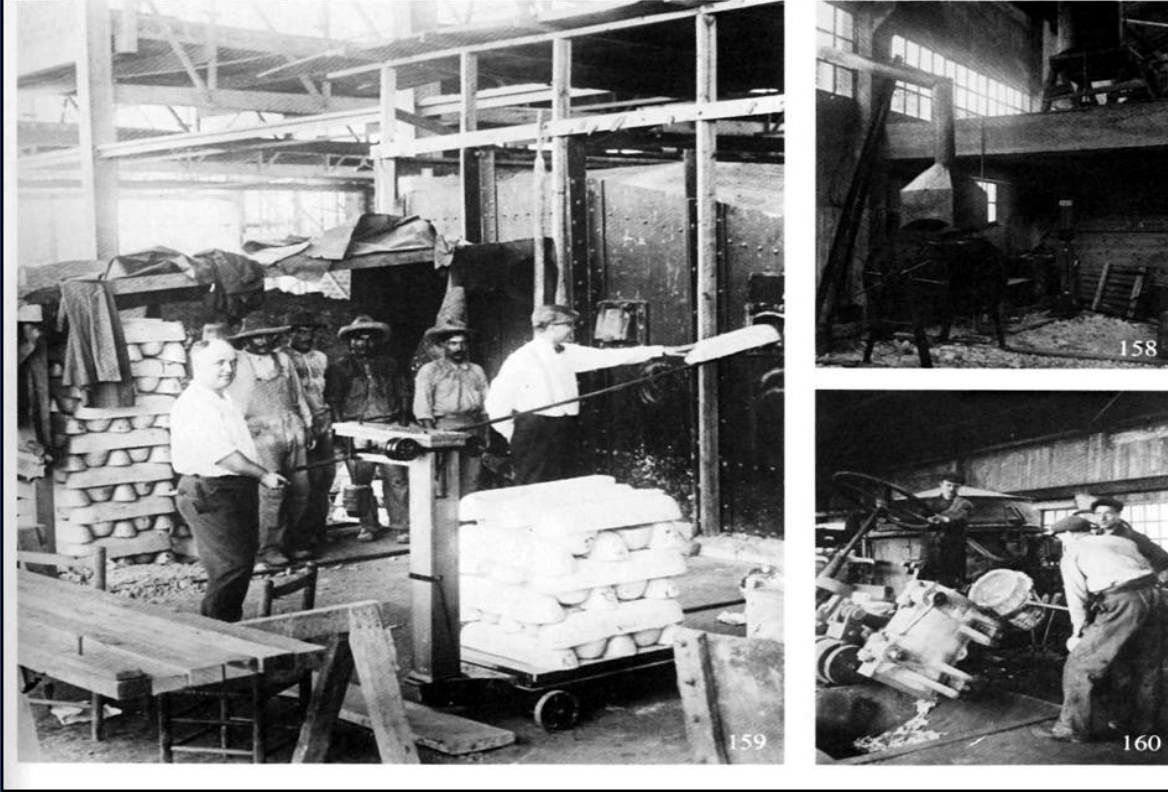




2015





ALÜMİNYUM ÜRETİM ve ŞEKİLLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN FIRINLARDA VERİMLİLİK ve ENERJİ YÖNETİMİ

ERMAN CAR
Metalurji Müh.

TEMEL TANIMLAR

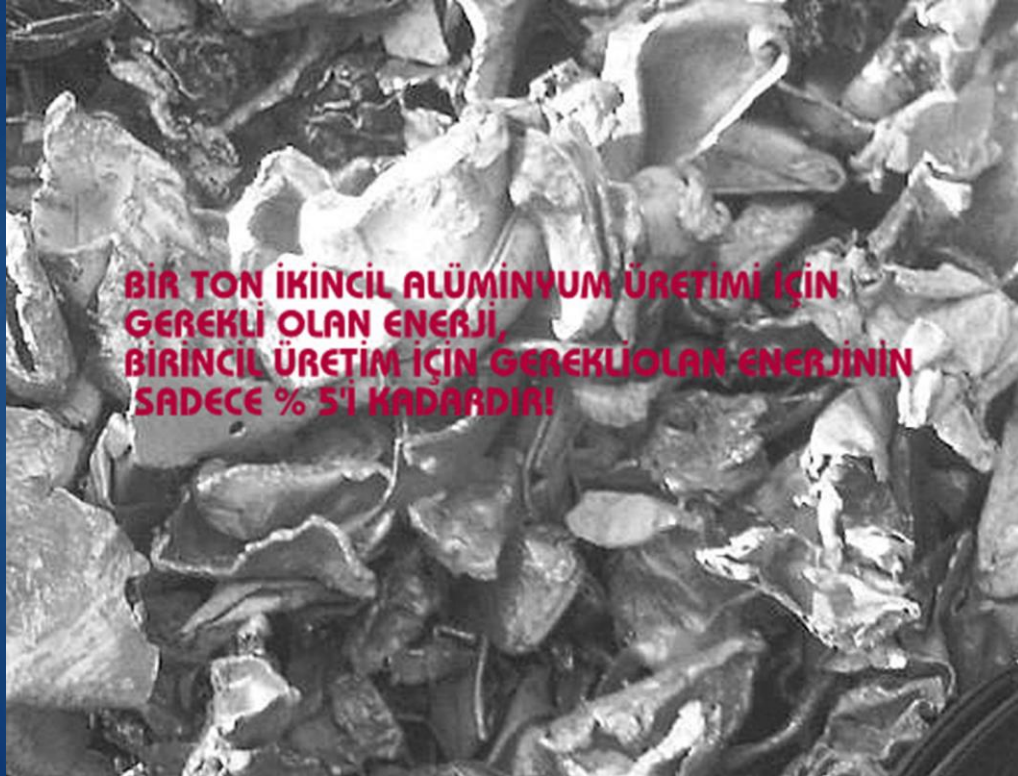
3

Birincil alüminyum üretimi enerji yoğun bir üretim işlemidir.



TEMEL TANIMLAR

İkincil alüminyum üretimi enerji yoğun bir üretim işlemidir.



ALÜMİNYUM ENDÜSTRİSİ için HAMMADDELER

5

Birincil Hammaddeler

Boksit cevherlerinden Bayer işlemleri ile metalurjik kalite alümina (Al_2O_3) ve alüminadan Hall-Heroult ergimiş tuz elektrolizi yöntemi ile metalik alüminyum üretim süreci sonunda elde edilen, metal saflığı % 99.0 ile % 99.8 arasında olan işlenmemiş, ham alüminyumdur. Birincil hammaddeler genellikle – kimyasal anlamda uniform olmasalar da – tanımlanabilir ve belirli kimyasal bileşimde ya da kombinasyondadır.



İkincil Hammaddeler

6

Eski hurda; kullanım ömrünü doldurmuş alüminyum malzemeler,

İşlem hurdası; işleme süreçlerinde oluşan işlem artıkları,

Curuf ; ister birincil ister ikincil alüminyumun ergitilmesi ve rafinasyonu sırasında oluşan curufun içerdiği metalik alüminyumdur.

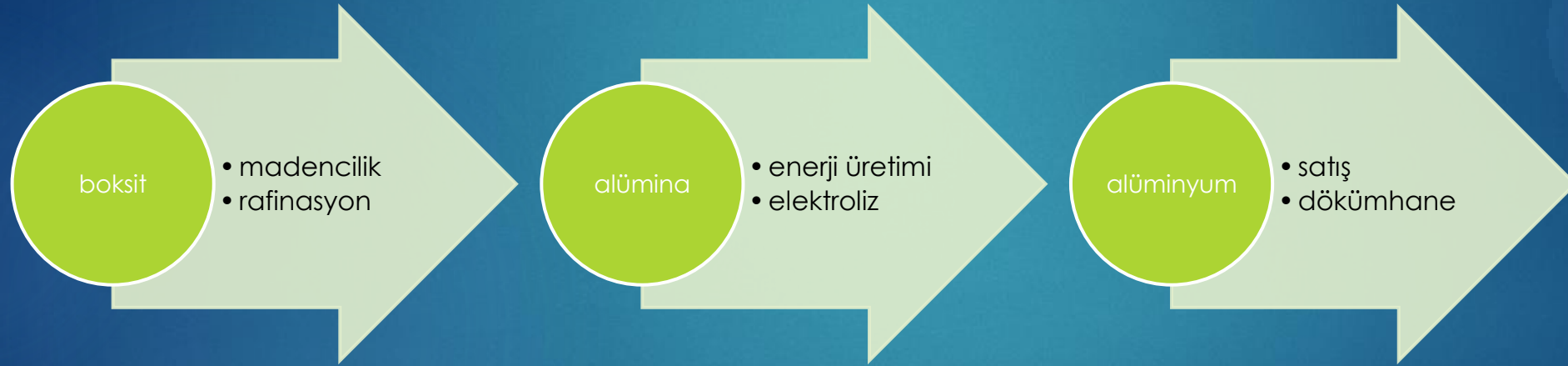
İkincil alüminyum ürünler genellikle tanımlanabilen malzemeler değildirler ve kendileri dışında bir çok diğer malzemelerle ve kirliliklerle beraber bulunurlar. Bu nedenle toplandıktan sonra proses edilmeleri gerekir. Yani toplanırlar, gruplanırlar, ayrılırlar, çeşitli hazırlama işlemlerine tutulurlar ve ergitilirler.



Alüminyum Endüstrisi

Hammadde ve yarı-ürün üretimi (upstream)

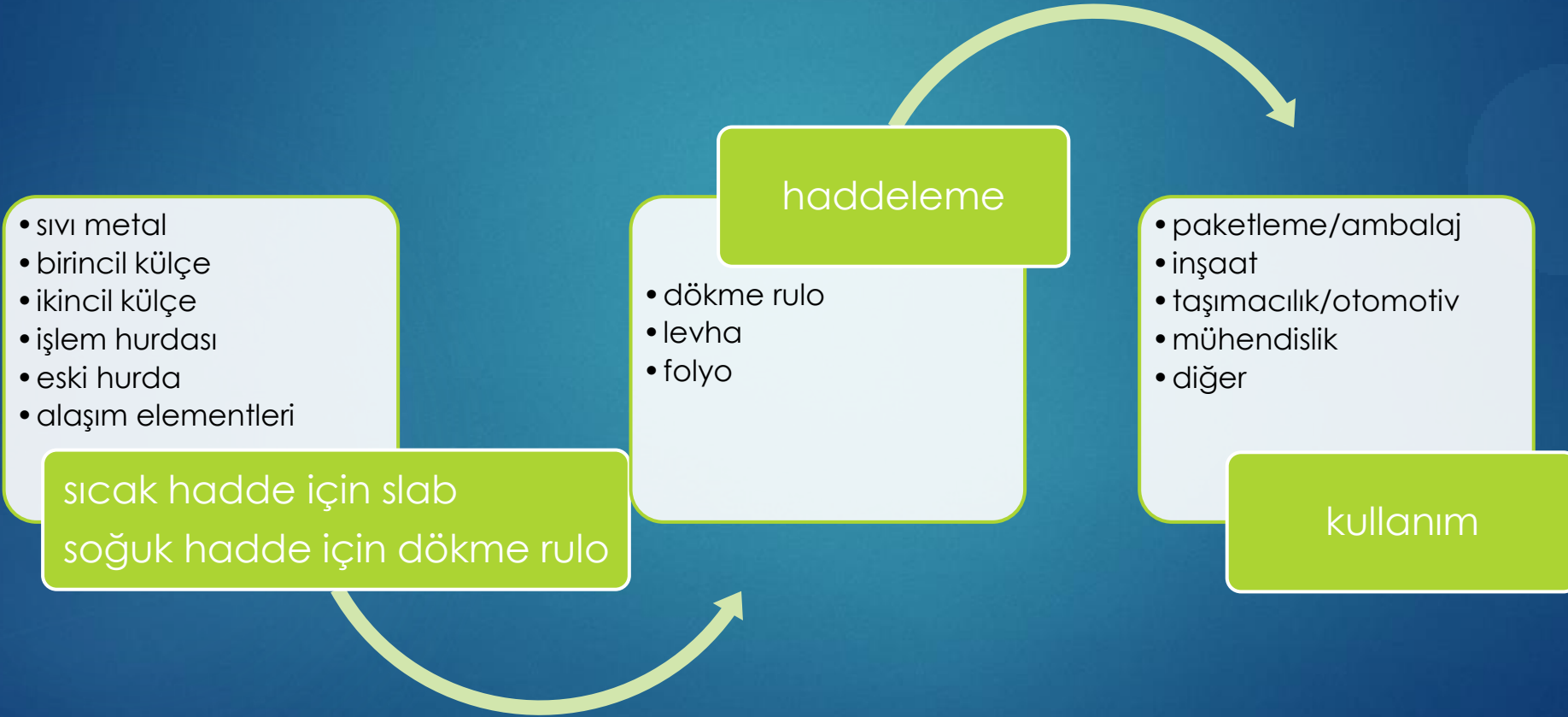
7



Alüminyum Endüstrisi

Yarı-ürün ve son ürün üretimi (downstream)

Haddeleme

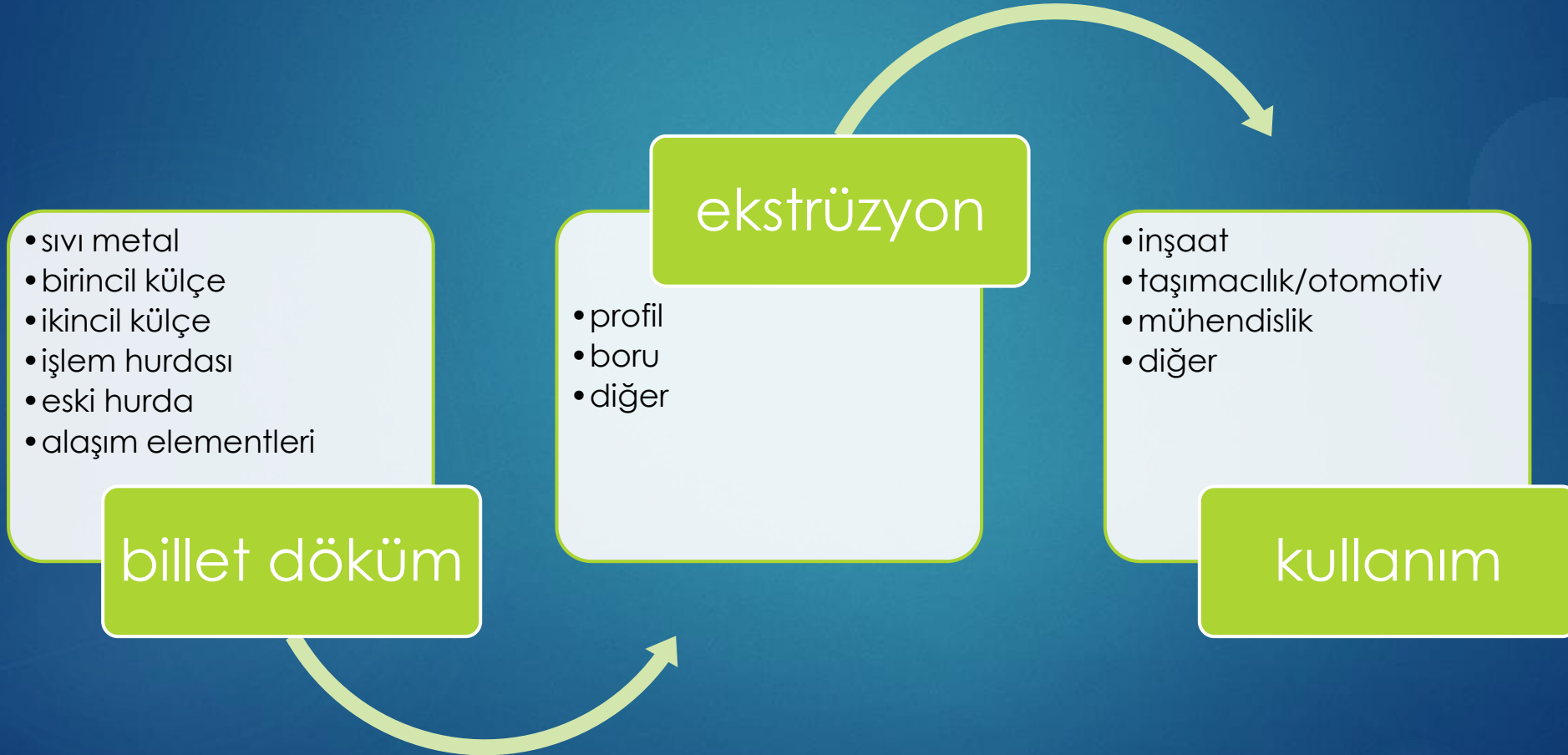


Alüminyum Endüstrisi

Yarı-ürün ve son ürün üretimi (downstream)

Ekstrüzyon

9



Alüminyum Endüstrisi

Yarı-ürün ve son ürün üretimi (downstream)

Parça döküm

10



İşlevsel Sınıflandırma

- Ergitme
- Tutma
- Alaşımlandırma
- Rafinasyon (gaz giderme)
- Döküm
- Isıl işlem

Üretim Şekline göre Sınıflandırma

- Yığın tipi kesikli üretim yapan fırınlar (batch),
- Sürekli çalışan fırınlar (continuous)
- Isıl işlem fırınları
- Isıtma fırınları

Fırın tipine Göre Sınıflandırma

- Reverber fırınları ailesi
- Potalı fırınlar
- Döner fırınlar
- İndüksiyon fırınları
- Isıl işlem fırınları

Reverber Fırınları Ailesi

- Yaş gövdeli fırınlar (wet hearth)
- üstten beslemeli fırınlar (top loaded)
- Daire kesitli fırınlar (round)
- İkiz ya da çoklu kamaralı fırınlar (twin or dual chamber)
- Açık kamaralı (balkonlu) fırınlar (side-well)
- Kapalı kamaralı fırınlar (closed side-well)
- Silindir kesitli fırınlar (barrel type)
- Oval fırınlar
- Kuru gövdeli fırınlar (dry hearth)
- Terletme fırınları (sweating)
- Yaş ve kuru gövdeli kombine fırınlar
- Kule fırınlar (stack melter / tower)
- Elektrikli Reverber fırınları

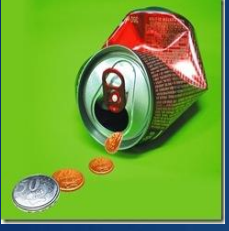


ENERJİ YÖNETİMİ



En etkin enerji tasarrufu yöntemi alüminyum yeniden üretimidir(geridönüşüm).

İnsanlığın ulaştığı yüksek teknolojik düzey ve bunun yarattığı çevresel sorunlar, hammadde kaynaklarının sınırlı olması gerçeği ve enerji üretimi ve ekonomisinin getirdiği baskılar sonucu “sürdürülebilir kalkınma” kavramı, günümüz dünyasında hem mühendislerin hem ekonomistlerin hem de sosyologların gündemine girmiştir. Sürdürülebilir kalkınma “ insanlara iyi bir yaşam kalitesi sağlamak ve bunu sağlarken de gelecek kuşakların ihtiyaçlarını giderecek kaynakları tehlikeye atmadan, bugünün ihtiyaçlarını karşılamak” olarak tanımlanabilir. Alüminyum metalinin “yeniden üretilebilirlik ” özelliği ve ilk üretim sürecinde harcanan enerjiyi sanki bir banka gibi depolayarak, daha sonraki yeniden ergitme süreçlerinde çok daha düşük enerji harcanarak ve hiç bir özelliğini kaybetmeden yeniden ekonomik döngüye katılabilmesi, “sürdürülebilir kalkınma” kavramı içinde önemli bir yer tutmasına neden olmuştur.



İKİNCİL METAL ÜRETİMİ = KENT MADENCİLİĞİ

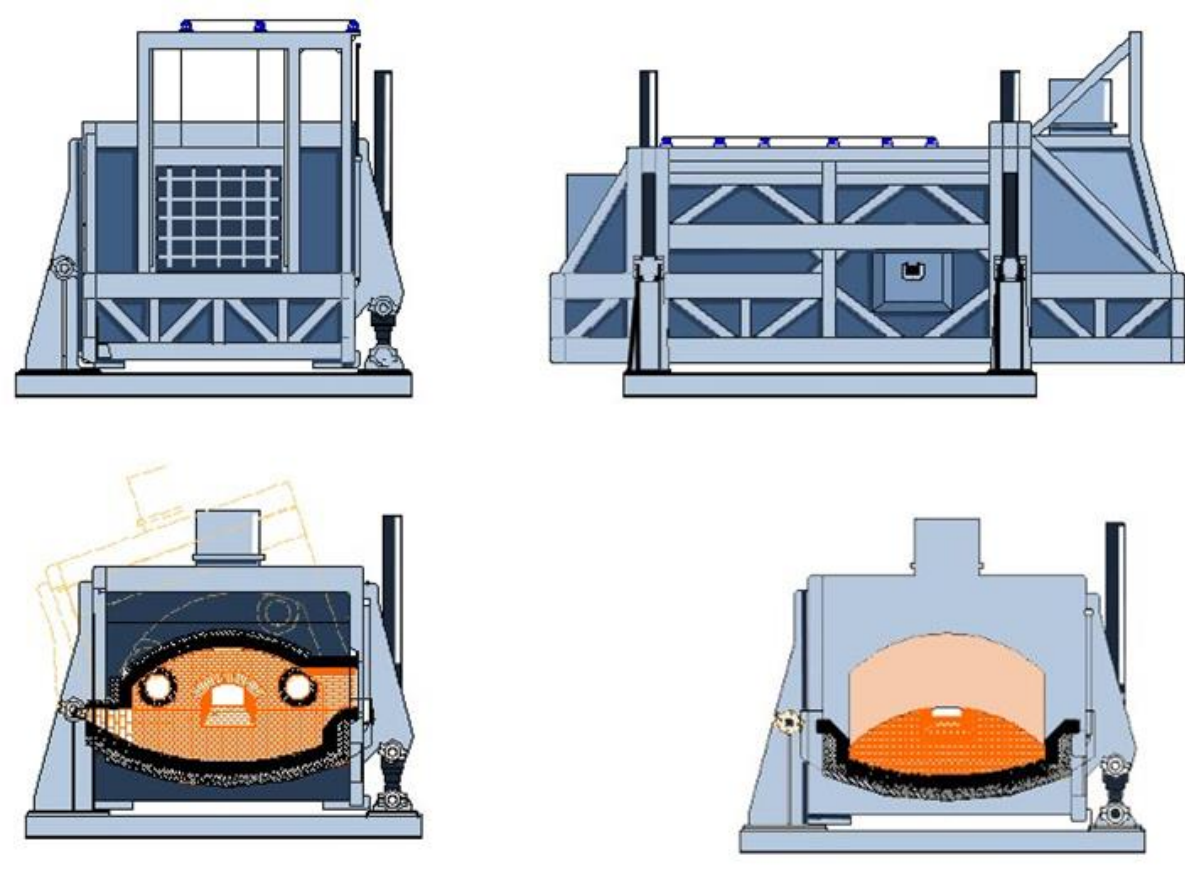
15



BOKSİT MADENCİLİĞİ



KENT MADENCİLİĞİ

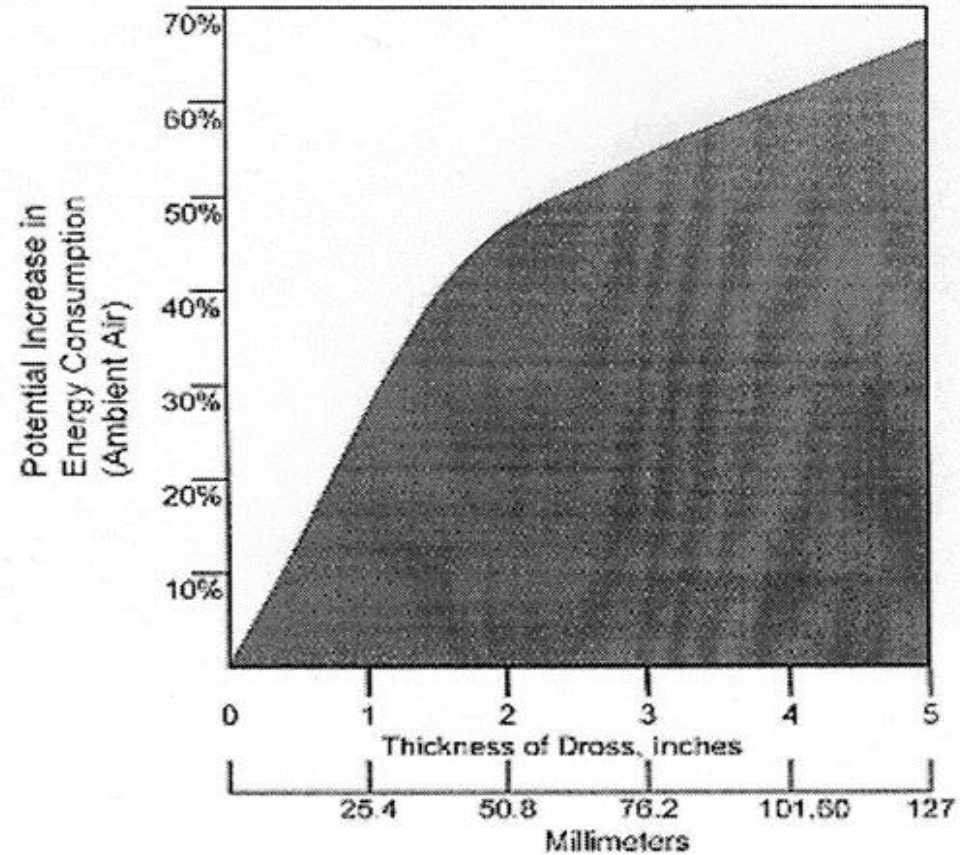
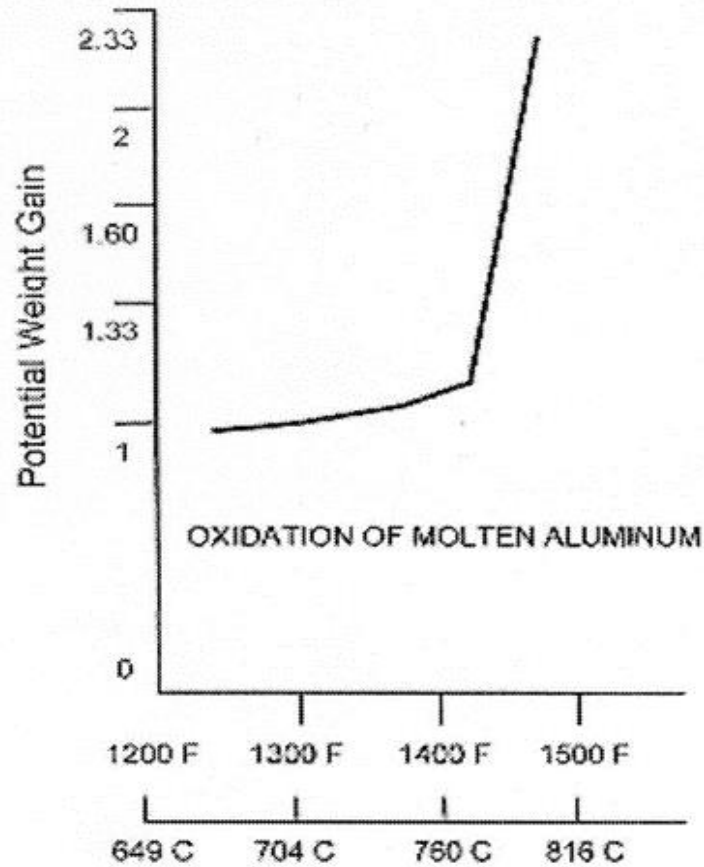


Alüminyum metalürjisinde Hall-Herault ergimiş tuz elektrolizi ile birincil alüminyum üretiminden sonra en çok enerjinin tüketildiği işlemler alüminyum ergitme ve tutma işlemleridir. Yaygın kullanılan Reverber fırınlarda enerji verimi fırın tasarımı ve kapasitesine bağlı olarak % 25 ile % 65 arasında değişir.

Enerji verimliliği;

- metal verimi (aşırı ısınma sonucu oksidasyon sonucu curuf oluşumu),
- etkin ve hızlı şarj ile, fırında üretilen yararlı ısının verimli kullanımı,
- fırınların doğru kullanımı ile yüksek ergitme hızları ve üretkenlik,
- doğru işçilik ile ölü zamanların en aza indirilmesi,
- daha kısa sıvı metal taşınması (yolluk da metal oksidasyonu sonucu curuf oluşumu) ve
- metal kalitesi ile doğrudan ilişkilidir.

Ergitme işlemlerinde curuf oluşumu, yani oksidasyon nedeni ile metal kaybı fırın sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir.



Enerji Verimliliği-Çevre İlişkisi

İşletmelerde enerji kaybı nedeni ile oluşan karbondioksit salınımının miktarının hesaplanması da, bir süreçler toplamıdır.

$$\begin{aligned} & \text{Ana hammadde olan birincil alüminyum üretimi sırasında oluşan salınım} \\ & + \\ & \text{İşletmeye gelene kadar metalin gördüğü tüm işlemlerde kullanılan enerjinin} \\ & \quad \text{üretimi sırasında oluşan salınım} \\ & + \\ & \text{İşletmenin kendi üretim sürecinde yarattığı salınım} \\ & = \\ & \text{Toplam salınım} \end{aligned}$$

FİZİBİLİTE HAZIRLANMASI

ister yeni yatırım kararı için, ister iyileştirme ya da kapasite artımı gereksinimlerinde mutlaka uzman mühendislerden destek alınarak, fizibilite çalışması yaptırılmalıdır.

Alüminyum sektöründe yatırım maliyeti diğer metalürjik sektörler göre düşük, ancak işletme sermaye gereksinimi görece yüksek bir sektördür.

Alüminyum fiyatlaması Londra Metal Borsası tarafından yapılmaktadır ve değişkendir.

Hammadde ve enerji maliyetlerinin yüksek olduğu Türkiye gibi ülkelerde «görece yüksek yatırım bedeli-düşük işlem maliyeti» rotası izlenmelidir.

Ön-fizibilite sonucu eğer olumlu ise, yani yatırım verimli görünüyorsa, detay fizibilite aşamasına geçilir. Detay fizibilite ile;

- Yaklaşık yatırım maliyeti,
- Yaklaşık işlem (proses) maliyeti,
- Yaklaşık yatırımın geri dönüş süresi,
- Hammadde bulunabilirliği ve
- Pazar bilgisi hesaplanabilir.
- Ayrıca bu çalışma, yatırım finansmanı için finans kuruluşları tarafından da talep edilmektedir.

Gerek Şarj ya da yarı-ürün katı malzemenin gerek ise ergimiş metalin tesis içindeki trafiği minimum uzaklık, ergonomik operasyon koşulları ve minimum kayıp oluŐturacak Şekilde tasarlanmalıdır. Bu kaygılar ile;

- Enerji tasarrufu,
- Malzeme tasarrufu,
- Daha az kirli gaz salınımı,
- İŞçilik tasarrufu ve
- Yüksek iŐ-güvenliği koşulları saĐlanabilir.

Özellikle kapasite artımı olabildiğince gerçekçi hazırlanmış fizibilite ile öngörölmeli ve tesis alanı ve altyapı gereksinimi emniyet faktörleri ile hesaplanmalıdır.

Teknoloji Seçimi

Fizibilite verileri, işletme için en uygun teknolojinin seçiminde önemli katkı verecektir.

Teknoloji seçiminde mühendislik kriterlerinin yanısıra;

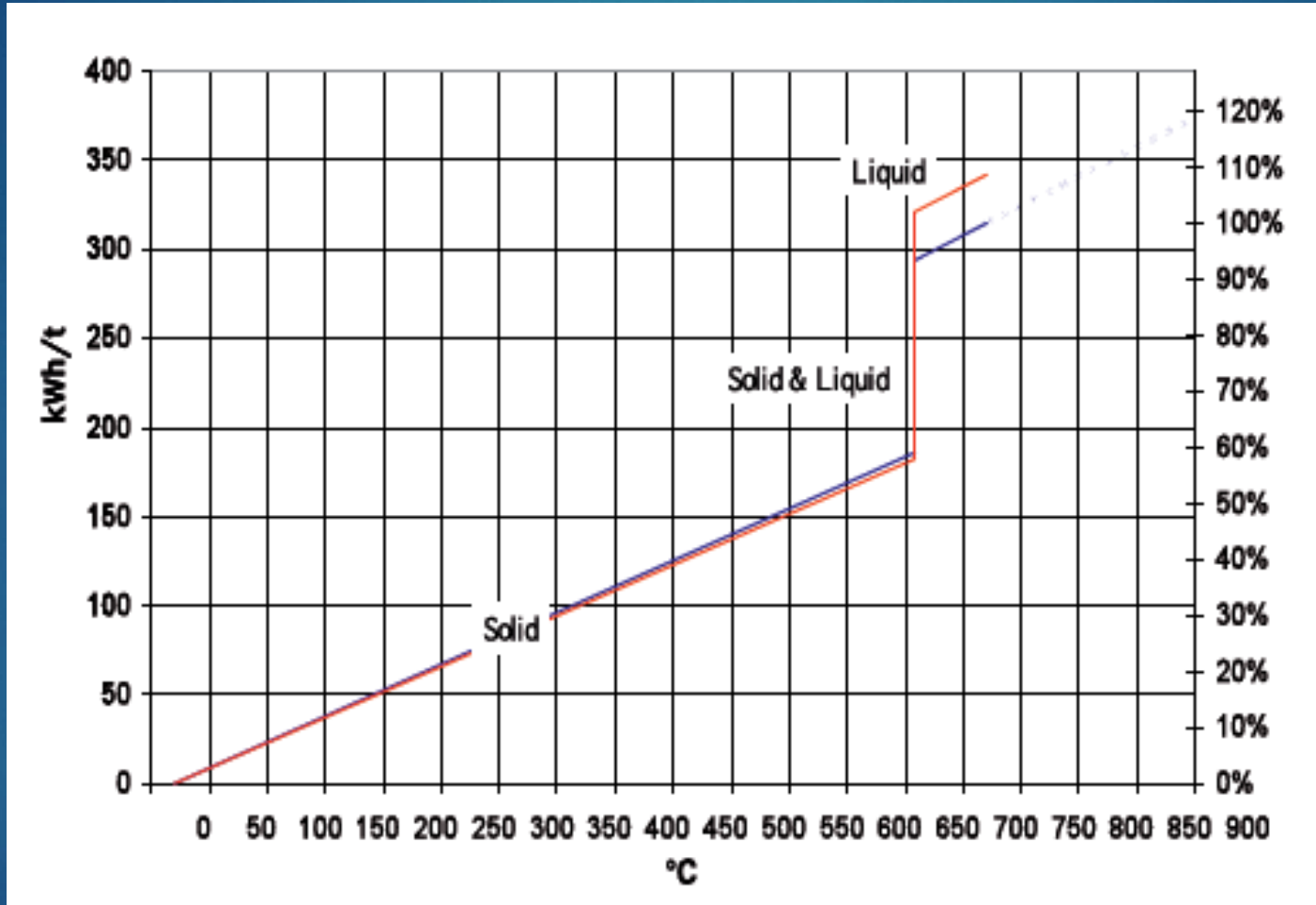
- hammadde bulunabilirliği ve taşınması,
- hedef metal kalitesi,
- yerel faktörler (enerji fiyatları, işçilik fiyatları, çevre yasaları, gümrük mevzuatı),
- teknoloji sağlanacak olan ülkenin ekonomik stabilizasyonu, kullanıcıya uzaklığı,
- teknoloji firmasının güvenilirliği ve referansları,
- teknolojik performans garantileri dikkate alınmalıdır.

Prosesin sağlıklı gidip gitmediğini öğrenmenin tek ve gerçek yolu ölçüm yapmaktır. Ölçüm yapılarak;

- proses maliyet bileşenleri gözlenir ve sapmalar kontrol altına alınabilir,
- teorik performans değerleri ile pratik performans değerleri karşılaştırılabilir ve eğer sapma var ise müdahale edilebilir,
- operasyon ve işçilik kaynaklı kayıplar görülebilir,
- ürün kalitesi kontrol edilebilir,



Alüminyum ergime sürecinde gereksinim duyulan enerji



Yanma (Combustion)

En basit tanımı ile yanma, yakıt ile oksijenin, yakıtın depoladığı ısı enerjisi, yüksek sıcaklığa sahip gazlar üreterek, açığa çıkmasına yol açan kimyasal tepkimedir. Bu tepkime sonucu oluşan “yanma gazları”, serbest hale geçen ısıyı taşır. Bu ısının miktarı, yanma gazlarının sıcaklığına bağlıdır.

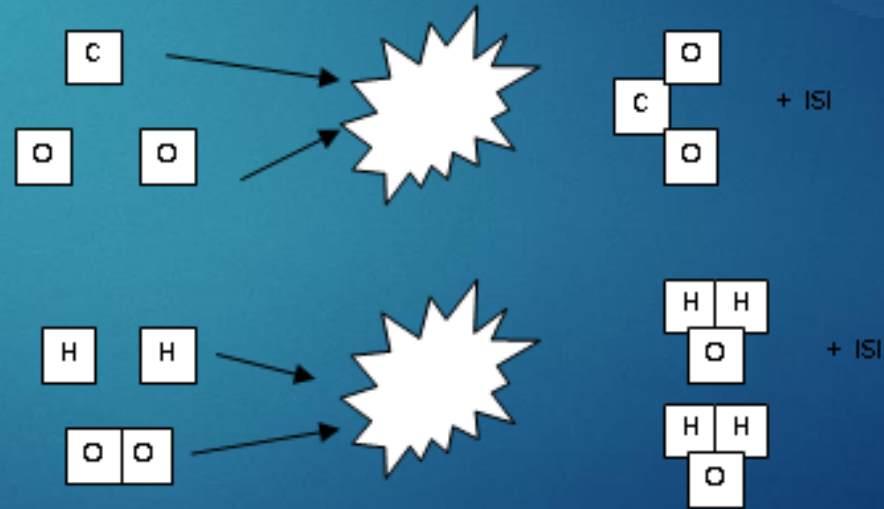
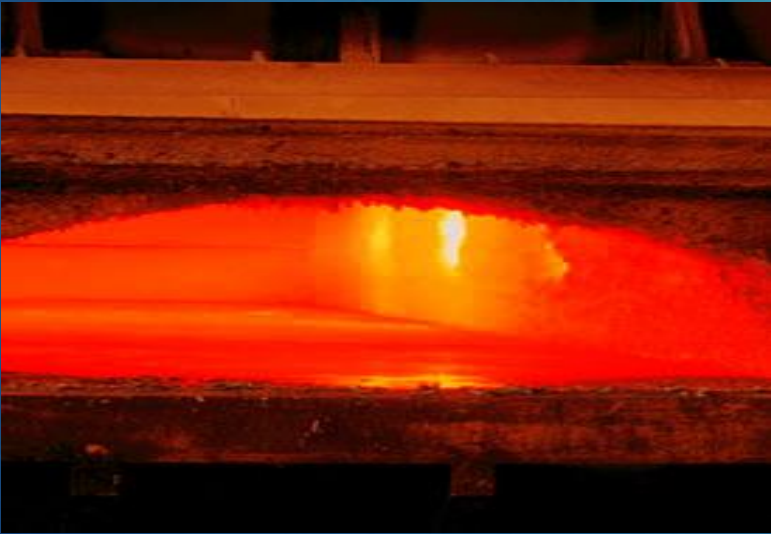
Yakıtların çoğu karbon ve hidrojen içerir. Oksijenin kaynağı ise havadır (hava hacimce % 21 oksijen, % 78 azottan oluşur).

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 atmosferinin oksidan olmasına ve dolayısı ile metal kaybına yol açar. Ters olarak gerekenden fazla yakıt kullanılırsa (düşük oksijen ya da yetersiz hava), yakıcı alevi zengin ancak redükleyici olacaktır. Yani yanma tepkimesi tamamlanamayacaktır.



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 ısının 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 değer bir yüzdesidir.

	650 °C	980 °C	1315 °C
Yararlı ısı	% 66	% 52	% 35
Su buharı kaybı + baca gazı kaybı	% 36	% 48	% 65

Isı İletimi

Yakıt ile çalışan fırınlarda, yanma tepkimesi sonucu kimyasal enerji ısı enerjisine dönüşür, yanma gazları tarafından yüklenir ve doğrudan ya da dolaylı olarak şarj üzerine, kısmen “yararlı ısı” olarak taşınır. Isının bir bölümünden yararlı ısı olarak faydalanılırken, bir bölümü de faydalanılmaksızın baca gazları ile birlikte dışarı gider. Yanma gazlarının sıcaklığı fırın içindeki şarjin sıcaklığından daha yüksektir. Bu yanma gazları baca gazı olarak fırını terk ederken 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 şarjin yüzeyinden iç kısımlarına (ermiş metal yüzeyinden curuf tabakası üzerinden ergiyiğin içine) KONDÜKSİYON ile.

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

Isı iletim mekanizmalarının ergitme işleminin farklı aşamalarında oranı

Isı transfer mekanizması	Ergitme	Isıtma	Tutma
Gaz konveksiyonu	% 60	% 5	% 5
Refrakter duvarlardan gaz radyasyonu	% 28	% 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)

Yakıcıdan metal üzerine transfer edilebilecek ısının miktarı:

- ergiyik yüzey alanı,
- ısı kaynağı ile katı şarj arasındaki sıcaklık farkı ve
- ergiyik üzerindeki curuf tabakasının kalınlığına bağlıdır.

Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği doğrudan yanma verimliliği ile ilgilidir. Yanma verimliliği aşağıda sıralanmış hava/yakıt oranı, kaçak hava girişi ve fırın iç basınç kontrolü gibi parametrelere bağlıdır. Baca gazlarının ve yanma havasının sıcaklığı, fırının toplam veriminin belirlenmesi için kullanılan temel fiziksel göstergelerdir.

Fırın sistemlerinde enerji verimliliği toplam yararlı enerjinin, yani üretime harcanan enerjinin, giren enerjiye oranı olarak tanımlanabilir.

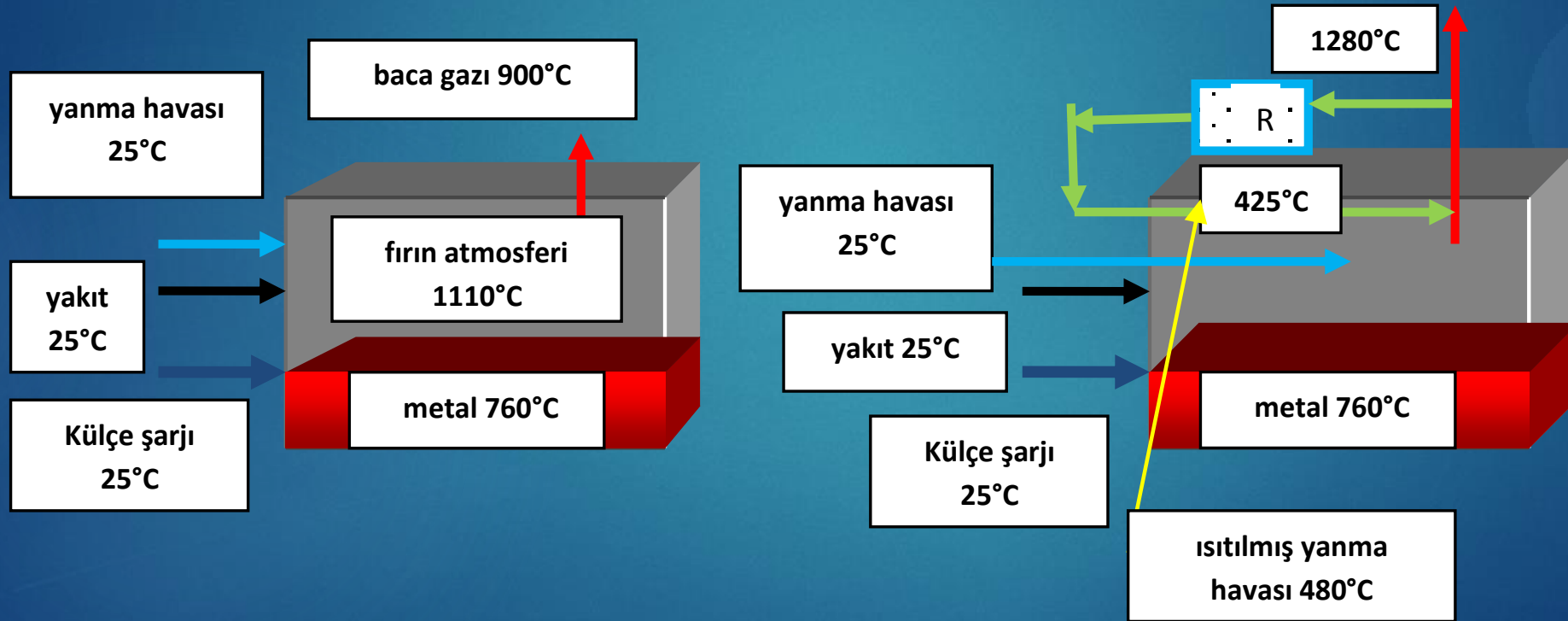
$$\text{Enerji verimliliği } \eta = \frac{E_{\text{üretim}}}{E_{\text{giren enerji}}} = 1 - \left(\frac{E_{\text{kayıp}}}{E_{\text{giren enerji}}} \right)$$

Reverber fırınlarda enerji verimliliğini etkileyen asal parametreler :

- A) Yakıcı seçimi ve fırın içinde konumlandırılması
- B) Baca kayıpları,
- C) Hava/yakıt oranının kontrolü,
- D) Fırın iç basıncının kontrolü ve hava kaçaklarının önlenmesi
- E) Atık ısının yanma havasının ya da şarjın ön-ısıtılmasında kullanılması
- F) Yanma havası olarak oksijence zenginleştirilmiş hava ya da oksijen kullanımı
- G) Metal sirkülasyon pompalarının kullanımı
- H) Refrakter kalitesi ve uygulaması
- I) İşletme koşulları
 - a. Ergiyik yüzeyinin temizliği
 - b. Fırın yükleme ve işletme pratiği (şarj ve curuf alma mekanizasyonu, radyasyon kayıplarının önlenmesi)
- J) Proses kontrol sistemleri



Külçe ergiten geleneksel ve rejeneratif yakıclı Reverberer fırınında sıcaklık dağılımı



Baca Kayıpları

Genellikle işletmelerde, ergitme süresini kısaltmak amacı ile, yakıcılar tam güç çalıştırılır. Ancak hızlı ergitmeye ulaşabilmek için aynı zamanda yanma sonucu oluşan ısının yanma havasından katı şarj üzerine iletilmesi gerekmektedir. Yani ısı iletim oranı, yakıcının çalışmasıyla doğru orantılı olarak artmaz. Yakıcının fazla çalışması aynı zamanda, baca gazı sıcaklığının yükselmesi, daha fazla metalin okside olarak yanması, daha fazla metal parçacıklarının baca gazı tarafından taşınması ve daha fazla toz oluşumu anlamına gelir.

Yakıcı Seçimi ve Konumlandırılması

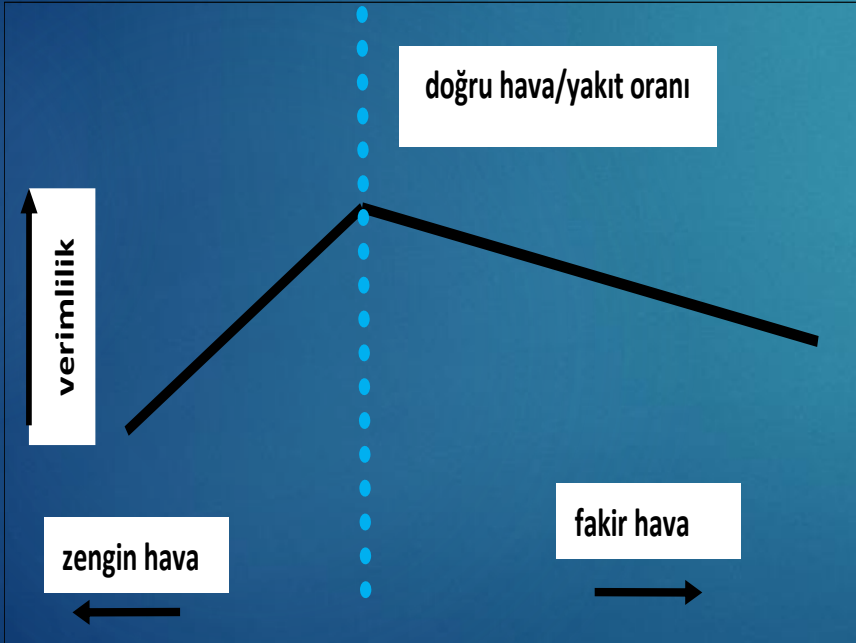
Katı alüminyumun ısı iletkenliğinin sıvı durumdan daha yüksek olduğu bulgusundan yola çıkarak, ergitmenin ilk aşamasında yakıcıların ürettiği ısının yanma gazlarından katı şarja konveksiyon ile iletimi diğer iletim mekanizmalarından daha baskındır. Bu nedenle yakıcı tipi ve alev sıcaklığı ve hızı önem taşır.

Katı alüminyum şarjı, yanma gazlarının doğrudan teması ile, yanma gazlarının taşıdığı ısıyı absorbe eder. Özellikle yüksek hızlı yakıcıları ürettiği şiddetli alev yanma gazları şarj üzerinde hem ısıl olarak hem de-eğer hurda ergitiliyorsa- mekanik olarak dağıtıcı bir etki yapar. Sonuç olarak bu aşamada baca gazı sıcaklığı nispeten daha düşüktür. Yanma gazlarının ve alevin şiddetinden dolayı konvektif ısı iletimi sayesinde katı şarj tamamen ısı etkisine maruz kalırken, radyasyon yalnızca ulaşabildiği yüzeyleri etkiler.

Bütün bu bilgilerin ışığında gelinen optimum nokta katı şarjı doğrudan alev temasından korumak için “girdap yaratıcı” şarj odaları, yüksek yanma gazı sıcaklıklarının neden olduğu düşük ısı verimliliği karşılamak için ise “rejeneratif yakıcı sistemler” ve ergiyik sıcaklığının uniformluğunu sağlayarak, ısı iletimini arttırmak için ise “sirkülasyon pompaları” kullanımı olmuştur.

Hava/Yakıt Oranı

Her bir yakıt türü için, yanma tepkimesinin tamamlanması kimyasal ya da stokiometrik olarak ideal bir yakıt-hava oranına bağlıdır (tam yanma). Örneğin 1 m³ doğal gazın yanması için 9.52m³ yanma havası gerekir. Tam yanma ile yüksek alev sıcaklığı ve ısıl verimlilik elde edilir. İdeal orandan her sapma enerji veriminin düşmesine neden olur. Eger gerekenden daha az hava ile çalışılır ise, yanma tamamlanamaz ve yakıtın bir bölümü içerdiği enerjiden yararlanılmadan atık olarak sistemi terk eder.

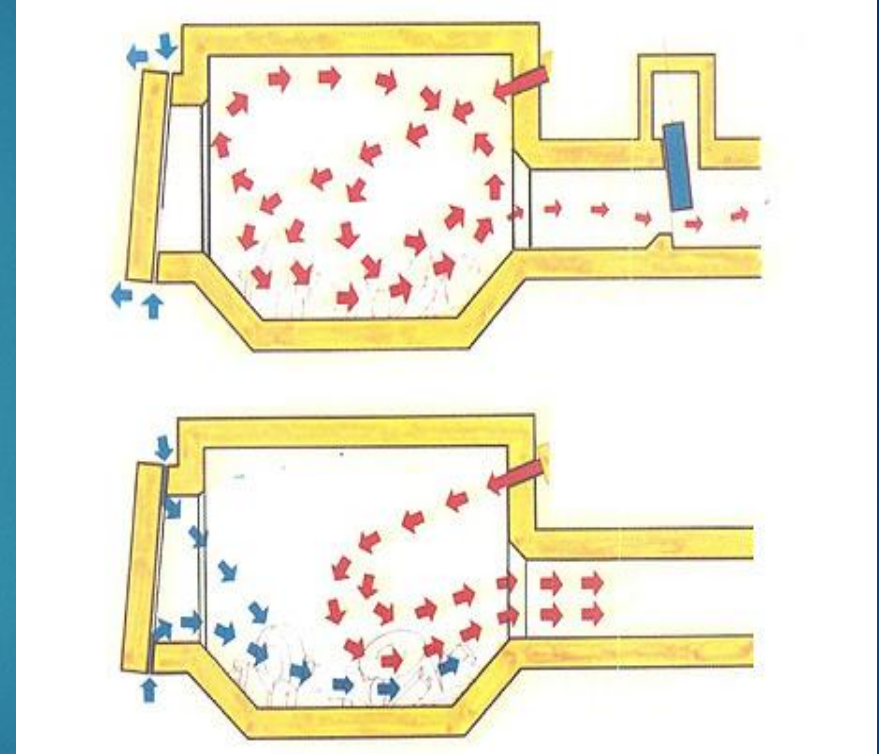


Düşük hava ile çalışmak yanma reaksiyonunun tamamlanamamasına ve bu nedenle aşırı yakıt tüketimi, ve aşırı CO ve yanmamış hidrokarbon salınımına neden olur. Fazla hava kullanımı ise baca gazları ile atık ısı kaybının çok büyük oranda artmasına yol açar ve her iki durumda fırının ısıl verimliliğini ve buna bağlı olarak üretkenliğini azaltır.

Fırın İç Basıncının Kontrolü ve Hava Kaçaklarının Önlenmesi

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

Fırın içine kaçak hava girişi, yakıt tüketimini olumsuz yönde etkiler ve fırının yüksek hava/yakıt oranı ile çalışmasına yol açar. Bunun yanında hava kaçakları, fırın içindeki oksijen konsantrasyonunun artmasına ve dolayısıyla ergimiş metalin oksidasyonuna da neden olur.



Atık Isının Yanma Havaasının ya da Şarjın Ön-ısıtılmasında Kullanılması

Verimli bir atık ısı değerlendirme işlemi için ilk öncelik, baca gazı kayıplarının azaltılmasıdır. 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 nispeten 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.

Atık Isının Şarjin Ön-ısıtılmasında Kullanılması

Şarj üzerine uygulanacak ikincil ön-yakma havasının sıcaklığı, metal verimi, olası kondensasyon reaksiyonları, ıslak şarjin fırın içinde patlama riski ve refrakter ömrü açısından önemlidir.

Özellikle hurda ergiten tesislerde ön-ısıtma yağ, nem, boya ve lak gibi fiziksel kirliliklerin uzaklaştırılması toplam proses verimliliği açısından önem taşır. Ergitme öncesi bu kirliliklerin uzaklaştırılması ile oksidasyon sonucu oluşan curuf miktarı azaltılarak, daha yüksek metal verimlerine ulaşılabilir.

Ön-ısıtma, şarjin enerji tasarrufu amacı ile ön-ısıtılması, ıslak şarjin neden olabileceği patlama riskini azaltmak için kurutma amacı ile ya da ergitme fırınına entegre bir lak/boya giderme hattına enerji sağlanması amacı ile yapılabilir.

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

Yakma Havaasının Atık ile Isıtılması

Alüminyum ergitme ya da tutma fırınlarında en yaygın kullanıma sahip enerji tasarrufu yöntemlerinin başında, yakma havaasının 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, yakma havaasının ısıtılmasında kullanılması ile sağlanabilecek enerji tasarrufu doğrudan yanma gazlarının sıcaklığına ve yakıcılarda kullanılan hava-yakıt oranına ve baca gazının O_2 içeriğine bağlıdır.

Yakma 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 iletimi oranlarına ulaşılabilir. Örneğin 15°C'den 540 °C'ye ısıtılmış yakma havası kullanıldığında, doğal gaz için teorik alev sıcaklığı yaklaşık olarak 1950 °C – 2715 °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 ergidikten sonra, ihtiyacı olan ısının büyük bölümünü doğrudan, alevden güçlü radyasyon ile alacaktır. Alev radyasyonu oranının artırılması 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.

Yakma havasının ön-ısıtılması ile elde edilebilecek yakıt tasarrufu oranları (doğal gaz ve % 10 fazla hava kullanıldığında)

45

	Yakma havası sıcaklığı (°C)						
Yanma gazları sıcaklığı (°C)	300	400	500	600	700	800	900
600	% 14	% 19					
700	% 15	% 20	% 24				
800	% 16	% 21	% 25	% 28			
900	% 17	% 22	% 27	% 30	% 33		
1000	% 18	% 24	% 29	% 33	% 36	% 38	% 40
1100	% 20	% 26	% 31	% 35	% 38	% 40	% 43
1200	% 23	% 29	% 34	% 39	% 41	% 44	% 47
1300	% 26	% 32	% 38	% 43	% 46	% 49	% 51

Rekuperatörler

Sistemin esas sıcak yanma gazlarının taşıdıkları ısıyı bir temas yüzeyi aracılığı ile yakma havasına transfer etmeleridir. Yakma 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.

Rejeneratörler

Rejeneratif yakıcı sistemleri hem ön-ısıtılmış hava kullanımı hem de proses kontrolüne uygunluğu nedeni ile hassas kontrol edilebilen yakıcı sistemleridir. Hava/yakıt oranındaki sapmaların yakıcı verimliliği üzerindeki negatif etkisi, rejeneratif sistemlerde minimumdur.



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

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

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

	Isı gerikazanımı olmadan	Reküperator + 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

Yanma Havası Olarak Oksijence Zenginleştirilmiş Hava ya da Oksijen Kullanımı

Yakma havası olarak hava kullanıldığında, havanın % 79 oranında içerdiği N₂ nedeni ile, düşük alev sıcaklıkları elde edilebilir. Bu düşük yanma verimi ve baca gazları ile yüksek ısı kaybı demektir. Yakma havası olarak oksijen 4 farklı şekilde kullanılabilir :

1. Yakıcıda yakma havası olarak,
2. Yakma havası olarak hava kullanılarak üretilen aleve doğrudan oksijen enjeksiyonu ile
3. Yakma havası olarak hava kullanılarak üretilen alevin altında oksijen tabakası olarak ve
4. Yakma havasına oksijen verilerek yakma havasının zenginleştirilmesi amacı ile.

Özellikle hurda ergiten Reverber fırınlarda, temel nokta yakıcının kontrol edilebilirliği ve esnek çalışmasıdır. Çünkü ergime sırasında yakıcı ile katı şarj arasındaki uzaklık artarken, ergime süresinin uzamaması için, yakıcı gücünün değişmemesi gerekir. Aynı zamanda fırının uzak köşelerindeki ergimiş metalin sıcaklığının korunması gerekir.

Metal Sirkülasyon Pompaları

Enerji verimliliği açısından bakıldığında, sirkülasyon pompalarının en önemli işlevi, radyasyon ile ısı iletim oranlarını arttırmaları ve daha derin ergiyik banyosuna olanak tanınmalarıdır.

Metal sirkülasyonunun olmadığı, sakin banyoya sahip fırınlarda ergimiş metal banyosunun yüzeyi ile tabanı arasında sıcaklık farkı vardır. Yanma gazları ve alev temasına açık banyo yüzeyi daha sıcak iken, taban daha soğuktur. Fırın tabanına göre yaklaşık olarak her santimetre için 1°C soğuma söz konusudur.

Karıştırma hareketi sayesinde banyo yüzey sıcaklığı düşerken, toplamda sıcaklık dağılımı homojen olur ve aynı zamanda alaşım elementlerinin ergimiş alüminyum içinde dağılımı kolaylaşır. Aynı zamanda banyo yüzey sıcaklığının düşmesi ile ısı iletimi artar, baca gazı sıcaklığı düşer ve yakıt verimliliği artar. Bu iyileşmeler ilave olarak curuf oluşumunun azalmasına ve refrakter aşınmalarının engellenmesine de katkı yapar.

Metal sirkülasyon sistemleri ile ergitme hızı % 20 artarken, curuf oluşumu % 40-50 oranında düşer.



Refrakter Kalitesi ve Uygulaması

Fırınlar 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.

Reverber tipli fırınlarda kesintili çalışma, her bir devreye alma sürecinde öncelikle refrakter yüzeylerin ısıtılması ihtiyacı nedeni ile tavsiye edilmez.

Kapı tasarımı ve kapı izolasyonu da enerji verimliliği açısından önemlidir. Etkin iç basınç kontrolü ile fırın içine kaçak havanın girmesi engellenir.

İşletme koşulları

Ergiyik yüzeyinin temizliği

Isı transferinin arttırılmasının en kolay yolu transfer yüzeyinin temizliğidir. Ergitme fırınlarında ergiyik yüzeyini kaplayan curuf tabakasının temizlenmesi ısı transferini arttırır. Bununla birlikte indirekt ısıtmalı fırınlarda örneğin radyan tüplerin ya da elektriksel eleman yüzeylerinin temiz tutulması da benzer olumlu etkiyi yapar.

Fırın yükleme ve ve işletme pratiği (şarj ve curuf alma mekanizasyonu, radyasyon kayıplarının önlenmesi)

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.

Şarj sırası ve miktarı ve yakıcı kontrolü enerji tasarrufu için önemlidir. Fırın işletmeciliği otomatik kontrol sistemleri ile desteklenirse, yani hava/yakıt oranı dinamik olarak kontrol edilebilirse, yakıcı optimum koşullarda çalışabilir ve fırın üretkenliği artarken, enerji tüketimi düşer.

Şarjın ön-ısıtılması da hem işletme güvenliği hem de enerji tüketimi açısından önemlidir.

Şarjın ve curuf alma işlemlerinin mekanize edilmesi ile, toplam ergitme süresi kısalır ve böylece birim zamandaki ergitme oranı artar. Bu aynı zamanda daha az yakıt tüketimi ve daha az curuf oluşumu anlamına gelir. Aynı zamanda fırın bakım ve onarım masrafları da düşer.

Duvar kayıpları, özellikle yüksek sıcaklıklarda çalışan fırınlarda, ısının 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 insan gücü yerine mekanik olarak 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 arttırır hem de birim zamandaki üretimi arttırır.



Proses Kontrol Sistemleri

Fırın içinde metal ve tavan sıcaklıklar ile fırın iç basıncının kontrolü, verimli bir ergitme işlemi için çok önemlidir. Böylece yanma parametreleri kontrol altına alınarak, enerji kaybı önlenir. Buna ek olarak belirli periyotlarda yapılacak olan baca gazı ölçümleri (baca gazındaki CO₂ ve O₂ ve baca gazı sıcaklığı) yanma tepkimelerinin kalitesi hakkında bilgi verecektir.

Alüminyum en genç metal olmasına karşın, mükemmel özellikleri nedeni ile plastik ve çelik malzemelerden daha geniş kullanım alanlarına sahiptir ve her geçen gün yeni malzeme tasarımları ile bu alanlar genişlemektedir.

plastik



çelik



alüminyum



2012 yılı itibarı ile Türk alüminyum sanayinin cari açığı 790 milyon dolar civarındadır. İthalatın % 82'si, yani yaklaşık 930 000 ton'u birincil külçedir.

Türkiye'de kişi başına 10,5-11 kg alüminyum tüketilirken, AB ülkelerinde 22 kg, OECD ülkelerinde 33 kg tüketilmektedir. Yani ulusal alüminyum endüstrisinin önü açıktır.

Türkiye birincil alüminyum üretmez. Çünkü;

Bilinenin tersine Türkiye'nin günümüz teknolojisi ile işlenebilir boksit rezervi sadece 63.3 milyon tondur.

Türkiye enerji yoksunu bir ülkedir ve enerji gereksiniminin % 71.5'ini ithalat ile karşılamaktadır.

Türk alüminyum sektörünün en önemli yapısal sorunu, üretilen alüminyumu % 70'inin ekstrüzyon ürünleri olması ve inşaat sektörüne bağlı kalmasıdır.

Dünya tarihinde inşaat sektörü ile büyüyen ülke yoktur.

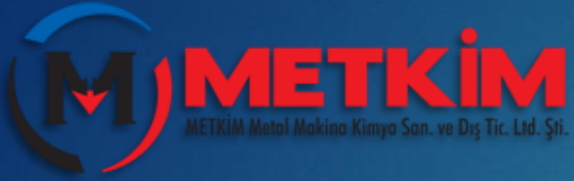
İnşaat sektöründe yaşanan daralma, alüminyum endüstrisini doğrudan olumsuz olarak etkilerken, tersi durumda, yani inşaat sektöründe görülen büyüme, sektöre doğrudan yansımamaktadır. Çünkü başta PVC olmak üzere daha ucuz alternatif ürünler tercih edilmektedir.

Gelişmekte olan Türkiye, alüminyum talebini azaltamaz, tam tersi arttırmak zorundadır. Ancak birincil alüminyuma olan talebi azaltmalıdır. Yani ikincil alüminyum kullanımını teşvik etmelidir.

Standart ürünlerden yüksek katma değerli alüminyum ürünlerin üretimine geçilmelidir.

Her işletme yatırım bedeli-proses maliyeti-karlılık ve çevre ilişkisini doğru kurmak için, mühendislik bilgisine değer vermelidir. Üniversiteler ve meslek örgütleri ile ortak proje üretmelidir.

İşletmeler çevre duyarlılığı kaygısı taşınmalıdır. Çevre duyarlılığı sadece «maliyet» değil, aynı zamanda ülkeye ve dünyaya karşı borçtur.



**METKİM Metal Makine Kimya San. ve Dış Tic.
Ltd.Şti**

www.metkim.com

tel : 0216 425 14 12

tel : 0533 358 4652

erman@metkim.com

60



**TMMOB METALURJİ VE
MALZEME MÜHENDİSLERİ ODASI**



METEM

TMMOB METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLERİ ODASI EĞİTİM MERKEZİ

**alus
n7**

7. ALÜMİNYUM SEMPOZYUMU

08-09 EKİM 2015 İSTANBUL FUAR MERKEZİ

www.metalurji.org.tr/alus | [f](https://www.facebook.com/alusist) [t](https://www.tumblr.com/alusist) /alusist



2015

