Dünyanın en önemli mesleği Metalurji Mühendisliği ve Kalite Kontroldür, her ikisini de aslında Metalurji ve Malzeme Mühendisinin yapması gerekir. Mesleğimizde kullanılan endüstriyel fırınlar ederlerinin 10 katı fiyatla ülkemize gelmektedir

Fırın duvarları çok katlıdır ve ara yüzey sıcaklıklarını saplamak çok önemlidir. Fırın duvarlarında kullanılan refrakterlerin fiyatları maksimum kullanım sıcaklıklarına göre üstel fonksiyon şeklinde artar bu nedenle ara yüzey sıcaklıkları doğru hesaplanmalıdır yoksa maliyet çok artar.

Rusya’da bir zamanlar en yüksek ihracat ürünü Lada marka otomobildi ancak bu girişim geçtiğimiz 20 yıl içinde kademeli olarak azaltıldı, sebebi kar marjının çok düşük olmasıydı. Otomotivden ortalama 1/1.25 kazanılırken, silah sanayiinde ve endüstriyel fırınlarda bu oran 1/10’a kadar çıkabiliyor. Bu sebeple Endüstriyel fırınlar iyi anlaşılmalı ve ithal edilmeyip üretilmelidir.

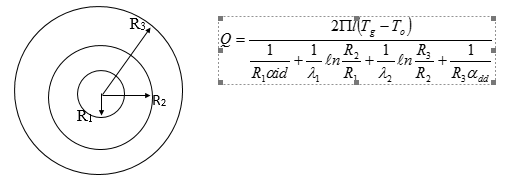
Endüstriyel Fırınlarda Termal Özellik Ölçümü:

Yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılacak olan seramiklerde, seramiğin ısıyı ne kadar hızlı transfer ettiğini, sıcaklık yükseldiğinde depolayacağı ısı miktarını ve ısıtma ile soğutma sırasında tersinir hacim değiştirme büyüklüğü gibi parametreler bilinmek zorundadır. Üç özellik, termal iletkenlik, özgül ısınma ısısı, termal genleşme katsayısı, bu miktarları hesaplamasına olanak sağlar. Bu özellikler, termal şok davranışı ve termal dökülme direnci ile birlikte, malzemenin termal özellikleri diye adlandırılan basit bir grup içinde kabul edilir. Termal özelliklerin ölçülmesinin kontrolü genellikle zordur, dikkatli ve özel teknikler gerekir.

Termal Şok ve Dökülme:

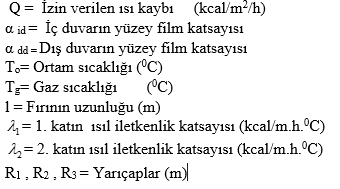
Termal şok refrakter malzemelere uygulanan en önemli testlerden biridir. Bir seramik numune çok hızlı ısınma ve soğumaya maruz kaldığı zaman, numunenin yüzeyi ile içi arasında büyük sıcaklık farkı oluşur, bunun sonucunda doğan gerilmeler sık sık kırılma ile neticelenir. Bu koşul, termal şok olarak bilinir ve genellikle küçük parçaların kırılması ile sonuçlanır. Daha iri yapılı parçalarda, yüzeyde parçacıkların kırılmasına ve yüzeyden uzaklaşmasına yol açar bu olay dökülme olarak adlandırılır.

İÇİ BOŞ İKİ KATLI SİLİNDİRİK DUVARDA ISI KAYIPLARI



r1

λ1



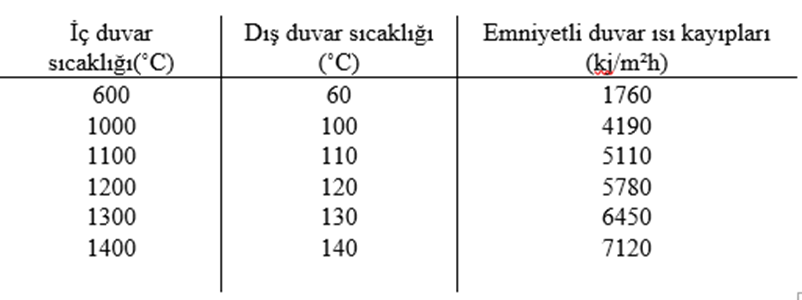
Bu formül göz önüne alınarak;

=1173 kcal/m2h bulunur.

DUVAR KALINLIĞI SAPTANMASINDA İZİN VERİLEN ISI KAYBI

Duvar kalınlığı saptanırken, en yüksek kullanım sıcaklığı, ekonomi hesabı da yapılmalıdır. Duvar kalınlığının getireceği maliyet artışı ile sağlayacağı tasarrufun karşılaştırılması gerekir. Pratikte fırın duvar kalınlığı tayin edilirken, literatürde verilen emniyetli duvar kaybı değerleri esas alınır. Fakat bu değerler 400 ˚ C aralıklarla verilmiş olduğundan ara sıcaklıkları bulmak için lineer interpolasyon yapmak gerekir. Her seferinde interpolasyon yapmak zor olduğundan verilen değerlerden hareketle aşağıdaki formüller çıkarılmıştır

q =6,7T-2260 kj/(m²h) veya q = 1,6T-541 kkal/(m²h)



Litaratürde fırın dış duvar sıcaklığı, fırın iç duvar sıcaklığının yaklaşık %10 u olması tavsiye edilir.1600 ˚C lik fırında fırın dış duvar sıcaklığının 160˚ C olması tavsiye eldir. Bu sıcaklık değeri insanın dokunabileceği sıcaklık değerinin üzerinde olduğunundan fırın dış duvarının dışında bir miktar boşluk bırakıldıktan sonra bir çelik kılıf konur. Fırın dış duvar sıcaklığı 160˚ C iken bile çelikten dış kılıfa rahatlıkla dokunabiliriz.

Refrakter duvar kalınlığı belirlenirken belirli kabullerle hesap yapılarak boyutlar belirlenir. Tek katlı bir duvarda ısı kaybının duvar kalınlığına bağlı değişimi alttaki şekilde verilmişti. Duvar kalınlığı arttıkça ısı kaybı azalmaktadır. Fakat kalınlığı arttırmak duvar maliyetini ar7ttıracağından duvar kalınlığının hesaplanmasında emniyetli duvar ısı kaybı dikkate alınır.

Borularda ve Tüp Fırınlarında Kritik İzolasyon Yarıçapı

Boru malzemeleri genellikle dışarıdan izole edilir. İçeriden izolasyon olabilir ama genellikle zordur. Dışarıdan izole edildiğinde dışarıdaki sıcaklık düşük olduğundan daha ucuz izole malzemesi kullanılır. Ve genleşme problemi de kalmaz. Fakat bu durumda boru çapını büyütmek ve basıncıda arttırmak gerekir. Bunların yanında cidar kalınlığı, ağırlık ve maliyette artar.

Literatürde fırın dış duvar sıcaklığı, fırın iç duvar sıcaklığının yaklaşık %10 u olması tavsiye edilir.1200oC’lik fırında fırın dış duvar sıcaklığının 120oC olması tavsiye eldir. Bu sıcaklık değeri insanın dokunabileceği sıcaklık değerinin üzerinde olduğundan fırın dış duvarının dışında bir miktar boşluk bırakıldıktan sonra bir çelik kılıf konur. Fırın dış duvar sıcaklığı 120oC iken bile çelikten dış kılıfa rahatlıkla dokunabiliriz.

Refrakter duvar kalınlığı belirlenirken belirli kabullerle hesap yapılarak boyutlar belirlenir. Duvar kalınlığı arttıkça ısı kaybı azalmaktadır. Fakat kalınlığı arttırmak duvar maliyetini arttıracağından duvar kalınlığının hesaplanmasında emniyetli duvar ısı kaybı dikkate alınır.

# ISI TRANSFER KATSAYISI HESABI

E= Er + Ec

E: Yüzey ısı transfer katsayısı

Er: Radyasyonla toplam ısı transfer katsayısı

Ec: Kondüksiyon ve konveksiyon ile toplam ısı transfer katsayısı

**Isı Transfer Katsayısının Radyasyonla Hesaplanması**



**Isı Transfer Katsayısının Kondüksiyon ve Konveksiyon İle Hesaplanması**

1. *Düz Fırınlarda:*
2. Yukarı doğru yönlenmiş yatay döşeme : 
3. Aşağı doğru yönlenmiş yatay döşeme : 
4. Düşey : 
5. *Silindirik Fırınlar:*

a) Yatay Silindirik : 

b) Düşey Silindirik : 

*3. Rüzgâr Hızı Katsayısı* : 

**Örnek Isı Hesaplamaları**

***Zeminler için:***

Fırının iç sıcaklığının 980˚C

Fırının dış sıcaklığının 20˚C

Rüzgâr hızı 0 m/sn, olduğunu farz edelim.

Tabaka-1 Plicast LWI-24

d1 = 0.075 m

Ara yüzey sıcaklığı t1 = 852˚C

λ1 = 0.352 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 916˚C)

Tabaka-2 Plicast LWI-20

d2 = 0.055 m

Ara yüzey sıcaklığı t2 = 691˚C

λ2 = 0.206 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 771.5˚C)

Tabaka-1 Plicast Airlite Trowl

d3 = 0.120 m

λ3 = 0.124 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 398.5˚C)

Ara yüzey sıcaklığı tn = 106˚C

E = 7 kcal/m2h˚C

Hesaplama 







Fırının iç yüzeyine konacak refrakter yüksek sıcaklığa dayanıklı olmalıdır. Bunlar genellikle gözeneksiz veya çok az gözenekli olmalıdır ki ısı yalıtım gücü iyi gazlara tolara dayanıklı olmalıdır. Curuf ve sıvı metal ile temas edenlerde bu maddelere dayanıklı olmalıdır.

En dışta genellikle seramik fiber, perlitli dökülebilir refrakterler ve benzeri gözenekli refrakterler kullanılmalıdır. Gözenekli dökülebilir refrakterler düşük sıcaklıkta yalıtım görevini iyi yaparlar fakat sıcaklık yükseldiğinde izolasyon özellikleri zayıflar,aynı zamanda da yumuşamaya başlarlar. Bu nedenle duvarlar çok katlı yapılır.refrakerin gözenek durumuna ve maksimum kullanım sıcaklığına göre duvarlar çok katlı yapılırlar. Dıştan içe doğru gidildikçe refakter yoğunluğu artar. Refrakterlerin ara yüzeyindeki sıcaklıklar hesaplanmalı ve duvar kalınlıkları öyle yapılmalıdır bunun için programlama gereksinimi vardır.

Üç katlı bir fırın duvarında fırın duvarında ısı kaybının hesaplanma şeklini açıklayınız. Fırın duvarından izin verilen ısı kaybı miktarının nasıl bulunduğunu açıklayınız(8).

Isı kaybının hesaplanma şeklini aüstteki şeklin sağ tarafında verilen formülden hesaplanır. Fırın duvarından kaçmasına izin verilen ısı miktarı, ders notlarında verilen çizelgeden ve bu çizelgedeki değerler kullanılarak interpolasyonla hesaplanır.

Kritik yarıçap hesabının hesaplanmasını, hangi kriterlerin dikkate alındığını açıklayınız.(8).

Bir duvarda yüzey fim katsayısının ısı iletkenlik katsayısına oranı bize kritik yarıçapı verir. Normal kostrüksiyon hesaplarına göre bulduğumuz çap bu kritik çapın üstündeyse izolasyonu istediğimiz kadar artırabiliriz, eğer bu kritik değerin altındaysa izolasyon tabakasını bu kritik değere kadar artırmak ısı kayıplarını artıracağından izolasyon tabakasının ekonomiklik hesabını yaparak karar vermemiz gerekir.

DUVAR KALINLIKLARIN BELİRLENMESİ

Astarların Yapısı: Astarlar düşük sıcaklıkta çalışanlar tek katlı, yüksek sıcaklıkta çalışanlar çok katlı yapılır. Sıcak yüzeyle temas eden refrakterin refrakterliği yüksek (gözenek oranı düşük veya sıfır), dış kısımdakinin izolasyon kabiliyeti iyi (gözenek oranı yüksek) olmalıdır. Fırın içindeki refrakterlerin fırın gazlarına tozlarına, varsa cürufa ve sıvı metal ile temas edenlerin bu maddelere karşı dayanıklı olması gerekir. Bu refrakterlerin ısı yalıtım gücü gözenekli, refrakterler kadar iyi değildir. Fırın ısı yalıtım gücü iyi olan gözenekli, refrakterlerin de en yüksek kullanım sıcaklıkları yüksek değildir. Bu nedenle fırınlar çok katlı yapılırlar. Fırın içinden dışa doğru hem sıcaklık hem de kullanılan refrakterin yoğunluğu düşer. Fırın duvarının dış kısmında genellikle seramik fiberler, perlitli dökülebilir ve benzeri refrakterler kullanılır, refrakter duvarın dışında ise genellikle çelik fırın kılıfı yer alır. Çok katlı ve gözenekli duvar sayesinde fırın dış kılıfı sıcaktan korunmuş olur. Sıcak yüzey refrakteri ile izolasyon refrakteri arasındaki bağlantı yerlerindeki sıcaklıklar dikkatten kaçmamalıdır. İzolasyon refrakterinin erişeceği en yüksek sıcaklığı, bu refrakterin en yüksek kullanım sıcaklığını aşmamalıdır (Nishikawa, 260). (Ali topbaş)

Üç katlı duvarlarda sıvı metalle temas eden refrakterler gözeneksiz veya az gözenekli olarak kullanılabilir. Orta kısımda destek malzemesi olarak gözenekli veya çok gözenekli rijit ayakta durabilen malzeme kullanılır. En dışta ise,

Yüksek alüminalı çimento kullanılarak perlit diatomit ve vermikülit gibi gözeneklilerle tuğla gibi rijit bloklar kullanılabilir.

Youtong ve diatomit kesilerek blok halinde kullanılabilir

Koyun yünü gibi hallaç pamuğu şekline getirilmiş fiber malzemeler, battaniye şekline getirilmiş fiber malzemeler ve dikdörtgenler prizması şeklinde blok olarak kullanılan fiber malzemeler kullanılabilir. Bu malzemelerde gözenek çok fazladır ve sıcak gazları geçirebilir.

İÇİ BOŞ İKİ KATLI SİLİNDİRİK DUVARDA ISI KAYIPLAR

Bu formül göz önüne alınarak;

Q=2πl(1200-20)/(1/9+1/25.795\*ln⁡〖0,0425/0,0375〗+1/0,206\*ln⁡〖0,1175/0,0425〗+0)

=1173 kcal/m2h bulunur.

DUVAR KALINLIĞI SAPTANMASINDA İZİN VERİLEN ISI KAYBI

Duvar kalınlığı saptanırken, en yüksek kullanım sıcaklığı, ekonomi hesabı da yapılmalıdır. Duvar kalınlığının getireceği maliyet artışı ile sağlayacağı tasarrufun karşılaştırılması gerekir. Pratikte fırın duvar kalınlığı tayin edilirken, literatürde verilen emniyetli duvar kaybı değerleri esas alınır. Fakat bu değerler 400 ˚ C aralıklarla verilmiş olduğundan ara sıcaklıkları bulmak için lineer interpolasyon yapmak gerekir. Her seferinde interpolasyon yapmak zor olduğundan verilen değerlerden hareketle aşağıdaki formüller çıkarılmıştır

q =6,7T-2260 kj/(m²h) veya q = 1,6T-541 kkal/(m²h)

(1 kal =4,18 j)

Litaratürde fırın dış duvar sıcaklığı, fırın iç duvar sıcaklığının yaklaşık %10 u olması tavsiye edilir.1600 ˚C lik fırında fırın dış duvar sıcaklığının 160˚ C olması tavsiye eldir. Bu sıcaklık değeri insanın dokunabileceği sıcaklık değerinin üzerinde olduğunundan fırın dış duvarının dışında bir miktar boşluk bırakıldıktan sonra bir çelik kılıf konur. Fırın dış duvar sıcaklığı 160˚ C iken bile çelikten dış kılıfa rahatlıkla dokunabiliriz.

Refrakter duvar kalınlığı belirlenirken belirli kabullerle hesap yapılarak boyutlar belirlenir. Tek katlı bir duvarda ısı kaybının duvar kalınlığına bağlı değişimi alttaki şekilde verilmişti. Duvar kalınlığı arttıkça ısı kaybı azalmaktadır. Fakat kalınlığı arttırmak duvar maliyetini ar7ttıracağından duvar kalınlığının hesaplanmasında emniyetli duvar ısı kaybı dikkate alınır.

Borularda ve Tüp Fırınlarında Kritik İzolasyon Yarıçapı

Boru malzemeleri genellikle dışarıdan izole edilir. İçeriden izolasyon olabilir ama genellikle zordur. Dışarıdan izole edildiğinde dışarıdaki sıcaklık düşük olduğundan daha ucuz izole malzemesi kullanılır. Ve genleşme problemi de kalmaz. Fakat bu durumda boru çapını büyütmek ve basıncıda arttırmak gerekir. Bunların yanında cidar kalınlığı, ağırlık ve maliyette artar.

Formüllerinden biriyle istediğimiz sıcaklık için emniyetli duvar ısı kaybını hesaplayabiliriz. Bu formül 1000 ˚C de verilen değerlerden %6 sapma gösterir. Bu da değişimin doğrusala yakın olduğunu gösterir.

Literatürde fırın dış duvar sıcaklığı, fırın iç duvar sıcaklığının yaklaşık %10 u olması tavsiye edilir.1200oC’lik fırında fırın dış duvar sıcaklığının 120oC olması tavsiye eldir. Bu sıcaklık değeri insanın dokunabileceği sıcaklık değerinin üzerinde olduğundan fırın dış duvarının dışında bir miktar boşluk bırakıldıktan sonra bir çelik kılıf konur. Fırın dış duvar sıcaklığı 120oC iken bile çelikten dış kılıfa rahatlıkla dokunabiliriz.

Refrakter duvar kalınlığı belirlenirken belirli kabullerle hesap yapılarak boyutlar belirlenir. Duvar kalınlığı arttıkça ısı kaybı azalmaktadır. Fakat kalınlığı arttırmak duvar maliyetini arttıracağından duvar kalınlığının hesaplanmasında emniyetli duvar ısı kaybı dikkate alınır.

ISI TRANSFER KATSAYISI HESABI

E= Er + Ec

E: Yüzey ısı transfer katsayısı

Er: Radyasyonla toplam ısı transfer katsayısı

Ec: Kondüksiyon ve konveksiyon ile toplam ısı transfer katsayısı

Isı Transfer Katsayısının Radyasyonla Hesaplanması

Isı Transfer Katsayısının Kondüksiyon ve Konveksiyon İle Hesaplanması

Düz Fırınlarda:

Yukarı doğru yönlenmiş yatay döşeme :

Aşağı doğru yönlenmiş yatay döşeme :

Düşey :

Silindirik Fırınlar:

a) Yatay Silindirik :

b) Düşey Silindirik :

3. Rüzgâr Hızı Katsayısı :

Örnek Isı Hesaplamaları

Zeminler için:

Fırının iç sıcaklığının 980˚C

Fırının dış sıcaklığının 20˚C

Rüzgâr hızı 0 m/sn, olduğunu farz edelim.

Tabaka-1 Plicast LWI-24

d1 = 0.075 m

Ara yüzey sıcaklığı t1 = 852˚C

1 = 0.352 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 916˚C)

Tabaka-2 Plicast LWI-20

d2 = 0.055 m

Ara yüzey sıcaklığı t2 = 691˚C

2 = 0.206 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 771.5˚C)

Tabaka-1 Plicast Airlite Trowl

d3 = 0.120 m

3 = 0.124 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 398.5˚C)

Ara yüzey sıcaklığı tn = 106˚C

E = 7 kcal/m2h˚C

Hesaplama

-------------- özetle

DUVARDA ISI KAYIPLARININ HESABI

75 55 ve 120 mm kalınlığındaki tuğla duvarlarıN ISIL İLETKENLİK KATSAYILARI YERİNE KONULARAK HESAP YAPILMIŞTIR. seçilmiş olup ısı tranfer miktarı aşağıdaki gibi hesaolanmaktadır. 980 C’eki yüzey film katsayısı sıfır alınmıştır.

Fırının iç yüzeyine konacak refrakter yüksek sıcaklığa dayanıklı olmalıdır. Bunlar genellikle gözeneksiz veya çok az gözenekli olmalıdır ki ısı yalıtım gücü iyi gazlara tolara dayanıklı olmalıdır. Curuf ve sıvı metal ile temas edenlerde bu maddelere dayanıklı olalıdır.

En dışta genellikle seramik fiber, perlitli dökülebilir refrakterler ve benzeri gözenekli refrakterler kullanılmalıdır. Gözenekli dökülebilir refrakterler düşük sıcaklıkta yalıtım görevini iyi yaparlar fakat sıcaklık yükseldiğinde izolasyon özellikleri zayıflar,aynı zamanda da yumuşamaya başlarlar. Bu nedenle duvarlar çok katlı yapılır.refrakerin gözenek durumuna ve maksimum kullanım sıcaklığına göre duvarlar çok katlı yapılırlar. Dıştan içe doğru gidildikçe refakter yoğunluğu artar. Refrakterlerin ara yüzeyindeki sıcaklıklar hesaplanmalı ve duvar kalınlıkları öyle yapılmalıdır bunun için progrema gereksinim vardır.

--------------------

Düz tavanlar için:

Fırının iç sıcaklığının 870˚C

Fırının dış sıcaklığının 20˚C

Rüzgâr hızı 0,5 m/sn olduğunu farz edelim.

Tabaka-1 Plicast LWI-20

d1 = 0,10 m

Ara yüzey sıcaklığı t1 = 494˚C

1 = 0.201 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 682˚C)

Tabaka-2 Plicast Astrolite

d2 = 0,05 m

Yüzey sıcaklığı tn = 74˚C

2 = 0.090 kcal/mh˚C (ortalama sıcaklık 284˚C)

E = 14 kcal/m2h˚C

İZİN VERİLEN ENERJİYE GÖRE DİZAYN YAPILDI BU AŞAMADA FIRIN DUVAR KALINLIĞINI ARTTIRARAK ;

1. FIRIN MALİYETİ ARTAR
2. BİRİM ZAMANDA ISI TASARRUFU SAĞLARIZ

HER FIRININ ÖMRÜ YAKLAŞIK TAHMİN EDİLİR, FIRIN ÖMRÜ BOYUNCA NE KADAR ISI TASARRUFU SAĞLAR?

BU İKİ PARAMETREYLE BU BİLGİLER DÜZENLENİR.

KRİTİK YARIÇAP, TEKNİK KONULARI ANLAMAK ZOR OLABİLİR. ŞİMDİ VERİLECEK ÖRNEK ANLAŞILMAYI KOLAYLAŞTIRMAYA YÖNELİKTİR.

İNSAN FANİLA GİYDİĞİİNDE ISI KAYBI AZALIR, NE KADAR FANİLA GİYERSE ISI TASARRUFU ARTAR.

KRİTİK YARIÇAP HESABINA GÖRE YÜZEY ALANINI ARTTIRMAK, KATI KÜTLENİN TRANSFER EDEBİLDİĞİ ENERJİDEN DAHA FAZLAYSA,İZOLASYON İŞE YARAMAZ.YÜZEY FİLM KATSAYISININ TRANSFER ETTİĞİ ENERJİ, KATININ TRANSFER ETTİĞİNDEN DAHA AZSA ISI TRANSFERİ GERÇEKLEŞİR. KATI KÜTLE HER AY 500 KALORİ TRANSFER EDİYOR İSE, YÜZEY FİLM KATSAYISI 600 TRANSFER ETSE DE İÇTEN GELENİ ARTTIRAMAZ AMA 400 TRANSFER EDİYORSA GENEL ENERJİYİ AZALTIR. İŞTE BU DURUMDA, BORUYA BİR KAT FANİLA EKLEMEK İNSAN ÖRNEĞİNDE OLDUĞU GİBİ ISI KAYBINI AZALTMAYABİLİR. İKİ,ÜÇ VE DÖRT KATTA AZALTMAYABİLİR. KRİTİK YARIÇAP DEĞERİNDEN AZALTMAYA BAŞLAR.

--------------------