

İkiz Merdane Yöntemi ile Üretilen 1050 ve 3105 Alüminyum Levhaların Karakterizasyonu

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

¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

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

e-posta: hediye.aydin@dpu.edu.tr. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2164-6129>

remzi.goren@dpu.edu.tr. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2140-9211>

Geliş Tarihi: 27.08.2019; Kabul Tarihi: 12.09.2019

Öz

Bu çalışmada ikiz merdaneli sürekli döküm tekniği ile üretilen 1050 ve 3105 alüminyum alaşım levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada alaşımların dökümleri TS EN 573-3 standartlarında belirlenen döküm ortamı şartlarında gerçekleştirilmiştir. 1050 Al alaşımı 1310 mm genişliğinde ve 5.50 mm kalınlığındaki numuneler soğuk haddeleme hattında 3 adımdan geçerek 2.20 mm, 2.00 mm ve 1.90 mm kalınlığına getirilmiş ve farklı sıcaklıklarda 4 saat süre ile tavlansmıştır. Benzer şekilde 3105 Al alaşımı için döküm hattından alınan numunelerin spektrometre cihazı ile döküm analizleri yapıldıktan sonra 1350 mm genişliğinde, 6 mm kalınlığındaki malzemeler 7 adımdan geçirilerek 0.35 mm kalınlığında nihai ürün haline getirilip belirlenen farklı sıcaklıklarda 4 saat süre ile tavlama işlemi uygulanmıştır. Döküm yönünden dik kesit halinde 1050 ve 3105 alaşımlarından giyotin tipi makas yardımı ile kesilip alınan numuneler orta bölgesinden inceltilerek çekme testi için hazırlanmıştır. Alaşımların mekanik özelliklerinin tespiti Zwick Z050 marka çekme test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre tüm numunelerde tav sıcaklığı arttıkça çekme-akma mukavemetleri azalırken % uzama değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Alüminyum levha;
İkiz merdane sürekli
döküm yöntemi;
Mekanik özellikler

Characterization of 1050 and 3105 Aluminum Sheets Produced by Twin Roll Method

Abstract

In this project, aluminum sheets production from 1050 and 3105 alloys were carried out by twin roll continuous casting technology is realized. In this study, castings of alloys were carried out under the conditions of casting environment determined in TS EN 573-3 standards. 1310 mm wide and 5.50 mm thick specimens of 1050 Al alloy was brought to the thickness of 2.20 mm, 2.00 mm and 1.90 mm through 3 steps in cold rolling line and annealed for 4 hours at different temperatures. Similarly, after the casting analysis of the samples taken from the casting line for 3105 Al alloy by means of spectrometer device, 1350 mm wide, 6 mm thickness materials were passed through 7 steps and processed to 0.35 mm thickness final product and annealed at different temperatures for 4 hours. Samples taken from the 1050 and 3105 alloys with the help of guillotine type scissors in vertical section in the direction of casting were thinned from the middle region and prepared for tensile test. The mechanical properties of the alloys were determined using Zwick Z050 tensile tester. Accordingly, it was observed that the tensile-yield strengths decreased and the % elongation values increased as annealing temperature increased in all samples.

Keywords

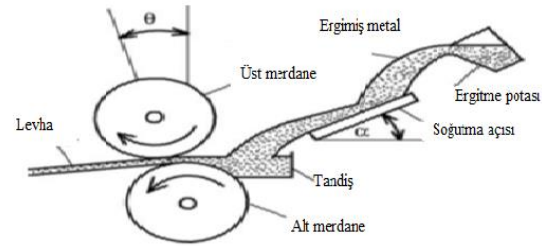
Al sheet;
Twin roll continuous
casting method;
Mechanical properties

1. Giriş

Yüksek özgül mukavemet (birim yoğunluğa göre yüksek mukavemet oranı), yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, mükemmel korozyon dayanımı nedeniyle alüminyum ve alaşımları birçok endüstride kullanılmaktadır. Alüminyum ve alaşımları sahip oldukları özellikleri sayesinde endüstride kullanılan en önemli yapı ve mühendislik malzemelerinden birisi olmuştur. Saf alüminyum yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, korozyon direnci gibi özelliklere sahipken, alaşımlama ile söz konusu özelliklerin iyileştirilmesiyle birlikte daha yaygın kullanım alanına sahip olmuştur (Alam and Ansari 2017). % 99.00 veya daha yüksek alüminyum saflığına sahip 1050 alaşımları, elektrik ve kimya alanları başta olmak üzere birçok uygulamada kullanılmaktadır (Cengiz 2018). Düşük mukavemet özelliği sergileyen 1050 alaşımları genellikle gerinim sertleştirilmesi ile güçlendirilmektedir. Yeniden kristalleşmenin başlangıcına gerilimsiz yüksek açılı tane sınırlarının neden olduğu kuvvette hızlı bir düşüş ve süneklik artışı eşlik etmektedir (Sanders *et al.* 1989). Döküm alaşımının sıcaklığı ve döküm sırasında hızın kontrollü olmaması ve merdanelerin yeterli soğutulmaması durumunda alaşım yüzeyinde çatlaklar, kabuklanma ve derin kesikler oluşmaktadır (Emley 1976). Yangına, korozyona ve iklim koşullarına karşı dayanıklı olduğu bilinen 3105 alaşımları, kolay şekillendirebilme ve hafifliğiyle yağmur oluğu, çatı ve cephe kaplamaları, savunma ve ulaşım sanayi, elektrik tesisatı ve konektörleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yüksek mukavemete sahip 3105 alaşımları genellikle ısıyla muamele edilememektedir (Davis 2001). 3xxx serisi alaşımların dökümünde sıcaklık en önemli faktördür. Sıcaklığın yüksek olması şerit yüzeyinde yırtılmaya, kabuklanmaya ya da patlamalara neden olmaktadır (Alper 2003). 3xxx alaşımlarında silisyuma ek olarak magnezyum, bakır, nikel veya berilyum ilave edilebilir. Genel olarak Al-Si-Mg, Al-Si-Cu veya Al-Si-Cu-Mg olarak üç farklı kombinasyona sahip 3xxx alaşımlarında yüksek sıcaklık altında göstermiş olduğu mukavemet

değeri oldukça iyidir (www.aluminumsheet.net). Yüksek silisyum içerikli alaşımlar kalıcı döküm için tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra 3xxx alaşımların sahip olduğu termal genleşme katsayısı, silisyum ve nikel içeriği arttıkça azalmaktadır (Liu vd. 2008; Davis 2001).

Diğer yandan ikiz merdaneli döküm yöntemi doğrudan ergimiş, ince alüminyum rulonun ya da levhanın ekonomik olarak üretilmesi için şekillendirilmiş bir teknoloji yöntemidir (Doğan 2006). Şekil 1’de yatay döküm yönü için ikiz merdaneli şerit tekerleri şematik olarak gösterilmektedir. Sürekli şerit döküm yöntemi ile 3 mm’den 20 mm kalınlığa ve 2150 mm genişliğe kadar şerit üretimi mümkündür. Dökümden sonra şerit doğrudan sarılabilmektedir. Geleneksel döküm yöntemi ile karşılaştırıldığında verimlilik % 15-20 daha yüksek olmakla birlikte malzeme tüketimi ise % 1.5 - 2 daha düşüktür (Ahmed 2017; Watari vd., 2007; Cengiz 2018).



Şekil 1. Yatay ikiz merdaneli döküm işleminin şematik gösterimi (Cengiz 2018).

2. Materyal ve Metot

Yapılan deneylerde 1050 ve 3105 alaşımlı malzemeler kullanılarak gerçekleştirilen levha üretimi, ikiz merdaneli sürekli döküm yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Alaşımların dökümleri TS EN 573-3 standartlarında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 1’de deneysel çalışmalar için üretilen 1050 ve 3105 alaşımlarının döküm ortamı ve özellikleri verilmiştir. Dökümden alınan numunelerin kimyasal analizlerini belirlemek için laboratuvar ortamındaki spektrometre (Bruker Qantron markalı cihaz) kullanılmıştır. 1050 alaşımlı malzemelerden 1310

mm genişliğinde ve 5.50 mm kalınlığındaki numuneler soğuk haddeleme hattında 3 adımdan geçerek sırasıyla 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 laboratuvar tipi Protherm marka Kül Fırını (HLF50) kullanılmıştır.

Benzer şekilde 3105 alaşımı için döküm hattından alınan numunelerin spektrometre cihazı ile döküm

Çizelge 1. Alaşımların döküm ortamı ve özellikleri.

Alaşım	Su giriş-çıkış sıcaklığı (°C)	Tip ve Merdane Merkezi Aralığı (TMMa, mm)	Tandis sıcaklığı (°C)	Merdane çap Ø (mm)	Döküm hızı (cm/dk)	Merdane bombesi (µm)
1050	37-41	46	700	629.00	140	0.28
3105	38-41	39	700	660.21	124	0.23

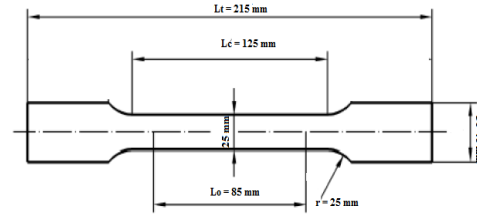
Döküm yönünden dik kesit halinde alınan 1050-H0 (tavlanmış) alaşımından 1.90 mm kalınlığında altı adet, 2.00 mm kalınlığında altı adet ve 2.20 mm kalınlığında 2 adet farklı numune giyotin tipi makas yardımı ile kesilip, uzamanın kolay tespit edilebilmesi için orta bölgesinden inceltilecek şekilde hazırlanmıştır. Benzer şekilde 3105-H24 (soğuk şekillendirilmiş ve kısmen tavlansmış) alaşım 0.35 mm kalınlığındaki 5 adet farklı numune de giyotin tipi makas yardımı ile kesilip, orta bölgesinden inceltilecek şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin inceltirilmiş kısımları ortalanarak çekme cihazına yerleştirilerek ölçümleri yapılmıştır. 1050 ve 3105 alaşımlarından hazırlanan numunelerin mekanik karakterizasyonunu gerçekleştirmek amacıyla inceltirilmiş kısımları ortalanarak çekme cihazına yerleştirilmiş ve çekme-akma mukavemetleri belirlenmiştir. % uzama miktarlarını belirlemek için ise çekme testleri uygulanmıştır. Çekme testlerinin sonuçları TS EN 485-2 standartlarına

Çizelge 2. 1050 – H0 alaşım 1.90 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin spektrometre analiz sonuçları.

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

analizleri yapılmıştır. 1350 mm genişliğinde, 6 mm kalınlığındaki malzemeler 7 adımdan geçirilerek 0.35 mm nihai ürün halini getirilmiştir. Malzemeler soğuk haddelemede 1.15 mm kalınlığında getirildiğinde sırası ile 316, 318, 321, 323 ve 324 °C sıcaklıkta 4 saat süre ile ara tavlama işlemine tabi tutulmuştur. Aynı malzemeler soğuk haddeleme sonrasında 0.35 mm kalınlığında nihai ürün şekline getirildiğinde ise 221, 223, 225, 237 ve 241 °C sıcaklıkta 4 saat süre ile nihai tavlama işlemi uygulanmıştır.

göre uygunlukları kontrol edilmiştir. Şekil 2' de çekme numune testinin şematik olarak nasıl hazırlanması gerektiği gösterilmiştir.



Şekil 2. Çekme testi numunesi (Lo: orijinal ölçüm boyutu. Lc: paralel boy. Lt: toplam uzunluk).

3. Bulgular

3.1. 1050 ve 3105 Alaşım Malzemelerin Döküm Analizleri

1050-H0 (tavlanmış) alaşım 1.90 mm, 2 mm ve 2.2 mm farklı kalınlıklardan alınan numunelerin içerdikleri alaşım elementi yüzdesini görmek amacıyla gerçekleştirilen spektrometre analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 2-4'de verilmiştir.

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

Çizelge 3. 1050 – H0 alaşımlı 2.00 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin spektrometre analiz sonuçları.

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

Çizelge 4. 1050 – H0 alaşımlı 2.20 mm kalınlığındaki numunelerinin spektrometre analiz sonuçları.

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

Çizelgelerden de görüleceği gibi söz konusu alaşımların Al saflık oranı oldukça yüksektir. Çizelge 5’de 3105 – H24 (soğuk şekillendirilmiş ve kısmen tavllanmış) alaşımlı 0.35 mm kalınlığındaki farklı numunelerin spektrometre analiz sonuçları

verilmiştir. 1050 alaşıma göre 3105 alaşımlı numunelerde alüminyum saflık oranları daha düşük iken içerisindeki alaşım miktarlarının yüzde oranları daha yüksektir.

Çizelge 5. 3105 – H24 alaşımlı 0.35 mm kalınlığındaki farklı numunelerin spektrometre analiz sonuçları.

Kimyasal bileşimleri. (% ağırlık)													
No	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Zr	Al
1	0.154	0.418	0.018	0.309	0.210	0.007	0.006	0.021	0.027	0.011	0.012	0.000	98.807
2	0.149	0.403	0.011	0.350	0.202	0.006	0.006	0.016	0.033	0.012	0.012	0.000	98.800
3	0.169	0.386	0.008	0.301	0.342	0.006	0.007	0.010	0.029	0.012	0.011	0.000	98.719
4	0.137	0.455	0.007	0.330	0.304	0.000	0.006	0.017	0.028	0.012	0.013	0.000	98.691
5	0.180	0.430	0.009	0.418	0.320	0.004	0.007	0.012	0.028	0.010	0.012	0.001	98.569

3.2.1050 ve 3105 Alaşımlı Malzemelerin Mekanik Özellikleri

1050 – H0 alaşımının 1.90 mm, 2 mm ve 2.2 mm kalınlığından alınan farklı numunelerin çekme-akma mukavemetleri (MPa) ve % uzama sonuçları

sırasıyla Çizelge 6-8’de verilmiştir. Literatürle (Davis 2001) uyumlu olarak gerek 1050 gerek 3105 alaşımlı numunelerin çekme/akma mukavemetleri tavlama sıcaklığının artışıyla ters orantılı azalırken, alaşımların % uzama değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

Çizelge 6. 1050 – H0 alaşımlı 1.90 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin çekme-akma mukavemetlerinin (MPa) sonuçları, % uzama sonuçları.

No	Tav sıcaklığı (°C)	Çekme Dayanımı Rm (MPa)	Akma Dayanımı Rp0.2 (MPa)	% 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

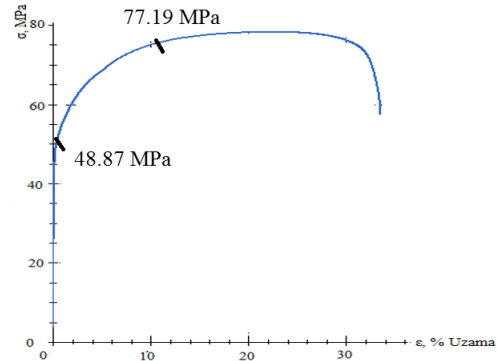
Çizelge 7. 1050 – H0 alaşımı 2.00 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin çekme-akma mukavemetleri (MPa), % uzama sonuçları.

No	Tav sıcaklığı (°C)	Çekme Dayanımı Rm (MPa)	Akma Dayanımı Rp0.2 (MPa)	% 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

Çizelge 8. 1050 – H0 alaşımlı 2.20 mm kalınlığındaki farklı numunelerinin çekme-akma mukavemetleri (MPa), % uzama sonuçları.

No	Tav sıcaklığı (°C)	Çekme Dayanımı Rm (MPa)	Akma Dayanımı Rp0.2 (MPa)	% uzama
1	382	74.44	43.68	39.87
2	417	73.22	42.72	40.26

Şekil 3’de verilmiş olan gerilim-gerinim eğrisi 1050 alaşımının 2 mm kalınlığındaki 2 nolu numunesine aittir.



Şekil 3. 2 mm kalınlığındaki 1050-H0 alaşımlı 2 nolu numunesinin gerilim-gerinim eğrisi

Buna göre verilen grafik değerlendirildiğinde gerçekleştirilen çekme testinde numunenin akma dayanımının (48.87 MPa) üzerine çıktığında plastik şekil değişimi gerçekleşmeye başlamıştır. Maksimum çekme mukavemetine (77.19 MPa) ulaşıldıktan sonra malzeme doğrusal bir uzama göstermemektedir. Literatürde de bilindiği üzere plastik kararsızlık (plastic instability) olarak da isimlendirilen bu durumda numune sadece boyun veren bölge içerisinde uzamaya devam etmektedir. Kopma noktasına ulaşıldığında numune boyun vermenin gerçekleştiği bölgeden

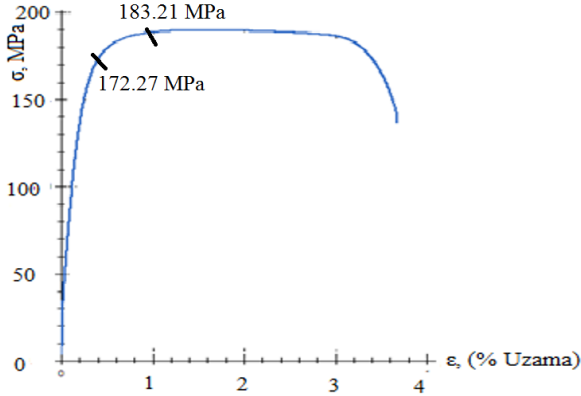
kopmaktadır (Tairu vd. 2014; Ahmed 2017; Barekar and Dhindaw 2014; Cengiz 2018).

Çizelge 9’da 3105 – H24 (soğuk şekillendirilmiş ve kısmen tavllanmış) alaşımlı 0.35 mm kalınlığındaki farklı malzemelerinin çekme-akma mukavemetleri (MPa) ve % uzama sonuçları verilmiştir. 3105 alaşımlı malzemelerde çekme-akma mukavemetleri artar iken % uzama değerlerinin azalmakta olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 9. 3105 – H24 alaşımlı 0.35 mm kalınlığındaki farklı malzemelerinin çekme-akma mukavemetleri (MPa), % uzama sonuçları.

No	Tavlama Sıcaklığı (°C)	Çekme Dayanımı Rm (MPa)	Akma Dayanımı Rp0.2 (MPa)	% uzama
1	241	163.74	153.73	3.88
2	237	183.21	172.27	3.61
3	225	186.89	177.34	2.99
4	223	188.17	174.43	1.48
5	221	189.43	177.66	1.61

Şekil 4’ de 3105 alaşımlı numunenin gerilim-gerinim eğrisi verilmiştir.



Şekil 4. 0.35 mm kalınlığındaki 3105 alaşımlı 2 nolu numunenin gerilim-gerinim eğrisi

Söz konusu eğri Çizelge 9’da verilen alaşımlı ikinci numunesine aittir. Grafikte akma dayanımının (172.27 MPa) üzerine çıktığında plastik şekil değişimi gerçekleşmeye başlamıştır. Maksimum tepe noktası çekme dayanımının (183.21 MPa) olduğu yerdir. Bu esnada numune bir müddet daha uzamakta (% 3.61) ve numunenin kopması ile çekme testi son bulmaktadır. 1050 ve 3105 malzemeleri karşılaştırıldığında 3105 malzemelerde bulunan

alaşım miktarları mukavemet değerlerini artırırken, % uzama değerlerini düşürmektedir.

4.SONUÇLAR

1050 – H0 alaşımlı alüminyum levha, döküm hattında 1310 mm genişliğinde, 5.50 mm kalınlığında; 3105-H24 alaşımlı alüminyum levha ise döküm hattında 1350 mm genişliğinde, 6 mm kalınlığında sürekli döküm yöntemi ile üretilmiştir. Soğuk haddeleme işlemi ile 3 adımda 1.90 mm, 2.00 mm ve 2.20 mm kalınlıkta nihai ürün şeklini alan 14 adet farklı numune sonuçları incelenmiştir. 1050 alaşımlı numunelerin tavlama süresi sabit tutularak, sıcaklığın artmasıyla birlikte çekme-akma mukavemeti azalırken, % uzama miktarlarının arttığı görülmüştür. Bu durumun nedeninin artan sıcaklıkla birlikte dislokasyonların hareketlenerek malzemenin çekme ve akma mukavemetini azalttığı ve % uzama değerini arttırdığı olarak düşünülmektedir (Hwang, Monteiro vd. 2012). 3105-H24 alaşımlı alüminyum levha soğuk haddeleme işlemi ile 7 adımda 0.35 mm kalınlığında nihai ürün şeklini aldığı ise farklı tavlama sıcaklıkları uygulanmıştır.

Dökümden alınan deneylerin sonuçları incelendiğinde 3105 alaşımlı levhaların soğuk haddelemeden sonra kalınlık miktarının azalması, akma-çekme mukavemetleri artırırken, % uzama miktarlarını azaltmıştır (Çizelge 9). Bunun sebebinin ise iç yapı kusurları ve malzemede meydana gelen dislokasyon yoğunluğu olduğu düşünülmektedir (Demiray, 2016; Akdoğan vd., 2019). Dislokasyon yoğunluğunun artması plastik deformasyonun gerçekleşmesinde oldukça önemlidir. Dislokasyonların varlığı plastik deformasyonu kolaylaştırırken, yoğunluğunun artması dislokasyon hareketini engellemektedir ve malzemenin plastik deformasyonunu güçleştirmektedir. Deformasyon sertleşmesinin esası dislokasyon yoğunluğunun artmasıdır (www2.virginia.edu, 2019).

Aynı zamanda 3105 alaşımlı levhaların alaşım miktarlarının artışıyla (Çizelge 5) paralel olarak çekme-akma mukavemetler artarken, % uzama miktarları azalmıştır. Literatür incelendiğinde, alaşım içindeki elementlerin atomlarının boyut farklılığı sonucunda oluşan kafes çarpılmaları ile atomlarla hareket halindeki dislokasyonların etkileşimi sonucu iç gerilmelerin oluştuğundan ve bu durumda, dislokasyon hareketleri engellendiği veya yavaşladığı için malzemenin sertlik ve mukavemet değerlerinin arttığından söz edilmektedir (Ryen vd. 2006; Liu vd. 2014).

Teşekkür

Sunulan çalışmada gerçekleştirilen araştırma ve geliştirme çalışmalarında destek olan P.M.S. Alüminyum (Bursa) ailesine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Alam T., and Ansari. A.H., 2017. Review on aluminium and its alloys for automotive applications. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*. 05, 05, 278-294.

Alper. M.G., 2003. Alüminyum sürekli döküm yöntemi ile üretilmiş 5052 – 5182 alüminyum alaşımlarının şekillendirilebilirlik kabiliyetlerinin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 102.

Doğan E., 2006. 1050 Ve 8006 Alüminyum alaşımlarının deformasyon ve yeniden kristalleşme davranışı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 81.

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.

Sanders, R.E., Baumann, Jr. S. F., Stumpf, H. C., 1989. Wrought non-heat treatable aluminum alloys. *Treaties of Material Science and Technology*, 31, 66-104.

Emley, E.F., 1976. Continuous, casting of aluminium. *Journal International Metals Reviews*, 21, 1, 75-115.

<https://www.aluminumsheet.net/3105-aluminum-alloy/>, (09.08.2019)

Liu, W.C., Li, C., Man, S., 2008, Effect of heating rate on the microstructure and texture of continuous cast AA3105 aluminum alloy. *Materials Science and Eng.: A*, 478, 1-2, 173-180.

Davis, J.R., (2001). Aluminum and aluminum alloys alloying. understanding the basics, *Asm International*, 1-633.

Tairu O., Aiyedun P., 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.

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.

Cengiz N.M., 2018. İkiz Merdane Yöntemi İle 1xxx Serisi Ve 3xxx Serisi Alüminyum Levha Üretimindeki Proses Parametrelerinin Özellikler Üzerindeki Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, KDPÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya,36-37.

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.

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.

Akdoğan, V.U., Işıksaçan, 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

Barekar N.S., Dhindaw B.K., 2014. Twin roll-casting of Al Alloys- An Overview, *Materials and Manufacturing Processes*, 29:651-661.

<https://www2.virginia.edu/bohr/mse209/chapter7.htm>, (17.09.2019)

Liu Z., Mohles V., 2014. Slolution strengthening of various elements in aluminum alloys, *Materials Science Forum*, 794-796: 473-478.

Ryen Q., Holmedal B., Nijs O., Nes E., Sjölander E., Ekstrom E., 2006. Strengthening mechanisms in solid

solution aluminum alloys, *Metallurgical and Materials Transactions A*, 37 (6):1999-2006