

Sürekli Dik Döküm – Dövme Yöntemi ile Üretilmiş Alüminyum Süspansiyon Parçasının Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Ahmet Asım Eser^{1*}, Ümit Ahmet Çakal¹, Fikret Kabakcı² ve Mustafa Acarer³

¹AYD Otomotiv Endüstri San. ve Tic. A. Ş. Ar-Ge Merkezi, Türkiye

²Makine Ve Metal Teknolojileri / Alaplı MYO Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

³Metalurji ve Malzeme Mühendisliği / Teknoloji Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Türkiye

*eser.ahmetasim@aydtr.com

(Received: 03 December 2024, Accepted: 06 December 2024)

(3rd International Conference on Recent Academic Studies ICRAS 2024, December 03-04, 2024)

ATIF/REFERENCE: Eser, A. A., Çakal, Ü. A., Kabakcı, F. & Acarer, M. (2024). Sürekli Dik Döküm – Dövme Yöntemi ile Üretilmiş Alüminyum Süspansiyon Parçasının Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8(11), 229-237.

Özet – Günümüzde otomotiv sektörü hem maliyetlerin azaltılması hem de ağırlık azaltma ihtiyacı nedeniyle sürekli olarak geliştirme, iyileştirme ve yenilikçi olmayı hedeflemektedir. Bu yüzden araçların süspansiyon sistemlerinde konfordan ödün vermeden en hafif parçalar ile güvenli bir şekilde yol tutuşu sağlanması hedeflenmektedir. Bu amaçla mevcut üretim tekniklerinden farklı olarak dövme öncesinde ön şekli alüminyum sürekli dik döküm üretim yöntemi ile elde edilmiş yeni bir üretim süreci olan sürekli dik döküm – dövme ile alüminyum süspansiyon parçası olan salıncak üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu yenilikçi üretim tekniğinde ön şekli alüminyum sürekli dik döküm ile elde edilen parça sıcak dövme işlemi ile nihai ölçülerine getirilmiştir. Mevcut süreçte ise alüminyum ikiz bantlı dökümden dövme ile elde edilen salıncak parçasının alüminyum sürekli dik döküm dövme ile elde edilen salıncak parçasının metalografik ve mekanik yönden karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırma yapmak üzere mikro yapı analizi, sertlik analizi, çekme testi ve mafsalsal çıkma testi gerçekleştirilmiştir. Mevcut üretim yöntemine yakın özellikler gösteren yenilikçi alüminyum sürekli dik döküm dövme salıncak parçasının kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Alüminyum salıncak süspansiyon parçası üretiminde ulusal çapta ilk defa gerçekleştirilen bu üretim yönteminin uluslararası arenada etkin katma değeri yüksek ürün olarak değerlendirileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Süspansiyon Parçası, Sürekli Dik Döküm, Alüminyum, Alüminyum Dövme, Alüminyum Döküm.

I. GİRİŞ

Süspansiyon sistemi, araç şasesi ve tekerlekler arasında yer alan ve yay, amortisör, burç, çubuk, bağlantı ve kollardan oluşan bir sistemdir. Süspansiyon sistemi gövdeyi akslar üzerinde tutan elemandır. Gerek araç dinamiğinden kaynaklanan gerekse yoldaki düzgünsüzlüklerden meydana gelen titreşimleri sönmeler [1].

Araçlarda kullanılan süspansiyon sisteminin amacı; minimum bir aşağı-yukarı salınma hareketi ile aracın öne doğru hareket etmesine imkân vermek ve yol ile lastik arasında teması kaybetmeden viraj almayı sağlamaktır. Süspansiyon sistem **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** de görüldüğü gibi yol yüzeyindeki

engebelerin oluşturduğu darbelerin aracın gövdesine geçerken absorbe edilerek aracın sarsıntı olmaksızın hareketine olanak sağlar.

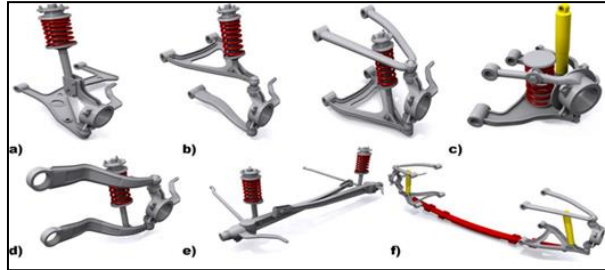


Şekil 1. Araç gövdesinin yol şartlarına göre hareketi [2].

Günümüzde otomotiv sektörü kendini sürekli olarak geliştirmeyi, iyileştirmeyi ve yenilikçi olmayı hedefleyen en önemli sektörler arasındadır [2]. Otomotiv sektöründe süspansiyon parçaları üretiminde de ağırlık düşürmenin yanında maliyeti düşürmek adına alüminyum parça sayısı ve çeşidi artmıştır. Çok sayıda ve çok çeşitli alüminyum süspansiyon parçaları üretimi gerçekleştirilmektedir. Geline bu süreçte ise maliyeti düşürmek adına daha az hammadde kullanımı için sürekli olarak yenilikçi üretim teknolojileri aranmaktadır. Örneğin alüminyum süspansiyon parçası olan alüminyum salıncak parçası; dövme, döküm, döküm-dövme, yarı katı şekillendirme, alçak basınçlı döküm, gravity döküm gibi farklı yöntemler ile üretilmektedir.

Daha az yakıt tüketen çevre dostu bir otomobil daha hafif olmalıdır. Tasarım değişiklikleri dışında bunu sağlayabilecek tek yöntem otomobil imalatında daha hafif malzeme kullanmaktır. Alüminyum güvenlikten ödün vermeden, konfordan vazgeçmeden, daha az yakıt tüketen çevre dostu bir otomobilin tasarımında kullanılabilir en cazip konstrüksiyon malzemesidir. Aynı hacimde alüminyumdan üretilen bir parça 2,7 kg gelirken çelikten üretilen parça 7,8 kg gelmektedir. Birim ağırlıktaki mukavemet çeliğinkini 2 kat geçmektedir [3]. Bu çalışmada da sürekli dik döküm ile ön şekli elde edilmiş ve ardından dövme ile şekillendirilmiş salıncığın mevcut ile karşılaştırılarak metalografik ve mekanik özellikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Süspansiyon sistemleri, hızlanma, frenleme, viraj alma, bozuk yolda ilerleme benzeri birçok farklı koşullar altında güvenliği ve konforu sağlamalıdır. Süspansiyon sistemleri genellikle sabit (katı) ve bağımsız (serbest) olarak iki grupta değerlendirilir. Bağımsız süspansiyon sistem türleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



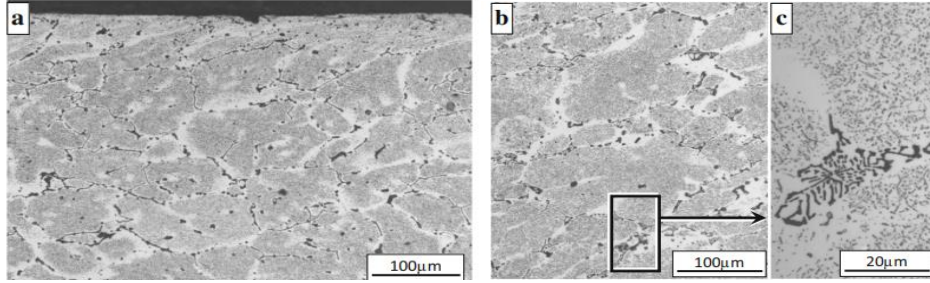
Şekil 1. Bağımsız süspansiyon sistemleri (a) MacPherson süspansiyon (b) Çift salıncaklı süspansiyon (c) Çok kademeli süspansiyon (d) Çeki (İz) kollu süspansiyon (e) İkiz I-kiriş süspansiyon (f) Enine yaprak yaylı süspansiyon [4]

Süspansiyon sistemi modeline göre Şekil 3’te tasarımı açısından çeşitlilik gösteren salıncaklar imal edildikleri malzeme ve yöntemlerine göre de farklı tasarımda üretilmektedir. Literatürde ekstrüzyon profilden dövme ile üretilmiş ürünün, ikiz bantlı döküm ardından dövme ile elde edilen ürünle karşılaştırma çalışma mevcuttur [5]. Bu yöntem ile üretim prosesinde; şablon kesimi sonrasında kalan parçanın aşırı fazla olması, yüksek kalınlıklarda plakanın elde edilememesi ve döküm yöntemi gereği şablon kesitinin alt kısımlarında inklüzyonların birikmesi gibi durumlar hem maliyeti hem üretilmemesi hem de ürün özelliklerinin düşük olmasına sebep olmaktadır.



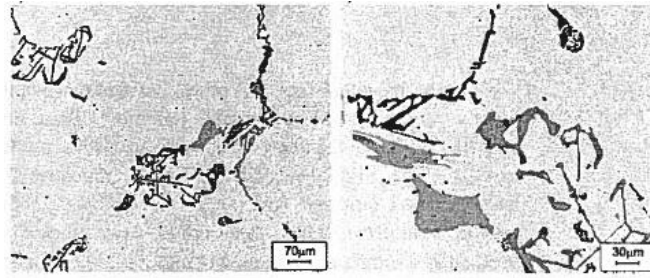
Şekil 3. Farklı geometrik şekillere sahip orijinal alüminyum salıncaklar

Y. Birol ve arkadaşları ikiz bantlı döküm yöntemi ile üretilen plaka ile ilgili yapmış oldukları çalışmada Şekil 4'teki mikro yapı görüntülerini elde etmiştir. Bu görüntülere göre sonuçta hem tanelerin içinde hem de tane sınırlarında Fe bazlı intermetalik parçacıklar olduğunu göstermişlerdir. Alüminyum dövme ve döküm alaşımlarındaki β -Al₅FeSi parçacıkları tipik olarak iğne ve plakalar biçimindedir ve şekilleri, mekanik özellikler üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır [5].



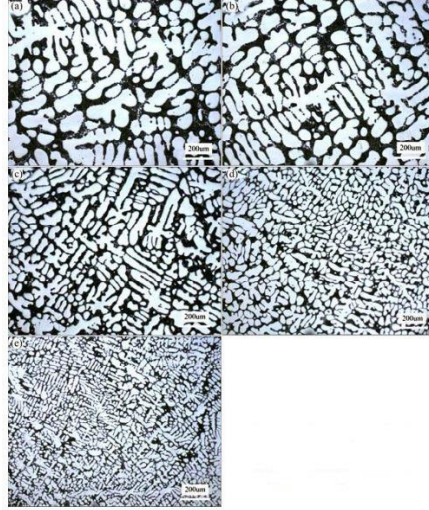
Şekil 4. İkiz bantlı döküm ile üretilen EN AW 6082 alaşımı plaka mikro yapı görüntüleri, a) yüzey, b ve c) merkez [5].

Mrowka-Nowotnik yapmış olduğu çalışmasında Şekil 5'te 6082 alaşımının döküm halindeki mikro yapısını göstermiştir. Yapının; α -Al matriksten, farklı intermetalik bileşenlerden ve Si(silisyum) fazından oluştuğunu göstermiştir [6].



Şekil 5. 6082 alaşımının döküm mikro yapısı [6].

R. Chen, 'soğutma hızının Al-7Si-0.3Mg-0.15Fe alaşımının katılaşma parametreleri ve mikro yapısı üzerindeki etkisi' adlı çalışmasında Şekil 6'da Al-7Si-0.3Mg-0.15Fe alaşımının farklı soğuma hızlarına sahip numunelerinin mikro yapısını incelemiştir. Bu görüntülere göre yapıların α -Al (açık alan), ötektik ve intermetaliklerin (siyah alan) karışımından oluştuğunu göstermiştir [7].



Şekil 6. Farklı soğuma hızlarına sahip numune 1 (a), numune 2 (b), numune 3 (c), numune 4 (d) ve numune 5 (e) mikro yapıları [7].

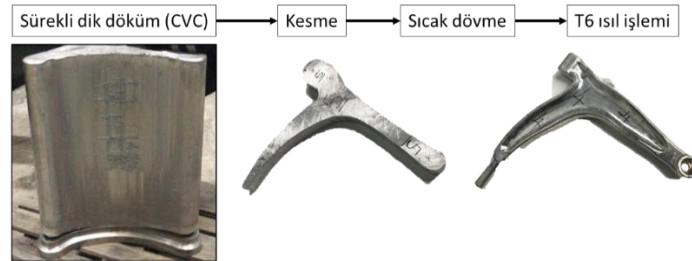
II. MATERYAL VE YÖNTEM

Sürekli dik döküm yönteminde kullanılmak üzere A356.0 alaşımından külçeler 800 kg kapasiteli devirmeli ocakta ergitilmiştir. Tablo 1’de alaşımın kimyasal kompozisyonu ve standart spektler verilmiştir. Ocak sıcaklığı $750^{\circ}\text{C}\pm 5$ ve hava ile teması tamamen engelli bir şekilde kapatılmıştır. Kimyasal kompozisyonların belirlenmesi için Spektromaxx Optik Emisyon Spektroskopi cihazı kullanılmıştır. 7 bar basınç kullanılarak kimyasal kompozisyon analizleri Spark Analyzer Vision MX programı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Sürekli dik döküm yöntemi ile üretilen parçanın kimyasal kompozisyonu

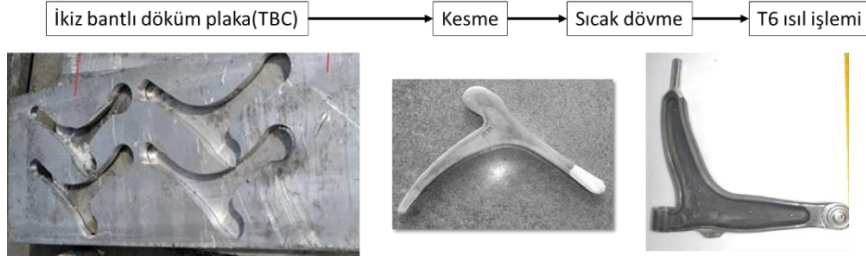
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn
Sürekli dik döküm parça	7.1	0.28	0.001	0.004	0.42	0.14	0.007
A356.0 standart	<u>6.5-7.5</u>	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.1	<u>0.25-0.45</u>	≤ 0.2	≤ 0.1

300 kg kapasiteye sahip pota, pota ısıtıcı vasıtasıyla yaklaşık 200°C sıcaklığa ısıtıldıktan sonra ocaktan sıvı metal ısıtılmış potaya alınmıştır. Pota ısıtılması hem potanın çatlaması, kırılması gibi bir hata ile karşılaşmamak, hem de pota iç yüzeyinde nemin yüzeyde olmamasını sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Daha sonra gaz giderme ünitesine alınan sıvı metal hem gaz giderme işlemi hem de cüruf tozu eklenerek sıvı metalin rafinasyon işlemleri yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra sürekli dik döküm ünitesine taşınan pota ile döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Sürekli dik döküm ardından dövme prosesi Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Sürekli dik döküm-dövme prosesi

Mevcut üretim yöntemi olan ikiz bantlı döküm yöntemi ile Tablo 2’de verilen EN AW 6082 alaşımı 600 mm genişliğinde, 38,5 mm kalınlığında bir şerit şeklinde döküm makinesinde dökülmüştür. Dökülen plaka 30 mm kalınlığında sıcak haddelenmiştir. Daha sonra bu plakadan ön şekli belirlenmiş olan Şekil 8’de gösterilen ön şekil lazer kesim ile alınmıştır ve daha sonra dövme ile nihai ürün elde edilmiştir.



Şekil 8. İkiz bantlı döküm prosesi

Tablo 2. İkiz bantlı döküm yöntemi ile elde edilen parçanın kimyasal kompozisyon

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn
İkiz bantlı döküm parça	0.76	0.32	0.001	0.42	0.68	0.002	0.031
EN AW 6082 standart	<u>0.7-1.3</u>	≤0.5	≤0.1	<u>0.4-1.0</u>	<u>0.6-1.2</u>	≤0.1	≤0.2

Her iki yöntemle de üretilen parçalara T6 ısıl işlem süreci uygulanmıştır. EN AW 6082 alaşımı için 530°C-540°C sıcaklıklarında 3 saat çözeltiye alma süreci ve 25°C-28°C sıcaklıklarında su vermenin ardından 180°C-185°C sıcaklık aralığında 3 saat yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. A356 alaşımı parçalara ise 500°C-520°C sıcaklıklarında 4 saat çözeltiye alma süreci ve 25°C-28°C sıcaklıklarında hızlı soğutma yapılmıştır. Daha sonra ise 170°C-175°C sıcaklıklarında yaşlandırma işlemi uygulanarak T6 ısıl işlem süreci tamamlanmıştır.

Tüm numuneler standart metalografi teknikleri kullanılarak hazırlanmıştır. Bu aşamada SiC zımpara kâğıtları ile zımparalama işlemi 180-320-500-800-1200-2400 gritlik sıra ile zımparalanmıştır. Daha sonra kaba parlatma işlemi için 3 mikronluk elmas süspansiyon ve nihai parlatma için 1 mikronluk koloidal silika ile parlatma işlemi yapılmıştır.

Çekme ve akma mukavemetinin belirlenmesinde ve % uzama değerlerinin ölçülmesinde Şekil 9'daki görselde gösterildiği gibi Zwick-Roell marka 25 ton kapasiteye sahip çekme basma test cihazı kullanılmıştır. Çekme testi esnasında çekme hızı 5 mm/dk olarak belirlenmiştir. Her iki yöntem ile üretilen salıncaklardan ASTM E8/E8M standardına uygun olarak çekme testi numunesi talaşlı imalat yöntemiyle elde edilmiş ve çekme testi oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Akma değeri ise çekme testi sonucunda elde edilen kuvvet(N)-ilerleme oranı (DL) grafiğinde belirgin bir akma noktası olmadığı için ilerleme oranının %0,02'sine karşılık gelen kuvvet değeri alınarak akma dayanımı hesaplanmıştır. Brinell sertlik testi yarı otomatik ölçüm yapan; LAİZHOU LAİHUA marka LH-ZHB-3000 model test cihazında gerçekleştirildi. 2,5 mm çapa sahip bilya ile 5 saniye süre boyunca 62,5 kgf yük altında ASTM E140 standardına uygun olarak testler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Zwick roell çekme basma test cihazı ve çekme test numunesi bağlanması

Son olarak güvenlik parçası olan salıncak süspansiyon parçasında; gövde parçaya yani salıncak parçasına montajı (sıvama) yapılan mafsallı bileşenin salıncaktan çıkma değerini belirlemek için mafsallı çıkma testi yapılmıştır. Bu test Zwick-Roell marka 25 ton kapasiteye sahip çekme basma test cihazında oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Bu test sonucunda mafsallı küre çapı değerine göre çıkma değeri AYD

spektlerine göre değerlendirilmiştir. Çıkma testi 5 mm/dk hızında Şekil 10'da görüldüğü gibi gerçekleştirilmiştir.

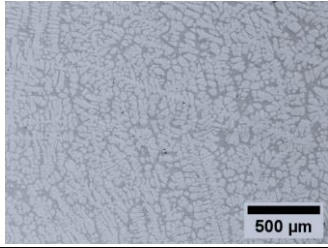
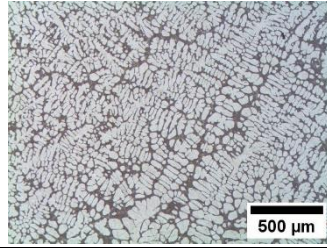
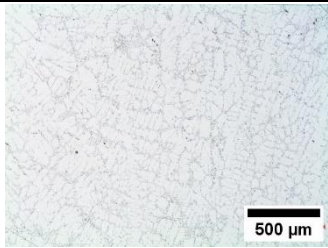



Şekil 10. Mafsalsal çıkma testi

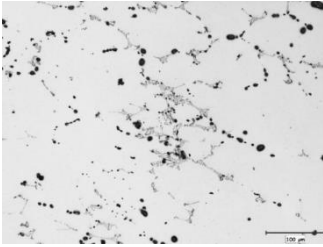
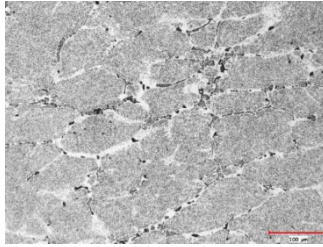
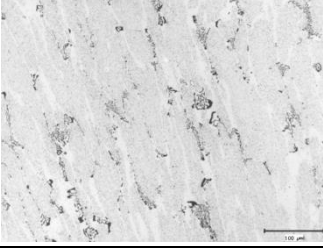
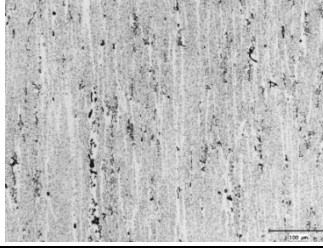
III. BULGULAR

Tablo 3'te sürekli dik döküm ile sürekli dik döküm+dövme+T6 ısıl işleme parçalarının parlatılmış ve dağlanmış mikro yapıları gösterilmiştir. Aynı şekilde Tablo 4'te de ikiz bantlı döküm ve ikiz bantlı döküm+dövme+T6 ısıl işleme parçalarının mikro yapı görüntüleri verilmiştir.

Tablo 3. Sürekli dik döküm ve sürekli dik döküm+dövme+T6 ısıl işleme parça mikro yapı görüntüleri

Parça Tanımı	50X- Parlatılmış	50X-Dağlanmış
Sürekli dik döküm		
Sürekli dik döküm dövme T6		

Tablo 4. TBC ve TBCF+T6 ısıtılmış parça mikro yapı görüntüleri

Parça Tanımı	200X-Parlatılmış	200X-Dağlanmış
İkiz bantlı döküm		
İkiz bantlı döküm dövme T6		

Sertlik analizi sonuçları da Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir. Sertlik analizinde 14 adet ölçüm alınmıştır. Bu ölçüm sayısı ile salıncak parçasının bütün bölgelerinin analiz edilmesi için yapılmıştır.

Tablo 5. Sürekli dik döküm dövme salıncığın sertlik analizi sonucu

Ölçüm sayısı	Sertlik değeri (HB)														Ort.	S.p.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Sürekli dik döküm	54	58	51	45	43	47	49	52	53	46	55	54	53	52	<u>51</u>	4,2
Sürekli dik döküm+ dövme+T6	99	93	94	90	89	92	89	87	92	91	92	90	92	95	<u>92</u>	2,9

Tablo 6. İkiz bantlı döküm plakadan dövme salıncığın sertlik analizi sonucu

Ölçüm sayısı	Sertlik değeri (HB)														Ort.	S.p.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
İkiz bantlı döküm	58	54	59	61	58	60	57	54	55	59	62	63	60	60	<u>58</u>	2,7
İkiz bantlı döküm+ dövme+T6	101	98	94	98	92	94	92	94	91	96	95	99	97	98	<u>95</u>	2,9

Her iki yöntem ile üretilen parçaların çekme testi sonuçları da Tablo 7 ve Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7. Sürekli dik döküm+dövme+T6 ile üretilen parçanın çekme testi sonucu

	Çekme Dayanımı (MPa)	Akma Dayanımı (MPa)	Uzama (%)
1. Numune	250	200	7
2. Numune	260	210	6
Ortalama	<u>255</u>	<u>205</u>	<u>6,5</u>

Tablo 8. İkiz bantlı döküm+dövme+T6 ile üretilen parçanın çekme testi sonucu

	Çekme Dayanımı (MPa)	Akma Dayanımı (MPa)	Uzama (%)
1. Numune	285	215	9
2. Numune	265	225	11
Ortalama	<u>275</u>	<u>220</u>	<u>10</u>

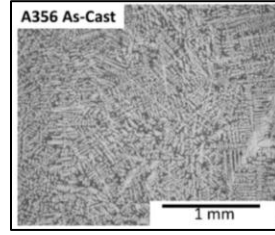
Mafsalsal çıkma testi sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Mafsalsal çıkma testi minimum değer Ø27 mm mafsalsal küresi için 3 tondur.

Tablo 9. Mafsal çıkma test sonuçları

Parça tanımı	Mafsal çıkma test sonucu $F_{max}(N)$
Sürekli dik döküm+dövme+T6	36100
İkiz bantlı döküm+dövme+T6	42800

IV. TARTIŞMA

Sürekli dik döküm alüminyum A356 alaşımı parçanın mikro yapısında dentritik yapının olduğu görülmektedir. Bu yapı A356 alaşımı döküm parçalarında tipik olarak görülen bir yapıdır. Literatürde de A356 alaşımı ile ilgili Guerrero-Seañez ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada standart kimyasal bileşime ait olan mikro yapı analizi paylaşmıştır. Şekil 11'da verilen mikro yapı görüntülerine göre Si parçacıkları bulunan $Al(\alpha)$ dendritlerinden oluşan bir mikro yapının olduğunu ortaya koymuşlardır [8].



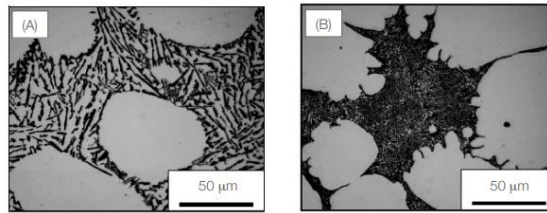
Şekil 11. Standart A356 alaşımı mikroyapı ve SEM analizi görüntüleri [8].

Sürekli dik döküm alüminyum yöntemi ile elde edilen ön şekilli parçanın soğuma hızının etkisi ile birlikte mikro yapının literatüre benzer şekilde küçük olmasını sağlamıştır. Kimi bölgelerde yuvarlağımsı yapıların varlığı söz konusu iken bazı bölgelerde dendritik kollar varlığını korumaktadır. Fakat ötektik silis fazının iğnemsiz şeklinde yapıda bulunması ise literatürde de geçen stronsiyum takviyesi ile yumuşatılarak iğnemsiz ötektik silis fazının ince elyaf şeklinde bulunması sağlanmaktadır [9]. Çalışma da yapılan sürekli dik döküm parçada ise ötektik silisyum parçacıkları iğnemsiz formda yapıda bulunmaktadır.

İkiz bantlı döküm parça olan 6082 alaşımının mikro yapısında ise genel olarak tane sınırlarında bazı bölgelerde tane içlerinde iğne ve plakalar biçiminde parçacıkların olduğu görülmüştür. Literatürde bu parçacıkların $\beta-Al_5FeSi$ olduğu gösterilmiştir.

Her iki yöntemin mikro yapıları karşılaştırıldığında dökümden sonra dövme ile yani şekillendirme ile mikro yapıda yönelmelerin olduğu görülmüştür.

Sürekli döküm dövme ile üretilen parçada sertlik analizi sonucunda ortalama 51 HB döküm parça sertliği ve dövme+T6 ısıl işlem sonrası ortalama 95 HB sertlik değeri vardır. İkiz bantlı döküm parçanı ise 58 HB, dövme+T6 sonrasında ise 95 HB sertlik değeri vardır.



Şekil 12. A) Ötektik silisyum B) Stronsiyum ilaveli modifikasyon [10].

Sertlik analizi yönünden karşılaştırıldığında yakın değerlerde oldukları için kabul edilebilir toleranslar içerisinde. Özellikle salıncak parçasından istenen 90-120 HB sertlik aralığını her iki yöntemde sağlamaktadır. Çekme test sonuçlarında ise her iki yöntemde salıncak süspansiyon parçasından beklenen akma dayanımı, çekme mukavemeti ve uzama değerlerini göstermiştir. Özellikle uzama değerleri hem döküm parametrelerinin hem de ısıl işlem parametrelerinin optimum seviye uygulanması ile maksimum değerlerde elde edilmesi mümkündür.

Mafsal çıkma test sonuçlarında ise 27 mm küre çapındaki mafsal bileşenine sahip salıncak için minimum çıkma kuvveti 3 ton olduğu için her iki yöntemle de bu koşul sağlanmıştır. Bu minimum değer üreticilere özgü olabilmekle beraber performans talebi de olabilmektedir.

V. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma sonucunda; sürekli dik döküm ile ön şeklinin elde edilerek şekillendirme ve ısı işlem sonrasında güvenlik parçası olan salıncak parçasının kullanılabilirliği mevcut durum ile karşılaştırılarak ortaya konmuştur. Bu çalışma literatürde benzer alüminyum döküm çalışmaları olmasına rağmen ön şeklinin sürekli dik döküm ile elde edilerek şekillendirilmiş parça çalışmaları içerisinde ilk olarak yerini alacaktır. Böylece buna benzer alüminyum çalışmalarında hem endüstride hem literatürde öncülük etmiş olacaktır. Mevcut durumdaki en kolay şekilde üretilen ürüne yönelik hem daha az maliyetli hem de aynı kalitede ürünün elde edilmesi bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Söz konusu bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir olup; TÜBİTAK 2210-D Yurt İçi Sanayiye Yönelik Yüksek Lisans Burs Programı'nda burs almaya uygun görülmüştür. Aynı zamanda çalışmadaki desteklerinden dolayı AYD Otomotiv Ar-Ge Merkezi ekibine ve değerli yöneticilerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] PUTGÜL, Y., & ALTIPARMAK, D. (2016). Taşıt süspansiyon sistemi çeşitleri ve ön düzen geometrisine etkileri. Politeknik Dergisi, 19(2), 195-202.
- [2] Yıldız, A., Optimizasyonu, S. K., & Analizi, Y. (2002). Otekon'02. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, Bursa.
- [3] Akdı, S. (04.10.2013). 6082 Alaşımli Dövme Parçaların Üretiminde Plastik Deformasyonun ve Sıcaklığın Dinamik Yeniden Kristalleşme Reaksiyonuna Etkisi. 6. Alüminyum Sempozyumu, ALUEXPO. <https://docplayer.biz.tr/201166939-6082-alasimli-dovme-parcalarin-uretiminde-plastik-deformasyonun-ve-sicakligin-dinamik-yeniden-kristallesme-reaksiyonuna-etkisi.html>
- [4] İnternet kaynağı; CarBibles (2021). Complete guide to car suspension, <https://www.carbibles.com/guide-to-car-suspension/> adresinden erişildi.
- [5] Birol, Y., Gokcil, E., & Akdi, S. (2017). Potential of twin-belt-cast EN AW 6082 blanks for the manufacture of wishbone suspension forgings. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 92, 3693-3701.
- [6] Mrowka-Nowotnik, G., Sienawski, J., Nowotnik, A., (2006). Intermetallic phase identification on the cast and heat treated 6082 Aluminium alloy, Archives of metallurgy and materials Vol. 51, issue 4., Poland.
- [7] R., CHEN, Y., SHI, Q., XU, B., LIU., Effect of cooling rate on solidification parameters and microstructure of Al-7Si-0.3Mg-0.15Fe alloy. Received 18 June 2013; accepted 8 September 2013.
- [8] Guerrero-Seañez, P., Garay-Reyes, C., Laguna-Zubia, L., Ruiz-Esparza-Rodríguez, M., Mendoza-Duarte, J., Estrada-Guel, I., Martínez-García, A., Hernández-Rivera, J., Cruz-Rivera, J., & Martínez-Sánchez, R. (2024). Relationship between Microstructure and Wear Behaviour in A356 Alloy and A356/Al₂O₃ and A356/WC Composites After Casting and Hot-Extrusion. Metals and Materials International, 1-10.
- [9] Alüminyum Döküm Alaşımları El kitabı, Arda Çetin, 2017, [El Kitabi 04 \(dokumhane.net\)](http://ElKitabi04.dokumhane.net).
- [10] Studies on tool wear, cutting forces and chip morphology during high-speed milling of Al-Si-Mg-Fe alloys. S.M. Reddy, A.C. Reddy. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. 2 (2013) 1987.