



**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜRETİM METALURJİSİ ANA BİLİM DALI
Üretim Metalürjisi Laboratuvar Deney Föyü**

ALÜMİNYUM HURDALARDAN SAF ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

DENEYİN AMACI: Bu deneyin amacı; alüminyum hurdaların değerlendirilmesi ve geri kazanılması işlemlerinin incelenmesidir.

TEORİK BİLGİ: İkincil (Sekonder) Alüminyum Üretimi (Recycling)

Gittikçe gelişen yeniden değerlendirmeye yönelik üretim yöntemlerinin temel girdisi olan hurdalar ve cüruflar ikincil hammaddeler olarak tanımlanır. Hurdalar, metalik yada metal içeren karakterde olmalarına karşın, üretim prosesi, sirkülasyon ve piyasa açısından değerini kaybetmiş ve devre dışı kalmış, ancak içerikleri nedeniyle yeniden işlenebilecek değerde olan ticari metallerdir.

İkincil alüminyum endüstrisinin temel oluşumu alüminyumun yeniden değerlendirilmesidir. Günümüzde ikincil alüminyum endüstrisi hurdayı yeniden değerlendirerek ve cüruftan metalik alüminyumu geri kazanarak başlıca basınçlı döküm yapan dökümhanelere döküm alaşımları ve UBC (used beverage can = kullanılmış içecek kutusu) üreten haddehanelere servis vermektedir.

İkincil alüminyum endüstrisinin hammaddeleri aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

1. Döner hurda: Sıvı alüminyumun ürüne dönüştürülmesi sırasında çıkan veya ürün kademesindeki hurdadır.
2. Tesis Hurdası: Yarı mamulleri kullanan tesislerde oluşan hurdadır.
3. Sermaye Hurdası (Eskime Hurda): Kullanım ömrünü doldurmuş alüminyum ihtiva eden makine, yapı elemanı, araç, gereç, vb.lerdir.

Alüminyumun yeniden değerlendirilmesi; hurda toplanması, tasnifi ve hazırlanması, ergitme, rafinasyon, alaşımlama gibi süreçleri içermektedir. Kirilenmiş hurdaların yeniden kullanılabilmesini sağlamak ve çoğu alüminyum hurdalarının yüksek yüzey alanı/hacim oranı nedeniyle artan ergitme kaybını en aza indirmek özel önem taşımaktadır.

ALÜMİNYUMUN GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜN ÖNEMİ



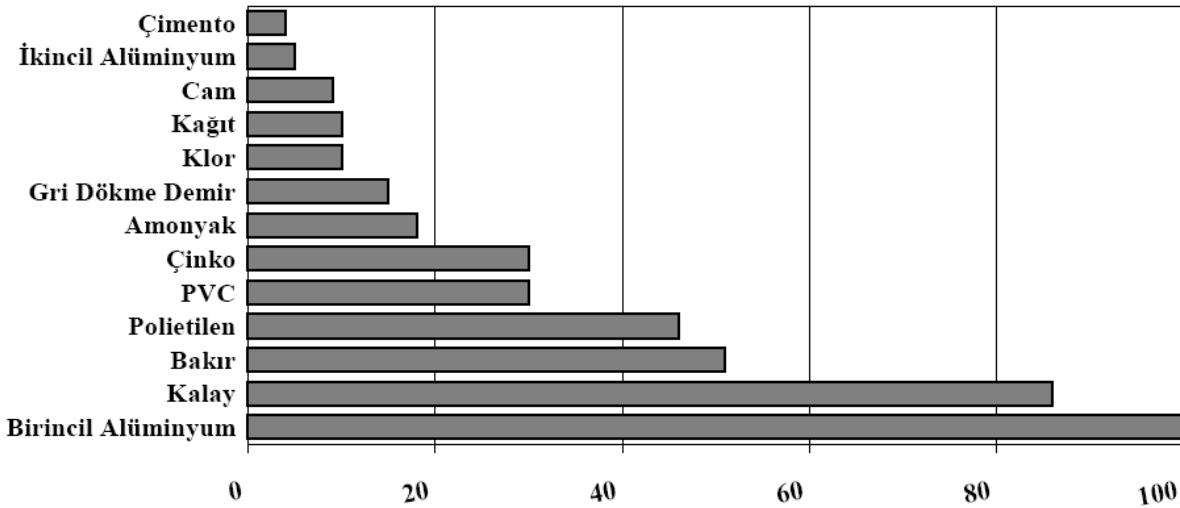
**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜRETİM METALURJİSİ ANA BİLİM DALI
Üretim Metalürjisi Laboratuvar Deney Föyü**

ALÜMİNYUM HURDALARDAN SAF ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

Alüminyum hurda hatırı sayılır bir Pazar payına sahiptir. Çünkü birincil alüminyum için gereken enerjinin % 95 daha azı ile alüminyum hurdanın yeniden işleme prosesi sürdürülebilmektedir. Bununla birlikte; alüminyum hurdanın yeniden işlenmesinde, ergitilmesinde, alüminyumun özelliklerinde herhangi bir kayıp olamamakta, ergitme sırasında atomik yapısı değişmemektedir.

Birincil alüminyum üretimi sanayide en yoğun enerji kullanan sektörlerden birisidir. 1 ton alüminyum üretmek için kullanılan enerji miktarı bakırın iki katı, çeliğin ise 5 katı kadardır (Şekil.1).



Şekil 1. Malzemelerin enerji tüketim oranları

Ayrıca geri dönüşüm ile çevresel olarak da kazanç sağlamaktadır. Alüminyum hurdanın toplanması, ayrılması ve ergitilmesi birincil alüminyum üretimine göre daha düşük çevresel etkilere neden olur.

Kullanılmış alüminyum yerine boksit gibi doğal kaynaklardan alüminyum üretmek oldukça pahalı ve aşırı enerji gerektiren sistemdir. Alüminyum kullanılmaya başlandığından beri geri kazanılma işlemi yapılmaktadır. Alüminyumun geri kazanılması için, toplum bilinci 1980'li yıllarda başlamıştır. Alüminyum dünyada en fazla kullanılan demir dışı metaldir. Dünyada en fazla kaynakta ayrı toplanan ambalaj atıklarından biri ve en önemlisi alüminyumdur. Kullanılmış



**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜRETİM METALURJİSİ ANA BİLİM DALI
Üretim Metalürjisi Laboratuvar Deney Föyü**

ALÜMİNYUM HURDALARDAN SAF ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

alüminyumdan alüminyum üretildiğinde % 95 daha az enerji tüketilir ve işçilik ve yatırım maliyeti en aza düşer.

- ✓ Bir ton kullanılmış alüminyumdan alüminyum üretilirse;
- ✓ 4-5 ton boksit madeni,
- ✓ 1300 kg kırmızı çamur,
- ✓ 4 ton kimyasal madde,
- ✓ 14 000 kWh elektrik enerjisi kullanımı,
- ✓ 15 000 litre soğutma suyu,
- ✓ 860 litre proses suyu,
- ✓ 2 000 kg CO₂ ve 11 kg SO₂ emisyonu korunmuş olur.

İnsan sağlığını olumsuz etkilememek, hayvan ve bitkileri tehlikeye maruz bırakmamak, yüzeysel ve yer altı sularını kirletmemek, hava kalitesini bozmamak, gürültüye neden olmamak, doğal kaynakları, doğayı ve çevreyi korumak ve tehlikeli atık oluşturmamak için ambalaj atıkları kaynakta ayrı toplanmalıdır. İklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonunu azaltmak için her türlü kullanılmış alüminyum geri kazanılmalıdır.

Alüminyumun hurdalardan geri kazanımı, günümüz alüminyum endüstrisinin önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Geri kazanım prosesi, metalin basitçe tekrar ergitilmesi esasına dayanır, ki bu yöntem metalin cevherinden üretimine nazaran çok daha ekonomiktir. Alüminyum rafinasyonu çok yüksek miktarlarda elektrik enerjisi gerektirir, buna karşılık geri kazanım prosesi, üretiminde kullanılan enerjinin %5'ini harcar. Geri kazanım prosesi 1900'lü yılların başlarından beri uygulanmakta olup yeni değildir. 1960'lı yılların sonlarına kadar düşük profilli bir faaliyet olarak devam eden geri kazanım olgusu, bu tarihte içecek kutularının alüminyumdan yapılmaya başlanması ile gündeme daha yoğun şekilde gelmiştir. Diğer geri döndürülen alüminyum kaynakları arasında otomobil parçaları, pencere ve kapılar, cihazlar, ve konteynerler sayılabilir. Alüminyum üretiminde en önemli hammaddenin kullanılmış alüminyum olduğu unutulmamalıdır.



**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜRETİM METALURJİSİ ANA BİLİM DALI
Üretim Metalürjisi Laboratuvar Deney Föyü**

ALÜMİNYUM HURDALARDAN SAF ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

ALÜMİNYUMUN HURDADAN GERİ KAZANILMASINDAKİ İŞLEMLER

Alüminyumun yeniden değerlendirilmesi işlemlerinin ekonomik ve pratik olma zorunluluğu vardır. Alüminyumun yeniden değerlendirilmesinde alüminyum hurdaların eritmeye hazırlık işlemleri önemli bir yer tutmaktadır. Bu işlemlerin mekanizasyonu ve giderek otomatikleştirilmesi sonucu alüminyumun büyük tesislerde ekonomik olarak yeniden değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Alüminyum hurdaların eritme ve alaşımlama işleminin genel metalürji kuralları içinde bilinçli olarak yapılması gerekir. İkinci eritme alüminyum alaşımı yapılırken bu elemanlardan bir kısmının azaltılması bir kısmının ise artırılması gerekir. Bunun için bir takım kimyasal ve fiziksel yöntemler kullanılmaktadır.

• Alüminyum Hurdalarının Eritme Öncesi İşlemleri

Alüminyum hurdaların eritmeye hazırlanması özel dikkat ve bilgi gerektirir. Hurdaların gelişigüzel toplanıp bir ocakta eritilmesi alüminyumun bozulmasına ve özelliklerinin kaybedilmesine neden olur.

Alüminyumun sonsuz kullanımı özelliği ancak onun bilinçli eritme ve alaşımlanması ile sağlanabilir. Alüminyum hurdaların eritme öncesi işlemleri gruplandırma, yağ giderme, boya giderme, ve yakma, kırma ve demirli parçaların ayrılması, briketleme ve ön ısıtma olarak sıralanabilir.

• Gruplandırma

Alüminyumun yeniden değerlendirilmesinde en önemli konulardan biri de hurdaların cinslerine göre gruplandırılmasıdır. Bu gruplandırma muhtemel alaşım kümeleri oluşturmaktadır. Bunun için aynı cinsten çok miktarda hurda temini gerekli olmaktadır. Hurdaların gruplandırılmasında bir önemli noktada hurdaların talaş, çapak, döküm parça, pres artığı gibi büyüklüklerine göre ayrılmalıdır

• Yağ Giderme

Yağ giderme işlemi genellikle alüminyum talaşlarına uygulanan bir işlemdir alüminyum talaşlar eritilmeden önce üzerlerindeki yağlar kademeli olarak yağ giderme ve kurutma makinelerinden geçerek ön ısıtmalı bir şekilde eritme ocağına beslenirler. Kurutma fırınları indirek alevli olup kademeli yanma ile ayrıca çevre kirlenmesini önleyici tedbirler alınmalıdır.



**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜRETİM METALURJİSİ ANA BİLİM DALI
Üretim Metalürjisi Laboratuvar Deney Föyü**

ALÜMİNYUM HURDALARDAN SAF ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

Kurutma fırınlarından çıkan alüminyum talaşlar %0.1 oranında yağ taşıdıkları tespit edilmiştir. Merkez kaç kuvvetiyle çapakların yağlarını gidermek mümkün ise de bu işlem sonunda yağ miktarı %2-3 oranının altına indirilebilmektedir. Alüminyum hurdalarda kabul edilebilir yağ oranı %0.2 olması nedeniyle merkezkaç yöntemiyle yağ giderme yöntemi yeterli olamamaktadır. Yağ giderme işleminden geçen alüminyum talaşlar döner ocaklarda eritilirken daha az eritken harcanmakta ve ocak kayıpları daha az olmaktadır

• **Boya Giderme**

Alüminyum yiyecek ve içecek kutuları, karton üzerine ince alüminyum folyo kaplamalı ambalajlar, üzeri boyalı alüminyum artıkların yeniden değerlendirilmesinden önce kapalı bir fırında yakılarak alüminyum olmayan kısımların yok edilmesi gerekir. Bu yapılmazsa elde edilecek sıvı alüminyum içinde yabancı maddelerin zararlı etkileri görülür. Fırında yakma işleminde fırın sıcaklığı alüminyum olmayan karton, boya, plastik gibi kısımların yanabileceği kadar yüksek, fakat alüminyum parçalarını oksitlemeyecek kadar düşük olmalıdır.

Genellikle alüminyum hurdalarda boya, plastik ve vernik kaplama ağırlığı %2 ile %5 arasında kabul edilmektedir. Alüminyum hurdalar bu nedenle dumanlı, isli ve çevreyi rahatsız edici bir şekilde eritilirler. Bu durum ayrıca eritilen alüminyumun daha çok oksitlenmesine neden olmaktadır. Boya giderme ve yakma işleminde kullanılan brülör ısıtımali döner ocaklarda yakıt-hava karışımı ve ocak sıcaklığı oksitlenmeye imkan vermeyecek şekilde ayarlanmaktadır.

• **Kırma ve Demirli Parçaların Ayrılması**

Kullanım amaçlarına göre içinde demir saplama, burç, yatak gibi parçalar bulunan alüminyum döküm hurdalar eritilmeden önce demirli parçalardan ayrılmalıdır. Bunun için bu hurdalar bir kırıcı değirmende parçalanarak manyetik ayırıcılarla içindeki demir parçalardan ayrılırlar. İçinde çelik tel bulunan alüminyum iletken kablolar da bu grup içindedirler. Bunların hurdalarının değerlendirilebilmesi için iletken telin makaslı değirmenlerde küçük parçalara bölünerek parçalanması ve dağılması sağlanır.

Bundan sonraki işlem manyetik ayırıcılarla çelik parçaların ayrılmasıdır. Bu işlemler sonunda alüminyum hurdalardan demir parçalar nedeniyle alaşımın demir oranı artışı %0.2 ye kadar düşürülebilmektedir.



**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜRETİM METALURJİSİ ANA BİLİM DALI
Üretim Metalürjisi Laboratuvar Deney Föyü**

ALÜMİNYUM HURDALARDAN SAF ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

- **Briketleme**

İşlem artıkları alüminyum parçalar (folyo, ince plaka, ince tel gibi) yağlı olmama, demirli malzeme ile karışmama koşulu ile hem hacim azaltılması hem de eritmede yanma kaybını önlemek için hidrolik preslerde sıkıştırılarak briket bloklar haline getirilirler. Bu briketlerin yoğunluğu 1.2-1.5gr/cm³ dür.

Alüminyum talaş, çapak ve folyoların briketlenmesi masraf arttırıcı bir işlem olmasına karşılık eritmede sağlayacağı verim nedeniyle büyük ekonomi sağlamaktadır.

- **Ön Isıtma**

Alüminyum hurdaların yeniden değerlendirilmesinde ön ısıtma önemli bir yer tutmaktadır. Ön ısıtma yoluyla hurdaların nemi giderildiği gibi eritme ocağında çalışma ortamını zorlaştıran duman oluşumu da en az düzeye indirilir, örneğin hurda alüminyumlara 400°C ön ısıtma uygulanmasıyla %34 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu durumda eritme verimliliği de %52 artmaktadır. Döner ocaklarda çıkış gazının eritkenler üzerinden geçerken yoğun tuz buharı ile yüklenmesi nedeniyle ön ısıtma yapılamamaktadır. Ön ısıtma yansımali alevli ocaklarda başarı ile yapılmaktadır.

- **Eritme Metotları**

Hurdaların eritilmesi için fırın seçimi hurdaların tipine bağlıdır. Büyük hurdalar genellikle gaz veya fuel yanmalı reverber fırınlarında eritilirler. Reverber fırınların kapasiteleri 5 - 90 ton arasında değişmektedir. Reverber fırınlarında hurdaların ergitilmesi genel olarak eritme dereceleri düşük flakslar kullanılır. Kullanılan flakslar genellikle sodyum klorür (NaCl₂), potasyum klorür (KCl) ve Kalsiyum klorür (CaCl₂)'dür.

Kullanılan flakstan esas gaye metali oksidasyona karşı korumak, alüminyum oksidi ve diğer pislikleri gidermek ve mümkün olduğu kadar az metal ihtiva eden cüruf elde etmektir.

Kapasite olarak çeşitlilik gösteren döner fırınlar ise bugün tamamen hurda ergitilmesinde kullanılmaktadır. Kapasiteleri 10 – 2000kg arasında değişen alüminyum endüstrisinde kullanılan pota fırınları yapı ve konstrüksiyon olarak diğer metallerin eritilmesinde kullanılan pota fırınlarıyla aynı olup bir fark göstermezler.



**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜRETİM METALURJİSİ ANA BİLİM DALI
Üretim Metalürjisi Laboratuvar Deney Föyü**

ALÜMİNYUM HURDALARDAN SAF ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

KULLANILAN CİHAZLAR VE MATERYALLER

- ✓ Alüminyum meşrubat kutuları,
- ✓ Cürufleştirici (CaCl_2)
- ✓ Grafit pota,
- ✓ Laboratuvar tipi elektrikli fırın,
- ✓ Kokil,
- ✓ Terazî,
- ✓ Maşa

DENEYİN YAPILIŞI

- ✓ Parçalama: Meşrubat kutularının 3-4 cm boyutlarına kadar ufalanır.
- ✓ Ön ısıtma: 400-500°C arası sıcaklıklarda 45-50 dakika sürelerde ısıtma işlemi ile hurda üzerindeki boyaların yakılır. Bu işlem öncesi şarj edilen hurda malzemeler, sonrasında ise ön ısıtmaya tabî tutulmuş hurdalar tartılır ve ön ısıtma ile kütlede ne kadar azalma olduğu görülür.
- ✓ Presleme: Hurda parçalarının preslenerek balya haline getirilir.
- ✓ Ergitme ve rafinasyon: 750°C de farklı flaks bileşimleri ile ergitme işlemi gerçekleştirilir. Öncelikle flaks bileşimi ve sonra hurda balyalar pota içine şarj edilir ve ergitme işlemi gerçekleştirilir. 750°C de ergitme işlemi gerçekleştirilir. Rafinasyon işlemi sonrasında test ve kimyasal analizler için numune kalıplarına döküm gerçekleştirilir.

Deney Raporunda İstenilen Bilgiler:

1. Ülkemizde alüminyum hurda potansiyeli ve hurda toplama mekanizmalarını anlatınız.
2. Geri dönüşüm teknolojileri (fırınlar vb.) ve yeni gelişmeler nelerdir?