

1050 AL ALAŞIMLARIN DARBE DAVRANIŞLARININ DENEYSEL VE NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ

Mehmet KAYRICI^a Onur GÖK^a

^a Necmettin Erbakan Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Seydişehir ACMF, Konya, E-mail: mkayrinci@erbakan.edu.tr, ogok@erbakan.edu.tr

Abstract

Bu çalışmada 1050 Al alaşım mekanik davranış yönünden düşük hızda darbe deneyi ile incelenmiştir. Deneyler ASTM standartlarına göre sırasıyla 50, 100, 150, 200 ve 250 joule değerleri için yapılmıştır. Deneysel çalışmalardan sonra numuneler nümerik yöntemle deneydeki sınır şartları için incelenmiştir. Bu incelemede malzeme modeli olarak J-C malzeme modeli kullanılmıştır. J-C malzeme modeli sabitleri 1050 Al için nümerik hesaplamada tanımlanmıştır. Nümerik yöntemde ABAQUS sonlu elemanlar paket programı kullanılmıştır. Numunelerdeki deformasyonlar deneysel ve nümerik hesaplamalar için karşılaştırılmıştır.

Keywords: Ağırlık Düşürme Darbe Testi, Sonlu Elemanlar Analizi, Johnson Cook Malzeme Modeli,

1. Introduction

Al alaşım malzemeleri mühendislikte havacılık, taşımacılık, savunma ve medikal alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Hafif, dayanıklı ve imalat proseslerindeki kolaylığı sayesinde mühendislikte önemli bir yere sahiptir. [1],[2] Bu sebeplerden dolayı Al alaşımların mekanik davranış mekanik ve malzeme bilimine oldukça önemlidir. Al alaşımların mekanik özellikleri alaşımın malzeme bileşimine, üretim yöntemine ve ısıl işlemine göre değişiklik göstermektedir.[3]

Malzemelerin mekanik olarak davranışlarını belirlemede birçok deneysel yöntem kullanılmaktadır. [4] Bu yöntemlerle düktil malzemelerin mekanik özellikleri belirlenmektedir. Mekanik davranış elastik, plastik ve kırılma davranışlarıyla sınıflamak bu testlerle mümkün olmaktadır. Bu testlerin sonucunda malzemeleri matematiksel olarak modellemek ve bir takım katsayılarla malzeme davranışlarını elastik ve plastik bölgeler için açıklamak mümkündür.

Malzemelerin plastik davranışlarını açıklamada matematiksel olarak birçok malzeme modeli kullanılmaktadır. Bunlar Zener-Hollomon, J-C ve Zerilli-Armstrong malzeme modelleridir. [5],[6],[7] Malzemelerin plastik bölge davranışlarını matematiksel olarak modellemek mühendislik tasarımlarında imalat prosesleri öncesinde tasarım optimizasyonu yapabilmek için çok önemlidir. Son yıllarda bu optimizasyonları yapabilmek için kullanılan J-C malzeme modeli ise bunlardan bir tanesidir. [8]

J-C malzeme modeli genellikle malzemelerin dinamik davranışını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu

dinamik davranışlar çarpışma, penetrasyon ve plastik şekil değiştirme davranışlarıdır ve mühendislik tasarımlarında çok önemlidir. [9] J-C malzeme modeli plastik ve kırılma davranışı için matematiksel olarak iki sınıfa ayrılmıştır.

Deneysel yöntemler ile malzemenin mekanik davranışını belirlemek pahalı ve zaman alıcı bir yöntemdir. Gerekliği tartışmasızdır ancak belirlenen mekanik özellikler mühendislik tasarımı yapılan ürün için imalat aşamalarına geçmeden tasarım aşamasında kullanılmalıdır. Bu gereksiz revizyonları ortadan kaldırarak ürünün daha kısa süreçlerde ve çok düşük maliyetlerde zaman ve maddi kayıpları minimize etmemize yardımcı olacaktır. Ancak böyle bir optimizasyon çalışması yapmadan önce deneysel ve nümerik yöntemler karşılaştırılıp doğruluk paylarına bakılmalıdır. [10]

Bu çalışmada 1050 Al alaşımı için deneysel ve nümerik olarak karşılaştırma çalışması, ASTM standardına göre darbe deneyi ile yapılmıştır. Deneyler ASTM standartlarına göre sırasıyla 50, 100, 150, 200 ve 250 joule değerleri için yapılmıştır. Bu sonuçlar ile J-C malzeme modeli 1050 Al alaşım için ABAQUS paket programı ile simüle edilerek darbe bölgesindeki plastik deformasyon ve deplasmanlar karşılaştırılmıştır.

2. Materyal Ve Metot

2.1. J-C malzeme modeli ve katsayıların belirlenmesi

J-C malzeme modeli ilk olarak J ve C tarafından 1983 yılında geliştirilmiştir. Bu model yüksek deformasyon altındaki metalik malzemelerin strain ve stres ilişkisini ifade etmektedir. Genelleştirilmiş J-C denklemi plastik bölge davranışı için denklem 2.1 de verilmiştir. Bu plastik model plastik stresin bir ifadesi olarak tanımlanmıştır.

$$\sigma = (A + B\varepsilon^n)(1 + C \ln \varepsilon^*) (1 + T^{*m}) \quad 2.1.$$

$$T^* = \frac{T - T_{ref}}{T_m - T_{ref}}$$

2.1 de referans sıcaklık ve referans strain rate etkisiz bırakılırsa denklem 2.2 elde edilebilir.

$$\sigma = A + B\varepsilon^n$$

2.2.

Her iki tarafın doğal logaritması ile denklem 2.3 elde edilir.

$$\ln(\sigma - A) = \ln B + n \ln \varepsilon$$

2.3.

buradan A ve B katsayılarını elde edebiliriz. Oluşan eğrinin eğimi ile n katsayısı bulunur.

Referans sıcaklık bölgesi denklemde etkisiz hale getirilirse denklem 2.4 elde edilir.

$$\sigma = (A + B\varepsilon^n)(1 + C \ln \dot{\varepsilon}^*)$$

2.4

Buradan denklem 5 elde edilir. Oluşan eğrinin eğimi ile C katsayısı elde edilir.

$$\frac{\sigma}{A+B\varepsilon^n} - 1 = C \ln \dot{\varepsilon}^* \quad 2.5.$$

Benzer olarak referans strain rate etkisiz hale geldiğinde denklem 6, her iki tarafın doğal logaritması ile denklem 7 elde edilir.

$$\sigma = (A + B\varepsilon^n)(1 - T^{*m})$$

2.6

$$\ln\left(1 - \frac{\sigma}{A+B\varepsilon^n}\right) = m \ln T^*$$

2.7

Denklem 7 nin eğimi ile m katsayısı elde edilir.

Tablo 2.1 de 1050 Al alaşım için J-C plastik model katsayıları verilmiştir.

Parameter	A(MPa)	B(MPa)	n	C	m
	110	139	0.36	0.014	1

Tablo 2. 1

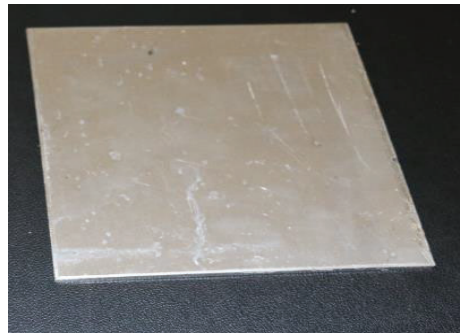
2.2. Darbe deneyi

Deney için ASTM standartlarında 150x100x7.5 mm 1050 Al 5 adet numune hazırlanmıştır. Bu numunelere 50,100,150,200 ve 250 joule enerjilerinde darbe deneyi yapılmıştır. Bu deneyler için kullanılan deney cihazı şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1

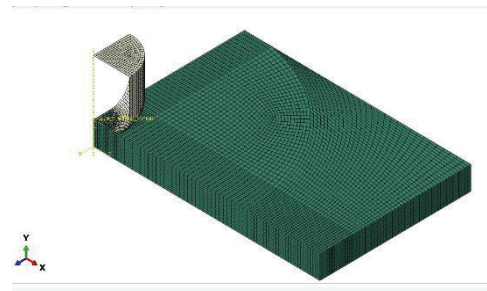
Kullanılan deney numuneleri şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2

2.3. Sonlu elemanlar analizi

Sonlu elemanlar matematiksel modeli için ABAQUS paket programı kullanılmıştır. Oluşturulan CAD modeli matematiksel modele C3D8R eleman kullanılarak çevrilmiştir. Sonlu elemanlar analizi için ¼ simetri kullanılmıştır. Vurucu kütlesi rijit kabul edilerek explicit solver kullanımıyla analiz koşturulmuştur. Analizde toplamda 45840 eleman kullanılmıştır. Matematiksel model şekil 3 de gösterilmiştir



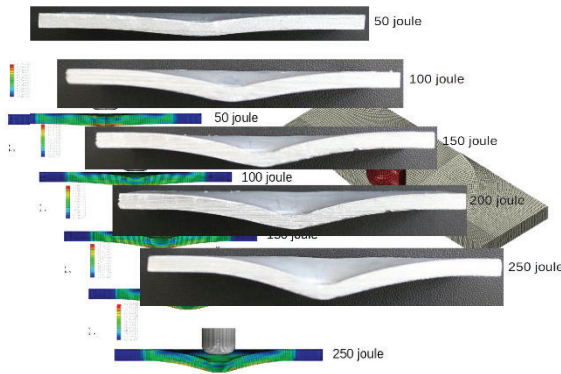
Şekil 3

Ankastre yapılan bu yüzeylerde tüm eksenler boyunca dönme ve ötelenmeler sifıra eşit kabul edilmiştir. Vurucu kütlenin serbestlik derecesi ise bir olarak kabul edilmiştir. 3 dönme hareketi sifır kabul edilirken düşme eksenindeki öteleme hareketi serbest bırakılmıştır. Bu tanımlamanın sebebi vurucunun düşme eksenini boyunca serbest hareket etmesini paket programa tanımlamaktır.

3. Deneysel Ve Nümerik Sonuçlar

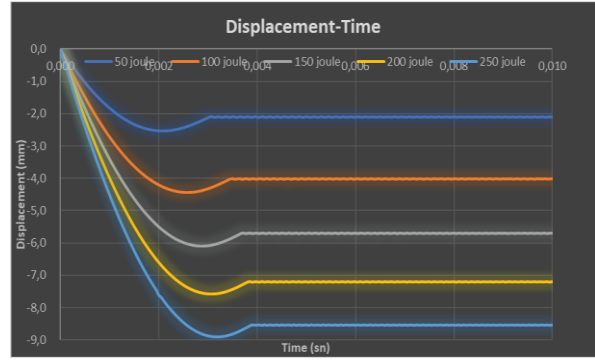
Deney numunelerinin darbe deneyi sonucunda oluşan deformasyon görüntüleri şekil 4 de Nümerik analiz sonucunda oluşan deformasyon görüntüleri ise Şekil 5 te gösterilmiştir.

Şekil 4

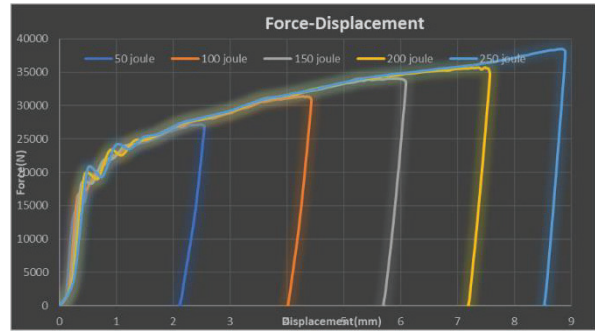


Şekil 5

Kuvvet- zaman ve Deplasman-zaman grafikleri nümerik olarak şekil 6 ve şekil 7 de verilmiştir. Şekil 6 daki deplasman miktarları deney numuneleri ile kıyaslanmıştır. Grafik üzerinde deneysel veriler işaretlenmiştir.



Şekil 6



Şekil 7

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Elastik ve plastik bölgeler için malzemenin mekanik davranışında J-C malzeme modeli deneysel ve nümerik kıyaslaması yapılmıştır. Plastik bölge davranışındaki deplasman ile nümerik analizde ki deplasman davranışı arasında ki farklılıklar hesaplanmıştır. Bu farklılıkların çok fazla olmadığı gözlenmiştir.

Tasarım ve optimizasyonda J-C malzeme modeli ile plastik bölge davranışları üretim aşamasına geçmeden optimizasyon çalışmalarında kullanılabilir. Üretim proseslerinin pahalı olmasından dolayı deneysel hesaplamalardan sonra J-C malzeme modeli ile bu hesaplamalar gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] S. Abotula, A. Shukla, R. Chona, J. Mater. Sci. 46 (2011) 4971–4979.
- [2] H. Huh, H.J. Lee, J.H. Song, Int. J. Automat. Technol. 13 (2012) 43–60.
- [3] Ding-Ni Zhang, Qian-Qian Shangguan, Can-Jun Xie, Fu Liu. A modified Johnson-Cook model of dynamic tensile behaviors for 7075-T6 aluminum alloy. Journal of Alloys and Compounds 619(2015) 186-194.
- [4] F.Rahimi Dehgolan, M. Behzadi, J.Fathi Sola, Obtaining Constants of Johnson-Cook Material Model Using a Combined Experimental, Numerical Simulation and Optimization Method. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial,

Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:10,
No:9,2016

[5] W.H. Cook, G.R. Johnson, A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures. In: Proceedings of the seventh International symposium on Ballistic. Washington DC,USA: American Defence Preparedness Association.(1983) 541–547

[6] L. Xue, T. Wierzbicki, Ductile fracture characterization of aluminum alloy 2024-T351 using damage plasticity theory, *Int.J. Mech.* (2009) 267–304.

[7] Y.C. Lin, X.M. Chen, G. Lin, A modified Johnson-Cook model for tensile behaviors of typical high-strength alloy steel, *Mater. Sci. Eng. A.* 527 (2010) 6980–6986.

[8] Gordon R. Johnson, William H. Cook. Fracture Characteristics Of Three Metals Subjected To Various Strains, Strain Rates, Temperatures And Pressures, *EngineeringFracture Mechanics* Vol. 21, No. 1, pp. 3148. 1985

[9] Sonika Sahu, Dehi Pada Mondal, Manmohan Dass Goel, Mohd. Zahid Ansari. Finite element analysis of AA1100 elasto-plastic behaviour using Johnson-Cook model, *ICMPC* 2017

[10] Hamed kesheh Farahani, Mostafa Ketabchi, Shahab Zangeneh. Determination of Johnson–Cook Plasticity Model Parameters for Inconel718, *Journal of Materials Engineering and Performance* · October 2017