

## Sıcak Presleme Yöntemi İle Üretilen Fe Esaslı Matriste Ni Esaslı Süper Alaşımların Katkı Oranlarının Etkisi

İlyas SOMUNKIRAN<sup>1</sup>, Ertuğrul ÇELİK<sup>2</sup>, Büşra TUNÇ<sup>3\*</sup>, Çağdaş GÜNEŞ<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup> Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

<sup>2,4</sup> Makina Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Munzur Üniversitesi, Tunceli, Türkiye

<sup>1</sup> ilyassomunkiran@gmail.com, <sup>2</sup> ecelik@munzur.edu.tr, <sup>3\*</sup> busraonce23@gmail.com, <sup>4</sup> gunes.cagdas@hotmail.com

(Geliş/Received: 17/06/2022;

Kabul/Accepted:04/09/2022)

### Özet

Doğal taş kesme işlemlerinde kullanılan elmaslı kesici takımlar da matris dizaynı; takımların kesme performansı açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada toz metalurjisi yöntemiyle Fe-Ni-Cu metal tozlarına ağırlıkça farklı oranlarda (%10-20-30) 9062 ve 9045 ticari kodlu nikel esaslı süper alaşımlar ilave edildi. Üretilen numunelerin mikro yapı ve bazı mekanik özellikleri incelendi. Deney numuneleri 920°C sıcaklıkta 35 MPa basınç altında dört dakika süre boyunca sıcak preslendi. Elde edilen numunelerin sertlik, yoğunluk, üç noktalı eğme testleri yapıldı. Mikro yapı incelemeleri için SEM (taramalı elektron mikroskobu), EDS ve XRD kullanıldı. Sonuç olarak; SEM görüntülerinde 9045 ve 9062 ticari kodlu Ni esaslı alaşım ile takviyelendirilmiş düzgün küresel tozların yapı içerisinde homojen dağıldığı ve %30 9062 katkılı numunede porozitenin azaldığı görüldü. Her iki gurupta da %30 katkı oranlarında en yüksek sertlik değerleri elde edildi. Üç noktalı eğme deneyinde %10 katkılı 9062 numunesinde en yüksek mukavemet değerine sahip olduğu gözlemlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Toz metalurjisi, Sıcak presleme, Elmas kesici takımlar, Nikel esaslı alaşımlar

### The Effect of Additive Rates of Ni Based Super Alloys on Fe Based Matrix Produced by Hot Pressing Method

#### Abstract

Diamond cutting tools used in natural stone cutting processes are also matrix design; it is very important in terms of cutting performance of the tools. In this study, nickel-based superalloys with commercial code 9062 and 9045 were added to Fe-Ni-Cu metal powders in different weight ratios (10-20-30%) by powder metallurgy method. Microstructure and some mechanical properties of the produced samples were investigated. The test samples were hot pressed at 920 °C under 35 MPa pressure for 4 min. Hardness, density, three-point bending tests of the obtained samples were evaluated. SEM (scanning electron microscope) and XRD were used for microstructure investigations. As a result; in the SEM images, it was seen that uniform spherical powders reinforced with Ni based alloy with commercial code 9045 and 9062 were homogeneously dispersed in the structure and the porosity decreased in the 30% 9062 doped sample. In both groups, the highest hardness values were obtained at 30% additive rates. In the three-point bending test, it was observed that the 10% added 9062 sample had the highest strength value.

**Keywords:** Powder metallurgy, Hot Stamping, Diamond cutting tools, Nickel-based alloys

## 1. GİRİŞ

Doğal taş oyma aletlerinin geçmişi milattan sonra 350 yılına gitmesine karşın elmaslı kesici takımların teknik uygulamaları 100 yıllık bir geçmişe sahiptir [1]. Takım üretimindeki ilerlemeler toz metalurjisinin geliştirilmesiyle 1940'lı yıllarda elmas parçacıkları ile takviye edilmiş testerelemlerin doğal taş kesimi uygulamalarında kullanılmasını sağlamıştır [2]. Üretim teknolojilerindeki sürekli gelişmeler, sentetik elmasların ticari önemini artırmaktadır. Bu da 1990'lı yılların başlarında endüstriyel elmas tüketiminin yaklaşık %90'ını oluşturmuştur [2]. Günümüzde elmaslı kesici takımların pazarı hızlı bir şekilde büyümeye devam etmektedir [3]. Gelişen teknoloji sebebiyle insanlığın ihtiyaçları da artmaya başlamıştır. Malzemeler üzerindeki çalışmalar arttıkça, mevcut malzemelerin kullanım sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda kullanılacak ve daha dayanıklı alaşımlar bulunmuştur.

\* Sorumlu yazar: [busraonce23@gmail.com](mailto:busraonce23@gmail.com). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0003-2690-238X, <sup>2</sup> 0000-0001-7104-8288, <sup>3\*</sup> 0000-0002-0090-5227, <sup>4</sup> 0000-0001-7405-2063

Nikel, gümüşe benzeyen görünüşü ile değerli bir metaldir. Temelde endüstriyel ve tıp alanında olmak üzere birçok ana sektörde kullanılan en önemli hammaddelerden biridir [4]. En önemli özelliklerinden biri korozyona karşı dirençli olmasıdır. Nikel, tel ve levha haline getirilebilme, yumuşaklık, yüksek sıcaklıklarda düşük kırılma ve sıfırın altındaki sıcaklıklarda tokluğunu koruma gibi bazı önemli fiziksel özelliklere sahiptir. Hem soğuk hem sıcak olarak işlenebilir. Bu sebeple, kaynak kabiliyeti ve talaşlı işlenebilirliği iyidir. Buna karşılık, ısı ve elektrik iletkenliği düşüktür [5]. Nikel parlatılabilir ve korozyona karşı da dayanıklıdır. Demirden sonra Dünya'nın çekirdeğindeki en bol ikinci elementtir. Nikel, bitki hücrelerinde ve bazı mikroorganizmalarda da bulunur. Cama yeşil bir renk vermek için kullanılır [6]. Nikel esaslı süper alaşımlarda, katı eriyikler ve ikincil faz intermetalik çökelti mekanizmaları yapının mukavemet kazanması için oldukça önemlidir. Katı eriyik nikel alaşımları daha çok tavlama sıcaklığında ve tavlama temperlenmesinde kullanılır. Maksimum süneklik ve yorulma dayanımı, 870-980°C'lik tavlama sıcaklığında elde edilirken optimum yorulma direnci 1120-1200°C'lik sıcaklık tavlamasında elde edilir. Aynı zamanda yüksek sıcaklık tavlama 600°C'den daha yüksek çalışma koşullarında sürünme kopma özelliklerini sağlar. Katı eriyik nikel alaşımları genellikle uzay uygulamalarında kullanılırlar [7]. Elmas parçacıklı testere ağzı soketleri imalatında kullanılan en yaygın üretim tekniği, toz metalurjisi (TM) üretim yöntemidir.

Toz metalurjisi özellikle aynı parçanın çok sayıda net şekilli olarak çabuk ve kolay bir şekilde üretilebilmesi, seri üretime uygun ve aynı zamanda ekonomiklik getiren bir üretim yöntemidir [8, 9]. Toz metalurjisi (T/M) farklı boyut, şekil ve paketlenme özelliğine sahip metal tozlarını sağlam, hassas ve yüksek performanslı parçalara dönüştürür. Bu işlem; şekillendirme veya presleme ve daha sonra parçacıkların sinterleme yolu ile ısıl bağlanması basamaklarını içerir. Ayrıca gerekli hallerde tamamlayıcı işlemler kaplama, ısıl işlem, yağ emdirme vs. uygulanır. T/M malzeme üretim teknikleri arasında en hızlı gelişen bir üretim metodudur [10-12].

T/M yönteminde kullanılan hammaddenin türü ve cinsi birim maliyete etki eden faktörlerden biridir. Kobalt, T/M işlemlerinde ve birçok teknoloji ürün üretiminde ( batarya, mıknaş, kesici takımlar vb.) oldukça fazla kullanılan bir metaldir. Ayrıca kobalt metali kesici takımların daha iyi kaliteye sahip olması için matriste bağlayıcı olarak rol almaktadır. Bu çalışmanın amacı; kobalta alternatif olarak Fe-Ni-Cu metal matrisli tozlara farklı oranlarda nikel esaslı takviye kullanılarak direk dirençli sıcak presleme tekniğiyle mermer kesici soketler üretmek. Üretilen soketlerin mikroyapı ve bazı mekanik özelliklerini incelemektir. Deneysel çalışmada matris malzeme olarak Fe-Ni-Cu, takviye olarak ise farklı ağırlık oranlarında (%10-20-30) 9062 ve 9045 ticari kodlu nikel esaslı süper alaşımlar kullanılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Deneyler için biri referans numune olmak üzere yedi farklı toz karışımı hazırlandı. % 99.9 saflıktaki Fe, Ni, Cu toz karışımlarına Ni esaslı 9062 (Ni Cr15.5 B2.9 Si4.3 C0.7 Fe4.2) ve 9045 (Ni Cr10.3 B2 Si3.2 C0.38 Fe2.4) ticaret kodlu alaşım tozları ilave edildi. Direkt dirençli sıcak presleme tekniğiyle 35 MPa basınç altında 920°C'de 4 dakika sinterlenerek 40×10×7 mm boyutlarında numuneler üretildi. Deneyde kullanılan numune kodları ve numune içerikleri Tablo 1'de gösterildiği gibidir.

**Tablo 1.** Deneyde Kullanılan Numune Kodları ve Numune İçerikleri

NUMUNE KODU	NUMUNE İÇERİĞİ
A1	%85 Fe- %10 Ni- %5 Cu
A2	A1+%10 9062
A3	A1+ %20 9062
A4	A1+ %30 9062
A5	A1+ %10 9045
A6	A1+ %20 9045
A7	A1+ %30 9045

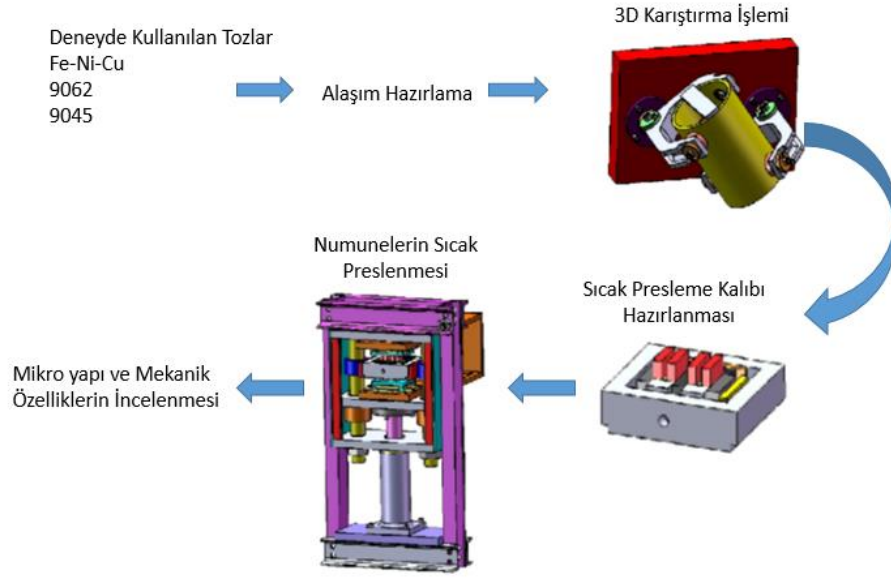
Çalışma kapsamında kullanılan Fe-Ni-Cu ve 9062, 9045 ticari kodlu Ni esaslı alaşım tozları hazır olarak temin edilmiştir. Tablo 2'de kullanılan tozların toz türü, tane boyutu ve ticari adları verilmiştir.

**Tablo 2.** Kullanılan Tozların Özellikleri [13]

Toz Türü	Tane Boyutu (µm)	Ticari Adı
Fe (Elementel)	2-4	CIP Fe
Ni (Elementel)	2-3	CNP Ni
Cu (Elementel)	66	CU W63/3

<b>9062</b> (Alaşım) (küresel)	53-63	FORTECOAT, 9062
<b>9045</b> (Alaşım) (küresel)	53-63	FORTECOAT, 9045

Fe-Ni-Cu, 9062 ve 9045 tozları 0,01 gr hassasiyete sahip terazi kullanılarak hazırlanmıştır. Homojen karışım elde etmek için toz karışımına %2 (ağ.) oranında Polietilen Glikol (PEG) eklendi. Hazırlanan toz karışımları üç eksenli karıştırıcıda 25 dakika (dak.) süre ile 35 dev./dak dönme hız ile kuru halde karıştırıldı. Daha sonra karışım içerisine ağ. %2 oranında PEG ve Cr kaplı bilyeler bırakılarak 20 dakika boyunca ıslak olarak karıştırıldı. Homojen olarak karıştırılan tozlar sıcak presleme işlemi için grafit kalıplara yerleştirildi. Numunelerin sıcak preslenme süreçlerinde kütle kaybını önlemek ve tozları grafit kalıba yapışarak kalıba zarar vermesinin önüne geçmek için kalıplara sıvı formda bor nitür sürüldü. Sıcak presleme işlemi; -500 mm Hg vakum ve koruyucu N<sub>2</sub> atmosferinde, 920 °C'de 4 dakika 35 MPa basınç altında yapıldı. Şekil 1' de numunelere yapılan işlem basamakları gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Numunelere Uygulanan İşlem Basamakları [13, 14]

Numuneler mikroyapı analizleri için epoksi reçine içerisine alınarak sırasıyla 180, 300, 400, 600, 800, 1200 ve 2000 Mesh'lik su zımparaları ile zımparalandı. Sırasıyla 6 mikron, 3 mikron ve 0.25 mikron elmas pastalar ve etil alkol yardımı ile çuha yüzeyinde parlatma işlemi gerçekleştirilerek numuneler kimyasal dağlamaya hazır hale getirildi. Temizlenen yüzey  $5\text{HNO}_3+5\text{CH}_3\text{COOH}+1\text{H}_3\text{PO}_4+11\text{H}_2\text{O}$  dağlayıcıda daldırma yöntemiyle dağlama işlemi yapıp mikroyapı incelemesine hazır hale getirildi. Sertlik değerleri, HB30 Brinell cinsinden her bir numunenin farklı bölgelerinden ölçümler alınarak belirlendi. Yoğunluk Arşimet prensibine göre ASTM B-311 standardında uygun olarak ölçüldü. Numunelerin sehim değerini ölçmek için ASTM B 528-16 standartları baz alınarak 3 noktalı eğme deneyi yapıldı. Üretilen numunelerin mikroyapı analizi için elektron mikroskobu kullanıldı.

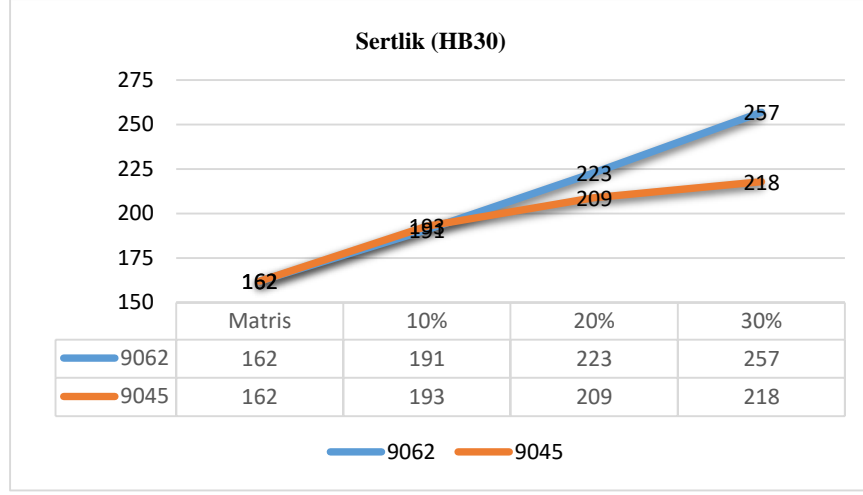
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada numunelerinin sertlik, yoğunluk, mikroyapı, 3 noktalı eğme ve XRD sonuçları aşağıda verildiği gibidir

#### 3.1 Sertlik Ölçüm Sonuçları

Her iki numune grubu için Brinell sertlik ölçüm sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Numunelerin HB30 sertlik değerleri; 9062 katkısı grubunda katkı oranı ile lineer biçimde doğru orantılı olarak artarken 9045 katkı grubunda katkı oranı artarken üstel azalarak artmıştır. Ana matris olan %85 Fe+ 10Ni+ 5Cu numunesinin ortalama sertlik değerleri 162 Brinell olarak bulunmuştur. Saf 9062 katkı malzemesi 60 HRC, saf 9045 katkı malzemesi 45 HRC olarak ölçülmüştür. Artan katkı oranları ile sertlik değerlerinde artışlar meydana gelmiştir. Katkı oranlarının

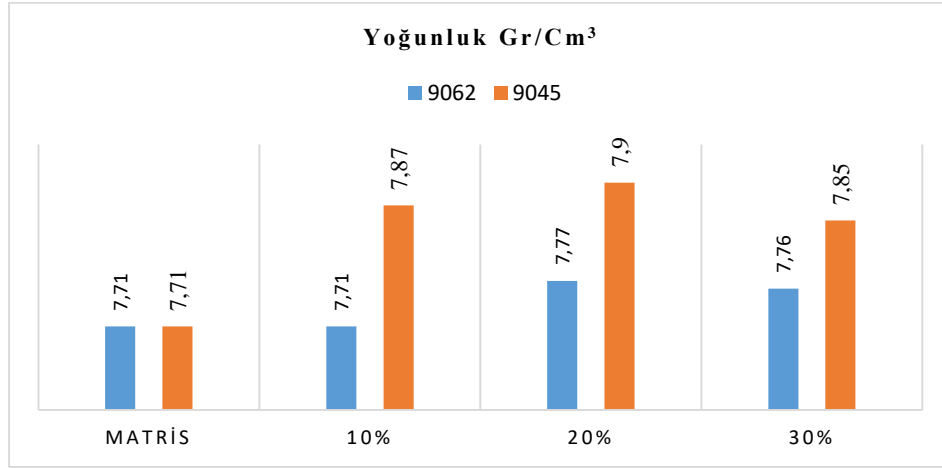
artması ile 9062 katkılı A2-A3 ve A4 numunelerinin sertlik değerleri sırası ile 191, 223 ve 257 HB30 olarak ölçülmüştür. 9045 katkılı olan A5, A6 ve A7 numunelerinde ise sertlik değerleri sırası ile 193, 209 ve 218 HB30 olarak ölçülmüştür.



Şekil 2. Numunelerin katkı oranlarına bağlı olarak elde edilen sertlik değerleri

### 3.2. Yoğunluk Ölçüm Sonuçları

Şekil 3' de her iki numune grubu için Arşimet prensibine göre ASTM B 311 standardı kullanılarak elde edilen yoğunluk ölçüm sonuçları verilmiştir. Bu veriler sonucunda 9062 katkılı numunelerin yoğunluğunda az miktarda artış olurken 9045 katkılı numunelerde üstel olarak artmış ve artan katkı oranıyla azalmıştır.



Şekil 3. Numunelerin yoğunluk grafikleri

Numunelerin hesaplanan teorik yoğunluk değerleri ve porozite oranları Tablo 3' de gösterilmiştir. 9062 katkılı numuneler için porozite oranları yaklaşık %0.5 oranında değişmiştir. 9045 katkılı numunelerin porozite oranları 9062'ye göre bir miktar daha düşüktür. Bunun nedeni 9045 katkısının partikül boyutlarının daha küçük ve küresel şeklinden dolayı olduğu düşünülmektedir.

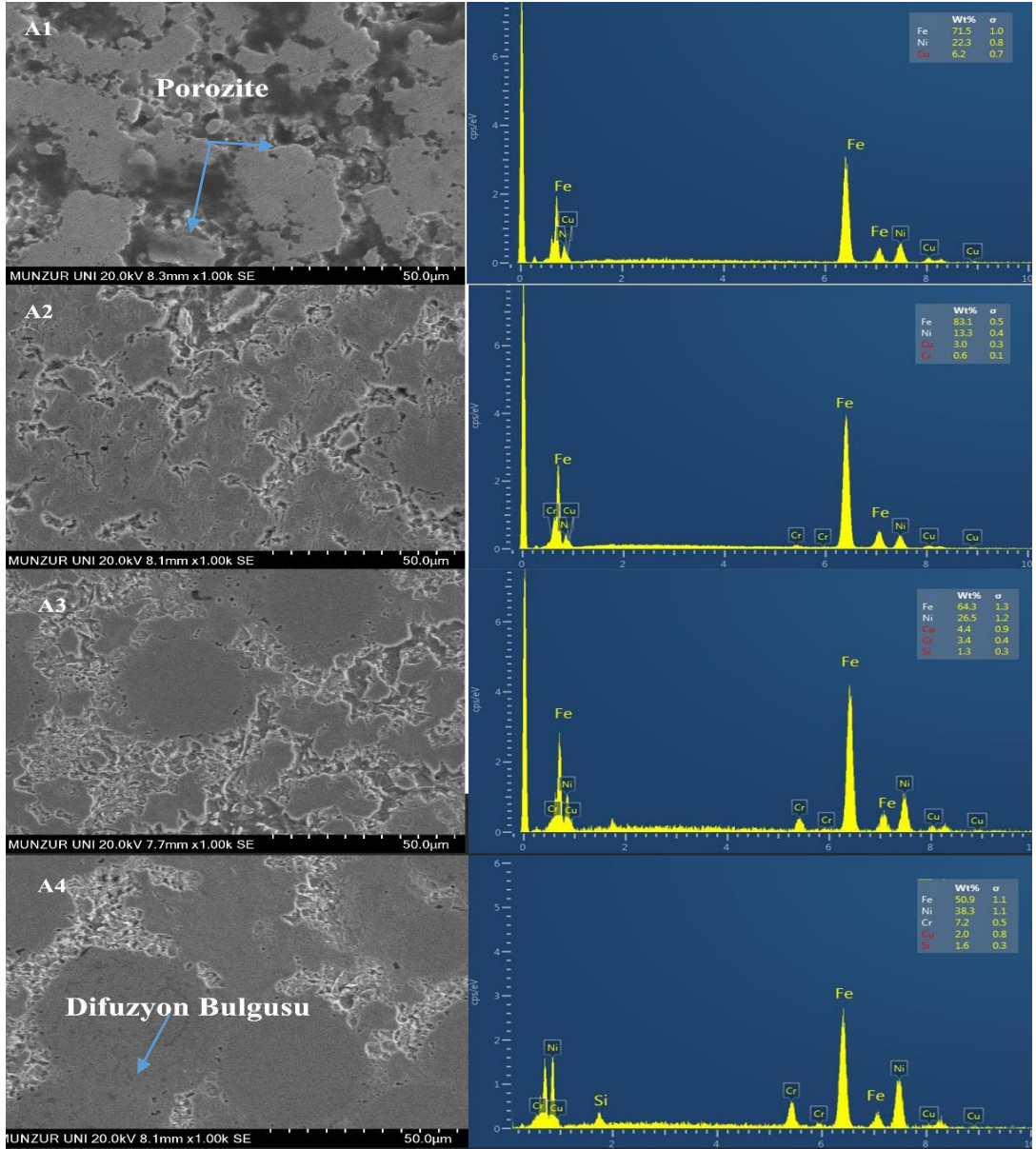
Tablo 3. Numunelerin Teorik Özkütle, Gerçek Yoğunluk ve Porozite Oran Değerleri

Numune Adı	Teorik Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Gerçek Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Oranı
A1	8,03	7,71	3,99	

A2	8,05	7,71	4,22
A3	8,07	7,77	3,72
A4	8,09	7,76	4,08
A5	8,06	7,87	2,36
A6	8,08	7,90	2,23
A7	8,11	7,85	3,21

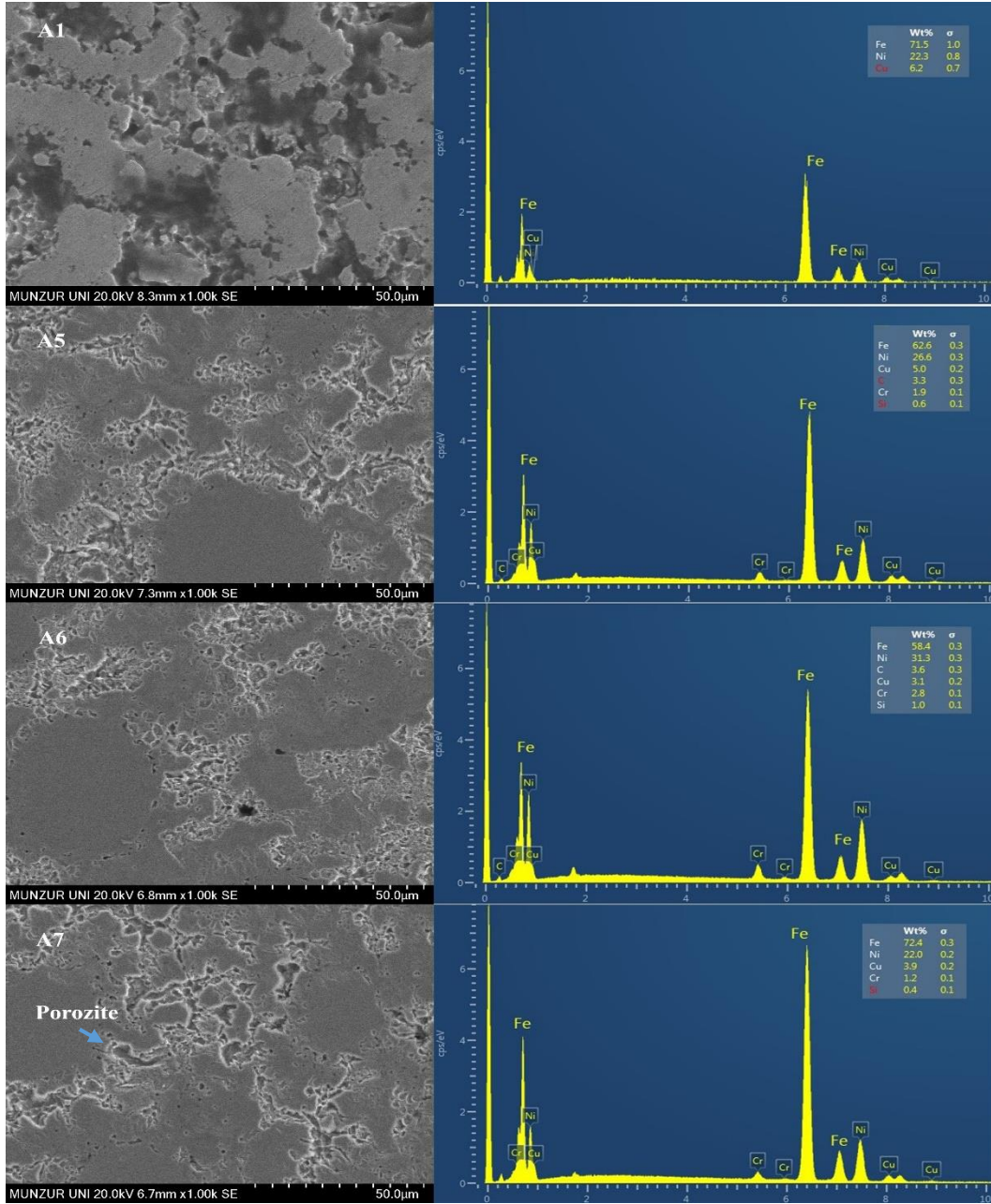
### 3.3. Mikroyapı Analizleri

Mikroyapı incelemeleri yapılırken, eklenen alaşım tozlarının yapıya etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için sintirlenmiş numunelerin 1000X büyütmelerdeki SEM resimleri incelenmiştir. Şekil 4'te A1 (%85Fe+ %10Ni+ %5Cu) A2, A3 ve A4 mikroyapı SEM resimleri ve EDS analizi gösterilmiştir.



**Şekil 4.** A1 ile 9062 katkılı A2, A3 ve A4 numunelerinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüleri ve EDS analizleri

1000X büyütmedeki SEM fotoğraflarından anlaşılacağı üzere A1 numunesinde yapı içindeki porozitelerin varlığı açıkça görülmektedir. Matris içerisine katılan 2-3 mikron boyutundaki Fe partiküllerinin kısmi olarak birbirleri ile birleştiği görülmektedir. %10 9062 katkılı A2 Numunesi incelendiğinde katkı malzemesinin partikül şekillerinin küresel olmasından dolayı sıcak presleme sonrasında A2 numunesinin SEM görüntüsünde daha yoğun bir yapı gözlemlendi. Küresel partikül şekline sahip katkı ile etrafını saran ana matris arasında yüzey difüzyonunun veya bağlantısının oluşmamış olduğu yerlerde matris ile katkı ara yüzeylerinde küçük boyutlu porozitelerin mevcut olduğu görülmektedir. 9062 katkı oranının iki katına çıktığı A3 SEM görüntüsü incelendiğinde matris içerisinde ki katkı alaşımları ara yüzeyindeki poroziteyi minimize ettiği düşünülmektedir, ancak matris içlerindeki çukurlar varlıklarını sürdürmüşlerdir, bunların yanı sıra katkı oranı artışıyla katkı partikülleri arasında difüzyon meydana gelmiştir. Katkı oranının üç katına çıktığı A4 SEM görüntüsünde ise ara yüzeyde porozite büyük oranda azalmış, yoğunluk teorik yoğunluğa yaklaşmıştır. Bunun sonucunda, matris içi çukurlar azalmışlardır. Neticede 9062 katkılı numunelerde matris-katkı ara yüzeyi boşlukları en fazla A2 numunesinde en az ise A4 numunesinde oluşmuştur.



Şekil 5. A1 ile 9045 katkı A5, A6 ve A7 numunelerinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüleri ve EDS analizleri

A1 ile 9045 katkı A5, A6 ve A7 numunelerinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüleri ve EDS analizleri Şekil 5’de verilmiştir. Yine bu görüntülerde karşılaştırma ile en az porozitenin A6 numunesinde olduğu daha net görülmektedir. Sıcak presleme işleminde sıcaklık ve basıncın bir arada kullanılmasından dolayı katkı partikülleri matris içerisinde hareket etmiş, tane boyutları daha fazla ve mekanik özellikleri daha yüksek olduğu için yapı içerisinde kalarak matrisi sıkıştırıcı etkide bulunmuştur.

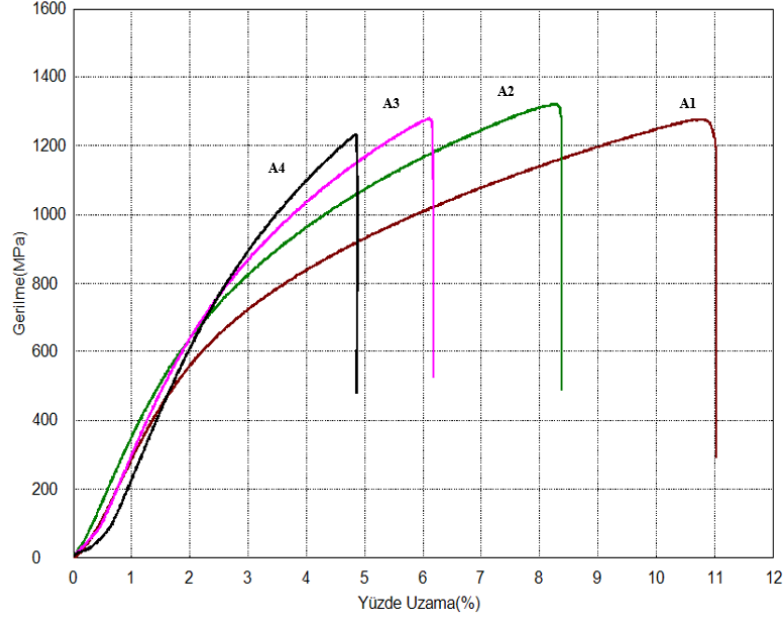
### 3.4. 3 Noktalı Eğme (TRS) Deneyi Sonuçları

Şekil 6 ve Şekil 7’de üretilen numunelerin 3 noktalı eğme grafikleri gösterilmektedir. Kıyaslamanın daha rahat yapılabilmesi ve matrise katkı alaşımlarının etkisi Tablo 4’ de verilmiştir.

Tablo 4. Numunelerinin Gerilme (MPa) ve uzama(%) değerleri

Numune Adı	Gerilme (MPa)	Yüzde Uzama (%)
A1	1276	10,72
A2	1320	8,25
A3	1279	6,11
A4	1233	4,85
A5	1313	9,26
A6	1295	7,69
A7	1269	6,12

9062 katkılı Alaşım toz içeren A2, A3 ve A4 numunelerinin 3 noktalı eğme deneyi sonuçları Şekil 6' da gösterilmiştir.

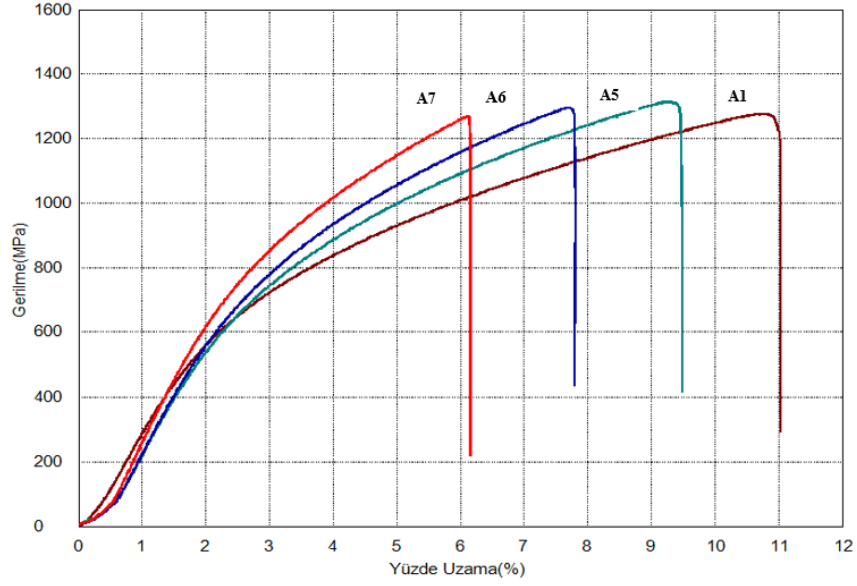


Şekil 6. A1, A2, A3 ve A4, numunesinin 3 noktalı eğme deneyi sonucu grafiği

A1, A2, A3 ve A4 numuneleri için Elde edilen Gerilme (MPa) değerleri sırasıyla; 1276 MPa, 1320 MPa, 1279 MPa ve 1233 MPa dır. (%) Uzama değerleri ise sırasıyla 10.72, 8.25, 6.11 ve 4.85 dir. Değerlerden anlaşılacağı üzere artan 9062 katkı oranı ile % uzama miktarının azaldığı görülmüştür. Ayrıca %10 katkılı A2 numunesinin 3 noktalı eğme mukavemet değerinin (1320 MPa) en yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum sertlik artışına neden olmuştur. 9062 toz partiküllerinin küresel şekilli olmasından dolayı artan katkı oranıyla eğme mukavemeti değeri azalmıştır [15].

9045 katkılı Alaşım toz içeren A5, A6 ve A7 numunelerinin A1, numunesi ile karşılaştırmalı 3 noktalı eğme deneyi sonuçları Şekil 7 de gösterilmiştir. A5-A6 ve A7 numunelerinin üç noktalı eğme mukavemetleri sırasıyla 1313, 1295 ve 1269 MPa'dır. % uzama değerleri ise sırasıyla 9.26, 7.69 ve 6.12 dir. 9062 katkılı A2 numunelerine eğme mukavemetleri A5 numunesinde bir miktar düşük çıkmıştır. Fakat %20 ve %30 katkılı A3 ve A4 numuneleri A6 ve A7 numuneleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek çıkmıştır. 9045 katkısının toz partiküllerinin şekli 9062 katkı malzemesinin şekli gibi küreseldir fakat 9045 alaşım tozlarının partikül boyutu 9062 alaşım tozuna göre büyüktür. Metal ve alaşımlarında tane boyutunun küçülmesi spesifik önem arz eden bir konu olup tane boyutunun çeşitli yöntemlerle küçültülmesi tanelerin yüzey alanlarını büyütür malzemelerin dayanım, süneklik ve sertliğini artırmakta, ve ayrıca çatlak veya kırık denilen yarılmalara da azaltmaktadır [16], yani malzemelerin kullanım ömürlerini artırmaktadır.

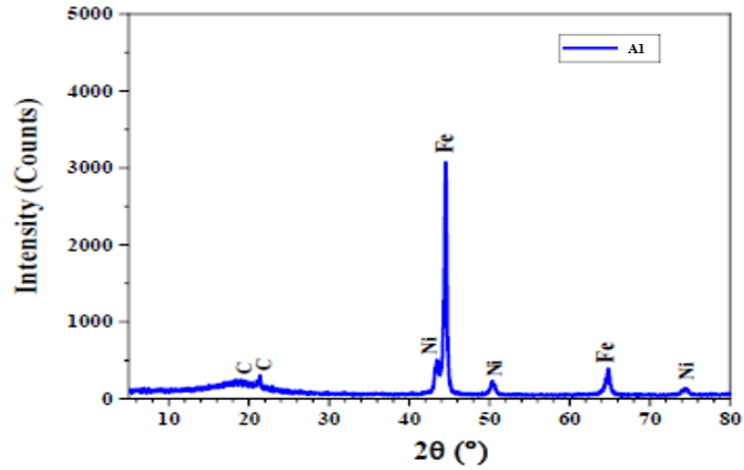




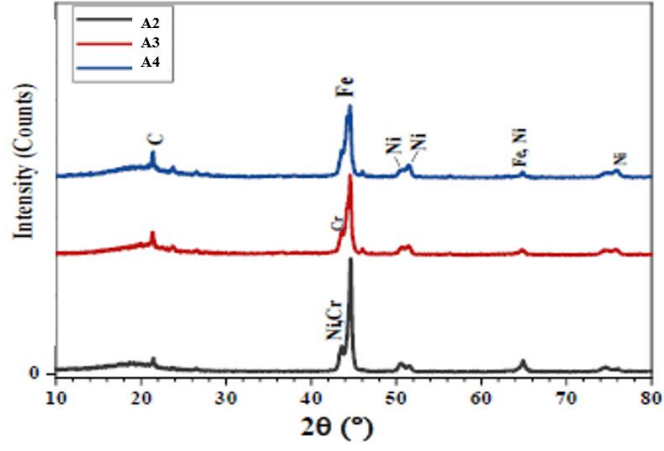
Şekil 7. A1, A5, A6, A7 numunesinin 3 noktali eğme deneyi sonucu grafiği.

### 3.5. XRD Analiz Sonuçları

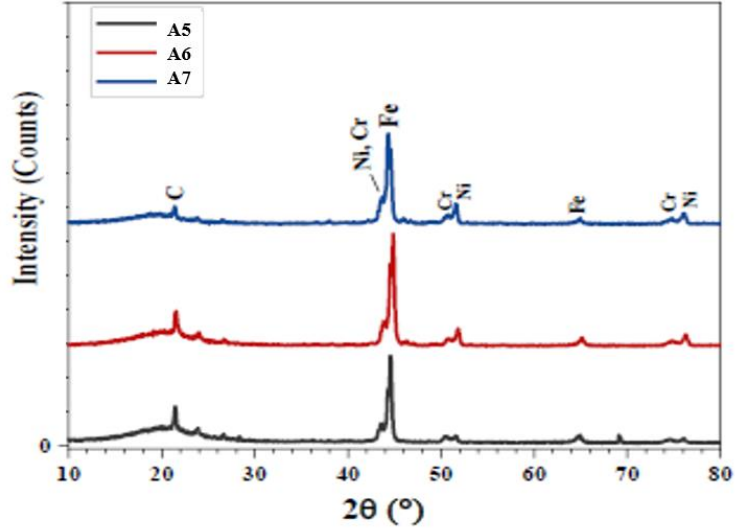
Sıcak presleme işlemi sonrasında sıcaklığın (920 °C) etkisiyle oluşan mikroyapısal fazlar XRD ölçümleri ile analiz edilmiştir. Numunelerin oda sıcaklığında elde edilen X-ışını kırılımları Şekil 8, 9 ve 10'da verilmiştir. XRD analizleri incelendiğinde ana demir piklerinin haricinde başka yönelimli demir ve diğer element bazlı intermetalik ara faz veya bileşik yapıları pikleri de gözlenmiştir. Yine bütün numunelerde ikinci en çok miktarda bulunan esas alaşım metali olan nikel (Ni) pikleri de tüm grafiklerde belirlendi. Tüm numunelerde kullanılan bakır (Cu) elementi miktarı az oranda olduğundan Cu pikleri yalnızca bazı numunelerde gözlemlendi. Ayrıca tüm numunelerde 20° civarlarında bir veya iki adet küçük sığ karbon (C) pikleri gözlemlenmiştir ki bu karbon piklerinin XRD ölçümü hazırlığında numunelerin kaplandığı reçine maddesindeki karbon bazlı bileşiğe ait olduğu düşünülmektedir. Tüm numuneler arasında en az polikristal yapıda [17] olan referans A1 numunesidir, diğerlerinde ise katkı elementlerinin miktarı ve çeşitliliğinin artışına bağlı olarak ara faz veya bileşik oluşumlarının sayısı ve çeşidi artmıştır. Tane küçülmeleriyle birlikte oluşan küçük fazlı yapılar (polikristal yapılar) elmas tutucu matrislerin elmas tutma kapasitelerini [14] veya performanslarını artıran bir durumdur.



Şekil 8. A1 numunesinin XRD grafiği



Şekil 9. 9062 katkılı A2, A3 ve A4 numunelerinin XRD grafikleri



Şekil 10. 9045 katkılı A5, A6 ve A7 numunelerinin XRD grafikleri

#### 4. SONUÇLAR

Elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Numunelerin HB30 sertlik değerleri; 9062 katkısı grubunda katkı oranı ile lineer artmış ve %20 den sonra değişmemiştir, 9045 katkı grubunda katkı oranıyla artarken üstel olarak artarak azalmıştır.
- Sertlik deneylerinde en yüksek sertlik değeri 9062 katkı gurubunda gözlenmiştir. Bunun nedeni 9062 katkı malzemesinin 9045 katkı malzemesinden daha sert olmasıdır.
- 9045 takviyeli grup numunelerin yoğunlukları Fe-Ni-Cu matrise kıyasla takviye oranı arttıkça artış göstermiştir. Fakat bu %30 takviye oranı ile bir miktar azalmıştır.
- En yüksek porozite yüzdesi %20 oranında 9045 katkılı numunede tespit edilmiştir.
- 9045 ve 9062 numunelerin SEM görüntülerinde düzgün küresel tozların yapı içerisinde homojen dağıldığı görülmüştür.
- %10 9045 ve %10 9062 katkılı numunelerin üç noktalı eğme ve yüzde uzama değerleri matris malzemesine göre artmıştır. Katkı oranı arttıkça bu değerlerde azalma görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] Hughes, F.H., 1980, The early history of diamond tools. *Industrial Diamond Review*, November, 405–407.
- [2] Lundblad, H., 1990, Swedish synthetic diamond scooped the world 37 years ago. *Indiaqua*, No. 55 /1 17–23.
- [3] Tillmann, W., 1999, Trends and market perspectives for diamond tools in the construction industry. *Proc European Conference on Advances in Hard Materials Production*, Turin, Italy, November 8-10, 3-14.
- [4] Mudd, G.M. (2010). Global trends and environmental issues in nickel mining. *Sulfides versus laterites, Ore Geology Reviews* 38, pp. 9–26
- [5] Scoot-Fordsmann, J.J. (1997). Toxicity of nickel to soil organisms in Denmark. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 148, 1, 1997.
- [6] Grandjean, P. (1984). Human exposure to nickel. *IARC Sci. Publ.* 53, 469, 1984.
- [7] Anonim, 2009 Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 25 (1-2) 302 - 330 Erişim Tarihi: 20.05.2015
- [8] German, R.M. 2005. Powder metallurgy and particulate materials processing, Metal powder industries federation, Princeton, USA, pp. 522.
- [9] German, R.M., 1984. 472 p, Powder Metallurgy Science, MPPIF, USA.
- [10] Klar E. And Fesko J. W., Gas and Water Atomization, Metals Handbook, V7, ASM, 1984
- [11] Lawyer A., Atomization, the Production of Metal Powders, MPIF, Princeton, 1992.
- [12] Uygur M. E., “Toz Metalurjisi : Ekonomik Bir Üretim Tekniği”, 1. Ulusal Toz Metalurjisi Konferansı, Gazi Üni., Ankara, 1996
- [13] Güneş, Ç., 2022. Ni Esaslı Katkı Malzemelerinin Matris Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi, Tunceli.
- [14] Çelik, E., 2009. Elmaslı kesici takımlarda alternatif bağlayıcılar. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [15] Demir, A., 2004. Effect of gas pressure infiltration on microstructure and bending strength of porous Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiC-reinforced aluminium matrix composites. *Composites science and technology*, 64(13-14):2067-2074.
- [16] Calcagnotto, M., 2010. Effect of grain refinement to 1 µm on strength and toughness of dual-phase steels. *Materials Science and Engineering A.*, 527(29-30):7832-7840.
- [17] Ghosh, B., 2018. Defect induced room temperature ferromagnetism in single crystal, polycrystal, and nanorod ZnO: A comparative study. *Journal of Applied Physics*, 123(16):161507.