



**Selda Kayral**

Celal Bayar University, selda.akgun@cbu.edu.tr, Manisa-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2014.9.4.2A0088>

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ 30MnB5 ÇELİĞİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN VE ÇENTİK DARBE GEÇİŞ SICAKLIĞININ İNCELENMESİ**

**ÖZET**

30MnB5 çeliği yüksek sıcaklıklarda, otomotiv endüstrisinde yüksek güvenli düşük ağırlıklı araçların tasarlanmasından, çok düşük sıcaklıklarda kullanılabilen tarım alet ve makinalarına kadar çok geniş aralıkta kullanım alanına sahiptir. Bu farklı çalışma aralıklarında kullanılan 30MnB5 çeliğinin hem mekanik özelliklerinin hem de çentik darbe geçiş sıcaklığının belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, 30MnB5 malzemesi öncelikle suda sertleştirilmiş ve menevişleme işlemi uygulanmıştır. Ardından ısıtma işlemi görmüş malzemelerin içyapı ve sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda dönüşüm sıcaklığının tespiti için (-80°C)-(+40°C) aralığında çentik darbe testi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 30MnB5, Isıl İşlem, Mekanik Özellikler, Dönüşüm Sıcaklığı, Kırılma

**INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND TRANSITION TEMPERATURE OF TEMPERED 30MnB5 STEEL**

**ABSTRACT**

30MnB5steels has a wide usage range such as in automotive industry for design of vehicles, which has low height and high security, used at high temperatures and for agricultural equipments used at low temperatures. The aim of this study is determine both the mechanical properties and transition temperature. Once the 30MnB5 steel was air quenched and then tempered. The microstructure analysis and hardness measurements was realized. Also, charpy test was performed at temperature range from (-80°C) to (+40°C) for establishing the transition temperature of the material.

**Keywords:** 30MnB5, Heat Treatment, Mechanical Properties, Transition Temperature, Fracture

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çelikler çok yaygın olarak kullanılmakla birlikte, beraberlerinde istenmeyen feci sonuçlar doğuracak şekilde sünek-gevrek geçiş davranışı sergiler [1]. Sıcaklık, kırılma davranışını belirleyen önemli bir etkidir. Geçiş sıcaklığı vurma değerlerinin büyük olduğu sünek kırılma ile düşük olduğu gevrek kırılma ayrımını sağlar[2]. Sünek-gevrek geçişi, sıcaklığın absorbe edilen darbe enerjisi üzerindeki etkisiyle ilişkilidir. Yüksek sıcaklıklarda kırılmanın sünek bir şekilde oluşması nedeniyle, enerjisi daha yüksektir. Sıcaklık azaldıkça darbe enerjisi dar bir sıcaklık aralığında aniden düşmekte ve bu sıcaklığın altında, enerji küçük bir değerde yaklaşık olarak sabit kalmaktadır. Oluşan kırılma ise gevrek karakterdedir. Bir çok alaşım için sünek gevrek geçişin gerçekleştiği belirli bir sıcaklık aralığı vardır. Bu nedenle, tek bir sünek gevrek geçiş sıcaklığı tanımlamak çok kolay olmamaktadır. Bu konuda kesin bir kriter bulunmamakla birlikte kabul edilen enerji veya belirlenen bir kırık yüzeyi görünümüne karşılık gelen sıcaklık olarak tanımlanır. Aynı malzeme için, farklı kriterlere göre farklı geçiş sıcaklığının söz konusu olması karışıklığa yol açmaktadır. Belki de en az risk taşıyan, en güvenli tasarımı sunan yaklaşım, kırık yüzeyinin %100 lifli yapıya sahip sıcaklığın geçiş sıcaklığı kabul edilmesidir.[1] Gevreklikten sünekliğe geçiş sıcaklığı, BCC yapılarda ve kovalent yapıllı malzemelerde yaygın olarak karşılaşılan doğal bir olaydır [3]. Çeliklerde sıcaklığın gevrek kırılma özelliğine etkisi, bilhassa alaşımsız çeliklerde ve alaşımlılardan da ferritik, ferritik-perlitik iç yapıda olanlarda bariz bir şekilde görülür. Ostenitik çeliklerde bu etki çok daha azdır. Geçiş sıcaklığı olarak, çeşitli kriterler esas olunur. Bunlardan en sık kullanılanları çentik darbe işinin  $KV= 27J$  olduğu sıcaklıktır ( $T_{27}$ ). Ayrıca çentik darbe işinin  $40J$  veya  $60J$  olduğu sıcaklıklar da geçiş sıcaklığına esas alınabilir. Bunun dışında çentik darbe işinin yüksek konumundakinin, örneğin %40'ı kadar olduğu sıcaklık vb. kullanılabilir [4]. Düşük alaşımlı çelikler için geçiş sıcaklığı, alaşımın hem kimyasal bileşimine hem de mikroyapısına duyarlıdır. Örneğin, ortalama tane büyüklüğünün küçülmesi geçiş sıcaklığının düşmesine yol açar. Dolayısıyla tane boyutunun inceltilmesi, hem dayanımını hem de tokluğunun arttıracaktır [4]. Çeliklerde, bağlantısız sünek mikroçatlakların oluşumu ile başlayan sünek çatlak büyümesi, çelik alaşımların çoğunda bulunabilir. Bununla birlikte, mikroçatlakların oluşum mekanizması ve çatlak tipi ilerlemesinin dağılımı farklı olabilir. Ferritik-perlitik çeliklerde, kısmen geniş inklüzyonlar (en çok MnS), çatlak tipine yakın göründü. Mikroboşluklar yüksek kesme gerilmelerine rağmen şekillendiği sünek çatlaklar, genellikle bu partiküllerin konumlanması süresince büyür. Beynitik çelikler için, geometrik homojensizlikler yerel mikroçatlakların oluşumu için ana neden olarak bulundu [3].

Tokluk özelliği üzerine geniş çapta ve ciddi olarak araştırmalar, II. Dünya Savaşı sırasında Amerikan Libertytürü kaynaklı gemilerin Amerika'dan Kuzey Atlantik'e yük taşıırken kış koşullarında ikiye bölünmeleri sonucu başlatılmıştır. Çok soğuk havalarda ve büyük dalgaların şiddetli çarpmaları sonucu, kaynaklanmış çelik gemiler gevrek davranış göstererek gevrek kırılmaya uğramışlardır [5]. Olağan olarak sünek olması gereken düşük karbonlu çelik belirli koşullarda gevrek davranışa geçmektedir [6].

Günümüzde otomotiv endüstrisinde yüksek güvenilirlikli ağır araçların tasarımı, ürünlerin çok geniş kısmının ihtiyaçlarını karşılamak en büyük ihtiyaçtır. Bir aracın tasarımı için en önemli hedef, gaz emisyonunun düşük ve maliyetin az olmasıdır. Bu amaç için, araçların enine kesit alanları azaltılmalı ve ince parçalar kullanılmalıdır. Bunların arasında en popülerleri 2 fazlı çelikler,



karmaşık fazlı çelikler, borlu çelikler, martenzitik çeliklerdir. Aynı zamanda borlu çelikler ya da MnB çelikleri olarak adlandırılan sıcak haddelenmiş Bor Mangan alaşımlı çelikler mükemmel mekanik özelliklerinden dolayı son derece popülerdir. Çok yaygın olarak kullanılan ultra yüksek mukavemetli çelikler 22MnB5, 27MnCrB5, 30MnB5 ve 37MnB4'tür [7].

Bu çalışmada kullanılan 30MnB5 çeliği, kaynak yapılmış hassas çelik borular-örneğin-otomotiv endüstrisi tarafından pasif güvenlik stabilizatörler, tahrik ve dişli milleri ana parçaları olarak kullanılmamalıdır. Ayrıca, tarım mühendisleri döner tırmıklar oluşturmak ve bıçakları azimle malzemeyi kullanır. İnşaat endüstrisi içinde bu aşınma ve yıpranma tabii bileşenler için kullanılır [8].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

30 MnB5 çeliği otomotiv endüstrisinden tarım alet ve makinelerine kadar geniş bir yelpazede kendine kullanım alanı bulmaktadır. Bu durum otomobillerde yüksek sıcaklık koşullarında çalışmasını gerektirirken, aynı zamanda çok soğuk iklimlerde tarım alet ve makinelerinin de sağlıklı çalışmasını gerektirmektedir. Bu durumda sadece malzemenin sertlik, çekme, aşınma gibi mekanik özelliklerinin dışında çentik darbe geçiş sıcaklıklarının da bilinmesi gereklidir. Bu çalışma, ülkemizde özellikle tarım alet ve makinelerini üreten firmaların profesyonel olmayan üretim anlayışlarına bilimsel katkı sağlamak amacıyla yapılmıştır.

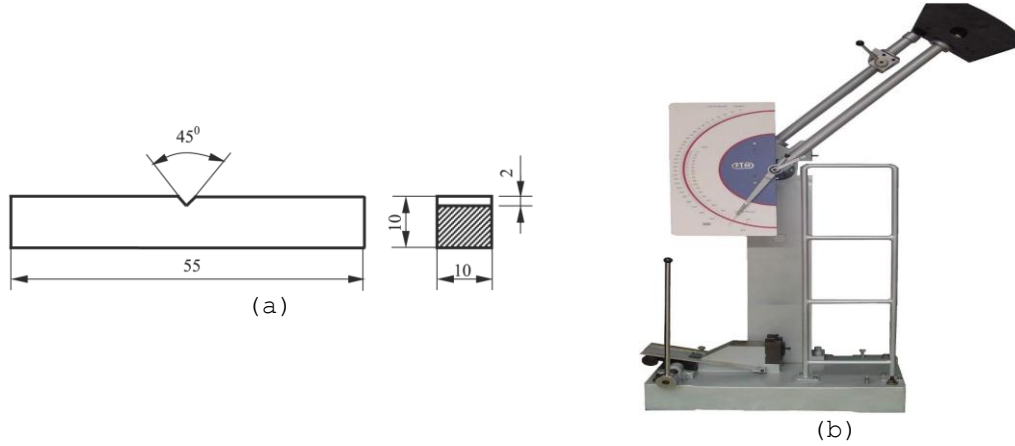
## 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Çalışmada 55x10x10 mm boyutlarında 30MnB5 çeliği kullanılmıştır. Kullanılan çeliğin spektral analizi yapılmış ve elde edilen veriler Tablo.1'de verilmiştir.

Tablo 1. 30MnB5 çeliğinin kimyasal içeriği (%ağırlık)  
(Table 1. Chemical composition of 30MnB5 steel)

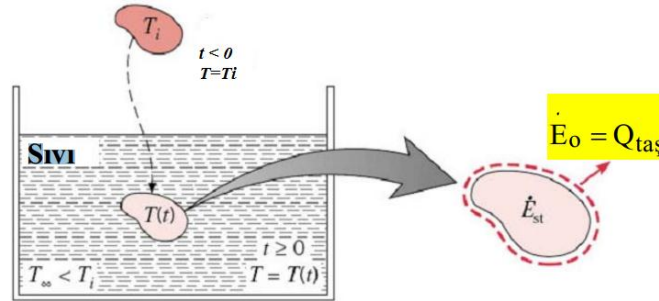
30MnB5	C	Si	Mn	P	S	B
	0,27-0,33	00,4	1,15-1,45	0,025	0,035	0,0008-0,005

Malzemelere önce ısıtma işlemi uygulanmıştır. Numuneler, 900°C östenitleme sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra su verme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından menevişleme işlemi, fırın atmosferinde 400°C'de 2 saat bekletilerek yapılmıştır. Isıtma işlemi görmüş numunelere metalografi işlemine tabii tutulmuştur. Sırasıyla 80,120, 240, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 mesh'lik zımpara ile zımparalandıktan sonra 3 µm ve 1 µm'lik elmas solüsyon ile parlatılmış ardından %3'lük nital çözeltisiyle dağlanmıştır. Hazırlanan numunelerin içyapı fotoğrafları NIKON LV 100 marka metal mikroskobu ile çekilmiştir. Makrosertlik ölçüm yöntemleri ise MET TEST HT sertlik ölçüm cihazı kullanılarak, Rockwell sertlik ölçme yöntemi ile 150kg yük 10s süresince etki ettirilerek yapılmıştır. Son olarak gevreklikten sünekliğe geçiş sıcaklığı ise DT300 EN çentik darbe/izod deney cihazı ile -80°C'den başlayıp 10'ar derece arttırarak oda sıcaklığına kadar test yapılarak ölçülmüştür. Deneylerde kullanılan cihazın resmi ve numune boyutları Şekil 1'de verilmiştir. Numunelerin merkezlerinin sıcaklıkları, ısı geçişi hesaplamalarıyla bulunmuştur.



Şekil 1. a. Çentik darbe deney numunesi, b. Çentik darbe deney cihazı  
(Figure 1. a. Charpy impact test sample, b. Charpy impact test)

Birçok ısı geçişi problemi zamana bağlıdır. Zamana bağlı problemler genellikle sistemin sınır koşulları değiştiğinde ortaya çıkar. Örneğin, bir sistemin yüzey sıcaklığı değişirse, sistem içinde her noktanın sıcaklığı değişmeye başlayacaktır. Sürekli rejim sıcaklık dağılımı elde edilinceye kadar değişime devam eder. Bir metal çubuğun fırından çıkarıldığını ve soğuk hava akımına bırakıldığını düşünelim. Enerji taşınım ve ışınım ile yüzeyden çevreye geçer. Enerji geçişi iletimle metalin içinden yüzeyine olur ve çubuk içindeki her noktada sıcaklık sürekli rejime kadar azalır. Bu tür zamana bağlı etkilere birçok endüstriyel ısıtma ve soğutma işleminde rastlanır. Katı içindeki sıcaklık küçük olması durumunda, toplam kütle yaklaşımı adı verilen yaklaşım kullanılabilir.



Şekil 2. Bir metal parçanın soğuması  
(Figure 2. Cooling of metal)

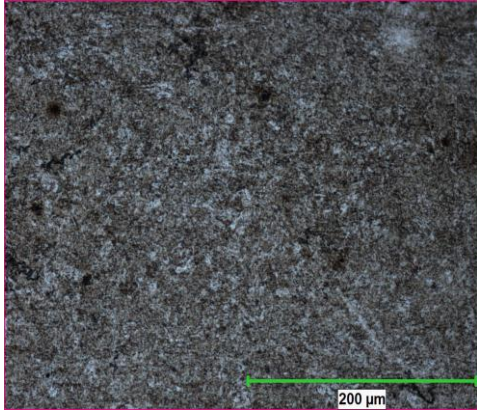
Sıcak metal bir parçanın başlangıçta,  $T_i$  sabit sıcaklığında olduğunu ve parçaya, düşük sıcaklıkta ( $T_\infty - T_i$ ) bir akışkan içine batırılarak, su verildiğini düşünün. Eğer su vermenin  $t=0$  anında başladığı varsayılırsa katının sıcaklığı zamanla  $T_\infty$  sıcaklığına erişene kadar azalacaktır (Şekil 2). Bu azalma katı-akışkan yüzeyindeki ısı taşınımından kaynaklanacaktır. Gerçekte toplam kütle yaklaşımı, katı içindeki sıcaklığın zamana bağlı süreçte belli bir anda her noktada sabit olduğu kabulüdür. Bu yaklaşım katı içindeki sıcaklık gradyanını göz ardı eder. Sıcaklığın zamanla değişimi, katı üzerinde toplam enerji dengesi yazılarak bulunabilir. Bu denge yüzeyden olan ısı geçişini, iç enerji değişimi ile ilişkilendirmelidir. Sonuçta aşağıdaki denklem elde edilir [9].

$$\frac{\theta}{\theta_i} = \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp \left[ - \left( \frac{h \cdot A_s}{\rho \cdot V \cdot c} \right) t \right]$$

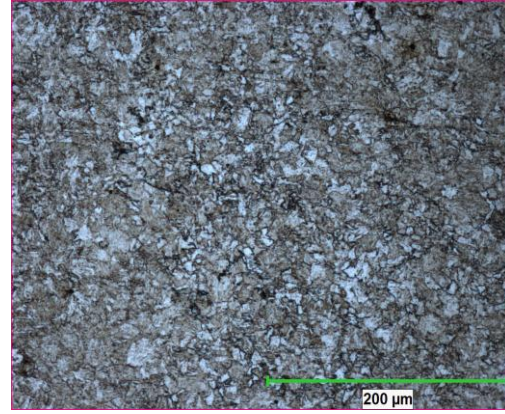
Yapılan hesaplamalar sonucunda 10'ar derecelik ölçümler yapılabilmesi için 210s arayla testlerin yapılması gerektiği bulunmuştur. Darbe testleri sonucunda oluşan kırılma yüzeyleri makro fotoğraflarla incelenmiştir.

#### 4. DENEY SONUÇLARI (EXPERIMENTAL RESULTS)

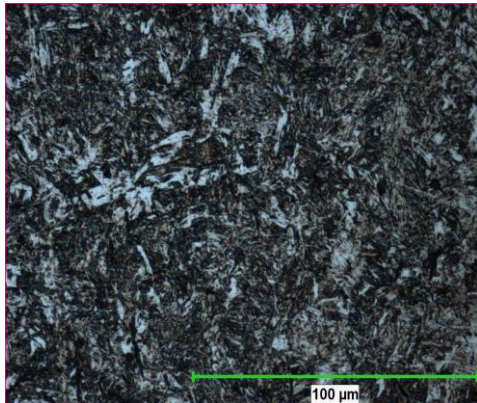
Çalışmada 30MnB5 malzemesinin içyapısı, su verme işleminden ve menevişleme işleminden sonra olmak üzere incelenmiştir. Su verme işleminin etkisinin incelenmesi açısından numunenin hem kenar kısmından hem de merkezinden fotoğraf alınmıştır. Şekil 3'de su verilmiş malzemenin kenar kısmından alınmış içyapı fotoğrafı görülmektedir. Soğumanın etkisi ile malzemenin merkeze yakın kısımlarına kadar martenzitik dönüşüm gerçekleştiği ve tamamen iğnemsiz görünüm aldığı gözlemlenmiştir. Şekil 4'de ise merkezden alınmış bir içyapı fotoğrafı görülmektedir. Merkezde soğuma hızının daha yavaş gerçekleştirilmesinden dolayı beynitik yapı elde edilmiştir. Şekil 5'te menevişleme işleminin ardından kenardan alınmış içyapı fotoğrafları yer almaktadır. Burada işlemin ardından martenzitik yapının iğnemsiz yapısının düzeldiği ve temperlenmiş martenzite dönüştüğü gözlemlenmiştir. Şekil 6'da merkezden alınan fotoğrafta eynitik yapı görülmüştür.



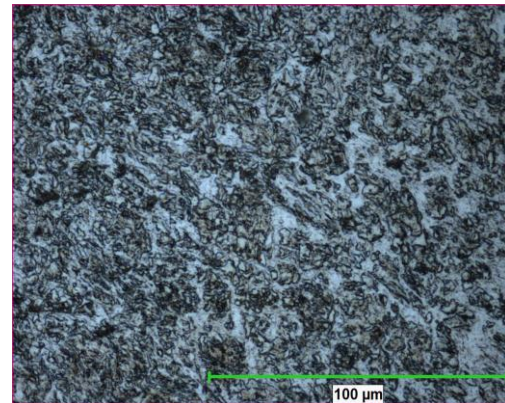
Şekil 3. Suverilmiş malzemenin kenarından alınmış içyapı resmi (Figure 3. Microstructure of edge of air quenched material)



Şekil 4. Suverilmiş malzemenin merkezinden alınmış içyapı resmi (Figure 4. Microstructure of center of air quenched material)



Şekil 5. Menevişleme işleminden sonra malzemenin kenarından alınmış içyapı resmi (Figure 5. Microstructure of edge of tempered material)



Şekil 6. Menevişleme işleminden sonra malzemenin merkezinden alınmış içyapı resmi (Figure 6. Microstructure of center of tempered material)

Suverilmiş ve temperlenmiş numunelerin makrosertlik değerleri Tablo 2’de verilmektedir. Malzeme yüzeyinden alınan ölçümler sonucunda su verilmiş malzemenin sertliği 49 HRC iken temperlenmiş malzemenin sertliği 40 HRC ölçülmüştür. Sonuçlar içyapı fotoğrafları ile birbirini desteklemektedir. Menevişleme işleminden önce görülen martenzitik yapıda malzeme içerisindeki iç gerilmelerin yoğunluğundan dolayı sertlik yüksek çıkmıştır. İşlemin ardından difüzyon mekanizmasının etkisiyle gerilmeler ortadan kalkarak yapı temperlenmiş martenzite dönmüş sertlik değerinde ise bir miktar azalma gözlenmiştir.

Tablo 2. Isıl işlem görmüş numunelerin makrosertlik değerleri  
(Table 2. Macrohardness values of heat treated samples)

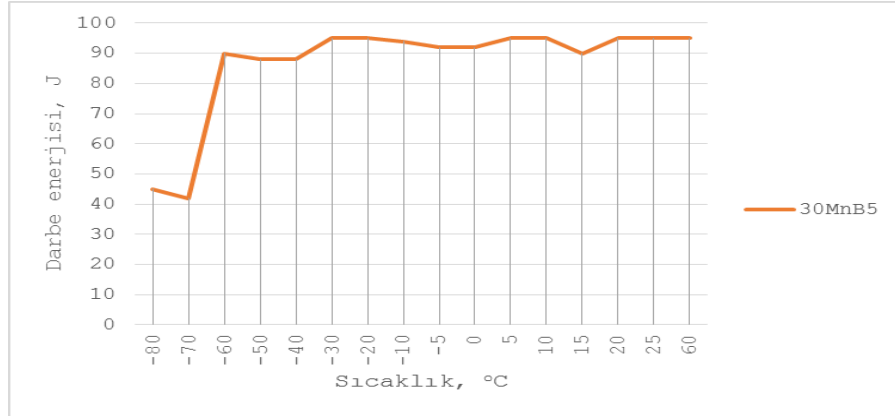
Açıklama	HRC - 150kg
30MnB5 - su verilmiş	49
30MnB5 - temperlenmiş	40

Şekil 7’de 30MnB5’e ait sıcaklığa bağlı darbe işi grafiği verilmiştir. Görülmektedir ki, malzemenin geçiş sıcaklığı  $-65^{\circ}\text{C}$  olarak bulunmuştur. Malzeme bu sıcaklığın altında gevrek karakter bu sıcaklığın üzerinde ise sünek karakter göstermektedir. Şekil 9’da oda sıcaklığındaki numuneye uygulanan test sonucu oluşan kırılma yüzeyi görülmektedir. Kırılma yüzeyi tamamen sünek karakter göstermektedir. Lifli kırılma gerçekleşmiştir. Şekil 10’da ise geçiş sıcaklığının altındaki bir sıcaklık olan  $-80^{\circ}\text{C}$ ’deki kırılma yüzeyi görülmektedir. Grafik sonuçlarıyla desteklenmiş şekilde kırılma tamamen gevrek karakterde gerçekleşmiştir. Taneler arası kırılma gerçekleşmiş olup yüzeyler parlak görünümündedir.

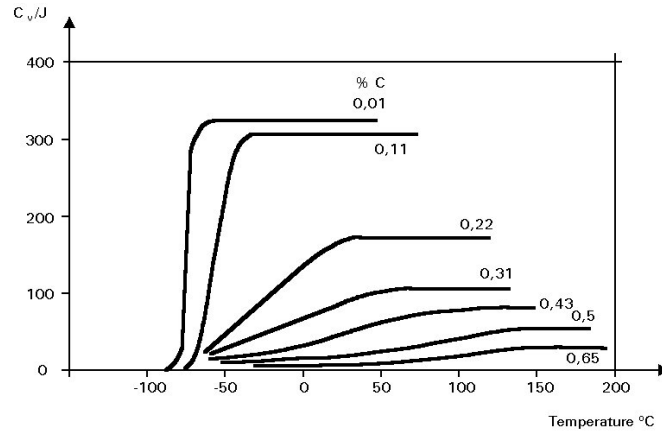
Şekil 8’de alaşımsız çeliklerde %C oranına bağlı olarak geçiş sıcaklığının değişimi verilmektedir. %C oranı azaldıkça geçiş sıcaklığının düştüğü görülmektedir. Çalışmada kullanılan 30MnB5 çeliğinin karbon oranına karşılık gelen alaşımsız çeliğin geçiş sıcaklığının  $0^{\circ}\text{C}$ ’nin üzerinde olduğu görülmektedir. İlave alaşım elementleriyle karbon oranı sabit kalsa da geçiş sıcaklığını düşürmek mümkün olmaktadır. Bu elementlerden en önemlisi mangandır.

Mangan, karbon gibi üretim işlemlerinde çelik yapısında yer alan bir elementtir ve çeliğin dayanımını arttıran etki gösterir. Bunun yanında sertleşebilme ve kaynak kabiliyetini de artırır, östenit kararlaştırıcı bir elementtir [10]. Yapıya genellikle cevher halinde iken girer. Mekanik özellikleri iyileştirmesi dolayısıyla ayrıca da ilave edilir, temel alaşım elementi olarak da kendisini gösterebilir. Genel olarak sünekliği azaltmakla birlikte çeliğin dayanımını artırır özelliğe sahiptir. %3 Mn miktarına kadar, her %1 Mn için çekme dayanımı yaklaşık 100 Mpa kadar artar. %3-8 arası artış azalır. %8 den itibaren düşüş görülür. Manganın iyi yöndeki etkisi karbon oranının artmasıyla birlikte artar [11].

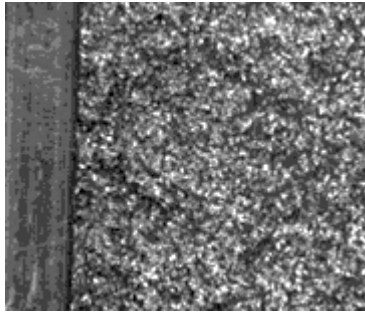
Genel olarak Mn  $\text{Ac}_1$  ve  $\text{Ac}_3$  değişim sıcaklıklarını hızlı bir şekilde düşürmektedir. Fe-C bileşiğine Mn ilave edilince dikkati çeken en önemli değişiklik ötektoid sıcaklığın devamlı düşmesidir. Mn içermeyen çeliklerde ötektoid sıcaklık  $735^{\circ}\text{C}$  iken %10 Mn ilave edilmiş çelikte  $620^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar düşmektedir (odtu). Bu durum östenit bölgesi genişletirken malzemenin mekanik özelliklerini artmasına neden olmaktadır. Mn ilavesinin artmasıyla birlikte malzemenin geçiş sıcaklığı düşüş göstermekle birlikte hem Mn etkisi hem de B elementinin mukavemet arttırıcı etkisinden dolayı darbe enerjisi de artış göstermektedir.



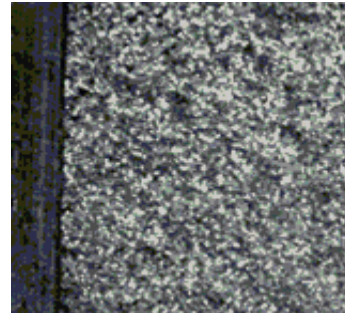
Şekil 7. 30MnB5'in sıcaklığa bağlı darbe enerjisi grafiği  
(Figure 7. Impact energy - Temperature gradient of 30MnB5)



Şekil 8. Alaşımız çeliklerde karbon oranına bağlı olarak geçiş sıcaklığının değişimi [12].  
(Figure 8. Influence of carbon content on the transition temperature [12])



Şekil 9. 24°C'deki kırılma yüzeyi  
(Figure 9. Fracture surface at 24 °C)



Şekil 10. -80°C'deki kırılma yüzeyi  
(Figure 10. Fracture surface at -80°C)

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- İÇyapı fotoğrafları incelendiğinde, menevişleme işlemi sonucunda yapıda temperlenmiş martenzit oluşumu gözlenmiştir.
- İÇyapı sonuçlarına paralel olarak menevişleme işleminden önce 49HRC olan sertlik değeri, malzeme içerisindeki gerilmelerin giderilmesi sonucu sertliğini koruyarak bir miktar azalmış ve 40 HRC değerine ulaşılmıştır.
- Sertleştirilmiş 30MnB5 çeliğinin geçiş sıcaklığı  $-65^{\circ}\text{C}$  olarak bulunmuştur.
- Geçiş sıcaklığının düşük olmasına Mn ilavesi neden olmaktadır. Mn ve B elementlerinin ilavesi aynı zamanda çentik darbe işinin de artış göstermesine yol açmıştır.
- Çentik darbe testleri sonucunda oluşan kırılma yüzeyleri incelenmiştir. Geçiş sıcaklığının altındaki sıcaklıkta yüzeyde tamamen gevrek kırılma işaretleri gözlemlenmiştir. Tanelerarası kırılma gerçekleşmiş olup yüzey parlak görünümündedir.
- Geçiş sıcaklığının üstündeki sıcaklıktaki yüzey ise tamamen sünek karakter göstermiştir. Lifli kırılma yüzeyi görülmüştür.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Callister, D.W. and Rethwisch, D.D., (2013). Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Nobel Yayınevi, 978-605-133-418-9.
2. Güleç, Ş., (1985). Malzeme Ders Notları", İTÜ Makine Fakültesi, [http://www.salzgitterflachstahl.de/fileadmin/mediadb/szfg/informationsmaterial/produktinformationen/warmgewalzte\\_produkte/eng/30mnb5.pdf](http://www.salzgitterflachstahl.de/fileadmin/mediadb/szfg/informationsmaterial/produktinformationen/warmgewalzte_produkte/eng/30mnb5.pdf)
3. Yüksel, M., Meran, C., (2010). Malzeme Bilgisine Giriş, TMMOB MMO, Yayın No:545.
4. Capelle, J., Furtado, J., Azari, Z., Jallais, S., and Pluvinage, G., (2013). "Design Based On Ductile-Brittle Transition Temperature for API 5L X65 Steel Used For Dense CO<sub>2</sub> Transport, Engineering Fracture Mechanics, 270-280.
5. Cerit, M., (1994). "Makine Mühendisliği El Kitabı Cilt 1:Üretim veTasarım", TMMOB, 1994. <http://www.yagmurdemircelik.com/documents/Eregli.pdf>
6. Nazari, A., Milani, A.A., Khalaj, G., (2012). "Modelling Ductile to Brittle Transition Temperature of Functionally Graded Steels by ANFIS", Applied Mathematical Modelling, 3903-3915.
7. <http://www.yasaril.sakarya.edu.tr/dersler/isi.ders.notu.pp.pdf>, Prof.Dr. Yaşar İslamoğlu Ders Notları.
8. <http://www.atacelik.com/etkileri.html>
9. <http://www.baydemir.com.tr/detay/15/ala%C5%9Fimelementler%C4%B0n%C4%B0n-%C3%A7el%C4%B0k-yapisina-etk%C4%B0s%C4%B0>
11. <http://www.haiyangshiyou.com/esdep/master/wg02/10100.htm>