

AISI 8620 (20NiCrMo2) Çeliğinin Mekanik Özelliklerine Kriyojenik İşlemin Etkisinin İncelenmesi

Furkan GÜNEY^{1,*} , Menderes KAM¹ 

¹Düzces Üniversitesi, Cumayeri Meslek Yüksekokulu, Düzce, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 28.06.2022

Kabul: 08.08.2022

Anahtar Kelimeler:

AISI 8620 çeliği

Kriyojenik işlem

Mekanik özellikler

Mikroyapı

ÖZET

Bu deneysel çalışmada, günümüzde imalat, savunma sanayinde, yüksek zorlamalara maruz kalan dişliler, miller, makine ve otomobil parçalarının imalatında yaygın olarak kullanılan AISI 8620 (20NiCrMo2) çeliğinin, gaz sementasyon işlemi yapıldıktan sonra uygulanan derin kriyojenik işlemin mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda hazırlanan çelik numunelere sementasyon yöntemi belirlenen sıcaklık-zaman değerlerinde uygulanmıştır. Bu işleme tamamlayıcı bir işlem olan derin kriyojenik işlem -196 °C sıcaklık değerinde ve sonrasında numunelere 200 °C'de 2 saat temperleme işlemi uygulanmıştır. Numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi için çekme, mikro-makro sertlik ve darbe testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testlerden elde edilen bulgular analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, kriyojenik işlemin mekanik özellikler üzerinde önemli etkileri olduğunu, kriyojenik işlemlenmiş numunelerin diğer numunelere göre daha yüksek sertlik ve çekme dayanımlarına sahip olduğunu göstermiştir. Derin kriyojenik işlemlenmiş numuneler sementasyon işlemlenmiş numunelere göre çekme dayanımı, kopma dayanımı ve sertlik değerlerinde sırasıyla %7, %8 ve % 3.5'lük, darbe direnci değerinde ise % 2'lik bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca mikroyapısına bakılan numunelerin, kriyojenik işlemin etkisi ile yapının homojen ve ince taneli olarak değiştiği görülmektedir.

Investigation the Effect of Cryogenic Treatment on Mechanical Properties of AISI 8620 (20NiCrMo2) Steel

ARTICLE INFO

Received: 28.06.2022

Accepted: 08.08.2022

Keywords:

AISI 8620 steel

Cryogenic Treatment

Mechanical Properties

Microstructure

ABSTRACT

In this experimental study, the effect of deep cryogenic treatment applied after gas cementation of AISI 8620 (20NiCrMo2) steel, which is widely used in the manufacture of gears, shafts, machinery and automobile parts that are exposed to high stresses, on the mechanical properties. In this context, the cementation method was applied to the steel samples prepared at the determined temperature-time values. Deep cryogenic treatment, which is a complementary process to this process, was applied at a temperature of -196 °C. After the treatment, the samples were tempered at 200 °C for 2 hours. Tensile, micro-macro hardness and impact tests were carried out to determine the mechanical properties of the samples. Findings obtained from these tests were analyzed and compared. The results showed that cryogenic treatment had significant effects on mechanical properties, the cryogenically treated samples had higher hardness and tensile strength than the other samples. It was observed that there was a 7%, 8% and 3.5% increase in the tensile strength, breaking strength and hardness values of the deep cryogenic treated samples compared to the cementation treated samples, and a 2% increase in the impact resistance value. In addition, it is seen that the microstructure of the samples changes as homogeneous and fine-grained with the effect of the cryogenic process.

*Sorumlu yazar, e-posta: furkanguney01@outlook.com

To cite this article: F. Güney, M.Kam, Investigation the Effect of Cryogenic Treatment on Mechanical Properties of AISI 8620 (20NiCrMo2) Steel, Manufacturing Technologies and Applications, 3(2), 22-31, 2022.

<https://doi.org/10.52795/mateca.1137112>, This paper is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Düşük karbonlu çelik sınıfında yer alan AISI 8620 (20NiCrMo2) sementasyon çeliğine uygulanan ısıt işlemler sayesinde yüzeyde yüksek mukavemet, çekirdekte daha yumuşak ve tok, mekanik özellikleri kazandırılarak kullanım sırasında yüksek zorlanmalara maruz kalan dişliler, miller, makine ve otomobil parçalarının üretiminde kullanılmaktadır [1]. Metalurjik bir yöntem olan ısıt işlemin günümüz endüstrisinde çok önemli bir yeri vardır. Uzun yıllardır, metal malzemelerin dayanımlarını arttırarak mekanik özelliklerini geliştirebilmek için çalışmalar sürdürülmektedir. Metallerin ısıt işlemlerinde kullanılan modern yöntemlerden birisi de kriyojenik (sıfır altı) işlemdir. Bu işlem, malzemelerin -50 °C ile -273 °C sıcaklık aralığında soğutulmuş yapısal değişim geçirinceye kadar bu ortamda bekletilmesi ve sonrasında çıkartılarak oda sıcaklığına kadar ısınması aşamalarını içerir [2].

Malzemelere ısıt işlem yöntemleri uygulanarak çeşitli mekanik özellikler kazandırmak mümkündür. Bu doğrultuda, geleneksel ısıt işlem yönteminin ardından malzemelerin mekanik özelliklerini daha fazla geliştirmek amacıyla soğuk bir ısıt işlem türü olarak uygulanan kriyojenik işlem günümüzde tamamlayıcı bir yöntem olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntem, sıfırın altındaki uygulama sıcaklık değerine göre sığ ve derin kriyojenik işlem olarak iki ayrı şekilde malzemeye uygulanmaktadır. Sığ kriyojenik işlem, sertleştirme işleminin ardından malzemeleri -50 °C ile -80 °C sıcaklık aralığında sıvı azot içerisinde bekletme işlemidir. Derin kriyojenik işlem ise sığ kriyojenik işleme göre daha düşük sıcaklık değerlerinde (-125 °C ile -196 °C aralığında) malzemeyi soğutma ve bu sıcaklıklarda bekletilme işlemi olarak bilinmektedir. Düşük sıcaklıklarda uygulanan derin kriyojenik işlem malzeme yapısının tamamında martenzit dönüşümünü oluşturur. Bunun sonucunda yapısındaki sertlik ve tokluk artışı sağlanır. Kriyojenik işlem, kaplama işlemlerinden farklı olarak malzemeye tek bir kez uygulanan ve bütün yapısını iyileştiren kalıcı bir işlemdir [1-3].

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; çelik malzemelere uygulanan ısıt işlemler ve kriyojenik işlemin malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma vardır [3, 4]. Sementasyon, çeliğe yüksek sıcaklıklarda karbon verilmesinin (emdirilmesi) ardından su verme işlemiyle martenzite dönüşümü sonucu sertleşme kabiliyetidir [5]. Çeliğin sahip olduğu karbon oranı sertleştirilmesinde oldukça önemlidir [6]. Literatür çalışmaları tarandığında sertleştirme işlemi uygulanan AISI 8620 çeliğin mekanik özellikleri incelenmiş ve üzerindeki etkiler belirlenmeye çalışılmıştır [7]. Sharma ve arkadaşları, gaz karbürüzyasyonu yöntemi ile sertleştirilmiş AISI 8620 çeliğin sertlik derinliği ile yorulma özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir [8]. Asi ve arkadaşları, kriyojenik işlemin çelik malzeme üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kriyojenik işlemin başlıca etkisinin östenitin martenzite dönüşerek ortaya çıkan sertlik artışının olduğunu, malzemenin yapısındaki değişimlere sebep olarak da oda sıcaklığına gelmesinin ardından temperleme işlemi ile yapıda dağılmış olan karbürlerin çökmesi ve buna bağlı olarak tokluk ve aşınma dayanımlarının birlikte artış gösterdiklerini belirtmişlerdir [9]. Holm yapmış olduğu çalışmada farklı bekletme zamanındaki kriyojenik işlemlerli malzemelerin sertliği üzerindeki etkilerini incelemiştir [10]. Collins ve Dormer, kriyojenik işlemin paslanmaz çelikler üzerindeki etkilerini incelemişler ve uygulanan işlemin numunelerde sertlik artışı olurken tokluğunda düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir [11]. Li ve arkadaşları, derin kriyojenik işlem ve temperleme işleminin numunelerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini çekme ve sertlik testleri yaparak incelemişlerdir. Numunelere uygulanan işlemlerin sertlik ve çekme dayanımı üzerindeki etkilerini karşılaştırdıklarında kriyojenik işlem uygulanmış numunelerin mekanik özelliklerinin kayda değer oranda iyileştiğini görmüşlerdir [12]. Koneshlu ve arkadaşları, AISI 4140 çeliğine -40 °C sıcaklık değerinde 24 saat bekletme süreli uyguladıkları derin kriyojenik işlemin etkisini sertlik ve çekme testleri yaparak incelemişlerdir. Derin kriyojenik işlemin malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmede etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır [13]. Demirkaya, kriyojenik işlemin AISI 8620 çeliğinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla sementasyon uygulaması yapılmış numunelere -145 °C' de 24 saat bekletme süreli derin kriyojenik işlem uygulamıştır. Mikrosertlik ölçümleri ve çekme testleri gerçekleştirmiş ve sonuç olarak kriyojenik işlem uygulanan numunelerde geleneksel ısıt işlem uygulanan numunelere göre olumlu

etkileri olduğunu görmüştür [14]. Kam ve Saruhan, otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan AISI 4140 çeliğine geleneksel ısıtma işlemi ve tamamlayıcı olarak farklı bekletme sürelerinde (12, 24, 36 ve 48 saat) -140 °C sıcaklıkta uygulanan kriyojenik işlemin etkisini sertlik ve çekme testleri yaparak incelemişlerdir. Elde edilen verilere göre derin kriyojenik işlemin numunelerin mekanik özelliklerini kayda değer oranda iyileştirdiğini belirtmişlerdir [3]. Genel olarak literatür çalışmaları incelendiğinde AISI 8620 çeliğinin mekanik özellikleri üzerinde 24 saat bekletme süreli derin kriyojenik işlemin etkisi ile ilgili fazla çalışma olmadığı görülmüştür. Bu nedenle bu deneysel çalışmada, farklı ısıtma süreçleri olarak sementasyon işlemi, 24 saat bekletme süreli derin kriyojenik işlem (-196 °C) ve temperleme işleminin AISI 8620 kalite çeliğinin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Bu çalışmada, günümüzde önemli endüstriyel çelik kalitesine sahip olan AISI 8620 çeliğinin, ısıtma işlem sürecinde uygulanan sementasyon, tamamlayıcı bir işlem olan 24 saat bekletme süreli derin kriyojenik işlem ve sonrasında uygulanan temperleme işlemlerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilen AISI 8620 sementasyon çeliği malzemesinden deneysel çalışmada kullanılmak üzere çekme, sertlik ve darbe testi numuneleri hazırlanmıştır.

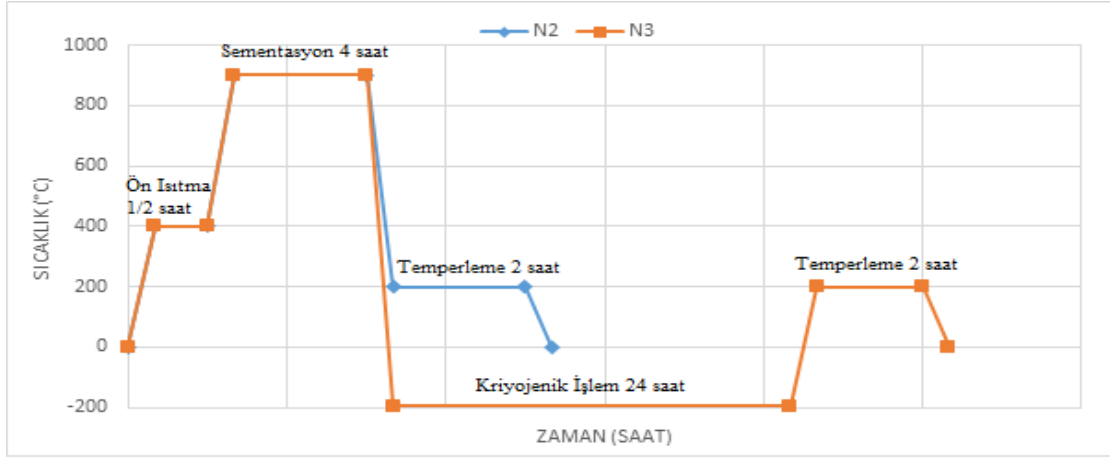
Tablo 1. AISI 8620 çeliğinin kimyasal bileşimi (Chemical composition of AISI8620 steel)

Element	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	P	S
(%)	0.19	0.75	0.22	0.47	0.19	0.43	0.005	0.004

Tablo 2’de AISI 8620 çeliğinden hazırlanmış numunelere uygulanan ısıtma işlem süreçleri durumlarıyla birlikte verilmiştir. Numunelerden, bir nolu (N1 kodlu) numune standart olup hiçbir işlem uygulanmamıştır. Diğer numunelere (N2 ve N3 kodlu) ise ilk adım olarak sementasyon işlemi uygulanmıştır. Sementasyon işlemi, %33 H₂, %28 CO, %0.8 CH₄ ile propan (C₃H₈) karışımı karbonlama gaz içeriği kullanılarak atmosfer kontrollü ısıtma işlem fırınında 400 °C sıcaklığa ısıtılarak ½ saat ön ısıtma, 900 °C sıcaklığa ısıtılmasının ardından 4 saat sementasyon işlemi ve ardından sertleştirme işlemi uygulanmıştır. Sertleştirme işleminin ardından iki nolu (N2 kodlu) deney numunesi 200 °C’de 2 saat temperleme işlemine tabi tutulmuş, üç nolu (N3 kodlu) deney numunesi ise tamamlayıcı bir işlem türü olan derin kriyojenik işlem -196 °C’de 24 saat bekletme süreli olarak uygulanmıştır. Bu işlem sonrasında üç nolu deney numunesi de iki nolu deney numunesi gibi 200 °C’de 2 saat temperleme işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 1’de ise test numunelerine uygulanan ısıtma işlem süreçleri grafik olarak verilmiştir.

Tablo 2. AISI 8620 çeliği numunelerin ısıtma işlem süreci

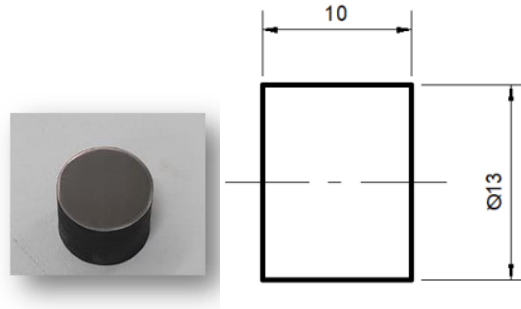
No	Numune Kodu	Uygulanan Isıtma İşlemler	
		Sementasyon (Sıcaklık /süre) Temperleme (Sıcaklık/süre)	Kriyojenik İşlem (Sıcaklık/süre)
1	N1	-	-
2	N2	900 °C / 4 saat	200 °C / 2 saat
3	N3	900 °C / 4 saat	-196 °C / 24 saat 200 °C / 2 saat



Şekil 1. Isıl işlem süreci (Heat treatment process)

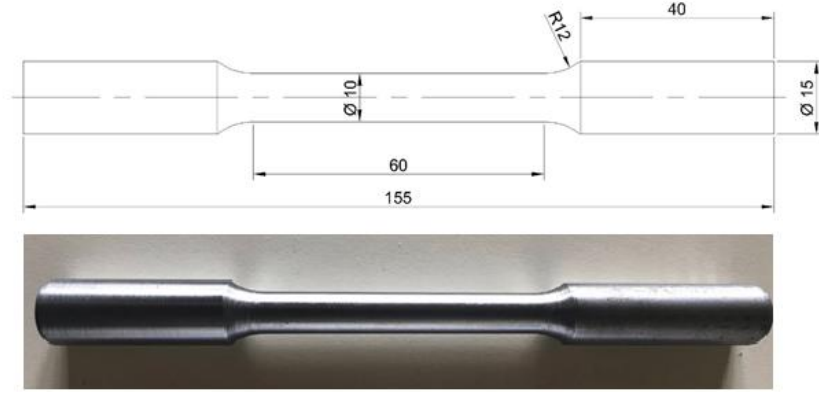
Sertlik ölçme testleri mekanik özelliklerin belirlenebilmesi için daha fazla tercih edilmektedir. Bunun sebebi bu yöntemin diğer yöntemlere göre numuneler üzerinde daha az hasar oluşturması, kolay uygulanabilir olması ve basit oluşudur. Ayrıca, bir malzemenin sertliği ile o malzemenin mekanik özellikleri arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Bu sayede malzemenin bazı özellikleri hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Örneğin çeliklerde, çekme dayanımı değerleri sertlik değerleri ile orantılı olduğundan dolayı yapılan sertlik testi ile malzemenin dayanım değerleri hakkında da bir fikir elde edilebilir [1-3].

Test numunelerinin yüzey sertlik ölçümleri, Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Bulut marka DIGIROCK model sertlik ölçme cihazında, konik elmas uca ön yük olarak 10 kg daha sonra 140 kg yük yüklenerek batma derinliği ISO 6508-2 standartlarına uygun olarak makro Rockwell (HRC) sertlik ölçümleri yapılmıştır. Mikro Vickers (Hv) sertlik ölçümleri ise aynı bünyede bulunan Metkon marka DUROLİNE-M model sertlik ölçme cihazda ASTM 2017 standartlarına uygun olarak kare piramit baticı uca 10 saniye boyunca 300 g yük uygulanarak ölçülmüştür. Şekil 2’de ise sertlik ölçme numunesi ve ölçüleri gösterilmiştir. Sertlik testlerinde her bir numuneye 6 farklı ölçüm yapılmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak numunenin ortalama sertlik değerleri belirlenmiştir.



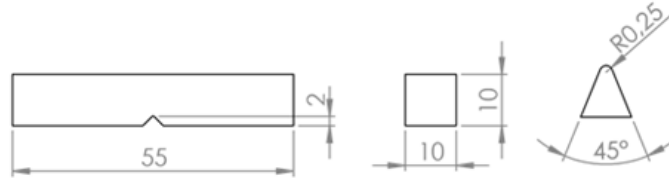
Şekil 2. Sertlik ölçme numuneleri (Çap 13x10 mm) (Hardness testing samples (Dia. 13x10 mm))

Çekme testleri TS 138A standardına göre Şekil 3’te verilen ölçülerde her numuneden üç adet olmak üzere toplam 9 adet test numunesi hazırlanmıştır. Çekme testleri 2 mm/dak çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Çekme testleri, Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan 50 ton kapasiteli BESMAK marka çekme test cihazında yapılmıştır.

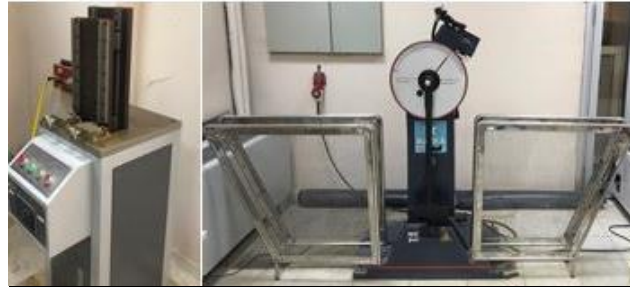


Şekil 3. Çekme testi numunesi ve teknik resmi (Tensile test sample and technical drawing)

Darbe testleri, derin kriyojenik işlemin etkisini belirlemek için TS EN ISO 148-1 standardına uygun olarak Şekil 4’te verilen ölçülerde her numuneden üçer adet hazırlanmıştır. Tokluk değerinin bir ölçüsü olan darbe direnci değerleri, oda sıcaklığında v çentikli Charpy darbe testi ile belirlenmiştir. Numuneler üzerine açılan “V” çentiğinin açısı 45° ve derinliği 2 mm olarak Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan çentik açma cihazında açılmış ve aynı merkezde bulunan Charpy darbe testi düzeneğinde testler gerçekleştirilmiştir. Çentik açma ve Charpy darbe test cihazları Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Darbe testi numuneleri (Impact test specimens)



Şekil 5. Çentik açma ve Charpy darbe cihazları (Notching and Charpy impact devices)

Isıl işlem sonrasında test numunelerinin yapılarındaki morfolojik değişimleri gözlemleyebilmek amacıyla Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan SEM Quanto FEG 250 model cihaz (FEI, Hollanda) ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Şekil 2’deki ölçülerde hazırlanmış olan numunelere sırasıyla 200, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 derece zımpara kâğıtları kullanılarak zımparalama işlemi yapılmıştır. İşlem sonrasında 1 μm elmas pasta ile parlatma işlemi uygulanmıştır. Dağlama işlemi %2 nital (HNO_3) çözeltisi kullanılarak yapılmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI (EXPERIMENTAL RESULTS)

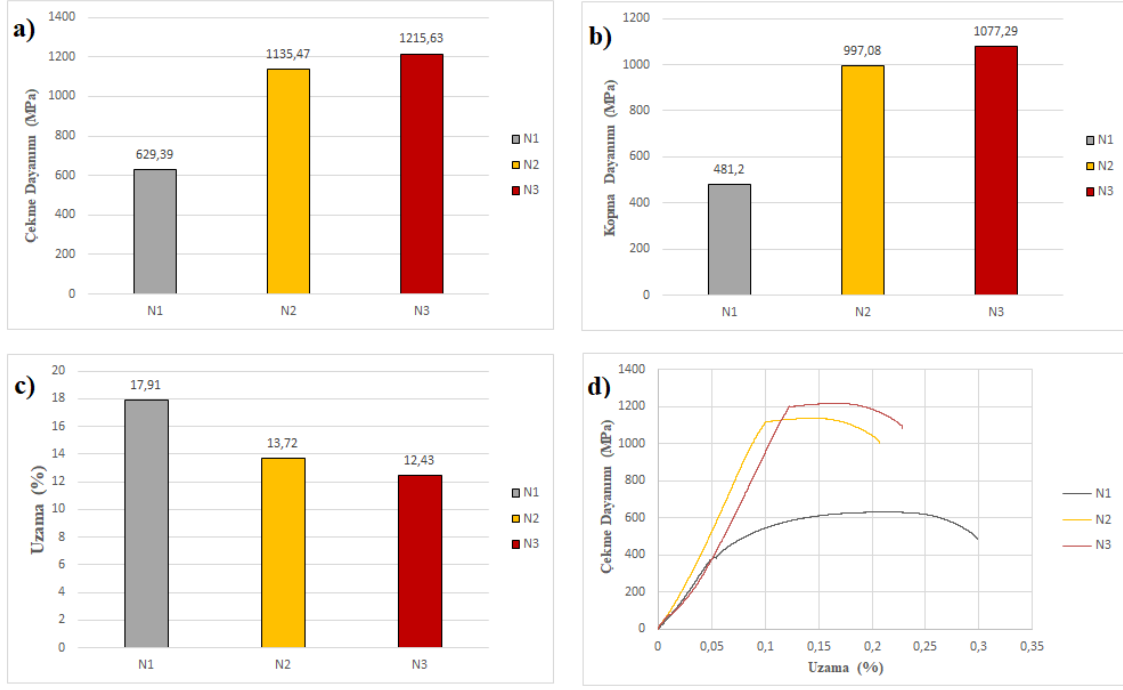
Bu çalışmada, AISI 8620 çeliği test numunelerine uygulanan ısıl işlemler sonrasında sertlik ölçme cihazında sertlik ölçümleri yapılmıştır. Numunelerin ısıl işlem durumuna göre ortalama sertlik değerleri Tablo 3’te verilmiştir. Ortalama sertlik değerlerine baktığımızda sırasıyla en yüksek değerler N3, N2 ve N1 olduğu görülmektedir. N3 numunesinin en yüksek sertlik değerine sahip olmasının nedeni, sementasyon işleminin ardından derin kriyojenik işlem uygulanması ve bununla

birlikte malzemenin mikro yapısında gerçekleşen östenit fazının martenzit fazına dönüşümü ile ilişkilendirilmiştir [8, 9, 14].

Tablo 3. Numunelerin ortalama sertlik değerleri verileri (Average hardness values of the samples)

Numune Kodu	Rockwell sertliği (HRC)	Vickers sertliği (Hv)
N1	20	236.25
N2	60	709.30
N3	62	734.13

AISI 8620 çeliği numunelere uygulanan ısıtma işlemlerinin mekanik özellikleri (çekme dayanımı, kopma dayanımı, yüzde uzama) üzerinde etkisini incelemek için çekme testleri yapılmıştır. Çekme testleri her bir numune kodu için üç kez yapılmış ve verilerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Numunelerin elde edilen mekanik özellik (çekme dayanımı, kopma dayanımı, yüzde uzama, gerilim-uzama grafiği) verileri Şekil 6’da gösterilmiştir. Elde edilen çekme dayanımı verilerine göre sırasıyla en yüksek değerler N3, N2 ve N1 olmak üzere elde edilen sertlik değerleri ile doğru orantılı olduğu görülmektedir [1]. Derin kriyojenik işlem uygulanmış numunelerin (N3) diğerlerine kıyasla çekme dayanımlarının daha yüksek değerlerde çıktığı görülmüştür. Ayrıca, derin kriyojenik işlem ve temperleme işlemi uygulanmış numunenin sementasyon işlemi uygulanmış numuneye göre çekme dayanımı ve kopma dayanımında sırasıyla % 7, % 8 artış olduğu gözlenmiştir. Buradaki en yüksek çekme dayanımı değerinin derin kriyojenik işlem uygulanmış numunede olmasının nedeni, malzemenin iç yapısında bulunan yumuşak yapılu östenit fazının kriyojenik işlemle birlikte sert yapılu martenzit fazına dönüşmesi ve oluşan karbür tanelerinin düzenli dağılımıyla malzemede homojen bir iç yapının oluşmasıdır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde derin kriyojenik işlemle birlikte malzemelerin mekanik özelliklerinde olumlu yönde iyileşmelerin olduğu görülmüştür [15]. Gu ve arkadaşları malzemeye -196 °C’ de 24 saat bekletmeli olarak uyguladıkları derin kriyojenik işlemin çekme dayanımına %9.34 oranında olumlu etkisinin olduğunu görmüşlerdir [16]. Özden ve Anık, geleneksel ısıtma işlem uyguladıkları 52CrMoV4 çeliğine tamamlayıcı olarak -196 °C’de 24 saat süreli derin kriyojenik işlem uygulamışlardır. Sonuç olarak kriyojenik işlem görmüş numunelerin çekme dayanımlarında geleneksel ısıtma işlemli numunelere kıyasla % 7’lik olumlu bir artışın yaşandığını belirtmişlerdir [21]. Bu çalışmada elde edilen çekme testi sonuçlarının incelenen literatür verilerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür [3,17-20].



Şekil 6. Çekme testi verileri; a) Çekme dayanımı, b) Kopma dayanımı, c) Yüzde uzama, d) Gerilme-uzama grafiği (Tensile test data; a) Tensile strength, b) Rupture strength, c) Percent elongation, d) Stress-strain graph)

Şekil 6'da verilen yüzde uzama değerlerine bakıldığında en düşük değer N3 numunesinde sonrasında N2 ve N1 numunelerinde olduğu görülmüştür. Uzama değerleri çekme dayanımlarına göre ters orantılı değişim göstermiştir. Bu durum malzemelerin sünekliğine bağlıdır [1, 3, 17-19]. Standart olan N1 numunesi diğer numunelere göre daha sünek bir yapıya sahip olduğu için daha yüksek uzama değerinde ve daha düşük çekme dayanımı değerinde kopmuştur. Derin kriyojenik işleme birlikte sertlik değeri artan N3 numunesi doğal olarak daha büyük dayanım değerinde kopmuştur ve bu duruma ters orantılı olarak daha az miktarda uzamaya maruz kalmıştır [1]. Şekil 7'de ise çekme testi numunelerine ait kopma bölgeleri gösterilmiştir. Numunelerin kopma bölgeleri görünüşleri de çekme dayanımı, kopma dayanımı ve yüzde uzama verilerini destekler nitelikte olduğu görülmüştür.



Şekil 7. Numunelerin kopma bölgeleri (The rupture regions of the samples)

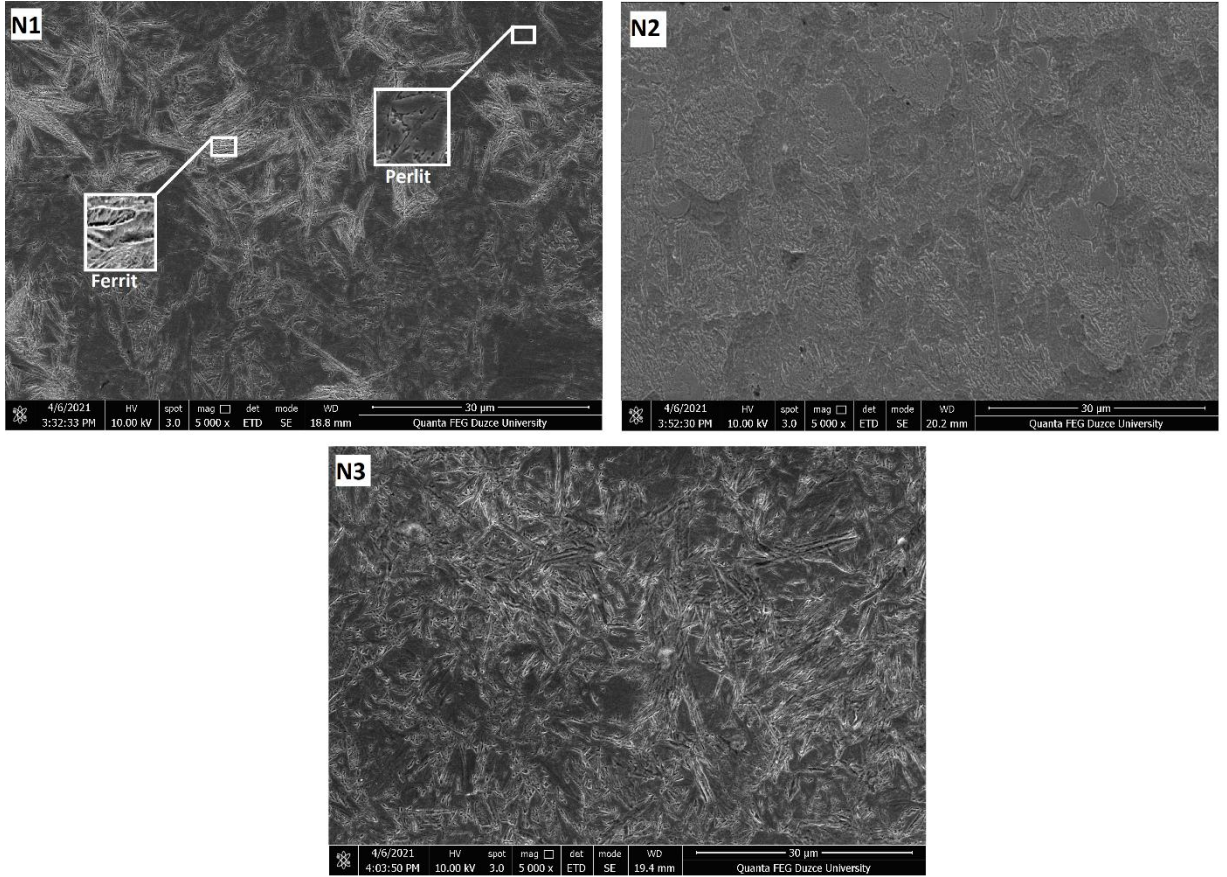
Numunelere uygulanan Charpy darbe testi sonucunda elde edilen darbe direnci değerleri grafik olarak Tablo 4'te verilmiştir. Bu verilere göre, en yüksek değer sünek olmasından dolayı standart (N1) numunedeki olduğu görülmüştür. İşlem görmüş numunelere bakıldığında, derin kriyojenik işlem uygulanmış N3 numunesinin sementasyon uygulanmış N2 numunesine kıyasla darbe direnci değerinde bir miktar artış yaşandığı görülmektedir. Bu durum derin kriyojenik işlem ve temperleme işlemlerinin etkisi ile daha homojen bir yapının sağlanması ile ilişkilendirilebilir [15, 16]. Dhokey ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, kriyojenik işlemin etkisi ile sertlik ve darbe enerjisi

değerlerini birbirleriyle orantılı şekilde arttığını görmüştür [22]. Ayrıca, literatürde yapılan çalışmalarda derin kriyojenik işlemin numunelerin darbe direncinde iyileşmeler sağladığı bilinmektedir [9-12, 13, 17-19].

Tablo 4. Darbe direnci değerleri (Impact resistance values)

Numune Kodu	Darbe Direnci (kJ/m ²)
N1	901.25
N2	781.25
N3	796.87

Test numunelerinin ısıtılma işlem öncesindeki ve sonrasındaki mikroyapı görüntüleri Şekil 8’de X5000 büyütme olarak verilmiştir. Bu kapsamda numunelerin mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, N1 numunesinde görülen koyu kısımlar perlit, beyaz kısımlar ferrittir ve belli bölgelerde yoğunluklu olarak bir arada görülmektedir. Sementasyon işlemi ile birlikte N2 numunesinde ince karbürlü bir yapının oluştuğu ve sementasyon sonrasında uygulanan kriyojenik işlem ile N3 numunesinde iğnemesi martensitik bir yapı oluşmuştur. Homojen olarak dağılmış ince taneler sertlik değerlerini arttırması ve kalıntı östenit oranını düşürmesi ile böylece tok bir yapı oluşumu sağlayacaktır [23, 24].



Şekil 8. Numunelere ait mikroyapı görüntüleri (Microstructure images of samples)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

AISI 8620 çeliğine uygulanan sementasyon işlemi ve derin kriyojenik işlemin mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çeliğe sementasyon işlemi, derin kriyojenik işlem ve sonrasında temperleme işlemine tabi tutulmuştur. İşlemler sonrasında mekanik özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla bütün test numunelerine sırasıyla makro-mikro sertlik ölçme, çekme ve darbe testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, uygulanan ısıtılma işlemlerinin numunelerin mekanik özelliklerine önemli

derecede olumlu etkilerinin olduğunu göstermiştir. Derin kriyojenik işlemin, belirli oranda sertliği artırdığı görülmüştür. En yüksek sertlik artışı ve çekme dayanımı değerlerinin derin kriyojenik işlem uygulanan N3 numunesinde olduğu görülmüştür. Derin kriyojenik işlem uygulanmış olan numunelerde sertlik artışları ve çekme dayanımlarında önemli oranda kayda değer iyileşmelerin olduğu gözlenmiştir. Derin kriyojenik işlem ve temperleme işlemi uygulanmış numunenin sementasyon işlemi uygulanmış numuneye göre çekme dayanımı, kopma dayanımı, sertlik değerlerinde sırasıyla %7, %8 ve %3.5'lük darbe direnci değerinde ise %2'lik bir artış olduğu gözlenmiştir. Ayrıca mikroyapısına bakılan numunelerin, kriyojenik işlemin etkisi ile yapının homojen ve ince taneli olarak değiştiği görülmüştür. Bu doğrultuda mekanik özellikleri iyileştirilen AISI 8620 çeliği, endüstride yüksek dayanımlara sahip olarak daha uzun ömürlerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. F. Güney, AISI 8620 çeliğinin farklı şartlar altındaki mekanik özellikleri, korozyon direnci ve mikroyapılarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye, 2021.
2. F. Güney, M. Kam, AISI 8620 Çeliğinin mekanik özellikleri üzerinde kriyojenik işlemin etkisi üzerine bir değerlendirme, 6. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, 20-21 Kasım 2021, İstanbul.
3. M. Kam, H. Saruhan, Derin kriyojenik işlemin farklı bekletme sürelerinin AISI 4140 (42CrMo4) çeliğin mekanik özelliklerine etkisi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(3): 553-564, 2018.
4. D. Senthilkumar, I. Rajendran, Influence of shallow and deep cryogenic treatment on tribological behaviour of En 19 steel, International Journal of Iron and Steel Research, 18(5): 53-57, 2011.
5. D. Senthilkumar, I. Rajendran, Optimization of deep cryogenic treatment to reduce wear loss of 4140 steel, Materials and Manufacturing Processes, 27(5): 567-572, 2012.
6. A. Tekin, Çelik ve Isıl İşlemi, Bofors El Kitabı, Hakan Ofset, İstanbul, 1984.
7. B. Uluğ, Sıfırlı / kriyojenik ısıtma işleminin 100Cr6 ve 8620 kalite çeliklerin özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2006.
8. S.K. Sharma, S.A. Rizvi, R.P. Kori, Optimization of process parameters in turning of AISI 8620 steel using Taguchi and grey taguchi analysis, Journal of Engineering Research and Application, 4(3): 51-57, 2014.
9. O. Asi, A.Ç. Can, J. Pineault, M. Blassel, The relationship between case depth and bending fatigue strength of gas carburized SAE 8620 steel, Surface & Coatings Technology, 201(12): 5979-5987, 2007.
10. T. Holm, AGA report: Cryotreatment – State of the art, 1997.
11. D.N. Collins, J. Dormer, Deep cryogenic treatment of a D2 cold work tool steel, Heat Treatment of Metals, 3: 71-74, 1997.
12. S. Li, X. Yuan, W. Jiang, H. Sun, J. Li, K. Zhao, M. Yang, Effects of heat treatment influencing factors on microstructure and mechanical properties of a low-carbon martensitic stainless bearing steel, Materials Science and Engineering: A, 605: 229-235, 2014.
13. M. Koneshlu, K. Meshinchi, F. Khomamizadeh, Effect of cryogenic treatment on microstructure mechanical and wear behaviors of AISI H13 hot work tool steel, Cryogenics, 51(1): 55-61, 2011.
14. Z. Demirkaya, Sementasyon yapılan SAE 8620 kalite çeliğe kriyojenik soğutma uygulaması yapılarak kalıntı gerilmelerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2014.
15. D. Senthilkumar, I. Rajendran, M. Pellizzari, J. Siiriainen, Influence of shallow and deep cryogenic treatment on the residual state of stress of 4140 steel, Journal of Materials Processing Technology, 211(3): 96-401, 2011.
16. K. Gu, H. Zhang, B. Zhao, J. Wang, Y. Zhou, Z. Li, Effect of cryogenic treatment and aging treatment on the tensile properties and microstructure of Ti-6Al-4V alloy, Materials Science and Engineering: A, 584: 170-176, 2013.
17. M. Kam, Effects of deep cryogenic treatment on machinability, hardness and microstructure in dry turning process of tempered steels, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, 235(4): 927-936, 2021.
18. M. Kam, H. Saruhan, Analysis of vibration damping ability of deep cryogenic treated AISI 4140 steel shaft supported by rolling element bearings, Materials Testing, 63(8): 742-747, 2021.

19. M. Kam, H. Saruhan, U. Kabasakaloğlu, T. Guney, Vibration damping capacity of a rotating shaft heat treated by various procedures, *Materials Testing*, 63(10): 966-969, 2021.
20. M. Kam, U. Kabasakaloğlu, Surface roughness analysis of cryo-treated and tempered steels in cylindrical grinding operation, *Surface Review and Letters*, 28(11): 2150107, 2021.
21. R.C. Özden, M. Anık, Effects of deep cryogenic treatment on the mechanical properties of 52CrMoV4 steel, *UDCS'19 Fourth International Iron and Steel Symposium*, 4-6 April 2019.
22. N.B. Dhokey, A.R. Hake, V.T. Thavale, R. Gite, R. Batheja, Microstructure and mechanical properties of cryotreated SAE8620 and D3 steels, *Current Advances in Materials Sciences Research*, 1(1): 23-37, 2014.
23. B. Pekgöz, S. Sarıdemir, İ. Uygur, Y. Arslan, The effects of carburisation process on the hardness values and microstructure for steels, *Electronic Journal of Machine Technologies*, 10(1): 19-24, 2013.
24. N.B. Dhokey, A. Hake, S. Kadu, I. Bhoskar, G.K. Dey, Influence of cryoprocessing on mechanism of carbide development in cobalt-Bearing high-speed steel (M35), *Metall and Mat Trans A*, 4(3): 1508-1516, 2014.