

## Al-1,1Sc Alaşımının Tane Boyutunun İncelenmesi

Gencer SARIOĞLU<sup>1\*</sup>, Hamza Yaşar OCAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Gediz Meslek Yüksekokulu, Kütahya

<sup>2</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kütahya

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-7753-7813>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3094-3459>

\*Sorumlu yazar: gencer.sarioğlu@dpu.edu.tr

### Araştırma Makalesi

### ÖZ

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 25.10.2021

Kabul tarihi: 16.02.2022

Online Yayınlanma: 09.12.2022

#### Anahtar Kelimeler:

Al-Sc

XRD

Tanecik boyutu

Al-Sc alaşımları endüstride özellikle otomotiv ve havacılık sektöründe hafifliği, sünekliği ve mukavemeti ile tercih edilmektedir. Al içerisine küçük miktarda Sc eklenmesi alaşımın tanecik boyutunda azaltıcı etki göstermektedir. Bu maksatla özel teknikle elde edilen Al-1,1Sc alaşımının XRD analizleri için deneysel teknikler kullanıldı. Bu çalışma oda sıcaklığı ile 600°C aralığında, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İleri Teknoloji Merkezi laboratuvarında yapıldı. Alaşımın tanecik boyutu Scherrer metodu kullanılarak elde edildi.

## Grain Size Investigation of Al-1,1Sc Alloy

### Research Article

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 25.10.2021

Accepted: 16.02.2022

Available online: 09.12.2022

#### Keywords:

Al-Sc

XRD

Particle size

Al-Sc alloys in industry; It is preferred especially in the automotive and aviation sectors for its lightness, ductility and strength. The addition of a small amount of Sc into Al has a reducing effect on the grain size of the alloy. For this purpose, experimental techniques were used for XRD analysis of Al-1,1Sc alloy obtained with a special technique. This study was carried out in the laboratory of Kütahya Dumlupınar University Advanced Technology Center, from room temperature to 600°C. The grain size of the alloy was obtained using the Scherrer method.

**To Cite:** Sarioğlu G, Ocak HY., 2022. Al-1,1Sc alaşımının tane boyutunun incelenmesi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(2): 174-180.

### Giriş

Al-Sc alaşımları hafif ve yüksek mukavemete sahip olmaları nedeni ile havacılık ve ulaştırma endüstrilerinde büyük ilgi görmektedir. Skandiyum, çok düşük çözünürlüğüne rağmen Al alaşımlarının mukavemetinin iyileştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunur (Zhang, 2020).

Al alaşımlarında tane boyutu inceltme, mukavemet artırma, sıcak çatlama karşı geliştirilmiş direnç ve yeniden kristalleşme sıcaklığını artırma özellikleri açısından Sc elementi kullanılmaktadır (Mousavi ve ark., 1999; Lathabai ve Lloyd, 2002). Al-Sc alaşımları üzerine yapılan ilk bilimsel çalışma 1971'de Willey tarafından yapılmış ve patenti de alınmıştır. Willey,

%0,12 ile 0,36 arasındaki Sc ilavelerinin, Al alaşımlarının mekanik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini belirtmiştir (Willey, 1971). Al alaşımlarında tane boyutu inceltme özelliği sayesinde malzemenin sertliğini arttırmaktadır. Al-Sc alaşımlarında tane boyutu üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Dobatkin ve ark., 2006; Borhani ve ark., 2012; Pereira ve ark., 2017). Sc katkısının Al alaşımlarında mukavemeti artırıcı diğer özelliği  $Al_3Sc$  çökeltilerinden kaynaklanmaktadır.  $Al_3Sc$  alaşımlarının mukavemet ve yeniden kristalleşme sıcaklığı üzerine etkileri de yoğun olarak çalışılan konular içerisinde yer almaktadır (Harada ve Dunand, 2003; Jones ve Humphreys, 2003; Kaiser ve ark., 2008; Xu ve ark., 2019).

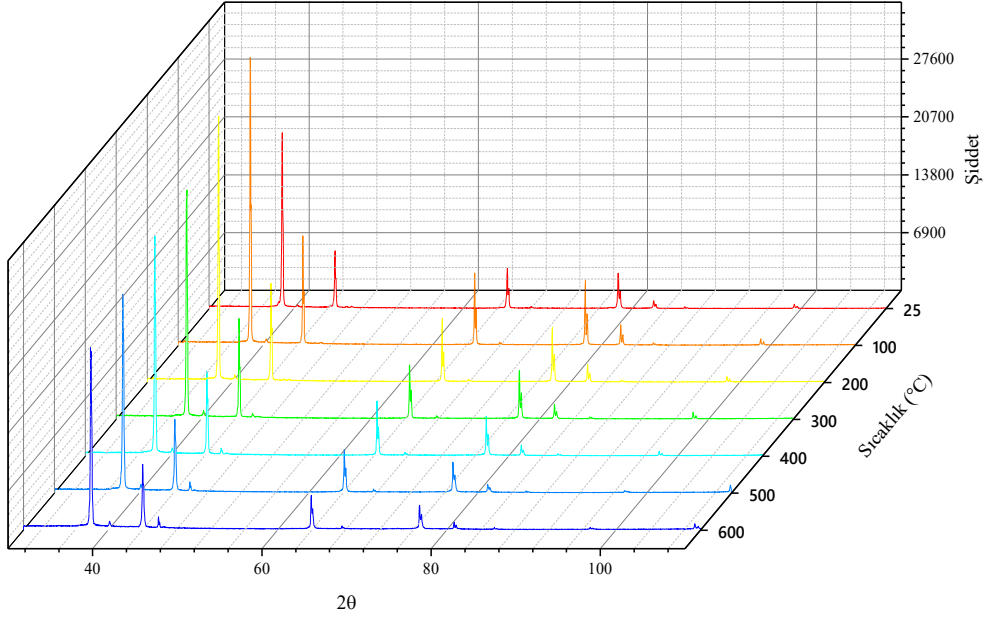
Bu çalışmada, Al-1,1Sc alaşımından elde edilen toz numunelerin XRD ölçümleri yapıldı. XRD analizleri özel hesaplama tekniği ile çözümlenerek pik aralıkları her sıcaklık ve her düzlem için ayrı ayrı hesaplandı. Pik genişlik sonuçları, tanecik boyutlarının sıcaklığa bağlı değişim hesaplamaları için Scherrer metodunda kullanıldı.

### Materyal ve Metod

Ölçümler, DPU ileri Teknoloji Merkezinde (İLTEM), Malvern Panalytical Empyrean cihazı kullanılarak yapıldı (Şekil 1). Daha önce özel bir teknikle elde edilmiş olan Al-1,1Sc alaşımına ait toz halindeki numunelerin XRD çekimi oda sıcaklığından 600°C sıcaklığa kadar 100°C sıcaklık artışı ile 30° - 120° kırınım açıları aralığında gerçekleştirildi. Ölçümler, tarama adımı 0,02° (2θ) ve adım başına 0,1 saniyelik bir tarama hızında yapıldı. Ölçümlerde  $Cu-K_{\alpha}$  kaynağı kullanıldı.



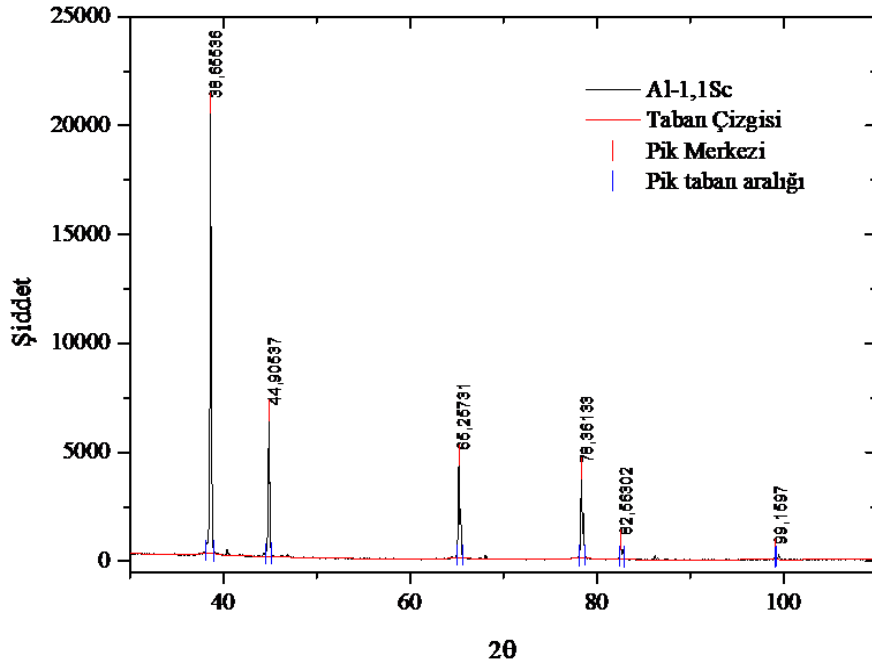
Şekil 1. Malvern panalytical empyrean cihazı



**Şekil 2.** Al-1,1Sc alaşımının sıcaklığa bağlı XRD grafikleri

Çalışmada kullanılan XRD cihazı Şekil 1’de görülmektedir. Sıcaklığa bağlı olarak elde edilen XRD desenleri de Şekil 2’de verilmiştir. Piklere ait hkl düzlemleri için etkin pik çözümlenmeleri her bir sıcaklık aralığında ayrı ayrı belirlendi. Bu pik genişlikleri ( $\beta$ ), Origin 8.6 grafik programı yardımıyla analiz edilerek Denklem (1)’den hesaplandı (Dinnebier ve Billinge, 2008). Burada  $\theta$ , bir pikin son ve ilk açısı büyüklükleridir. Her sıcaklık için ortalama pik genişlikleri dikkate alındı. Bu maksatla oda sıcaklığında analiz edilen XRD grafiği Şekil 3 de verildi. Her bir sıcaklıkta altı pik, yani altı (hkl) düzlemi, gözlenmiştir.

$$\beta = 0,5 (2\theta_s - 2\theta_i) \quad (1)$$



Şekil 3. Al-1,1Sc alaşımının 25°C sıcaklıkta XRD grafiği

X ışını kırınımı, kristal malzemelerin ortalama kristal boyutunu belirlemek için kullanılan uygun bir yöntemdir. Sıcaklığa bağlı olarak hesaplanan pik genişlikleri Scherrer Denklem (2)'de kullanılarak (Dinnebier ve Billinge, 2008) tanecik boyutları ayrı ayrı elde edildi.

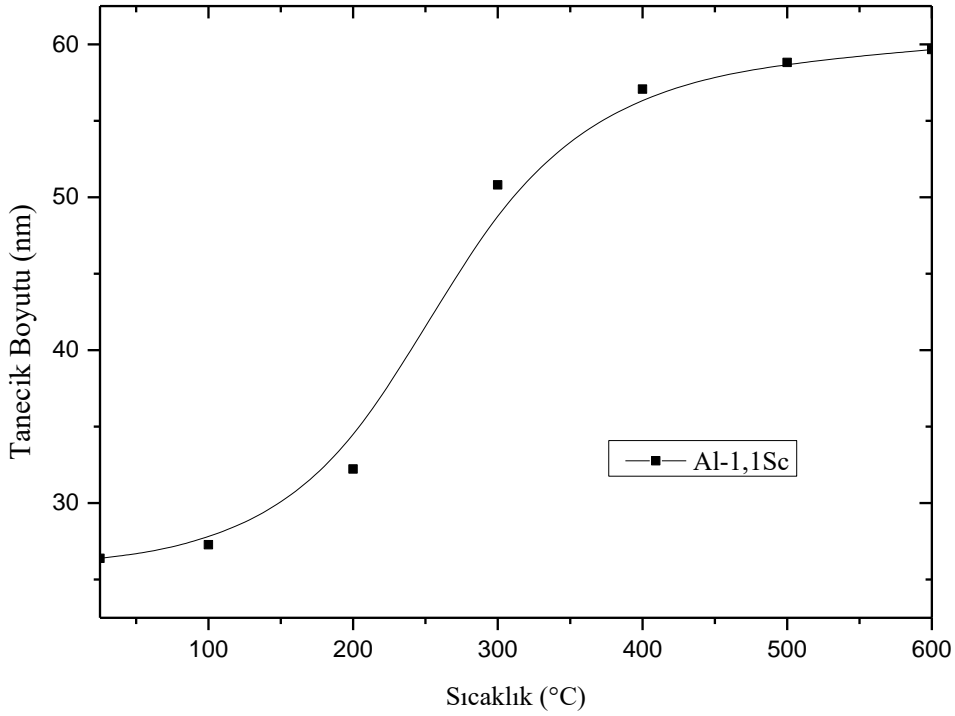
$$D = k\lambda/(\beta \cos \theta) \quad (2)$$

Burada,  $\lambda$ ; x ışınları dalga boyu (1,541 Å), k; şekil faktörü adı verilen bir sabittir, değeri kristal şekline bağlı olarak 0,89 ile 1,39 arasında değişir. Küresel toz parçaları için k değeri genellikle 0,94 olarak kullanılmaktadır. D; kristal boyutu ve  $\theta'$ da kırınım açısıdır. Ortalama tanecik boyutu için yapılan hesaplamalar Şekil 4'de görülmektedir.

### Bulgular ve Tartışma

Al-1,1Sc alaşımına ait XRD desenleri 25°C, 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C ve 600°C sıcaklıkları için elde edilmiştir. Pik genişlikleri, her sıcaklık için ve her bir düzlem için hesaplanarak ortalama değerleri alınmıştır. Sıcaklığın etkisi pik genişliklerine yansımış, Al<sub>3</sub>Sc çökelti pikleri bu çalışmada dikate alınmamıştır. Çünkü Al<sub>3</sub>Sc ayrı bir çalışma konusudur. Şekil 3'de Al-1,1Sc alaşımının 25°C sıcaklıkta ki XRD sonuçları görülmektedir. Bu

grafiklerde Origin 8.6 grafik programı kullanılarak elde edilen pik genişlikleri, Denklem (2)' de kullanılmış ve elde edilen tanecik boyutu ortalaması da Şekil 4' verilmiştir.



Şekil 4. Al-1,1Sc alaşımının tanecik boyutunun sıcaklık ile değişimi

Al alaşımlarına eklenen Sc katkısının tane inceltici özellik göstermesi nedeni ile düşük Sc oranlarında yoğun olarak çalışılmıştır. Örneğin, Pereira ve ark. (2017) tarafından Al-%3Mg-%0,2Sc alaşımının tanecik boyutu 423 ile 773 K arasında TEM ölçümleri ile 140 nm olarak ölçülmüştür. Dobatkin ve ark., (2006), Al-5, 9Mg-0,3Sc içeren alaşımın tanecik boyutu 40-50 nm boyutunda olduğunu ve Mg katkısının tanecik boyutunu küçülttüğü belirtilmiştir. Borhani ve ark., (2012), Al-0.2Sc alaşımındaki  $Al_3Sc$  çökeltisinin tanecik boyutlarını 300 ve 400 ° C sıcaklık aralığında sırasıyla 36,2 ve 50 nm olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise yüksek Sc oranı ihtiva eden Al-1,1Sc alaşımının tanecik boyutları oda sıcaklığından 600 °C' ye kadar ısıl deformasyona uğratarak ayrı ayrı belirlendi.

### Sonuç ve Öneriler

Polikristallerde tanecik boyutları malzemenin sertliği hakkında bilgi verir. Tanecik boyutları azaldıkça malzemelerin sertliği artar (Mathers, 2002). Yapılan deneysel çalışmaların analizleri sonucunda Al-1,1Sc alaşımının ortalama tanecik boyutu oda sıcaklığında 37,29 nm

olarak belirlendi. Sıcaklık ile tanecik boyutunun arttığı ve buna bağlı olarak alaşımın sertliğinin azaldığı Şekil 4'ten anlaşılmaktadır. Bu çalışmada Sc oranı yüksek olmasına rağmen yukarıda belirtilen referansların sonuçlarıyla ilgili sıcaklık aralıklarında uyumlu olması oldukça sevindirici bir sonuçtur. Ayrıca elde edilen XRD sonuçlarının da Al-Sc alaşımlarının farklı oranlarındaki çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu görüldü (Jones ve Humphreys, 2003; Dobatkin ve ark., 2006; Borhani ve ark., 2012).

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın BAP projesi kapsamında yapılmasında her türlü desteği veren Kütahya Dumlupınar Üniversitesine teşekkür ederiz.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Kaynaklar**

Borhani E, Jafarian H, Terada D, Adachi H, Tsuji N., 2012. Microstructural evolution during ARB Process of Al-0.2 mass% Sc alloy containing Al<sub>3</sub>Sc precipitates in starting structures. *Materials Transactions*, 53(1): 72-80.

Dinnebier RE, Billinge SJL., 2008. Powder diffraction theory and practice. Cambridge: RSC Publishing.

Dobatkin SV, Zakharov VV, Vinogradov A, Kitagawa K, Bastarash EN., 2006. Nanocrystalline structure formation in Al-Mg-Sc alloys during severe plastic deformation. *Russian Metallurgy (Metally)*, 2006(6): 533-540.

Harada Y, Dunand DC., 2003. Thermal expansion of Al<sub>3</sub>Sc and Al<sub>3</sub>(Sc<sub>0.75</sub>X<sub>0.25</sub>). *Scripta Materialia*, 48(2003): 219-222.

Jones MJ, Humphreys FJ., 2003. Interaction of recrystallization and precipitation: The effect of Al<sub>3</sub>Sc on the recrystallization behaviour of deformed aluminium. *Acta Materialia*, 51 (2003): 2149-2159.

Kasier MS, Datta S, Roychowdhury A, Banerjee MK., 2008. Age hardening behavior of wrought Al-Mg-Sc alloy kaufman-aluminum alloy castings. *Materials and Manufacturing Processes*, 23(2008): 74-81.

Lathabai S, Lloyd PG., 2002. The effect of scandium on the microstructure, mechanical properties and weldability of a cast Al-Mg alloy. *Acta Materialia*, 50(2002): 4275-4292.

Mathers G., 2002. *The welding of aluminium and its alloys*. CRC press: Cambridge England.

Mousavi MG, Cross CE, Grong Q., 1999. Effect of scandium and titanium-boron on grain refinement and hot cracking of aluminium alloy 7108. *Science and Technology of Welding and Joining*, 4(6): 381-388.

Pereira PHR, Huang Y, Langdon TG., 2017. Examining the thermal stability of an Al-Mg-Sc alloy processed by high-pressure torsion. *Materials Research*, 20: 39-45.

Xu P, Jiang F, Tang Z, Yan N, Jiang J, Xu X, Peng Y., 2019. Coarsening of Al<sub>3</sub>Sc precipitates in Al-Mg-Sc alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, 781: 209-215.

Willey LA., 1971. Aluminum scandium alloy. United States Patent, US3619181A.

Zhang JY, Gao Y, Yang C, Zhang P, Kuang Jie, Liu G, Sun J., 2020. Microalloying Al alloys with Sc: a review. *Rare Metals*, 39: 636-650.