

# THE EFFECTS OF STRAIN RATE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF AA2024-T3 ALLOY

Oktay Cavusoglu<sup>1,2,\*</sup>

<sup>\*1</sup> Duzce University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Duzce, Turkey

<sup>2</sup> Bursa Uludag University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Bursa, Turkey

ORCID Code: 0000-0002-2826-1814

## ABSTRACT

Aluminium alloys are widely used in various sectors, including defence, automotive, aerospace, and structural applications. Therefore, it is essential to accurately determine their mechanical properties. In this study, samples prepared according to ASTM-E8 standards were subjected to tensile testing using a UTEST machine at different strain rates ( $0.04 \text{ s}^{-1}$ ,  $0.02 \text{ s}^{-1}$ , and  $0.002 \text{ s}^{-1}$ ) to investigate the strain rate-dependent mechanical properties of the AA2024-T3 alloy. The experimental results were analyzed to evaluate the effects of strain rate on tensile strength and elongation. The highest tensile strength, 474.73 MPa, was recorded at a strain rate of  $0.04 \text{ s}^{-1}$ . The lower tensile strength, 472.11 MPa, was recorded at a strain rate of  $0.002 \text{ s}^{-1}$ . The highest elongation, 18.22%, was recorded at a strain rate of  $0.04 \text{ s}^{-1}$ . The lower elongation, 15.45%, was recorded at a strain rate of  $0.002 \text{ s}^{-1}$ . The findings revealed that increasing the strain rate had limited effects on tensile strength and elongation. These experimental findings highlight the significance of considering strain rate-dependent mechanical properties in the design, analysis, and engineering applications of aluminium alloys.

**Keywords:** AA2024-T3, strain rate effect, mechanical properties.

## DEFORMASYON ORANININ AA2024-T3 ALAŞIMININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

### ÖZET

Alüminyum alaşımları savunma, otomotiv, havacılık, yapısal uygulamalarda birçok sektör tarafından yaygın olarak tercih edildiğinden dolayı mekanik özellikleri hassas olarak belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma kapsamında, ASTM-E8 standartlarına uygun olarak kesilen numuneler AA2024-T3 alaşımının deformasyon oranına bağlı olarak mekanik özelliklerini belirlemek için farklı deformasyon oranlarında ( $0,04 \text{ s}^{-1}$ ,  $0,02 \text{ s}^{-1}$ ,  $0,002 \text{ s}^{-1}$ ) UTEST çekme test cihazında çekme testleri uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar deformasyon oranına bağlı olarak karşılaştırılmıştır. En yüksek

çekme dayanımı  $0,04 \text{ s}^{-1}$  deformasyon oranında 474,73 MPa olarak belirlenmiştir. En düşük çekme dayanımı  $0,002 \text{ s}^{-1}$  deformasyon oranında 472,11 MPa olarak belirlenmiştir. En yüksek kopma uzaması  $0,04 \text{ s}^{-1}$  deformasyon oranında %18,22 olarak belirlenmiştir. En düşük kopma uzaması  $0,002 \text{ s}^{-1}$  deformasyon oranında %15,45 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları deformasyon oranının artması çekme dayanımı ve kopma uzaması üzerinde sınırlı etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Elde edilen deneysel bulgular, alüminyum alaşımlarının tasarım, analiz ve mühendislik uygulamalarında deformasyon oranına bağlı mekanik özelliklerin göz önünde bulundurulmasının önemini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** AA2024-T3, deformasyon oranı etkisi, mekanik özellikler.

## GİRİŞ

Alüminyum alaşımlar başta otomotiv sektörü olmak üzere birçok sektör tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde, araç gövdesi hafifletme çalışmalarının vazgeçilmez, malzemesi olarak alüminyum alaşımları yerini almıştır (Yadav et al., 2024; Zheng et al., 2018). Sahip oldukları dayanım, hafiflik, korozyon dayanımı, düşük yoğunluk, yüksek iletkenlik gibi üstün özellikleri sayesinde tercih edilmektedir (Gürün et al., 2018; Hirsch, 2014). Saf alüminyumun sınırlı özellikleri alaşım katkısıyla iyileştirilebilir. Kullanım alanlarına göre farklı alüminyum alaşımlarını tercih edilmektedir. 2xxx serisi alüminyum alaşımlar, yüksek dayanım ve yorulma mukavemeti nedeniyle yapısal bütünlüğün ön plana çıktığı, özellikle havacılık, savunma, otomotiv, spor ekipmanlarında kullanılmaktadır (Pujono et al., 2025). Literatürde bu kapsamda çeşitli çalışmalar mevcuttur. Chen ve ark., çalışmalarında temperli ekstrüzyonlu AA6xxx ve AA7xxx alüminyum alaşımlarının deformasyon oranının ve hadde yönünün gerilim-gerinim davranışı üzerindeki etkisini incelemişler deneysel sonuçlar AA6xxx serisi alaşımlarda deformasyon oranına bağlı belirgin bir hassasiyet görülmezken AA7xxx serisi alaşımlarda deformasyon oranına bağlı mekanik dayanımlarda değişim tespit edilmiştir (Chen et al., 2009). Kılıç ve ark. Farklı malzemelerin sıcaklık ve deformasyon hızının mekanik özelliklere olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında deformasyon hızının, sıcaklığın kullanım yerlerine ve imalat yöntemlerine göre önemini vurgulamışlardır. Alüminyum alaşımlarında sıcaklığın deformasyon hızından daha etkili olduğu tespit etmişlerdir (Kılıç & Demirdöğen, 2022). Meriç ve diğ. Al 99.0 'un deformasyon hızı ve deformasyon sıcaklığı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Oda sıcaklığında gerçekleştirilen testlerde deformasyon hızının çekme dayanımı üzerinde belirgin bir etkisi tespit edilememiştir (Meriç et al., 1997). Bu çalışmada, AA2024-T3 alüminyum alaşımının deformasyon oranına bağlı olarak mekanik özelliklerini değişimi belirlemek için standartlara uygun olarak hazırlanan numunelere çekme testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar deformasyon oranına bağlı olarak incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan AA2024-T3 alaşımın kimyasal kompozisyonu Tablo 1 'de gösterilmiştir. 2 mm kalınlığındaki plakadan ASTM-E8 standartlarına uygun olarak çekme test numunesi elde edilmiştir. Elde edilen test numuneleri UTEST marka çekme test cihazında farklı deformasyon oranlarında ( $0,04 s^{-1}$ ,  $0,02 s^{-1}$ ,  $0,002 s^{-1}$ ) olarak çekme testi uygulanmıştır. Çekme test cihazı Şekil 1'de gösterilmiştir. Çekme testleri üç tekrar olacak şekilde uygulanarak elde edilen deneysel sonuçların ortalaması alınmıştır.

**Tablo 1.** AA2024 kimyasal kompozisyon (%)

Fe	Si	Cu	Cr	Mn	Mg	Zn	Ti	Diğer	Al
0,5	0,5	3,8-4,9	0,1	0,3-0,9	1,2-1,8	0,25	0,15	0,15	Kalan

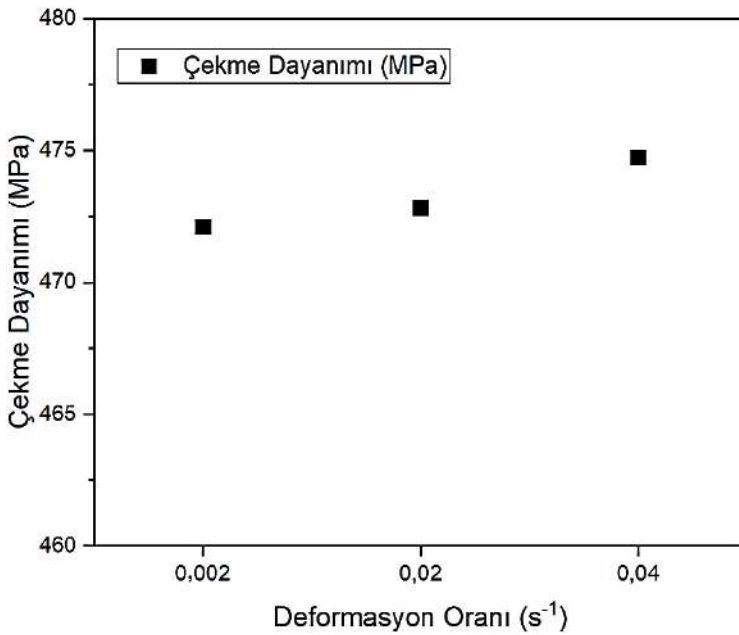


**Şekil 1.** Çekme test cihazı

## TARTIŞMA

Malzemelerin kullanım alanlarına bağlı olarak mekanik özellikler kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, AA2024-T3 alüminyum alaşımının deformasyon oranına bağlı olarak mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir.

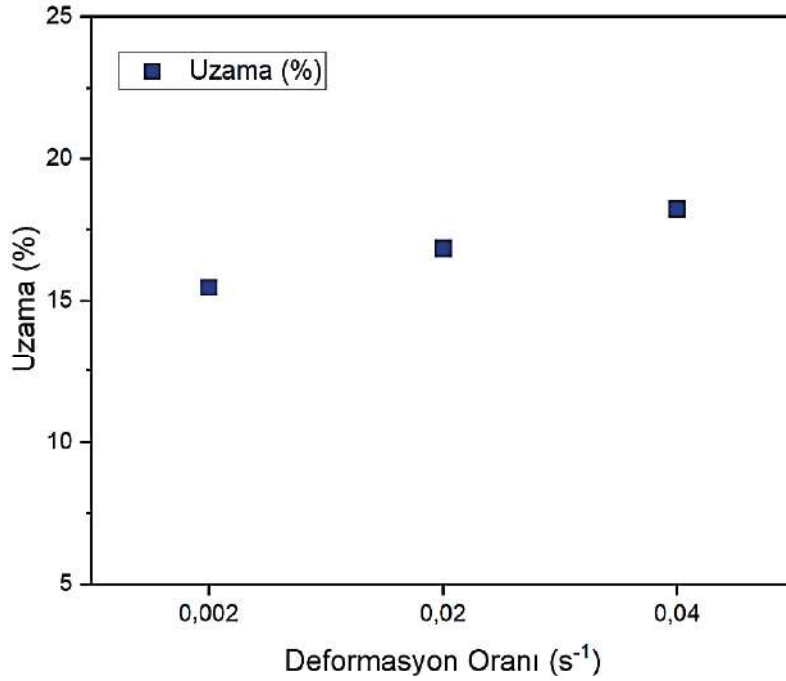
Farklı deformasyon oranlarında çekme dayanımı ve kopma uzamaları tespit edilerek deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Şekil 2’de deformasyon oranına bağlı çekme dayanımları gösterilmiştir. Deformasyon oranı  $0,002 \text{ s}^{-1}$  ‘de  $472,11 \text{ MPa}$ , Deformasyon oranı  $0,02 \text{ s}^{-1}$  ‘de  $472,81 \text{ MPa}$ , Deformasyon oranı  $0,04$  ‘te  $474,73$  olarak çekme dayanımları tespit edilmiştir. Çekme dayanımını bir miktar arttırsa da sınırlı etkiye sahip olduğu görülmüştür. Deformasyon hızı, tane içerisindeki dislokasyon hareketini zorlaştırdığından dolayı mukavemeti artırması karşılaşılan bir durumdur. Aydın ve ark. gerçekleştirdikleri deneysel çalışma sonuçları bu çalışma sonuçlarını desteklemektedir. Çalışmalarında AA6082-T6 ve AA1035-H14 alüminyum alaşımlarında hadde yönü ve deformasyon hızının çekme testi sonuçları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deformasyon hızının artması AA6082 AA6082-T6 ve AA1035-H14 dayanımlarında çekme mukavemetini arttırdığını belirtmişlerdir (Aydın et al., 2017).



Şekil 2. Deformasyon oranı – çekme dayanımı

Şekil 3’te deformasyon oranına bağlı kopma uzamaları gösterilmiştir. Deformasyon oranı  $0,002 \text{ s}^{-1}$  ‘de %15,45 , Deformasyon oranı  $0,02 \text{ s}^{-1}$  ‘de %16,83 , Deformasyon oranı  $0,04 \text{ s}^{-1}$  ‘de %18,22 olarak kopma uzamaları tespit edilmiştir. En düşük kopma uzaması  $0,002 \text{ s}^{-1}$  deformasyon oranında %15,45

olarak belirlenmiştir. En yüksek kopma uzaması  $0,04 \text{ s}^{-1}$  deformasyon oranında %18,22 olarak belirlenmiştir. Deformasyon oranının artması kopma uzamalarını bir miktar arttırmıştır.



Şekil 3. Deformasyon oranı – kopma uzaması

## SONUÇLAR

Deformasyon oranının AA2024-T3 alaşımının mekanik özelliklerine etkileri aşağıda özetlenmiştir.

- Deneysel sonuçlar, deformasyon oranının artışının çekme dayanımı ve kopma uzamaları üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir
- Alüminyum alaşımlarının tasarım, analiz ve mühendislik uygulamalarında deformasyon oranına bağlı mekanik özelliklerin göz önünde bulundurulmasının önemini vurgulamaktadır.

## REFERANSLAR

- Aydın, H., Tunçel, O., Yiğit, K., Balamur, F., Çavuşoğlu, O., & Düzgün, O. (2017). AA6082-T6 ve AA1035-H14 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARINDA HADDELEME YÖNÜNÜN VE DEFORMASYON HIZININ ÇEKME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 22(3), 81–96. <https://doi.org/10.17482/uumfd.297265>
- Chen, Y., Clausen, A. H., Hopperstad, O. S., & Langseth, M. (2009). Stress-strain behaviour of aluminium alloys at a wide range of strain rates. *International Journal of Solids and Structures*, 46(21), 3825–3835. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2009.07.013>
- Gürün, H., Çavuşoğlu, O., Çaydaş, U., Özek, C., Çelik B A, M., Üniversitesi, G., Fakültesi, T., Mühendisliği, İ., Ankara, B., Türkiye, /, Üniversitesi, F., Bölümü, M. M., & Türkiye, E. / (2018). AA2024 Alaşımının V-Bükme İşlemi Sonrasında Geri Esneme Davranışlarının İncelenmesi Investigation of Springback Behaviour of AA2024 Alloy After V-Bending. In *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi Science and Eng. J of Fırat Univ* (Vol. 30, Issue 1).
- Hirsch, J. (2014). Recent development in aluminium for automotive applications. In *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)* (Vol. 24, Issue 7, pp. 1995–2002). Nonferrous Metals Society of China. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(14\)63305-7](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(14)63305-7)
- Kılıç, S., & Demirdöğen, M. F. (2022). Investigation of the Effect of Temperature and Strain Rate on Mechanical Properties. *Uluslararası Muhendislik Arastirma ve Gelistirme Dergisi*, 14(2), 406–419. <https://doi.org/10.29137/umagd.987547>
- Meriç, C., Atik, E., & Özkaya, E. (1997). DEFORMASYON SICAKLIĞININ VE DEFORMASYON HIZININ Al 99.0'UN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(1), 293–298.
- Pujono, Iman, M. N., Kusmono, Muslih, M. R., Priyanto, T. H., Apriansyah, R., & Isnaini, A. (2025). Diminishing residual stress and distortion by in-situ rolling tensioning to increase fatigue performance of friction stir welded AA2024-T3 joints. *International Journal of Fatigue*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2024.108659>
- Yadav, R., Dwivedi, V. K., & Dwivedi, S. P. (2024). Analysis of Mechanical Properties and Manufacturing Process of Aluminum Series. In *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s40033-024-00750-4>
- Zheng, K., Politis, D. J., Wang, L., & Lin, J. (2018). A review on forming techniques for manufacturing lightweight complex—shaped aluminium panel components. In *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture* (Vol. 1, Issue 2, pp. 55–80). KeAi Publishing Communications Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2018.03.006>