

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI MOTOR BLOĞU OLARAK KULLANILABİLECEK ALÜMİNYUM ALAŞIMIN TERCİHİ

Ali Özgür¹

Çağlar Yüksel²

Özen Gürsoy³,
Eda E. Songül⁴, Eray Erzi⁵,
Derya Dışpınar⁶

Erdöküm Makine
Sanayi ve Ticaret A.Ş.,
İstanbul

Yıldız Teknik Üniversitesi,
İstanbul

İstanbul Üniversitesi,
İstanbul

ÖZET

Alüminyum ve alaşımları hafiflik ve mukavemet oranının yüksek olmasından dolayı taşımacılık sektöründe sıklıkla kullanılan alaşımların başında gelirler. Korozyon direncinin de yüksek olması bu alaşımların tercih edilme nedenini arttırmıştır. Mukavemet değerlerini arzu edilen seviyelere yükseltmek adına alüminyum alaşımlarına Ti ile tane inceltmesi, Mg ve Cu ile çözültü sertleşmesi ve Sr ile mikroyapısal modifikasyonlar yapılır. Bu çalışmada, Al-Cu alaşımına Ag ilavesi, Al-Si alaşımına Sr ilavesi ile kalıp doldurma kabiliyeti, akışkanlık ve mukavemet ilişkileri incelenmesi yapılmıştır. Geleneksel olarak kullanılan spiral kalıba yapılan dökümler yanısıra, yeni geliştirilmiş olunan 8 kollu adı verilen ve 0.5 mm ile 8 mm arasında değişiklik gösteren kalınlıklara sahip kalıplara döküm yapılarak alaşım elementi ilavesine göre kalıp dolum kabiliyeti karakterize edilmiştir. Al-Cu alaşımında Ag ilavesinin akışkanlığa hiçbir etkisi olmadığı ancak mukavemeti 50-80 MPa civarında arttırdığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte Al-Cu alaşımlarına yapılan Si ve Sr ilavesi ile hem akışkanlığın ciddi seviyelerde arttığı ve en ince kesitlerin bile doldurulabildiği gözlemlenmiş hem de mukavemet değerlerinin 350 MPa seviyelerine çıkabildiği tespit edilmiştir.

GİRİŞ

Alüminyum, diğer pek çok metale göre hafifliği, alaşımlandırıldığında istenen mukavemete ulaşabilmesi, yüksek ısı ve elektriksel iletkenliği, yüksek korozyon direnci, geri dönüştürülebilirliği, yüksek şekillendirilebilme kabiliyeti gibi özelliklerinden dolayı endüstride dikkat çekmektedir (Lumley, 2011). Özellikle yoğunluğunun ($2,7 \text{ g/cm}^3$) demirinkinin yaklaşık üçte biri olmasına

¹ Bişey Mühendisi, E-posta:

² Araş. Gör., Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., E-posta: cyuksel@yildiz.edu.tr

³ Yüks. Lis. Öğrencisi, Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., E-posta: ozen.gursoy@gmail.com

⁴ Araş. Gör., Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., eda.ergun@istanbul.edu.tr

⁵ Araş. Gör. Dr., Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., E-posta: eerzi@istanbul.edu.tr

⁶ Doç. Dr., Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., E-posta: deryad@istanbul.edu.tr

rağmen alaşımlandırma ile mukavemetinin artırılabilmesi sayesinde otomotiv ve havacılık alanlarındaki pek çok uygulamada tercih edilen malzeme olmuştur (Din, 1996a ve 1996b).

Al – Cu alaşımları tok ve yüksek mukavemetli alaşımlardır. Yüksek sertlik, ısıtılma uygunluk gibi özelliklere sahip olmalarına rağmen kalıp doldurma kabiliyetleri; yani akışkanlıkları oldukça düşüktür (Staley, 2007; Kapoor, 2011; Tseng, 2002). Al – Cu alaşımlarına Ag ilavesi ile mukavemetlerinin ve korozyon dirençlerinin artırılması hedeflenmektedir (Tiryakioglu ve Campbell, 2009).

Al – Si alaşımları, tüm alüminyum alaşımları arasında en yüksek akışkanlık kabiliyetine sahip olmasına karşın mukavemeti orta seviyededir (Çolak, 2015). Ancak tane inceltmesi ve silisyum modifikasyonu uygulanarak akışkanlığı azalmadan mukavemet değerleri oldukça artırılabilir (Dispınar, 2010). Stronsiyum, silisyum modifikatörü; Ti-B master alaşımları da tane inceltici olarak uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Ludwig, 2012). Sr ilavesi ile gerilim birikmesine neden olan iğnemsî yapılar inceltir ve Ti-B ilavesi ile de tane boyu azaltılır. Böylece mikroyapı istenen hale gelmiş olur (Caceres, 1996; Dai, 2003). Mikroyapıdaki bu değişim mekanik özellikleri de doğrudan olumlu olarak etkilemektedir (Wang, 2002). Al – Si alaşımına yapılan az miktardaki bakır ilavesi de malzemenin mukavemet değerlerini artırır; talaş kaldırma ve ısıtılma uygunluk özelliklerini olumlu yönde etkiler (Dispınar ve Campbell, 2011).

UYGULAMALAR

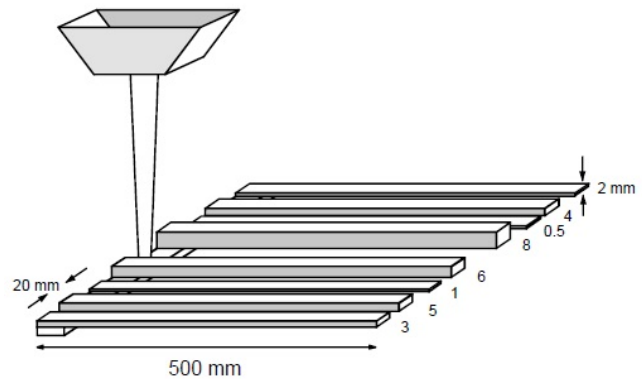
Bu çalışmada kimyasal analizi Çizelge 1’de verilen A201, A206, A356 ve A380 alüminyum döküm alaşımları ile akışkanlık ve çekme testi numuneleri dökülmüştür.

Çizelge 1: Alaşımların kimyasal analizi

Alaşım	Si	Cu	Ag	Ti	Mg	Mn	Sr	Al
A201	0,00	4,60	0,55	0,23	0,31	0,29	0,00	Kalan
A206	0,01	4,65	0,00	0,25	0,26	0,28	0,00	Kalan
A356	7,50	0,20	0,00	0,20	0,45	0,10	0,03	Kalan
A380	7,75	2,65	0,00	0,25	0,45	0,10	0,03	Kalan

Döküm öncesi rotari gaz giderme işlemi uygulanmıştır. Döküm 750°C’de kum kalıba yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

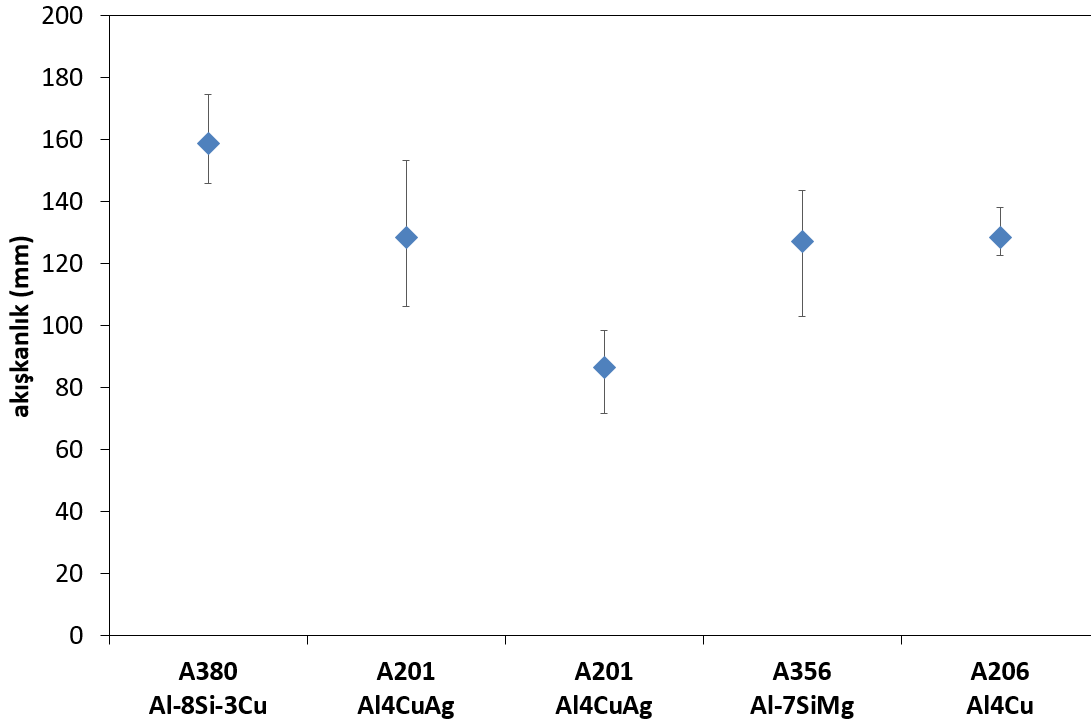
Bu çalışmada iki farklı akışkanlık testi uygulanmıştır. Bu testlerin ilki spiral akışkanlık test yöntemidir. Spiral akışkanlık test yönteminde sıvı metalin sabit kesite sahip spiral şeklindeki kalıp boşluğu boyunca ilerlemesi istenir. Tercih edilen diğer akışkanlık test yöntemi ise 8 kollu akışkanlık test yöntemidir. Bu yöntemde kullanılan test kalıbı (Şekil 1), genişlik/uzunluk oranı aynı ancak kalınlıkları farklı 8 kola sahiptir.



Şekil 1: Spiral (solda) ve 8 kollu (sağda) akışkanlık test kalıbı/numunesi

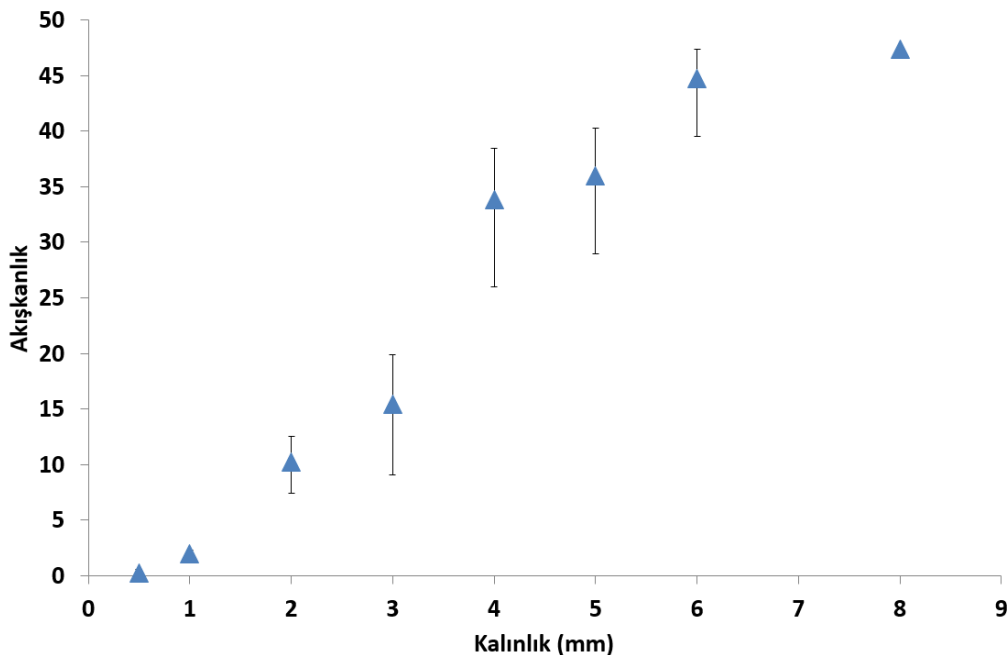
Uygulanan diğer test çekme testidir. Bu test ile alaşımların söz konusu döküm şartları ile elde edilen mukavemet değerleri gözler önüne serilmektedir. Çalışmada yapılan her üç farklı testin sonuçları da karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Her iki akışkanlık test yönteminde de en yüksek akışkanlık değerleri A380 alaşımında elde edilmiştir (Şekil 2). Bu sonuçlar sayesinde Al – Si alaşımlarının kalıp doldurma kabiliyetindeki üstünlükleri apaçık ortadadır. Geleneksel olarak motor bloğu yapımında tercih edilen A201 alaşımının akışkanlık değerleri düşük ve oldukça istikrarsızdır. Ayrıca Ag ilavesinin de akışkanlığı olumsuz etkilediği göze çarpmaktadır.



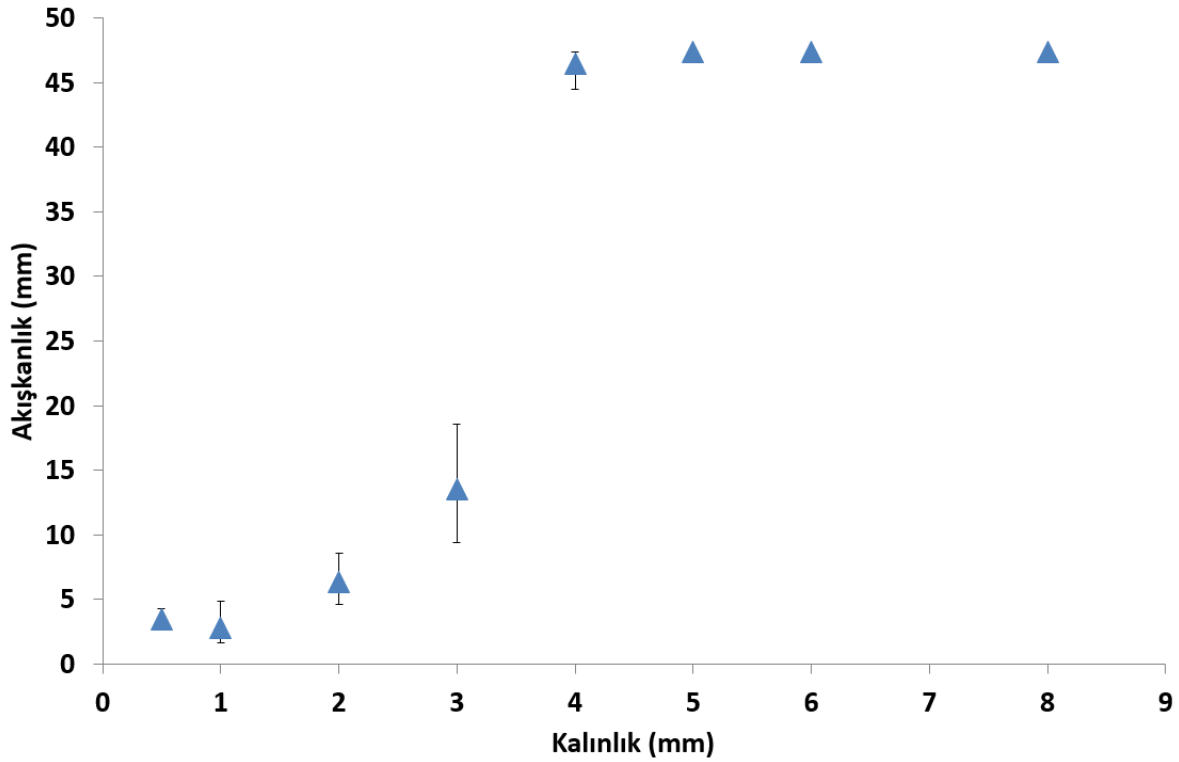
Şekil 2: Karşılaştırmalı olarak spiral akışkanlık testi sonuçları

A201 alaşımı ancak 6 mm kalınlıktan sonra akma gösterip tam dolum sağlayabilmiştir (Şekil 3). 5mm ve daha ince kollarda akışkanlık değerleri düşerken 0,5 mm ve 1 mm kalınlıktaki kollarda kesinlikle dolum sağlanamamıştır.



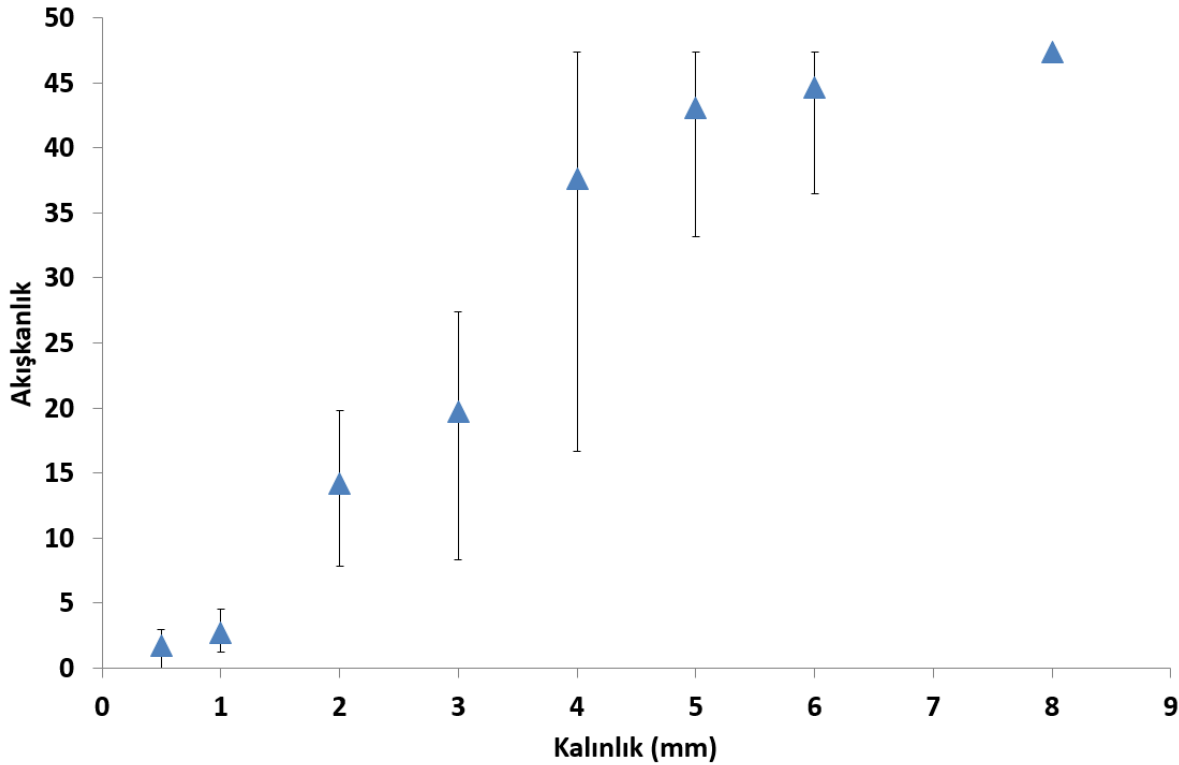
Şekil 3: A201 alaşımının 8 kollu akışkanlık testi sonuçları

A206 alaşımının ancak 4 mm kalınlıktan sonraki kolları doldurabildiği görülmektedir (Şekil 4). 4mm kalınlığın altında akışkanlıkta gözle görülür biçimde bir azalma meydana gelmektedir.



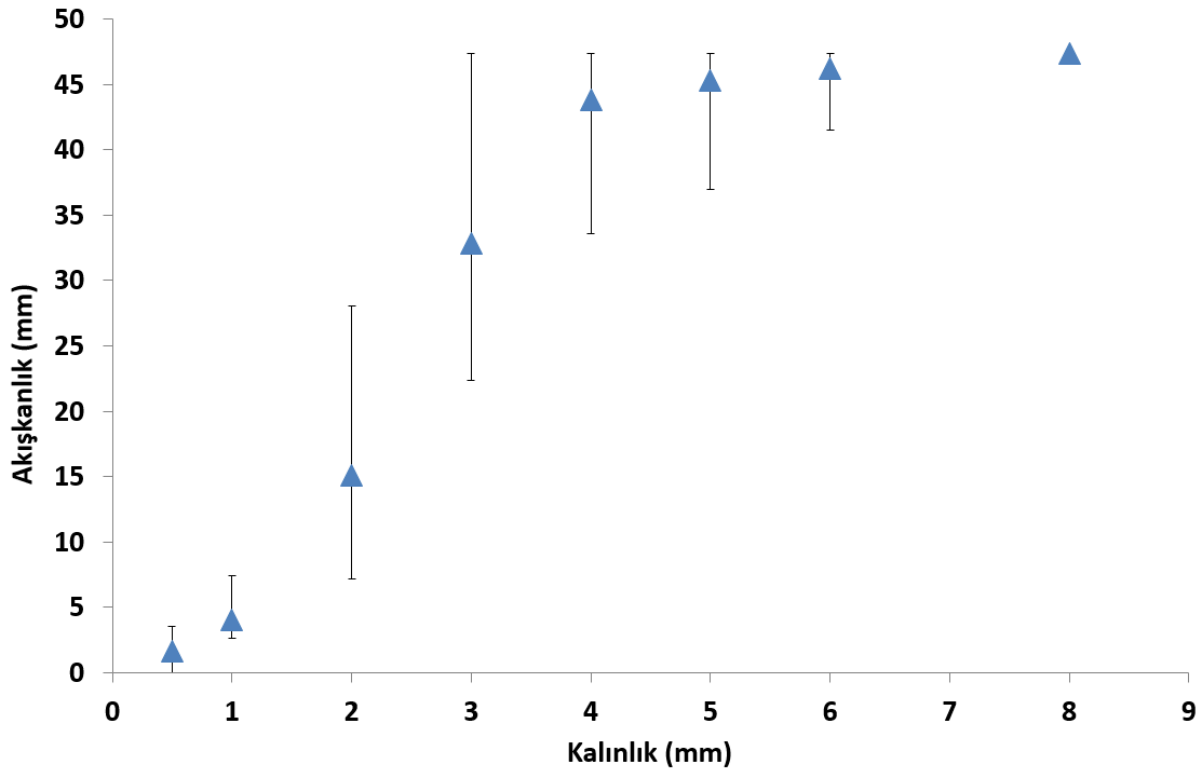
Şekil 4: A206 alaşımının 8 kollu akışkanlık testi sonuçları

Ağırlıkça %7 oranında Si içeren A356 alaşımının akışkanlığında 2xx serisine kıyasla nispeten bir artış gözlenmiştir (Şekil 5). Ancak benzer şekilde 5 mm ve 1 mm kalınlıktaki kolların dolusunda zorluk yaşanmıştır.



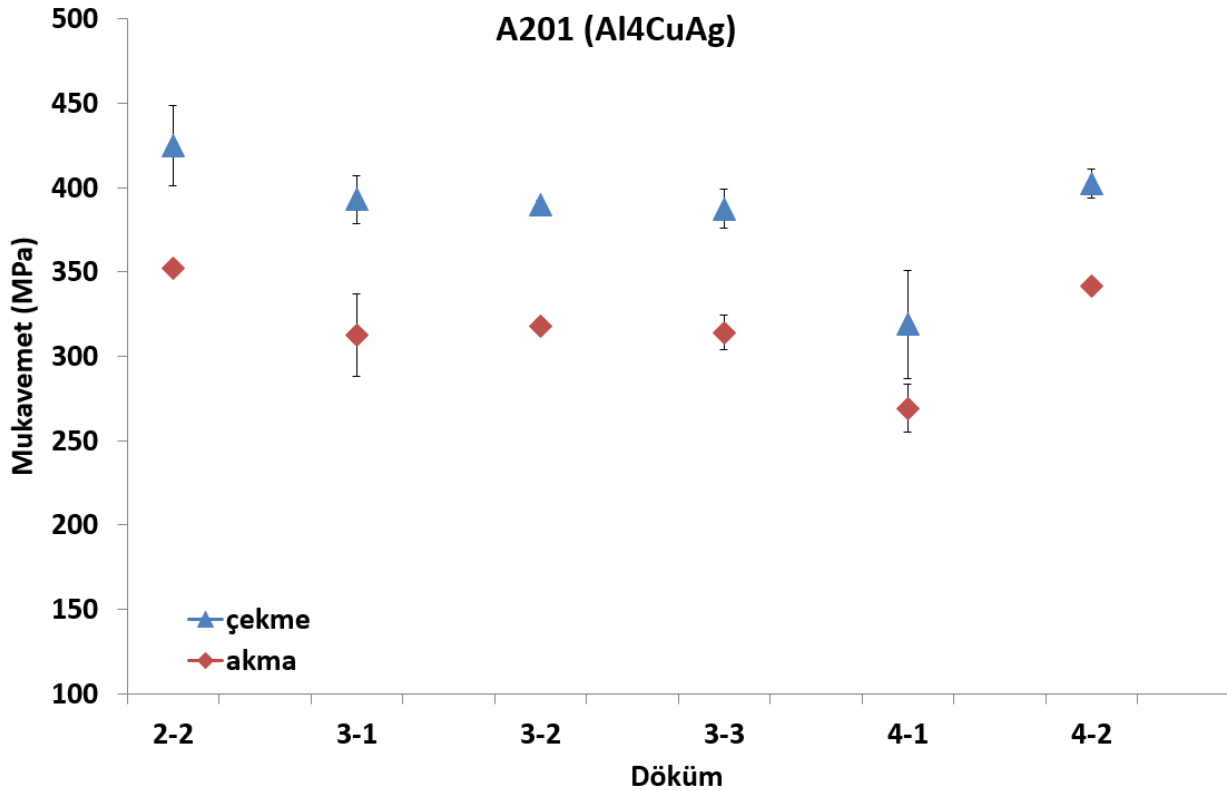
Şekil 5: A356 alaşımının 8 kollu akışkanlık testi sonuçları

Çalışması yapılan alaşımlar içinde A380 alaşımının 2 mm kalınlıktan sonra tam doldurma gösterebilen tek alaşım olduğu görülmektedir (Şekil 6).

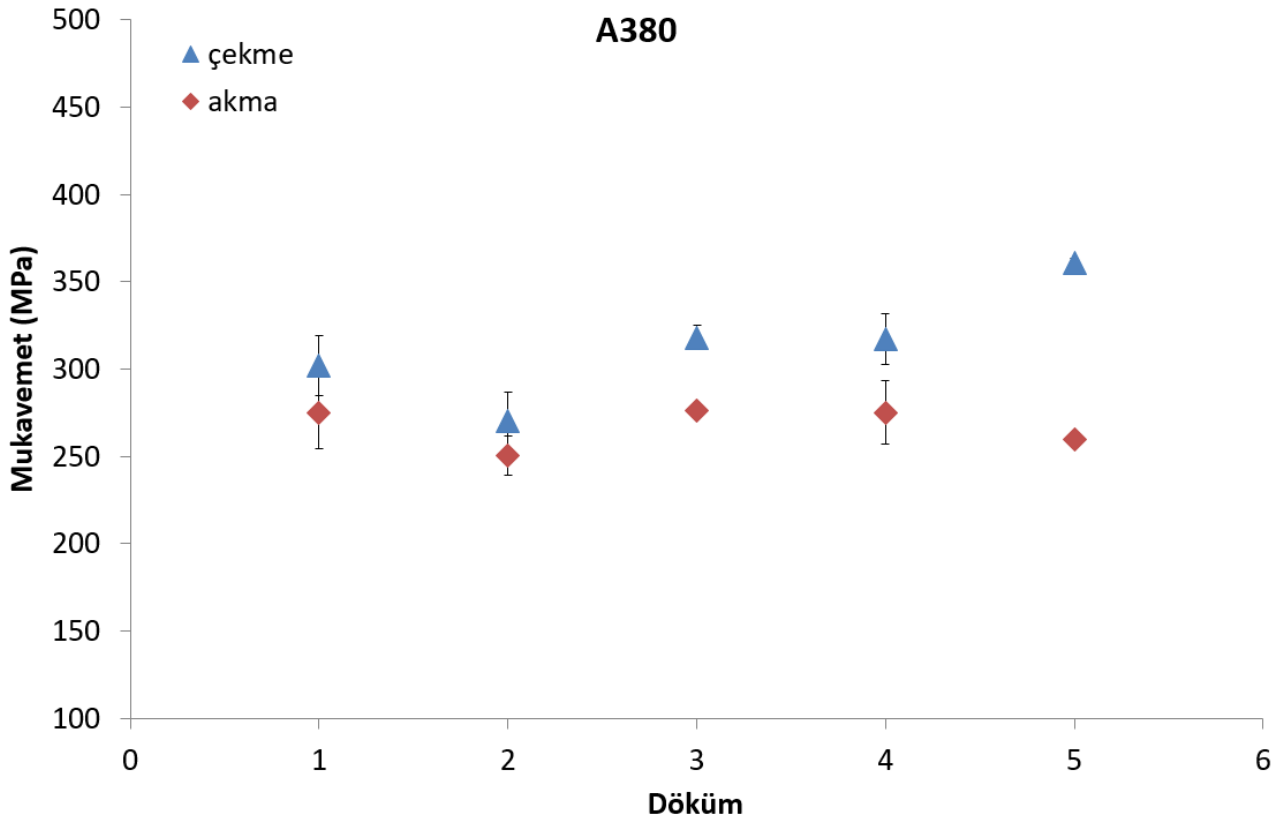


Şekil 6: A380 alaşımının 8 kollu akışkanlık testi sonuçları

Çekme testi sonuçları incelendiğinde (Şekil 7 ve Şekil 8) Ag içeren A201 alaşımından ortalama 400 MPa çekme mukavemeti elde edilirken; A380 alaşımından maksimum 310 MPa çekme mukavemeti elde edilebilmektedir.



Şekil 7: A201 alaşımının çekme testi sonuçları



Şekil 8: A380 alaşımlarının çekme testi sonuçları

SONUÇ

A380 alaşımı akışkanlığı oldukça iyidir ve hem spiral hem de 8 kollu akışkanlık testinde yüksek kalıp dolum kabiliyeti göstermiştir. Buna rağmen A201 alaşımı her iki akışkanlık testinde de istenen değerlerin epey altında kalmıştır. İnsansız hava aracı motor bloğu dökümünde A201 tercih edildiği takdirde kalıp dolumu anlamında ciddi sorunlar yaşanacağı aşikardır.

A380 alaşımının akma ve çekme mukavemeti değerleri A201 alaşımına göre daha düşük olsa da istenen mukavemet sağlanmıştır.

Tüm bu sonuçlar göstermektedir ki; hem üretimi hem de kullanımı sırasında beklentilerin karşılanması için, insansız hava aracı motor bloğu malzemesi olarak A380 alaşımı ideal tercih olacaktır.

Kaynaklar

Din, T., Campbell, J., 1996, *High strength aerospace aluminium casting alloys: a comparative study*, Materials Science and Technology, 12, 644-650.

Din, T., Rashid A. K. M. B., Campbell, J., 1996, *High strength aerospace casting alloys: quality factor assessment*, Materials Science and Technology, 12, 269-273.

Çolak M., Kayıkci R., Dişpinar D., "Influence of Different Cross Sections on Fluidity Characteristics of A356", TRANSACTIONS OF THE INDIAN INSTITUTE OF METALS, vol.68, pp.275-281, 2015

Lumley, R., 2011, *Fundamentals of Aluminium Metallurgy*, Woodhead Publishing, Cornwall, BK, ISBN: 978-1-84569-654-2.

Ludwig T., Dişpinar D., Di Sabatino M., Arnberg L., "Influence Of Oxide Additions On The Porosity Development And Mechanical Properties Of A356 Aluminum Alloy Castings", ", International Journal of Metal Casting, pp.41-50, 2012

- Dispınar D., Campbell J., "Porosity, Hydrogen And Bifilm Content In Al Alloy Castings", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A-STRUCTURAL MATERIALS PROPERTIES MICROSTRUCTURE AND PROCESSING, vol.528, pp.3860-3865, 2011
- Dispınar D., Akhtar S., Nordmark A., Di Sabatino M., Arnberg L., "Degassing, Hydrogen And Porosity Phenomena In A356", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A-STRUCTURAL MATERIALS PROPERTIES MICROSTRUCTURE AND PROCESSING, vol.527, pp.3719-3725, 2010
- Wang, D., and R. A. Overfelt. "Oscillating cup viscosity measurements of aluminum alloys: A201, A319 and A356." International journal of thermophysics 23.4 (2002): 1063-1076.
- Tiryakioğlu, M., and John Campbell. "Ductility, structural quality, and fracture toughness of Al–Cu–Mg–Ag (A201) alloy castings." Materials Science and Technology 25.6 (2009): 784-789.
- Staley, James T., Murat Tiryakioğlu, and John Campbell. "The effect of increased HIP temperatures on bifilms and tensile properties of A206-T71 aluminum castings." Materials Science and Engineering: A 460 (2007): 324-334.
- Kapoor, Rajeev, et al. "Probabilistic fatigue life prediction model for alloys with defects: applied to A206." Acta Materialia 59.9 (2011): 3447-3462.
- Dai, X., et al. "Effects of runner system design on the mechanical strength of Al–7Si– Mg alloy castings." Materials Science and Engineering: A 354.1 (2003): 315-325.
- Tseng, Chien-Jung, et al. "Effects of manganese on microstructure and mechanical properties of A206 alloys containing iron." Journal of materials research 17.9 (2002): 2243-2250.
- Caceres, C. H., and B. I. Selling. "Casting defects and the tensile properties of an Al Si Mg alloy." Materials Science and Engineering: A 220.1 (1996): 109-116.