

2009 AÇI



3rd International Foundry and
Environment Symposium
(IFES2009)

Proceedings

**3. Uluslararası Döküm ve Çevre Sempozyumu
Bildiriler Kitabı**



ÇEVRE İÇİN EN UYGUN KİREÇ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

M.Talha GÖNÜLLÜ*, Ahmet EKERİM**, Namık AK***

*YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, 34220, Davutpaşa/Esenler/İSTANBUL

** YTÜ Metalürji ve Malzeme Müh. Bölümü, 34210, Davutpaşa/Esenler/İSTANBUL

***Bahçeşehir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü ,34349, Beşiktaş/ İSTANBUL

Özet

Kireç, doğadan elde edilen ve metalürjik ve daha birçok endüstriyel üretimlerin hammaddesi olmakla beraber, inşaat sektörünün de vazgeçilmez yapı taşıdır. Kireç imalatının 1000°C'yi aşkın sıcaklık gerektirmesi, bu üretim biçiminin tehlikeli özellikte olabilecek bazı yanabilir atıkların yakılarak bertarafını gündeme getirmiştir. Bu arayış, esasen, enerji yakıtlarının giderek azalması ve maliyetinin artması sonucunda, kireç imalatçıları tarafından söz konusu edilmiş ve günümüz dünyasında bu konuda giderek çevreyi koruyan ve bazı tehlikeli atıkları da ortadan kaldırmayı öngören teknolojiler geliştirilmiştir. Bu bildiride bu konuda mevcut üretim teknolojileri, çevre açısından sorun çıkarmayacak şekilde yanabilir atıkları kullanabilen teknolojiler kıyaslanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kireç, Kireç Teknolojileri, Hava Kirlenmesi, Atıkların Yakılması

BEST TECHNOLOGY FOR ENVIRONMENTAL INVESTIGATION OF LIME

Abstract

Lime, derived from nature and production of metallurgical and many other industrial raw material, but the construction sector is an indispensable building blocks. Manufacture of lime over the temperature require 1000°C, this production features of the format may be in some flammable hazardous waste is disposed of by burning has been brought up. This quest, essentially, energy, and Gradual decrease in fuel- costs increased as a result, by lime manufacturers were concerned, and in today's world on this issue by going to protect the environment, and some hazardous waste to eliminate the predicted technologies have been developed. This paper on this subject in the current production technology, environmental problems in terms of flammable waste in a manner that can not remove the technology will

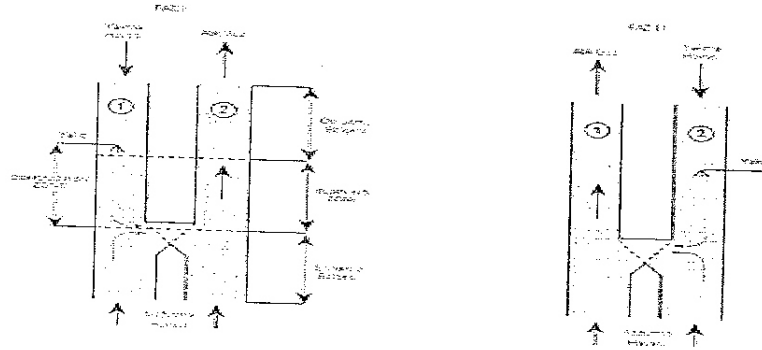
be compared.

Keywords: Lime, Lime Technologies, Air Pollution, Incineration of Wastes as Fuel

fırındır. Bu bildiriye incelenen Bursa-Karacabey'de kurulmakta olan tesis de 2 şafllı paralel akımlı fırındır. Yine kaba rakamla dünya genelinde 200 adet daire kesitli fırın kurulmuştur.

Maerz fırınlarında yakıt her bir gövdeye 12 dakika süre ile verilir. Sonraki 12 dakika ötekine verilmeye başlanarak, gaz akımı ters yöne çevrilir. Bu durum Şekil 2'de şematik olarak açıklanmıştır.

Bu fırından çıkan sıcak gazlar ile diğer gövdedeki kireç taşı ön ısıtmaya (800°C) tabi tutulur. Yakma süresi tamamlandığında diğer fırına yakıt verilir. Kalsinasyon bu şekilde münavebeli olarak gerçekleştirilir. Maerz fırınlarının ısı verimi çok iyi olup yakıt sarfiyatı 850-950 kcal/kg kireç mertebesindedir. Fırında 1100°C'da kalsinasyon gerçekleşir. Maerz fırınlarına diğer dik fırınlara beslenen taş ebadından daha küçük ebatta taşlar da beslenebilmektedir. Maerz fırınları 100-600 t/gün kireç üretimi yapabilecek kapasitededirler.



Şekil 2. İki Şafllı Maerz Fırını Çalışma Şematiği

Kireç üretiminde kullanılan modern döner fırınlar maksimum 5 m çapında 45-60 m uzunluğunda olup, çeşitli tipte ön ısıtma ekipmanları ile donatılmışlardır. Ön ısıtmanın döner fırının içinde yapıldığı eski tip 100 m boyunda döner fırınlar da halen kullanılmaktadır. Döner fırınların yakıt tüketimi 1250-2000 kcal/kg ile oldukça yüksektir ve toz tutma sistemleri büyük ve masraflıdır.

Maerz firmasının web sitesinde Maerz PFR fırın tipi ile Döner fırınların kıyaslaması Tablo 2'deki gibi verilmiştir.

Tablo 3'te verilen bir başka tabloda birçok fırın türü yine kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalar, Maerz PFR fırınların avantajlarını ortaya koymaktadır. En önde gelen avantajı, görüldüğü üzere, enerji yani yakıt gereksiniminin en az olmasıdır.

Tablo 2. Maerz PFR Fırın ile Döner Fırınların Mukayesesi

	Maerz PFR	Ön Isıtmalı Döner Fırın	Uzun Döner Fırın
Taş boyutu	15-150 mm	3-60 mm	1-60 mm
Max. taş boyutu oranı	6:1	5:1	3:1
Isı tüketimi	3550 kJ/kg	5000 kJ/kg	6700 kJ/kg
Elektrik tüketimi	25-40 kWh/ton	35 kWh/ton	25 kWh/ton
Refrakter malzeme tüketimi	Düşük	Düşük	Yüksek
500 ton/gün kapasiteli tesis ilk yatırım maliyeti	%80	%100	%100
Kireçten karbondioksit	< %2	< %1	< %1
Kirecin reaktifliği	< 1 dakika	< 1 dakika	3-5 dakika
Toz emisyonu (üretim yüzdesi)	%1-2	%2-5	%5-10

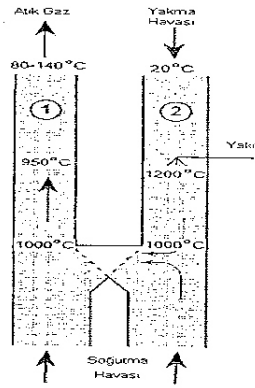
Tablo 3. Fırın tiplerinin kıyaslanması

Fırın tipi	Kapasite (ton/gün)	Taş boyutu (mm)	Isı İhtiyacı (kJ/kg)	Özelliği
Dikdörtgen kesitli PFR	100-400	30-120	3390-3650	Yüksek reaktiflikte kireç
Dairesel PFR	300-800	30-160	3390-3650	Yüksek reaktiflikte kireç
İnce daneli kireç fırını	200-400	15-40	3310-3560	Yüksek reaktiflikte kireç
Ön ısıtmalı Döner	500-1200	15-45	4820-5650	Yüksek üretim hızı/düşük S içerikli kireç
Annular şaft	200-600	15-200	3800-4100	Yüksek CO2 oluşumu
Askıda kalsiner	300-1200	0,03-2	5450-5860	Çok ince hammadde tedarığı
Tek şaftlı	50-300	10-100	4100-4610	Orta-sert arası iyi pişmiş kireç
Yüksek sıcaklıklı	25-150	10-60	İşlenen hammaddeye bağlı	İyi sinterize refrakter ürünler
Çok bölmeli	25-300	0-30	İşlenen hammaddeye bağlı	Küçük granül malzemelerin kalsinasyonu ve ısıtılması

Atık türü malzemelerin yakılmasında yakma sisteminin sıcaklığı önemli olduğundan, Paralel Çalışan Çoklu Maerz Fırınlarına ait sıcaklık seyri, L.Lokman (Kireç Üreticileri Birliği) kitabında geçtiği şekilde aşağıya alınmıştır:

Kapasitesi günlük 100-600 ton arasında değişen paralel akışlı Maerz fırını, ısı verimi açısından kireç fırın tarihinin en yüksek ve en istikrarlı fırın tipidir. En önemli özelliği çekirdek oranı düşük ve yumuşak pişmiş kireç üretebilmesidir. Paralel akışlı Maerz fırınında kalsinasyon bölgesi girişinde taş sıcaklığı 810oC, gaz (hava) sıcaklığı ise 1400oC civarındadır. Zon çıkışında ise gaz ve taş yaklaşık olarak aynı 1150oC sıcaklığına sahiptir. Çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın kaybolarak taşın aşırı pişmesinin önlenmesi sonucunda yumuşak pişmiş kireç elde edilir.

Bu ifadeler, bu tipteki tesislerin atıkları emin biçimde yakılabileceğini göstermektedir. Maerz firması web sitesindeki benzer bilgilerden de yararlanarak, paralel çalışan iki şaft için sıcaklık değişimleri Şekil 3'deki gibi belirlenir. Her 12 dakikada bir yanma gazı akım yönü değiştiğinden, ortama beslenen taşların sıcaklığı sürekli olarak yüksek kalmaktadır. Fırındaki sıcaklık, ön ısınma bölgesinde dahi 950oC'a kadar erişmektedir. Bu teknolojinin daha önce sayılan öne çıkan yararları dışında, çevre kirliliğini önleme açısından bir diğer önemli avantajı ise, fırından çıkan atık gazların, torbalı filtre gibi yüksek sıcaklığa dayanamayan hava kirliliği giderme ekipmanlarının çalışmasına uygun sıcaklığa sahip olmasıdır. Bunun yanında henüz yeni beslendiği için çok ısınmamış durumdaki kalkerin, fırını terk eden atık gaz içindeki birçok hava kirleticileri tutma fonksiyonu da söz konusu olacaktır.



Şekil 3. Maerz fırını şaftlarında sıcaklık dağılımı

2. KİREÇ TAŞI ÜRETİMİNDE KULLANILAN YAKITLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

A.B.D.'nde kalsinasyon için kömür, petrol, petrokok ve doğal gazın birincil yakıt olarak kullanıldığı bilinmektedir. Petkok, genelde kömürle beraber yakılmaktadır. Bu temel yakıtların yanında çeşitli atıklar da ikincil yakıt olarak kullanılmaktadır. Kalsinasyon fırınlarından kaynaklanan emisyonlar, genelde bir siklondan geçirildikten sonra torbalı filtre

veya elektrostatik filtreden geçirilmektedir. Bazı ıslak arıtma uygulamaları da (özellikle venturi tipi olanlar) gözlenmektedir.

Avrupa'da 1995 yılındaki kireç üretiminde kullanılan yakıtlar içindeki katı kısım %36 olmuştur. Bu katı yakıtların taş kömürü, kok, linyit ve petkok olduğu bildirilmektedir (International Organization for Standardization).

Kireç üretiminde kullanılan yakıtların özellikleri Tablo 4'te verilmiştir (L.Lokman, Kireç Üreticileri Birliği).

Tablo 4. Kireç üretiminde kullanılan yakıtlar ve özellikleri

Yakıt tipi	İlk yatırım gideri	Net ısı ünitesi bazında gider	Kül oranı (%)	Uçucu madde oranı (%)	Kükürt oranı (%)	Net kalorifik değer (kcal / kg)
Antrazit	düşük	yüksek	5-10	<10	1	8200-8600
Bitümlü kömür (parça)	düşük	düşük	3-10	11-50	1-5	7800-8600
Bitümlü kömür (toz)	yüksek	düşük	3-10	11-50	1-5	7800-8600
Linyit	yüksek	düşük	7-12	40-60	0-5	yak.7000
Kok (parça)	düşük	yüksek	6-12	<1	1	yak. 8000
Petkok	yüksek	düşük	<1	<5	3-5	yak.3200
Ful-Oil No.6	orta	orta	0	100	1-4	9700
Doğal gaz	orta	orta	0	100	0	11400
Propan	düşük	yüksek	0	100	0	11400
Bütan	düşük	yüksek	0	100	0	11400
Kok gazı	yüksek	yüksek	0	100	1-5	düşük
Ağaç tahta	düşük	düşük	<2	75-80	düşük	yak.2600

Petrokok, ucuz, yüksek ısı değerli ve kül kalıntısı az olması ile oldukça elverişli durumda gözükmektedir. Olumsuzlukları, yüksek kükürt ve bazen ağır metal içeriğidir. Bu nedenle, ısı değeri uygun olan ve kükürt ve ağır metal içeriği istenen değerlerde olan petkokun yakılması arzu edilir. Yüksek S ve ağır metal içerikli petkoklar ise ancak emisyon limitlerini karşılayacak şekilde diğer primer yakıtı katılarak yakılabilmektedir. Bazı gerçek uygulamalarda, %100 petkok kullanıldığı da görülmektedir. Petkok ile halojenli bileşikler genelde birlikte geçmez. Bu nedenle petkok yakılması sırasında sıcaklığın ilgili yönetmeliklerde belirtildiği üzere 2 sn için 1100oC'da tutulması ifadesi yer almamaktadır.

Dünya genelinde kullanılan petkokun %93'ünü oluşturan delayed petcoke'un özellikleri Tablo 5'te verilmiştir (Davidson, 2007). Dünya genelinde üretilen petkokun %22'si kireç kalsinasyonu içinde kullanılmaktadır (Davidson, 2007).

Tablo 5. Genel kullanımdaki petkok özellikleri

Analiz	% ağırlık
Sabit karbon	88,90
Uçucu madde	10,42
Kül	0,35
Su muhtevası	0,26
Karbon	88,80
Hidrojen	3,70
Oksijen	0,69
Azot	1,67
Sülfür	4,55
Kül	0,33
Üst kalorifik değer, GJ/ton	30,2-34,9
Partikül boyutu (< 100mesh)	0,1

Tesiste kullanılacak piyasa malı petkokun takribi kimyasal özellikleri aşağıdaki gibidir:

Su muhtevası ≈% 4–5

Kül ≈% 0,5–0,7

Kükürt ≈% 3–4 (< %5)

Uçucu madde ≈% 10–12,5

Sabit karbon ≈%85

Üst kalorifik değer ≈8500 kcal/kg

Alt kalorifik değer ≈7800 kcal/kg

Kireç üretiminde oluşan baca gazları ve yayılı emisyonlara ait emisyon faktörleri A.B.D. EPA kuruluşunun konuyla ilgili AP-42 nolu (11.17 Lime Manufacturing) veri tabanından temin edilebilir. Bu veri tabanında geniş aralıkta değişen işler için emisyon faktörlerini bulmak mümkündür. Kireç fırınlarındaki önemli muhtemel emisyonlar olan karbon oksitleri (CO, CO₂), azot oksitleri (NO_x), sülfürdioksit (SO₂) ve tozdur. AP42'de bunlara ait emisyon faktörleri verilmiştir. Bunların dışındaki organik kirlenmeler için emisyon faktörleri verilmemiştir.

AP42 veri tabanında, günümüz modern uygulamalarından PFR tipi fırınlar için emisyon faktörleri verilmemiş durumdadır. PFR tipi fırınlar için AB kaynaklarında emisyon faktörleri bulunabilmektedir (European Commission, December 2001).

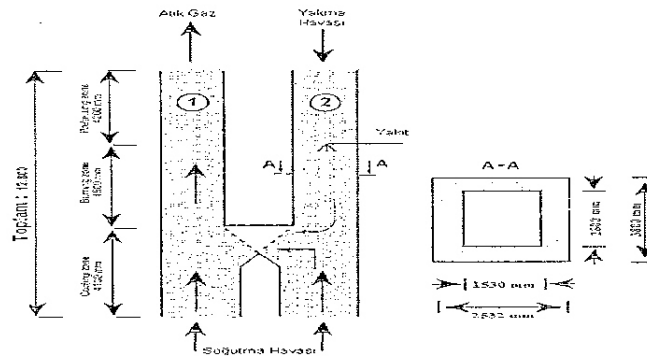
Günümüz yakıt seçiminde, karbondioksit arzının giderek azaltılması için atık ve biomass kullanılması yoluna gidilmektedir. Bu maksatla sıvı ve katı atıkların kullanılması yaygınlaşmaktadır. Sıvı haldeki atık yağların kullanılması, sağladığı ekonomi nedeniyle, petkok tüketen firmalar tarafından çok istenen ve beklenen bir durumdur. Kireç imalat sektöründe, yakıt en önemli giderlerden biri olduğundan da eğer mamul üzerinde ve oluşacak emisyon üzerinde olumsuzluk olmayacak veya giderilebilecekse, atıkların kullanılması yine cazip olmaktadır.

Ülkemizde de çok sayıda kireç imal tesisinde, Çevre ve Orman Bakanlığı izini ile, petkok yakıt olarak kullanılmaktadır (Bkz. Genelge 2004/4). Bu tesisler, ilgili hava kirliliği mevzuatı gereğince yapılan emisyon araştırmaları ile uygun koşulları sağladıklarından, petkok kullanma izinleri devam etmektedir.

Tesiste sintine yağı vb. gibi yağların kullanılması da istendiğinden literatür araştırması yapılmış ve bu tür yağlarda klorür içeriğine tesadüf edilmemiştir. Ayrıca bu tesiste kullanılacak sintine yağlarına ait kimyasal analiz listelerinde de klorür bulunmadığı görülmüştür.

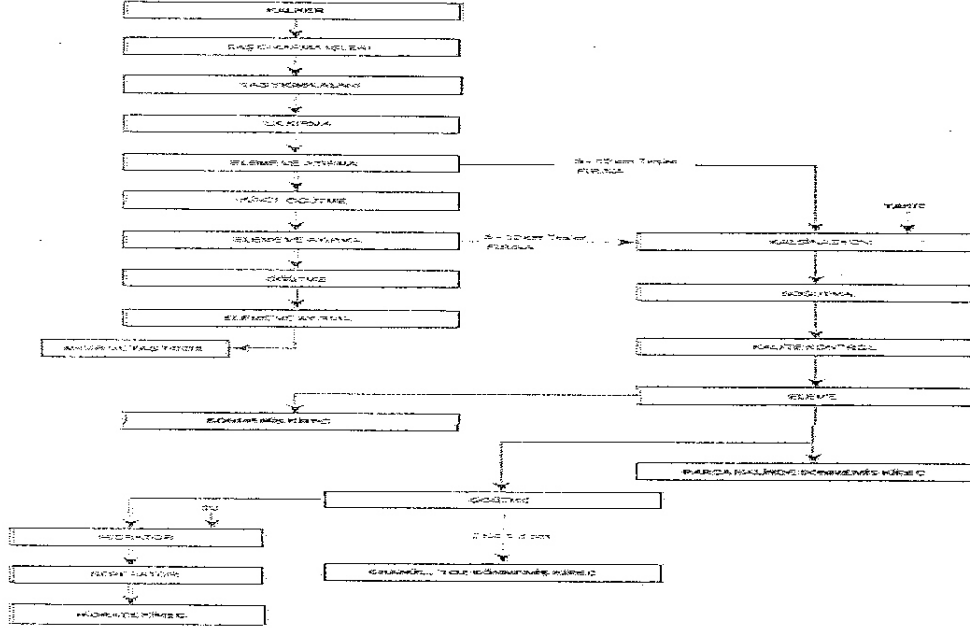
3. BURSA-KARACABEY'DE KURULAN TESİSTE UYGULANAN İMALAT TEKNOLOJİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tesis, Bursa İli, Karacabey İlçesi, Kıranlar Köyü hudutları dahilinde kurulmaktadır. Tesis, Kıranlar Köyü'nün en yakın evine 2000 m ve köy merkezine 2250 mesafede, etrafı sülsüz rüzgâr alan, köyden 200 m daha yüksek kotta ve yakınında herhangi bir yerleşim bulunmayan bir dağ yamacındadır. Tüm tesis, 35.300 m² alanda kurulmaktadır. Tesise erişim, köy dışından inşa edilen bir yol ile olmaktadır. Tesis fırın boyutları Şekil 4'de verildiği gibidir.



Şekil 4. Tesis fırın boyutları

Tesis, günde 200 ton kalsine edilmiş kireç (sönmemiş kireç, CaO) üretecektir. Kalkerde yapılan analiz sonucunda % 34,63 Ca ve %44,30 CO₂ bulunduğu belirlenmiştir. Buna göre bu kalkerden %48,48 oranında CaO elde edilebilecektir. Bu amaçla günde min. 740 ton fırın taşı fırına beslenecektir. Tesise ait işletme akış şeması Şekil 5'deki gibi olacaktır.



Şekil 5. İşletme akış şeması

Fırın içine beslenen taş kütlelerinin boşluksuz yoğunluğu $\rho_s = 2,5$ ton/m³ ve boşluklu yoğunluğu $\rho_b = 1,4$ ton/m³ 'dür. Buna göre fırın içindeki boşluk oranı %44 şeklindedir. Fırının içten içe kesiti 4,28 m² 'dir. Buna göre fırındaki şaftlarda oluşan bölgelerin toplam ve taştan artan boşluk hacimleri aşağıdaki gibi olacaktır:

Bölgeler (Zones)	Bölge Hacmi, m3	Toplam Bölge Hacmi, m3	Boşluk Hacmi, m3
Taş Besleme ve Yakıt Besleme Noktası Arasındaki Bölge	17,98		7,91
Combustion Zone	19,26		8,47
Burning Zone	19,26		8,47
Ön Isıtma Bölgesi	17,98		7,91
Soğutma Bölgesi	17,55		7,72

Tesiste, petkok ve sintine yağı vb. atık yağlar yakıt olarak kullanılacaktır. Bu amaçla 1 kg CaO için Maerz fırınlarında ort.950–1000 kcal kullanılmaktadır. 1000 kcal/ kg CaO için, tesisin ısı ihtiyacı 200.000.000 kcal/gün (8.333.330 kcal/saat) olacaktır. Buna göre fırının anma ısıt gücü 9,7 MW şeklinde olacaktır. Bu değer, ETKHKKY Yönetmeliğinde petkok yakmak için istenen min. 5 MW anma ısıt kapasitenin üzerinde olup, uygundur.

Fırının ilk devreye alınışında petkok veya sintine yağı vb. gibi atık yağlar kullanılmamaktadır. Fırın ilk devreye alınırken, iki şaft arasındaki bağlantı kanalında yerleştirilen 500 kg civarındaki odun yakılmakta ve bunu müteakiben yukarıdan motorin yakıt ortama beslenmeye başlanmaktadır. Fırın içi çeperlerinin 1100oC'a gelmesi için 3000 litre motorin harcandığı técrübe edilmiştir. Fırın içindeki sıcaklık profili istenen duruma geldikten sonra petkok beslenmesine başlanmaktadır.

Petrokokun alt ve üst kalorifik değerleri sırasıyla, 7800 ve 8500 kcal/kg'dır. Buna göre günlük petkok ihtiyacı: 25,64 ton/gün (1070 kg/saat) şeklinde olacaktır.

Kullanılacak sintine yağlarına ait analiz raporları incelendiğinde 10300–10600 kcal/kg aralığında üst ısıt değer ve % 0,1 su içeriği tespit edilmiştir ki bu durumda alt ısıt değer, üst ısıt değere yakın değerlerdedir. Sintine yağının S içeriği de % 1'in altında tespit edilmiştir. Sintine yağının da petkokka alternatif biçimde yüksek ısıt değerli ve düşük kül içerikli olduğu görülmektedir.

Fırındaki yakıt donatıları aşağıya çıkarıldığı gibidir:

Petkok yakıt donatıları:

Petrokok (load cell'i) kantarı

Sevk için blower (aynı zamanda primer hava sağlamış olur)

Yakıt hatları

Hangi şaft yanacak ise o şafta yakıtı gönderen yakıt ayırıcılar

Yakıtları fırın içine sevk eden 3900 mm uzunluğunda yakıt lansları

Slob yakıt donatıları:

Hacimsel ölçü yapan sıvı yakıt sayaçları

Pulverizasyon için primer hava bloweri

Yakıt hatları

Yakıt ayırıcılar

Yakıtları fırın içine sevk eden 3900 mm uzunluğunda yakıt lansları

Maerz PFR tipindeki fırının girdileri:

Kireç taşı (CaCO₃), yakıt, yanma havası ve kireç soğutma havasıdır. Buradaki soğutma havası fırın içi yanma hesaplarına dahil edilmez, çünkü sadece soğutulacak kireçle temasa

girip, yanmanın olmadığı şaft boyunca yanma gazları ile karışıp atık gazla beraber çıkar. 1 kg CaO için 0,75 m³ soğutma havası verilmektedir.

Maerz PFR tipindeki fırının çıktıları:

Kireç (CaO), yakıt, baca gazı (yanma gazları ve kalkerdeki karbondioksitten oluşur) ve kireç soğutma havasıdır.

Günde her biri 12 dakika süren toplam 120 yükleme (çevrim) yapılmakta ve bu yüklemeler sırasında her bir şaftta sırayla yakıt beslenmektedir.

Fırın kapasitesi, 200 ton CaO/gün olup, her bir 12 dakikalık boşaltmada 1670 kg CaO şeklindedir.

Her bir çevrimde harcanan yakıt miktarı = 25,64 ton petkok/gün /120 çevrim =
= 213,7 kg petkok/çevrim = 1070 kg petkok /saat

12 dakikalık yani 720 saniyelik her bir çevrim içinde 60 sn değişim olması sırasında, yakıt verilmemektedir. Yani her bir şaftın çalışması sırasındaki yanma süresi 660 sn'dir.

Yanma havası hesabı:

1070 kg petkok/saat* 7800 kcal/kg petkok * 1,103 /1000 kcal *(720/660) = 10050 Nm³/saat

İdeal yanma için hava fazlası katsayısı 1,2 -1,5 arasında alınmaktadır. Buna göre, hava fazlası katsayısını 1,3 alırsak:

10050*1,3 = 13100 Nm³ /saat yanma havası beslemek gerekir.

Birim soğutma havasından (0,75 m³ soğutma havası/kg CaO) yola çıkarak, saatlik kireç soğutma havası aşağıdaki gibi belirlenir:

(200 ton CaO/gün / 24 saat/gün *1000)* 0.75 Nm³/kg CaO *(720/660) = 6820 m³ / saat soğutma havası vermek gerekir.

Tesisten çıkacak atık gaz hacmi; petkokun yanması, oluşan kireç taşlarının soğutulması için verilen hava ve kalkerin verdiği karbondioksit gazlarının bileşimi ile oluşacaktır.

Kalkerde yapılan elementel analiz sırasında %44,30 CO₂ bulunduğu belirlendiğine göre, günde işlenecek 740 ton kalkerden kaynaklanan CO₂ hacmi aşağıdaki gibi kabul edilebilir:

740 ton kalker/gün * 106 gr/ton * 0,443 / 24 saat/gün / 44 *22,4 *10⁻³ *(720/660) = 7590 Nm³/saat

Buna göre tesisten atılan atık gaz hacmi, atık gaz sıcaklığı 120oC kabulü ile aşağıdaki gibi olur:

13100+6820+7590 = 27 510 Nm³/saat

Enerji gereksimini karşılayan tesiste saatte kullanılan petkok: 1070 kg/saat'tir.

USEPA'nın AP42 emisyon faktörlerinde "Lime Manufacturing" için verilen Table 11.17-5'da bu bildiriye konu PFR tipi için faktör verilmediğinden; "European Commission, Integrated Pollution

Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, December 2001" kaynağında emisyon faktörleri verildiğinden, AB kaynaklı emisyon faktörüne müracaat edilecektir. Bu kaynakta PFR reaktör için "< 1 kg SO₂/ton CaO" emisyon faktörü verilmiştir.

Tesis 200 ton CaO/gün = 8,33 ton/saat kapasitelidir. Buna göre saatte oluşacak SO₂ emisyonu
= 8,33 ton CaO/saat * 1 kg SO₂/ ton CaO = 8,33 kg SO₂ /saat olacaktır.

Normal koşullar için baca gazındaki SO₂ konsantrasyonu =
= 8,33 kg SO₂ /saat * 106 mg/kg / 27510 Nm³/saat = 303 mg/N m³ olacaktır.

Bu konsantrasyon, limit değer 400 mg/Nm³ değerinin altındadır.

"European Commission, December 2001" kaynağında geçen diğer emisyon faktörleri ve bunlara tekabül edecek hesaplanmış fırın çıkış konsantrasyonları aşağıda verildiği gibidir:

NO_x emisyon faktörü: < 1,4 kg NO_x/ ton CaO olup, çıkıştaki konsantrasyon: 424 mg/N m³ olacaktır. Yönetmelikte NO_x emisyonu için sınır değer verilmemiştir.

CO emisyon faktörü: < 5 kg CO/ ton CaO olup, çıkıştaki konsantrasyon: 1513 mg/N m³ olacaktır. Yönetmelikte CO emisyonu için sınır değer verilmemiştir.

"European Commission, December 2001" kaynağı incelendiğinde SO₂, NO_x ve CO için PFR tipi kireç üretiminin en düşük emisyon faktörlerini sağladığı tespit edilecektir.

PFR tipi reaktörü çıkışında toz için emisyon faktörü bulunmamaktadır. Buna karşılık, ETKHKKY tarafından belirlenen toz emisyon limitleri, çıkış gaz sıcaklığı 120oC gibi çok düşük olan kireç üretim teknolojisine çok rahatlıkla siklon seperatör sonrasında bir torbalı (kumaş) filtre uygulanmasını sağlamaktadır. Yönetmelikteki 200 mg/N m³veya 75 mg/N m³ gibi sınır konsantrasyonlar pratikte sağlanabilecektir.

Fırının combustion ve burning bölgelerinde dolu olan taşlardan arta kalan boşluk hacimleri her biri için 8,47 m³ olarak daha önce yukarıda belirlenmişti. Bu bölgelerdeki sıcaklık 1000oC kabul edilirse, toplam gaz hacmi (yanma gazı+oluşan CO₂, tüm karbonatın bozunduğu kabulü ile) =

$$= (13100+7590) * (273+1000)/(273) = 20690 * 4,66 = 96 400 \text{ m}^3/\text{saat} \text{ olacaktır.}$$

Bu miktar gazın bu bölmelerdeki toplam bekleme süresi = $2 * 8,47 / 96400 * 3600 = 0,63$ sn olacaktır.

Bu bekleme süresi, ilgili mevzuatta 900oC'daki yanma gazları için enaz 0,3 sn bekleme süresinin üzerinde bir değerdir. Bu bakımdan tesis tasarımı, petkok yakıt beslemesine uygun olup, ilgili mevzuat gereksinimlerini karşılayacak durumdadır.

Sintine yağı için de 0,63 sn söz konusu olacaktır. ETKHKKY Yönetmeliğinde Kireç Fabrikalarında atık yağ yakılması için yanma bölgesinde 900oC en az 0,3 saniye kalmak zorundadır denilmektedir. Tesis bu haliyle bu gereksinimi karşılamaktadır. Diğer taraftan, Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanılmasında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ, Resmi Gazete, 22 Haziran 2005, Sayı 25853 gereğince; tesisin yanma bölgesinde en az 2 saniye

ve minimum 850 °C sıcaklıkta kalacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu durum sintine yağının kullanılmasında tereddüt doğurucu bir durum gibi gözükmekte ise de istenen sıcaklık (850°C), tesisin yanma bölgelerindeki min.1000oC sıcaklık nedeniyle kısmen kullanılabilir. Bu amaçla, sintine yağının tesis içindeki bekleme süresini artırmak için (olumsuzluğu oransal olarak azaltmak için), petkok içinde seyreltilmesi yoluna gidilip, sintine yağı petkokun yanında petkokun 1/3'ünden fazla olmamak üzere kullanılabilir. $0,63/2,0 \cong 1/3$. Ancak bu oran yapılacak test yakmaları sırasında elde edilecek kabul edilebilir emisyon değerleri sağlanarak tespit edilmelidir. Kireç üreticiler, eğer ürünlerini içme suyu arıtma tesislerine ve gıda sanayiine pazarlıyorlar ise atıkların yakılmasından kaçınmak zorundadırlar. Atıkların yakılması eğer ürün gereksinimleri açısından uygun ise doğal kaynakların korunması bakımından yakılabilir. Fakat, bu durumda fırının en uygun koşullarda çalıştırılarak istenmeyen değerlerde emisyonların oluşmasının önüne geçilmelidir.

4. SONUÇ

Tesiste kireç üretim teknolojisi olarak Maerz PFR teknolojisi seçilmiştir. Bu teknoloji, sağladığı ürün kalitesi ve daha önemli olarak çevre kirlenmesi açısından avantajlar sunmaktadır. Çevre kirliliği bakımından hâlihazır kireç üretim teknolojileri içinde en iyi durumdadır. Bu bakımdan günümüzde dünya genelinde en çok tercih edilmekte olan teknolojidir. Çevre kirlenmesi açısından en iyi olduğu hususlar aşağıda sıralandığı gibidir:

Üretilen birim CaO ürünü için harcanan yakıt en azdır.

Üretilen birim CaO ürünü için oluşan sera gazı en azdır.

Kireç üretim teknolojilerinde fırını terk eden atık gazlar genelde çok yüksek sıcaklıklardadır (min. 600 °C). Bu teknolojiye ise atık gazlar fırından 120 °C sıcaklıkta ayrılmaktadır. Atık gazların sıcaklığının düşük oluşu, hava kirliliği kontrol teknolojilerinin ve ekipmanlarının uygulanmasında önemli bir avantaj sağlar. Baca gazları, soğutma gerektiren arıtma yöntemleri gerektirmez. Siklon seperatör ve torbalı filtrenin birlikte uygulanması yeterli olabilmektedir. Bu tesiste de fırın yanma gazları, 120 °C sıcaklıkta önce siklon seperatöre ve sonra bir torbalı filtreye girecek, arıldıktan sonra bir baca ile alınarak tekrar fırının üstünden atmosfere verilecektir.

Yüksek kükürt içeren petkok kullanma için çok elverişli olduğu ve oluşacak kükürtoksitlerin limitlerin altında kaldığı tecrübelerle ortaya konulmuştur. Bu konuda yapılmış çok geniş çalışmalar, emisyon faktörü haline getirilmiştir.

Mevcut tesis için seçilen fırın tasarımının, konu ile ilgili mevzuatta geçen tüm sınırlamalar açısından uygun gereksinimleri sağladığı belirlenmiştir. Tesiste sintine yağı yakılması ana yakıt ile oranlanarak yakılmak durumundadır. Sintine yağı vb. sıvı yağlı atıkların (klorür içeriği düşük, tehlikeli atık olmayan) yakılması için yapılacak oranlama ile elde edilecek emisyon için sınırlamalar mevzuatta açıklanmıştır. Bu hususta, mevzuat gereksinimlerini sağlayacak bir birlikte yakma esastır.

Sonuç olarak, araştırma ve hesaplamalar sonucunda kurulacak tesisin, çevre kirliliği açısından hâlihazırda içinde en iyi teknoloji ile işletileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Alsop, P.A., Cement Plant Operations Handbook, Cement Review, 5th Ed.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Mevzuat.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Sayı ../3888, Tarih 27 Nisan 2004, Genelge 2004/4.

Çiçek, T., Kireç ve Kullanımı, 3.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Ekim 1999, İzmir.

Davidson, R.M., vd., Cofiring coal with other fuels, IEA Clean Coal Centre 2007.

European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, XXX 2001.

European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, December 2001.

International Organization for Standardization, Business Plan, CEN/TC 51, Cement and building lime, Date: 06/05/10, Version: Draft 1, isotc.iso.org/livelink/livelink?func=doc.Fetch&nodeid=968222

Kogel, J. E., , Nikhil C. Trivedi, James M. Barker, Stanley T. Krukowski, Industrial Minerals & Rocks, 7th Ed., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (U.S.).

Lokman, L., Kireç, Kireç Üreticileri Birliği

Maerz firması web sitesi, <http://www.maerz.com/>

SEPA, Environment Agency, Sector Guidance Note, IPPC S3.01, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Guidance for the Cement and Lime Sector, April 2001.

USEPA, Emissions Factors & AP 42, 11.17 Lime Manufacturing.