

İKİZ MERDANE SÜREKLİ DÖKÜM TEKNIĞİ İLE ALÜMİNYUM LEVHA ÜRETİMİNDE MALZEME ÖZELLİKLERİNİN YÖNETİLMESİ

Murat DÜNDAR*

*ASSAN Alüminyum, Tuzla, İSTANBUL
E-mail : murat.dundar@kibarholding.com

ÖZET

Konvansiyonel metodlarla alüminyum levha ve folyo üretimine karşı radikal maliyet düşürme hedeflerini arkasına alarak bundan 50 yıl kadar önce ilk olarak endüstriye tanıtılan ikiz merdane döküm tekniği en büyük sıçramalarını son 5 senede gerçekleştirmiştir. Düşük yatırım ve işletme maliyetleri, üretim programlamaya kazandırdığı esneklik sayesinde tercih edilen bir levha üretim metodu olmuştur. Yüksek üretkenliklere ulaşılması işletmelerin kendi know-how larını geliştirmesi sayesinde olmuştur. Ancak ikiz merdane döküm tekniği ile üretilen alüminyum alaşımlarının spesifik uygulamalara hizmet edebilmesi için döküm işleminde katılma karakterinin iyi irdelenmesi ve buna göre döküm işleminin manipüle edilmesi bir zorunluluktur. Aksi takdirde sürekli dökümden üretilmiş levha ve folyo alaşımları kendine sınırlı uygulamalarda kullanım alanı bulacaktır. Bunun aşılması ise kapsamlı ve sistematik ArGe çalışmalarının yürütülmesini zorunlu kılar. Uzun süredir bu alanda yürütülmekte olan ve sürekli döküm tekniğinin katılma ve bununla ilintili malzeme karakterizasyon çalışma sonuçlarının genel bir özetinin ardından spesifik alaşımlar ve bunların uygulamaları için özgün çalışmalar bu bildirinin konusunu oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler: Alüminyum alaşımları, sürekli döküm tekniği, ArGe.

ABSTRACT

Production of aluminum alloys with twin roll casting (TRC) technology has been introduced to the industry about 50 years ago. It was claimed that TRC would offer significant reduction in the cost of aluminum sheet and foil production, compared to the conventional production technique, i.e. DC casting and hot rolling. Major evolution in the TRC technology has been attained in the last 5 years. It has been widely accepted due to its low investment cost, operational cost and flexibility provided to the production planning. Individual facilities has rapidly reached to their higher productivity values with the know-how produced by their own. However for a twin roll cast material to serve demanding applications, some critical points of casting operation has to be manipulated. This is only possible with very well understood solidification mechanism occurring. Otherwise use of twin roll cast material will be limited with simple and ordinary application of the market and can not gain enough market share due to its limited performance. It was proven that overcoming this hurdle is possible with intensive R&D activities. Present study summarizes the results of R&D activities that has been carried out to raise the performance of TRC material for the demand of high end products.

Keywords: Aluminum alloys, Twin roll casting, Research and development.

1. GİRİŞ

Kişi başına tüketilen alüminyum miktarı sanayinin her üretim alanında dünyadaki eşdeğerleriyle rekabet edebilecek ürünlerin üretilmesinin hedeflendiği sürece artmaktadır. Türkiye de ki imalat sektörünün, mühendislik anlamında nitelikli ve dünya standartlarında üretimlerinin tüm dünyada kabul görüyor olması yerli üreticilerin alüminyum tüketimini arttırdığı gibi bir ürünün belli bir parçasını fason olarak üreten firmalarında alüminyum yoğun tasarımların üretimleri sayesinde tüketim miktarları artmaktadır.

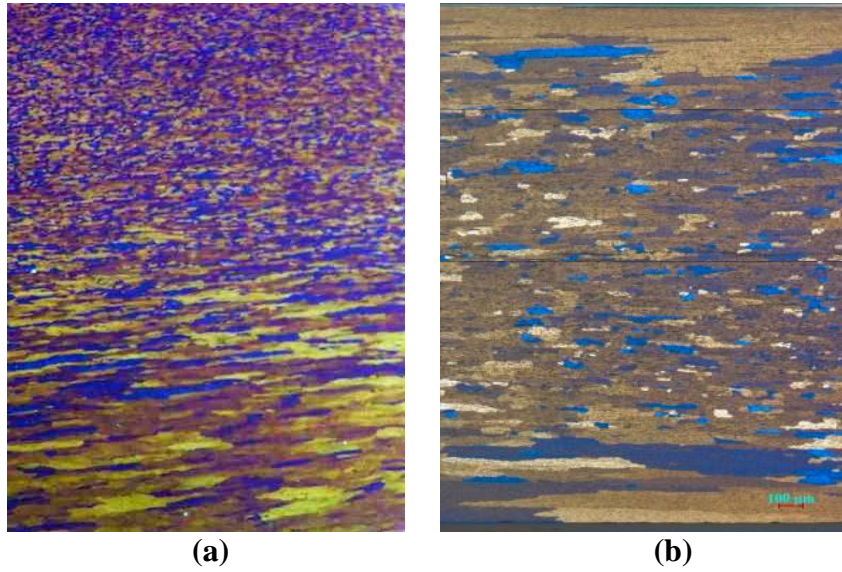
Çok genel çizgileriyle sanayinin her dalında tasarım değişiklikleri, halen kullanılmakta olan konvansiyonel malzemelerin daha çağdaş ve üstün özellikli olan rakipleriyle yer değiştirmesini ana hedef olarak belirlemiştir. Sanayi üretimlerinin çevre mevzuatları ile bağdaşık olma zorunluluğunun devletler ve hükümetler tarafından çok hızla benimseniyor olması da çevre duyarlı bir üretim için konulan hedeflere ulaşılmakta alternatif malzeme arayışlarını gündeme getirmektedir. Beyaz eşya, kahverengi eşya, otomotiv ve imalat sektörü alüminyum bileşenlere geçişin çok hızlı ve yoğun olduğu başlıca sektörlerdir. Ancak her yeni ürün geliştirme sürecinde olduğu gibi ulaşılmak istenen nihai sonuç en düşük maliyetle üretimin gerçekleştiriliyor olmasıdır.

Bir parçanın üretiminde alüminyum kullanılıyor olması parçanın toplam maliyetinde malzemenin maliyet içindeki payını %75 lere kadar çıkarabilmektedir. Alüminyum levha ve folyo ürünleri bahsi geçen sektörlerde kullanılan yarı mamul hallerine konvansiyonel üretim metodlarıyla getirilmektedirler. Bu süreç DC döküm (Direct chill casting) adı verilen bir metodla ingotların dökümü ve bu ingotların bir dizi yüzey temizleme, homojenizasyon, sıcak haddeleme ve soğuk haddeleme sürecinden sonra istenen kalınlıkta levha ve folyo üretim basamaklarını içerir. Ürün fiyatına etki eden alüminyum metalinin dünya metal borsasındaki fiyatına yukarıda sıralanan dönüşüm maliyetlerinin eklenmesiyle ortaya çıkan ilk fiyatta dönüşüm maliyetlerinde yaratılabilecek her türlü avantaj rekabet gücünü doğrudan etkileyecektir.

2. UYGULAMAYA ÖZGÜ PROSES GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI

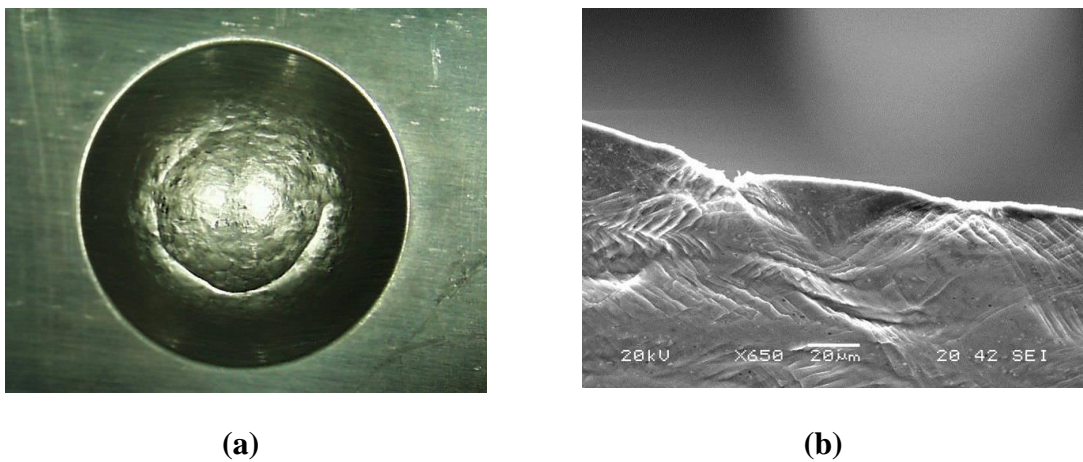
Sürekli döküm tekniği ile levha ve folyo üretiminde sıvı metalin ilk katı hale dönüştürüldüğü proses başlangıcı konvansiyonel metodla üretimde fiziksel olarak malzemenin aynı ebatlara gelmesi için harcanacak zaman ve enerjiden daha az maliyete ihtiyaç duymaktadır. Bu avantajın malzeme performansı ile birleştirilmesi sürekli döküm tekniği ile üretilen malzemenin avantajlarını her açıdan arttıracaktır. Ancak metodun doğası gereği, dökülmüş levha konvansiyonel metodlarla üretilmiş malzeme ile kıyaslandığında özgün metalurjik özelliklere sahiptir. Bu özellikler ürünlerin kullanıldığı bazı uygulamalar için avantajlar sunarken bazı uygulamalar içinse metalurjik yapının “tasarlanmasını” zorunlu kılar. Malzeme tasarımı ana faaliyetleri döküm işleminden başlayarak tav ve haddeleme işlemini kapsar.

Sürekli döküm tekniği ile üretilmiş bir levhanın en tipik özelliği merdanelerle ilk temas sonrasında sıvı metalin çok ani katılaşmasıyla alüminyum matrisin içeriğindeki alaşım elementlerinin bir bölümünün aşırı doymuş katı çözelti, geri kalanında intermetalik çökelti formunda bir yapı oluşturmasıdır. Levha sadece katılaşmakla kalmayıp aynı zamanda döküm merdaneleri arasında deforme edilir. Sınırlı olan bu deformasyon levha kesitinin tamamını etkileyemediği için yüzeyden sınırlı bir derinlikte defromasyon bileşenin baskın hale gelerek sertliğin artmasına sebep olur [1]. Yine aynı bölge ilk katılaşmanın aşırı doymuşluktan etkilenen haciminde kapsadığından bu iki etki levhaya uygulanacak ilk tav işleminde sadece bu bölgeyle kısıtlı olmak üzere levhada olağan dışı tane büyümesi gözlenir. Kalınlık boyunca orta düzleme inildikçe tane boyutları çok daha küçülür (Resim 1).



Resim 1. Döküm halindeki levhada tane yüzeyin hemen altındaki bölgede tane görüntüsü (a), aynı bölgenin tav işlemi gördükten sonraki yüzeye sınırlı normalin dışında büyümüş tane görüntüsü.

Döküm kalınlığında uygulanan tav işleminde olağan dışı tane büyümesi sürekli döküm tekniği ile üretilmiş 1000-3000 ve 8000 serisi tüm alaşımların en karakteristik özelliğidir. Yüzeydeki büyük taneler, eğer ikinci bir tavlama işlemi uygulanmayacaksa, haddelenme ile hadde yönünde sadece şekil değiştirmekte son ürün kalınlığında hem estetik hem de mekanik performans olarak olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Derin çekme uygulamalarında portakallanma ve erken yırtılma, büküm uygulamalarında çatlama ve fiberlenmeye sebep olabilmektedir. Resim 2 (a) yüzeyde büyük tanelere sahip 3003 alaşımından üretilmiş bir levhanın Erichsen testi sonrası portakallanma görüntüsüdür.



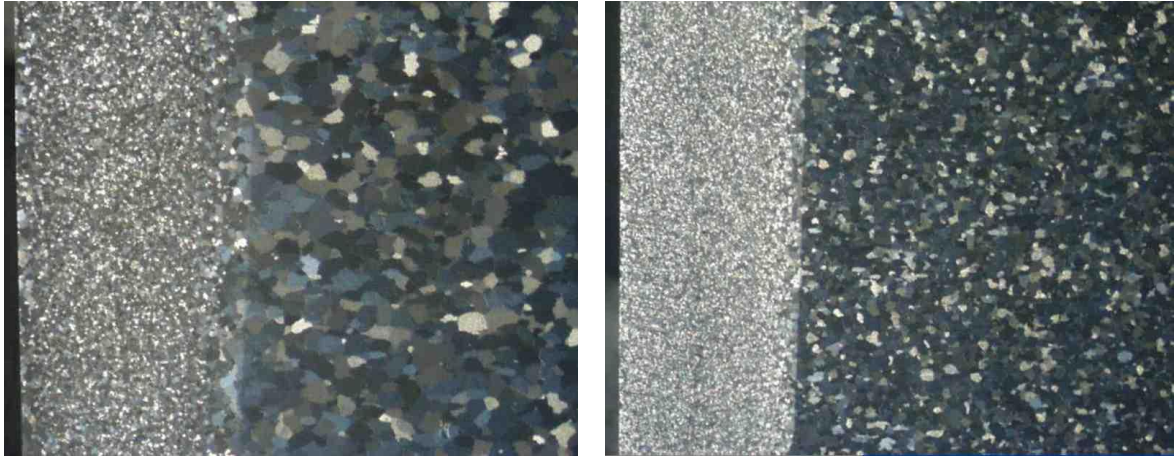
Resim 2. Erichsen testi sonrası portakallanma görüntüsü (a). Büküm kenarında çöken ve yükselen taneler kesitten gösterilmiştir.

Yine aynı yapı bir büküm uygulamasında çöken ve yükselen büyük taneler sebebiyle istenmeyen büküm kenar görüntüleri ortaya çıkartabilmektedir (Resim 2 b). Tavlama

pratiğinde yapılacak ilk düşünülebilecek yaklaşımlar bu sorunun bir nebze olsun aşılmasında ilk çözümler olarak düşünülmüş ve gerçekleştirilmiştir. Ancak daha önemli sonuçlar alaşım geliştirme çalışmaları ile mümkün olmuştur.

Eşik miktarda deformasyona uğramış malzeme tavlama işlemi esnasında sırasıyla “toparlanma”, “yeniden kristallenme” ve “tane büyümesi” gerçekleşir. “Toparlanma” esnasında malzemede depolanmış olan enerji, yüksek sıcaklıkta meydana gelen atomik difüzyon nedeniyle oluşan dislokasyon hareketi, ve dislokasyonların toplam iç enerjiyi azaltacak şekilde yerleşmeleri sayesinde azalır. Malzeme içinde “toparlanma” dan sonra kalan enerji, yeniden kristallenme için “itici güçtür”. Literatürde, hızlı ısıtmanın yeniden kristallenme den önceki toparlanma miktarını azaltabileceği ve böylece yeniden kristallenme için daha fazla itici güç kalabileceği düşünülmüştür. Böylelikle, bahsedilen itici güç daha fazla çekirdeklenmeye ve dolayısıyla yapıda daha ince tanelerin oluşmasına sebep olabilmektedir [3-6].

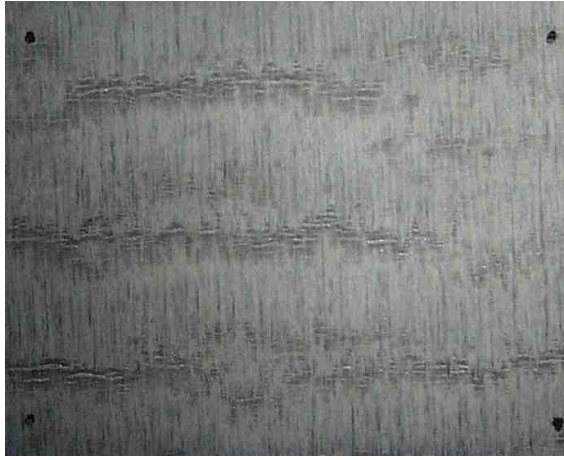
Döküm kalınlığı veya alt kalınlıklarda gördüğü tav sonrası büyümüş tanelerin boyutları 10 mm kadar olabilmektedir. Endüstriyel fırınların ısıtma rejimleri bahsi geçen ve birbiri ile rekabet halinde olan iki mikroyapısal mekanizmanın tane büyümesini başlatacak tarafına katkıda bulunduğundan tane büyümesi kaçınılmazdır. Alaşım geliştirme ve bununla birleştirilmiş tav-hadde proseslerinin tasarlanması sorunun giderilmesine önemli katkılar sağlamıştır. Tane büyümesinden önemli ölçüde etkilenen AA3105 alaşımından yapılan proses değişiklikleri ile standart operasyonla elde edilen tane boyutlarının yarısından çok daha küçük taneler üretilmiş ve tüm kalınlık boyunca çok daha düzenli tane boyut dağılımı elde edilmiştir (Resim 3).



Resim 3. Standart prosesle üretilmiş AA3015 alaşımında tane boyutları (a), geliştirilmiş prosesle üretilmiş malzemenin tane boyutları (b).

Alüminyum levhaların kullanıldığı uygulamaların ihtiyaç gösterdiği özellikler sadece mekanik özellikler olmayıp yüzeyin kimyasal ve elektro-kimyasal işlemlere tabi tutulduğu uygulamalar içinde sürekli dökümden elde edilmiş levha ve folyo ürünlerinin rakibi olan üretim metodunun performansına ulaştırılması gereklidir. Yüzey estetik özelliklerinin önemli olduğu litografik levha üretiminde de alaşım geliştirme faaliyetleri sayesinde sürekli döküm tekniğinin bu nihai kullanım alanındaki olumsuz imajı silinmiştir. Bilindiği üzere litografik levha gazete, dergi, afiş ve her türlü materyalin basımında kullanılmaktadır. Levha yüzeyinde elektrokimyasal metodlarla oluşturulan Al_2O_3 tabakasının hidrofilik yapısı sayesinde sıvı haldeki boya off-set baskı yöntemi ile önce litografik levha sonrada baskının yapılacağı kağıt üzerine aktarılmaktadır. Boyanın levha yüzeyindeki tutunmada etkinliği levha yüzeyinde elektrokimyasal metotla oluşturulan gözenekli yapının topoğrafyası ile ilgilidir.

Topoğrafyanın çok pürüzlü olması istenmektedir. Konvansiyonel metodlarla üretilen AA1050 alaşımı bu amaç için en uygun malzeme iken, sürekli dökümden üretilen litografik baskı plakalarında aynı elektrokimyasal işlem uygulanmasına karşın istenen pürüzlülük değerlerine ulaşamamaktaydı. Buna ek olarak sürekli döküm tekniğinin jenerik problemlerinden birisi olan dökülmüş levhadaki mikroyapısal kökenli döküm yönüne dik yöndeki çizgi halindeki özürlerinde (ripple) estetik görüntüye zara vermesi sebebiyle bu sorunda ortadan kaldırılması gerekmiştir (Resim 4). Yine 1050 alaşımdan kimyasal kompozisyonun düzenlenmesi ile levha yüzeyinde elektrokimyasal metodla oluşturulan topoğrafyada istenen özelliklere erişilmiştir. Ripple görüntüsü ise dökümün makinasının ve döküm işleminin fiziksel parametrelerinde yapılan değişikliklerle istenen seviyeye getirilmiştir. Özellikle ripple görüntüsünün ortadan kaldırılması için uygulanan yöntem ripple oluşturmaya çok daha eğilimli olan daha yüksek alaşımli malzemelerde kolaylıkla uygulanabilmektedir.



Resim 4. Kontrol edilmediği sürece döküm yönüne dik yönde gelişen ve ripple olarak adlandırılan görüntü.

Döküm işleminde iki döküm makinası arasına enjekte edilen sıvı metalin, sahip olduğu enerjinin bir bölümünü yeterli miktarda katı/sıvı oranı elde edilene kadar merdanelerle temas halinde geçirmesi gerekmektedir. Katılma sıcaklık aralıkları çok düşük olan ve nisbeten az miktarda alaşımlandırılmış 1000, 3000 ve 8000 serisi alaşımların üretkenlik (kg/saat/metre) değerleri 5000 ve 6000 serisi alaşımlara göre daha yüksektir ve bu geniş katılma aralığının sebep olduğu mikroyapısal özürleri oluşturma eğilimleri daha düşüktür. Yüzey segregasyonları 5000, 6000 serisi ve hatta %1,5 a varan Fe içeriği ile 8006 alaşımının dökümde ortaya çıkabilecek en başlıca sorunudur. AA6016 ve AA6082 alaşımları otomotiv sektöründe araçların dış panel uygulamalarında ve yapısal parçaların üretiminde kullanılmaktadır. Isıl işlemle sertleşebilen bu alaşımların katılma sıcaklık aralığı 65 °C ye kadar ulaşabilmektedir. Bu katılma aralığına sahip alaşımların döküm hızlarının mevcut döküm makinalarındaki ısı transfer kısıtları sebebiyle çok daha farklı döküm parametreleri ile dökülmesi gerekmektedir. Bu döküm parametre kombinasyonlarının aynı zamanda dökülmüş levha yüzey kalitesi ile ilgili sorunlara da çözüm getirmesi hedeflenmelidir. Çünkü sıvı metalin merdane ile ilk temasının ideal koşullarda olmaması durumunda yüzey ve yüzeyin hemen altında olağan dışı katılma şartlarının gelişmesi sebebiyle mikroyapısal yüzey hataları oluşmaktadır. Yüzey segregasyonları bunların en başındadır. Döküm işleminde sıvı metalin seramik nozulu terketmesinden sonra geçen çok kısa süredeki davranışının anlaşılmasına çalışılması ve bu bilgi üzerine çözümler geliştirilmesi bahsi geçen alaşımların istenen kalite ve performansta üretilmesi için başlıca şarttır. Sürekli döküm tekniği ile üretilen AA6016 ve AA6082 alaşımlarına otomotiv uygulamaları için ihtiyaç duyulan mekanik

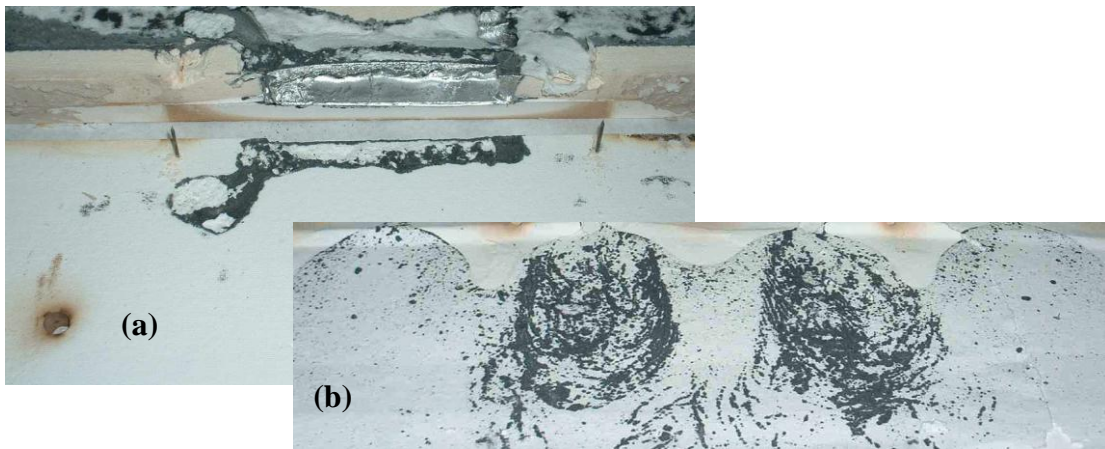
özellikler sürekli tavlama fırınlarındaki ısıl işlemlerden sonra kazandırılmıştır. Akma/Çekme mukavemeti ve % uzama nın yanısıra derin çekme uygulamalarında anlamlı hale gelen uzama sertleşmesi üsteli (n) ve anizotropinin ifadesi olan (r) değerlerinin DC dökümle üretilmiş malzemeyle eşdeğer oldukları görülmüştür. AA6016 için karşılaştırılmalı değerler Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo1. Sürekli döküm tekniği ile üretilmiş AA6016 alaşımının T4 kondüsyonunda mekanik özelliklerinin DC döküm eşdeğeri ile karşılaştırılması.

	Sürekli döküm		DC	
	T4	T62	T4	T62
Akma Muk. (MPa)	110	230	105	210
Çekme Muk. (MPa)	220	275	210	260
Düzenli uzama (%)	22	9	23	10
Toplam uzama (A ₅₀)	29	12	29	13
Toplam uzama (A ₈₀)	26	-	26	-
n (4-6 %)	0,29	-	0,31	-
r (8-12%)	0,64	-	0,65	-

3. YARDIMCI SİSTEMLER VE MALZEMELERİN KATKISI

Sıvı alüminyum transfer edildiği ortamları hem korozif hem de erozif olarak etkiler. İçeriğindeki bazı alaşım elementleri bu etkileşim ve olumsuzlukların artmasına sebebiyet verir. Özellikle kimyasal kompozisyonda artan miktardaki Mg, Al₂O₃-SiO₂ temelli refrakter sistemlerini etkiler. Bu refrakter sistemleri sadece fırın içinde durağan metalle temas halindeki fırın duvarlarında olmayıp sıvı metalin döküm merdaneleri üzerine enjekte edildiği seramik nozulunda temel malzemesidir. Seramik nozul, dökülen alaşımın döküm hızına bağlı olarak saatte 2500-3500 kg metalin içinden geçmesini sağlamaktadır. Sürekli döküm tekniğinin avantajı olan düşük maliyetlerin başlangıç noktalarından bir tanesi döküm işleminin alaşım değişimlerinde dahil olmak üzere çok yüksek tonajlara ulaşılan kadar kesintisiz devam ettirilmesidir. Seramik nozul içinde veya metalin nozulu terkettiği son çıkış noktasındaki erozif ve/veya korozif bir bozunma sıvı metal akışını çok önemli ölçüde etkileyecektir. Resim 5 seramik nozulun yüksek Mg lu bir alaşım dökümü sonrası bozunmuş bölgelerini göstermektedir.



Resim 5. Seramik nozulun giriş bölgesi (a) ve genel görüntüde (b) kimyasal bozunma ve aşınma.

Bu etkilenme levha yüzeyinde mikroyapısal olumsuzluklara sebep olur ve olumsuzluklar estetik olarak levhanın kullanılamayacağı seviyeye ulaşabilir (Resim 6). Aşınma noktaları sıvı metal içine bozunma ürünlerini salıvermekle kalmaz aynı zamanda sıvı metal içindeki oksit filmlerinin tutunma noktaları ve bu noktalardaki birikimlerinde sebebi olabilir. Birikimler sıvı metal akışının çıkış ağzı boyunca düzensiz hız ve sıcaklıkta olmasına sebebiyet verir.

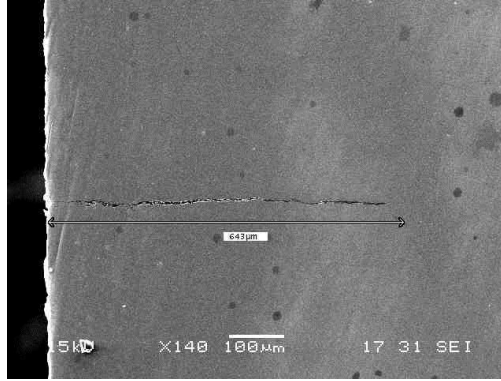


Resim 6. Seramik nozuldaki sorunlardan dolayı yüzeyinde band halinde izler barındıran bir dökme levha yüzeyi.

Alüminyumun transfer edildiği seramik yapıların kimyasal ve fiziksel stabiliteye sahip olması dökümde üretilen levhanın kalitesini birincil derecede etkiler. Özellikle seramik nozul kalitesinin etkisi kendisini levha yüzey özelliklerinde gösterir. Sürekli döküm tekniğinde DC-dökümde üretilmiş rakiplerine göre haddelenecek ilk malzemenin (DC döküm için ingot sürekli döküm için rulo) kusursuz özellikte olması gereklidir. DC dökümden gelen ingotlar yüzeyleri frezelenerek mikroyapısal ve fiziksel özürlerden arındırılılabiliyorken, sürekli dökümden elde edilen rulolarda böyle bir operasyon gerçekleştirilememektedir. Dolayısıyla dökümde elde edilen rulo özelliklerinin mükemmel yakın olması büyük önem taşır. Herhangi bir tav işlemi veya haddedelemeye yapılacak işlem hiçbir surette bu özürlerin ortadan kaldırılmasını veya azaltılmasını sağlayamayacaktır. Özellikle kritik seramik bileşenleri üreten firmaların alüminyum üretici firmaları ile teknik platformdaki işbirliği alüminyum üretim teknolojilerinin gelişim hızı ve beklentileri ile aynı paralellikte olmamıştır. Sürekli döküm teknolojisinin üretebildiği alaşımların çeşitliliği ve hizmet ettiği sektörlerin kalite, maliyet beklentisinin artması kalitenin ilk ve en önemli noktası olan döküm işleminin her türlü yardımcı teknoloji ile desteklenmesi gerektirmektedir. Seramik bileşenler üreten firmalarla yürütülen ortak projelere ileri dönemde çok daha fazla ihtiyaç olacaktır.

Döküm işleminde bir diğer kritik noktada döküm merdanelerinin özellikleridir. Katılaşmanın üzerinde meydana geldiği merdane iki ana parçadan oluşmaktadır; soğutma suyu kanallarını içinde bulunduran çekirdek ve bunun üzerine sıcak geçme metodu ile geçirilmiş kabuk. Sıvı metalle temas eden kabuk her bir dönüş sonrası 690°C nin üstündeki sıcaklıktaki sıvı metalle temas etmektedir. Bu temas kabuğun sınırlı derinliğinde termal çevrimlere ve bunun sebep olduğu mekanik davranışa öncülük eder. Merdaneler katılaşma fonksiyonuna ek olarak katılaşmış metali sınırlı miktarda da olsa haddeme görevi görürler. Haddemenin merdane üzerine uyguladığı mekanik yükler merdane büyük çapa sahip olsa bile bükülmesine sebep olur. Bu doğal ve beklenen bir davranıştır. Merdane genişliğinin orta noktası kenarlara göre $650\ \mu\text{m}$ kadar deplase olur. Aynı nokta merdanelerin her bir dönüşünde metalle temas ettiği

noktada sıcaklığın etkisi altında basma, yarım dönüş yapıpta simetriğindeki pozisyona ulaştığında ise çekme kuvvetlerinin etkisi altında kalır. Mekanik ve termal yüklerin bu denli kompleks etkileri altında kalan bir kabuk yüzeyinde çatlaklar oluşmaktadır. Oluşan çatlaklar bahsi edilen yük çevrimleri altında ilk oluşmuş çatlağın kesit boyunca ilerlemesine sebep olur. Resim 7 merdane kabuk yüzeyinde oluşmuş ve içeri doğru ilerlemiş bir çatlağı göstermektedir.



Resim 7. Merdane kabuğu yüzeyinde oluşmuş bir çatlak. Derinliği 650 μm olarak ölçülmüştür.

Çatlakların büyümesi kabuk yüzey kalitesini zaman içinde bozmakta bu da direkt olarak levha yüzey kalitesine etki etmektedir. Bozulan levha yüzey kalitesi merdanenin değiştirilmesi gerekliliğini doğurur. Değiştirilen merdane çatlakların ortadan kaldırılması için bir dizi tornalama ve taşlama işleminden geçirilir. Bu işlemler merdane çapının azalmasına sebep olur. Tornalama ve taşlama işlem sıklığının artması üretimdeki verimliliği doğrudan etkilemektedir. Özel bir alaşım ve ısı işlem sonrası üretilen kabukların maruz kalacakları termal ve mekanik etkiler göz önünde bulundurulması bir zorunluluktur. Artan kalite, maliyet ve ürün çeşitliliği beklentilerinin bu detayda gözden geçirilmesi büyük önem taşımaktadır.

4. SONUÇLAR

Sürekli döküm tekniğinin doğası gereği ilk katılaştırılmış metalde yaratılan bazı metalurjik özelliklerin malzeme performansı üzerindeki olumsuz etkilerinin giderilmesi çok büyük oranda döküm işleminde mümkündür. Üretilen sınırlı alaşımlarla pazarın dar bir segmentine yine bu hercai ürünlerin sınırlı kar marjları ile hizmet yerine, konvansiyonel üretim metodunda üretilmiş levha ve folyo ürünleri ile rekabet edebilecek beklentisi yüksek pazarlara ürünler sunmak ancak ArGe ile işletme birimleri arasındaki ortak çalışması ile mümkündür. Katılma mekanizmasının anlaşılabilir olarak kontrol edilmesi ve bu noktaya gelene kadar dökümdeki diğer teknolojik donanımların mükemmelleştirilmesi, bu teknolojileri üreten firmalara beklentilerin netlikle açıklanarak kendi ürün ve ekipmalarını geliştirme taleplerinde bulunması çözüm önemli bir parçasıdır. Ancak bu sayede sınırlı alaşım ve ürünün üretim metodu olduğu düşünülen ikiz merdane sürekli döküm tekniği kendisi için konulmuş bu ön yargıyı yıkabilir. Son beş yıl içinde çok kritik uygulamalar için geliştirilmiş ve kabul görmüş ürünler bunun en somut göstergesidir.

KAYNAKLAR

1. Dündar, M. Keleş, Ö, Doğan, N. Kerti, B. 2004, "Crystallographic texture development of Twin Roll cast Aluminum strip" Light Metals, TMS.
2. Sjolstad, K., Engler, O. Marthinsen, K. and Nes, E., 2004, "The Effect of Concurrent Precipitation on the Recrystallization Texture of an AlMn-alloy", Materials Forum, Vol 28, Ed. Nie J.F., 1186-1191.
3. Yu, X.F. , Zhao Y.M, Wen X.Y, Zhai, T Mater. Sci. Eng. A, 394 (2005) 376-384
4. Sarkar, S., Wells, M.A., Probe W.J, Mater. Sci. Eng. A, (2006)(article in press)
5. Dilsizoglu, B., 2006, Rapor 2006/87, Assan Alüminyum.
6. Humphreys, F.J, Hatherly, M., 1996, "Recrystallization and Related Annealing Phenomena", Pergamon Press.