

The Effects of Bending Process and Rolling Direction on Residual Stresses in FEP12 Steels

FEP12 Çeliklerinde Bükme İşleminin ve Hadde Yönünün Kalıntı Gerilmelere Etkileri

Oktay Çavuşoğlu^{a,b}, A. Gürkan Yılmazoğlu^a, Uğur Üzel^a

^aTOFAŞ Türk Otomotiv Fabrikası, Bursa, Türkiye

^bBursa Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, E-posta: oktaycavusoglu@uludag.edu.tr

Özet

Otomotiv sektöründe, parçalar üzerine uygulanan işlemler parça yüzeylerinde kalıntı gerilmeler oluşturmaktadır. Bu kalıntı (artık) gerilmeler, parça üzerinde ani kırılmalara neden olmaktadır. Bu nedenle kalıntı gerilmeler otomotiv sektöründe güvenlik açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan 2 mm kalınlığında FEP12 çeliğinin bükülme açısının ve hadde yönünün mekanik özelliklere etkilerini incelenmiştir. Bükülme hattında artık gerilme +67 MPa değerine kadar ulaşmaktadır. Çatlak başlangıcı açısından bükülen alan güvensiz olduğu öngörülmektedir. Düz sac üzerinde yapılan ölçümlerde hadde yönünde ortalama -52,7 MPa, haddeye dik yönde ortalama -73,6 MPa kalıntı gerilme görülmüştür.

Anahtar kelimeler: FEP12, Kalıntı Gerilme, Artık Gerilme

Abstract

In the automotive industry, the processes applied on the parts cause residual regressions on the part surfaces. These residual (residual) stresses can cause sudden fractures on the part. These reasons residual stresses are critical to safety in the automotive industry. In this study, the effects of bending angle and rolling direction of 2mm thick FEP12 steel, which is frequently used in the automotive industry, on mechanical properties were investigated. The residual stress at the bending line reaches up to +67 MPa. It has been observed that the bending area is unsafe in terms of crack initiation. Measurements on flat sheet showed an average residual stress of -52.7 MPa in the rolling direction and -73.6 MPa perpendicular to the rolling direction.

Keywords: FEP12 Steels, Residual Stress,

1. Giriş

Günümüzde, otomotiv sektöründe gelişen teknolojilerle birlikte sürücü ve yolcu güvenliği ön plana çıkmaktadır. Otomotiv sektöründe araçlarda kullanılan parçalara (yaylar, dişliler, fren diski vb.) uygulanan kaynak, plastik şekil verme, talaşlı imalat vb. işlemler parça üzerinde kalıntı (artık) gerilmelere neden olmaktadır. Bu gerilmeler parça üzerinden beklenmeyen, ani kırılmalara neden olmaktadır [1-3]. Bunun önüne geçebilmek için, kabuller yaparak çeşitli paket

programlar vasıtasıyla bir analiz yapılıyor olsada, her zaman bu analiz yeterli olmayabilir. Bu durumda çeşitli yöntemlerle vasıtasıyla kalıntı gerilmelerinin ölçülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle çatlakların oluşumun açıklanmasında kalıntı gerilme bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde bu alanda yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmasına rağmen, yeterince çalışma yer almamaktadır. Tuğçe Kaleli ve diğ. [4] kaynak işlemi nedeniyle oluşan kalıntı gerilmelerin mikro-manyetik teknikle tahribatsız olarak ölçülmesi hakkında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada kaynak işlemi nedeniyle oluşan kalıntı gerilmeyi simülasyon yardımıyla ve mikro-mekanik teknikle gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Osman Yiğit ve diğ. [5] kalıntı kaldırma yöntemi ve genel olarak diğer kalıntı gerilme ölçüm yöntemlerini karşılaştırmalı olarak incelemişler. Elif Malyer [6] ezerek parlatma yapılan AA7075-T6 alüminyum alaşımında meydana gelen kalıntı gerilmelerin incelenmiştir. Bu çalışmada, FEP12 çelik saclarda haddeleme yönü ve bükülme açısının kalıntı gerilme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 90 derecede bükülmüş ve işlenmemiş 2 mm kalınlığındaki FEP12 çelik saclarının kalıntı gerilme değerleri karşılaştırılmıştır. Daha sonra haddeleme yönünün artık gerilme değeri üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

2. Materyel ve Yöntem

Bu çalışmada, 2 mm kalınlığında italya strandartlarına göre FEP12 çeliği olarak adlandırılan sac malzemenin yüzeyinden X-Işını Difraksiyon yöntemi yardımıyla GNR marka Stress-X modeliyle kalıntı gerilme ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, işlem görmemiş düz sac üzerinde noktalar belirlenerek hadde yönünde ve haddeye dik yönde ölçümler gerçekleştirilmiş. Sonrasında, 90° bükülmüş sac malzeme üzerinden ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sac üzerinde 1-14 arası noktalar seçilerek bu noktalarındaki kalıntı gerilme değerleri arasındaki değişimler incelenmiştir. FEP12 çeliğinin kimyasal ve mekanik özellikleri çizelge 1-2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. FEP12 çeliğinin kimyasal kompozisyonu (%)

| Steel | C | Mn | P | S |
|-------|------|------|-------|-------|
| FEP12 | 0.13 | 0.60 | 0.030 | 0.035 |

Çizelge 2. FEP12 çeliğinin mekanik özellikleri

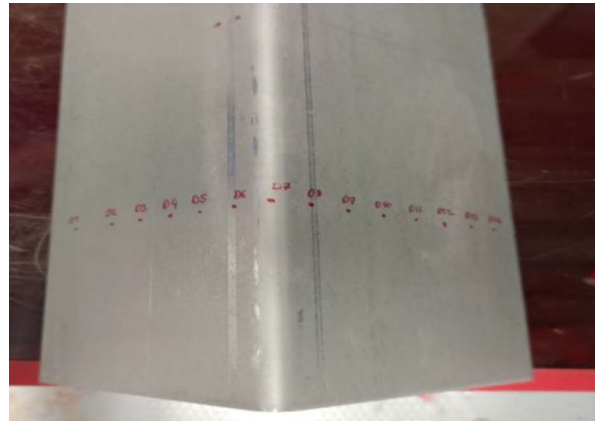
| Steel | Akma Dayanımı | Çekme Dayanımı | Elongation |
|-------|---------------|----------------|------------|
| FEP12 | 180-290 MPa | 270-400 MPa | %30 |



Şekil 1. GNR Stress- X kalıntı gerilme analiz cihazı [7]



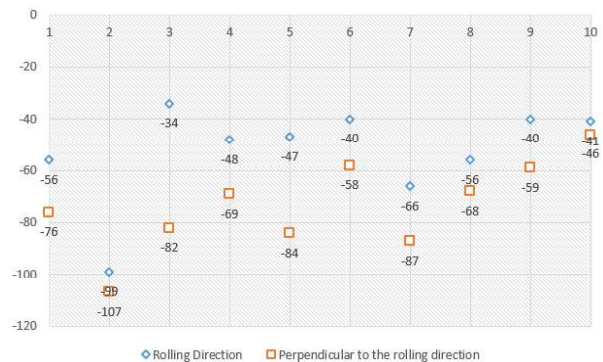
Şekil 2. İşlem görmemiş FEP12 çeliği



Şekil 3. 90° bükülmüş FEP12 çeliği

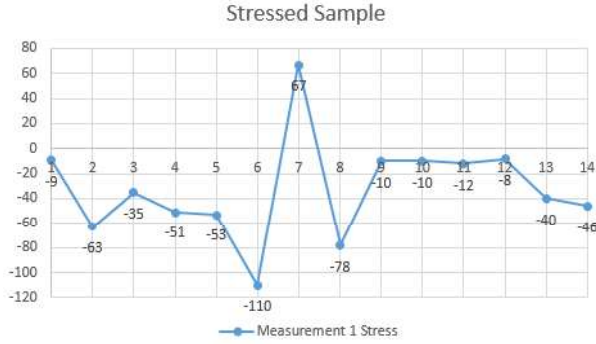
3. Tartışma

Şekil 4 'te işlem görmemiş düz FEP12 çeliğinin yüzeyinden hadde yönünde ve haddeye dik yönde elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Ölçüm gerçekleştirilen 10 nokta için, hadde ve haddeye dik yönde elde edilen sonuçlar genel olarak birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Düz sac parça üzerinden alınan tüm noktalar bası gerilmesine maruz kaldığı görülmektedir. Hadde yönünde en yüksek, -99 MPa bası gerilmesi, haddeye dik yönde en yüksek -107 Mpa bası gerilmesi ölçülmüştür.

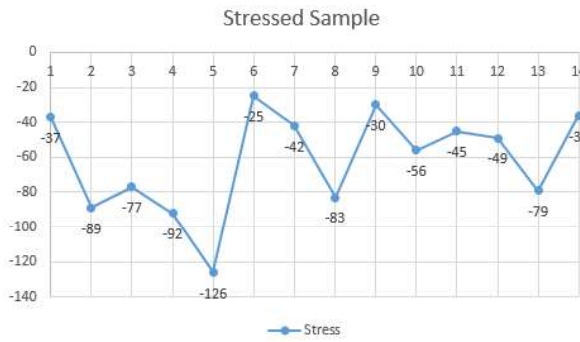


Şekil 4. Hadde yönüne bağlı kalıntı gerilme değerleri

Şekil 5 'te 90° bükülmüş sacın hadde yönünde kalıntı gerilme ölçümleri verilmiştir. 7 nolu noktada kalıntı gerilme değeri pozitifken diğer tüm noktalarda negatif olarak elde edilmiştir. 7 nolu nokta çeki gerilmesine maruz kaldığı diğer noktaların basıya maruz kaldığı düşünülmektedir. Bu nedenle 7 nolu nokta çatlak görülme olasılığı diğer noktalara göre daha yüksektir.



Şekil 5. Haddeye yönünde kalıntı gerilme değerleri



Şekil 6. Haddeye dik yönde kalıntı gerilme değerleri

Hadde yönüne dik yönde elde edilen sonuçlar şekil 6 'da gösterilmiştir. 14 noktadan alınan tüm ölçümlerde negatif sonuçlar elde edilmiştir. Haddeye dik yönde her nokta bası gerilmesine maruz kaldığı görülmektedir

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, bükme işleminin ve hadde yönünün kalıntı gerilme üzerine etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışma sonuçlarını şu şekilde özetleyebiliriz :

- 90° Bükülmüş çeliğin bükülme hattı üzerinde (7 nolu nokta) çeliğin yüzeyinde hadde yönünde kalıntı gerilme değerleri pozitif olarak (çeki gerilmesi) ölçülmüştür. Bu bölgede çatlak oluşumu görülmesi diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu öngörülmektedir.

- Düz sac üzerinde alınan ölçümlere göre haddeye dik yönde daha yüksek negatif (bası) gerilmeleri ölçülmüştür. Buna göre haddeye dik yönde sacın yorulma ömrünün, dayanımının daha yüksek olması ve çatlak yayılmasının daha az olması beklenmektedir

5. Referanslar.

Kaynaklar

[1] Deng, Dean. "FEM prediction of welding residual stress and distortion in carbon steel considering phase transformation effects." *Materials & Design* 30.2 (2009): 359-366.

[2] Michaleris, P., J. Dantzig, and D. Tortorelli. "Minimization of welding residual stress and distortion in large structures." *Welding Journal-New York-* 78 (1999): 361-s.

[3] Deng, Dean, and Hidekazu Murakawa. "Prediction of welding residual stress in multi-pass butt-welded modified 9Cr–1Mo steel pipe considering phase transformation effects." *Computational Materials Science* 37.3 (2006): 209-219.

[4] Kaleli Tuğçe, Yelbay H. İlker, Gür C. Hakan, Kaynak İşlemi Nedeniyle Oluşan Kalıntı Gerilmelerin Mikro-Manyetik Teknikle Tahribatsız Olarak Ölçülmesi, X. Kaynak Teknolojisi Ulusal Kongre Ve Sergisi Bildiriler Kitabı, syf. 9-22, Kasım,2017.

[5] Yiğit Osman, Dilmeç Murat, Halkacı H. Selçuk, Tabaka Kaldırma Yöntemi ile Kalıntı Gerilmelerin Ölçülmesi ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması, Mühendis ve Makina Cilt 49, sayı 579, 2008..

[6] Malyer Elif., Ezerek Parlatma Yapılan AA7075-T6 Alüminyum Alaşımında Meydana Gelen Kalıntı Gerilmelerin İncelenmesi, Politeknik Dergisi, 21(3): 565-573, (2018).

[7] Anka Analitik Mekatronik Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. <https://www.ankaanalitik.com.tr/stress-xrd-cihazı>