

DÜŞÜK KARBONLU ÇELİK SAÇLARA DEFORMASYON ÖNCESİ UYGULANAN TAVLAMANIN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Ali BAYRAM*
Agah UĞUZ **

ÖZET

Bu çalışmada, düşük karbonlu saçlara değişik şartlarda 600°C da 30 dakika, 1 ve 2 saat ayrıca 550°C, 600°C ve 650°C da 1 saat) tavlama işlemi uygulanmıştır. Yukarıda belirtilen şartlarda tavlanan deney numunelerine 10 mm/dak., 50 mm/dak. ve 250 mm/dak.'lık çene hızlarında çekme testleri uygulanmıştır.

Seçilen ısı işlem şartlarına ve deformasyon hızlarına bağlı olarak saç malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişim incelenmiştir.

ABSTRACT

The Effect of Predeformation Annealing on the Mechanical Properties of Low Carbon Steel Plates

In this work, low carbon steels have been annealed in different conditions (30 minutes, 1 hour and 2 hours at 600°C; 1 hour at 550°C, 600°C and 650°C). Following this, heat treated specimens have been subjected to tensile tests at 10 mm/min, 50 mm/min and 250 mm/min cross-head speeds.

The change in mechanical properties of plate materials according to selected heat treatment conditions and deformation rates have been investigated.

*Yard. Doç. Dr.; U. Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa.

* Doç. Dr.; U. Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa.

1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılda, metallere şekil verme yöntemleri arasında en hızlı gelişme metalik saçları şekillendirme yöntemlerinde görülmüştür. Düz saçların yüksek üretim hızlarında ekonomik olarak ve çok değişik şekillerde biçimlendirme yöntemlerinin yaygınlaştırılması ve gelişmesini sağlamıştır. Kesme işlemi dışında tüm saç şekillendirme yöntemlerinde malzeme bir taraftan gerilerek (uzama) diğer taraftan sıkıştırılarak (büzülme) son şeklini alır.

Saçlara uygulanan şekillendirme işleminin tasarımı kadar malzemenin kendisi de nihai ürünün şeklinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Özellikle malzemede bulunan alaşım elementleri ve şekillendirme öncesinde geçirdiği işlemler ürün kalitesini etkilemektedir.

Malzemelerin plastik şekillendirme davranışları hakkında fikir edinilebilmesi için başvurulan yöntemlerden en önemlisi çekme deneyi esnasındaki davranışlarıdır. Ancak çekme deneyinde uygulanan deformasyon hızı ve sıcaklığının, mekanik özelliklere önemli ölçüde etkisi vardır (1).

Deformasyon hızı ve sıcaklığın etkisi pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (2-6). Yapılan çalışmalarda malzeme cinsine ve kristal yapılarına göre malzeme davranışlarının farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak deformasyon hızı arttıkça malzemenin mukavemetinin arttığı, buna karşılık toplam birim şekil değiştirme miktarının azaldığı, yine sıcaklık arttıkça deformasyon hızının değişiminden bağımsız olarak mukavemetin düştüğü gözlenmiştir.

Bu çalışmada, genel amaçlar için imalat sanayiinde kullanılan düşük karbonlu saçlara uygulanan yeniden kristalleşme tavlamaının ne derece doğru uygulandığının araştırılması düşünülmüştür. Bu sebeple değişik sıcaklık ve sürelerde yeniden bir tavlama işlemi uygulanmıştır.

MALZEME ve METOD

Deneysel çalışmalarda düşük karbonlu (%0,12 C) saçlar kullanılmıştır. Saç malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir. Saç malzemelerden çekme deneylerinde kullanılmak üzere TS 138'e göre numuneler hazırlanmıştır. İmal edilen çekme deneyi numuneleri 600°C de 30 dakika, 1 ve 2 saat olmak üzere, ayrıca 550°C, 600°C ve 650°C da 1 saat tavllanmışlardır.

Tablo 1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Saç Malzemenin Kimyasal Bileşimi

Alaşım Elementi	C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
Ağırlıkça %	0,12	0,02	0,34	0,04	0,08	0,01	0,01

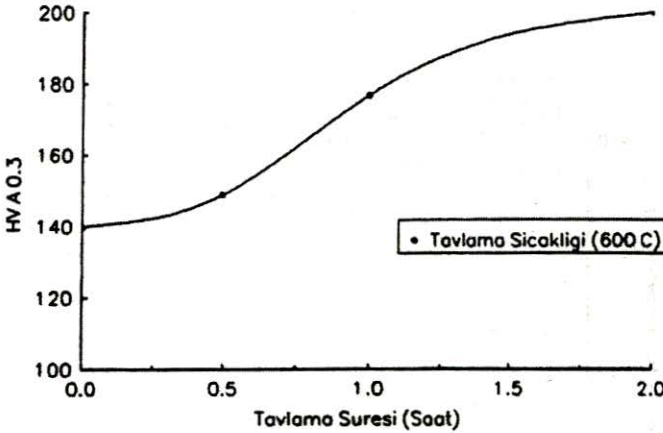
Sertlik ölçümlerinde 1 mm kalınlığında saçlar kullanıldığı için mikrosertlik ölçüm metodu seçilmiştir. HVA 0,3'e (F = 2,941 N) göre ısıl işlem görmüş numunelerin sertlikleri ölçülmüştür. Farklı ısıl işlem görmüş her bir numuneden 4 adet sertlik ölçümü yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

Söz konusu edilen malzemelerin çekme mukavemetlerinin belirlenmesinde bilgisayar destekli INSTRON 403 cihazı kullanılmıştır. Her grup malzemeden 5 adet numune çekme deneyine tabi tutularak sonuçların ortalaması alınmıştır.

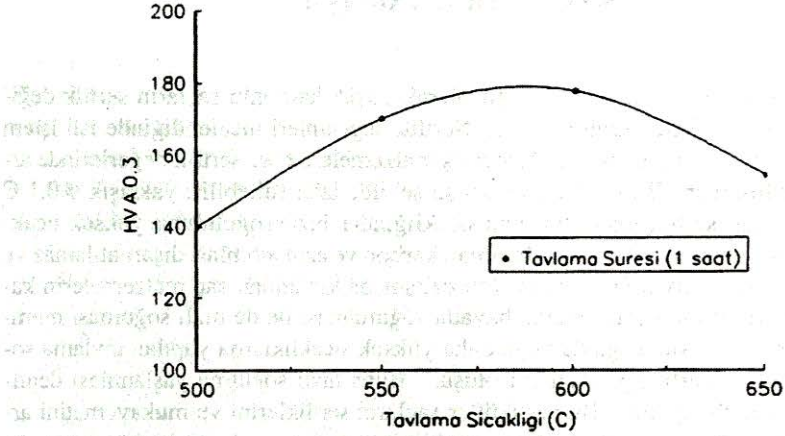
SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Sertlik:

Belirlenen ısıtma şartlarına bağlı olarak düşük karbonlu saçların sertlik değişimleri Şekil 1 ve 2 de görülmektedir. Sertlik değişimleri incelendiğinde ısıtma işlem görmüş malzemelerin, ısıtma işlem görmemiş malzemelere göre sertlik değerlerinde artışlar kaydedilmiştir. Bu sertlik artışları şu şekilde izah edilebilir; yaklaşık %0,1 C içeren düşük karbonlu çelikler tavlama sıcaklığından hızla soğutulursa yüksek sıcaklıklarda ferrit fazı içerisinde erimiş bulunan karbon ve azot atomları dışarı atılamaz ve aşırı doymuş katı-eriyik oluştururlar (bu çalışmada kullanılan saç malzemelerin kalınlıklarının 1mm olması nedeniyle havada soğutulması ile de hızlı soğuması mümkün olabilir). Oda sıcaklığında veya daha yüksek sıcaklıklarda yapılan tavlama sonucu çok ince ϵ -karbür parçacıkları oluşur. Buna hızlı soğutma yaşlanması denilmektedir (quench ageing). Bu partiküller saçların sertliklerini ve mukavemetini artırır (7). 650°C'de tavlanan saçların sertliklerinin düşmesi, oluşan karbür parçacıklarının kabalaşması ile açıklanabilir. Yüksek sıcaklıklarda yapılan tavlamalarda partiküllerin kabalaşığı bilinmektedir (1, 8, 9). Bu partiküllerin kabalaşması nedeniyle sertlik düşmektedir.



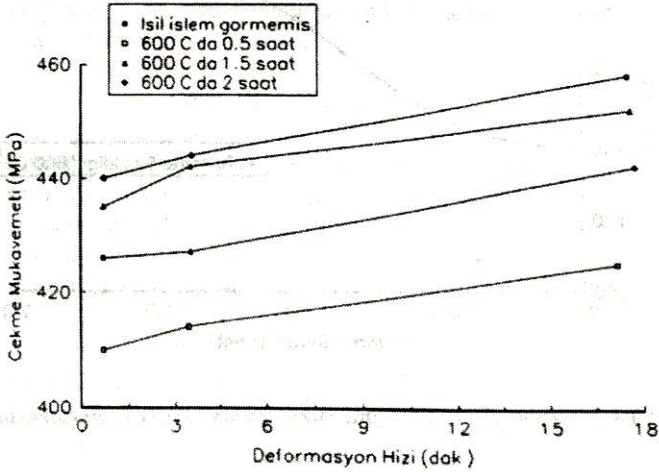
Şekil 1. Sabit sıcaklık ve farklı tavlama sürelerinde sertlik değerlerinin değişimi.



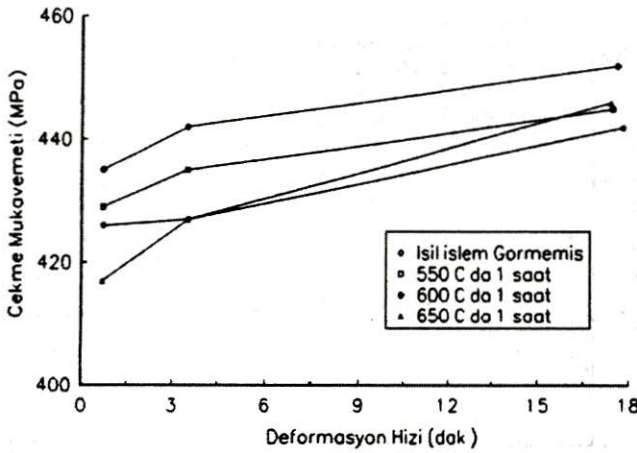
Şekil 2. Sabit süre ve farklı tavlama sıcaklıklarındaki sertlik değişimleri.

Çekme Mukavemeti:

Değişik süre ve sıcaklıklarda tavlanan saçların deformasyon hızına bağlı olarak çekme mukavemetlerindeki değişimler Şekil 3 ve 4'de görülmektedir.



Şekil 3. Sabit sıcaklık ve farklı sürelerde tavlanan saçların deformasyon hızına bağlı olarak çekme mukavemetlerinin değişimi.



Şekil 4. Sabit süre ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş malzemelerin deformasyon hızına bağlı olarak çekme mukavemetlerinin değişimi.

Çekme deneylerinde uygulanan deformasyon hızlarının hesaplanmasında Nadai (10) tarafından verilen matematiksel analiz kullanılmıştır.

Mühendislik deformasyon hızı, numune boyuna ve çekme hızına bağlı olarak;

$$\dot{\epsilon} = \frac{de}{dt} = \frac{d(L - L_0)/L_0}{dt} = \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dt} = \frac{V}{L_0} \quad (1)$$

bağıntısı ile bulunabilir. Burada L_0 numunenin deformasyon öncesi ölçü uzunluğu, L numunenin deformasyon sonrası ölçü uzunluğu ve V , çene hızıdır. Gerçek deformasyon hızı $\dot{\epsilon}$ ise birim zamanda meydana gelen gerçek birim şekil değiştirme miktarını gösterir ve;

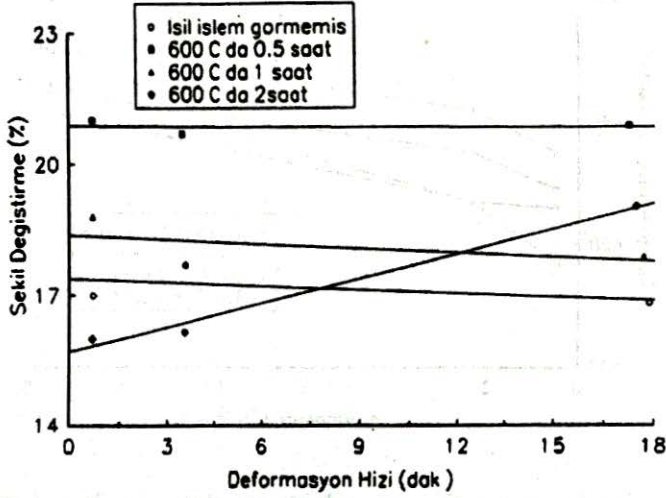
$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{d[\ln(L - L_0)]/L_0}{dt} = \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dt} = \frac{V}{L} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Mühendislik deformasyon hızı ile gerçek deformasyon hızı arasındaki ilişki;

$$\dot{\epsilon} = \frac{V}{L} = \frac{L_0}{L} \cdot \frac{de}{dt} = \frac{1}{1 + e} \cdot \frac{de}{dt} = \frac{\dot{\epsilon}}{1 + e} \quad (3)$$

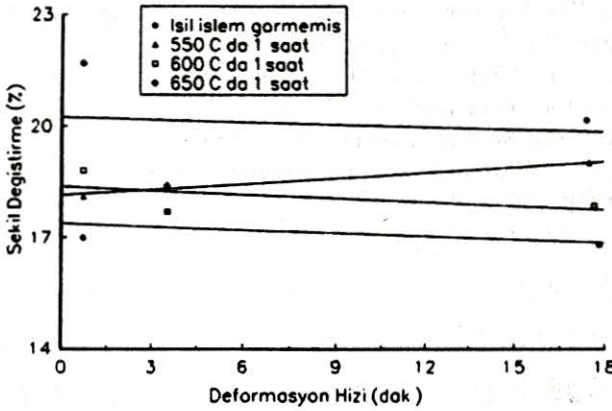
şeklindedir.

Deneysel çalışmalarda seçilen bütün şartlarda deformasyon hızına bağlı olarak yani deformasyon hızı arttıkça malzemelerin çekme mukavemetlerinin arttığı görülmektedir. Kristal yapıları malzemelerde uygulanan deformasyon hızı arttıkça çekme mukavemetlerinin arttığı bilinmektedir (1).



Şekil 5. Uygulanan ısı işlem ve deformasyon hızına bağlı olarak şekil değişimi.

Sabit sayılabilecek deformasyon hızlarında uygulanan, ısı işlem şartlarına bağlı olarak malzemelerin çekme mukavemeti incelendiğinde (Şekil 3 ve 4) genel eğilim olarak çekme mukavemeti değerlerinde artış gözleniyor ise de bu değişim lineer değildir. Bunun hızlı soğutma yaşanması sonucu oluşan karbür parçacıklarından ileri geldiği söylenebilir. Ancak düşük karbonlu saçlar tavlama öncesine göre şekil değiştirme değerlerinde artışlar ve düşüşler göstermektedir (Şekil 5 ve 6). Süneklik değerlerinde bu farklılıklar yeniden kristalleşme tavlaması ile ilgili olabilir. Yeniden kristalleşme tavlaması soğuk şekil verme sonucu pekleşen malzemenin özelliklerini (yüksek dayanım, düşük süneklik ve tokluk) başlangıç durumuna getirmeyi amaçlar. Ancak bu arzulanan mekanik özelliklere yeniden kristalleşme ile şekil değiştirme oranı, tav süresi ve tav sıcaklığı birbirine uygun seçildiğinde ulaşılır. Bu sebeple deformasyon öncesi yapılan tavlama ile dislokasyonların homojenizasyonu ile saçların sünekliğinde artışlar meydana getireceği söylenebilir.



Şekil 6. Tavlama programına ve deformasyon hızına bağlı olarak şekil değişimi.

Saçların mekanik özelliklerinin değişiminde etkili olduğu ileri sürülen sözü edilen partiküllerinin elektron mikroskobu incelemeleriyle belirlenmesi gerekmektedir.

3. SONUÇ

Düşük karbonlu saçlara uygulanan tavlama işlemi sonucu malzemelerin çekme mukavemetlerinde genel olarak artışlar sağlanmıştır. Tavlama sıcaklığı ve süresinin malzeme mekanik özellikleri üzerine önemli bir parametre olduğu açıktır. Çekme mukavemeti değerlerindeki bu artışın tavlama esnasında oluşan partiküller ile sağlandığı söylenebilir. Fakat 600°C da 30 dakikalık tavlama sonucu elde edilen çekme mukavemet değerlerinin başlangıç malzemesinden daha düşük çıkması bu tavlama süresi sonucunda mukavemeti artıracak nispette partiküllerin oluşmadığı şeklinde düşünülebilir. Çekme mukavemetleri artarken süneklik değerlerinde önemli düşüşler kaydedilmediği (Şekil 5, 6) gibi bazı ısıl işlem gruplarında yükselişler göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Dieter, G.E., "Mechanical Metallurgy"; McGraw Hill Book Company, N.Y., 1988.
2. Duffy, J., "Proc. Conf. on Mechanical Properties at High Rates of Strain", ed. J. Hardening, The Institute of Physics, London, 1979.
3. Klepaczko, J. ve Duffy, J., "ASTM STP 765", ed. R. W. Rohde and J. C. Swearingen, 1982.
4. Nicholas. T., "Impact Dynamics", ed. V.A. Zukes et al., New York, 1981.
5. Chiem, C.Y. and Duffy, J., Mat. Sci. Eng., Vol. 57,233, 1983.
6. Ellwood, S., Griffiths, L.J. and Parry, D.J., "3rd Conf. Mech. Prop. High Rates of Strain", Oxford, 1984.

7. Smith, W.F. "Structure and Properties of Engineering Alloys", McGraw-Hill Book Company, NY., 1993.
8. Martin, J.W., "Precipitation Hardening", Pergamon Press, Oxford, 1968.
9. Porter, D.A., and Easterling, K.E., "Phase Transformation in Metals and Alloys", Van Nostrand Reinhold, UK, 1984.
10. Nadai, A., "Theory of Flow and Fracture of Solids", McGraw Hill Book Company, NY., 1950.