



İKİZ MERDANE YÖNTEMİ İLE 1XXX SERİSİ ALÜMİNYUM LEVHA ÜRETİMİNDEKİ PROSES PARAMETRELERİNİN ÖZELLİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Hediye AYDIN^{1*}, Remzi GÖREN¹, N. Merve CENGİZ²

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye

²Canel Otomotiv İstanbul Cad. No:648, Ovaakça, Bursa, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Alüminyum Levha,
İletkenlik,
Tane Büyümesi.

Öz

Bu çalışmada ikiz merdaneli sürekli döküm tekniği ile üretilen 1xxx alaşımlarının alüminyum levha üretimi gerçekleştirilmiştir. 1xxx alaşımları ile üretilen alüminyum levhaların günümüz teknolojisinde üretimdeki proses parametreleri ve söz konusu parametrelerin nihai ürünlerin mekanik özellikleri ve elektriksel iletkenliği üzerinde etkilerinin neler olduğu araştırılmıştır. Çalışmada 1050 alaşımlı levha üretimi için 1310 mm genişliğinde, 5.50 mm kalınlığında sürekli döküm yöntemi tekniği kullanılarak levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Döküm denemeleri TS EN 573-3 standardına göre yapılmıştır. Mekanik özelliklerin tespiti Zwick Z050 markalı çekme test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Döküm içerisindeki alaşım elementlerinin (Si, Mn ve Ti) elektriksel iletkenliğe etkilerinin yanında soğuk haddeleme sonrasında, nihai tav denemeleri uygulanarak iletkenlikleri ölçülmüştür.

THE INFLUENCE OF PROCESS PARAMETERS ON PROPERTIES IN 1XXX SERIES ALUMINUM SHEET PRODUCTION BY TWIN ROLLER METHOD

Keywords

Aluminum Sheet,
Conductivity,
Grain Growth.

Abstract

In this study, aluminum sheet production of 1xxx alloys produced by twin roll continuous casting technique was realized. In the current technology of aluminum sheets produced with 1xxx alloys, the parameters of the process in production, the parameters affecting the casting and the effects of these parameters on the mechanical properties and electrical conductivity of the final products were investigated. For the production of 1050 alloy plates, plate production was performed by using 1310 mm wide, 5,50 mm thick continuous casting technique. The casting tests were carried out according to TS EN 573-3 standard. Mechanical properties were determined by using Zwick Z050 tensile tester. In addition to the effects of alloying elements (Si, Mn and Ti) on the electrical conductivity of the cast, their conductivity was measured by applying the final annealing tests after cold rolling.

Alıntı / Cite

Aydın, H., Gören, R., Cengiz, M., (2020). İkiz Merdane Yöntemi İle 1xxx Serisi Alüminyum Levha Üretimindeki Proses Parametrelerinin Özellikler Üzerindeki Etkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8 (1), 146-152.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

H. Aydın, 0000-0003-2164-6129
R. Gören, 0000-0003-2140-9211
N.M. Cengiz, 0000-0002-0203-8593

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	14.01.2019
Revizyon Tarihi / Revision Date	06.08.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	19.08.2019
Yayın Tarihi / Published Date	20.03.2020

1. Giriş (Introduction)

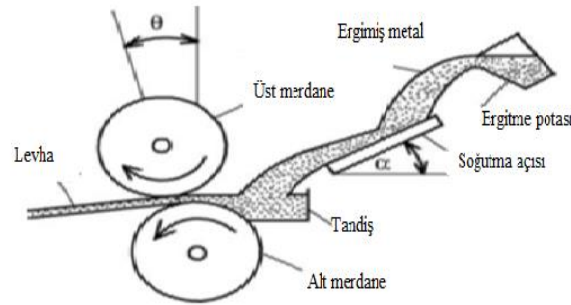
Oldukça geniş uygulama alanına sahip alüminyum ve alüminyum alaşımları ekonomik ve elverişli metalik malzemeler sınıfında yer almaktadır. Alüminyumun sahip olduğu çok yönlü karakteristiği, çelikten sonra ikinci sırada tercih edilen metal olmasını sağlamaktadır. Genellikle folyo ve iletken kablo üretiminde yaygın kullanım alanına sahip saf alüminyum sünek, korozyona dayanıklı ve yüksek elektrik iletkenliğine sahiptir. Farklı üretim

* İlgili yazar / Corresponding author: hediye.aydin@dpu.edu.tr, +90-274-265-2031 / 4272

yöntemleri kullanılarak yüksek mukavemetli alüminyum ürünler elde edebilmek için alaşım elementleri takviye edilmektedir (Cengiz, 2018; Davis, 2001).

Alüminyum alaşımları iletkenliğinin yüksek olması sebebiyle elektrik-elektronik sektörlerinde yer altı kabloları, trafo koruyucuları, şaseler, elektrik boruları ve birçok alanda; hafifliği, estetik oluşu ve mukavemetinin yüksek olmasından dolayı inşaat sektöründe kapı ve pencerelerde, çatı ve cephe kaplamalarında (Kaufman and Rooy, 2004) ve yine hafif oluşu sayesinde meşrubat, konserve kutuları ve kapaklarının da ambalajlanması için tercih edilmektedir (Marsh ve Bugusu, 2007). 1xxx serisi, % 99.00 veya daha yüksek alüminyum saflığına sahip alaşımlardır. Özellikle elektrik ve kimya alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. 1xxx serisi, mükemmel korozyon direnci, yüksek termal ve elektrik iletkenlikleri, düşük mekanik özellikler ve mükemmel işlenebilirlik ile karakterize edilmektedir (Davis, 2001). Saf alüminyum sınıfında yer alan 1050 alaşımları, derin çekilebilir malzemelerde, elektrik kaplamalarında ve ısı yalıtım cephelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Cengiz, 2018; Emley, 1976).

Yüksek mukavemet/ağırlık oranına, düşük maliyete ve yüksek aşınma direncine sahip oluşundan dolayı alüminyum alaşımları hem havacılık ve otomotiv sektöründe hem de birçok yapısal amaçlı uygulamalarda tercih edilen malzemelerden biridir. Ancak şunu da unutmamak gerekir ki çoğu Al alaşımını üretmek için hem basit hem de ekonomik yöntemler söz konusu alaşımların uygulamalarının daha da genişletilmesi için bir zorunluluktur (Stojanovic vd, 2018).



Şekil 1. Yatay ikiz merdaneli döküm işleminin şematik gösterimi (Schematic representation of horizontal twin roll casting process)(Watari vd., 2007).

İkiz merdaneli sürekli döküm yöntemi, alüminyum endüstrisinde kullanılan yassı haddelenmiş ürünlerin önemli bir bölümünü üretebilmek için geliştirilmiştir. Sürekli döküm teknolojilerinin söz konusu sektörde sağladığı büyük avantaj, geleneksel teknolojilere kıyasla levha ve rulo üretiminde çeşitli üretim adımlarından tasarruf edilmesidir. Nihai ürün şekline daha yakın net şekilli ürünlerin üretilebildiği sürekli döküm yöntemi genellikle yüksek sermaye maliyeti gerektirirken aynı zamanda düşük bir işletme maliyetine sahiptir (Yun vd., 2000; Kopeliovich vd, 2001; Barekar vd, 2014). Dolayısıyla daha az deformasyona ve mekanik işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da sürekli döküm işlemine alternatif süreçlere göre enerji ve maliyet avantajı sağlamaktadır (Cook vd., 1995: 76-94; Watari vd., 2007; Sanders, 2012: 291-299; Ahmed M.I, 2017).

Sunulan çalışmada ikiz merdaneli sürekli döküm yöntemi ile üretilen 1050 alaşımlı alüminyum levhaların üretim sürecindeki parametreler ve bu parametrelerin söz konusu levhaların mekanik ve elektriksel iletkenlik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışma ile sürekli döküm yöntemi ile üretilen alüminyum levhaların üstün olan yanlarını vurgulamanın yanı sıra bu yöntem ile üretilen levhaların üretim sürecindeki parametrelerin eksiklikleri ya da yapılan hataları iyileştirerek daha düşük maliyetli üretimle endüstriyel alanda üretim potansiyelini artırma hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Yapılan deneylerde 1050 alaşımların dökümleri TS EN 573-3 standartlarında gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de çalışmalar için üretilen 1050 alaşımlarının döküm ortamı ve özellikleri verilmiştir. Döküm hattından alınan numunelerin kimyasal analizlerini belirlemek için Bruker Qantro marka spektrometre cihazı kullanılmıştır. 1310 mm genişliğinde ve 5,50 mm kalınlığındaki numuneler soğuk haddeme hattında 3 adımdan geçerek 2,20 mm, 2,00 mm ve 1,90 mm kalınlığına getirilmiştir.

1,90 mm kalınlığındaki alaşımlar 397, 400, 404, 415, 416 ve 421 °C sıcaklıkta; 2 mm kalınlığındaki alaşımlar 363, 378, 392, 395, 398 ve 402 °C sıcaklıkta; 2,20 mm kalınlığındaki alaşımlar ise 382 ve 417 °C sıcaklıkta 4 saat süre ile tavlansmıştır. Tav denemeleri için Protherm marka kül fırını HLF50 (0-1050°C) kullanılmıştır. Tavlama

işleminden sonra yukarıda bahsedildiği gibi 3 ayrı kalınlıktan alınan 14 adet farklı numunenin sıcaklıkları oda sıcaklığına getirilerek elektriksel iletkenlikleri Helmut Fischer GmbH markalı cihaz kullanılarak, DIN EN 2004-1 ve ASTM E 1004'e göre ayarlanan uluslararası ölçüm standartları (mS/m) cinsinden hassas elektriksel iletkenlik ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Cihazın ucundaki prob yardımı ile alüminyum doğrulama numunesinde doğrulandıktan sonra oda sıcaklığında her numune için farklı noktalardan 5 kez ölçüm alınıp, ortalama değerleri baz alınmıştır.

1050 alaşımlarından alınan numunelerin mekanik karakterizasyonu TS EN 485-2 standartlarına uygun olacak şekilde Zwick Z050 marka uzama ölçer (ekstensometreli) çekme cihazı ile gerçekleştirilmiştir ve % uzama miktarlarını belirlemek için ise çekme testleri uygulanmıştır. Döküm yönünden dik kesit halinde alınan numuneler giyotin tipi makas yardımı ile kesilip, uzamanın kolay tespit edilebilmesi için numuneler orta bölgesinden inceltirilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin inceltirilmiş kısımları ortalanarak çekme cihazına yerleştirilerek ölçümleri yapılmıştır.

Tablo 1. Alaşımların döküm ortamı ve özellikleri (Casting environment and properties of alloys)

Alaşım	Su giriş-çıkış sıcaklığı (°C)	Tip ve Merdane Merkezi Aralığı (TMA, mm)	Tandis sıcaklığı (°C)	Merdane çapı Ø (mm)	Döküm hızı (cm / dk)	Merdane bombesi (µm)
1050	37-41	46	700	629,00	140	0,28

3. Bulgular ve Tartışma (Findings and discussion)

3.1. 1050 Alaşımlı Malzemelerin Döküm Analizleri (Casting Analysis of 1050 Alloy Materials)

1050 - H0 alaşımlı 1,90 mm, 2 mm ve 2,2 mm kalınlığından alınan farklı numunelerin spektrometre analiz sonuçları sırasıyla Tablo 2-4'de verilmiştir. Söz konusu tablolardan 1050 serisi alaşımlarda alüminyum oranının oldukça yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Tablo 2. 1050 - H0 alaşımlı 1,90 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin spektrometre analiz sonuçları (Spectrometer analysis results of different samples of 1050-H0 alloy 1,90 mm thickness)

Kimyasal bileşimleri, (% ağırlık)													
No	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Zr	Al
1	0,127	0,261	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,003	0,012	0,011	0,007	0,000	99,573
2	0,119	0,206	0,001	0,004	0,002	0,001	0,006	0,008	0,011	0,009	0,014	0,001	99,618
3	0,121	0,256	0,001	0,010	0,003	0,001	0,006	0,002	0,013	0,011	0,008	0,001	99,568
4	0,124	0,263	0,000	0,019	0,010	0,000	0,006	0,003	0,015	0,010	0,006	0,000	99,544
5	0,115	0,244	0,001	0,028	0,008	0,000	0,006	0,007	0,020	0,010	0,010	0,000	99,551
6	0,128	0,266	0,001	0,019	0,013	0,001	0,006	0,002	0,023	0,011	0,008	0,001	99,521

Tablo 3. 1050 - H0 alaşımlı 2,00 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin spektrometre analiz sonuçları (Spectrometer analysis results of different samples of 1050-H0 alloy 2,00 mm thickness)

Kimyasal bileşimleri, (% ağırlık)													
No	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Zr	Al
1	0,116	0,238	0,000	0,000	0,005	0,000	0,005	0,008	0,013	0,010	0,009	0,000	99,596
2	0,117	0,234	0,000	0,011	0,004	0,000	0,007	0,005	0,010	0,009	0,008	0,000	99,592
3	0,125	0,247	0,001	0,009	0,000	0,001	0,006	0,004	0,010	0,009	0,012	0,001	99,575
4	0,111	0,273	0,000	0,031	0,011	0,000	0,006	0,026	0,021	0,018	0,011	0,000	99,492
5	0,137	0,243	0,001	0,013	0,000	0,001	0,005	0,014	0,018	0,011	0,013	0,001	99,543
6	0,128	0,230	0,000	0,007	0,021	0,000	0,006	0,005	0,012	0,010	0,011	0,000	99,570

Tablo 4. 1050 – H0 alaşımlı 2,20 mm kalınlığındaki numunelerinin spektrometre analiz sonuçları (Spectrometer analysis results of different samples of 1050-H0 alloy 2,20 mm thickness)

Kimyasal bileşimleri, (% ağırlık)													
No	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Zr	Al
1	0,103	0,206	0,000	0,013	0,007	0,000	0,007	0,011	0,013	0,012	0,009	0,000	99,619
2	0,114	0,227	0,000	0,026	0,003	0,000	0,006	0,010	0,019	0,011	0,010	0,000	99,574

3.2. 1050 Alaşımlı Malzemelerin Mekanik Özellikleri (Mechanical Properties of 1050 Alloy Materials)

1050 – H0 alaşımının 1,90 mm, 2 mm ve 2,2 mm kalınlığından alınan farklı numunelerin çekme ve akma mukavemetlerinin (MPa), % uzama sonuçları sırasıyla Tablo 5-7'de verilmiştir. Buna göre tüm numunelerde tavlama sıcaklığının artmasıyla çekme ve akma mukavemetlerinin azaldığı, % uzama değerlerinin arttığı gözlenmektedir (Davis, 2001).

Tablo 5. 1050 – H0 alaşımlı 1,90 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin çekme-akma mukavemetlerinin (MPa) sonuçları, % uzama sonuçları (Tensile-yield strength (MPa) results of different samples of 1050-H0 alloy 1,90 mm thickness, elongation results)

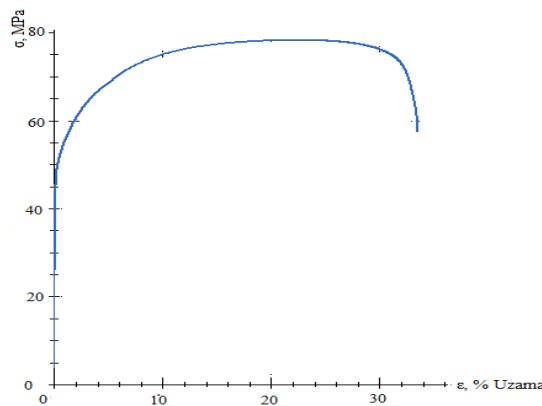
No	Tav sıcaklığı (°C)	Rm (MPa) Çekme Dayanımı	Rp _{0,2} (MPa) Akma Dayanımı	% uzama
1	397	75,46	43,73	31,88
2	400	75,08	43,65	40,10
3	404	74,09	43,25	40,34
4	415	73,46	42,43	40,71
5	416	72,65	42,40	42,63
6	421	68,06	41,15	43,13

Tablo 6. 1050 – H0 alaşımı 2 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin çekme-akma mukavemetleri (MPa), % uzama sonuçları (Tensile-yield strength (MPa) results of different samples of 1050-H0 alloy 2 mm thickness, elongation results)

No	Tav sıcaklığı (°C)	Rm (MPa) Çekme Dayanımı	Rp _{0,2} (MPa) Akma Dayanımı	% uzama
1	363	78,69	50,08	29,11
2	378	77,19	48,87	30,40
3	392	76,54	43,89	36,35
4	395	75,80	41,68	38,45
5	398	71,43	41,37	40,89
6	402	70,67	40,01	43,11

Tablo 7. 1050 – H0 alaşımlı 2,20 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin çekme-akma mukavemetleri (MPa), % uzama sonuçları (Tensile-yield strength (MPa) results of different samples of 1050-H0 alloy 2,20 thickness, elongation results)

No	Tav sıcaklığı (°C)	Rm (MPa) Çekme Dayanımı	Rp _{0,2} (MPa) Akma Dayanımı	% uzama
1	382	74,44	43,68	39,87
2	417	73,22	42,72	40,26

**Şekil 2.** Gerilme-gerinim eğrisi (Stress-strain curve)

Şekil 2’de örnek olarak çekme cihazından alınan gerilme-gerinim eğrisi verilmiştir. Bu eğri Tablo 6’da verilen 1050 alaşımlı ikinci numuneye aittir. Grafikte akma dayanımı (48,87 MPa) üzerine çıktığında plastik şekil değişimi gerçekleşmeye başlamıştır. Numune bir yandan uzarken, diğer yandan numunenin kesit alanı daralmaktadır. En yüksek tepe noktası çekme dayanımı (77,19 MPa) olduğu yerdir. Yük tepe noktasında ulaşıldıktan sonra düzgün uzama göstermemektedir. Teoride plastik kararsızlık olarak adlandırılan bu durum sadece numunede boyun veren kısımda uzamaya devam ettirmektedir. Uzama boyun kısmına hapsoldükten sonra kopma gerçekleşmektedir (Mühendishane, 2018; Cengiz, 2018).

3.3.1050 Alaşımlı Malzemelerin Tav Sıcaklıkları ve Elektriksel İletkenliklerinin İncelenmesi (Investigation of Annealing Temperatures and Electrical Conductivity of 1050 Alloy Materials)

Tablo 8’de 1050 – H0 alaşımlı 1,90 mm kalınlığındaki ayrı numunelerin farklı tavlama sıcaklıkları (4 saat) sıcaklıkları ve elektriksel iletkenlik (mS/m) sonuçları verilmiştir. Tablo 2’de gözlemlendiği gibi alüminyum saflık derecesi arttıkça iletkenlik artmaktadır. Aynı zamanda Mangan (Mn) ve Tibor (Al5Ti1B) oranının % miktarındaki artışın elektriksel iletkenliği olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir (Cengiz, 2018).

Tablo 9’da 1050 – H0 alaşımlı 2,00 mm kalınlığındaki ayrı numunelerin farklı tavlama sıcaklıkları (4 saat) sıcaklıkları ve elektriksel iletkenlik (mS/m) sonuçları verilmiştir. Buna göre sıcaklığın belli bir değere göre elektriksel iletkenliği arttırdığı düşünülmektedir (Prasad, et al., 1998; Kaya, 2012). Tablo 10’da 1050 – H0 alaşımlı 2,20 mm kalınlığındaki ayrı numunelerin farklı tavlama sıcaklıkları (4 saat) sıcaklıkları ve elektriksel iletkenlik (mS/m) sonuçları verilmiştir. Tablo 8 ve Tablo 9’daki gibi elektriksel iletkenliğin sıcaklık parametresinin yanında Tablo 3’deki spektrometre analiz sonucundaki alaşım değerlerindeki etki edebileceği düşünülmektedir (Robinson and Dorn, 1951; Xu vd., 2018; Cengiz, 2018).

Tablo 8. 1050 – H0 alaşımlı 1,90 mm kalınlığındaki ayrı numunelerin farklı tavlama sıcaklıkları (4 saat) ve elektriksel iletkenlik (mS/m) sonuçları (Different annealing temperatures (4 hours) and electrical conductivity (mS/m) results of each samples of 1050-H0 alloy 1,90 mm thickness)

No	Tav sıcaklığı (°C)	İletkenlik (mS/m)
1	397	35,3
2	400	35,5
3	404	35,2
4	415	35,0
5	416	34,7
6	421	34,1

Tablo 9. 1050 – H0 alaşımlı 2 mm kalınlığındaki ayrı numunelerin farklı tavlama sıcaklıkları (4 saat) sıcaklıkları ve elektriksel iletkenlik (mS/m) sonuçları (Different annealing temperatures (4 hours) and electrical conductivity (mS/m) results of each samples of 1050-H0 alloy 2 mm thickness)

No	Tav sıcaklığı (°C)	İletkenlik (mS/m)
1	363	35,0
2	378	35,5
3	392	35,7
4	395	34,1
5	398	34,5
6	402	34,6

Tablo 10. 1050 – H0 alaşımlı 2,20 mm kalınlığındaki ayrı numunelerin farklı tavlama sıcaklıkları (4 saat) sıcaklıkları ve elektriksel iletkenlik (mS/m) sonuçları (Different annealing temperatures (4 hours) and electrical conductivity (mS/m) results of each samples of 1050-H0 alloy 2,20 mm thickness)

No	Tav sıcaklığı (°C)	İletkenlik (mS/m)
1	382	35,1
2	417	34,6

Yapılan deneyler sonucu 1050- H0 alaşımlarının döküm içerisindeki mangan oranı % 0,10, Tibor (AlTi5B1) oranının ise % 0,13’den büyük olduğunda levhanın elektriksel iletkenliğini olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Cengiz, 2018). Döküm alaşım oranlarının yanında elektrik iletkenliğine etki eden diğer bir önemli faktör ise sıcaklıktır (Kaya, 2012). 1050 alaşımlı alüminyumlu levhaların tavlama sıcaklıkları 390-400 °C’ye kadar elektrik iletkenliği artarken, 400 °C’den sonraki tavlama sıcaklıklarında ise elektrik iletkenliği düşmüştür. Soğuk haddelemeden çıkan levhaların elektriksel iletkenlikleri, ısı işlemlerden sonra ölçülen elektriksel iletkenlikler ile karşılaştırıldığında her bir numune için yaklaşık 3 mS/m daha düşük olduğu görülmüştür (Cengiz, 2018).

4. Sonuçlar (Results)

İkiz merdaneli sürekli döküm yöntemi ile üretilen 1050 levhaların döküm için yapılan tüm deneylerin sonuçlarını özetlersek; 1050 - H0 alaşımlı alüminyum levha, döküm hattında 1310 mm genişliğinde, 5,50 mm kalınlığında sürekli döküm yöntemi ile üretilmiştir. Soğuk haddeleme işlemi ile 3 adımdan geçerek 1,90 mm, 2,00 mm ve 2,20 mm kalınlıkta nihai ürün şeklini alan 14 adet farklı numune sonuçları incelenmiştir.

Yapılan deneylerde 1050 alaşımlı levhaların tavlama süresi sabit tutularak, sıcaklık artırıldığında akma ve çekme mukavemetlerinin azaldığı ve % uzama miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Sürekli döküm yönteminde üretilen levhalarda tavlama sıcaklığı arttıkça ürünlerde yumuşamaya neden olarak kondüsyonlarını düşürmektedir. Bunun nedeninin artan sıcaklıkla birlikte dislokasyonlar hareketlenerek malzemenin çekme ve akma mukavemetini azalttığı ve % uzama değerini arttırdığı olarak düşünülmektedir (Hwang, Monteiro et al., 2012). Bir başka deyişle sıcaklığın artmasıyla levha malzemelerin bir yandan sünekleşirken bir yandan da mukavemetini kaybetmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde de tavlama sıcaklıkları ve sürelerine göre malzemelerin mekanik özellikleri değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Sabit sıcaklıkta, tavlama süresi artıkça, malzemelerde mukavemetin azaldığı görülmüştür (Demiray, 2016; Tairu et al., 2014).

Yapılan çalışmada soğuk haddelemeden sonraki levhalarda kalınlık miktarının azalmasıyla birlikte çekme ve akma mukavemet değerlerindeki artışa bağlı olarak, % uzama miktarında azalma gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin ise iç yapı kusurları ve malzemede meydana gelen dislokasyon yoğunluğu olduğu düşünülmektedir (Demiray, 2016; Akdoğan vd., 2019).

Sürekli döküm yöntemi ile üretilen 1050 alaşımlı alüminyum levhaların içeriğinde bulunan Tibor (AlTi5B1) ilavesi akışkanlığı azaltırken, çekme mukavemetini artırmaktadır (Zeren, 2008). Tablo 8-10'da verildiği üzere alaşımlı malzemelerin tavlama sıcaklıkları ve elektriksel iletkenlik ölçümleri incelendiğinde elektriksel iletkenliğin kalınlığa ve alaşım miktarına da bağlı olarak tavlama sıcaklığının 390-400 °C'ye kadar arttığı, fakat sıcaklığı daha da artmasıyla birlikte elektriksel iletkenliğin azaldığı görülmüştür. Döküm içerisindeki yüksek oranda silisyum (Si), mangan (Mn) ve Tibor (AlTi5B1) alaşımlarının varlığını elektrik iletkenliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Alüminyumun elektriksel iletkenliği saflığına ve şayet içeriyorsa da safsızlıkların durumuna bağlıdır (Xu vd., 2018). Örneğin saf metallerin alaşımlandırılmasıyla beraber yapılarında gerilme veya çökme sertleşmesi olayı nedeniyle elektrik iletkenliği oldukça azalmaktadır (Murashkin vd., 2015). Safsızlıkların istenilen oranda düşük olması yüksek iletkenliğe sebep olabilmektedir. Diğer taraftan, mekanik özelliklerin iyileştirilmesi için mikro-alaşımlama kaçınılmazdır (Xu vd., 2018). 1050 alaşımlarında elektriksel iletkenliğin artması için döküm analizlerinde Tibor (AlTi5B1) oranının % 0,13'den, Mangan oranının ise % 0,10'dan fazla miktarda olmaması gerektiği kanaatine varılmıştır.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında 2018 yılı itibarıyla tamamlanmış 'İkiz Merdane Yöntemi ile 1xxx Serisi ve 3xxx Serisi Alüminyum Levha Üretimindeki Proses Parametrelerinin Özellikler Üzerindeki Etkisi' adlı bir yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Bize bu çalışmada yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarında destek olan P.M.S. Alüminyum (Bursa) ailesine ve yaptıkları değerlendirmeler ile makalenin gelişimine katkı sağlayan değerli hakemlere teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

5. Kaynaklar (References)

- Akdoğan, V.U., Iksaçan, C., Mollaoğlu Altuner, H., Birbaşar, O., Günyüz, M., 2019. Influence of Strip Thickness on As-Cast Material Properties of Twin Roll Cast Aluminum Alloys, *Light Metals*, https://doi.org/10.1007/978-3-030-05864-7_139
- Ahmed, M.I., 2017. Increasing of Aluminum Continuous Casting Line Production Quality via Improvement of the Control of Technological Parameters, *Journ. Of Chemical Technology and Metallurgy*, 52, 2, 235-241.
- Barekar, N.S, Dhindaw, B.K., 2014. Twin roll-casting of Al Alloys- An Overview, *Materials and Manufacturing Processes*, 29:651-661.
- Cengiz, N.M., 2018. İkiz Merdane Yöntemi İle 1xxx Serisi Ve 3xxx Serisi Alüminyum Levha Üretimindeki Proses Parametrelerinin Özellikler Üzerindeki Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye.
- Cook, R., Grocock, P.G., Thomas, P.M., Edmonds, D.V., Hunt, J.D., 1995. Development of the twin-roll casting process, *Malzeme İşleme Teknolojisi Dergisi*, 55, 76-84.

- Demiray, Y., 2016. İkiz Merdane Döküm Yöntemi ile Alüminyum AA5754 Alaşımı Levha Üretimi, Döküm ve Termomekanik Proses Parametrelerinin etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Davis, J.R., 2001. Aluminum and Aluminum Alloys Alloying: Understanding the Basics. (Birinci Baskı). Ohio: ASM international, 371-441.
- Emley, E.F., 1976. Continuous casting of aluminum, International Metals Reviews, 75-115, Published online: 18 July 2013, <https://doi.org/10.1179/imtr.1976.21.1.75>
- Hwang, J.Y., Monteiro, S.N., et al., 2012. Characterization of Minerals, Metals and Materials, TMS 2012 Annual Meeting&Exhibition, Orlando, Florida, USA, pp. 514-515.
- Kaufman, J.G., Rooy, E.L., 2004. Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications, ASM International, ISBN: 978-0-87170-803-8, 272-282.
- Kaya, H., 2012. Dependence of electrical resistivity on temperature and composition of Al-Cu alloys, Materials Research Innovation, 16, 3, 224-229.
- Kopeliovich, D., Shapiro, A., Shagal, V., 2001. Aluminum bismuth bearing alloy and methods for its continuous casting.
- Marsh, K., Bugusu, B., 2007. Food packaging roles, materials, and environmental issues, 72(3), 39-55.
- Murashkin, M., Medvedev, A., Kazykhanov, V., Krokhin, A., Raab, G., Enikeev, N and Valiev, R.Z., 2015. Enhanced Mechanical Properties and Electrical Conductivity in Ultrafine-Grained Al 6101 Alloy Processed via ECAP-Conform, Metals 2015, 5, 2148-2164; doi:10.3390/met5042148
- Prasad, P.N., Mark, J.E., et al., 1998. Science and technology of polymers and advanced materials. Springer Science Business Media, LLC. 414-415.
- Robinson, A.T., Dorn, J.E., 1951. Effect of Alloying Elements on the Electrical Resistivity of Aluminum Alloys, Journal of the Minerals, Metals & Materials Society 3(6), DOI: 10.1007/BF03397330.
- Sanders, R.E., 2012. Continuous Casting for Aluminum Sheet a Product Perspective, 64(2), 291-299.
- Stojanovic, B., Milan, B., Epler, I., 2018. Application of Aluminum and Aluminum Alloys in Engineering. 3. 10.18485/aeletters.2018.3.2.2.
- Tairu, Onawale & Aiyedun, P & Tairu, O.T.. 2014. Relationship between Yield stress and yield Strength on Various Grade of steel Being Hot rolled. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. 11. 40-46. 10.9790/1684-11114046.
- Xu, X., Feng, Y., Yang, P., Zhang, B., Wang, Y., Wang, Q., Fan, X., Ding, H., 2018. The influence of trace elements on the microstructures and properties of the aluminum conductors, Results in Physics, 11, 1058-1063.
- Watari, H., Hagab, T., Kogac, N., Daveyd, K., 2007. Feasibility study of twin roll casting process for magnesium alloys, Malzeme İşleme Teknolojisi Dergisi, 192-193, 300-305.
- Yun, M., Lokyer, S., Hunt, J.D., 2000. Twin Roll Casting of Al Alloys, Materials Science and Engineering A 280(1):116-123.
- Zeren, M., 2008. Demir Dışı Düşük Sıcaklık ve Alaşımları Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.
<https://muhendishane.org/derslik/mekanik-dersleri/gerilim-ve-gerinim/> (Erişim tarihi 22.04.2018).