

YÜKSEK KARBONLU ÇELİKLERE SU VERME İŞLEMİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

*Hande GÜLER **
*Reşat ÖZCAN ***

Özet: Bu çalışmada, yüksek karbonlu çelik malzemeye su verme işlemi uygulanarak, bu işlemin malzemenin dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Malzeme fırında ısıtılarak belirli bir süre bekletilmiş ve fırından çıkarıldıktan sonra suda soğutulma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Uygulanan çekme deneyleri ve sertlik ölçümleri sonucunda, malzemenin su verme işlemiyle gevrekleştiği ve dayanımının düştüğü sonucuna varılmıştır. Bu durumun sebebi olarak, su verme işlemi esnasındaki soğuma hızının yüksek olması düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlem, Çekme Dayanımı, Yüzde Uzama, Sertlik.

Effect of Quenching Process on Mechanical Properties of High Carbon Steels

Abstract: In this study, quenching process was applied to high carbon steel and the effect of this process on mechanical properties was investigated. The specimens were placed in a box-type furnace held at the desired temperature and then quenched. According to the tensile test and hardness measurements, it was concluded that the material has become brittle and the tensile strength decreased. The reason for this was higher cooling rate occurred during quenching process.

Keywords: Heat Treatment, Tensile Strength, Percentage Elongation, Hardness.

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte çelik malzemelerin kullanımı ve bu malzemelerin mekanik ve metalürjik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla ısıl işlemlerin uygulanması giderek önem kazanmaktadır (Çalık ve Özsoy, 2004). Diğer taraftan; çelik malzemelerin mekanik özellikleri, üretim esnasında malzemeye uygulanan farklı fizikokimyasal işlemler sonucunda oluşan mikro yapı ve kimyasal yapıya bağlıdır ve uygun boyut ve özelliklerdeki çelik malzemenin üretimi için farklı ısıl işlemlerin uygulanması istenir (Güneş ve diğ., 2009).

Isıl işlem, metal veya alaşımlara istenilen özellikleri kazandırmak amacıyla yüksek teknoloji ürünü ekipman ve kontrol teknikleri ile katı halde uygulanan kontrollü ısıtma ve soğutma işlemleri olarak tanımlanmaktadır (Köksal ve diğ., 2004).

Uygulanacak ısıl işlem, hem malzemenin mikro yapısını iyileştirmeli, hem de malzeme yüzeyine uygun olan özellikleri kazandırmalıdır. Ayrıca, uygulanan ısıl işlemler ve yüzey

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Görükle, 16059 Bursa.

** Bursa Orhangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yıldırım, 16350 Bursa.

İletişim Yazarı: H. Güler (handeguler@uludag.edu.tr)

işlemleri, malzemeden ve makine elemanından beklenen performansa uygun bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Uzkut ve Özdemir, 2001).

Literatürde farklı malzemelerin ısı işlemleri ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan Nayak ve diğ.(2008); orta ve yüksek karbonlu çelik malzemelerin su verme ve karbonca zenginleştirilmiş östenit oluşumunu incelemiş ve bu prosesin sertlik ve mikro yapı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Hwang ve diğ. (1998) yataklama işleminde kullanılan yüksek mukavemetli bakır alaşımlı çelik malzemelerin su verme işleminin mikro yapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tomita (1989) yüksek karbonlu-düşük alaşımlı üç farklı çeliğin yağ ortamında soğutma işlemini gerçekleştirmiş ve bu prosesin mekanik özellikler ve mikro yapı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Gerçekleştirilen proses sonucunda elde edilen mikro yapı; martenzit ve alt beynit olmuştur. Taveres ve diğ. (1999), dual fazlı çeliklerin ısı işlemi ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada seçilen ısı işlemler su verme ve daha sonra temperleme olup, 100°C, 200°C ve 300°C sıcaklıkların martenzit hacim oranına etkileri araştırılmıştır. Ayrıca bu işlemin mekanik özellikler ve mikro yapı üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Bir diğer çalışma da ise, 17CrNiMo6 çeliğinden ısı işlemlerle üretilen çift fazlı numunelerin içyapı özellikleri incelenmiştir (Ulu, 2009). Öncelikle, homojenleştirme işlemi uygulanmış ve daha sonra tam tavlama ve östenitik bölgeden su verme işlemi gerçekleştirilmiştir. En son olarak ise, numuneler farklı ara sıcaklıklardan soğutulmuşlardır. Çalışmada gerçekleştirilen ısı işlemlerin mikro yapısal olarak farklılıkları incelenmiştir. Acarer (2005) yapmış olduğu çalışmada St 37-2 ve St 37-3 sac malzemelerinin kritik tavlama-su+buz+tuz ortamında su verme işlemi ile ferrit+martenzitten oluşan mikro yapı oluşumu incelenmiş ve elde edilen martenzit hacim oranının sıcaklığa bağlı olarak değişimi çekme deneyleriyle belirlenmiştir. Uzkut ve Özdemir (2001) ise, Ç1020, Ç 1040 ve Ç 4140 çeliklerine uygulanan farklı ısıtma hızlarının etkisini araştırmıştır. Bu amaçla malzemeler östenit bölgesine kadar ısıtılıp daha sonrada havada soğutulmuşlardır. Sonuç olarak, artan ısıtma hızına bağlı olarak en yüksek mukavemet artış oranının Ç 4140 çeliğinde olduğu belirlenmiştir. Demirezen ve diğ. (2006), DIN 41Cr4 ve DIN 42CrMo4 çeliklerinin farklı sıcaklıklarda menevişleme işlemini gerçekleştirip, bu işlemin mekanik özelliklere etkisini inceleyerek optimum ısı işlem sıcaklığını belirlemişlerdir.

Literatürdeki tüm bu çalışmalar incelendiğinde, optimum mekanik özelliklerin elde edilmesi amacıyla, her malzemeye uygulanacak olan ısı işlem yönteminin farklı olup, gerçekleştirilecek en uygun yöntemin belirlenmesinin de önemli bir konu olduğu sonucuna varılmıştır. Çelik malzemelerin kimyasal özelliklerini değiştirmeksizin, ısı işlem uygulanarak malzemenin dayanımı, sünekliği ve sertliği değiştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, seçilen yüksek karbonlu çelik malzemenin farklı sıcaklıklara ısıtılıp daha sonra da suda soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, her ısı işlem sonrası çekme deneyleri ve mikro vickers sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında, öncelikle işlem görmemiş halde bulunan 3 mm kalınlığındaki sac malzemenin Spektrometre cihazıyla kimyasal analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo1). Yapılan analize göre; malzeme % 0,71 değerinde Karbon içerdiğinden ötürü, malzemenin yüksek karbonlu ötektoid altı çelik olduğu doğrulanmıştır. Diğer taraftan çekme deneyleri ve sertlik ölçümleri sonucu elde edilen malzemenin mekanik özellikleri de Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 1. Malzemenin kimyasal analizi (% kütle)

C	Si	Mn	P	Cr	Ni	Al	Cu	Sn
0,71	0,35	0,68	0,027	0,33	0,026	0,042	0,032	0,0028

Tablo 2. Malzemenin mekanik özellikleri

Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)	Vickers Sertlik Değeri (HV1)
645	374	263	288

Malzemeye Tablo 3' de verilen ısı işlemleri gerçekleştirilmiştir. Belirlenen sıcaklıklar 700-900 °C aralığında 50 °C artırımlarla olup, fırında bekletme süresi 30 dakika ve soğutma ortamı ise su olarak belirlenmiştir. Çalışmada uygulanan ısı işlemleri; Şekil 1' de verilen maksimum 1100°C sıcaklığa ısıtılabilen ve sıcaklığı kontrol edilebilir olan ısı işlem fırını ile gerçekleştirilmiştir.

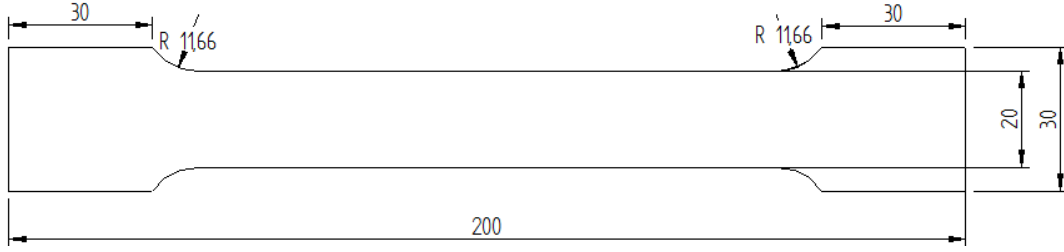
Tablo 3' de belirlenen sıcaklıklarda ve sürede fırında bekletilen çekme numuneleri, daha sonra maşa yardımıyla fırından çıkarılmış ve en son olarak da suda soğumaya bırakılmışlardır. Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla Şekil 2' de verilen boyutlarda, lazer kesim yöntemiyle çekme numuneleri kestirilmiştir. Numunelerin kenarları, çekme işlemi esnasında çentik etkisi altında kalmaması amacıyla taşlanmış ve pürüzleri alınmıştır. Isıl işlem uygulanmış olan ve ısı işlem öncesi tüm numunelerin çekme deneylerinde, Utest marka 25 ton' luk üniversal çekme cihazı kullanılmıştır (Şekil 3). Ayrıca ısı işlem sonrası çekme işlemine tabi tutulan malzemelerde kullanılan çekme hızı 10 mm/ dk. ve yük hücresi ise 250 kN dur.

Tablo 3. Uygulanan Isıl İşlemler

Isıl İşlem Sıcaklıkları (°C)	Fırında Bekletme Süresi (dak.)	Soğutma Ortamı
700	30	Su
750	30	Su
800	30	Su
850	30	Su
900	30	Su



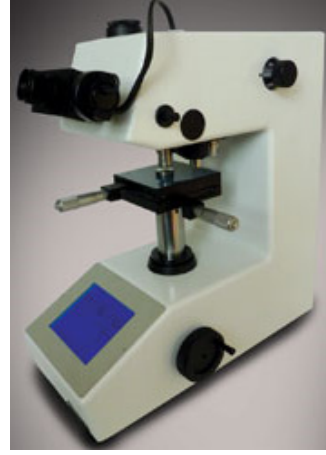
Şekil 1:
Isıl işlem fırını ve su verme işlemi



Şekil 2:
Malzemenin çekme işleminde kullanılan numune boyutları (mm)



Şekil 3:
Çalışmada kullanılan çekme cihazı

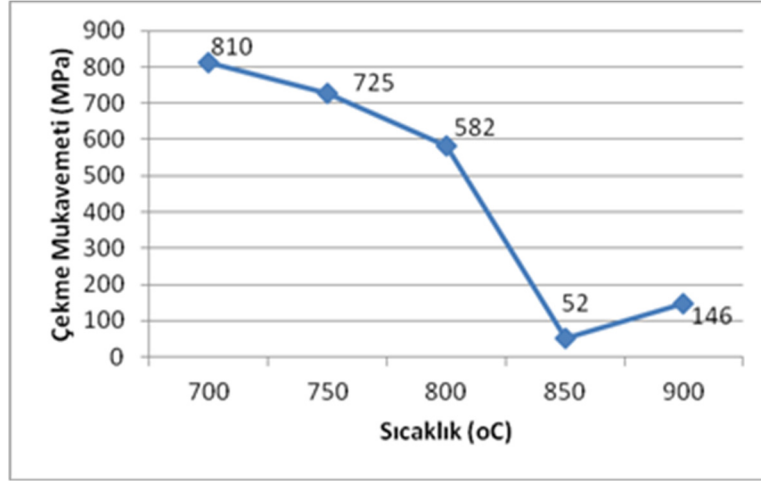


Şekil 4:
Mikro Vickers sertlik ölçüm cihazı

Çalışmada ayrıca, ısıtıl işlem sonrası sertlik değişimini belirlemek amacıyla Mikro Vickers sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen sertlik ölçümlerinde otomatik olarak 1kg.lık yük uygulanmıştır. Isıl işlem uygulanmış çekme numunelerinden kesilen parçaların üzerinden 1 mm lik aralıklarla 5 ölçüm gerçekleştirilip ortalaması alınmıştır. Kullanılan cihaz Duroline-Metkon marka olup 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 1000 gr.lık yük aralığında ölçüm yapılabilmektedir (Şekil 4).

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, yüksek karbonlu ve ötektoid altı çelik malzemenin yüksek sıcaklıklardan itibaren su verme işlemi gerçekleştirilmiş ve bu işlemin mekanik özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gerçekleştirilen ısıtıl işlem sonrası, çekme deneyi uygulanan numunelerin çekme mukavemeti değerleri Şekil 5 'te verilmiştir. Malzemenin en yüksek çekme mukavemeti değerine 700 °C sıcaklığında ve 810 MPa olarak ulaşılmıştır. Bu işlem ile, malzemenin ham haline kıyasla yaklaşık olarak % 26 dayanım artışı elde edilmiştir. Sıcaklık, 700 °C den 850 °C ye kadar azalırken, çekme mukavemeti de azalma eğilimi sergilemektedir. Minimum çekme mukavemeti değeri ise 850 °C de 52 MPa ile elde edilmiştir. Sıcaklık 900 °C ye çıktığında ise, 850 °C ye kıyasla dayanım bir miktar artmış ve 146 MPa olmuştur. Ancak bu sıcaklık ile, 700 °C de elde edilen dayanımdan daha yüksek bir değere ulaşamamıştır.



Şekil 5: Isıl işlem sıcaklıklarına bağlı olarak çekme dayanımı değerleri

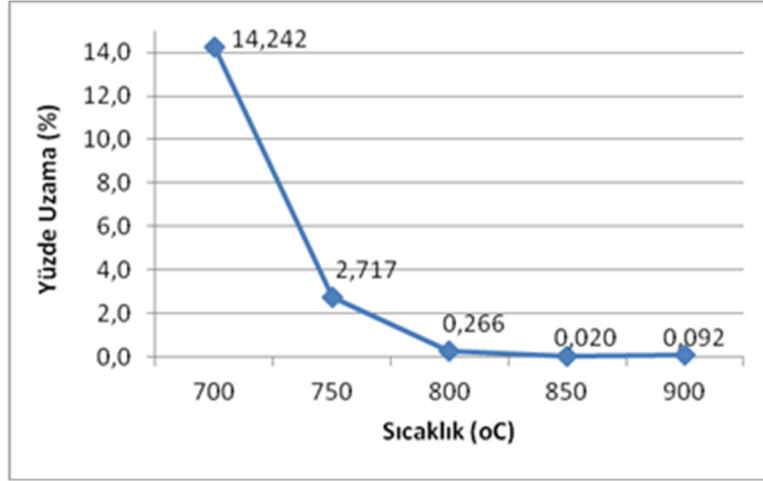
Gerçekleştirilen ısıl işlem sonrası, numunelerin yüzde uzama değerleri Şekil 6' da verilmiştir. Bu değerler karşılaştırıldığında, en sünek duruma 700 °C de % 14,242 ile ulaşılmıştır. Ancak, ısıl işlem sıcaklığı 700 °C den 850 °C ye arttıkça yüzde uzama değerleri azalma eğilimi göstermiştir ve süneklik azalmıştır. En düşük yüzde uzama değerine, % 0,020 ile 850 °C sıcaklıkta ulaşılmıştır. Sıcaklık 900 °C çıktığında ise, yüzde uzama değeri bir miktar artmış, ancak yetersiz kalmıştır.

Bununla beraber, Şekil 6' da verilen yüzde uzama değerleri, Şekil 7' de verilen sertlik ölçümü değerleriyle de örtüşmektedir. Çünkü yüzde uzama değerinin tam tersi olarak, sıcaklık arttıkça sertlik değerleri de artma eğilimi göstermiştir. Bu durum, sünekliğin azaldığını da ifade etmektedir. Sıcaklık arttıkça, malzeme daha gevrek bir hale gelip sünekliğini kaybetmiş ve böylece sertlik değeri de yükselmiştir. 700 °C sıcaklıkta ölçülen sertlik değeri 234 HV1 iken, sıcaklık 900 °C ye artarken sertlik değeri de yaklaşık 3 kat artarak 763 HV1' e ulaşmıştır.

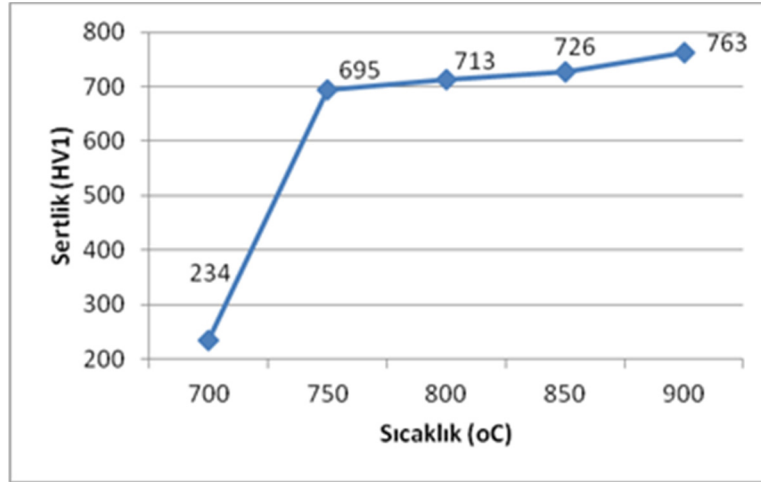
Bilindiği üzere su verme işlemi, çelik malzemeleri daha mukavim bir hale getirmek amacıyla gerçekleştirilen bir ısıl işlem türüdür. Bu işlem için gerekli soğutma hızı, su verme işlemi yapılacak olan parçanın büyüklüğüne, sertleşebilme eğilimine ve su verme ortamına bağlıdır. Ancak parçada çarpılma, çatlama ve hatta kırılmaların oluşmaması amacıyla soğutma hızı gereğinden yüksek olmamalıdır (Yamanoğlu ve Gül, 2012).

Isıl işlem prosesi esnasında, parçanın yüzeyi ve iç bölgeleri arasında sıcaklık farkları oluşabilir. Gerçekleşen sıcaklık farkı sonucu, parçanın yüzeyi daha hızlı soğurken iç bölgeler daha yavaş soğurlar. Bu esnada, soğuk olan yüzey kısmı büzülürken, daha az soğuk olan iç bölgeler ise daha geniş hacme sahip olurlar ve bu nedenle parça yüzeyinde çekme gerilmeleri oluşur. Oluşan bu gerilmeler ise parçada çarpılma, çatlama ve hatta kırılmalar oluşturabilir.

Çalışma kapsamında, sıcaklık arttıkça malzemenin çekme dayanımında azalma meydana gelirken sertliğinde ise artış olması beklenen bir durum olmamakla birlikte bu durumun nedeninin yüksek soğuma hızı olduğu düşünülmektedir. Daha önce bahsedildiği gibi, soğuma hızının gereğinden yüksek olması, parçanın bünyesinde çatlamalara veya çarpılmalara neden olarak, anormal dönüşüm gerilmeleri oluşturur ve böylelikle meydana gelen iç gerilmelerden ötürü parça daha düşük değerlerde dayanım sergileyerek deforme olur (Yamanoğlu ve Gül, 2012).



Şekil 6:
Isıl işlem sıcaklıklarına bağlı olarak yüzde uzama değerleri



Şekil 7:
Isıl işlem sıcaklıklarına bağlı olarak sertlik değerleri

4. SONUÇ

Bu çalışmada, yüksek mukavemetli çelik malzemeye uygulanan su verme işleminin mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, gerçekleştirilen ısıl işlemlerden elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

Uygulanan ısıl işlemler sonrası gerçekleştirilen deneyler genel olarak değerlendirildiğinde, %0,71 karbon içeren yüksek karbonlu bir çelik malzemenin suda soğutma işleminde, optimum dayanıma 700° C de ulaşılmış ve sıcaklık arttıkça dayanım azalırken, süneklik de azalmış fakat sertlik de artış gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda yüksek karbonlu çeliklerde, yüksek sıcaklıklardan itibaren su verme işlemi yerine daha düşük sıcaklıkların seçilmesi gerektiği veya daha düşük soğuma hızlarında soğutma yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Zira bu durumda oluşan sıcaklık farkları malzemede anormal gerilmeler oluşumu sonucu dayanımın azalmasına neden olmuştur.

KAYNAKLAR

1. Acarer, M. (2005). Düşük Karbonlu Çelik Saclardan Çift-Fazlı Çelik Üretimi ve Mho'nun Çekme Özellikleri Üzerine Etkisi, *Teknoloji*, 8 (3), 237-244.
2. Çalık, A. ve Özsoy, A. (2004). Isıl Çevrimli Borlama İşleminin SAE 1030 ve SAE1050 Çeliklerine Etkileri, *II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir, 213-218.
3. Demirezen, M., Bayrak, M. ve Öztürk, F. (2006). DIN 41Cr4 Ve DIN42CrCo4 Çeliklerde Isıl İşlemin Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması, *Teknoloji*, 9 (2), 145-152.
4. Güneş, İ., Ulu, S. ve Ayan, O. (2009). Su verilmiş çeliklerdeki temperleme kademelerinin aşınma davranışına etkisinin araştırılması, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük.
5. Hwang, G. C., Lee, S., Yoo, J. Y. ve Choo W.Y. (1998). Effect of direct quenching on microstructure and mechanical properties of copper-bearing high-strength alloy steels, *Materials Science and Engineering: A*, 252 (2), 256-268.
6. Köksal, N. S., Uzkut, M., Ünlü, B. S. (2004). Farklı karbon içerikli çeliklerin mekanik özelliklerinin ısıl işlemlerle değişimi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (2), 95-100.
7. Nayak, S.S., Anumolu, R., Misra, R.D.K., Kim, K.H. ve Lee, D.L. (2008). Microstructure-hardness relationship in quenched and partitioned medium-carbon and high-carbon steels containing silicon, *Materials Science and Engineering: A*, 498 (1-2), 442-456.
8. Tavares, S.S.M, Pedroza, P.D, Teodósio, J.R ve Gurova, T. (1999). Mechanical properties of a quenched and tempered dual phase steel, *Scripta Materialia*, 40 (8), 887-892.
9. Tomita, Y. (1989). Development of mechanical properties of structural high-carbon low-alloy steels through modified heat treatment, *Journal of Materials Science*, 24 (4), 1357-1362.
10. Ulu, S. (2009). DIN17CrNiMo6 Çeliğinin Mikro yapı Özelliklerine Kritik Sıcaklıklar arası Isıl İşlemlerin Etkisi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (3), 79-88.
11. Uzkut, M. ve Özdemir, İ. (2001). Farklı Çeliklere Uygulanan Değişen Isıtma Hızlarının Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(3), 65-73.
12. Ymanoğlu, O. ve Gül. F. (2012). Aşınmaya Dirençli Krom-Vanadyum Alaşımli Soğuk İş Takım Çeliklerinin Abrasif Aşınma Davranışı, *International Iron & Steel Symposium*, Karabük.

Makale 05.07.2013 tarihinde alınmış, 15.12.2014 tarihinde düzeltilmiş, 17.12.2014 tarihinde kabul edilmiştir.

