

ALÜMİNYUM ERGİTME VE TUTMA SÜREÇLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ



Erman CAR
Sistem-Teknik Endüstriyel Fırınlar

3.Endüstriyel Fırınlar ve Refrakter
Sempozyumu
29-30 Nisan 2010
Sakarya Üniversitesi

Bir çok endüstriyel uygulamada temel amaç verimliliği arttırarak, birim üretim maliyetini düşürmektir. Bu genel prensibi ergitme işlemine yansması ise birbiri ile doğrudan ilişkili :

- Ergitme zamanının kısaltmak için şarj üzerine transfer edilen enerjinin maksimizasyonu ve böylece,
- Fırının yüksek enerji verimliliğine ulaştırılması ve birim zamanda ergitilecek malzeme miktarının teorik değerlere yaklaşması,
- Oksidasyonunun engellenerek minimum metal kaybının sağlanması,
- Verimli bir ergitme işleminin doğal sonucu olarak minimum kirli gaz emisyonu olarak ortaya koyulabilir.

YANMA

Yanma, yakıt ile oksijenin, ısı oluşturmak için birleşmesi ile gerçekleşen kimyasal bir tepkimedir. Bu tepkime sonucu oluşan “yanma ya da baca gazı”, serbest hale geçen ısıyı taşır. Bu ısının miktarı, yanma gazlarının sıcaklığına bağlıdır.

Temel yanma tepkimeleri :

Karbon + Oksijen = Karbondioksit + Isı

Hidrojen + Oksijen = Su buharı + Isı

Yanma tepkimesi sırasında yeterli miktarda oksijen bulunduğunda “tam yanma” oluşur. Fırınlarda oksijen ihtiyacı ya havadan ya da kısmen ya da tamamen teknik saflıktaki oksijenden sağlanır. Eğer gerekenden fazla oksijen (ya da fazla hava) kullanılırsa, yakıcı alevi zayıf ve oksitleyici olacaktır. Bu hem yakıt kaybına hem de fırın atmosferininin oksidan olmasına neden olacaktır. Ters olarak gerekenden fazla yakıt kullanılırsa (düşük oksijen ya da yetersiz hava), yakıcı alevi zengin ancak redükleyici olacaktır. Yani yanma tepkimesi tamamlanamayacaktır.

Reverber Fırınlar (Sistem-Teknik)



Yanma verimi fırına giren ısı miktarının, fırında yararlı olarak kullanılan ısı miktarına oranıdır. Isı kayıpları fırın tasarımı ve özellikle yakıcı sisteminin seçimine bağlıdır (baca, duvar, kapı, balkon kayıpları). Farklı ergitme ya da tutma sistemleri için, kaçak ısıнын tanımı ve ölçümü zor olduğundan “yararlı ısı (available heat)” terimi kullanılır. Yararlı ısı, fırına giren ısıdan baca gazları ile kaçan ısı düşüldükten sonra elde edilen değerin bir yüzdesidir.

Tablo : Farklı fırın sıcaklıklarında yararlı ısı oranı

	650 °C	980 °C	1315 °C
Yararlı ısı	% 66	% 52	% 35
Su buharı kaybı (latent heat) + baca gazı kaybı (sensible heat)	% 34	% 48	% 65

Bütün yanma bazlı ısı sistemlerde işlem verimliliği ve dolayısı ile enerji verimliliği doğrudan aşağıdaki parametrelere bağlıdır :

- Doğru fırın tasarımı ve yakıt seçimi,
- Maksimum ısı transferi,
- Yakıcı sistemlerin uygun ısı akışı ve doğru hava/yakıt oranı ile çalışabilmesi,
- Fırın iç basıncının kontrolü
- Doğru refrakter seçimi, zamanında tamir ve malzeme taşıma-şarj ,kapı açma-kapama ve curuf alma işlemlerinin optimizasyonu ile ısı kaybının azaltılması,
- Yakıcı tipinin ve fırın içindeki konumunun, işleme uygun şekilde modifikasyonu,
- Proses kontrol aygıtları ile işlem parametrelerinin takibi,
- Şarjın fırına yüklenme zamanı ve pozisyonunun fırın tasarımının izin verdiği ölçüde iyileştirilmesi,
- Atık ısı geri kazanım aygıtları ile şarjın ve/veya yanma havasının ön-ısıtılması,

ISI TRANSFERİ

Yakıt ile çalışan fırınlarda, yanma tepkimesi sonucu kimyasal enerji ısı enerjisine dönüşür, sıcak gazlar tarafından yüklenir ve doğrudan ya da dolaylı olarak şarj üzerine “yararlı ısı” olarak taşınır. Isının bir bölümünden yararlı ısı olarak faydalanılırken, bir bölümü de faydalanılmaksızın dışarı gider. Yanma gazlarının sıcaklığı fırın içindeki şarjın sıcaklığından daha yüksektir. Bu yanma gazları baca gazı olarak fırını terkederken önemli miktarda enerjiyi de kayıp olarak beraberinde götürür.

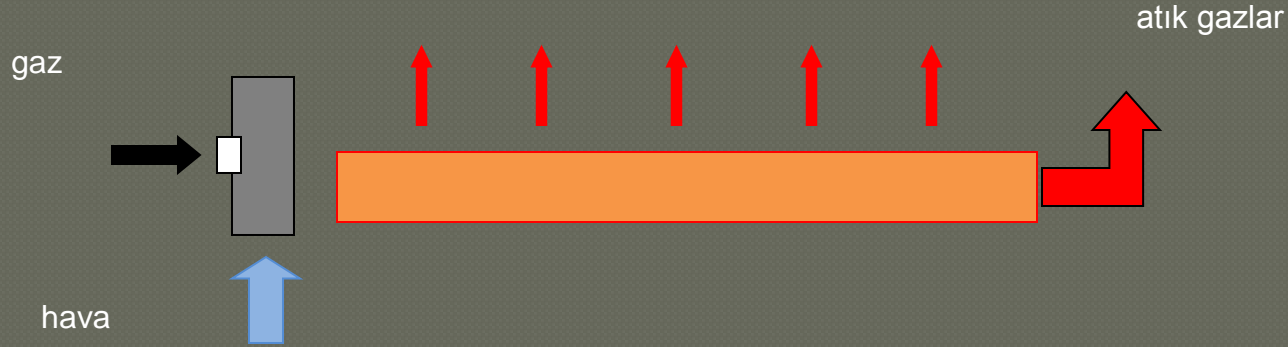
Isı kaynağından şarj üzerine ısı transferi 3 mekanizma ile çalışır:

- Yanma gazlarından şarj üzerine KONVEKSİYON ile,
- Alev, yanma ürünleri ve fırın duvarlarından RADYASYON ile,
- Alüminyum şarjın yüzeyinden iç kısımlarına (ermiş metal yüzeyinden curuf tabakası üzerinden ergiyiğin içine) KONDÜKSİYON ile.

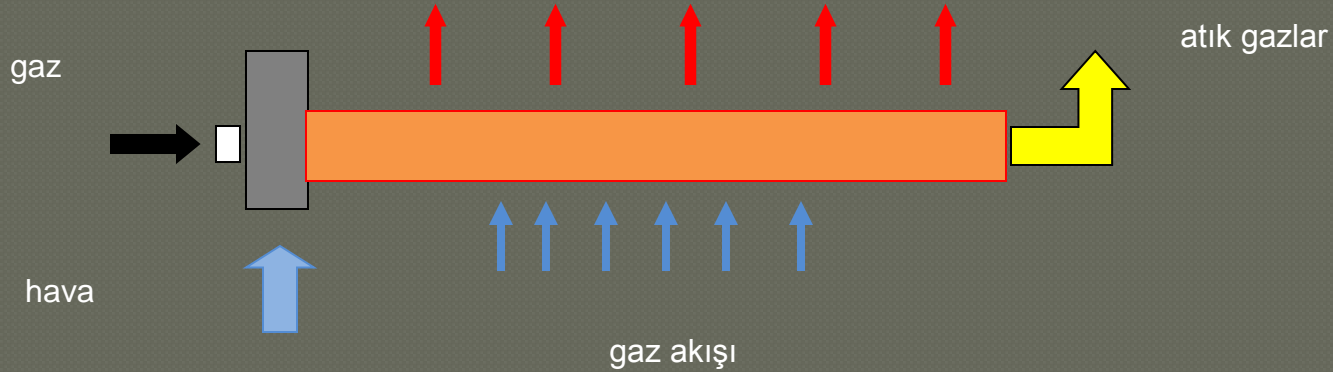
760 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda baskın ısı transfer mekanizması radyasyondur.

Reverber tipi alüminyum ergitme ve tutma fırınlarında ısı transferinin temel ilkeleri:

Radyasyon ile ısıнын iletildiği geleneksel yöntem:



Radyasyon ve konveksiyonun beraber çalıştığı geliştirilmiş ısı iletim yöntemi :



Tablo : Isı transfer mekanizmalarının farklı uygulamalardaki payı:

Isı transfer mekanizması	Ergitme	Isıtma	Tutma
Gaz konveksiyonu	% 60	% 5	% 5
Refrakter duvarlardan gaz radyasyonu	% 38	% 15	% 5
Refrakter tavandan gaz radyasyonu	% 12	% 80	% 90



Bütün ergitme süreçlerinde temel amaç, istenilen birim zamandaki eritme miktarına, yüksek enerji verimliliği ile ulaşmaktır. Fırına giren enerji aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

Fırına giren enerji oranı = yakıcının ürettiği enerji /
ergiyik yüzey alanı (kW/m²)

Fırın işletme verimliliği, yakıcı kapasitesi ve fırın tasarımına bağlı olarak, büyük ölçüde birim zamanda yapılan şarj miktarı ve şarjın fiziksel olarak fırın hacmi içindeki konumuna bağlıdır. Bunun yanında işletme pratiği, curuf alma pratiği ve proses kontrol ile parametrelerin izlenmesi de diğer önemli noktalardır.

Yakıcıdan metal üzerine transfer edilebilecek ısıнын miktarı:

- ergiyik yüzey alanı,
- refrakter sıcaklığı,
- metal sıcaklığı ve
- ergiyik üzerindeki curuf tabakasının kalınlığına bağılıdır.

İkiz kamaralı fırın (Sistem-Teknik)



ISI KAYIPLARI

Faydalı ısı fırına giren net ısıdan baca gazı kayıplarının düşümü ile hesaplanır. Şarja ulaşan net ısı miktarı ise, yararlı ısı ile diğer kayıpların (duvar ve radyasyon kayıpları) arasındaki farktır. Yüksek baca gazı sıcaklığı, verimsiz ısı transferinin göstergesidir. Eğer yanma gazları taşıdıkları enerjiyi şarj üzerine iletemezler ise, yüksek sıcaklıkta fırını terkederler.

Baca kayıpları aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$\text{Baca gazı kayıpları} = W \cdot C_p \cdot (T_{\text{baca gazı}} - T_{\text{çevre}})$$

W : baca gazlarının kütlesi,

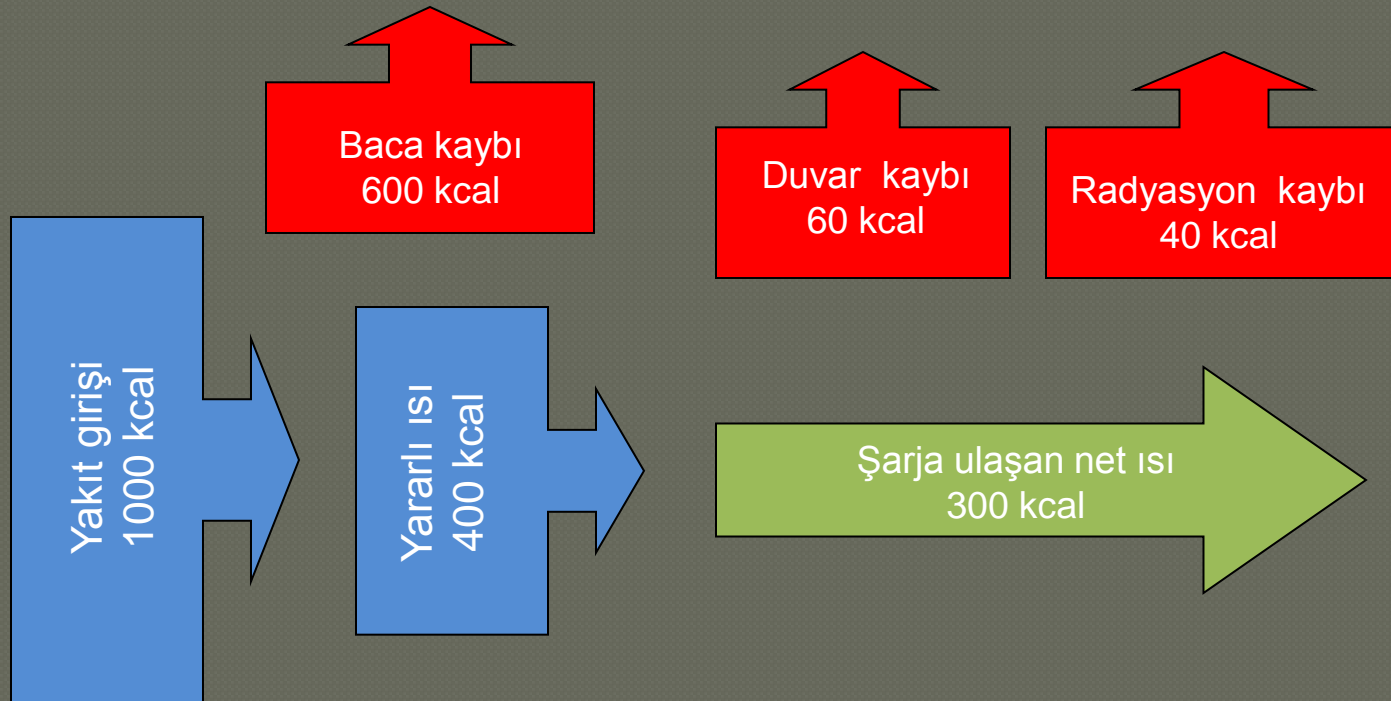
C_p : baca gazlarının özgül ısısı (0.25 btu/lb=0.14 cal/gr),

$T_{\text{baca gazı}}$: atık gazların bacaya giriş sıcaklığı,

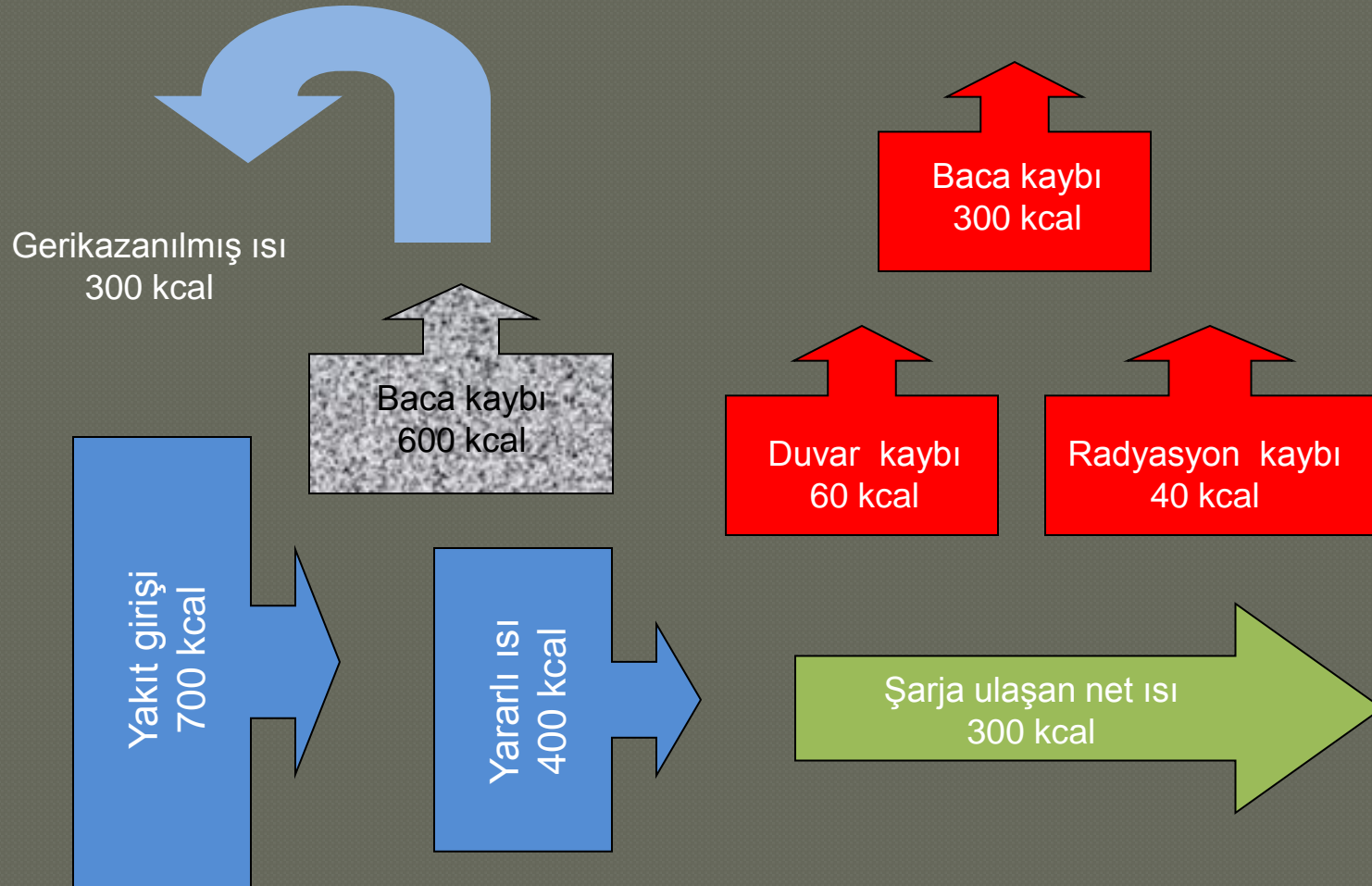
$T_{\text{çevre}}$: ortam sıcaklığı (genellikle 15°C).

Fırın enerji dengesi

980 °C'de tipik fırın enerji balansı (ısı gerikazanımı olmadan):



980 °C'de tipik fırın enerji balansı (600 °C'de ön-ısıtılmış hava ile):



Baca gazı hacmini azaltmak için fırını aşırı yüklemekten kaçınmak ve ısı transferinin iyileştirilmesi ile birlikte aşağıda sıralanmış noktalara da dikkat etmek gerekir:

- Hava-yakıt oranının optimizasyonu, aynı zamanda yakıt tüketiminin kontrolü anlamına gelir.
- Operasyonel kayıpların (kapı kayıpları, duvar kayıpları vs) diğer önemli parametrelerdir.
- Mínimum miktarda hava ile gerçekleşen tamamlanmış yanma, en verimli ısı üretim şeklidir. Verimli bir yanma ile optimum yakıt tüketimi ve kirli gaz salınımı anlamına gelir.
- Fırınlara için hem refrakter seçimi, uygulanması hem de refrakter bakımı fırın tasarımını olduğu kadar, ısı ve enerji verimliliği içinde önem taşır. Dışarıdan soğuk hava girişine izin veren refrakter uygulaması sonucu hem yakıt tüketimi artar, hem de fırın içindeki sıcaklık dağılımı uniformluğunu kaybeder.
- Fırın tasarımı ve ısıtılacak şarja uygun yakıcı sistemi seçimi de oldukça önem taşır. Isıtma ya da ısıtma işlemlerinin farklı aşamalarında gerekli olan farklı miktarlardaki enerji ihtiyacını karşılayabilmek için esnek üretkenliğe sahip (yüksek turn-down oranı) ve uygun alev boyu ve şekline sahip yakıcı sistemi seçilmelidir.
- Reverberant tipli fırınlarda kesintili çalışma, her bir devreye alma sürecinde öncelikle refrakter yüzeylerin ısıtılması ihtiyacı nedeni ile tavsiye edilmez.

Eşdeğer oran = $\phi = (A/F)_{\text{stokiyometrik}} / (A/F)_{\text{pratik}}$

(A/F) : hava yakıt oranı (kg/kg)

$\phi > 1$ ise yakıtca zengin karışım,

$\phi < 1$ ise yakıtca fakir karışım.

Fırın içine dışarıdan soğuk hava sızması (hava infiltrasyonu), soğuk hava fırın içine sadece yakıcıdan fazla hava olarak girmez. Eğer fırın içinde negative basınç var ise, fırın çevresinden de fırın içine girebilir. Çünkü fırın içindeki negatif basınç kapı ve diğer açıklıklardan fırın içine soğuk havayı çeker (draft etkisi). Bu soğuk hava yanma gazlarının taşıdığı enerjinin bir bölümünün kaybolmasına neden olarak, fırının enerji verimliliğini düşürür.

Duvar kayıpları, özellikle yüksek sıcaklıklarda çalışan fırınlarda, ısıнын bir bölümü, sürekli olarak fırın duvar, tavan ve tabanından kondüksiyon ile kaybolur.

Radyasyon kayıpları, 530 °C'nin üzerinde çalışan bütün fırınlarda radyasyon kayıpları büyük oranda ısı kaybına neden olur. Hasar görmüş refrakter, zayıf izolasyon ve kapı açma-kapanma frekansının büyük olması radyasyon kayıplarının temel nedenidir. Kapak açma-kapatma işlemleri ile kaybolan ısı, şarj, numune alma ve curuf alma sırasındaki kapak açma-kapama işlemleri de önemli bir miktarda ısı kaybına neden olmaktadır. Bu işlemlerin insane gücü yerine mekanik aletlerle yapılması, işlem süresini kısaltarak aşırı ısı kaybını önler ve özellikle şarj sırasında fırın içinde dengeli bir yüklemeye yardımcı olarak ısı transferini de iyileştirir. Aynı zamanda refrakter astarın mekanik darbeler ile hasar görme riskini minimize eder.

Diğer bir önemli nokta da fırın tasarımı ve şarj malzemesine bağlı olarak fırının yüklenme süresi ve şeklidir. Fırının homojen bir şekilde yüklenmesi hem ısı transferini artırır hem de birim zamandaki üretimi artırır.

Şarj arabası (Sistem-Teknik)



Curuf çekme arabası
(Tomorrow Technology)



Tablo : Fırın tiplerine göre ısı verimliliklerinin karşılaştırılması :

Ergitme fırın tipi	Isıl verimlilik (%)
Gaz ile çalışan pota fırını	7-19
İndüksiyon fırını	59-76
Elektrik ile çalışan Reverber	59-76
Gaz ile çalışan Reverber	30-45
Döner fırın	35
Kule tipi fırın (stack melter)	40-45

Bu ısı kayıplarının azaltılması sonucu:

- Enerji tüketimi düşer,
- Fırın toplam verimliliği artar,
- CO, NO_x ve yanmamış hidrokarbon salınımı azalır ve
- Ürün kalitesi ve fırın ömrü iyileşir.

Curuf Oluşumu

Fırın içindeki ergiyik metal sıcaklığı 770°C ve üzeri değerlere ulaştığında, oksidasyondaki artış nedeni ile curuf oluşumu hızlanır. Oksidasyon ile curuf oluşumu tersinir olmayan bir tepkimedir ve sıvı metal kaybı ile birlikte curuf oluşumunun temel nedenidir. Curuf oluşumu metal sıcaklığına fırın içindeki oksijenin varlığına bağlıdır. Yanlış yakıt-hava oranı ve dışarıdan görünen ya da görünmeyen açıklıklardan hava sızması ana oksijen kaynaklarıdır.

Ergiyik üzerinde oluşan curuf tabakası, yalıtkan özellikler göstermesi nedeni ile ısı transferini olumsuz yönde etkiler ve ergime işleminin gerçekleşmesi için fırın sıcaklığının aşırı yükselmesine ihtiyaç duyulur. Ancak sıcaklık artışı, aynı zamanda curuf oluşumunu da hızlandırır. Curuf tabakasının kalınlığı arttıkça ısı ihtiyacı da oldukça yüksek oranlarda artar. Prosesin doğası gereği sıcaklık yükseldikçe yakıt verimliliği düşer, oksidasyon nedeni ile metal kaybı artar ve ergimiş alüminyum hidrojen gazı kapması riski ortaya çıkarak metal kalitesi düşer.

Bu sorunları önlemek için,

- Çalışma sıcaklığı optimumda tutulmalı ve periyodik olarak ölçülmeli,
- Fırın içindeki serbest oksijen miktarı minimize edilmeli,
- Radyasyon ile ısı transferinin fırın boyunca eşit dağılımı sağlanarak, lokal sıcak noktaların oluşumu önlenmeli,
- Fırının aşırı ısıtılmasından kaçınılmalıdır. Tavsiye edilen sıcaklık, malzemenin döküm sıcaklığının $50-60^{\circ}\text{C}$ üzerinde tutulmasıdır.

Isı Gerikazanımı

Yanma bazlı, fosil yakıt ile çalışan alüminyum fırınlarında, enerji kayıplarının azaltılması ve kaybolan enerjinin gerikazanımı, fırının enerji verimliliği için önem taşımaktadır. Reverber tipli fırınlarda ergitme sırasında baca gazları önemli miktarda enerjiyi kaçak olarak taşımaktadır. Buna ilaveten daha küçük kayıplar fırın duvarları ve kapı kayıpları ile de gerçekleşmektedir. Verimli bir ısı gerikazanımında ilk öncelik, baca gazı kayıplarının azaltılmasına dayanır. Baca gazı sıcaklığı arttıkça, gerikazanılabilir enerji miktarı da artar. Bununla birlikte yüksek baca gazı sıcaklıklarına, ergitme işleminin belirli aşamalarında ulaşılır. İlk şarj zamanı, baca gazı sıcaklığı düşüktür ve ergiyik ile şarj arasındaki sıcaklık farkı nisbeten yüksektir. Bu aşamada enerji, yanma gazlarından şarj üzerine transfer edilir ve sonuç olarak baca gazı sıcaklığı düşüktür. Şarj ergimeye başladıkça, şarj ile fırın atmosferi arasındaki sıcaklık farkı düşmeye başlar, enerji transferi azalır ve baca gazlarının sıcaklığı yükselmeye başlar. Şarj tamamen ergidiğinde, ısı transferi minimuma ulaşır ve bu arada baca gazı sıcaklığı maksimum olur. Prosesin bu aşamasında, ergimiş metalin döküm sıcaklığına ulaşması için fırın ısıtılır ve bu aşamada baca gazları maksimum sıcaklığa ulaştığı için, maksimum enerjinin geri kazanımı mümkün olacaktır.

Herhangi bir fırında ısı gerikazanımı teknik olarak tasarlanırken, ısı üretimi ve gerikazanımı dengesinin kurulabilmesi için aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır:

- Üretimin devamı ve teknik emniyet açısından gerikazanım sisteminin otomatik ya da manuel olarak kumanda edilebilmesi (ana sistemden izole olarak ya da by-pass ile),
- Ölçüm ve teknik emniyet açısından basınç ve sıcaklığın sürekli kontrol edilmesi,
- Gerikazanım sistemi kontrol araçlarının, fırın kontrol araçları ile uyumlu ya da birlikte çalışabilmesi gerekmektedir.

1.Kazanılan Isının Şarjın Ön-Isıtılmasında Kullanılması

Şarj üzerine uygulanacak ikincil ön-yakma havasının sıcaklığı, hem metal verimi, hem olası kondensasyon reaksiyonları hem de ön-yakma odası refrakterlerin zarar görmemesi açısından önemlidir.

Özellikle hurda ergiten tesislerde ön-ısıtma yağ,nem,boya ve lak gibi fiziksel kirliliklerin uzaklaştırılması için de önemli bir işlemdir. Ergitme öncesi bu kirliliklerin uzaklaştırılması ile oksodasyon sonucu oluşan curuf miktarı azaltılarak, daha yüksek metal verimlerine ulaşılabilir.

Ön-ısıtma uygulanmış şarjın erigme sırasında getirdiği diğer önemli bir avantaj da daha düşük alev sıcaklığı ve fırın sıcaklığının yetreli olması ve böylece daha az NO_x salınımıdır.

Bununla beraber ön-ısıtma odasında uniform sıcaklık dağılımı hem ısıнын efektif kullanımı hem de istenmeyen oksidasyon yoluyla metal kaybının önlenmesi açısından önemlidir

2. Yanma Havaının Isıtılması

Alüminyum ergitme ya da tutma fırınlarında en yaygın kullanıma sahip enerji tasarrufu yöntemlerinin başında, yanma havasının gerikazanılmış ikincil enerji ile ısıtılması gelir. Çünkü bu tip fırınlarda ana enerji kaybı, yanma gazlarının taşıdığı ısının bacadan kaçmasıyla gerçekleşir. Bu ısının ikinci bir kaynak olarak, yanma havasının ısıtılmasında kullanılması ile sağlanabilecek enerji tasarrufu doğrudan yanma gazlarının sıcaklığına ve yakıcılarda kullanılan hava-yakıt oranına bağlı olarak, baca gazının O_2 içeriğine bağlıdır.

Yanma havasının ikincil enerji ile ısıtılmasının getireceği ana faydalar aşağıda sıralanmıştır:

- Ön-ısıtılmış hava kullanımı ile daha yüksek alev sıcaklıklarına ve dolayısıyla daha yüksek radyasyon ile ısı transferi oranlarına ulaşılabilir. Örneğin $15^{\circ}C$ 'den $540^{\circ}C$ 'ye ısıtılmış yanma havası kullanıldığında, doğal gaz için teorik alev sıcaklığı yaklaşık olarak $1950^{\circ}C - 2715^{\circ}C$ aralığında olacaktır. Böylece alev radyasyonu ile ısı iletimi artacaktır.
- Fırına giren faydalı ısının miktarı artacak ve baca kayıpları azalmış olacaktır. Fırın içindeki alüminyum şarj ister sıvı, ister katı halde olsun, ihtiyacı olan ısının büyük bölümünün doğrudan alevden güçlü radyasyon ile alır. Alev radyasyonu oranının arttırılması ile fırın duvar ve tavanının aşırı ısıtılması ve buna bağlı oluşabilecek hasarlar minimize olacaktır.

- Yüksek alev sıcaklığı ve buna bağlı olarak yüksek alev radyasyonu, fırının birim zamanda ergiteceği alüminyum miktarının artmasına neden olacaktır, yani fırının üretim verimliliği artacaktır. Ancak burada önemli olan nokta “aşırı ısınma” nın engellenmesidir. Çünkü aşırı ısınma ile hem yakıt tüketimi artar, hem oksidasyon nedeni ile metal kaybı artar, hem de sıvı metali hidrojen gazı kapma riski nedeni ile metal kalitesi düşer.

- Diğer bir önemli noktada, yanma havasının ısıtılması sonucunda yakıcılarda oluşan yüksek sıcaklık nedeniyle “gaz kusma” probleminin oluşması ve böylece hava-yakıt oranının bozulmasıdır. Bu nedenle hava-yakıt oranı periyodik olarak ya da otomatik olarak kontrol edilmelidir. Ön-ısıtılmış hava kullanımının yol açabileceği en önemli sorun ise, yanma reaksiyonunun çok hızlı ve yüksek sıcaklıklar doğurması nedeni ile NO_x salınımindaki artıştır.

Yanma havasının gerçek sıcaklığı ile ikincil enerji ile ısıtma sonucundaki sıcaklığının oranı ile işlem verimi hesaplanabilir. Ancak termodinamik yasaları uyarınca hiçbir zaman % 100 yanma verimine ulaşamaz.

Rekuperatörler

Sistemin esas ısı sıcak yanma gazlarının taşıdıkları ısıyı bir temas yüzeyi aracılığı ile yanma havasına transfer etmeleridir. Yanma havası ısınırken doğal olarak yanma gazlarının sıcaklığı düşer ve sonuç olarak baca gazları daha düşük sıcaklıkta fırını terk ederler. Farklı tasarımlarda rekuperatörler vardır. En basit olanı tüp ya da radyan tipli olanlarıdır. Tüp yüzeyi ısı transfer yüzeyi olarak davranır.

Rejeneratif Sistemler

Son 15-20 yıldır alüminyum endüstrisinde geniş kullanım alanı bulan bir teknolojidir. Yüksek yakıt verimliliği ve üretim ytenneği sağlaması nedeni ile bir çok işletme ergitme ve tutma fırınlarını rejeneratif yakma sistemleri ile donatmıştır. % 50-60'a kadar yakıt tasarrufuna olanak vermesine karşın, geleneksel yakıcılara göre yüksek yatırım ve bakım maliyeti ve NO_x salınımı dezavantajlarıdır.

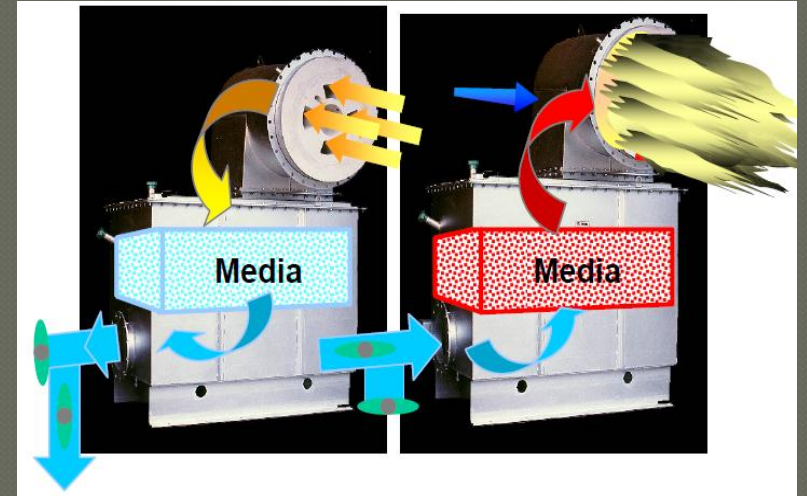
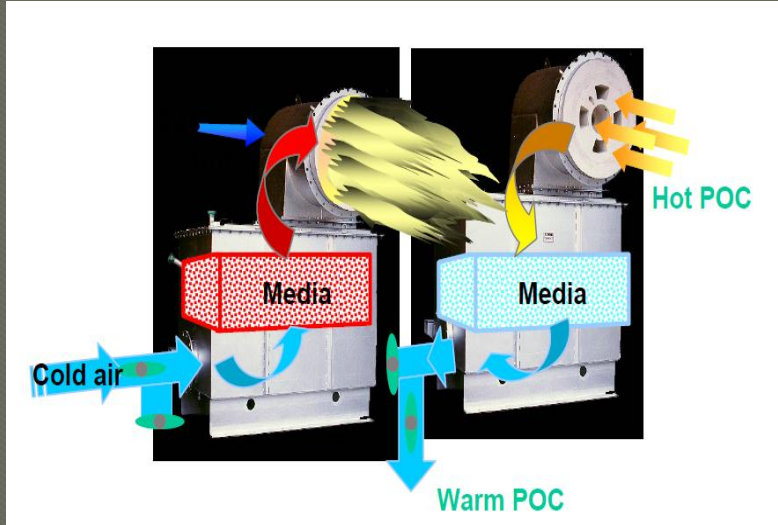
Özellikle büyük kapasiteli Reverber fırınlarda kullanılan rejeneratif sistemlerde, baca gazları ile taşınan ısıнын bir bölümü depolanarak, yanma havasının ısıtılmasında kullanılır. Sistem de genellikle iki yakıcı vardır ve bunlar nöbetleşe çalışırlar. Rejeneratif sistemlerin kullanımı ile hem alev sıcaklığı yükseltilebilir hem de fırına giren faydalı ısı miktarı artar. Böylece yakıt tüketimi düşerken, kirli gaz salınımı da azaltılmış olur.

Rejeneratif yanma sistemi (Sistem-Teknik)



Yakıcının bir tanesi normal olarak çalışırken, diğer yakıcı yanma havasının yaklaşık % 80-90'nunu çekerek, seramik toplardan oluşan yatakta toplar ve ikinci yakıcı devreye girdiğinde yanma havası olarak, toplandığı sıcak gazları verir.

Rejeneratif yanma sistemi



Tablo : 1175 °C'de çalışan bir fırın için ön-ısıtılmış hava kullanımı ile yakıt tasarrufu oranı

Tablo : Ön-ısıtılmış yanma havası kullanımının ergitme oranı ve enerji tüketimine etkisi

	Ön-ısıtılmış hava sıcaklığı (°C)	Yararlı ısı (%)	Yakıt tasarrufu (%)
Radyasyon reküperatörü	370	52	25
Radyasyon-konveksiyon reküperatörü	540	60	33
Rejeneratif sistem	980	78	48

	Isı gerikazanımı olmadan	Rekuperator + yüksek hızlı yakıcı sistemi	Rejeneratif yakıcı sistemi
Ergitme oranı (kg/m ² /saat)	250	400	350
Enerji tüketimi (kcal/ton)	850 000	650 000	550 000

Oksijence Zenginleştirilmiş Yanma Havası Kullanımı

Yanma , yakıt ile oksidan arasında ısıyı oluşturan bir kimyasal reaksiyondur. Oksidan olarak genellikle hava kullanılır (havanın % 21'i oksijendir). Yanma havası içindeki oksijen konsantrasyonunun % 21'i geçtiği zaman “oksijence zenginleştirilmiş hava” tanımı kullanılır. Yanma havası içinde oksijen konsantrasyonunun artması, yanma ürünü gazlarda azotlu bileşiklerin azalması ve aynı zamanda azotlu bileşiklerle kaçan ısıнын azalması, yani sistemin ısı veriminin artması anlamına gelir.

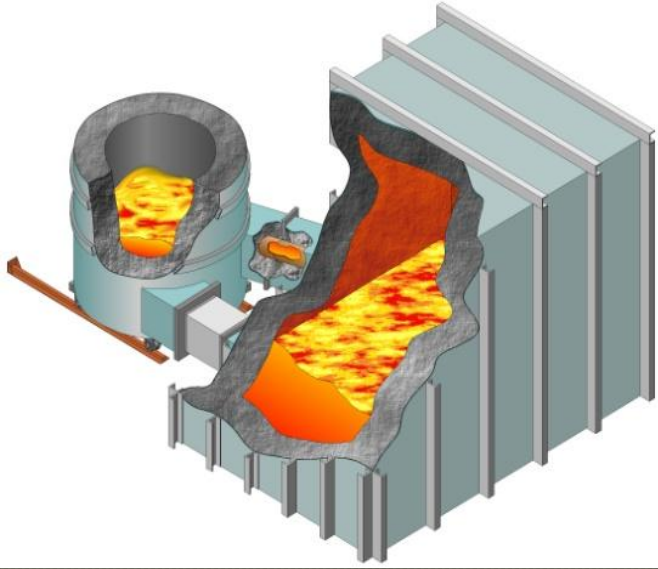
Yanma havası olarak standart havanın kullanıldığı fırınlarda 1100 °C'de baca gazlarının O_2 içeriği % 2 ve faydalı ısı oranı % 46 oranındadır. Yani fırına giren 100 birim brüt ısıнын sadece 46 birimi ergitme işlemi için kullanılabilir. Ancak standart hava yerine O_2 kullanıldığında faydalı ısı oranı % 75'e kadar çıkabilir.

Yanma havası olarak standart hava kullanıldığında ortaya çıkan azot , sadece çevresel sorun yaratmakta kalmaz, aynı zamanda üretilen ısıнын bir bölümünü taşıyarak, kaybolmasına da neden olur. 1100 °C'de çalışan bir ergitme fırınında yanma havası olarak oksijen kullanıldığında yakıt tüketimi yaklaşık olarak % 38 düşer. Düşük yakıt tüketimi aynı zamanda düşük gaz salınımı anlamına da gelir.

Oksijen ile zenginleştirilmiş yanma havası kullanıldığında, alev sıcaklığı yükselecek, bu da ısı iletimini arttıracaktır. Doğal gaz ile çalışan sistemlerde, geleneksel yakıcılarda maksimum alev sıcaklığı 1850°C iken, yanma havası olarak oksijen kullanım ile alev sıcaklığı 2700°C'ye kadar yükseltilebilir. Bu radyasyon ile ısı iletiminin artması anlamına gelir. Yakıcı alevinden şarj üzerine radyasyon ile ısı iletimi, oksijen kullanılan yakıcılarda, hava kullanılan geleneksel yakıcılara göre 4 kez daha yüksektir. Artan ısı iletimi hem fırının ergitme hızını arttıracak hem de enerji tüketimini azaltacaktır.

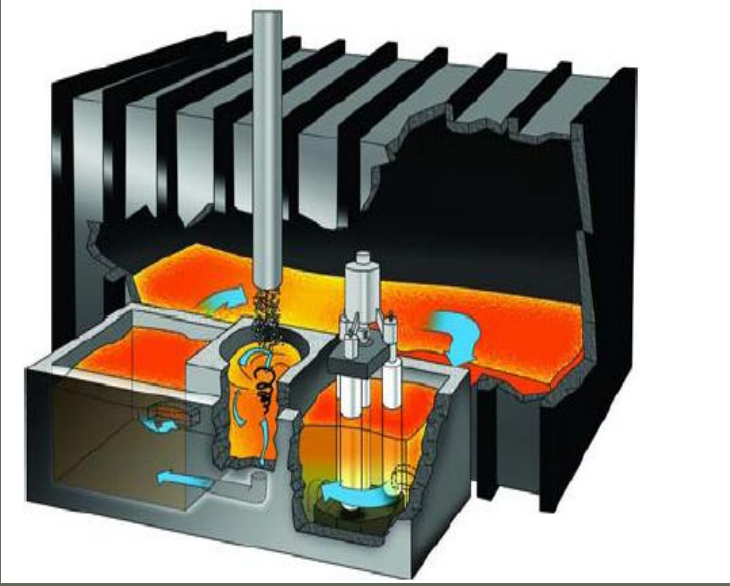
Yanma işleminin verimliliğinden dolayı atık gaz ve atık gazların kaçıracağı enerjinin oluşumu, geleneksel sistemlere göre daha düşük olacaktır. Havada 3 adet inert azot molekülüne karşın, 1 adet oksijen molekülü vardır. Yanma sırasında azotun hiç bir katkısı yoktur, ancak yanma olarak hava kullanıldığında, azotunda ısıtılması gerekecektir ve böylece bir miktar enerji azotun ısıtılması nedeni ile kaybolacaktır. Ancak yanma havası yerine oksijen kullanıldığında, bu sorun ortadan kalkacaktır. Oksijenli yanma sistemleri, geleneksel sistemlere göre yaklaşık %70 daha az atık gaz üretir.

Ergiyik Metalin Karıştırılması



Ergiyik metal sirkülasyonu elektromanyetik ve mekanik pompalarla aracılığı ile, fırın içinde metali sirküle edilmesi prensibine göre çalışır. Operasyonel anlamda, sirkülasyon pompası olarak ister elektro-manyetik, ister mekanik olsun, ertitme sistemlerine temel katkı sağlar:

- Fırın içinde metal sirkülasyonu ile üretim ve enerji verimliliği ve daha yüksek kaliteli ürün üretebilme yeteneği,
- Elektro-manyetik pompanın kendisi, mekanik pompaya ise entegre edilen sistemler yardımı ile, özellikle ince kesitli hurdaların ertitilmesine uygun şarj odası özelliği,
- Geleneksel Reverber tipli fırınlara göre daha az metal kaybı ile çalışmaya olanak veren ve daha ergonomik farklı fırın tasarımları (ikiz kamaralı ve balkonlu fırınlar).



Ergimiş metali sirkülasyonu ile metal banyosu içindeki sıcaklık farklarını ortadan kaldırarak, uniform bir sıcaklık dağılımı sağlar. Örneğin 900 mm derinliğe sahip geleneksel bir Reverber fırınında ergiyiğin tabanı ile yüzeyi arasında yaklaşık 50-85°C sıcaklık farkı vardır. Ancak sirkulasyon ile bu fark 10-15°C'ye kadar düşerek, uniform bir sıcaklık dağılımı sağlanarak, ısı transfer oranı arttırılabilir. Ergiyik yüzeyindeki yüksek sıcaklık nedeni ile artan curuf oluşturma ve hidrojen gazı kapma riski azaltılabilir. Metal sirkülasyonu aynı zamanda katı şarj ile ergiyik arasındaki temas yüzeyini sürekli olarak büyüttüğü için ergime hızını ve dolayısıyla fırın üretkenliğini arttırır. Özellikle alaşımlı alüminyum üreten tesislerde, alaşım elementlerinin alüminyum içinde homojen dağılımı oldukça önemlidir. Metalin sirkülasyonu bu süreci hızlandırır ve alaşım elementlerinin homojen dağılımını sağlar.

Sirkülasyonun ergiyik içindeki ısı dağılımını düzenlediğinden yukarıda söz etmiştik. Düzenli karıştırma hareketi ile ergiyik yüzeyinde absorblanan ısı konveksiyon ile ergiyik derinliğine ulaştırılır. Böylece ısı transfer oranı artar ve fırının toplam enerji veriminde iyileşme görülür. Aynı zamanda ergiyik yüzeyinin absorbladığı ısıyı derinlere göndermesi yüzey sıcaklığını da düşürür. Böylece yakıcı ile ergiyik yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı büyür ve radyasyon mekanizmasını etkinliği artar.

Karıştırma hareketi ile ergiyik yüzey sıcaklığının düşmesi yanı ısı transfer oranının büyümesi refrakter astarın daha az ısı absorblamasını da beraberinde getirir. Böylece refrakter sıcaklığı ve dolayısıyla yanma gazı sıcaklıklarında 80-115°C'lik bir azalma gerçekleşir. Bu durum refrakter ömrünün uzamasını sağlar.

Bilindiği gibi curuf oluşumu sıcaklığa duyarlıdır. Düzenli karıştırma ile ergiyik yüzey sıcaklığının düşmesi oksidasyon riskini azaltır.

Sonuç olarak düzenli metal sirkülasyonu ile enerji tüketimi % 15-25 oranında düşer, refrakter ömrü uzar, minimum % 0.25 metal verimi artar ve ergitme süresi dolayısıyla fırının üretim hızı % 10-50 iyileşir.

Kirli Gaz Salınımının Kontrolü

Karbon monoksit, tamamlanmamış yanma reaksiyonu sonucunda yan ürün olarak oluşur. Oluşum nedenleri:

- Zayıf hava-yakıt oranı, yakıcıda yanma için gerekenden daha az oksijen var ise, yanma tamamlanamaz ve O_2 yerine CO oluşur,
- Hava-yakıt oranındaki dengesizlik sebebi ile yanma reaksiyonunun tamamlanabilmesi için gerekli zamanın olmaması,
- Yakıcı alevinin soğuması, özellikle ergitmenin başlangıcında alev soğuk şarja temas ederek, soğur,

Unutulmaması gereken önemli bir nokta da, yanma reaksiyonunun bir kimyasal reaksiyon olduğu ve bu reaksiyonun başlayabilmesi için bir miktar enerjiye gereksinim duyulduğudur. Aynı zamanda reaksiyonun devamı içinde yine üretilen ısı enerjisinin bir bölümü tüketilir. Eğer oluşan ısı, yakıcıdan çok hızlı bir şekilde uzaklaşırsa, kimyasal reaksiyon durur ve CO oluşmaya başlar.

Azot oksit, alev sıcaklığı 1480 °C'nin üzerine çıktığında oluşmaya başlar. Oluşum nedenleri:

- Ön-ısıtılmış hava ve oksijence zenginleştirilmiş hava kullanımı alev sıcaklığını arttır. Artan alev sıcaklığına bağlı olarak NO_x salınımı artar.
- Fırın içindeki fazla hava (yakıcıdan ya da fırın dışından içeri sızan hava) miktarına bağlı olarak fırın içinde NO_x konsantrasyonunun yüksek olması,

Tablodan da görüleceği gibi fazla havanın (burada kastedilen fazla hava yakıcıdan gelen fazla hava ve fırın dışından içine sızan havanın toplamı) % 0'dan % 25'e çıktığında NO_x oluşma eğilimi % 53 oranında artmaktadır. Sonuç olarak, yüksek alev sıcaklığı, doğru yakıt/hava oranı ve sıcak yanma gazlarının fırın içinde yeterince kalmasının sağlanması ergitme fırın tasarımında ana prensiplerdir.

Tablo : Fazla hava oranına bağlı olarak NO_x konsantrasyonunun değişimi ppm (mg/Nm^3) :

Fazla hava %'si	Yanma sıcaklığı (°C)	
	16 °C	230 °C
0	40 (80)	75 (150)
10	55 (110)	100 (200)
25	65 (130)	125 (250)
50	85 (170)	265 (530)

SONUÇ

Önlem	Isı transferinin iyileştirilmesi	Baca gazı kayıplarının azaltılması	Eş sıcaklık dağılımı	Oksidasyon nedeniyle metal kaybı	Verimlilik
Fırın performansının iyileştirilmesiyle;					
Fırında depolanan ısı miktarının azaltılması					
Duvar kayıplarının azaltılması					
Kapı açma-kapama ve yükleme kayıplarının azaltılması					
Hava-yakıt oranının iyileştirilmesi					
Dışarıdan hava sızmasının önlenmesi					
İlave ekipman ve sistemler ile;					
Atık gaz gerikazanımı ile:					
Yanma havasının ısıtılması					
Şarjın ön-ısıtması					
Oksijen ile zenginleştirilmiş hava kullanımı					
Proses kontrolün otomasyonu					
Sirkülasyon pompaları kullanımı					
Fırın yükleme ve curuf almanın mekanize edilmesi					