

Araştırma Makalesi / Research Article

Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilen Fe Esaslı Fe-Ni-Cu Elmas Kesici Takımında Co'ın Etkisi

İlyas SOMUNKIRAN¹, Ertuğrul ÇELİK², Büşra TUNÇ^{3*}, Çağdaş GÜNEŞ⁴

¹ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elâzığ, Türkiye,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2690-238X>, ilyassomunkiran@gmail.com

² Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7104-8288>, ecelik@munzur.edu.tr

³ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elâzığ, Türkiye,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0090-5227>, busraonce23@gmail.com

⁴ Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7405-2063>, gunescagdas62@gmail.com

Geliş/ Received: 17.06.2022;

Kabul / Accepted: 22.08.2022

ÖZET: Bu çalışmada toz metalurjisi (TM) tekniğiyle Fe esaslı Fe-Ni-Cu matrisine ağırlıkça farklı oranlarda (%10-20-30) kobalt (Co) ilave edilerek üretilen numunelerin mikroyapı ve bazı mekanik özellikleri incelendi. Sinterleme; 920 °C' de, 35 MPa basınç altında, 4 dk süreyle argon gazı atmosferinde yapıldı. Numunelerin mikroyapısal karakterizasyonu X-ışınları analizi (XRD), taramalı elektron mikroskopu (SEM), enerji dağılım spektrometresi (EDS) ile incelendi. Yoğunluk ölçümleri yapılan numuneler, sertlik ve üç noktalı eğme deneylerine tabi tutuldu. Sonuç olarak; takviye oranının artması ile porozitede azalma meydana geldi. En yüksek sertlik ve yoğunluk değerinin %20 Co ilaveli numunede olduğu görüldü. Co oranı ilavesiyle başlangıçta eğme gerilmesi ve yüzde uzamanın arttığı ve artan Co oranıyla birlikte eğme gerilmesi ve yüzde uzamanın azaldığı gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Elmas Kesici Takımlar, Toz Metalurjisi, Kobalt, Demir Esaslı Alaşım.

*Sorumlu yazar / Corresponding author: busraonce23@gmail.com

Bu makaleye atıf yapmak için /To cite this article

Somunkiran, İ., Çelik, E., Tunç B., Güneş Ç. (2022). Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilen Fe Esaslı Fe-Ni-Cu Elmas Kesici Takımında Co'ın Etkisi. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM), 3(2), 194-205.

The Effect of Co on Fe-Based Fe-Ni-Cu Diamond Cutting Tool Produced by Powder Metallurgy Method

ABSTRACT: In this study, microstructure and some mechanical properties of the samples were investigated produced by adding different weight (10-20-30%) cobalt (Co) to Fe-based Fe-Ni-Cu matrix by powder metallurgy (TM) technique. Sintering; It was carried out at 920 °C, under 35 MPa pressure, for 4 minutes in an argon gas atmosphere. Microstructural characterization of the samples was examined by X-ray analysis (XRD), scanning electron microscope (SEM), and energy distribution spectrometry (EDS). Density measurements were made and the samples were subjected to hardness and three-point bending tests. As a result; The porosity decreased with the increase in the reinforcement ratio. It was observed that the highest hardness and density value was in the sample with 20% Co added. It was observed that the bending stress and percent elongation increased with the addition of Co ratio and the bending stress and percent elongation decreased with increasing Co ratio.

Keywords: Diamond Cutting Tools, Powder Metallurgy, Cobalt, Iron-Based Alloy.

1. GİRİŞ

Elmas, bilinen en sert malzeme olduğu için kesim ve aşındırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Doğal elmas bıçaklarının kullanılmasıyla yüksek sıcaklık ve yüksek basınçlı elmas sentezi ile sentetik elmasların üretimi başlamıştır. Alet yapımcıları polikristal elmas kesme takımlarında, doğal elmas kullanmak yerine sentetik elmas kullanmayı tercih etmiştir. Bunun sebebi; doğal yapılı elmasların farklı kesikleri veya kırılma yüzeyleri sonucunda meydana gelen kristal morfolojileri yerine sentetik elmasta belirli kafes düzlemlerinde kristal büyüme olasılığının daha avantajlı olmasıdır (Kulaksız, 2007). Elmas kesici takımı üretiminde toz metalürjisi (TM) üretim yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tozlar basınçsız sinterleme (Burgers, 1978; Thakur, 1978; Dwan, 1998; Haman ve ark., 1999; Gasik ve ark., 1999), sıcak izostatik presleme (Cram, 1995), veya ikisinin kombinasyonu (Ojeda ve ark., 1998, ekstrüzyon (Samvelion ve Manoukion, 1995), lazer ergitme (Grüneis, 1998) sıcak presleme ve lazer kesimin kombinasyonu (Schmid, 1995; Fiechter, 1995) gibi birçok teknikte üretilebilir.

Toz metalürjisi yöntemi (TM), metal tozlarının belli oranlarda karıştırılarak oda sıcaklığında hassas kalıplarda istenilen teknik değerlere uygun basınçlarda sıkıştırılması ve sonrasında kontrollü atmosfer şartlarında fırınlanmasıyla parça üretme yöntemidir. Toz metalürjisini diğer üretim yöntemlerine kıyasla ilgi çekici kılan avantajları karmaşık şekilli ve düşük boyutsal toleransa sahip parçaların üretilebilirliğinin yanı sıra üretimin yüksek kalitede ve ekonomik oluşu, nispeten düşük enerji tüketimi ve malzeme verimliliğinin yüksek olmasıdır (Fayed ve Otten, 1997; German, 1994; German, 2007; Chang ve Zhao, 2013). TM üretim yöntemi ile kontrol edilebilir gözenekli yapıya sahip metaller de seri olarak üretilebilir. Bu üretim yöntemi genel olarak uygun karışım oranlarına sahip metal tozlarının bir karıştırıcı ile karıştırılması ve ardından bir kalıp içerisine preslenmesi esasına dayanır (Froes ve ark., 1980; Qian ve Froes, 2015).

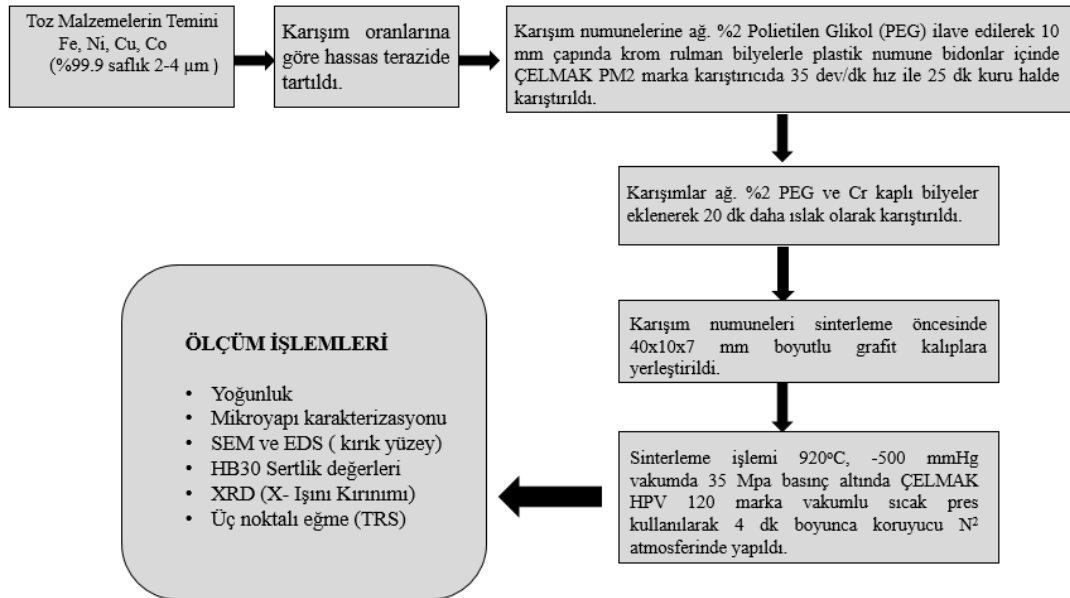
Toz formlardaki kobalt (Co) elmaslı kesici takımların metal matris bileşimlerinde kullanılan esas metal malzemelerindedir. Çünkü kobalt, bu tür elmas tutucu metal matrislerin aşınma dayanımı ve elmas tutma kapasitesi gibi çok önemli iki fonksiyonel özellik parametresinin değerlerini artırmaktadır (Konstanty, 2021; Konstanty ve Tyralla, 2021). Bunların yanı sıra, diğer metallerden ayrı olarak kobalt tozları çok değişik türlerde tane büyüklüklerine, tane şekilleri, tane dağılımları ve

kimyasal saflıklara sahip olabildiğinden eklendikleri matrislerin fonksiyonel parametrelerini geniş skalalarda kontrol etme ve ayarlanabilme imkânı sunmaktadır. Yine teorik yoğunluğa kısmen daha düşük sıcaklık ve basınç koşulları altında yapılan sıcak presleme işlemleriyle ulaşılmasını sağlayarak maliyeti düşürmesi kobalt kullanımının bir diğer avantajıdır (Konstanty, 2021; Konstanty ve Tyralla, 2021). Elmaslı kesici takımlarda kobaltın görevi matrisin tok ve dayanıklı olmasını sağlamaktır. Dünya çapında üretilen kobalt tozunun %75'i kesici ve elmaslı takım endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu da her yıl 3500 ton civarlarındadır. Fakat pazar her yıl %2,7– 2,8 büyümektedir (Oishi, 1979).

Çalışmada Fe-Ni-Cu matris malzemesine ağırlıkça farklı oranlarda (%10-20-30) Co takviye edildi. Numuneler 4 dk boyunca argon gazı atmosferinde 35 MPa basınç altında ve 920 °C sıcaklıkta sinterlendi. Daha sonra numunelere sertlik, yoğunluk ve üç nokta eğme deneyleri yapıldı. Mikro yapıdaki analizleri irdelemek amacıyla SEM (taramalı elektron mikroskobu), EDS ve XRD yapıldı. Üç noktalı eğme mukavemeti ve % uzama değerleri, artan Co katkısı ile azaldı. SEM analizinde kobaltın katkı oranı arttıkça porozite çukurlarının azalmış olduğu görüldü ancak üç kat (%30 Co) katkıyla olsa da tamamen azalmayıp yer yer derinleşmiş çukur ve oksitleşmelerin olduğu görüldü.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında kullanılan %99.9 saflıktaki Fe, Ni, Cu ve Co elementel tozları piyasadan ticari olarak temin edildi. Deneyde Direkt Dirençli Sıcak Presleme tekniği ile 4 dakika süre boyunca 35 MPa basınç altında 920 °C'de sinterlenerek 40x10x7 mm boyutlarında numuneler üretildi. Şekil 1' de deneyde kullanılan akış şeması ve yapılan ölçüm işlemleri verilmiştir. Deneyde kullanılan numune kodları ve numune içerikleri ise Çizelge 1'de verilmiştir.

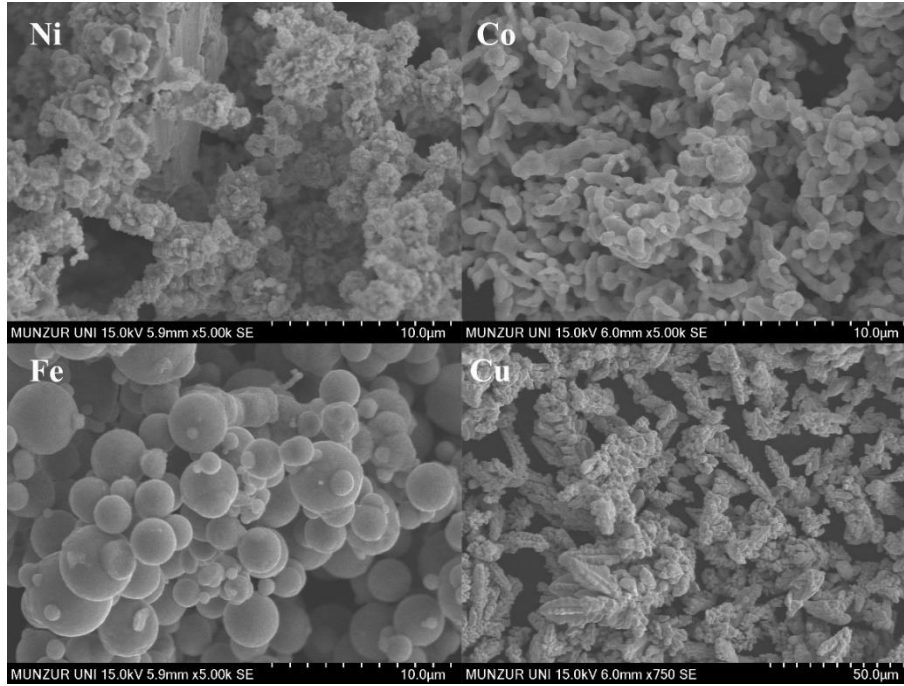


Şekil 1. Deneyel İşlem Akış Şeması ve Ölçüm İşlemleri (Güneş, 2022)

Çizelge 1. Deneyde Kullanılan Numune Kodları ve İçerikleri

| NUMUNE KODU | NUMUNE İÇERİĞİ |
|-------------|------------------------|
| N0 | % 85 Fe+% 10 Ni+% 5 Cu |
| N1 | N0+% 10 Co |
| N2 | N0+% 20 Co |
| N3 | N0+% 30 Co |

Matrisi oluşturan %85 Fe-%10 Ni-%5 Cu (% ağı.) oranında olan toz karışımı hazırlanarak ağırlıkça farklı oranlarda (%10-%20-%30) Co tozu matrise eklendi. Deneyde kullanılan tozların Taramalı Elektron Mikroskobu görüntüleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Deneyde Kullanılan Tozların Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (Güneş, 2022)

Numuneler soğuk presleme işlemi yapılmadan önce direkt grafit kalıp içerisinde üretildi. İlk olarak katkı elementlerinin % bileşimine göre teorik öz kütleleri hesaplandı. Numuneler 0,1 gr hassasiyetinde tartıldı. Ardından toz karışımları preslenmek için grafit kalıplara yerleştirildi. Numunelerin sıcak presleme işleminde; kütle kaybının oluşmaması, grafit kalıba yapışmaması ve kalıptan zarar görmeden çıkartılabilmesi için kalıplara sıvı formda bor nitrür sürüldü. Üretilen numunelerin yüzeyleri 180 mesh su zımparası kullanılarak kir, kalıntı ve çapaklardan arındırıldı. Numuneler epoksi reçine içine alınarak 180, 300, 400, 600, 800, 1200 ve 2000 mesh’lik su zımparasıyla zımparalandı. Zımparalanan numuneler elmas pasta ve etil alkol kullanılarak parlatıldı. Parlatılan yüzeyler $5\text{HNO}_3+5\text{CHCOOH}+1\text{H}_3\text{PO}_4+11\text{H}_2\text{O}$ dağlayıcısı kullanılarak mikro yapı incelemesine hazır hale getirildi. Sertlik değerlerinin elde edilmesi için numunelerin her iki yüzeyinden HB30 Brinell sertliği cinsinden ölçümler yapıldı. Her bir numuneden 6 adet sertlik değeri alındı ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınıp sertlik değerleri belirlendi. Yoğunluk ölçümü, Arşimet prensibine göre ASTM B-311 standardına uygun olarak yapıldı. Üç noktalı eğme testi ASTM B 528-16 standartları temel alınarak 1 mm/dk hızında 20 mm alt destek boşluğunda gerçekleştirildi. SEM analizi numunelere epoksi reçine kalıptan çıkarmadan elektriği iletmesi için parçaya bir bakır kablo bağlanarak yapıldı.

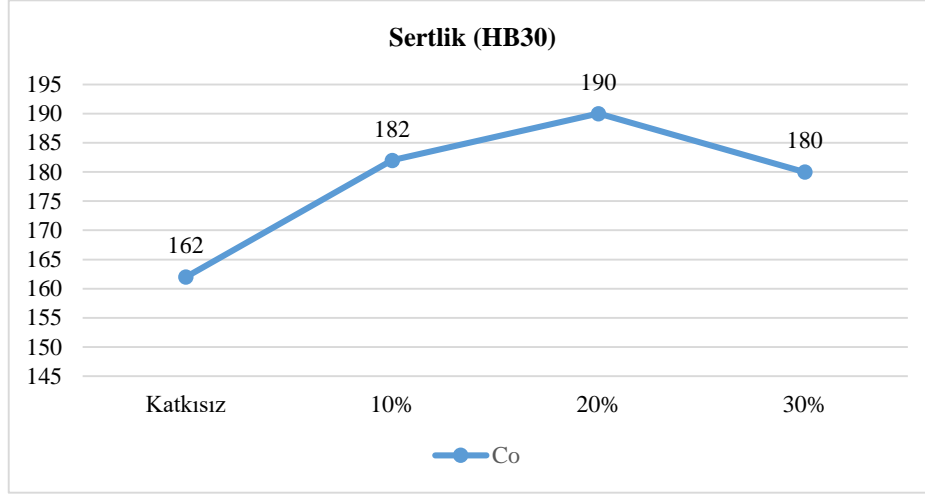
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sıcak presleme tekniği ile üretilen numuneler; sertlik, yoğunluk, mikro yapı, 3 noktalı eğme ve XRD açısından yorumlanmıştır.

3.1 Sertlik Ölçüm Sonuçları

Brinell cinsinden yapılan sertlik ölçüm sonuçları Şekil 3’te verilmiştir. Matrisin (%85 Fe+%10 Ni+%5 Cu) ortalama sertlik değeri 162 Brinell olarak ölçüldü. Co elementinin ilave edilmesiyle N1,

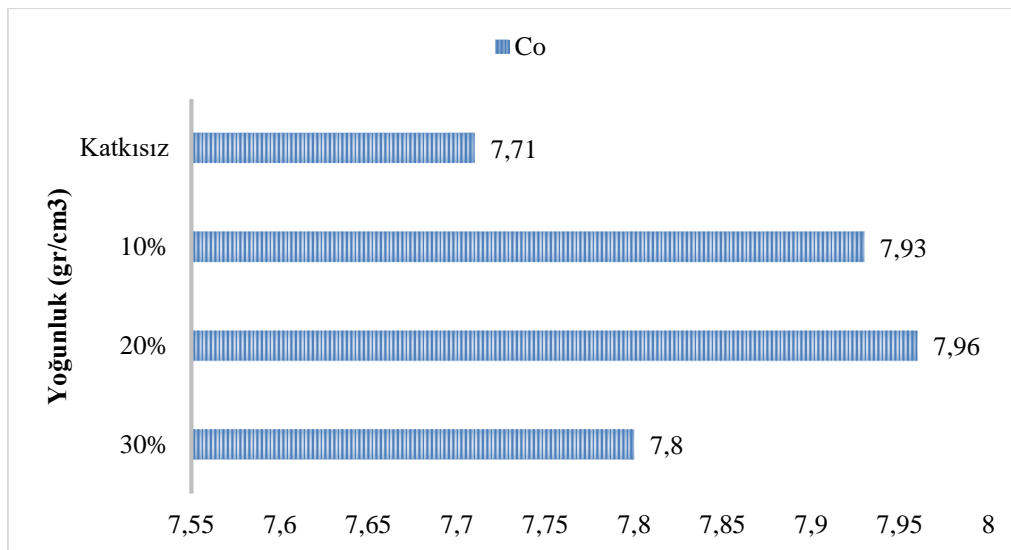
N2 ve N3 numunelerinin sertlik değerleri sırasıyla 182, 190 ve 180 Brinell olarak belirlendi. Soketin sertliğinin kullanıldığı yere uygun olması kesici takımlarda oldukça önem teşkil eder. Yapılan bu çalışmada; Co ilavesi ile bu durumun elde edilmesi istendi. Kobaltın (Co) tane boyutu 2 μm , sertliği ise 700 Brinell dir. %30 Co katkılı olan N3 numunesinde sertliğin azaldığı görüldü. Kobalt katkısı ile sertlik sonucunun artarak azalması tane boyutuna bağlı olarak sinterleme sırasında poroziteye neden olmasındır.



Şekil 3. Numunelerin artan Co oranına karşılık sertlik grafiği

3.2 Yoğunluk Ölçüm Sonuçları

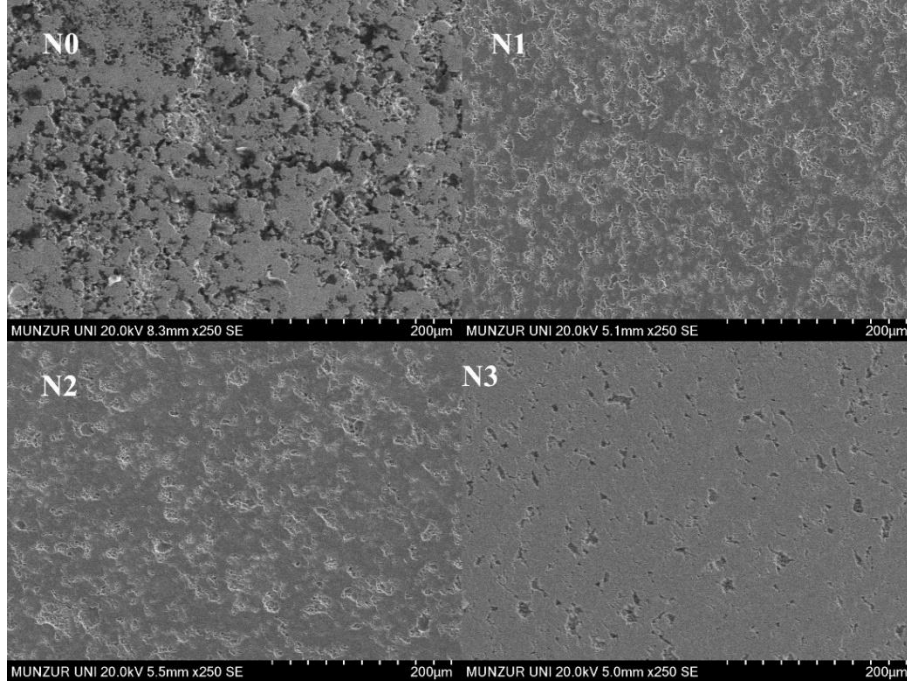
Numunelerin ASTM B 311 standardı ve Arşimet prensibine göre yapılan yoğunluk ölçüm sonuçları Şekil 4'te gösterildiği gibidir. Bu grafiğe göre % Co katkılama oranı arttıkça yoğunluk önce artmış daha sonra eksponansiyel olarak azalmaya başlamıştır. Matris malzemesinin (%85 Fe+%10 Ni+%5 Cu) yoğunluk değeri 7.71 gr/cm^3 iken Co katkılı N1, N2, N3 numunelerinin yoğunluk değerleri sırasıyla 7.93 , 7.96 ve 7.81 gr/cm^3 olarak belirlenmiştir. Artan Co oranı ile yoğunluk değerinde artış beklenirken %30 Co katkılı numunede azalmanın meydana geldiği görülmüştür. Bunun nedenini tane boyutuna bağlı olarak Co'nun yapı içerisinde %20 oranından sonra daha fazla poroziteye neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Numunelerin katkılama oranına bağlı yoğunluk değerleri

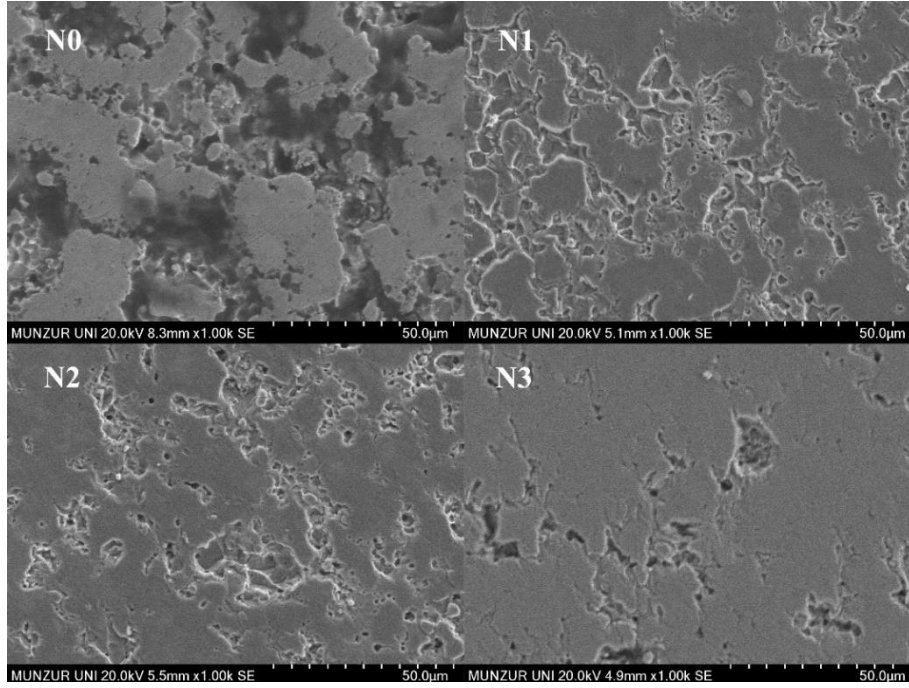
3.3 Mikroyapı İncelemeleri

Co elementinin mikroyapı etkisini analiz edebilmek için 250X ve 1000X büyütmelerde SEM görüntüleri alınmıştır. N0 numunesi ile Co katkılı N1, N2 ve N3 numunelerinin 250X büyütmedeki SEM görüntüleri Şekil 5’te verilmiştir. Artan takviye oranına bağlı olarak porozite çukurlarında azalma olduğu görülmüştür. %30 takviyeli olan N3 numunesinde porozitenin tamamen azalmadığı ve yer yer derinleşmiş çukur ve oksitlerin olduğu gözlemlendi.



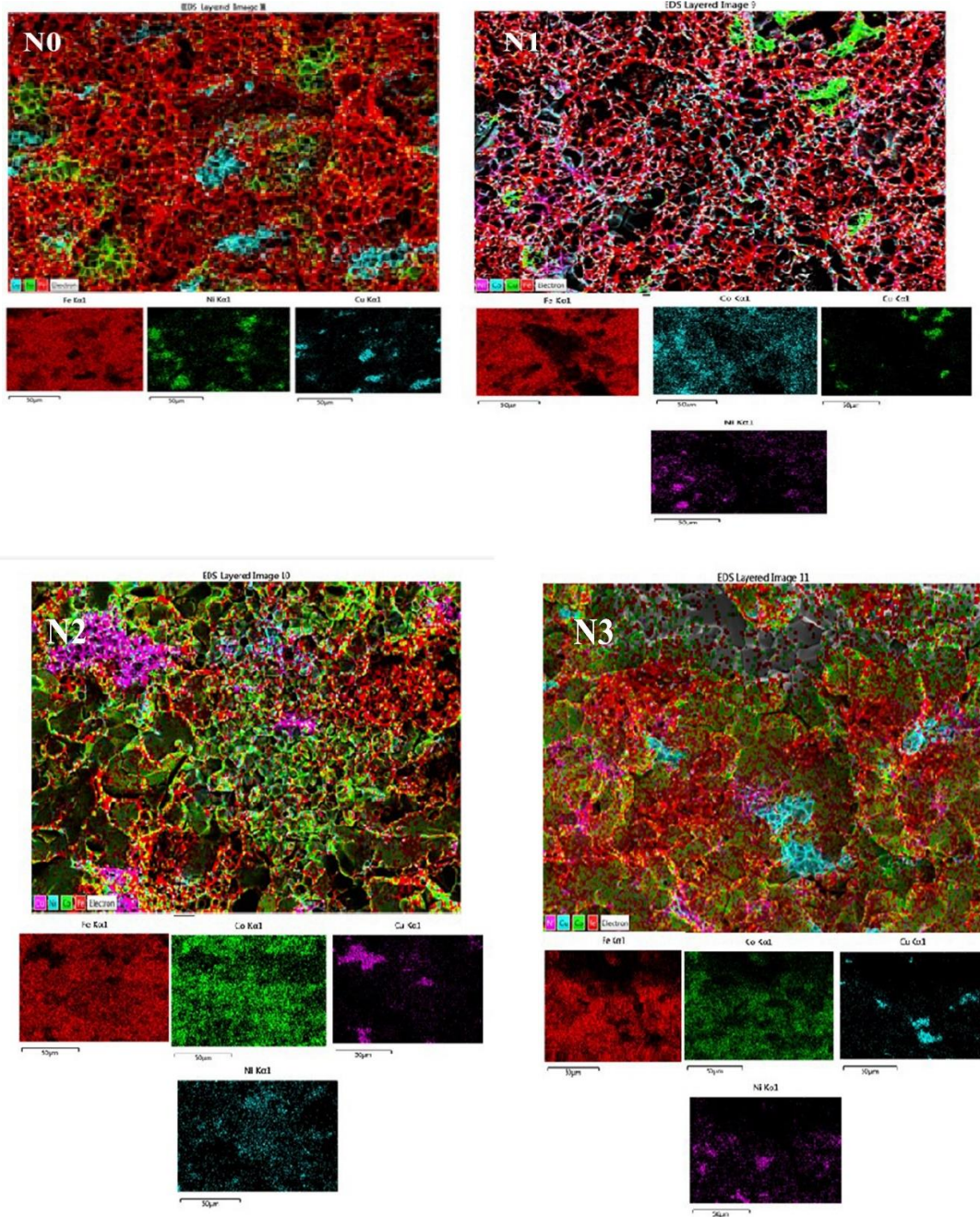
Şekil 5. Matris malzemesi olan N0 ile Co takviyeli N1, N2 ve N3 numunelerinin 250X büyütmedeki SEM görüntüleri

N0 matris numunesi ile kobalt (Co) katkılı N1, N2 ve N3 numunelerinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüleri Şekil 6’ da verilmiştir. Takviye oranı arttıkça porozite çukurlarında ve oksitlerde azalma görüldü. %30 Co ilaveli olan N3 numunesinde porozitenin azalmış olmasına rağmen derinleşmiş porozite çukurları daha ayrıntılı şekilde gözlemlendi. Karaduman ve arkadaşlarının 2019 da yapmış oldukları çalışmada porozitenin azaltılması için sinterleme sıcaklığı ve basıncın artırılmasıyla sağlanabileceğini belirtmişlerdir (Karaduman, 2019).



Şekil 6. Matris malzemesi olan N0 ile Co takviyeli N1, N2 ve N3 numunelerinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüleri

Numune gruplarının referans N0 matris numunesi ile karşılaştırmalı kırık yüzey EDS görüntüleri Şekil 7’de verilmiştir. N0 referans numunesinin EDS görüntüsünde kırmızı yerler Fe, yeşil renk Ni, açık mavi yerler Cu göstermektedir. N1, N2 ve N3 numunesinde olan Co ise turkuaz rengindedir. Görüntülerdeki koyu siyah bölgeler çatlak veya porozite boşluklarını temsil etmektedir. N0 numunesindeki renklerin dağılımı Fe esaslı FeNiCu malzemesinin kompozisyonuna uygun şekilde meydana gelmiştir. N1-N3 numunelerine ait renkli EDS görüntülerine bakıldığında tek katlı (%10) Co katkı N1 numunesine Co’ın matris içinde homojen dağıldığını ancak karanlık boşlukların ve oksitlerin fazla miktarda var olduğu görüldü. Takviye oranı iki katına (%20 Co) çıktığında irili ufaklı çok sayıda ve şekilde yerleşmiş Co (yeşil renkli) ile kaplı tanelerin olduğu gözlemlendi. Bu durum yoğunluğu arttırmıştır. Kobalt oranı üç katına (%30 Co) çıkarılan N3 numunesinde, N2 (%20 Co) numunesinde gözlenen bazı küçük tanelerin irileştiği gözlenmiştir. İdeal orandan fazla takviye oranının ilavesi yoğunluğu azaltılabilen bir etken olabilmektedir. Fazla katkılamamanın tane irileşmesine neden olan yoğunluktaki eksponansiyel azalma; sertlik, eğme gerilmesi ve yüzde uzama değerlerinde de görülmektedir.



Şekil 7.Referans N0 ile kobalt katkılı N1, N2 ve N3 numunelerinin kırık yüzey EDS görüntüleri

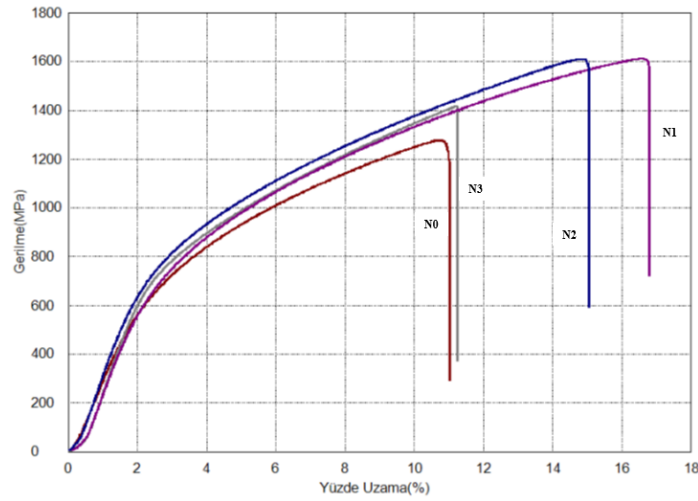
3.4 Noktalı Eğme (TRS) Deneyi Sonuçları

Şekil 8’de üç noktalı eğme sonuçları gösterilmektedir. Deney numunelerinin Gerilme (MPa) ve uzama (%) değerleri ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Üretilen deney numunelerinin Gerilme (MPa) ve uzama (%) değerleri

| Numune Adı | Gerilme (MPa) | Yüzde Uzama (%) |
|------------|---------------|-----------------|
| N0 | 1276 | 10.72 |
| N1 | 1612 | 16.60 |
| N2 | 1609 | 14.92 |
| N3 | 1417 | 11.23 |

N1, N2 ve N3 numunelerinin üç noktalı eğme mukavemetleri sırasıyla 1612, 1609 ve 1417 MPa'dır. % uzama değerleri ise 16,6, 14,92 ve 11,23 tür. Üç noktalı eğme mukavemeti ve % uzama değerleri artan Co katkısı ile azalmaktadır. Co toz metalurjisi için önemli matris metallerinden biridir. Özellikle 2 mikron boyutundaki Co, tane boyutu ıslatabilme kabiliyeti ve mekanik özellikleri bakımından matrisin eğme mukavemetinde artışa neden olmuştur (Nguyen, 2020). Fakat artan Co oranı ile üç noktalı eğme mukavemet değerinin artması gerekirken azalmaya neden olmuştur. Bu durum Şekil 6'da 1000X büyütme mikroyapı resimlerinden anlaşılmaktadır. Artan Co oranı ile yapıdaki mikro porozite sayısı azalmış ancak %30 aşırı bir Co katkılamasıyla tanelerin büyümesine ve arada kalan poroziteler içlere doğru derinleşerek toplam hacimsel yüzde porozite oranının diğer numunelerden daha yüksek olmasına neden olmuştur. Bu durum artan Co oranı ile matriste tane irileşmesinin meydana geldiğini göstermektedir (Nguyen, 2020). Fe, Ni, Cu ve Co metallerinin yüzey enerjileri arasında $Ni > Co > Fe > Cu$ şeklinde bir büyüklük ilişkisi (Tyson, 1975) vardır ve sinterleme gibi ısı işlemlerde yüzey enerjisi büyük olan metale doğru difüze (akma) eğilimindedirler (Uhlmann ve ark., 2020).

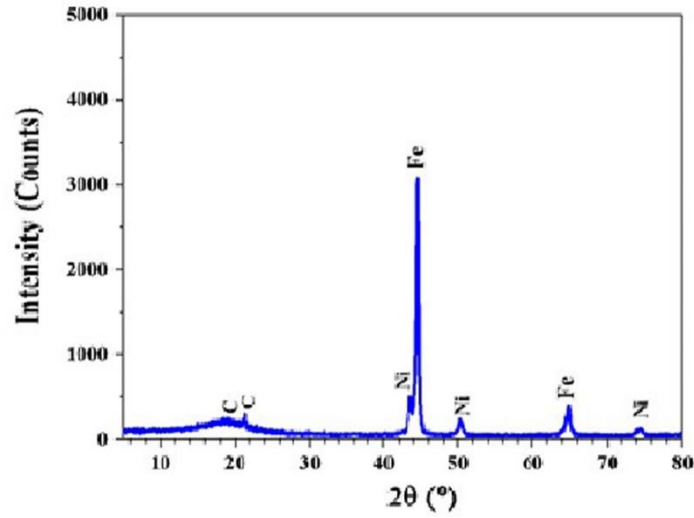


Şekil 8. N0, N1, N2 ve N3 numunesinin 3 noktalı eğme deneyi sonucu grafiği

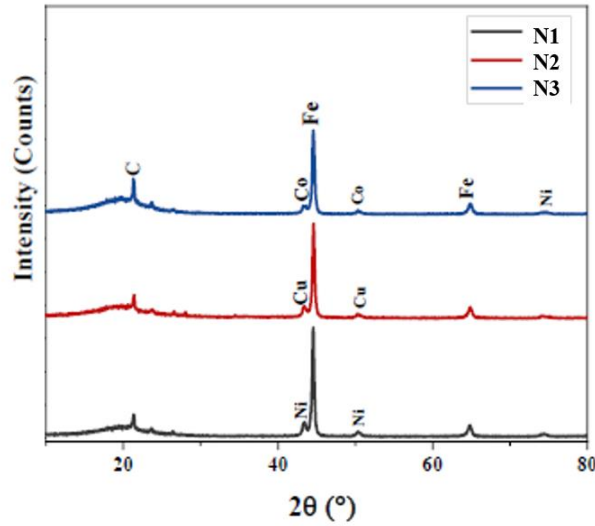
3.5 XRD Ölçüm Sonuçları

Sinterleme sonrası elde edilen X-ışını kırınım desenlerini gösteren XRD grafikleri Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir. Elde edilen tüm numune XRD desenlerinde gözlenen en yüksek pikler (110) atomik kayma düzlemlili α -faz (bcc) yapısındaki Fe demir (ferrit) pikleridir (Jamrozek, 2020; Li, 2016; Konstanty, 2021; Konstanty ve Tyralla, 2021). Bunun sebebi demirin tüm numunelerde kütlece oldukça baskın oranda kullanılmasıdır. Bu ana demir piklerinin haricinde başka yönelimli (Miller düzlem indisli) demir ve diğer element esaslı intermetalik ara faz veya bileşik yapıları pikler de gözlenmiştir. Yine bütün numunelerde ikinci en çok miktarda bulunan temel alaşım metali olan nikel (Ni) pikleri de tüm grafiklerde belirmiştir. Tüm numunelerde kullanılan temel alaşım bileşeni olan bakır (Cu) elementi miktarı az oranda olduğundan Cu pikleri yalnızca bazı numunelerde gözlenebilmiştir. Bunlardan ayrı olarak yine tüm numunelerde 20° civarlarında bir veya iki adet küçük sığ karbon (C) pikleri gözlenmiştir ki bu karbon piklerinin XRD ölçümü hazırlığında numunelerin kaplandığı reçine maddesindeki karbon esaslı bileşiğe ait olduğu düşünülmektedir. N1-N3 numunelerinde kobalt (Co) elementleri kullanıldığından bu elementlere ait piklerin oluştuğu da gözlenmiştir. Tüm numuneler arasında ise en az polikristal yapıda (Ghosh, 2018) olan referans N0 numunesidir, diğerlerinde ise dahil olan element sayısı ve miktar çeşitliliğinin artışına bağlı olarak ara

faz veya bileşik oluşumlarının sayısı ve çeşidi artmıştır. Bu tane küçülmeleriyle birlikte oluşan küçük fazlı yapılar (polikristal yapılar) elmas tutucu matrislerin elmas tutma kapasitelerini (Çelik, 2009) veya performanslarını artıran bir durumdur.



Şekil 9. Üretilen N0 numunesinin XRD grafiği



Şekil 10. Üretilen N1, N2 ve N3 numunesinin XRD grafiği

4. SONUÇ

Çalışma kapsamında Fe esaslı Fe-Ni-Cu matris içerisine ağırlıkça %10-%20-%30 oranlarında Co takviye edilerek sıcak presleme tekniğiyle numuneler üretildi. Deneyle elde edilen sonuçlar aşağıdaki verildiği gibidir.

- Numunelerin HB30 sertlik değerleri kobalt ilavesi ile eksponansiyel olarak artarak azalmıştır. %30 Co ilavesi ile artmadan sonra azalma meydana gelmiştir.
- Yoğunluk verileri irdelendiğinde Fe-Ni-Cu matrise kıyasla %10 Co takviyesi ile artış meydana gelmiş, %20 Co oranında artış devam etmiştir. Ancak takviye oranı %30 olduğunda bir miktar azalma görülmüştür.
- En yüksek porozite %30 Co takviyeli numunede gözlenmiştir.

- SEM ve kırık yüzey renkli EDS görüntülerinde kobalt ilavesi ile tane irileşmesi görülmüştür.
- %10 Co takviyeli numunede eğme dayanımları ve yüzde uzama değerleri katkısız numuneye göre arttığı görülmüş ve bu artış artan Co oranıyla azalmıştır.

5. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

6. YAZAR KATKISI

İlyas SOMUNKIRAN, Ertuğrul ÇELİK, Büşra TUNÇ ve Çağdaş GÜNEŞ çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması, fikrinsel içeriğin eleştirel incelenmesi ve son onay ve tam sorumluluk kısmında katkıda bulunmuştur.

7. KAYNAKLAR

- Aronsson B., On the origins and early growth of stainless steel: A survey with emphasis on the development in Sweden. Outokumpu Stainless research foundation, 2010.
- Kulaksız S., Doğaltaş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, No: 126, 624, 2007.
- Burgess R. R., Man-made diamond for stone processing, Proc. 1st Technical Symposium, Bucharest, Romania, October 5-6, 1978.
- Thakur U. N., The role of metal powders in manufacturing diamond tools. Proc. Superabrasives'85, Chicago, Illinois, USAS April 22-25, MR85-307, 1985.
- Dwan J. D., HP/HT manufacturing of diamond, www.nantech.ie., 1998.
- Hamar-Thibault S., Allibert C. H., Tillman W., Phase constitution of Cu₇₇Sn₈Ti₁₄Zr₁ as a binder for diamond tools, Proc. International Workshop on Diamond Tool Production, Turin, Italy, November 8-10, 1999, pp: 57-64.
- Gasik M. M., Kervinen Po., Kaskiala M., Graf P., In situ sintering studies of cobalt powders for diamond tools, Prac, International Workshop on Diamond Tool Production, Turin, Italy, November 8-10, 1999, pp: 107-112.
- Cram A. S. D., Hot isostatic pressing, Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland, November 2-3. 1995.
- Ojeda R. G., del Villar M., Muro P., Iturriza L., Castro F., Densification of diamond tools with Co, Ni and Fe based metallic binders, Proc. PM World Congress & Exhibition, Granada, Spain, 1998, pp: 481-486.
- Samvelion R.V., Manoukion N.V., Extrusion for diamond tool production, Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland, November 2-3, 1995.
- Grüneis H. T., Sintering and brazing all in one, Industrial Diamond Review, No. 25, 45-47, 1998.
- Schmid H. G., Diamond tool production using the DIAPLATE process. Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland, November 2-3, 1995.
- Fiechter A., Schneiden und Schweissen mit gepulsten Nd:YAG Laser, Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland, November 2-3, 1995.

- Fayed M. E., Otten L., Handbook of Powder Science and Technology. New York: Chapman & Hall,1997.
- German R., Powder Metallurgy Science. New Jersey: Princeton, 1994.
- German R., Toz metalurjisi ve Parçacıklı Malzeme İşlemleri. Ankara: TTMD Yayınları, 2007.
- Chang I., Zhao Y., Advances in Powder Metallurgy: Properties, Processing and Applications. Woodhead Publishing, 2013.
- Froes F. H., Eylon D., Eichelman G. E., Burte H. M., Developments in titanium powder metallurgy. JOM, 32(2), 47-54, 1980.
- Qian M., Froes F. H., Titanium powder metallurgy: science, technology and applications. Butterworth-Heinemann, 2015.
- Konstanty J., Sintered diamond tools the past, present and future. Archives of Metallurgy and Materials 66(2), 593-599, 2021.
- Konstanty J., Tyrala D., Easily sinterable low alloy steel powders for P/M diamond tools. Metals, 11(8), 1204, 2021.
- Oishi M., Prospects for cobalt demand. Cobalt News 5 January 11-14, 1979.
- Güneş Ç., Ni Esaslı Katkı Malzemelerinin Matris Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış), 2022.
- Karaduman O., Structural and thermodynamical study of Cu-Zn-Al shape memory alloys with new compositions produced by hot isostatic press (HIP). In AIP Conference Proceedings, 2178(1), 30-40, 2019.
- Nguyen V. M., Spark plasma sintering of cobalt powders in conjunction with high energy mechanical treatment and nanomodification. Processes, 8(5), 627, 2020.
- Tyson W. R., Surface energies of solid metals. Canadian Metallurgical Quarterly 14(4), 307-314. 1975.
- Uhlmann E., Polte M., Bolz R., Börnstein J., Fundamental research of applying tungsten carbide-cobalt as tool electrode material for sinking EDM. Procedia CIRP, 95, 466-470. 2020.
- Jamrozek J. B., Processing and characterization of Fe-Cu-Ni sinters prepared by ball milling and hot pressing. Arch. Metall Mater, 65(3),1157-1161, 2020.
- Li M., Fabrication of Fe-based diamond composites by pressureless infiltration. Materials 9(12), 1006, 2016.
- Ghosh B., Defect induced room temperature ferromagnetism in single crystal, polycrystal, and nanorod ZnO: A comparative study. Journal of Applied Physics 123(16), 161507, 2018.
- Çelik E., Elmaslı kesici takımlarda alternatif bağlayıcılar, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış), 2009.