

ÇEVRE DOSTU BİR METAL: ALÜMİNYUM

Şükran DEMİRKIRAN ve Kenan YILDIZ

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Müh.Fak., Sakarya Üniversitesi

ÖZET

Alüminyum metali inşaat, kimya, gıda, elektrik ve elektronik sanayii ile makine ve ekipman imalat sanayiinde geniş kullanım alanına sahip değerli bir elementtir. Bu makalede özellikle gıda sanayiinde kullanılan folyo türü ambalaj malzemeleri ile içecek kutularının ekonomik ve ekolojik açıdan değerlendirilmeleri irdelenmiştir. Bununla birlikte değerlendirme yöntemlerinden kısaca bahsedilmiş ve dünya genelinde alüminyum hurdalarının değerlendirilmesi çalışmalarından da bahsedilmiştir.

I. GİRİŞ

Dünya nüfusunun sürekli artışı, buna bağlı olarak doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve bunların değerlendirilmesinde sayısız teknolojik proseslerin kullanılması, doğal çevrenin oksijenini tüketmekte ve karşılığında çevreye atık ürünlerini iade etmekte, bunun sonucunda da sistemler arasındaki madde alışverişinde bir krize neden olmaktadır. Kısaca çevre kirlenmesi olarak tanımlanabilecek bu problemin çözüm yollarını bulmak, günümüzün en önemli sorunlarından biri olarak acil çözümler beklemektedir. Bugünün koşullarında atık ve artık üreten bir üretim gerçekleştirmek ve diğer taraftan da doğal çevrenin madensel dönüştürme ile sağlamaya çalıştığı rejenerasyona katkıda bulunmak zorunluluğu doğmuştur. Söz konusu problemin çözümüne yönelik stratejilerin adımlarını; Önlemek, Değerlendirmek ve Çevre Korumaya Yönelik Çalışmak şeklinde sıralamak mümkündür[1].

Bilgi toplumunda insan ön plana çıkmakta ve insanın birey olarak zevk ve tercihleri arasındaki farklılık, üretim, tasarım ve dizaynda esnekliği gerektirmektedir. Hurda malzemelerden alüminyumun tekrar kazanımı, alüminyum metaline çevreye duyarlı bir nitelik kazandırmaktadır. Genelde toplumda çevre bilincinin geliştiği ve bu bilincin daha da artacağı ilerki yıllarda alüminyum metali önemini kaybetmeyecektir[2].

II. ALÜMİNYUMUN AMBALAJ SANAYİNDEKİ YERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Ambalaj, içerisine konulan ürünü en iyi şekilde koruyan, temiz kalmasını ve taşınmasını kolaylaştıran çağdaş yaşamın en önemli parçası olan değerli bir malzemedir. Evlerimizde gıda ve içecek ambalajında kullanılan iki tür metal ambalaj malzemesi vardır. Bunlar teneke ve alüminyumdur[3].

Alüminyumun ambalaj sanayine girişi 1911 yılında folyo üretimi ile olmuştur. 1924'de alüminyum kapaklar geliştirilmiş, 1932 yılında balık kutuları ve 1952 yılında da alüminyum içecek kutuları piyasaya girmiştir. 1960'lardan itibaren ise karton kahve ve içecek kutularında alüminyum kullanılmaktadır[4].

Alüminyum pek çok paketleme uygulaması için etkin ve yeri doldurulamaz bir ambalaj malzemesi yapan özellikler;

- Ulaşım giderlerinin azaltılması açısından hafiflik,
- Süneklik,
- İyi darbe dayanımı,
- Paketleme uygulamalarında diğer maddelere oranla daha az alüminyum ihtiyacı,
- Paketlenmiş ürünün soğutulmasında ya da tekrar ısıtılmasında kullanılan enerjiyi en aza indirecek şekilde iyi ısı iletimi,
- Işık ve ultraviyole ışınlar için iyi reflaksiyon kapasitesi,
- Yüksek korozyon direnci ve kimyasal olarak nötr olması,
- Sağlıklı olması, zehirletici ve kirletici olmaması,
- Rahat şekillenebilme ve makinede işlenebilirlik,
- Geri kazanıma uygunluk ve
- Alüminyum hammadde kaynaklarının bolluğu olarak sıralanabilir[4-6].

Uygulaması ne olursa olsun, alüminyum folyo çok verimli ve göze hoş görünen bir paketleme malzemesidir.

Tablo 1. Alüminyumun ambalajlamadaki çeşitli kullanım alanları[4]

Ürün Tipi	Uygulama Örnekleri	Al kalınlığı (µm)	Al içeriği (%)
Kaplanmamış Al	Ev folyosu, çikolata ve şekerlemelerde	10-25	100
Kutular	İçecek kutuları (Meşrubatlar, bira, meyve suyu) Gıda kutuları (balık, bezelye vb.) Evcil hayvan yiyecek kutuları Kimyasal ve teknik ürünler (tutkal, yağ, vb) Aerosol kutuları (kozmetikler, boya, vernik vb.)	Gövde:310 Kapak:260 70-250	96 85-95
Hafif konteynerler	Pasta tabakları, menü tepsileri, servis tabakları veya düz büyük tabaklar	50-160	>95
Tüpler	Gıda (hardal, mayonez vb.) Eczacılık (merhemler vb.) Teknik (tutkal, boya vb.)	70-140 400-700	>95
Laklı/kaplı folyolar	Yoğurt, lor peyniri vb. veya kozmetikler için laklı kapaklar, kurutulmuş gıdalar	20-50	80-95
Al folyo/İnce kağıt tabakalar	Tereyağı ambalajları, sigara ve çikolata folyosu, sabun ambalajı Kurutulmuş gıdalar, eczacılığa ait blister ambalaj	9-15 20-50	15-65 65-80
Al folyo Polimer ince tabakalar	Vakumlu ambalaj (kahve, çay vb.) İçecekler ve kurutulmuş gıdalar için torbalar Menü konteyneri Meyve suyu ve süt ambalajı	7-20 30-50 6-25	15-35 35-75 4-30

Alüminyum folyo paketlemenin oluşturduğu katı metal katmanı tam bir ürün koruması ve uzun ömürlülük sağlamaktadır. Ayrıca, diğer maddelerle birleştirilip, kompozit lamine sistemler oluşturulabilir. Alüminyum folyo; cilalanabilir, boyanabilir ve üzerine baskı yapılabilir. Alüminyumun zehirleyici ve tatlandırıcı olmama özelliği, çeşitli yiyecekler, içecekler, ilaç ve kozmetik ürünleri ve diğer tüketim malları için uygun bir paketleme malzemesi olmasını sağlamaktadır[5]. Tablo.1'de alüminyumun ambalajlamadaki çeşitli kullanım alanları görülmektedir.

III. GERİ DÖNÜŞÜM VE GERİ KAZANIM

Doğada kısıtlı miktarda var olan, değerlendirilebilir nitelikteki cevherlerin gün geçtikçe azalması, metal üreticilerini, mevcut hammadde kaynaklarını en iyi şekilde kullanmaya ve yeni kaynaklar bulmaya zorlamaktadır[1].

Cam, metal, plastik, kağıt/karton gibi değerlendirilebilir atıklar çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilerek yeni bir hammaddeye veya ürüne dönüştürülebilir. Bu atıkların bir takım işlemlerden geçirildikten sonra ikinci bir hammadde olarak üretim sürecine sokulmasına *Geri Dönüşüm* denir.

Geri Kazanım ise daha geniş kapsamlı bir terimdir. Tekrar kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da içerir. Değerlendirilebilir atıkların kaynağında ayrı toplanması, sınıflandırılması, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle başlıca ürünlere veya enerjiye dönüştürülmesi *Geri Kazanım* olarak adlandırılır[3].

Kullanılmış malzemelerin yeniden değerlendirilmesi, ülke koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Birlikte genelde üzerinde hemfikir olunan nedenleri;

- Rasyonel hammadde kullanımı ve buna bağlı hammadde tasarrufu
- Rasyonel enerji kullanımı ve buna bağlı enerji tasarrufu
- Çevre kirliliği mücadelesi
- Hepsinin temelinde ekonomik kazanç sağlama arzusu olarak özetlemek mümkündür[1].

Alüminyum kullanımı ile sağlanan tasarruf, alüminyumun üretiminde kullanılan enerjiden çok fazladır. Bu yüzden alüminyum enerji tüketen değil enerji tasarrufu sağlayan bir metal olarak dikkate alınmalıdır. Ayrıca ilave enerji tasarrufu, alüminyumun yeniden değerlendirilmesi ile sağlanmaktadır. Hurda alüminyumun yeniden kullanılabilir yüksek kaliteli malzeme haline dönüştürülmesi için gerekli enerji, primer enerji için gerek duyulan enerjinin %5'i kadardır. Enerji

tüketiminde dikkatsizlik ve sorumsuzluğun haiz olduğu ve kaynakların daha az bilinçle kullanıldığı geçmişteki dönemlere kıyasla, günümüzde yeniden değerlendirilen alüminyumun önemi sürekli şekilde artmaktadır. Alüminyumun levha, saç, folyo, ekstrüzyon, dövme ve döküm formlarında çok değişik endüstri dallarında kullanımının sürekli artışı sürpriz değildir. Meşrubat kutuları ve gıda ambalajları özellikle alüminyumun yeniden kullanımının ne kadar kazançlı olduğunu göstermede önemli örneklerdir[7].

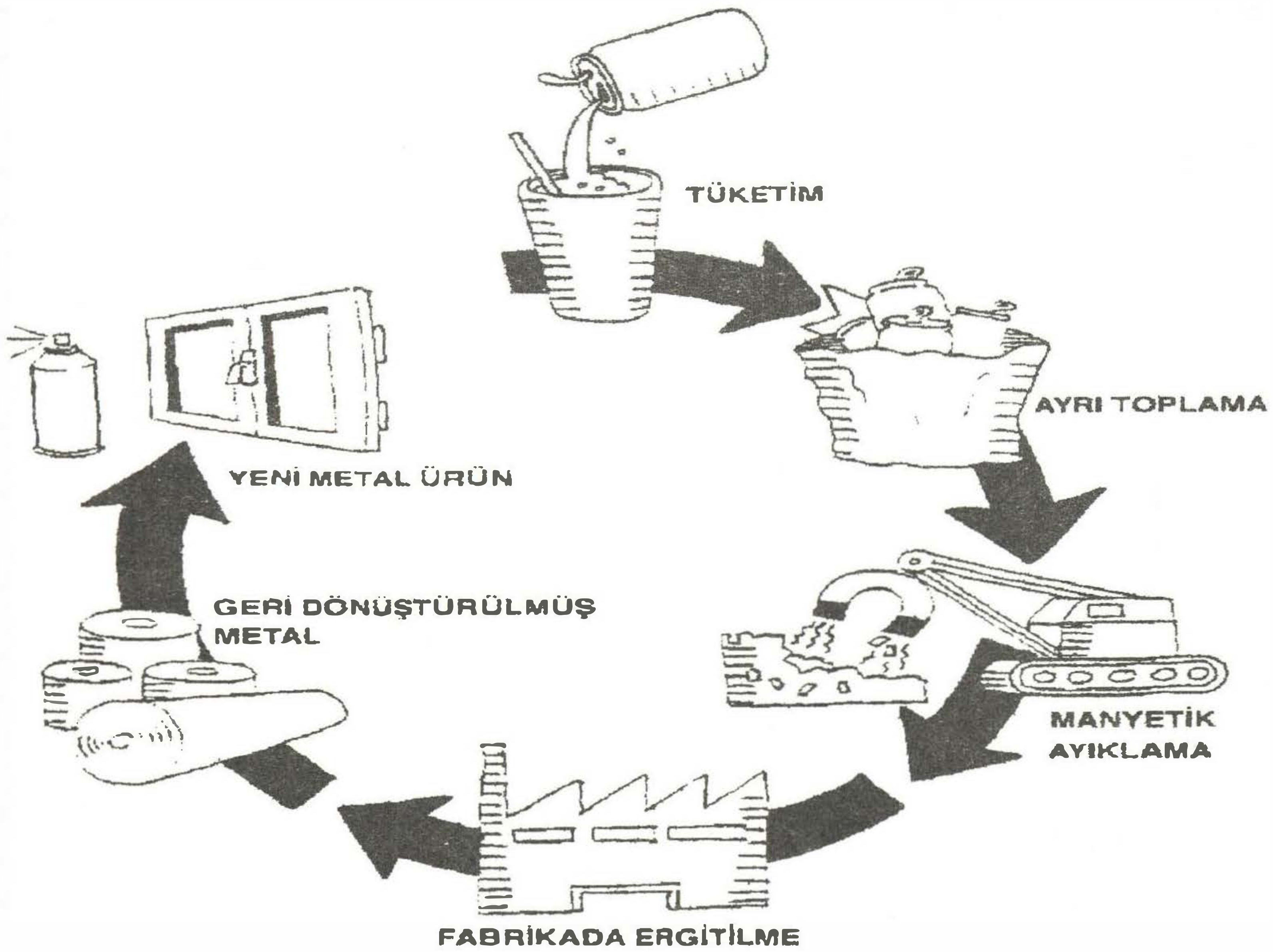
III.1. Kullanılmış İçecek Kutularından Alüminyumun Geri Kazanılması

Dünyada kullanılan tüm içecek kutularının %80'i alüminyumdur ve bu kutuların geri kazanımında Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Kuzey Amerika Alüminyum Üreticileri tarafından yayınlanan rapora göre, 1995 yılında alüminyum kutularının geri kazanımı %62.2'lik bir hız gösterirken 1996 yılında yeniden kazanma hızı 1.3'lük bir artış göstererek %63.5'e çıkmıştır[6,8]. 1991'de Avrupa'da kullanılmış tüm içecek kutularının yaklaşık %21'i geri kazanılmıştır. Mevcut durum ise, 1987'den beri hemen hemen yüzde yüzlük bir artış temsil etmekte ve yıllık %20-25 arasında bir artış oranını yansıtmaktadır[9,10].

Günümüzde alüminyumun geri kazanımı için tesis yetersizliği söz konusu değildir ve son on yılda kullanılmış içecek kutusu (UBC-Used Beverage Can) ergitme tesislerine yapılan yatırımlar artmıştır. Bu tip tesisler İngiltere, İsveç, Almanya, Yunanistan, İtalya ve Fransa'da faaliyettedirler. Bu tesislerin herbiri kullanılmış içecek kutularını yeni alüminyum uygulamalarında kullanılmak üzere eritip külçe olarak dökmektedirler. Ayrıca Avrupa genelinde çok sayıda sekonder eritme tesisi kullanılmış içecek kutularını geri kazanım yoluna gitmektedir[9].

Kullanılmış alüminyum meşrubat kutularının yüksek hurda değeri, geri kazanım için kutuların toplanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu kutuların tüketiciden satın alınmasıyla başlayan geri kazanım işlemi sonucunda yeni ürünler üretilmektedir.

Alüminyumun geri kazanım işlemlerinin ekonomik ve pratik olma zorunluluğu vardır. Hurda alüminyumların elektrolitik arıtma yoluyla geri kazanımı mümkündür. Ancak bu işlem ekonomik olmadığı için uygulanmamaktadır. Alüminyumun yeniden değerlendirilmesinde hurdaların ergitme öncesi hazırlık işlemleri önemli bir yer tutmaktadır[6].

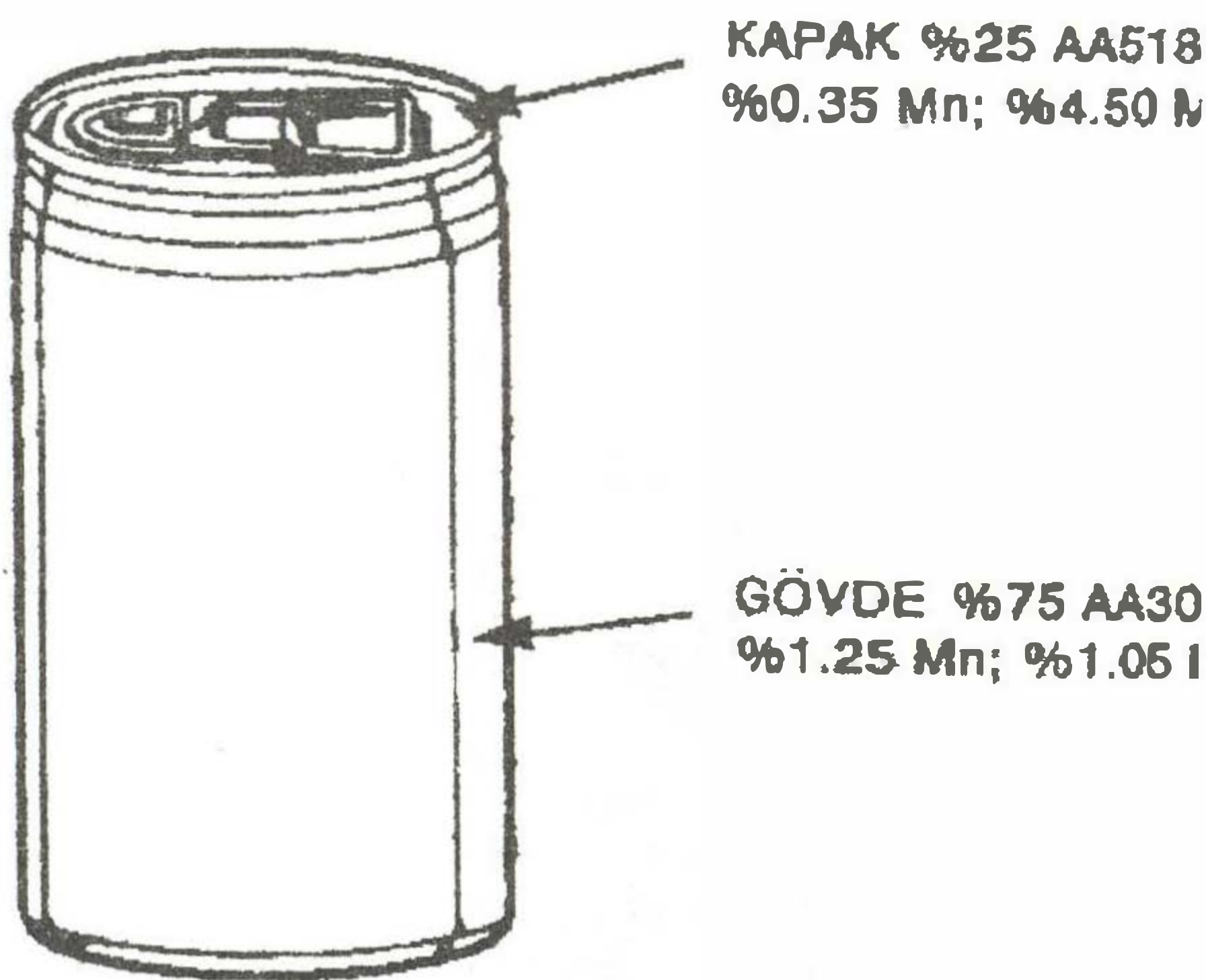


Şekil 1. Metal kutunun geri kazanımını gösteren akış diyagramı[3].

Alüminyum hurdaların çeşitli proses metotlarını anlamak için hurdayı belirli bir sınıflandırmaya tabi tutarak tanımlamak gerekir. Her ne kadar hurdanın kompozisyonu (özellikle magnezyum içeriği) metal kazanım prosesinde önemli bir değişken ise de boyut (daha çok spesifik yüzey alanı) ve temizlik gibi diğer iki önemli değişkene göre de tariflenebilir. Alüminyum hurdanın boyutu, hurdanın yüzey alanının artmasıyla yüzeydeki oksit miktarı artacağından önemlidir. Ayrıca ısıtma ve ergitme prosesi esnasında daha ileri derecedeki oksidize olayı, daha büyük yüzey alanı ile artar. Daha büyük hurdalar daha düşük kayıplarla ergitilebilir, daha küçük boyuttakiler ise daha fazla dikkat ister.

Metal kazanımında ikinci önemli değişken metal hurdanın temizliğidir. Empüriteler; su, kir, yağ, boya ve lak, kum, yapışmış gıda maddesi formlarında olabilir. Empüriteler metal olarak kazanılacak ağırlığı teşkil etmedikleri gibi ayrıca sık sık metal kazanımını engellerler[11,12].

Ergitme öncesi hazırlık işlemleri; sınıflandırma, yağ giderme, boya giderme-yakma, kırma, demirli parçaların ayrılması, briketleme ve ön ısıtma olarak sıralanabilir[6]. Sınıflandırma, yağ giderme, boya giderme aşamasından geçirilen malzeme kırma işleminden sonra malzemede mevcut az miktardaki demir ve çeliğin uzaklaştırılması için manyetik bir ayırıcıdan geçirilir. Malzeme bu noktadan genellikle toz ve ince atıkların uzaklaştırılması için elenir.



Şekil 2. Alüminyum içecek kutularında mevcut alaşımlar[12].

Farklı bileşimde olan kutu kapağı ve gövdeyi birbirinden ayırmak güçtür. Ergitme öncesi kullanılmış içecek kutu alaşımlarını ayıran bir ALCOA prosesi ile termo mekaniksel işlem uygulanarak alaşım ayrımı yapılmaktadır. Geri kazanılmış kullanılmış içecek kutularından elde edilen eriyik bileşimi, metalin kullanılabilirliğini sınırlamaktadır. Bu, bir içecek

kutusuna giren alaşımların incelenmesiyle daha iyi anlaşılabilir. Şekil.2'de görülen içecek kutusu yaklaşık olarak ağırlıkça %25 AA5182 ve %75 AA3004'den yapılmaktadır. Kapak ve gövdenin bileşimi ve ergime aralıkları Tablo.2'de verilmiştir.

Tablo 2. İçecek kutularının kapak ve gövdesinin bileşimleri ve ergime aralıkları[12].

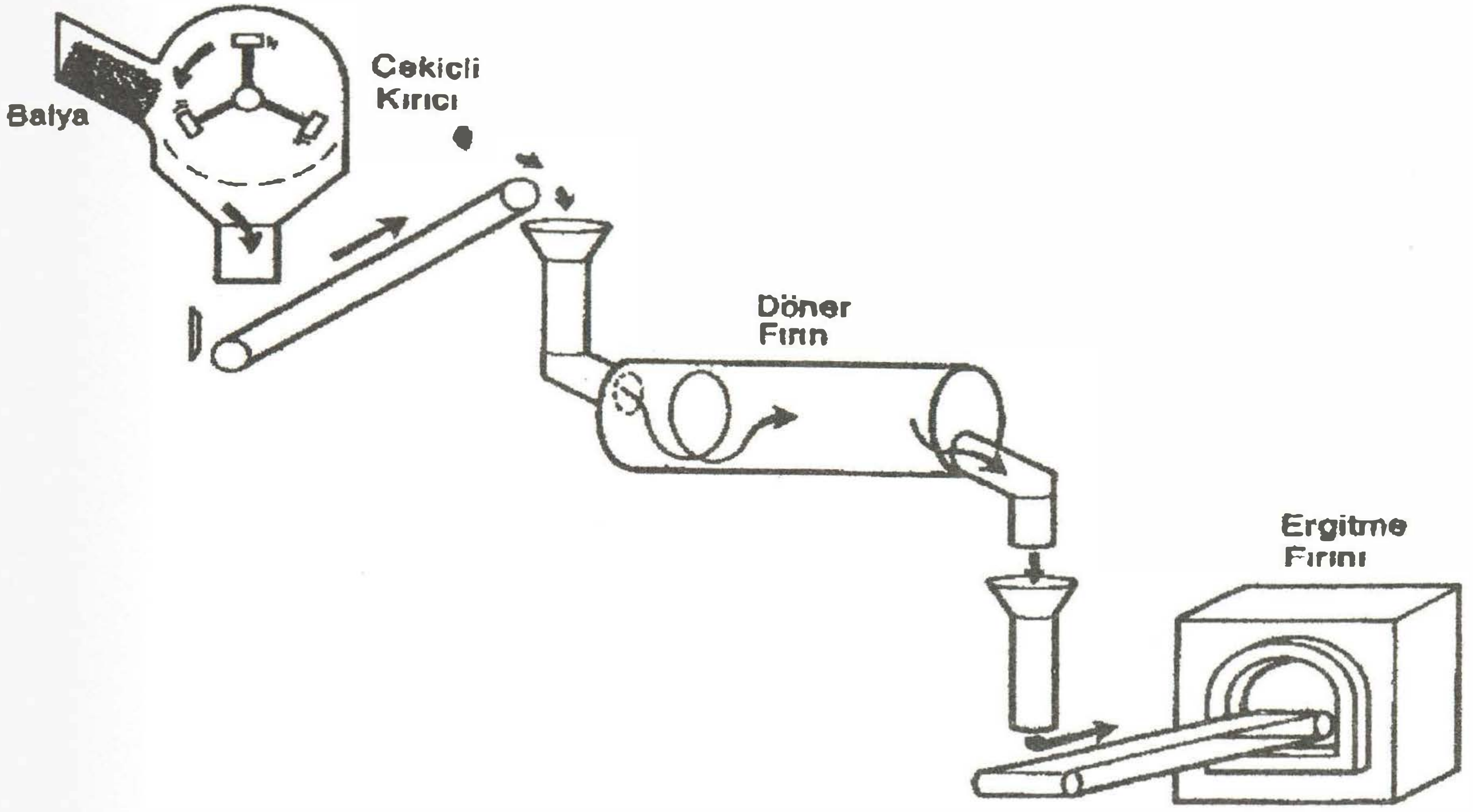
Alaşım	Ergime Aralığı (°C)	Bileşim
AA5182	580.5-636.6	Mg: %4-5 Mn: %0.2-0.5 Si: maks.%0.2 Fe: maks.%0.35 Gerisi Al
AA3004	629.4-654.4	Mg: %0.8-1.3 Mn: %1-1.5 Si: maks.%0.3 Fe: maks.%0.7 Gerisi Al

Kullanılmış içecek kutu alaşımlarını birbirinden ayırmak için ALCOA tarafından geliştirilen proses AA5182 ve AA3004 için ergitme aralıklarındaki büyük farklılıktan yararlanılmaktadır. AA5182 ergimeye, AA3004'nin ergime başlangıcının yaklaşık olarak 90°C altında başlatılmaktadır. AA5182 alaşımının ergime başlangıcı tanımlanmış sınırlarında başlamaktadır.

Tane sınırları eridiği zaman kullanılmış içecek kutularının kapakları oldukça zayıf olmaktadır. Bir döner fırın içindeki hafif bir düşme, parçalanmaya neden olmak için yeterli olmaktadır. Bu işlemle AA3004 gövde parçaları değişmediğinden ve AA5182 kapakları tamamen parçalandıklarından, eleme ile basit boyut ayrımı, alaşım ayrımı ile sonuçlanmaktadır. Şekil.3, bir ALCOA kullanılmış içecek kutu işlem merkezinin şematik olarak göstermektedir. İlk önce balyalanmış kullanılmış içecek kutuları bir çekiçli kırıcıya gelmektedir. Daha sonra lak giderme fırınına geçmekte ve bir ergitme fırınına taşınmaktadır[12].

III.2. Ambalajlamada Kullanılan Alüminyumun Geri Kazanımı

Son tahmini rakamlara göre Avrupa'da her yıl paketleme için 400.000 ton alüminyum folyo kullanılmaktadır. Bu önemli bir miktar gibi görünürken alüminyum folyonun bir paketleme sisteminde sadece küçük miktarları yeterli olduğundan dolayı atık zincirinde tüm paketleme malzemelerinin yalnızca %0.02'si kadar alüminyum folyoya rastlanmaktadır. Örneğin 1 litrelik süt ya da meyva suyu içeceklerinin paketlenmesinde kullanılan steril levhada yalnızca 1.5 gram kadar alüminyum bulunmaktadır[5,10].



Şekil 3. Bir Alcoa Kullanılmış İçecek Kutu İşlem Merkezinin Bir Bölümünün Şematik Gösterimi[12].

Alüminyum ambalajlamada bir çok dizayn tipi mevcuttur. Alüminyum, tek bir malzeme olarak ya da kağıt ve plastik gibi diğer malzemelerin üzerine bir tabaka olarak kullanılabilir.

Alüminyum ambalaj malzemeleri; alüminyum tabakanın kalınlığıyla (6-400 μm) ve alüminyum olmayan kısmın miktarıyla (%0-90) birbirinden farklı olabilmektedir. Kaplamasız düz metal (ev folyosu, çikolata ambalajı, menü tepsileri vb.), laklanmış veya ince bir şekilde kaplanmış alüminyum (yiyecek ve içecek kutuları, yoğurt kapakları vb.) ve ince tabakamsı alüminyum malzemeler olmak üzere üç tipik malzeme grubu tanımlanmaktadır.

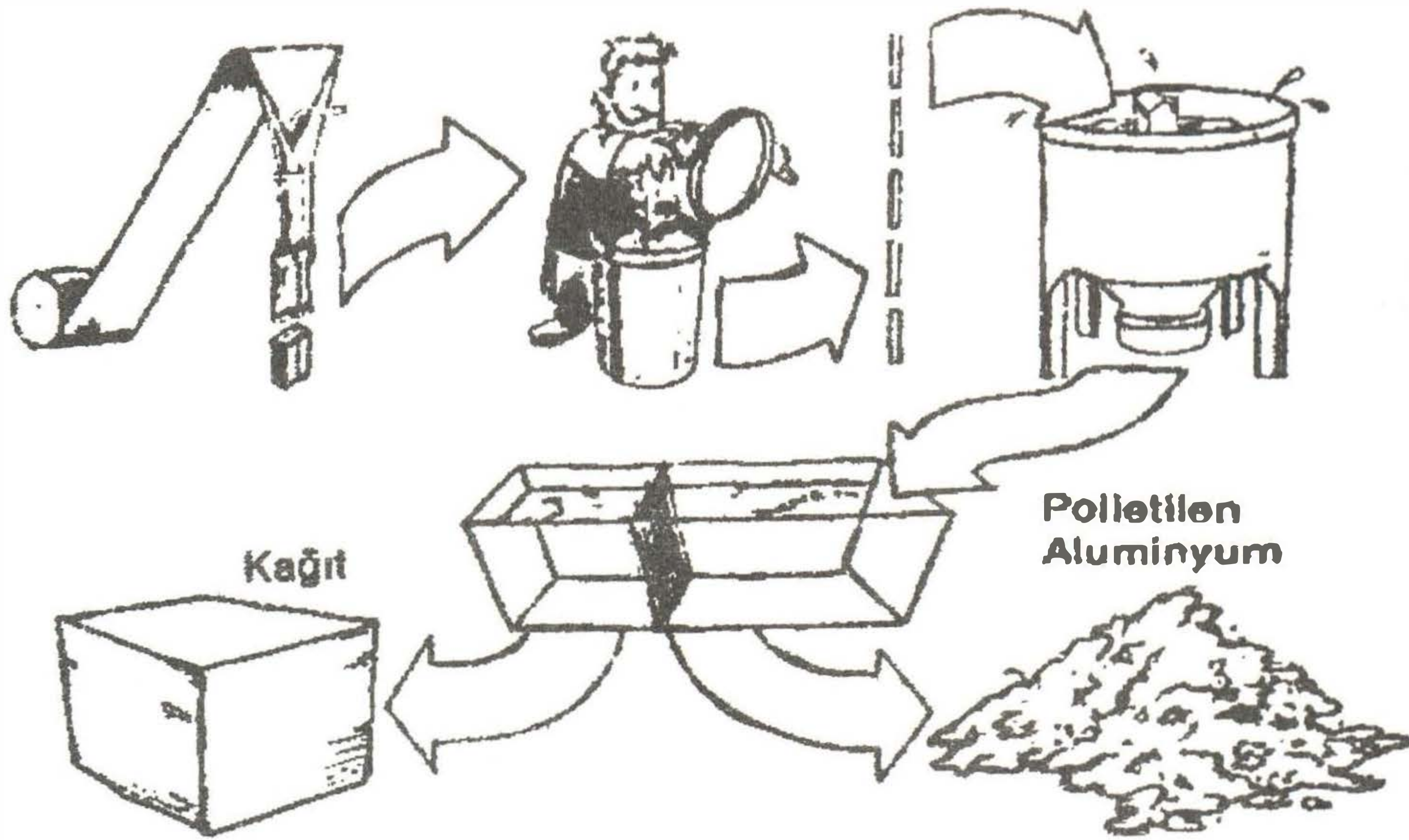
İlk teknikler, kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi tarafından toplanan kullanılmış karton içecek kutularından mukavva fiberlerin geri kazanımı için geliştirilmiştir. İçecek karton kutularının iki türü kullanılmaktadır. Tipik olarak ağırlıkça %89 mukavva ve %11 polietilen'den oluşan aseptik olmayan kartonlar ve ağırlıkça %74 mukavva, %21 polietilen ve %5 alüminyum folyodan oluşan aseptik kartonlardır. Aseptik içecek karton üretimi için dünya çapında yaklaşık 60.000 t/yıl alüminyum folyo kullanılmaktadır. Geri kazanılacak malzeme genellikle aseptik ve aseptik olmayan kullanılmış kutunun bir karışımıdır.

Aseptik kartonun fiber kısmı, tekrar kağıt hamuru haline getirilerek geri kazanılmaktadır (Şekil 4). Kağıt fiberler,

tabakaların diğer bileşimlerinden; kullanılmış içecek kartonlarının ılık su ile karıştırılmasıyla ayrılmaktadır. Meydana gelen fiber süspansiyonu ve su normal kağıt hamuruna katılmaktadır. Fiberler ayrıldıktan sonra, başlıca polietilen ve alüminyum folyodan oluşan nemli bir atık kalmaktadır. Alüminyumlu nemli atığı zenginleştirmek ve arzu edilmeyen veya zararlı nesnelere uzaklaştırmak için manyetik ayırım ve Eddy akımı yöntemi uygulanabilmektedir. Eddy akımı ayırımı öncesi nem içeriğinin kontrolü ve malzemenin parçalanması, uygun alüminyumca zengin fraksiyon eldesi için önemlidir.

%15 Al, %13.2 PET, %65.2 PE ve %6.2 yapışkan ve baskı mürekkebinden oluşan kahve paketlerinden alüminyumun geri kazanımı ise geleneksel olarak bir döner fırında flaksla alüminyumun tekrar eritilmesini takip eden düşük oksijen içerikli bir piroliz işlemi ile yapılmaktadır[4].

Günümüzde çeşitli Avrupa ülkelerinde, alüminyum da dahil olmak üzere değişik paketleme malzemelerinin toplanması için düzenlemeler vardır. Bu düzenlemelerin bazıları pilot bölge aşamasındayken diğerleri ulusal bazlarda yürütülmektedir. Örneğin, 1992'den beri İngiltere alüminyum folyo endüstrisi çöpe giden binlerce ton metalin geri kazanılabilmesi için yapılan çalışmalara büyük yatırımlar yapmıştır.



Şekil.4 Kullanılmış içecek karton kutularından fiberlerin geri kazanımı[3].

Kullanılan tüm folyonun 2003 yılına kadar %30'unu geri kazanma hedefiyle 1994'de kapsamlı bir geri kazanım programı, Alüminyum Folyo Geri Kazanım Kampanyası (AFRC) tarafından başlatılmıştır. Avrupa genelinde birçok şirket şu günlerde paketlerden alüminyum folyoyu geri toplamada özel başarı göstermiş olan Alman Gelişmiş Paketleme Atık Yönetimi Sistem Organizasyonu (DSD) ile işbirliği yapmaktadır. 1993'te Almanya'da kullanılan toplam 131.000 ton folyonun 80.000 tonunu DSD toplamıştır. Fransa'da FAR (France Alüminium Recyclage) isimli organizasyon, 1997 yılına kadar geri toplanan alüminyum miktarını 18.300 tona çıkarma planları içindedir. Bu tip programların 1994 sonunda yürürlüğe giren, Paketleme ve Paketleme Atıkları üzerine AB Direktifi tarafından konulan hedefleri tutturabilmesi için çok daha geniş bir ölçüde yaygınlaştırılmaları ve 2001 yılına kadar paketlemenin %25-45 kadarının geri kazanılması gerektiği ifade edilmektedir[6,10].

IV. SONUÇ

Günümüzde kullanılmış alüminyum yüksek yüzdede geri kazanılmakta, ancak bununla beraber paketleme malzemesi olarak kullanılan alüminyum ürünlerinin belli bir kısmı hala çöpe gitmektedir. Bu durum önümüzdeki yıllarda paketleme pazarında, alüminyum atık toplama projelerinin geliştirilmesiyle azalacaktır. Ülkeden ülkeye değişen çeşitli kutu geri kazanım organizasyonları; eğitim, reklam, halkla ilişkiler, pazarlama ve teknik yardım yollarıyla geri kazanım programları başlatılmıştır. Sponsor şirketlerin yanında diğer organlar da bu programları desteklemektedirler. Bununla birlikte geri kazanım oranlarının 2000'li yıllara

kadar Avrupa'da kullanılmış tüm alüminyum kutularının %50'sinin geri kazanılacağı noktaya kadar artacağına inanılmaktadır.

Dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de yerleşim alanlarında alüminyum kutu toplama merkezleri kurulması faydalı olacaktır. Ayrıca bilinçlendirme faaliyetlerinin daha ilköğretimden başlatılması ve ilgili derslerle çevreye karşı daha bilinçli nesil yetiştirilmesi amaçlanmalıdır. Bu konuda yapılabilecek özverili çalışmalara öncelikle bilim adamlarının, çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarının ve iş adamlarının maddi ve manevi destekleri son derece önem arz etmektedir. Hem doğa kaynaklarımızın korunmasını sağlayacak hem de ülkemizin gelişmesi yönünde imkanlar sunabilecek böylesi birçok potansiyelimizin harekete geçirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Y.TAPTİK, S.AYDIN, "Recycling Olgusu, Gerekliliği, Uygulama İlkeleri ve Ekonomiye Katkısı", Metalurji Dergisi, Sayı: 76, s. 31-40, Ekim 1991.
- [2] M.GÖZEN, "Bilgi Toplumu ve Alüminyum", Alüminyum Dünyası, Türkiye Al.San.Derneği (TALSAD) Yayınları, sayı 7, s.8-13, Mart 1997.
- [3]---, "Katı Atıklar ve Kullanılmış Ambalajların Değerlendirilmesi", Çevko Eğitim Projesi Etkinlikleri.
- [4] N.ÜNLÜ, N.ERUSLU, "Alüminyumun Ambalaj Sanayindeki Yeri ve Geri Kazanımı", Metal Dünyası, sayı: 53, s. 52-58, Ekim 1997.

[5]---,“Paketlemede Alüminyum Folyo ve Kutular”, Alüminyum Dünyası, sayı:7, s. 4-7, Mart 1997.

[6] T.YILMAZ, “Kullanılmış Alüminyum Meşrubat Kutularının Geri Kazanılmasının Ekonomik Etüdü”, Metal Dünyası, sayı: 33, s. 45-50, Ocak 1996.

[7] M.ÇİĞDEM, “Alüminyum ve Enerji”, Alüminyum Dünyası, Türkiye Al.San.Derneği (TALSAD) Yayınları, sayı 7, s.20-23, Mart 1997.

[8]---,“Recycling of Aluminium Cans on The Rise”, Aluminium, 73, 7/8, p.493, Jahrgang 1997.

[9] S.VAR, “Ekolojik Açıdan Alüminyum Folyo Paketleme”, Türkiye Al.San.Derneği (TALSAD) Yayınları, sayı 7, s.24-29, Mart 1997.

[10] K.YILDIZ, A.ALP, “Yeniden Değerlendirilebilir Metal: Alüminyum”, Metalurji Dergisi, TMMOB Met. Müh.Odası, Cilt:22, Sayı:112, s.3-6, Şubat 1998.

[11] RAY D.PETERSON, “Issues in the Melting and Reclamation of Aluminum Scrap”, Journal of Metals, p.27-29, February 1995.

[12] N.ÜNLÜ, S.YILDIRIM, N.ERUSLU, “Kullanılmış Alüminyum Kutuların ve Otomotiv Parçalarının Alüminyum Hurda Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi”, Metal Dünyası, sayı: 33, s. 27-36, Ocak 1996.

