

Alüminyum Cürufundan Çelik Endüstrisi için Flaks Üretimi

¹*Nedim SÖZBİR, ²Asude ATEŞ ve ³Mustafa AKÇİL

¹*Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, 54187 Esentepe, Sakarya

²Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Müh. Bölümü, 54187 Esentepe, Sakarya

³Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme ve Met. Müh. Bölümü, 54187 Esentepe,

Özet :

Alüminyum cürufları birincil ve ikincil alüminyum üretim sonucu oluşan atıklardır. Bu atıklar beyaz ve siyah cüruf olarak adlandırılır. Bu atık cüruflar içerisindeki metalik alüminyum miktarına göre sınıflandırılırlar. Beyaz cüruf kara cürufa göre daha fazla alüminyum metali ihtiva etmektedir. Beyaz cürufun içerdiği metalik alüminyum miktarı % 15-70 arasında değişmektedir. Kara cüruf ise %12 ila 18 arasında alüminyum metali ve daha çok alüminyum oksit ihtiva etmektedir. Kara cüruf ikincil üretim sonucu atık olarak çıktığı için cürufun içerisinde yüksek miktarda (% 40' dan daha fazla) tuz bileşenleri bulunmaktadır. Tehlikeli atık olarak kabul edilen alüminyum cürufları içerisindeki tuzlar (azot, flor, klor vs) yıkanmak suretiyle alınmaktadır. Bu tuzların limit değerleri ve cüruf içindeki silisyum dioksit, karbon ve nem içeriği TS 13644 uygun olması gerekmektedir. TS 13644 uygun olarak alüminyum cürufundan flaks ürün yapılıması mümkün olmaktadır. İçerisindeki tuzlardan arındırılan cüruf, alüminyum metali ve alüminyum oksit miktarlarına göre gruplandırılmaktadır. 10- 100 mm boyutlarında pelet veya 2-100 mm arasında peletlenmemiş parçacık boyutlarında flaks olarak üretilmektedir. Bu flaks, çelik endüstrisi için deoksidasyon ve cüruf çöktürücü ürün olarak kullanılabilir. Alüminyum üretimi yapan tesislerin atığı olan alüminyum cürufun tekrar geri kazanım ile çelik sanayinde oksit giderici ve cüruf çöktürücü flaks üretimi yapılarak ülke ekonomisine kazandırılacaktır. Ayrıca cüruftaki tuzların çevreye zarar vermeleri önlenmiş olacaktır.

Anahtar kelimeler: Alüminyum cüruf, deoksidasyon ve cüruf çöktürücü, flaks

1. Giriş

Alüminyum tarihine baktığımızda her alanda tercih edilen ve geniş kullanım alanına sahip olan yeryüzü kabuğunda bulunan boksit madeninden elde edilen bir maddedir. Farklı sektörlerde kullanılan alüminyum, geri kazanım yöntemleri ile ülke ekonomisine katkı sağlaması etkeni ile birçok araştırma, makale ve teknik çalışmanın konusu olmuştur. Yapılan literatür çalışması kapsamında, çeşitli alanlara konu olduğu görülmüştür. Alüminyum, paketleme, konstrüksiyon ve ulaşım sektöründe kritik bir malzemedir. Alüminyum, cevherden (birincil üretim) ve hurdadan üretim (ikincil üretim) yöntemi ile üretilmektedir. Alüminyum cürufu birincil ve ikincil alüminyum üretimi sonucu oluşan atıklardır. Bu cüruflar alüminyum içeriğine göre beyaz ve kara cüruf olarak sınıflandırılır. Beyaz cüruf yüksek alüminyum metali içermekte olup, birincil ve ikincil üretim sonucu alüminyumun ergitilmesi sonucu ortaya çıkan atıktır. Kara cüruf ise düşük alüminyum metali içermekte ve alüminyumun geri dönüşümü sonucu oluşan atıktır. Beyaz cüruf %15 ila 70 (ortalama %50) arasında geri dönüşebilir metalik alüminyum içerir. Bu da yaklaşık 0.45 milyon ton alüminyum metaline eşittir. Bugün en iyi teknolojilerle cüruftan % 94'e kadar geri dönüşüm yapmak mümkündür. Kara cüruf ise alüminyum oksitli cüruf parçacıklarından oluşmaktadır. Geri dönüşebilir alüminyum değeri % 12 ila 18 arasında olup yüksek miktarda tuz (tipik olarak % 40'dan fazla) içerir. Cürufun ergitilmesi ile metalik olmayan atık (tuz keki) ortaya çıkmaktadır.

*İletişim Adresi: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, 54187 Esentepe, Sakarya,
email: sozbir@sakarya.edu.tr ve Tel :+90(264)2955866

Tuz kekin de % 3 ila 5 arasında alüminyum metali içermektedir. Yaklaşık olarak dünyada her yıl 4 milyon ton kadar beyaz cüruf ve 1 milyon tondan daha fazla kara cüruf atık olarak oluştuğu rapor edilmiştir. Bu atıkların yaklaşık % 95'i de gömülmek suretiyle bertaraf edilmektedir. 2002 yılında İngiltere’de yapılan bir çalışmada 200 bin ton alüminyum cürufu (beyaz ve kara), alüminyum endüstriden oluşmaktadır [3]. Türkiye’de yaklaşık olarak yılda 50 bin ton alüminyum cürufu (beyaz, kara cüruf ve tuz keki) atık olarak oluşmaktadır. Cüruf geri dönüşüm prosesinde kullanılan bir milyon ton cüruf için 600 kg tuzlar (NaCl, KCl), ciddi çevre problem oluşturmaktadır [1, 2].

Dünya da 2009 yılında birincil alüminyum üretimi 36 milyon civarındadır. Bu miktar her yıl yaklaşık olarak % 5-6 artmaktadır. Boksitten bir ton alüminyum üretimi için yaklaşık 17000 kWh enerji gerekirken, geri dönüşümle aynı miktar alüminyum için 750 kWh enerji harcanmaktadır. Alüminyum cürufu için de boksitten üretilen enerji harcamasının yaklaşık % 5’ i kadar enerji harcanmaktadır [4,5,6].



Şekil 1. Yüksek Al sahip beyaz cüruf



Şekil 2. Düşük Al sahip beyaz cüruf



Şekil 3. Yüksek tuza sahip kara cüruf



Şekil 4. Parçacık halindeki kara cüruf

Şekil 1, 2, 3 ve 4 ’de birincil ve ikincil alüminyum üretiminden atık olarak ortaya çıkan beyaz ve kara alüminyum cürüfları görülmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde birincil ve ikincil alüminyum üretiminden atık olarak ortaya çıkan beyaz ve kara alüminyum cürufunun geri kazanılması (alüminyum metali) ve özellikle bu cürüflardan flaks (çelik endüstrisi için cüruf çöktürücü ve deoksidasyon) elde edilemesi incelenecektir. Özellikle kara alüminyum cürüflarından çelik

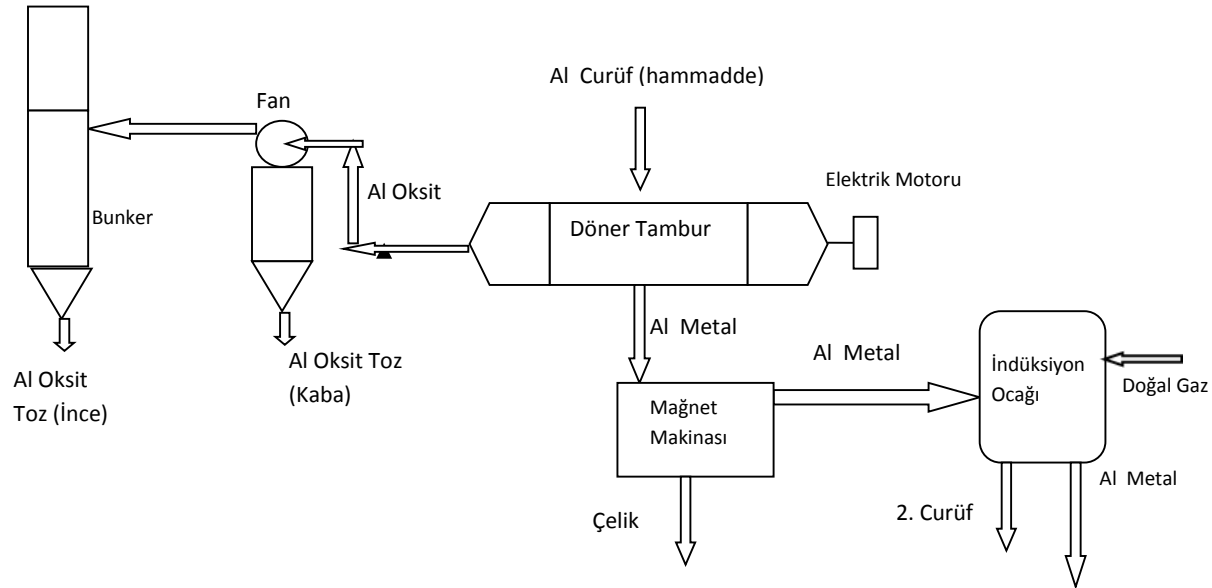
*İletişim Adresi: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, 54187 Esentepe, Sakarya,
email: sozbir@sakarya.edu.tr ve Tel :+90(264)2955866

endüstrisi için flaks üretimi, 2014 sonunda çıkarılan TS 13644 standartına uygun olarak yapılarak çelik endüstrisi için ürün olarak kullanılması sağlanacaktır.

2. Geri Dönüşüm Metodu

2.1. Alüminyum Metali Üretimi

Birincil ve ikincil alüminyum üretimi sonucunda atık olarak çıkan beyaz ve kara cürüfları, geri kazanım prosesi uygulanarak alüminyum metali ve alüminyum oksit elde edilmektedir. Özellikle alüminyum metalinin geri kazanılması beyaz cüruf (birincil üretim) geri dönüşüm prosesi uygulanarak alüminyum metalinin % 99.9 oranında geri kazanılması mümkün olmaktadır. Alüminyum metali geri dönüşüm proselinin akış şeması Şekil 5'te görülmektedir. Daha çok tercih edilen birincil alüminyum cürüfları (ihtiyaç halinde ikincil üretim cürüfları kullanılmakta), döner tamburda uygulanan fiziksel işlemle içerisindeki çelik bilyalar sayesinde alüminyum metali üzerindeki alüminyum oksit metalden ayrılır. Alüminyum metali tambur dibinde birikirken, bundan çok daha hafif bir malzeme olan alüminyum oksit bir fan yardımı ile çekilmekte ve torba filtrelerle verilmektedir. Torba filtrelerde tutulan alüminyum oksit, bunkerde toplanmakta ve bunker tabanından torbalara konularak geçici depolama sahasına alınmaktadır. Tambur tabanında biriken alüminyum metalleri ise, tambur taban kapağı açılarak dışarı alınmakta ve doğrudan ergitme potasına gönderilerek ergitilmesi sağlanır. Ergitme işlemi yaklaşık 750 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Potada uygulanan ergitme işlemine bağlı olarak meydana gelen cüruf (tuz keki), işletmede tekrar hammadde olarak alüminyum cüruf ile birlikte tekrar kullanılmakta, sıvı hale gelmiş alüminyum metali ise kalıplara dökülerek külçe alüminyum elde edilmekte ve ambalajlanarak piyasaya arz edilmektedir [5].



Şekil 5. Örnek Tesiste Alüminyum Geri Kazanım Prosesi.

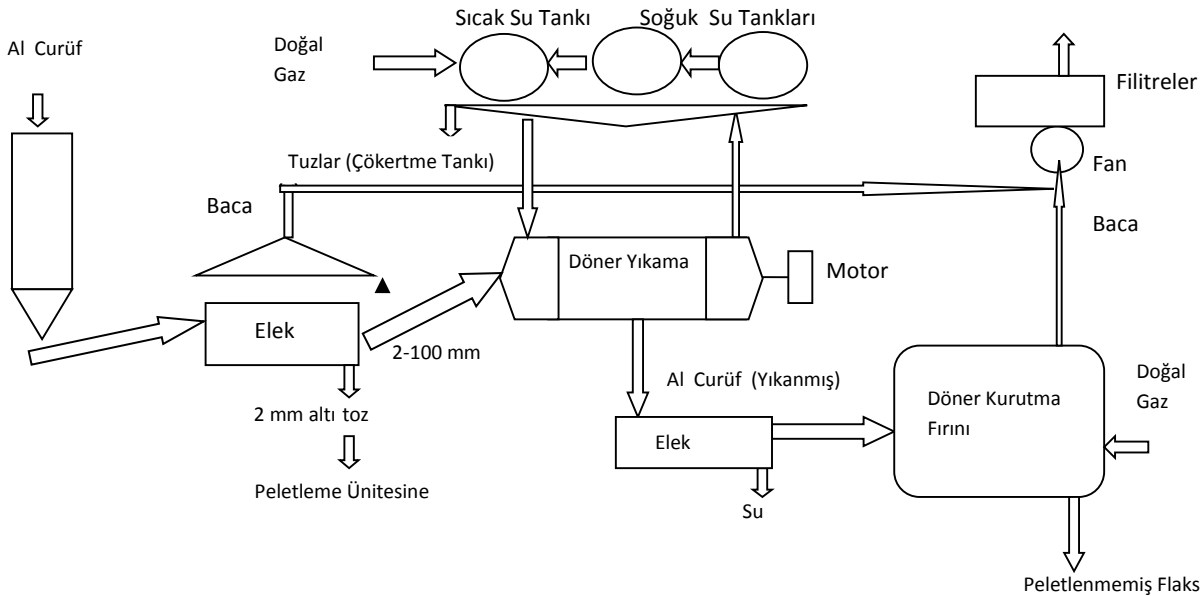
2.2. Flaks Üretimi

Birincil alüminyum cürüflarından alüminyum metali üretilirken bu proses sonucunda filitrelerde tutulan toz alüminyum oksit ve ocaktan çıkan kek bu tehlikeli atıklar çelik endüstrisi için oksijen giderici ve cüruf akışkanlaştırıcı olarak flaks üretimi yapılabilecektir. Bu atıklar ve istenildiğinde

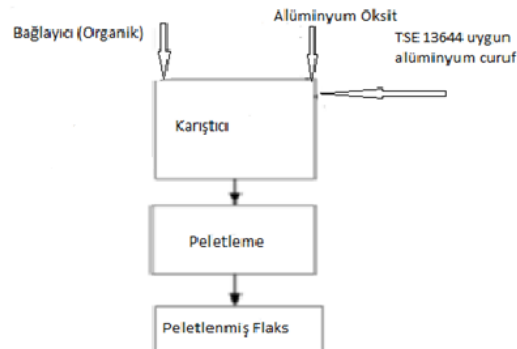
*İletişim Adresi: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, 54187 Esentepe, Sakarya,
email: sozbir@sakarya.edu.tr ve Tel :+90(264)2955866

birincil atıklarda kullanılmak suretiyle TS 13644 standardına uygun olarak bu atıklar veya cüruf yıkanmak suretiyle içerisindeki tuzlardan arındırılmak suretiyle flaks üretimi yapılabilmektedir. Şekil 6’da örnek tesiste peletlenmemiş flaks ve Şekil 7’de peletlenmiş flaks üretimi görülmektedir.

TS 13644 standardı, çelik üretiminde flaks ürün olarak kullanılacak alüminyum esaslı flaksların tarifini, sınıflandırmasını, özelliklerini, numune almayı ve deneyleri ile piyasaya arz esaslarını kapsamaktadır. Flaks, çelik üretiminde oksijen giderici ve cüruf akışkanlaştırıcı olarak kullanılmak amacıyla, alüminyum cürufunun içerisindeki zararlı içeriklerin (azot, kriyolit, flor, klor, silisyum dioksit vb.) belirli değerlerin altına düşürülmesi ile elde edilen üründür. Bu flaks, metalik alüminyum içeriğine göre; Sınıf A, Sınıf B , Sınıf C ve Sınıf D olmak üzere 4 sınıfa ayrılır. Alüminyum oksit içeriğine göre; Sınıf E, Sınıf F ve Sınıf G olmak üzere 3 sınıfa ayrılmaktadır. Flaks, piyasaya arz şekillerine göre; Tip 1: Olduğu gibi (peletlenmemiş) piyasaya arz edilen ve Tip 2: Pelet haline getirilerek piyasaya arz edilen olmak üzere iki tiptir [7].



Şekil 6. Örnek Tesiste Peletlenmemiş Flaks Üretimi.



Şekil 7. Peletlenmiş Flaks Üretimi akış şeması.

Flaksın fiziksel özellikleri: a) Peletlenmiş flaksın boyutu, 10 mm ile 100 mm aralığında olmalıdır. Üründeki toz oranı kütleye % 5’i aşmamalıdır. Pelet flaks üretiminde kireç ve/veya herhangi bir

*İletişim Adresi: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, 54187 Esentepe, Sakarya,
email: sozbir@sakarya.edu.tr ve Tel :+90(264)2955866

organik bağlayıcı dışında bir katkı maddesi kullanılmamalıdır. b) Peletlenmemiş flaks (herhangi bir bağlayıcı katılmayan alüminyum cürufu) boyutu 2 mm ile 100 mm aralığında olmalıdır. Üründe toz oranı kütlice % 5'i aşmamalıdır. Flaksın kimyasal özellikleri: A, B, C, D sınıfı flaksların kimyasal özellikleri Tablo 1'e, E, F ve G sınıfı flaksların kimyasal özellikleri Tablo 2'e uygun olmalıdır [7].

Tablo 1. A, B, C, D sınıfı flaksların kimyasal özellikleri [7].

Sınıf	Metalik Alüminyum içeriği %	Alüminyum oksit içeriği % En az	Azot içeriği % En fazla	Kriyolit içeriği % En fazla ^a	Toplam Flor içeriği % En fazla	Toplam Klor içeriği % En fazla	Silisyum dioksit içeriği % En fazla	Karbon içeriği % En fazla	Nem içeriği % En fazla
A	40 – 50	25	5	3	1.63	1	10	5	2
B	30 - 40	25	5	3	1.63	1	10	5	2
C	20 - 30	30	5	3	1.63	1	10	5	2
D	5 - 20	40	5	3	1.63	1	10	5	2

a) Kriyolit yüzdesi, flor kütle yüzdesi tayini yapılarak hesaplanır.
Not- İçerikler kütle oranı cinsinden hesaplanır.

Tablo 1'de metalik alüminyum içeriği önemli olup sınıflandırma bu orana göre yapılmaktadır. Sınıf A, metalik alüminyum içeriği en fazla olan ve alüminyum oksit içeriği en az olan flaks türüdür. Sınıf D ise metalik alüminyum içeriği az olan ve alüminyum oksit içeriği en fazla olan flaks türüdür.

Tablo 2. E,F, G sınıfı flaksların kimyasal özellikleri [7].

Sınıf	Metalik Alüminyum içeriği % En Fazla	Alüminyum oksit içeriği % En az	Azot içeriği % En fazla	Kriyolit içeriği % En fazla ^a	Toplam Flor içeriği % En fazla	Toplam Klor içeriği % En fazla	Silisyum dioksit içeriği % En fazla	Karbon içeriği % En fazla	Nem içeriği % En fazla
E	20	65	5	3	1.63	1	10	5	2
F	15	60	5	3	1.63	1	10	5	2
G	15	50	5	3	1.63	1	10	5	2

a) Kriyolit yüzdesi, flor kütle yüzdesi tayini yapılarak hesaplanır.
Not- İçerikler kütle oranı cinsinden hesaplanır.

Tablo 2'de ise alüminyum oksit içeriği önemli olup sınıflandırma bu orana göre yapılmaktadır. Sınıf E, alüminyum oksit içeriği ve metalik alüminyum içeriği en fazla olan flaks türüdür. Sınıf G ise alüminyum oksit içeriği ve metalik alüminyum içeriği en az olan flaks türüdür.

Peletlenmiş veya peletlenmemiş flaks ürün için azot içeriği en fazla % 5, kriyolit içeriği % 3, toplam flor içeriği % 1,63, toplam klor içeriği % 1 olmalıdır. Ayrıca çelik üretiminde pota aşınmasını önlemek amacı ile flaks içindeki silisyum dioksit içeriği % 10 aşmamalıdır. Çelik üretiminde karbon içeriğinin % 5' i aşmaması istenir. Flaks içindeki nemde en fazla % 2 olmalıdır. Alüminyum cürufunu yıkama işlemi yaparak içerisindeki tuzları uzaklaştırmak suretiyle standarda belirtilen içerik oranlarında olması sağlanmalıdır. Bu şekilde alüminyum cürufundan flaks elde edilmesi sağlanmış olacaktır [5,7]. Alüminyum cürufu yıkandıktan sonra ve geri dönüşümden elde edilen alüminyum oksit standard da istenile oranlarda bir karıştırıcıda

*İletişim Adresi: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, 54187 Esentepe, Sakarya,
email: sozbir@sakarya.edu.tr ve Tel :+90(264)2955866

karıştırılarak Sınıf A'dan G kadar çeşitli tiplerde flaks üretimi yapılması mümkündür. Peletlenmemiş flaks (herhangi bir bağlayıcı katılmayan alüminyum cürufu) boyutu 2 mm ile 100 mm aralığında olmalıdır. Peletlenmiş flaks ise 10 mm ile 100 mm aralığında olmalıdır. Ürünlerdeki toz oranı kütlece % 5'i aşmamış olmalıdır.

İki farklı sıcaklıkta (25 °C ve 60 °C) su ile çözülebilen tuz miktarları yaklaşık olarak eşit olduğu görülmektedir. Bu sıcaklıklardaki su ile alüminyum cüruf içerisinde çözülebilen tuz miktarı farkı yaklaşık % 2 kadardır [8]. 60 °C sıcaklıkta su ile yıkama yaparak yaklaşık % 2 kadar fazla tuz cüruftan alınmaktadır. 60 °C sıcaklıkta su ile yıkama yapmanın çok fazla avantajlı olmadığı görülmektedir. Tesiste uygulanacak olan prosesin amacının, cüruf içindeki tuzun ayrıştırılması olduğuna göre, düşük sıcaklıkta (oda sıcaklığında 25 °C) yıkanarak tuzların alınabildiği ve enerji ekonomisi açısından daha uygun olacaktır.

3. Sonuç

Birincil ve ikincil üretimden atık olarak çıkan beyaz ve kara cüruf lar içerisinde önemli miktarlarda alüminyum metali içermektedirler. Ayrıca atıkların içerisinde bulunan NaCl ve KCl tuzları çevre için ciddi sorunlar oluşturmaktadırlar. Bu atıklar, atık ara depolama tesislerine veya İzaydaş' a bertaraf ücretini ödenmesi suretiyle bertaraf edilmesi sağlanmaktadır. Özellikle alüminyum külçe üreticileri bu atığı ücret ödeyerek bertarafa vermek istemektedirler. Ayrıca alüminyum metali üretimi sonucunda ortaya çıkan alüminyum oksit ve metalik alüminyum ihtiva eden kara cüruf tuz keki gibi atıkların bertarafa verilmesi ülke ekonomisi açısından uygun değildir. Bu atıkların, TS 13644 belirtilen şartlar sağlanmak koşu ile flaks ürüne dönüştürülmesi ve bu ürünün çelik sanayisinde kullanılması ekonomik olarak çelik üreticilerini rahatlatarak olup ayrıca bu atıkların çevreye olumsuz etkileride önlenmiş olacaktır. İçerisinde belli oranlar da alüminyum metali ve alüminyum oksit bulunan cüruf ların yıkanmak suretiyle flaks elde edilmesi ülkemize ekonomik açıdan ciddi bir katkı sağlayacaktır.

4. Kaynaklar

- [1] Petavratzi E and Scott W., Residues from aluminium dross recycling in cement, Characterisation of Minearl wastes, resources and Processing Technologies, November 2007, pp.1-8.
- [2] Hwang J.Y.,Huang X. Xu Z., Recovery of Metals from Aluminium Dross and Salt Cake, Journal of Minerals &Metarials characterization & Engineering, 2006; 5, 47-62.
- [3] O. Hollins. Aluminum industry could dramatically reduce land filling of furnace waste. URL< http://www.ohlsti.co.uk/ohl/newsletter/ohl_wmr312.pdf >. (accessed November 11, 2007).
- [4] Öztürk M., Kullanılmış alüminyum malzemelerinin geri kazanılması, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2005.
- [5] Nedim Sözbir, Mustafa Akçil, ve Hasan Okuyucu, "Alüminyum Cürufundan Alüminyum Metali ve Flaks Eldesi", ISEM2014 Adıyaman – TÜRKİYE, 1108-113, 2014.
- [6] Onuralp Yücel ve Erman Car, "Alüminyum Cüruf larının Değerlendirilmesi ve Klasiyum Alüminat Sentetik Cüruf Yapıcı Üretimi", Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası, Metalurji Sayı:175, Ağustos 2015.
- [7] TSE 13644 Alüminyum Esaslı Flakslar- Çelik Endüstrisi için, Aralık 2014.
- [8] A.Binnaz Yoruç ve Mustafa Çiğdem, "Tuzlu Alüminyum Cüruf larının Değerlendirilmesi"/ Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü 2001.