



FARKLI KARBON İÇERİKLİ ÇELİKLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN  
ISIL İŞLEMLERLE DEĞİŞİMİ

*(DIFFERENCES IN MECHANICAL PROPERTIES OF STEELS OF  
DIFFERENT CARBON CONCENTRATION BY HEAT TREATMENT)*

N. Sinan KÖKSAL\*, Mehmet UZKUT\*, B. Sadık ÜNLÜ\*

**ÖZET/ ABSTRACT**

Farklı karbon oranlarındaki çeliklere, su verme işleminin ardından 100, 200, 400 ve 600 °C sıcaklıklarda temperleme işlemi uygulanmış ve malzemelerin mekanik özelliklerinin değişimi araştırılmıştır. Karbon içerikleri ağırlıkça % 0.20 - 0.50 olarak değişen bu çeliklere çekme deneyi uygulanarak F- $\Delta l$  eğrileri elde edilmiştir. Eğriler yardımıyla mukavemet katsayısı (K), deformasyon sertleşmesi üssü (n), akma ( $R_{eH}$ ) ve çekme ( $R_m$ ) dayanımı değerleri bulunmuştur. Malzemelerde ısıl işlemlerle oluşan sertlik değerleri (HV) değişiminin saptanması için, Vickers sertlik deneyleri yapılmıştır.

Karbon oranındaki artış, akma ve çekme dayanımı değerlerini artırmıştır. Mukavemet katsayısı (K) ve deformasyon sertleşmesi üssü (n) su verme sıcaklığının artışı ile önemli derecede azaldıkları görülmüştür. Özellikle Ç1040 ve Ç1050 çeliklerde, akma ve çekme dayanımını belirgin bir şekilde azalmıştır.

*Steels containing different carbon concentration were tempered at 100, 200, 400 and 600 °C after quenching, and were investigated for changes in mechanical properties. F- $\Delta l$  curves were plotted after testing these steels. strength coefficient (K), hardening exponent (n), yield and tensile stresses were obtained from these curves. For determining changes in hardness values by heat treatment were done Vickers hardness measurements*

*Increase in carbon concentration also increased tensile and yield stresses. Also changes in strength coefficient (K) and hardening exponent (n) were related to temperature, and it was seen that they had decreased in considerable amount, by increasing temperature. Increase in tempering temperature decreases yield and tensile stresses especially in Ç1040 and Ç1050 by significant amount.*

**ANAHTAR KELİMELER / KEYWORDS**

Mekanik özellikler, Isıl işlem, Karbon oranı  
*Mechanical properties, Heat treatment, Carbon concentration*

## 1. GİRİŞ

Hassas ve imalatı zor parçalardan oluşan mekanizmaların mekanik özelliklerinin ve plastik deformasyon bölgesinin bilinmesi, özellikle maliyet ve ömür açısından önemlidir. Bu sebeple makine parçalarının üretiminde malzeme seçimi ve üretim şekli önemli olmaktadır. Bu gibi parametrelerin optimum değerlerini bulmak çalışmaları devam etmektedir (Dobrzanski ve Sitek, 1997).

Çeliklerin mekanik özellikleri, çeliğin üretiminde uygulanan değişik fizikokimyasal proseslerin sonucunda oluşan mikroyapının ve kimyasal yapısının bir fonksiyonudur. Uygun boyut ve özelliklere sahip yarı mamulün üretimi için farklı ısıl işlem ve şekil verme yöntemleri istenir (Grum vd., 2001).

Takım ömrünü artırmak, işleme maliyetlerini düşürmek amacı ile çeliklere çeşitli ısıl işlemler uygulanır. Mekanik özellikleri düşürücü nitelikte uygulanan bu ısıl işlemlerden amaç, yapıyı yumuşatıp takım ömrünü artırmak, kesme kuvvetlerini azaltmaktır (Lane ve Stam, 1967; Özçatalbaş, 2000).

İçyapı ve özellikler bakımından belirli bir durumu elde etmek üzere, malzemenin solidus sıcaklığının altında uygun sıra ve süre ile ısıtılıp soğutulmasına ısıl işlem denir (Şekil 1). Isıl işlemler genel olarak iki ana grupta toplanabilir:

Tavlama ve sertleştirme: Tavlama ile içyapının kararlı denge durumuna yaklaşması sağlanır (soğutma yavaş yapılır). Sertleşebilirlik, makinelerin ısıl işlem yapabilen elemanlarında kullanılan çeliklerin seçimini etkileyen en temel özelliktir. Sertleştirmede ise ostenitik çeliğin bileşimine bağlı bir minimum hızın altına inilmeyecek şekilde soğutulmuş yarı kararlı bir içyapı (martenzit) oluşturulur.

DIN 17014'e göre sertleştirme çeliklerin A<sub>3</sub> veya A<sub>1</sub> üzerindeki belli bir sıcaklıktan, yüzeyde veya aynı zamanda kesitte önemli bir sertlik artışı sağlayacak bir hızla soğutulmasıdır (su verme). Böylece genellikle martenzite dönüşen içyapıda ferrit ve perlit oluşumu engellenir. Su verme genel olarak hızlı soğutma veya çelikler için sertleştirme (dönüşüm sertleştirme) anlamına da gelir.

Bir çeliğin sertleşme davranışı iki ayrı kavramı, yani hem erişilebilen en büyük sertliği hem de elde edilebilen sertleşme derinliğini kapsar. Martenzitik yapının ulaşabileceği en büyük sertlik öncelikle çeliğin karbon derişikliğine bağlıdır; diğer alaşım elementlerinin tür ve miktarı bu değeri pek etkilemez (Güleç ve Aran, 1985).

Metalik malzemelerde deformasyon sertleşmesinin görüldüğü deformasyon sıcaklıklarında ( $T < 0,5T_m$ ) gerilme şekil değiştirme eğrisinin homojen deformasyon bölgesi için Halloman Denklemi olarak bilinen aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$\sigma_g = K \varepsilon^n \quad (1)$$

Deformasyon sertleşmesi üssü,  $n=0$  (ideal plastik malzeme) ile  $n=1$  (elastik malzeme) değerleri arasında olabilir. Birçok metalik malzeme için  $n$  değeri 0,1 ile 0,5 değerleri arasındadır (Kayalı ve Ensari, 1986).

## 2. MATERYAL VE METOT

Karbon oranına göre farklı kimyasal kompozisyonları Çizelge 1'de verilen çelikler piyasadan temin edilmiştir. Numuneler çekme deneyine ve sertlik ölçümlerine uygun standartlarda hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Kullanılan çeliklerin kimyasal kompozisyonu

	C	Mn	Si	P	S
Ç1020	0,21	0,45	0,22	0,035	0,035
Ç1030	0,35	0,70	0,25	0,035	0,035
Ç1040	0,42	0,80	0,20	0,035	0,035
Ç1050	0,52	0,80	0,25	0,035	0,035

Numunelere içerdikleri karbon oranı göz önüne alınarak,  $Ac_3$  sıcaklığının 30-50 °C üzerindeki Çizelge 2’de verilen sıcaklıklarda 30 dakika bekletilip havada soğutulularak normalizasyon tavlama uygulanmıştır.

Daha sonra numuneler sertleştirme işlemi için, yine Çizelge 2’de verilen sertleştirme sıcaklığına çıkarılıp bu sıcaklıklarda 30 dakika bekletilip suda soğutulmuştur.

Çizelge 2. Çeliklerin normalizasyon ve sertleştirme sıcaklık değerleri.

Çelik	Normalizasyon Sıcaklığı (°C)	Sertleştirme Sıcaklığı (°C)	Soğutma Ortamı
Ç1020	920	900	Su
Ç1030	900	870	Su
Ç1040	900	860	Su
Ç1050	900	845	Su

Bu işlemlerin sonucunda, malzemelerin mekanik özelliklerden akma dayanımı ( $Re_h$ ), çekme dayanımı ( $R_m$ ) ve sertlik değerleri (HV) deneylerle elde edilerek Çizelge 3’de verilmiştir.

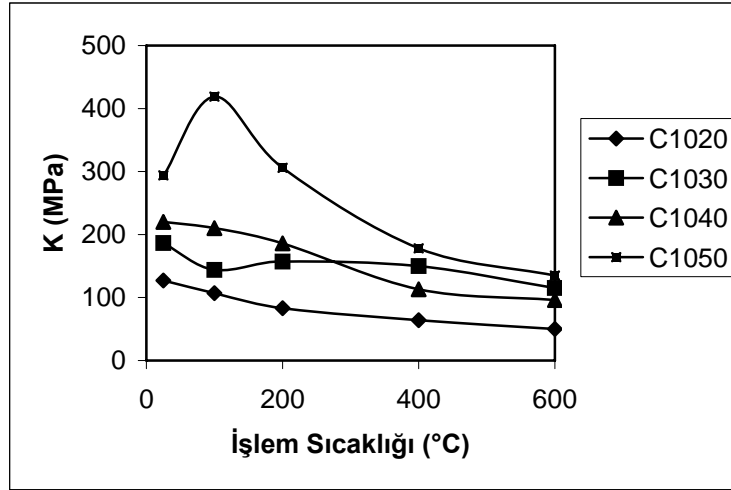
Çizelge 3. Normalizasyon işleminden sonra bulunan değerler

	Ç1020	Ç1030	Ç1040	Ç1050
$R_{eh}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300	336	406	601
$R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	460	512	654	849

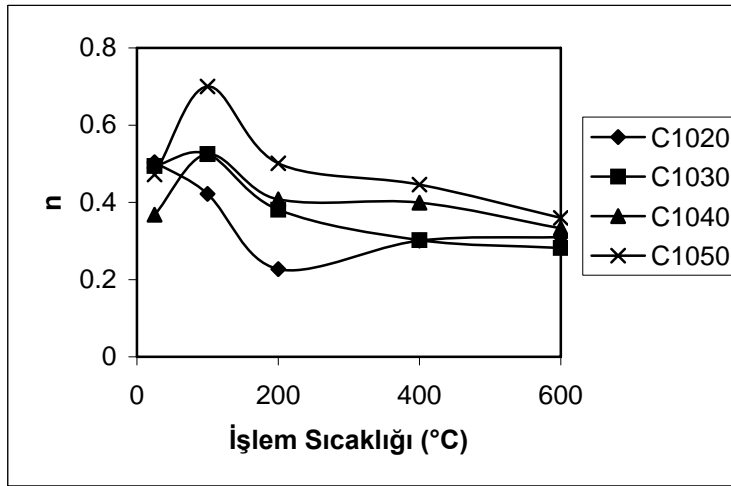
Çizelge 2’de verilen normalizasyon sıcaklıklarına ısıtılan numuneler suda soğutulduktan sonra 100, 200, 400 ve 600 °C’de sıcaklıklara tekrar ısıtılıp fırında 30 dakika bekletildi. Havada soğumaya bırakılan numunelerdeki mekanik özellikler ve hesaplanan değerler (sertlik, n, K,  $Re_h$ ,  $R_m$  değerleri) grafiklerde sıcaklığın fonksiyonu olarak verildi (Şekil 1–Şekil 5). Deformasyon sertleşmesi üssü (n) hesaplamaları için, Eşitlik 1’de her iki tarafın logaritması alınarak Eşitlik 2’deki gibi elde edildi

$$\log \sigma = \log K + n \log \varepsilon \quad (2)$$

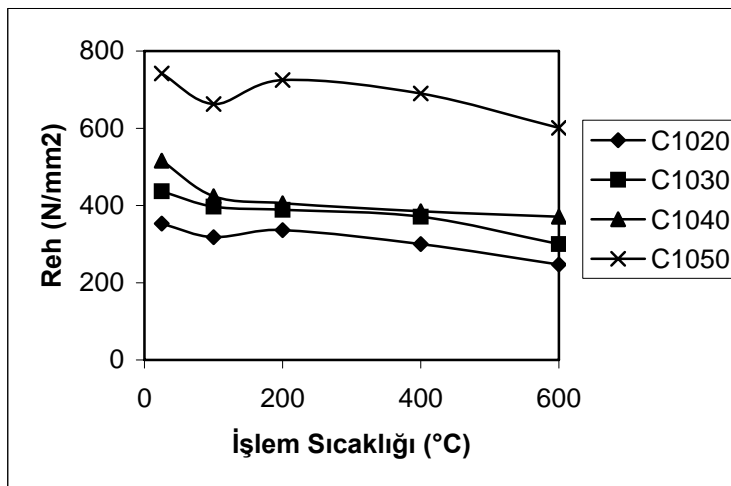
Deformasyon mukavemet katsayısı (K) sabit olduğundan,  $\log \sigma$  ile  $\log \varepsilon$ ’nin eğimi sertleşme üssü (n) değerini verir. Bu yaklaşımla numunelerin her bir durum için n değerleri hesaplandı

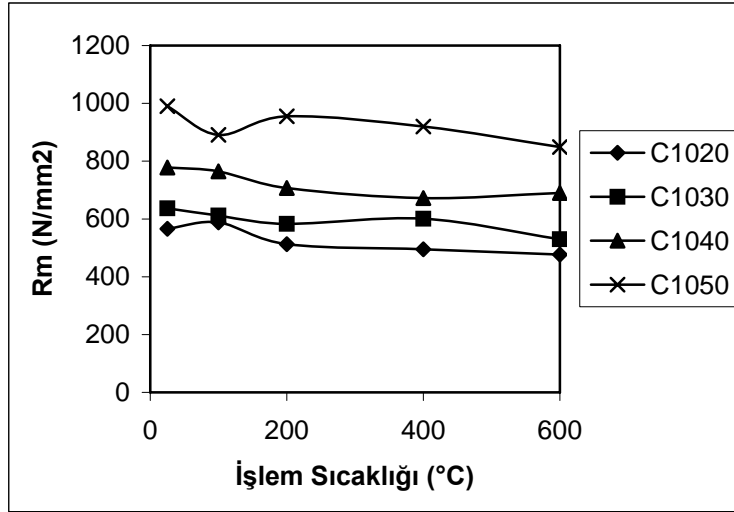
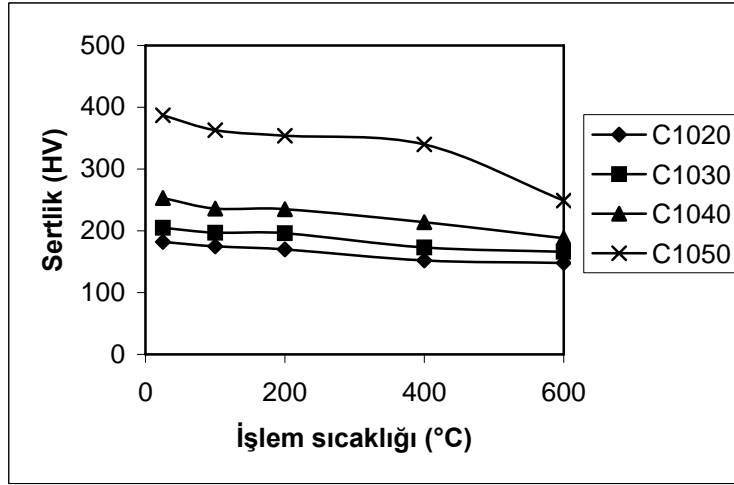


Şekil 1. İşlem sıcaklığı-mukavemet katsayısı (K)



Şekil 2. İşlem sıcaklığı-deformasyon sertleşmesi üssü (n)

Şekil 3. İşlem sıcaklığı-akma dayanımı (Re<sub>h</sub>)

Şekil 4. İşlem sıcaklığı-çekme dayanımı (R<sub>m</sub>)

Şekil 5. İşlem sıcaklığı-sertlik

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Temperleme sıcaklığının artışı ile deformasyon sertleşme üssü (n) ve mukavemet katsayısı (K) değişimi önemli derecede azalma göstermiştir. Özellikle Ç1040 ve Ç1050 çeliklerde bu düşüş daha belirgin bir şekildedir (Şekil 1, 2).

Karbon içerikleri farklı çelik numunelere su verme işleminden sonra 100 °C, 200 °C, 400 °C ve 600 °C'de temperleme işlemi yapıp, çekme diyagramları aracılığıyla elde edilen akma dayanımı değerleri temperleme sıcaklığının artması azalmıştır (Şekil 3). Çekme dayanımı değerlerinde akma dayanım değerlerine benzer durum görülmektedir (Şekil 4). Ancak akma dayanımındaki temperleme sıcaklığına bağlı değişim daha belirgindir. Karbon içeriğindeki artışa bağlı olarak akma ve çekme dayanımı değerleri, beklenildiği gibi artış göstermiştir.

Karbon miktarı % 0.30'dan düşük olan çeliklerde su verme işlemi ile malzemeye önemli bir sertlik artışı kazandırılmamıştır. Ç1020 sertlik değeri 175 HV'den 182 HV'ye, Ç1030 malzemede ise 187 HV'den 197 HV'ye yükselmiştir (Şekil 5).

Temperleme sıcaklığının artışı bütün çelik numunelerde sertlik değerlerinin başlangıç değerlerine göre bir miktar daha az olmasına neden olmuştur.

**SEMBOLLER**

- $\sigma_g$  Gerçek plastik gerilme ( $N/mm^2$ )  
 $\epsilon$  Gerçek plastik birim şekil değiştirme ( $N/mm^2$ )  
K Malzeme mukavemet katsayısı ( $N/mm^2$ )  
n Deformasyon sertleşmesi üssü  
 $R_m$  Çekme dayanımı ( $N/mm^2$ )  
 $Re_h$  Akma dayanımı ( $N/mm^2$ )

**KAYNAKLAR**

- Çapan L. (1984): “Plastik Şekil Verme Teori ve Uygulamaları”, İstanbul, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, s. 19-24.
- Dobrzonski L.A., Sitek W. (1997): “Comparison of Hardenebality Calculation Methods of Heat-Treatable Constructional Steels”, Jour. of Materials Processing Technology 64, p. 117-126.
- Grum J., Slavko B., Martin Z. (2001): “Influence of Quenching Process Parameters on Residual Stresses in Steel”, Journal of Materials Processing Technology, 114 p. 57-70.
- Güleç Ş., Aran A. (1987): “Malzeme Bilgisi II”, Gebze, TÜBİTAK MBEAE. s. 42.
- Kayalı E.S., Ensari C. (1986): “Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları”, İstanbul, İ.T.Ü. Metalürji Bölümü, s. 124.
- Lane J.D., Stam J.W. (1967): “Iron and Steel Inst. (Prod.Confer.) Machinability”, p 65-70.
- Özçatalbaş Y. (2000): “Isıl İşlemlerin Cr-Mo Esaslı Bir Çeliğin İşlenebilirliğine Etkisi”, 10. Metalürji ve Malzeme Kongresi, İstanbul, s. 759.