Teknik yazı

KENT MADENCİLİĞİ VE İKİNCİL ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

Erman CAR Metalurji Mühendisi

ÖZET

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 hemde 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. Bu bağlamda kaynak yönetimi ve buna bağlı olarak alternatif hammadde kaynaklarının kullanımı ve ikincil metal üretimi, sürdürülebilirlik için önemli iki kavramdır.

Anahtar Sözcükler
Sürdürülebilir kalkınma, kent madenciliği, kaynak yönetimi, ikincil üretim, geridönüşüm, yeniden değerlendirme/üretim

GİRİŞ

1970'li yılların başında, petrol üreten ülkelerin ambargosu ile başlayan ve petrol fiyatlarının varil başına 2 Dolardan, 29 Dolara fırlamasıyla sonuçlanan petrol krizi, başta enerji kaynakları olmak üzere, dünyadaki hammadde kaynaklarının sınırlı olduğu gerçeği ile insanlığın yüz yüze gelmesini sağlamıştır.

Bu süreç, tüketim toplumundan, kaynakların daha verimli kullanılmaya çalışıldığı ve çevre duyarlılığının daha öne çıktığı bir yeni anlayışın, yani "sürdürülebilirlik" kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

İnsanoğlunun binlerce yıldır doğaya karşı verdiği ölçüsüz mücadele ve oluşan "egemen insan" anlayışının yarattığı uygarlığın, bugün geldiği nokta da;

- Ortalama olarak dünya nüfusu yılda % 1,4 oranında artmaktadır. Dünya nüfusunun 2040 yılında 9 milyarın üzerinde olması beklenmektedir,
- 1 milyardan fazla insan temiz su bulamamaktadır, Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan nüfusun yaklaşık % 70'inin evlerinde, okullarında ya da hastanelerinde elektrik yoktur,
- Dünya nüfusunun yarısı günlük 2$'in altında kazanarak, yaşamaya çalışmaktadır. Daha da acısı her 6 kişiden biri, yani yaklaşık 1,1 milyar insan günlük 1$'in altında kazanç ile yaşamak zorundadır,
- Yaklaşık 885 milyon insan okuma-yazma bilmemektedir. Bunun üçte ikisi kadındır.

Buna ek olarak, dünya enerji tüketimi her yıl ortalama %1,7 oranında artmaktadır (nüfus artışından daha fazla). Bugün dünya enerji tüketimi yaklaşık 15 TeraWatt ($1TW=10^{12}$Watt) civarındadır. Bu enerjinin yaklaşık % 80'i fosil yakıtlardan (% 34'ü petrol, % 25'i kömür, % 21'i doğal gaz), % 8'i bioenerji, % 6,5'u nükleer, % 2'si su kaynakları ve kalanı diğer kaynaklardan (jeotermal, güneş, rüzgar vs.) sağlanmaktadır. Bu tüketimin 2050 yılında 30 TW civarında olacağı tahmin edilmektedir.

Bu gerçeklik ve dünyanın "belirli coğrafyalarında" yaşanan ve yaratılan savaşlar göstermektedir ki, dünya kaynakları sonsuz ve sınırsız değildir ve insanoğlu kendi dışındaki diğer canlı ve cansız bileşenlerle birlikte yaşamak zorundadır. Yani insanlık "egemen insan" anlayışından "bileşen insan" anlayışına doğru evrilmektedir. Bu evrilme süreci, siyasi ve ekonomik tercihlerden bağımsız bir üst süreçtir.

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

Hızla artan dünya nüfusu ve doğal dengenin bozulması, doğal kaynakların kendini yenileyebilme gücünün de ötesinde tüketilmesi, çevrenin kalıcı olarak kirletilmesi, daha doğrusu yok edilmesi, ülkeleri, uluslararası çözüm yolunda örgütlenme zorunluluğuna yöneltmiş ve 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren "sürdürülebilir kalkınma kavramı" gündeme gelmiştir. Tersi durumda, gelişmenin durması ve giderek binlerce yılda yaratılan uygarlığın yok olması söz konusu olabilecektir.

Nesnel bir gözle irdelendiğinde, günümüzün en önemli sorunu "çevre" sorunudur. Çevre başlığının altında yer alan tüm konumlar yaşamsal konulardır ve doğrudan insanlığın devamı ile ilgilidir.

Sürdürülebilir kalkınma kavramının temelinde, çevre ile ekonomik gelişme arasındakiçelişkileri ortadan kaldırarak, bir dengenin kurulması gereksinimi yatmaktadır. Ortada bilimsel, teknolojik, endüstriyel ve ekonomik gelişimin bir bedeli olarak doğanın zarar gördüğü gerçeği vardır. Ancak çevre ve doğal kaynaklarını tüketen ve bozan bir ekonominin sürdürülebilir olması olanaksızdır. Aynı şekilde sağlıklı büyüyen bir ekonomi olmadan, çevrenin korunmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ve bunlar için kaynak ayrılması da söz konusu olamaz.

Günümüzde, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaygın kanı, ekonomik kalkınma tamamlanıncaya kadar doğa ve çevre değerlerine duyarlı kalınamayacağı algısıdır. Bu tipik bir "sömürgeci devlet" anlayışı ile gelişmiş ülkeler tarafından gelişmekte olan ya da yoksul ülkelere empoze edilmektedir. Tam tersine ekonomik kalkınmışlığın en önemli göstergelerinden birisi yaşanan çevre ve doğal ortamın kalitesidir. Yani ekonomik gelişme arttıkça, çevre bilinci de artmalıdır.

Sürdürülebilir kalkınma, bugünkü kuşakların gereksinimlerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılayabilmelerini tehlikeye sokmadan karşılayabilen bir kalkınma modelidir.

Sürdürülebilir kalkınmanın birbirine bağlı 3 boyutu vardır:

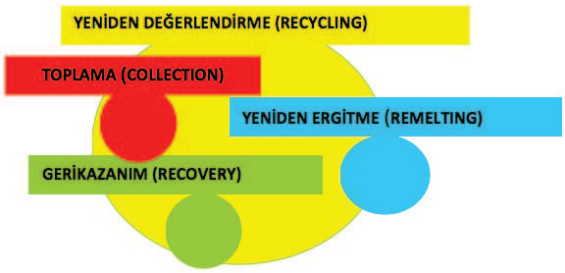
- Sosyal boyut; sürekli eğitim ile insanlara "yaşam kalitesinin arttırılmasının" kendileri ve sonraki kuşaklara sağlayacağı yararlar ve kalkınırken çevresel değerlere de sahip çıkmanın bir külfet değil zorunluluk olduğu anlaşılmalıdır,

- Ekonomik boyut; yeryüzündeki her kaynak sınırlıdır ve dolayısı ile elimizdeki her kaynağı yaşam kalitemizi arttıracak şekilde ve bütün insanlık için en adil olarak nasıl dağıtılabileceğinin yolu bulunmalıdır.

- Çevresel boyut; kaynak yönetimi ve bunun en önemli bileşenlerinden olan yeniden üretme-değerlendirme (recycling) süreci geliştirilerek işletilmeli ve ek olarak malzeme üretim ve tasarım süreçlerinde yeniden üretilebilme- değerlendirilebilme kriter olarak alınmalıdır. Tüketim çılgınlığı dizginlenmeli ve enerji ve hammadde kaynaklarının ölçülü kullanımı, buna bağlı olarak daha az atık üretme teşvik edilmelidir.

(Milliyet Gazetesi 12 Ocak 2009)

Sürdürülebilir kalkınma modeli ile hem tüketim bilinci artarken, yeni hammadde kaynaklarının aranması da doğal olarak gündeme gelmiştir. Ancak bu yeni hammadde kaynakları çok uzakta değil, hemen yanı başımızdadır. Sıradan insanların "çöp" olarak tanımladığı atıklar, öncelikle günümüz teknolojisin izin verdiği ölçüde ikincil hammadde, teknolojinin malzeme olarak değerlendiremediği atıklar ise enerji kaynağı olarak kullanılabilmektedir. İkincil üretim, yeniden üretim,geri dönüşüm ya da kaynak yönetimi kavramları yeni bir mühendislik alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Artık "kentlerde" üretilen atıklar, endüstri için çok önemli "hammadde" kaynağıdır. Yeni madenlerimiz artık kentlerdedir.



Şekil 1: Alüminyum yeniden değerlendirme olgusunun bileşenleri

Yeniden değerlendirme (recycling), malzemenin yeni-eski-yeni dönüşüm çevrimidir ve bir prosestir. Yani yeni üretilir, ömrünü doldurur eski olur, diğer malzemelerle birlikte toplanır, gruplandırılır, ayrılır ve ergiticilere geri döner. Ergitme sonrası ikincil yeni olarak tekrar çevrime katılır. Diğer bir deyişle malzeme çevrimini son aşaması olan hurdadan geri kazanıldığında tamamlar. Sonuçta yeniden üretim (yeniden değerlendirme), toplama, ayırma ve zenginleştirme, geri-kazanım (recovery) ve yeniden ergitme (remelting) işlemlerini kapsayan bir süreçtir. Recycling sözcüğü Türkçeye geri-dönüşüm olarak çevrilmiştir. Ancak geridönüşüm terimi recycling sürecindeki prosesleri içermediğinden ve süreci dikkate almadan yalnızca sonucu tanımladığından bu yazıda "yeniden üretim ya da yeniden değerlendirme" terimleri kullanılması tercih edilmiştir.

İKİNCİL ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

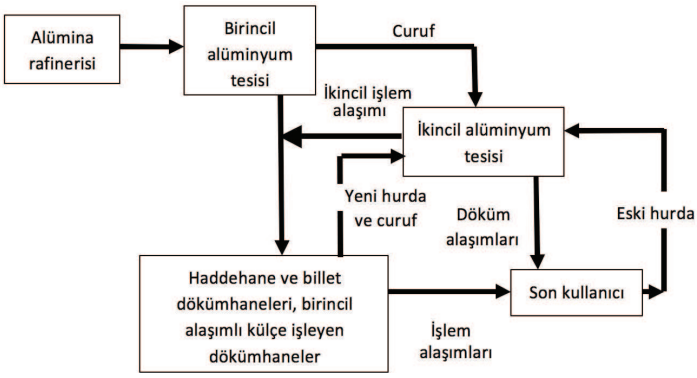
Bilindiği üzere alüminyum metali, geniş kullanım alanlarına sahip, çok yönlü ve yeniden değerlendirilebilme yeteneğinden ötürü enerji tüketen değil enerji depolayan bir metaldir. Bu özellikleri işlevselliği, ekonomikliği ve kolay işlenebilirliği ile birleştirildiğinde, günümüzde ve gelecek için, hem ülkemizde hem de dünyada birçok ürün alüminyum metalinden ve alüminyum alaşımlarından üretilmektedir ve üretilmeye devam edecektir.

Günümüzde metalik alüminyum ve alaşımları daha çok iki yöntem ile üretilebilmektedir:

Birincil üretim; boksit cevherlerinin Bayer Prosesi ile işlenmesi sonucu metalurjik kalite alümina elde edilir ve alüminadan ergimiş tuz elektrolizi yöntemiyle birincil metalik alüminyum üretilir. Birincil alüminyum üretimi enerji yoğun bir üretimdir. Sadece elektroliz aşamasında, kullanılan teknolojiye bağlı olarak ton birincil alüminyum başına 12 500 ile 16 500 kWsaat arasında enerji tüketilir. Uluslararası Alüminyum Enstitüsü (IAI) 2013 rakamlarına göre 2013 yılında dünya ortalaması 14 555 kWsaat (AC) olarak gerçekleşmiştir.

İkincil üretimde ise; cevherden elde edilen birincil alüminyum, kullanım ömrünü doldurduktan sonra oluşan hurda toplanıp temizlendikten sonra, diğer metal ve metal-dışı safsızlıklardan ayrıştırılarak yeniden ergitilmesi ile ikincil metal üretilir.

Böylece alüminyum hurdalar ve cüruf yeniden üretim döngüsüne girerek alüminyum ürüne dönüşür.



Şekil 2 : Birincil ve ikincil alüminyum üretim süreçleri

Alüminyumun diğer metallerden ayıran en önemli özelliği enerji bankası gibi davranmasıdır. Birincil alüminyum sürecinde tüketilen enerji, alüminyum ürün içinde birikir ve daha sonraki üretim döngülerinde, yani ikincil üretim sürecinde, birincil üretim için gerekli olan enerjinin sadece % 5' i harcanarak, yeniden ürün formuna geçer. Benzer şekilde ikincil alüminyum üretimi sürecinde oluşan çevresel zarar da, birincil üretim sürecinde oluşan zararın % 5'i kadardır.

Demografik hareketler ve özellikle Uzak Doğu'da yaşanan hızlı kentleşme, kentleşmeye bağlı olarak zenginliklerin yaygınlaşması ve tüketim artışı alüminyum talebinin daha uzun süre canlı kalacağına işarettir. Öte yandan küresel ısınma ve buna bağlı olarak sürdürülebilir kalkınma anlayışı yani, hammadde ve enerji ihtiyaçlarının çevre dostu üretim anlayışı ile birleştirilmesi ve böylece doğal kaynakların korunmasına yönelik yeni teknolojilerin benimsenmesi, ikincil alüminyum endüstrisi için itici güç olacaktır.

Yeniden değerlendirme/üretim işleminin uygulandığı endüstri "ikincil alüminyum endüstrisi" olarak tanımlanır. Yeniden üretim olgusu ile:

- Rasyonel hammadde kullanımı ve buna bağlı olarak hammadde tasarrufu,
- Rasyonel enerji kullanımı ve buna bağlı olarak enerji tasarrufu ve enerji üretim süreçlerindeki kirli gaz salınımının azaltılması,
- Hem birincil üretim sürecindeki atıkların olmayışı hem de hurdaya çıkmış malzemelerin yeniden kullanımı ile çevre kirliliği ile mücadele,
- Ekonomik kazanç sağlama isteği, birlikte hareket ederler.

Şekil 3 : Boksit madenciliği ve kent madenciliği (alüminyum hurda toplama ve ayırma)

Alüminyum hurdaların daha fazla toplanması ve döngüye dahil olarak daha fazla yeniden üretilmiş alüminyum ürün kullanılması, hem alüminyum endüstrisi hem de sürdürülebilir kalkınma kaygısı taşıyan herkes için oldukça önemlidir.

Alüminyum sürdürülebilir kalkınma projesi için çok önemli bir metaldir.

Çünkü:

- Birincil üretim için zengin cevher kaynakları mevcuttur (yaklaşık yerkabuğunun % 8'i boksit ve alüminyum içeren diğer cevherlerden oluşur),
- Bugün alümina üretiminde kullanılan Bayer teknolojisi ile bu cevher, 200 yıl daha yeterli olacaktır,
- Alüminyum çok yüksek yeniden üretilebilme potansiyeline sahiptir, özelliklerini yitirmeden defalarca yeniden üretilebilir,
- Yeniden üretim sürecindeki metal kayıpları düşüktür,
- Diğer malzemeler ile karşılaştırıldığında uzun ömürlüdür ve sürekli yeni kullanım alanları bulmaktadır. Kullanım alanlarının dolayısı ile kullanım oranlarının artması, aynı oranda ikincil kaynakların da artması anlamına gelir,
- Daha az çevreyi kirletir. 1 ton alüminyumun, yeniden üretilmesi ile birincil üretim sürecine göre yaklaşık olarak 8800 kg daha az CO_2 eşdeğeri kirli gaz üretilir.

Birincil alüminyum üretiminde enerji bulunabilirliği ve temini ne kadar öncelikli ise, ikincil alüminyum üretiminde de hurda bulunabilirliği ve temini en önemli sorundur. Alüminyum metalinin ve alaşımlarının çok geniş olan kullanım alanları, beraberinde, diğer metal ya da metal dışı malzemelerle kombine halde hurda çeşitliliğini de getirmektedir. Ancak gelişen teknoloji ile her geçen gün daha düşük alüminyum içeren yani yüksek oranda fiziksel (ve kimyasal) kirliliğe sahip hurdaların işlenebilmesi mümkün olmaktadır.

İkincil alüminyum üretim süreci 7 aşamalı bir prosestir:

1. Hurda toplama,
2. Hurda ayırma, hazırlama ve ön-işlemler
3. Ergitme,
4. Alaşımlandırma,
5. Metal rafinasyonu,
6. Döküm,
7. Curuf temizleme ve curuf değerlendirme.

Alüminyum metali aşağı yukarı bütün sektör ve endüstrilerde kullanım alanı bulan bir malzemedir. Doğal olarak her uygulama farklı özellikler getirir ve bu

nedenle çok farklı alaşım ve fiziksel yapıda alüminyum malzemeler ile karşılaşmak mümkündür. Dolayısıyla çok fazla farklılık ve çeşitlilikte alüminyum hurda, ikincil endüstrinin hammaddesi olarak sisteme dahil olur ve bu çeşitlilik ve farklılık "hurda hazırlama", "ergitme" ve "metal rafinasyonu" işlemlerinin de karmaşıklaşmasına yol açar.

Alüminyum "yenilenebilir" bir malzemedir. Alüminyum ürünler, kullanım ömürleri boyunca kendi işlevlerini yerine getirirler. Kullanım ömürlerinin dolmasının anlamı yüksek dayanım, korozyon direnci, yüksek elastisite, elektrik ve ısıl iletkenlik gibi özelliklerinin kaybolması anlamına gelir. Ancak hurdaya çıkan alüminyum malzeme, uygun koşullarda yeniden işlenerek, ikincil alüminyum olarak, bu tüm kaybettiği özelliklerini yeniden kazanarak sisteme tekrar girer. 1 ton alüminyum hurda yeniden üretim sürecine sokularak, yaklaşık olarak 900-950 kg yeni alüminyum malzeme üretilebilir. Alüminyum ekonomisi bir döngü ekonomisidir. Alüminyum ürünler yalnızca kullanılır, kaybolmaz. Kullanım ömürleri dolduğunda, yeniden ikincil alüminyum endüstrisinin hammaddesi olarak sisteme dahil olurlar.

Yani;

- Yeniden değerlendirilmeyen her bir gram alüminyum "kayıp" ve buna izin vermek ise " hatadır".
- Alüminyum "yenilenebilir" bir malzemedir ve başlangıç özelliklerini çok büyük ölçüde koruyarak, defalarca yeniden üretilebilir.
- Alüminyum tüketilmez, sadece ömrünü doldurur,
- Alüminyum her zaman ekonomik değerini korur,
- Alüminyum enerji bankasıdır, üretimi sırasında gerekli olan enerji tüketilmez, ikinci üretim nedeni ile korunmuş ya da depolanmış olur.
- Alüminyum metalinin en önemli özelliği, temel karakteristiklerini kaybetmeden defalarca yeniden değerlendirilebilmesi / üretilebilmesidir. Bu nedenle alüminyum endüstrisi, "sürdürülebilir kalkınma" kavramı içinde tipiktir ve özel bir öneme sahiptir. Bu özellik nedeni ile, alüminyum yeniden değerlendirildiğinde ekonomik, çevresel ve sosyal yararlar sağlar.

Alüminyumun yeniden değerlendirilmesinde temel amaç, sürdürülebilir endüstri kavramına uygun olarak, bir enerji deposu gibi davranan alüminyum malzemelerin olabildiğince sisteme geri katılması ve hem malzeme hem de enerji anlamında yeniden değerlendirilmesidir. Bu noktada alüminyum malzemelerin kullanım ömürleri sırasında oluşabilecek olan metal kayıplarını en aza indirmek çok önemlidir ve ikincil alüminyum mühendislerinin en temel sorunudur.

Endüstriyel anlamda bakıldığında ise, ikincil tesis yatırımları gerek yatırım altyapısı, planlaması ve işletmesi açılarından, birinci tesislerden çok daha sade ve hızlı üretime geçebilen yatırımlardır. Çok kabaca aynı kapasiteye sahip bir ikincil alüminyum tesisi yatırım bedeli, birincil alüminyum tesisi yatırım bedelinin yaklaşık % 10-25' kadardır. Bir ikincil tesisin üretime geçme süresi ise, birincil tesise göre % 70 daha kısadır.

Alüminyum metali enerji bankası olarak tanımlanır. Çünkü boksit madenciliğinden döküm sürecine kadar geçen zaman içinde 1 ton birincil alüminyum için yaklaşık 194 000 MJ enerji harcanır. Ancak bu enerji kaybolmaz. Malzeme ömrünü doldurarak, hurdaya çıktığında 10 500 MJ (yaklaşık birincil üretimde harcanan enerjinin % 5'i) enerji harcanarak ve çok büyük ölçüde ilk özelliklerini kaybetmeden yeniden üretilebilir.

YENİDEN ÜRETİM TÜRLERİ

Malzeme akışı açısından bakıldığında yeniden üretim kavramı iki grupta incelenebilir

- Kapalı döngü yeniden değerlendirme ile kullanım ömrünü tamamlamış olan alüminyum malzeme yeniden ergitilerek, orijinal amacına uygun hale getirilip, yeniden kullanılır. Örneğin alüminyum içecek kutularının yeniden ergitilerek tekrar meşrubat kutularına çevrilmesi.
- Açık döngü yeniden değerlendirme sürecinde ise, kullanım ömrünü doldurmuş farklı alaşımlardaki alüminyum malzemeler, ergitilir ve alaşımlandırılır. Böylece yeni alaşım ve kullanım amacına sahip alüminyum malzemeler üretilir. Örneğin 3105 panel hurdalarında AlSi9Cu3 külçe üretimi.

Alüminyum hurda sadece yeniden değerlendirilebilir oluşundan ötürü değil, aynı zamanda ekonomik olarak değer taşıdığı için de oldukça önemlidir. Alüminyum malzemelerin yeniden değerlendirilebilirlik oranının arttırılması ve ikincil alüminyumun daha çok kullanılması ile yeniden değerlendirme döngüsü kapatılabilir ve

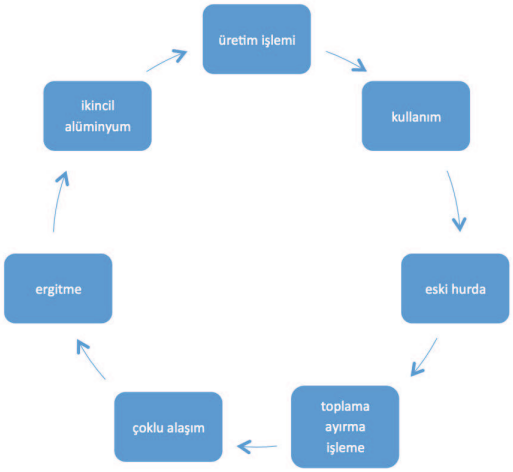
böylece daha önce de sıralanan daha az sera gazı üretimi ve böylece küresel ısınma riskinin azaltılması ve enerji tasarrufu sağlanabilir.

Yüksek kaliteli işlem alaşımları çok büyük oranda kapalı döngüye dahil olurken, döküm alaşımları genellikle açık döngü içinde üretilir. Kapalı döngünün uygulanabilirliği arttıkça, ideal kalite, miktar ve maliyet ile yeniden değerlendirme yapabilmek olanaklı olacaktır. Ancak alüminyum ürünlerin farklı kullanım ömürleri ve düzenli bulunabilirlik sorunu nedeni ile genellikle açık döngü çalışır.

Malzemelerin küresel olarak, yeniden değerlendirilebilme oranlarına bakıldığında, yaygın alüminyum kullanımına sahip taşımacılıkta kullanılan ürünlerin % 95'e kadar, inşaatta kullanılan ürünler % 98'e kadar ve içecek kutuları % 65-70 oranında üretime geri dönebilmektedir.

Şekil 4 : Kapalı döngü yeniden değerlendirme

Şekil 5 : Tipik kapalı döngü yeniden değerlendirme Novelis'de yaklaşık 1.5 milyon adet kullanılmış alüminyum içecek kutusunun yeniden ergitilmesi ile üretilen 27 ton ağırlığında, 9x1.8x0.5 metre boyutlarında slabın sıcak haddelenerek yeniden içecek kutusuna çevrilmesi



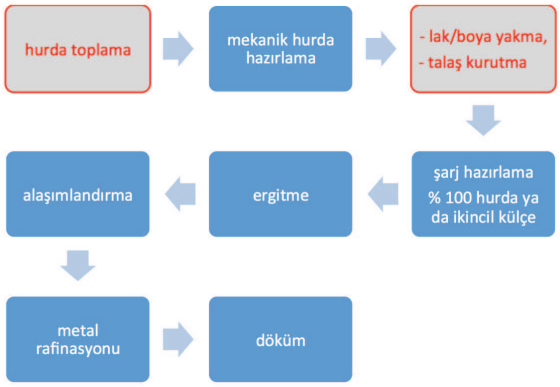
Şekil 6 : Açık döngü yeniden değerlendirme

İKİNCİL ALÜMİNYUM TESİSLERİ

İkincil alüminyum endüstrisi içinde iki tesis grubu değerlendirilebilir:

1. Tamamen hurda kullanarak ağırlıklı olarak döküm alaşımı külçe ve deoksidant üreten tesisler,

2. Kısmen ve temiz hurda kullanarak billet, slab ve dökme levha üreten dökümhaneler



Şekil 7 : Tamamen hurda kullanarak alaşımlı külçe ve deoksidant üreten tesisler içim üretim akışı

Her iki tesis grubu için de ilk aşama hurda hazırlama aşamasıdır.

Gerek ikincil üreticiler, gerekse haddehane ve billet dökümhaneleri eğer dışarıdan "hazırlanmış" hurda satın alıyor ise, sonraki bölümlerde açıklanan tüm ergitme teknolojilerini kullanabilirler. Ancak, özellikle hazırlanmış hurdanın maliyeti ve Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde hurda hazırlama sektörünün hem miktar hem de kalite açısından yetersiz oluşu, çoğu ikincil tesisi kendi bünyesinde satın aldığı hurdayı hazırlama yoluna itmektedir.

Tamamen ya da kısmen hurda kullanan tesislerde, optimum giydirilmiş metal maliyetine –yani hurda hazırlama ve ergitme kayıpları dahil, ergimiş metal maliyeti- ulaşmak için hem uygun hurda hazırlama işlemlerini hem de uygun ergitme teknolojisinin seçimini birlikte düşünmek gerekir. Verimli bir ergitme işlemi:

- hurdanın oksit içeriğine,
- hurdanın üzerindeki boya,lak,kaplama gibi metal dışı kirliliklerin miktarına,
- hurdanın fiziksel şekline,
- hurdanın içerdiği alüminyum-dışı malzeme oranına,
- hurdanın geometrisine (yüzey/ağırlık oranı ve et kalınlığı),
- ergitme teknolojisine,
- aynı anda farklı hurda tiplerinin tek bir fırında ergitilebilmesi ile optimum enerji tüketimine,
- şarj yapma sıklığına,
- metal rafinasyon yöntemlerine,
- üretiecek malzemenin kimyasal kompozisyonuna ve
- işletme koşullarına bağlıdır.

Şekil 8 : Kısmen hurdakullanabilen haddehane ve billet dökümhaneleri için üretim akışı

	İkincil Tesisler	Haddehane ve Billet Dökümhaneleri
Eski hurda	X	
Hazırlanmış hurda	X	X
İşlem alaşımı hurdaları ya da iç hurda	X	X
İkincil külçe	X	X
Curuf	X	

Tablo 1 : Hurda-ikincil tesis ilişkisi

Haddehane ve billet dökümhanelerinde temel kaygı, üretilecek ürünün izin verdiği ölçüde, enerji yoğun ve pahalı olan birincil külçe yerine, olabildiğince hurda kullanmak olmalıdır. Bu büyük ölçüde teknolojik yapıları ile ilintilidir. Öreğin AA 3105 alaşımı üreten bir haddehane, bu üretimini % 100 birincil külçe yerine, her % 10'luk içecek kutusu kullanımı metalik alüminyum maliyeti açısından bakıldığında % 2-3 oranında tasarruf sağlar.

Bu tür işletmeler, kendi prosesleri sırasında ürettikleri ara işlere ek olarak dışarıdan, üretim özelliklerine uygun hurda satın alabilerek kullanabilirler. Dışarıdan satın alınan hurda içinde genellikle et kalınlığı yüksek ve temiz hurdalar tercih edilir. Ancak teknolojik olarak yetkinliğe erişmiş işletmeler ya da hurda ergitme prosesine karar vermiş işletmeler, içecek kutuları, talaş ve ambalaj hurdaları dahil, daha düşük kaliteli hurdaları da ergitebilirler. Bu tür işletmeler aynı zamanda, kimyasal kompozisyonu belli, ikincil külçeleri de kullanabilirler.

Şekil 9 : Kısmen hurda işleyen haddehane ve billet dökümhaneleri için tipik hurdalar

Şekil 10: Tamamen hurda işleyen ikincil tesisler için tipik hurdalar

Buna karşın, ikincil tesisler hemen hemen her türlü hurdayı kullanmak isterler. Bu noktada da belirleyici olan yine hurda hazırlama ve ergitme teknolojisidir.

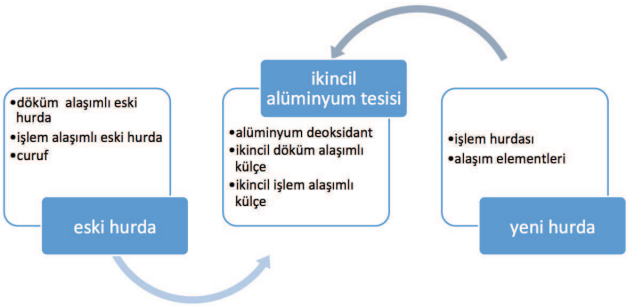
Bu süreç aşağıda sıralanmış amaçlar için, ikincil üretimin toplam verimliliğini ve ürünlerin kalitesi ile proses maliyetlerini doğrudan etkileyen bir aşamadır.

Haddehane ve billet dökümhaneleri, çoğunlukla hurda ile pahalı birincil malzemeyi karıştırmayı tercih ederler. Bunun temelde 3 ana nedeni vardır:

1. Uygun ergitme teknolojisine sahip olmadıkları için metal kayıpları,
2. Alaşım ayarlamada yaşanan sıkıntılar,
3. Son ürünün kalitesini doğrudan etkileyen hurda kaynaklı safsızlıklar.

Bu işletmelerin daha fazla oranda hurda kullanabilmesi için;

- Hem yatırım hem proses hem de performans olarak daha gelişkin hurda hazırlama ekipmanlarına,
- Maksimum hurda kullanmaya uygun kimyasal kompozisyona sahip yeni alaşımlara,
- Daha verimli ve çevreye daha az zararlı metal rafinasyon tekniklerine ve,
- Daha esnek çalışabilen döküm sistemlerine ihtiyaçları vardır.



Şekil 11: Tamamen hurda kullanılan bir ikincil alüminyum tesisi için tipik malzeme akışı

Şekil 12: Şematik mekanik hurda hazırlama

Hangi fırın tipi kullanılırsa kullanılsın, ergimiş metalin kimyasal kompozisyonu ve kalitesi, ergitme prosesinden çok, kullanılan hurda seçimine ve ergitme sonrası yapılan metal rafinasyonu işlemine bağlıdır. Hurda çeşitliliği ve hurdanın farklı alüminyum ve alüminyum dışı madde içeriği nedeni ile, hurda tanımı, ayrımı ve şarj karışımı hazırlanması ergitme işlemi dahil, bütün prosesi etkileyen en önemli parametrelerden birisidir.

Toplama sürecinin ardından hurda hazırlama süreci başlar. Yeniden değerlendirme olgusuna «kent madenciliği» anlamında bakıldığında hurda hazırlama süreci birincil üretimdeki cevher hazırlama ve zenginleştirme süreci ile koşut mantıkta çalışır.

SONUÇ

Avrupa Alüminyum Birliği'nin tahminlerine göre, alüminyum metalinin endüstriyel olarak kullanımına başlandığı 1880 yılından günümüze kadar, yaklaşık 900 milyon ton alüminyum üretilmiştir. Bunun yaklaşık % 35', inşaatlarda, % 30'u elektrik iletimi ve makine imalatında ve % 30'u ise ulaşım araçlarında kullanılmıştır. Bu metal, ikincil hammadde kaynağı olarak düşünüldüğünde, dünyanın 17 yıllık birincil alüminyum gereksinimine eşdeğer miktardadır.

Günümüzde yalnızca alüminyum metalinin ikincil üretimi ile yılda 90 milyon tondan fazla CO_2 salınımı azaltılmakta ve 100 000 GWsaat'ten fazla elektrik enerjisi tasarruf edilebilmektedir. Bu değer Hollanda'nın yılık elektrik enerjisi tüketimi kadardır.

Eğer bütün koşullar ideal olsaydı, yani kullanım ömrü dolmuş eski hurdanın % 100'ü toplanabilseydi, bu hurdalar % 2 kayıp ile hazırlanıp, % 5 kayıp ile yeniden üretilseydi eski hurdaların % 93'ü yeniden tüketime katılacaktı. Ancak bugünkü dünya pratiği henüz bu ideal koşullardan çok uzaktadır. Üretilen ve ömrünü dolduran hurdanın ancak % 50'si toplanabilmekte, bu hurdalar % 20 kayıp ile hazırlanmakta ve % 10 kayıp ile yeniden üretim sürecinden çıkmaktadır. Yani pratikte eski hurdanın sadece % 36'sı yeniden kullanıma girebilmektedir. Bütün amaç hurda toplamanın yasalarla desteklenmesi, hurda hazırlama, ayırma, ergitme ve metal rafinasyonu tekniklerinin geliştirilmesi ve yeniden üretilebilirliğe uygun yeni alaşım ve tasarımlar üzerinde çalışmalar yaparak, bu % 64'lük potansiyeli maksimum oranda değerlendirebilmektir.

KAYNAKLAR

1. Aluminium Recycling and Europe Status and Prospects / Gunter Kirchner / Organisation of Aluminium Refiners and Remelters / www.eaa.net
2. The Aluminium Industry Sustainable Program – Implementing the OECD Environmental Strategy Meeting / Robert Chase / International Aliminium Institute / March 2006
3. Recycling Works – State and Local Solutions to Solid Waste Management / U.S. Environmental Protection Agency / April 1999 / www.epa.org
4. Global Aluminum Recycling, the Global Energy Cycleand the Role of the Society Regarding Collection / IEA-IAI Workshop / Jurg Gerber / Alcan / May 2007
5. Recycling Aluminium and Effect on Sustainable Development / Hoberg H. – Wolf S. / Chair for Mineral Processing, Beneficiation and Waste Treatment / RWTH / Aachen
6. Aluminium Recycling : The Commercial Benefits, the Technical Issues and The Sustnainability Imperative / Pal Vigeland / Hydro / Metal Bulletin 9th International Secondary Aluminium Conderence / Prag / 2001
7. Creating Innovative and Sustainable Solutions for Today's Challenges and Tomorrow's Opportunities / Jon Herald Nielsen / Hydro / Metal Bulletin 19th International Aluminium Conference / Oslo / 2004
8. Katı Atıkların Geri Dönüşümü / Prof. Dr. Tuncay Neyişçi / Akdeniz Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü / ANSİAD / 2003
9. Movingupto Aluminium – Light, Strong and Profitable / EAA / www.aluminium.org
10. U.S. Energy Requirements for Aluminium: Historical Perspective, Theoretical Limits and New Opportunities / William T. Choate – John A.S. Green / U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy Industrial Program / www.doe.gov
11. Hall Herault Contennial, First Century of Aluminum Process Technology (1886-1986) / The anniversary volume sponsored by the Light Metals Committee of The Metallurgical Society and presented at the 115th TMS Annual Meeting in New Orleans, Louisiana, March 1986 / Edited by Warren S. Peterson (Metallurgical Chemical Processes) and Ronald E. Miller (Alcoa Technical Center).
12. Industrial Hall - Herault Process / Halvor Kvande / TMS Dubai 2008 Electrolysis Short Course / 2008
13. The Aluminium Value Chain / Unlocking Aluminium's value and building a sustainable future / Bernt Reitan / ALCOA / CRU's World Aluminium Conference / Bahrain / May 2007
14. Birincil ve İkincil Alüminyum Üretim Süreçleri / Erman Car / TMMOB MMO Yayım No:2
15. Türkiye'de Çevre Politikaları ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi / Elif Haykır Habikoğlu / İ.Ü. Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu / Sosyal Bilimler Dergisi / Sayı:2 / 2007
16. Aluminium for Future Generations / Sustainability updated 2007 / IAI / www.world-aluminium.org
17. Aluminum Builds a Better Car / The Aluminum Association Auto & Light Truck Group Webinar / December 2008 / www.autoaluminum.org
18. www.alcoa.com
19. www.hydro.com
20. Going Green: The Aluminum Perspective / Michael Bull / American Metal Market 3rd Annual Automotive Metals Conference / www.autoaluminum.org. / Davy Richman /
21. Aluminum: Part of the Solution: Meeting and Challenges of Today and Tomorrow / The Aluminum Association Auto & Light Truck Group / www.autoaluminum.org
22. Key World Energy Statistics / International Energy Agency / 2008 / www.iea.org
23. Current Efficiency Theory and Practices for Continuous Improvement / G.P. Tarcy / Dubai 2008 Electrolysis Short Course / 2008
24. Sustainable Development forthe 21st Century MSE Opportunities / Diran Apelian / JOM / December 2008