Sonraki adımda, dilimler oyma makinelerindeki alçı kalıplara mekanik olarak paylaştırılır. Alçı kalıplarının kullanım ömrü oldukça kısadır. Bunlar genellikle yalnızca 100 ila 150 parça için kullanılırlar. Son zamanlarda, daha uzun bir kullanım ömrü elde etmek için polimer materyallerden üretilen gözenekli kalıplar kullanılmaya başlanmıştır.

Dinamik dengeli olmayan mallar alçı kalıba dökme işlemi ile üretilir. Kütlenin biçimlenmesi, döküm bulamacının alçı kalıplarda susuzlaştırılması ile gerçekleşir. Katı döküm işlemi çoğunlukla düz gereçlerin üretiminde kullanılır. Vazolar ve sürahiler akıtmalı döküm ile üretilir. Endüstriyel ölçekte dökümde, döküm makineleri kullanılır. Küçük ölçekli üretim elle dökme ile gerçekleştirilir. Kütlenin biçimlenmesi için gerekli olan süre basınç ile azaltılabilir. Basınçlı döküm, 4 MPa'ya kadar basınçlar altında gözenekli polimer kalıplarla yapılır. Basınçlı döküm konvansiyonel döküm işleminden çok daha hızlıdır, dökümler yalnızca iki veya üç dakika sürer.

Plastik presleme, ev seramiklerinin üretiminde kullanılan diğer bir yöntemdir. Mallar iki parçalı alçı kalıplar veya polimer kalıplar ile üretilir. Plastik bir kütle kullanılarak yapılan alçı kalıba döküm işlemiyle karşılaştırıldığında bu işlem kütlenin biçimlenme süresini önemli oranda azaltır.

2.3.6.4 Kurutma

Alçı kalıba dökme veya plastik şekillendirme işlemleri ile hazırlanan malların, su içerikleri yüzde ikinin altına inene kadar özel kurutucularda kurutulmaları gerekir. Bu susuzlaştırma işlemi için fırının atık ısısı, doğalgaz veya ekstra hafif fuel oil ile ısıtılan odalı veya tünel kurutucular kullanılır. Kızılötesi kurutucular ve mikrodalga kurutucular da konvansiyonel kurutma işlemine bir alternatiftir. Bu kurutucular, döküm bileşenlerinin ön kurutması için ve kullanılmış ve yeni alçı kalıpların kurutulmasında kullanılır. Mikrodalga kurutucular odalı, tünel ve geçişli kurutucular olarak kurulur.

Şekillendirmeden kaynaklanan yüzey pürüzleri ve kalıp izleri, düzleme işlemiyle ortadan kaldırılır. Düzleme bıçaklarla ve sonraki işlem olarak ıslak lastik sünger ile yapılır. Preslenmiş ve oyulmuş mallar çoğunlukla makinelerle temizlenir, diğer malların temizliği ise manuel olarak yapılır. Endüstriyel ölçekte üretim söz konusu olduğunda şekillendirme, kurutma ve düzeltme işlemleri üretimin bir aşaması altında birleştirilir.

2.3.6.5 Pişirme, sırlama ve dekorasyon

Ev kullanımına yönelik seramikler materyale ve üretim tekniğine bağlı olarak bir ila dört kez arasında pişirilir. İlk aşamada, bisküvi pişirim ara ürüne sırlama için gereken kuvvet ve emiciliği verir. Bisküvi pişirim sıcaklıkları 900 ila 1050 °C arasında, klasik tünel fırınlarda pişirme süresi ise 18 ila 30 saat arasındadır. Hızlı pişirmeli fırınlarda üç ila yedi saat arasında pişirme sürelerine ulaşılır.

Bisküvi pişirimi sırlama takip eder. Sır, suda dağınmak halde ergitme maddeleri içeriği fazla olan camsı bileşiklerden oluşur. İçi boş mallar (bardaklar hariç) manuel daldırma ile sırlanır. Düz gereçler ve bardaklar; dökerek sırlama ile mekanik olarak, küçük ölçekli üretimde ise daldırma ile manuel olarak sırlanır. Düz gereçler püskürtme ile de sırlanır. Yapışkan maddeler (örneğin poliamin veya dekstrin) organik bağlayıcı madde ve tutkal olarak kullanılır. Elektrolitlerin sırı karıştırılmasıyla daha hızlı kuruma sağlanır.

Bunu takip eden sırlı pişirme, 1320 ile 1430 C arasındaki sıcaklıklarda, yükseltgen veya indirgen bir atmosferde gerçekleştirilir. Sırlı pişirme fırınları arabalı tünel fırınlar, (çok raflı) roller fırınlar, hareketli pişirme tablalı hızlı pişirmeli tünel fırınlar, levhalı fırınlar veya bantlı konveyörlü fırınlardır. Odalı fırınlar, mekik tipi fırınlar ve davlumbazlı fırınlar daha düşük besleme oranlarında çalıştırılırlar. Pişirilecek ürün, ateşe dayanıklı pişirme yardımcılarının ('fırın gereçleri') üzerine yerleştirilir. Sırlı pişirme süresi, pişirme yardımcıları olmadan tünel fırında 25 ile 36 saat arasında, hızlı pişirmeli fırınlarda ise üç ila beş saat arasındadır.

Tablo 2.17 ve Tablo 2.18’de periyodik ve sürekli olarak çalıştırılan fırınların işletim verilerine örnekler verilmiştir [4, UBA, 2001].

Mekik tipi fırın	Birim	Porselen
Yapılan iş	t/çevrim	0,91
Piştirme odası hacmi	m ³	7,0
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	12,8
Piştirme sıcaklığı	°C	1400
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	20000
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	12500
Baca gazı sıcaklığı	°C	800

Tablo 2.17: Mekik tipi fırınların işletim verileri

Tünel fırınlar	Birim	Porselen		Porselen	Porselen
Piştirme		Bisküvi	Sırlı	Glost hızlı	Glost hızlı
Yapılan iş	t/s	0,3 – 0,7	0,2 – 0,4	0,58	0,47
Fırın uzunluğu	m	60 – 100	80	70	56
Kesit alanı	m ²	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	0,7	0,94
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	60 – 70	60 – 70	<100	<100
Piştirme sıcaklığı	°C	850 – 1260	1200 – 1400	1420	1420
Spesifik enerji gereksinimi (kurutma + piştirme)	kJ/kg	25000	20000	12500 kurutma olmadan	19700
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	3500 – 5000	3500 – 5000	mevcut değil.	mevcut değil.
Baca gazı sıcaklığı	°C	120 – 170	120 – 170	mevcut değil.	mevcut değil.

Tablo 2.18: Tünel fırınların işletim verileri

Piştirme esnasında sır eriyerek gözenekli seramik kütleyi mühürler. Yüzey su geçirmez ve pürüzsüz hale gelir. Sırlı pişirmeden sonra, mallar kalite sınıflarına göre ayrılır. Sır olmayan bölgeler ürünün değerini en üst seviyeye getirmek için öğütülür ve cilalanır.

İnce porselenler; geleneksel sofr gereçleri ve çay servislerinde özel ürünlerdir. İnce porselen için önemli ham maddeler Cornwall bölgesinden çıkarılan kil ve kayalar (Cornish clay- Cornish stone) ile, %50’ye kadar kalsine edilmiş sıgır kemikleridir. Sırlı piştirme sıcaklıkları 1250 ila 1350 °C, bisküvi piştirme sıcaklıkları ise 1100 ila 1150 °C arasındadır. Sır buharlı bir fırın atmosferi, oldukça pürüzsüz bir yüzey sağlar.

Ardından gelen dekorasyon işlemi, ürünün değerini en üst seviyeye getirir ve özelleştirilmesine imkan tanır. Dekorasyon için sır üstü boyalar, sır içi boyalar, sır altı boyalar ve metal bileşikler kullanılır. Sır üstü dekorasyonda, sırlanmış ve pişirilmiş olan ürünler dekore edilir. Sır üstü dekorasyon, ek bir piştirme işlemi ile eriyerek sırla birleşir. Sır içi dekorasyonda renkli pigmentler sırlın içine işler. Sır altı dekorasyonda ise mallar, sırlama işlemleri başlamadan önce dekore edilir. Kaydırarak transfer, yeniden baskı, doğrudan elekle baskı, ofset baskı, kaplama, şeritleme, damgalama, pudralama, boyama, püskürtme, şablonla çizim ve işlemler, tipik dekorasyon işlemleridir. Manuel dekorasyonun yanında, elekle baskı ve renkli boyama için makineler de kullanılır. Sırlama ve dekorasyon işlemlerinde çeşitli oksitler ergitme maddesi, opaklaştırıcı ve doğrudan renklendirme görevi görür. Sır ve dekorasyon renkleri birçok pigmentten oluşan kompleks sistemlerdir. Burada, pigmentlerde oksit bileşikleri olarak yer alan elementler ve kimyasal değerliklerinin (parantez içinde) verildiği aşağıdaki listeden söz edilebilir: Cu (1, 2), Ca (2), Zn (2), Al (3), In (3), Si (4), Sn (4), Pb (2), Ti (3, 4), Zr (4), Ce (4), Pr (4), V (4, 5), Sb (3, 4, 5), Cr (3, 6), Mo (4, 6), Mn (2, 4), Fe (2, 3), Co (2), Ni (2) ve Cd (2).

Dekorasyon işlemlerine ek olarak, farklı fırınlara ait işletim verileri de Tablo 2.19 ve Tablo 2.20’de verilmiştir [4, UBA, 2001], [21, Almeida, 2004].

Fırın tipi	Proses	Pişirme sıcaklığı (°C)	Pişirme süresi
Sepet taşımali elektrikli eritme fırını	Eritmeli dekorasyon	760 – 840	2 – 4 s
Hızlı pişirmeli tünel fırın (kızak arabalı veya pişirme tablalı)	Sır üstü dekorasyon	850 – 950	40 – 70 dk
Pişirme yardımcı roller fırın	Sır üstü dekorasyon	850 – 950	40 – 70 dk
Kuvars mallı roller fırın	Sır üstü dekorasyon	1080	40 – 70 dk
Çift bantlı konveyörlü fırın	Sır üstü dekorasyon	850 – 950	40 – 70 dk
Çift bantlı konveyörlü kiln (özel bant)	Sır üstü dekorasyon	1050	40 – 70 dk
Plaka taşımali tünel fırın	Sert pişirme dekorasyonu	1300 – 1400	7 – 16 s
Mekik tipi fırın	Sır üstü dekorasyon	850 - 950	8 – 10 s

Tablo 2.19: Sır üstü dekorasyon işletim verileri

Fırın tipi	Proses	Pişirme sıcaklığı (°C)	Pişirme süresi
Mekik tipi fırın	Sert pişirme dekorasyonu	1300 - 1400	14 – 24 s
Hızlı pişirmeli tünel fırın (kızak arabalı veya pişirme tablalı)	Sert pişirme dekorasyonu	1350 – 1420	2 - 4 s
Hızlı pişirmeli tünel fırın (kızak arabalı veya pişirme tablalı)	Sır içi dekorasyon	1200 – 1280	60 – 90 dk
Özel silindirli roller fırın	Sır içi dekorasyon	1200	60 - 90 dk
Mekik tipi fırın	Sır altı dekorasyon	1370 – 1420	18 - 30 s
Fırın arabalı tünel fırın	Sır altı dekorasyon	1370 - 1420	18 - 30 s
Pişirme tablalı tünel fırın	Sır altı dekorasyon	1370 - 1420	12 - 16 s
Hızlı pişirmeli tünel fırın (kızak arabalı veya pişirme tablalı)	Sır altı dekorasyon	1370 - 1420	3 - 4 s
Özel silindirli roller fırın	Sır altı dekorasyon	1350	2 - 4 s

Tablo 2.20: Sır içi ve sır altı dekorasyon işletim verileri

Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde diğer bir işlem, oldukça az uygulanır ve ön pişirme olmaksızın, yalnızca bir pişirme işlemi içerir. Bu tek pişirme işlemi, dekore edilmemiş ürünler ve sırlamadan önce dekore edilmiş ürünler için yeterlidir. Pişirme, mekik tipi fırınlarda 1260 °C sıcaklıkta gerçekleştirilir ve 20 saat sürer. Altın, platin ve diğer metalik renkler, 890 °C gibi düşük bir sıcaklıkta pişirilmelidir [17, Burkart, 2004] [22, SYKE, 2004].

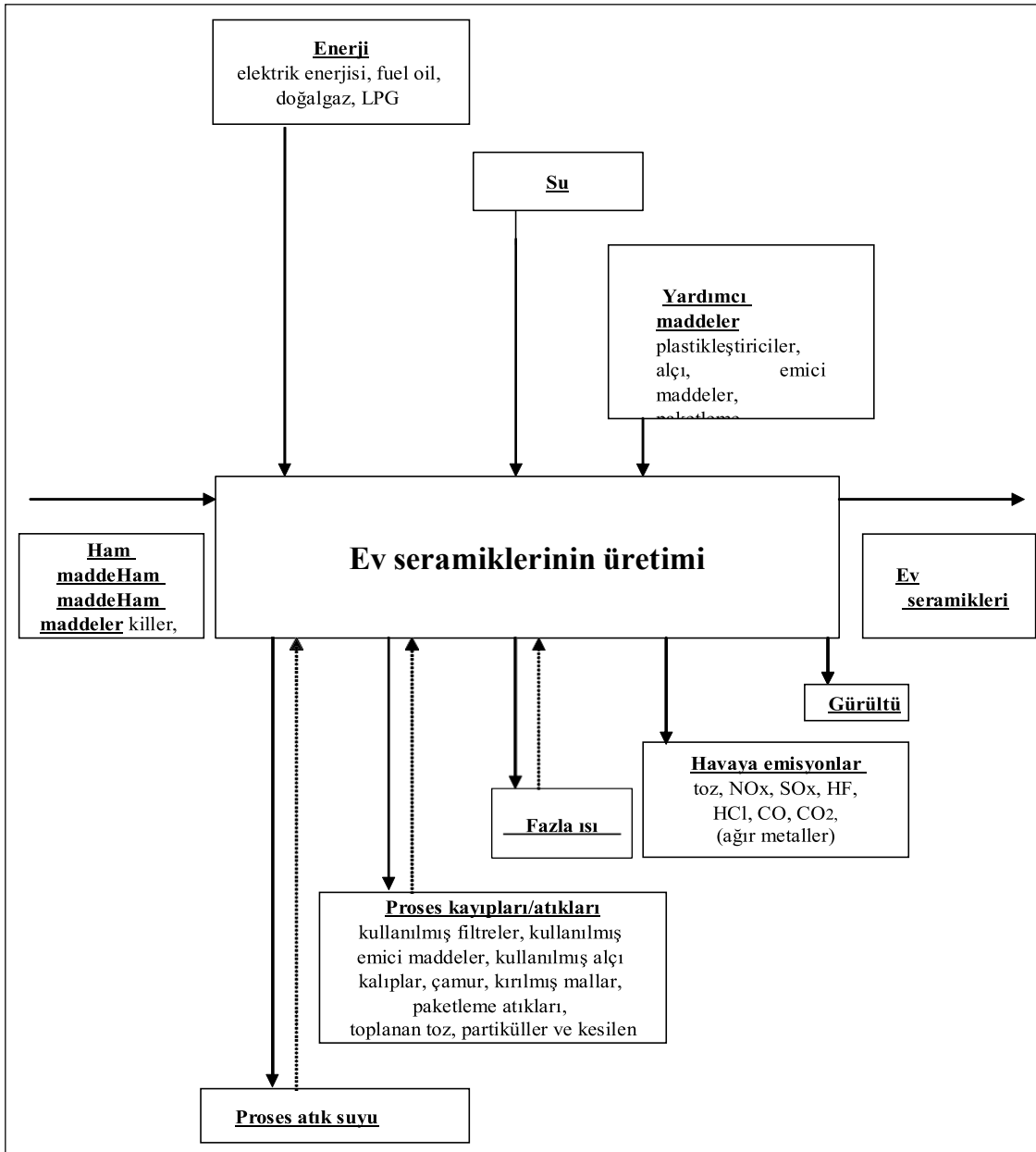
Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde, çeşitli fırınlarda yakıt olarak çoğunlukla doğalgaz ve sıvılaştırılmış petrol gazı kullanılır. Bu sektörde, ekstra hafif fuel oil gibi yakıtlar nadiren kullanılır.

2.3.6.6 Sonraki işlemler

Dekorasyon ve kalite kontrolden sonra, ürünler ayrılır. Islak işlemler öğütme ve cilalama makineleri ile ürünlerin yüzeyini pürüzsüzleştirmek için yapılır. Bazı ürünlerin mekanik olarak ön paketlemesi yapılır. Daha sonra satılacak ve dağıtılacak setler bir araya getirilir ve manuel olarak paketlenir. Modern sofra eşyalarının üretiminde ara ürünler şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler aşamaları arasında robotlar ile taşınır.

2.3.6.7 Ev kullanımına yönelik seramik ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları

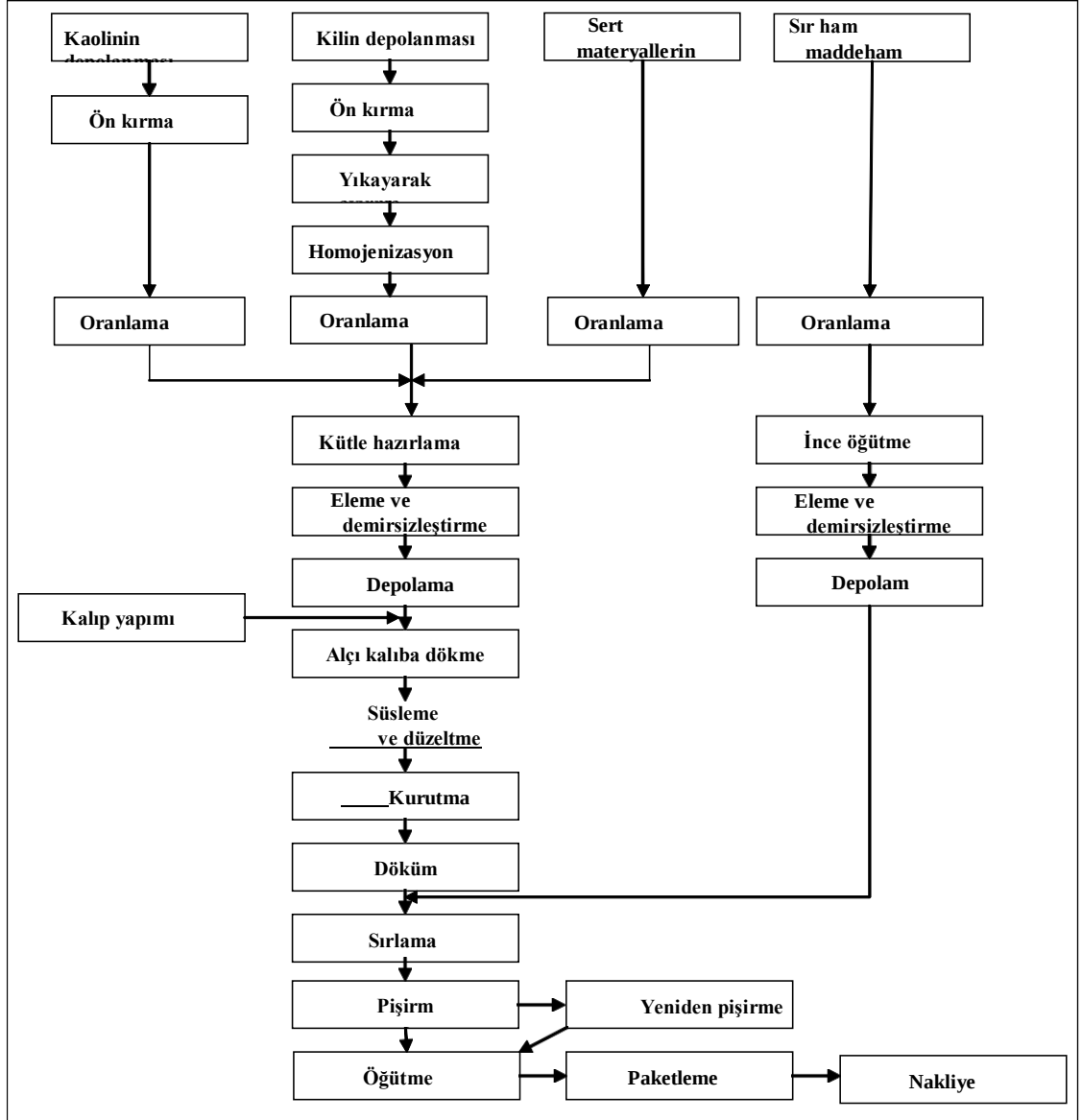
Aşağıdaki şekilde ev seramiklerinin üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.23: Ev kullanımına yönelik seramik ürünlerin üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.7 Sıhhi tesisat gereçleri

Sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde temel proses adımları ham maddelerin depolanması, ham maddelerin hazırlanması, şekillendirme, kurutma ve sırlama, pişirme ve sonraki işlemlerdir. Aşağıdaki şekilde, sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminin şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001] [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.24: Sıhhi tesisat gereçleri üretiminin şematik görüntüsü

2.3.7.1 Ham maddeler

Kullanılabilir ham maddeler kaolin, kil, kuvars, feldispat ve kalsiyum karbonattır. Tipik bir harmanda % 40 – 50 oranında kaolin ve kil, % 20 – 30 oranında kuvars, % 20 – 30 oranında feldispat ve % 0 – 3 oranında kalsiyum karbonat mevcuttur. Kaolin, maksimum su içeriği yüzde 15 olarak ve tercihen topraklar halinde saklanır. Kuvars ve feldispat gibi sert materyaller, küçük parçacıklar halinde öğütülür ve su içeriği yüzde birin altında iken uygulanır. Herhangi bir atmosferik etkiden kaçınmak amacıyla, ham maddeler silolarda veya kutularda saklanır.

2.3.7.2 Ham maddelerin hazırlanması

Sıhhi tesisat gereçleri için kullanılacak ham maddelerin hazırlanmasında çoğunlukla ıslak hazırlık işlemleri söz konusudur. Kaolin ve kil, dişli valsli kırıcılarda veya benzer ünitelerde parçalanır. Bu adımdan sonra, ince öğütme işlemi ile materyallerin parçacık çapları beş milimetrenin altına indirilir. Materyalin suyla yıkayarak ayrılması işleminde yabancı maddeler eleklenme ile giderilir. Daha sonra, eleklenmiş kil süspansiyonu tanklarda yavaş karıştırıcılar ile karıştırılarak homojenize edilir. Sert maddelerin oranlanması gravimetrik olarak yapılır ve elektrolitler eklenir.

Bu ham madde hazırlığı, genellikle seramik üreticisi tarafından gerçekleştirilmez. Tedarik edilen ham maddeler genellikle yalnızca üretici tarafından oranlanır ve sonrasında karma makinelerinde asıl döküm bulamacı üretimine geçilir. [23, Seramik TÇG, 2005].

Ardından karıştırmalı tanklarda birkaç gün depolanmaları, döküm bulamacının şekillendirilme özelliklerini iyileştirir. Karbonat, cam suyu, kostik, potas ve hümkik asit bileşikler gibi sıvılaştırıcı ve katılaştırıcı maddeler dökümün düşük su içeriğiyle bağlanmasını sağlamak için kullanılır. Sır materyalleri oranlandıktan sonra karıştırılır ve bilyalı değirmenlerde (aralıklı) veya yatay ya da boşluklu değirmenlerde (sürekli) öğütülür. Karboksimetil selüloz veya poliamin gibi bağlayıcı maddeler, yapışma ve tutma kuvvetini artırmak için öğütme sonrasında sıra eklenir. Kütle ve sırn demirsizleştirilmesi, ürünlerin manyetik yabancı maddeler dolayısıyla renk almalarını engellemek için sabit miktatılar ile yapılır.

2.3.7.3 Şekillendirme

Günümüzde seramik ürünlerinin çoğu hala alçı kalıplar ile şekillendirilmektedir. Gelişim trendleri ise, gözenekli polimer kalıplar ile gerçekleştirilen alçısız bir şekillendirme sürecine doğrudur. Döküm işlemi genellikle alçı kalıplarda yapılır. Su, alçı kalıpların gözeneklerinden geçerek kalıbı terk eder ve kütle biçimlenir. Kütlenin biçimlenmesi için gereken süre basınç uygulanarak azaltılır. Kompleks sıhhi gereçler akıtmalı döküm ile üretilir. Ek katı döküm parçaları, paralel bir işlemle üretilerek asıl kütleyle eklenir ve bağlanır. Bu süsleme işleminde ürünün son şekli meydana getirilir. Kütlenin kalıptan ayrılmasından sonra kalıp izleri düzeltilir ve diğer işlemler yapılır. Kütlenin taşınması ve düzeltilmesi çoğunlukla otomatik olarak gerçekleştirilir.

Sıhhi seramiklerin kütlelerinin biçimlendirilmesinde, çok parçalı polimer kalıpların bulunduğu makineler ile basınçlı döküm yöntemlerinin beraber kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Kütleyle bağlı olarak dört veya beş parçalı polimer kalıplar kullanılır. 3 MPa'a kadar uygulanan basınç, kütlenin biçimlenme süresini en aza indirir. Klozetlerin şekillenme süresi beş ile sekiz dakikaya kadar indirilir. Döküm temizliği ve süsleme işleri genellikle kütle kalıpta sertleşirken yapılır. Alçı kalıplarla karşılaştırıldıklarında, polimer kalıpların avantajı daha kolay temizlenmeleri ve daha uzun olan kullanım ömürleridir.

2.3.7.4 Kurutma ve sırlama

Yaş seramik kütleler iki aşamada kurutulur. Deri sertliğinde kurutulduktan sonra yaş kütle mükemmel şekilde işlenmiş olur. Sonrasında gerçekleştirilen beyaz kurutma işlemi ile su içeriği yüzde birin altına indirilir. Kurutma işlemi tünel veya odalı kurutucularda gerçekleştirilir. Tünel fırın şeklinde inşa edilen mikrodalga fırınlar da deri sertliğinde kurutma ve beyaz kurutma için kullanılır. Aşağıdaki tabloda periyodik olarak çalıştırılan fırınlara ait işletim verilerine örnekler verilmiştir [4, UBA, 2001], [21, Almeida, 2004].

Odalı kurutucular	Birim	Klozet ve lavobolar
Yapılan iş	t/çevri m	4 – 45
Kurutma odası hacmi	m ³	30 – 375
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	30 – 200
Kurutma sıcaklığı	°C	60 – 90
Kurutma süresi	s	8 – 20
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	300 – 1400
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	2000 – 20000
Baca gazı sıcaklığı	°C	60 – 150

Tablo 2.21: Periyodik olarak çalıştırılan kurutucuların işletim verileri (odalı kurutucular)

Beyaz kurutmada sonra yaş kütle incelenir ve yüzeyindeki toz ve yabancı parçacıklar temizlenir. Sır, kütlelerin yüzeyine robotlarla veya elle püskürtülür. Sırın kalınlığı, kütlelerin rengine ve sırdaki opaklaştırıcı oranına bağlı olarak 0,3 ile 0,5 mm arasında değişir. Elektrik alanda püskürtme, sırın kalitesini en iyi seviyeye getirir.

2.3.7.5 Pişirme

Sıhhi tesisat gereçleri, tünel veya roller fırınlarda 1250 ile 1290 °C arasındaki sıcaklıklarda, yükseltgen bir atmosferde pişirilir. Küçük ölçekli üretim, mekik tipi fırınlar gibi esnek, periyodik olarak çalıştırılan fırınlarda gerçekleştirilir. mekik tipi fırınlar ürüne özel pişirme eğrisini çok kısa çevrimlere döndürür. Sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde kullanılan fırınlara ait işletim verilerinin aralıkları Tablo 2.22 ve Tablo 2.23'te verilmiştir [23, Seramik TÇG, 2005], [21, Almeida, 2004], [30, Seramik TÇG, 2005].

Tünel fırın	Birim	Sıhhi tesisat gereçleri
Yapılan iş	t/s	1,5 – 2,0
Fırın uzunluğu	m	70 – 110
Kesit alanı	m ²	1,5 – 2,5
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	100 – 150
Piştirme sıcaklığı	°C	1250 – 1290
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	8300
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	12000
Baca gazı sıcaklığı	°C	150 – 550

Tablo 2.22: Tünel fırınların işletim verileri

Mekik tipi fırın	Birim	Sıhhi tesisat gereçleri
Yapılan iş	t/çevrim	5 – 15
Piştirme odası hacmi	m ³	50 – 150
Ortam yoğunluğu	kg/m ³	100
Piştirme sıcaklığı	°C	1210 – 1250
Spesifik enerji gereksinimi	kJ/kg	8300 – 11300
Baca gazı hacim akışı	m ³ /s	50000'e kadar
Baca gazı sıcaklığı	°C	150 – 550

Tablo 2.23: Mekik tipi fırınların işletim verileri

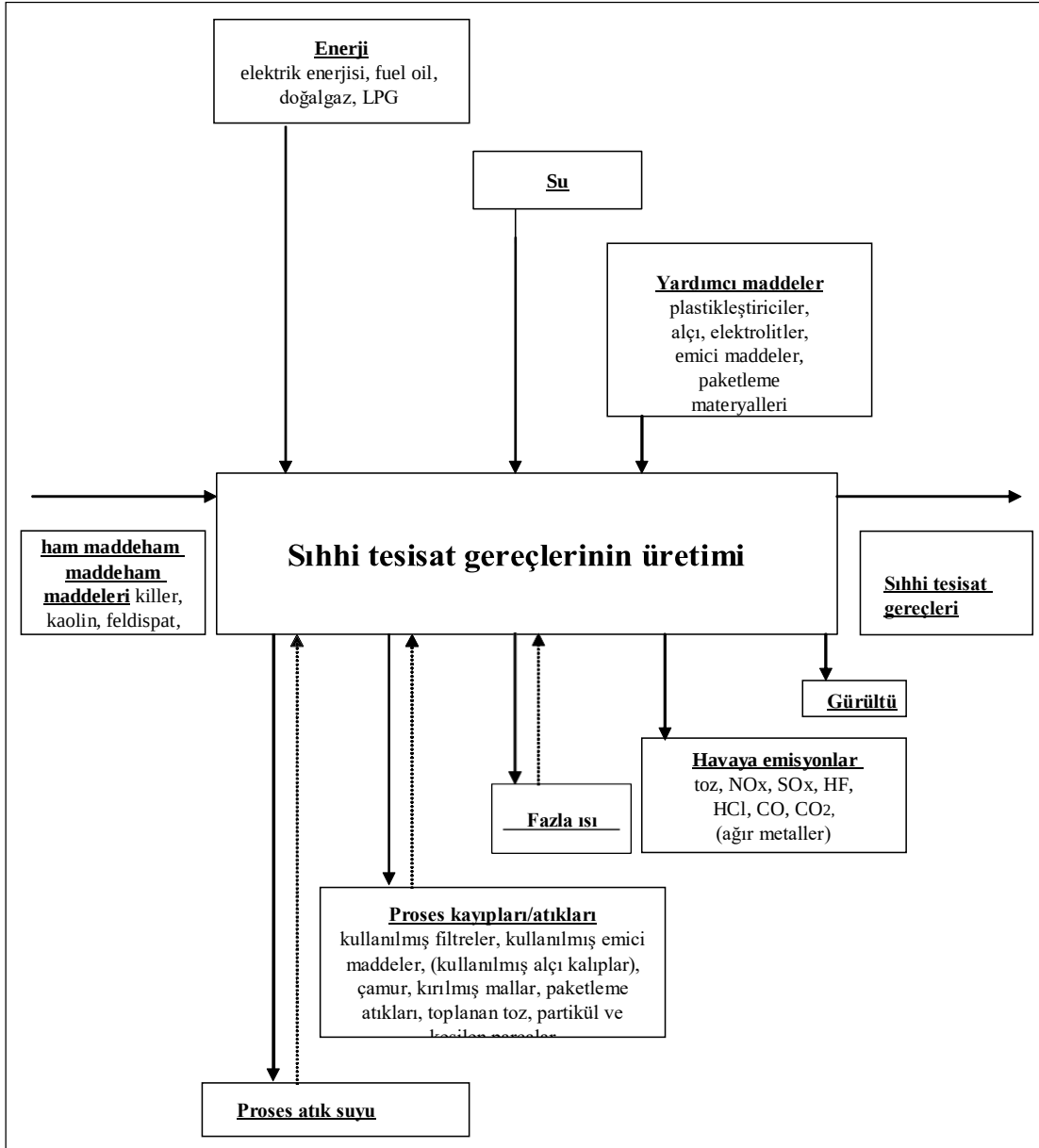
Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde, çeşitli fırınlarda yakıt olarak çoğunlukla doğalgaz ve sıvılaştırılmış petrol gazı kullanılır. Bu sektörde, ekstra hafif fuel oil gibi yakıtlar nadiren kullanılır. Piştirme işlemi sırasında pişirilmiş kırık mallar ve refrakter atıklar ortaya çıkar. Pişirilmiş kırık mallar, piştirme sonrası ortaya çıkan kusurlu ürünlerdir. Refrakter atıklar, fırının kırılmış kısımlarından, kırık piştirme yardımcıları veya tünel arabası parçalarından kaynaklanır.

2.3.7.6 Sonraki işlemler

Son ayırma işlemi de yapıldıktan sonra montaj yüzeyleri ıslak öğütme veya cilalama ile aşındırılır. Özel durumlarda, klozetlere bağlantı elemanları ve su tankları eklenir ve ardından son paketleme yapılır.

2.3.7.7 Sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları

Aşağıdaki şekilde sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].



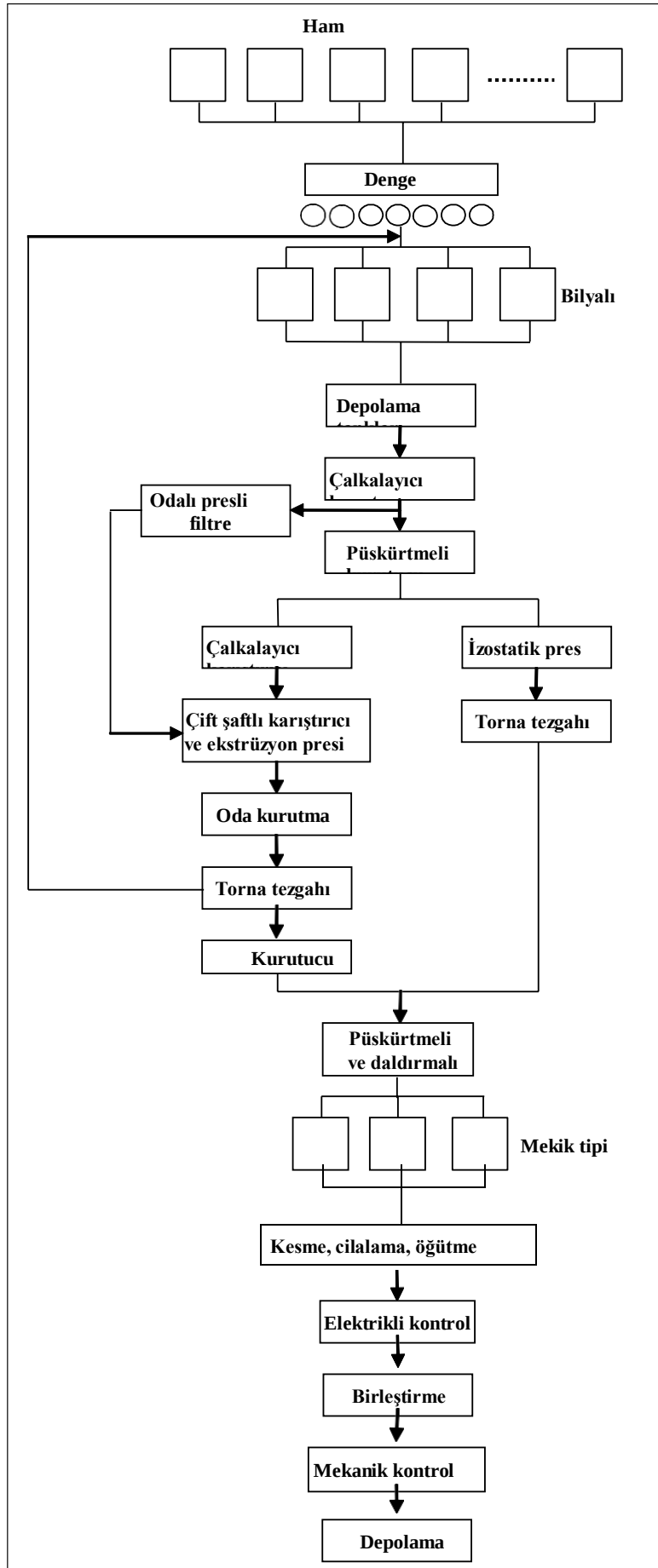
Şekil 2.25: Sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.8 Teknik seramikler

Teknik seramiklerde yalnızca killer değil, sentetik ham maddeler de temel alınır. Diğer seramik sektörlerinde olduğu gibi ham maddeler, çoğunlukla doğalgazla çalışan, bazen ise elektrik enerjisi kullanan fırınlarda pişirilir.

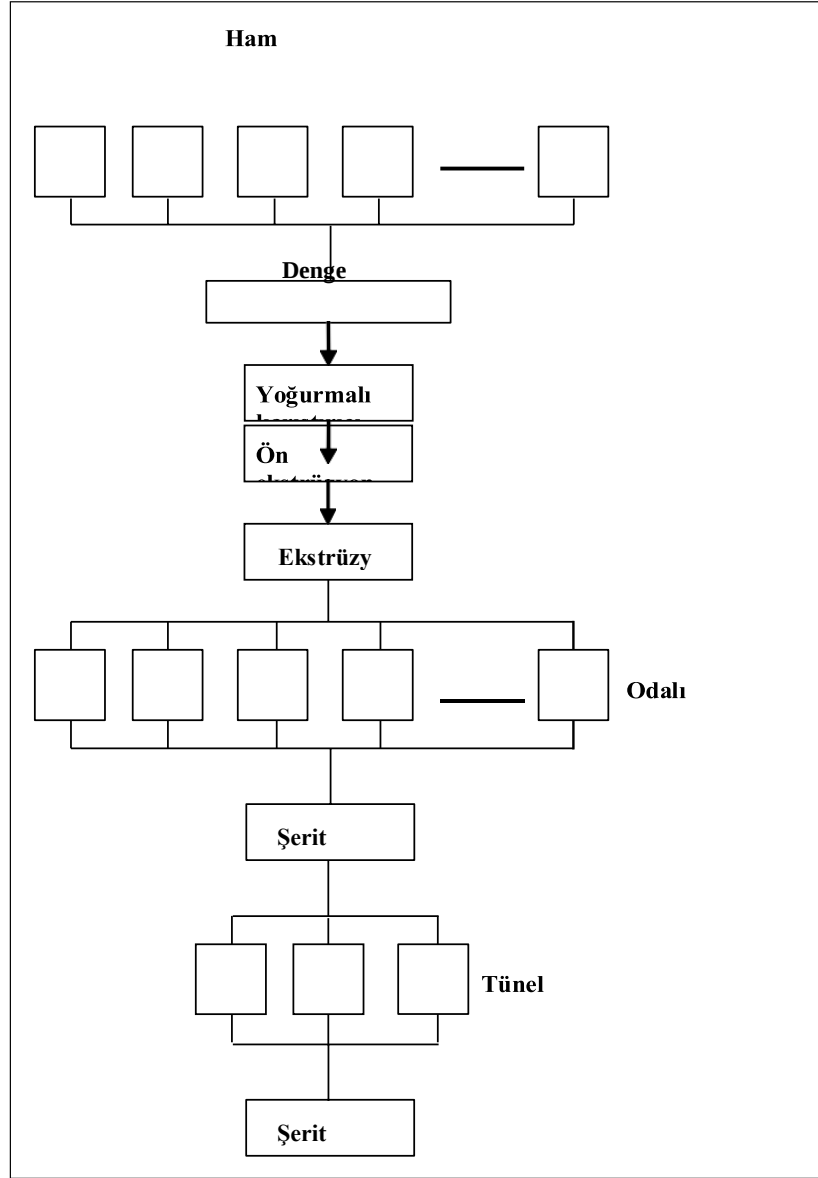
Teknik seramiklerin ve üretim sürecine dahil olan değişkenlerin çeşitliliği sebebiyle, üretim sürecinin genel bir şematik görüntüsünün çıkarılması kolay değildir; ancak farklı üretim süreçlerinin şematik görüntülerine örnekler verilebilir.

Aşağıdaki şekilde elektrik yalıtkanı üretiminin şematik görüntüsü gösterilmiştir [1, BMLFUW, 2003].



Şekil 2.26: Elektrik yalıtkanı üretiminin şematik görüntüsü

Aşağıdaki şekilde seramik katalizör üretiminin şematik görüntüsü gösterilmiştir [1, BMLFUW, 2003].



Şekil 2.27: Seramik katalizör üretiminin şematik görüntüsü

2.3.8.1 Ham maddeler

Çok küçük bir oranda kil içeren veya hiç kil içermeyen teknik seramikler; Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr ve diğer metal iyonlarının oksitleri, karbitleri, nitritleri ve boritlerine dayanır. Tipik örnekleri Al_2O_3 (alümina), MgO (periklaz veya tam pişmiş manyezi), SiC (silisyum karbür), TiN (titanyum nitrit) ve WB_2 (tungsten borit)'dir [8, Ullmann's, 2001].

Diğer yandan plastik killer (örn. kaolin), feldispat ve kuvars da teknik seramiklerin, örneğin elektrik yalıtkanlarının üretiminde ham madde olarak kullanılabilir [1, BMLFUW, 2003].

Ayrıca sinterleme yardımcıları (inorganik) ve sıvılaştırma maddeleri, plastikleştiriciler veya bağlayıcılar gibi biçimlendirme yardımcıları (genellikle organik) da katkı olarak kullanılır ve bunlar da en az ham maddeler kadar önemlidir [24, VKI-Almanya, 2004].

2.3.8.2 Ham maddelerin hazırlanması

Ham maddelerin hazırlanmasında iki olasılık mevcuttur:

- a) Teknik seramik üreticisi gerekli ham maddeleri edinir ve tüm diğer işleme süreçlerini yürütür. Pişirilmemiş materyalin farklı şekillendirme işlemleri için özel hazırlıklar şunlardır:
 - presleme için - granüller
 - ekstrüzyon için - plastik materyal
 - döküm için - döküm bulamacı.
- b) Teknik seramik üreticisi, hazır haldeki pişirilmemiş materyali alır ve seramik prosesinin oranlama veya şekillendirme aşamasına başlar [24, VKI-Almanya, 2004].

Teknik seramikler genellikle ham maddelerin ara bileşiklere kimyasal olarak dönüştürülmesini gerektirir. Bu ara bileşikler saflaştırmaya ve nihai olarak son şekle kimyasal dönüşüme yardımcı olur. Bazı teknik seramikler için, özel tozların sentezlenmesi gerekir ve bu tozların sentezlenmesinde çeşitli kimyasal yollar kullanılabilir. Sol-jel yöntemi gibi kimyasal yollar ile, toz aşaması es geçilebilir.

Özellikle küçük parçaların yüksek kuvvet ve pürüzsüz bitiş gereklilikleri, ince çekilmiş tozları gerektirir. Bu nedenle teknik araştırmalarının bir boyutu, çok ince, küresel ve tek boyutlu temel partikül tozlarını üretmeye odaklıdır. Bunlar genellikle oksitler için koloit kimyası ile yapılır. Yukarıda bahsedilen nitrit ve karbitlerin gaz fazındaki reaksiyonlarında kontrollü çekirdeklenme ve büyüme söz konusudur. Ancak, yüksek teknoloji ürünü seramikleri çoğu hala, mikrometre altı aralıkta geniş parçacık dağılımına sahip tozlardan üretilmektedir [8, Ullmann's, 2001].

Bazı ham maddelerin teknik seramiklerin üretimi için uygun hale getirilmeleri için kalsine edilmeleri (yüksek sıcaklıklarda ‘tam pişirme’) gerekmektedir. Bu konuda daha ayrıntılı bilgi için bkz 2.2.2.8.

Teknik seramiklerin üretiminde püskürtmeli kurutma işlemi de kullanılır. Islak öğütmeden çıkan sulu ham madde süspansiyonu (katı içeriği yaklaşık %60-70) basınçla ince damlacıklar olarak püskürtülür ve bunlar sıcak hava akışıyla temas eder. Damlacıkların kurutulmasıyla tek şekilli, az çok küresel ve içi boş granüller meydana gelir (tipik nem oranı %5,5 - 7). Yüksek akışkanlığa sahip olan bu ‘presleme tozu’, presleme kalıplarının düzgünce doldurulmasını ve teknik seramik ürünlerinin preslenmesini kolaylaştırır [3, CERAME-UNIE, 2003].

Özellikle silisyum karbür gibi sentetik materyaller, kalsine edilmiş ham maddeler ve püskürtmeyle kurutulmuş ‘presleme tozu’ genellikle özel tedarikçiler tarafından üretilir, ancak yine de parçalama işlemine ihtiyaç duyabilirler.

Teknik seramiklerin ham maddesi olarak plastik killer kullanılacaksa, yalnızca ‘presleme tozu’ değil, ekstrüzyon hamuru da üretilir (örn. elektroporselen veya seramik katalizör üretimi) [1, BMLFUW, 2003]. ‘Ekstrüzyon hamuru’ hazırlamak için, öğütülen süspansiyon filtreli preslerde veya döner filtrelerde su içeriği yaklaşık %20-25 olacak şekilde susuzlaştırılır.

Ham madde hazırlığında bir diğer olasılık ise ıslak hazırlık süreciyle döküm bulamacı hazırlanmasıdır. Tedarik edilen ham maddeler genellikle yalnızca üretici tarafından oranlanır ve sonrasında karma makinelerinde döküm bulamacı üretimi adımına geçilir. [23, Seramik TÇG, 2005].

2.3.8.3 Şekillendirme

Teknik seramik ürünlerin şekillendirilmesi, aşağıdaki temel yöntemler altında toplanabilir [24, VKI-Almanya, 2004]:

- presleme (%0 – 15 nem; kuru, izostatik, nemli ve ıslak presleme)
- plastik şekillendirme (%15 – 25 nem; ekstrüzyon)
- döküm (>%25 nem; enjeksiyonlu kalıplama, alçı kalıba döküm, şerit döküm).

Kuru presleme

Kuru presleme, hassas ürünlerin seri üretiminde kullanılır. Topaklanmayan granüller, üretilecek parçanın şekline uygun olarak tasarlanmış çelik kalıpların içerisinde sıkıştırılır. Kalıpların (kimi zaman karbürden yapılır) yüksek maliyeti genellikle yalnızca uzun süreli kullanım ile telafi edilebilir.

Kuru presleme uzun üretim süreçleri için en ekonomik yöntemdir ve hem basit hem de kompleks geometriler için uygundur. Çöküntüler ve delikler normalde yalnızca presleme yönünde olacak şekilde tasarlanır. Kuru presleme makinesinin dizaynına göre, karolardan kibrit uçlarına kadar çeşitli boyutlarda bileşikler üretilir. Kalınlıkları 0,8 ila 1,0 mm arasındaki küçük disk veya plakalar preslenebilir. Preslenecek granüllerin presleme aletindeki boşlukları etkin bir şekilde doldurabilecek olması ve istenen aracın oluşturulabileceğinin sağlanması halinde, bileşenin üzerinde ince çıkıntı ve benzeri yapılar oluşturmak mümkündür.

İzostatik presleme

İzostatik presleme, eşit olarak preslenen boşlukların ve büyük parçaların üretimi için uygundur ve bu parçalar ham şekilde işlenebilir. Yüksek kaliteli ürünlerde, ‘presleme tozunun’ tekdüze yoğunlaştırılmasına ihtiyaç duyulur, bu da her yüzeye eşit basınç uygulanarak sağlanabilir. İzostatik preste, lastik veya poliüretan kalıplar seramik tozuyla doldurulur ve sıvı dolu bir kaba yerleştirilir. Sonrasında yüksek bir hidrostatik basınç uygulanır ve nesneler kalıptan çıkartılır.

Bu türde şekillendirme işlemi, iddialı prototiplerin ve küçük serilerin üretimi için uygundur; bazı ürünler için ise izostatik presleme tamamen otomatikleştirilebilir (bujiler, öğütme bilyaları, küçük pistonlar, kaynak ağızları).

Islak presleme/nemli presleme

Islak presleme/nemli presleme vida dişleri, kenar delikleri, girintiler ve alt oyuklar gibi karmaşık geometrilere sahip parçaların üretilmesini sağlar. Bu amaç için kullanılan pişirilmemiş materyal genellikle %10-15 arasında nem oranına sahiptir. Bu materyallerin tek bir eksenle basılmaları serbest şekilde akışlarını sağlar ve kısmen daha eşit oranda sıkıştırma elde edilebilir. Ancak ıslak presleme materyallerinin yalnızca düşük basınç gerilimlerini kabul etmeleri bir dezavantajdır. Bu, aynı zamanda sıkışma derecesinin de kısıtlı olduğu anlamına gelir. Sıkışma derecesi büyük oranda pişirilmemiş materyalin nem oranına dayanır ve kuru preslenecek parçalarda daha düşüktür.

Ayrıca bazı durumlarda, parçaların kuru presleme öncesi pişirilmeleri gereklidir. DIN 40680-1’a göre ortalama toleranslar bu temele dayanır.

Ekstrüzyon

Ekstrüzyon, pistonlu ekstrüzyon cihazları veya vakumlu vidalı presler ile yapılır. Plastik şekillendirme işleminde, örneğin elektrik yalıtkanlarının üretiminde ‘ekstrüzyon hamuru’ (su içeriği %20-25 veya yüksek gerilimli yalıtkan ekstrüzyonunda %19-23 olan), doğru geometrik özelliklere getirilecek şekilde ekstrüzyonla şekillendirilir, parçalar halinde kesilir ve torna tezgahlarında diğer şekillendirme işlemleri yapılır [1, BMLFUW, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005].

Ekstrüzyon, aks ve borular gibi dönüş simetrisine sahip diğer parçaların üretimine de uygundur. Uygun ağızlıkların yardımıyla kompleks profillerin çıkarılması da mümkündür. Üretilen parçaların uzunluğu, büyük ölçüde işlenen materyalin bükülme eğilimine bağlıdır.

Enjeksiyon kalıplama

Enjeksiyon kalıplama özellikle kompleks ürünlerin seri üretimi için uygundur. Kısmen yüksek masrafları ve tüketmiş organik katkılar nedeniyle kısıtlı uygulamaya sahiptir. Büyük enjeksiyon kalıplama makinelerinin aktarma kapasitesi (‘atım ağırlığı’) tipik olarak 70 grama kadardır. Genel olarak parçalar, olabildiğince tutarlı kalınlıklar sağlanabilecek şekilde, üst limiti maksimum 12 mm olarak tasarlanmalıdır.

Alçı kalıba dökme

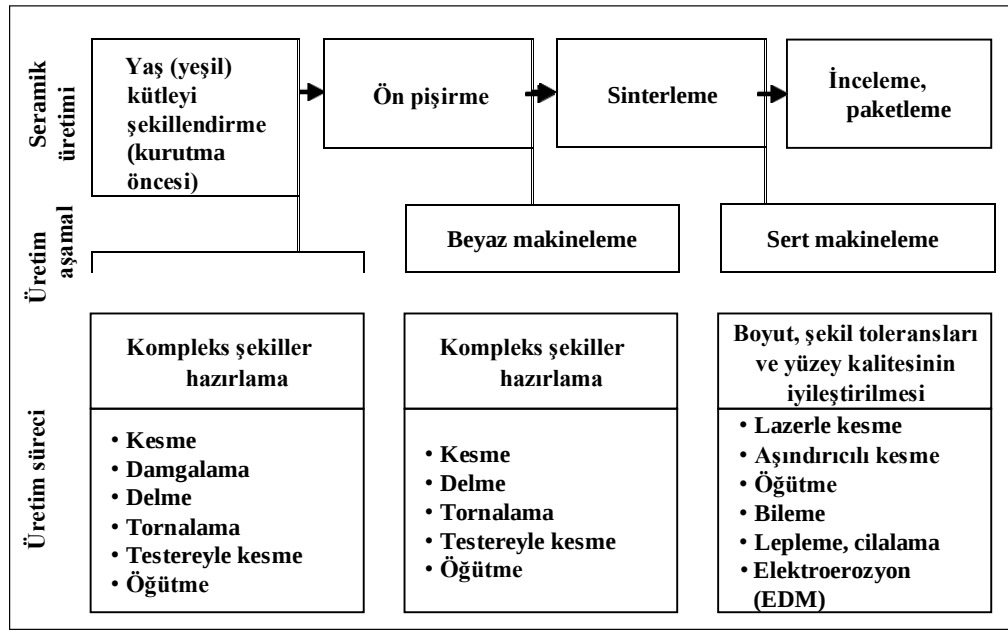
Alçı kalıba dökme prototiplerin, kompleks geometrik şekilli parçaların ve daha büyük ürünlerin üretiminde kullanılan basit bir yöntemdir. Hem ince duvarlı, hem de sağlam nesneleri üretmede kullanılabilir. Seramiklerin alçı kalıba dökülmesinde, döküm bulamacı olarak adlandırılan kararlı bir süspansiyon, gözenekli ve absorban alçı kalıba dökülür. Askıdaki sıvının çekilmesi ile, partiküller kalıbın duvarında bir katman oluşturur. Dolu dökümde bu katman sertleşerek bütün olarak kalıplanan kütleyi oluşturur. Boş dökümde ise istenen duvar kalınlığı elde edildikten sonra fazlalık çamur dökülür.

Şerit döküm

Şerit döküm, çeşitli organik katkılar içeren seramik döküm bulamacının silindirlerle taşınan sonsuz bir çelik şeride dökülmesidir. Bulamaç, ayarlanabilir bir oyuk aracılığıyla rezervuardan şeridin üzerine sürekli olarak akıtılır. Çamuru kurutmak için şeride ters yönde sıcak hava üflenir, böylece şeridin bitimine gelindiğinde organik katkılar sayesinde esnek bir ham seramik şeridi elde edilir. Bu, daha sonra işlenmek üzere sarılarak depolanabilir veya kesme, delme, presleme gibi yöntemlerle hemen işlenebilir. Şerit döküm genellikle kalınlıkları 0,25 ila 1,0 mm arasında değişen seramik parçaların üretilmesinde kullanılır. Ortaya çıkan ürünler substrat, kılıf, kapasitör ve çok katmanlı dönüştürücülerin üretiminde kullanılmaya uygundur.

2.3.8.4 Makine ile işleme

Aşağıdaki şekilde de gösterildiği gibi, yeşil makineleme (kurutma sonrası), beyaz makineleme (yanma ve ön pişirme öncesi) ve sert makineleme (pişirme/sinterleme sonrası) birbirinden ayrılır. [24, VKI-Almanya, 2004].



Şekil 2.28: Teknik seramiklerin üretiminde yeşil, beyaz ve sert makineleme işlemi

Yeşil makineleme, hala organik katkıları içerdikleri aşamada kuru parçalar üzerinde gerçekleştirilir. Ayrı parçaların ve küçük serilerin üretimi için oldukça uygundur. Ayrıca, kuru presleme yönüne aykırı olan delikler gibi, doğrudan ilk şekillendirme işlemlerinde gerçekleştirilemeyecek şekillere sahip büyük seriler için de kullanılır.

Beyaz makineleme, ön pişirmesi yapılarak organik katılardan arındırılmış parçalara yapılır. Gücü, ön pişirmeye bağlıdır. Bu şekilde, konvansiyonel, seramik veya elmas kaplamalı araçlar ile, araçların kısmen daha az aşınması sağlanarak son derece yüksek kaldırma oranları elde edilebilir. Üreticiler bu işlemi hem prototip, hem de seri üretim için kullanırlar.

Sert makineleme ise biçimlendirme veya yeşil, hatta beyaz makineleme ile son boyutlarına olabildiğince yaklaştırılmış olan, tamamen pişirilmiş/sinterlenmiş ürünlere uygulanır. Mümkün olan en yakın toleranslara, talaş kaldırmanın gerçekleştirildiği son bir makineleme ile ulaşılabilir. Boyutsal hassasiyet ve geniş çeşitliliğe sahip geometri ve yüzey özelliklerine dair sıkı gereklilikler, seramik bileşenlerin işlenmesi için modern makineleri gerekli kılar. Seramik materyallerin yüksek sertliği dolayısıyla, bu işlemlerde neredeyse yalnızca elmas araçlar (bağlı veya macunlar) kullanılır.

2.3.8.5 Sırlama, astarlama ve metalizasyon

Sırlama ve astarlama

Sır uygulamasıyla yüzeyler pürüzsüz ve görsel olarak daha çekici hale getirilir; en önemlisi sır, seramik ürünün teknik öneme sahip birçok özelliğini (örneğin elektrik davranışı, mekanik kuvvet, kimyasallara dayanıklılık gibi) iyileştirir. Renklendiricilerin (metal oksitler) karıştırılması ile çok çeşitli sır renkleri elde edilebilir. Kuvvetin artırılmasını sağlamak için, sırnın termal genişleme katsayısının, seramik kütleninkine tam olarak uyması gereklidir. Sırdaki hafif basma gerilimi, son ürünün kuvvetini artırır; ancak çekme gerilimi bu etkiyi azaltılacağından sakıncalıdır.

Sırın aksine astar, gözenekli ve cam fazlı materyallerden büyük ölçüde uzaktır. Genellikle ateşe dayanıklı oksitler (Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , ZrO_2), bunların karışımları, veya mullit, spinel, zirkon silikat, hatta kaolin ve kil gibi ateşe dayanıklı minerallerden oluşur. Astar, fırın mühendisliğinde seramik yüzeylerin mekanik veya çürütücü zararlardan korunması amacıyla kullanılır. Plaka, kırıya veya kılıf gibi ateşe dayanıklı fırın gereçlerine uygulanan astar, hem destekleyici pişirme materyalleri ile temas reaksiyonlarını, hem de kaplanmış fırın gereçlerinin üzerinde pişirilen ürünlerden akan sırın yapışmasını engeller [24, VKI-Almanya, 2004]

İnce bir mineral sır veya astar katmanı, seramiklerin yüzeyine batırma, yuvarlama, püskürtme veya fırçalama yöntemleriyle uygulanır.

Metalizasyon

Bazı teknik seramik üreticileri metale seramikler sunar. Alüminyum oksit ve alüminyum nitrit uygun substrat materyalleridir. Sunulan metalizasyon, lehimleme ve ayrıca yumuşak lehimleme için uygundur ve en az 6 mm kalınlığındaki tungstenin eleklerle baskı işlemiyle uygulanan alt metalizasyonundan oluşur. Üst kısma, lehimin akışına yardımcı olmak için, elektrolitik olarak uygulanmayan ve minimum 2 mm kalınlığa sahip bir nikel katmanı geçilir. Korozyona karşı koruma için yaklaşık 1 mm kalınlığında bir altın katmanı uygulanabilir. Alternatif olarak, elektrolitik olarak uygulanmayan nikel katmanı, bağlanabilir bir altın katmanı ile güçlendirilebilir. Yumuşak lehim uygulanıyorsa ilave bir kalay katmanı da uygulanabilir [24, VKI-Almanya, 2004].

2.3.8.6 Kurutma, yakma ve ön pişirme

Kurutma

Belirli ürün özelliklerini sağlamak için özel olarak belirlenen proses değişkenlerine ve çeşitli ham maddelere bağlı olarak, çeşitli türlerdeki kurutucular kullanılır. Ancak özellikle küçük ölçekli bir üretim söz konusu ise, genelde odalı kurutucular kullanılır.

Yakarak tüketme

Plastik materyallerden şekillendirilen yaş kütleler, bu aşamada genellikle kırılmaya karşı dayanıklı olsalar da, organik katkıların yardımıyla dayanıklılıkları artırılabilir. Diğer yandan, pişirilmemiş materyalin plastik olmadığı durumlarda bu tür katkılar elzemdir. Kalan plastikleştiricilerin ve bağlayıcıların, diğer organik katkılarla beraber yakılarak tüketilmesinde bu katkıların ince gözenekli yaş kütleden zarar vermeden ve tekrarlanabilir bir şekilde çıkartılması için, titizlikle ayarlanmış bir sıcaklık-basınç-atmosfer-süre profili şarttır. Yakarak tüketmenin bir varyasyonu, örneğin SiC ile olduğu gibi, 'karbonlaştırma' veya 'koklaştırma' olarak adlandırılır. Burada organik bileşikler karbona dönüştürülür; bu karbon yapıda kalır ve sinterleme reaksiyonu sırasında, eklenen reaktiflerin de yardımıyla seramik matriksine dönüştürülür. Kurutma ve yakarak tüketme (veya karbonlaştırma/koklaştırma) sonrası, yaş kütle (bileşenin şeklinde preslenmiş toz) yalnızca zayıf moleküler çekim kuvveti ile bir arada tutulur ve sonraki adımlarda son derece dikkatli taşınması gerekir. Bu nedenle kurutma ve yakarak tüketme, mümkün olduğu durumlarda pişirme/sinterleme ile birleştirilir [24, VKI-Almanya, 2004].

Ön pişirme

Taşıma sırasında riski azaltmak ve alternatif beyaz makinelemeyi mümkün hale getirmek için, şekillendirilen yaş kütle, çekmenin kısmen daha düşük olduğu ön pişirme ile kuvvetlendirilebilir. Bunun için, proses kontrol parametreleri ile çekme ve kuvvetin yenilenebilir hale getirilmesi gereklidir [24, VKI-Almanya, 2004].

2.3.8.7 Pişirme/sinterleme

Piştirme için, ham maddenin ve proses değişkenlerinin türüne bağlı olarak farklı türde fırınlar kullanılır. Küçük ölçekli üretim, ürünün spesifik piştirme eğrisini çok kısa çevrimlere dönüştürmek için kullanılan mekik tipi fırınlar gibi, periyodik olarak çalıştırılan ve esnek fırınlarda gerçekleştirilir.

Teknik seramik materyalleri için tipik sinterleme sıcaklıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir [24, VKI-Almanya, 2004].

Teknik seramik materyali	Sinterleme sıcaklığı (°C)
Alümina porseleni	Yakl. 1250
Kuvars porselen	Yakl. 1300
Steatit	Yakl. 1300
Kordiyerit	1250 – 1350
Alüminyum oksit	1600 – 1800
Yeniden kristalleştirilmiş silisyum karbür	2300 – 2500
Sinterlenmiş silisyum karbür	Yakl. 1900
Silikon nitrit	Yakl. 1700

Tablo 2.24: Teknik seramik materyallerinin sinterleme sıcaklıkları

Piştirme işlemi için gerekli enerji, piştirme sıcaklığı arttıkça orantısız olarak artar. Enerji girdisine ek olarak, yaş seramik kütlelerin fırına yerleştirilmesinde kullanılan fırın yardımcıları ('fırın gereçleri') da çok yüksek sıcaklıklara dayanabilen refrakter materyalden yapılır. Bazı özel piştirme işlemleri ile, seramik materyallerden özel materyal çeşitleri üretilebilir [24, VKI-Almanya, 2004]:

Sıcak Presleme (HP)

Sıcak presleme, teorik maksimuma yakın bir yoğunluğa sahip bileşiklerin üretimi için kullanılır. Tek eksenli presleme ile uygulanan bir sinterleme işlemidir.

Sıcak izostatik presleme (HIP)

Sıcak izostatik presleme, özellikle küçük parçaların, yaklaşık 2000 °C'ye kadar sıcaklıklarda 3000 bara kadar izostatik gaz basıncı uygulanması ile (genellikle katlanır bir silikat cam kabuk içinde) maksimum yoğunluğa ulaşmasını sağlar.

Teknik seramiklerin büyük mekik tipi fırınlarda pişirilmesine örnek olarak, elektrik yalıtkanlarının modülasyonlu bir sıcaklık programı (ortam yoğunluğu 260 kg/m³ olan fırın kapasitesi 100 m³, 1300C'ye kadar çıkan piştirme sıcaklığı, soğutma aşaması dahil olmak üzere 80 – 105 saatlik piştirme süresi) ve yakıt olarak doğalgaz kullanılarak pişirilmesi verilebilir [1, BMLFUW, 2003].

Mekik tipi fırınların kullanımına diğer bir örnek de piştirme yardımcılarının ('fırın gereçleri') üretimidir [17, Burkart, 2004]:

- Özel refrakter killerin şekillendirilmesiyle üretilen H kasetler, mekik tipi fırınlarda (ortam yoğunluğu 300 kg/m³'ten az, fırın hacmi 12 m³) 1360- 1390 °C sıcaklıkta ve enerji kaynağı olarak doğalgaz kullanılarak pişirilir. Bunlar, çatı kiremiti üretiminde piştirme yardımcısı olarak kullanılır.
- SiC tozu ve organik bağlayıcıların şekillendirilmesiyle üretilen SiC piştirme yardımcısı, elektriksel indüklemeli mekik tipi fırınlarda (ortam yoğunluğu 300 kg/m³'ten düşük), 2000 – 2500 °C sıcaklıkta hidrojen/nitrojen atmosferinde pişirilir. Bunlar özellikle porselenin sırlı hızlı pişirimi gibi diğer üretim süreçlerinde kullanılır.

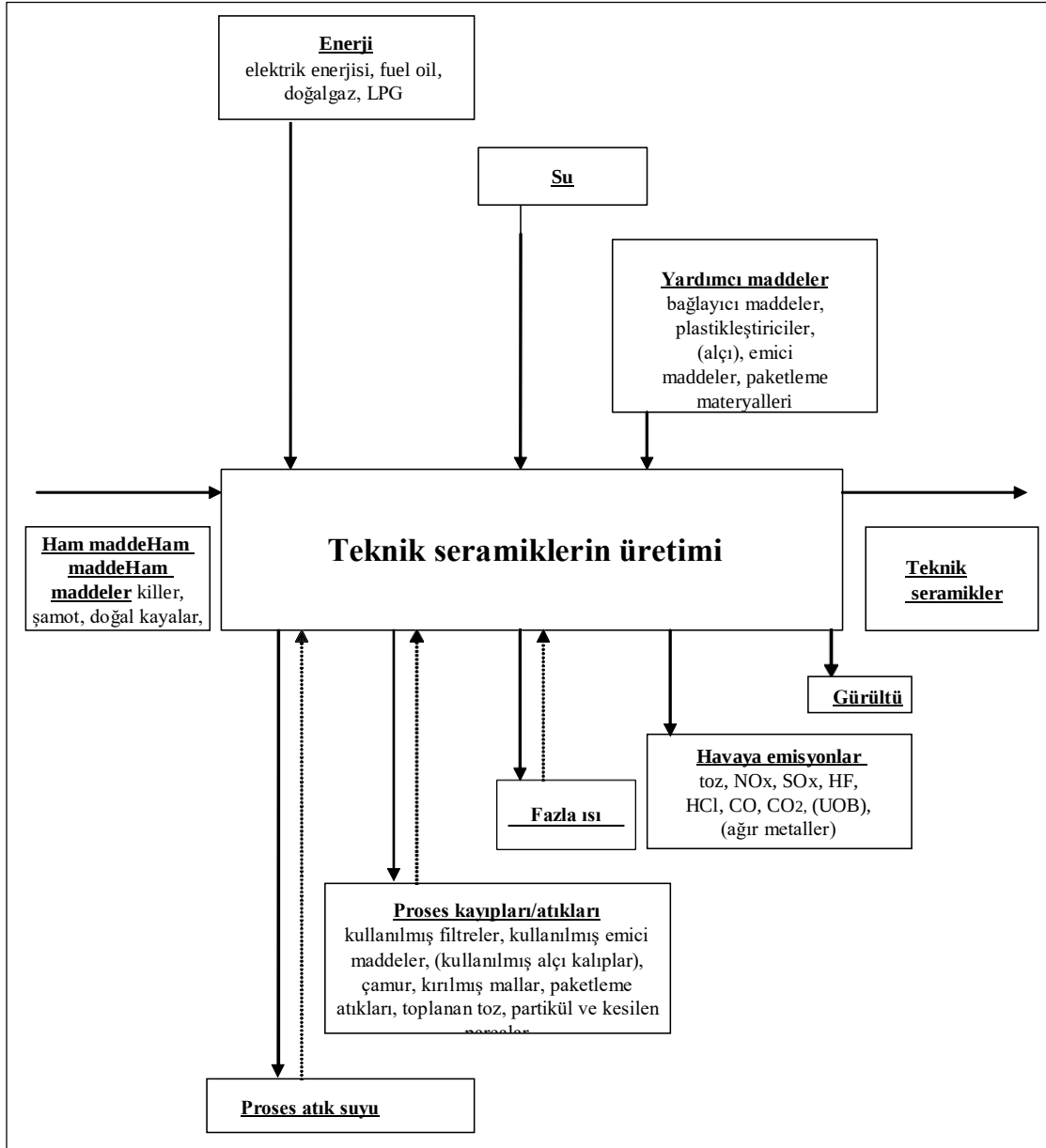
Teknik seramiklerin üretiminde tünel fırınlar da kullanılır. Buna örnek olarak seramik katalizörlerin 63 m uzunluğundaki, maksimum sıcaklığı 650 °C ve yapılan iş miktarı 0,76 m³/s olan tünel fırında pişirilmesi verilebilir [1, BMLFUW, 2003].

2.3.8.8 Sonraki işlemler

Geniş çeşitliliğe sahip teknik seramiklerde, türlerine bağlı olarak kesme, testereleme, öğütme, cilalama ve diğer parçalarla birleştirme gibi diğer işlemler gerekli olabilir. Bu bağlamda, özellikle sert makineleme için bkz. 2.3.8.4. Son kalite kontrolden sonra, ürünler ayrılır ve paketlenir.

2.3.8.9 Teknik seramiklerin üretiminde giriş ve çıkış akımları

Aşağıdaki şekilde teknik seramiklerin üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [23, Seramik TÇG, 2005], [24, VKI-Almanya, 2004].



Şekil 2.29: Teknik seramiklerin üretiminde giriş ve çıkış akımları

2.3.9 İnorganik bağlayıcılı aşındırıcılar

2.3.9.1 Ham maddeler

İnorganik bağlayıcılı seramik aşındırıcılar, karıştırılıp şekillendirilen, kurutulan ve pişirilen aşındırıcı tanecikler, bağlayıcı maddeler ve bazı katkılardan oluşur [14, UBA, 2004].

İnorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretiminde en fazla kullanılan katkılar özel eritilmiş alümina, korunt ve yeşil ve siyah silisyum karbürdür. Kübik bor nitrit (CBN) ve elmas da kullanılır.

Bağlayıcı madde tipik olarak aşağıdaki bileşenlerden oluşur:

- feldispat
- silikatlar
- kuvars
- fritler (belirli kompozisyona sahip cam)
- kaolin (çin kili)
- kil
- nefelin
- pigmentler.

Kompozisyon, aşındırıcının uygulama profiline göre değişiklik gösterir. Dolayısıyla belirli bir genleşme termal katsayısına ve/veya erime noktasına sahip saf frit bağlayıcılar da kullanılabilir. Bazı durumlarda fritler yüksek oranlarda alkali ve bor içerir. Belirli bir renk elde etmek için renklendirici metal oksitler, renklendirici cam veya renklendirici pigmentler eklenebilir.

İnorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretiminde, istenilen özellik ve şekilleri elde etmek için yardımcı maddeler de kullanılır. Ancak bu yardımcı maddeler, son ürünün içerikleri değildir.

İnorganik aşındırıcıların üretiminde, pişirme öncesi tanecik ve bağlayıcı karışımını uygun şekilde tutmak için geçici bağlayıcı maddeler gereklidir. Geçici bağlayıcı maddeler için suda çözünebilen tutkallar, balmumu emisyonları, dekstrin gibi dönüştürülmüş nişasta, polioksietilen preparatları, linyosülfonatlar, dönüştürülmüş üre-formaldehit kondenzasyon ürünleri, sentetik reçineler vb. alternatifleri kullanılır.

Gözenek oluşturu maddeler, aşındırıcılarda belirli bir gözenek profili oluşturma işlevine sahiptir. Ham maddeye eklenen gözenek oluşturu maddeler, kurutma veya pişirme esnasında türlerine bağlı olarak buharlaşır, süblimleşir, depolimerize olur veya yanar. Son ürünün türüne göre, farklı gözenek oluşturu maddeler kullanılır. Naftalin veya diğer termal kalsine edici maddeler uygulanır.

2.3.9.2 Ham maddelerin hazırlanması

İnorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretilmesinde ilk adım, içeriklerin tartılması ve aşındırıcı formülüne uygun olarak karıştırılmasıdır (örn. yatay yataklı karıştırıcıda).

2.3.9.3 Şekillendirme

İnorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretiminde, işlenecek parçalar varsayılan form ve ağırlık gereksinimlerine göre belirli bir yoğunluğa gelecek şekilde sıkıştırılır. Bu amaç için, basınç aralıkları 2500 MPa'a kadar çıkan hidrolik veya eksantrik presler kullanılır [14, UBA, 2004].

2.3.9.4 Drying

Sıkıştırılan materyal, içerisinde tutkalın bulunduğu su ile nemlendirildiği için işlenecek parçanın kurutulması gerekir. Odalı kurutucular ve vakum kurutucular kullanılır ve ürünler 50 ile 150 °C arasındaki sıcaklıklarda kurutulur. Çatlak oluşumu meydana gelmemesi için 45 saate kadar çıkan, uzun kurutma süreleri esastır; bu doğrultuda kurutucuların iklimlendirilmesi de mümkündür (özellikle vakumlu kurutucular nem kontrolü ile donatılır) [14, UBA, 2004] [28, Schorcht, 2005].

2.3.9.5 Pişirme

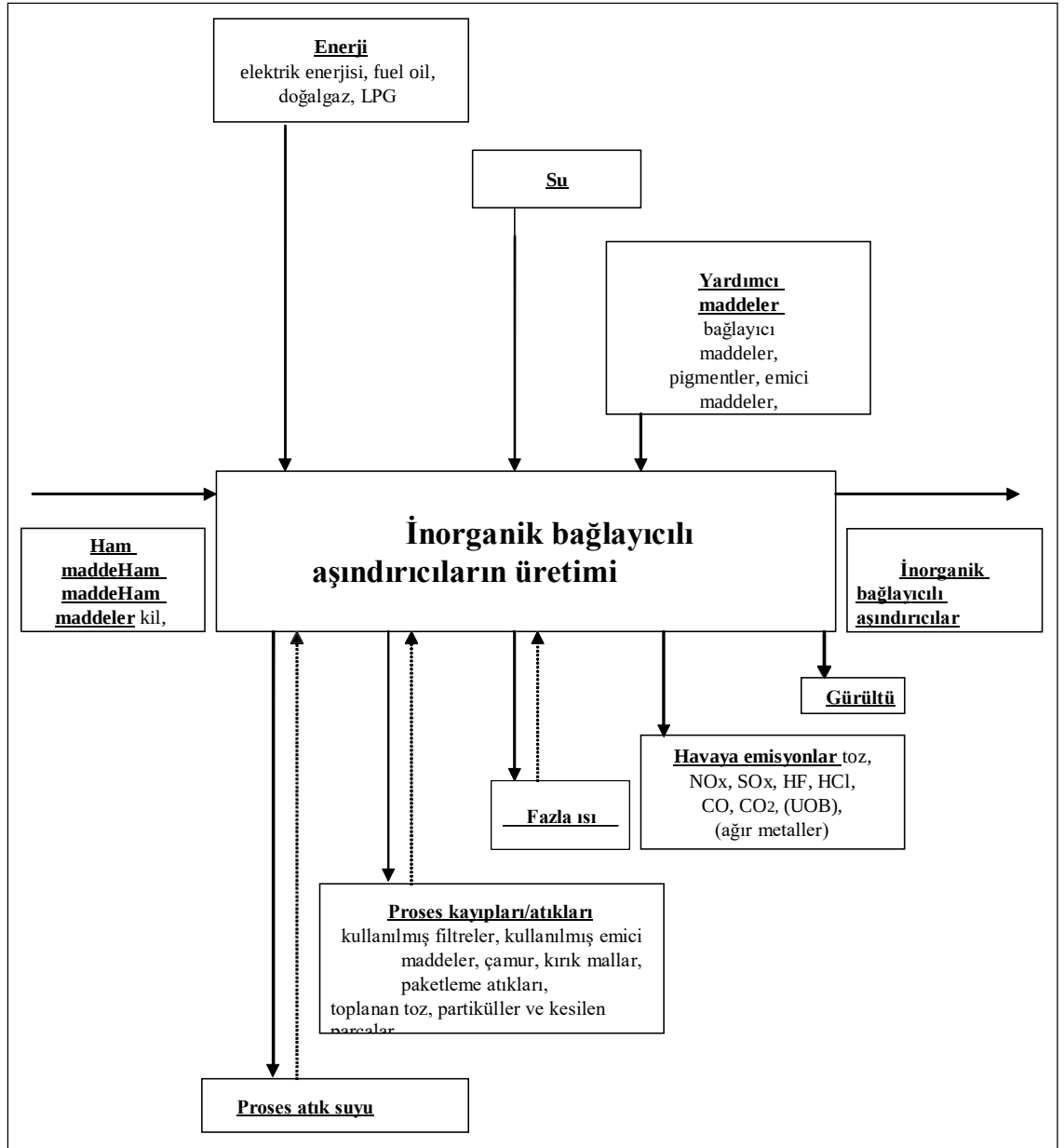
İnorganik bağlayıcılı aşındırıcılar, doğalgaz veya elektrikle ısıtılan ve periyodik veya sürekli olarak çalıştırılan fırınlarda pişirilir. Örnek fabrikalarda 4 m³'ten fazla kapasiteye sahip (11 m³'e kadar) fırınlar, 850 ile 1300 °C arasındaki pişirme sıcaklıkları ve 360 ile 1400 kg/m³ arasındaki ortam yoğunluğu ile işletilmektedir [14, UBA, 2004]. Fırının içinde, pişirilecek aşındırıcıdaki vitrifiye bağ oranı inorganik bağlayıcılı aşındırıcının toplam kütlesinin %10'una ulaşır. Aşındırıcı tekerlek ürünün boyutuna bağlı olarak pişirme çevrimi 40 ila 120 saat alır. [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

2.3.9.6 Sonraki işlemler

Aşındırıcının kalitesi (sınıf, yoğunluk) belirlendikten sonra, bitim işlemleri müşterinin taleplerine uygun olarak, örneğin bilgisayar destekli torna tezgahlarında veya öğütme makinelerinde yapılır. Daha sonra genellikle dengesizlik kontrolü, boyut, çark deneyi ve görsel inceleme, güvenlik hızı ve ani hız testleri, standartlara uygun olarak gerçekleştirilir. Son incelemeden sonra, inorganik bağlayıcılı aşındırıcılar uygun standartlara göre etiketlenir ve gönderilmek üzere paketlenir [14, UBA, 2004], [30, Seramik TÇG, 2005].

2.3.9.7 İnorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretiminde giriş ve çıkış akımları

Aşağıdaki şekilde inorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretiminde önemli giriş ve çıkış akımları gösterilmiştir [14, UBA, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 2.30: İnorganik bağlayıcı aşındırıcıların üretiminde giriş ve çıkış akımları

3 MEVCUT EMİSYON VE TÜKETİM SEVİYELERİ

3.1 Emisyonlar - genel hususlar

3.1.1 Havaya emisyonlar

3.1.1.1 Toz (partikül madde)

Kil ve diğer seramik ham maddelerinin işlenmesinde toz oluşumu, özellikle kuru malzemeler kullanılıyorsa, kaçınılmazdır. Kurutma (püskürtmeli kurutma da dahil olmak üzere), ufalama (öğütme, çekme), eleme, karıştırma ve aktarma işlemlerinin her birinde ince bir toz ortaya çıkabilir, dolayısıyla toz giderme ekipmanına ihtiyaç duyulur. Ayrıca ürünün dekore edilmesi ve pişirilmesi veya pişirilen ürünün makineyle işlenmesi veya bitim işlemleri sırasında da toz oluşur. Seramik proseslerinden kaynaklanan miktar bakımından en büyük kirleticilerden biri tozdur.

3.1.1.2 Gaz halindeki emisyonlar

Kurutma ve pişirme sırasında ortaya çıkan gaz halindeki bileşikler, genel olarak ham maddelerden kaynaklanır, fakat yakıtlar da gaz halindeki kirleticilere katkıda bulunur. Flor bileşikleri, seramik proseslerinden kaynaklanan en önemli tipik kirleticilerdendir. Seramik sanayiine ilişkin gaz halindeki emisyonlar 3.1.1.2.1 ile 3.1.1.2.7 Kısımlarında açıklanmıştır:

3.1.1.2.1 Kükürt dioksit ve diğer kükürt bileşikleri

Baca gazlarındaki SO_x konsantrasyonu (temel olarak SO_2) ham maddenin ve yakıtın kükürt içeriği ile yakından ilgilidir. Seramik materyaller, pirit (FeS_2), jips, diğer sülfatlar ve organik kükürt bileşikleri halinde kükürt içerebilir. Gaz halindeki yakıtlar neredeyse kükürtsüzdür, ancak katı yakıtlar ve fuel oil, yanmaları ile kükürt oksit oluşumuna katkıda bulunur.

Ham maddelerden kaynaklanan basit bileşiklerin (örn. yanma sırasında $CaCO_3$ 'ün ayrışması sonucu oluşan CaO), kükürt oksitlerle reaksiyona girerek kükürt emisyonlarını azaltabileceğine dikkat edilmelidir. Reaksiyonun ürünleri, ürünün kütlesinde tutulur.

3.1.1.2.2 Azot oksitler ve diğer azot bileşikleri

NO_x genellikle yakma havasından çıkan azot ve oksijenin termal 'bağlanması' ile oluşur. Bu reaksiyon genellikle yüksek sıcaklıklarda (özellikle $>1200\text{ }^{\circ}C$) ve fazla oksijen varlığında gerçekleşir. Fırının gerçek sıcaklığının $1200\text{ }^{\circ}C$ 'nin altında olduğu durumlarda bile, bağlanma sıcak alevlerle meydana gelebilir.

Yakıtlarda (genellikle katı veya sıvı türdekiler) veya organik katkılarda bulunan azot bileşikleri, çok daha düşük sıcaklıklardaki yanmalarda NO_x oluşturur.

3.1.1.2.3 Karbon monoksit (ve karbon dioksit)

Karbon monoksit (CO) seramik kütledeki organik maddenin, özellikle düşük oksijenli koşullarda yanması ile ortaya çıkar. Aynı zamanda kütledeki ‘sabit karbon’ ile, pişirme sırasında kalsiyum veya magnezyum karbonat gibi alkali ve alkali toprak karbonatlarının termik ayrışması ile salınan karbon dioksitin (CO₂) reaksiyonu ile de oluşabilir:

- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$

(Karbon dioksit yukarıda gösterildiği gibi oluşur ve karbonun, fosil yakıtların yakılması sırasında ortaya çıkan temel oksididir.)

3.1.1.2.4 Uçucu organik bileşikler (UOB’ler)

Seramik ham maddelerinin kendilerinde organik materyal bulunabilir, bunun yanında birçok organik madde de bağlayıcı, gözenek oluşturmaya yardımcı, kurutma yardımcısı, yapıştırıcı, kütle yakıtı, yanma katkıları vb. olarak eklenir.

Isıtma prosesinin erken aşamalarında organik bileşiklerin karbonlaşması meydana gelerek kompleks çeşitlilikte UOB’lerin salınımına neden olabilir.

3.1.1.2.5 Metaller ve bileşikleri

Seramik ham maddelerinin çoğunda ağır metal içeriği oldukça azdır ve emisyonla ilgili sorunlara neden olmaz. Seramik pigmentleri ve sır materyallerinde istisnalar meydana gelebilir, ancak güncel uygulamalarda yüksek sıcaklıklarda kararlı ve silikat sistemlerinde durgun olan, metalik oksitlerin kararlı bir kristal yapısına sahip olduğu spinel veya zirkon gibi renkli bileşiklerin (‘lekeleyici’ pigmentler) kullanılmasıdır [23, Seramik TÇG, 2005]. Bu tür sırlar aynı zamanda aşırı kısa pişirme çevrimlerine tabi olduğundan, uçuculuk riski de en aza indirilir.

Ağır fuel oiller ve katı yakıtlar düşük seviyede nikel ve vanadyum içerebilir; ancak testler bu elementlerin pişirme sırasında ürünle reaksiyona girerek büyük ölçüde absorbe edildiğini göstermiştir.

3.1.1.2.6 Klor ve bileşikleri

Killerin büyük çoğunluğu, genellikle deniz suyu oluşumundan kaynaklanan eser miktarda klorür içerir, bununla beraber katkıları veya klorür içeren su da muhtemel hidroklorik asit (HCl) kaynaklarıdır (örn. ham maddelerin hazırlanması sırasında eklenen suyun Cl içeriği 50 – 100 mg/l arasında, hatta daha yüksek olabilir) [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]. 850 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda klorür içeren mineral tuzların, 450 ila 550 °C arasındaki sıcaklıklarda ise klorür içeren organik bileşiklerin ayrışması nedeniyle, pişirme işlemi sırasında fırının baca gazlarında HCl gözlenir [25, Voland, 2004].

3.1.1.2.7 Flor ve bileşikleri

Doğal ham maddelerin neredeyse tamamında, cüzi miktarlarda florür bulunur (florür killerde ve sulu minerallerde OH gruplarının kolayca yerine geçer). Hidroflorik asit (HF) genellikle, kil materyalde mevcut olan bu florosilikatların ayrışmasıyla ortaya çıkar. HF emisyonları iki mekanizma doğrultusunda meydana gelir:

- yüksek oranda kilin türüne bağlı olan, florürlü minerallerin doğrudan ayrışması ile (örn. 550 °C üzeri sıcaklıklarda smektit, 750 °C üzeri sıcaklıklarda illit, 600 ile 700 °C üzeri sıcaklıklarda apatit),
- 900 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda CaF_2 'nin ayrışması (reaksiyon, su buharının varlığı ile kolaylaşır) [23, Seramik TÇG, 2005], [25, Volland, 2004].

Bu bağlamda, fırın ortamında mevcut olan su (örn. yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan) HF oluşumu mekanizmasında önemli bir rol oynar. Aşağıdaki reaksiyonlar söz konusudur:

- $\text{mineral-F} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{mineral-OH} + \text{HF}$ (1) (mineral-f hidroliziyle HF salınımı)
- $2\text{HF} + \text{CaO} \rightarrow \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (2) (HF'nin yeniden emilimi)
- $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HF} + \text{CaO}$ (3).

Reaksiyon (2), fırının ön ısıtma kısmında, kısmen daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşir. Bu, CaCO_3/CaO 'nun (kireçtaşı/kireç) varlığının niçin HF emisyonlarını ciddi seviyede azaltabileceğini açıklar. Yavaş ön ısıtma, yeniden emilim için gerekli reaksiyon süresini artırır ve daha az HF emisyonu sağlayabilir. Reaksiyon (3), fırının içindeki su konsantrasyonunun çok yüksek olduğu durumlarda daha yüksek sıcaklıklarda (>900 °C) gerçekleşir [2, VITO, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005].

Baca gazlarındaki florür konsantrasyonu yalnızca ham maddedeki seviye ile değil, aynı zamanda su buharının varlığı, kütlelerin kompozisyonu ve sıcaklık eğrisi ile de ilgilidir; ayrıca ortam ve pişirilecek cismin spesifik yüzeyi de H_2O ve HF'nin cismin içine ve dışına difüzyonunu etkiler (bkz 4.3.3.1 ve 4.3.3.2) [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

3.1.2 Suya emisyonlar

Su, seramik üretim sanayiinde çok önemli bir ham madde olmakla beraber, kullanım miktarı sektörler ve prosesler arasında büyük değişiklik gösterir. Seramik karışımlarına doğrudan eklenen su, daha sonra kurutma ve pişirme aşamalarında havaya buharlaştırıldığından, atık suyla ilgili sorunlara yol açmaz. Proses atık suyu çoğunlukla üretim sürecinde kil materyallerin temizlenirken suda bekletilmeleri ve ekipman temizliği ile ortaya çıkar, ancak sulu çıkış gazı yıkayıcılarının kullanılmasında da suya emisyon salınımı gerçekleşir.

Tuğla ve kiremitlerin, vitrifiye kil boruların ve refrakter ürünlerin imalatında da, sırlama veya astarlama gibi yüzey işlemleri veya ıslak öğütme yapıldığı takdirde az miktarlarda proses atık suyu ortaya çıkar. Karıştırma, astarlama ve sırlama birimlerinin ve kalıpların temizliğinde de ek olarak atık su ortaya çıkar. Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde ise genellikle proses atık suyu meydana gelmez; yalnızca fırının soğutma suyu yağ ayırıcısından geçer ve soğutma devresine geri döner.

Duvar ve zemin karoları, sofa ve süs eşyaları, sıhhi tesisat gereçleri, teknik seramikler ve inorganik bağlayıcı aşındırıcılar sektörlerinde ise proses atık suyu temel olarak hazırlık ve döküm ünitelerinin temizliğinde, sırlama ve dekorasyon proseslerinde veya sonraki işlemler sırasında öğütme suyu olarak ortaya çıkar.

Bileşik işleme veya ekipman temizliği sonucu ortaya çıkan atık su, genellikle ilgili proseste kullanılanlarla aynı ham madde ve yardımcı maddeleri içerir. Kural olarak bu bileşikler suda çözünmez.

Proseste atık su genellikle, sır ve kil minerallerinin asılı kalan ince parçacıklarından kaynaklanan bulanıklık ve renk sergiler. Kimyasal açıdan bakıldığında, bunlar aşağıdakilerin varlığıyla karakterize edilir:

- askıda katı maddeler: kil, frit ve genel olarak çözünmez silikatlar,
- çözülmüş anyonlar: sülfatlar,
- askıda ve çözülmüş ağır metaller: örn. kurşun ve çinko,
- az miktarlarda bor,
- eser miktarda organik madde (sırlama işlemlerinde kullanılan serigrafi araçları ve tutkallar).

3.1.3 Proses kayıpları/atıklar

Seramik ürünlerin üretiminden kaynaklanan proses kayıpları/atıklar çoğunlukla şunlardan oluşur:

- kütlenin hazırlanması, sırnın hazırlanması ve uygulama ekipmanı temizliğinde ve ıslak öğütmeye ilişkin proseslerde ortaya çıkan suyun arıtılması sırasında ortaya çıkan farklı türlerdeki çamurlar. Farklı üretim proseslerinde ortaya çıkmasının yanında, aynı tesisin içerisinde dahi çamur oluşumunda düzensizlik yaratan çok çeşitli ham maddeler (çeşitli sırlar, fritler, killer, vb.) kullanıldığından, çamurlar miktar ve kompozisyonları bakımından ciddi farklılıklara sahiptir.
- şekillendirme, kurutma, pişirme, sonraki işlemlerle ortaya çıkan kırık materyal/ürün ve kırık refrakter materyal
- gazsız temizleme birimlerinde ortaya çıkan toz
- şekillendirme için kullanılmış olan alçı kalıplar
- baca gazı temizleme sistemlerinde kullanılmış olan emici maddeler (granüllü kireçtaşı, kireçtaşı tozu)
- paketleme aşamasında ortaya çıkan atıklar (plastik, ahşap, metal, kağıt, vb)
- katı yakıtların yakılması ile kül gibi katı atıklar ortaya çıkar.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesiste geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, diğer sanayilerde kullanılmak veya harici atık geri dönüşüm veya su tahliyesi tesislerine gönderilmek üzere tesisi terk eder.

3.1.4 Gürültü emisyonları

Seramik ürünlerin üretiminde, proseslerinin bazıları esnasında gürültü ortaya çıkar. Gürültü genellikle gürültülü makinelerin çalıştırılmasından veya gürültülü prosedürlerin yürütülmesinden kaynaklanır.

3.1.5 Muhtemel emisyon kaynakları ve emisyon yolları

Aşağıdaki tabloda, seramik üretiminde önemli proses aşamalarındaki muhtemel emisyon kaynakları ve bunlara karşılık gelen emisyon yolları verilmiştir [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [27, VDI, 2004], [30, Seramik TÇG, 2005].

Proses aşaması	Emisyonun kaynaklandığı yer				Emisyonun salındığı yer			Gürültü emisyonu
	Ham madde	Seramik kütlesi	Dekorasyon	Yakıt	Hava	Su	Kara (proses kayıpları/atıklar)	
Ham madde hazırlama								
Birincil/ikincil kırma ve öğütme	X				X		X	X
Kuru çekme ve kuru karıştırma	X			X ¹⁾	X		X	X
Islak çekme ve ıslak karıştırma	X					X	X	X
Eleme/sınıflandırma	X				X		X	X
Aktarma	X				X		X	
Silolarda saklama	X				X			X
Kütle hazırlama								
Döküm bulamacı		X				X		
Yumuşak plastik şekillendirme için ekstrüzyon macunu		X			X	X	X	
Talaş kaldırma prosesleri ile sert plastik şekillendirme kütleleri		X				X	X	
Toz halinde presleme tozu, kuru proses		X			X	X	X	X
Toz halinde presleme tozu, püskürtmeli kurutma prosesi		X		X	X	X	X	X
Ufalama		X			X			X
Şekillendirme								
Alçı kalıba dökme		X				X		
Yumuşak plastik şekillendirme ('ekstrüzyon')		X				X	X	
Keserek şekillendirme		X					X	
Presleme		X			X	X ²⁾	X	X
Yaş kütlelerin işlenmesi		X			X	X	X	
Kurutma								
Aralıklı ve sürekli kurutucular		X		X	X			X
Dekorasyon								
Sırlama			X		X	X	X	
Astarlama			X		X ³⁾	X	X	
Baskı			X		X	X	X	
Pişirme								
Aralıklı ve sürekli fırınlar	X	X	X	X	X			X
Sonraki işlemler		X	X		X	X	X	X
Materyal depolama	X	X		X	X ⁴⁾			X

¹⁾ Örn. genişletilmiş kil agregaların sıcak kuru öğütülmesi gibi özel uygulamalarda mümkün

²⁾ Yalnızca soğutma suyu

³⁾ Örn. seramik karolar gibi bazı sektörlerde

⁴⁾ Materyal depolama yakıtların depolanmasını da kapsar

Tablo 3.1: Seramik endüstrisinde olası emisyon kaynakları ve emisyon yollarına genel bakış

3.2 Tüketim - genel hususlar

3.2.1 Enerji tüketimi

Seramik üretiminde birincil enerji kullanımı fırında pişirmede gerçekleşir ve birçok proseste, ara veya şekillendirilmiş ürünlerin kurutulması da yoğun enerji tüketir. Kurutma ve pişirme işlemlerinin çoğunda doğalgaz, LPG ve fuel oil kullanılır, ancak katı yakıtlar, elektrik, LNG ve biyogaz/biyokütle de kullanılmaktadır.

Fabrika içerisinde ham maddelerin parçalanması ve karıştırılmasında kullanılan makineler ve kütlelerin şekillendirilmesi elektrik enerjisine ihtiyaç duyar. Madenden ham maddelerin çıkarılmasını içerebilecek olan sahada taşıma ve yük arabalarıyla fabrika içerisinde taşıma faaliyetlerinin sağlanması için ise dizel yakıt gereklidir. Ayrıca elektrik (bataryalı) ve LPG tüpleri (bütan, propan) de, örneğin forkliftlerle, sahada taşıma faaliyetlerinde kullanılır.

Tuğla ve çatı kiremitleri ile duvar ve zemin karoları sektörleri en büyük enerji tüketicileridir, ancak bu durum büyük tonajlı çıktılarıyla ilişkilidir. Tuğla ve çatı kiremitleri sektörü, spesifik enerji tüketimi bakımından en yüksek verimliliğe sahiptir. [3, CERAME-UNIE, 2003].

Yine de belirli sofra gereçleri ve teknik seramiklerin üretiminde fırınların elektrikli ısıtılmasının uygulandığı da unutulmamalıdır [14, UBA, 2004], [17, Burkart, 2004]. Bu, istenen kaliteyi elde etmek için gereklidir.

3.2.2 Su tüketimi

Neredeyse tüm seramik proseslerinde su kullanılır; iyi kaliteli su kil ve sırların, ekstrüzyonla şekillendirilecek kil kütlelerinin, kalıplanacak ‘çamurların’ ve püskürtmeyle kurutulan tozların hazırlanması ve ıslak çekme/öğütme, yıkama işlemleri için çok önemlidir.

Su, çeşitli amaçlar için kullanılır; bu amaçlar temel olarak kütle için ham madde ve hazırlık, sırlar için ham madde, yıkama sıvısı ve soğutma aracı olarak kullanımdır. Sırlama, yıkama ve soğutma için iyi kaliteli su gereklidir. Sırlama kısmındaki yıkama işlemleriyle elde edilen işlenmemiş proses atık suyu gibi düşük kaliteli su, kütle için uygun olabilir. Proses atık suyunun yeniden kullanım tekniklerinde bu farklı kaliteler göz önünde bulundurulur.

3.2.3 Ham madde tüketimi

2. Bölümde de belirtildiği üzere, seramik sanayiinde geniş çeşitliliğe sahip ham maddeler tüketilir. Bunlar, yüksek tonajlardaki temel şekillendirici materyalleri, çeşitli katkıları, bağlayıcıları ve daha az kullanılan yüzey uygulamalı dekoratif materyalleri içerir.

3.3 Emisyon ve tüketim verilerinin sunumu

Bu kısımda, üretim süreçlerinde güncel olarak gözlemlenen emisyon ve tüketim seviyeleri raporlanmıştır. Bilgiler, güncel olarak gözlemlenen enerji, su ve ham madde kullanımlarını; kullanılabilir ölçüde veriler ise, çamur kompozisyonları ve katı proses kayıpları gibi alt proseslere ait girdiler ve çıktılar ile faaliyetlerden kaynaklanan, suya ve havaya gerçekleştirilen emisyonları içerir. Gürültü emisyonu verileri dahil edilmemiştir, zira gürültüye ilişkin boyutların çoğu sektöre özgü değildir ve seramik üretim sektörlerinde gürültü emisyonuna dair kullanılabilir veri mevcut değildir.

Performans verileri, mümkün olduğu ölçüde işletim koşullarının detayları, numunelendirme ve analitik yöntemler ve istatistiksel sunumlar (örn. ortalamalar, maksimumlar ve minimumlar, aralıklar) ile nitelendirilecektir.

Hacimsel akış hızları ve konsantrasyonlarında standart koşullar için, ayrıca Terimler Sözlüğünde de verilmiş olan aşağıdaki tanımları inceleyiniz:

m ³ /s	hacimsel akış hızı: aksi belirtilmediği sürece, bu belgedeki hacimsel akış hızı, hacmen %18 oksijen ve standart hali ifade eder.
mg/m ³	konsantrasyon: aksi belirtilmediği sürece, belgede gaz halindeki maddelerin veya madde karışımlarının konsantrasyonları, hacmen %18’lik oksijen ve standart haldeki kuru baca gazını; benzen konsantrasyonları ise hacmen %15’lik oksijen ve standart hali ifade eder.
standart hal	273 K sıcaklık ve 1013 hPa basıncı ifade eder.

Diğer faydalı bilgilere Genel İzleme İlkeleri konulu Referans Belge (MON) ile ulaşılabilir.

Seramik sanayiinin karmaşık yapısı göz önünde bulundurulduğunda, güncel olarak gözlenen emisyon ve tüketim seviyelerine dair örnekler ve aralıklar cinsinden veriler, bu kısımda verilen tablo ve şekiller ile sektörel bazda özetlenmiştir.

3.3.1 Tuğlalar ve çatı kiremitleri

3.3.1.1 Emisyon verileri

Tuğlalar ve çatı kiremitlerinin üretimi sırasında ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonları mevcuttur. Bu kısımda, tuğlalar ve çatı kiremitlerinin pişirilmesiyle ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

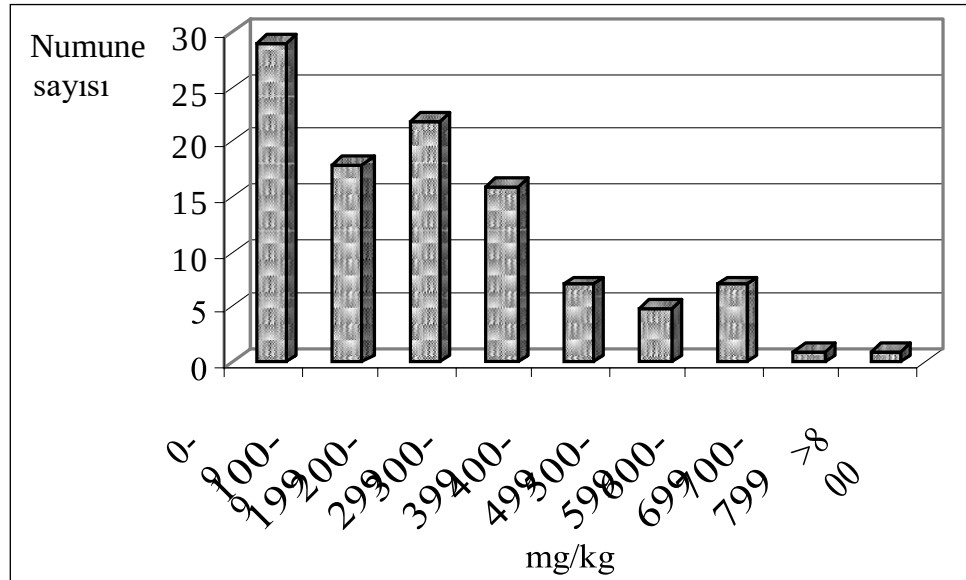
Tuğlalar ve çatı kiremitlerinin üretiminde pişirme işlemi, havaya ciddi ölçüde emisyonla sebep olur. Bu bağlamda, coğrafi değişiklikler nedeniyle; emisyonların ülkeden ülkeye, hatta aynı ülkede kullanılan farklı kil ham maddelere ve ayrıca ürünlerin çeşitliliğine uyum sağlamak için uygulanan çeşitli imalat tekniklerine bağlı olarak, sahadan sahaya bile değişiklik gösterebileceğini belirtmek gerekir. Bu durum 2.3.1.1 Kısımında (özellikle bkz. Tablo 2.1) da belirtilmiştir.

Burada, aşağıdaki tablodaki veriler, bazı Avrupa ülkelerinde gerçekleşen florür, klorür, kükürt oksitler, azot oksitler, toz ve karbon monoksit emisyonlarının aralıklarını göstermektedir. Tablodaki verilerin tamamı, fırınların temizlenmemiş baca gazlarının emisyonlarıdır; yani herhangi bir emisyon azaltıcı ekipman hesaba katılmamıştır [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [21, Almeida, 2004].

Emisyon bileşeni (mg/m ³)	Avusturya	Fransa	Hollanda	İtalya	Danimarka *)	
HF olarak florür						
Minimum	0	1	1	0	10	
Maksimum	60	130	150	350	150	
HCl olarak klorür						
Minimum		0	1	0	5	
Maksimum		30	32	200	50	
SO_x olarak kükürt						
Minimum	5	0	2	0	20	
Maksimum	100	1090	630	3200	700	
NO_x olarak azot						
Minimum	9	5	27	5	50	
Maksimum	80	200	464	100	200	
Toz						
Minimum	0	1	1	1	5	
Maksimum	13	180	64	40	40	
Karbon monoksit						
Minimum		0	7	100		
Maksimum		1200	701	500		
*) Baca gazının ölçülen oksijen içeriğine karşılık gelen hacmen %15-19'luk oksijen konsantrasyonu referansı						
Emisyon bileşeni (mg/m ³)	Belçika	Birleşik Krallık	Almanya	Macaristan	İsviçre	Portekiz
HF olarak florür						
Minimum	6	1	1	0	0	1
Maksimum	117	200	250	20	22	80
HCl olarak klorür						
Minimum	0	1	0			Tespit edilmemiştir
Maksimum	270	125	95	50		160
SO_x olarak kükürt						
Minimum	3	8	1	1	1	3
Maksimum	3485	2450	3000	350	281	443
NO_x olarak azot						
Minimum	0	0	10	0	36	14
Maksimum	174	160	450	780	147	132
Toz						
Minimum	2	0	5	1	1	8
Maksimum	449	100	150	100	29	125
Karbon monoksit						
Minimum	23		0	1	7	2
Maksimum	1950		1500	1500	483	500

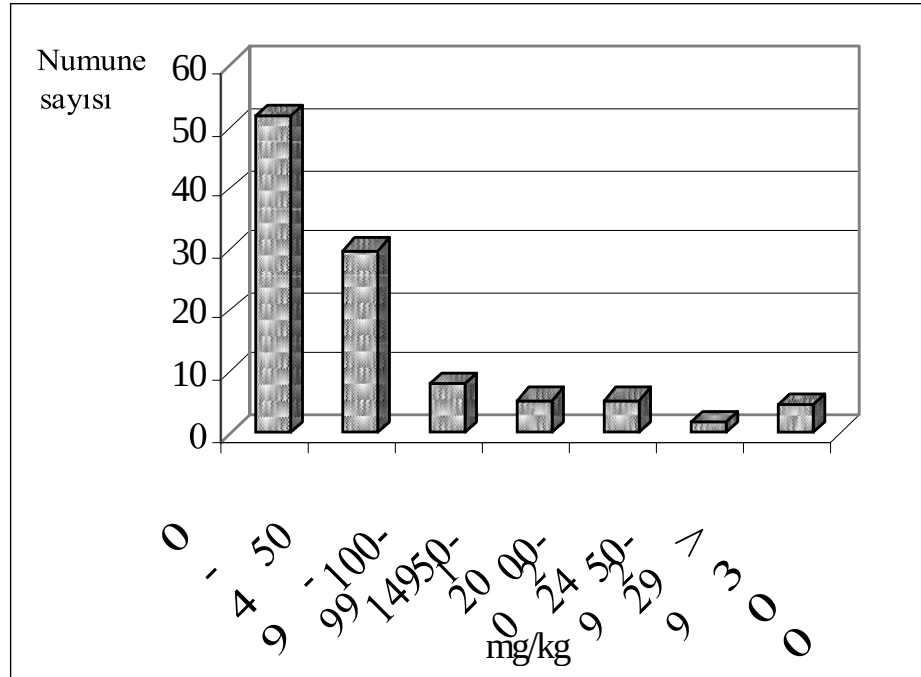
Tablo 3.2: Tuğlalar ve çatı kiremitlerinin üretiminde pişirme işleminden kaynaklanan ham baca gazı emisyonları

Tablo 3.2’de gösterildiği üzere, florür emisyonları önemli ölçüde çeşitlilik gösterir. Bu durum ham maddelerin florür içeriğindeki farklılıkların yanı sıra, kullanılan üretim tekniklerinin de farklılığından da kaynaklanır. Örnek olarak, aşağıdaki şekilde İtalya’daki araştırmalara dayanarak ve Şekil 2.9’a atıfta bulunarak, son ürüne göre salınan florürün dağılımı gösterilmektedir [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].



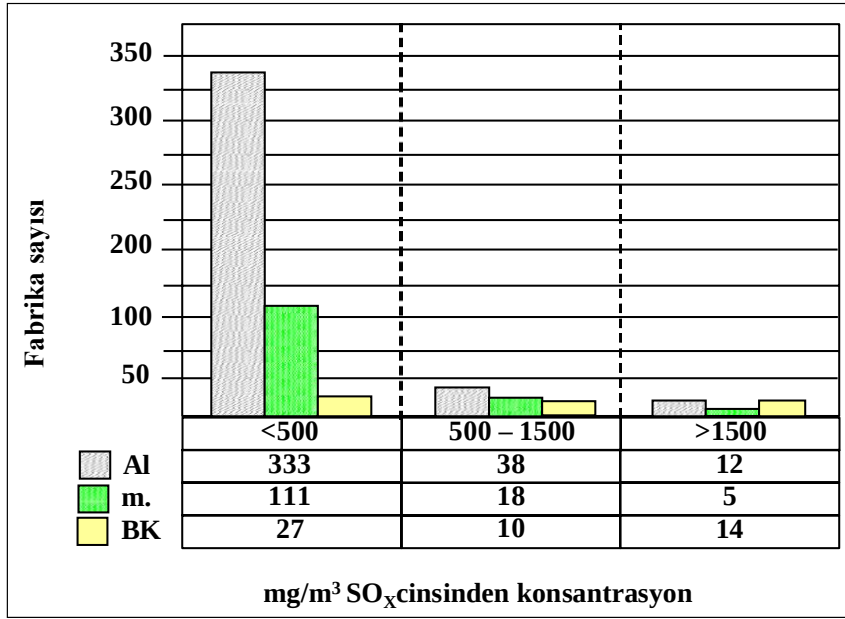
Şekil 3.1: İtalyan tuğla ve çatı kiremiti sanayiinde salınan florürün dağılımı

Benzer varyasyonlar, klorür emisyonlarında (bkz Tablo 3.2) da meydana gelmektedir; İtalya'nın tuğla ve çatı kiremiti sanayiinde son ürüne göre salınan klorürün dağılımı aşağıdaki şekilde gösterilmektedir [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 3.2: İtalyan tuğla ve çatı kiremiti sanayiinde salınan klorürün dağılımı

Aşağıdaki tabloda Almanya, Birleşik Krallık ve Belçika'daki kükürt emisyonları, bazı tuğla ve çatı kiremiti fabrikaları ile ilgili emisyon aralıklarının ilişkisi olarak gösterilmiştir. Burada, killerdeki kükürt içeriğinin varyasyonu (bkz. Şekil 2.12) da önemli bir rol oynamaktadır, örneğin düşük kükürt içerikli killerin kullanımıyla ortaya çıkan kükürt emisyonu aralıkları, yüksek kükürt kullanımıyla ortaya çıkanlara göre daha düşüktür [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Şekil 3.3: Almanya, Birleşik Krallık ve Belçika'daki SO_x emisyonları

Ham gazların kullanılan yakıtlarla ilişkili işletim verilerinin aralıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir [4, UBA, 2001],[27, VDI, 2004], [30, Seramik TÇG, 2005].

Emisyon bileşeni	Birim	Gaz yakıt	Ekstra hafif fuel oil	Ağır fuel oil	Kömür
Toz	mg/m ³	1 – 20	1 – 30	5 – 50	30 – 150***
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	mg/m ³	20 – 200	20 – 200	20 – 200	20 – 200
SO ₂ olarak belirtilen SO _x (ham maddenin S içeriği < %0,12*)	mg/m ³	10 – 300**	10 – 300**	30 – 500**	30 – 500**
HF olarak belirtilen inorganik flor bileşikler	mg/m ³	1 – 20**	1 – 20**	1 – 20**	1 – 20**
HCl olarak belirtilen inorganik klor bileşikler	mg/m ³	1 – 120	1 – 120	1 – 120	1 – 120

*) Ham maddedeki S içeriği > %0,12 olan 1500 mg SO₂/m³ üzeri muhtemel değerler
 **) Yüksek kireç içerikli ham maddelerin kullanılması halinde daha düşük HF ve SO₂ değerleri mümkündür
 ***) Linyit kullanımında 700 mg/m³'e kadar toz içeriği ortaya çıkabilir

Tablo 3.3: Ham gazın çeşitli yakıtlarla kullanımına dair işletim verileri

Petrol koku gibi, 2.3.1.5 Kısımında bahsedilen diğer yakıtlar için kullanılabilir emisyon verisi mevcut değildir.

UOB'ler, tuğla pişirme işlemlerinin tamamındaki ham baca gazlarında bulunmaz, genellikle gözeneklilik oluşturmak için eklenen organik katkılar kullanıldığında ortaya çıkarlar. Ham baca gazındaki bu organik içerikler, gözeneklilik derecesine ve fırının ön ısıtma alanının işletim koşullarına bağlıdır. Genellikle farklı gözenek oluşturu maddelerin karışımı kullanılır. Aşağıdaki tabloda çeşitli gözenek oluşturu maddeler kullanılarak elde edilen ham gaz aralıkları gösterilmiştir [4, UBA, 2001].

Emisyon bileşeni	Birim	Polistiren	Talaş ve kağıt bağlayıcı maddeler
Toplam C olarak belirtilen organik maddeler	mg/m ³	50 – 250	50 – 250
Benzen	mg/m ³	1 – 65	1 – 5
Fenol	mg/m ³	1 – 5	1 – 20
Formaldehit	mg/m ³	1 – 20	5 – 100
Aldehit (C1 – C4)	mg/m ³	1 – 20	25 – 180
Karbon monoksit ^{*)}	mg/m ³	<300	<1500
*) Yüksek CO değeri, yanmanın tamamlanmadığına işaret eder			

Tablo 3.4: Çeşitli gözenek oluşturu maddelerin ham gaz değerleri

Aşağıdaki tabloda gösterilen temiz gaz değerleri, gözenekli kil blokların üretimindeki ortalama değerlerdir ve çalıştırılan baca gazı temizleme ünitelerine ilişkin kullanılabilir bilgi mevcut değildir. İlgili işletim verilerinin aralıkları, tablonun üst kısmında verilmiştir. Tablo aynı zamanda işletim verileri, emisyon konsantrasyonları ve ilgili emisyon faktörleri arasındaki ilişkiyi de gösterir (bir kilo tuğlanın üretimine karşılık gelen emisyonlar (kg_T)) [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Emisyon kaynağı	Tünel fırın
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	5000 – 50000
Baca gazı sıcaklığı (°C)	100 – 200

Emisyon bileşeni	Temiz gazın ortalama konsantrasyonu (mg/m ³)	Emisyon faktörü, ortalama değeri (mg/kg _T)
Toz	11,6	17,6
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	121,0	184,0
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	26,1	39,6
CO ₂	98200	149000
CO	124,6	189,0
HF olarak belirtilen inorganik flor gazı	2,7	4,1
HCl olarak belirtilen inorganik klor gazı	8,4	12,7
Toplam C olarak belirtilen organik maddeler	22,7	34,5

Tablo 3.5: Ortalama temiz gaz konsantrasyonları (gözenekli kil bloklar) ve bunlara karşılık gelen ürün kaynaklı emisyon faktörleri

Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 kil blok üreten duvar tuğlası fabrikaları, cephe tuğlası fabrikaları ve çatı kiremiti fabrikalarının harici teknik uzmanlar tarafından ölçülen baca gazı konsantrasyonlarına (sürekli olmayan, tek seferlik ölçümler) örnekler göstermektedir, tabloların üst kısmında ise ilgili işletim verileri verilmiştir. Tablolarda da belirtildiği gibi, fabrikaların çoğu baca gazı temizleme sistemleri kullanmakta, dolayısıyla değerler temiz gaz konsantrasyonlarını yansıtmaktadır [1, BMLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004], [2, VITO, 2003].

Parametre	DT 1	DT 2	DT 3	DT 4	DT 5
Baca gazı hacim akışı (m³/s)	22000	12400	25300	12440	32930
Baca gazı sıcaklığı (°C)	153	107	224	171	197
Yakıt	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
Gözenek oluşturuç madde	Talaş, polistiren, kağıt	Talaş	Talaş, kağıt	Talaş, ayçiçeği kabuğu, linyit	Talaş, polistiren, kağıt, linyit
Baca gazı temizleme	Termal son yakma	–	Termal son yakma	Termal son yakma	Termal son yakma

Emisyon bileşeni	DT 1	DT 2	DT 3	DT 4	DT 5
Toz	18,0	27,0	4,0	8,4	2,8
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	26,0	<4,0	178,0	72,2	2,8
HF olarak belirtilen Flor	3,0	<0,1	1,5	2,3	1,1
CH ₄ harici TOK	<5,0	19,0	11,5	11,9	4,0
Asetaldehit	–	<1	–	–	–
Benzen	0,18	<0,10	0,18	0,11	0,30
Stiren	0,20	<0,10	0,14	0,03	0,90
Formaldehit	0,005	<1,0	2,1	2,5	5,0
Fenol	0,12	<0,10	0,45	0,05	1,60
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	98	18	113	162	187
HCl olarak belirtilen Klorür	13,5	<1,0	10,5	7,0	9,9
CO	14	300	–	–	25
DT: duvar tuğlası fabrikası; mg/Nm ³ cinsinden birimler %18 O ₂ , Nm ³ /h _{kuru} veya °C'yi ifade eder					

Parametre	DT 6	DT 7	DT 8	DT 9	DT 10
Baca gazı hacim akışı (m³/s)	15100	20740	15420	27344	18300
Baca gazı sıcaklığı (°C)	131	155	153	102	186
Yakıt	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
Gözenek oluşturuç madde	Talaş, kağıt, linyit	Kağıt	Talaş	Kağıt, polistiren	Kağıt, polistiren
Baca gazı temizliği	–	Termal son yakma	–	Kireç yataklı filtre	Termal son yakma

Emisyon bileşeni	DT 6	DT 7	DT 8	DT 9	DT 10
Toz	1,2	1,9	<1,0	10,7	0,9
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	17,7	1,2	5,6	1,7	5,0
HF olarak belirtilen Flor	0,9	0,1	1,8	<0,1	1,1
CH ₄ harici TOK	16,5	5,6	97,1	19,0	3,0
Asetaldehit	–	–	–	<0,1	–
Benzen	4,7	1,5	3,0	0,4	0,1
Stiren	7,5	1,7	3,0	<0,1	2,0
Formaldehit	11,7	4,5	10,6	<0,1	1,3
Fenol	5,6	2,3	6,1	<0,1	0,1
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	24,2	64,8	43,0	33,6	73,0
HCl olarak belirtilen Klorür	2,4	1,2	5,0	<0,5	0,5
CO	–	39,2	–	–	44,0
DT: duvar tuğlası fabrikası; mg/Nm ³ cinsinden birimler %18 O ₂ , Nm ³ /h _{kuru} veya °C'yi ifade eder					

Tablo 3.6: Duvar tuğlası fabrikalarında temiz gaz konsantrasyonları

Parametre	CT 1	ÇK 1	ÇK 2	ÇK 3/4	ÇK 5
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	19500	13745	17214	31182	10500
Baca gazı sıcaklığı (°C)	165	84	159	154	202
Yakıt	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
Baca gazı temizliği	Kireç yataklı filtre	Kireç yataklı filtre	Kireç yataklı filtre	Kireç yataklı filtre	Kireç yataklı filtre

Emisyon bileşeni	CT 1	ÇK 1	ÇK 2	ÇK 3/4	ÇK 5
Toz	2,2	1,9	1,2	12,5	18,0
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	6,8	17,1	9,6	<1,6	20,0
HF olarak belirtilen Flor	1,4	4,5	<0,5	3,1	4,2
CH ₄ harici TOK	15,5	1,2	1,2	19,4	8,0
Formaldehit	0,2	–	–	–	–
Benzen	2,5	–	–	–	–
Stiren	2,5	–	–	–	–
Fenol	5,0	–	–	–	–
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	70,0	26,8	38,3	107,3	88,0
HCl olarak belirtilen Klorür	6,8	1,1	3,3	1,6	14,0
CT: cephe tuğlası fabrikası; ÇK: çatı kiremiti fabrikası; mg/Nm ³ cinsinden birimler %18 O ₂ , Nm ³ /h _{kuru} veya °C’yi ifade eder					

Tablo 3.7: Klinker tuğla fabrikaları ile çatı kiremiti fabrikalarının temiz gaz konsantrasyonları

Tablo 3.8 ve Tablo 3.9 Belçika’daki kil blok ve cephe tuğlası üretim fırınlarından güncel örnekler ve ilgili işletim verilerini göstermektedir [30, Seramik TÇG, 2005]. Fabrikalar, prosese entegre tedbirler ve boru sonu baca gazı temizleme teknikleri gibi farklı tedbirler uygulamaktadır. Prosese entegre tedbirler düşük kükürtlü ham maddelerin, CaCO₃’ün ve kalsiyum yönünden zengin katkıların eklenmesini içerir. Dolayısıyla tablolarda gösterilen değerler, ham gaz değerleri ve temiz gaz (prosese entegre tedbirler ve baca gazı temizliği sonrası) değerleridir.

Parametre	Kil bloklar 1	Kil bloklar 2	Kil bloklar 3	Kil bloklar 4
Baca gazı hacim akışı	58682 m ³ /s	61027 m ³ /s	51838 m ³ /s	61156 m ³ /s
Baca gazı sıcaklığı	180 – 220 °C	180 – 220 °C	180 – 220 °C	180 – 220 °C
Yakıt	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
Ham madde-kildeki kükürt içeriği	% 0,5 – 0,75	> %0,75	> %0,75	> %0,75
Gözenek oluşturu maddeler	Talaş	Talaş	Talaş	Talaş
Prosese entegre tedbirler	Düşük kükürt ve kalsiyum içeren ham maddeler	Düşük kükürt ve kalsiyum içeren ham maddeler	Düşük kükürt ve kalsiyum içeren ham maddeler	Düşük kükürt ve kalsiyum içeren ham maddeler, kalsiyum yönünden zengin katkıları
Baca gazı temizliği	Filtreyle kuru baca gazı temizleme	Kaskad tipi dolgu adsorberler	Kaskad tipi dolgu adsorberler	Kaskad tipi dolgu adsorberler
Adsorban madde	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃

Emisyon bileşenleri	Kil bloklar 1			Kil bloklar 2		
	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %
Toz	36	3	92	117	71	39
SO ₂ cinsinden SO _x	1436	1336	7	2051	1884	8
HF olarak belirtilen Flor	25	1	96	56	2	96
HCl olarak belirtilen Klorür	5	11	0	11	9	18
NO _x	22	21	5	36	31	14
TOK	105	77	27	108	71	34
CO	1021	1235	0	988	1038	0

Emisyon bileşenleri	Kil bloklar 3			Kil bloklar 4		
	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %
Toz	127	26	80	165	69	58
SO ₂ cinsinden SO _x	2883	2295	20	2893	2210	24
HF olarak belirtilen Flor	36	3	92	35	6	83
HCl olarak belirtilen Klorür	7	3	57	9	7	22
NO _x	52	21	60	16	36	0
TOK	219	106	52	51	86	0
CO	936	905	3	1137	1165	0

Tablo 3.8: Kil blok üretiminde ham gaz ve temiz gaz emisyon değerleri

Parametre	Cephe tuğlası 1	Cephe tuğlası 2	Cephe tuğlası 3	Cephe tuğlası 4
Baca gazı hacim akışı	56830 m ³ /s	16319 m ³ /s	35000 m ³ /s	22915 m ³ /s
Baca gazı sıcaklığı	230 °C	150 °C	110 °C	124 °C
Yakıt	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
Ham madde-kildeki kükürt içeriği	% 0,5 – 0,75	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Baca gazı temizliği	Filtreli kuru baca gazı temizleme	Kaskad tipi dolgulu adsorberler	Kaskad tipi dolgulu adsorberler	Kaskad tipi dolgulu adsorberler
Adsorban madde	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃

Emisyon bileşenleri	Cephe tuğlası 1			Cephe tuğlası 2		
	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %
Toz	9	14	0	19	12	37
SO ₂ cinsinden SO _x	967	635	34	141	163	0
HF olarak belirtilen Flor	21	1	95	23	6	74
HCl olarak belirtilen Klorür	6	1	83	3	3	0
NO _x	18	19	0	49	67	0
TOK	6	4	33	6	15	0
CO	110	129	0	177	135	24

Emisyon bileşenleri	Cephe tuğlası 3			Cephe tuğlası 4		
	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %	Ham gaz değeri mg/Nm ³	Temiz gaz değerleri mg/Nm ³	Azaltım verimliliği %
Toz	30	5	83	8	4	44
SO ₂ cinsinden SO _x	150	36	76	27	10	63
HF olarak belirtilen Flor	60	0,5	99	12	0,1	99
HCl olarak belirtilen Klorür	10	0,6	94	5	0,4	92,5
NO _x	100	64		110	98	11
TOK				4,1	4	2,4
CO	150	97		90,5	54	40,3

Tablo 3.9: Cephe tuğlası üretiminde ham gaz ve temiz gaz emisyon değerleri

Havaya emisyonlar, pişirme işlemi birlikte, üretimin aşağıda belirtilen diğer adımlarında da ortaya çıkar [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]:

- ham maddelerin depolanması ve fabrika içinde taşınması sırasında depolama, tartım, nakil ve taşıma birimlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- klinker kütlelerinin kuru hazırlık sürecinde toz emisyonları meydana gelir.
- kuru kütlelerin şekillendirilmesi esnasında (presleme) toz emisyonları meydana gelir.
- kullanılan sırlama veya astarlama tekniğine bağlı olarak, sırlama ve astarlama esnasında toz emisyonları meydana gelebilir.
- kalibre edilmiş tuğlalar gibi bazı tuğla ürünleri pişirildikten sonra öğütülür. Bu nedenle, kuru öğütme esnasında da toz ortaya çıkabilir.

Suya emisyonlar

Tuğla ve kiremitlerin üretiminde sırlama veya astarlama gibi yüzey işlemleri yapıldığı takdirde, temizleme suyu olarak az miktarlarda proses atık suyu ortaya çıkar. Fazlalık olan sır ve astarlar toplanır ve üretim çevrimine geri beslenir. Ham madde hazırlık ünitelerinin ve kalıpların temizliği sonucu ek miktarlarda proses atık suyu oluşabilir. Bu su da genellikle kapalı devrelerde yeniden kullanılır [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]. Suya emisyonlara dair kullanılabilir veri mevcut değildir.

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık mallar ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler).
- ham madde hazırlığı (birimlerin temizlenmesi) veya kalıpların ve sırlama veya astarlama birimlerinin temizliği sırasında ise çamur ortaya çıkabilir.
- çatı kiremiti üretimi sırasında kullanılmış ve kırık alçı kalıplar ortaya çıkar.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.
- katı yakıtların yakılması ile kül gibi katı atıklar ortaya çıkar.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesiste geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, diğer sanayilerde kullanılmak veya harici atık geri dönüşüm veya su tahliyesi tesislerine gönderilmek üzere tesisi terk eder [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

3.3.1.2 Tüketim verileri

Enerji tüketimi

Kil tuğla ve çatı kiremitlerinin üretimi yoğun enerji tüketir; zira bu ürünler ham maddeyi, tamamen farklı özelliklere sahip bir materyal olan pişirilmiş kile dönüştürmek için gereken yüksek sıcaklıkların söz konusu olduğu bir proses ile üretilirler. Ürünün türüne bağlı olarak, toplam üretim maliyetinde enerjinin payı, genellikle %17-30 arasında değişiklik gösterir, maksimum değerler ise %40'lara kadar çıkabilir. Fırınlarda pişirmede, günümüzde en çok kullanılan enerji kaynağı doğalgazdır ve toplam enerji tüketiminin neredeyse %90'ına karşılık gelir; ancak bazı durumlarda sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), fuel oil, kömür, turba ve elektrik de enerji kaynağı görevi görür [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Sektörde enerji için temel gereksinim, kilin her türlü inşaat faaliyetine uyumlu, dayanıklı bir yapıya dönüştürülmesi prosesi içindir. Enerji tüketimi, kullanılan pişirme tekniklerinin yanında ham maddeye, üretim sürecine ve ürünün türüne de bağlıdır. Belirli bir pişirme prosesinin enerji verimliliği daha yüksek olabilir, ancak her ürün için uygun olmayabilir.

Avrupa'da, spesifik enerji tüketiminde çeşitli inşaat ve kullanılan ürün türlerine göre büyük farklılıklar gözlenmektedir. Farklı ürün türlerinin her biri, pişirme prosesine (örn. pişirme sıcaklığı, çekme süresi ve ortam yoğunluğu) bağlı spesifik enerji tüketim modeline sahiptir.

Konutların çoğunun hafif bloklarla inşa edildiği Avusturya, Almanya ve İtalya'da düşük olan enerji kullanımı 1,1 – 1,9 GJ/ton değerindedir. Blokların düşük yoğunluğu, gözenek oluşturu materyallerin kile eklenmesi ve/veya kilde var olması ile sağlanır. Bu materyaller genellikle organik maddelerdir. Kil tuğla üretiminin enerji dengesine katkıda bulunurlar, dolayısıyla spesifik birincil enerji tüketimi (doğalgaz, sıvı yakıt) düşük olur.

Özellikle Kuzey Avrupa'da, yüksek sayıda cephe tuğlası dış bir katman olarak kullanılır. Bu tuğlalar genellikle daha yoğun olurlar ve hafif bloklara göre daha yüksek sıcaklıklarda pişirilirler. Bunun sonucu olarak, cephe tuğlalarının üretiminde spesifik enerji tüketimi daha fazla, 2,5 – 2,7 GJ/ton değerindedir.

Birleşik Krallık'ta karşılaşılan geniş çeşitliliğin (1,4 – 2,4 GJ/t) nedeni, tuğla üretiminde kullanılan kildeki organik materyalin miktarıdır (aşağı Oxford kilinin miktarının Fletton tuğlalarında yüksek, diğer tuğlalarda az olması) [3, CERAME-UNIE, 2003].

Tablo 3.10 ve Tablo 3.11'de Avusturya'daki tuğla ve çatı kiremiti üretimi yapan tesislerin doğalgaz ve enerji tüketiminden örnekler ve İspanya'dan enerji tüketim verileri ile, tuğla ve çatı kiremiti sektöründeki genel spesifik enerji tüketimleri gösterilmiştir [1, BMLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Enerji kaynağı/tüketim	Birim	Duvar tuğlaları	Cephe tuğlaları	Çatı kiremitleri
Doğalgaz (Av.)	GJ/t	1,02 – 1,87	2,87	1,97 – 2,93
Elektrik enerjisi (Av.)	GJ/t	0,08 – 0,22	0,27	0,23 – 0,41
Enerji tüketimi (İsp.)	GJ/t	1,50 – 2,50	2,50 – 3,00	1,90 – 2,95

Tablo 3.10: Tuğla ve çatı kiremiti üreten tesislerin her bir ton ürün başına enerji tüketimi verileri

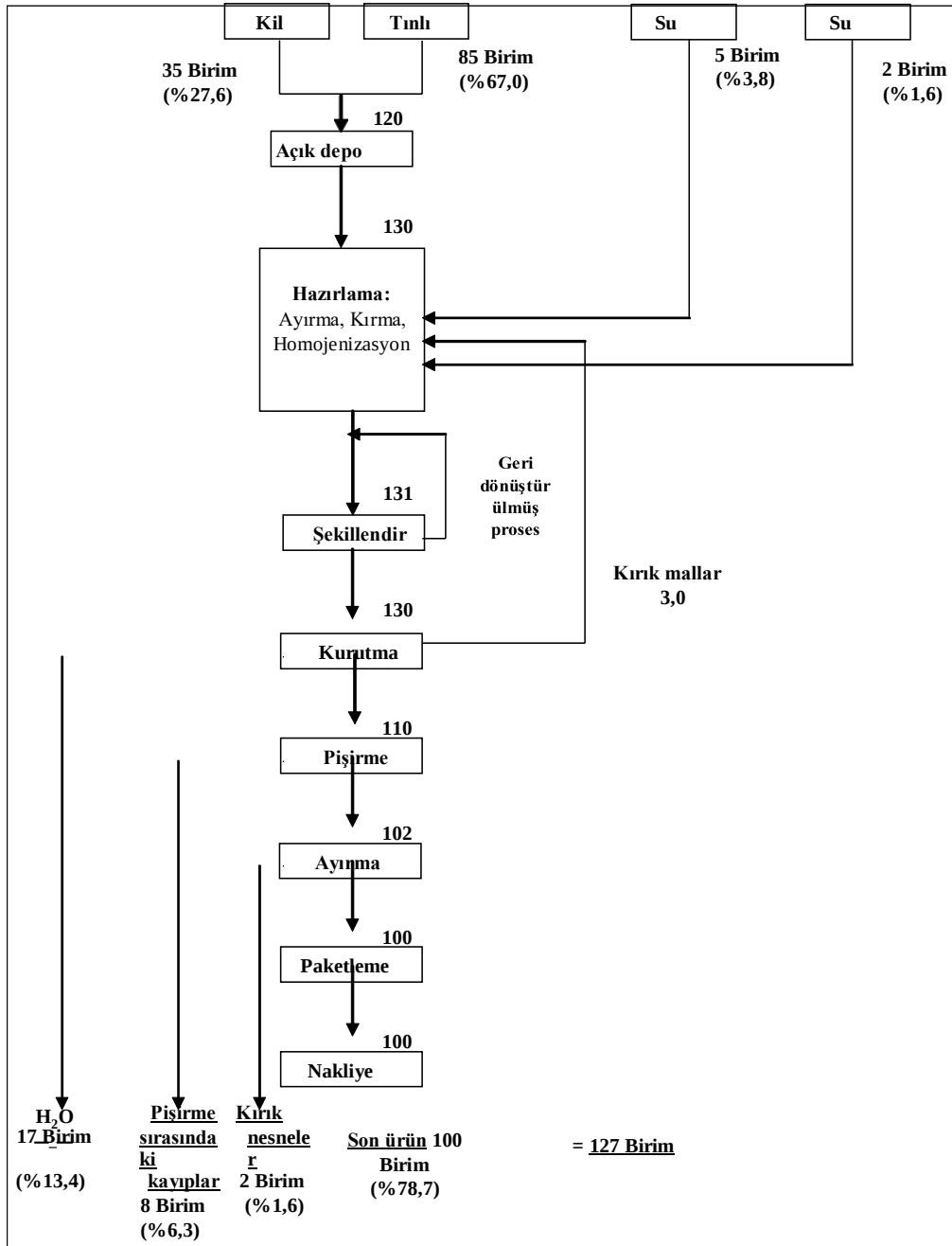
Ülke	Birim	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Avusturya	GJ/t	2,38	2,09	1,17	1,72	1,63	1,69
Belçika	GJ/t	3,3	3,19	2,16	2,45	2,59	2,21
Almanya	GJ/t	2,43	2,31	1,93	1,63	2,57	2,31
Danimarka	GJ/t	2,73	-	2,41	2,67	2,61	2,65
İspanya	GJ/t	2,38	2,30	2,24	2,18	2,28	2,26
Fransa	GJ/t	2,87	2,62	2,77	2,62	2,80	2,61
İtalya	GJ/t	2,80	2,60	2,09	1,90	1,94	2,00
Hollanda	GJ/t	3,63	2,93	2,19	2,70	3,05	3,35
Birleşik Krallık	GJ/t	2,29	2,16	2,48	2,63	3,25	2,85
İsviçre	GJ/t	-	2,56	2,62	2,53	2,44	-

Tablo 3.11: Tuğla ve çatı kiremiti sanayiinde spesifik enerji tüketimi

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 2.2 ve Tablo 2.4.

Su ve ham madde tüketimi

Duvar tuğlası imalatı yapan bir fabrikanın su ve ham madde tüketim verileri, aşağıdaki kütle akışı diyagramında örnek olarak gösterilmiştir [1, BMLFUW, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 3.4: Duvar tuğlası üretiminde kütle akış örneği

3.3.2 Vitriye kil borular

3.3.2.1 Emisyon verileri

Vitriye kil boruların üretimi sırasında ortaya çıkan havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonlarıdır. Bu kısımda, vitriye kil boruların pişirilmesiyle ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Vitrifiye kil boruların üretiminde pişirme işlemi, havaya ciddi ölçüde emisyonu sebep olur.

Aşağıdaki tabloda, Avrupa'nın (BK hariç) vitrifiye kil boru fabrikaları tarafından salınan maksimum temiz gaz değerleri ve ilgili fırın çalıştırma verileri (tablonun üst kısmında) sunulmuştur [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001].

Emisyon kaynağı	Tünel fırın
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	4000 – 18000
Baca gazı sıcaklığı (°C)	160 – 200

Emisyon bileşeni	Maksimum temiz gaz konsantrasyonu (mg/m ³)
Toz	30
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	200
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	200
CO	200
HF olarak belirtilen inorganik flor bileşikler	5
HCl olarak belirtilen inorganik klor bileşikler	30

Tablo 3.12: Vitrifiye kil boruların üretiminde maksimum temiz gaz konsantrasyonu

Birleşik Krallık'ta, 10 mg/m³ olan yüksek emisyon limit değerine kadar çıkan maksimum flor konsantrasyonları gözlenmiştir.

Havaya emisyonlar pişirme işlemi ile birlikte, üretimin aşağıda belirtilen diğer adımlarında da ortaya çıkar [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]:

- ham maddelerin depolanması ve fabrika içinde taşınması sırasında depolama, tartım, nakil ve taşıma birimlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- belirli koşullar altında, kurutma işlemi sonucu gaz emisyonu meydana gelebilir. Yaş kütlenin kurutulma işlemi sırasında fırının aşırı ısınması halinde, pişirme alanından baca gazı çıkar ve kullanılan kapalı ısıtma sistemi yoksa florür emisyonları gerçekleşebilir.
- sırlama püskürtme ile yapılıyorsa, bu işlemde toz emisyonu gerçekleşebilir.
- bazı vitrifiye kil boru ürünleri pişirildikten sonra öğütülür. Bu nedenle, kuru öğütme esnasında da toz ortaya çıkabilir.

Suya emisyonlar

Vitrifiye kil boruların üretiminde, ıslak öğütme ile beraber, ham madde hazırlama ve sırlama ünitelerinin temizliği sırasında da proses atık suyu ortaya çıkar. Bu su genellikle kapalı devrelerde yeniden değerlendirilir. Fazlalık olan sır toplanır ve üretim çevrimine geri beslenir [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005]. Suya emisyonlara dair kullanılabilir veri mevcut değildir.

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık mallar ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler).
- ham maddelerin hazırlığı (ünitelerin temizliği), sırlama ünitelerinin temizliği ve ıslak öğütme sırasında çamur oluşur.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

3.3.2.2 Tüketim verileri

Enerji tüketimi

Vitrifiye kil boruların imalatındaki spesifik enerji tüketimi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Mineral ham madde ve enerji tedariki için gerçekleştirilen spesifik enerji tüketimi ile boruların üretimi için gerçekleştirilen arasında ayırım yapılmıştır. Mineral materyaller kil, açma maddeleri ve sır; enerji aracı ise doğalgazdır. Birincil enerji bakımından elektrik tüketimi, fabrikanın ikincil birimleri, aydınlatma vb. dahil olmak üzere üretim sürecinin tamamını içerir. Kullanılan veriler, Almanya'daki üretimin yaklaşık %90'ı için geçerlidir. Tüketim düzeyleri küçük (DN 100/DN 150), orta (DN 200/DN 300) ve büyük (DN 500) boyutlu vitrifiye kil boruların her biri için ayrı olarak verilmiştir[4, UBA, 2001].

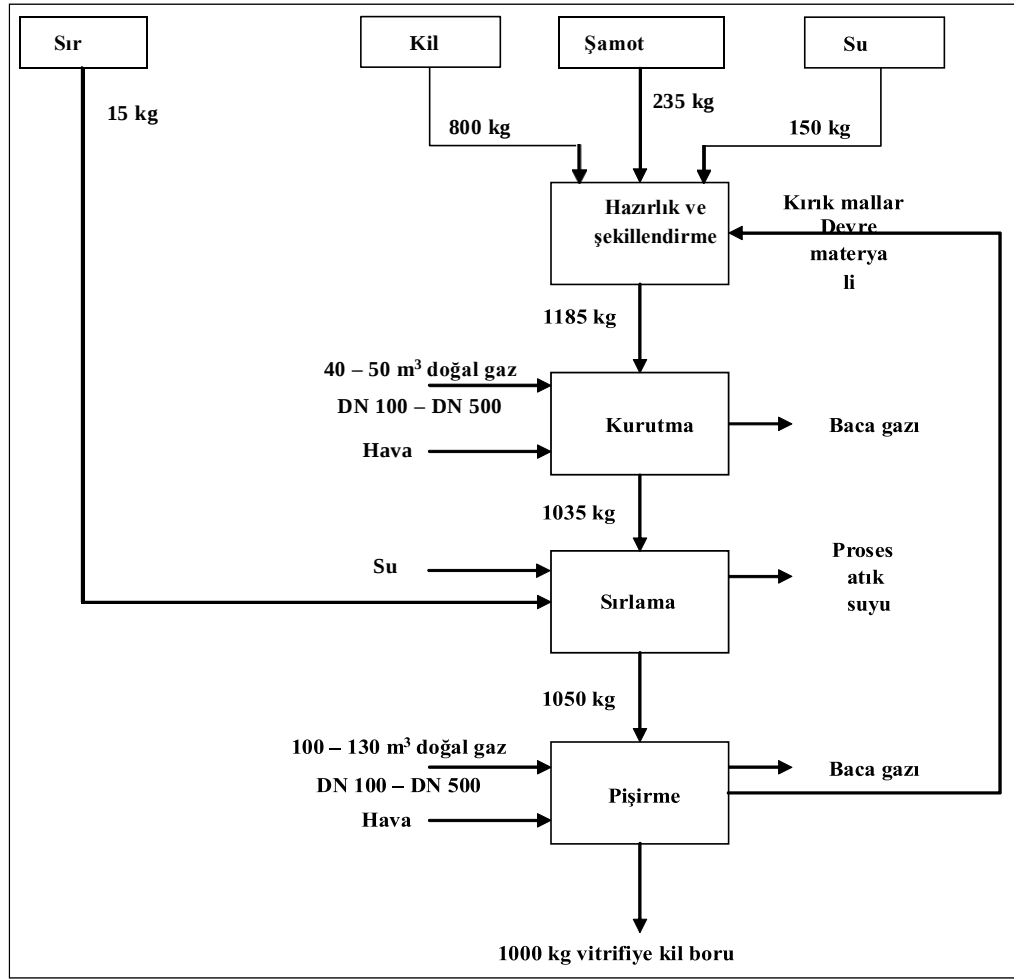
	DN 100, DN 150 (MJ/kg)	DN 200, DN 300 (MJ/kg)	DN 500, bağlantı elemanları (MJ/kg)
Tedarik			
Mineral ham maddeler	0,20	0,20	0,20
Doğalgaz	0,41	0,49	0,56
Üretim			
Hazırlık	0,10	0,10	0,10
Kurutma	1,22	1,44	1,66
Pişirme	3,06	3,60	4,14
Elektrik	1,20	1,20	1,20
Toplam	6,19	7,03	7,86

Tablo 3.13: Vitrifiye kil boruların imalatında spesifik enerji tüketimi

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 2.7.

Su ve ham madde tüketimi

Vitrifiye kil boru imalatında su ve ham madde tüketim verileri, aşağıdaki kütle akışı diyagramında örnek olarak gösterilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 3.5: Vitrifiye kil boru imalatında kütle akış örneği

3.3.3 Refrakter ürünler

3.3.3.1 Emisyon verileri

Refrakter ürünlerin imalatı sırasında ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonlarıdır. Bu kısımda, refrakter ürünlerin pişirilmesiyle ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Refrakter ürünlerin imalatında pişirme işlemi, havaya ciddi ölçüde emisyonu sebep olur.

Aşağıdaki tabloda çeşitli refrakter ürünlerin işletim verileri (tablonun üst kısmında) ve tünel fırında pişirilme işlemlerine ilişkin ham gaz değerleri gösterilmiştir [4, UBA, 2001].

Emisyon kaynağı	Tünel fırın		
Ürün	Manyezit	Yüksek alümina	Silika
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	15000 – 25000	9000 – 17000	8000 – 12000
Baca gazı sıcaklığı (°C)	250 – 400	120 – 250	150 – 250

Emisyon bileşeni	Konsantrasyon (mg/m ³)		
Ürün	Manyezit	Yüksek alümina	Silika
Toz	8 – 35	5 – 80	10 – 25
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	110 – 470	30 – 250	5 – 100
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	90 – 580	10 – 430	20 – 150
CO	12 – 180	30 – 150	10 – 50
HF olarak belirtilen inorganik flor bileşikleri	0,5 – 1,5	5 – 50	1 – 3

Tablo 3.14: Farklı refrakter ürünlerin ham gaz değerleri

Aşağıdaki tabloda basit olmayan refrakter ürünler için kullanılan fırınların emisyon aralıkları gösterilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003].

Emisyon bileşeni	mg/m ³
Toz	44 – 113
SO ₂	260 – 490
NO _x	25 – 200
Florür, HF	0,4 – 2,5
CO ₂	hacmen %1 – 3

Tablo 3.15: Basit olmayan refrakter ürünler için kullanılan fırınların emisyonları

Özel prosedürlerde (karbon bağlarının kurulması, zift emdirme) özel bağlayıcı maddelere (katran, zift, resin) bağlı olarak belirli ayrıştırma ürünleri (amonyak, formaldehit, fenol, vb.) ortaya çıkar. Özel prosedürlerin ham gaz değerlerine ait örnekler aşağıdaki tabloda verilmiştir [4, UBA, 2001].

Emisyon içeriği (mg/m ³)	Sertleştirme odası	Temperleme fırını		Ziftle kaplama
	Resinli bağlama*	Resinli bağlama*	Ziftli bağlama**	Ziftli bağlama**
Amonyak	2500	20	–	–
Formaldehit	25	10	–	–
Fenol	350	80	–	–
Toplam C olarak belirtilen organik maddeler	>3000	1000	2500	1500
*) Fenol-resol-resin				
**) Toplam C değerleri polisiklik aromatik hidrokarbonları (PAH) içerir				

Tablo 3.16: Özel prosedürlerde ham gaz değerleri

Havaya emisyonlar pişirme işlemi birlikte, üretimin aşağıda belirtilen diğer adımlarında da ortaya çıkar [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]:

- ham maddelerin depolanması ve fabrika içinde taşınması sırasında depolama, tartım, nakil ve taşıma birimlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- kuru ham maddenin hazırlık işlemlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- preslerle şekillendirmede toz emisyonları ve bağlayıcılar ve katkılardan kaynaklanan buharlar ortaya çıkar.
- belirli koşullar altında, kurutma işlemi sonucu gaz emisyonu meydana gelebilir. Yaş kütlenin kurutulma işlemi sırasında fırının aşırı ısınması halinde, pişirme alanından baca gazı çıkar ve kullanılan kapalı ısıtma sistemi yoksa organik ve inorganik hava kirleticilerin emisyonları gerçekleşebilir.
- bazı refrakter ürünler pişirildikten sonra öğütülür. Bu nedenle, kuru öğütme esnasında da toz ortaya çıkabilir.

Suya emisyonlar

Refrakter ürünlerin imalatında, ıslak öğütme ile beraber, ham madde hazırlama ve döküm ünitelerinin temizliği sırasında da proses atık suyu ortaya çıkabilir. Bu su da genellikle kapalı devrelerde yeniden kullanılır [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]. Suya emisyonlara dair kullanılabilir veri mevcut değildir.

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık mallar ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler).
- ham maddelerin hazırlığı (ünitelerin temizliği), döküm ünitelerinin temizliği ve ıslak öğütme sırasında çamur oluşabilir.
- döküm işlemleri sonucu kullanılmış ve kırık alçı kalıplar ortaya çıkabilir.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].

3.3.3.2 Tüketim verileri

Enerji tüketimi:

Aşağıdaki tabloda, manyezit refrakter tuğlaların üretiminde farklı adımlardaki spesifik enerji tüketimi verilerinin aralıkları gösterilmiştir [1, BMLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004].

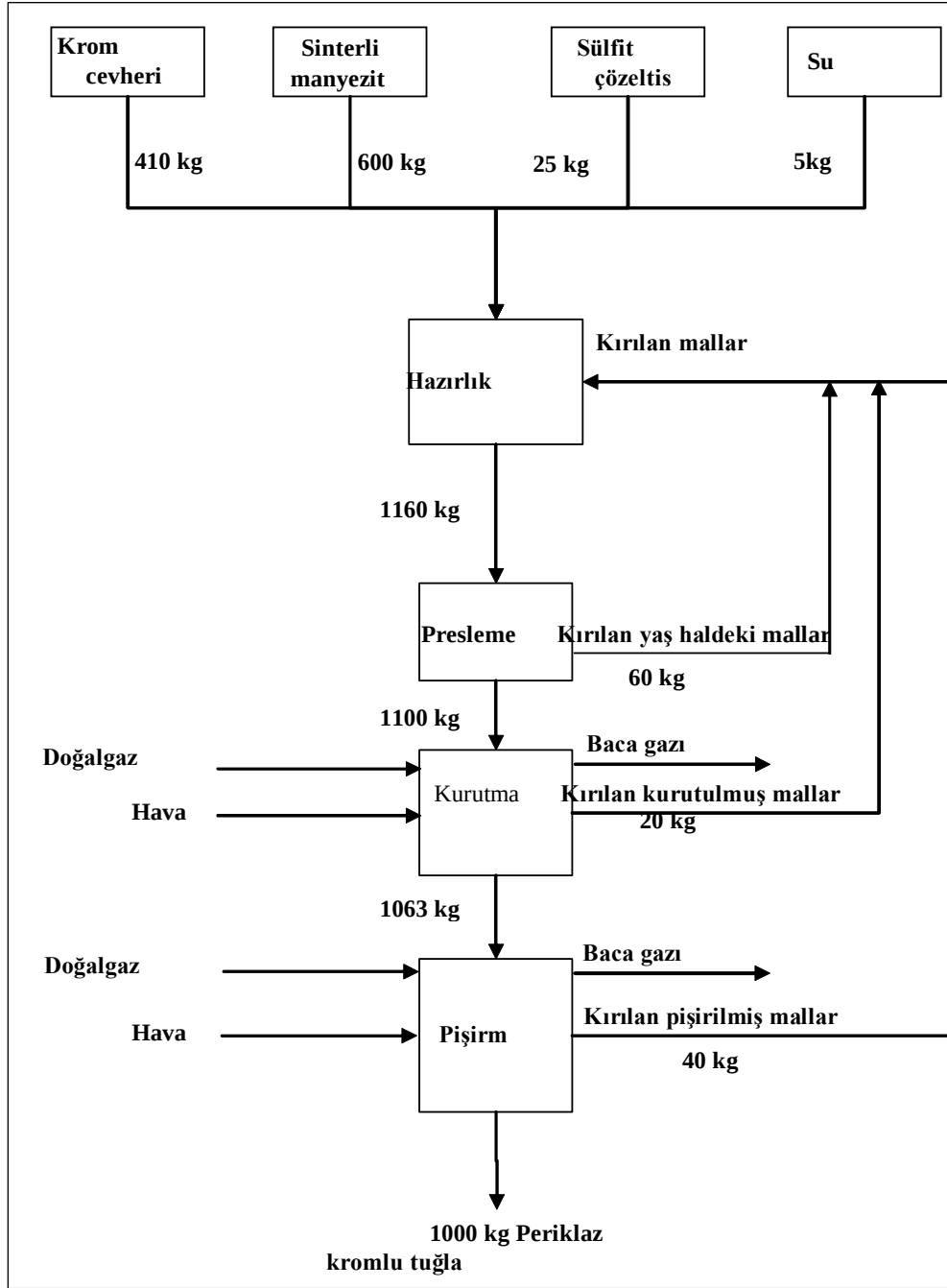
Proses	MJ/kg
Hazırlık, eleme	0,35 – 0,50
Tartma, ayırma, karıştırma	0,045 – 0,070
Şekillendirme	0,13 – 0,20
Kurutma, pişirme	3,0 – 6,3
Sonraki işlemler, paketleme	0,08

Tablo 3.17: Manyezit refrakter tuğlaların üretiminde bir kg ürün için enerji tüketim verileri

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 2.9, Tablo 2.10, Tablo 2.11 ve Tablo 2.12.

Su ve ham madde tüketimi

Refrakter ürünlerin imalatında su ve ham madde tüketim verileri, aşağıdaki periklaz kromlu tuğla kütle akışı diyagramında örnek olarak gösterilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 3.6: Periklaz kromlu tuğla imalatında kütle akış örneği

3.3.4 Genleştirilmiş kil agregalar

3.3.4.1 Emisyon verileri

Genleştirilmiş kil agregaların üretimiyle ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonlarıdır. Bu kısımda birincil kırma, kuru öğütme, ufalama, pişirme, eleme ve kumla işleme adımları ile ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Genleştirilmiş kil agregaların imalatında depolama, ham maddenin taşınması, ham kilin birincil kırma ve kuru öğütme işlemleri, ufalama, pişirme (asıl genleşme) ve eleme ve kumlama işleme adımlarından kaynaklanan önemli ölçüde emisyonlar meydana gelebilir. Ham maddelerin ve hafif agrega (LWA) stokunun depolanması ve taşınmasından veya sahadaki araç trafiğinden kaynaklanan emisyonlar, yoğunlukla difüz yapıdadır.

Ham maddelerin depolanması ve taşınması:

Ham madde depolama ve taşıma esnasında, konveyör ve depolama sistemlerinin transfer noktalarında ham maddenin özelliklerine bağlı emisyonlar meydana gelir.

Birincil kırma:

Kısmen daha kuru kil türlerine uygulanan birincil kırma işlemi (yarı kuru proses) toz emisyonlarına yol açar. Aşağıdaki tabloda, bez filtreye doğru gerçekleştirilen birincil kırma işleminden kaynaklanan toz emisyon değerlerinin aralıkları gösterilmiştir [26, UBA, 2005].

Birincil kırma	Değerler
Toz	0,7 – 3,4 mg/m ³ ¹⁾
¹⁾ Kuru çıkış gazı baz alınmıştır (273 K, 1013 hPa)	

Tablo 3.18: Bez filtreye doğru gerçekleştirilen birincil kırma işleminden kaynaklanan toz emisyon değerlerinin aralıkları

Kuru öğütme:

Kısmen daha kuru kil türlerine uygulanan kuru öğütme işlemi sırasında, toza ilave olarak ağır fuel oil yakılmasıyla kükürt dioksit ve azot oksitler de ortaya çıkar. Aşağıdaki tabloda, ilgili filtre sistemine doğru uygulanan kuru öğütme işleminden kaynaklanan gerçek emisyon değerlerinin aralıkları verilmiştir [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Elektrostatik ayırıcı veya bez filtreye doğru toz çıkışı	6 – 50 mg/m ³ ⁽¹⁾⁽²⁾
Kükürt dioksit	0,02 – 0,20 mg/m ³ ⁽¹⁾
NO ₂ olarak belirtilen azot oksitler	0,11 – 0,14 g/m ³ ⁽¹⁾
¹⁾ Nemli baca gazı ve hacmen %17' lik O ₂ baz alınmıştır (273 K, 1013 hPa)	
²⁾ Yıllık ortalama değerler	

Tablo 3.19: İlgili filtre sistemine doğru gerçekleştirilen kuru öğütmeden kaynaklanan gerçek emisyon değerlerinin aralıkları

Ufalama:

Kısmen daha kuru kil türlerine uygulanan ufalama toz emisyonlarına yol açar. Aşağıdaki tabloda, bez filtreye doğru gerçekleştirilen ufalama işleminden kaynaklanan toz emisyon değerlerinin aralıkları gösterilmiştir [26, UBA, 2005].

Ufalama	Değerler
Toz	5 – 15 mg/m ³ (1)
¹⁾ Kuru çıkış gazı baz alınmıştır (273 K, 1013 hPa)	

Tablo 3.20: Bez filtreye doğru gerçekleştirilen ufalama işleminden kaynaklanan toz emisyon değerlerinin aralıkları

Pişirme işlemi:

Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde kullanılan proses teknolojileri ve yakıtların, fabrikanın emisyon durumu üzerindeki etkisi sınırlıdır. Ana parametre, ham maddenin kalitesidir. Ham gazdaki ham madde kaynaklı organik ve kükürt dioksit emisyonları (genellikle pirit ve markazit kaynaklı) asıl genleşme sürecinin bir parçasıdır.

Aşağıdaki tabloda, ilgili filtre sistemlerine (elektrostatik ayırıcı ve ıslak baca gazı temizliği) doğru gerçekleştirilen kurutma ve pişirme işlemlerinden kaynaklanan emisyon değerlerinin aralıkları verilmiştir [26, UBA, 2005] [28, Schorcht, 2005] [30, Seramik TÇG, 2005]:

Parametre	Birim	Emisyon değeri
Toz	mg/m ³	9 – 200
SO ₂	mg/m ³	200 – 2000
NO _x	mg/m ³	120 – 930
HCl	mg/m ³	2,7 – 250
Flor	mg/m ³	0,4 – 20
CO	mg/m ³	50 – 2600
TOK	mg/m ³	10 – 800
Dioksinler	ng/m ³	<0,1
Veriler hacmen %13 – 16 normal O ₂ seviyesindedir Toz ve SO ₂ harici bileşiklerin ölçümleri sınırlıdır.		

Tablo 3.21: İlgili filtre sistemine doğru gerçekleştirilen pişirmeden kaynaklanan emisyon değerlerinin aralıkları

Tozdan arındırma amacıyla elektrostatik bir ayırıcı ile donatılmış döner fırında gerçekleştirilen pişirme işleminden (Leca tekniği) kaynaklanan çıkış gazı değerlerini örnekleyen diğer bir veri seti aşağıda verilmiştir [17, Burkart, 2004]:

- toz: 50 mg/m³'ten az
- SO_x: 1700 – 1800 mg/m³ (ana ham maddedeki kükürt içeriği %0,75'ten fazla)
- HF olarak belirtilen flor: 5 mg/m³'ten az.

Eleme ve kumla işleme:

Farklı parçacık boyutuna sahip grupların elenmesi ve kumla işleme sırasında toz emisyonları ortaya çıkar. Aşağıdaki tabloda eleme ünitelerinden kaynaklanan toz emisyon değerlerinin aralıkları verilmiştir [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Parametre	Eleme ünitesi I (kum değirmenli)
Toz	4,3 – 50,0 mg/m ³

Tablo 3.22: Eleme ünitelerinin toz emisyon değerleri

Suya emisyonlar

Günümüzde bazı fabrikalarda sulu yıkayıcılar kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda atık su değerleri haftalık ortalama cinsinden gösterilmiştir [30, Seramik TÇG, 2005].

Parametre	Değerler
pH	6 - 9
Askıda katı madde	50 mg/l

Tablo 3.23: Sulu yıkayıcıların atık su değerleri

Su genellikle ham maddelerin hazırlanması (ve şekillendirilmesi) sırasında kullanılır. Genleştirilmiş kil imalatında proses atık suyu ortaya çıkmadığından suya emisyonlar önemli değildir. Fırın sistemlerinin soğutma suyu yağ seperatöründen geçerek soğutma devresine geri döner. Kurutma işlemlerindeki tüm proses suyu buharlaştırılır.

Proses kayıpları/atıkları

Genleştirilmiş kil üretiminde atık formunda proses kaybı meydana gelmez. Elenen fazla büyük veya fazla küçük parçalar kum değirmenlerine geri gönderilir. Toplanan tozun tamamı imalat sürecine geri döner. Baca gazı temizliğinde meydana gelen jips, sertleşme düzenleyici olarak çimento sanayiinde kullanılır.

3.3.4.2 Tüketim verileri

Enerji tüketimi

Kısmen daha kuru kil türlerine uygulanan kuru öğütme (yarı kuru proses) için tüketilen enerji miktarı yaklaşık 217 MJ/m³'tür. Bu değer, kısmen daha kuru kil türlerinin genel üretim sürecinde gerçekleşen enerji tüketiminin yaklaşık %20'sine tekabül eder (nem içeriği yüksek olan killerde, üretim sürecinde kuru öğütme işlemi yapılmaz). Kuru öğütme için tüketilen enerji miktarı yaklaşık 26,3 MJ/m³'tür.

Piştirme işleminin enerji tüketimi ise, ham maddeye (kilin nem içeriğine), üretim teknolojisine ve üretim kapasitesine bağlı olarak yaklaşık 900 – 1300 MJ/m³'tür [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Genel spesifik elektrik enerjisi tüketimi; toplu ağırlık, ham madde özellikleri ve üretim teknolojisine (kil hazırlama, termal proses teknolojisi) bağlı olarak 43 ile 83 MJ/m³ arasında değişiklik gösterir [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Su ve ham madde tüketimi

Aşağıdaki tabloda, genleştirilmiş kil agregaların üretiminde kullanılan ham madde karışımlarının bir örneği gösterilmektedir [30, Seramik TÇG, 2005].

Materyal	Ağırlık olarak %	Amacı
Kil (kuru)	>90	Ham madde
Demir oksit	0 – 8	Ergitici
Kireçtaşı/dolomit tozu	0,5 – 3	Ayırıcı madde
Karbon taşıyıcı	0 – 1	Genleştirici madde

Tablo 3.24: Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde kullanılan ham madde karışımı

3.3.5 Duvar ve zemin karoları

3.3.5.1 Emisyon verileri

Sırlı ve sırsız duvar ve zemin karolarının üretimi sırasında ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonlarıdır. Bu kısımda, temel proses adımlarıyla ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Ham maddelerin öğütülmesinden kaynaklanan emisyonlar, çoğunlukla kil, kuvars ve feldispat gibi ham maddeye ait parçacıklar içerir. Kuru öğütmede, emisyon akış hızı işlenen ham maddenin (İH) her bir kilogramı için yaklaşık 6 Nm^3 havadır, partikül madde (toz) emisyon faktörü ise 50 g/kg İH 'dir. Islak öğütmede de emisyon akış hızı yaklaşık 6 Nm^3 hava/kg İH'dir, emisyon faktörü ise yaklaşık 15 g toz/kg İH 'dir. Bu emisyon faktörleri temizlenmemiş çıkış gazı akışları içindir.

Presli öğütme işleminde ise hava kirletici emisyonları olarak toz, azot oksit, kükürt oksitler, karbon monoksit ve karbon dioksit ortaya çıkar. Sırlama kısmındaki temizlik işlemlerinde, içinde seramik materyaller bulunan sulu süspansiyonlar ortaya çıkar. Bu süspansiyonlar kurutulacak bulamaca eklenir. Kuruyan bulamaçtan salınan emisyonlarda bor, klor ve kurşun gibi elementlere dikkat edilmelidir. Püskürtmeli kurutucuların buharlaştırma kapasitesi 20000 l/s 'e kadar çıkabilir. Aşağıdaki tabloda işletim verilerinin tipik aralıkları (tablonun üst kısmında) ile kütle bulamacının püskürtmeli kurutmasından kaynaklanan önemli emisyonların ham gaz değerleri verilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [23, Seramik TÇG, 2005].

Emisyon kaynağı	Püskürtmeli kurutucu
Baca gazı hacim akışı (m^3/s)	30000 – 200000
Baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	60 – 130
Nem ($\text{m}^3_{\text{su}}/\text{m}^3_{\text{toplam}}$)	0,13 – 0,20
Oksijen (%)	16 – 20

Emisyon bileşeni	Konsantrasyon (mg/m^3)
Toz	150 – 1500
NO_2 olarak belirtilen NO_x	5 – 300
CO	2 – 50
HCl olarak belirtilen klor bileşikleri	1 – 5
Bor	<0,3
Kurşun	<0,15
CO_2	hacmen %1,5 – 4,0

Tablo 3.25: Püskürtmeli kurutma ünitelerine ait işletim verileri ve ham gaz değerleri

Püskürtmeli kurutma sistemlerinin kojenerasyon üniteleri ile beraber kullanılması mümkün ve enerji tüketimi bakımından daha faydalıdır; fakat bu ünitelerden gelen ham baca gazı genellikle daha fazla NO_x (NO_2 olarak belirtilen, $50 – 800 \text{ mg}/\text{m}^3$ aralığı) içerir [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Parçaların preslenerek şekillendirilmesinde, temizlenmemiş çıkış gazı için emisyon akış hızı yaklaşık 5 Nm^3 hava/kg İH ve emisyon faktörü yaklaşık 7 g toz/kg İH 'dir. Presin boyutuna bağlı olarak, çıkış gazı akışları 20 ve $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arası sıcaklıkta ve 2000 ile $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ arasındadır. Preslemeden sonra, cilalama ünitelerinde ek olarak toz emisyonları ortaya çıkar. Ekstrüzyon işleminde ise yalnızca ıslak kütleler işlendiğinden, toz emisyonu gerçekleşemez.

Aşağıdaki tabloda işletim verileri (tablonun üst kısmında) ve kurutuculardan çıkan temizlenmemiş çıkış gazının emisyon aralıkları (veriler dikey ve yatay kurutuculara ilişkindir) gösterilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Navarro, 1998], [23, Seramik TÇG, 2005], [21, Almeida, 2004].

Emisyon kaynağı	Kurutucu
Baca gazı hacim akışı (m^3/s)	2000 – 7000
Baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	50 – 190
Nem ($\text{m}^3_{\text{su}}/\text{m}^3_{\text{toplam}}$)	0,04 – 0,11
Oksijen (%)	16 – 20

Emisyon bileşeni	Konsantrasyon
Toz	5 – 25 mg/m^3
CO_2	hacmen %1 – 3

Tablo 3.26: Kurutuculara ait işletim verileri ve ham gaz değerleri

Kurutucu emisyonlarındaki partikül madde, kütleye yapışık olan toz parçacıklarının ve kurutucularda kırılan karoların yanma gazlarıyla sürüklenen tozunun sonucudur. Bu sistemlerde, genellikle $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'in altındaki kısmen düşük sıcaklıklar, proseste azot oksit oluşumunu engeller.

Sırlama esnasında meydana gelen gaz ve tanecik emisyonları, uygulama tekniğine ve sırların kompozisyonuna bağlıdır. Genel anlamda, püskürtme işlemi ve sır hazırlama işleminde gaz emisyonları ortaya çıkabilir. Bu emisyonların fizikokimyasal özellikleri, kullanılan sırların çeşitliliği dolayısıyla oldukça değişkendir. Sırlama ve sır hazırlığı esnasında ortaya çıkan toz; silikon, bor, zirkonyum, sodyum, kurşun, lityum, potasyum, baryum, kalsiyum, magnezyum, çinko ve alüminyum varlığına göre nitelendirilir. Temizlenmemiş çıkış gazı için emisyon akış hızı yaklaşık 5 Nm^3 hava/kg işlenmiş sır ve emisyon faktörü yaklaşık $0,5\text{ g toz/kg işlenmiş sır}$ 'dır. Çıkış gazı akışı yaklaşık $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de $7000\text{ m}^3/\text{s}$ değerine kadar çıkabilir.

Aşağıdaki tabloda, işletim verileri (tablonun üst kısmında) ve roller fırınlardan çıkan ilgili ham gaz değerleri verilmiştir [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [23, Seramik TÇG, 2005], [21, Almeida, 2004].

Emisyon kaynağı	Roller fırın
Baca gazı hacim akışı (m^3/s)	5000 – 15000
Baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	130 – 300
Nem ($\text{m}^3_{\text{su}}/\text{m}^3_{\text{toplam}}$)	0,05 – 0,1

Emisyon bileşeni	Konsantrasyon (mg/m^3)
Toz	5 – 30
NO_2 olarak belirtilen NO_x	5 – 150
SO_2 olarak belirtilen SO_x	1 – 300
CO	1 – 15
HF olarak belirtilen flor bileşikler	5 – 60
HCl olarak belirtilen klor bileşikler	20 – 150
Bor	<0,5
Kurşun	<0,15
CO_2	hacmen %1,5 – 4,0

Tablo 3.27: Pişirmeye ait işletim verileri ve ham gaz değerleri

3. Bölüm

Kilin flor konsantrasyonunun 500 ila 800 mg/kg arasında olması, yukarıda bahsedilen flor emisyonlarına yol açar. Pişirme işlemiyle gerçekleşen emisyonları bor, bor bileşikleri içeren sıranın kullanılmasıyla ortaya çıkar. Emisyonlardaki bor ve klor, karolardaki sudan da kaynaklanıyor olabilir (bor yalnızca geri dönüştürülmüş sudan gelirken, klor kamu kullanımına yönelik şebeke suyundan da gelebilir); daha sonra bu su, pişirmenin ilk aşamalarında buharlaştırılır. Kurşun konsantrasyonu oldukça azdır ve temelde, bu elementi barındıran küçük bir grup sıranın buharlaşmasından kaynaklanır [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].

İtalya'daki durumu gösteren aşağıdaki tabloda, duvar ve zemin karosu üretim proseslerinin çeşitli adımları (aşamaları) için kontrollü emisyonların (temiz gaz değerleri) kirletici emisyon faktörleri ile kontrolsüz emisyonların kirletici emisyon faktörlerinin (yani kirlilik kontrol sistemlerinin yukarı akışı) bir karşılaştırmasını sunmaktadır. Emisyon faktörleri, ilgili aşamanın çıktı birimine aittir [6, Timellini, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

Gaz emisyonunun meydana geldiği		Spesifik akış hızı (Nm³/kg)	Kirletici emisyon faktörleri KEF (g/kg)					
Aşama	İşlem		Toz (partikül madde)		Kurşun bileşikleri (Pb)		Flor bileşikleri (HF)	
			KS	K	KS	K	KS	K
Kütle hazırlama	Kuru öğütme	6	40 – 60	0,05 – 0,1				
	Islak öğütme	6	10 – 20	0,02 – 0,1				
	Püskürtmeli kurutma	5	5 – 10	0,1 – 0,2				
Şekillendirme	Presleme	5	5 – 10	0,01 – 0,05				
Sır hazırlama ve uygulama		5	0,5 – 1,0	0,02 – 0,03				
Pişirme		3 – 6	0,1 – 0,5	0,01 – 0,02	0 – 0,1	0,001 – 0,01	0,1 – 0,5	0,01 – 0,05
KS = Kontrolsüz emisyon; K = Kontrollü emisyon								

Tablo 3.28: Duvar ve zemin karoları üretiminin çeşitli aşamalarında meydana gelen gaz emisyonlar. Kontrolsüz (KS) ve kontrollü (K) emisyonlar için kirletici emisyon faktörleri

Ham maddelerin depolanması ve fabrika içinde taşınması sırasında da, depolama, tartım, nakil ve taşıma birimlerinde toz halindeki emisyonlar meydana gelebilir. Duvar ve zemin karoları, pişirildikten sonra genelde öğütülürler. Bu nedenle, kuru öğütme esnasında da toz ortaya çıkabilir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].

Suya emisyonlar

Duvar ve zemin karolarının üretiminde, presli ve dönen filtreler ile susuzlaştırma işlemleri ve ıslak öğütme ile beraber, ham madde hazırlama ve sırlama ünitelerinin temizliği sırasında da proses atık suyu ortaya çıkar. Bu su genellikle kapalı devrelerde yeniden değerlendirilir. Fazlalık olan sır toplanır ve üretim çevrimine geri beslenir [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

Aşağıdaki tabloda, duvar ve zemin karoları üretimi tesislerinde ortaya çıkan arıtılmamış proses atık suyunun standart kompozisyonu verilmiştir. Bu suyun büyük bir bölümü sırlama ünitelerinden gelen temizlik suyu olduğundan, madde konsantrasyonu büyük ölçüde sır kompozisyonuna bağlıdır [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998].

Parametre	Aralık (mg/l)	Parametre	Aralık (mg/l)
pH	7 – 9	Kalsiyum	5 – 500
Askıda madde	1000 – 20000	Bor	1 – 60
Çökebilir madde	5 – 30	Kurşun	<5
KOİ	100 – 400	Sodyum	50 – 500
BOİ ₅	40 – 60	Potasyum	1 – 50
Florürler	<2	Silikon	5 – 30
Klorürler	300 – 700	Alüminyum	<2
Sülfatlar	100 – 1000	Demir	<0,5
Magnezyum	10 – 100	Çinko	<2

Tablo 3.29: Arıtılmamış proses atık suyunun kimyasal analizi

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık mallar ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler).
- ham maddelerin hazırlığı (özellikle ünitelerin temizliği), sırlama ünitelerinin temizliği ve ıslak öğütme sırasında çamur oluşur.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

Proses atık suyu arıtma ünitelerinde meydana gelen çamurun miktarı ve kompozisyonu, farklı üretim proseslerine bağlı olarak ciddi çeşitlilik gösterir. Aşağıdaki tabloda çamurun temel kimyasal bileşenlerinin aralıkları verilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003],[4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998].

Madde	Aralık (ağırlıkça %)	Madde	Aralık (ağırlıkça %)
SiO ₂	40 – 60	K ₂ O	0,5 – 3,0
Al ₂ O ₃	5 – 15	TiO ₂	0 – 7
B ₂ O ₃	0 – 10	ZnO	1 – 8
Fe ₂ O ₃	0,1 – 5,0	BaO	0,1 – 3,0
CaO	5 – 15	PbO	0,1 – 15
MgO	0,5 – 3,0	ZrO ₂	1 – 15
Na ₂ O	0,5 – 3,0		

Tablo 3.30: Çamurun temel kimyasal bileşenlerinin aralıkları (duvar ve zemin karosu üretimi)

Bir duvar ve zemin karosu fabrikasında meydana gelen çamurun miktarı kuru olarak 0,09 ila 0,15 kg/m² tamamlanmış ürün arasında değişir. 15 - 20 kg/m²'lik bir ürün kütlesi için bu rakam %0,4 - 1,0'a (kg kuru çamur/kg seramik kütlesi) tekabül eder.

3.3.5.2 Tüketim verileri

Püskürtmeli kurutmada tüketilen enerji

Duvar ve zemin karolarının püskürtmeli kuruma işleminde tipik termal enerji tüketimi 980 – 2200 KJ/kg aralığındadır [23, Seramik TÇG, 2005].

Kurutmada tüketilen enerji

Isıtma için fırının atık ısısı kullanıldığından, kurutucunun içindeki brülörlerin ısıtma gücü genellikle düşüktür. Belirli bir ölçüde elektrikli kurutucular da kullanılır. Elektrikli bir kurutucunun baca gazı akışı yalnızca 100 ila 300 m³/s arasındadır [4, UBA, 2001].

Duvar ve zemin karolarının kurutulmasında tipik termal enerji tüketimi değerleri 250 – 750 kJ/kg aralığındadır (doğalgazın düşük ısı değeri ve doğalgazın 15 °C ve 1013 mbar'daki hacmi baz alınarak). BİB-II sınıfı karolarda ise, 1400 kJ/kg'dan fazla tüketim değerleri mümkündür [3, CERAME-UNIE, 2003].

Pişırmada tüketilen enerji

Aşağıdaki tabloda, farklı türlerdeki fırınların (tünel ve roller fırın) spesifik enerji gereksinimleri karşılaştırılmıştır. Değerler 1150 °C'lık sıcaklık içindir. Bir (1x) ve iki (2x) kez pişirilen karolar için gerekli olan enerji aralıkları verilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].

Fırın tipi	Aralık (kJ/kg)
Tünel fırın (2x)	5920 – 7300
Tünel fırın (1x)	5420 – 6300
Roller fırın (2x)	3400 – 4620
Roller fırın (1x)	1900 – 4800

Tablo 3.31: Farklı fırınların spesifik enerji gereksinimlerine örnekler

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 2.14.

Aşağıdaki tabloda ise termal enerji ve elektrik enerjisinin her bir proses adımındaki (aşamasındaki) spesifik tüketimlerinin karşılaştırması verilmiştir. Bu veriler, enerji gereksinimleri bakımından en önemli İtalyan fabrikalarına aittir [6, Timellini, 2004].

Aşama	İşlem	Spesifik doğal gaztüketimi (GJ/t)	Spesifik elektrik enerjisi tüketimi (GJ/t)
Kütle hazırlama	Kuruöğütme		0,04 – 0,07
	Islaköğütme		0,05 – 0,35
	Püskürtmeli kurutma	1,1 – 2,2	0,01 – 0,07
Şekillendirme	Presleme		0,05 – 0,15
Kurutma		0,3 – 0,8	0,01 – 0,04
Pişırmeye		1,9 – 4,8	0,02 – 0,15

Tablo 3.32: Termal enerji ve elektrik enerjisinin her bir proses adımındaki spesifik tüketimlerinin karşılaştırılması

Su ve ham madde tüketimi

Kullanılan ham maddelere, üretim proseslerine ve arzulan ürün özelliklerine göre, farklı miktarlarda su ve ham maddeler kullanılır.

Örneğin kuru kütle hazırlığında, kütlenin ham maddesi çekiçli değirmende veya sarkaç tipi değirmende kuru halde öğütülür. Karışım daha sonra kuru ağırlık bazında %7-12'ye kadar ıslatılır. Bu durumda öğütülen materyal %6-7'lik bir nem içeriğine sahip olacak şekilde kurutulur.

Yaş kütle hazırlığında ise kütlenin ham maddesi, suyla karıştırılarak bilyeli değirmende kuru ağırlık bazında %42-50'lik nem içeriğine sahip olacak şekilde ıslak öğütülür. Daha sonra püskürtmeli kurutma işlemiyle ufalama gerçekleşir ve granül haline gelen materyal %5-6'lık nem içeriğine sahip olacak şekilde kurutulur.

Islak proseste gerçekleşen su tüketiminin kuru prosese göre yaklaşık dört kat fazla olduğu gözlenebilir. Bu, aynı kütle hazırlama işleminde yeniden değerlendirilebilecek olan kullanılan su miktarının, ıslak yöntemde kuru yöntemle göre daha fazla olduğu anlamına gelir [10, Navarro, 1998] [23, Seramik TÇG, 2005].

3.3.6 Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)

3.3.6.1 Emisyon verileri

Ev kullanımına yönelik seramiklerin imalatı sırasında ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonlarıdır. Bu kısımda, püskürtmeli kurutma ve pişirme proses adımlarıyla ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Aşağıdaki tabloda, ev kullanımına yönelik seramik sanayiinde preslenecek granül üretiminde kullanılan püskürtmeli kurutucuya ait işletim verileri ve toz emisyon aralıkları gösterilmektedir.

Emisyon kaynağı	Püskürtmeli kurutucu
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	10000'e kadar
Baca gazı sıcaklığı (°C)	60

Emisyon bileşeni	Konsantrasyon
Toz	20 – 30 mg/m ³

Tablo 3.33: Püskürtmeli kurutucunun işletim verileri ve temiz gaz toz emisyon değerleri

Püskürtmeli kurutucudan kaynaklanan toz, filtreyle veya siklon ile ıslak seperatör kullanılmasıyla ayrılır. Burada, modern ev seramiği fabrikalarının çoğunda, tedarikçilerin gerekli parametrelere uygun olan preslenecek granülleri sağlaması nedeniyle artık püskürtmeli kurutucuların kullanılmadığını da belirtmek gerekir [4, UBA, 2001].

Bisküvi pişirimi işleminde, yardımcı maddelerin ayrışması veya buharlaşması sonucu organik maddeler oluşur. Bunlar, fırının ön ısıtma alanında yaklaşık 400 °C'lik bir sıcaklıkta salınırlar. Bu işlem sırasında 1 mg/m³ aralığında benzen ortaya çıkabilir [3, CERAME-UNIE, 2003]. Aşağıdaki tabloda, işletim verileri (tablonun üst kısmında) ve ev seramiklerinin tünel fırınlarda pişirilmesiyle çıkan ilgili ham gaz değerleri verilmiştir [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005], [27, VDI, 2004], [21, Almeida, 2004].

Emisyon kaynağı	Tünel fırın
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	3500 – 8000
Baca gazı sıcaklığı (°C)	130 – 200

Emisyon bileşeni	Konsantrasyon (mg/m ³)	Konsantrasyon (mg/m ³)
Pişirme	Bisküvi pişirim	Sırlı pişirme
Toz	0,3 – 6,0	0,3 – 6,0
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	13 – 110	20 – 150
HF olarak belirtilen gaz halindeki flor bileşikleri	1 – 35	0,3 – 23
C olarak belirtilen org. maddeler	40'a kadar ^(*)	3 – 18
(*) 100 mg/m ³ 'e kadar izostatik presleme halinde		

Tablo 3.34: Ev kullanımına yönelik seramiklerin pişirilmesine ilişkin ham gaz değerleri ve işletim verileri

Tablo 3.34'te verilen gaz halindeki inorganik flor bileşikleri, ham maddelerdeki belirli maddelerin ayrışması sonucu 700 ila 800 °C aralığında ortaya çıkar. Tünel fırında sürekli pişirme yapıldığından, ortaya çıkan flor emisyonları da sürekli'dir.

Aşağıdaki tabloda işletim verileri (tablonun üst kısmında) ve ev seramiklerinin tünel fırında tek seferli pişirilmesi ile ortaya çıkan ham ve temiz gaz değerleri (toz ve HF konsantrasyonları) verilmiştir. Bu özel imalat prosesinde, ürünler genellikle yalnızca bir defa pişirilir ve ön pişirmeye ihtiyaç duyulmaz. Pişirme işlemi, 1260 °C'lik sıcaklıkta 20 saat sürer ve fırının baca gazı kireç yataklı filtre sistemi ile temizlenir [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [22, SYKE, 2004].

Emisyon kaynağı	Tünel fırın
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	20000
Baca gazı sıcaklığı (°C) ^(*)	137 – 156
O ₂ (%) ^(*)	17,1 – 18,1

Emisyon bileşeni	Ham madde konsantrasyonu (mg/m ³) ^(**)	Temiz gaz konsantrasyonu (mg/m ³)
Toz	0,9	0,9
HF olarak belirtilen gaz halindeki flor bileşikleri	7,0	0,224 – 0,293 ^(*)
(*) Üç ölçüm		
(**) Baca gazı sıcaklığı ve O ₂ içeriği belirtilmemiştir		

Tablo 3.35: Ev kullanımına yönelik seramiklerin bir defa pişirilmesiyle ortaya çıkan ham ve temiz gaz değerleri

Mekik tipi fırınlar gibi periyodik olarak çalıştırılan fırınlarda, 800 ila 1150 °C arasındaki sıcaklıklarda daha yüksek miktarlarda gaz halindeki inorganik flor bileşikleri salınır ve bunların baca gazı hacim akışı 5000 ila 20000 m³/s arasında değişir.

Ev seramiklerinin pişirme işlemleri sırasında çıkan baca gazları ayrıca CO, CO₂ ve SO_x gibi diğer hava kirlenici maddeleri de içerir; ürünler dekorasyon için tekrar pişirilecekse, bu dekorasyon pişirmesinden kaynaklanacak emisyonlara da dikkat edilmelidir. Dekorasyon pişirmesi sırasında aktarılabilecek resimlerin tutkal ve bağlayıcıları ve boyalar yanar. Bu işlem sırasında yoğun kokuya sahip organik bileşikler ortaya çıkar. Ayrıca inorganik boya pigmentleri (ağır metal oksitleri içerenler) dolayısıyla ağır metal emisyonları da ortaya çıkabilir. Aşağıdaki tabloda dekoratif renklendirmede kullanılan tipik pigment sistemleri gösterilmiştir [4, UBA, 2001].

Renk	800 °C sıcaklığa direnç	1200 °C sıcaklığa direnç
Yeşil	Krom oksit, krom-kobalt spinel	
Mavi	Alüminyum-çinko-krom-kobalt spinel, kobalt eritme	Zirkonyum-vanadyum mavi
Sarı	Kurşun-antimon sarı	Kalay-vanadyum sarı
Siyah	Spinel ile demir, kobalt, nikel, manganez, krom, bakır, vanadyum, vb.	
Gri	Kalay-antimon gri, zirkonyum-(kobalt, nikel) gri	
Kahverengi	Demir-krom-çinko-manganez spinel, demir oksit	Zirkonyum-demir pembe
Kırmızı	Cassius moru, kadmiyum-(kükürt-selenyum) kırmızı	Kalay-krom-(kalsiyum, silikon) pembe, kadmiyum kırmızı pigment
Beyaz	Seryum oksit, titanyum oksit	Kalay oksit, zirkonyum silikat

Tablo 3.36: Dekoratif renklendirme amacıyla kullanılan seramik pigment sistemleri

Aşağıdaki tabloda, işletim verilerinin aralıkları ve ev seramiklerinin dekorasyon amaçlı pişirilmesiyle ortaya çıkan ağır metal bileşiklerinin kütle konsantrasyonları gösterilmiştir [4, UBA, 2001].

Emisyon kaynağı	Dekorasyon pişirme fırını
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	1000 – 3000
Baca gazı sıcaklığı (°C)	~100

Ağır metal bileşeni	Konsantrasyon (mg/m ³)
Kurşun	0,002 – 2,750
Kadmiyum	0,003 – 0,070
Kobalt	0,054 – 0,260
Nikel	0,060 – 0,400

Tablo 3.37: Dekorasyon amaçlı pişirmeyle ortaya çıkan ham gazdaki ağır metal konsantrasyonları

Havaya emisyonlar püskürtmeli kurutma ve pişirme işlemleri ile birlikte, üretimin aşağıda belirtilen diğer adımlarında da ortaya çıkar [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]:

- ham maddelerin depolanması ve fabrika içinde taşınması sırasında depolama, tartım, nakil ve taşıma birimlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- kuru ham maddenin hazırlık işlemlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- kuru kütlelerin şekillendirilmesi esnasında (presleme) toz emisyonları meydana gelir.
- belirli koşullar altında, kurutma işlemi sonucu gaz emisyonu meydana gelebilir. Yaş kütlelerin kurutulma işlemi sırasında fırının aşırı ısınması halinde, pişirme alanından baca gazı çıkar ve kullanılan kapalı ısıtma sistemi yoksa özellikle florür emisyonlarının gerçekleşmesi mümkündür.
- kullanılan sırlama veya astarlama tekniğine bağlı olarak, sırlama ve astarlama esnasında toz emisyonları meydana gelebilir.
- Ev kullanımına yönelik seramik ürünleri pişirildikten sonra genelde öğütülürler. Bu nedenle, kuru öğütme esnasında da toz ortaya çıkabilir.

Suya emisyonlar

Ev kullanımına yönelik seramiklerin üretiminde, presli ve dönen filtreler ile susuzlaştırma işlemleri ve ıslak öğütme ile beraber, ham madde hazırlama ve sırlama ve dekorasyon işlemlerinde kullanılan döküm ünitelerinin temizliği sırasında da proses atık suyu ortaya çıkar. Bu proses atık suyu, ham maddelerle aynı bileşenlere sahiptir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].

3. Bölüm

Aşağıdaki tabloda bir porselen sofa eşyası üreticisinin proses atık suyu analizi gösterilmektedir [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003]. Proses atık suyu homojenizasyon, flokülasyon (topaklaştırma), sedimantasyon (çöktürme), kum yatağında filtreleme ve proses atık suyunun miktarının azaltılması için ters osmoz işlemleri ile temizlenir.

Parametre	Birim	Fabri kada n	Koyultu cu sonrası	Kum filtre sonrası	Ters osmoz sonrası konsant rasyon	Ters osmoz sonrası süzüntü
pH		7,5	7,5	7,5	8,0	6,5
İletkenlik	S/cm	750	700	680	950	8
Toplam sertlik	dH	12,0	11,5	12,0	15,0	<0,5
135 °C'de buharlaştırma sonrası katı kalıntı	mg/l	1500	550	500	820	60
HCl	mg/l	150	150	130	245	<5
Sülfat	mg/l	100	100	110	280	<10
Fosfat	mg/l	80,0	2,0	1,0	1,5	0,4
Salisilik asit	mg/l	200	15	10	25	<0,1
Kalsiyum	mg/l	70	70	65	245	0,3
Magnezyum	mg/l	9	7	7	23	<0,1
Bor	mg/l	2,0	1,0	1,0	3,1	<0,1
Çinko	g/l	4500	<100	<100	<100	<100
Kurşun	g/l	250000	200	60	110	<10
Kadmiyum	g/l	60	2	2	3	<1
Cr, Cu, Ni, Co	g/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
AOX	mg/l	0,001	–	–	0,007	<0,001
KOİ	mg/l	30	–	–	45	<15

Tablo 3.38: Bir porselen sofa gereçleri üreticisinin proses atık suyu analizi

Ev kullanımına yönelik seramik üreten bir fabrikaların proses atık suyu analizine bir diğer örnek de aşağıda verilmiştir. Bu fabrikada çoğunlukla tek seferli pişirme uygulanmakta ve proses atık suyu genellikle sırlama ve kütle hazırlama işlemleriyle ortaya çıkmaktadır [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [22, SYKE, 2004].

Parametre	Birim	İşlem öncesi konsantrasyon	İşlem sonrası konsantrasyon	Azalma oranı
pH		8,9	7,9	
BOİ ₇	mg/l	7,4	5,4	%27,0
KOİ _{Cr} , O ₂	mg/l	142	25	%82,4
Askıda Katı Madde	mg/l	8100	4,4	%99,95
Cd	mg/l	0,0015	<0,0005	>%66,7
Co	mg/l	12,0	0,020	%99,83
Cr	mg/l	0,130	0,004	%96,9
Cu	mg/l	0,110	0,029	%73,6
Pb	mg/l	0,190	<0,010	>%94,7
Zn	mg/l	4,0	0,220	%94,5
Mn	mg/l	0,200	0,035	%82,5

Tablo 3.39: Ev kullanımına yönelik bir seramik fabrikasının proses atık suyu analizi

Fizikokimyasal bir ayırma prosesi ile gerçekleştirilen proses atık suyu temizliği aşağıdaki adımlardan oluşur:

- dengeleme havzası,
- ayırma kimyasalının eklenmesi ve hızla karıştırma,
- flokülasyon (topaklaştırma),
- katyonik polimerin eklenmesi ve flokülasyon,
- sedimentasyon,
- çamurun koyulaştırılması,
- çamurun presli filtre ile kurutulması.

Arıtılan su, çöktürme havuzundan taşan sudur ve ilgili atık su hacmi 145 m³/gün'dür.

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık mallar ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler).
- ham maddelerin hazırlığı (özellikle ünitelerin temizliği), döküm ve sırlama ünitelerinin temizliği ve ıslak öğütme sırasında çamur oluşur.
- döküm işlemleri sonucu kullanılmış ve kırık alçı kalıplar ortaya çıkabilir.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Proses atık suyunun arıtılmasıyla meydana gelen beyaz çamur; kaolin, diğer geleneksel seramik ham maddeleri ve çok az miktarda alçının karışımıdır. Beyaz çamurun analiziyle aşağıdaki bileşenler gözlenmiştir: SiO₂ (%66 – 70) Al₂O₃ (%18 – 20), Na₂O (%0,1 – 2), K₂O (%3 - 3,5), CaO (%1 – 3) [4, UBA, 2001].

3.3.6.2 Tüketim verileri

Enerji tüketimi

Aşağıdaki tabloda bir porselen sofa eşyası üreticisinin termal enerji ve elektrik enerjisi tüketim verileri gösterilmektedir [1, BMLFUW, 2003].

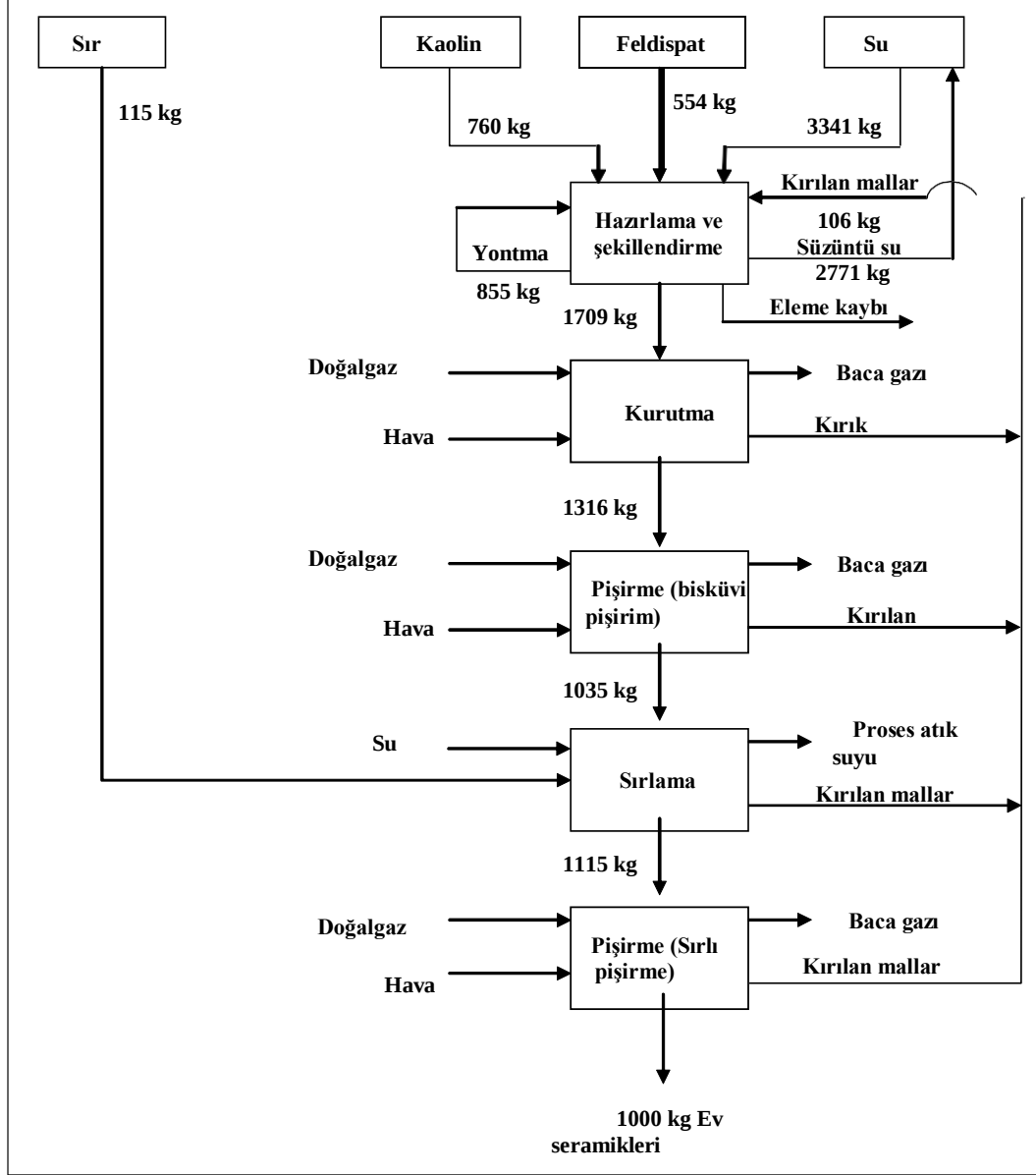
Parametre	Birim	Değerler
Elektrik enerjisi tüketimi	MJ/kg ürün	4,5
Termal enerji tüketimi	MJ/kg ürün	70

Tablo 3.40: Bir porselen sofa eşyası üreticisinin termal enerji ve elektrik enerjisi tüketim verileri

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 2.17 ve Tablo 2.18.

Su ve ham madde tüketimi

Sofra gereçleri imalatında su ve ham madde tüketim verileri, aşağıdaki kütle akışı diyagramında örnek olarak gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]. Presli filtre ile ön kurutulma işlemi gerçekleştirilen ve oyma makinelerinde üretilen dekore edilmeyen ürünlerin kütle akışı gösterilmiştir.



Şekil 3.7: Sofra gereçleri imalatında kütle akış örneği

3.3.7 Sıhhi tesisat gereçleri

3.3.7.1 Emisyon verileri

Sıhhi tesisat gereçlerinin imalatı sırasında ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonlarıdır. Bu kısımda, sıhhi tesisat gereçlerinin pişirilmesiyle ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Sıhhi tesisat gereçleri tünel veya roller fırınlarda pişirilir. Küçük ölçekli üretimde ürünler periyodik olarak çalıştırılan (aralıklı) mekik tipi fırınlarda pişirilir. Aşağıdaki tabloda tipik bir sıhhi tesisat gereçleri fabrikasındaki tünel fırının işletim verileri (tablonun üst kısmında) ile ilgili ham ve temiz gaz kompozisyonları verilmiştir. Bu örnekte baca gazı, çelik bir konteyner içerisindeki bal peteği şekilli düzlemsel adsorber modüller aracılığıyla temizlenmektedir [4, UBA, 2001].

Emisyon kaynağı	Tünel fırın
Baca gazı hacim akışı (m ³ /s)	9100
Baca gazı sıcaklığı (°C)	140 – 180

Emisyon bileşeni	Ham gaz konsantrasyonu (mg/m ³)	Temiz gaz konsantrasyonu (mg/m ³)
Toz	10	3
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	30	20
CO	200	200
HF olarak belirtilen gaz halindeki inorganik flor bileşikleri	1,3 – 3,6	0,4 – 1,5

Tablo 3.41: Tünel fırından çıkan ham ve temiz gaz kompozisyonları örneği

Aşağıdaki tabloda tünel ve mekik tipi fırınlardaki ham gaz konsantrasyonlarının aralıkları gösterilmiştir (%18 O₂, yakıt: doğalgaz) [1, BMLFUW, 2003], [22, SYKE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

Emisyon bileşeni	Konsantrasyon (mg/m ³)	Konsantrasyon (mg/m ³)
Emisyon kaynağı	Tünel fırın	Mekik tipi fırın
Toz	1 – 20	J 40
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	10 – 50(*)	10 – 50
HCl olarak belirtilen gaz halindeki inorganik klor bileşikleri	1 – 25	J 80
HF olarak belirtilen gaz halindeki inorganik flor bileşikleri	1 – 30	J 90
SO ₂ (**)	1 – 100	mevcut değil.
*) LPG/ağır fuel oil yakıt karışımıyla 90 mg/m ³ 'e kadar NO ₂		
**) LPG/heavy fuel oil yakıt karışımıyla		

Tablo 3.42: Tünel ve mekik tipi fırınların ham gaz konsantrasyonları

Aşağıdaki tabloda sıhhi tesisat gereçleri üreten iki fabrikanın temiz gaz konsantrasyonları örneklenmiştir. Temiz gaz değerleri tünel fırındaki ilk pişirme ve baca gazının kireç dolgulu yatak adsorber sistemleri ile arıtılması sonrası elde edilmiştir (%18 O₂, yakıt: doğalgaz) [1, BMLFUW, 2003].

Emisyon bileşeni	Fabrika 1 Konsantrasyonu (mg/m ³)	Fabrika 2 Konsantrasyonu (mg/m ³)
Toz	3,2	5,0
Kobalt	<0,1	–
Nikel	<0,1	–
Krom	<0,1	–
Mangan	<0,1	–
Vanadyum	<0,1	–
Kalay	<0,1	–
Antimon	<0,1	–
HF olarak belirtilen gaz halinde inorganik flor bileşikleri	0,8	–
HCl olarak belirtilen inorganik klor gazı	0,8	–
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	6,0	20

Tablo 3.43: Sıhhi tesisat gereçleri üreten iki fabrikanın temiz gaz konsantrasyonlarına örnekler

Havaya emisyonlar pişirme işlemiyle birlikte, üretimin aşağıda belirtilen diğer adımlarında da ortaya çıkar [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]:

- ham maddelerin depolanması ve fabrika içinde taşınması sırasında depolama, tartım, nakil ve taşıma birimlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- sert kuru ham maddelerin hazırlık işlemlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- belirli koşullar altında, kurutma işlemi sonucu gaz emisyonu meydana gelebilir. Yaş kütlenin kurutulma işlemi sırasında fırının aşırı ısınması halinde, pişirme alanından baca gazı çıkar ve kullanılan kapalı ısıtma sistemi yoksa özellikle florür emisyonlarının gerçekleşmesi mümkündür.
- sır püskürtme işlemi sırasında toz emisyonları meydana gelebilir.
- cilalama ve kuru öğütme işlemleriyle toz emisyonları meydana gelebilir.

Suya emisyonlar

Sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde, ıslak öğütme veya sırlama işlemleriyle beraber, ham madde hazırlama ve döküm ünitelerinin temizliği sırasında da proses atık suyu ortaya çıkar. Bu proses atık suyu, ham maddelerle aynı bileşenlere sahiptir ve yeniden kullanılabilir (çoğunlukla temizleme suyu olarak) [23, Seramik TÇG, 2005].

Aşağıdaki tabloda, sıhhi tesisat gereçleri üreten bir fabrikanın temizlenmiş proses atık suyunun kirletici konsantrasyonuna bir örnek ile fabrikanın ilgili günlük yükü gösterilmiştir (çöktürme sonrası kompozit numune) [1, BMLFUW, 2003].

Parametre	Konsantrasyon (mg/l)	Yük (g/gün)
Çinko	0,05	1,0
Nikel	<0,01	<0,2
Kurşun	<0,01	<0,2
Bakır	<0,01	<0,2
Krom	<0,01	<0,2
Krom-(VI)	<0,05	<0,01
Kobalt	<0,01	<0,2
Kalay	<0,01	<0,2
Kadmiyum	<0,005	<0,1
Antimon	<0,01	<0,2
Baryum	0,32	6,4
Sülfat	53	1060
pH	7,7	–

Tablo 3.44: Temizlenmiş proses atık suyundaki kirletici konsantrasyonları

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık mallar ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler).
- ham maddelerin hazırlığı (özellikle ünitelerin temizliği), döküm ve sırlama ünitelerinin temizliği ve ıslak öğütme sırasında çamur oluşur.
- döküm işlemleri sonucu kullanılmış ve kırık alçı kalıplar ortaya çıkabilir.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler. [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

Proses atık suyunun arıtılmasıyla meydana gelen beyaz çamur; kaolin, diğer geleneksel seramik ham maddeleri ve çok az miktarda alçının karışımıdır. Beyaz çamurun analiziyle aşağıdaki bileşenler gözlenmiştir: SiO₂ (%66 – 70) Al₂O₃ (%18 – 20), Na₂O (%0,1 – 2), K₂O (%3 – 3,5), CaO (%1 – 3) [4, UBA, 2001].

3.3.7.2 Tüketim verileriEnerji tüketimi

Farklı fırınların spesifik enerji gereksinimleri ve diğer işletim verileri aşağıdaki tabloda verilmiştir [4, UBA, 2001] [23, Seramik TÇG, 2005] [27, VDI, 2004].

Fırın tipi	Sıcaklık (°C)	Piştirme süresi (s)	Spesifik enerji gereksinimi (kJ/kg)	Yapılan iş (t/s)
Konvansiyonel tünel fırın	1230 – 1270	16 – 24	9100 – 12000	0,8 – 1,0
Hafif fiber yalıtımlı modern tünel fırın	1230 – 1260	10 – 18	4200 – 6700	1,0 – 2,0
Roller fırın	1230 – 1260	8 – 12	3500 – 5000	0,8 – 1,0
Modern mekik tipi fırın, onarım pişirmesi	1180 – 1220	12 – 23	8300 – 10400	5 – 15 ^(*)
Modern mekik tipi fırın, ilk pişirme	1240 – 1260	12 – 23	9200 – 11300	5 – 15 ^(*)
^(*) sıra ile (t/çevrim)				

Tablo 3.45: Farklı fırınların işletim verileri ve iş miktarları

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 2.21, Tablo 2.22 ve Tablo 2.23.

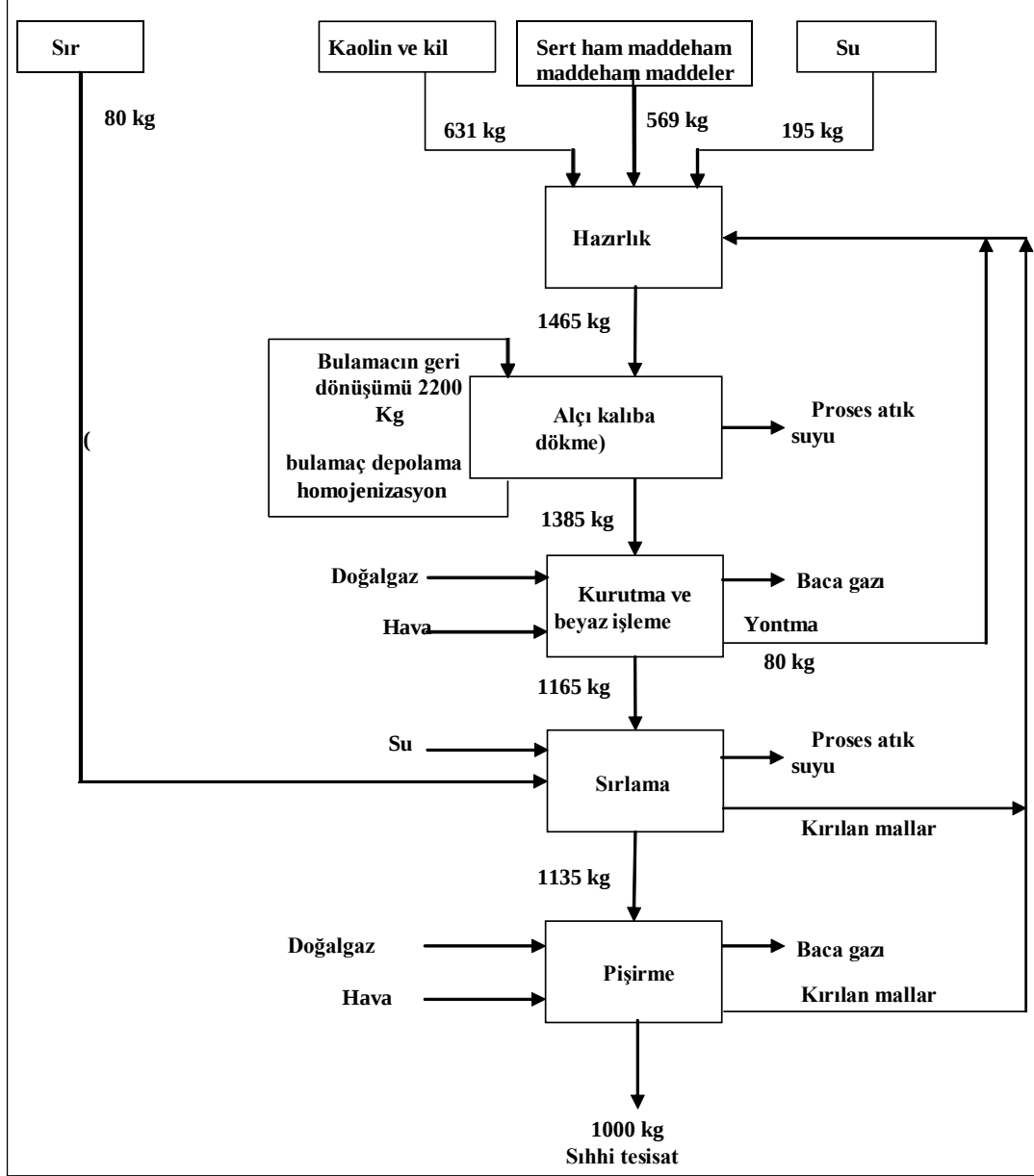
Aşağıdaki tabloda sıhhi tesisat gereçleri üreten üç fabrikanın termal enerji ve elektrik enerjisi tüketimi verileri gösterilmiştir [1, BMLFUW, 2003].

Parametre	Birim	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3
Üretim kapasitesi	t/yıl	10000	5120	2900
Ham madde kullanımı	t/yıl	17000	7801	3500
Elektrik enerjisi tüketimi	MJ/kg ürün	0,36	3,32	3,16
Termal enerji tüketimi	MJ/kg ürün	30	22	28

Tablo 3.46: Enerji tüketimi verileri

Su ve ham madde tüketimi

Sıhhi tesisat gereçleri imalatında su ve ham madde tüketim verileri, aşağıdaki kütle akışı diyagramında örnek olarak gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]. Ürünler vitroz porselenden üretilmekte ve şekillendirme işlemi alçı kalıplara dökülerek gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.8: Sıhhi tesisat gereçleri imalatında kütle akış örneği

3.3.8 Teknik seramikler

3.3.8.1 Emisyon verileri

Teknik seramiklerin imalatı sırasında ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonları. Bu kısımda, elektroporselenin pişirilmesiyle ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Diğer proses adımları dolayısıyla gerçekleşen havaya emisyonlar, suya emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Aşağıdaki tabloda elektrik yalıtkanlarının pişirilmesi sırasında mekik tipi fırınlardan çıkan ham gaz konsantrasyonlarının aralıklarını ve kütle akışları gösterilmektedir [1, BMLFUW, 2003].

Emisyon bileşeni ⁽¹⁾	Konsantrasyon (mg/m ³)	Kütle akışı (g/s)
Toz	20 – 30	600'e kadar
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	20 – 120	2400'e kadar
HF olarak belirtilengaz halindeki inorganik flor bileşikleri	120'ye kadar	2400'e kadar
¹⁾ hacmen %18'lik O ₂ için		

Tablo 3.47: Elektrik yalıtkanlarının pişirilmesiyle çıkan ham gazların konsantrasyonları

Aşağıdaki tabloda elektrik yalıtkanlarının pişirilmesi sırasında mekik tipi fırından çıkan baca gazı konsantrasyonlarına bir örnek gösterilmiştir. Fırının (ayrıca bkz. 2.3.8) baca gazı temizleme sistemi bulunmamaktadır [1, BMLFUW, 2003].

Emisyon bileşeni ⁽¹⁾	Konsantrasyon (mg/m ³)	Kütle akışı (g/s)
CO	91	658
NO ₂ olarak belirtilen NO _x	39	282
HF olarak belirtilengaz halindeki inorganik flor bileşikleri	11,3	82
HCl olarak belirtilengaz halindeki inorganik klor bileşikleri	2,5	18
SO ₂ olarak belirtilen SO _x	2,8	20
Organik madde	6,3	45
¹⁾ hacmen %18'lik O ₂ içindir, toz/partikül ölçümü yapılmamıştır.		

Tablo 3.48: Elektrik yalıtkanlarının pişirilmesi sırasında mekik tipi fırından çıkan baca gazı konsantrasyonları

Diğer teknik seramiklerin pişirilmeleri sırasında havaya doğru gerçekleşen emisyonlara dair kullanılabilir veri bulunmamaktadır, ancak teknik seramik kütleleri organik katkılar içeriyorsa pişirme sırasında UOB'ler ortaya çıkabilir [17, Burkart, 2004].

Havaya emisyonlar pişirme işlemiyle birlikte, üretimin aşağıda belirtilen diğer adımlarında da ortaya çıkar [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [24, VKI-Almanya, 2004]:

- ham maddelerin depolanması ve fabrika içinde taşınması sırasında depolama, tartım, nakil ve taşıma birimlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- kuru ham maddenin hazırlık işlemlerinde toz emisyonları meydana gelir.
- kuru kütlelerin şekillendirilmesi esnasında (presleme) toz emisyonları meydana gelir.
- kuru makineleme işlemleriyle toz emisyonları ortaya çıkar (yeşil/beyaz/sert makineleme).
- kullanılan sırlama veya astarlama tekniğine bağlı olarak, sırlama ve astarlama esnasında toz emisyonları meydana gelebilir.
- belirli koşullar altında, kurutma işlemi sonucu gaz emisyonu meydana gelebilir. Yaş kütlenin kurutulma işlemi sırasında fırının aşırı ısınması halinde, pişirme alanından baca gazı çıkar ve kullanılan kapalı ısıtma sistemi yoksa yakma ve ön pişirme işlemleriyle gaz emisyonları, özellikle UOB'ler ortaya çıkabilir.

Suya emisyonlar

Teknik seramiklerin üretiminde, makineyle ıslak işleme, sırlama ve astarlama işlemleriyle beraber, ham madde hazırlama ve döküm ünitelerinin temizliği sırasında da proses atık suyu ortaya çıkar. Bu proses atık suyu, ham maddelerle aynı bileşenlere sahiptir [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [24, VKI-Almanya, 2004].

Aşağıdaki tabloda bir elektrik yalıtkanı imalatçısının flokülasyon, yönlendirme plakalı koyultucuyla ayırma ve odalı presli filtre ile filtreleme işlemi ile temizlenmiş proses atık suyundaki kirletici konsantrasyonları (ayrıca bkz. 2.3.8) gösterilmiştir (beş adet günlük kompozit numune) [1, BMLFUW, 2003].

Parametre	Konsantrasyon (mg/l)				
Filtrelenebilir madde	–	22	36	53	15
Alüminyum	–	<0,1	<0,1	<0,1	0,90
Demir-II	<0,01	–	–	–	–
Demir-III	<0,01	–	–	–	–
Toplam demir	<0,01	2,64	1,15	0,056	0,1481
Florür	–	0,33	–	–	–
KOİ	–	19	–	–	–
TOK	<0,05	1,60	–	–	–
pH	8,12	6,24	5,87	6,65	7,37

Tablo 3.49: Bir elektrik yalıtkanı üreticisinin temizlenmiş proses atık suyunun konsantrasyonları

Aşağıdaki tabloda, bir elektrik yalıtkanı imalatçısının filtreleme olmaksızın flokülasyon işlemi sonrasında proses atık suyundaki kirletici konsantrasyonları gösterilmiştir (nitelikli numune) [23, Seramik TÇG, 2005].

Parametre	Birim	Değer
pH	-	7,2
Askıda madde	mg/l	<3
KOİ	mg/l	53
TOK	mg/l	15
AOX	mg/l	0,02
Krom (toplam)	mg/l	<0,01
Kurşun	mg/l	<0,05
Kadmiyum	mg/l	<0,005
Bakır	mg/l	<0,01
Nikel	mg/l	<0,1
Çinko	mg/l	0,3
Alüminyum	mg/l	0,23
Kobalt	mg/l	0,016

Tablo 3.50: Elektrik yalıtkanı imalatçısının proses atık suyunun flokülasyon sonrası konsantrasyonları

Aşağıdaki tabloda, bir piezoseramik imalatçısının son filtreleme, toplu işlemleri sonrası temizlenmiş proses atık suyundaki kirletici konsantrasyonları gösterilmiştir (nitelikli numune) [23, Seramik TÇG, 2005].

Parametre	Birim	Değer
pH	-	8,0
Askıda madde	mg/l	<3
KOİ	mg/l	597
TOK	mg/l	200
AOX	mg/l	<0,1
Kurşun	mg/l	<0,1
Kadmiyum	mg/l	<0,01
Bakır	mg/l	<0,01
Nikel	mg/l	<0,1
Çinko	mg/l	0,04
Antimon	mg/l	<0,02

Tablo 3.51: Piezoseramik ürün imalatçısının temizlenmiş proses atık suyunun konsantrasyonları

Diğer teknik seramiklerin üretim işlemleri nedeniyle suya doğru gerçekleşen emisyonlara dair kullanılabilir veri bulunmamaktadır.

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık nesneler ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve makineyle işleme).
- ham maddelerin hazırlığı (özellikle ünitelerin temizliği), döküm, sırlama ve astarlama ünitelerinin temizliği ve makineyle ıslak işleme sırasında çamur oluşur.
- döküm işlemleri sonucu kullanılmış ve kırık alçı kalıplar ortaya çıkabilir.
- mekanik yüzey işlemleri ile emülsiyonlar ortaya çıkabilir.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [24, VKI-Almanya, 2004].

3.3.8.2 Tüketim verileri

Enerji tüketimi

Aşağıdaki tabloda elektroporselen üretimi yapan iki fabrikanın termal enerji ve elektrik enerjisi tüketimi verileri gösterilmiştir [1, BMLFUW, 2003].

Parametre	Birim	Fabrika 1	Fabrika 2
Elektrik enerjisi tüketimi	MJ/kg ürün	–	0,94
Termal enerji tüketimi	MJ/kg ürün	25	15,30

Tablo 3.52: İki elektroporselen fabrikasına ait enerji tüketim verileri

Fırın kapasitesi 70 m³ ve her bir pişirim çevrimi için üretim kapasitesi 10 – 25 ton elektrik yalıtkanı olan bir mekik tipi fırının spesifik termal enerji tüketimi 12000 ila 20000 kJ/kg arasındadır [1, BMLFUW, 2003].

Diğer teknik seramiklerin üretim işlemleri sırasında gerçekleşen enerji tüketimine dair kullanılabilir veri bulunmamaktadır.

Su ve ham madde tüketimi

Aşağıdaki tabloda elektroporselenin (alumina porseleni) üretiminde kullanılan ham madde kompozisyonu aralıkları verilmiştir. Kütlenin su içeriği aralığı %30 - 50 arasındadır [23, Seramik TÇG, 2005].

Ham madde	Miktar (%)
Kaolin	30 – 40
Kil	6 – 15
Feldispat	10 – 20
Kuvars	0 – 30
Alümina	0 – 40

Tablo 3.53: Elektroporselen üretimi için ham madde konsantrasyonları

Diğer teknik seramiklerin üretim işlemleri sırasında gerçekleşen su ve ham madde tüketimlerine dair kullanılabilir veri bulunmamaktadır.

3.3.9 İnorganik bağlayıcı aşındırıcılar

3.3.9.1 Emisyon verileri

İnorganik bağlayıcı aşındırıcıların imalatı sırasında ortaya çıkan, havaya ve suya emisyonlar, proses kayıpları/atıklar ve gürültü emisyonlarıdır. Bu kısımda, pişirme ve diğer proses adımlarıyla ilişkili hava kirleticilerin emisyon aralıkları sunulmuştur. Suyu emisyonlar ve proses kayıpları da açıklanmıştır.

Havaya emisyonlar

Aşağıdaki tabloda inorganik bağlayıcı aşındırıcıların üretildiği üç fabrikanın baca gazı değerlerine örnekler verilmiştir (ayrıca bkz.2.3.9) [14, UBA, 2004], [30, Seramik TÇG, 2005].

Emisyon bileşeni	Birim	Fabrika 1 ⁽¹⁾	Fabrika 2 ⁽²⁾	Fabrika 3 ⁽³⁾
CO ₂	t/yıl	372	143	216
Toz	mg/m ³	12	<15	<15
TOK	mg/m ³	<43	39	<40
¹⁾ Bu fabrika, inorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretimi için tipik bir örnek teşkil eder (ham maddelerin hazırlanmasından aşındırıcıların paketlenmesine kadar). Aşındırıcılar 10,4 m ³ kapasiteli ve ortalama ortam yoğunluğu 360 kg/m ³ olan bir gazlı fırında pişirilir. Kullanılan tesis bileşenleri toz ayırma (karıştırma ve öğütme üniteleri ile bitim işlemleri için) için torbalı filtreler, fırının baca gazı ve ortak bitim üniteleri için termal son yakmadır.				
²⁾ Bu fabrikada küçük öğütme araçlarının imalatı gerçekleştirilir. Fabrika tek nöbetle işletilir ve aşındırıcılar elektrikli bir mekik tipi fırında pişirilir. Fabrikada her biri 5,28 m ³ 'e kadar hacme sahip üç adet birbirinin aynı mekik tipi fırın bulunur (kullanılabilir hacim 4,4 m ³). Ortam yoğunluğu 700 ila 1400 kg/m ³ arasında değişiklik gösterir (pişirme yardımcılarının payı %33-50 arasındadır). Kullanılan tesis bileşenleri toz ayırma (karıştırma ve öğütme üniteleri ile bitim işlemleri için) için torbalı filtreler, fırının baca gazı ve ortak bitim üniteleri için termal son yakma ve ortak bitim üniteleri ve agregaların temizlenmesiyle ortaya çıkan proses atık suyu için çöktürme tanklarıdır.				
³⁾ Bu fabrika, küçük çaplı inorganik bağlayıcılı aşındırıcı birimlerine bir örnektir (öğütme tekerlerinin çapı 100 ile 1000 mm arasındadır). Aşındırıcılar, 5 m ³ kapasiteli bir gazlı ve periyodik çalıştırılan bir mekik tipi fırında pişirilir ve vitrifiye bağın ortam yoğunluğu 70 ile 140 kg/m ³ arasındadır (bkz 2.3.9.5). Tesis bileşenlerinden ise karıştırma ve öğütme üniteleri ile bitim işlemleri için torbalı filtreler kullanılarak toz ayırma sağlanır.				

Tablo 3.54: İnorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretildiği üç fabrikanın baca gazı değerlerine örnekler

Havaya emisyonlar pişirme işlemiyle birlikte, üretimin aşağıda belirtilen diğer adımlarında da ortaya çıkar [14, UBA, 2004], [23, Seramik TÇG 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]:

- kuru ham maddenin hazırlık, karıştırma ve presleme işlemlerinde toz emisyonları meydana gelebilir.
- kuru öğütme işlemleriyle toz emisyonları meydana gelebilir.

Suya emisyonlar

İnorganik bağlayıcılı aşındırıcıların üretiminde çok az miktarlarda proses atık suyu meydana gelir. Bazı durumlarda atık su oluşturmamayan üretim bile mümkün olabilir (ünitelerin ısıtılarak ve kirleticilerin kazınmasıyla temizlenmesi). Proses atık suyunun ortaya çıktığı durumlarda ise bu suyun çok büyük bir kısmı ünitelerin temizliğinde kullanılan sudur [14, UBA, 2004].

Proses kayıpları/atıkları

- bazı üretim proseslerinde kırık mallar ortaya çıkabilir (özellikle şekillendirme, kurutma, pişirme ve sonraki işlemler).
- özellikle ünitelerin temizlenmesi sonucu çamur oluşabilir.
- mekanik yüzey işlemleri ve şekillendirme ile emülsiyonlar ortaya çıkabilir.
- paketleme sırasında plastik, atık kağıt ve hurda metal gibi atıklar ortaya çıkar.
- gazsız temizleme ünitelerinde toz, çamur ve emici maddeler bulunur.

Yukarıda bahsedilen birikmiş proses kayıplarının bir kısmı geri dönüştürülebilir ve ürün özellikleri veya işlemlerin gereksinimleri doğrultusunda tesiste yeniden değerlendirilebilir. Tesis içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, tesisi atık olarak terk ederler ve harici geri dönüşüm veya bertaraf tesislerine gönderilirler [14, UBA, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005].

3.3.9.2 Tüketim verileri

Enerji tüketimi

Aşağıdaki tabloda, Tablo 3.54'te bahsedilen üç inorganik bağlayıcılı aşındırıcı üreticisinin genel enerji tüketim verileri sunulmuştur [14, UBA, 2004] [30, Seramik TÇG, 2005].

Parametre	Birim	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3
Elektrik enerjisi tüketimi	kWs/yıl	150000	1540000	175000
Doğalgaz tüketimi	kWs/yıl	1850000	946000	1000000

Tablo 3.55: Üç ayrı inorganik bağlayıcılı aşındırıcı üreticisinin genel enerji tüketim verileri

Su ve ham madde tüketimi

Aşağıdaki tabloda, Tablo 3.54'te bahsedilen üç inorganik bağlayıcılı aşındırıcı üreticisinin su ve ham madde tüketim verileri sunulmuştur [14, UBA, 2004], [30, Seramik TÇG, 2005].

Girdi	Çıktı	Fabrika 1 (t/yıl)	Fabrika 2 (t/yıl)	Fabrika 3 (t/yıl)
Aşındırıcı tanecikler		216	440	153
Bağlayıcı maddeler		35,2	110	17
Katkılar ⁽¹⁾		15,2	41,8	7
Çelik şaft ve manşonlar		-	17,6	-
	Ürün	253,6	550	170
	Aşındırıcı toz	32	55	26
	Kırık nesneler ⁽²⁾	7	7	4
⁽¹⁾ Pişirme esnasında kısmen ayrışır				
⁽²⁾ Kırık pişirme yardımcıları da dahil olmak üzere				

Tablo 3.56: Üç ayrı inorganik bağlayıcılı aşındırıcı üreticisinin ham madde tüketim verileri

4 SERAMİK ÜRETİMİ İÇİN MET'İN BELİRLENMESİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLECEK TEKNİKLER

Bu bölümde, belgenin kapsamındaki endüstrilere yönelik, yüksek düzeyde çevre koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu değerlendirilen teknikler açıklanmıştır. Bunlara yönetim sistemleri, prosese entegre teknikler ve boru sonu tedbirler dahildir; ancak en iyi sonuçlar aranırken bu üçü belirli ölçüde kesişecektir.

Materyallerin ve enerjinin yeniden kullanımıyla beraber önleme, kontrol, en aza indirme ve geri dönüşüm işlemleri de göz önüne alınmıştır.

IPPC hedeflerine ulaşmak için, teknikler tek başlarına veya birlikte sunulabilir. Direktifin Ek IV kısmında, MET belirlenirken göz önüne alınacak genel bazı hususlar sıralanmış olup, bu bölüm kapsamındaki teknikler söz konusu hususların bir veya birden fazlasına yöneliktir. Tekniklerin karşılaştırılmasına olanak sağlamak ve Direktifte verilen MET tanımına karşılık objektif bir değerlendirme yapabilmek amacıyla, her bir tekniğin genel hatlarının belirlenmesinde mümkün olduğu kadar standart bir yapı kullanılmıştır.

Bu bölümün içeriği, detaylı bir teknikler listesi değildir ve MET çerçevesinde aynı ölçüde geçerli olabilecek diğer teknikler mevcut olabilir veya geliştirilebilir.

Her bir tekniğin genel hatlarının çizilmesinde genel olarak Tablo 4.1'de gösterilen standart yapı kullanılmıştır:

İlgili bilginin türü	Verilen bilginin türü
Tanım	Tekniğin teknik tanımı
Elde edilen çevresel faydalar	Ulaşılan emisyon değerleri ve verimlilik performansı gibi, tekniğin odaklandığı (proses olarak veya azaltma amacıyla) çevresel etki(ler). Diğerleriyle karşılaştırıldığında söz konusu tekniğin çevresel faydaları
Ortamlar arası etkiler	Tekniğin uygulanmasının neden olduğu herhangi olası yan etkiler ve dezavantajlar. Diğerleriyle karşılaştırıldığında söz konusu teknığe dair çevresel problemler
İşletim verileri	Emisyonlar/atıklar ve tüketime (ham maddeler, su ve enerji) ilişkin performans verileri. Tekniğin işletilmesi, sürdürülmesi ve kontrolüne dair; tekniğin emniyet boyutu, işletme kısıtlamaları, çıktı kalitesi ve benzeri gibi diğer faydalı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Tekniğin uygulanması ve güncellenmesine dair faktörlerin değerlendirilmesi (örn. alanın müsaitliği, prosese özel hususlar)
Ekonomi	Tekniğin kapasitesine ilişkin maliyet (yatırım ve işletim) ve herhangi olası tasarruflar (örn. ham madde tüketiminin ve atık ücretlerinin azaltılması) hakkında bilgiler
Uygulamanın itici gücü	Tekniğin uygulanma sebepleri (örn. mevzuat, üretim kalitesini iyileştirme)
Örnek fabrikalar	Tekniğin kullanılmış olduğunun raporlandığı referans fabrikalar
Referans literatür	Tekniğe dair daha detaylı bilginin bulunduğu literatür

Tablo 4.1: Bu bölümde tanımlanan her teknik için verilen bilgilerin açıklamaları

Yukarıda bahsedilen unsurlar arasındaki sınırlar belirli bir ölçüde kesişebileceğinden yapı, söz konusu durumu tek başına yansıtacak şekilde, esnek tutulmuştur.

Azaltma tekniklerinin maliyetleri, tesislerin boyutu ve ayrı uygulamalarda kullanılan teknikler ve mevcut koşullar dahilinde değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, Tablo 4.7’de çeşitli azaltıcı teknikler kullanılarak tozun, inorganik gaz bileşiklerin ve organik gaz bileşiklerin azaltılmasına dair yatırım maliyetleri, bakım masrafları, emici madde masrafları ve işletim maliyetlerine örnekler verilmiştir. [32,Seramik TÇG, 2006].

Hacimsel akış hızları ve konsantrasyonlarında standart koşullar için, ayrıca Terimler Sözlüğünde de verilmiş olan aşağıdaki tanımları inceleyiniz:

m ³ /s	hacimsel akış hızı: aksi belirtilmediği sürece, bu belgedeki hacimsel akış hızı, hacmen %18 oksijen ve standart hali ifade eder.
mg/m ³	konsantrasyon: aksi belirtilmediği sürece, belgede gaz halindeki maddelerin veya madde karışımlarının konsantrasyonları, hacmen %18’lik oksijen ve standart haldeki kuru baca gazını; benzen konsantrasyonları ise hacmen %15’lik oksijen ve standart hali ifade eder.
standart hal	273 K sıcaklık ve 1013 hPa basıncı ifade eder.

4.1 Enerji tüketiminin azaltılması (enerji verimliliği)

Şu anda hazırlanma aşamasında olan Enerji Verimliliği Teknikleri referans belgesinde (ENE) de konuya ilişkin faydalı bilgiler sağlanmaktadır.

4.1.1 Fırın ve kurutucuların iyileştirilmiş tasarımı

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Burada, fırın/kurutucu sistemlerinde ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan çeşitli tedbirler sunulmuştur:

- kurutucu devrelerin otomatik kontrolü,
- kurutucu içerisindeki nem ve sıcaklığın otomatik kontrolü,
- gerekli sıcaklığı sağlamak için kurutuculara alanlara dağılmış şekilde ve bağımsız termal katkıya sahip (alana göre ayarlanabilir) itici fanların kurulumu,
- fırınların sızdırmazlığının iyileştirilmesi, örn. tünel ve aralıklı fırınlarda metal kaplama veya kum ya da su perdeleri ısı kayıplarının azaltılmasını sağlar,
- fırınların termal yalıtkanlığının iyileştirilmesi, örn. yalıtkan refrakter astar veya seramik fiber (mineral yün) kullanılması ısı kayıplarının azaltılmasını sağlar,
- fırın astarlarının ve fırın arabalarının güvertelerinin refrakter astarlarının iyileştirilmesi soğutma süresini ve ilgili ısı kayıplarını (‘çıkış kayıpları’) azaltır,
- yüksek hızlı brülörlerin kullanılması yakma verimliliği ve ısı transferini iyileştirir,
- eski fırınlar, boyut ve genişlik olarak daha gelişmiş tünel fırınlarla veya üretim prosesinde kullanılması mümkün ise, aynı kapasiteye sahip hızlı pişirme sağlayan fırınlarla (örneğin roller fırınlar) değiştirmek spesifik enerji tüketimini azaltabilir,
- fırınla pişirme işlemlerinin bilgisayarla interaktif biçimde kontrol edilmesi hem enerji tüketiminin hem de hava kirleticisi emisyonların azalmasını sağlar,
- pişirme yardımcılarının kullanımının azaltılması ve/veya SiC/süper alaşımlardan üretilen pişirme yardımcılarının kullanılması, fırın sisteminin daha düşük enerji girdisi ile ısıtılmasını sağlar; SiC pişirme yardımcılarını hızlı pişirmeli roller teknolojili fırınlarda da kullanılabilir,
- kurutucu ile fırın arasındaki geçişin optimizasyonu (minimizasyonu) ve mümkünse üretim prosesinde fırının ön ısıtma alanının kurutma işleminin sonlandırılması için kullanılması, kurutulan ürünün pişirmeden önce boş yere soğumasını engeller,
- geliştirilmiş kil agregaların üretiminde döner fırından geçen hava akışı miktarının azaltılması enerji tüketimini azaltabilir.

Yukarıda bahsedilen tedbirlerin çoğu, kurutucunun tasarımı (iyileştirilmiş termal yalıtım, kapı ve kilitlerin yalıtımı vb.) gibi konularda kurutucular, pişirme yardımcıları ve kurutucular ile fırınlar genellikle ısı geri kazanım sistemi ile birbirine bağlı olduğundan, proses kontrolü için de uygulanabilir (bkz. 4.1.2).

Ortamlar arası etkiler

Sorun yoktur.

İşletim verileri

Bu veriler söz konusu durumla ilgili tedbir/göreve bağlıdır; örneğin farklı türlerdeki (konvansiyonel, hızlı pişirmeli, iyileştirilmiş yalıtımlı/iyileştirilmiş yalıtımsız) fırınlarda pişirilen farklı ürünlerin spesifik enerji gereksinimleri Tablo 2.14(duvar ve zemin karoların üretimi), Tablo 3.31(duvar ve zemin karoların üretimi) ve Tablo 3.45'te(sihhi tesisat gereçlerinin üretimi) karşılaştırılmıştır.

Uygulanabilirlik

Yukarıda bahsedilen tedbirlerin çoğu, prensipte tüm seramik sektörlerinde uygulanabilir; ancak örneğin roller fırın teknolojisi, genellikle duvar ve zemin karoların üretiminde kullanılmaktadır. Fakat çatı kiremitleri, vitrifiye kil borular ve sihhi tesisat gereçlerinin de roller fırınlarda pişirilmesi mümkündür (bkz2.2.7.4.3).

Özellikle mekik, tünel ve roller fırınlara ilişkin tedbirler (örn. fırın arabaları ve pişirme yardımcılarıyla ilgili olanlar) geliştirilmiş kil agregaların üretildiği döner fırınlara uygulanamaz (bkz 2.3.4). Çeşitli fırın teknolojilerinin kullanılabilirliği ayrıca sektörlerde üretilen ürünlere de bağlıdır; örneğin arzulanan ürün özelliklerini elde etmek için duvar ve zemin karolarının bazı türlerinin tünel fırınlarda pişirilmeleri gereklidir.

Ekonomi

Kullanılan fırınların ve/veya kurutucuların modernizasyonu veya uygulanabilir durumlarda roller fırınlar gibi daha az enerji tüketen yeni alternatiflerle değiştirilmesi, şirketlerin enerji tüketimlerinin önemli seviyede azaltılmasını sağlayabilir. Normal kullanım süreleri dolmadan önce değiştirilmeleri, ciddi sermaye yatırımı gerektirecektir.

Uygulamanın itici gücü

- enerji tasarrufu yoluyla para tasarrufu,
- CO₂ emisyonlarının azaltılması.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

4.1.2 Fırınlardan çıkan fazla ısının geri kazanımı

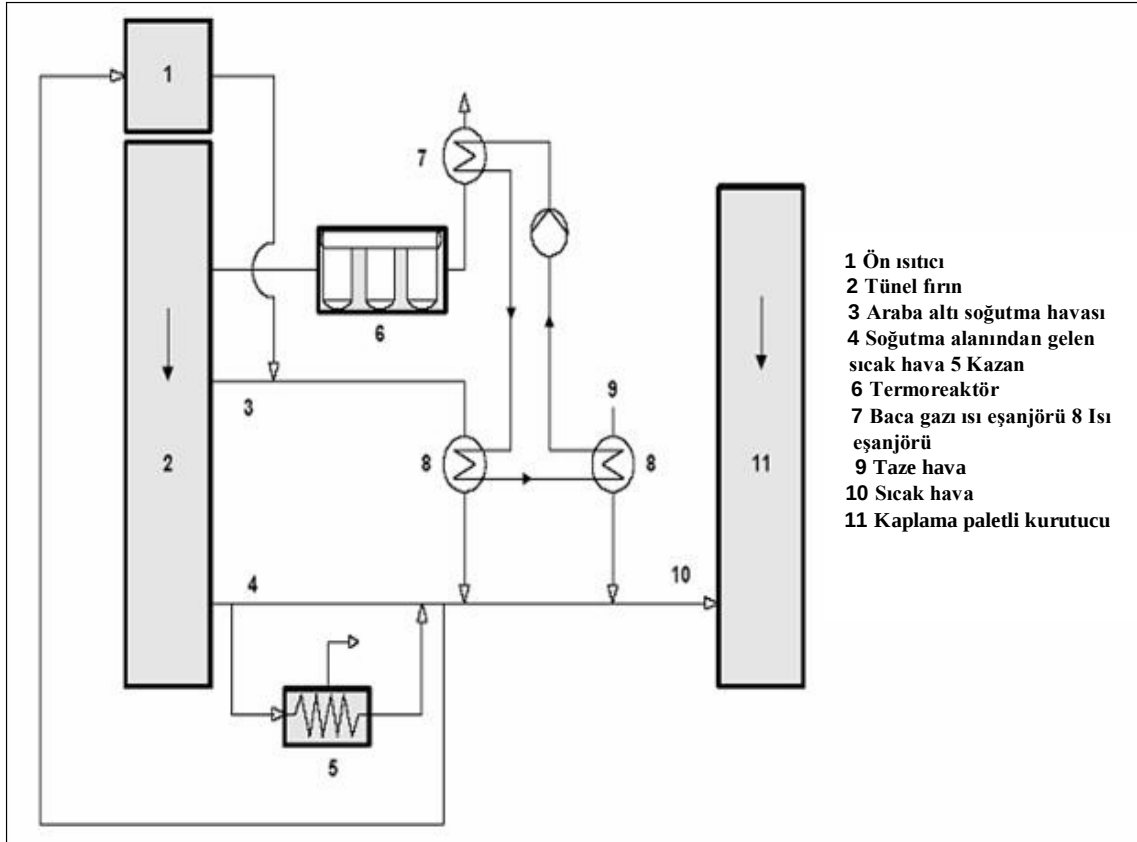
Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Günümüzde birçok seramik kurutucu, genellikle gaz brülörlerinden çıkan sıcak hava ile desteklenen, fırınların soğutma alanlarından geri kazanılan sıcak havayı kullanmaktadır; dolayısıyla fabrikanın düzeni çok önemlidir. Özellikle sıcaklığı düşük olan fazla havanın faydalı kullanımı, yalnızca borular boyunca (yani fazla ısı üretimi ve kullanımı arasındaki mesafe boyunca) olduğundan oldukça kısıtlıdır. Her halükarda, boruların uygun şekilde yalıtılması gereklidir. Bu şekilde göz ardı edilemeyecek enerji tasarrufları elde edilmiştir.

Bazı işlemlerde, yanma havasının ön ısıtması için fırının baca gazlarının geri kazanımını sağlayan ısı eşanjörleri kullanılmaktadır; ancak bu uygulama, asidik yanma gazlarının yol açabileceği korozyon problemi ve baca gazı sıcaklıklarının genellikle çok düşük olması nedeniyle oldukça sınırlıdır.

Son yakıcıdan çıkan fazla ısı da fırında veya kurutucuda yeniden kullanılabilir. Almanya’da bir fabrika, son yakıcıdan çıkan fazla ısı ile fırının soğutma alanından çıkan sıcak havayı kurutucuya aktarmak için termal yağ kullanmaktadır. Bu kombine ısı geri dönüşüm sisteminin işleyiş prensibi aşağıdaki şekilde verilmiştir [4, UBA, 2001].

Fazla ısının (4) ısı geri kazanım kazanında (5) ve ön ısıtıcıyı (1) ısıtma için kullanımının yanında, temizlenen baca gazının soğutulmasıyla ortaya çıkan ısı da bir baca gazı ısı eşanjöründe (7) geri kazanılır ve kurutma işleminde kullanılacak taze havanın ısıtılması için, termal yağ ile diğer ısı eşanjörlerine (8) beslenir. Ilık taze hava, fırının (2) soğutma alanından çıkan sıcak hava (4) ile karıştırılır ve sürekli çalıştırılan kaplama paletli kurutucuya (11) beslenir.



Şekil 4.1: Bir kombine ısı geri dönüşüm sistemi örneğinin şematik görüntüsü

Ortamlar arası etkiler

Özellikle ısı eşanjörü devrelerinin kullanıldığı durumlarda elektrik enerjisi tüketiminin çok az miktarda artması mümkündür.

İşletim verileri

Yukarıda gösterilen kombine ısı geri dönüşüm sisteminde, kurutma ve pişirme için gereken doğalgaz enerjisi miktarı yalnızca 840 ila 1050 kJ/kg pişirilen ürün (tuğla) arasındadır [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].

Uygulanabilirlik

Başta soğutma alanlarından sıcak hava formunda çıkan olmak üzere, fırınlardan çıkan sıcak ısıнын geri kazanımı, prensipte tüm seramik sektörlerindeki sıcak hava kurutucularına uygulanabilir. Fırınlardan çıkan fazla ısıнын geri kazanımının yalnızca ısıнын başka bir işlemde kullanılacak olması durumunda mümkün olduğuna dikkat edilmelidir.

Yukarıda bahsedilen özel örnek (Almanya’da çok az sayıda fabrika bu tekniği kullanır), özellikle son yakıcıdan çıkan fazla ısıнын kullanımı bakımından, genelleştirilemez; zira son yakıcıdan çıkan baca gazı, genellikle verimli bir enerji geri kazanımı gerçekleştirmek için fazla soğuktur.

Ekonomi

- enerji tüketiminin azaltılması,
- boru yalıtımı için gerekecek ilave masraflar göz önüne

alınmalıdır.

Uygulamanın itici gücü

- enerji tasarrufu yoluyla para tasarrufu,
- CO₂ emisyonlarının azaltılması.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

JUWOE POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH, Almanya, tuğla fabrikası [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]

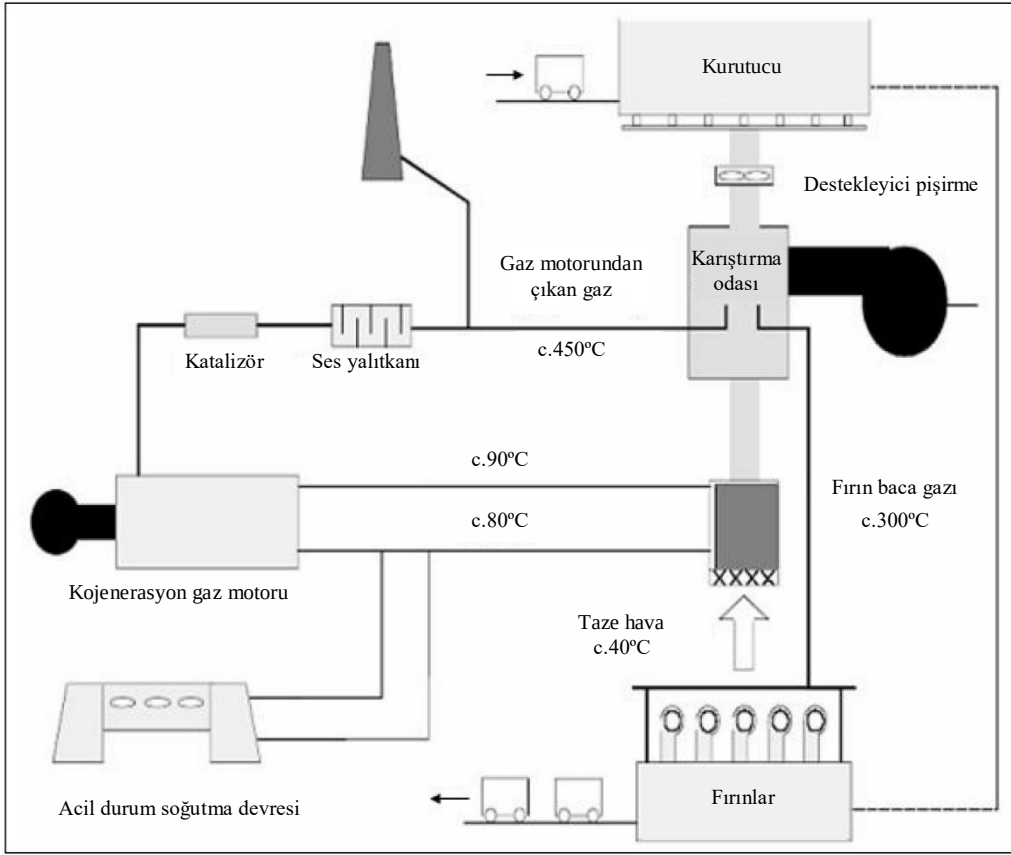
4.1.3 Kojenerasyon/kombine ısı ve elektrik santralleri

Açıklama, elde edilen çevresel faydalar ve işletim verileri

Prensip; buhar ve elektrik için kojenerasyon santrallerinin veya kombine ısı ve güç santrallerinin kullanımı, eş zamanlı ısı ve elektrik gücü talebi nedeniyle, seramik sanayii için faydalıdır. Kojenerasyon santralının temel özelliği tahrik motorudur. Gazlı Otto motorlar, dizel motorlar ve fazla ısıyı kullanan gaz türbinleri uygundur.

Şekil 4.2’de, kombine ısı ve güç santralinden çıkan fazla ısıнын sıcak hava üretimi için kullanımına bir örnek gösterilmiştir [4, UBA, 2001]. Sıcak hava, tuğla fabrikasının kurutucusunda kullanılmıştır. Fırının fazla ısıнын yanında, belirli bir miktar taze hava da kurutucu için gereklidir. Bu taze hava, fırın ve kurutucunun yüksek radyasyonlu ısı bileşenlerinden faydalanmak için genellikle kurutucunun bulunduğu binadan alınır. Kurutucu besleme fanının önündeki fırından çıkan fazla ısı ile karıştırılır. Taze havanın emiş borusunda, bu taze havanın ön ısıtmasını sürdürmek için bir hava ısıtıcısı kuruludur. Bu ısı eşanjörü tahrik motorlarının soğutma suyu ile ısıtılır. Motorun türüne bağlı olarak, baca gazlarının sıcaklığı 450 ila 550 °C arasındadır. Bunlar karıştırma odasına beslenir ve doğrudan kurutucuda kullanılır. Herhangi bir ısı eksikliği, ek gaz brülörü ile karşılanır. Kurutucuda ısıya gerek olmaması halinde, motorlardan çıkan

soğutulmayan atık gazlar doğrudan bir baca ile çekilir.



Şekil 4.2: Kojenerasyon gaz motoru kullanılarak sıcak hava üretiminin şematik gösterimi

Bazı durumlarda, baca gazları karıştırma odasına girmeden önce buhar oluşturmak için ekstrüzyon aşamasında kullanılan brülörden geçirilebilir.

Ortamlar arası etkiler

Tahrik motorları sahadaki havaya emisyon gerçekleştirebilir ve ayrıca gürültüyü artırır.

Uygulanabilirlik

Kombine ısı ve güç santralleriyle üretilen ısı, özellikle duvar ve zemin karoları ve ev seramiklerinin püskürtmeli kurutma işleminde kullanılabilir. Bu ısı ayrıca, örneğin Şekil 4.2’de gösterildiği gibi tuğlalar için ek ısıya ihtiyaç duyulması halinde, kurutucular için de kullanılabilir.

Ekonomi

Uygulamanın ekonomikliği, yüksek oranda mevcut koşullara ve seramik sektörüne bağlıdır. Ekonomik sebeplerden dolayı, kojenerasyonun Avrupa’daki kullanımı sınırlıdır (örn. tuğla ve çatı kiremitlerinin üretiminde). Bununla birlikte, yeni bir tesis tasarlanırken bu teknik kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır.

Yukarıda bahsedilen fazla ısıнын kullanımı konusunda daha uygun fiyatlı bir alternatif, ısıнын doğrudan kurutucuya verilmesidir. (bkz 4.1.2).

Uygulamanın itici gücü

Enerji verimli üretim teknolojilerinin uygulanması.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]

4.1.4 Ağır fuel oil ve katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlar ile ikamesi

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Piştirme işlemlerinde ağır fuel oil (HFO) veya katı yakıtların yerine gaz yakıtların (doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG)) kullanımına geçilmesi, iyileştirilmiş bir piştirme verimliliği ve birçok proste is emisyonlarının neredeyse tamamen ortadan kaldırılmasını sağlar. Katı yakıtlar çoğunlukla kül üretir; dolayısıyla gaz yakılarak belirli emisyonların azaltılması, bazı durumlarda, pahalı ve enerji harcayan tozdan arındırma işlemlerine olan ihtiyacın giderilmesini sağlayabilir. Gaz brülörleri, sofistike otomatik kontrol sistemlerine uygundur; böylece yakıt tasarrufu ve pişirilen ürünlerin israfının azalması ile spesifik enerji tüketiminin azaltılmasını sağlarlar. HFO veya katı yakıtlar yerine fuel oil EL (ekstra hafif fuel oil) kullanılması da pişirmeyle ortaya çıkan is emisyonlarını azaltabilir.

HFO veya katı yakıtların yerine doğalgaz, LPG, LNG veya fuel oil EL kullanımı, düşük kükürt içeriği sayesinde SO₂ emisyonları ile ilişkili enerjiyi de azaltır (bkz. Tablo 3.3). Ayrıca doğalgaz, LPG ve LNG, fuel oil ve katı yakıtlara göre daha yüksek hidrojen/karbon oranına sahip olduğundan, eşdeğer ısı çıktısı için karbon dioksit üretimleri de daha düşüktür (doğalgaz için yaklaşık %25 daha az CO₂).

Et veya kemik unu, biyoyakıtlar gibi organik bazlı ve örneğin genleştirilmiş kil agregaların üretiminde kullanılan atık yağ, çözücüler gibi (bkz. 2.3.4.2.2) organik olmayan bazlı alternatif/ikincil yakıtlar, birincil fosil yakıtların ve ilgili CO₂ emisyonlarının miktarını azaltırlar.

Bunun yanında, düşük emisyonlu yakıtların kullanımında, örneğin gaz türbinli kojenerasyon gibi, diğer enerji verimli teknolojiler de üretim prosesinde söz konusu olabilir. Bazı sıvı yakıtların (özellikle HFO) pompalanabilir olması için ısıtılması gerektiğinden, diğer enerji (elektrik) tasarrufları da elde edilebilir.

Ortamlar arası etkiler

Başta patlama riski olmak üzere, özellikle LPG ve LNG'nin emniyete ilişkin boyutları göz önünde bulundurulmalıdır.

İşletim verileri

Bunlar duruma özel tedbir/göreve bağlıdır.

Uygulanabilirlik

Prensipte yakıt değişikliği tüm seramik sektörlerinde uygulanabilir; ancak yakıtın doğasının, son ürünün görsel özelliklerini de etkileyebileceğine dikkat edilmelidir. Piyasada oldukça fazla ilgi gören belirli renk tonları, yalnızca fırınlarda kömür veya kömür tozlarının yakılması ile elde edilebilir. Örneğin, belirli özel renklerdeki cephe tuğlaları, yalnızca doğalgaz yakılarak üretilemez, piştirme esnasında fırına kömür tozunun da eklenmesi gerekir (bu amaç için Hoffmann fırınları tercih edilir). Dolayısıyla, üretilen ürünün türüne bağlı olarak, yakıt değişimi her zaman mümkün olmayabilir.

Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde, kanalize tozun çoğu geri dönüştürülür; dolayısıyla yakıt değişiminin kül üretimindeki etkisi azalır.

Ekonomi

HFO veya katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlarla değiştirilmesi, özellikle fabrikaya doğalgaz tedariki mevcut değilse ciddi oranda yatırım maliyetlerine neden olabilir. Bu bağlamda, yalnızca yakıt masrafları değil, aynı zamanda LPG, LNG ve fuel oil EL için taşıma maliyetleri de hesaba katılmalıdır.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- ürün kalitesinde daha az dalgalanma,
- CO₂ emisyonlarının azaltılması.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006]

4.1.5 Seramik kütlelerin modifikasyonu

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Kütle kompozisyonunun detaylı şekilde tasarlanması, gereken kurutma ve pişirme sürelerini kısaltabilir ve roller fırın ve hareketli altlıklı türdeki fırınlar gibi daha düşük hacimli, hızlı fırınların kullanımını sağlayabilir. Bu nedenle, kütle kompozisyonunda yapılan değişiklikler, örneğin duvar ve zemin karoları ve vitraylı kil boru sektörlerinde kurutma ve pişirmeye yardımcı olabilir. Bu yöntemle bu alanlardaki enerji tüketimi ciddi oranda azaltılabilir. Daha kalın duvarlı seramik ürünler için benzer bir yaklaşım araştırılmaktadır.

Gözenek oluşturuıcı katkıların temel kullanım amacı mikro gözenekler yaratarak kil blokların termal iletkenliğini azaltmaktır. Bunun için kil blokların termal kütlesi azaltılır, ikinci bir alternatif olarak ise gözenek oluşturuıcı katkıların kullanımıyla pişirme için daha az enerji harcanmasını sağlamaktır.

Seramik ürünlerin yeniden dizayn edilmesi de kütleyi azaltabilir, örneğin daha ince karolar, çok delikli tuğlalar, ince duvarlı blok veya borular tasarlanabilir. Teknik olarak uygulanabilir olduğu durumlarda bu değişikliklerin yapılması enerji tüketimi ve emisyonları azaltabilir.

Gerekli karışım suyunun içeriğinin azaltılması, kurutma için gereken enerjinin tasarrufunu sağlar. Gerekli karışım suyu miktarı, kil mineral kompozisyonuna ve granülometriye bağlıdır. Su tasarrufu sağlayan katkılar, inorganik ayırma maddeleri veya kompleks yapıcılara sahip nemli ürünlerdir. Bunlar karışım suyu ile sıkıntı yaratabilecek, serbest katyonların arayüzey gerilimini azaltır. Ham madde hazırlık aşamasında karışım suyu gerekliliği azaltır ve daha iyi bir plastiklik elde edilir. Ayrıca kurutmada gerekli enerji miktarı en aza indirilir.

Karışım suyunun istenen materyal plastikliğine göre otomatik olarak ayarlanması ve karıştırma için su yerine belirli bir ölçüde su buharı kullanılması; suyun (yaklaşık %3), termal enerjinin (yaklaşık 90 kWs/t ürün); ve elektriğin (yaklaşık 1,5 kWs/t ürün) azaltılmasını sağlar.

Her halükarda, ekstrüzyon kısmında buhar eklenmesi, çekilen kilin çıkışını kolaylaştırır ve kil için istenilen nem içeriği tam olarak elde edilebilir.

Piştirme sıcaklıklarının önemli ölçüde azaltılması ve kalma süresinin kısaltılması, toprak alkali ve yüksek alkali katkıları gibi aşırı etkili sinterleme yardımcılarının ve cam oluşturu maddelerin ilave edilmesiyle sağlanır. Ancak bu tür katkıların kullanımı tüm seramik ürünleri için değil, yalnızca belirli durumlarda uygundur. Son piştirme sıcaklığının 50 K kadar azaltılması mümkündür. Üretimde bozuklukların veya kalitede azalmanın önüne geçmek için, bu yöntemler büyük, endüstriyel ölçeklerde kullanılmadan önce ön testler yapılmalıdır.

Ortamlar arası etkiler

Organik gözenek oluşturu maddelerin kullanımı, havaya salınan organik madde emisyonlarının ve CO₂'in artışına sebep olabilir. Sinterleme yardımcıları, yüksek alkali karbonat içeriklerinden dolayı CO₂ emisyonlarını artırabilir.

İşletim verileri

Bunlar duruma özel tedbir/göreve bağlıdır.

Uygulanabilirlik ve ekonomi

Sinterleme yardımcılarının ve enerji içeren gözenek oluşturu katkıların kullanılması, özellikle tuğla üretiminde enerji tasarrufu sağlar. Yukarıda belirtildiği gibi; talaş, polistiren (strofor) veya kağıt bağlayıcı maddeler gibi, enerji içeren ikincil ham maddelerin kullanımı, kil blokların üretiminde mümkündür. Bu gözenek oluşturu maddeler, destek tuğlası üretiminde ikincil enerji bakımından toplam enerjinin %25'ine kadarını sağlayabilir. Gözenek oluşturu maddelerin destek tuğlası üretiminde kullanımı, tuğlaların teknik özellikleri üzerindeki etkileri nedeniyle (örn. renk, yoğunluk) istisnadır.

Ancak ürünlerin şekli ve kompozisyonu, genellikle büyük oranda piyasa gereksinimlerine bağlıdır ve dolayısıyla seramik kütlelerin modifikasyonu yalnızca kısıtlı bir ölçüde mümkündür ve kesinlikle tüm seramik ürünleri için söz konusu değildir.

Uygulamanın itici gücü

- daha yüksek ürün çıktısı,
- daha iyi ürün kalitesi.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

JUWOE POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH, Almanya, tuğla fabrikası [4, UBA, 2001] [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

4.2 Toz emisyonları (partikül madde)

Bu kısımda, difüz (özellikle 4.2.1 ve 4.2.2 kısımlarında) ve kanalize (özellikle 4.2.3 kısmında) emisyonlar açıklanmıştır. Bu bağlamda faydalı bilgilere Depolama Kaynaklı Emisyonlar konulu ve Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri konulu BREF'lerden de ulaşılabilir.

4.2.1 Tozlu işlemlere yönelik tedbirler

Açıklama

Burada, ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan çeşitli tedbirler sunulmuştur:

- öğütme, eleme ve karıştırma gibi tozlu işlemlerin etrafının kapatılması,
- kapalı veya havalandırılmalı teknelerin veya tavalı karıştırıcıların kullanımı,
- karıştırıcıların veya dozaj ekipmanlarının dolumunda çıkan havanın filtrasyonu,
- yeterli kapasiteye sahip depolama siloları ve doldurma işlemi sırasında çıkan tozlu havayı idare etmek için kesme anahtarlı ve filtreli düzey göstergeleri,
- tozlu olabilecek ham maddeler için kapalı bantlı konveyörler,
- pnömatik aktarım sistemleri için sirkülasyon faydalı olacaktır,
- kapalı sistemlerde negatif basınç altında yürütülen materyal taşıma ve emiş havasının tozdan arındırılması,
- hava kaçakları ve sızama noktalarının azaltılması, kurulumun tamamlanması.

Elde edilen çevresel faydalar

- büyük ölçüde difüz olan toz emisyonlarının azaltılması,
- makinelerin etrafının kapatılması ile gürültünün

azaltılması da mümkündür.

Ortamlar arası etkiler

- hava sirkülasyonlu pnömatik aktarım sistemleri gürültü emisyonlarının ve elektrik enerjisi tüketiminin artmasına sebep olabilir.
- bakım yapılırken fazladan atık ortaya çıkabilir.

İşletim verileri

Bunlar duruma özel tedbir/göreve bağlıdır. Her halükarda, düzenli bakım ve onarım faaliyetleri çıkış gazı borularının, depolama silolarının ve hazırlık ünitelerinin veya hasarlı çevrelemelerin kısa zamanda onarımını sağlar.

Uygulanabilirlik

Bu tedbirler seramik sanayiinin tüm sektörlerinde, yeni ve eski tesislerde uygulanabilir; ancak nemli killerde yukarıda bahsedilen tedbirlerin tamamının uygulanması gerekli değildir.

Ekonomi

Bunlar duruma özel tedbir/göreve bağlıdır. Eski tesisler için, kurulumların etrafının kapatılmasında orta-uzun vadeli bir uygulama planına ihtiyaç duyulabilir.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- işyeri sağlık ve güvenlik gereklilikleri,

- ham madde tasarrufu.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG 2005]

4.2.2 Toplu depolama alanlarına yönelik tedbirler

Açıklama

Tozlu mineral ham maddelerinin toplu depolama alanlarından açık havaya doğru gerçekleşen büyük ölçüde difüz emisyonlarının azaltılması için, bu depolama alanları perde, duvar veya dikey yeşillikten oluşan çevreleyiciler (açık stok için doğal veya yapay rüzgar bariyerleri) ile kapatılabilir.

Depolama alanlarının boşaltım noktalarından gerçekleşen toz emisyonları önlenemiyorsa; boşaltım noktasının yüksekliğinin, yığının değişken yüksekliğine mümkünse otomatik olarak uydurulması veya yükün boşaltım hızının azaltılması ile bu emisyonlar azaltılabilir. Ayrıca özellikle kuru bölgelerdeki depolama alanları, püskürtme cihazları ile sürekli ıslatılabilir (toz kaynağı konumla sınırlı ise su spreyi sistemi kurulabilir) veya temizlik araçları ile temizlenebilir.

Çıkarma işlemleri sırasında difüz toz emisyonlarının oluşmasının engellenmesi için vakum sistemleri kullanılabilir. Yeni binalara sabit vakumlu temizleme sistemleri kolayca kurulabilir, mevcut binalarda ise hareketli sistemler ve esnek bağlantılar kurulması daha iyi olacaktır.

Elde edilen çevresel faydalar

Büyük ölçüde difüz olan toz emisyonlarının azaltılması.

Ortamlar arası etkiler

- alanların ıslatılmasıyla su tüketimi artar,
- vakum sistemlerinin kullanılması enerji tüketimini artırır,
- bakım yapılırken fazladan atık ortaya çıkabilir.

İşletim verileri

Bunlar duruma özel tedbir/göreve bağlıdır.

Uygulanabilirlik

Bu tedbirler seramik sanayiinin tüm sektörlerinde, yeni ve eski tesislerde uygulanabilir; ancak nemli killerde yukarıda bahsedilen tedbirlerin tamamının uygulanması gerekli değildir. Ayrıca bazı durumlarda istenilen özelliklerin sağlanması için kuru hammaddelerin de karıştırılması gerekir, dolayısıyla ıslatma yalnızca belirli bir ölçüye kadar uygulanabilir.

Ekonomi

Ekonomiklik, duruma özel tedbir/göreve bağlıdır. Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 4.7.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- işyeri sağlık ve güvenlik gereklilikleri.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]

4.2.3 Ayırma/filtreleme sistemleri

Bu kısımda tozun ortadan kaldırılmasına özel bazı teknikler açıklanmıştır. Bununla beraber, 4.3.4 kısmında tarif edilen baca gazı temizleme tekniklerinin çoğunun, yalnızca SO_x, HF ve HCl için değil, aynı zamanda tozun da ortadan kaldırılması için uygun olduğu unutulmamalıdır.

4.2.3.1 Santrifüjlü seperatörler

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Santrifüj seperatörde, çıkış gazı akışından gelen toz partikülleri santrifüj eylemiyle ünitenin dış duvarına itilir ve ünitenin altındaki bir açıklıktan atılır. Santrifüj kuvveti, gaz akışını aşağı doğru spiral bir hareketle silindir şeklinde bir kaba yönlendirerek (siklonik seperatör) veya üniteye dönen bir pervane takılarak (mekanik santrifüjlü seperatörler) oluşturulabilir.

Ortamlar arası etkiler

- santrifüjlü seperatörlerin çalıştırılması, önemli bir gürültü kaynağıdır.
- pervane kullanılıyorsa elektrik tüketimi artabilir.
- bakım yapılırken fazladan atık ortaya çıkabilir.

İşletim verileri

Santrifüjlü seperatörler, cihaz tıkanmadığı sürece, fazla kirletici yüklerinde daha verimli performans gösterir.

Uygulanabilirlik

Santrifüjlü seperatörlerin saflaştırma verimliliği, genellikle seramik sanayiinde uygulanan hava kirletme yönetmeliklerini yerine getirmek için yeterli değildir. Bu nedenle yalnızca ön seperatörler için uygundur ve genellikle püskürtmeli kurutma, kırma ve öğütmeden sonra kullanılırlar.

Ekonomi

Ayrıştırılan tozun toplanarak yeniden kullanılması ham madde tüketimini azaltır.

Uygulamanın itici gücü

Ham madde kullanımından tasarruf.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

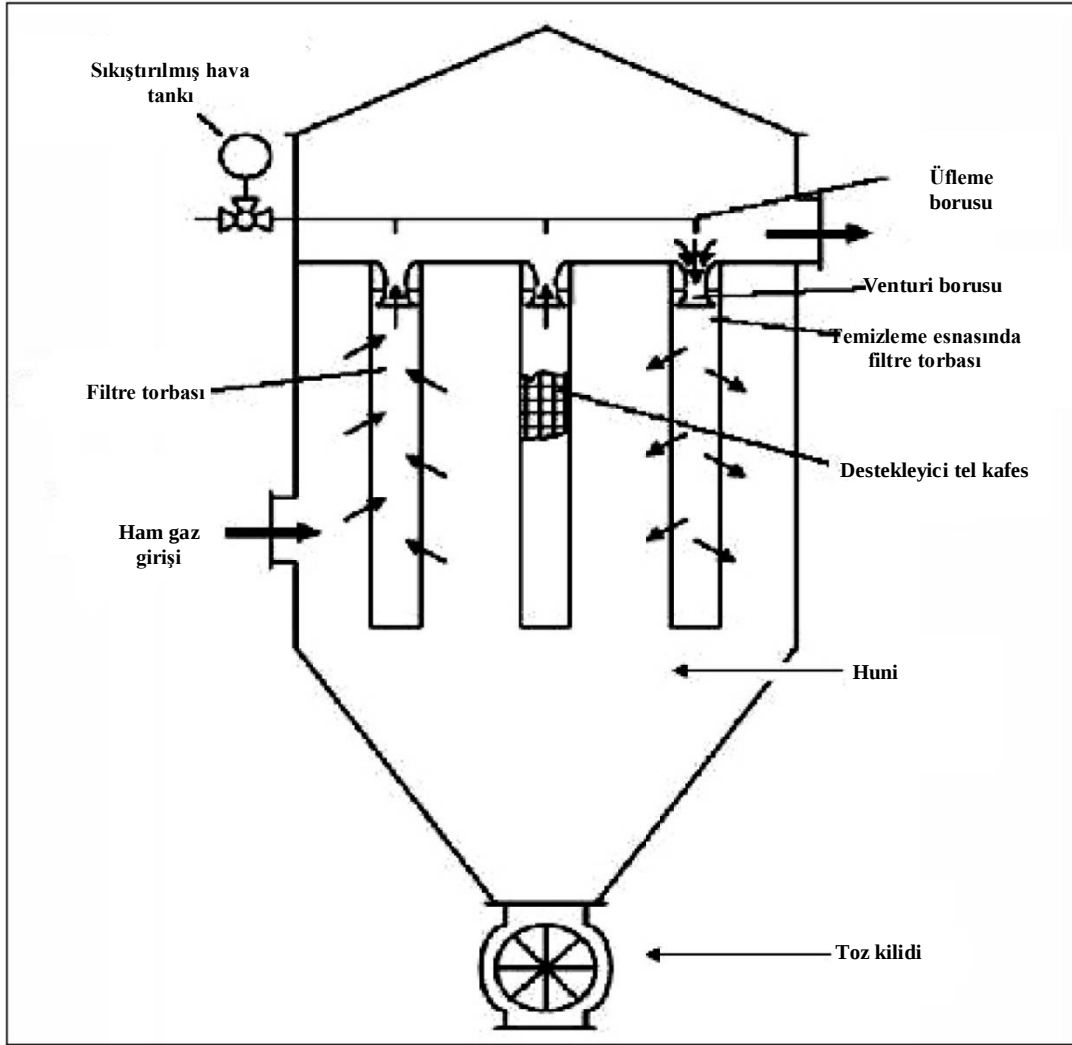
[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.2.3.2 Torbalı filtreler

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Torbalı filtrede, çıkış gazı toz parçacıklarının filtre keki olarak filtrenin yüzeyinde toplandığı bir filtre torbasından geçirilir. Torbalı filtre kullanan fabrikalarda parçacık tutma oranı, partikül büyüklüğüne bağlı olarak, tipik olarak %98-99'a kadar çıkar.

Aşağıda verilen Şekil 4.3'te, basınçlı darbeye yenilemeli torbalı filtrenin şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001]. Yenileme, filtrenin temiz gaz kısmına basınçlı darbe ile gerçekleştirilir.



Şekil 4.3: Basınçlı darbeye yenilemeli torbalı filtrenin şematik görünümü

Ortamlar arası etkiler

- özellikle basınçlı darbeye yenilemeli torba filtrelerin kullanımı, gürültü emisyonlarına sebep olabilir ve
- yüksek basınç düşüşü nedeniyle elektrik tüketimi artabilir, ayrıca bakım yapılırken fazladan atık ortaya çıkabilir.

İşletim verileri ve ekonomi

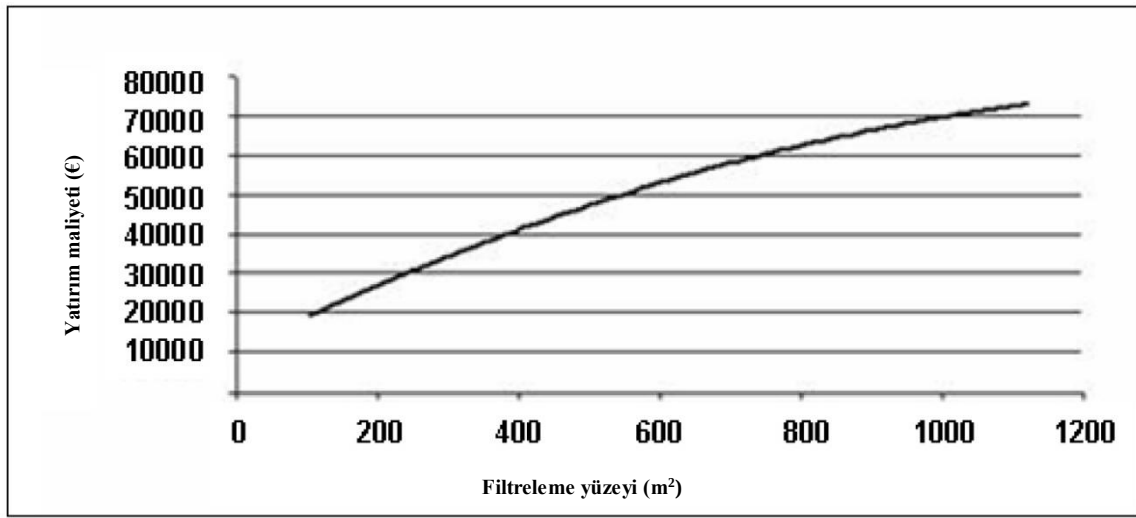
Bazıları asitlere ve alkalilere iyi direnç gösteren çeşitli örme kumaştan yapılan filtre bezleri mevcuttur. Modern sentetik kumaşlar arasında oldukça yüksek sıcaklıklara dayanabilen materyaller de bulunur, fakat bez filtreler çok yüksek sıcaklıklarda çalışmaz. Yaygın olarak kullanılan filtre bezleri, özellikleri ve fiyatları ile beraber Tablo 4.2'de gösterilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003]. Torbalı filtreler, özellikle fırın baca gazlarının temizliğinde kuru baca gazı temizlik aracı olarak kullanılıyorsa (bkz 4.3.4.3), filtre ve torba tutucuların yoğunlaşma halinde korozyona dayanıklı olmaları gereklidir. Bez filtrelerin işletimine dair tipik veri örnekleri Tablo 4.3'te sıralanmıştır, Şekil 4.4'te ise filtre tesisatına dair yatırım maliyetine örnekler, filtre torbaları ve kurulum masrafı hariç olmak üzere verilmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005].

Filtre torbası materyali	Sıcaklığa direnç (°C)	Fiyat (Euro/m ²)
Pamuk	80	<5
Polipropilen	100	5
Polyester	150	10 – 12
Nomeks (m-Aramid)	220	25
PTFE (Teflon)	280	100 – 120

Tablo 4.2 Filtre torbalarının sıcaklık dirençlerine ve fiyatlarına örnekler

Ham gaz toz yükü	200 g/m ³ 'e kadar
Temiz gaz toz yükü	1 – 20 mg/m ³
İşletim sıcaklığı	250 °C'ye kadar
İşletim maliyeti	0,03 – 0,1 Euro/t

Tablo 4.3: Bez filtre ile toz giderme için işletim verilerine örnekler



Şekil 4.4: Filtre tesisatlarının yıllık maliyetleri kapsamında, kurulum ve filtre torbaları hariç yatırım maliyeti örnekleri

Kendi kendini temizleyen torbalı filtreler, 1 – 20 mg/m³ aralığında temiz gaz konsantrasyonlarının bildirilebilmesi için 2 Nm³/(m² x dakika)'dan az belirli bir yüzey yükünde çalışabilecek büyüklükte olmalıdır [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005]. Ayrıştırılan tozun toplanarak yeniden kullanılması ham madde tüketimini azaltır.

Torbalı filtreler çok yüksek sıcaklıklarda ve özellikle nemli çıkış gazlarının meydana geldiği durumlarda çiylenme noktasına yakın sıcaklıklarda çalışamaz. Bunun nedeni, filtrenin tıkanabilecek olması ve su ve CaO'nin reaksiyonuyla ortaya çıkan sert kabuk nedeniyle kurutmanın ve yeniden temizlenmesinin zor olmasıdır. Bu, bakım ve elektrik masraflarını ve üretim süresini ciddi oranda artıracaktır.

Prensip, torbalı filtrelerin çalışma masrafları yukarıda belirtilen basınç düşüşünün üstesinden gelmek için ihtiyaç duyulan elektrik miktarı ile yakından ilgilidir.

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 4.7.

Uygulanabilirlik

Çıkış gazlarının tozunun giderilmesi için torbalı filtrelerin uygulanması, özellikle tozlu operasyonlar (kuru ham madde saklanacak siloların tozdan arındırılması, püskürtmeli kurutma gibi kuru ham madde hazırlıkları, kuru şekillendirme, kuru halde makineyle işleme veya öğütme işlemleri) için, prensipte tüm seramik sanayiinin tüm sektörleri için mümkündür. Bazen siklon ön filtrelerle beraber kullanılması faydalı olabilir (bkz 4.2.3.1).

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- diğer filtre türleriyle karşılaştırıldığında, olası ham madde tasarrufu (örn. ıslak toz seperatörü).

Örnek fabrikalar ve referans literatür

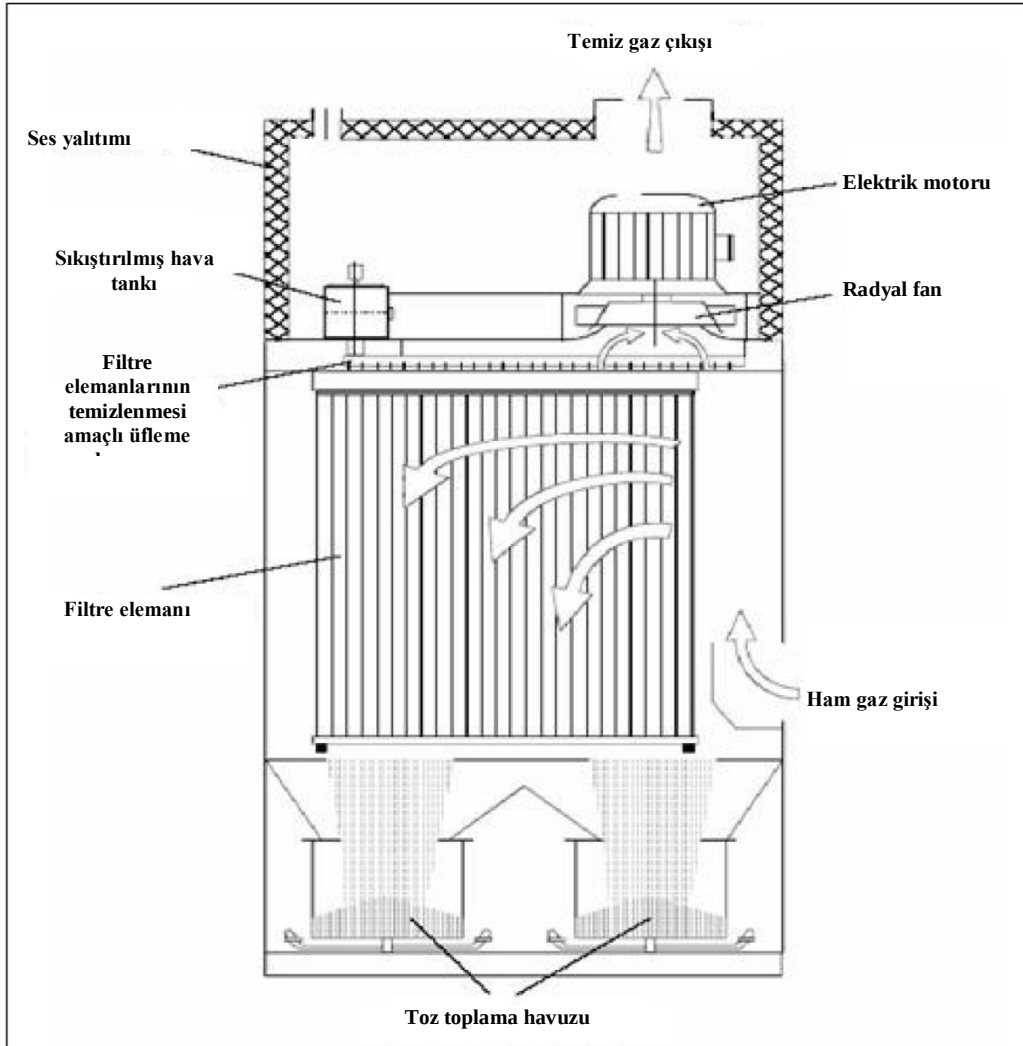
Tondach Gleinstaetten AG, tuğla ve çatı kiremiti fabrikası, Avusturya [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

4.2.3.3 Sinterlenmiş katmanlı filtreler

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Bu filtrenin temel unsurları filtre sisteminin kompakt unsurları olarak monte edilmiş sert filtre maddeleridir. Filtre elemanları, filtreye sert yapısını ve su geçirmez özelliklerini veren PTFE kaplamalı sinterli polietilen içerir. Bu modern filtre maddelerinin temel avantajları, çıkış gazlarındaki tozların düşük basınç düşüşüyle çok verimli bir şekilde temizlenmesi ve özellikle sert seramik partiküllerden kaynaklanan aşınmaya karşı yüksek direncidir.

Aşağıdaki şekilde, anlatılan şekilde sert sinterli katmanlı ve jet itişli kendi kendini temizleme sistemi olan bir filtrenin şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 4.5: Sert sinterli katmanlı filtrenin şematik görüntüsü

Ortamlar arası etkiler

- jet itişli kendi kendini temizleme sistemi olan sinterli katmanlı filtrenin çalıştırılması gürültü emisyonlarına ve ek enerji tüketimine yol açabilir.
- bakım yapılırken fazladan atık ortaya çıkabilir.

İşletim verileri

Bu filtre elemanları ile, temizleme verimlilikleri %99,99'a kadar çıkabilir ve 1 mg/m³'ten az temiz gaz konsantrasyonları elde edilebilir, böylece temiz gazın işyerine geri beslenmesi mümkündür [4, UBA, 2001].

Uygulanabilirlik

Sinterli katmanlı filtrelerin kullanımı, püskürtmeli sırlama gibi uygulamalarda ortaya çıkan ıslak tozun ayrılmasını sağlar. Bu filtre sistemi, sırlama partiküllerinin püskürtme kabiniindeki çıkış gazlarından ayrılmış bir şekilde doğrudan geri beslenmesini mümkün kılar. Yukarıya doğru çalışma alanı, sistemdeki tozun kısmen kuru olmasını sağlar. İdeal bir durumda, ayrılmış sırt partikülleri filtre sistemindeki sızıntı toz olarak ortaya çıkar.

Ekonomi

Genellikle sinterli katmanlı filtrelerin yatırım ve işletim masrafları, torbalı filtrelerinkilere göre oldukça yüksektir; ancak temizlenen çıkış gazının iş alanına geri beslenebilme olasılığı, işyerinin uygun sıcaklığını sağlamak için yüksek hacimlerde temiz havanın ısıtılması gerektiği durumlarda enerji masraflarından tasarruf sağlar.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- işyeri sağlık ve güvenlik gereklilikleri,
- ham madde tasarrufu,
- enerji tasarrufu.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

Oesterreichische Sanitaer-, Keramik- und Porzellan-Industrie AG, sıhhi tesisat gereçleri fabrikası, Avusturya [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [32, Seramik TÇG, 2006]

4.2.3.4 Islak toz seperatörleri

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Islak toz seperatörleri ile, gaz akışının yıkama sıvısı (genellikle su) ile yakın teması sağlanır, böylece toz partikülleri sıvıda tutulur ve durulanabilir ve çıkış gazı akımlarından kaynaklanan toz ortadan kaldırılır. Islak toz seperatörleri, tasarımları ve çalışma prensiplerine (venturi tipi gibi) göre çeşitli türlere ayrılabilir.

Ortamlar arası etkiler

Islak ayırma tekniğinde, kirleticiler havadan suya transfer edildiğinden ıslak atık ürünü (süspansiyon) temizlemek için ikinci bir kurulum gereklidir; dolayısıyla ek enerji gereksinimi olasıdır.

İşletim verileri

20 – 50 mg/m³ aralığında elde edilebilir temiz gaz konsantrasyonları bildirilmiştir [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001]. Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 3.33.

Uygulanabilirlik

Islak toz seperatörleri özellikle siklonlar ile birlikte kullanıldıklarında, püskürtmeli kurutma işleminden kaynaklanan nemli veya ıslak toz emisyonlarının azaltılmasına uygundur. Özellikle durulama suyunun yeniden kullanılması mümkünse oldukça faydalıdır.

Ekonomi

İşletim maliyetleri konusunda, yıkama sıvısının ve proses atık suyunun temizliği göz önüne alınmalıdır. Kural olarak, düşük konsantrasyonlu çıkış gazı buharı kontrolü sağlayan küçük üniteler, yüksek kirletici yüküne sahip akışı temizleyen büyük ünitelerden çok daha pahalı (ünitenin akış miktarı başına) olacaktır.

Uygulamanın itici gücü

hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

Oesterreichische Sanitaer-, Keramik- und Porzellan-Industrie AG, sıhhi tesisat gereçleri fabrikası, Avusturya [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [17, Burkart, 2004], [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006]

4.2.3.5 Elektrostatik ayırıcılar (ESP)

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Elektrostatik ayırıcıda, baca gazları iki elektrotun bulunduğu bir odadan geçirilir. Baca gazlarını iyonize eden birinci elektrotta yüksek gerilim (100 kV'a kadar) uygulanır. Oluşturulan iyonlar baca gazlarındaki toz parçacıklarına yapışır ve bu parçacıklar elektrik yüklü hale gelir. Elektrostatik kuvvet, yüklü toz parçacıklarını birinci elektrottan iterek ikinci elektrotun üzerinde toplar. Böylece toz partikülleri baca gazı akışından uzaklaştırılır.

Ortamlar arası etkiler

- özellikle kuru ESP sistemleri uygulanıyorsa patlama riski ortaya çıkar.
- ESP'nin çalıştırılmasıyla enerji tüketimi artar (ancak diğer filtre sistemlerine kıyasla daha az bir basınç düşüşü baca gazı fanlarının daha az elektrik enerjisi tüketimini sağlayabilir).
- bakım yapılırken fazladan atık ortaya çıkabilir.

İşletim verileri ve ekonomi

Aşağıda verilen Tablo 4.5'te elektrostatik ayırıcılar için tipik işletim ve maliyet verileri listelenmiştir [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005].

Gaz hacmi	100000 m ³ /s'e kadar
Gaz hızı	0,5 – 3 m/sn
Ham gaz toz yükü	100 g/m ³ 'e kadar
Temiz gaz toz yükü	5 – 50 mg/m ³
İşletim sıcaklığı	450 °C'ye kadar
Gerilim	10 – 100 kV
Enerji tüketimi	0,05 - 2 kW/s/1000 m ³
Yatırım maliyeti	1 – 3 milyon Euro
İşletim maliyeti	0,1 – 0,2 Euro/t

Tablo 4.4: Elektrostatik ayırıcıların işletim ve maliyet verileri

Bu bağlamda, ayrıca bkz. Tablo 4.7.

Elektrostatik ayırıcı kullanılacaksa kısmen yüksek bakım masraflarının göz önüne alınması gerekir.

Elektrostatik ayırıcı ile donatılmış bir döner fırında gerçekleştirilen genleştirilmiş kil agrega üretim prosesinde 50 mg/m³'den düşük gaz konsantrasyonlarına ulaşılabileceği bildirilmiştir (bkz 3.3.4.1) [17, Burkart, 2004].

Uygulanabilirlik

Seramik sanayiinde elektrostatik ayırıcılar en çok genleştirilmiş kil agregaların üretiminde yüksek hacimli akışların yüksek sıcaklıklarda ve kısmen yüksek işletim güvenilirliğinde işlenmesi gereken döner fırınların ve kuru öğütme ünitelerinin arkalarında kullanılmaktadır.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- ham madde tasarrufu.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

Hallerndorf-Pautzfeld Fabrikası, Almanya (genleştirilmiş kil agrega üretimi), Lamstedt Fabrikası, Almanya (genleştirilmiş kil agrega üretimi) [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG 2005], [28, Schorcht, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]

4.3 Gaz halindeki bileşikler

4.3.1 Kirletici öncü girişinin azaltılması

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Kükürt oksitler

- az kükürtlü ham madde ve katkıların kullanılması SO_x emisyonlarını önemli miktarda azaltabilir.
- kükürt bakımından zengin ham maddelerde ise, az kükürtlü kütle katkılarının (örn. kum) veya az kükürtlü killerin eklenmesi, seyreltme etkisi yaratarak SO_x emisyonlarını azaltır.
- doğalgaz veya LPG gibi az kükürtlü yakıtların kullanılması, SO_x emisyonlarını önemli miktarda azaltır.

Azot oksitler

- ham madde ve katkılardaki azot bileşiklerinin en aza indirilmesi NO_x emisyonlarını azaltabilir.

İnorganik klor bileşikler

- az klorlu ham madde ve katkıların kullanılması klor emisyonlarını önemli miktarda azaltabilir.

İnorganik flor bileşikler

- az florlu ham madde ve katkıların kullanılması flor emisyonlarını önemli miktarda azaltabilir.
- flor bakımından zengin materyallerde ise, az florlu kütle katkılarının (örn. kum) veya az florlu killerin eklenmesi, seyreltme etkisi yaratarak flor emisyonlarını azaltır.

Uçucu organik bileşikler (UOB'ler)

Ham maddeler, katkılar, bağlayıcılar ve benzerindeki organik bileşiklerin en aza indirilmesi UOB emisyonlarını azaltabilir. Örneğin, talaş ve polistiren gibi organik katkılar, çoğunlukla gözenekli ürünlerin imalatında ham madde karışımına eklenir. Fakat, bu organik katkılar, UOB emisyonlarının artmasına sebep olur (bu bağlamda, çeşitli gözenek oluşturmaların kullanıldığı tuğla imalatı proseslerindeki ham gaz değerleri için bkz. Tablo 3.4). Prensip, perlit (%3-4 su içeren camsı bir volkanik materyal. Isıtma sırasında (800 ila 1100 °C) materyal, içerisinde oluşan buhar baloncukları nedeniyle asıl hacminin 15-20 katına çıkar) gibi gözenek oluşturmaları inorganik katkılara geçilmesi ile UOB emisyonlarının meydana gelmesinin önüne geçilebilir.

Ortamlar arası etkiler

Ham maddelerdeki organik bileşiklerin en aza indirilmesi, pişirme işlemindeki enerji tüketimini artırabilir.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Kirletici öncüleri girdisinin azaltılması, problemi kaynağında çözdüğü için fırının baca gazlarındaki kirleticilerin azaltılmasında tercih edilen yollardan biridir, ancak belirli sınırlamalar nedeniyle gerçekte uygulanabilirliği zor olabilir. Bu nedenle, kirletici öncüleri bakımından düşük içeriğe sahip ham maddeler ve katkılar, prensipte seramik sanayinin tüm sektörlerine uygulanabilir. Ancak duruma özel uygulanabilirlikleri ve ürün kalitesine dair olası sorunlar (örn. renk, basınç dayanımı ve donma direnci) her zaman göz önünde bulundurulmalıdır ve ham madde karışımlarının dikkatli şekilde test edilmeleri esastır.

Örneğin, gözenek oluşturu inorganik katkı teknik sorunlara yol açabilir; bu maddeler çok ani ve keskin genleşme eğiliminde olduklarından, gözenek oluşturma işleminin kontrolü zorlaşır ve ürün kalitesi düşer. Dolayısıyla, organik gözenek oluşturu katkılardan inorganik olanlara geçilmesi, pratikte uygun olmayabilir. Flanders'ta katkı olarak perlit kullandığı bilinen bir tuğla fabrikası bulunmaktadır. Ancak burada, gözenek oluşturu madde oluşturu olarak değil, yoğun Boom kilini özdeşleştirmek için kullanılan, halihazırda genleştirilmiş ve öğütülmüş şekilde perlit kullanımı söz konusudur.

Genleştirilmiş kil üretiminde UOB'lerin azaltılması mümkün değildir, çünkü UOB'ler gözenek oluşturu olarak kullanılır.

Ayrıca, kirletici emisyonları konusunda ham maddelerin kirletici içeriği önemli olmakla beraber her zaman belirleyici bir parametre değildir; bu emisyonlar, pişirmeye dair işletim kriterleri gibi birçok kriterle dayanır. Dolayısıyla ham maddedeki kirletici içeriğinin %50 azaltılması, kirletici emisyonunun da her zaman aynı ölçüde azalacağı anlamına gelmez; deneyimler, kilin flor içeriği ile HF emisyonunun konsantrasyonu arasında da böyle bir korelasyon olduğunu göstermiştir.

Kükürt problemleri konusunda ise, fabrikanın yakınındaki malzeme ocağının konumunun, az kükürlü ham madde seçimini kısıtladığını belirtmek gerekir (ayrıca bkz. 'Ekonomi').

Ekonomi

Kükürt içeriği yüksek olan bir malzeme ocağı olan bir şirket için, az kükürlü kil maddelerin eklenmesi, başkaları tarafından, başka bir konumdan çıkarılan kil materyali tedarikine işaret eder. Bu durum, şirketin kendi malzeme ocağını kullanmakla karşılaştırıldığında; bir yandan ilave taşıma masrafı (1998 yılı için yaklaşık 0,05 Euro/ton/km) diğer yandan çıkarmanın artan maliyeti (1998 yılı için yaklaşık 2,5 Euro/ton) nedeniyle, üçüncü bir tarafa ödenecek ciddi bir ek maliyet anlamına gelir [2, VITO, 2003]. Ham maddelerdeki organik bileşiklerin en aza indirilmesi, fabrikanın dışında bulunan tedarikçilerin muhtemelen daha uzun taşıma mesafeleri nedeniyle de maliyetleri artırabilir.

Düşük kükürt içerikli katkıların ve/veya kalsiyum içeren kil kütle katkılarının eklenmesine dair tedbirlerde (ayrıca bkz. 4.3.2) ise, örneğin ham maddelerin hazırlanması, şekillendirilmesi ve kurutulmasında kullanılan makinelerin modifikasyonunu ve depolama için ilave kapasite sağlamak için, yüklü yatırım maliyetleri (850000 Euro'ya kadar) söz konusu olabilir. Bunlar, beraberinde ek işletim masrafları ve ekstra materyal ücretlerini de getirebilir.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- yüksek maliyetli azaltıcı boru sonu tekniklerden kaçınma.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

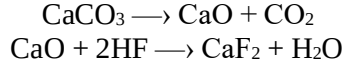
[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]

4.3.2 Kalsiyum yönünden zengin katkıların eklenmesi

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Seramik kütlelere kireçtaşı veya tebeşir eklenmesi seyreltme etkisi yaratır, ancak kalsiyum yönünden zengin katkıları da, 700 ila 850°C arasındaki kısmen düşük sıcaklıklarda florür ve klorür içeren ham maddelerle ve pişirme sırasında oluşan kükürt oksitlerle pişirilen kütledeki flor, klor ve kükürdü tutmak üzere reaksiyona girer.

Bu kimyasal reaksiyon, kararlı kalsiyum florür oluşumuyla florürü ‘sabitleme’ görevi görür ve HF emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir.



Yukarıda belirtildiği gibi benzer bir reaksiyon da, seramik kütledeki klorür ve SO_x’i ‘sabitler ve yine HCl ve SO_x emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir.

Fakat baca gazlarındaki HF, HCl ve SO_x konsantrasyonları ham maddedeki CaO düzeyiyle ilgili olmak zorunda değildir; deneyimler, pişirme sırasında kil ürünlerde mevcut olan ince karbonatların veya CaO’nun HF, HCl ve SO₂/SO₃ emisyon düzeyleri üzerinde az etkili veya etkisiz olduğunu göstermiştir. Bunun temel sebebi, fırın içerisindeki yüksek sıcaklıkların CaSO₄, CaCl₂ ve CaF₂’nin ayrışmasına neden olmasıdır. Yaklaşık 850 °C’lik bir sıcaklıkta, CaF₂ ayrışmaya başlar. Yüksek bir sıcaklıkta ise (900 °C’nin üzerinde) CaO da silikatlarla reaksiyona girerek kalsiyum silikat oluşturur ve mevcut CaO miktarı azalır.

Ortamlar arası etkiler

Kalsiyum yönünden zengin katkıların eklenmesi pişirme sırasında tüketilen enerjiyi artırabilir; bunun nedeni hem fırında endotermik reaksiyonların meydana gelmesi, hem de daha uzun pişirme sürelerine ihtiyaç duyulmasıdır. Ayrıca kalsiyum karbonat yönünden zengin katkıların eklenmesi de CO₂ emisyonlarını artırır.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Kalsiyumca zengin katkıların eklenmesi, flor emisyonlarını %10 ila %75 arasında azaltabilir (ham madde ve pişirme sıcaklığının üst değerine bağlı olarak); ancak bunların eklenmesi son ürünün kalitesini etkileyebileceğinden, pratikte sınırlı olarak uygulanabilir [4, UBA, 2001].

Bu tedbirin asıl uygulama sektörü, son ürünün teknik özelliklerini sağlayabildiği ölçüde tuğla sanayiidir; refrakter sanayiinde normalde uygulanan bir tedbir değildir. Kireç eklenmesi ile etkilenen kalite özellikleri aşağıda verildiği gibidir:

- renk: kireç eklendikçe renk tonu açılır (daha sarı tonlara). Rengin az miktarda solması, iç duvar tuğlalarının üretiminde kabul edilebilir olmakla beraber, cephe tuğlalarında böyle bir solukluk satış problemlerine yol açabilir, dolayısıyla bu katkıların her tür tuğla için kullanılması mümkün değildir. Fe_2O_3 eklenmesi, bu sarı renk bozukluğunu kısmen telafi edebilir.
- suda çözünen sülfatların konsantrasyonu: eklenen CaCO_3 miktarı arttıkça bu değer de artar. Suda çözünen sülfatlar, tuğla işlerinde tozlaşma probleminin kısmi bir sebebidir.
- basınç dayanımı: kalsiyum karbonat eklemek, basınç dayanımı üzerinde az oranda olumlu veya yine az oranda olumsuz bir etkiye sebep olabilir.
- çekme davranışı: tebeşir eklemenin, ürünün kurutma ve pişirme sırasındaki çekme davranışı üzerinde pek öngörülemeyen bir etkisi vardır.
- su absorpsiyonu: spontane su absorpsiyonu, eklenen CaCO_3 miktarı arttıkça artar ve bunun sonucunda doyma katsayısı yükselir. Bu, tuğlanın donmaya karşı direncinin azalmasına ve tozlaşma olasılığının artmasına neden olur. Bu etkiler, cephe tuğlalarındansa iç duvar tuğlaları için daha rahat tolere edilebilir.
- genişletilmiş kil agregalarda maksimum %3 oranında CaO bulunmalıdır; yoksa granül kuvveti önemli ölçüde azalır, ayrıca bu oran %5'in üzerine çıktığında, aşırı ergime nedeniyle genişleme kalitesi düşer [2, VITO, 2003].

Ekonomi

Kalsiyum karbonatça zengin katkıların eklenmesiyle artan CO_2 emisyonları, hukuki gerekliliklere bağlı masrafları artırabilir (örn. emisyon ticareti). Ayrıca, seramik ürünlerin çekme davranışında meydana gelen değişiklikler, üretim sırasında mekanik işlemleri etkileyebilir.

Düşük kükürt içerikli katkıların ve/veya kalsiyum içeren kil kütle katkılarının eklenmesine dair tedbirlerde (ayrıca bkz. 4.3.1) ise, örneğin ham maddelerin hazırlanması, şekillendirilmesi ve kurutulmasında kullanılan makinelerin modifikasyonunu ve depolama için ilave kapasite sağlamak için, yüklü yatırım maliyetleri (850000 Euro'ya kadar) söz konusu olabilir. Bunlar, beraberinde ek işletim masraflarını (ekstra materyal ücretleri) getirebilir.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- yüksek maliyetli azaltıcı boru sonu tekniklerden kaçınma.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005]

4.3.3 Proses optimizasyonu

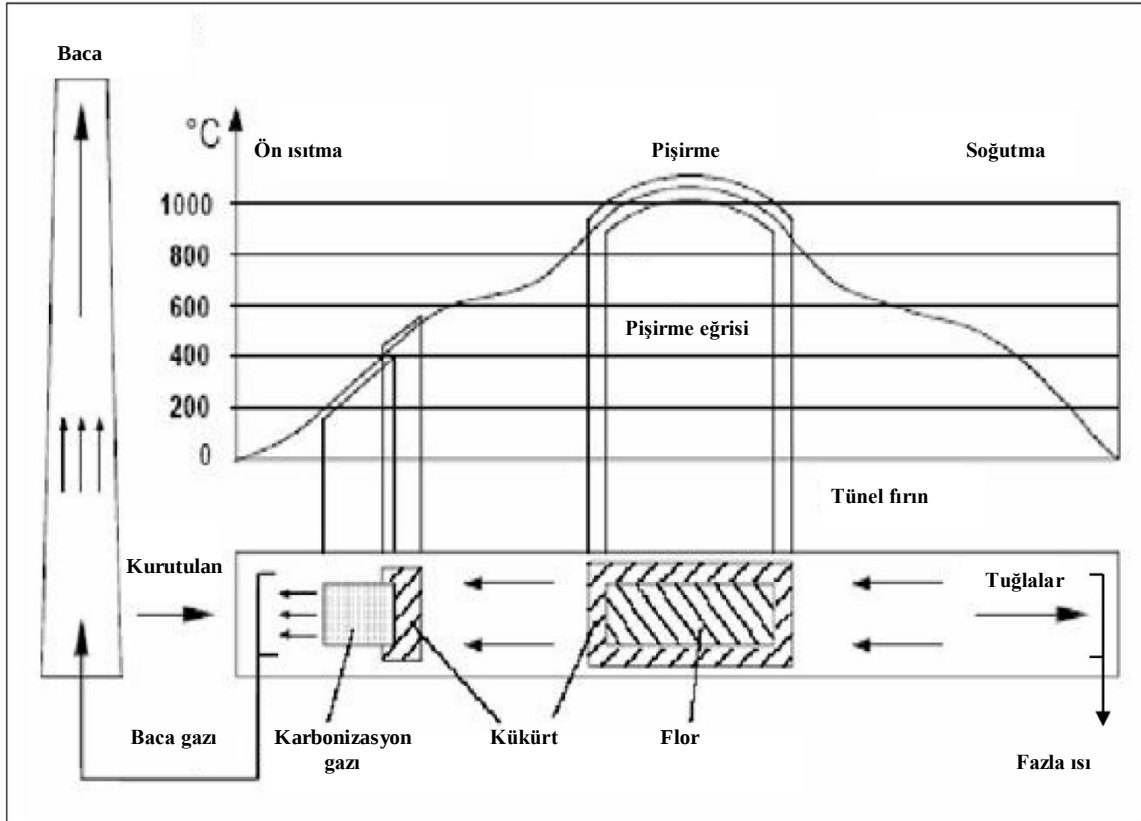
4.3.3.1 Isıtma eğrisinin optimizasyonu

Açıklama, elde edilen çevresel faydalar ve işletim verileri

Piştirme sıcaklığı düzeyinin yanında ısıtma hızı da SO_x ve HF emisyonlarını etkileyebilir:

- ısıtma hızını en düşük sıcaklık aralığına ($400^\circ C$ 'ye kadar) indirmek, CaF_2 oluşumuyla beraber HF'nin yeniden soğurulmasını sağlar ve HF emisyonlarında azalma meydana gelir. Benzer bir etki SO_x emisyonları için de uygulanabilir. Bunlar genellikle piritin oksitlenmesiyle ve/veya seramik kütlede mevcut kalsiyum sülfatın ayrışması ile oluşur.
- ısıtma hızını, $400^\circ C$ ile piştirme sıcaklığı arasında artırmak, sinterleme sıcaklığına daha hızlı ulaşılmasını sağlar; bunun sonucu olarak difüzyon ile emisyonlar daha sınırlı hale gelir ve emisyonlar azalır.
- piştirme sıcaklığının yüksekliği sülfatların ayrışmasını etkiler. Piştirme sıcaklığı ne kadar düşük ise, o kadar az ayrışma meydana gelir, dolayısıyla SO_x emisyonları da az olur. Piştirme sıcaklığının azaltılması, ham madde karışımına ergiticilerin eklenmesi ile sağlanabilir.
- daha hızlı piştirme çevrimleri genellikle florür emisyonlarının azalması ile sonuçlanır. Ham maddenin özellikleri flor salınımını etkiler, ancak her seramik ürünü için $800^\circ C$ üzerindeki sıcaklıkta piştirme süresi son derece önemlidir.
- piştirme işlemlerinde oksijen seviyelerinin kontrolü, yanma verimliliğini en üst düzeye çıkarır.

Aşağıdaki şekilde, tuğlaların pişirilmesinde salınan kirleticilerin sıcaklık eğrisi örneğinin sıcaklık aralıkları gösterilmektedir [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 4.6: Tuğlaların pişirilmesinde salınan kirleticilerin sıcaklık eğrisi örneğinin sıcaklık aralıkları

Ortamlar arası etkiler

Sorun yoktur.

Uygulanabilirlik ve ekonomi

Isıtma eğrisinin/proses kontrolünün optimizasyonu seramik sanayiinin tüm sektörlerinde uygulanabilir; ancak kil işleme sanayiinde ısıtma eğrilerinin, pratikte ürün kalitesi ve enerji tüketimine paralel olarak optimize edildiğine dikkat edilmelidir. Dolayısıyla ısıtma eğrileri yalnızca son ürünün teknik özellikleri buna müsaade ediyorsa değiştirilebilir ve emisyonu bağlı nedenlerden dolayı ısıtma eğrileri üzerinde değişiklik yapılırken ilave ücretler hesaba katılmalıdır.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- yüksek maliyetli hafifletici boru sonu tekniklerden kaçınma,
- fırınların enerji verimli bir şekilde işletimi.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.3.2 Fırın gazlarındaki su buharı seviyelerinin azaltılmasıAçıklama, elde edilen çevresel faydalar ve işletim verileri

Fırın gazlarındaki su buharı seviyelerinin azaltılması sonucunda genellikle florür emisyon oranları da azalır, çünkü kil minerallerinden flor salınımının temel mekanizması pirohidrolizdir. Bu reaksiyon 800 °C ve üzeri sıcaklıklarda gerçekleşir.

Ortamlar arası etkiler, uygulanabilirlik ve ekonomi

Laboratuvar testlerinde, fırın atmosferindeki su içeriğinin azaltılmasının, hem HF hem de SO_x emisyonlarının azalması ile sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Pratikte, fırın atmosferindeki su içeriğinin azaltılmasının sağlanması teknik olarak zor olacaktır; zira fırının ısıtılmasında kullanılan fosil yakıtların yakılması ile su ortaya çıkar. Söz konusu su oluşumu; fırının dolaylı olarak, örneğin gazlı radyant tüplü brülörler [5, InfoMil, 2003] ile veya elektrikle ısıtılması ile engellenebilir, ancak bu fırının tasarımında köklü bir değişiklik gerektirecek ve daha yüksek bir enerji tüketimini beraberinde getirecektir.

Prensipte, Avrupa'nın tamamında fırınların fosil yakıtlarla yakılması tuğlalar ve çatı kiremitleri, vitrifiye kil borular, refrakter ürünler ve genleştirilmiş kil agregalar sektörleri için ekonomik olarak uygulanabilir. Dolayısıyla fırınların elektrikle veya dolaylı olarak ısıtılması bu sektörler için pek uygulanabilir bir yöntem değildir (elektrikli ısıtma yalnızca refrakter ürünlerde, özel ürünler için kısa sürelerde uygulanır). Fakat duvar ve zemin karoları, sofa ve süs eşyaları, sıhhi tesisat gereçleri, teknik seramikler ve inorganik bağlayıcı aşındırıcılar sektörlerinde; fırın gazlarındaki su buharı seviyelerinin, fırınların elektrikle (bazı teknik seramiklerin üretiminde elektrikle ısıtılan fırınlar belirli bir ölçüde kullanılmaktadır) veya radyant tüplü brülörler ile dolaylı olarak ısıtılması [5, InfoMil, 2003] (mekik tipi fırınlar veya küçük roller fırınlar daha küçük ölçekli üretim için prensipte bu tür brülörler ile donatılabilir) daha gerçekçi bir uygulama potansiyeline sahiptir.

Uygulamanın itici gücü

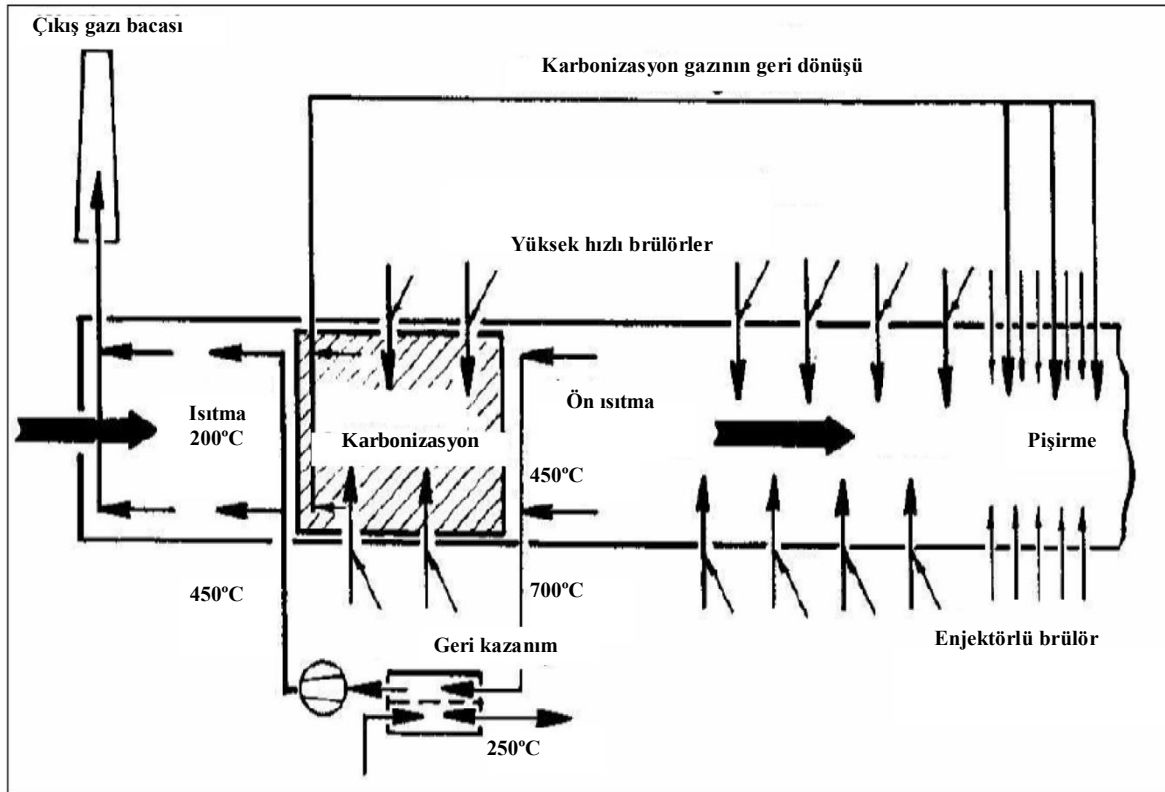
- hukuki gereklilikler,
- yüksek maliyetli hafifletici boru sonu tekniklerden kaçınma.

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [5, InfoMil, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.3.3 Karbonizasyon gazının iç yakımı

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Ham madde karışımındaki organik bileşiklerin ayrışmaları ve tamamlanmamış yanmaları sonucu, fırının ısıtma alanında ortaya çıkan UOB emisyonları (karbonizasyon gazları olarak bilinir), fırının özel modifikasyonlara sahip olması halinde fırında yakılabilir. İçten yanma, fırının ısıtma alanından çıkan karbonizasyon gazlarının, pişirme alanında yüksek sıcaklık ile yakılmaya devam etmesi için pişirme alanına yeniden yönlendirilmesi ile sağlanabilir. Bunu başarmak için, fırında UOB emisyonlarının gerçekleştiği alanın (karbonizasyon alanı olarak adlandırılır) fırının geri kalanından ayrılması gerekir. Bu ayırma, fırında bir veya daha fazla sürgülü kapı ya da özel bir karbonizasyon gazı çıkarma sistemi kurulması ile sağlanabilir. Bu teknikle yalnızca UOB emisyonları değil, aynı zamanda CO emisyonları da önemli ölçüde azaltılır. Aşağıdaki şekilde karbonizasyon gazının içten yanmasının şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 4.7: Karbonizasyon gazının içten yakımının şematik görüntüsü

Ortamlar arası etkiler

Fırının içinde karbonizasyon gazı yakılması, özellikle ısıtma alanından gelen karbonizasyon gazlarını yakmak için brülörlerle ek yakma (yüksek hızlı) yapılması gerekiyorsa, genel enerji tüketimini artırabilir.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Karbonizasyon gazlarının içten yakılması için Almanya’da, özellikle birkaç düzine tuğla fabrikasında halihazırda kullanılan sistemler vardır. Bu sistemler UOB emisyonlarının önemli derecede azaltılmasını sağlarlar; ancak fırının normal çalıştırılma işlemini böldükleri için kontrollerinin zor olması bir dezavantajdır. Örneğin kapıların tutukluk yapması, fırın içerisinde sürgülü kapılarla çalışan sistemler için bilinen bir problemdir. Basit bir ters akışlı ısı eşanjörü olarak tünel fırın kullanılırken termal son yakmanın araya girmesi, genellikle fırının işletim modunda sorun yaşanmasına veya yüksek işletim masraflarına yol açar. Muhtemelen bu sebeplerden dolayı, karbon gazının son yakma işleminin dış yakımını gerçekleştiren sistemler, özellikle yeni yapılan fabrikalarda son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu teknik kil agregaların üretimi için uygulanamaz, zira kurutma ve pişirme aynı anda gerçekleştirildiğinden yüksek su konsantrasyonuna sahip gazlar meydana gelir.

Bu tekniğin uygulanmasıyla, 250 mg toplam-C/m³ değerindeki ham gaz için temiz gazda 15 mg toplam-C/m³ değerine ulaşılabilir [4, UBA, 2001].

Ekonomi

Karbonizasyon gazının içten yakılması, karmaşık yakma ve kontrol teknikleri dolayısıyla bakım masrafları yönünden kısmen pahalı bir sistemdir.

Bu bağlamda, bkz. Tablo 4.7.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- yüksek maliyetli hafifletici boru sonu tekniklerden kaçınma.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.3.4 Düşük NO_x emisyonlu brülörler

Açıklama, elde edilen çevresel faydalar ve işletim verileri

Azot oksit emisyonları, refrakter ürünler gibi seramiklerin 1300 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirilmesi ile meydana gelir. Bu NO_x emisyonları, özel düşük NO_x emisyonlu brülörlerinin çalıştırılması ile en aza indirilebilir. Bu brülörler alev sıcaklığının azaltılarak termal (belirli bir ölçüde) ve yakıt kaynaklı NO_x’lerin azaltılması için kullanışlıdır. NO_x azaltımı, alev sıcaklığının azaltılması için temiz hava ikmali veya brülörlerin atımlı çalıştırılması ile sağlanır.

Ortamlar arası etkiler

Sorun yoktur.

Uygulanabilirlik

Düşük NO_x'li brülörlerin uygulanabilirliği ve verimliliği, nihai pişirme sıcaklığı gibi bazı faktörlere bağlıdır. 1400 °C'nin üzerindeki bazı durumlarda verimlilik yetersizliği bildirilmiştir. Bu bağlamda daha ayrıntılı bilgilere NO_x brülörlerin de bahsedildiği Cam Üretimi konulu BREF'ten ulaşılabilir. Bununla beraber, son ürüne dair kalite gereksinimleri nedeniyle düşük NO_x'li brülörlerin kullanımı kısıtlı olabilir [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]

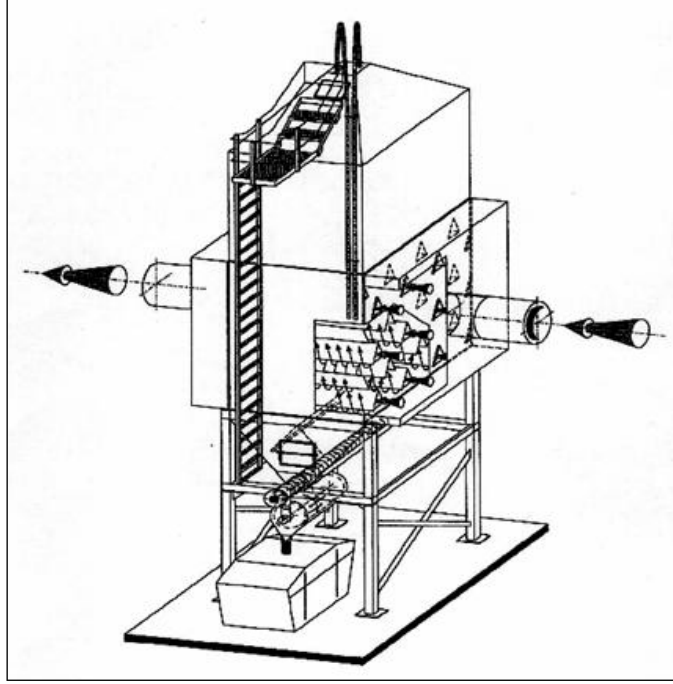
4.3.4 Soğurma sistemleri (adsorberlar, absorberlar)

Bu bağlamda faydalı bilgilere Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri konulu BREF'lerden de ulaşılabilir.

4.3.4.1 Kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberler

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberlerde; genellikle kalsiyum karbonat (CaCO₃, kireçtaşı) olan adsorban madde ile baca gazındaki kirleticiler (çoğunlukla HF, SO_x ve HCl) arasındaki reaksiyon, adsorbanın yerçekimi ile çöktüğü ve baca gazlarının karşı veya yatay akış ile içinden geçtiği bir odada gerçekleşir. Reaksiyon için yeterli süre ve temas alanını sağlamak için odada yönlendirme plakaları bulunur. Bu tamponlar adsorbanın aşağı yönlü hızını yavaşlatır ve üniteadaki baca gazlarının etkili sirkülasyonunu ve dağılımını sağlar. Harcanan kalsiyum karbonat, sistemin altından toplanır. Bu tür adsorberler sıcaklıkları 500 °C 'ye ulaşan gazlarla ön soğutma olmaksızın çalışabilirler, dolayısıyla fırının baca gazlarından kaynaklanan HF, SO_x ve HCl emisyonlarını azaltmada oldukça verimlidirler. Aşağıdaki şekilde yatay akışlı bir adsorberin çizimi verilmiştir [4, UBA, 2001].



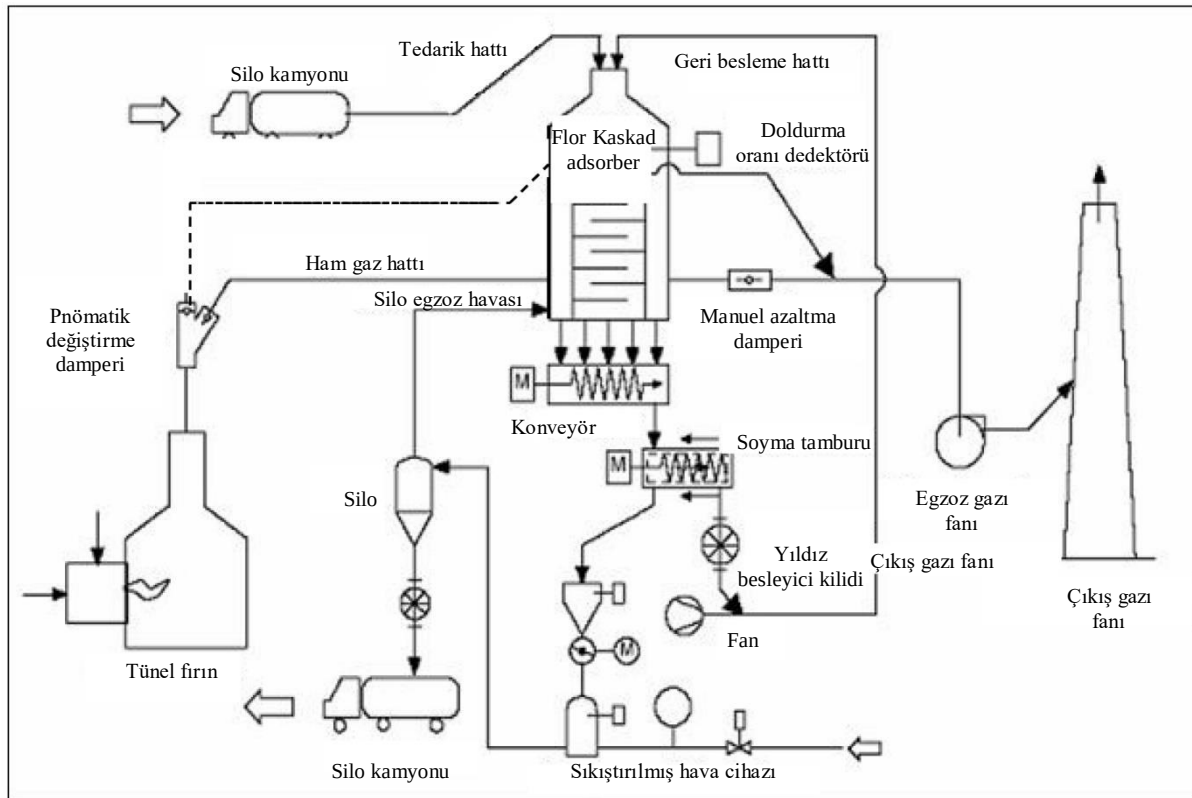
Şekil 4.8: Yatay akışlı kaskad tipi adsorber çizimi

Kalsiyum karbonat granül formunda ve normal tanecik büyüklüğü 4 – 6 mm olacak şekilde kullanılır ve maksimum saflaştırma verimliliği için tanecik boyutu, kompozisyonu ve gözenekliliği bakımından belirli özellikleri sağlamalıdır. Sıradan kalsiyum karbonatın yanında, kalsiyum karbonat/kalsiyum hidroksit ($\text{CaCO}_3/\text{Ca}(\text{OH})_2$) karışımlarından oluşan değiştirilmiş kalsiyum karbonat türleri de adsorban olarak kullanılabilir. Artmış gözeneklilikleri ve daha yüksek olan kalsiyum hidroksit içerikleri nedeniyle bunlar, asit gazları için kullanılmaya daha yatkındır.

HF, SO_x ve HCl adsorpsiyonu büyük oranda kalsiyum karbonat granüllerinin dışarısında gerçekleştiğinden, granüllerin adsorpsiyon verimliliği oldukça azdır. Değiştirilmemiş kalsiyum karbonat kullanılırken adsorpsiyon verimliliğini artırmak için soyma tekniği kullanılabilir. Burada, kullanılmış granüllerin kalsiyum florür, kalsiyum sülfat, kalsiyum sülfat veya kalsiyum klorür içeren daha yumuşak olan üst katmanı mekanik olarak soyulur. Geriye kalan granül, boyutunun daha az atık (soyulmuş doymuş kireçtaşı formunda) oluşması için yeterli büyüklükte olması halinde yeniden adsorban olarak kullanılabilir.

Değiştirilmiş granüllerde ise, asit gazları için uygunlukları iyi yüzey özelliklerinden kaynaklandığından, değiştirilmemiş kalsiyum karbonatta olduğu gibi soyularak yeniden kullanılamazlar.

Aşağıdaki şekilde, soyma tamburlu bir kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberin proses diyagramı verilmiştir. Soyulan emici madde depo silosuna otomatik olarak geri beslenir. Bu tedbirin uygulanması ile atık miktarı yüzde 50'ye kadar azaltılabilir [4, UBA, 2001].



Şekil 4.9: Soyma tamburlu kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberin proses diyagramı

Kirleticilerle doymuş olan öğütülmüş kireçtaşı, oyma tamburuna helezon konveyör ile taşınır. Kirleticilerle doymuş dış katman, sürtünmeyle ayrılır ve parçacık çapı $<2,5$ mm olan küçük bir granül ile beraber çıkarılır. Bu kontamine materyal silo kamyonları ile bertaraf edilir. Geriye kalan ve parçacık çapı $>2,5$ mm olan granül tekrar reaktif hale gelir. Geri dönüştürülen granül, yıldız besleyici kilidi ve geri besleme borusu ile adsorberin depolama silosuna geri beslenir. Adsorber, soyma tamburu ve geri besleme borusu kapalı bir sistemdir. Soyma ve geri besleme otomatik ve sürekli olarak gerçekleştirilir.

Ortamlar arası etkiler

- yüksek miktarda adsorban tüketimi,
- yüksek miktarda atık (kısmen yüksek olan fazlalık adsorban dozajı nedeniyle),
- kalsiyum karbonat granüllerinin baca gazının asidik bileşikleri ile reaksiyona girerek CO₂ oluşturması,
- adsorberin çalıştırılması nedeniyle artan enerji tüketimi (özellikle basınç düşüşünün üstesinden gelmek için),
- özellikle soyma tamburları kullanılıyorsa, kalsiyum karbonat granüllerinden kaynaklanan artan toz yüküyle olan toz emisyonlarının da artması,
- olası gürültü emisyonları.

İşletim verileri

Değiştirilmemiş kalsiyum karbonat granülleri ve kalsiyum karbonatın tercihen daha yumuşak türleri, HF ve SO₃'ün yok edilmesi için özellikle uygundur. Bu bileşikler için, granüllerin saflaştırma verimlilikleri sırasıyla %90'ı (%99'a kadar) ve %80'i aşar. Diğer yandan sıradan kalsiyum karbonat, SO₂'nin giderilmesine pek uygun değildir; zira SO₂, HF ve SO₃'e göre daha az reaktiftir, saflaştırma verimliliği %20 kadardır. HCl için, değiştirilmemiş kalsiyum karbonatın saflaştırma verimliliği yaklaşık %50'dir [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].

Değiştirilmiş kalsiyum karbonat SO_2 'nin giderilmesi için daha uygundur, ayrıca HF ve SO_3 'ün giderilmesinde de biraz daha iyi verimlilik sağlar. Değiştirilmiş kalsiyum karbonat ile saflaştırma verimlilikleri, HF için %99'a kadar, SO_3 için %85'e kadar çıkabilir ve $1500 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ 'e kadar ham gaz konsantrasyonuna sahip SO_2 için %30-85, HCl için ise %50 verimlilik elde etmek mümkündür. Bu sistemlerin temizleme verimliliği, askıda kalan partiküllerin tutulmasında %100'e kadar çıkar (ayrıca bkz 4.3.6) [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005].

Yaklaşık $2500 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ içeriğine sahip baca gazı belirli koşullar altında, örneğin dört adsorberin (dolgu yataklı, yatay akım tipi ve değiştirilmiş kalsiyum karbonat ile) birbirinin çıkışları yönünde olacak şekilde düzenlenmesi halinde, $500 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ 'ün altında temiz gaz değerleri elde edecek şekilde filtrelenebilir. Ayrıca SO_2 için yüksek oranda yüklü ham gazın %85 saflaştırma verimliliğini sağlamak da mümkündür [4, UBA, 2001], ancak yalnızca bir adsorber kullanılması halinde SO_2 için saflaştırma verimliliği yaklaşık %30'a düşer [2, VITO, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005].

Bu bağlamda; salınan klorürün dağılımı için Tablo 3.2'ye, tuğla ve çatı kiremiti üretim süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar için Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8 ve Tablo 3.9'a, ve dolgu yataklı adsorber sistemlerinin kullanıldığı bir sıhhi tesisat gereçleri üretim süreci için Tablo 3.43'e bakınız [2, VITO, 2003].

Uygulanabilirlik

Bu teknik, seramik sanayiinin bazı sektörlerinde uygulanabilir, ancak sistemin kapladığı alan ile kontroller ve diğer adsorbanların kullanımına ilişkin esnekliğin az olması göz önüne alınmalıdır. HF ve SO_x 'in ham gaz konsantrasyonları, kil ürün çeşitleri, fırının işletimi, fırın büyüklüğü, fırın üretim hızı, gerekli maksimum yakma sıcaklığı, baca gazı sıcaklığı ve miktarı, adsorberden gelen toplam toz yükü, toz filtresi gereksinimi, adsorberlerden kaynaklanan büyük miktardaki atıkların yeniden kullanım, geri dönüşüm veya atılma olasılıkları, uygun kireçtaşı topraklarının sağlanabilirliği, elektrik talebi ve toplam çevresel etkilerde artış da göz önünde bulundurulmalıdır.

Ekonomi

Bu bağlamda, bkz. Tablo 4.7.

Soyulan doymuş kireçtaşının az miktarları kil bloklar ve cephe tuğlalarının üretimine eklenebilir, ancak doymuş kireçtaşının kalsiyum sülfat içeriğinin tuğlalarda tozlaşmaya yol açabileceğine dikkat edilmelidir. Doymuş kireçtaşının çimento, beton ve asfalt sanayilerinde de kullanılması mümkündür. Eğer yeniden kullanım mümkün değilse ilave bertaraf masrafları da göz önüne alınmalıdır.

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

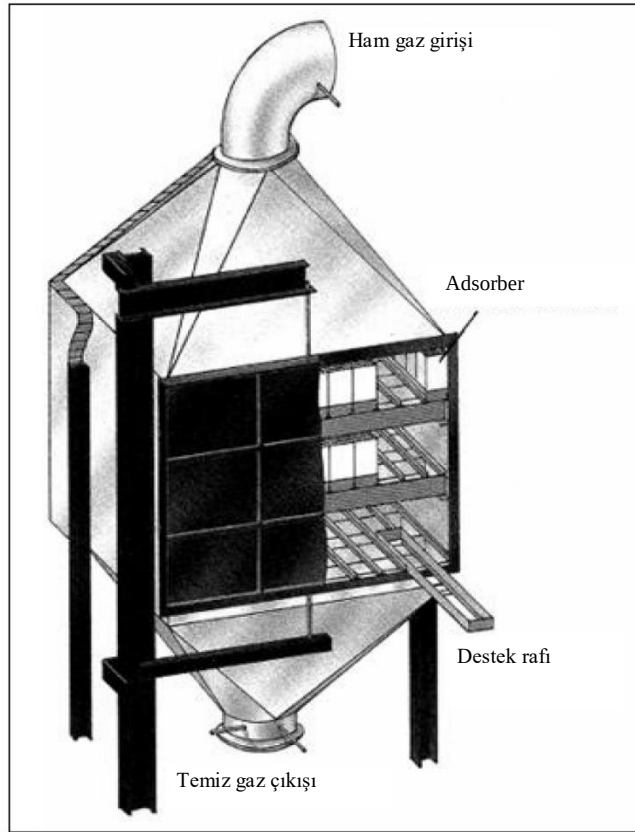
Wienerberger Ziegelindustrie AG, cephe tuğlası fabrikası, Rotenturm, Avusturya [1, BMLFUW, 2003], Erlus Baustoffwerke AG, çatı kiremiti fabrikası Neufahrn, Almanya [4, UBA, 2001], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.4.2 Modüllü adsorber sistemleri

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Çoğunlukla gaz halindeki inorganik flor bileşiklerinin ayrılmasında kullanılan bir işlem, modüllü adsorber sistemleri olarak adlandırılan sistemlerde kalsiyum hidroksitten yapılan petek modüller kullanılarak kuru emilim gerçekleştirilmesidir. Bu işlemde baca gazı, hiçbir hareketli parçası olmayan basit bir çelik reaktörden geçer. Reaktörde, kireç kaymağı (kalsiyum hidroksit) ile doldurulmuş birkaç katlı petek adsorber modülleri yer alır ve gaz modüllerden geçerken bu modüller baca gazının HF içeriğini kalsiyum florüre (CaF_2) dönüştürür. Modüllerin kullanım ömrü fabrikanın işletim süresi, baca gazı akışı hacmi ve ham gazın flor konsantrasyonundan etkilenir. Modüller, modül değiştirme süresini azaltmak ve tutmayı kolaylaştırmak için destek raflarına paylaşılır. Doyan modüller yenileriyle değiştirilir.

Aşağıdaki şekilde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'den yapılmış petek modüllerin kullanıldığı bir kuru emme ünitesinin şematik görüntüsü verilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 4.10: Petek modüllü adsorber sisteminin şematik görüntüsü

Ortamlar arası etkiler

- kısmen yüksek miktarda adsorban tüketimi,
- yüksek miktarda atık (doymuş modüllerin atılması gerekir),
- adsorberin çalıştırılması nedeniyle artan enerji tüketimi (özellikle yüksek toz yüklü baca gazlarında basınç düşüşünün üstesinden gelmek için).

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Bu sistem, hareketli parçası olmadığı ve basınç düşüşü az olduğu için teknik olarak basit ve sağlamdır. Özellikle düşük baca gazı akış hızlarının ($<18000 \text{ m}^3/\text{s}$) temizlenmesinde ve HF harici inorganik bileşiklerin (SO_2 , SO_3 , HCl) konsantrasyonlarının düşük olduğu durumlar için uygundur. Bu nedenle bu tür sistemler çoğunlukla duvar ve zemin karoları, sofa ve süs eşyaları, sıhhi tesisat gereçleri ve teknik seramik sanayileri için uygundur. Ayrıca, yüksek toz konsantrasyonları olması durumunda ince borular tıkanma eğiliminde olduğundan bu sistem tozdan arındırma amaçları için pek uygun değildir.

Bu bağlamda, petek adsorber modül sisteminin kullanıldığı bir sıhhi tesisat gereçleri üretim sürecine dair temiz gaz konsantrasyonlarının verildiği Tablo 3.41'e bakınız.

Ekonomi

Bu bağlamda, bkz. Tablo 4.7. Ayrıca yeni modüllerin fiyatı ve yeniden kullanımı mümkün olmadığından, doymuş modüllerin bertarafına ilişkin masraflar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

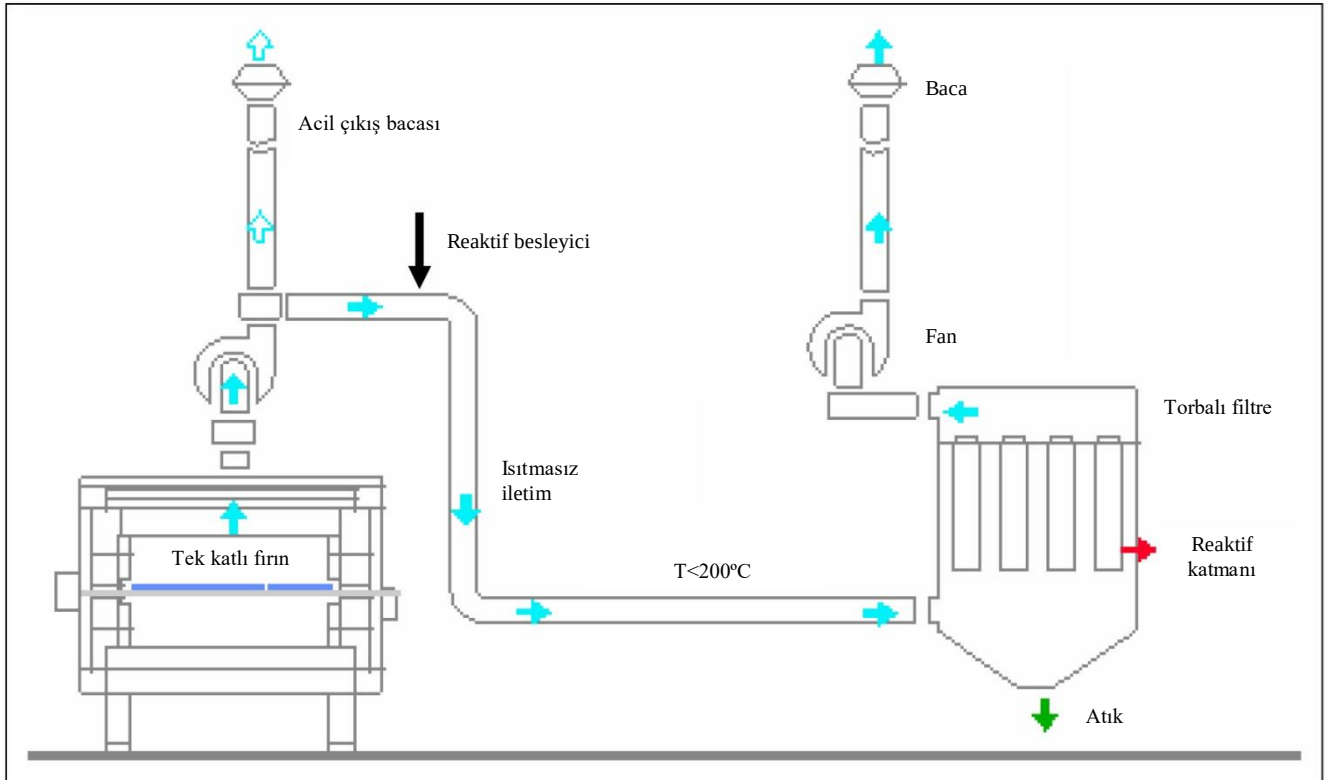
Örnek fabrikalar ve referans literatür

[1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.4.3 Filtre ile kuru baca gazı temizliği (torbalı filtre veya elektrostatik ayırıcı ile)

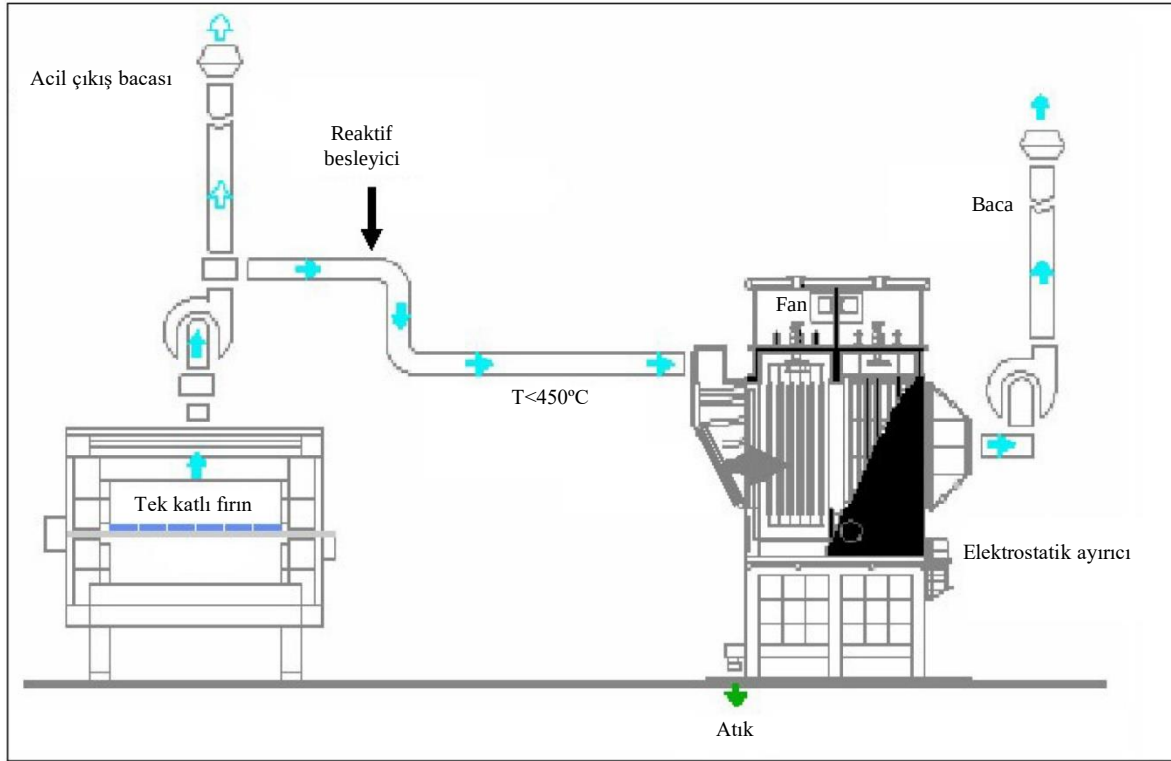
Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Bu tür baca gazı temizliğinde, adsorban madde kuru halde baca gazı akımına üflenir. Asit bileşikler (kükürt oksitler ve inorganik klor ve flor bileşikleri), fırın ve filtre arasında bulunan ve gerekli temas süresinin sağlanması için belirli minimum uzunluğa sahip bir baca gazı kanalı gibi bir reaktif veya reaktif alanında adsorbe edilir. Reaktif (alanı) arkasındaki filtre, baca gazı akışı ile üretilen nötralizasyon tuzlarını ve fazlalık adsorbanı giderir. Bu amaç için genellikle torbalı filtre kullanılır çünkü adsorban ile gaz kirleticiler arasında iyi temas sağlar. Filtre bezlerinin kumaşı, asit ve alkali koşullara dayanıklı olmalıdır, ayrıca işlenecek gazların sıcaklığı da burada belirleyici niteliktedir (bkz. Tablo 4.2). Aşağıdaki şekilde, torbalı filtre ile kuru baca gazı temizliğinin şematik görüntüsü verilmiştir [10, Navarro, 1998], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 4.11: Torbalı filtreyle kuru baca gazı temizliğinin şematik görüntüsü

Torbalı filtreler yerine, aynı toz reaktif enjeksiyon sistemini kullanan elektrostatik ayırıcılar da kullanılabilir. Bunlar, daha yüksek gaz sıcaklıklarında (400°C'nin oldukça üzerinde) çalışabilme avantajını sunar, dolayısıyla baca gazlarının soğutulmasına gerek yoktur ve temizlenen gazlardan enerjinin geri kazanımı kolaylaştırılır. Diğer yandan adsorban ve kirletici arasındaki temas, torbalı filtre kullanımında olduğu kadar iyi değildir. Aşağıdaki şekilde, elektrostatik ayırıcı ile kuru baca gazı temizliğinin şematik görüntüsü verilmiştir [10, Navarro, 1998], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 4.12: Elektrostatik ayırıcı ile kuru baca gazı temizliği

Kuru baca temizliğinin bir varyasyonu da, kondisyonlu kuru baca gazı temizliği olarak da bilinen, filtre ile yarı kuru baca gazı temizliğidir. Az bir miktarda su kullanıldığından, kuru yöntemden ayrılır. Adsorban, suyla hafifçe ıslatılarak 'kondisyonlanır' ve reaktifliği artar, böylece temizleme verimi yükselir. Ayrıca adsorban tüketimi daha düşük ve kalıntı miktarı daha azdır. Bu tekniğin dezavantajları, baca gazlarının daha yüksek olan nem oranı dolayısıyla muhtemel korozyon problemleri ve daha karmaşık olan işletim kontrolleridir [2, VITO, 2003].

Ortamlar arası etkiler

- adsorbanların tüketimi yüksek oranda atığa sebep olur.
- kalsiyumun seramik döküm bulamacının akış özellikleri üzerindeki negatif etkileri dolayısıyla atıkların geri dönüşümü problematik olabilir.
- torbalı filtre boyunca meydana gelen basınç düşüşü ve ESP işletimi nedeniyle elektrik enerjisi tüketimi kısmen yüksektir.
- pnömatik filtre temizleme sistemleri uygulanıyorsa gürültü artabilir.
- karbonat içeren adsorbanlar baca gazının asidik bileşikleri ile reaksiyona girerek CO₂ oluşturur.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Filtreli kuru baca gazı temizleme sistemi, kontroller ve adsorbanlar bakımından esnektir. Kullanılabilen adsorbanlar arasında kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂), kalsiyum oksit (CaO) veya daha yakın zamanlarda kullanılmaya başlanan ve SO₂ giderilmesi için daha uygun olan sodyum bikarbonat (NaHCO₃) yer alır. Ayrıca sodyum bikarbonatın reaksiyon ürünlerinin suda çözünebilen tuzlar (sodyum sülfat ve sodyum florür) içerdiği ve dolayısıyla katı atık sahasında kolayca bertaraf edilemeyeceği de belirtilmelidir.

Torba filtreli temizlik sistemlerinde, çok yüksek sıcaklıklarda filtrenin yanması ve çiylenme noktasına yakın çok düşük sıcaklıklarda ise filtrenin kolayca tıkanması ile problemler meydana gelebilir. Elektrostatik ayırıcı temizlik sisteminin avantajı, 400 °C'yi aşan sıcaklıklarda kolaylıkla çalışabilmesidir, dolayısıyla baca gazlarının temizleme işleminden önce soğutulmasına gerek yoktur ve temiz gazlardan enerjinin geri kazanımı kolaylaştırılır.

Torba filtreli kuru baca gazı temizleme sistemi, işlenen baca gazındaki florür konsantrasyonlarının 5 mg/m³'ten az, askıdaki toz konsantrasyonlarının ise 2 - 20 mg/m³ arasında olmasını mümkün kılar. Adsorban olarak kalsiyum hidroksit kullanılıyorsa, bu sistemlerin temizlik verimliliği askıdaki partiküllerin tutulması için %90-99, florür tutma için %92-95, SO₂ için %10-80, SO₃ için %90 ve HCl için %85'e kadar çıkar [2, VITO, 2003, 10, Navarro, 1998], [23, Seramik TÇG 2005], [30, Seramik TÇG, 2005].

Ayrıca, torbalı filtreye sahip bir kuru baca gazı temizleme sisteminde adsorban olarak sodyum bikarbonat kullanıldığında, yaklaşık temizleme verimlilikleri askıdaki partiküllerin tutulması için %99, florür tutma için %95 ve üzeri, SO₂ için ve SO₃ için %98-99 ve HCl için %89 değerlerine ulaşabilir (bkz. 4.3.6) [4, UBA, 2001].

Elektrostatik ayırıcı temizlik sisteminin avantajı, yaklaşık 450 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda çalışabilmesidir, dolayısıyla baca gazlarının temizleme işleminden önce soğutulmasına gerek yoktur ve temiz gazlardan enerjinin geri kazanımı kolaylaştırılır. Elektrostatik ayırıcıların kullanıldığı baca gazı temizlik sistemlerinde elde edilebilir temiz gazdaki toz konsantrasyonlarının 5 – 50 mg/m³ aralığında olduğu bildirilmiştir (bkz. 4.2.3.5).

Prensipte, filtreli kuru baca gazı temizlik sistemleri seramik sektörlerinin tamamındaki temiz fırın gazlarına uygulanabilir, ancak dolgulu yataklı adsorber sistemleri ile karşılaştırıldıklarında, bakım ihtiyaçlarının fazla olması ve filtre torbalarının dayanıklılığı (torbalı filtre sistemi uygulanıyorsa) gibi dezavantajları olduğu dikkate alınmalıdır.

Ekonomi

Bu bağlamda, torbalı filtre ile kuru emme için bkz. Tablo 4.7.

- yarı kuru sistemlerde, yatırım masrafları genellikle tamamen kuru bir üniteye göre biraz daha yüksektir.
- sodyum bikarbonat, kalsiyum bazlı adsorbanlara göre daha pahalıdır.
- yeniden kullanılması mümkün olmayan doymuş adsorbanların bertarafına yönelik ilave masraflar hesaba katılmalıdır.

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

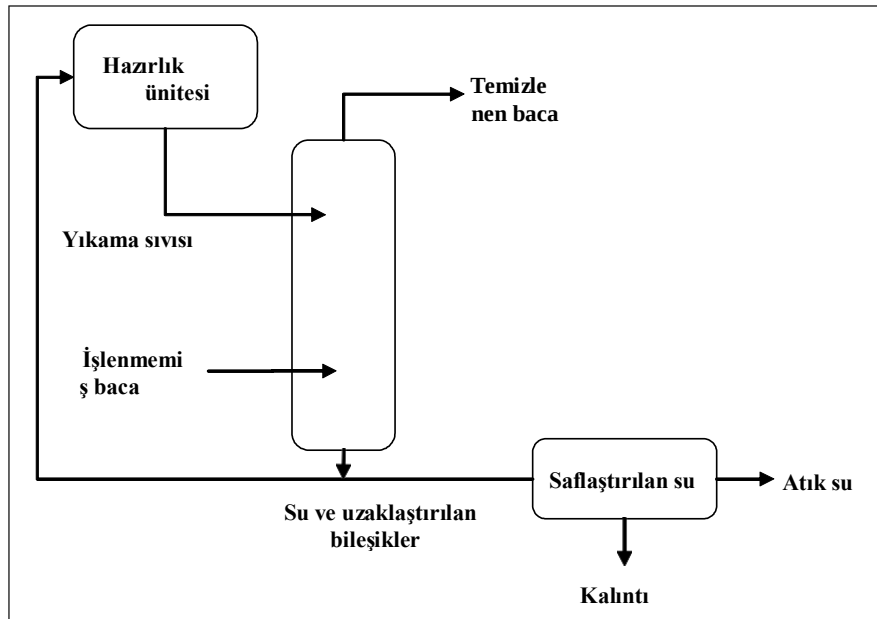
[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Navarro, 1998], [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006]

4.3.4.4 Islak baca gazı temizliği

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Islak baca gazı temizliği ile, baca gazlarındaki asit bileşikler (kükürt oksitler, inorganik klor ve flor bileşikleri) su ile yoğun temasları sağlanarak giderilir. Bunun sonucunda bileşikler gazdan su fazına aktarılır. Bu işlemin ne ölçüde gerçekleştirilebileceği, söz konusu bileşiklerin çözünürlüğüne bağlıdır. Çözünürlüğü artırmak için suya kalsiyum karbonat (CaCO_3), kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2), sodyum karbonat (Na_2CO_3), sodyum hidroksit (NaOH) veya amonyak (NH_3) gibi bir baz eklenebilir.

Aşağıdaki şekilde, bir ıslak baca gazı temizliği ünitesinin çizimi gösterilmiştir [2, VITO, 2003]. Bu tür ünite; yıkama sıvısı için bir hazırlık birimi, yıkama kısmı, katı-sıvı seperatörü ve muhtemelen bir su arıtma ünitesi ile damla kolektörü bulunur. Temas yüzeyini artırmak için plakalar veya hareketsiz dolgu materyalleri (dolgu kolonlar) kullanılabilir. Kolon yıkayıcılara ek olarak, jet yıkayıcılar, venturi yıkayıcılar ve döner yıkayıcılar da mevcuttur.



Şekil 4.13: Bir ıslak baca gazı temizliği ünitesinin çizimi

Islak yıkama sistemlerinde baca gazı önce soğutulup daha sonra temizlenir. Ayrıca, nötralizasyon ünitesi ve katı ayırma ünitesi de ıslak proseste gereklidir.

Islak baca gazı temizliğinin özel bir varyasyonu da, daha düşük su miktarı sayesinde buharlaşmanın meydana geldiği yarı ıslak baca gazı temizliğidir. Dolayısıyla, çok verimli bir şekilde tepkimeye girmiş olan ve filtre ile ayrılacak, kuru bir kalıntı ortaya çıkar. Bu yöntemde, buharlaşmadan sonra enerji kaybı yaşayan filtredeki yüksek sıcaklıkların yeterli düzeyde korunabilmesi için daha yüksek baca gazı sıcaklıkları gereklidir. Yarı ıslak sistemin avantajları daha düşük adsorban tüketimi, kalıntı miktarlarının düşük olması ve yüksek temizleme verimliliğidir; ancak işletim kontrolleri daha karmaşıktır [2, VITO, 2003].

Ortamlar arası etkiler

- yüksek su tüketimi,
- proses atık suyu üretimi (yarı ıslak sistemlerle aynı ölçüde değildir), proses atık suyu arıtma ihtiyacı doğurur,
- ünitelerdeki basınç düşüşü nedeniyle kısmen yüksek elektrik tüketimi,
- içeriğinde karbonat bulunan adsorbanlar baca gazının asidik bileşikleri ile reaksiyona girerek CO₂ oluşturur.

İşletim verileri

Islak baca gazı temizliğinde HF, HCl ve SO_x'in giderilmesi için absorban olarak genellikle kireç kullanılır. Burada, bir kalsiyum hidroksit çözeltisi (kireç sütü) veya kalsiyum karbonatın sulu süspansiyonu, püskürtme kolonunda atomize edilir. Atık ürün olarak genellikle saflığı az olan alçı oluşur. HF için %99, SO₂ için %98'e kadar, SO₃ için %95 ve HCl için %95'e kadar saflaştırma verimlilikleri elde edilebilir [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001].

Dolgulu yataklı kolonda emici madde olarak sodalı kireç (kostik) kullanıldığı takdirde, sodyum florür (NaF), sodyum sülfite (Na₂SO₃) ve sodyum klorür (NaCl) oluşur. Yıkama maddesinde oluşan atıklar, buharlaştırma sonrası atılmalıdır. Yıkama maddesi olarak sodalı kireç kullanıldığında, elde edilebilir saflaştırma verimlilikleri, HF için %98, SO₂ için %98'e kadar, SO₃ için %96 ve HCl için %98'e kadardır [4, UBA, 2001].

Islak baca gazı temizliğinde karşılaşılabilecek olası bir problem korozyondur. Yıkama kulelerini terk eden gazlar, suya doymuş olurlar ve çiylenme noktasının altına soğutulduklarında korozyona sebep olabilirler. Ayrıca bu soğuk gazlar, atmosfere daha zor yayılırlar ve nem yayılımını artırır, dolayısıyla bazen baca gazlarının yeniden ısıtılması tavsiye edilir.

Uygulanabilirlik

Preinsipite, ıslak baca gazı temizliği sistemleri tüm seramik sektörlerinde uygulanabilir. Özellikle baca gazında yüksek SO₂ konsantrasyonları olduğunda ve kuru emme sistemlerinin düşük temiz gaz konsantrasyonları elde edemediği durumlarda, ıslak işlemlerin kullanılması kuru sistemlere bir alternatiftir. Fakat pratikte, ıslak proseslerin uygulanması yüksek yatırım ve bakım maliyetleri nedeniyle oldukça kısıtlıdır.

Özellikle yüksek inorganik kirletici konsantrasyonlarının, örneğin 2500 mg/m³ üzerindeki SO₂ içeriğinin, eşzamanlı olarak salındığı durumlarda, ıslak prosesler kuru saflaştırma sistemlerine alternatiftir.

Ekonomi

Bu bağlamda, bkz. Tablo 4.7. Bu sistemlerin korozyon nedeniyle daha kısa olabilecek kullanım ömürleri göz önüne alınmalıdır.

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

Hallerndorf-Pautzfeld Fabrikası, Almanya (genleştirilmiş kil agrega üretimi) [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.4.5 Aktif karbon filtreleri

Açıklama, elde edilen çevresel faydalar ve işletim verileri ve uygulanabilirlik

Aktif karbon filtreleri yalnızca uçucu organik bileşiklerin (UOB), örneğin bağlayıcı olarak kullanılan reçinelerin ısıtılması sonucu salınan uçucu reaksiyon ürünlerinin, düşük çıkış gazı hacimlerini temizlemeye uygundur.

Partikül madde ve damlacıklar, karbon filtreye girmeden önce gazdan uzaklaştırılmış olmalıdır. Bazı organik bileşikler (örn. fenol ve naftalin) aktif karbon tarafından tutulurken, diğer bileşikler etkili bir şekilde absorbe edilemez.

Aktif karbon filtreleri çoğunlukla refrakter ürünlerin imalatında kullanılır.

Ortamlar arası etkiler

- aktif karbon atılmak zorundaysa ve geri döndürülemiyorsa, artan atık miktarı,
- aktif karbon filtrelerinin kullanımı dolayısıyla artan enerji tüketimi.

Ekonomi

Özellikle aktif karbon filtrelerinin atılmak zorunda olduğu ve yeniden kullanılamadığı durumlarda, yüksek maliyetler söz konusudur.

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.4.6 Biyolojik yıkayıcılar

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Refrakter sanayiinde, bazı teknik seramikler ve bazı inorganik bağlayıcı aşındırıcıların üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan reçinelerin ısıtılması sonucu ortaya çıkan uçucu reaksiyon ürünleri arasında amonyak, formaldehit ve fenol bulunur. Bunlar uygun yıkama sıvıları ile baca gazlarından giderilir. Absorban aracının yeniden üretildiği bir varyasyon, biyolojik yıkayıcıların uygulanmasıdır. Burada gerekli koşullar, kirleticilerin suda çözünürlüğü ve sürekli olarak biyolojik yıkayıcıya beslemedir.

Ortamlar arası etkiler

- su tüketimi ve proses atık suyunun artışı mümkündür.
- biyolojik yıkayıcıların kullanımı dolayısıyla artan enerji tüketimi.

Uygulanabilirlik

Biyolojik yıkayıcılar, refrakter ürünlerin üretiminin yanında bazı teknik seramikler ve inorganik bağlayıcı aşındırıcıların üretiminde de kullanılabilir.

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[3, CERAME-UNIE, 2003], [14, UBA, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.5 Son yakma

Bu bağlamda faydalı bilgilere Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri konulu BREF'lerden de ulaşılabilir.

4.3.5.1 Termal son yakma

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

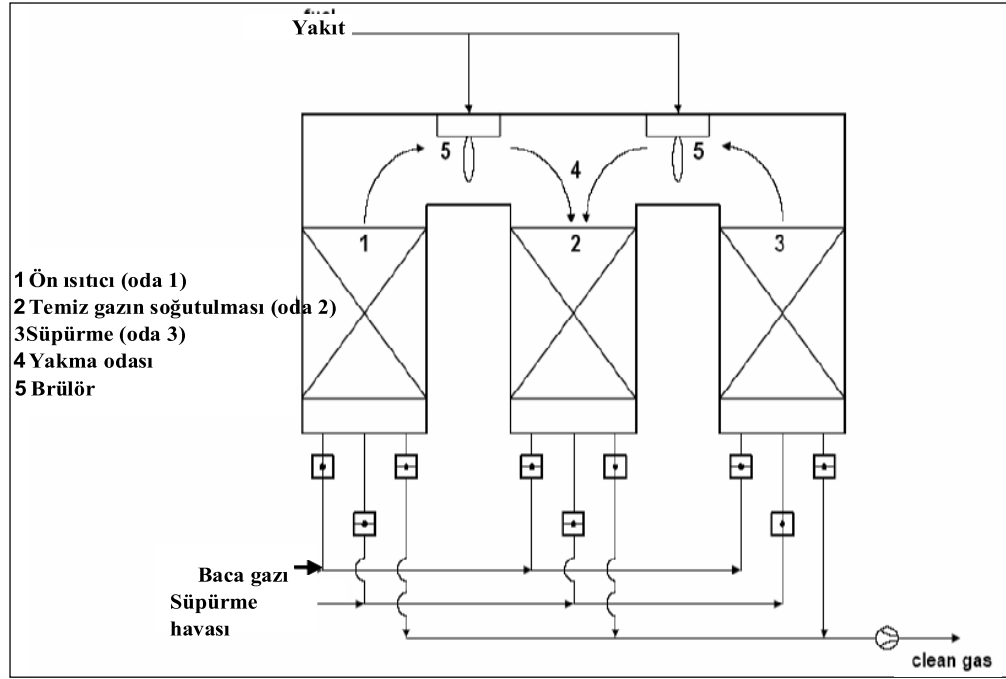
Fırının dışındaki UOB karbonizasyon gazlarının yakılması termoreaktörlerde sağlanabilir. Bunlarda seramik veya SiO₂ elementlerini içeren ve yüksek ısı depolama kapasitesine sahip iki veya üç oda bulunur. Tercihen, ham gazın özelliklerine bağlı olarak (örn. sıcaklık, kompozisyon) ham gaz değerlerinin 100 - 150 mg UOB/m³ olduğu durumlarda uygulanır.

UOB içeren baca gazları ilk odayı geçer ve içerisinde depolanan ısıyı absorbe eder. İlk odayı geçerek yakma kompartımanına geldiklerinde, halihazırda yakma sıcaklığına yaklaşmış olurlar. Yakma kompartımanında brülörler yardımıyla 750 - 800 °C'ye kadar ısıtılarak organik maddelerin tamamen yanması sağlanır. Baca gazlarında mevcut olan CO da CO₂'ye yükseltgenir. Ayrıca, sıcaklığın en az 800 °C ve kalma süresinin en az 1,5 saniye olması halinde, mevcut/yeni oluşan tüm dioksinlerin %90'a kadar yok edilmesi sağlanır.

Yakma kompartımanını terk eden saflaştırılmış sıcak gazlar, ardından yine ısılarının büyük bölümünü kaybettikleri ikinci odadan geçirilirler. Soğutulan gaz ikinci odadan çıkar ve bacadan atılır. Belirli bir süre sonra, ilk oda yeterince soğuduğunda ve ikinci oda hala yeterince sıcakken, gaz akışının yönü ters çevrilir. İkinci oda arıtılmamış gazları ısıtır, ilk oda ise saflaştırılan gazları soğutur.

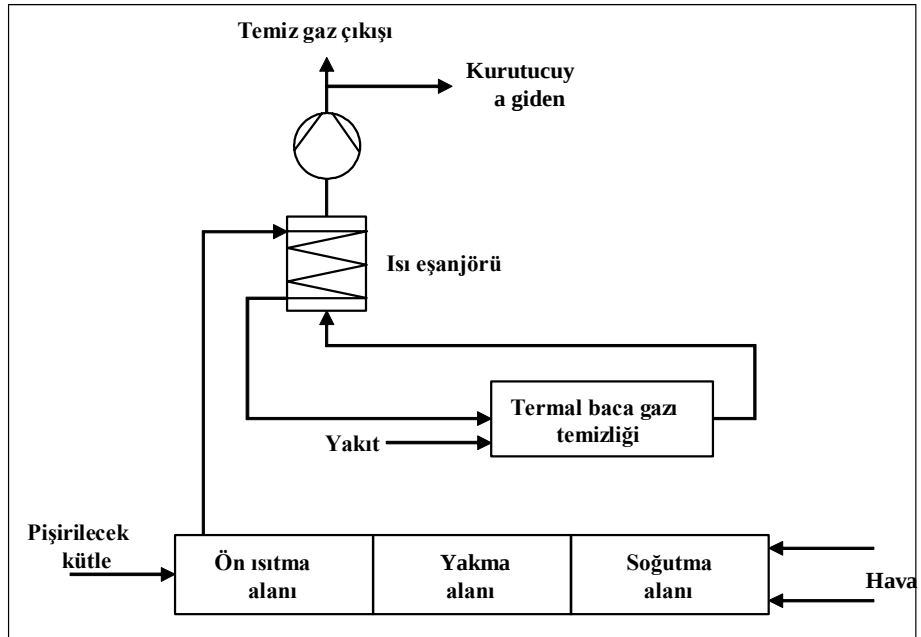
Termoreaktörde üçüncü bir oda mevcutsa, bu oda gaz akışının yönü tersine çevrildiğinde oluşan tavan değerdeki emisyonları önlemek için kullanılır. Gaz akış yönü ters çevrildikten sonra bu odadan az hacimlerde süpürme havası geçirilerek, bacaya çıkabilecek arıtılmamış gaz olmadığından emin olunur.

Aşağıdaki şekilde, bir termoreaktördeki termal son yakma sisteminin şematik görüntüsü (üç odalı sistem) gösterilmiştir [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].



Şekil 4.14: Termoreaktördeki termal son yakma sisteminin şematik görüntüsü (üç odalı sistem)

Aşağıdaki şekilde, dış termal son yakma sisteminde baca gazı iletimi gösterilmektedir [4, UBA, 2001].



Şekil 4.15: Dış termal son yakma sisteminde baca gazı iletimi

Ortamlar arası etkiler

- en azından işletimin başlatılması ve otomatik yakma noktasının altındaki UOB konsantrasyonu için ilave yakıt gereklidir.
- ek NO_x emisyonları muhtemeldir.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

UOB ve CO konsantrasyonları yeterince yüksek ise, yakma neredeyse tamamen ototermiktir. Bu tür durumlarda, yakmanın sürdürülmesi için ek olarak enerji kullanılmasına gerek yoktur. Bu, genellikle ham materyal karışımına büyük hacimlerde organik gözenek oluşturu maddelerin eklendiği, çok gözenekli tuğlaların üretiminde gerçekleşir.

Termoreaktörler son yıllarda kil işleme sanayiinde, özellikle ham madde karışımına organik gözenek oluşturu maddelerin eklendiği kil blok üretiminde giderek daha fazla kullanılmaktadır; bunun yanında refrakter ürünler, teknik seramikler ve bazı inorganik bağlayıcı aşındırıcılar gibi diğer seramik ürünlerin üretiminden kaynaklanan UOB emisyonlarının azaltılması için de kullanılmaktadırlar. İçten yakmalı sistemler ile karşılaştırıldıklarında bu sistemlerin avantajı, fırının normal işletimini bölmeleri ve baca gazı akışının tamamen saflaştırılmasıdır. Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde gazların yüksek su içeriği sorun teşkil eder.

İstenen temizlik verimliliğine bağlı olarak, termoreaktörler iki veya üç odalı sistemler olarak kururlar. İki odalı sistemlerde % 94-97 arasında saflaştırma verimlilikleri elde edilebilir, üç odalı sistemler ise %99'un üzerindeki saflaştırma verimliliklerine sorunsuz bir şekilde ulaşabilir [4, UBA, 2001].

Bu bağlamda, tuğla üretim işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar için Tablo 3.6'ya, teknik seramiklerin (bağlayıcı aşındırıcılar) üretim işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar için ise Tablo 3.54'e bakınız. Bu üretim süreçlerinde baca temizliği için termal son yakıcılar kullanılır.

Ekonomi

Bu bağlamda, bkz. Tablo 4.7.

- yakıttan tasarruf etmek için, UOB'lerin ve CO'nun termal son yakması, tercihen rejenaratif ısı değişimi ile gerçekleştirilir.
- ham gazdaki UOB ve CO konsantrasyonları ne kadar düşükse, termoreaktörün çalışmaya devam etmesi için o kadar fazla enerji verilmelidir, dolayısıyla maliyet de yükselir.

Uygulamanın itici gücü

Enerji verimli proses teknikleri ile birleştirilmiş hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

Wienerberger Ziegelindustrie AG/Werk Hennersdorf, tuğla fabrikası, Avusturya [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [14, UBA, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006]

4.3.5.2 Katalitik son yakma

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Bu UOB azaltma tekniğinde, uçucu organik kirleticiler yükseltgeme reaksiyonunu hızlandıran katalitik bir yüzeyden geçirilerek yükseltgenir. Katalizör, organik kirleticilerin yükseltgenme sıcaklıklarını 200 - 300 °C aralığına düşürür. Genellikle metal oksitlerin veya soy metallerin (örn. Pd, Pt ve Rh) bileşikler olan katalizörler kullanılır.

Ortamlar arası etkiler

Katalizörler SO_2 'yi daha toksik ve aşındırıcı bir bileşik olan SO_3 'e yükseltir.

Uygulanabilirlik

Katalitik oksidasyonun kil işleme sanayiinde uygulanması zordur, çünkü kullanılan katalizörler baca gazlarında mevcut olan yabancı maddelerle (örn. kükürt bileşikleri) hızla zehirlenir. Bu nedenle katalitik son yakma, çoğunlukla toplam C içeriği yüksek olan ve örneğin, özel refrakter veya teknik seramik ürünlerinin küçük fırınlarda pişirilmesinde veya kurutulmaları sırasında ortaya çıkan, küçük hacimli baca gazı akımlarının temizlenmesinde uygulanır.

Uygulamanın itici gücü

Hukuki gereklilikler.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.3.6 Çeşitli baca gazı temizliği tekniklerine ilişkin işletim, verimlilik, tüketim ve maliyet verilerine örnekler

Aşağıdaki tabloda çeşitli baca gazı temizliği tekniklerine ilişkin işletim, verimlilik, tüketim ve maliyet verilerine bazı örnekler verilmiştir [2, VITO, 2003] [30, TWG Ceramics, 2005]:

Teknik		Kaskad tipi dolgulu adsorberler	Kaskad tipi dolgulu adsorberler	Kaskad tipi dolgulu adsorberler	Filtreli kuru baca gazı temizleme	Filtreli kuru baca gazı temizleme	Islak baca gazı temizliği	Islak baca gazı temizliği
Emisyon değeri			SO ₂ <1500 mg/Nm ³	SO ₂ ≥2500 mg/Nm ³				
Adsorban madde		CaCO ₃	Değiştirilmiş CaCO ₃	Değiştirilmiş CaCO ₃	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Su/Ca(OH) ₂ veya CaCO ₃	Sodali kireç (kostik)
Temizleme verimliliği	Flor	% 90 (% 99'a kadar)	% 99'a kadar	% 99'a kadar	% 80 ila %96'ya kadar	> % 95	% 92 – 99	% 98
	SO ₂	% 8 – 20	% 43 ila % 85'e kadar	% 30 – 43	% 7 ila % 80'e kadar	% 98 – % 99	% 20 ila 98'e kadar	% 90 – 98
	SO ₃	% 80'e kadar	% 80 – 85	% 80 – 85	ila % 90'a kadar	% 98 – % 99	% 92 – 95	% 94 – 96
	HCl	% 50	> % 50	% 50	% 10 ila % 85'e kadar	% 89	% 50 ila 95'e kadar	% 90 – 98
	Toz	%100	%100	% 99	% 90 – % 99	% 99		%100
Adsorbanın fazlalık dozajı ^A		2,5	2,5	2,5	1,35 – 2,00		1,01 – 2,00	
Su tüketimi (m ³ /gün) ^B		0	0	0	0		86 – 240	
Elektrik tüketimi (kW/gün) ^B		641 - 864	864	864	1200 – 2880		2352 – 4824	
Absorban maliyeti (Euro/ton)		59	99	99	104		30 – 100	
Yatırım maliyetleri (10 ³ Euro) ^{B, C}		228 – 278	692	692	766 – 1081		511 – 659	
^A Bunun anlamı, belirtilen temizleme verimliliğine ulaşmak için pratikte gerekli olan adsorban miktarının, teoride gerekecek adsorban miktarına oranıdır (adsorpsiyon reaksiyonunun stokiyometrisine dayanarak).								
^B Bu aralıklar dört tipik şirket için sunulan değerlere işaret eder.								
^C Kurulum ve ek maliyetler.								

Tablo 4.5: Baca gazı temizliği tekniklerinin teknik parametreleri, verimlilikleri, tüketim ve maliyet verileri

Prosesle entegre tedbirler ve boru sonu tekniklerin sonucu olarak elde edilen azaltım verimlilikleri aşağıdaki iki tabloda gösterilmiştir. Boru sonu teknikleri çoğunlukla HF azaltmada etkilidir. Prosesle entegre teknikler ise yalnızca SO_x azaltımını etkiler. Örnekler, kildeki kükürt içeriğine bağlı olan azaltım verimliliklerini de göstermektedir [2, VITO, 2003] [30, Seramik TÇG, 2005].

Örnek	1	2	3	4
Teknik	Filtreyle kuru baca gazı temizleme	Kaskad tipi yataklı adsorber	Kaskad tipi yataklı adsorber	Kaskad tipi yataklı adsorber
Ham madde	Yüksek kükürtlü kil	Yüksek kükürtlü kil	Yüksek kükürtlü kil	Yüksek kükürtlü kil
Emisyon değeri	SO _x >1500 mg/m ³	SO _x >1500 mg/m ³	SO _x c 2500 mg/m ³	SO _x c 2500 mg/m ³
Prosesle entegre tedbirler	Ham madde eklemesi düşük kükürt ve kalsiyum içeren maddeler	Ham madde eklemesi düşük kükürt ve kalsiyum içeren maddeler	Ham madde eklemesi düşük kükürt ve kalsiyum içeren maddeler	Ham madde eklemesi düşük kükürt ve kalsiyum içeren maddelerle, kalsiyumca zengin katkıları
Adsorban madde	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃
Azaltım verimliliği	Flor	% 96'ya kadar	% 92'ye kadar	% 83'e kadar
	SO _x	% 7'ye kadar	% 8'e kadar	% 24'e kadar
	HCl	% 0	% 18'e kadar	% 22'ye kadar
	Toz	% 92'ye kadar	% 39'a kadar	% 58'e kadar

Örnek	5	6	7	8
Teknik	Filtreyle kuru baca gazı temizleme	Kaskad tipi yataklı adsorber	Kaskad tipi yataklı adsorber	Kaskad tipi yataklı adsorber
Ham madde	Yüksek kükürtlü kil	Düşük kükürtlü kil	Düşük kükürtlü kil	Düşük kükürtlü kil
Emisyon değeri	SO _x >1500 mg/m ³	SO _x <500 mg/m ³	SO _x <500 mg/m ³	SO _x <500 mg/m ³
Prosesle entegre tedbirler	-	-	-	-
Adsorban madde	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃
Azaltım verimliliği	Flor	% 95'e kadar	% 74'e kadar	% 99'a kadar
	SO _x	% 34'e kadar	% 0	% 63'e kadar
	HCl	% 83'e kadar	% 0	% 93'e kadar
	Toz	% 0	% 37'ye kadar	% 44'e kadar

Tablo 4.6: Ham maddenin kükürt içeriğine bağlı olan azaltım verimlilikleri

Bu bağlamda, kil blok ve cephe tuğlası üretimine ilişkin işletim verileri, ham ve temiz gaz konsantrasyonları için Tablo 3.8 ve Tablo 3.9'a bakınız [32, TÇG Seramik, 2006].

Tablo 4.7'de toz, inorganik gaz bileşikler ve organik gaz bileşiklerin çeşitli hafifletici teknikler kullanılarak azaltılmasına yönelik masraf verilerine bazı örnekler yatırım, bakım ve emici madde ile işletim masrafları için gösterilmiştir. Ancak bu bilgiler, ayrı tekniklerin direkt olarak karşılaştırılması için kullanılamaz; zira gerçek masraflar akış hızı, kontrol seviyesi, ham gaz değerleri, enerji gibi faktörlere bağlıdır. Burada amaç, çeşitli tekniklere dair yatırım masraflarının ne düzeyde olabileceğine dair genel bir fikir sunmaktır [3, CERAME-UNIE, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, Seramik TÇG, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006].

Temizlik sistemi/türü	Uygulanma alanı	Absorban /adsorban	Seramik sanayiinde yaygın boyutlar/akış hızları (Am ³ /s) ¹⁾	Kabaca yatırım tahmini (Euro)	Bakım (Euro/yıl)	Emici madde masrafı (Euro/ton) (Euro/yıl)	İşletim maliyeti Euro/t
Toz azaltma							
Torbalı filtre/torbalı filtre odası	Fabrikanın tüm alanları, hazırlık, iletme, depolama, şekillendirme alanı, aktarma lokasyonları, vb.		900 ila 70000	6000 – 150000 (Kanal sisteminin boyutu ve miktarına bağlı olarak)			0,03 – 0,1
Merkezi vakumlu temizleyici	Fabrikanın tüm alanları, hazırlık, iletme, depolama, şekillendirme alanı, aktarma lokasyonları, fırın arabaları vb.		900 ila 1000	25000 – 65000 (Kanal ve boru sisteminin boyutu ve miktarına bağlı olarak)			
Fırın arabası temizlik sistemi (Farklı uygulamada: sabit ağız, hareketli ağız, ayar tertibatının kaldırılması ve ayarlanması)	Fırın arabaları		8000 ila 30000	40000 – 200000 (boyut ve uygulamaya bağlı olarak)			
Elektrostatik ayırıcı	Sıcak ve büyük çıkış gazı akımları için toz azaltma		100000'e kadar	1000000 – 3000000			0,1 – 0,2
İnorganik gaz bileşiklerin azaltılması							
Modüllü sistem	Çoğunlukla HF azaltımı	Ca(OH) ₂ Petek	Çok düşük akış hızları	45000 – 100000	~500	~46000 Euro/yıl	
Kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberler	Çoğunlukla HF azaltımı	CaCO ₃	2500 ila 140000 (üst veya alt limit yok)	40000 – 500000	~2000	30 – 55 Euro/ton (teslim edilen) 4000 – 30000 Euro/yıl	23400 – 4800
Kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberler	Çoğunlukla HF, HCl ve SO _x azaltma	Modifiye/değiştiri lmiş absorban	2500 ila 140000 (üst veya alt limit yok)	40000 – 500000	~2000	95 – 110 Euro/ton (teslim edilen) yıllık 60000 Euro'ya kadar	

İnorganik gaz bileşiklerin azaltılması (devamı)							
Karşı akımlı kaskad tipi dolgulu yataklı adsorber/seri modülleri	Çoğunlukla HF, HCL, ve SO _x azaltımı	CaCO ₃ ve modifiye/değiştirilm iş absorban	2500 ila 140000 (üst veya alt limit yok)	80000 – 800000	~2500	30 – 55 Euro/ton (teslim edilen) sırasıyla 95 – 110 Euro/ton (teslim edilen)	
Torbalı filtre ile kuru emme (fly stream sistemi)	Çoğunlukla HF, HCL, SO _x Partikül azaltımı	Ca(OH) ₂ farklı kalitelerde	2500 ila 140000 (üst veya alt limit yok)	80000 – 1000000	~4000	95 – 110 Euro/ton (teslim edilen) 8000 – 45000 Euro/yıl	107500 – 130700
Reaksiyon ürününün kondisyonlandığı torbalı filtre ile kuru emme (fly stream sistemi)	Çoğunlukla HF, HCL, ve SO _x azaltımı Partikül azaltımı	Ca(OH) ₂ farklı kalitelerde (eklenen az miktarda su ile)	2500 ila 140000 (üst veya alt limit yok)	200000 – 1600000	~6500	95 – 110 Euro/ton (teslim edilen) 8000 – 45000 Euro/yıl	107500 – 130700
Islak yıkayıcı	Çoğunlukla HCl ve SO _x azaltımı	Alkali su	2500 ila 140000 (üst veya alt limit yok)	400000 – 2000000	8000'e kadar	95 – 110 Euro/ton (teslim edilen) 8000 – 45000 Euro/yıl +su	
Organik gaz bileşiklerin azaltılması							
Termoreaktörde son yakma (dış)	UOB azaltımı		10000 – 50000	180000 – 420000	500 – 4500		
Karbonizasyon gazının içten yakımı	UOB azaltımı			42000 – 300000	500 – 8000		
Not: 'Yaygın boyutlar/akış hızları' ve 'kabaca yatırım tahmini' sütunlarında aralıklar verilmiştir. Düşük değerdeki Am³/s rakamlarının Euro cinsinden verilen düşük yatırım değerlerine, yüksek Am³/s rakamlarının ise yüksek değerlere denk geldiği düşünülebilir. Aradaki artış ise doğrusal değildir; normalde işlenen Am³/s miktarı ne kadar fazlaysa Am³ başına yatırım bedeli o kadar ucuz olur. ¹⁾ Akış hızları 'asıl m³' (normal m³, standart koşulların aksine Am³) olarak verilmiştir, çünkü işlenmesi gereken asıl m³'tür.							

Tablo 4.7: Farklı azaltıcı teknikler kullanılarak toz, inorganik gaz bileşikler ve organik gaz bileşiklerin azaltılmasına yönelik masraflar

4.4 Proses atık suyu

4.4.1 Ham madde olarak kullanılan su

Su, seramik üretim sanayiinde çok önemli bir ham madde olmakla beraber, kullanım miktarı sektörler ve prosesler arasında büyük değişiklik gösterir. Seramik karışımlarına doğrudan eklenen su, daha sonra kurutma ve pişirme aşamalarında havaya buharlaştırıldığından, atık suyla ilgili sorunlara yol açmaz. Proses atık suyu genellikle üretim aşamaları esnasında kil materyallerin yıkandıktan sonra akan suda asılı kalması ile oluşur.

4.4.2 Isı değişim aracı olarak kullanılan su

Su, bu işlevini hidrolik sistemler, kompresörler ve benzerinde gerçekleştirir. Bu amaç için kullanılan su ısı eşanjörlerinde kireçlenmeyi önlemek için temiz ve sertliği az olmalıdır. Kullanılan su basit soğutma ve/veya temizleme işlemlerinin ardından kapalı devrelerde sirküle edilebilir, dolayısıyla su tüketimi buharlaştırılan su miktarı kadardır. Çoğu durumda kapalı devrelerdeki su, soğutma işlemleri için kullanılacaksa organik maddelerin korozyonu ve fermantasyonunu önlemek için kimyasal olarak şartlandırıldığı için, bu suyun üretim sürecinin atık suyu ile beraber arındırılması mümkün değildir (bu bağlamda ayrıca bkz. Endüstriyel Soğutma Sistemleri konulu BREF).

4.4.3 Yıkama maddesi olarak kullanılan su

Su, çıkış gazı yıkayıcılarında da kullanılır (ıslak baca gazı temizlik sistemleri ve ıslak toz seperatörleri). Bu sistemlerde, basit bir fiziksel işlemle (ön kimyasal işlem yapılarak veya yapılmaksızın çöktürme) artırılmış olan geri dönüştürülmüş proses atık suyu kullanılabilir ve sirküle edilebilir veya yeniden kullanılabilir.

4.4.4 Temizleme maddesi olarak kullanılan su

Tesisleri; özellikle de ham madde hazırlık ünitelerini, kalıpları ve diğer döküm ünitelerini, sırlama hatlarını, astarlama ve diğer dekorasyon ünitelerini temizlemek için su kullanılır. Temizleme işlemi, en çok su kullanılan işlemdir ve tasarruf sağlamak ve proses atık suyu oluşumunu engellemek için uygun yönetilmesi gereklidir. Suyun arıtılarak birkaç defa yeniden kullanılması ile temizlikte su tüketimi azaltılabilir.

Seramik Üretim Sanayii

4.4.5 Proses atık suyunun azaltımı konusunda amaçlar ve çözümler (emisyonlar ve tüketim)

Seramik üretim süreçlerinde ortaya çıkan suyun arıtılmasında amaç su tüketimini azaltmak ve proses atık suyu emisyonları düzeyinin minimum olmasını sağlamaktır. Bu amaçlara ulaşmak için proses optimizasyon tedbirleri ve proses atık suyu arıtma sistemleri kullanılmaktadır.

4.4.5.1 Proses optimizasyonu

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Su tüketiminin en aza indirilmesi son derece önemlidir ve bunu başarmak için aşağıdaki proses optimizasyon tedbirleri uygulanabilir:

- su devresi üzerinde, ihtiyaç duyulmadığı anlarda su sızıntılarını engelleyen otomatik vanaların kurulumu,
- fabrikada temizlik amaçlı bir yüksek basınç sisteminin (veya yüksek basınçlı temizleme ekipmanları) kurulumu,
- ıslak çıkış gazı temizleme sistemlerinden alternatif, su tüketmeyen sistemlere geçilmesi (kuru çıkış gazı temizlik sistemleri için, bkz. 4.2.3 ve 4.3.4),
- ‘yerinde’ atık sırt toplama sistemlerinin kurulumu,
- döküm bulamacı iletim borularının kurulumu,
- farklı proses aşamalarında çıkan proses atık suyu akıntılarının birbirinden ayrı olarak toplanması,
- proses atık suyu arıtmanın aynı proses aşamasında yeniden kullanılması, temizleme suyunun uygun arıtmadan sonra tekrar kullanılması.

Ortamlar arası etkiler

Sorun yoktur.

İşletim verileri

En iyi çözüm, meydana gelen proses atık suyunun aynı proses adımıyla yeniden kullanılması olacaktır. Fabrikadaki maksimum yeniden kullanılabilir proses atık suyunun miktarını belirlemek ve bu gibi çözümler geliştirmek için, proses atık suyunun olası kullanımları ile beraber, meydana gelme noktaları ve miktarlarını gösteren bir su dengesi (‘kütle akışı’) çizilebilir.

Bu bağlamda, aşağıdaki tabloda seramik sanayiinin farklı sektörlerinde elde edilmesi mümkün proses atık suyu geri dönüşüm oranları verilmiştir. Bu veriler Almanya’nın üretilen proses atık suyu bakımından sektöre özel ortalama ve ulaşılan en yüksek oranlardır [4, UBA, 2001].

Sektör	Ortalama	En yüksek oran
Duvar ve zemin karoları	% 70 – 80	%100
Ev kullanımına yönelik seramikler	mevcut değil.	% 50
Sıhhi tesisat gereçleri	% 30 – 50	% 50

Tablo 4.8: Seramik sanayiinin farklı sektörlerinde elde edilmesi mümkün proses atık suyu geri dönüşüm oranları

Farklı duvar ve zemin karosu ürünlerinde, gereken proses suyuna göre değişiklik gösteren elde edilebilecek proses atık suyu kullanım oranları bildirilmiştir; bu oranlar %10 (sırlanmamış porselen pekişmiş çiniler için) ile %70 (tek pişirimli sırlanmış karolar ve sırlanmış porselen pekişmiş çiniler için) arasındadır [6, Timellini, 2004].

Proses atık suyu geri dönüşüm ve yeniden kullanım oranları, proses optimizasyon tedbirlerinin ve 4.4.5.2. kısmında bahsedilen proses atık su arıtma sistemlerinin birlikte uygulanması ile elde edilir.

Uygulanabilirlik

Su tüketimini en aza indirmeyi amaçlayan proses optimizasyon tedbirleri, seramik sanayiinin tüm sektörlerinde uygulanabilir.

Ekonomi

Bu, duruma özel tedbir/işe bağlı olsa da, su tüketiminin en aza indirilmesi genel anlamda taze su masraflarının azalmasını sağlar.

Uygulamanın itici gücü

Proseslerin verimli bir şekilde yürütülmesi ile tasarruf sağlama.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.4.5.2 Proses atık suyu arıtma sistemleri

Bu bağlamda faydalı bilgilere Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri konulu BREF'lerden de ulaşılabilir.

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Temel atık su arıtma sistemleri aşağıdaki gibidir:

Homojenizasyon: arıtılacak suyun içeriğinin tutarlı olmasının sağlanması ve suyun içeriğindeki maddelerin çeşitliliğinden kaynaklanan problemlerin olabildiğince giderilmesi için homojenizasyon tankları kullanılır. Homojenizasyon, ürüne eklenecek katkıların ve işletim sistemlerinin tutarlılığının kontrol edilmesini kolaylaştıracağından, bu tür tankların kullanılması, sonraki işlemlerin tamamındaki verimi artırır.

Havalandırma: bu, yeterli flokülasyonu kolaylaştırmak için maddelerin yükseltgenmesi, proses atık suyunda mevcut olan organik bileşiklerin oksijenlenmesi, kokuların giderilmesi ve benzeri çeşitli amaçlar doğrultusunda su arıtımında sıkça kullanılan fiziksel bir işlemdir. Havalandırma ekipmanı olarak yüzey karıştırıcıları veya türbinler kullanılabilir.

Sedimentasyon (çöktürme): katı partiküllerin, yer çekimi yardımıyla sıvıdan kısmen ayrılmasıdır. Dikdörtgen, yuvarlak veya katmanlı şekillerde, çeşitli çöktürme tankları mevcuttur.

Filtreleme: süspansiyonu, katıları tutan ve sıvının akıp gitmesine izin veren gözenekli bir ortama yerleştirilerek askıda katı maddelerin sıvıdan ayrılması işlemi gerçekleştirilir. Seramik sanayiinde kullanılan türleri, derinlemesine filtreler, presli filtreler ve döner vakumlu filtrelerdir.

Aktif karbon absorpsiyonu: bu işlem karbonların suda bulunan organik molekülleri kuvvetli şekilde emme özelliğine dayanır. Biyobozunur olmayan organik maddelerin uzaklaştırılması için oldukça uygun bir sistemdir.

Kimyasal ayırma: çözünür olan çeşitli elementlerin, kireç gibi reaktifler kullanılmasıyla çözünmez bileşikler olarak ayrılmasıyla ortadan kaldırılması işlemidir.

Koagülasyon ve flokülasyon: işlemin amacı, koloit süspansiyonların bozulması ve partikül kümeleştirilmesi sağlamaktır; burada örneğin şap veya çoğul elektrolitler ve/veya metal tuzları ile kirecin kombinasyonu kullanılabilir.

İyon alışverişi ve ters osmoz: bu işlemler, temizleme suyunda bulunan sırdan ve uygulandığı bölümlerden gelen borun temizlenmesini sağlar. Ters osmoz, bertaraf edilecek proses atık suyunun miktarının azaltılması için de uygulanır.

Bu tedbirlerin ayrı ayrı veya birlikte uygulanması ile, proses atık suyu emisyonlarında ve su tüketiminde ciddi oranda azalma sağlanabilir (ayrıca bkz. Tablo 4.8).

Ortamlar arası etkiler

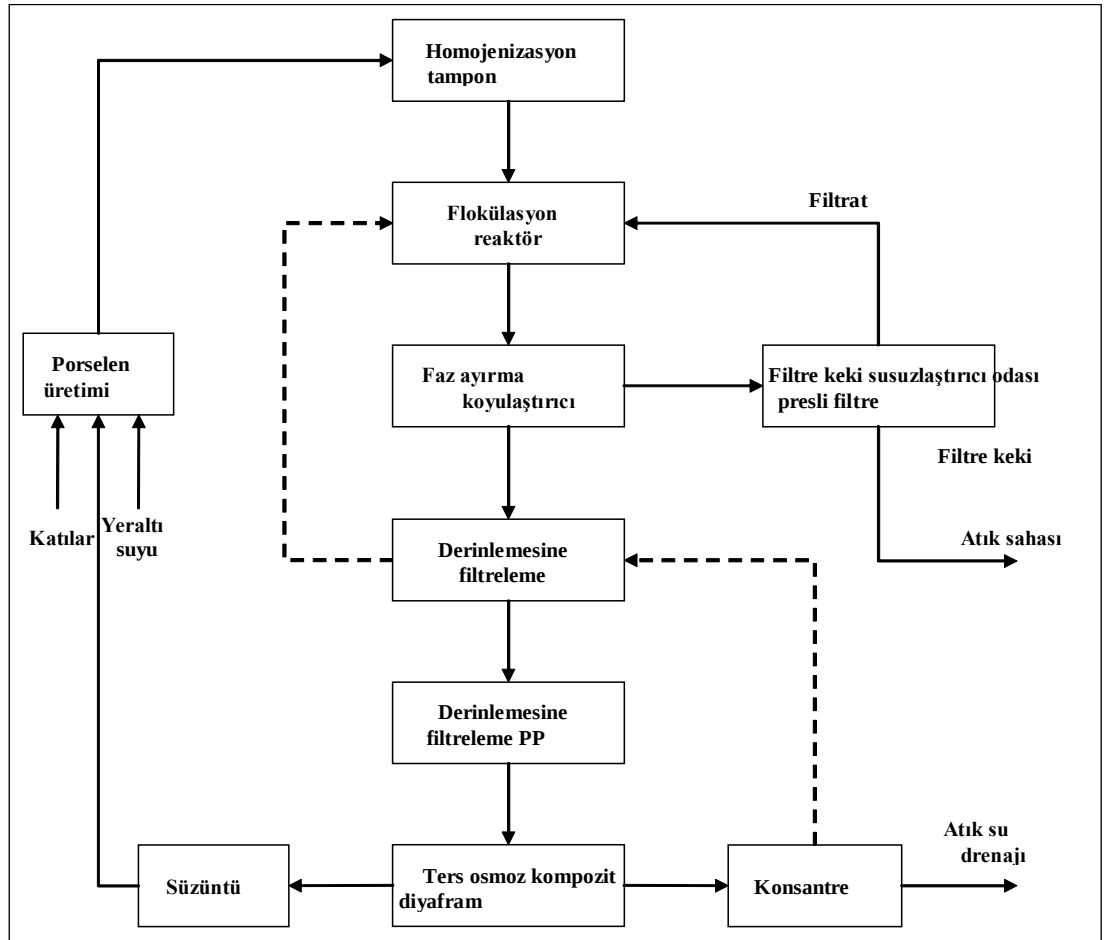
Yeniden kullanılmaları mümkün olmayan sedimantasyon/filtre kalıntılarının bertarafı sağlanmalıdır (özellikle flokülasyon, ayırma veya absorpsiyon maddeleri kullanıldıysa).

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Proses atık suyu arıtma sistemleri seramik sanayiinin her sektöründe uygulanabilir, ancak aşağıdaki durumlar dikkate alınmalıdır:

- proses atık suyu kütle hazırlama işleminde kullanılacaksa; prensipte herhangi bir arıtma gerekmez, fakat en tutarlı özelliklerde tutulduğunun sağlanması için bir homojenizasyon tankına ihtiyaç olacaktır.
- sistemlerin temizlenmesinde kullanılacaksa suyun kalitesi daha yüksek olmalıdır, yani ilk olarak çöktürme, ardından da kokuları gidermek için kimyasal arıtma yapılarak veya yapılmaksızın havalandırılması gerekmektedir.
- harici olarak bertaraf edilmesi gereken fazla proses atık suyu, normal şartlarda homojenizasyon, flokülasyon, sedimantasyon ve filtreleme işlemlerinin bir kombinasyonunu gerektirir. Ardından ise atılan proses atık suyunun miktarını azaltmak için ters osmoz uygulanır.

Aşağıdaki şekilde, bir porselen sofa gereci üreticisine ait, yukarıda bahsedilen su arıtma sistemlerinin bir kombinasyonunun kullanıldığı proses atık suyu arıtma tesisi örnek olarak gösterilmiştir [4, UBA, 2001].



Şekil 4.16: Proses atık suyu arıtma sisteminin akış diyagramı

Bu bağlamda, çeşitli proses adımlarıyla ilgili proses atık suyu analizinin gösterildiği Tablo 3.38 ile, temizlik işleminin kimyasal ayırma ile yapıldığı bir ev seramikleri fabrikasının proses atık suyu analizini gösteren Tablo 3.39'u inceleyiniz.

Ayrıca, Tablo 3.49'da bir teknik seramik (elektrik yalıtkanı) üretim sürecinde flokülasyon, yönlendirme plakalı koyultucuyla ayırma ve odalı presli filtre ile filtreleme işlemi ile temizlenen proses atık suyunun analizi; Tablo 3.50'de ise ayrıca elektrik yalıtkanı üreticisinin flokülasyon sonrası ancak filtreleme yapılmamışken proses atık suyundaki kirletici konsantrasyonları gösterilmektedir.

Ekonomi

Proses atık suyunun harici olarak bertaraf edilmesinin gerekli olduğu durumlarda, mevcut kanunlarda belirtilen sınır değerlerine uyum sağlamak için yukarıda belirtildiği gibi; sedimantasyon, kimyasal ayırma, flokülasyon ve iyon alışverişi veya ters osmoza dayalı bir son işlemden oluşan belirli adımların birlikte uygulanması gerekecektir ve bu maliyetli bir iştir.

Proses atık suyu arıtma sistemleriyle temizlenen su yeniden kullanılabiliriyorsa, temiz su masrafları azalacaktır. Proses atık suyunun geri dönüşümü/yeniden kullanımı tedbirleri ile su tüketimini en aza indirme amaçlı proses optimizasyonu tedbirlerinin birlikte uygulanması ile, bahsi geçen arıtma işlemlerinden çıkan atıkların bertaraf masraflarından tasarruf edilebilir.

Uygulamanın itici gücü

- hukuki gereklilikler,
- su ve ham madde tasarrufu.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [30, Seramik TÇG, 2005], [31, Probst, 2005]

4.5 Proses kayıpları/atıklar

4.5.1 Seramik ürünlerin üretiminde ortaya çıkan çamur

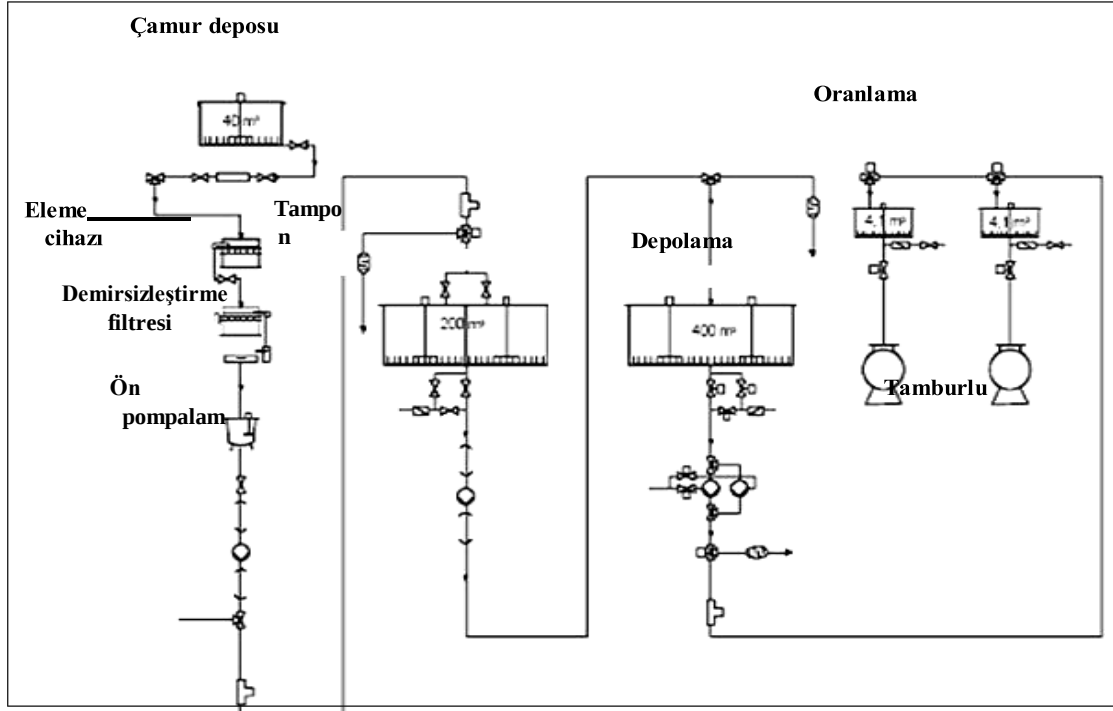
4.5.1.1 Çamur geri dönüşüm sistemleri

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Geri dönüşümde seramik materyalleri içeren sulu süspansiyonlarda ve bulamaçlardaki çamurun, örneğin duvar ve zemin karolarının üretiminde seramik kütlelerde geri kullanılması söz konusudur, ayrıca bkz. 2.3.5 ve 3.3.5.

Çamur herhangi bir arıtma gerekmeksizin doğrudan, veya yalnızca basit fiziko-kimyasal arıtma sonrası kullanılabiliriyinden, çamur geri dönüşüm sistemleri ıslak öğütme ile ham madde hazırlığının uygulandığı tesislerde kolaylıkla uygulanabilir; içerdiği suyun öğütme suyu olarak kullanılabilmesi de artı bir avantaj olacaktır. Kuru kütle hazırlığı işlemi yapılacağı durumlarda çamur eklenmesi bir sorun teşkil etmemekle beraber, çamurun önce kurutulması gerektiğinden daha karmaşık bir yönetim söz konusudur.

Aşağıdaki şekilde bir duvar ve zemin fayansı fabrikasının çamur geri dönüşüm kurulumunun şematik görüntüsü verilmiştir (ıslak proses) [4, UBA, 2001]. Çamur, çamur deposundan iki aşamalı eleme ünitesine pompalanır. Daha sonra demirsizleştirme filtresinden geçirilir ve 3 m³ kapasiteli bir ön pompa deposuna beslenir. Çamur buradan, değişimli olarak doldurulan 200 m³'lük iki adet tampon havzaya pompalanır. Çamurun özelliklerinin doğrulanması işleminden ve analizden pozitif sonuçlar alındıktan sonra çamur, 400 m³ kapasiteli ana depolama havzasına beslenir. Seramik çamuru, ana havzadan yarı otomatik olarak oranlama konteynerlerine taşınır; bu konteynerlerden ayrı harmanlar için tamburlu değirmenler beslenir.



Şekil 4.17: Çamur geri dönüşüm kurulumunun şematik görüntüsü

Bir çamur geri dönüşüm sistemi kullanılmasıyla, ham madde ve su tüketiminin yanında, çevreye salınan kirleticilerin de azaltılması sağlanabilir.

Ortamlar arası etkiler

Yeniden kullanılmak için çamurun kurutulması gerekiyorsa enerji tüketimi artacaktır. Sır hazırlanması ve uygulanması gibi bir işlemin/fabrikanın belirli bir aşamasından/kısımından gelen kirleticilerin, seramik kütle hazırlığında olduğu gibi farklı bir aşama/kısımda dahil edilmesi nedeniyle ortaya çıkabilecek muhtemel negatif etkilere dikkat edilmelidir. Gaz halindeki emisyonların ve proses atık suyunun kontrolü, bu tür negatif etkiler için uygun bir çözümdür.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Bir duvar ve zemin karoları tesisinde ortaya çıkan çamur miktarı, kuru bazda 0,09 – 0,15 kg/m² tamamlanmış üründür; bu aralık, 15 – 20 kg/m²'lik bir ürünün kütlesi için % 0,4 - 1,0'dır (kg kuru çamur/kg seramik kütle). Atık suyun arıtılmasından elde edilen çamurun tamamı seramik kütle hazırlık işleminde geri kullanılırsa, kütlenin ham maddelerine eklenecek miktar bu nedenle kuru bazda %0,4 - 1,0 civarındadır. Karoların üretilmesinde seramik kütlelere yüzde 1 - 1,5 oranında çamur eklenmesinin, genel olarak üretim esnasında ürün davranışını etkilemediği görülmüştür [10, Navarro, 1998], [32, Seramik TÇG, 2006].

Dolayısıyla hem kütle dengesi, hem de davranışta meydana gelen değişiklik bakımından çamurun ıslak öğütme işlemlerine katılması teknik olarak uygulanabilir ve proses yönetimini kolaylaştırır.

Seramik kütle hazırlık fabrikasının bağımsız bir tesis olduğu veya üretim tesisinden ayrı olduğu ıslak proseslerde, çamur yolda taşınabilir. Sulu süspansiyonlar ve çamur, tankerlerle geri taşınabilir veya boru hattıyla iletebilir.

Sır atığı içeren bir çamurun sır bileşimi olarak kullanılması, prensipte oldukça uygun bir seçenek olarak görünür. Fakat bu işlemdeki asıl sorun, şirketlerde aynı anda üretim için kullanılan sırların çeşitliliği nedeniyle çamur kompozisyonlarında zaman içerisinde meydana gelen önemli ölçüdeki heterojenliktir. Ayrıca bu çamur, tek başına sır içeriği olamaz, ancak katkı olarak düşünülebilir (örn. ergitme maddesi). Özellikle tesiste yalnızca bir veya az sayıda farklı sırların uygulandığı durumlar gibi bazı durumlarda çok iyi bir çözüm teşkil etse de, bu tür çamurun sır hazırlığında kullanılması genel bir çözüm olarak değerlendirilemez.

Bu nedenle çamurun geri kullanımı, her duruma uygulanabilir değildir. Kalite ve performansa dair özel gereksinimler mevcutsa, çamurun yeniden kullanımı yalnızca diğer ürünlerde mümkündür (bkz. 4.5.1.2).

Ekonomi

Çamurun geri dönüşümü/yeniden kullanımı bertaraf masraflarından kaçınmayı, dolayısıyla tasarrufu sağlar.

Uygulamanın itici gücü

Ham madde ve su tüketiminden tasarruf etmek ve atık oluşumunu engellemek.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [6, Timellini, 2004], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006]

4.5.1.2 Çamurun diğer ürünlerde yeniden kullanılması

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Çamur, üretildiği seramik sektörünün haricindeki diğer seramik sektörlerinde yeniden kullanılabilir, çünkü burada teknik olarak veya ekonomik olarak avantajlı çözümler mevcut olabilir. Örneğin, ev kullanımına yönelik seramiklerin veya sıhhi tesisat gereçlerinin üretiminde ortaya çıkan çamur, geliştirilmiş kil agregaların üretimi için kil yapımında ham madde/katkı girdisi olarak kullanılabilir.

Bu bir yandan atıkların önlenmesini, diğer yandan ise ham madde tasarruflarını sağlar.

Ortamlar arası etkiler

Yeniden kullanılmak için çamurun kurutulması gerekiyorsa enerji tüketimi artacaktır. Sır hazırlanması ve uygulanması gibi bir işlemin/fabrikanın/sanayinin belirli bir aşamasından/kısmından/sektörden gelen kirleticilerin, tuğla fabrikalarının kütle hazırlığında olduğu gibi farklı bir aşama/kısma/sektöre dahil edilmesi nedeniyle ortaya çıkabilecek muhtemel negatif etkilere dikkat edilmelidir. Gaz halindeki emisyonların ve proses atık suyunun kontrolü, bu tür negatif etkiler için uygun bir çözümdür.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Çamur, inşaat malzemelerinin üretiminde yeniden kullanılacaksa, çamurun bir parçası olan sırların erime sıcaklıkları ve ergitme özellikleri dikkate alınmalıdır, zira bu durum ürün özelliklerini etkileyebilir.

Ekonomi ve uygulamanın itici gücü

Ham madde ve bertaraf masraflarından tasarruf ederek finansal tasarruf sağlamak.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

[3, CERAME-UNIE, 2003], [13, SYKE, 2004], [22, SYKE, 2004], [23, Seramik TÇG, 2005]

4.5.2 Katı proses kayıpları/katı atıklar

Bu kısımda, seramik ürünlerinin imalatının bazı aşamaları sırasında meydana gelen katı atıkların azaltılmasına yönelik imkanlardan bahsedilmektedir. Uygulanmakta olan kurulumlar/tekniklerden katı proses atıkları ortaya çıkaranlar, bu belgede tartışılmıştır. Örneğin 2. ve 4. bölümlerde toz azaltma tekniklerinden bahsedilmiştir.

4.5.2.1 Katı proses kayıplarının ham madde olarak yeniden kullanılmasına ilişkin genel hususlar

Ham maddelerin yükleme, boşaltma, iletme, mekanik taşıma ve işleme süreçlerinde toplanan toz, normal şartlarda ham madde olarak yeniden kullanılabilir. Örneğin ham maddelerin depolanmasında, filtredeki herhangi bir toz doğrudan üretime veya silo üst filtresi ile lokal hava temizliği yapıyorsa siloya geri beslenebilir. Bununla beraber, merkezi toz alma birimleri çalıştırılıyorsa, farklı ham maddelerin karışması nedeniyle doğrudan besleme mümkün olmayabilir.

Ayrıca, pişirmeden önce meydana gelen proses kayıpları da normalde ham madde karışımına eklenerek yeniden kullanılabilir. Kesilen parçalar, kullanılmış alçı kalıplar ve toz, şekillendirme işleminden ortaya çıkan başlıca proses kayıplarıdır. Presten kesilen parçalar genellikle presleme masasından aşağı atılarak presin altında toplanır ve doğrudan presin materyal deposuna geri beslenir. Toz veya kesik parçalar da genellikle harman bileşenleri olarak döküm bulamacına veya pekişmiş çini kütlelerine geri beslenir. Kullanılmış alçı kalıplar, çimento sanayiinde veya parçalanıp öğütüldükten sonra kısmen gübre sanayiinde yeniden değerlendirilebilir.

Baca gazı temizleme sisteminden gelen toz, yüksek oranda kükürt ve flor konsantrasyonuna sahip olabileceğinden, yalnızca belirli koşullar altında yeniden kullanılabilir. Ham madde karışımına eklendiğinde bu toz pişirme sırasında HF ve SO_x emisyonlarının artmasına neden olabilir. Ayrıca, baca gazı temizlik sisteminden gelen toz, örneğin kireç içeren bir adsorpsiyon sistemi kullanılıyorsa kireç gibi adsorban partikülleri içerebilir ve ürünün özellikleri bundan etkilenir. Bu nedenle, çeşitli çıkış gazı akımlarının ayrı ayrı iletilmesi, tozlu proses atıklarından en iyi şekilde yararlanmayı kolaylaştırır. Genleştirilmiş kil agregaların üretiminde toz çoğunlukla geri dönüştürülebilir.

Özellikle genleştirilmiş kil agregalar ve tuğla ve çatı kiremitleri sanayilerinde baca gazı temizliğinde ortaya çıkan jips, proste yeniden kullanılamaz; ancak çimento sanayiinde bir sertleşme düzenleyicisi olarak kullanılır. Tesiste geri dönüştürülmesi mümkün olmayan materyaller, diğer sanayilerde kullanılmak veya harici atık geri dönüşüm veya su tahliyesi tesislerine gönderilmek üzere tesisi terk eder.

Fırınlarda içinde bulunan refrakter materyallerden kırılan parçalar ile beraber, satışa uygun olmayan pişirilmiş ürünler (kırık ürünler) ve kırık pişirme yardımcıları da öğütüldükten sonra bazı durumlarda ham madde olarak yeniden kullanılabilir. Proseste yeniden kullanılamayacak kırık materyaller, bazen diğer sanayilerde ham madde girdisi olarak kullanılabilir; örneğin kırılmış inorganik bağlayıcı aşındırıcı tekerlekler, çelik üretim fırınlarında refrakter ürün olarak veya yol yapımında dolgu olarak kullanılabilir. Kırık tuğlalar, örneğin eko çatılar ve tenis kortları için substrat olarak veya özel betonlar için agrega olarak kullanılabilir.

Katı atık sahalarına atık bertarafı ile kıyaslandığında, katı proses atıkları:

- kullanılan ham maddelerin azaltılmasını,
- çevreye salınan kirleticilerin azaltılmasını,
- ve yeniden kullanılan katı proses atıkları ile bertaraf ve bazı ham madde masraflarının önüne geçilmesini beraberinde getirir.

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorch, 2005]

4.5.2.2 Alçı kalıplar, pişirme yardımcıları ve kırık parçalara ilişkin genel hususlar – kaçınma/yenileme/azaltma

Şekillendirme işlemlerinde modern tekniklerin uygulanması, atıkların önlenmesinde önemli bir potansiyel sunar. Alçı kalıba döküm gibi işlemler yerine polimer kalıplara basınçlı döküm üniteleri kullanılabilir. Bu yöntemle alçı kalıpların kullanımının önüne geçilir, %20'ye kadar ham madde tasarrufu elde edilebilir ve beyaz çamur oluşumu azaltılır. Polimer kalıplı izostatik preslerin kullanımı da alçı kalıp ihtiyacını ortadan kaldırır. Bazı sektörlerde, örneğin çatı kiremitlerinin üretiminde, açık alçı kalıplar yerine kapalı metal kalıpların kullanımı mümkündür. Fakat alçı kalıpların bunlarla değiştirilmesi, yalnızca yeni bir döküm ünitesi kurulduysa veya eskisi tamamen yenilendiyse mümkündür, bunlar pahalı işlemlerdir ve özellikle düşük hacimli işletmelerde yapılması zordur. Bazı durumlarda, alçı kalıplarda keskin kenarların oluşmasıyla bazı kalite problemleri ortaya çıkabilir. Ayrıca metal kalıplarda kalıplama süresi boyunca kildeki suyun kalıba işleme oranı, alçı kalıplara oranla çok daha düşüktür.

Kullanılan alçı kalıpların miktarı, kullanım ömürlerinin uzatılması yoluyla da azaltılabilir. Otomatik alçı karıştırıcıların ve vakumlu alçı karıştırıcıların işletimi, daha sert alçı kalıpların üretilmesini mümkün hale getirir, bu da kalıpların kullanım ömrünün iki ila üç kat daha uzun olduğu anlamına gelir. Fakat, örneğin kil çatı kiremitlerinin ıslak preslenmesinde alçının sertliğinin artırılması genellikle mümkün değildir. Su çıkarma ile aşınmaya dayanıklılık gereksinimlerine uyum sağlamak için gözeneklilik ile yüzey sertliği arasında optimum bir nokta bulunması gerekir.

Pişirme sürecinde, modern teknikler kullanılarak israfların doğrudan önlenmesi için tedbirler de mevcuttur. Örneğin kapsüllü veya raflı fırınla pişirme yerine roller fırınlar gibi hızlı pişirme sistemleri kullanıldığında, (kullanılan) pişirme yardımcılarının miktarı azaltılabilir; ancak bu bağlamda pişirme yardımcılarının kullanım ömrü sıcaklığa (ki sıcaklık roller fırınlarda daha yüksektir) ve taşımaya (bu da pişirme süresi daha kısa olduğundan hızlı pişirmede daha sıktır) bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Ayrıca hızlı pişirme, kompleks şekiller söz konusu olduğunda reddedilen seramik ürünlerin, örneğin karoların, sayısını artırır; zira aslen düz ürünlerin üretimine uygun olduğundan her durumda uygulanabilir değildir.

Pişirmeden kaynaklanan kırık ürünlerin oranı, pişirme eğrisinin elektronik olarak kesin kontrolü ve ortamın optimizasyonu yoluyla azaltılabilir. [4, UBA, 2001], [23, Seramik TÇG, 2005].

4.6 Gürültüye ilişkin genel hususlar

Bu kısımda, seramik ürün imalatının bazı aşamaları sırasında meydana gelen gürültünün azaltılmasına yönelik fırsatlardan bahsedilmektedir. Gürültü üreten bazı kurulumlar/tekniklerden belgede bahsedilmiştir, ancak diğer yandan gürültünün birçok boyutu sektöre özel değildir.

Tedbirlerin gürültünün kaynağında doğrudan olarak uygulanmasıyla ses emisyonlarının azaltılması sağlanabilir. Temel gürültü kaynaklarına örnek olarak pnömatik filtre temizleme sistemleri, kompresörler, hazırlık ünitelerinin motorları ve taşıma birimleri verilebilir. Gürültüden koruma, gürültülü birimin etrafının çevrilmesi veya gürültü yalıtımlı duvarların inşasıyla gerçekleştirilebilir. Çift duvarlar veya çift kabuklu inşaatla koruma oldukça etkilidir, çünkü birinci ve ikinci duvar arasında kalan hava da daha yüksek bir gürültü koruma düzeyi temin eder.

Çeşitli sistemlerden (örneğin presler, kırma ve karıştırma tesisatları) çıkan vibrasyon ve gürültünün yukarıda bahsedilen yöntemlerle verimli olarak azaltılması mümkün değildir; dolayısıyla vibrasyon ve gürültü transferi vibrasyon yalıtımıyla engellenmelidir. Metal süspansiyonlar, lastik-metal bağlantılar ve keçe, lastik, mantardan yapılan bileşenler ile yalıtım veya tüm alanın bir bitümen katmanı ile vibrasyon yalıtımının sağlanması veya ayrı motor sehpaları kullanılması vibrasyon ve gürültünün azaltılmasında etkili tedbirlerdir. Ünitelerdeki gürültü emisyonlarını azaltmada diğer tedbirler gürültü kaynağında susturucuların kullanılması ve hızlı dönen fanların daha yavaş dönen büyük fanlarla değiştirilmesidir.

Yukarıda bahsedilen gürültüden korunma tedbirleri uygulanamıyorsa ve gürültülü ünitelerin binanın içine taşınması mümkün değilse, ikincil tedbirlerin (genellikle binanın kendisinde) uygulanması gerekir. Bunlar, daha kalın duvarlar ve gürültülü faaliyetler sırasında kapalı tutulmak kaydıyla pencerelerin yalıtımı (çok camlı pencereler; aynı zamanda ısı maliyetlerinde de tasarrufa yardımcıdır) ile sağlanabilir. Bu bağlamda belirtmesi gereken bir nokta, pencerelerin kapalı tutulması gerekliliğinin iş yeri koşulları nedeniyle havalandırma sistemlerinin kurulumuyla (pahalı ve enerji tüketen sistemler) sonuçlanacağıdır. Ayrıca pencerelerin, kapıların ve gürültülü dış mekan kurulumlarının tesisin komşusu olan mesken alanlarından uzağa taşınması da bir olasılıktır.

Çalışanların faaliyet biçimlerinin de gürültü emisyonları üzerinde etkisi vardır. Sürekli giriş çıkış trafiği gerekli değilse kapılar kapalı tutulmalıdır ve sahada kamyon ve forkliftlerin dikkatli kullanımı da gürültü emisyonlarının azaltılmasını sağlar. Bunların ötesinde, gürültü yoğunluğu fazla olan işler, örneğin kırık cisimlerin boşaltılması zaman kısıtlanmalı olmalıdır ve akşam saatlerinde açık hava forklift trafiği önlenmelidir. Ayrıca, ünitelerin yağlanması ve susturucuların zamanı geldiğinde değiştirilmesi de gürültünün azaltılmasına yardımcı olur. [4, UBA, 2001].

Normal şartlarda, gürültüden korunmanın arkasındaki itici güç hukuki bir gereklilik (çevrenin veya işyerinin korunması) olduğundan, ekonomik bir bakış açısından, özellikle işin içinde inşaat tedbirleri varsa, maliyet söz konusu olacaktır.

4.7 Çevre yönetimi araçları

Açıklama

En iyi çevresel performans, en iyi teknolojilerin kurulumu ve bunların en verimli ve etkili şekilde kullanılmasıyla elde edilir. Bu durum, IPPC Direktifinin ‘teknikler’ tanımında da “*hem kullanılan teknolojiyi, hem de tesisin tasarımının, inşasının, bakımının, işletiminin ve hizmet dışı bırakılmasının nasıl gerçekleştirildiğini içerir*” şeklinde ifade edilmektedir.

IPPC tesisleri için, Çevresel Yönetim Sistemi (ÇYS) işletmecilerin tasarım, inşaat, bakım, işletme ve işletmeden çıkarma hususlarında sistematik ve gösterilebilir bir şekilde kullanabilecekleri bir araçtır. ÇYS’de çevre politikasını geliştirmek, uygulamak, sürdürmek, gözden geçirmek ve izlemeye yönelik bir kurumsal yapı, sorumluluklar, uygulamalar, prosedürler, süreçler ve kaynaklar söz konusudur. Çevre Yönetim Sistemlerinin en etkili ve verimli olduğu hali, tesisin genel yönetimi ve işletiminin bir parçası olduklarıdır.

Avrupa Birliği’nde, birçok kuruluş EN ISO 14001:2004 veya Eko-yönetim ve denetim programı EMAS temelindeki çevre yönetim sistemlerini gönüllülük esasına dayanarak uygulama kararı almıştır. EMAS, EN ISO 14001’in yönetim sistemi gerekliliklerini içermekle beraber; hukuki uyum, çevre performansı ve çalışanların katılımına özel önem verir; aynı zamanda yönetim sisteminin dışarıdan doğrulanmasını ve kamusal bir çevre bildirisinin onaylanmasını (EN ISO 14001’de tesisin kendi beyanı harici doğrulamanın alternatifidir) gerektirir. Standardize olmayan ÇYS’leri uygulama kararı almış olan birçok kuruluş da mevcuttur.

Hem standardize (EN ISO 14001:2004 ve EMAS) edilmiş, hem de standardize olmayan (“özeleştirilmiş”) sistemler, prensipte *kuruluşu* tüzel kişi olarak kabul etseler de, IPPC Direktifi uyarınca düzenlemeye tabi olan varlığın *tesis* olması nedeniyle (2. Maddede belirtildiği üzere) bu belgede daha dar bir yaklaşım benimsenmiş ve kuruluşun, örneğin ürün ve servislerine ilişkin, tüm faaliyetleri dahil edilmemiştir.

Bir IPPC tesisinde uygulanacak çevre yönetim sistemi (ÇYS) aşağıdaki bileşenleri içerebilir:

- (a) çevre politikasının tanımı,
- (b) amaç ve hedeflerin planlanması ve belirlenmesi,
- (c) prosedürlerin uygulanması ve işletimi,
- (d) kontrol ve düzeltici eylem,
- (e) yönetimin incelemesi,
- (f) düzenli olarak çevre bildirisi hazırlama,
- (g) sertifikalandırma kurumu veya harici bir ÇYS doğrulayıcısının onayı,
- (h) boru sonu fabrika kapatılması için tasarımsal hususlar,
- (i) daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi,
- (j) karşılaştırmalı değerlendirme.

Bu özellikler aşağıda olabildiğince detaylı olarak açıklanmıştır. Tamamı EMAS dahilinde olan (a)’dan (g)’ye kadar olan bileşenler konusunda daha detaylı bilgi için, okuyucu aşağıda belirtilen referans literatüre yönlendirilmektedir.

(a) Çevre politikasının tanımı

Üst yönetim, tesis için aşağıdakileri sağlayan bir çevre politikası tanımlanmasından sorumludur:

- faaliyetlerin özelliklerine, ölçeğine ve çevresel etkilerine uygun olması,
- kirlilik önleme ve kontrolü taahhüdü içermesi,
- ilgili tüm çevresel mevzuat ve tüzüklere ve kuruluşun kabul etmiş olduğu diğer gerekliliklerin tamamına uyacağını taahhüt etmesi,
- çevresel amaç ve hedefleri belirleme ve gözden geçirme çerçevesine sahip olması,
- belgelenmesi ve tüm çalışanlara ulaştırılması,
- kamuya ve ilgili tarafların tümüne açık olması.

(b) Planlama, yani:

- çevre üzerinde önemli etkileri olan veya olabilecek faaliyetleri belirlemek için tesisin çevresel boyutlarını tespit etmeye ve bu bilgileri güncel tutmaya yönelik prosedürler,
- tesisin kabul etmiş olduğu ve faaliyetlerinin çevresel boyutuna uygulanabilir olan hukuki ve diğer gereklilikleri tespit etmeye ve bunlara erişim sağlamaya yönelik prosedürler,
- belgelenen çevresel amaç ve hedefleri, hukuki ve diğer gereklilikleri ve ilgili tarafların görüşlerini dikkate alarak oluşturmak ve gözden geçirmek,
- amaç ve hedeflere, ilgili her bir işlev ve düzeyde ulaşılabilmesi için sorumluluk dağılımı ile beraber, bunlara ulaşılmasına dair zaman çizelgesini ve araçları da içerecek şekilde, çevre yönetim programı oluşturmak ve düzenli olarak güncellemek.

(c) Prosedürlerin uygulanması ve işletimi

Prosedürlerin bilindiğinden, anlaşıldığından ve bunlara uyum sağlandığından emin olmak için uygulanan sistemler olması önemlidir; dolayısıyla etkili çevre yönetimi şunları içerir:

(i) Yapı ve sorumluluk

- belirli bir yönetim temsilcisi atamayı da içerecek şekilde; rollerin, sorumlulukların ve yetkililerin tanımlanması, belgelenmesi ve bildirilmesi,
- insan kaynakları ve özel yetenekler, teknoloji ve finansal kaynaklar gibi, çevre yönetim sisteminin uygulanması ve kontrolü için temel öneme sahip kaynakların sağlanması.

(ii) Eğitim, farkındalık ve yetkinlik

- faaliyetlerin çevresel etkileri üzerinde ciddi öneme sahip olan işleri yapan personelin uygun eğitimi aldığından emin olmak için eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi.

(iii) İletişim

- tesisin çeşitli düzeyleri ve işlevleri arasındaki iç iletişimi sağlayan prosedürler ile, dışarıdaki ilgili taraflarla diyalog oluşturulmasına ve yine bunlarla ilgili alım, belgeleme ve gerektiğinde yanıt vermeye dair prosedürlerin belirlenmesi ve sürdürülmesi.

(iv) Çalışan katılımı

- yüksek düzeyde bir çevre performansı elde etmek amacıyla, öneri sistemleri veya proje bazlı grup çalışmaları ya da çevre komiteleri gibi, uygun şekillerdeki katılımlarının sağlanması yoluyla çalışanların sürece dahil edilmesi.

(v) Belgeleme

- yönetim sisteminin temel unsurlarını ve bunların etkileşimlerinin açıklanması ve ilgili belgelere ilişkin kılavuz görevi görmesi amacıyla bilgilerin basılı veya elektronik formatta toplanması ve güncellenerek korunması.

(vi) Verimli proses kontrolü

- hazırlık, başlama, rutin işletim, kapanış ve anormal koşullardan oluşmak üzere her işletim modu için, proseslerin yeterli kontrolünün sağlanması,
- temel performans gösterge ve yöntemlerinin ölçümü ve kontrolü için bu parametrelerin belirlenmesi (örn. akış, basınç, sıcaklık, kompozisyon, miktar),
- altında yatan sebepleri tespit etmek için anormal işletim koşullarını belgeleme ve analiz etme, daha sonra tekrarlanmayacaklarından emin olmak için bunları çözüme kavuşturma (bu, nedenlerin belirlenmesinin bireyleri suçlamadan daha önemli kabul edildiği ‘kimseyi suçlamama’ kültürünün benimsenmesiyle kolaylaştırılabilir).

(vii) Bakım programı

- ekipmanın, normların teknik tanımlarına veya ekipman hatalarına ve bunların sonuçlarına dayanarak yapısal bir bakım programı oluşturma,
- uygun kayıt tutma sistemleri ve teşhis sistemleri ile bakım programını destekleme,
- bakımın planlanması ve icrası sorumluluğunu açık bir şekilde tahsis etme.

(viii) Acil duruma hazırlık ve müdahale

- kazalar ve acil durumların potansiyelini ve bunlara müdahaleyi ve bunlarla ilişkili olabilecek çevresel etkilerin önlenmesi ve azaltılması için gerekli prosedürleri tanımlama ve sürdürme.

(d) Kontrol ve düzeltici eylem, yani:

(i) İzleme ve ölçüm

- performans takibine dair bilgi takibi belgeleri, ilgili işletim kontrolleri ve tesisin çevresel amaç ve hedeflerine uyumu gibi, çevre üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecek faaliyetler ve işlemlerin temel özelliklerini düzenli aralıklarla izlemek ve ölçmek için gerekli, belgelenen prosedürlerin belirlenmesi ve sürdürülmesi (*ayrıca bkz. Emisyonların İzlenmesi konulu Referans Belgesi*),
- ilgili çevresel mevzuat ve tüzüklere uyum gösterildiğinin periyodik olarak değerlendirilmesine dair prosedürlerin belirlenmesi ve sürdürülmesi.

(ii) Düzeltici ve önleyici eylem

- amaçlar ve hedeflerin yanı sıra, izin koşulları ve diğer hukuki gerekliliklere uyum sağlanmaması halinde, meydana gelen etkilerin azaltılması için harekete geçerek sorumluluk ve yetki usulleri ile; problemin büyüklüğüne uygun ve meydana gelen çevresel etki doğrultusunda, düzeltici ve önleyici eylemi başlatmaya ve tamamlamaya yönelik usulleri tanımlama ve sürdürme.

(iii) Kayıtlar

- eğitim kayıtları ile denetim ve incelemelerin sonuçları dahil olmak üzere; okunaklı, teşhis ve takip edilebilir çevresel kayıtların teşhisi, korunması ve tahsisine ilişkin prosedürlerin belirlenmesi ve sürdürülmesi.

(iv) Denetim

- çevre yönetim sisteminin planlanan düzenlemelere uygun olup olmadığını ve düzgün şekilde uygulanıp uygulanmadığını belirlemek amacıyla; personelle görüşmeler, işletim koşullarının ve ekipmanın denetimi, kayıt ve belgelerin incelenmesinden oluşan ve sonucunda tarafsız ve objektif olarak çalışanlar (iç denetim) veya dış taraflar (dış denetim) tarafından etüdün kapsamını, sıklığını ve metodolojileri, ayrıca denetim yürütme ve sonuçlarını bildirmeye ilişkin sorumluluk ve gerekliliklerinin kapsandığı yazılı bir rapor hazırlanan çevre yönetim denetimleri için, bir veya birden fazla program ve prosedürler oluşturmak.
- denetimi veya denetim çevrimini; faaliyetlerin özelliklerine, ölçeklerine ve karmaşıklıklarına, ilgili çevresel etkilerinin büyüklüğüne, geçmiş denetimlerde tespit edilen sorunların önemine ve aciliyetine ve çevresel sorun geçmişine uygun şekilde, üç yılı geçmeyecek aralıklarda tamamlamak; daha büyük çevresel etkilere sahip karmaşık faaliyetler daha sık aralıklarla denetime tabi tutulur.
- denetim sonuçlarının takip edildiğinden emin olmayı sağlayan uygun mekanizmalara sahip olmak.

(v) Hukuki uygunluğun periyodik değerlendirmesi

- mevcut çevresel mevzuata ve tesisin sahip olduğu çevresel izinlerin koşullarına uygunluğu gözden geçirmek,
- değerlendirmenin belgelendirilmesi.

(e) yönetimin incelemesi, yani:

- üst yönetim tarafından, kendi belirlediği aralıklarda ve çevre yönetim sisteminin uygunluğu, yeterliliği ve etkililiğinden emin olmak amacıyla gerçekleştirilen gözden geçirme,
- üst yönetimin değerlendirmesini gerçekleştirebilmesi için gerekli bilgilerin toplandığından emin olma,
- incelemenin belgelendirilmesi.

(f) Düzenli olarak çevre bildirisi hazırlama:

- özellikle tesisin çevresel amaç ve hedefleri doğrultusunda ulaştığı sonuçlara odaklanan bir çevre bildirisi hazırlama. Bu bildiri, emisyon veya atık üretimi gibi faktörlerin önemine bağlı olarak, bir yıl ile daha uzun süreler arasında değişiklik göstermek üzere, düzenli aralıklarla hazırlanır. İlgili tarafların bilgi ihtiyaçlarını göz önünde bulundurur ve kamuya açıktır (örn. elektronik yayın, kütüphaneler, vb.).

Bildiri hazırlanırken, işletmeci ilgili mevcut çevresel performans göstergelerini kullanabilir, ancak seçilen göstergelerin:

- i. tesisin performansının doğru bir değerlendirmesini sunması,
- ii. anlaşılabilir ve kesin olması,
- iii. tesisin çevresel performansının gelişiminin değerlendirilebilmesi için yıllara göre karşılaştırmayı mümkün kılması,
- iv. sektör, ulusal ve bölgesel referanslarla uygun karşılaştırmaları mümkün kılması,
- v. düzenleyici gerekliliklerle uygun karşılaştırmaları mümkün kılması gerekir.

(g) sertifikalandırma kurumu veya harici bir ÇYS doğrulayıcısının onayı:

- yönetim sistemi, denetim prosedürü ve çevre bildirisinin akredite bir sertifikasyon kurumu veya harici bir ÇYS doğrulayıcısı tarafından incelenmesi ve doğrulanması, düzgün biçimde uygulandığı takdirde sistemin itibarını artırabilir.

(h) Boru sonu fabrika kapatılması için tasarımsal hususlar

- ileri görüşlülük mevcut tesisin kapatılmasını daha kolay, temiz ve ucuz hale getireceğinden; yeni bir fabrika tasarlama aşamasında birimin nihayetinde kapandığı zaman meydana gelecek çevresel etkilerin göz önüne alınması,
- tesisin kapatılması, arazi (ve yeraltı suları) için kontaminasyon riski teşkil eder ve büyük miktarlarda katı atık üretimine sebep olur. Önleyici teknikler prosese özeldir, ancak genel noktalardan bazıları:
 - i. yeraltı yapılanmalarından kaçınmak,
 - ii. parçaların sökülmesini kolaylaştıran özelliklere yer vermek,
 - iii. kolayca kirden arındırılacak bitişli yüzeyler tercih etmek,
 - iv. içeride kalan kimyasalları en aza indiren ve giderden akmayı veya yıkamayı kolaylaştıran bir ekipman konfigürasyonu kullanmak,
 - v. fazlı kapanması mümkün olan, kendi kendine yeterli ve esnek birimler tasarlamak,
 - vi. mümkün olduğu takdirde biyobozunur ve geri dönüştürülebilir materyaller kullanmaktır.

(i) Daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi:

- tasarımın olabildiğince erken aşamalarında dahil edilen teknolojilerin hem daha etkin, hem de daha ucuz olması sebebiyle, çevresel koruma işletmecinin yürüttüğü tüm proses tasarım faaliyetlerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi konusunun değerlendirilmesi, örneğin Ar-Ge faaliyetleri veya çalışmalarla gerçekleştirilebilir. İç faaliyetlere alternatif olarak, ilgili alanda aktif olan diğer işletmecilerden veya araştırma enstitülerinden haberdar olunması ya da uygun olduğu durumlarda bunların devreye alınması için düzenlemeler yapılabilir.

(j) Karşılaştırmalı değerlendirme, yani:

- enerji verimliliği ve enerji koruma faaliyetleri, seçilen girdi materyalleri, havaya emisyonlar ve suya boşaltılan atıklar (örneğin Avrupa Kirletic Emisyonu Kayıtları EPER kullanılarak), su tüketimi ve atık üretimi gibi konularda sektör, ulusal veya bölgesel referanslar ile sistematik ve düzenli karşılaştırmalar yürütmek.

Standardize ve standardize olmayan ÇYS'ler:

ÇYS, standardize veya standardize olmayan ("özelleştirilmiş") şekilde olabilir. EN ISO 14001:2004 gibi uluslararası alanda kabul gören standardize bir sistemin kabul edilmesi ve buna bağlı kalınması, özellikle düzgün yürütülen bir dış doğrulamaya tabi tutulduğunda ÇYS'nin itibarını yükseltebilir. EMAS, çevre bildirisi ile kamuya etkileşimi ve mevcut çevresel mevzuata uyumu temin eden mekanizması nedeniyle tesise ilave bir güven duyulmasını sağlar. Fakat standardize olmayan sistemler de, doğru bir şekilde tasarlanmaları ve uygulanmaları halinde eşit derecede etkili olabilirler.

Elde edilen çevresel faydalar

Bir ÇYS'nin uygulanması ve buna bağlı kalınması, işletmecinin tüm dikkatini tesisin çevresel performansına vermesini sağlar. Özellikle hem normal hem de anormal durumlar için açık işletim prosedürlerinin ve bunlarla ilişkili sorumlulukların korunması ve bunlara uyum sağlanması, tesisin izin koşullarını ve diğer çevresel amaç ve hedeflerine daima ulaşmasını sağlayacaktır.

Çevre yönetim sistemleri tipik olarak tesisin çevre performansının sürekli olarak geliştirilmesine yöneliktir. Başlangıç noktası ne kadar zayıf ise, kısa vadede o kadar önemli sonuçlar beklenebilir. Tesisin çevre performansı halihazırda zaten iyiye; sistem, işletmecinin yüksek performans düzeyini korumasına yardımcı olur.

Ortamlar arası etkiler

Çevre yönetimi teknikleri, IPPC Direktifinin bütünleşik yaklaşımı ile tutarlı bir şekilde, genel çevresel etkilere değinmek üzere tasarlanmıştır.

İşletim verileri

Spesifik bilgi verilmemiştir.

Uygulanabilirlik

Yukarıda açıklanan bileşenler, genel olarak tüm IPPC tesislerine uygulanabilir. ÇYS'nin kapsamı (örn. detay düzeyi) ve özelliği (standardize edilmiş veya edilmemiş türde olması) genellikle tesisin özellikleri, ölçeği ve karmaşıklığı ve muhtemel çevresel etkileri ile ilişkilendirilebilir.

Ekonomi

İyi bir ÇYS'nin uygulamaya koyulması ve sürdürülmesinin masraflarının ve ekonomik getirilerinin tam olarak belirlenmesi zordur. Aşağıda birtakım çalışmalar sunulmuştur. Ancak bunlar yalnızca örnektir ve sonuçları tamamen tutarlı değildir. AB'nin tüm sektörlerini temsil etmeyebilirler ve dolayısıyla dikkatle incelenmelidirler.

1999 yılında İsveç'te gerçekleştirilen bir araştırmada, İsveç'teki ISO sertifikalı ve EMAS kayıtlı 360 şirketin tamamına bir anket yapılmıştır. Yüzde 50'nin üzerindeki cevap oranıyla, diğer hususların yanında şu sonuçlara varılmıştır:

- ÇYS'yi yürürlüğe koyma ve işletme maliyetleri yüksektir fakat çok küçük şirketler haricinde makul ölçüdedir. Harcamaların gelecekte azalması beklenmektedir.
- ÇYS ile diğer yönetim sistemlerinin yüksek düzeyli koordinasyonu ve entegrasyonu, masrafların azaltılması için muhtemel bir yol olarak görülmektedir.
- çevresel amaç ve hedeflerin yarısı, tasarruflar ve/veya artan gelirler ile bir yıl içerisinde kar getirmektedir.
- en yüksek tasarruflar enerji, atıkların işlenmesi ve ham madde harcamalarının azalması ile elde edilmiştir.
- şirketlerin büyük bir bölümü, piyasadaki konumlarının ÇYS ile güçlendiğini düşünmektedir. Şirketlerin üçte biri, ÇYS'nin gelirlerinin arttığını bildirmiştir.

Bazı Üye Devletlerde tesisin sertifikalı olması halinde daha az denetim ücreti alınmaktadır.

Birtakım araştırmalar¹ şirketin büyüklüğü ile ÇYS uygulama maliyetinin ters orantılı olduğunu göstermektedir. Benzer bir ters orantı, kar getirme süresi ve sermaye yatırımı arasında da mevcuttur. Her iki unsur da, KOBİ'lerde ÇYS uygulanmasının fayda maliyet ilişkisinin büyük şirketlere göre daha elverişsiz olduğuna işaret etmektedir.

İsviçre'deki bir araştırmaya göre, ISO 14001'e uygun inşaat ve işletimin ortalama maliyeti değişiklik gösterebilir:

- 1-49 çalışan olan şirketler için: ÇYS kurmak için 64000 İsviçre Frangı (44000 Euro) ve işletmek için yıllık 16000 İsviçre Frangı (11000 Euro)
- 250'den fazla çalışana sahip endüstriyel sahalar için: ÇYS kurmak için 367000 İsviçre Frangı (252000 Euro) ve işletmek için yıllık 155000 İsviçre Frangı (106000 Euro).

¹ Örn. Klemisch H. ve R. Holger, *Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren Unternehmen – Befunde bisheriger Umsetzung*, KNI Belgeleri 01/02, Ocak 2002, s 15'te alıntılanan Dyllick ve Hamschmidt (2000, 73); Clausen J., M. Keil ve M. Jungwirth, *The State of EMAS in the EU. Eco-Management as a Tool for Sustainable Development – Literature Study*, Ekolojik Ekonomi Araştırma Enstitüsü (Berlin) ve Uluslararası ve Avrupa Çevre Politikası Enstitüsü (Berlin), 2002, s 15.

4. Bölüm

Bu ortalama rakamlar, belirli bir endüstriyel saha için gerçek masrafları temsil etmeyebilir, zira gerçek masraflar aynı zamanda bazı önemli hususlara (kirleticiler, enerji tüketimi, vb) ve araştırılacak problemlerin karmaşıklık düzeyine de bağlıdır.

Yakın zamanda Almanya’da yapılan bir çalışma (Schaltegger, Stefan ve Wagner, Marcus, *Umweltmanagement in deutschen Unternehmen - der aktuelle Stand der Praxis*, Şubat 2002, s. 106), farklı dalların EMAS masrafları için aşağıdaki rakamlara işaret etmektedir. *Bu rakamların, yukarıda bahsi geçen İsviçre merkezli araştırmadaki rakamlardan çok daha düşük olduğu fark edilecektir. Bu, ÇYS’nin maliyetlerini belirleme zorluğunu doğrulayıcı niteliktedir.*

Kurma masrafları (Euro):

minimum - 18750
maksimum - 75000
ortalama - 50000

Onay masrafları (Euro):

minimum - 5000
maksimum - 12500
ortalama - 6000

Almanya Girişimciler Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen bir araştırma (Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, *Umweltmanagementbefragung - Öko-Audit in der mittelständischen Praxis - Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis*, Bonn.) ise, EMAS ile yıllık olarak elde edilen ortalama tasarruflar ve ortalama kar getirme süresi hakkında bilgi vermektedir. Örneğin, 80000 Euro’nun üzerindeki uygulama masrafları için, yaklaşık bir buçuk yıllık bir kar getirme süresine denk gelen, yıllık 50000 Euro’luk ortalama tasarruf olduğu görülmüştür.

Sistemin doğrulamasına ilişkin harici masraflar, Uluslararası Akreditasyon Forumu tarafından yayımlanan kılavuz yardımıyla hesaplanabilir (<http://www.iaf.nu>).

Uygulamanın itici güçleri

Çevresel yönetim sistemleri, birçok avantaj sağlayabilir, örneğin:

- şirketin çevresel boyutlarına dair daha iyi bir anlayış,
- karar verme temelini iyileştirilmesi,
- personel motivasyonunun artırılması,
- işletim masraflarının azaltılması ve ürün kalitesinin artırılmasında ilave fırsatlar,
- çevre performansının iyileştirilmesi,
- şirket imajının iyileştirilmesi,
- yükümlülükler, sigorta ve uygunsuzluk masraflarının azaltılması,
- çalışanlar, müşteriler ve yatırımcılar için daha çekici bir hale gelme,
- regülasyonların güveninin artması ile azalabilecek düzenleyici gözetim,
- çevreci gruplarla ilişkilerin iyileştirilmesi.

Örnek fabrikalar

Yukarıda, (a)’dan (e)’ye kadar açıklanan özellikler EN ISO 14001:2004 ve Avrupa Topluluğu Eko-Yönetim ve Denetim Programına (EMAS) ait unsurlar olup, (f) ile (g) yalnızca EMAS’a özeldir. Bu iki standardize sistem, birçok IPPC tesisinde uygulanmaktadır. Örnek olarak, 2002 Haziran itibarıyla AB kimyasal ve kimyasal ürünler endüstrisinde yer alan 357 kuruluş (NACE kodu: 24) EMAS kayıtlıdır ve bunların çoğu IPPC tesisi olarak faaliyet göstermektedir.

Birleşik Krallık'ta İngiltere ve Galler Çevre Ajansı, 2001 yılında IPC (IPPC'nin ilk hali) tarafından düzenlenen tesisler arasında bir anket düzenlemiştir. Burada anketin katılımcılarının %32'sinin (IPC tesislerinin %21'i) ISO 14001 sertifikalı, %7'sinin de EMAS kayıtlı olduğu görülmüştür. Birleşik Krallık'taki tüm çimento fabrikaları (yaklaşık 20 adet) ISO 14001 sertifikalıdır ve büyük bölümü EMAS kayıtlıdır. ÇYS uygulamanın (standardize olması gerekliliği aranmaksızın) IPC lisanslarında gerekli kılındığı İrlanda'da, yaklaşık 500 lisanslı tesisten 100 kadarı ISO 14001'e uygun bir ÇYS'ye sahiptir, diğer 400 tesis ise standardize olmayan bir ÇYS uygulamaktadır.

Referans literatür

(Kurumların bir Topluluk eko-yönetim ve denetim planına (EMAS) gönüllü katılımına olanak veren 761/2001 (AK) sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Yönetmeliği, Resmi Gazete L 114, 24/4/2001 http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm)

(EN ISO 14001:2004, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>; <http://www.tc207.org>)

5 SERAMİK ÜRETİMİNDE MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER

Bu bölümün ve içeriklerinin anlaşılması için, okuyucunun dikkati yeniden belgenin önsözüne, özellikle önsözün ‘Belgenin anlaşılması ve kullanımı’ başlıklı beşinci bölümüne çekilmelidir. Bu bölümde sunulan emisyon ve/veya tüketim seviyeleri ve seviyelerin aralıkları, aşağıdaki adımlardan oluşan yenilemeli bir süreç sonucu belirlenmiştir:

- seramik üretim sanayisindeki temel çevresel hususların belirlenmesi,
- bu temel hususlara cevap verebilecek ilgili tekniklerin incelenmesi,
- Avrupa Birliği ve dünya çapında mevcut olan verilere dayanarak en iyi çevre performans seviyelerinin belirlenmesi,
- bu performans seviyelerini elde etmek için gerçekleştirilen harcamalar ve tekniklerin uygulanmasına dair ortamlar arası etkiler ve itici güçler gibi koşulların incelenmesi,
- genel olarak seramik üretim sanayii için ‘Mevcut En İyi Teknikler (MET)’ ve ilgili emisyon ve/veya tüketim verilerinin, Direktifin Ek IV Madde 2(11)’e uygun olarak seçilmesi.

Avrupa IPPC Bürosu ve ilgili Teknik Çalışma Grubunun (TÇG) uzman görüşleri, bu adımların her birinde ve bilgilerin sunulma şeklinde temel rol oynamıştır.

Bu bölümde sunulan bu değerlendirme, teknikler ve MET kullanımı ile ilişkili muhtemel emisyon ve tüketim seviyeleri, bir bütün olarak seramik üretim sanayiinin tamamına uygun olarak değerlendirilmekte olup birçok durum için, sanayinin bir parçası olan bazı tesislerin mevcut performansını yansıtmaktadır. ‘Mevcut en iyi tekniklerle ilişkili’ emisyon veya tüketim seviyelerinin sunumunda, bu seviyelerin bu sektördeki uygulamaların ve tanımlanan tekniklerin bir sonucu olarak değerlendirilebilecek çevre performansını temsil ettiği anlaşılmalı, MET tanımının bir parçası olan fayda ve maliyet dengesi unutulmamalıdır. Ancak bunlar ne emisyon ne de tüketim için sınır değerleri değildir ve bu şekilde anlaşılmamalıdır. Bazı durumlarda daha iyi emisyon veya tüketim verilerine ulaşılması teknik açıdan mümkün olabilir; ancak bunlar maliyetleri veya ortamlar arası etkileri nedeniyle bir bütün olarak seramik üretim sanayii için MET olarak kabul edilmemektedirler. Fakat bu seviyeler, arkalarında özel bir itici güç bulunan daha özel durumlarda makul kabul edilebilirler.

MET kullanımı ile ilişkili emisyon ve tüketim seviyeleri, belirtilen herhangi referans koşullarla (örn. ortalama dönemleri) beraber incelenmelidir.

Yukarıda tanımlanan ‘MET ile ilişkili seviyeler’ konsepti, belgenin farklı kısımlarında kullanılan ‘ulaşılabilir/elde edilebilir seviyeler’ teriminden ayırdır. Belirli bir teknik veya tekniklerin beraber kullanılması ile ‘ulaşılabilir/elde edilebilir’ olan bir seviye; bu tekniklerin kullanıldığı iyi idare edilen ve işletilen bir tesiste veya proste uzun bir sürede elde edilmesi beklenebilecek seviyelere işaret eder.

Uygun olduğu durumlarda, maliyetlere ilişkin veriler ve önceki bölümdeki tekniklerin açıklamalarıyla beraber verilmiştir. Bunlar, söz konusu maliyetlerin büyüklüğünü kabaca göstermektedir. Ancak tekniğin fiilen uygulanmasının maliyeti ciddi ölçüde duruma özeldir; burada örneğin vergiler, ücretler ve ilgili tesisin teknik özellikleri söz konusudur. Böylesi sahaya özel faktörlerin bu belgede tamamıyla değerlendirilmeleri mümkün değildir. Maliyetlere ilişkin verilerin mevcut olmadığı durumlarda, ekonomik uygulanabilirliğe ilişkin çıkarımlara mevcut tesislerin gözlenmesi sonucu ulaşılmıştır.

Bu bölümde verilen genel MET, mevcut bir tesisin güncel performansını veya yeni bir tesise dair tasarımı değerlendirmede kullanılabilecek bir referans noktası teşkil etmeyi amaçlar. Bu yolla, tesis için uygun ‘MET temelli’ koşulların belirlenmesine veya Madde 9(8) uyarınca bağlayıcı genel kuralların oluşturulmasına yardım edeceklerdir. Yeni tesislerin burada verilen MET seviyelerinde, hatta bunlardan daha iyi seviyelerde performans gösterebilecek şekilde tasarlanabileceği öngörülmektedir. Mevcut işletmelerin ise, genel MET seviyelerine doğru kayabileceği veya her duruma özel olan ekonomik ve teknik uygulanabilirliğe tabi olmak üzere, durumlarını iyileştirebileceği düşünülmektedir.

MET referans dosyaları hukuken bağlayıcılığı olan standartlar öngörmemekle beraber; endüstriye, Üye Devletlere ve kamuya belirtilen tekniklerin kullanılması ile ulaşılabilecek emisyon ve tüketim seviyeleriyle ilgili bilgi verme ve yönlendirme yapma amacı taşırlar. Özel durumlar için uygun sınır değerlerinin IPPC Direktifinin amaçları ve yerel hususlar göz önüne alınarak belirlenmesi gerekmektedir.

Bu dosyada, seramik üretim sanayii için MET çıkarımları iki düzeyde belirlenmiştir. Kısım 5.1’de, genel anlamda seramik sanayiinin tamamına uygulanabilir olan genel MET çıkarımları sunulmuştur. Kısım 5.2’de ise, kapsam altına alınan dokuz ana seramik sektörüne yönelik özel MET çıkarımları yer almaktadır. Belirli bir tesis için ‘Mevcut En İyi Teknikler’, bu bölümde genel ve sektöre özel kısımlarda (5.1 ve 5.2) sıralanan teknikler ve tedbirlerin birinin veya birkaç tanesinin bir arada uygulanması olacaktır.

Tek başına MET olarak belirlenen tekniklerin birlikte kullanılabilir olduğu durumlarda, bu kombinasyonların etkilerinin sonuçları özel durumlar için MET temelli izin koşulları dahilinde değerlendirilmelidir.

Belgenin okuyucularına/kullanıcılarına yardımcı tavsiyeleri:

Dördüncü Bölümde belirtilen, teknikler ve tedbirlerin kullanılabilirlik koşulları ve ilgili kısıtlamaların göz önünde bulundurulması gerekeceğinden, 5. Bölümün 4. Bölümle bağlantılı olarak okunması şiddetle tavsiye edilmektedir. Okuyucuya yardımcı olmak için, 5. Bölümde 4. Bölümde atıflarda bulunulmuştur.

Hacimsel akış hızları ve konsantrasyonların standart koşullar için, ayrıca Terimler Sözlüğünde de verilmiş olan aşağıdaki tanımlarını inceleyiniz:

m ³ /s	hacimsel akış hızı: aksi belirtilmediği sürece, bu belgedeki hacimsel akış hızı, hacmen %18 oksijen ve standart hali ifade eder.
mg/m ³	konsantrasyon: aksi belirtilmediği sürece, belgede gaz halindeki maddelerin veya madde karışımlarının konsantrasyonları, hacmen %18’lik oksijen ve standart haldeki kuru baca gazını; benzen konsantrasyonları ise hacmen %15’lik oksijen ve standart hali ifade eder.
standart hal	273 K sıcaklık ve 1013 hPa basıncı ifade eder.

ÖNSÖZ bölümünde daha ayrıntılı açıklandığı üzere, bu belgede emisyon sınır değerlerinin öngörülmediği bir kez daha vurgulanmalıdır. Uygun izin koşullarının belirlenmesinde, söz konusu tesisin teknik özellikleri gibi yerel ve sahaya özel faktörler ile, coğrafi konum ve yerel çevresel koşullar hesaba katılmalıdır. Mevcut tesisler için ise, yükseltmelerinin ekonomik ve teknik uygunluğu göz önünde bulundurulmalıdır. Tek başına bir bütün olarak çevre için yüksek düzeyde koruma sağlama hedefi dahi, genellikle farklı çevresel etki türlerinden ödün vermeyi içeren kararlar verilmesini gerektirir ve bu kararlar yine genellikle yerel hususlardan etkilenir.

Bu sorunların bir kısmına değinmek için bir girişimde bulunulmasına rağmen, bu belgede eksiksiz olarak ele alınmaları mümkün değildir. Dolayısıyla 5. Bölümde sunulan teknikler ve seviyeler, tüm tesisler için uygun olmayacaktır. Öte yandan, uzun mesafe veya sınır ötesi kirliliğin en aza indirilmesinin de dahil olduğu yüksek düzeyde çevre koruma yükümlülüğü, izin koşullarının yalnızca yerel hususlar temelinde belirlenemeyeceği anlamına da gelir. Bu nedenle, bu belgede verilen bilgilerin bir bütün olarak dikkate alınması son derece önemlidir.

5.1 Genel Mevcut En İyi Teknikler

Bu kısım, belgede tanımlanmış ve açıklanmış olan dokuz sektörün tamamına yönelik genel MET'ten oluşur. Belirli bir tesis için 'Mevcut En İyi Teknikler', bu genel kısımda ve sektöre özel kısımlarda (5.2 Kısım) sıralanan teknikler ve tedbirlerin birinin veya birkaç tanesinin bir arada uygulanması olacaktır.

Mevcut en iyi teknikler ve mevcut en iyi tekniklerle ilişkili emisyon veya tüketim seviyelerinin verilen aralıkları (MET İES aralıkları) farklı boyutlarda ve sürekli veya aralıklı gibi farklı türdeki fırınlara sahip, yıllık işletim süreleri farklı olan tesislere ilişkindir. Konuma özel hususların tamamen hesaba katılması mümkün değildir. MET İES emisyon sınır değerlerini (ESD) tanımlamaz veya belirtmez.

Dördüncü Bölümde belirtilen teknikler ve tedbirlerin kullanılabilirlik koşulları ve ilgili kısıtlamaların göz önünde bulundurulması gerekeceğinden, 5. Bölümün 4. Bölümle bağlantılı olarak okunması şiddetle tavsiye edilmektedir. Beşinci Bölümde yapılan değerlendirmeler, 4. Bölümle bağlantılı olarak okunmadığı sürece doğru şekilde yorumlanamaz. Okuyucuya yardımcı olmak için, 5. Bölümde 4. Bölümde atıflarda bulunulmuştur.

5.1.1 Çevre yönetimi

Birtakım çevre yönetimi teknikleri MET olarak belirlenmiştir. ÇYS'nin kapsamı (örn. detay düzeyi) ve özelliği (standardize edilmiş veya edilmemiş türde olması) genellikle tesisin özellikleri, ölçeği ve karmaşıklığı ve muhtemel çevresel etkileri ile ilişkilendirilebilir.

MET, aşağıda verilen özellikleri kapsayan, mevcut koşullara uygun bir Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) uygulanması ve buna bağlı kalınmasıdır (bkz. 4.7):

- a) üst yönetim tarafından uygulanmak üzere bir çevre politikasının tanımlanması (üst yönetimin taahhüdü, ÇYS'nin diğer özelliklerinin de başarılı bir şekilde yerine getirilebilmesi için bir ön koşul olarak görülmektedir),
- b) gerekli prosedürlerin planlanması ve belirlenmesi,
- c) prosedürlerin uygulanmasında özellikle:
 - I. yapı ve sorumluluk,
 - II. eğitim, farkındalık ve yetkinlik,
 - III. iletişim,
 - IV. çalışan katılımı,
 - V. belgeleme,
 - VI. verimli proses kontrolü,
 - VII. bakım programı,
 - VIII. acil duruma hazırlık ve müdahale,
 - IX. çevre mevzuatına uyumun gözetilmesi hususlarına dikkat edilmesi.

- d) performansın kontrolü ve düzeltici eylemlerin gerçekleştirilmesinde özellikle:
- izleme ve ölçüm (ayrıca bkz. Emisyonların İzlenmesi konulu Referans Belgesi),
 - düzeltilici ve önleyici eylemler,
 - kayıtların korunması,
 - çevre yönetim sisteminin planlanan düzenlemelerle uyumlu olup olmadığını belirlemek ve doğru şekilde uygulandığından ve sürdürüldüğünden emin olmak için, bağımsız (uygulanabilir olduğunda) iç denetim gerçekleştirilmesi hususlarına dikkat edilmesi.
- e) üst yönetim tarafından incelenmesi.

Yukarıdakileri adım adım tamamlayıcı olabilecek üç ilave özellik, destekleyici tedbirler olarak değerlendirilir. Ancak bunların eksikliği, genel olarak MET'e aykırı değildir. Bu üç ilave adım şunlardır:

- f) akredite bir sertifikasyon kurumu veya dışarıdan bir ÇYS doğrulayıcısı tarafından incelenmiş ve doğrulanmış yönetim sistemi ve denetim prosedürlerine sahip olmak,
- g) tesisin önemli çevresel özelliklerinin tamamının açıklandığı ve çevresel amaç ve hedefler ile ve uygun olduğunda sektördeki referanslarla yıllık olarak karşılaştırma yapılmasını mümkün kılan, düzenli bir çevre bildirisi hazırlamak ve yayımlamak (ve mümkünse dışarıdan doğrulama),
- h) EMAS ya da EN ISO 14001:2004 gibi uluslararası olarak kabul edilen bir sistemi uygulamak ve buna sadık kalmak. Bu gönüllü adım, ÇYS'nin itibarını artırabilir. Özellikle yukarıdaki özelliklerin tamamının yer aldığı EMAS, yüksek güvenilirlik sağlar. Fakat standardize olmayan sistemler de, doğru bir şekilde tasarlanmaları ve uygulanmaları halinde eşit derecede etkili olabilirler.

Seramik sanayiine özel olarak, ÇYS'nin aşağıdaki potansiyel özelliklerini de göz önünde bulundurmak önemlidir:

- i) yeni bir fabrika tasarlama aşamasında, mevcut birimin nihayetinde kapatılması ile ortaya çıkacak çevresel etkiler,
- j) daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi,
- k) uygulanabilir olduğu ölçüde enerji verimliliği ve enerji koruma faaliyetleri, girdi olarak kullanılan materyallerin seçimi, havaya emisyonlar, suya boşaltım, su tüketimi ve atık üretimi gibi konularda düzenli olarak sektörel kıyaslama çalışmaları yapılması.

5.1.2 Enerji tüketimi

Enerji tüketimine ilişkin genel hususlar, belgenin 3.2.1. kısmında bulunabilir.

a) MET, aşağıdaki tekniklerin kombinasyonunun uygulanması ile enerji tüketiminin azaltılmasıdır:

- fırın ve kurutucuların iyileştirilmiş tasarımı. Bu bağlamda, fırın/kurutucu sistemlerinde ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan çeşitli tedbirlerin sunulmuş olduğu 4.1.1 Kısımına bakınız.
- özellikle soğutma alanlarından olmak üzere, fırınlardan çıkan fazla ısının geri kazanımı (bkz. 4.1.2). Özellikle soğutma alanından sıcak hava formunda çıkan fazla ısı, kurutucuların ısıtılmasında kullanılabilir.
- fırınla pişirme prosesinde yakıt değişimine gidilmesi (ağır fuel oil ve katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlar ile ikamesi). Bu bağlamda, fırının yakılmasında gaz yakıtlara veya ekstra hafif fuel oil'a geçilmesi ile ilgili olarak bkz.4.1.4.
- seramik kütlelerin modifikasyonu. Bu bağlamda, seramik kütlelerin modifikasyonuna dair birtakım olasılıkların ve uygulanabilirliklerinin açıklandığı 4.1.5 Kısımını inceleyiniz.

- b) MET, ekonomik olarak uygulanabilir olan enerji düzenleme programları dahilinde, kullanılabilir ısı talebi temeline dayanan kojenerasyon/kombine ısı ve elektrik santralleri ile birincil enerji tüketiminin azaltılmasıdır (bkz. 4.1.3).

5.1.3 Toz emisyonları

Toz emisyonlarına ilişkin genel hususlar, belgenin 3.1.1.1. kısmında bulunabilir.

5.1.3.1 Difüz toz emisyonları

MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunun uygulanması ile difüz toz emisyonlarının azaltılmasıdır:

- tozlu işlemlere yönelik tedbirler. Bu bağlamda, ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan çeşitli tedbirlerin sunulmuş olduğu 4.2.1 Kısımına bakınız.
- toplu depolama alanlarına yönelik tedbirler. Bu bağlamda, ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan çeşitli tedbirlerin sunulmuş olduğu 4.2.2 Kısımına bakınız.

5.1.3.2 Tozlu işlemlerden kaynaklanan kanalizasyon toz emisyonları

Kurutma, püskürtmeli kurutma ve pişirme harici tozlu işlemlerden kaynaklanan toz emisyonlarıdır.

MET, tozlu işlemlerden kaynaklanan kanalizasyon toz emisyonlarını, torbalı filtreler yardımıyla (bkz. 4.2.3.2) yarım saatlik ortalama değer olarak 1 - 10 mg/m³ aralığına (bkz. yalnızca toz gidermeyi amaçlayan tekniklerin anlatıldığı 4.2.3) düşürmektir. Ancak, işletim koşullarına bağlı olarak bu aralık daha geniş olabilir.

5.1.3.3 Kurutma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları

Kurutma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları.

MET; kurutucunun temizlenmesi, kurutucuda toz kalıntılarının birikmesinin engellenmesi ve uygun bakım protokollerinin uygulanmasıyla kurutma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 20 mg/m³ aralığında tutulmasıdır (bkz. 4.2).

5.1.3.4 Fırında pişirme proseslerinden kaynaklanan toz emisyonları

Fırında pişirme işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarıdır.

MET, aşağıdaki birincil tekniklerin birlikte uygulanmasıyla pişirme prosesleri sırasında çıkan baca gazından kaynaklanan toz (partikül madde) emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 20 mg/m³'e düşürülmesidir:

- doğal gaz, LNG, LPG ve ekstra hafif fuel oil gibi düşük killi yakıtlardan faydalanılması (bkz. 4.1.4)
- fırında pişirilecek ürünün yüklenmesi sırasında gerçekleşen toz oluşumunun en aza indirilmesi (bkz. 4.2).

Filtreli baca gazı temizliği yapılarak (bkz. 4.3.4.3), temizlenen baca gazındaki toz emisyonu seviyesinin 20 mg/m³'ten az olması MET'tir (MET İES).

Kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberlerin kullanımıyla (bkz. 4.3.4.1), temizlenen baca gazındaki toz emisyonu seviyesinin 50 mg/m³'ten az olması MET'tir (MET İES).

Genleştirilmiş kil agregalar için sektöre özel MET kısmını inceleyiniz (5.2.4).

5.1.4 Gaz halindeki bileşikler

Gaz halindeki bileşiklerin emisyonlarına ilişkin genel hususlar, belgenin 3.1.1.2. kısmında bulunabilir.

5.1.4.1 Birincil tedbir/teknikler

a) MET, aşağıdaki birincil tekniklerin ayrı ayrı veya kombinasyon halinde uygulanmasıyla pişirme prosesleri sırasında ortaya çıkan baca gazından kaynaklanan gaz halindeki bileşiklerin (HF, HCl, SO_x, UOB, ağır metaller) emisyonlarının azaltılmasıdır:

- I. kirletici öncü girişinin azaltılması. Bu bağlamda, çeşitli kirletici öncülerin girişlerinin azaltılmasına dair bazı olasılıkların sıralandığı 4.3.1 Kısımına bakınız.
- II. ısıtma eğrisinin optimizasyonu. Bu bağlamda, pişirme işleminde ısıtma eğrisinin optimizasyonu ile gerçekleştirilen proses optimizasyonuna dair bazı özelliklerin sıralandığı 4.3.3.1 Kısımına bakınız.

b) MET; fırında pişirme ile çıkan baca gazlarından kaynaklı NO_x emisyonlarının, birincil tekniklerin bir kombinasyonu ile, genleştirilmiş kil agregalar hariç olmak üzere; NO₂ için 1300 °C'nin altındaki fırın gazı sıcaklıkları için belirtilen günlük değer olarak 250 mg/m³'ün altında, veya 1300 °C ve üzeri fırın sıcaklıkları için ise belirtilen günlük değer olarak 500 mg/m³'ün altında tutulmasıdır (özellikle NO_x öncülerinin girişinin azaltılması için, bkz. 4.3.1 ve 4.3.3).

c) MET, kojenerasyon motorlarının çıkış gazlarındaki NO_x emisyonlarının, proses optimizasyon tedbirleri uygulanması yoluyla NO₂ için belirtilen günlük değer olarak 500 mg/m³'ün altında tutulmasıdır (bkz. 4.1.3 ve 4.3.1).

5.1.4.2 Tek başına ve birincil tedbirler/tekniklerle beraber kullanılmak üzere ikincil tedbirler/teknikler

MET, aşağıdaki tekniklerin ayrı ayrı veya birlikte uygulanmasıyla pişirme prosesleri sırasında ortaya çıkan baca gazından kaynaklanan gaz halindeki inorganik bileşiklerin emisyonlarının azaltılmasıdır:

- a) kaskad tipi dolgulu yataklı adsorberler (bkz. 4.3.4.1)
- b) filtre ile kuru baca gazı temizliği (torbalı filtre veya elektrostatik ayırıcı ile, bkz. 4.3.4.3)

Belgenin 5.1.4.1.a Kısımında verilen birincil tedbirler/tekniklerin ve/veya bu kısımda verilen ikincil tedbirlerin/tekniklerin bir kombinasyonunun uygulanması yoluyla, fırınla pişirme işlemlerinden kaynaklanan baca gazlarındaki gaz halindeki inorganik bileşikler için elde edilen MET İES aşağıda gösterilmektedir:

Parametre	Günlük ortalama değerin birimi	MET İES ¹⁾
HF olarak belirtilen Florür	mg/m ³	1 – 10 ²⁾
HCl olarak belirtilen Klorür	mg/m ³	1 – 30 ³⁾
SO ₂ olarak belirtilen SO _x Ham maddedeki kükürt içeriği J %0,25	mg/m ³	<500
SO ₂ olarak belirtilen SO _x Ham maddedeki kükürt içeriği>%0,25	mg/m ³	500 – 2000 ⁴⁾
¹⁾ Aralıklar, ham maddelerdeki kirleticinin (öncü) içeriğine dayanır; yani ham maddesindeki kirleticisi (öncü) içeriği az olan seramik ürünlerin pişirilme prosesleri için, aralıktaki düşük seviyeler MET iken, ham maddesindeki kirleticisi (öncü) içeriği yüksek olan seramik ürünlerin pişirilme prosesleri için MET İES aralıktaki yüksek seviyelere tekabül eder.		
²⁾ Ham maddenin özelliklerine bağlı olarak, yüksek MET seviyesi daha düşük olabilir.		
³⁾ Ham maddenin özelliklerine bağlı olarak, yüksek MET seviyesi daha düşük olabilir. Ayrıca, yüksek MET İES, atık suyun yeniden kullanımının önüne geçmemelidir.		
⁴⁾ Yüksek MET düzeyleri yalnızca aşırı yüksek kükürt içeriğine sahip ham madde için geçerlidir.		

Tablo 5.1: Fırınla pişirme işlemlerinden ortaya çıkan gaz halindeki inorganik bileşiklerin MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

5.1.5 Proses atık suyu (emisyonlar ve tüketim)

Proses atık suyuna ilişkin genel hususlar 3.1.2 ve 3.2.2.numaralı kısımlarda bulunabilir.

- MET, proses optimizasyon tedbirleri uygulayarak su tüketimini azaltmaktır. Bu bağlamda, ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan çeşitli proses optimizasyon tedbirlerinin sunulmuş olduğu 4.4.5.1 Kısımına bakınız.
- MET, proses atık suyu arıtma sistemleri kurulması ile proses atık suyunun temizlenmesidir. Bu bağlamda; proses atık suyunun üretim sürecinde yeniden kullanılmak veya doğrudan su yoluna ya da dolaylı olarak belediyenin atık su kanalizasyon sistemine boşaltılmak üzere yeterli seviyede temizlendiğinden emin olmak için, ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilecek olan proses atık suyu arıtma sistemlerinin açıklandığı 4.4.5.2 Kısımını inceleyiniz.
- MET, boşaltılan atık suda mevcut olan kirleticilerin emisyon yükünü azaltmaktır. Aşağıdaki emisyon seviyeleri, boşaltılan atık su için MET İES'tir:

Parametre	Birim	MET İES (2 saatlik kompozit numune)
Askıda katı madde	mg/l	50,0
AOX	mg/l	0,1
Kurşun (Pb)	mg/l	0,3
Çinko (Zn)	mg/l	2,0
Kadmiyum (Cd)	mg/l	0,07

Tablo 5.2: Atık su boşaltımında kirleticilerin MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Proses suyunun %50'sinden fazlası üretim süreçlerinde yeniden kullanıldıysa; üretim miktarı (kg cinsinden işlenmiş ham madde) başına spesifik kirleticisi yükünün, %50'den az orandaki suyun geri dönüşümüyle ortaya çıkan kirleticisi yükünden yüksek olmaması kaydıyla, bu kirleticilerin daha yüksek konsantrasyonları da MET İES olabilir.

5.1.6 Çamur

Çamurla ilgili genel hususlar 3.1.3. Kısımında bulunabilir.

MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunun uygulanması ile çamurun geri dönüştürülmesi/yeniden kullanılmasıdır:

- a) çamur geri dönüşüm sistemleri (bkz. 4.5.1.1),
- b) çamurun diğer ürünlerde yeniden kullanılması (bkz. 4.5.1.2).

5.1.7 Katı proses kayıpları/katı atıklar

Katı proses kayıpları/katı atıklar ile ilgili genel hususlar 3.1.3. Kısımında bulunabilir.

MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunun uygulanması ile katı proses kayıplarının/katı atıkların azaltılmasıdır:

- a) harmanlanmamış ham maddelerin geri beslemesi (bkz. 4.5.2.1),
- b) kırılmış ürünlerin üretim sürecine geri beslemesi (bkz. 4.5.2.1),
- c) katı proses kayıplarının diğer sanayilerde kullanımı (bkz. 4.5.2.1),
- d) pişirmenin elektronik olarak kontrol edilmesi (bkz. 4.5.2.2),
- e) optimize edilmiş ayarlamaların yapılması (bkz. 4.5.2.2).

5.1.8 Gürültü

Gürültüyle ilgili genel hususlar 3.1.4. Kısımında bulunabilir.

MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunun uygulanması ile gürültünün azaltılmasıdır (bkz. 4.6):

- a) birimlerin etrafının kapatılması,
- b) birimlerin vibrasyon yalıtımının sağlanması,
- c) susturucular ve yavaş dönen fanların kullanılması,
- d) pencere, kapı ve gürültülü birimlerin komşulardan uzak yerlerde konumlandırılması,
- e) pencere ve kapıların ses yalıtımının sağlanması,
- f) pencere ve kapıların kapalı tutulması,
- g) gürültülü faaliyetlerin (dış mekan) yalnızca gün içerisinde gerçekleştirilmesi,
- h) tesisin bakımının düzgün yapılması.

5.2 Sektöre özel Mevcut En İyi Teknikler

Bu kısımda, bu belgede detaylıca tanımlanmış ve açıklanmış olan dokuz sektörün her birine yönelik özel MET yer alır. Belirli bir tesis için ‘Mevcut En İyi Teknikler’, bu sektöre özel kısımda ve genel kısımda (5.1 Kısım) sıralanan teknikler ve tedbirlerin birinin veya birkaç tanesinin bir arada uygulanması olacaktır.

Mevcut en iyi teknikler ve mevcut en iyi tekniklerle ilişkili emisyon veya tüketim seviyelerinin verilen aralıkları (MET İES aralıkları) farklı boyutlarda ve sürekli veya aralıklı gibi farklı türdeki fırınların bulunduğu, yıllık işletim süreleri farklı olan tesislere ilişkindir. Konuma özel hususların tamamen hesaba katılması mümkün değildir. MET İES emisyon sınır değerlerini (ESD) tanımlamaz veya belirtmez.

Dördüncü Bölümde belirtilen, teknikler ve tedbirlerin kullanılabilirlik koşulları ve ilgili kısıtlamaların göz önünde bulundurulması gerekeceğinden, 5. Bölümün 4. Bölümle bağlantılı olarak okunması şiddetle tavsiye edilmektedir. Beşinci Bölümde yapılan değerlendirmeler, 4. Bölümle bağlantılı olarak okunmadığı sürece doğru şekilde yorumlanamaz.

Okuyucuya yardımcı olmak için, 5. Bölümde 4. Bölüme atıflarda bulunulmuştur.

5.2.1 Tuğlalar ve çatı kiremitleri

5.2.1.1 Gaz halindeki bileşikler/birincil tedbirler/teknikler

MET, son ürünün kalitesinin etkilenmeyeceği durumlarda, kalsiyum yönünden zengin katkıların eklenmesi yoluyla fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan gaz bileşiklerin (HF, HCl, SO_x) emisyonlarının azaltılmasıdır (bkz. 4.3.2).

5.2.1.2 Uçucu organik bileşikler

MET; tek veya üç odalı bir termoreaktörde termal son yakma uygulama yoluyla; fırınla pişirme proseslerinden çıkan ve ham gazın kompozisyon ve sıcaklık gibi özelliklerine bağlı olarak, ham gaz konsantrasyonu 100 ila 150 mg/m³’ün üzerinde olan baca gazlarının uçucu organik bileşiklerinin emisyonlarının toplam C’nin belirtilen günlük ortalama değeri olarak 5 – 20 mg/m³’e düşürülmesidir (bkz. 4.3.5.1).

5.2.2 Vitrifiye kil borular

5.2.2.1 Kanalize toz emisyonları

MET, püskürtmeli sırlama proseslerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) veya sinterlenmiş katmanlı filtre kullanımıyla 1 – 10 mg/m³ arası ortalama değere düşürülmesidir (bkz. 4.2.3.3).

5.2.3 Refrakter ürünler

5.2.3.1 Uçucu organik bileşikler

- a) **MET, aktif karbon filtrelerinin kullanılmasıyla, organik bileşiklerle işleme sonucu çıkan düşük hacimli çıkış gazlarındaki uçucu organik bileşiklerin emisyonlarının azaltılmasıdır (bkz. 4.3.4.5).**
Yüksek hacimli çıkış gazları için MET, organik bileşiklerle işleme sonucu meydana gelen uçucu organik bileşiklerin emisyonlarının toplam C olarak belirtilen günlük ortalama değerlerinin termal son yakma (bkz. 4.3.5.1) ile 5 – 20 mg/m³’e düşürülmesidir.

- b) MET; tek veya üç odalı bir termoreaktörde termal son yakma uygulama yoluyla; fırınla pişirme proseslerinden çıkan ve ham gazın kompozisyon ve sıcaklık gibi özelliklerine bağlı olarak, ham gaz konsantrasyonu 100 ila 150 mg/m³'ün üzerinde olan baca gazlarının uçucu organik bileşiklerinin emisyonlarının toplam C'nin belirtilen günlük ortalama değeri olarak 5 – 20 mg/m³'e düşürülmesidir (bkz. 4.3.5.1).

5.2.3.2 Katı proses kayıpları/katı atıklar

MET, aşağıdaki tedbirlerin birinin veya birkaçının kombinasyonu kullanılarak, şekillendirmede kullanılmış alçı kalıplar halindeki katı proses kayıplarının/katı atıkların azaltılmasıdır (bkz. 4.5.2.2):

- a) alçı kalıpların polimer kalıplarla değiştirilmesi,
- b) alçı kalıpların metal kalıplarla değiştirilmesi,
- c) vakumlu alçı mikserleri kullanılması,
- d) kullanılmış alçı kalıpların diğer sanayilerde yeniden değerlendirilmesi.

5.2.4 Genleştirilmiş kil agregalar

5.2.4.1 Kanalize toz emisyonları

MET; elektrostatik ayırıcılar (bkz. 4.2.3.5) veya ıslak toz seperatörlerinin (bkz. 4.2.3.4) kullanılmasıyla, sıcak çıkış gazlarından kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının günlük ortalama değerinin 5 – 50 mg/m³'e düşürülmesidir.

5.2.4.2 Gaz halindeki bileşikler/birincil tedbirler/teknikler

MET; birincil tedbirlerin/tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılması yoluyla, döner fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan NO_x emisyonlarının; NO₂ için belirtilen günlük ortalama değer olan 500 mg/m³'ün altında tutulmasıdır (bkz. 4.3.1 ve 4.3.3).

5.2.5 Duvar ve zemin karoları

5.2.5.1 Kanalize toz emisyonları

- a) MET; püskürtmeli kurutma işlemlerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının yarım saatlik değerlerinin; torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) kullanımıyla 1 – 30 mg/m³'e, veya mevcut tesislerde durulama suyunun yeniden kullanılabilir olması halinde ıslak toz seperatörleri (bkz. 4.2.3.4) ile siklonların (bkz. 4.2.3.1) beraber kullanılmasıyla 50 – 1 mg/m³'e düşürülmesidir.
- b) MET, püskürtmeli sırlama proseslerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) veya sinterlenmiş katmanlı filtre kullanımıyla 1 – 10 mg/m³ arası ortalama değere düşürülmesidir (bkz. 4.2.3.3).

5.2.5.2 Fırında pişirme işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları

MET; florürün giderilmesi için de kullanılan torbalı filtreyle kuru baca gazı temizliği yapılarak, fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan toz (partikül madde) emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 5 mg/m³'e düşürülmesidir (bkz. 4.3.4.3).

5.2.5.3 Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler

- a) MET; torbalı filtreyle kuru baca gazı temizliği yapılması gibi yöntemlerle, fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarının HF emisyonlarının günlük ortalama değerinin 1 – 5 mg/m³'e düşürülmesidir (bkz. 4.3.4.3).
- b) MET; özellikle düşük baca gazı akış hızları (18000 m³/saatten az) ve ham gazların HF (SO₃, SO₂, HCl) ve diğer tozlar hariç inorganik bileşik konsantrasyonunun az olduğu durumlar için; modül adsorberların (bkz. 4.3.4.2) uygulanmasıyla fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan gaz halindeki inorganik bileşiklerin emisyonlarının azaltılmasıdır.

5.2.5.4 Proses atık suyunun yeniden kullanılması

MET; 4.4.5 kısmında da belirtildiği gibi, proses optimizasyon tedbirlerinin ve proses atık suyu arıtma sistemlerinin bir kombinasyonunun uygulanması yoluyla, proses atık suyunun %50 ila %100 (üretilcek karonun türüne bağlı olarak, bkz. 4.4.5.1) arasındaki geri dönüşüm oranlarıyla üretim sürecinde yeniden kullanılmasıdır.

5.2.5.5 Çamurun yeniden kullanılması

Uygulanabilir olması durumunda çamur geri dönüşüm sistemi kurularak, proses atık suyunun arıtılmasıyla ortaya çıkan çamurun, seramik kütlenin hazırlık prosesinde kütlenin ağırlıkça %0,4 - 1,5'i oranında eklenerek yeniden kullanılmasıdır (bkz. 4.5.1.1).

5.2.6 Sofra ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler)

5.2.6.1 Kanalize toz emisyonları

- a) MET; püskürtmeli kurutma işlemlerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının yarım saatlik değerlerinin; torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) kullanımıyla 1 – 30 mg/m³'e, veya mevcut tesislerde durulama suyunun yeniden kullanılabilir olması halinde ıslak toz seperatörleri (bkz. 4.2.3.4) ile siklonların (bkz. 4.2.3.1) beraber kullanılmasıyla 50 – 1 mg/m³'e düşürülmesidir.
- b) MET, püskürtmeli sırlama proseslerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) veya sinterlenmiş katmanlı filtre kullanımıyla 1 – 10 mg/m³ arası ortalama değere düşürülmesidir (bkz. 4.2.3.3).

5.2.6.2 Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler

MET; özellikle düşük baca gazı akış hızları (18000 m³/saatten az) ve ham gazların HF (SO₃, SO₂, HCl) ve diğer tozlar hariç inorganik bileşik konsantrasyonunun az olduğu durumlar için; modül adsorberlerin (bkz. 4.3.4.2) uygulanmasıyla fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan gaz halindeki inorganik bileşiklerin emisyonlarının azaltılmasıdır.

5.2.6.3 Proses atık suyunun yeniden kullanılması

MET; 4.4.5 Kısımında da belirtildiği gibi, proses optimizasyon tedbirlerinin ve proses atık suyu arıtma sistemlerinin bir kombinasyonunun uygulanması yoluyla, proses atık suyunun %30 ila %50 arasındaki geri dönüşüm oranlarıyla üretim sürecinde yeniden kullanılmasıdır.

5.2.6.4 Katı proses kayıpları/katı atıklar

MET, aşağıdaki tedbirlerin birinin veya birkaçının kombinasyonu kullanılarak, şekillendirmede kullanılmış alçı kalıplar halinde katı proses kayıplarının/katı atıkların azaltılmasıdır (bkz. 4.5.2.2):

- a) alçı kalıpların polimer kalıplarla değiştirilmesi,
- b) alçı kalıpların metal kalıplarla değiştirilmesi,
- c) vakumlu alçı mikserlerin kullanılması,
- d) kullanılmış alçı kalıpların diğer sanayilerde yeniden değerlendirilmesi.

5.2.7 Sıhhi tesisat gereçleri

5.2.7.1 Kanalize toz emisyonları

MET, püskürtmeli sırlama proseslerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) veya sinterlenmiş katmanlı filtre kullanımıyla 1 – 10 mg/m³ arası ortalama değere düşürülmesidir (bkz. 4.2.3.3).

5.2.7.2 Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler

MET; özellikle düşük baca gazı akış hızları (18000 m³/saatten az) ve ham gazların HF (SO₃, SO₂, HCl) ve diğer tozlar hariç inorganik bileşik konsantrasyonunun az olduğu durumlar için; modül adsorberlerin (bkz. 4.3.4.2) uygulanmasıyla fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan gaz halindeki inorganik bileşiklerin emisyonlarının azaltılmasıdır.

5.2.7.3 Proses atık suyunun yeniden kullanılması

MET; 4.4.5 Kısımında da belirtildiği gibi, proses optimizasyon tedbirlerinin ve proses atık suyu arıtma sistemlerinin bir kombinasyonunun uygulanması yoluyla, proses atık suyunun %30 ila %50 arasındaki geri dönüşüm oranlarıyla üretim sürecinde yeniden kullanılmasıdır.

5.2.7.4 Katı proses kayıpları/katı atıklar

MET, aşağıdaki tedbirlerin birinin veya birkaçının kombinasyonu kullanılarak, şekillendirmede kullanılmış alçı kalıplar halinde katı proses kayıplarının/katı atıkların azaltılmasıdır (bkz. 4.5.2.2):

- a) alçı kalıpların polimer kalıplarla değiştirilmesi,
- b) alçı kalıpların metal kalıplarla değiştirilmesi,
- c) vakumlu alçı mikserlerin kullanılması,
- d) kullanılmış alçı kalıpların diğer sanayilerde yeniden değerlendirilmesi.

5.2.8 Teknik seramikler

5.2.8.1 Kanalize toz emisyonları

- a) MET; püskürtmeli kurutma işlemlerinden kaynaklanan kanalize toz emisyonlarının yarım saatlik değerlerinin; torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) kullanımıyla 1 – 30 mg/m³'e, veya mevcut tesislerde durulama suyunun yeniden kullanılabilir olması halinde ıslak toz seperatörleri (bkz. 4.2.3.4) ile siklonların (bkz. 4.2.3.1) beraber kullanılmasıyla 50 – 1 mg/m³'e düşürülmesidir.

- b) MET, püskürtmeli sırlama proseslerinden kaynaklanan kanalizasyon toz emisyonlarının torbalı filtre (bkz. 4.2.3.2) veya sinterlenmiş katmanlı filtre kullanımıyla $1 - 10 \text{ mg/m}^3$ arası ortalama değere düşürülmesidir (bkz. 4.2.3.3).

5.2.8.2 Gaz halindeki bileşikler/ikincil tedbirler/teknikler

MET; özellikle düşük baca gazı akış hızları ($18000 \text{ m}^3/\text{saatten}$ az) ve ham gazların HF (SO_3 , SO_2 , HCl) ve diğer tozlar hariç inorganik bileşik konsantrasyonunun az olduğu durumlar için; modül adsorberlerin (bkz. 4.3.4.2) uygulanmasıyla fırınla pişirme proseslerinden çıkan baca gazlarından kaynaklanan gaz halindeki inorganik bileşiklerin emisyonlarının azaltılmasıdır.

5.2.8.3 Uçucu organik bileşikler

MET; tek veya üç odalı bir termoreaktörde termal son yakma uygulama yoluyla; fırınla pişirme proseslerinden çıkan ve ham gazın kompozisyon ve sıcaklık gibi özelliklerine bağlı olarak, ham gaz konsantrasyonu 100 ila 150 mg/m^3 'ün üzerinde olan baca gazlarının uçucu organik bileşiklerinin emisyonlarının toplam C'nin belirtilen günlük ortalama değeri olarak $5 - 20 \text{ mg/m}^3$ 'e düşürülmesidir (bkz. 4.3.5.1).

5.2.8.4 Katı proses kayıpları/katı atıklar

MET, aşağıdaki tedbirlerin birinin veya birkaçının kombinasyonu kullanılarak, şekillendirmede kullanılmış alçı kalıplar halindeki katı proses kayıplarının/katı atıkların azaltılmasıdır (bkz. 4.5.2.2):

- alçı kalıpların polimer kalıplarla değiştirilmesi,
- alçı kalıpların metal kalıplarla değiştirilmesi,
- vakumlu alçı mikserlerin kullanılması,
- kullanılmış alçı kalıpların diğer sanayilerde yeniden değerlendirilmesi.

5.2.9 İnorganik bağlayıcı aşındırıcılar

5.2.9.1 Uçucu organik bileşikler

MET; tek veya üç odalı bir termoreaktörde termal son yakma uygulama yoluyla; fırınla pişirme proseslerinden çıkan ve ham gazın kompozisyon ve sıcaklık gibi özelliklerine bağlı olarak, ham gaz konsantrasyonu 100 ila 150 mg/m^3 'ün üzerinde olan baca gazlarının uçucu organik bileşiklerinin emisyonlarının toplam C'nin belirtilen günlük ortalama değeri olarak $5 - 20 \text{ mg/m}^3$ 'e düşürülmesidir (bkz. 4.3.5.1).

6 SERAMİK ÜRETİMİNDE GELİŞTİRİLMEKTE OLAN TEKNİKLER

6.1 Radyant tüplü brülörler

Fırın gazlarındaki su buharı seviyelerinin azaltılması sonucunda genellikle florür emisyon oranları da azalır, çünkü kil minerallerinden flor salınımının temel mekanizması pirohidrolizdir. Bu reaksiyon 800 °C ve üzeri sıcaklıklarda gerçekleşir.

Laboratuvar testlerinde, fırın atmosferindeki su içeriğinin azaltılmasının, hem HF hem de SO_x emisyonlarının azalması ile sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Pratikte, fırın atmosferindeki su içeriğinin azaltılmasının sağlanması teknik olarak zor olacaktır; zira fırının ısıtılmasında kullanılan fosil yakıtların yakılması ile su ortaya çıkar. Bu suyun oluşumu, gazlı radyant tüplü brülörler kullanarak fırının dolaylı olarak ısıtılmasıyla engellenebilir (bkz. 4.3.3.2).

Seramik sanayiinde uygulama için silisyum karbürden yapılan radyant tüplü brülörler, yüksek termal iletkenliğe ve sıcaklıklardaki güçlü dalgalanmalara karşı yüksek termal dirence sahiptir. Bu radyant tüplü brülörler ile fırınlar dolaylı olarak (fırının ön ısıtma alanı hariç) ısıtılır ve brülörün alevi ısıya dayanıklı bir boruya verilerek yanma burada gerçekleştirilir. Brülörden prosese ısı aktarımı, çoğunlukla termal radyasyonla gerçekleştirilir, burada ısı akısının yüksek değerleri 70 – 120 kW/m² aralığındadır.

Prensipte radyant tüplü brülörler duvar ve zemin karoları, sofa ve süs eşyaları, sıhhi tesisat gereçleri, teknik seramikler ve inorganik bağlayıcı aşındırıcılar sanayilerinde kullanılabilir; fakat tuğlalar ve çatı kiremitleri, vitrifiye kil borular, refrakter ürünler ve genişletilmiş kil agregaların üretim skalaları bunlar için fazla büyüktür. Roller ve mekik tipi fırınlarda uygulanabilecekleri projelerle kanıtlanmış olsa da, henüz tünel fırınlar için kanıtlanmamıştır.

Hollanda'daki bir pilot projede, duvar ve zemin karolarının üretiminde kullanılan radyant tüplü brülörler ile donatılmış bir roller fırın 0,7 mg/m³ (duvar karosu üretimi) ve 1,2 mg/m³ (zemin karosu üretimi) arasında HF emisyonları göstermiş ve spesifik HF emisyon faktörleri 3 ila 6 mg/kg olarak bulunmuştur. Radyant tüplü brülörler ile donatım ve 500000 m² üretim kapasitesine sahip bir fırının işletimine dair ek masrafların yıllık 450000 Euro'nun üzerinde olacağı tahmin edilmektedir [5, InfoMil, 2003].

6.2 Mikrodalga destekli pişirme ve mikrodalga kurutucular

Seramik gereçlerin pişirilmesi veya sinterlenmesi, üretim sürecinde kritik bir adımdır. Fırın arabalarındaki ağır yükler, dışarıdan ortamın ortasına, sonra da tuğlaların her birinin merkezine doğru gerçekleşen ısı transferini zorlaştırır. Sıcaklık değişimleri termal stres ve hasarlı ürünlere yol açabilir; yüzey sıcaklıkları genellikle birimin veya ortamın merkezindekilere göre daha yüksektir.

Seramik gereçlerin pişirilmesinde mikrodalga enerji kullanımına dair önemli araştırmalar yapılmıştır. Bu işlemde ürün, merkezi de dahil olmak üzere, doğrudan ısıtılır. Fırın yapısına doğru istenmeyen ısı kaybının önlenmesi için, mikrodalga enerji gaz veya elektrik enerjisi gibi konvansiyonel ısıtma ile beraber kullanılmaktadır.

Bu işlemin tam ölçekli üretim fırınlarında ekonomik olarak uygulanmaya başlamasından önce; güvenliğe dair olanlar da dahil olmak üzere teknik problemlerin çözülmesi, aynı zamanda kısmen yüksek elektrik enerjisi maliyetlerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Diğer yandan, deneysel çalışmalar gelecekte geliştirilmesi gereken birtakım önemli faydaları ortaya koymuştur:

- pişirme çevrimi boyunca termal stresin en aza indirilmesi,
- iş veriminin önemli derecede artırılması, yani çok daha kısa pişirme çevrimleri,
- pişirme için gereken enerji tüketiminin oldukça azalması, ancak kurutma için kullanılacak fazla ısı azalacaktır,
- katı proses kayıpları/katı atıkların azaltılması,
- mekanik özelliklerde önemli kazanımlar gibi, kaliteye dair iyileştirmeler,
- bağlayıcı giderilmesinin (refrakter ürünlerden) iyileştirilmesi,
- daha az enerji tüketimi ve yüksek üretim çıktılarına bağlı olarak azalan emisyonlar,
- ürünün 800 °C üzerindeki sıcaklıkta geçirdiği zamanla yakından ilgisi olan florür emisyonlarının azalması.

Prensipte mikrodalga enerjisi, seramik ürünlerin kurutulması (bkz. 2.2.5.8) için de kullanılabilir. Yukarıda bahsedilen pişirmeye ilişkin avantajlar ve dezavantajlar, mikrodalga fırınlarla kurutma için de geçerlidir. Araştırmalar, mikrodalga destekli kurutmanın kompleks ürün şekilleri için uygulanamayacağını, yalnızca ince ürünler için uygun olduğunu göstermiştir [20, CERAME-UNIE, 2004] [28, Schorcht, 2005] [30, Seramik TÇG, 2005].

6.3 Refrakter ürünlere yönelik yeni tip kurutma sistemi

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Kepçe kapakları veya elektrikli ark ocaklarının çatıları gibi büyük boyutlu refrakter inşaat bileşenlerinin kurutulması oldukça zaman alıcı ve enerji yoğunluklu olabilir. Dökülecek refrakter karışımının içine ısıtma elemanı olarak ısı dirençli çelik folyolar (1100 °C'ye kadar ısıtma sıcaklıklı) veya karbon fiberler (250 °C'den düşük kurutma sıcaklıkları) yerleştirilerek bileşenler içten dışa kurutulabilir. Folyolar ve karbon fiberler, yapıya uyum sağlarlar ve aksatmaya sebep olmazlar.

Kuruma içeriden dışarıya doğru gerçekleştiği için, su sıcaklık ile aynı yönde hareket eder. Bu şekilde, kurutma süreleri önemli ölçüde azaltılır.

Ortam sıcaklığının kontrol edilmesi de inşaat bileşenlerinin kalitesini büyük ölçüde artırarak daha az çatlak oluşumu ve iyileştirilmiş yapısal denge sağlayan, daha eşit bir kurutma sağlar. Belirli parametrelerde ulaşılan iyileştirme oranları şu şekildedir:

- soğuk ezilme dayanımı: +%50
- bükülme dayanımı: +%50
- aşınmaya karşı direnç: +%70
- hizmet ömründe artış: +%50.

Bu kurutma tekniği; özellikle çok büyük inşaat bileşenlerinde, refrakter ürünün kurutulma esnasında yalıtılması ile daha da artırılabilir olan, önemli enerji tasarrufları sağlar.

Ortamlar arası etkiler

Sorun yoktur.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Karbon fiberler yaklaşık 250 °C'ye, metal folyolar ise 1100 °C'ye kadar sıcaklıklarda kullanılabilir. Dokuz tonluk bir inşaat bileşeni üzerinde yapılan testler, %6'lık artık nem oranı için normalde 77000 kW's olan kurutma enerji gereksiniminin, ısıtma folyolarının kullanımı ve kurutmada yalıtım sağlanması ile 2000 kW's değerine düştüğünü göstermiştir. Bu, yaklaşık %97'lik bir tasarruf oranına denk gelir. Kurutma süresi de yaklaşık beş günden üç güne düşmüştür.

Ekonomi

Özellikle ağırlıkları 20 tonlara kadar çıkan çok büyük inşaat bileşenlerinde, enerji tüketiminin azalması ile maliyetten önemli ölçüde tasarruf edilebilir.

Uygulamanın itici gücü

- inşaat bileşenlerinin kalitesinin artması ve hizmet ömrünün uzaması,
- maliyet tasarrufu,
- zaman tasarrufu.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

Bu teknik, Urbar, Almanya'daki Wolf GmbH gibi bazı üreticiler tarafından kullanılmaktadır [30, Seramik TÇG, 2005] [32, Seramik TÇG, 2006].

6.4 Entegre sır geri kazanımlı gelişmiş proses atık su yönetimi

Bir seramik fabrikasında, inovatif bir atık su arıtma sistemi kurulması ile kirleticilerin büyük ölçüde azaltılmış ve sıhhi tesisat gereçlerinin, sofa eşyalarının ve duvar ve zemin karolarının üretiminde ciddi tasarruflar sağlanmıştır.

Yeni proses atık suyu sistemi beş modüle sahiptir:

- mikrofiltreleme: en uzun sırlama işleminden (beyaz sırlama, toplam sır tüketiminin %80'idir) çıkan proses atık suyu, sırn geri kazanımı için mikrofiltreleme sisteminden geçirilir. Geri kazanılan sır, sır hazırlama işlemine geri döndürülür.
- ayrı proses atık suyu kollarının arıtılması: duvar ve zemin karolarında kullanılacak hamur hazırlığı esnasında ortaya çıkan, düşük hacimli ancak oldukça kirli durumdaki proses atık suyu ayrı bir arıtma sisteminden geçirilir. Bunun sonucunda oluşan ve seramik kütlenin sinterlenebilme özelliğini artırmaya yardım eden yüksek kaliteli bileşikler içeren pis sudaki çamur, hamur hazırlık aşamasına gönderilirken atık su ise biyobozunur maddelerin ayrılması için belediyenin atık su arıtma tesisine gönderilir.
- mevcut sedimantasyon tanklarının kullanımı: sır hazırlığında çıkan proses atık suyu, ilave tedbirlerle iyileştirilmiş ve otomatik olarak izlenen bir sedimantasyon tankları sisteminden geçirilir. Ortaya çıkan pis su çamuru da duvar ve zemin karoları üretiminde kullanılacak hamurun hazırlık aşamasına geri döner, proses atık suyu ise yeni, çok daha küçük bir proses atık suyu arıtma sistemine gönderilir.
- yeni bir merkezi proses atık suyu arıtma sistemi inşa edilmesi: bir önceki proses atık suyu arıtma sistemi, günlük olarak 3500 m³'e kadar proses atık suyu işleyebilmekteydi. Duvar ve zemin karoları üretim alanındaki sundurma yapıları, atık su arıtma sistemi 1970'lerin başında inşa edildiği zaman yağmur suyu ile üretimden çıkan atık suyu ayırmayı imkansız hale getiriyordu. Son model yeni merkezi sistem, proses atık suyunu fabrikadan toplayarak yerin üzerindeki yeni sisteme pompalamaktadır; dolayısıyla bu su yağmur suyuyla karışmaz. Proses atık suyu hacimlerinde günlük 700 – 800 m³'lük bir hacimsel düzenleme, proses atık suyu akımlarında kirleticilerin azaltılması ve gelişen teknoloji; bunun tamamen otomatize, başlangıçtaki personel ihtiyacının yalnızca %20'si ile çalıştırılabilen ve enerji ve topaklaştırcılarda önemli miktarda tasarruf sağlayan bir sistem olarak tasarlanmasını mümkün kılmıştır. Bu sistemden çıkan pis sudaki çamur da karo üretiminde yeniden kullanılabilir. Kirletici yükünün daha az olması ve yeni bir odalı presli filtre dolayısıyla su içeriğinin (maksimum %25) de daha az olması nedeniyle kalıntı, fabrikanın kendi bertaraf sahasında herhangi bir risk olmaksızın depolanabilir. Testler, materyalin katı atık sahalarının üstündeki örtü sistemlerinin en üstünde mühürleyici bir mineral katman olarak kullanılmaya da uygun olduğunu göstermiştir.
- yağmur suyunun ayrılması: proses atık suyu yeraltı kanalizasyon sisteminden ayrılırken, eski kanalizasyon ve şafların maliyetli modernizasyonuna gerek yoktur. Topaklaştırcıların kullanımında azalma ve otomasyon çalışmaları ile materyallerden ve masraflardan önemli ölçüde tasarruf edilebilir.

Sistemin yeniden tasarlanması, aşağıdaki çevresel avantajları sağlar

- beyaz sırn geri kazanımı ve proseste yeniden kullanımı,
- katı atık sahası kapasitesinden tasarruf,
- biyosit ve aktif kömür filtrelerinin kullanımına gerek kalmaması,
- çok yüksek kirliliğe sahip proses atık suyunun ayrı şekilde arıtılması,
- pis su çamurunun fabrika içinde geri dönüştürülmesi,
- biyolojik olarak kirli olan az miktardaki proses atık suyunun belediyeye ait atık su arıtma tesisine beslenmesi,
- eski kanalizasyon sisteminden kirli proses atık suyu gelme riskinin olmaması,
- sistemlerin adaptasyonu ile enerji tasarrufu,
- çamur ayırma için kullanılan topaklaştırcılardan tasarruf.

Maliyet avantajları

- gerekli olan personel sayısının otomasyon ile başlangıçtaki %20'sine indirilmesiyle personel masraflarından tasarruf,
- enerji masraflarının azaltılması,
- kimyasal katkıların azaltılması,
- yeniden kullanılabilir sıran geri kazanımı,
- atık sahası masraflarının azaltılması.

Proses atık suyu arıtma sistemlerinin toplam maliyeti 2,8 milyon Euro'dur. Bunun sonucunda meydana gelen tasarruflar dolayısıyla beklenen kara geçme süresi 3-4 yıldır.

Potansiyel dezavantajlar

Burada anlatılan sistem, model sistem olarak karakterize edilebilecek olsa da; tarif edilenlerden farklı şartlar altında ortaya çıkabilecek riskler aşağıdaki ekonomik ve kalitesel dezavantajlara yol açabilir:

- filtreleme teknolojisi için gereken enerji masrafları, ham maddenin geri kazanımı ile sağlanan tasarrufları aşabilir (başlangıçtaki ham madde kaybı oranına bağlı olarak).
- mikrofiltreleme sisteminin yanlış tasarımı, yatırım maliyetlerinin aşırılığına veya yetersiz kapasiteye neden olabilir.
- geri kazanılan sıran kullanımı için uzun bir araştırma aşaması gerekir (renk düzeltmelerine ihtiyaç duyulabilir).
- dökülen akımların karıştırılması yalnızca sınırlı bir ölçüde mümkündür, aksi takdirde yüksek kaliteli geri kazanımdan tasarruf edilemez.
- genel sisteme ilişkin olarak yüksek seviye teknik yetkinlik şarttır.
- planlama aşamasında israf tedbirleri hesaba katılmalıdır.

Sonuç: bu tür bir son model çevre teknolojisinin uygulanmasında, model karakteri için katı koşullara tabi endüstriyel deneme süreci halen devam etmektedir [30, Seramik TÇG, 2005] [32, Seramik TÇG, 2006].

6.5 Yüksek kalite sofr a porselenleri için kurşunsuz sırlama

Açıklama ve elde edilen çevresel faydalar

Kurşunlu sırlar, geçmişte genellikle yüksek kaliteli sofr a porselenleri için kullanılmıştır. Kurşunlu sırlamanın avantajları, kusursuz bir yüzey elde edilmesi ve özellikle kurşun içeren sırlara özgü erime ve ıslatma davranışları nedeniyle kolay olan işleme teknikleridir.

Alkali bor silikatların temel alındığı kurşunsuz sır formülasyonları bir sofr a gereci üreticisi tarafından üretilmiştir ve bunlar da kalite ve uygulama özellikleri bakımından kurşun içeren sistemlere oldukça benzemektedir. Bu, kurşun oksitten yılda 60 ton tasarruf edilmesini sağlamıştır. Organik proses katkılarının minimal miktarlarda kullanılması, pişirme sırasında ortaya çıkan organik emisyonların büyük ölçüde önlenmesi anlamına gelir.

Sırların uygulanması, reolojik olarak uygunlaştırılmış sır süspansiyonlarının ıslak püskürtmesi yoluyla gerçekleştirilir. Püskürtme odasında aşırı püskürtme veya odanın ve rafların ya da kuru separatördeki sır tozunun temizlenmesi sırasında ortaya çıkan proses atık suyu, arıtılır ve sırlama işleminde taze sır ile beraber yeniden kullanılır. Bu kapalı sır çevrimi, sır girdisinin optimizasyonunu (sır kayıpları ve asıl gereksinim bakımından) sağlamıştır. Aşağı yönlü termal prosesler olan kurutma ve pişirme, yeni sırlama sistemlerine uygunlaştırılmış ve optimize edilmiştir.

Basit modeller, ek pişirme gerektirmez ve alt sırlama tekniğinin kullanıldığı sırlarla beraber pişirilebilir. Kompleks, renkli, sır üzeri ve sır için modellerin ayrı olarak pişirilmesi gerekir.

Ortamlar arası etkiler

Sır uygulamasından kaynaklanan proses atık suyunun arıtılması ve geri kazanımı için daha yüksek bir enerji gereksinimi ortaya çıkar.

İşletim verileri ve uygulanabilirlik

Bu teknik yüksek kaliteli sofras porselenleri için kullanılır. Renkli sır altı desenlerin kullanılması henüz mümkün değildir veya ilave yatırım gerektirir.

Ekonomi

Bu teknik ile üretici, iki üretim sahasında güncel olarak kurşun oksitten yılda 60 ton tasarruf sağlamaktadır. Bu tekniğe geçiş, tüm prosesin temelden optimizasyonu çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu tekniğin modern proses teknolojisi kapsamında uygulanması, ekonomik uygulanabilirliğin ve dünya piyasasında rekabetin artmasına yol açmıştır.

Uygulamanın itici gücü

Besleme stokunda masraf tasarrufu ve kurşun emisyonlarının önlenmesi.

Örnek fabrikalar ve referans literatür

Villeroy & Boch AG, Almanya, [30, Seramik TÇG, 2005], [32, Seramik TÇG, 2006]

7 SON DEĞERLENDİRMELER

İş sürecinin zamanlaması

Seramik Üretiminde Mevcut En İyi Teknikler konulu bilgi alışverişi, bu amaç için oluşturulan uluslararası teknik çalışma grubu (TÇG) içerisinde 2003 yılının sonlarından 2006 başlarına kadar devam etmiştir. İki istişare ve son TÇG toplantılarıyla elde edilen bilgi ve yorumlara dayanan bu belgenin taslağının oluşturulması ve geliştirilmesi yaklaşık iki buçuk yıl almıştır. Tablo 7.1, yapılan işin kilometre taşlarını göstermektedir.

Seramik BREF çalışmalarının başlaması	Ekim 2003
Proje başlangıç toplantısı	1 – 2 Aralık 2003
1. Taslak	Ekim 2004
1. Taslak yorumları	Ocak 2005
2. Taslak	Haziran 2005
2. Taslak yorumları	Eylül 2005
BREF yazarının değişmesi	Eylül 2005
Son TÇG toplantısı	14 – 17 Şubat 2006
Son taslak	Eylül 2006

Tablo 7.1: Seramik üretimi konulu BREF’e ilişkin çalışma sürecinin zamanlaması

Bilgi kaynakları ve belgenin gelişimi

Bu belge, arasında hem sanayiden hem de Üye Devletlerden edinilen önemli bilgilerin olduğu, 30’dan fazla bilgi kaynağı üzerinde temellendirilmiştir. Bazı raporlar, belgenin gelişimi için hedefe yönelik bilgi sağlamak üzere kasten başlangıç toplantısından önce detaylandırılmıştır ve başlangıç toplantısından sonra da birçok katkı sağlanmıştır. Raporlar, Avrupalı seramik imalatçıların çoğunluğunu temsil eden sanayi derneği CERAME UNIE tarafından sunulmuş olup Üye Devletlerden Avusturya, Belçika, Finlandiya, Almanya, İtalya, Hollanda, Portekiz ve İspanya bu belgenin yapı taşları olarak kabul edilebilir.

Diğer faydalı bilgiler ise genellikle TÇG üyeleri tarafından organize edilip yine bu üyelerin katılımıyla gerçekleştirilen Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya ve İspanya’daki seramik üretim sahalarına gerçekleştirilen ziyaretler ile sağlanmıştır.

Bu belge, TÇG üyelerinin neredeyse tamamı tarafından yapılan ilk taslak için yaklaşık 1000, ikinci taslak için ise 750’nin üzerinde yoruma dayanarak geliştirilmiştir. Bu bağlamda, birkaç istisna hariç EU-25’in 10 yeni Üye Devletinin aktif katılımının sağlanmamış olması nedeniyle, bilgi alışverişinin AB-15 ülkeleri arasında gerçekleştirildiğine dikkat edilmelidir.

Bu belgenin kapsamı ve yapısı, elde edilen bilgi ve yorumlara dayanılarak dokuz ana seramik sektörünü kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Bunlar:

- duvar ve zemin karoları,
- tuğlalar ve çatı kiremitleri,
- sofa ve süs eşyaları (ev kullanımına yönelik seramikler),
- refrakter ürünler,
- sıhhi tesisat gereçleri,
- teknik seramikler,
- vitrifiye kil borular,
- genleştirilmiş kil agregalar,
- inorganik bağlayıcılı aşındırıcılardır.

Bu belgede yer alan bölümlerin sırası (Yönetici Özeti; Önsöz; Kapsam; MET'in bulunduğu 5. Bölüm ve Son Değerlendirmelerin bulunduğu 7. bölüm dahil olmak üzere 1. - 9. Bölümler), BREF taslak ve rehberinde verilen standart düzene uygundur. Bahsi geçen BREF taslak ve rehberi, Avrupa Komisyonu tarafından IPPC bilgi alışverişine yardımcı olmak üzere kurulan Bilgi Alışverişi Forumu (Information Exchange Forum - IEF) tarafından verilmiştir.

Hala mevcut olan bilgi açıkları

Çok faydalı bilgiler ve yorumlar sağlanmış olmasına rağmen, bazı hususlara ilişkin birtakım veri problemleri ve belgedeki sonuçlarına işaret edilmelidir:

- baca gazı temizleme teknikleri haricindeki bazı azaltıcı tekniklerin, ilgili performans verileri bağlamında asıl ekonomik (maliyet) verilerine ilişkin olarak, belirli bir ölçüye kadar tutarlı nicel bilgi eksikliği mevcuttur. Bu durum, özellikle 4. Bölümde yer alan nicelden çok nitel ekonomik ifadelerle, dolayısıyla artık büyük oranda nitel bir yaklaşıma dayandırılan MET çıkarımlarına yol açmıştır.
- ürün gruplarının ve tek başlarına üretim aşamalarının büyüklüğü de, özellikle enerji verimliliği konusundaki MET çıkarımlarının nicelden çok nitel ifadeler olmasına yol açmıştır. Bu bağlamda sunulan veriler birçok özel boyut veya detayı göstermekle beraber, şimdiye dek ilgili hususa dair nadiren genel nicel ifadelerde bulunduğu sonucuna varmaktadır.
- alternatif (örn. biyogaz/biyokütle) veya katı (örn. kömür, petrol koku) yakıtların kullanımı konusunda oldukça az emisyon ve tüketim verisi sağlanmış olup, bazıları son TÇG toplantısında dahil olmak üzere, bunların çoğu belgenin gelişiminin sonlarına doğru verilmiştir; dolayısıyla tam olarak değerlendirilmeleri mümkün olmamıştır.

Son TÇG toplantısında fikir birliği düzeyi

Son TÇG toplantısında tartışılan temel hususlar, iki düzeyde açıklanmış olan MET çıkarımlarından oluşmaktadır:

- genel anlamda seramik sanayiinin tamamına uygulanabilir olan genel MET çıkarımları,
- kapsam altına alınan dokuz ana seramik sektörüne yönelik özel MET çıkarımları.

MET önerileri vakalar için tek tek tartışılmış olup, bu bağlamda MET bölümünün sınır değerlerini öngörmediği, ancak bir dizi MET'in uygulanması ile ilişkilendirilen tüketim ve emisyon değerlerini gösterdiği ve bir tesis özelinde 'Mevcut En İyi Teknikler'in genellikle MET bölümünün genel ve sektöre özel bölümlerinde sıralanan bir veya birden fazla tekniğin beraber kullanılması olacağı sonucuna varılmıştır.

Tartışılan diğer bir nokta ise çok geç elde edilen bilgilerin değerlendirilmesinde karşılaşılan zorluklardan Son Değerlendirmeler bölümünde bahsedilip bahsedilmeyeceği olmuştur. Bu bilgiler özellikle fırınla pişirme işlemi için petrol kokunun yakıt olarak kullanılmasına ve seramik belgesinin güncellenmesi için yardımcı olacak diğer bilgilerin toplanması yönündeki tavsiye kararına ilişkindir.

Son TÇG toplantısında yüksek düzeyde fikir birliği sağlanmış ve herhangi bir fikir ayrılığı kaydedilmemiştir; dolayısıyla, bilgi alışverişi döneminin tamamının geriye dönük olarak değerlendirilmesinde de görüldüğü gibi, bu bilgi alışverişi başarılı kabul edilebilir.

Gelecekteki çalışmalar için tavsiyeler

Bilgi alışverişi ve sonucu, yani bu belge, seramik üretiminde entegre kirlilik koruma ve kontrolünün sağlanması için atılan önemli bir adımı temsil etmektedir. Azaltıcı tekniklerin asıl maliyet verileri ile ilgili tekniklerin enerji verimliliğine ilişkin daha fazla veri de dahil olmak üzere, AB-25 Üye Devletlerinin tamamından bilgi sağlanması konusunda çalışmalar devam ettirilebilir.

Ayrıca, bu belgenin gelecekte revize edilebilmesi için emisyon davranışlarının tam olarak anlaşılabilmesinde, ölçülen gerçek emisyon değerleri gibi her türlü emisyon ve tüketim verilerine ilişkin daha ayrıntılı bilgi sağlanması gerekli olacaktır.

Ayrıca, MET ile ilişkili emisyon seviyeleri (MET İES), özellikle de yüksek kükürt içerikli ham maddelerin kullanıldığı fırınla pişirme süreçlerinden kaynaklanan SO_x emisyonları için yüksek MET İES aralıkları, gelişmekte olan azaltıcı teknikler de göz önünde bulundurularak belgenin revizyonu doğrultusunda bir uzman tarafından değerlendirilmelidir.

Belgenin revizyonunda %17'lik bir oksijen seviyesi referans olarak kabul edilmelidir.

Gelecekteki Ar-Ge çalışmaları için önerilen konular

Özellikle Gelişmekte Olan Teknikler Bölümünde (6. Bölüm) açıklanan teknikler konusunda; ileride de Ar-Ge çalışmaları yapılması gerekli ve faydalı olacaktır, böylece bu teknikler de seramik üretiminde MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulabilir.

Ayrıca AK, Araştırma ve Teknolojik Geliştirme programları ile temiz teknolojiler, geliştirilmekte olan atık su arıtma ve geri dönüşüm teknolojileri ve yönetim stratejilerini konu alan bir dizi projeyi faaliyete geçirmekte ve desteklemektedir. Bu projelerin gelecekteki BREF incelemelerine faydalı katkılarda bulunması olasıdır. Dolayısıyla, okuyucuların bu belgenin kapsamıyla ilgili araştırma sonuçları konusunda EIPPCB'yi (Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu) bilgilendirmeleri rica olunur (ayrıca bkz. belgenin önsözü).

8 REFERANSLAR

- 1 BMLFUW (2003). "Austrian Study on State of the Art of Manufacturing Ceramic Goods by Firing".
- 2 VITO (2003). "The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version - published in 1999".
- 3 CERAME-UNIE (2003). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Nov. 2003".
- 4 UBA (2001). "Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents".
- 5 InfoMil (2003). "Dutch Fact Sheets for the Production of Ceramics".
- 6 Timellini, G., Canetti, A. (2004). "The Italian Ceramic Tile Industry. Contribution to the identification and specification of the Best Available Techniques".
- 7 Dodd, A., Murfin, D. (1994). "Dictionary of Ceramics", The Institute of Materials.
- 8 Ullmann's (2001). "Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition", Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany.
- 9 Navarro, J. E. (1998). "Integrated Pollution Prevention and Control in the Ceramic Tile Industry. Best Available Techniques (BAT)".
- 10 Shreve, R. N. (1945). "The Chemical Process Industries, The Ceramic Industries", McGraw-Hill Chemical Engineering Series.
- 11 CTCV (2004). "Portuguese Ceramic Industry Data".
- 12 SYKE (2004). "The contribution of Finland to the exchange of information in the EU on the use of BAT to control the environmental impact of the manufacture of ceramic products, DRAFT June 28, 2004".
- 13 UBA (2004). "Production of inorganic bonded abrasives".
- 14 Burkart, M. (2004). "Personal Communication by site visits".
- 15 CERAME-UNIE (2004). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Jan. 2004".
- 16 Almeida, M., Vaz, S., Baio, D. (2004). "Impactes Ambientais e Comércio de Emissões Indústria Cerâmica - Um caso de estado".
- 17 SYKE (2004). "Report on Best Available Techniques in the Finnish ceramic industry".
- 18 TWG Ceramics (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1".
- 19 VKI-Germany (2004). "Breviary Technical Ceramics".
- 20 Voland, T., Leuenberger, C., Roque, R. (2004). "Statistic correlations between two methods of pollutant emission evaluation", L'INDUSTRIE CÉRAMIQUE & VERRIÈRE, No 994 - Mai-Juin 2004, pp. 54 - 66.

References

- 21 UBA (2005). "Basic information and data on the expanded clay industry in Germany", Compilation by German National Working group and German expanded clay industry.
- 22 VDI (2004). "Emission control ceramic industry, VDI Guideline 2585, Draft July 2004".
- 23 Schorcht, F. (2005). "Personal Communication by site visits".
- 24 IMA-Europe (2005). "IMA-Europe's comments on the inclusion of calcined clays, 4. May 2005".
- 25 TWG Ceramics (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 2".
- 26 Probst, R. (2005). "Development of processes for cleaning ceramic waste water", cfi ceramic forum international Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft.
- 27 TWG Ceramics (2006). "Final TWG meeting Ceramics".

9 TERİMLER SÖZLÜĞÜ

TERİM	ANLAMI
absorpsiyon	bir maddenin diğerinin içine nüfuz ettiği hacimsel bir süreç (emme).
asit	proton donörü. Su çözeltisine hidrojen iyonu vermeye kısmen yatkın olan madde.
asitleştirme	asidik özellikler elde etmek için bir maddeye asit eklemek.
akut etki	herhangi bir canlı organizma üzerinde hızla ciddi semptomların gelişmesine neden olan ve maruz kalma kesildikten sonra geçen olumsuz etki.
akut toksisite	bir kimyasalın tek bir dozu veya bu kimyasala tek bir kez maruz kalınması sonucunda ortaya çıkan olumsuz etki; genellikle 96 saatten daha az olan kısa bir süre içerisinde ortaya çıkan herhangi olası zehirli etkiler. Bu terim normal şartlarda deney hayvanlarında gözlenen etkiler için kullanılır.
adsorpsiyon	bir yüzey prosesi; bir gaz veya sıvının moleküllerinin ince bir film oluşturarak bir katının yüzeyinde birikmesi (yüzey asimilasyonu)
havalandırma	bir sıvıyı hava (oksijen) ile karıştırma işlemi.
aerobik	oksijenin mevcut olduğu durumlarda gerçekleşen biyolojik proses
alkali	proton alıcı. Su çözeltisindeki hidrojen iyonlarını almaya kısmen yatkın olan madde.
anaerobik	oksijenin mevcut olmadığı durumlarda gerçekleşen biyolojik proses.
AOCI	adsorplanabilir organik klor bileşikler.
AOX	adsorplanabilir organik halojen bileşikler. Aktifleştirilmiş karbon tarafından absorbe edilebilen bir su numunesinde mevcut olan tüm halojen bileşiklerinin (flor hariç), klor olarak ifade edilen, bir litredeki miligram cinsinden konsantrasyonu.
atm	normal atmosfer (1 atm = 101325 N/m ²).
bar	bar (1,013 bar = 1 atm).
MET	mevcut en iyi teknikler
MET İES	MET ile ilişkili emisyon seviyesi
HF	harman flokülasyonu.
KBS	buhar üretmek için kazan besleme suyu.
biyokimyasallar	Doğal yollarla oluşan veya doğal yollarla oluşanlarla eşdeğer olan kimyasallar. Hormonlar, feromonlar ve enzimler bunlara örnektir. Biyokimyasallar; böceklerin çiftleşme modellerini bozma, büyümeyi düzenleme veya itici görevi görme gibi zehirsiz ve öldürücü olmayan etki şekilleriyle pestisit görevi görür.
biyobozunur	mikroorganizmalar tarafından fiziksel ve/veya kimyasal olarak ayrıştırılabilen. Örneğin birçok kimyasal, gıda artıkları, pamuk, yün ve kağıt biyobozunurdur.
biyoçeşitlilik	farklı organizmaların doğal olarak bulundukları ekolojik komplekslerdeki sayı ve çeşitlilikleri. Organizmalar, bütün olarak ekosistemlerden kalıtım bazlı moleküler biyokimyasal yapılara kadar birçok seviyede organize olmuştur. Bu nedenle bu terim, sağlıklı bir çevre için mevcut olması gereken farklı ekosistemler, türler ve genleri kapsar. Türlerin büyük bir çoğunluğu, çoklu avcı-av ilişkilerini temsil eder ve besin zincirini karakterize eder.
bisküvi	(1) pişirilmiş fakat henüz sırlanmamış çömlük. (2) 'sırsız' anlamına gelen bu kelime, 'bisküvi pişirim' gibi bileşik terimlerde kullanılır.
BOİ	biyokimyasal oksijen ihtiyacı: organik maddeyi ayrıştırmak için mikroorganizmalar tarafından ihtiyaç duyulan çözülmüş oksijen miktarı. Ölçüm birimi mg O ₂ /l'dir. Avrupa'da BOİ genellikle 3 (BOİ ₃), 5 (BOİ ₅) veya 7 (BOİ ₇) gün sonra ölçülür.

TERİM	ANLAMI
kütle	(1) seramik ürün olarak şekillendirilmeyi bekleyen ham madde harmanı. (2) çömleğin sırdan ayrı olan iç kısmı.
BREF	MET referans belgesi.
BTEX	benzen, toluen, etilbenzen, ksilen
BTX	benzen, toluen, ksilen
kalsit	kalsiyum karbonatın kristalize formu
kaset	pişirme sırasında çatı kiremitlerini destekleme gibi amaçlar için özel olarak şekillendirilmiş fırın eşyası.
CEN	Avrupa Standardizasyon Komitesi
seramikler	‘seramik’ (seramik ürün) terimi, genellikle metalik olmayan bileşiklerden oluşan ve pişirme prosesiyle sertleştirilen inorganik materyaller (muhtemelen belirli oranda organik içeriğe sahip olan) için kullanılır.
tebeşir	kalsiyum karbonatın amorf türü
kil	kil ocağından alındığı veya öğütülüp suyla karıştırıldığı haliyle, plastiklik özelliği ile karakterize doğal bir materyal.
KOİ	kimyasal oksijen ihtiyacı: atık suda bulunan maddeleri yaklaşık 150 °C’de kimyasal olarak yükseltgemek için gereken, oksijen olarak ifade edilen potasyum dikromat miktarı.
ortamlar arası etkiler	hava/su/toprak emisyonlarının, enerji kullanımının, ham maddelerin tüketiminin, gürültü ve su çıkarmanın (IPPC Direktifi ile gerekli kılınan her şeyin) çevresel etkilerinin hesaplanması.
dH	su sertliği derecesi
difüz emisyon	uçucu veya hafif, tozlu maddelerin çevreyle (normal işletim koşullarındaki atmosfer) doğrudan teması sonucu meydana gelen emisyonlar. Bunlar: - ekipmana ait tasarım (örn. filtreler, kurutucular, vb.) - işletim koşulları (örn. materyalin konteynerler arasında aktarımı sırasında) - işletim türü (örn. bakım faaliyetleri) - veya diğer ortamlara (örn. soğutma suyuna veya atık suya) aşamalı olarak salınım sonucu oluşabilir. Kaçak emisyonlar, difüz emisyonların bir alt türüdür.
difüz kaynakları	birden fazla ve belirli bir alan içerisinde dağınık halde olan, benzer difüz veya doğrudan emisyon kaynakları.
DN	nominal genişlik.
dolomit	dolomit mineralinin, yani kalsiyum magnezyum karbonatın (CaMg(CO ₃)) baskın olduğu kireçtaşı türü.
KK	kuru katı (içeriği). Materyalin standart test yöntemi ile kurutulduktan sonra kalan kütlesi.
EC50	etki konsantrasyonu 50. tek doz verildikten sonra test popülasyonunun %50’sinde etkilerin gözlemlendiği konsantrasyon. Etkiler arasında dafniyanın hareketsizleştirilmesi, büyümenin, hücre bölünmesinin veya biyokütle üretiminin ya da algler tarafından klorofil üretiminin engellenmesi yer alır.
atık su	emisyon oluşumuna neden olan fiziksel sıvı (kirleticilerle beraber hava veya su).
EIPPCB	Avrupa IPPC Bürosu.
emisyon	tesiste yer alan tek veya difüz kaynaklardan, doğrudan veya dolaylı olarak vibrasyon, ısı veya gürültünün havaya, suya veya karaya salınması.
emisyon sınır değerleri	bir veya daha fazla zaman aralığında aşılamayacak olan, belirli özel parametreler cinsinden ifade edilen emisyon konsantrasyonu ve/veya düzeyi.

TERİM	ANLAMI
boru sonu teknik	nihai emisyonları veya tüketimi bazı ek işlemlerle azaltan, ancak temel işlemin asıl işleyişi üzerinde değişikliğe sebep olmayan teknik. Eş anlamlılar: ‘ikincil teknik’, ‘azaltıcı teknik’. Zıt anlamlılar: ‘prosesle entegre teknik’ (temel prosesin işleyişini belirli şekillerde değiştirerek ham emisyonları veya tüketimi azaltan teknik).
astar	görüntüsünü iyileştirmek için gözenekli seramik kütleye uygulanan beyaz veya renkli bir kat döküm bulamacı.
ESP	elektrostatik ayırıcı.
ötrofikasyon	bir su kütlesinin pis su, karadan gelen gübreler ve endüstriyel atıklar (inorganik nitrat ve fosfatlar) ile kirlenmesi. Bu bileşikler sudaki oksijen içeriğini azaltarak alglerin büyümesini uyarır, dolayısıyla yüksek oksijen gereksinimi olan hayvanları öldürür.
mevcut tesis	halihazırda işletilmekte olan veya bu Direktifin yürürlüğe koyulmasından önce yetkilendirilen ya da bu Direktifin yürürlüğe koyulduğu tarihten sonraki bir yıl içerisinde işletime başlamış olmak kaydıyla, yetkili merci bakımından tam yetkilendirme talebine konu olan tesis.
pişirme	seramik bir gerecin, camı veya kristal bağların meydana getirilerek seramik materyallerle ilişkilendirilen özelliklere sahip olmasını sağlamak amacıyla fırında pişirilmesi.
baca gazı	pişirme/yakma proseslerinden kaynaklanan çıkış gazı.
ergitici	küçük miktarlarda bile olsa, doğal olarak bulunduğu (örn. kildeki alkaliler) veya eklendiği (sırlara eklenen boraks) materyalin erime noktasını düşüren madde.
frit	cam oluşturmak için eritilmiş ve su verilmiş, genellikle granüle edilmiş bir seramik kompozisyonu.
fuel oil EL	ekstra hafif fuel oil
kaçak emisyon	sıkı olmayan ekipmandan kaynaklanan emisyon/sızıntı: temelde basınç farkından kaynaklanan ve kaçağa sebep olan, kapalı haldeki bir akışkan (sıvı ya da gaz) muhafaza etmek için tasarlanan bir ekipman parçasının zamanla gevşemesi nedeniyle çevreye doğru gerçekleşen emisyon. Kaçak emisyon örnekleri: flanş, pompa, sızdırmaz veya sıkı ekipman ve benzerinden gerçekleşen sızıntılar.
GSYİH	gayrisafi yurtiçi hasıla.
GJ	gigajul.
cam	atomlarında uzun erimli düzen olmayan bir katı.
sır	uygulanan kaplama ile beraber pişirilmesiyle seramik ürünün yüzeyinde oluşan ince, camı katman.
sırlı	‘sırlanmış’ anlamına gelen bu kelime genellikle ‘sırlı gereçler’ veya ‘sırlı pişirme’ gibi bileşik terimlerde kullanılır.
yaş kütle	şekillendirilmiş ancak kurutulmamış veya pişirilmemiş seramik ürünler
HFO	ağır fuel oil.
hPa	hektopaskal.
IEF	Bilgi Alışverişi Forumu (Information Exchange Forum) (IPPC Direktifi çerçevesindeki gayriresmi danışma kurumu).
imisyon	çevredeki kirlenici madde, koku veya gürültünün meydana gelmesi ve düzeyi.

TERİM	ANLAMI
tesis	IPPC Direktifinin Ek I kısmında sıralanan faaliyetlerin bir veya birkaçının ve sahada gerçekleştirilen faaliyetlerle teknik bağlantısı olan ve emisyon ve kirlilik üzerinde etkisi olabilecek herhangi diğer faaliyetlerin gerçekleştirildiği sabit teknik birim.
IPPC	entegre kirlilik önleme ve kontrol.
I-TEQ	diyoksin/furan toksisite eşdeğeri.
K	Kelvin ($0^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$).
kaolin	beyaz pişirme kilinin ilk kez keşfedildiği yüksek sırtların Çince adı olan Kao-Lin kelimesinden gelen ismi.
kcal	kilokalori ($1\text{ kcal} = 4,19\text{ kJ}$).
fırın	seramik ürünlerin pişirilmesi için kullanılan yüksek sıcaklıklı bir kurulum.
fırın kapasitesi	fırının pişirme kapasitesi.
fırın gereçleri	fırında pişirme sırasında seramikleri desteklemek için kullanılan refrakter materyallerin genel adı ('pişirme yardımcıları').
cephe tuğlası	kaliteli tuğla veya düşük su emiciliği ve yüksek kırıcılık gücüne sahip cephe tuğlası kalitesinde olabilen bir tür inşaat tuğlası.
kWs	kilowatt-saat ($1\text{ kWs} = 3600\text{ kJ} = 3,6\text{ MJ}$).
LAS	lineer alkilbenzen sülfonat.
LC50	öldürücü doz 50. bir maddenin, belirli bir süre içerisinde (balıklar için 96 saat, dafniya için 48 saat) test popülasyonunun %50'sini öldürmek için yeterli olan, sudaki veya ortam havasındaki en düşük konsantrasyonu.
LD50	öldürücü doz 50. bir maddenin, fare veya sıçan gibi türlere verilerek belirli bir süre içerisinde (14 günden fazla olmamak kaydıyla) test popülasyonunun %50'sini öldürmek için yeterli olan ve vücut ağırlığının her bir kilogramı için miligramlarla ifade edilen, en düşük dozu.
kireçtaşı	yalnızca CaCO_3 içeren mineral kayaç; bu şekilde veya ham madde olarak, adi kirecin (kalsiyum oksit) karbondan arındırılması ve adi kirecin hidrasyonu ile, söndürülmüş kireç (kalsiyum hidroksit) oluşturulması için kullanılır.
LNG	sıvılaştırılmış doğalgaz.
LOEC	gözlenen en düşük etki konsantrasyonu. bir test maddesinin, olumsuz etkilerin gözlemlenebildiği deneysel olarak belirlenen en düşük konsantrasyonu.
LPG	sıvılaştırılmış petrol gazı.
LWA	hafif genleştirilmiş kil agrega: uygun türdeki killerin döner fırında veya sinterleme fırınında aniden ısıtılması ile üretilen şişkin kil agrega.
m^3/s	hacimsel akış hızı: aksi belirtilmediği sürece, bu belgedeki hacimsel akış hızı, hacmen %18 oksijen ve standart hali ifade eder.
manyezi	magnezyum oksit (MgO).
manyezit	magnezyum karbonat (MgCO_3).
mg/m^3	konsantrasyon: aksi belirtilmediği sürece, belgede gaz halindeki maddelerin veya madde karışımlarının konsantrasyonları, hacmen %18'lik oksijen ve standart haldeki kuru baca gazını; benzer konsantrasyonları ise hacmen %15'lik oksijen ve standart hali ifade eder.
MJ	megajul ($1\text{ MJ} = 1000\text{ kJ} = 10^6\text{ J}$).
İzleme	bir emisyonun veya diğer bir parametrenin gerçek değerinin ve varyasyonlarını belirlemek veya değerlendirmek amacı taşıyan; sistematik, periyodik veya bölgesel gözetleme, teftiş, örneklem ve ölçüm prosedürlerine, veya emisyon miktarları ve/veya salınan kirleticilere dair trendlerle ilgili bilgileri kanıtlamaya yönelik diğer değerlendirme yöntemlerine dayanan süreç.
MPa	megapaskal.

TERİM	ANLAMI
çoklu ortam etkileri	bkz. ortamlar arası etkiler.
n/a	uygulanabilir değil.
mevcut değil.	mevcut değil.
naftenler	parafinik dalların ekli olduğu moleküllerinde 5 veya 6 karbonlu bir veya daha fazla doymuş halka bulunan hidrokarbonlar (sıfat: naftenik).
n/d	veri yok.
N-Kj	Kjeldahl yöntemiyle analiz edilmiş azot.
Nm ³	normal metreküp (273 K, 1013 hPa).
NOAC	gözlenen akut etki konsantrasyonu yok.
NOEC	gözlenen etki konsantrasyonu yok.
çıkış gazı	ortam sıcaklıklarında gerçekleşen yanma veya ekstraksiyon işlemleri sırasında salınan gaz/hava için kullanılan genel terim.
işletmeci	tesisi işleten veya kontrol eden veya iç mevzuat uyarınca öngörülmüş olduğu durumlarda, tesisin teknik işleyişine dair ekonomik yetkinin verilmiş olduğu gerçek veya tüzel kişi.
partikül madde	toz.
pH	bir çözeltinin asitliği veya bazikliğinin sembolü. Sulu bir çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunun on tabanındaki ters logaritmasına eşit olan sayıdır.
kirletici	çevreye zarar verebilecek veya çevreyi etkileyebilecek tek bir madde veya madde grubu.
çömlek	bu terim genellikle ev tipi seramik gereçleri ifade eder.
ppm	milyonda parça sayısı.
birincil tedbir/teknik	temel prosesin işleyişini belirli şekillerde değiştirerek ham emisyonları veya tüketimi azaltan teknik. (bkz. boru sonu teknik).
PTFE	Politeirafloretilen (Teflon).
rpm	dakikadaki devir sayısı.
ikincil tedbir/teknik	bkz. boru sonu teknik.
ortam yoğunluğu	fırının pişirme hacminde pişirme yardımcıları olmadan pişirilecek malın kütesinin, fırının genel pişirme hacmine oranı.
sinterleme	kompakt bir tozun çok kristalli bir yapı oluşturması için ısı ile yoğunlaştırılması için kullanılan genel terim.
döküm bulamacı	kil ve/veya diğer seramik materyallerinin sulu süspansiyonu.
çamur	göreceli olarak yüksek katı içeriğine sahip süspansiyon.
KOBİ	küçük ve orta ölçekli işletme(ler).
emme	maddenin bir diğer maddeyi adsorpsiyon veya absorpsiyon ile içine alması veya tutması.
spesifik emisyon	üretim kapasitesi veya fiili üretim gibi bir referans temeline dayanan emisyon (örn. üretilen birim veya ton başına kütle olarak).
AK	askıda katı madde (içeriği) (suda) (ayrıca bkz. TAK).
standart hal	273 K sıcaklık ve 1013 hPa basıncı ifade eder.
TJ	terajul.
TOK	toplam organik karbon.
TK	toplam katı (içeriği). Materyalin kurutulmadan önceki katı içeriği.
TAK	toplam askıda katı madde (içeriği) (suda) (ayrıca bkz. AK).
TÇG	teknik çalışma grubu.
camsı	'cama benzer' anlamına gelen terim (vitroz), seramik ürünlere uygulanan yoğun camlaştırma (sinterlemeden farklı olarak) işleminin sonucu olarak son derece düşük gözenekliliğe sahiptir.
camlaştırma	kilin veya kütlelerin, pişirme işlemi sonucu progresif kısmi füzyonu (vitrikasyon).

TERİM	ANLAMI
UOB	uçucu organik bileşikler.
hacmen-%	hacmen yüzde oran.
W/(mK)	termal iletkenlik.
ağırlıkça %	ağırlıkça yüzde oran.
µg	mikrogram.
µS	mikrosiemens.

KİMYASAL SEMBOLLER

Al...Alüminyum	H ₂ O...Su	PbO...Kurşun oksit
Al ₂ O ₃ ... Alüminyum oksit	HCl...Hidrojen klorür	Pr...Praseodimyum
BaO...Baryum oksit	HCN...Hidrosiyanik asit	Pt...Platin
BN...Boron nitrit	HF...Hidrojen florür	Rh...Rodyum
Ca...Kalsiyum	K ₂ O...Potasyum oksit	S...Kükürt
Ca(OH) ₂ ...Kalsiyum hidroksit	MgCO ₃ ...Magnezyum karbonat	Sb...Antimon
CaCl ₂ ...Kalsiyum klorür	MgO...Magnezyum oksit	Si... Silisyum
CaCO ₃ ...Kalsiyum karbonat	Mn...Mangan	SiC...Silisyum karbür
CaF ₂ ...Kalsiyum florür	Mo...Molibden	SiO ₂ ... Silisyum dioksit
CaO...Kalsiyum oksit	Na ₂ CO ₃ ...Sodyum karbonat	Sn...Kalay
CaSO ₃ ...Kalsiyum sülfat	Na ₂ O...Sodyum oksit	SO ₂ ...Kükürt dioksit
CaSO ₄ ...Kalsiyum sülfat	Na ₂ SO ₃ ...Sodyum sülfat	SO ₃ ...Kükürt trioksit
Cd...Kadmiyum	NaCl...Sodyum klorür	SO _x ...Kükürt oksitler
Ce...Seryum	NaF...Sodyum florür	Ti...Titanyum
Co...Kobalt	NaHCO ₃ ...Sodyum hidrojen karbonat	TiN...Titanyum nitrit
CO...Karbon monoksit	NaOH...Sodyum hidroksit	TiO ₂ ...Titanyum dioksit
CO ₂ ...Karbon dioksit	NH ₃ ...Amonyak	V... Vanadyum
Cr...Krom	Ni...Nikel	W...Tungsten
Cu...Bakır	NO ₂ ...Azot dioksit	WB ₂ ...Tungsten borit
F...Flor	NO _x ...Azot oksitler	Zn...Çinko
Fe...Demir	O ₂ ...Oksijen	Zr...Zirkonyum
Fe ₂ O ₃ ...Demir oksit	Pb...Kurşun	ZrO ₂ ...Zirkonyum dioksit