**ENDÜSTRİ FIRINLARINDA ISI BİLANÇOSU**

Şarj

Fırın

Kapak

Isı Alan

Hava Girişi

Reküperatör

Baca Gazı

Isı Veren

Fırın İçi

Hammadde Girişi

Kurutma

Yakıcı

Şekil : Endüstri Fırınlarında Isı Bilançosu.

Hammaddenin kurutulması işlemi en çok seramik endüstrisinde karşımıza çıkar. Yükleme sırasında kapak açıldığı zaman hem konveksiyonla hemde radyasyonla ısı kaçışı olur. Pişirme sırasında şarj malzemesinde ısı veren veya ısı alan reaksiyonlar m gelebilir. Bu işlemler sırasında m gelen baca gazları bacada yükselirken enerjisinin büyük bir kısmını, üstteki şekilden görüldüğü gibi reküperatör içinde bulunan ve daha sonra yakıcıda kullanılacak olan yanma havasına verir. Baca gazları büyük ölçüde soğumuş olarak bacayı terk ederler. Reküperatörler sayesinde endüstri fırınlarının ısıl verimi yükselmektedir. Parçalar ısınırken Q = m c ΔT kadar enerji depolarlar ve soğuma aşamasında ise bu enerjiyi geri verirler. Tünel, döner ve benzeri fırınlarda bu enerjiden de yararlanılabilmektedir.

Reküperatörler :

ENERJİ KAYNAKLARI FİYATLARI

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Y A K I T | ISIL  DEĞERİ | ORTALAMA  VERİM % | BİRİM  FİYAT $ | EN PAHALI YAKITA ORANI\*100 % |
| Doğal Gaz | 8250 kcal/m3 | 93 | 0.196 | 25 |
| İthal Kömür | 6000 kcal/kg | 69 | 0.123 | 30 |
| 6 No’lu Fuel-Oil | 9200 kcal/kg | 83 | 0.245 | 32 |
| LPG (Dökme, Propan) | 1100 kcal/kg | 92 | 0.818 | 74 |
| Elektrik | 860 kcal/kwh | 99 | 0.081 | 94 |
| Motorin | 10200 kcal/kg | 84 | 0.859 | 100 |

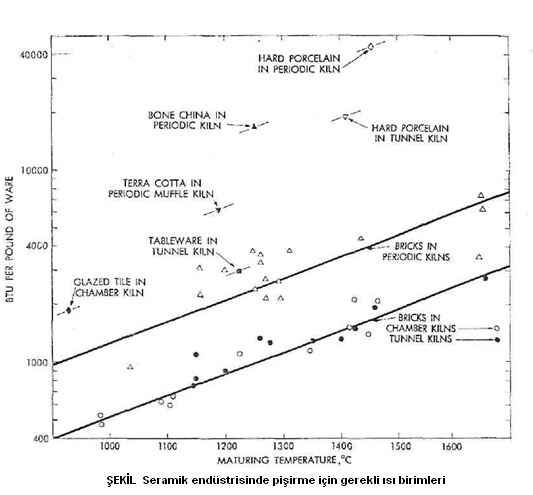
**Çizelge :**Endüstride Kullanılan Yakıtlarının Birim Fiyatları, Yanma Verimleri, En Pahalı Yakıta Oranları ve Isıl Değerleri(TesisatDergisi, Ocak 2003, Sayı 85) Aynı Tarihte 1 $ = 1, 590,000 TL

**Fırınlarda Isı Bilançosu :**

SERAMİKLERİN KURUTULMASI

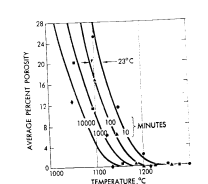
Güneş, rüzgar enerjisinden. Kaliştesiz ucuz enerji kaynaklarından ve fabrikadaki atık enerjilerden yaralanılabilir.saçlarınızı kuruttuktan 1 saat sonra bile çıksanız rahatsızlanabilirsiniz. Saçlarınızı çok sıcak hava ile kurutursanız kıvrılabilir. Higrometreler at kuyruğu kılından yapılırdı. Etüv, otoklav, oven, yemek ocakları/fırınları. Suyun buharlaşma enerjisi 540 cal/gr’dır suyun ortam sıcaklığından 100 C’ye ısınması için harcanan enerjiyi de dikkate almak gerekir.

SERAMİKLERİN PİŞRİLMESİ



**Belirli özellikte belirli bir ürünün “ Belirli pişme koşulları için gerekli enerji ihtiyacı şekilde gösterilmiştir. Tünel fırınlarda enerji gereksinimi kamara ve kesikli tipte çalışan fırnlara göre daha azdır.**

**Fırınlarda pişme sıcaklığını ve süresini etkileyen faktörler:**

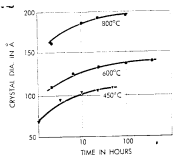


1125oC’de 10 dk. ‘da pişirdiğimiz ürünü, 23 oC altında 10 katı kadar (100 dk) beklememiz gerekir. Her 23 oC sıcaklık düşüşünde 10 katı zaman kaybı olur.Fırınlarda pişme sıcaklığı 70 oC artmasına karşın, süre 1,5 günden 10 dk. ya iner. Fırın ömrü açısından kar sağlanır. **(Sf:6)** Sıcaklığın artması tane boyutunun artmasına neden olur. Pişirme sıcaklığının artması, pişme süresini düşürür.**(Sf:7)** Bu değerler ticari pişirme koşullarına bağlı olarak saptanmış değerlerdir. Ticari pişirme koşullarını etkileyen değerler; Tane boyutu, fırın atmosferi, üründe aşırı cam faz oluşumu ve mukavemeti etkileyen faktörlerdir.Pişirme sıcaklığını arttırmak ekonomiklik sağlayabilir ancak sıcaklık arttırmak için bazı ticari sorunlar vardır.

Ticari pişirme koşulları dikkate alınarak bu diyagram değerlendirilmiştir. Süre 10 – 10000 dk arasında değişebilir. Bu süreyi seçmek her zaman elimizde değildir. 10 dk süre ekonomik olabilir ancak vitrifikasyon, çarpılma gibi nedenlerden dolayı gerekirse 10000 dk ya bile çıkılabilir. Kamara tipi fırınlarda kesikli çalışma olduğundan maliyet tünel tipi fırınlara göre yüksektir. Çünkü fırında depolanan enerji soğuma sırasında çevreye yayılıyor boşa gidiyor.

Kimyadaki genel kurala göre reaksiyon sıcaklığı artılırsa reaksiyon hızı artar. Katalizör kullanılırsa reaksiyon hızlanır. Bunlar, enerji maliyetini genellikle düşürer. İlk söylediğimiz hız-sıcaklık ilişkisi Arhenius eşitliği ile konulur:

log (kt2/kt1)=A(1/T1)-(1/T2)



Şekil 4: MgCO2’tan MgO kristalinin büyümesi

Şekilde kristallenme reaksiyonlarına tipik bir örnek görülmektedir. Reaksiyon hızları artan sıcaklıkla çok hızlı artmaktadır. Zaman sıcaklık ve tane çapı arasındaki ilişkinin tipik örneğidir.

Karbonatlarda ağırlık kaybının zamana bağlı değişimi de benzer bir eğri gösterir.

**SERAMİK PİŞİRMEDE ENERJİ TÜKETİMİ**

1980 1985 1990 1995 Yıl

2000

1500

1000

**Şekil :** Tünel Fırınlarda Yakıt Tüketiminin Yıllara Bağlı Değişimi(Interceram, 1995\*)

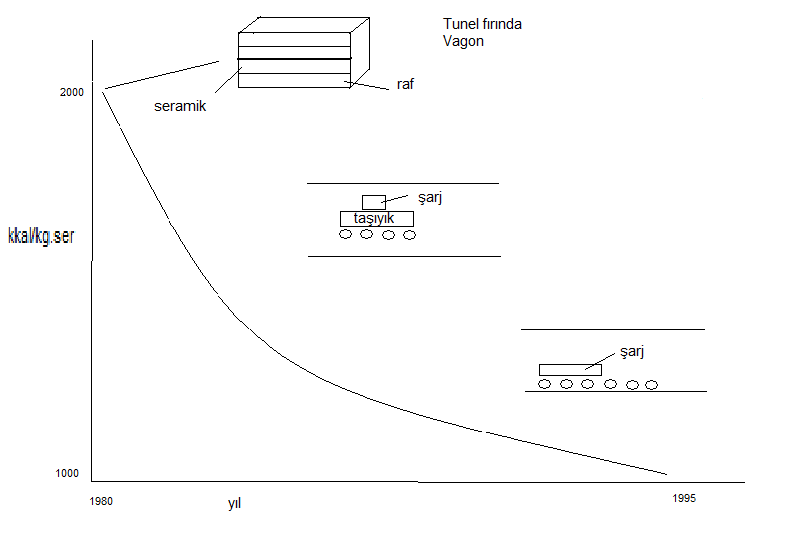
Plibrico’da pişme rejimi var\*

ISIL İLETKENLİK: \* yazıldı-birleştir.

S MALZEMELERçoğunlukla ısıl yalıtım gücünün iyi olması istenen uygulamalarda kullanılırlar. Ama SiC, grafit ve mağnezit gibi r-ler ısı iletim kabiliyeti iyi olduğu için tercih edilirler. İyonik veya kovalent bğlantılı oldup serbest elektron içermediklerinden ısıyı ve elektriği iletmezler

Yüksek sıcaklıklarda elektriği zayf iletebilirler. Bu da çalışmakta olan fırından numune alırken elektrik çarpmalarına yol açabilir. (Isıiletkenliği)/ (Isıiletkenliği)\* sabitti ve – bağıntısı olarak bilinir.

\* titreşimlerle iletim

****

Çift pişirim

sır

sır

t2

Yer karosu

biskuvi

t>1000

biskuvi

Ham gövde

Tek pişirim

t3

sır

Pişirilmiş sır=sırça

Ham gövde

Yer karosu

Böylece pişirme süresi 24 saatten 45 dakikaya düşer.

**Üçlü seramik bünyelerin enerji gereksinimi:**

Dental porcelein (diş porseleni) %90 feldspat içerir (potasyum feldspattır). Ergidiği zaman viskoz bir sıvı meydana getirir. Potasyum feldspat ergiyip daha sonra camsı faz meydana getirdiği için tok ve serttir. Bu nedenle ağızdaki şiddetli baskıya dayanabilir.(Ağızda oluşan kuvvet 40 kg.ı bulabilir.) Neredeyse tamamı camsı fazdır.

Potasyum feldspatı beyazdır. Demir ile istenilen renk verilebilir, yapma diş olduğu belli olmaz. Duvar karosu (wall tile) %10 civarında feldspat bulunur. %0-5 porozite bulunur, sertlik, mukavemet yoktur. Duvara süs olsun diye kullanılır. Bacada kullanılabilir. Yer karosunda (floor tile) %75 feldspat, %0-5 porozite bulunur. Mukavemet iyidir. Endüstri fırınlarında hem yer karosu hem de duvar karosu bulunabilir. Bu sebeple özelliklerini bilmek gerekir.

**Üçlü seramik bünyelerin enerji gereksinimi:**

Dental porcelein (diş porseleni) %90 feldspat içerir (potasyum feldspattır). Ergidiği zaman viskoz bir sıvı meydana getirir. Potasyum feldspat ergiyip daha sonra camsı faz meydana getirdiği için tok ve serttir. Bu nedenle ağızdaki şiddetli baskıya dayanabilir.(Ağızda oluşan kuvvet 40 kg.ı bulabilir.) Neredeyse tamamı camsı fazdır.

Potasyum feldspatı beyazdır. Demir ile istenilen renk verilebilir, yapma diş olduğu belli olmaz. Duvar karosu (wall tile) %10 civarında feldspat bulunur. %0-5 porozite bulunur, sertlik, mukavemet yoktur. Duvara süs olsun diye kullanılır. Bacada kullanılabilir. Yer karosunda (floor tile) %75 feldspat, %0-5 porozite bulunur. Mukavemet iyidir. Endüstri fırınlarında hem yer karosu hem de duvar karosu bulunabilir. Bu sebeple özelliklerini bilmek gerekir.

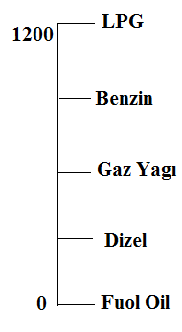
ENERJİ

Sanayide patlamaların %80’ i endüstri fırınlarından kaynaklanır. %20 ise yakıt (ham veya ürün) malzeme deposundan kaynaklanır.**Fırında neden kaza olur ?**

Yakıt enjeksiyon sistemi (brülor) yakıt püskürtülerek yakılır ve enerjiye çevrilir. Yakıcı yakıcılık görevini icra edemezse, alev sönerse yakıt birikir ve kaza olur.

**Patlama:** Bir yakıtın bir kıvılcımla tutuşarak ani yanmasına verilen isim. Örneğin, brülor işlevini kaybetti gaz birikti kıvılcım ve patlama oldu. Tüp yanarken alev söndü gaz odanın içini doldurur. Elektrik anahtarını açarsak kıvılcım olur tüp tutuşur ve patlar. Fırındada, depodada durum aynıdır.

Dışarıdan geldik kapıyı açtık gaz kokusu var, hemen kapılar açılır havalandırılır, elektrik anahtarı açılmaz. Metan (CH4) varsa yukarı gider. Propan (C3H8) varsa havadan ağırdır bir kısmı uçup gider, bir kısmı kalır. Hidroksit (C2H5) 1 molü 22.4 lt yapar. Molekül ağırlığı 29 dur. Buda uçar gider. Doğal gazda bazı temel gazlar havadan hafiftir uçar gider, bazıları çöker. Çöken gazlar süpürgeyle ortamdan uzaklaştırabiliriz. Petrol damıtma yaklaşık 1200 0C ısıtılır.



Bunlar yakıt olarak sanayide kullanılır. Kalori bazında dikkate alınırsa yukarı gittikçe fiyat artar. Hazar petrolü %2 kükürt içeriyor gidermek için proses lazım oda pahalıdır. Petrol tankerlerinde yere değecek şekilde zincir kullanılır. Statik elektriği toprağa atmak için, kıvılcım olmasını önlemek için.

**Fuel Oil:** Vizkozitesi yüksektir. Isıtarak sıvı hale getirip sıvı yakıt olarak kullanabiliriz. Çok ucuzdur. 1980 yılların başında kömürü bırakıp fuel oil geçtiler. Bu sefer fiyatlar artınca tekrar kömüre geçildi. Kalori bazında ucuzdur. Çevre kirliliğine neden olur. Kokusu kötüdür, kanserojendir, depolama maliyeti vardır ve depolamak zordur geniş alana ihtiyaç vardır.

**Dizel:** Kendi kendine buharlaşması zor. Jet yakıtı, karosel, gaz yağı dizel, karosel veya gaz yağı benzin gibi buharlaşıcı değildir. Buharları tutuşarak yanmaya neden olmaz. Buharı vasıtasıyla tutuşturucu etki yapmaz.

**Benzin:** Sıvıdır. Buharı çevreye yayılarak tutuşmaya neden olur. Benzin belirli bir hızda buharlaşır riske neden olması zaman gerektirir.

**LPG:** Basınç altında sıvı, basınç kalktığında gazdır. LPG’nin ağzı açıldığında sıvı hemen buharlaşır riski daha fazladır.

**Doğal Gaz:** LPG’ye göre daha yüksek basınçta sıvılaştırılır. Yeşil çevre dostu otobüsler doğal gazla çalışır. Basınç kalktığı zaman sistem doğrudan doğruya gaza döner. Doğal gaz LPG’ ye göre daha yüksek basınçta sıvılaştığı için daha tehlikelidir. Doğal gaz deposunun et kalınlığı LPG’ ye göre daha yüksektir.

**Kömür:** Eskiden en ucuz yakıttı. Türlerine göre fiyat değişir. Ağaçlı kömür külü çok fazla, yanma verimi düşük en ucuz. Taş kömürü pahalıdır. Kok kömürü daha pahalıdır (gaz kaçışları, proses, işçilik vb…) işlemlerden dolayı pahalı. Taş kömüründen yapılıyor,endüstride kullanılır. Kömürden, petrolden har kulada ayakkabı köselesi dahi üretebiliriz. Biz bunu sadece enerji üretmek için kullanıyoruz. Kömürden her şey üretebiliyoruz. Biz bunu enerji üretmek için kullandığımızda büyük bir kaynağı yok etmiş oluyoruz. Enerjiyi hidro santrallerle, nükleer santrallerle, güneşten, barajdan, rüzgar’dan vb. yerlerden elde edebiliriz.

%18’ den az Cr, %8’ den az Ni içeren paslanmaz çelikler oksijenli asitlere, oksitleyici atmosferlere dayanıklıdır. Sülfürik asit oksijensiz asitler gibi redüktan etki yaptığı için bu kuralın dışında kalır. Bunun için 304 olan ve Ni oranı daha az olan çelikleri korozyona ugratır.

SO2 + ½ O2 ↔ SO3 dönüşümü nedeniyle bu asit hem oksitleyici hem redükleyicidir. Bu nedenle hem oksitleyici asit grubunda hem redükleyici asit grubunda dır.

316 paslanmaz çelik Cr %18’den, Ni %8’den büyük ve %3 Mo içerir. Bu nedenle hem oksitleyici hem redükleyici asitlere dayanıklıdır.

**SORU:** Baca gazlarını 300 0C altına soğutmasaydık 304 sorun olurmuydu? Sülfürik asit 300 0C altında yoğuşmadığı için 304 de kullanılırsa sorun olmazdı. Eğer 300 0Caltında soğutursak sülfürik asit yoğuşacağı için 316 kullanılır. Baca gazları 300 0C altına soğutulmaz çünkü yoğuşurlar.

# DÖKÜLEBİLİR REFRAKTERLERİN DİZAYN ESASLARI

Dökülebilir refrakter astarlarının en önemli özelliklerinden birisi, refrakter (monolitik) içine gömülen desteklerdir. Diğeri de fırın kılıfının (dış kabuğunun) genleşmesidir. Bu nedenle astar dizaynı, destek malzemesinin seçimi, refrakter malzeme ve kalınlığının seçimi kadar önemlidir.

Monolitik refrakter ve destek malzemeleri çok değişik tip ve özellikte olabilir. İkisini de seçmeden önce fırın çalışma koşulları dikkate alınmalıdır. Dizayncılar, refrakter ve destek malzemeleri arasındaki termal genleşme farklarını gözden kaçırmamalıdır. En kaliteli astar için refrakter malzeme, destek ve konstrüksiyon dikkatli yapılmalıdır. En iyi konstrüksiyon metodu (boşaltma, malalama, püskürtme veya dövme), konstrüksiyon basitliği kadar maliyet açısından da önemlidir.

1-- Fırın Çalışma Sıcaklığı: Refrakter (monolitik), astar kalınlığı seçimi, genleşme bağlantıları ve metal malzeme fırın çalışma sıcaklığının fonksiyonudur.

2-- Fırın Gaz Analizi: Dizayncı, fırın atmosferdeki, refraktere zarar verecek gazlarda ilgilenmelidir. Eğer gazlar reaktif maddeler içeriyorsa, onlara dayanıklı malzeme seçilmesi zorunludur. Ve kalınlık monolitik tipi termal iletkenliğe göre seçilir.

3-- Fırın Basıncı: Basınçlı kaplarda sıcak gazlar sıcak noktalara neden olur. Dizayncı bunu önlemelidir.

4-- Fırının Çalışma Şekli: Sürekli veya periyodik olabilir.

5-- Yerleştirme Metodu: Eğer başka sınırlayıcı bir faktör yoksa kalite ve ekonomiye göre seçim yapılır.

**Fırın Astarları**

**a-- Astarların Yapısı:** Astarlar tek katlı veya çok katlı olabilir. Fırın sıcaklığı düşükse tek katlı seçilir. Eğer fırın sıcaklığı yüksekse çok katlı tercih edilir. Sıcak yüzeyle temas edenin refrakterliği yüksek, dış kısımdakinin izolasyon kabiliyeti iyi olmalıdır. Böylece kabuk (kılıf) sıcaktan korunmuş olur. Sıcak yüzey refrakteri ile izolasyon refrakteri arasındaki bağlantı dikkatten kaçmamalıdır. Öyle ki izolasyon refrakterinin sıcaklığı, bunun en yüksek kullanım sıcaklığını aşmamalıdır (1-sf 260).

**b-- Astar Kalınlığı:**  Astar kalınlığının belirlenmesinde mukavemet, yerleştirme ve izolasyon karakteristikleri önemli faktörlerdir. Ateş tuğlası, konstrüksiyonda kendi yükünü taşıyabilir. Pek çok uygulamada gerçek (astar) kalınlık teorik olandan daha büyüktür.

Monolitik refrakter kullanıldığı zaman, fırın kabuğuna tutturulan çok sayıda destek kullanılır. Bu durumda astar kalınlığını tayin eden karakteristikler mukavemet, termal izolasyon ve konstrüksiyon metodudur. Yeteri kadar mukavim olan bir astar en az 50 mm kalınlığında olmalıdır. Eğer yerleştirme veya dizayn sebebiyle daha ince astar uygulanması gerekirse, astarın duvardan kalkmasını önlemek için özel destek malzemesi kullanmak gerekir. Desteksiz monolitik astarda bazen kullanılır. Böyle astarlar kendi yükünü taşıyacak şekilde dizayn edilir. Bu astarlar dizayn edilirken sürünme ve yük altında deformasyon özellikleri dikkate alınmalıdır.

Benimsemer konstrüksiyon metodu, astar kalınlığı tayininde diğer bir faktördür. Örneğin, eğer refrakter boşaltılarak dökülecekse astar en az 80 mm olmalıdır. Eğer refrakter püskürtme yöntemiyle uygulanacaksa astar kalınlığı en az 150 mm olmalıdır.

Malalama yönteminde astar kalınlığı yatay veya düşey kesit olup olmadığı ve ayrıca kullanılan desteğe bağlıdır. Özel malalama refrakterlerinde, düşey kesitlerde 75 mm’ye tavanda 50 mm’ye kadar müsaade edilir.

Plastik refrakterlerin üzerine dövme kullanılacaksa minimum astar kalınlığı 180 mm’dir. Yatay tavanda kalınlık en az 200 mm’dir. Daha ince astarların konstrüksiyon metodunda ve desteklenmesinde dikkatli olmak gerekir. Ayrıca dikkat edilmelidir ki, gazlar, sıvılar veya katalizör (mineralizör) gibi katılar, sıvı demir ve çelik gibi maddeler sebebiyle korozyon veya hasarı önleyecek kalınlıktan daha kalın imal edilmelidir. Fırın ömrünün uzun olması gereken durumlarda da daha kalın astar yapılmalıdır.

Çok katlı fırın konstrüksiyonlarında izolasyon tabakasının kalınlığı servis sıcaklığına, malzemenin izolasyon karakteristiklerine ve konstrüksiyon metoduna bağlıdır. Genel olarak izolasyon tabakasının kalınlığı en az 50 mm olmalıdır.

**c-- Astarın Yüksekliği:** Monolitik refrakter, fırın kabuğuna tutturulan çok sayıda destek ile desteklenir. Refrakter ağırlığı bu desteklere dağıtılabilirse duvar yüksekliği sınırlı değildir. Örneğin, iç astar uygun yapılırsa yükseklik 200 m’ye varabilir. Monolitik refrakterler bazen ateş tuğlası gibi desteksiz yapılabilir. Bu astarların yüksekliği önemli bir dizayn parametresidir. Bu, yük altında refrakterlik ile tayin edilir. Yük altında refrakterlik sıcaklığı, fırın çalışma sıcaklığının üzerinde olmalıdır. Astarın en altında yük 2 kg/cm2’ yi geçmemelidir.

Monolitik

refrakter

İzolasyon

malzemesi

Genleşme

bağlantısı

Kılıf

Sealing block

Şekil-1a : Doğrusal tip genleşme bağlantıları Şekil-1b : Kademeli tip genleşme bağlantıları

(1-sf267) (1-sf267)

Doğrusal tipte iç kısımda sealing block’a ihtiyaç vardır. Kademeli tipte yoktur. **Astarın Küçülmesi:** Astar, kuruduktan veya ısındıktan sonra soğuma aşamasında küçülür. Küçülme nedeniyle meydana gelen hasardan korunmak için uygun aralıklarla genleşme bağlantıları konur. Bunlar büzülme sorunlarını çözer. Bu boşluklar, hangi amaçla yapıldığına bağlı olarak değişik adlarla anılır. Genleşme boşluğu gibi (1-sf 267). veya ayırma bağlantıları gibi (1-sf 416). Bu bağlantılar küçülmeyi dağıtır ve istenmeyen çatlakların oluşumunu önler. Yinede işlem sırasında astar ve kabukta deformasyon sebebiyle çatlaklar oluşabilir. Uygulamada kabuğun deformasyonu muhtemeldir (1-sf 416-7).

**Astar Tutucuları ve Seçimi (Destekler) :**  Fırın astarı çeşitli tutucu desteklerle desteklenir. Tutucu destekler bir ucundan kabuğa kaynak edilir ve diğer ucundan astara gömülür. Basit olarak veya türlerin kombinasyonu olarak kullanılır. Fırın astarı için destek kabaca 2’ye ayrılır; çelik ve refrakter seramik. Metallerde hadde ve döküm olarak ikiye ayrılır.

**Metal Tutucu Destekler: Hadde Ürünü Çelik Destekler**

dökülebilir astar

dökülebilir

astar

Fırın içi

Fırın içi

V destek

L destek

Kaynaklı

Çelik gövde

Metal

gövde

Şekil-2 : L tipi tutucu destek Şekil-3 : V tipi tutucu destek

Destekler L veya V şeklindedir. Doğrudan gövdeye kaynak edilir. Düşey duvar ve silindirik uygulamalarda kullanılır. Tek katlı astarlarda kullanılırlar. Kuvveli desteğe ihtiyaç yoktur. L kanca ince duvarlarda bazen tel ile bağlanarak da kullanılır, inşaatlardakine benzer olarak.

V içinde aynı kurallar geçerlidir. Kanca ucu yeterli olmadığı için çok katlı astarlarda kullanılmaz.

Fırın içi

Dökülebilir

refrakter

Metal gövde

Şekil-4 : Y tipi tutucu destek

Y destekte diğerlerine benzer. Ayaklarından gövdeye kaynak edilir. Hadde ürünü çelik destekler içinde en mukavim olandır. Kalın tek katlı astarlarda kullanılabilir. Düşey yerlerde ve tavanda kullanılabilir.

Çok katlı konstrüksiyonlar da kullanıldığı zaman Y desteğin V kısmı astarın sıcak tabakasında kalır. Böyle özel uygulamalarda gövde ve V kısmı vida ile bağlanır.

**Dökme Çelik Desteğin L Desteklerle Kullanılması:** Bunlar, plastik fırın astarları için özel olarak geliştirilmiştir. Büyük başları mukavim olmasını sağlar. Onlar L desteklerle birlikte kullanılır. Düşey plastik astarlarda kullanılır. Önce L destek kaynak edilir, sonra diğer parça yerine konur. Plastik malzeme yerleştirildiği zaman dökme çelik destek kilitlenir.

Fırın içi

Plastik astar

Gövde

Dökme çelik

destek

Şekil-5: Dökme çelik destek

**Dökme Çelik Askılar:** Dökme çelik askılar fırın çatısında dökülebilir veya plastik refrakteri asmak için kullanılır. Askılar tavana asıldığı için termal genleşme veya büzülme durumunda serbestçe hareket edebilir. Refrakter tavan da hareket etmiş olur. Fırın tavanları düz yapılabiliyor.

Tavan

Dökme çelik

askı

Dökülebilir veya plastik refrakter

Fırın içi

Şekil-6 : Dökme çelik askı

**Dökme Çelik Destekler:** Bu destekler astar ağırlığını dağıtmak,astarın üst kısmının alt kısma uygulandığı yükü önlemek için kullanılır. Fırın duvar kesitinin üst kısmına konur ve astar desteklenir. Eğimli çatıların kayması önlenir.

Gövde

Dirsek

Destek

Dökülebilir veya plastik

Şekil-7 : Dökme çelik destek

**Kaynaklı Tel Örgü :**Tel örgü; L destek, düz çubuk tel ve kesişimlerindeki bağlantı (kaynaklı) dan ibarettir. Kaynaklı tel örgü L desteklerle tutturulur. Dökülebilir astarın kesitinde orta kısımda kalır. İnşaatlarda kullanılan tel örgülerin benzeridir.

İnce astarları izafi olarak takviye eder ve malalama ile püskürtme görevini kolaylaştırır. Bununla beraber, refrakter yüzeyiyle temas eden gazların sıcaklığı 500 0C’ın üzerinde ise tel örgünün termal genleşmesine ve astarın kalkmasına neden olabilir.

Monolitik

Kaynaklı tel örgü

Telle bağlanmış

L destek

Gövde

Şekil-8 : Kaynaklı tel örgü

**Chain Link Wire Nettings:** Bu tellerin benzeri örgüler, sivil hayatta çitlerde kullanılır. 75 mm ve daha ince dökülebilir astarlarda bu tel örgü seçilir ve gövdeye kaynak edilir, çok küçük mesafelerde. Malalama ve püskürtme söz konusu olan yerlerde bu tel örgü malzemenin gövdeye tespit edilmesini kolaylaştırır.

**Altı Köşe (Ağ) Tutucular:** 19 mm genişliğindeki şeritlerin birleştirilmesiyle oluşmuş altı köşeli yapılardır. Kullanılan malzeme, açılı preslenmiş 19 mm genişliğindeki çelik bandlardır. Gövde üzerine tespit edilen bu altı köşe ağ çok ince astarları kuvvetle destekler.

Astar 19 mm’den daha kalınsa yastık veya iri başlı çivi kullanılır. 700 0C’ın üzerinde fırın gazları ile temas ettiği zaman altı köşe kancaların termal zorlaması onun destek olarak kullanılmasını zayıflatabilir (1-sf 273-88).

19

altıköşe tutucu

19

Gövde Yastık

Şekil-9 : Altköşe tutucular

***Altıköşe Ağların Yerleştirilmesi :***

1. *19 mm Astar :*

Bandların temas ettiği yerlerde bitişik iki altı köşe band kaynak edilebilir. Eğer temas eden yerleri yoksa ekstra band kesilir ve kaynak edilir.

Kaynak noktaları

band

önden görünüş

band

band

üstten görünüş

parça

band

parça

Şekil-10 : 19 mm astar

1. *25 mm Astar :*

Altıköşe ağ kesiti 15x6 mm olan bir uzun levhaya veya 50x50x6 mm olan bir kare plakaya kaynak edilir.

Kaynak noktaları

50x50x6 plaka

Kalınlık 6mm

Düz çubuk (levha)

15

15

6

Benzer şekilde gövdeye oturur.

Şekil-11 : 25 mm astar

1. *İki Tabakalı Dökülebilir Astar:*

500 kare

6

6

gövde

civata

φ13

Astar kalınlığı

Şekil-12 : İki tabakalı dökülebilir astar

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Destek Sıcaklığı | Hadde | Döküm | CrNi |
| 450˚C’den az | C çeliği | | |
| 650˚C’den az | Sus 410-405 | SCH | 13Cr |
| 900˚C’den az | sus 304 | SCH | 18Cr 8Ni |
| 1000˚C’den az | 3095 | SCH | 22Cr 12Ni |
| 1100˚C’den az | 3105 | SCH | 25Cr 20Ni |
| 1400˚C’den az | sk-36 | Refrakter tutucu | Seramik |
| 1400˚C’den büyük | sk-38 |

% 12’nin üzerinde Cr koruyucu oksit tabakası meydana getirir. Ni, redüktan etkilere karşı ve sıcağa karşı mukavemet sağlar. Ni sıcağa dayanıklıdır ve Cr’a göre daha pahalıdır.çelik 50, Al 230, Cr 930 ve Ni 1400 /ton

Destek malzemesinin mukavemeti; sıcaklığa bağlı olarak düşer ve korozyon hızlanır, servis ömrü kısalır. Dizayncı, destek malzemesinin ucundaki sıcaklığı dikkate almak zorundadır. Bu sıcaklık, fırın astarındaki sıcaklık gradyanından hesaplanabilir.

Korozif gazlara maruz kalacaksa ve ortam sıcaklığı düşükse SUS, SCH türü alaşımlar seçilerek ömür uzatılabilir. Seramik destekler, metal desteklerden daha dayanıklıdır ve yüksek sıcaklıklar için tercih edilir.

Fırın işlem sıcaklığında destek malzemesinin mukavemeti ve refrakter ağırlığı dikkate alınır (1-sf 276).

*Tek Katlı Fırın Astarı*

1. Destek Malzemesinin Çekme Dayanımına Göre

t : Kalınlık (astar)

g : Yoğunluk (refrakter astarın)

a : Desteğin kesit alanı

w : Bir desteğe gelen yük

σ : İşlem sıcaklığında destek malzemesinin mukavemeti

L

L

L: Destekler arası mesafe

L

W = L2 **.** t **.** g a **.** σ > L2 **.** t **.** g

L = 

1. Kullanılan Refrakter Astarın Mukavemetine Göre

Lr : Destekler arası mesafe

m : Astarın eğme momenti

w : L2 **.** t **.** g

z : Kesit modülü () olabilir.

m = 

*Çok Katlı Fırın Astarı*

Kalınlıkları t1, t2, t3 yoğunluklar g1, g2, g3 olsun.

 ,

 olur.

**Metal Kanca Hesabı :** Metal kancalar arası mesafeye tesir eden faktör çok olduğu için biraz karışıktır. Bazı kabullerle yaklaşımda bulunulur. Örneğin, 816 oC’de 304 paslanmaz çeliğin kullanıldığını düşünelim. Çekme dayanımı 98 kg/cm2. Monolitiklerde yoğunluk genellikle 0.00295 kg/cm3. Tipik izolasyon refrakterinde eğme mukavemeti 7 kg/cm2’dir. Emniyet katsayısını 20 alalım.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Kanca çapı mm | | | |
| Astar kalınlığı | 6 ø | 8 ø | 10 ø | 13 ø |
| 75 mm’den az | 50-100 |  |  |  |
| 75-100 |  | 100-200 |  |  |
| 100-200 |  |  | 200-300 |  |
| 200’den fazla |  |  |  | 300-350 |

Tablo-8 : Astar kalınlığına göre kanca çapı

σem = 7/20 = 0.35

*Eğer Seramik Destek Kullanılıyorsa*

Üç katlı astarı dikkate alalım. Seramik kullanıldığına göre izolasyon fazla ve fırın sıcaklığı yüksektir. Temel kabuller;

* İlk kat 23 cm plastik refrakter
* İkinci kat 5 cm izolasyon
* Üçüncü kat 4 cm izolasyon
* Destekler arası mesafe homojen
* Bir desteğin ağırlığı 1600 kg/destek
* Emniyet faktörü 15 olsun

σ = 1600 / 15 = 107 kg/destek

Daha önce bulunmuş formüllerden hesaplanır.

Tavan için tavsiye edilen boşluk en fazla 300-350 mm’dir. Birinci tabakadaki refrakter göz ardı edilir ve 2. 3. tabakalar bağımsız olarak desteklenir.

**Düşey Astarlarda Destekler Arası Mesafe :***Dış Kuvvetler Etkisinde*

Eğer yerlerinde duracaklarsa ve bükülmeye zorlanmayacaklarsa düşey astarlara destek uygulanmayabilir. Bununla beraber pratikte deprem, astara gelen titreşimler, astarın termal genleşmesi ve bunun sonucunda oluşabilecek çarpılma eğilimi dikkate alınmalıdır. Bu nedenle kararlılıktan emin olmak için destek kullanılır. Ayrıca destekler, astarı gövdeye tespit etmek böylece bükülmeyi önlemek amacıyla kullanılır. Destek ve refrakter mukavemetleri de dikkate alınır.

t

Doğal dengeye getiren moment Md=W x t/2

Deprem etkisi Japonya da 0.2, diğer etkenlerle yatay

0,3 W

kuvvet 0.3 W kabul edilir.

h

Dengeyi bozma momenti Mb=0.3 x W x h/2 olur.

W

Md>Mb koşulundan h ≤ 3 x 3t bulunur.

1. *Destek Malzemesinin Mukavemetine Göre Destekler Arası Mesafe*

Yatay (tavan) hesaplarıyla bulunan değerin 1.8 katı alınır.(tavana göre saymak)

1. *Refrakter Astarın Mukavemetine Göre Destekler Arası Mesafe*

Aynı kural burada da geçerlidir.

**. Eğimli Astarlarda Destekler Arası Mesafe**

1. *Yukarı Eğimli Astarlarda*

Tavan için hesaplanan değerin 1.29 katı alınır.

1. *Aşağı Eğimli Astarlarda*

Tavan için alınan değerin 1.53 katı alınır. Yukarı eğimli tavanda daha büyük olması gerekir.

30o

45o

60o

Astar

Gövde

Düşey sayılır

Astar

15o

Yatay sayılır

Eğimli astarlarda destekler arası mesafe

1. *Yatay Silindirlerde*

Tepedeki 120o’lik kısım tavan, alttaki 120o’lik kısım taban, 60o’lik yatay kısım düşey duvar esasına göre yapılır. Tabandan 2m mesafede destek gerekmez.

**3.3.3.6. Silindirik Astarlarda Destekler Arası Mesafe**

1. *Yatay Silindirlerde*

Tepedeki 120o’lik kısım tavan, alttaki 120o’lik kısım taban, 60o’lik yatay kısım düşey duvar esasına göre yapılır. Tabandan 2m mesafede destek gerekmez.

1. *Düşey silindirlerde*

Düşey astarlarla ilgili kurallar geçerlidir. Bununla beraber astar kalınlığı fırın iç çapına göre fazla ise, fırın yapısında gerekli radyüs verilerek destek konulur.

Tavan

120o

120o

Düşey

Düşey

60o

60o

Taban

Şekil-19 : Yatay silindirlerde destekler arası mesafe