



**Makale
(Article)**

Periyodik Aşırı Yüklerin 2024-Al Alaşımında Yorulma Çatlak İlerleme Hızına Etkisi

Adem KARCI, Dilek TURAN

Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu, Uçak Gövde-Motor Bölümü, ESKİŞEHİR

Özet

Bu çalışmada sabit genlikli yükleme sırasında uygulanan periyodik çekme aşırı yüklerinin 2024-T3 alüminyum alaşımının yorulma çatlak ilerleme hızına etkisi incelenmiştir. Testler, yük kontrollü olarak $R=0.1$ gerilme oranında ve $OLR=1.7$ aşırı yük gerilme oranında yapılmıştır. 1, 5, 10, 50 ve 100 aşırı yükleri (OL) periyodik olarak 1000, 5000 ve 10000 sabit genlikli çevrim aralıklarında uygulanmıştır. Kırık yüzeylerde oluşan yorulma çizgileri ve aşırı yük bantlarından yük etkileşim bilgilerini elde etmek için taramalı elektron mikroskobu ile fraktografik incelemeler yapılmıştır. Yük etkileşimleri nedeniyle aşırı yük testlerinde yorulma çatlak ilerleme hızında gecikme oluşmaktadır. 1000 ve 5000 sabit genlikli çevrim sayılarında aşırı yük sayısının artışı ile çatlak ilerleme hızı artmaktadır. Ancak, 10000 sabit genlik çevrim aralığı için aşırı yük sayısının belirli bir değere kadar artışı ile çatlak ilerleme hızı yavaşlamakta daha sonra aşırı yük sayısının artışı ile hızlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Al alaşımları, yorulma çatlak ilerlemesi, periyodik aşırı yükleme, çatlak ilerleme gecikmesi

The Effect of Block Overloading on The Fatigue Crack Growth of 2024-T3 Al Alloy

Abstract

Effects of the periodic block tensile overloading on the fatigue crack growth behavior of for 2024-T3 aluminum alloy were studied. The tests were carried out at constant load conditions with load ratio $R=0.1$ and fixed overload ratio, $OLR=1.7$. During the periodic overload tests, 1, 5, 10, 50 and 100 overloads (OL) were periodically superimposed on 1000, 5000 and 10000 constant amplitude load cycles (BL). The retardation is reduced with increasing the number of overloads for 1000 and 5000 BL cycles. However, it is increased with increasing number of overloads up to a specific number and then decreased for 10000 BL cycles. Fractographic observations were carried out to obtain information on the load interaction from the fatigue striations and from the overload bands by using scanning electron microscope (SEM).

Keywords : Al alloy, fatigue crack growth , periodic overloading, crack growth retardation

Bu makaleye atıf yapmak için

Karacı A., Turan D., "Periyodik Aşırı Yüklerin 2024-Al Alaşımında Yorulma Çatlak İlerleme Hızına Etkisi Üzerine Bir Alan Araştırması" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009, 6 (6) 57-62

How to cite this article

Karacı A., Turan D., "The Effect Of Block Overloading On The Fatigue Crack Growth Of 2024-T3 Al Alloy" Electronic Journal of Machine Technologies, 2009, 6 (6) 57-62

2009, 6 (6) 57-

1. GİRİŐ

Yorulma nedeniyle hasarlanan makine ve yapısal parçaların büyük çoğunluğu gerçek çalışma şartlarında sabit genlikli yüklerden çok değişken genlikli yüklere maruz kalmaktadır. Değişken genlikli yükler altında çalışan parçaların yorulma ömrünün doğru tahmini için yükler arasındaki etkileşimler iyi tanımlanması gerekmektedir. Bu yük etkileşimlerini tanımlamak için sabit genlikli yükleme sırasında negatif/pozitif aşırı yükler tek veya blok şeklinde uygulanarak çatlak yavaşlaması ve hızlanmasının mekanizmaları belirlenmeye çalışılmaktadır. Yapılan araştırmalarda çekme ve basma aşırı yük oranı, aşırı yükler arasındaki çevrim sayısı ve aşırı yük sayısının çatlak ilerleme hızını etkilediği belirtilmektedir [1-5]. Çatlak ilerleme hızındaki değişime, çatlak kapanması, kalıntı gerilmeler, çatlak ucu körelmesi, çatlak sapması, ikincil çatlakların oluşması ve çatlak dallanması gibi mekanizmalar sebep olmaktadır [6,7].

Bu çalışmada 1000 ve 5000 sabit genlik çevrim aralıklarıyla yapılan önceki araştırmamız [8,9] temel alınarak, 10000 sabit genlik çevrim aralıklarıyla periyodik aşırı yük testleri yapılmıştır. Periyodik aşırı yükler altında yorulma çatlak ilerleme davranışı, aşırı yükler arasındaki çevrim sayısı ve birbiri ardına uygulanan aşırı yük sayısı aşırsından, test sonuçları ve fraktografik analizler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

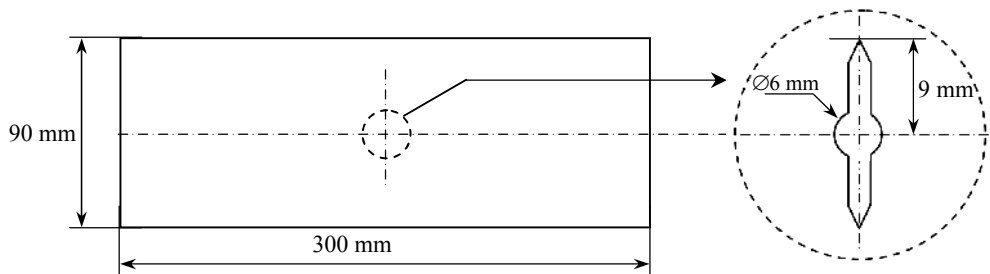
2. DENEYSSEL ÇALIŐMALAR

Yorulma çatlak ilerleme testleri uçak yapısal parçalarında yaygın olarak kullanılan 2024-T3 alüminyum alaşım merkez çatlaklı numuneler ile yapılmıştır. ASTM E 647 standartlarına uygun olarak hazırlanan numunelerin en, boy ve kalınlık ölçüleri sırasıyla 90, 300 ve 6 mm dir (Şekil 1) [10]. Testler, 10 Hz frekansta sinüzoidal dalga şeklinde gerilmeler ile MAX programı kullanılarak bilgisayar kontrollü servo-hidrolik mekanik test makinesinde (Instron 8501) yapılmıştır. Periyodik aşırı yükler, 1 Hz frekansta testler durdurulmadan uygulanmış ve çatlak boyu 25X gezici optik mikroskop (Fatigue Technology Inc.) ile ölçülmüştür.

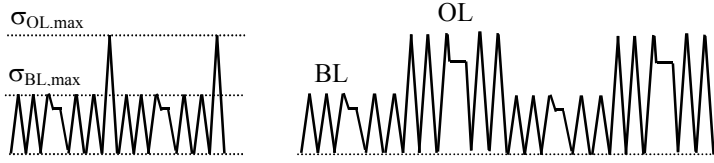
Testlerin tamamında gerilme oranı $R=0.1$ ve aşırı yük oranı $OLR=1.7$ alınmıştır. Aşırı yük oranı ;

$$OLR = \frac{\sigma_{OL\max}}{\sigma_{BL\max}}$$

ile hesaplanmıştır. Burada; $\sigma_{OL\max}$: aşırı gerilme maksimum değer ve $\sigma_{BL\max}$: sabit genlik çevrimsel gerilme maksimum değeridir. Bu gerilme değerleri, $\sigma_{BL\max}=50$ MPa $\sigma_{OL\max}=85$ MPa 2024-T3 Al alaşımının akma gerilme değerlerinden oldukça küçüktür.



Şekil 1. Merkez çatlaklı yorulma çatlak ilerleme numunesi, boyutları ve çentik detayları.



Şekil 2. Periyodik aşırı yük testlerinde uygulanan yük tiplerinin şematik gösterimi. Aşırı yük çevrim sayıları OL: 1, 5, 10, 50 ve 100; sabit genlikli çevrim sayıları BL: 1000, 5000 ve 10000.

Numuneye açılan çentiklerin çatlak ilerleme hız değerlerini etkilememesi için aşırı yükler, $2a=29$ mm çatlak boyuna ulaştıktan sonra uygulanmaya başlanmıştır.

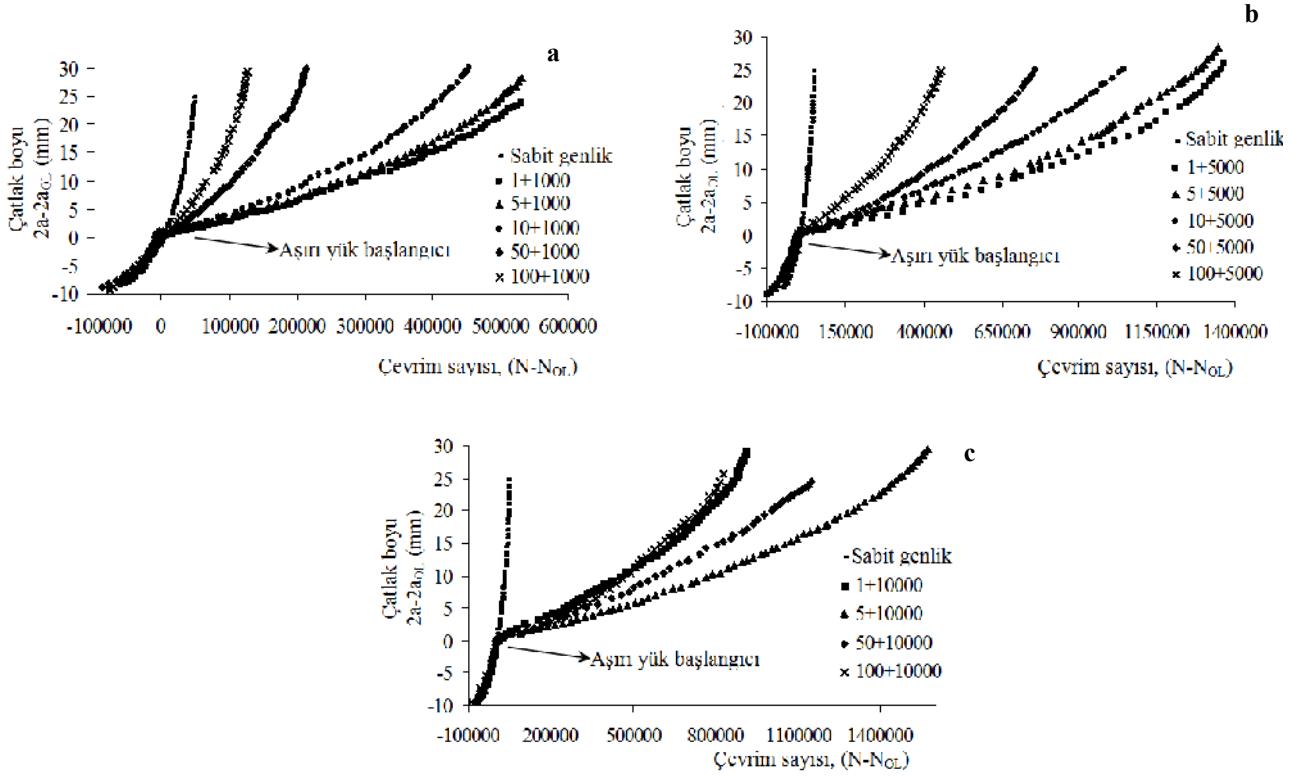
Yorulma çatlak ilerleme yüzeyine aşırı yük etkisini tanımlamak ve lokal çatlak ilerleme hızını ölçmek için kırık numune yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (Zeiss Supra 50 VP) ile incelenmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMALAR

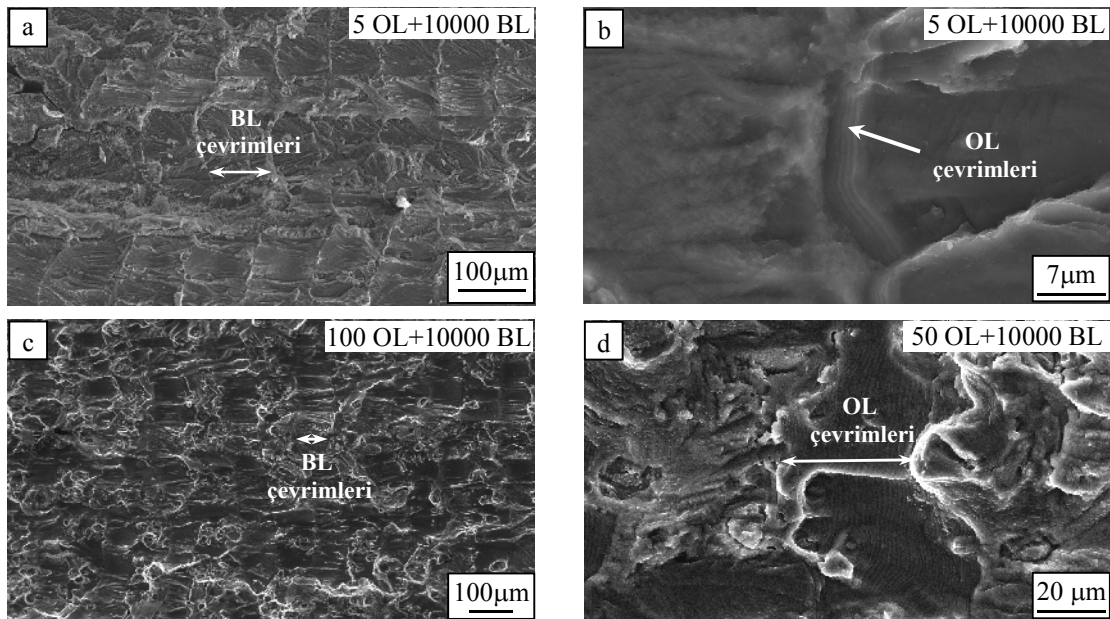
Her 1000, 5000 ve 10000 çevrimde periyodik olarak 1-100 arasında farklı çevrim sayılarında uygulanan aşırı yük testlerinin çatlak uzunluğu $2a$ - çevrim sayısı N grafikleri Şekil 3'te gösterilmektedir. Karşılaştırma için grafikler üzerine ayrıca sabit genlikli test $2a-N$ eğriside eklenmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi en hızlı çatlak ilerlemesi sabit genlikli testte gerçekleşmekte ve diğer aşırı yük testlerinin tamamında aşırı yük uygulanması ile çatlak ilerlemesinde gecikme oluşmaktadır. Aşırı yüklerin 1000 ve 5000 çevrimde uygulanması şartlarında aşırı yük sayısının artışı ile çatlak ilerleme hızı artmaktadır (Şekil 3a ve b). Ancak, aşırı yüklerin 10000 çevrim sayısında uygulanması şartlarında çatlak ilerlemesindeki gecikme, 5 ve 50 aşırı yük çevrim sayısında 1 ve 100 aşırı yük çevrim sayısından daha küçüktür (Şekil 3c). Aşırı yükler periyodik olarak uygulandığında aşırı yükler arasındaki çevrim sayısı ve aşırı yük çevrim sayısı, yorulma çatlak ilerleme hızını etkileyen önemli faktörler olduğu görülmektedir. Tür ve Vardar [4] aşırı yükler arasındaki çevrim sayısı ile ilgili olarak 2024-T3 Al alaşımında aşırı yük etkileşiminin aşırı yükler arasındaki çevrim sayısının, $N_d/2$ (N_d , tek aşırı yük testinde meydana gelen gecikme çevrim sayısı) olması ile gerçekleştiğini belirtmektedir. Pommier ve ark. [1] %0.38 yumuşak karbon çeliği için belirli aralıklarla periyodik olarak aşırı yükün ardı ardına birden çok uygulanmasının bir kez uygulanması durumuna göre gecikme etkisinin daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Ancak ardı ardına uygulanan çevrim sayısı belirli bir değeri aştıktan sonra aşırı yük çatlak ilerlemesi baskın duruma gelmekte ve gecikme azalmaktadır. Yüksek aşırı yük sayılarında aşırı yük çatlak ilerlemesinin baskın olması, aşırı yük ve aşırı yükler arasındaki çevrimlerin neden olduğu çatlak ilerlemesinin taramalı elektron mikroskop (SEM) mikrograflarında ayrı ayrı ölçülmesi ile görülmektedir [8,9].

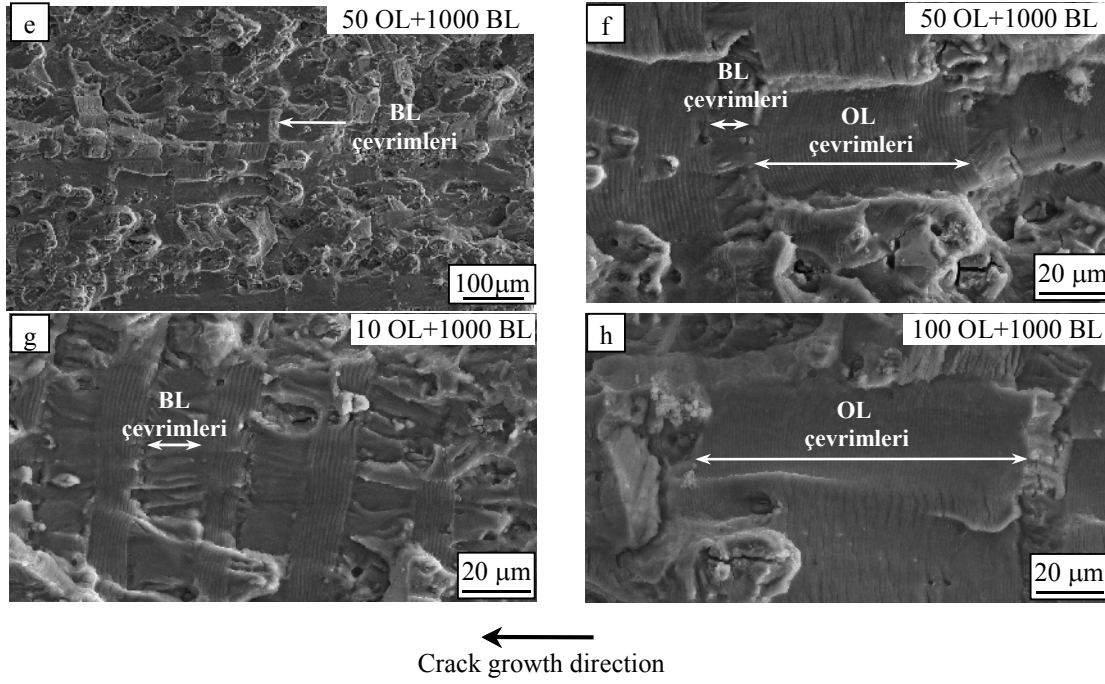
Sabit genlikli çevrimsel yükleme altında kararlı bir şekilde ilerleyen yorulma çatlakları, bir aşırı yük uygulanmasıyla yavaşlamakta ve aşırı yükün etkilediği bölgeden çıkıncaya kadar kademeli olarak hızlanmaktadır. Belirli bir sabit genlikli çevrim sonrasında aşırı yükün tekrar uygulanması yorulma çatlak ilerleme gecikmesine neden olan mekanizmaları tekrar ortaya çıkarmaktadır. Borrego ve ark. [5] AlMgSi-T6 Al alaşımlarında çatlak ucu plastik bölge oluşumundan kaynaklanan çatlak kapanmasının yük etkileşimlerinde önemli rol oynadığını belirtmektedir.

Yorulma kırık yüzeylerinde aşırı yük çizgileri ve sabit genlik çevrimsel yüklerin oluşturduğu bant şeklinde çatlak ilerleme izlerini gösteren SEM mikrografları Şekil 4'te görülmektedir. SEM mikrograflarında aşırı ve sabit genlik yük çevrimlerinin oluşturduğu izlerden $2a=44$ mm çatlak boyunda ölçülen ortalama lokal çatlak ilerleme hızı Çizelge 1'de verilmektedir. Mikrograflarından ölçülen çatlak ilerleme hızları, test sırasında alınan çatlak boyu ölçümleri ile oluşturulan $2a-N$ çatlak boyu - çevrim sayısı grafikleri (Şekil 3) ile uyumludur.



Şekil 3. Aşırı yük sayısının etkisi; a) 1000, b) 5000 ve c) 10000 sabit genlikli çevrim





Şekil 4. 1000, 5000 ve 10000 sabit genlik çevrim aralıklarında periyodik uygulanan farklı sayıda aşırı yük çevrimlerinin kırık yüzeyde oluşturdukları düzenli izler. Mikrograflar üzerinde sabit genlik BL (base load) ve aşırı yük OL (overload) izleri oklarla gösterilmektedir.

Çizelge 1. 2a=44 mm çatlak boyunda SEM görüntülerinden ölçülen ortalama çatlak ilerleme hızları

Yükleme Tipi	da/dN µm/çevrim	Yükleme Tipi	da/dN µm/çevrim	Yükleme Tipi	da/dN µm/çevrim
1 OL+1000 BL	0.030	1 OL+5000 BL	0.011	1 OL+10000 BL	0.016
5 OL+1000 BL	0.031	5 OL+5000 BL	0.010	5 OL+10000 BL	0.0086
10 OL+1000 BL	0.033	10 OL+5000 BL	0.012	10 OL+10000 BL	-
50 OL+1000 BL	0.071	50 OL+5000 BL	0.015	50 OL+10000 BL	0.0133
100 OL+1000 BL	0.11	100 OL+5000 BL	0.023	100 OL+10000 BL	0.0165

4. SONUÇLAR

1. Periyodik aşırı yükler çatlak ilerlemesini geciktirmektedir.
2. 1000 ve 5000 çevrim aralıklarda uygulanan aşırı yük sayısının artması ile gecikme etkisi azalmaktadır.
3. 10000 çevrim aşırı yük aralığı için aşırı yük sayısı belirli bir değere kadar artması ile gecikme etkisi artmakta, sonra azalmaya başlamaktadır.
4. Aşırı yükler arasındaki çevrim sayıları gecikmeye sebep olan yük etkileşimlerini değiştirmektedir. Çatlak ilerleme hızı, aşırı yüklerin 1000 çevrim aralıklarla uygulanması durumundan 5000 ve 10000 çevrimde uygulanmasına göre oldukça yüksektir.

5. KAYNAKLAR

1. Pommier, S., De Freitas, M., 2002, "Effect on fatigue crack growth of interactions between overloads" *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 25(7), 709-722
2. Vardar, O., Yıldırım, N., 1990, "Crack growth retardation due to intermittent overloads" *Int J Fatigue*, 12, 283-287
3. Sadananda, K., Vasudevan, A.K., Holtz, R.L., Lee, E.U., 1999, "Analysis of overload effects and related phenomena" *International Journal of Fatigue*, 21, 233-246
4. Tur, Y., Vardar, O., 1996, "Periodic Tensile Overloads in 2024-T3 Al-Alloy Engineering Fracture Mechanics, 53, 69-77
5. Borrego, L.P., Costa, J.M., Ferreira, J.M., 2005, "Fatigue Crack Growth in thin Aluminum Alloy Sheets under Loading Sequences with Periodic Overloads" *Thin-Walled Structures*, 43, 772-788
6. Skorupa, M., 1998, "Load Interaction Effects During Fatigue Crack Growth under Variable Amplitude Loading" *Fatigue & Fract. of Engng. Mater. & Struct*, 21, 987-1006
7. Hammouda, M.M.I., Ahmad, S.S.E., Selem, M.H. ve Sallam H.E.M., 1998 "Fatigue crack growth due to two successive single overloads" *Fatigue Fract Engng Mater Struct.*, 21, 1537-1547
8. Turan, D., Yıldırım, B., Karcı, A., Baklacıoğlu, T., Kale R., 2005, "Single and periodic overload effects on fatigue crack growth behaviour of 2024-T3 alloy" *Ankara International Aerospace Conference, Ankara, Turkey*
9. Karcı, A., Turan, D., 2006, "Fatigue crack growth under periodic block tensile overloading" *The 12th International Conference on Machine Design and Production, Turkey*
10. Roberta, A., 1985, "Standart test method for constant-load-amplitude fatigue crack growth rates above 10^{-8} mm/cycle" *ASTM E-647, Anual Book of ASTM Standarts Metals Test Methods and Analytical Procedures, (03.01), 739-759*