



Yaşlandırılmış AA7075 Alaşımında Solüsyona Alma Sıcaklığının Aşınma Performansına Etkisinin İncelenmesi

Musa YILDIRIM^{1*}, İjlal. ŞİMŞEK², Dursun ÖZYÜREK¹

¹Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye.

²Karabük Üniversitesi, TOBB Teknik Bilimler MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Karabük, Türkiye.

Öz

Bu çalışmada, yaşlandırma ısıl işlem öncesi farklı solüsyona alma sıcaklıklarının (465 °C, 470 °C, 475 °C, 480 °C ve 485 °C) AA7075 alaşımının mikroyapı ve aşınma davranışları üzerine etkisi araştırılmıştır. Yaşlandırılan alaşımların mikroyapı incelemelerinde taramalı elektron mikroskopu (SEM) kullanılmıştır. Aşınma testleri pin-on-disk tipi aşınma cihazında 1,5 ms⁻¹ kayma hızı, 30 N yük ve dört farklı (500 m, 1000 m, 1500 m ve 2000 m) kayma mesafesi kullanılarak oda sıcaklığında yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, solüsyona alma sıcaklığındaki artışa paralel olarak alaşımların sertliklerinin arttığı ve 30 N yük uygulanarak yapılan aşınma testlerinde en düşük ağırlık kaybının 485 °C'de solüsyona alınan ve 120 °C'de 24 saat yaşlandırılan AA7075 alaşımında elde edildiği belirlenmiştir. Genel olarak aşınma yüzeyi SEM görüntülerinden, hem adhesif aşınma mekanizmasının hem de abrasif aşınma mekanizmasının aktif olduğu belirlenmiştir.

Makale Bilgisi

Başvuru:24/08/2017

Düzeltilme:18/12/2017

Kabul:18/01/2018

Anahtar Kelimeler

Solüsyona alma sıcaklığı,
AA7075,
sertlik,
aşınma

Keywords

Solid Solution
temperature,
AA7075,
hardness,
wear

An Investigation Of The Effects Of Solid Solution Temperature On The Wear Performance Of Aged AA7075 Alloy

Abstract

In this study, the effects of different solid solution temperatures (465 °C, 470 °C, 475 °C, 480 °C and 485 °C) before aging heat treatment on the microstructure and wear behaviors of AA7075 were investigated. Scanning electron microscope was used for microstructure examining of aged samples. Wear tests were performed on pin-on disc type wear device at 1.5 ms⁻¹ sliding speed with four different sliding distance (500 m, 1000 m, 1500 m and 2000 m) under 30 N loads at room temperature. As a result of the study, the hardness values were increased with increasing solution temperature. In the wear tests, the lowest weight losses were determined in the solution treated at 485 °C and aged at 120 °C for 24 hours in AA7075 alloy. Generally, it was observed from worn SEM images that both abrasive and adhesive wear mechanisms were active.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Alüminyuma %4-8 Zn ve %1-3 Mg ilave edilerek üretilen 7xxx serisi alüminyum alaşımları, en yüksek dayanımı veren alaşım grubu olarak tanımlanmaktadır. Hem Zn hem de Mg, alüminyumda yüksek katı çözünürlüğe sahiptir ve genellikle de yüksek çökelti mukavemetlenmesi sağlamaktadır [1-4]. Ayrıca bu alaşımlara yaklaşık %2'ye kadar Cu ilavesi de özellikle uçak malzemeleri olarak kullanılan yüksek dayanımlı Al-Zn-Mg alaşımlarının dayanımlarını daha da arttırmaktadır. Bu nedenle de en yoğun olarak kullanıldıkları sektörlerin başında uzay ve havacılık sektörü gelmektedir. 7xxx serisi alüminyum alaşımlarının üretiminde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar üretim (döküm yöntemleri), katıdan üretim (toz metalurjisi yöntemleriyle) ve yarı metal katı üretim yöntemleridir (rheocasting, thixo-casting ve thixomoulding gibi). Son yıllarda özellikle savunma sanayinde ve havacılık sektöründe önemli bir pazar payına sahip olan 7xxx serisi alaşımları gerek teknik yönden gerekse ekonomik açıdan daha kullanışlı olan yeni yöntemlerle üretilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır [5,6].

*İletişim yazarı, e-mail: musayıldırım@karabuk.edu.tr

Alüminyum-çinko-magnezyum alaşımları katı eriyiğe alma (solüsyona alma), su verme ve yaşlandırma işlemlerinden sonra çökeltme sertleşmesi ile mukavemeti arttırılmaktadır. Bu işlem;

Aşırı doymuş katı eriyik → GP bölgeleri → η (MgZn₂) → η (MgZn₂) (1)
faz dönüşümü aşamalarından meydana gelmektedir.

Aşırı doymuş katı eriyikten oluşan GP bölgeleri (Guinier-Preston zone), matrisle uyumlu ve kararsızdır. GP bölgeleri oda sıcaklığında (tabii yaşlandırma ile) oluşturulabilirken, en yaygın uygulama 100-180 °C sıcaklık aralığında uygulanan yöntem ise yapay yaşlandırmadır [7]. Bununla beraber bu bölgelerin çökeltme sertleşmesindeki rolü hala birçok alışımda net bir şekilde anlaşılammıştır. Al-Zn-Mg alaşım sisteminde GP bölgeleri için ara yüzey enerjisi oldukça düşüktür. Ara yüzey enerjisinin düşük olması, çok küçük boyutlu olan bu bölgelerin yapı içerisindeki yoğunluklarının artmasına katkı sağlamaktadır. Yarı kararlı ve yarı uyumlu bir faz olarak tanımlanan η fazı, bir monoklinik birim hücreye sahiptir. Uyumsuz ve kararlı bir faz olan η (MgZn₂) ise sıkı paket hegzagonal (SPH) kristal yapılıdır (a=0,5221 nm, c=0,8567 nm) [8]. Tabii olarak da yaşlandırılabilen bu alaşımlarda en önemli aşama, alaşımın solüsyona alınması sırasında, alaşımın üretimi aşamasında yapıda kontrolsüz olarak oluşan fazların tamamen çözünmesinin sağlanmasıdır.

Bu çalışmada, beş farklı sıcaklıkta solüsyona alınan AA7075 alaşımında, solüsyona alma sıcaklığının çökelti mukavemetlenmesi üzerinde sağladığı mikroyapısal değişimlerin alaşımın oda sıcaklığı aşınma performansı üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. MALZEME VE METOT (MATERIALS AND METHOD)

Bu çalışmada yaşlandırılmış AA7075 alaşımlarında solüsyona alma sıcaklığının, alaşımların mikroyapısı, sertliği ve aşınma performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan AA7075-F alaşımları Alkor Döküm Alaşımları ve Makine San. Tic. Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir. Tablo 1’de deneysel çalışmalarda kullanılan AA7075 alaşımının kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 1: Çalışmalarda kullanılan AA7075 alaşımının kimyasal bileşimi

Element	Zn	Mg	Cu	Mg	Fe	Cr	Si	Mn	Ti	Al
Ağırlık (%)	5,16	2,19	1,30	2,19	0,28	0,19	0,17	0,15	0,009	Kalan

Yaşlandırma ısıl işleminde (T6) ideal solüsyona alma sıcaklığının belirlenmesi için, beş farklı sıcaklık (465 °C, 470 °C, 475 °C, 480 °C ve 485 °C) ve 2 saat solüsyona alma süresi kullanılmıştır. Belirtilen sıcaklıklarda ve sürede solüsyona alınan numuneler, fırından alınarak suda oda sıcaklığına hızlı soğutulmuştur. Bu işlemlerden sonra numuneler su verme sonrası oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Yaşlandırılma işlemi 120 °C’de 24 saat süre ile yapılmıştır ve yaşlandırılan numuneler havada soğutulmuştur. Yaşlandırma ısıl işleminden sonra numunelerin sertlik ve mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Yaşlandırılan numunelerin sertlikleri Affri cihazı ile 3 kg yük altında 15 sn sürede ölçülmüştür. Alaşımların sertlikleri beş ölçümün ortalaması alınarak belirlenmiştir. Metalografik incelemeler için, standart metalografik işlemler yapıldıktan sonra, 2 ml HF, 3 ml HCl, 20 ml HNO₃, 175 ml H₂O solüsyonunda 10 sn dağlanmıştır. Alaşımların mikroyapıları ve aşınma testleri sonrasında elde edilen aşınma yüzeyi görüntüleri Jeol JSM-6060 tarama elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

Aşınma testleri, standart pin-on-disk tipi standart deney ünitesi kullanılarak ASTM: B557M-10 standardına göre yapılmıştır. Aşınma testlerinde sabit 30 N yük kullanılmıştır. Aşınma mesafesi olarak 500, 1000, 1500 ve 2000 metre olarak dört farklı mesafe test edilmiştir. Kayma hızı olarak da 1,5 ms⁻¹’lik hız seçilmiştir. Aşınma testlerinde 56 HRC sertliğe sahip 4140 çeliği aşındırma diski olarak kullanılmıştır. Aşınma deneylerine başlamadan önce her numune ve disk yüzeyi aseton ile temizlenmiştir. Her numune farklı bir iz oluşturacak şekilde yerleştirilerek her test için aynı yüzey kalitesi sağlanmıştır. Aşınma testlerinden sonra disk yeniden taşlanarak yeni test için hazır hale getirilmiştir. Aşınma oranları Eşitlik 1’de ve hacim kayıpları Eşitlik 2’de verilen denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

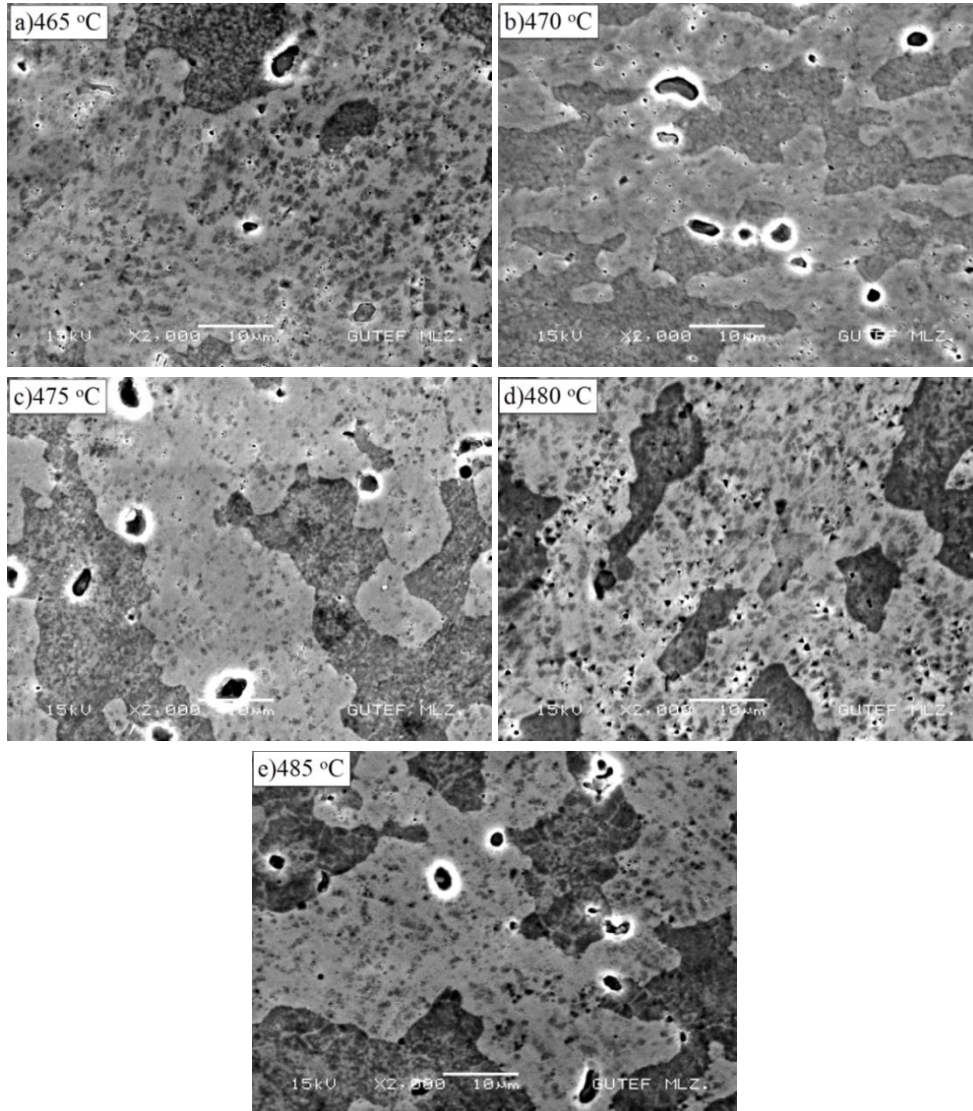
$$Wa = \frac{\Delta G}{d.P.S} \quad (1)$$

$$Wv = \frac{\Delta G}{d} \quad (2)$$

Burada Wa : Aşınma oranı, ΔG : Ağırlık kaybı (g), d : Yoğunluk (g/cm^3), P : Yükleme ağırlığı (N), S : Kayma mesafesi (m) ve Wv : Hacimsel kayıp olarak verilmiştir.

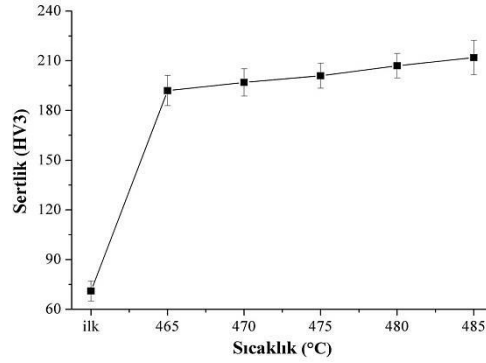
3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Farklı sıcaklıklarda solüsyona alınan AA7075 alüminyum alaşımlarının taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri, Şekil 1'de verilmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde, AA7075 alaşımının genel mikroyapısal (α -Al ve Al-Zn-Mg ötektiği) özellikleri görülmekle birlikte, yaşlandırma ısıl işlemi ile yapıda oluşturulmak istenen η fazı (MgZn_2) çökeltileri net olarak görülememektedir. Bu çökeltilerin mikroyapıda görülememesinin en önemli nedeni, çökeltilerin nano boyutlarda olmasından kaynaklanmaktadır. Yaşlandırma ısıl işlemi ile yapıda oluşturulan ikinci faz çökeltilerin görüntülenebilmesi için geçirgen elektron mikroskobu (TEM) ile mikroyapı incelemelerinin yapılması gerektiği düşünülmektedir. Bu alaşımın yaşlandırılması üzerine daha önce yapılan bir çalışmada, yaşlandırma ısıl işlemi sonucunda MgZn_2 fazının yapıda oluştuğu belirtilmektedir [7].



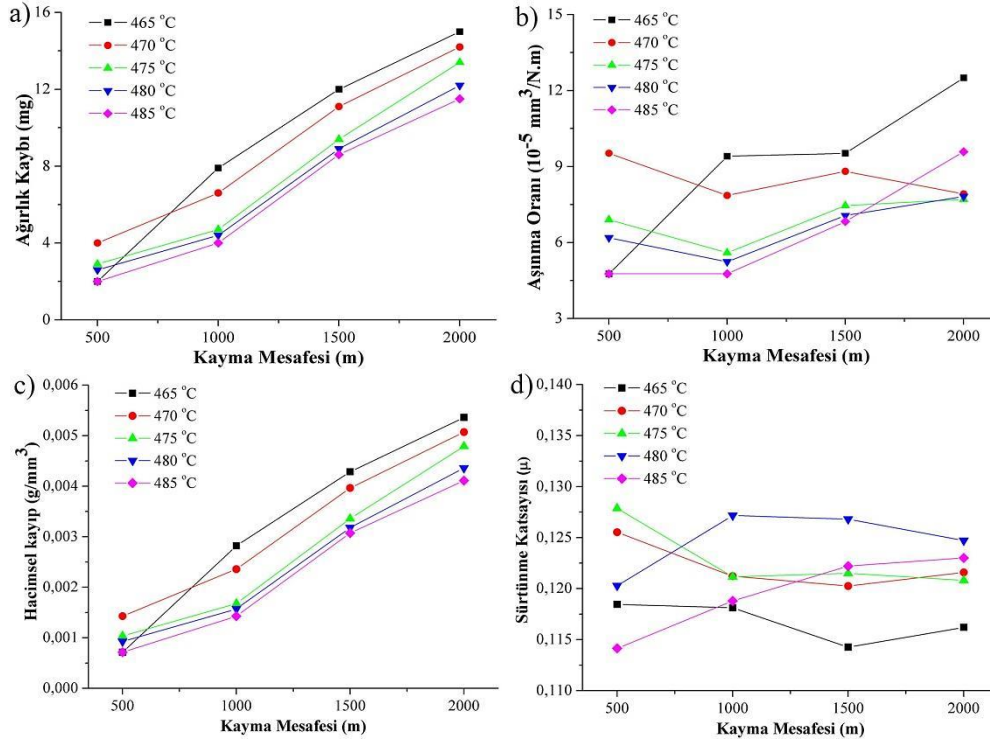
Şekil 1: Farklı sıcaklıkta solüsyona alınan AA7075 alaşımının SEM görüntüleri

Şekil 2’de farklı sıcaklıklarda 2 saat solüsyona alınarak 120 °C sıcaklıkta 24 saat yaşlandırılan AA7075 alaşımının sertlik değişimleri verilmektedir. Şekil 2’de verilen sertlik sonuçlarına göre, yaşlandırılmamış alaşımın sertliği 71 HV iken, 465 °C’de solüsyona alınan alaşımın sertliği 192 HV, 485 °C’de solüsyona alınan alaşımın sertliği ise 212 HV’dir. Solüsyona alma sıcaklığındaki artışa paralel olarak alaşımların sertlikleri artmaktadır.



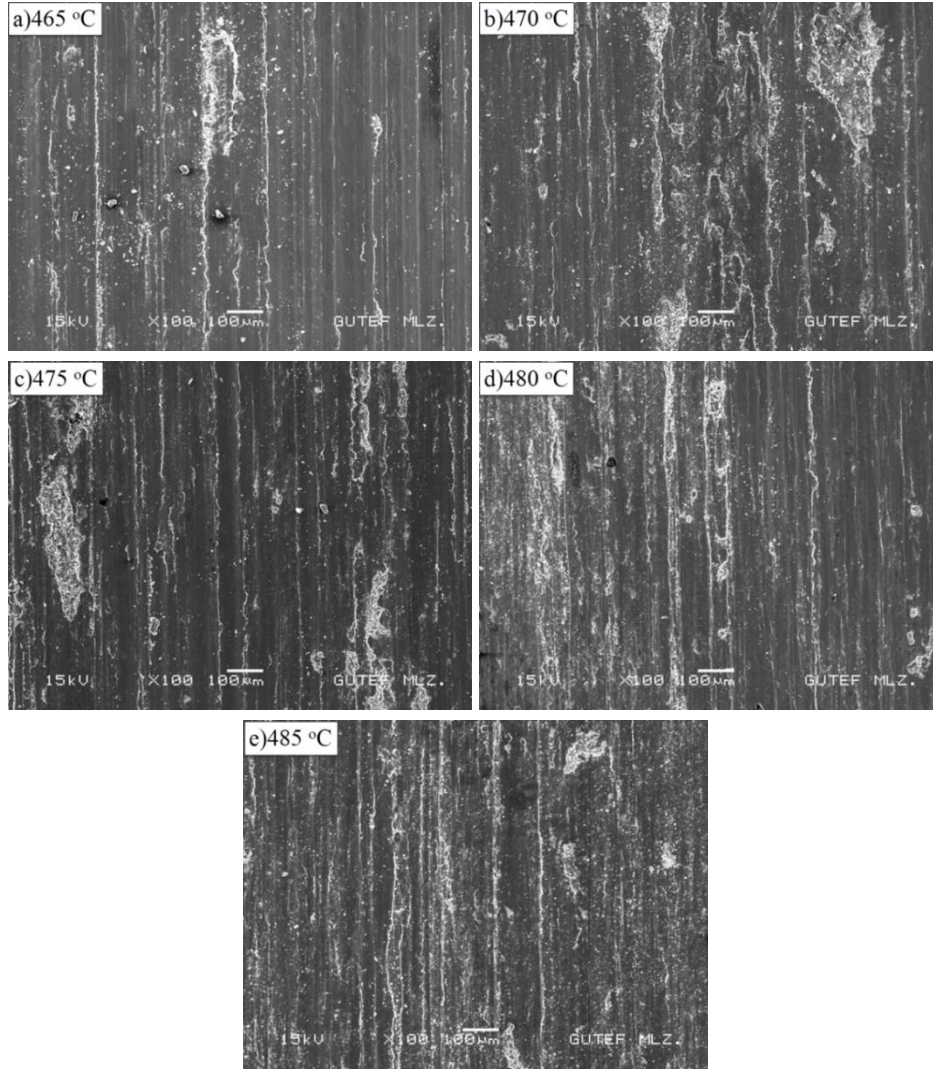
Şekil 2. Farklı sıcaklıkta solüsyona alınan AA7075 alaşımının 120 °C sıcaklıkta 24 saat yaşlandırılma sonrası sertlik değişimi

Yaşlandırma ısıl işlemi yapılan numunelerin sertlik değerlerinin artması, solüsyon sıcaklığının artışı ile yapıda kontrolsüz olarak oluşan fazların çözünme oranı arttığı için, alaşımın sertliği de artmaktadır. Bilindiği gibi bütün metal ve alaşımları üretimlerinin bir aşamasında sıvı haldedir. Alaşımların katılaşması sırasında yapıda kontrolsüz olarak oluşan formlar (yapılar), alaşımın dayanımını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, yaşlandırma ısıl işleminde, solüsyona alma (çözündürme) işlemi sırasında, yapıda kontrolsüz olarak oluşan bu formların tamamen çözüldürülmesi hedeflenmektedir. Böylece aşırı doymuş katı eriyik yapı elde edilmektedir. Katı eriyik yapıdaki aşırı doymuşluk oranı ne kadar arttırılırsa, Yaşlandırma ile yapıda oluşturulan in-situ (yapı içerisinde ısıl işlemle kendiliğinden) oluşturulan ikinci faz parçacıkların çekirdeklenme merkezi sayıları da artmaktadır. Yapıda çok fazla sayıdaki ikinci faz parçacıklar alaşımın dayanımını iyileştirmektedir. Cavazos and Colas [9] tarafından yapılan bir çalışmada, kristal yapıdaki boşlukların, çözen elementin atomlarınca zengin olmasından dolayı GP bölgelerinin oluşumu için önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir. Bölgesel segregasyon GP bölgesi içerisinde, kafes düzlemlerinin distorsiyonuna neden olduğu için, matris içerisindeki bazı atomik katmanlar genişleme eğilimindedir. GP bölgelerindeki artışla beraber kafesteki gerilim, yaşlandırmanın başlangıcıyla sertlik artışının en tepe noktasında maksimuma ulaşmaktadır. Yaşlandırma ile yapıda oluşan çökeltilerin etkisiyle dislokasyon hareketinin zorlaşması, alaşımın dayanımını arttırmaktadır. Bu dayanım Orowan mekanizması ile açıklanabilir [10]. Dayanım artışıyla beraber, sertlik değerinde de bir artış meydana gelmektedir. Şekil 3’de farklı sıcaklıkta solüsyona alınan AA7075 alaşımlarının 30 N yük altındaki ağırlık kaybı ve aşınma oranları, hacimsel kayıp ve sürtünme katsayıları verilmektedir.



Şekil 3. Farklı sıcaklıkta solüsyona alınan AA7075 alaşımlarının 30 N yükteki ağırlık kaybı (a), aşınma oranları (b), hacimsel kayıp (c) ve sürtünme katsayıları (d)

Şekil 3.a’da verilen ağırlık kaybı ve aşınma oranı grafikleri incelendiğinde, 30 N yük uygulanarak yapılan aşınma testlerinde en düşük ağırlık kaybının 485 °C’de solüsyona alınarak, 120 °C’de 24 saat yaşlandırılan AA7075 alaşımında elde edildiği anlaşılmaktadır. En yüksek ağırlık kaybı ise, 465 °C’de solüsyona alınan alaşımda elde edilmiştir. Ağırlık kaybı sonuçları ile Şekil 2’de verilen sertlik değişimi sonuçları ile karşılaştırıldığında, sonuçların birbirleri ile örtüştüğü görülebilmektedir. En yüksek sertliğe sahip olan 485 °C’de solüsyona alınan alaşımlarda en düşük ağırlık kaybı değerleri elde edilirken, en düşük sertliğe sahip olan 465 °C’de solüsyona alınan alaşımlarda ise en yüksek ağırlık kaybı değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, 485 °C’de yapılan solüsyona alma (çözündürme) işleminin daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Alaşımın yapısında katılaşma sırasında kontrolsüz olarak oluşan fazların çözünme oranı arttıkça, yapıda daha fazla ikinci faz çökeltmesi gerçekleşmektedir. Yapıda yaşlandırma ısıl işlemi ile oluşturulan ikinci faz çökelttiler, alaşımın sertlik ve diğer mekanik özelliklerindeki artışa katkı sağlamaktadır. İkinci faz çökelttileri AA7075 alaşımının yorulma dayanımı [4], çekme dayanımı [1] ile birlikte sertlik ve aşınma dayanımını [2] geliştirmektedir. Aynı grafikte verilen aşınma oranları ile ağırlık kaybı sonuçlarının da birbirini desteklediği anlaşılmaktadır. Şekil 3.b’de verilen hacimsel kaybın da bu sonuçlarla tutarlı olduğu görülebilmektedir. Şekil 3.c’de verilen sürtünme katsayısı grafiğinde ise, durum bu kadar net olarak görülememektedir. Sertliği en yüksek olan alaşımın sürtünme katsayısının düşük olması beklenirken, sertliği en düşük olan alaşımda nispeten daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun nedeninin, aşınma testleri sırasında numune ve/veya disk yüzeyinden sürtünme sırasında kopan (ve diğer alaşımlara göre daha sert olan mikro talaşların) yüzeye batarak kaymayı zorlaştırması olduğu düşünülmektedir. Şekil 4’de 30 N yük altında test edilen AA7075 alaşımının 2000 m sonundaki aşınma yüzeyi SEM görüntüleri verilmektedir.



Şekil 4. Farklı sıcaklıkta solüsyona alınan AA7075 alaşımlarının aşınma yüzeyi SEM görüntüleri.

Şekil 4’de verilen aşınma yüzeyi SEM görüntüleri incelendiğinde, tüm alaşımların yüzeylerinde kayma işlemi sırasında meydana gelen plastik deformasyon etkisi ile kayma çizgilerinin oluştuğu görülmektedir. Ayrıca bazı numunelerin aşınma yüzeylerinde, kısmen döküntülerinde meydana geldiği görülmektedir. Bunun nedeni ise, kayma sırasında numune yüzeyinde ve/veya yüzeyin hemen altında yorulma sonucu çatlakların oluşması ve testin ilerleyen aşamalarında bu çatlak çevresinden kopan parçacıklardır [2]. Aşındırılan AA7075 alaşımlarının aşınma yüzeylerinde meydana gelen çiziklerin nedeni ise, numune/aşındırıcı disk sürtünmesi sırasında oluşan mikro talaşlardan kaynaklanmaktadır. Sürtünme etkisi ile hem numune, hem de aşındırıcı disk yüzeyinden kopan mikro talaşlar, oldukça sert oldukları için numune yüzeyinde belirgin çiziklere (abrasif etkiye) sebep olmaktadır. Genel olarak aşınma yüzeyi SEM görüntülerinden, hem adhesif aşınma mekanizmasının hem de abrasif aşınma mekanizmasının aktif olduğu anlaşılmaktadır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Beş farklı sıcaklıkta solüsyona alınan AA7075 alaşımında, solüsyona alma sıcaklığının çökelti mukavemetlenmesi üzerinde sağladığı mikroyapısal değişimlerin alaşımın aşınma performansı üzerindeki etkisi incelenen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Yapıda kontrolsüz olarak oluşan fazların çözünme oranı arttığı için, solüsyona alma sıcaklığındaki artışa paralel olarak alaşımların sertlikleri artmaktadır.
- 30 N yük uygulanarak yapılan aşınma testlerinde en düşük ağırlık kaybı ve hacimsel kayıp 485 °C’de solüsyona alınarak 120 °C’de 24 saat yaşılandırılan AA7075 alaşımında elde edilmiştir.

- Genel olarak aşınma yüzeyi SEM görüntülerinden, hem adhesif aşınma mekanizmasının hem de abrasif aşınma mekanizmasının aktif olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. D. Özyürek, R Yılmaz, E. Kibar, The effect of retrogression parameters in RRA treatment on tensile of 7075 aluminum alloys, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 27:1 (2012) 193-203.
- [2] R. Yılmaz, D. Özyürek, E. Kibar, The effect of retrogression parameters on hardness and wear behaviors of 7075 aluminum alloys, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 27:2 (2012) 429-438.
- [3] H. Kaya, M. Uçar, A. Cengiz, D. Özyürek, A. Çalışkan, R.E Ergül, The effect of aging on the machinability of AA7075 aluminum alloy, Scientific Research and Essays, 7:27 (2012) 2424-2430.
- [4] A. Fakioglu, D. Özyürek., R. Yılmaz., Effects of different heat treatment conditions on fatigue behavior of AA7075 alloy, High Temperature Materials and Processes, 32:4 (2013) 345-351.
- [5] H. Kaya, M Uçar, A. Cengiz, R. Samur, D. Özyürek, A. Çalışkan, Novel moulding technique for ECAP process and effects on hardness of AA7075, Mechanika, 20:1 (2014) 5-10.
- [6] E. Kibar, R. Yılmaz, D. Özyürek, Wear properties of 7075 aluminium alloys produced by powder metallurgy, 5th International Powder Metallurgy Conference, Ankara, TURKEY, 69-76, 08-12 October 2008.
- [7]. A. Fakioglu, D. Özyürek, Effects of Re-aging on the fatigue properties of aluminium alloy AA7075, Materials Testing, 56:7-8 (2014) 575-582.
- [8]. Y. Komura, K. Tokunaga, Structural studies of stacking variants in Mg-base Friauf–Laves phases, Acta Crystallographica Section B: Structural Crystallography and Crystal Chemistry, 36:7 (1980) 1548-1554.
- [9] J.L. Cavazos, R Colas, Precipitation in a heat- treatable aluminium alloy cooled at different rates, Materials Characterization, 47:3 (2001) 175-179.
- [10] S. Aksöz, O. Bican, R. Çalın, B. Bostan, “Effect of T7 heat treatment on the dry sliding friction and wear properties of the SiC-reinforced AA 2014 aluminium matrix composites produced by vacuum infiltration” Proc IMechE Part J: J Engineering Tribology, 228:3 (2014) 312-319.