



ÇİFT FAZLI BÖLGEDE TAVLANMIŞ ERDEMİR 6114 SACININ BİÇİMLENDİRİLEBİLME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

N. Sinan KÖKSAL, Mehmet UZKUT

Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş Tarihi : 02.05.2001

ÖZET

ERDEMİR 6114 (SAE 1005) sac malzemesinin optimum biçimlenebilirliğini sağlayan tavlama sıcaklığını bulmak amacıyla çift fazlı bölgede tavlama yapılarak, biçimlendirmenin sıcaklıkla değişimi incelendi. Burada biçimlendirmeye etki eden faktörler; anizotropi faktörü (R), deformasyon sertleşmesi üsteli (n), çökertme derinliği (h), akma sınırı (R_e) ve çekme dayanımı (R_m) değerleri, hadde yönü dikkate alınarak tavlama sıcaklıkları ile değişimleri incelendi. Numunelere homojen yapı sağlamak için, 890 °C sıcaklıkta 30 dakika fırında bekletilip havada soğutularak normalizasyon tavlaması yapıldı. Çift faz bölgesinde 740, 770, 800, 820 ve 850 °C sıcaklıkta, 30 dakika tutulup, suda su verilerek yapılan tavlama işleminden sonra, numunelere oda sıcaklığında çekme deneyi ve Erichsen çökertme deneyi uygulandı. Numunelerin akma sınırı (R_e), çekme dayanımı (R_m), R, n ve h değerlerinde oluşan değişimler incelendi. Tavlama sıcaklığı 740 ve 770 °C olan numunelerin, R ve n değerinin aynı anda arttığı, h değerinin de diğer numunelere göre yüksek olduğu, yani bu numunelerin biçimlenebilirlik özelliğinin diğer numunelere göre daha iyi olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler : Çift fazlı çelikler, Biçimlenebilirlik, Derin çekme

DETERMINATION OF FORMABILITY PARAMETERS OF ERDEMİR 6114 SHEETS TEMPERED AT DUAL PHASE REGIONS

ABSTRACT

Formability versus hardening process of ERDEMİR 6114 (SAE 1005) sheet was examined for determining the convenient tempering temperature providing optimum formability. Here, the effects of factors on formability; anisotropy factor (R), deformation hardening exponent (n), stretchability (h), yield point (R_e) and tensile strength (R_m) variation were examined considering drawing direction also. Homogenous structures of test specimens were obtained by normalization tempering such as keeping in furnace at 890 °C for 30 minutes and cooling in air. Tempering process of the samples were done at dual phase regions at temperatures 740, 770, 800, 820 and 850 °C for 30 minutes and quenching in water afterwards. After tensile test and Erichsen experiment at room temperature, differences in yield point (R_e), tensile strength (R_m), R, n and h values were observed. As a conclusion, it has been seen that R and n values of the samples tempered at 740 and 770 °C were increased and h value were higher than the others, so formability characteristics of these samples were better than the other samples.

Key Words : Dual phase steels, Formability, Deep drawing

1. GİRİŞ

Metal saclar; otomotiv endüstrisinden dayanıklı tüketim mallarına kadar birçok değişik alanlarda

biçimlendirilerek kullanılır. Ancak biçimlendirme işlemi esnasında ortaya çıkan yırtılma, kulaklanma vb. nedenlerden dolayı, kayıp bazen çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Özellikle bu durum otomotiv sanayiinde gözlenir; ekonomiklik, yapılan

işin sürekliliği ve kalite açısından birçok sorunların ortaya çıkmasına neden olur (Öztürk, 1984).

Biçimlendirme işlemlerinde yırtılma ve benzer nedenlerle hurdaya ayrılan malzeme oranı bazen kabul edilebilir düzeyin çok üstüne çıkabilmektedir. Bu durum, kalıp tasarımı ve diğer etkenler göz ardı edilirse esas olarak malzemenin uygun nitelikte olmamasından kaynaklanır. Biçimlendirme işlemine uygun bir levhada aranan özellikler işlemin türüne göre değişebilmekle birlikte, esas olarak levhalarda incelmeye dayanıklılık ve hızlı sertleşme özelliklerine denk geldiği bilinmektedir (Öztürk ve ark., 1984).

Çift fazlı ferritik martenzitik çelikler, ostenit dönüşümünden sonra su verme ile elde edilen martenzit yapısına ferrit ostenit faz bölgesinde yapılan ısı işlemi ile elde edilir. Bu çeliklerde ısı işlem sıcaklığını basitçe değiştirmekle, geniş bir mukavemet alanı ve süneklik kombinasyonu sağlanabilir. Mukavemet artırıcı mekanizmalar, ikinci fazın morfolojisi ve miktarı ile hesaplanabilir (Sakuma et al., 1991). Martenzit, karbon içeriğine bağlı olarak tok veya gevrek olabilir. Martenzitin sağladığı gevreklik, ferritin sünek yapısının varlığı ile bir miktar azalabilir. Yani mekanik özellikler; bileşimin morfolojisi, martenzit miktarı, karbon oranı ve alaşım elementlerinin ilavesi ile belirlenir (Trejo et al., 1994).

Malzeme yapısında hasara sebep olan korozyonu azaltmada çift fazlı ferritik martenzitik çelikler önemli rol oynar. Çift fazlı ferritik martenzitik çelikler, aynı anda iyi süneklik ve mukavemet elde etme kapasitesine sahipken, konvansiyonel çeliklerin mikroyapısı, bu her iki özelliği aynı anda elde etmeyi imkansız kılar. Konvansiyonel çelikler, karbürü ferrit mikroyapılara sahiptir ve korozif ortamlarda karbürler katodiktir. Bu sebeple korozyon kaçınılmazdır. Çift fazlı ferritik martenzitik çelikler, karbürsüz ferrit martenzit yapılar içerir ve korozyona daha dirençlidir. Malzeme ömründeki artış, milyonlarca dolar rehabilite masraflarını azaltır. Çift fazlı ferritik martenzitik çeliklerin kimyasal özellikleri, potansiyel özelliklere oranla daha iyidir. Çeliklerde araştırma ve geliştirmenin ana amacı, bir kaplama kullanmaksızın sağlam, sünek ve uzun ömürlü malzeme üretmektir (Trejo et al., 1994).

Levhanın incelmeye karşı gösterdiği direnç çekme deneyi yardımı ile ölçülmektedir. Bu deneyde belli bir uzamada (örnek; % 20) numunenin enine gösterdiği gerininin, kalınlıkta oluşan gerinime oranı, R değeri bunun bir ölçüsüdür. İyi derin çekilebilir bir malzemede bu değerinin mümkün olduğu kadar yüksek yani sacın incelmeye karşı dirençli olması istenir (Öztürk ve ark., 1987).

Malzemenin sertliği veya akma gerilmesi, derin çekme kabiliyeti açısından ölçü kabul edilemez. Çünkü alüminyum düşük karbonlu çeliğe oranla daha yumuşak olmasına rağmen, derin çekme kabiliyeti azdır (Varol ve Meriç, 1994).

Biçimlendirme, düz taslağın bir zımba sistemi ile üç boyutlu hale getirilme işlemidir. Eğme, derin çekme (sıvama) ve germe işlemleri biçimlendirmenin en genel halidir. Sacların biçimlendirme işlemleri genel olarak derin çekme ağırlıklı ya da germe ağırlıklıdır.

Derin Çekme (Sıvama): Derin çekme işlemi, yassı bir metalik sacın üç boyutlu derin bir kap elde etme işlemidir. Derin çekme işlemlerinde zımbanın, dolayısıyla elde edilen ürünün tabanı düzdür. Küresel veya daha karmaşık taban şekline sahip parçalarda derin çekme ile beraber germe işlemi de uygulanır. Derin çekme kabiliyetini etkileyen faktörler; malzeme özellikleri, kalıp geometrisi ve işlem koşullarıdır. Bu üç faktör birbirleriyle yakından ilgilidir. Derin çekme kabiliyetini etkileyen en önemli mekanik özellik R dikey anizotropi katsayısıdır. Dikey anizotropi katsayısı ise malzemenin kristallografik yapısına ve kristallografik yönleneşine bağlıdır (Kayalı ve Ensari, 1986).

İyi derin çekilebilirlik; kap duvarının sağlam (incelmeye karşı dayanıklı), yakanın ise mümkün olduğu kadar yumuşak olmasını gerektirir. Malzeme seçiminde bu önemli bir özelliktir.

R Değerinin Ölçülmesi: Uygulanan kuvvet altında sac kalınlığından kaybetmeksizin kendi düzleminde akabilmeli ve arzu edilen üç boyutlu şekli almalıdır. Derin çekme işleminde bir R değerinden bahsedilir. R; malzemenin incelmeye karşı gösterdiği direncin bir ölçüsüdür. Çekme deneyi yardımıyla ölçülen bu değer, çekme numunesinde belirli bir uzamada, en (w) boyunca olan şekil değişiminin kalınlık (t) boyunca olan şekil değişimine oranıdır.

$$R = \frac{\ln(w/w_0)}{\ln(t/t_0)} \quad (1)$$

R değerinin farklı yönlerde ölçülebilmesi halinde ortalama değeri alınır;

$$\bar{R} = \frac{R_0 + 2R_{45} + R_{90}}{4} \quad (2)$$

\bar{R} = Ortalama R değeri

R_0 = Hadde yönündeki R değeri

R_{45} = Hadde yönüne 45°'deki R değeri

R_{90} = Hadde yönüne 90°'deki R değeri

Derin çekme işlemlerinde, malzemenin yüksek R değerli olması istenmektedir ($R > 1$). R büyüdükçe malzemenin derin çekilebilirliği artar. Malzeme izotropik olursa $R = 1$ olur. Çünkü boy ve kalınlıkta kayıp oranı aynıdır. Anizotropik malzemelerde $R > 1$ olması istenir. Kalınlık değişimi çok küçük olduğundan $R > 1$ olur.

R, bir malzeme özelliğidir. Sacın cinsine ve üretimleri sırasında gördüğü işlemlere bağlıdır. Çekme deneyinde elde edilen yük - uzama eğrisi, gerçek şekil değişimi (σ - ϵ) eğrisine dönüştüğünde çoğu malzeme;

$$\sigma = K \cdot \epsilon^n \quad (3)$$

biçiminde parabolik bir bağıntı gösterir. K ve n, malzeme sabitleri;

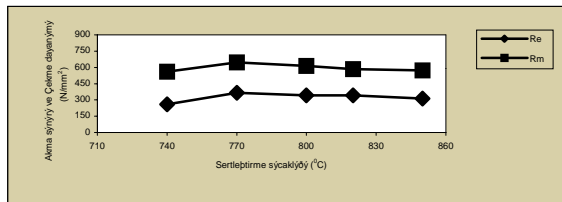
K = Malzemenin mukavemet düzeyini,
n = Deformasyon sertleşme üstelini gösterir.

Yüksek yüzde uzama, düşük akma dayanımı/çekme dayanımı oranı, yüksek n değeri malzemenin iyi gerilebilirlikte olduğunu gösterir. Gerilebilirlik artan n değeri ile artar. Gerilebilirlik Erichsen deneyinde ölçülen çökertme derinliği ile de ölçülür. Gerilebilirlik artan çökertme derinliği ile artar. Sac kalınlığı artınca da gerilebilirlik artar (Kayalı ve ark., 1979).

Tablo 1. ERDEMİR 6114 (SAE 1005) Sacının Diğer Standartlarda Karşılıkları ve % Kimyasal Kompozisyonu (Tekin, 1986)

ERDEMİR	SAE	DIN 1623	C	Al	Mn	Si	P	S
6114	1005	RRSt 14	0.03	0.080	0.40	0.02	0.010	0.017

Numunelere homojen bir yapı kazandırmak ve karşılaştırmayı güvenilir kılmak için, ilk aşamada 890 °C'ta 30 dak. normalizasyon tavlama uygulanmıştır. (Anon., 1996)'ya uygun boyutlarda hazırlanan numunelere çekme deneyi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, hadde yönündeki numunelerin akma sınırı ve çekme dayanım değerleri Şekil 1'de, hadde yönüne dik yönde hazırlanan numunelerin akma sınırı ve çekme dayanım değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. SAE 1005 sac numunelerinin hadde yönünde, işlem sıcaklığı - akma sınırı (R_e) ve çekme dayanımı (R_m) değişimi

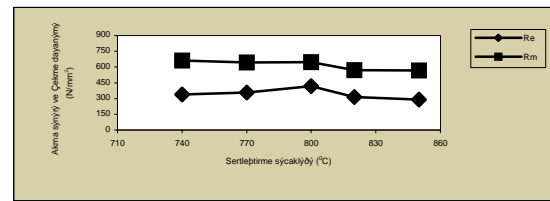
R değeri malzemenin incelmeye karşı direncini (derin çekilebilirlik ölçüsü), n değeri malzemenin sertleşme yeteneğini (gerilebilirlik ölçüsü) yansıtır. Şekillendirilecek malzemelerde, malzemeye bağlı olan R, n, h ve F (uygulama kuvveti) değerleri saptanarak ve/veya bu parametrelerin optimizasyonu ile çalışma ortamına uygun malzeme seçimi yapılmalıdır (Meriç ve ark., 1997).

2. MATERYAL VE METOD

Çelik sacların şekillendirilebilme parametrelerini; anizotropi faktörü (R), deformasyon sertleşme üsteli (n), çökertme derinliği (h), akma sınırı (R_e) ve çekme mukavemeti (R_m) tespiti için, hadde yönü ve hadde yönüne dik olacak şekilde, 1 mm kalınlıkta ERDEMİR 6114 (SAE 1005) sac numuneler alınmıştır. Bu numuneler 740, 770, 800, 820 ve 850 (°C) sıcaklıklarda 30 dakika fırında bekletilip, sonra su verilmiştir.

Yapılan ısı işlem sıcaklığına bağlı olarak, hadde yönü ve hadde yönüne dik yönde olmak üzere her sıcaklık grubu için dörder adet (Anon., 1986) numuneler hazırlanmıştır.

Bu araştırma da kullandığımız malzeme, Ereğli Demir Çelik Fabrikalarında üretilen SAE 1005'e karşılık gelen ERDEMİR 6114 düşük karbonlu sac malzemesi olup kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. SAE 1005 sac numunelerinin hadde yönüne dik yönde, işlem sıcaklığı-akma sınırı (R_e) ve çekme dayanımı (R_m) değişimi

Ayrıca numune çekme eğrisinde plastik bölgede iken, üç farklı yerde en ve boydaki değişimler ölçülmüş ve R (anizotropi faktörü) ve n (deformasyon sertleşme üsteli) değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca malzemenin akma eğrileri de elde edilmiştir. Bu eğrilerin yardımıyla n değeri, ϵ ile bağlantılı olarak,

$$\sigma = K \cdot \epsilon^n \quad (4)$$

ile hesaplanmıştır.

Hadde yönü ve hadde yönüne dik olarak alınan numunelerin n değerlerinin ortalaması;

$$n = (n_0 + n_{90}) / 2 \quad (5)$$

olarak alınmış, sonuçlar Şekil 3'te gösterilmiştir.

Hadde yönü ve hadde yönüne dik olarak alınan numunelerin R değerleri de;

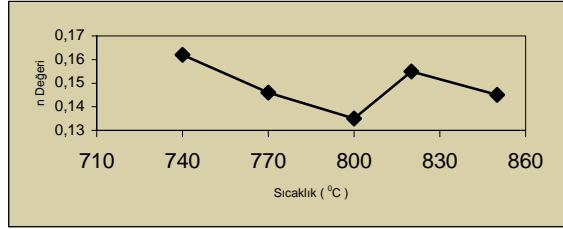
$$R = \ln(w / w_0) / \ln(w_0 l_0 / w l) \quad (6)$$

şekline dönüştürülüp hesaplamalar yapılmıştır.

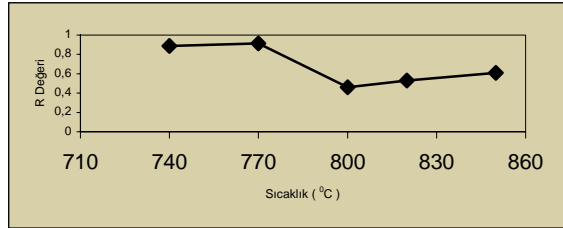
Bu R değerleri için ;

$$R = (R_0 + R_{90}) / 2 \quad (7)$$

şeklinde ortalaması alınmış, sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. SAE 1005 sac numunelerin işlem sıcaklığı - n değeri değişimi



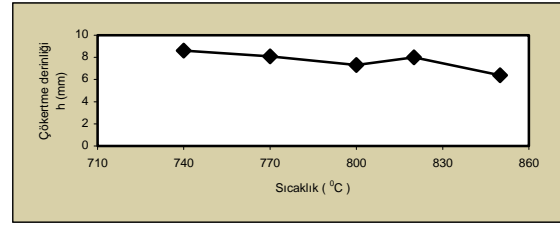
Şekil 4. SAE 1005 sac numunelerin işlem sıcaklığı - R değeri değişimi

Biçimlendirilebilirlik sacın hasara uğramadan istenen şekli alma yeteneği olarak tanımlanır. Bu özelliği saptamak amacıyla çeşitli deneyler uygulanır. Erichsen deneyi de bunlardan biridir. Matrisle çember arasında 10000 N'luk bir kuvvetle sıkıştırılan deney sacı 20 mm çapında çelik bir bilya ile yırtılncaya kadar çökertilir. Bilyanın saca ilk temas ettiği noktadan yırtılmaya kadar olan mm cinsinden ilerlemesi (h) Erichsen çökertme deneyidir. h değeri ne kadar büyükse malzemenin şekillendirilebilirliği de o derece büyüktür. Erichsen deneyine benzer deneyler de vardır (Swift, Fukui, Olsene Deneyleri) (Çapan, 1999).

Malzemenin gerilebilirlik özelliğini belirlemek için Erichsen deneyi yapılır. Burada numuneler Anon., (1994)'e uygun, 70 x 70 mm. boyutlarında 740, 770, 800, 820 ve 850 °C sıcaklıklarda, hadde yönü ve hadde yönüne dik olmak üzere her grup için üç adet numune hazırlanmıştır. Bu numunelerin; hadde yönü ve hadde yönüne dik olarak elde edilen h değeri ortalaması :

$$h = (h_0 + h_{90}) / 2 \quad (8)$$

olarak alınmış ve yapılan Erichsen deneyinin sonuçları Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. SAE 1005 sac numunelerinin işlem sıcaklığı-çökertme derinliği (h) değeri değişimi

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Normalizasyon tavlama yapılmış malzemelerin R değerinin düştüğü yani izotrop yapıya yaklaştığı görüldü.

R değeri derin çekme, n değeri de germe özelliğinin ölçüsüdür. Biçimlenebilirlik için, bu iki özelliğin aynı anda iyi olması istenir. Ayrıca h değerinin de yüksek olması istenir. İşlem sıcaklığı- R ve işlem sıcaklığı- n grafiklerinden en fazla biçimlenebilirlik özelliğine sahip olan sıcaklıkların, 740 ve 770 °C olduğu yani R ve n değerlerinin aynı anda iyi olduğu ve h değerinin de diğer numunelere oranla yüksek olduğu görülmüştür.

Hadde yönünde seçilen ve tavlama işlemi uygulanan numunelerin, akma sınırı ve çekme dayanımı değerleri, 770 °C'den sonra sıcaklığın artmasına bağlı olarak bir azalma göstermiştir (Şekil 1).

Tavlama sıcaklığına bağlı olarak malzemedeki martenzit dönüşüm miktarı değişmektedir. Ayrıca malzemenin akma ve kopma sınırları da değişir. Çalışmamızda, malzemenin akma sınırı ve çekme dayanım değerlerinde değişiklikler görülmüştür.

Akma sınırı ve çekme dayanım değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi, hadde yönüne göre farklılık göstermiştir (Şekil 1, 2). Akma eğrilerinden,

numunelerin ϵ_p ile R değerlerinin orantılı olarak değiştiği görülmektedir.

4. KAYNAKLAR

Anonim, 1996. TS 138. Metalik Malzemelerin Çekme Muayenesi, TSE. Ankara

Anonim, 1994. TS 271. Metalik Saç ve Bantların Çökertme Muayenesi (Erichsen Muayenesi), TSE. Ankara

Çapan, L. 1999. “Metallere Plastik Şekil Verme” 359 S. Çağlayan Yayınevi, İstanbul.

Kayalı, E. S., Ensari, C. 1986. “Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları” 390 S. İTÜ Metalürji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Kayalı, E. S, Ensari, C., Silahtaroglu, S. 1979. “Derin Çekme Kalitesindeki Saçlarda Özellikleri Etkileyen Faktörler” 3. Ulusal Metalürji Kongresi, ODTÜ, Ankara

Meriç, C, Köksal S. N, Karlık, B. 1997. “An Investigation of Deep Drawing of Low Carbon Steel Sheets and Applications In Artificial Neural Networks” Mathematical and Computational

Applications V. 2 No:3 P 119- 126.

Öztürk, T. 1984. Çelik Saçların Biçimlendirme (Derin Çekme) Özellikleri. Mühendis ve Makine Dergisi 25 (292), 12.

Öztürk, T., Günel, N., Akdeniz, V., Bor, Ş. 1984. “Yerli ve Yabancı Derin Çekme Saçlar Arasında Bir Kıyaslama” Ulusal Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, 565 S.

Öztürk, T., Bor, Ş., Atasoy, E., Alpas, T. 1987. Erdemir 6114 Saçlarının Derin Çekme Özelliklerini Etkileyen Faktörler. Doğa Müh. ve Çevre Dergisi, S. 318. Ankara

Sakuma, Y, Matsumura, O, and Takechi, H. 1991. Met. Trans. A, 22 A, P.489-498.

Tekin, E. 1986. “Mühendisler İçin Çelik Seçimi” TMMOB Yayın No: 119. S. 219.

Trejo, D. Monterio, P. J. M, Thomas, G. and Wang, X. 1994. “Mechanical Properties and Corrosion Susceptibility of Dual Phase Steel in Concrete” CCR Journal Vol. 24, 124 p.

Varol, R., Meriç, C. 1994. “Comparison of The Formability of Al 99.0-O, AlMnCu-O Alüminyum Alloy Sheets” EMW 94 September 94, Milano, Italy, Eurometal Working 94 P 1030-1037.