

## 8622RH ve 20MnCr5 Çeliklerinin Aşınma ve Mekanik Özelliklerine Gaz Karbürleme İşleminin Etkisinin İncelenmesi

Dilek COŞAR<sup>1,\*</sup>, Hakan GAŞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

**Alınma:** 23.02.2024

**Kabul:** 26.03.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Karbürizasyon

Temperleme

Mikroyapı

Aşınma direnci

Arka aks dişlileri

### ÖZET

Bu çalışmada, otomotiv arka aks dişlilerde kullanılan malzemelerden 8622RH ve 20MnCr5 çeliklerinin karbürizasyon işlemi sonrası mekanik özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. 8622RH ve 20MnCr5 çelikleri, 930 °C sıcaklıkta, %1.2 C ortam konsantrasyonunda 395 dakika süre ile gaz karbürizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra sıcaklık 830 °C'ye düşürülmüş ve ortam konsantrasyonu %0.9'a set edilmiştir. Bu sıcaklıkta da numuneler 60 dakika tutulmuştur. Karbürizasyon işlemi ardından numuneler 100 °C'deki yağ banyosu içinde 30 dakika bekletilmiştir. Bu adımdan sonra, temper prosesi gerçekleştirilmiştir. Temperleme prosesi 175 °C'de 110 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir. 8622RH ve 20MnCr5 çeliklerinin ısıl işlem öncesi ve sonrası mikroyapı analizleri, sertlik ölçümleri, darbe ve aşınma deneyleri yapılarak, sonuçlar ortaya konmuştur. Mikroyapı incelemelerinde geleneksel metalografi ve taramalı elektron mikroskopisi (SEM) teknikleri kullanılmıştır. Malzeme mikroyapılarının birbirine benzer olduğu, karbürizasyon işlemi sonucunda her iki malzemenin de mekanik özellikleri arasında çok farklılık olmasa da 8622RH malzemesinin yüzey sertliğinin, 20MnCr5'e göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun 8622RH çeliğinin içeriğindeki Ni ve Mo alaşım elementlerinin yüksek sertleşebilme yeteneğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Her iki malzemenin aşınma oranları karşılaştırıldığında ise, 20MnCr5 çeliğinin aşınma miktarının, 8622RH çeliğine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Malzemelerin aşınma direnci ile sertliklerinin doğrudan ilgisi olması sebebiyle, yüksek sertliğe sahip olan 8622RH malzemesinin aşınma dayanımının daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur.

## Investigation of the Effect of Gas Carburizing on the Wear and Mechanical Properties of 8622RH and 20MnCr5 Steels

### ARTICLE INFO

**Received:** 23.02.2024

**Accepted:** 26.03.2024

#### Keywords:

Carburization

Tempering

Microstructure

Wear resistance

Rear axle gears

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to compare the mechanical properties of 8622RH and 20MnCr5 steels used in automobile rear axle gears after carburizing process. 8622RH and 20MnCr5 steels were subjected to gas carburizing at 930 °C and 1.2% C ambient concentration for 395 minutes. The temperature was then reduced to 830 °C and the media concentration was set to 0.9%. Samples were kept at this temperature for 60 minutes. After carburization, the samples were kept in an oil bath at 100 °C for 30 minutes. After this step, the tempering process was carried out. The tempering process was carried out at 175 °C for 110 minutes. Microstructure analysis, hardness measurements, impact and wear tests were performed on 8622RH and 20MnCr5 steels before and after heat treatment and the results were presented. Conventional metallography and scanning electron microscopy (SEM) techniques were used in the microstructural investigations. Although the material microstructures are similar to each other and there is not much difference in the mechanical properties of both materials as a result of the carburization process; It has been observed that the surface hardness of 8622RH material is higher than that of 20MnCr5. This is thought to be due to the high hardenability of the Ni and Mo alloying elements in the content of 8622RH steel. When the wear rates of both materials are compared, it is seen that the wear amount of 20MnCr5 steel is higher than 8622RH steel.

\*Sorumlu yazar, e-posta: dilek\_hurma@hotmail.com

To cite this article: D. Coşar, H. Gaşan, 8622RH ve 20MnCr5 Çeliklerinin Aşınma ve Mekanik Özelliklerine Gaz Karbürleme İşleminin Etkisinin İncelenmesi, Manufacturing Technologies and Applications, 5(1),23-33, 2024.

<https://doi.org/10.52795/mateca.1441901>, This paper is licensed under a CC BY-NC 4.0

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, otomotiv sektöründe kullanılan malzemelerin, artan maliyetler sebebiyle uzun ömürlü olmaları beklenmektedir. Bu durum, öncelikli olarak malzemelerin aşınma dayanımlarını arttırmakla sağlanabilir. Malzemelerin birbirleri üzerinde çalışıyor olması bu durumu daha da birincil öncelikli hale getirmektedir. Özellikle otomotiv ve havacılık sektöründe, malzemelerin aşınması kritik bir konu haline gelmektedir [1, 2].

Malzemelerin performansları ve ömürleri konu olduğunda; aşınma en önemli özelliklerden biridir. Aşınmanın yanı sıra, malzemelerin sertlik, mikroyapı gibi mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi, malzemelerdeki çatlak oluşumu ihtimallerinin düşürülmesi gibi konularda oldukça önem taşımaktadır [4].

Malzemelerde aşınma direncinin artırılması; farklı alaşım elementlerinin malzemenin kimyasal kompozisyonunda yer alması, malzemeye uygun olacak şartlar altında ısıl işlem uygulanması ve malzemelere çalışacağı yer ve karşısındaki malzeme göz önünde bulundurularak kaplama yapılması ile gerçekleştirilebilir [2,3].

%0.2-%0.65 arasında karbon içeren çeliklere, kullanılacakları yerlere göre mekanik özellikler kazandırılabilir. Bu çelikler çoğunlukla, yüksek dinamik zorlamalar altında çalışan parçalar için kullanılırlar. Örneğin; miller, akslar, muylular, dişliler gibi [5].

Otomotiv dişlilerinin üretiminde kullanılan malzemelerin seçimi, araçların performansı ve dayanıklılığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. 8622RH malzemesi, otomotiv dişlileri için popüler bir seçenek olup, iyi karbürizasyon kabiliyeti ve mukavemet özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak, üretim maliyetlerini düşürmek veya malzeme tedarikindeki sınırlamaları aşmak gibi nedenlerle, alternatif malzeme arayışları da sürdürülmektedir.

20MnCr5, karbürizasyon için bilinen ve sıklıkla kullanılan başka bir alaşımdır. Bu alaşım, ısıl işlem sonrası mükemmel yüzey sertliği ve çekirdekte yüksek tokluk sunar, bu nedenle dişliler gibi ağır yük altında çalışan otomotiv parçaları için idealdir. 8622RH malzemesinin karbürizasyon işleminin sonuçlarıyla, 20MnCr5 malzemesinin aynı işlem koşulları altında ısıl işlem görmesi ve sonucunda elde edilen mekanik ve aşınma özelliklerinin karşılaştırılması, önemli bir araştırma konusudur [1,6].

Karbürizasyon, yüzey sertleştirme işlemlerinden biri olup, çeliğin yüzey katmanının karbon içeriğini artırarak yüzeyin sertliğini ve aşınma direncini iyileştirmeyi amaçlar. Bu işlem, özellikle yüksek temas stresine ve aşınmaya maruz kalan parçalar için tercih edilir. Araştırma ve geliştirme çalışmalarında, karbürizasyon işlemi uygulanmış farklı çelik malzemelerin performansının karşılaştırılması, optimum malzeme seçimi ve işlem koşullarının belirlenmesi açısından büyük önem taşır [7].

Bu sayede, 8622RH çeliğin yerine 20MnCr5 çeliğin kullanılabilirliği ve bu iki malzemenin işlem koşulları altındaki performans farklılıkları belirlenebilir. Böylece otomotiv dişlileri gibi kritik uygulamalar için maliyet-etkin ve performans açısından uygun malzeme seçimlerine karar verilebilir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

### 2.1. Deneysel Çalışmalar (Experimental Studies)

Bu çalışmada, otomotiv arka aks mekanizmalarındaki Şekil 1’de görülen ayna- pinyon dişlilerde kullanılan 20MnCr5 ve 8622RH malzemelerin kimyasal bileşimleri, spektrometre ile belirlenmiş olup, Tablo 1’de verilmiştir.

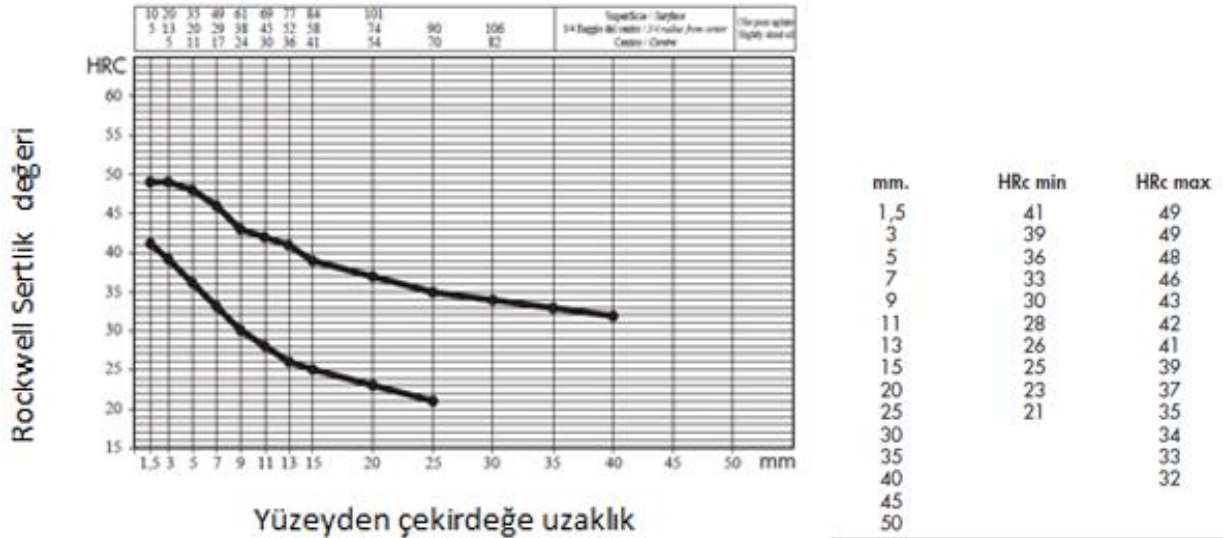


Şekil 1. Arka aks dişlileri (Ayna-pinyon dişli) (Rear axle gears- Bevel-pinion gear)

Tablo 1. 20MnCr5 ve 8622RH çeliklerinin spektrometre ile elde edilen kimyasal bileşimleri (Chemical compositions of 20MnCr5 and 8622RH steels obtained by spectrometry)

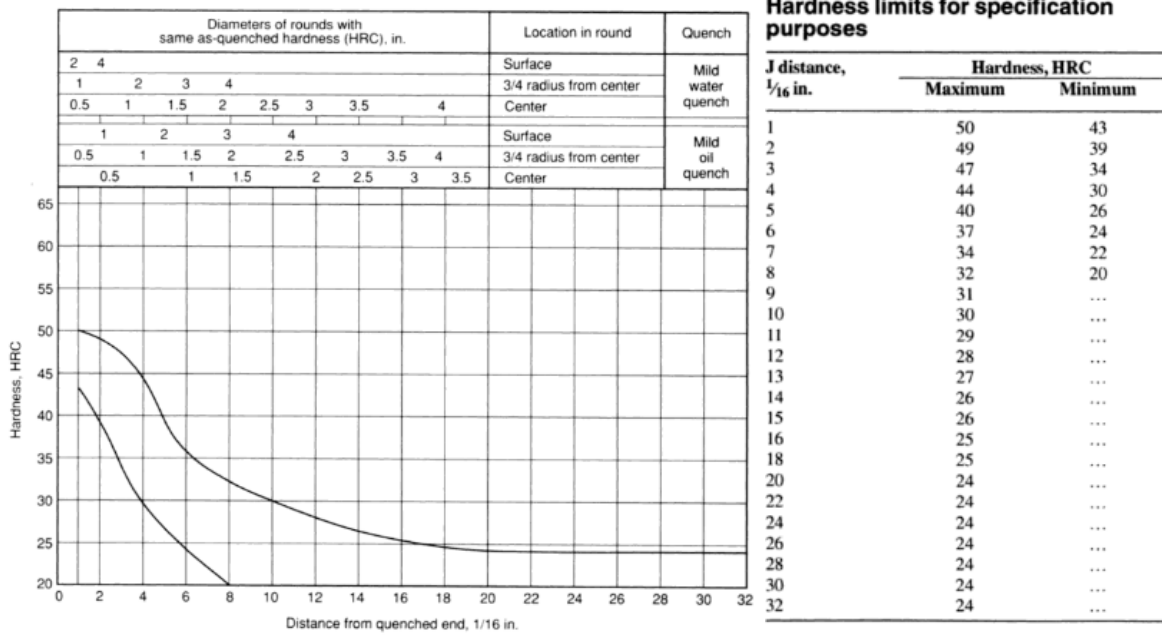
Kimyasal Kompozisyon								
%	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
<b>20MnCr5</b>	0.218	1.14	0.013	0.02	0.27	1.09	-	0.016
<b>8622RH</b>	0.23	0.76	0.012	0.018	0.27	0.47	0.56	0.18

20MnCr5 çelikleri; yüksek aşınma dayanımına sahip, piston, kam mili, dişli ve diğer mekanik kontrol mekanizmalarında kullanılan malzemedir. Aşağıdaki grafikte, 20MnCr5 çeliğinin yüzeyden çekirdeğe doğru muhtemel sertlik değişimi Şekil 2’de görülmektedir [8].



Şekil 2. 20MnCr5 çeliğinin yüzeyden çekirdeğe doğru sertlik değişimi (Hardness variation of 20MnCr5 steel from surface to core) [8]

8622RH çeliği, dişlilerde kullanılan çelik olup, sertleşebilirliği Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3.8622 RH çeliğinin yüzeyden çekirdeğe doğru sertlik değişimi (Hardness variation of 8622RH steel from surface to core) [8]

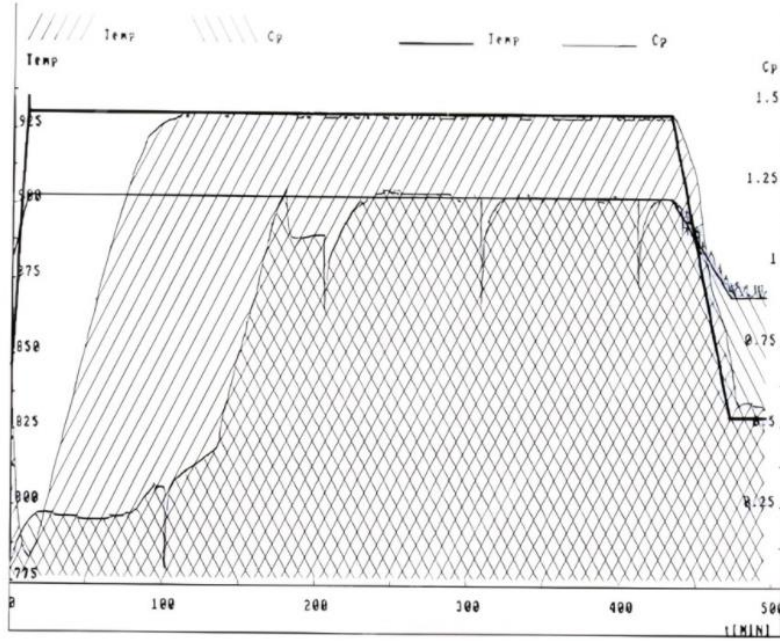
### 2.1.1. Numunelerin hazırlanması (Preparation of samples)

Çalışmada, 8622RH ile 20MnCr5 malzemeleri ile 5'er adet charpy darbe test numunesi ISO 148-1 standardına göre (55x10x10 mm) hazırlanmıştır.

20MnCr5 ve 8622RH numuneleri, Aichelin marka ısıtma fırınında 930 °C sıcaklıkta, 1.2 C ortam konsantrasyonunda, 395 dk bekletilmiş, daha sonra numuneler yağ banyosuna alınmadan önce fırın 830 °C sıcaklığa kontrollü olarak düşürülmüştür. Bu adımla birlikte C konsantrasyonu 1.2'den 0.9'a düşmektedir. 830 °C'de parçalar 60 dk bekletilmiştir. Prosesteki bu kontrollü sıcaklık düşüşü, tane büyümesini önleme amaçlı gerçekleştirilmektedir [7]. Fırın ısıtma sistemi elektrik enerjisi ile olup, fırın atmosferi metan ve propan gazlarından oluşmaktadır. Numuneler, gaz atmosferinde karbonlama işleminden sonra, 100 °C'deki Isorapid 459 adlı hidrokarbon-mineral yağda 30 dakika bekletilerek, direkt sertleştirme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu işlemlerden sonra temperleme işlemi 175 °C'de 110 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem parametreleri Tablo 2' de, Şekil 4'de ise, 20MnCr5 ve 8622RH malzemelerine uygulanan karbürleme işlemi süresince (455 dk), fırın atmosferindeki sıcaklık değişimi görülmektedir.

Tablo 2. Isıl işlem parametreleri (Heat treatment parameters)

Proses Değerleri	
Karbürleme Sıcaklığı	930 °C
Fırındaki karbon Yüzdesi	%1.2
Yağa Geçmeden Önceki Sıcaklık	830 °C
830 °C'deki fırın karbon yüzdesi	%0.9
Toplam Karbürleme Süresi	455 dk
Yağ Sıcaklığı	100°C
Yağda Bekleme Süresi	30 dk
Temperleme Sıcaklığı	175 °C
Temperleme Süresi	110 dk



Şekil 4. Isıl işlem prosesi süresince gerçekleşen fırın sıcaklık bilgileri (Oven temperature information during the heat treatment process)

Isıl işlem prosesi sonrasında numuneler zımparalama ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuştur. Parlatma işlemi sonrasında, numuneler %5 Nital çözeltisi ile dağlanmıştır [9].

### 2.1.2 Aşınma deneyleri (Wear tests)

Aşınma deneyleri, ısıl işlemlenmiş ve orjinal malzemelere CSM marka test cihazında uygulanmıştır.

Malzemelerin kullanıldığı koşullarda, adhesiv aşınma ortamı oluşabileceği için, numunelere öncelikle adhesiv test uygulanmıştır. Çalışmada, en yaygın test yöntemi olan ball-on disk test yöntemi seçilmiştir. Arka aks mekanizmasında kullanılan Castrol 75W/85 diferansiyel yağı, adhesiv test esnasında da kullanılmıştır. Malzemelere karşı aşındırıcı olarak WC bilya kullanılmıştır. Aşındırıcı bilya malzemeye 20N yük ile çok uzun aşınma mesafelerinde uygulanmasına rağmen, test sonunda belirgin aşınma izleri gözlenememiştir. Bu nedenle aşınma testleri abrasiv koşullarda da gerçekleştirilmiştir.

Abrasiv aşınma testlerinde numuneler, 180 meşlik SiC zımparalar ile, yüzeye 10 N yükte temas ettirilmiştir. Aşınma deneyi, 50 cm/sn hızda, 100'er m'lik artışlarla, 1000 m mesafeye kadar uygulanmıştır. Aşınma parametreleri, Tablo 3'te verilmiştir. Numunelerin yeni aşınmamış partiküllerle aşındırılmasının sağlanabilmesi için her 100 m'de SiC zımpara kağıtları yenilenmiştir. Her 100 m sonunda numuneler  $\pm 0.0001$  g hassasiyetindeki hassas terazi ile tartılarak, aşınma kayıpları belirlenmiştir.

Tablo 3. Aşınma parametreleri (Wear parameters)

#### Aşınma Parametreleri

<b>Disk Çapı:</b> 10.24 [mm]	<b>Malzeme:</b> 8622RH & 20MnCr5	<b>Sıcaklık:</b> 25[°C]
<b>Hız:</b> 50.00 [cm/s]		<b>Atmosfer:</b> Hava
<b>Yük:</b> 10.00 [N]		<b>Nem:</b> 35.00 [%]

Numunelerin spesifik aşınma hızları Eş.1'deki formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$K = \frac{\Delta m}{\rho L F} \quad (1)$$



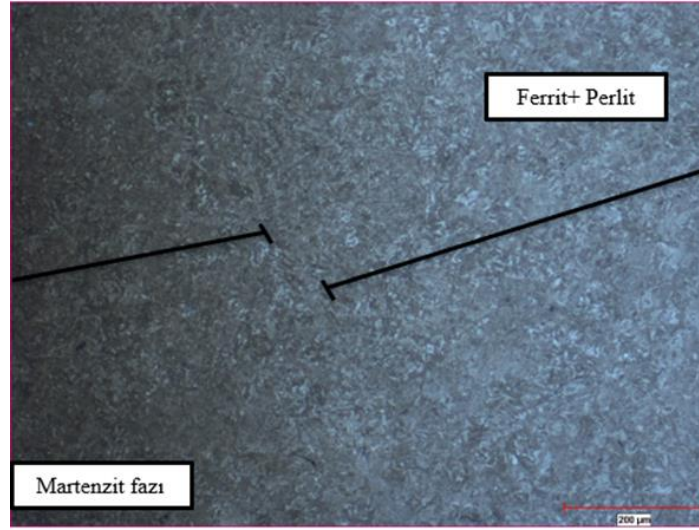
Burada  $\Delta m$ ; ağırlık kaybı (gr),  $\rho$ ; yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), F; uygulanan yük (N), K; spesifik aşınma hızı ( $\text{m}^2/\text{N}$ ) ve L(mm) ise toplam aşınma mesafesini ifade etmektedir [10].

### 3. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ (EXPERIMENT RESULTS AND STUDIES)

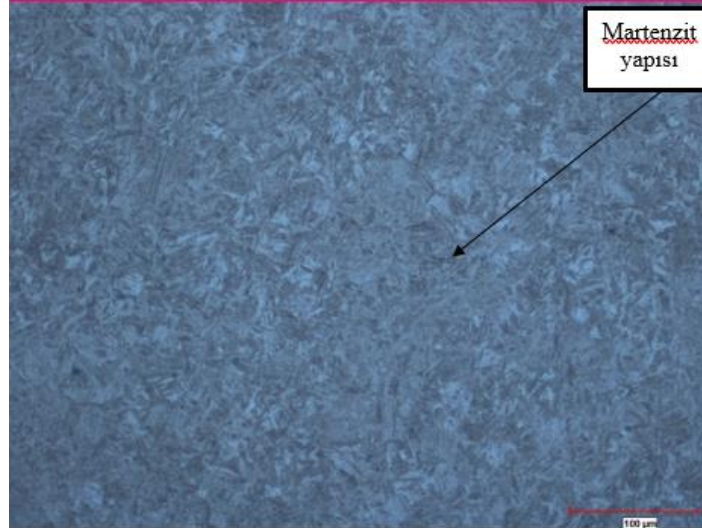
#### 3.1. Mikroyapı İncelemeleri (Microstructure Studies)

Isıl işlem sonrasında malzemelerin yapısındaki değişimi incelemek için dağlanan numunelerin, optik mikroskopta mikroyapı analizi yapılmıştır.

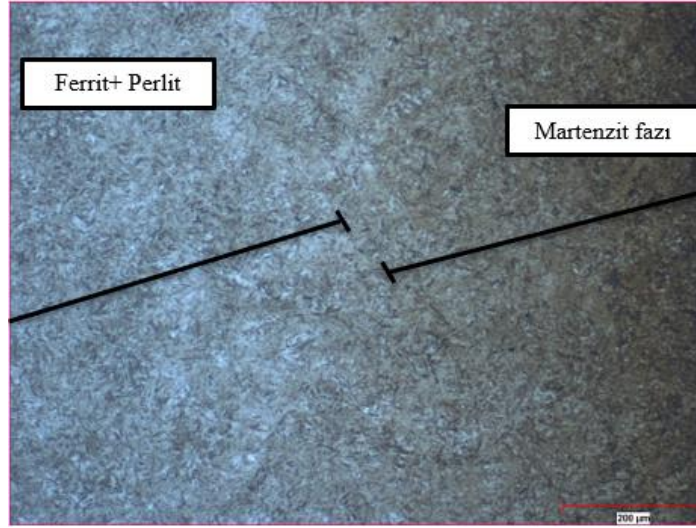
Dağlama sonrası, ısıl işlem görmüş numunelerin mikroyapı görüntüleri Şekil 5, 6, 7 ve 8' de verilmektedir. Şekil 5 ve 7'de geçiş bölgeleri ve Şekil 6 ve 8'de Martenzit fazı görülmektedir.



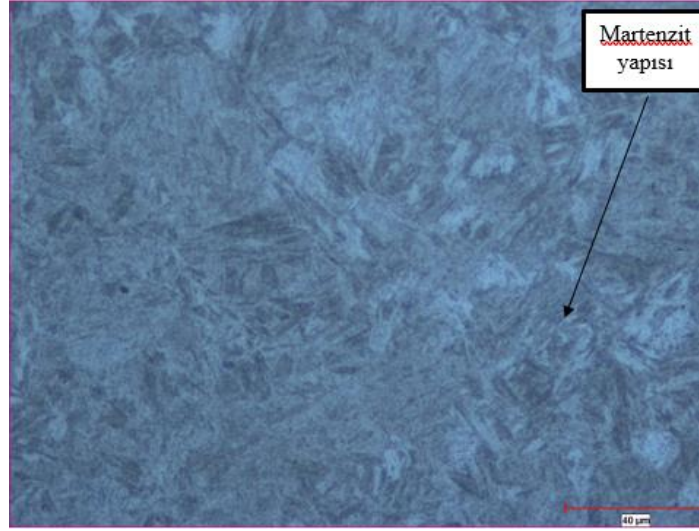
Şekil 5. 20MnCr5 ısıl işlem görmüş numunenin yüzeyden çekirdeğe doğru 50X mikroyapı görüntüsü (50X microstructure image of 20MnCr5 heat-treated sample from surface to core)



Şekil 6. 20MnCr5 ısıl işlem görmüş numunenin 200X mikroyapı görüntüsü (200X microstructure image of 20MnCr5 heat-treated sample)



Şekil 7. 8622 RH ısıtılmış numunenin yüzeyden çekirdeğe doğru 50X mikroyapı görüntüsü (50X microstructure image of 8622 RH heat treated sample from surface to core)



Şekil 8. 8622 RH ısıtılmış numunenin yüzeyden çekirdeğe doğru 50X mikroyapı görüntüsü (200X microstructure image of 8622 RH heat treated sample)

Isıl işlem öncesinde mikroyapıda, ferritik-perlitik yapı hakimken, ısıtılmış sonrasında karbon difüze olan bölgelerde martenzitik yapı oluştuğu görülmektedir [11,12]. Karbürleme işlemi ile birlikte malzemeye karbon difüzyonu gerçekleştirilmiş ve ani soğutma ile kafes içine yerleşen bu atomların kafesten çıkmasını önleyerek, kafes yapısını HMT yapıya dönüştürülmüştür. Bu sayede martenzit yapısı elde edilmiştir.

Şekil 5 ve 6' da verilen mikroyapı fotoğraflarında açık renkli bölgeler ferrit + perlit fazını gösterirken, koyu renkli bölgeler ise temper martenzit fazını göstermektedir. Malzemeler ısıtılmış sonrasında temper prosesine tabi tutuldukları için, martenzit yapısı temper martenzite dönüşmüştür. Temper martenzit, aşırı derecede ince taneli ve ferritik matris içinde dağılmış sementit tanelerinden oluşur [8,12,13].

### 3.1. Darbe Ve Sertlik İncelemeleri (Impact And Hardness Studies)

Isıl işlemlili ve orjinal malzemelerin darbe dayanımlarını belirlenmek üzere, darbe testleri uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre orjinal ve ısıtılmış numunelerin darbe dayanımları Tablo 4'te verilmiştir. Tabloda görülen test sonuçları 5 adet test sonucunun ortalaması olarak verilmiştir.

Tablo 4. Isıl işlemlenmiş numunelerin darbe dayanımları (Impact strength of heat treated samples)

Isıl İşlemlenmiş Malzemelerin Darbe Dayanımları		Orjinal Malzemelerin Darbe Dayanımları
20MnCr5	9.5J	66.2 J
8622 RH	9 J	45.4 J

Isıl işlem sonrası, malzemelerde darbe direncinde düşüş olduğu görülmektedir.

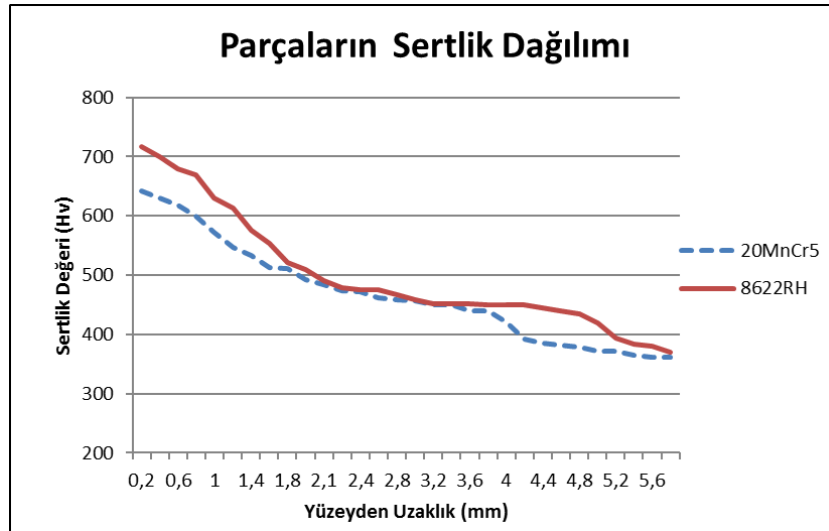
20MnCr5 orjinal malzeme darbe dayanımı 66.2 J iken, ısıl işlem sonrası bu değer 9.5 J'e düşmüştür. 8622RH ise ısıl işlem öncesi 45.4 J darbe dayanımına sahipken, ısıl işlem sonrası darbe dayanımı 9 J olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrası çeliklerin darbe dayanımında görülen düşüş, işlemin malzemenin mikroyapısında yarattığı değişikliklerden kaynaklanabilir. Isıl işlemler, özellikle sertleştirme ve temperleme, malzemenin iç yapısını değiştirerek, belirli mekanik özellikleri iyileştirmeyi amaçlar. Bu işlemler sırasında, çeliklerdeki faz dönüşümleri ve karbonun yeniden dağılımı gibi mikroyapı değişiklikleri meydana gelir. Isıl işlem sırasındaki faz dağılımındaki değişiklikler, örneğin karbürlerin çözülmesi veya yeniden çökmesi, malzemenin homojenliğini bozarak, kırılma dayanımını arttırabilmektedir [12].

Darbe dayanım değerlerini analiz ettiğimizde, 20MnCr5'in ısıl işlem öncesi ve sonrası darbe dayanımının, 8622RH'a göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Isıl işlem öncesi sertlik testi için hazırlanan numuneler, sertlik ölçüm cihazı ile test edilmiştir. Numuneler ısıl işlem öncesi yüzey sertlik değerleri birbirine benzer olup, 20MnCr5'in 190Hv, 8622RH'ın 192 Hv olarak ölçülmüştür.

Isıl işlem gören numunelere, yüzey sertliği kontrolünün yanı sıra, malzeme yüzeyinden çekirdeğe doğru sertlik dağılımını görmek amacıyla, mikro sertlik ölçümleri yapılmıştır. 5.6 mm'lik yüzey boyunca sertlik dağılımı ölçümü, mikro sertlik ölçüm cihazında, 1kg'lık yükü 25 sn olarak gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar Şekil 9' da görülmektedir.



Şekil 9. Numunelerin ısıl işlem sonrası sertlik dağılımı (Hardness distribution of samples after heat treatment)

Şekil 9' u incelediğimizde; belli bir çaptaki malzemeye su verildiğinde, yüzeyden merkeze doğru soğuma hızları ve karbon konsantrasyonu değişeceğinden, ısıl işlem sonrası sahip olunan sertliklerin de birbirinden farklı olduğu görülmektedir [7,13].



8622RH çeliği; yüzeyinde 715 Hv (60.8 HRc) sertliğe sahipken, yüzeyden 5.6 mm içerde sertliğin yaklaşık olarak 362 Hv olduğu görülmektedir.

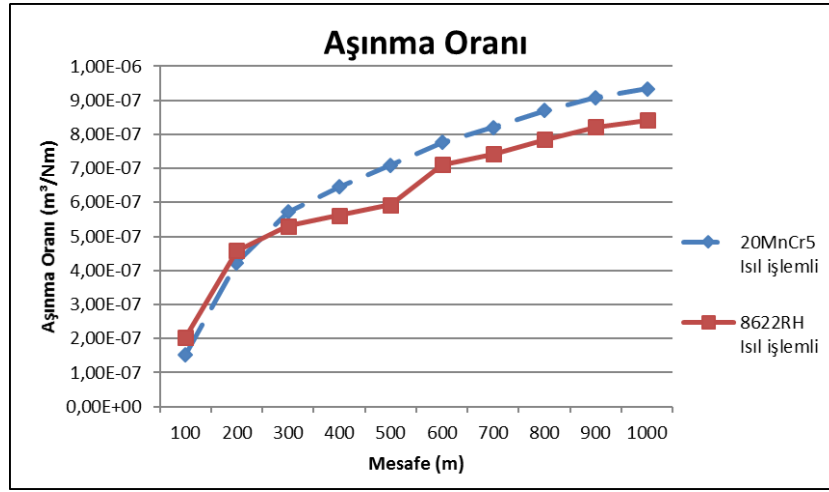
20MnCr5 çeliğinde ise; yüzeyinde 640 Hv (57.3 HRc) sertliğe sahipken, yüzeyden 5.6 mm içerde sertliğin yaklaşık olarak 380 Hv olduğu görülmektedir.

8622RH çeliğinin yüzey sertliğinin, 20MnCr5'e göre daha yüksek olması kimyasal bileşimindeki Mo ve Ni yüzdelere yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mo ve Ni' in çeliğin sertleşebilirliğine etkisi yüksektir [8], bu sebeple de yüksek martenzit oranı 8622RH malzemenin mikroyapısında görülmüştür.

550 Hv sertliği elde ettiğimiz nokta, sertlik derinliği olarak tanımlanmaktadır [14]. Efektif sertlik derinliği; zamanla birlikte artan karbon difüzyonuna bağlıdır [12]. Malzemelerin sertlik derinlikleri kıyaslandığında; 20MnCr5 sertlik derinliği 1.2 mm, 8622RH sertlik derinliğinin ise 1.6 mm olduğu görülmektedir.

### 3.2. Aşınma (Wear)

Aşınma testi, ısıl işlemlenmiş malzemelere uygulanmış olup, test sonuçları Şekil 10'da verilmiştir.

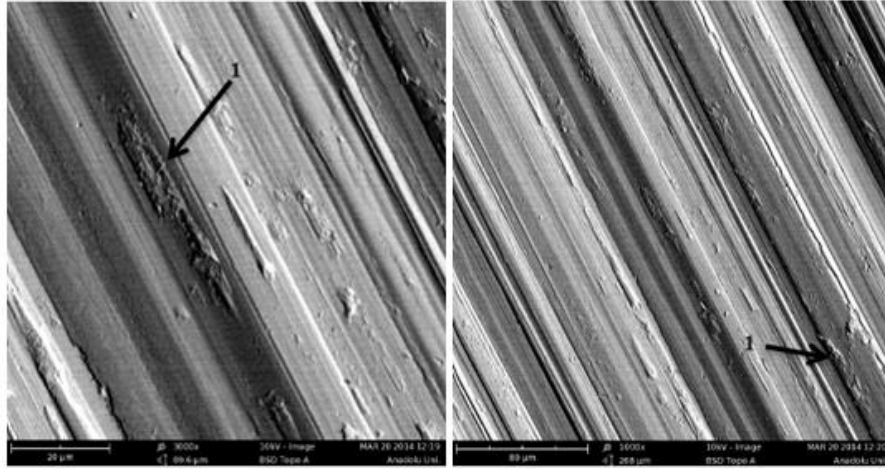


Şekil 10. Isıl işlem sonrası malzemelerin aşınma oranlarının karşılaştırılması (Comparison of wear rates of materials after heat treatment)

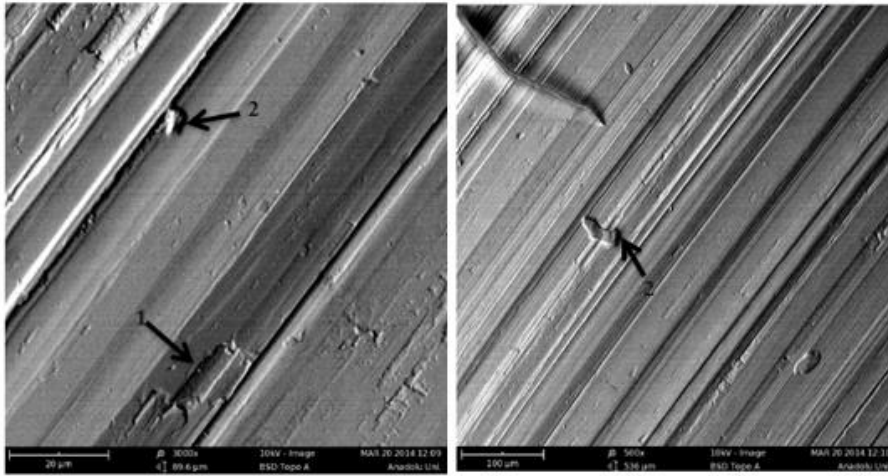
Aşınma testi 1000 m mesafede uygulanmış olup, her iki malzeme karşılaştırıldığında; 20MnCr5'in aşınma oranının daha yüksek olduğu görülmüştür.

200 m mesafeye kadar aşınma oranları davranışı birbirlerine çok yakınken, bu mesafeden sonra aşınma oranı davranışlarında farklılıklar meydana gelmiştir. 1000 m'de test tamamlandığında, 20MnCr5'in aşınma oranının, 8622RH'a göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Sertlik, malzemelerin aşınma direncini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Sertliğin artışıyla birlikte, malzemelerin aşınma dayanımı da artmaktadır [15,21]. Karbürleme işlemi sonrasında artan sertlik oranının, malzemenin aşınma direncine olumlu katkısını, her iki malzemenin yüzey sertlikleri ve aşınma oranlarını karşılaştırarak görülmektedir. 8622RH çeliği, karbürleme sonrasında 20MnCr5 çeliğine göre daha yüksek sertliğe sahip olmuştur. Her iki çeliğin aşınma oranları karşılaştırıldığında, 8622RH çeliğinin aşınma oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum yüksek sertliğin, yüksek aşınma direncini sağladığını ortaya koymaktadır [19].



Şekil 11. 20MnCr5 malzemesinin aşınma deneyi numunesi SEM görüntüleri (SEM images of wear test sample of 20MnCr5 material)



Şekil 12. 8622RH malzemesinin aşınma deneyi numunesi SEM görüntüleri (SEM images of wear test sample of 8622RH material)

Şekil 11 ve 12'deki aşınma testine tabi tutulan numunelerin aşınma yüzeyleri SEM'de incelendiğinde, abrasif aşınma sonrasında, malzeme yüzeylerinde aşınma kanallarının oluştuğu net olarak görülmektedir [15]. Her iki malzeme yüzeyinden de tabakaların ayrılması sonucunda malzeme kaybı oluşmuştur. Abrasif aşınma meydana gelirken, yüzeyden ayrılan partiküllerin malzeme yüzeylerinde abrasif aşınma oluşturduğu da SEM görüntülerinden anlaşılmaktadır. Şekillerde 1 numara ile abrasif yivler, 2 numara ile ise yüzeye yapışan partiküller görülmektedir [15].

Abrasif aşınma direnci sertliğin artmasıyla ve deformasyon kabiliyetinin düşmesiyle birlikte artar. Alaşımlama, aşınma direncini arttırmak için uygulanabilecek yöntemler arasındadır [15,21].

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışmalar sonucunda, detaylandırılmış sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Isıl işlem öncesi malzemelerin mikroyapısında, ferrit fazının yanında ince dağılmış perlit yapısı hakimken, ısıl işlem sonrası mikroyapıda martenzit yapısının oluştuğu görülmektedir. Her iki malzemenin ısıl işlem sonrası sahip olduğu mikroyapı birbirine benzerdir.
- Isıl işlem öncesi ham malzemelerin sertlikleri yaklaşık olarak 19-20 HRC iken, ısıl işlem sonrasında; 20MnCr5 çeliğinin yüzey sertliği 57.3 HRC, 8622RH çeliğinin 60.5 HRC olarak ölçülmüştür. Aradaki sertlik farkı kıyaslandığında 8622RH çeliğindeki yüksek sertliğin

içeriğindeki Mo ve Ni'den kaynaklandığı düşünülmektedir. Mo ve Ni'in çeliğin sertleşebilirliğine etkisi yüksektir.

- Malzemelerin darbe dirençleri karşılaştırıldığında, ısıtıl işlem sonrasında büyük bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu düşüş, karbürleme prosesi sonrasında oluşmaktadır. Malzemelerin ısıtıl işlem sonrası darbe dirençlerinin düştüğü ve karbürleme prosesindeki sıcaklığın yükselmesiyle birlikte, darbe tokluğunun daha da düştüğü görülmüştür.
- Karbürleme işlemi sonrasında 20MnCr5 ve 8622RH çeliklerinin aşınma dayanımlarının, gerçekleşen ısıtıl işlem prosesi sonrasında arttığı tespit edilmiştir. Malzemelerin aşınma dayanımlarının, artan sertlik ile arttığı görülmüştür. Karbürleme işlemi sonrasında, 8622RH çeliğinin yüzey sertliğinin daha yüksek olması, aşınma dayanımının da 20MnCr5 çeliğine göre daha yüksek olmasına sebep olmuştur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. O.Asi, An investigation of retained austenite contents in carburized SAE 8620 steel, G.U. Journal of Science, 17(4):103-113, 2004.
2. D. H. Herring, Gear heat treatment: The influence of materials and geometry, 35-40, 2004.
3. S.N. Lingamanaik, B.K. Chen, The effects of carburising and quenching process on the formation of residual stresses in automotive gears, Comput. Mater. Sci., 62:99-104, 2012.
4. K.-H., Zum Gahr, Tribology series, Microstructure and wear of materials, Elsevier, 1987.
5. G. E. Totten, C.E. Bates, N.A. Clinton, Handbook of Quenchants and Quenching Technology, ASM International, Metals Park, OH, 1993.
6. S. P. Radzevich, Dudley's Handbook of Practical Gear Design and Manufacture, 4th Edition, CRC Press, Boca Raton, 2021.
7. ASM Handbook Volume 4, Heat Treating, ASM International, 1991.
8. ASTM-A 914/A 914M – 92, 2005, Standard specification for steel bars subject to restricted end-quench hardenability requirements, ASTM International, 1999.
9. J. Gupta, Mechanical and wear properties of carburized mild steel samples, Master of Technology Degree, National Institute of Technology Rourkela, Odisha, India, 2009.
10. K. Kato, K. Adachi, Wear Mechanisms, Modern Tribology Handbook, CRC Press, Boca Raton, 2001.
11. G. Parrish, Carburizing: Microstructures and properties, ASM International, Metals Park, OH, 1999.
12. İ.N. Mazni, The effect of heat treatment on the hardness and impact properties of medium carbon steel, IOP, Conf. Ser., Materials Science and Engineering, 2016.
13. K.E, Thelning, Steel and Its Heat Treatment, Butterworth Heinemann, Sweden, 2000.
14. G. Krauss, Part II: Austenite, Part III: Austenite & Fatigue, Specials papers, Microstructure and performance of carburized steel, ASM International, Metals Park, USA, 1995.
15. J.A. Williams, Wear and Wear Particles-Some Fundamentals, Tribology International, Elsevier, UK, 2005.
16. İ. Yeğen, Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş SAE 8620 ve 16MnCr5 çeliklerinde tuz banyosunda gerçekleştirilen sementasyon işleminin aşınma direncine etkisi, Yüksek Lisans, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü/ Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2009.
17. G.E. Totten, Steel Heat Treatment Handbook: Metallurgy and Technologies, 2nd edition, Boca Raton, 2006.
18. H. Chandler, Heat Treater's Guide: Practices and Procedures for Irons and Steels, ASM International, 1995.
19. B. Bhushan, Introduction to Tribology, (Nanotribology Lab for Info Storage and MEMS/NEMS (NLIM), Ohio State Univ, Columbus OH 43210), Wiley, New York, 2002.
20. T.V. Rajan, C.P.Sharma, A.Sharma, Heat Treatment, third Edition: Principles and techniques, PHI learning private limited, Delhi, 1988.
21. M. J. Murray, P. J. Mutton, J. D. Watson, Abrasive wear mechanisms in steels, Journal of Lubrication Tech., 104:9-16, 1982.
22. ASM Handbook Volume 1, Properties and Selection of Iron Steels and High Performance Alloys, ASM International, 1990.