

## **SİNERLENMİŞ VE SİNERLENMEMİŞ TOZ METALURJİK PARÇALARIN ULTRASONİK YÖNTEMLE KARAKTERİZASYONU**

**Ahmet TOPUZ, Hatice MOLLAOĞLU ve Şeyma BAYKAL**

YTÜ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
topuz@yildiz.edu.tr, hmolla@yildiz.edu.tr, baykalseyma@hotmail.com

### **ÖZET**

Toz metalürjik parçaların sinterli ve sinterlenmemiş koşullarda yoğunluk, çekme dayanımı değerleri ultrasonik hız ölçme yöntemi ile önceden belirlenmiş diyagramlar kullanılarak tahribatsız olarak tayin edilebilmektedir. Böylece presleme ve sinterleme koşulları kontrol altına alınabilmektedir.

Bu çalışmada dört farklı bileşimdeki çelik tozlarından çekme ve darbe test numuneleri hazırlanmıştır. Bu numunelerde presleme basınçları 4,2-5,0 t/cm<sup>2</sup> aralığında seçilmiştir. Numunelerin bir kısmı 1120°C sıcaklıkta 90 dakika süre ile parçalanmış metan atmosferinde sinterlenmiştir. Bu şekilde hazırlanan numuneler üzerinde yoğunluk, gözeneklilik, sertlik, çekme ve darbe testleri yapılmıştır. Ayrıca aynı örnekler üzerinde ultrasonik hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Hız değerleri ile yukarıdaki özellikler arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Sinterlenmemiş parçaların tümünde ultrasonik hız değerlerinin 4465 - 5276 m/s aralığında olduğu, sinterlenmiş parçalarda ise 1592 - 2805 m/s- aralığında olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toz metalurjisi, Ultrasonik hız, Karakterizasyon

## **CHARACTERIZATION OF GREEN AND SINTERED POWDER METALLURGICAL PARTS WITH ULTRASONIC METHOD**

**Ahmet TOPUZ, Hatice MOLLAOĞLU ve Şeyma BAYKAL**

Yildiz Tech. Univ., Metallurgical & Materials Eng. Dept., Istanbul-Turkey  
topuz@yildiz.edu.tr, hmolla@yildiz.edu.tr, baykalseyma@hotmail.com

## ABSTRACT

The density and tensile strength values of powder metallurgical parts both in green and sintered conditions can be determined by ultrasonic method with the help of pre-prepared diagrams. In this way, pressing and sintering conditions can be taken under control easily.

In this study, tensile and impact testing samples were prepared from four different compositions of steel powder. These samples were pressed under 4,2-5 t/cm<sup>2</sup> pressure. Some of the samples were sintered at 1120°C, in decomposed methane atmosphere for 90 minutes. The velocity, hardness and porosity rate% values, tensile and impact strengths of green compounds and sintered ones were experimentally determined. The ultrasonic velocity values of the same samples were also measured. So, the relations between the velocity and the above mentioned properties were defined. The ultrasonic velocity values were determined as between 4465 and 5276 m/s for green compounds and as between 1592 and 2805 m/s for the sintered ones.

**Keywords:** Powder metallurgy, ultrasonic velocity, characterization

## 1. GİRİŞ

Malzemelerde ultrasonik hız, malzemenin yoğunluğu, elastisite modülü ve poisson oranına bağlıdır. Bu değerler değiştiği takdirde hız da değişmektedir [1].

Yapılan bir çok çalışmada lamel grafitli dökme demirlerde ultrasonik hız ile çekme dayanımı, grafit numaraları, doyma değerleri, küresel grafitli dökme demirlerde küreselleşme yüzdeleri, östemperleme koşulları, çekme dayanımı, gemi saclarında tane büyüklükleri, seramik malzemelerde yoğunluk, gözeneklilik, basma dayanımı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır [2,3,4].

Toz metalürjik parçalarda çekme dayanımı, yoğunluk ve gözeneklilik değerleri ile ultrasonik hızlar arasındaki ilişki kuran çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda geleneksel yöntemlerle malzemenin çekme dayanımı, yoğunluk ve gözeneklilik değerleri değişik toz bileşimleri, presleme basınçları ve sinterleme koşullarında belirlenmiştir. Bu değerlerin elde edildiği örneklerde bu kez ultrases hızları ölçülmüş, hızlarla bu özellikler arasındaki grafikler çizilmiştir. Böylece mekanik ya da metalografik bir test yapmadan tahribatsız olarak, diyagramı çizilen toz metalürjik ürünler üzerinde hız ölçümleri ile mekanik ya da fiziksel özelliklerinin kontrolü mümkün olabilmektedir [1, 5].

Bu çalışmalar preslenmiş ya da preslenmiş ve sinterlenmiş parçalarda yapılmıştır. Böylece presleme basınçları ve sinterleme sıcaklığının özellikler üzerindeki etkilerini hızlı bir şekilde kontrol etme imkanı doğmuştur.

Bu çalışmada, değişik bileşimlerde çelik tozu esaslı numunelerde ultrases hızları ile çekme dayanımı, darbe tokluğu, yoğunluk ve gözeneklilik değerleri ilişkileri preslenmiş ve preslenip sinterlenmiş durumda belirlenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

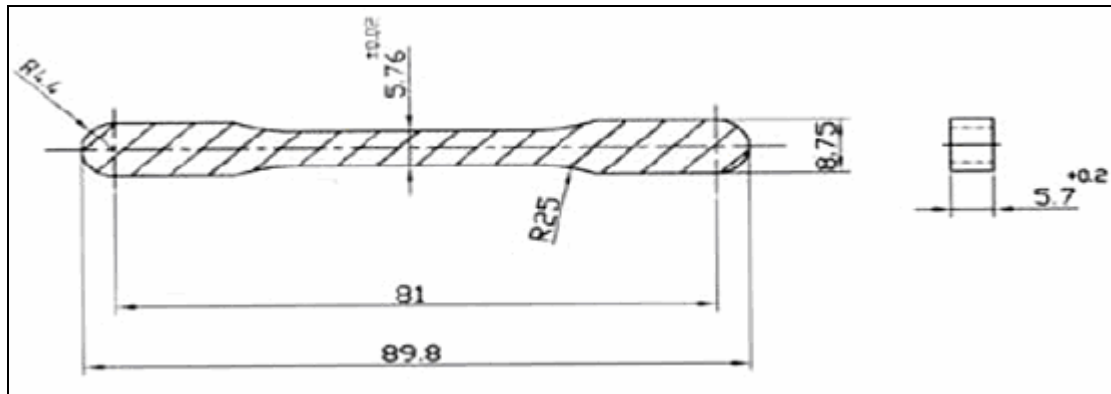
Deneysel çalışmalarda kullanılan örnekler Toz Metal San. Ve Tic. A.Ş'den temin edilmiştir.

Deneylerde kullanılan toz bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu tozlardan Şekil 1'de gösterilen çekme çubukları ile 10x10x55 mm boyutlarında darbe test numuneleri hazırlanmıştır. Pres basınçları çekme ve darbe test örnekleri için 69,02,24 toz cinsinde 4,2-4,8 t/cm<sup>2</sup>, diğer bileşimler için 4,2-5,0 t/cm<sup>2</sup> olarak seçilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan toz bileşimleri

Toz Cinsi	%C	%Cu	%Ni	%Mo	%MnS	%Zn-st	%Kenolub e (%25 çinko streat+%75 wax)	%H, Wachs (wax)
69,02,24	0,54-0,6 6	1,80-2,2 0	----	----	0,45-0,5 5	0,90-0,1 0	----	----
69,02,40	0,45-0,5 5	2,70-3,3 0	----	----	----	----	0,90-1,10	----
69,02,50 6	0,54-0,6 6	1,35-1,6 5	----	----	----	----	----	0,81-0,9 9
69,02,50 7	0,15-0,2 5	1,35-1,6 5	1,58-1,9 3	0,45-0,5 5	0,45-0,5 5	----	----	0,81-0,9 9

Sinterleme işlemlerinin tümü 1120°C sinterleme sıcaklığında ve 170 mm dakika band hızında, parçalanmış metan atmosferinde 90 dakika sürede gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan çekme çubuğu

### 2.2. Çekme Numuneleri Üzerinde Yapılan Testler

Çekme çubukları üzerinde preslenmiş ve sinterlenmiş konumda ultrasonik hız değerleri ölçülmüştür. Hız ölçümlerinde 4 MHz frekanslı probalar kullanılmıştır. Ultrasonik hız ölçümleri, cihazın hız değeri sinterlenmiş numunelerde 5930 m/s, sintersizlerde 3930 m/s'ye ayarlanarak yapılmıştır. Hız ölçümlerinde kullanılan

örneklerin yoğunluk değerleri Arşimed prensibine göre, % gözenek oranı ise (1) ve (2) nolu eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır [6].

$$\Delta G = G_y - G = V_p \times 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (1)$$

$$\% P = 100 \times V_p / V \quad (2)$$

G = Kuru haldeki ağırlık (gr)

G<sub>y</sub> = Suda bekletilmiş haldeki ağırlık (gr)

V<sub>p</sub> = Gözenek hacmi (cm<sup>3</sup>)

V = numune hacmi (cm<sup>3</sup>)

%P = % gözenek oranı

Ultrasonik hız değerleri aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır [7].

$$C = C_0 \times l_1 / l_2 \quad (3)$$

C = test parçasının ultrasonik hız değeri, m/s

C<sub>0</sub> = cihazın hız değeri, m/s

l<sub>1</sub> = test parçasının mekanik olarak ölçülen boyu, mm

l<sub>2</sub> = test parçasının C<sub>0</sub> hız değerine göre kalibreli ekranda okunan boyu, mm

### 2.3. Darbe Test Numuneleri Üzerinde Yapılan Testler

Darbe test örnekleri 3 farklı presleme basıncı ile hazırlanmıştır. Ultrasonik hız ölçümleri, cihazın hız değeri sinterlenmiş numunelerde 5930 m/s, sinterlenmemiş numunelerde 2000 m/s'ye ayarlanarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerin yoğunlukları Arşimed prensibine göre, % gözenek oranı (1) ve (2) nolu eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır. Sertlik değerleri ise HRB cinsinden ölçülmüştür.

## 3. DENEYSEL SONUÇLAR

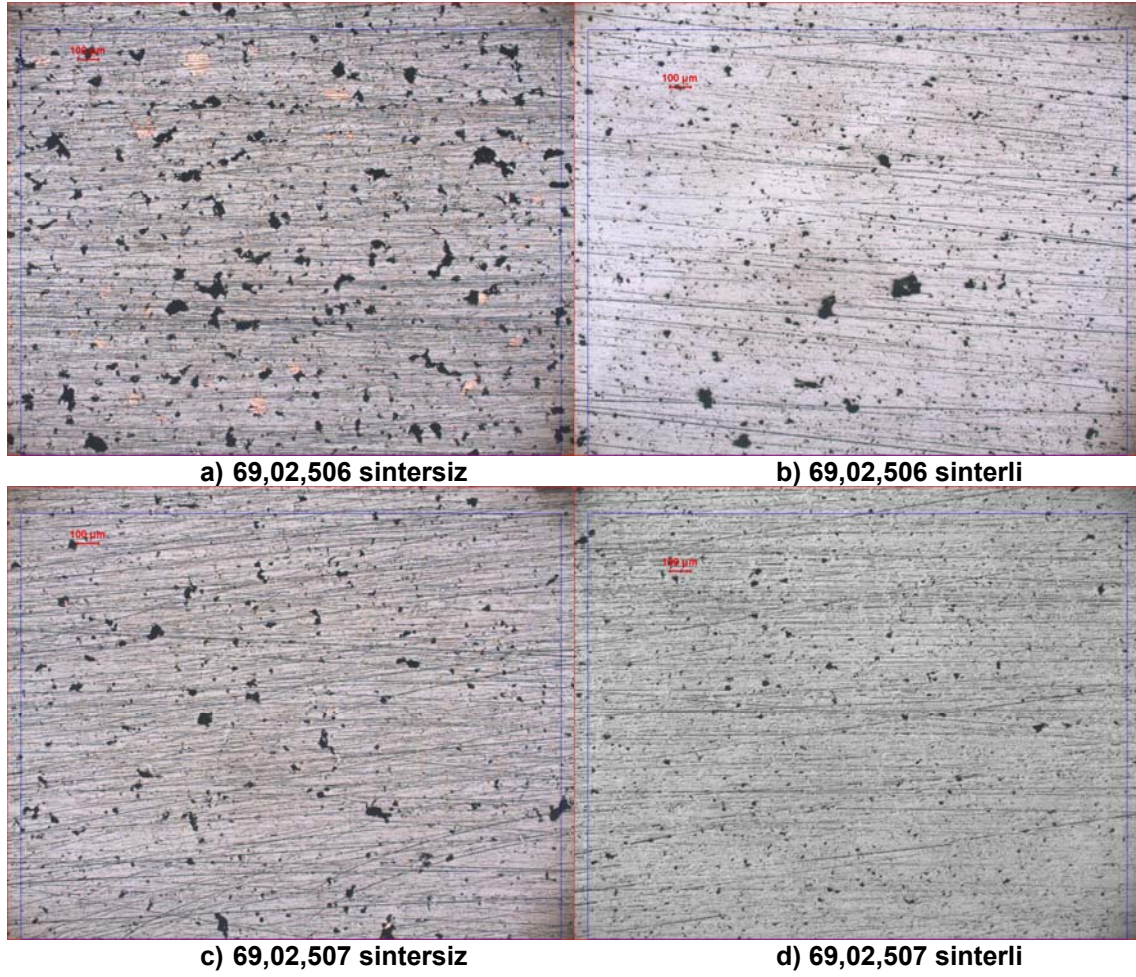
### 3.1. Çekme Deneyi Numuneleri

Çekme deney çubuklarına ait yoğunluk, gözeneklilik ve ultrasonik hız değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Çekme deney çubuklarına ait deney sonuçları

Toz cinsi	Yoğunluk gr/cm <sup>3</sup>	% Gözenek Oranı	Çekme Dayanımı MPa	Ultrasonik Hız m/s	Sertlik HRB
Sinterlenmemiş numuneler					
69,02,24	6,4	6,94	---	2545	---
69,02,40	6,82	5,83	---	2644	---
69,02,506	6,8	1,1	---	2805	---
69,02,507	6,98	9,70	---	2574	---
Sinterlenmiş numuneler					
69,02,24	6,32	8,61	200	4687	89
69,02,40	6,69	5,27	290	4854	97
69,02,506	6,72	6,11	280	5264	95
69,02,507	6,75	14,44	430	5066	86

Çekme çubuklarına ait gözenek durumu Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Çekme çubuklarına ait mikrograflar

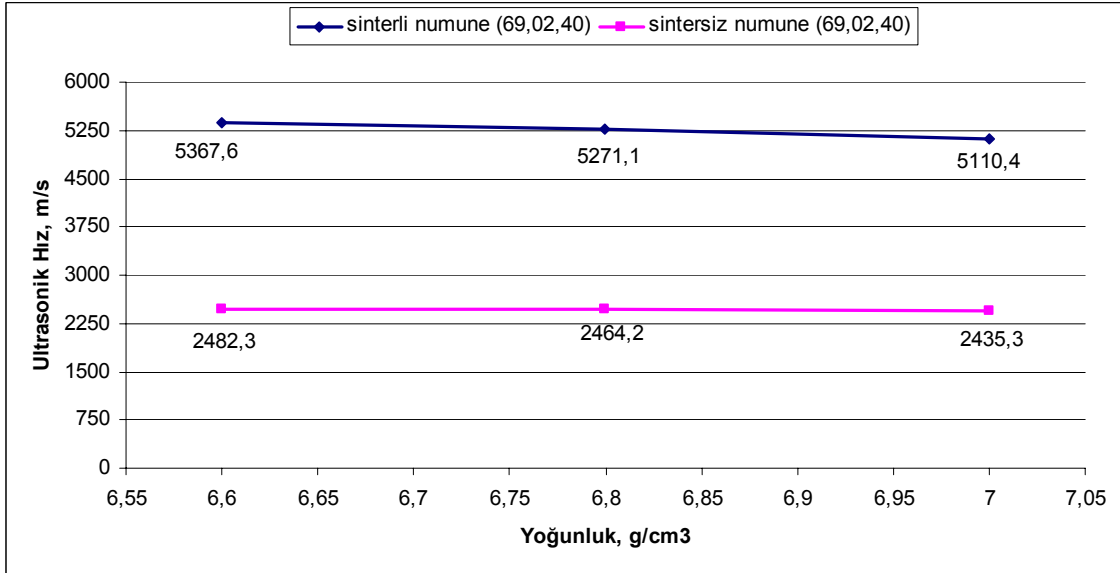
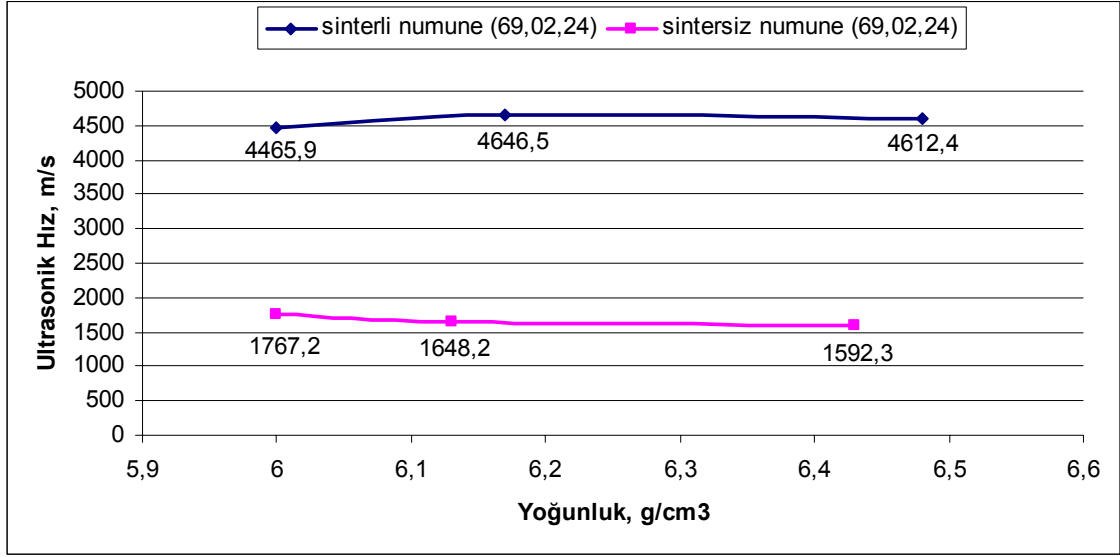
### 3.1. Darbe Test Numuneleri

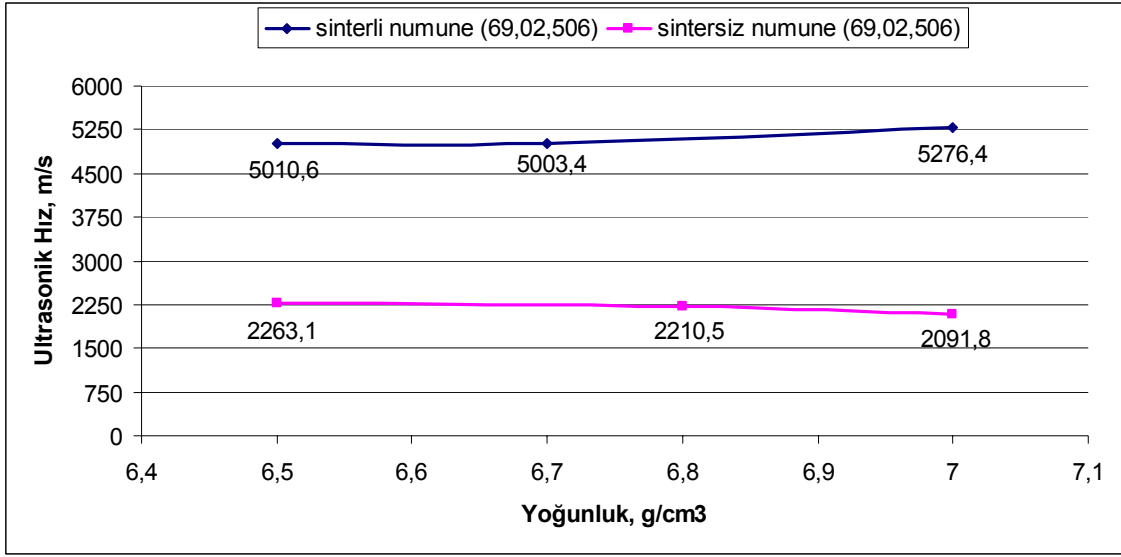
Darbe test numunelerine ait yoğunluk, gözeneklilik ve ultrasonik hız değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Darbe test numunelerine ait deney sonuçları

Toz cinsi	Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>	% Gözenek Oranı	Sertlik HRB	Darbe Dayanımı J	Ultrasonik Hız m/s
Sinterlenmemiş numuneler					
69,02,24	6-6,43	0,76-1,13	59-76	0,6-0,7	1592-1797
69,02,40	6,7-7	0,94-3,20	79-86	0,6-07	2435-2464
69,02,506	6,5-7	1,09-2,5	72-79	0,6-07	2091-2210
Sinterlenmiş numuneler					
69,02,24	6,08-6,48	14,07-17,14	56-80	0,4-0,5	4612-4465
69,02,40	6,7-7,01	7,40-8,88	78-90	0,5-0,8	5110-5271
69,02,506	6,71-7	6,72-11,78	74-84	0,4-0,6	5003-5276

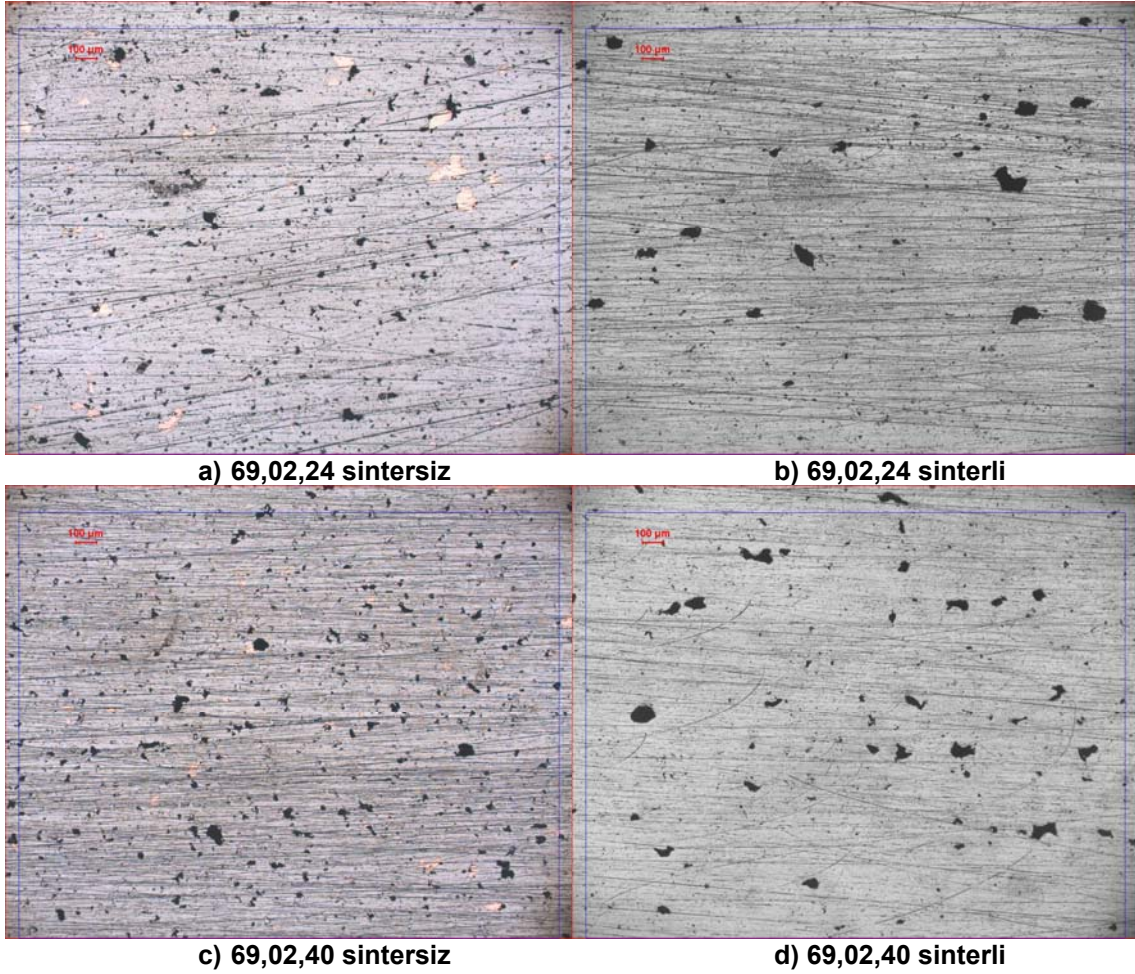
Sinterlenmiş ve sinterlenmemiş koşullar için darbe test numunelerine ait yoğunluk-ultrasonik hız grafikleri Şekil 3'de verilmiştir.





**Şekil 3.** Darbe test numunelerine ait yoğunluk-ultrasonik hız grafikleri

Gözenek durumlarını gösteren mikro yapılar Şekil 4'de verilmiştir.



**Şekil 4.** Darbe test numunelerine ait mikrograflar

#### **4. SONUÇLAR**

Çekme ve darbe test örneklerinin her ikisinde de sinterlenmemiş konumdaki hız değeri daha düşüktür.

Toz bileşimlerinin değişimi ultrasonik hızları da etkilemektedir.

Çekme dayanımları arttıkça hız değerlerinin de artabileceği söylenebilir.

Sinterlenmiş ve sinterlenmemiş numunelerde darbe dayanımlarında toz bileşimlerine bağlı olarak önemli bir değişiklik olmamıştır. Dolayısıyla ultrasonik hız ile darbe tokluğu arasında korelasyon yapılmamalıdır. Benzer şekilde sertlik ve ultrasonik hız arasında da ilişki kurmak doğru olmayacaktır.

Sinterlenmiş darbe testi numunelerinde gözenek miktarı sinterlenmemiş numunelerden fazla olmasına rağmen hız değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, sinterleme sonrası matris yapısının dayanımının artmasının hız üzerinde daha fazla etkin olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Düşük yoğunluklu numunelerde hızın yüksek, yüksek yoğunluklu numunelerde hızın düşük çıkması, ölçümlerin presleme doğrultusuna paralel yapılmasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak sinterlenmiş ve sinterlenmemiş numunelerde ultrasonik hızların önemli ölçüde değişiklik gösterdiği, ultrasonik hız ile yoğunluk ve çekme dayanımı arasındaki değerler kullanılarak seri halde tahribatsız kontrol yapılabileceği saptanmıştır.

#### **Teşekkür**

Bu çalışmada numunelerin hazırlanmasında destek olan Toz Metal San. Ve Tic. A.Ş Kalite Güvence Müdürü Metalurji Mühendisi Sayın Cengiz Bozacı'ya teşekkür ederiz.

#### **KAYNAKÇA**

1. ASM Handbook, Volume 17, 1997, 1121-1127
2. P.J. Emerson, "Assensing Properties of Graphitic Irons by Ultrasonic Methods", Report 1646, ASTM A046 Working Party, Illinois, USA, January, 1986
3. G.F. Sergeant and A.G. Fuller, "The Effect of Upon Mechanical Properties Of Variation In Graphite Form In Irons Having Varying Amounts of Carbide In The Matrix Structure And The Use Of Nondestructive Tests In The Assessment Of The Mechanical Properties Of Such Irons", Foundry Technology Source Book, AFS 1982, 331-360
4. A.Topuz, E.Topçu, A. Bakkaloğlu and M. Marşoğlu, "Microstructural Investigation of Austempered Ductile Irons with Ultrasonic Method", Practical Metallography, Volume XXXIV, June 1997, 279-287



5. A.Topuz, F.Nutku, "Toz Metalurjik Parçaların Ultrasonik Yöntemle Karakterizasyonu" , Uluslararası Tahribatsız Muayenesi Sempozyomu , 2003-İstanbul
6. C. Yaman, Seramik Malzemeler Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007
7. A.Topuz, " Tahribatsız Muayeneler", 1993, 13