

# St52 ÇELİĞİNİN TIG KAYNAK YÖNTEMİ İLE WC TAKVİYELİ TOZLA KAPLANMASI

*İhsan Kırık 1, Zulküf Balalan 2, Yunus Andan 3, Mehmet Yaz 4*

Original scientific paper

Bu çalışma; TIG kaynak yöntemi yardımıyla, farklı oranlarda Co-Cr esaslı WC takviyeli tozları kullanarak St52 çeliğinin yüzeyine kaplanması amaçlanmıştır. Farklı özellikteki çelik alt tabakaları üzerine WC-Co-Cr toz karışımları belirlenen oranlarda önceden yerleştirildi ve TIG kaynak işlemi ile kaplama işlemleri yapıldı. Farklı özellikteki kaplama tabakaları çelik alt tabakaya yoğun ve neredeyse hiç gözenek olmadan metalürjik bir bağlanma gösterdi. Kaplamaların mikro yapı ve faz analizi için, taramalı elektron mikroskobu (SEM), EDS ve X-Ray incelemeleri yapıldı. X-ışın kırınımı incelemesi sonucu, kaplamalarda WC' lerce zengin düzensiz dağılımlı ötektik yapılarla birlikte birincil dentritik fazlarında olduğu gözlenmiş, ayrıca WC-Co-Cr kaplamaları WC ve W2C ile CrC ve Cr3C2 karbürleri ile Kobalt, Nikel, Karbonun düzensiz dağılım gösteren fazlarından oluşmuştur.

**Anahtar kelimeler:** WC-Co-Cr, TIG kaplama, St52

## 1 Giriş

Aşınma, korozyon ve diğer mekanik-fiziksel özelliklerinin daha iyi olması nedeniyle özellikle son birkaç yılda seramik takviyeli metal matrisli kompozit kaplamaların kullanımı ve geliştirilmesi birçok araştırmacının ve sanayicinin ilgisini çekmiştir. Metal matrisli kompozit (MMC) kaplama üretmek için; plazma sprey, lazer kaplama, tungsten inert gaz ve yüzey alaşımlama gibi uygulama alanı bulmuş birçok yöntem kullanılmaktadır. [1-5]. Bu yöntemler içinde en pratik ve fazla maliyet gerektirmeyen TIG kaplama yöntemidir. Ayrıca, TIG kaplama işlemi, lazer, plazma ve elektron ışın kaynağı gibi yöntemlerle karşılaştırıldığında daha derin bir ergime noktası sunması, atmosferik ortamda kullanımı çok daha kolay olmasıyla ön plana çıkmakta ve dahası diğer proseslere göre kaplamanın kalınlığını, kimyasal bileşimini ve özelliklerini kontrol etme imkânı da sunmaktadır [6-10]. TIG kaplama ya da alaşımlama yöntemi altlık malzeme yüzeyine yerleştirilen toz karışımlarını ergiterek yüzey özelliklerinin geliştirildiği ve metalik malzemelere seramik kaplama içinde alternatif bir yöntem olarak görülmektedir. [11-13].

MMC kaplamaları karbürlerin sert özellikleri ile metallerin tokluk özelliklerini aynı malzemede tutmak için geliştirilmiş ve metal karbür partiküllerinin matrisle kazandırdığı dayanım ve sertlik değerleri bakımından oldukça dikkat çekmiştir. Özellikle sertliğinin yüksek olması, aşınma direncinin iyi olması, erime sıcaklığının yüksek olması ve kararlı bir yapı göstermesinden dolayı WC mühendislik uygulamalarında kaplama malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır [10-14]. Metal yüzeyine ergitme ile WC esaslı metal matrisli kompozit kaplamalar yüksek sertlik ve aşınma dirençleri nedeniyle havacılık, otomotiv, petrol, elektrik ve makine imalatı gibi geniş bir sektör yelpazesinde yaygın kullanım alanı bulmuştur. Yapılan araştırmalarda farklı metal alt tabakaların yüzey özelliklerini geliştirmek için TIG kaplama işlemi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır [15-17]. TIG yüzey kaplama işlemiyle, dolgu metali veya önceden yerleştirilen tozlarla çeliklerin yüzeyine Cr3C2, TiC, SiC, B4C ve WC gibi sert seramik taneleri eklenerek, sertlik, aşınma ve korozyon dirençleri önemli derecede

gelişmiş kaplama tabakaları üretildiği görülmüştür [16-19]. St 52 çeliği otomotiv ekipmanlarında, makine parçalarında, millerde ve imalatın birçok parçasında kullanılır. C değerinin düşük olmasından dolayı kaynak kabiliyetleri yüksek olan BU çelikler karbonitrasyona ve nitrasyon gibi (yüzey sertleştirme) işlemine uygun çeliklerdir.

Yapılan literatür incelemelerinde çeliklerin yüzeyine WC-Co-Cr tozlarının termal püskürtme yöntemleri plazma sprey ve lazer kaplama kullanılarak yapıldığı, ancak bu yöntemlerin donanım olarak maliyetlerinin yüksek olması, pratik olmamaları gibi dezavantajlarından dolayı bunlara alternatif olabilecek neredeyse hiç yapılmamış olan St52 çeliği, WC-XCo-XCr tozları ve TIG kaplama yöntemi seçildi.

TIG kaynak yöntemi kullanılarak St52 çeliklerinin yüzeyine farklı oranlarda Co-Cr esaslı WC takviyeli tozların kaplanması daha önce hiç çalışılmadığı dolayısıyla bu çalışmada farklı özelliklere sahip olan çelik yüzeyine WC-XCo-XCr kaplanması ve karakteristik özellikleri açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

## 2 Deneysel yöntem

Bu çalışmada kullanılan St52 çeliklerinin kimyasal içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Kompozit kaplamalarda ise WC-XCo-XCr tozları Tablo 2' de verilen toz oranlarında, çelik bilyelerle 3 saat sürede, 120 rpm' de mikserlenen toz karışımları kullanıldı. St52 çeliklerine Şekil 1'de verilen ölçülerde bir kama oyuğu halinde açılan kanalın iç kısmı, olabilecek kir ve atıktan arındırmak için alkol ile temizlendi. TIG Kaplama işlemi 130 A akımda, 0.6 mm.s-1 hızında ve tek pasoda yapıldı.

Kaplama sonrası numuneler kaplama tabakasına dik doğrultuda kesildikten sonra standart zımparalama-parlatma işlemlerinden geçirildi ve 10gr FeCl3 +50ml HCl+10mlHNO3 +100ml alkol çözeltisi ile dağlandı. Kaplama bölgesinin mikroyapı incelemeleri için SEM, EDS ve X-Ray analizleri yapıldı. Yüzeyden esas malzemeye doğru mikrosertlik testleri Vickers sertlik testi ile yapıldı.

**Tablo 1.** St 52 çeliğinin kimyasal kompozisyonu

| Alaşım | C        | Si        | Mn      | P    | S    | Fe   |
|--------|----------|-----------|---------|------|------|------|
| St52   | Max. 0.2 | Max. 0.55 | Max.1.5 | 0.04 | 0.04 | Kal. |

**Tablo 2.** Kaplama olarak kullanılan WC-Co-Cr tozlarının kimyasal bileşimleri ve deney tasarımı (ağırlık olarak %).

| Numune No | Kaplama |       |      | Altık |
|-----------|---------|-------|------|-------|
| S1        | %83WC   | %17Co | -    | St 52 |
| S2        | %79WC   | %17Co | %4Cr | St 52 |
| S3        | %88WC   | %12Co | -    | St 52 |

### 3 Sonuçlar ve tartışma

#### 3.1 Kaplama Morfolojileri

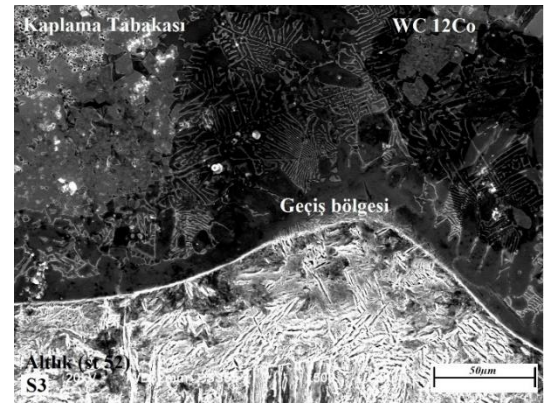
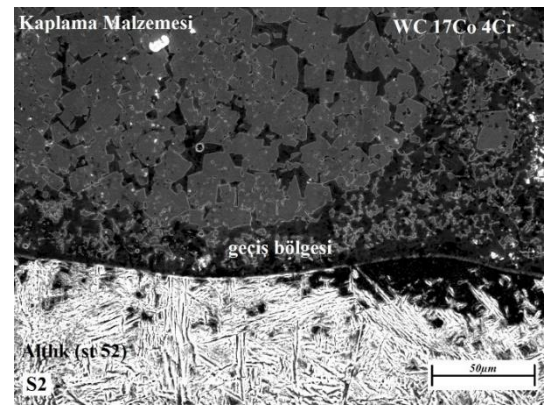
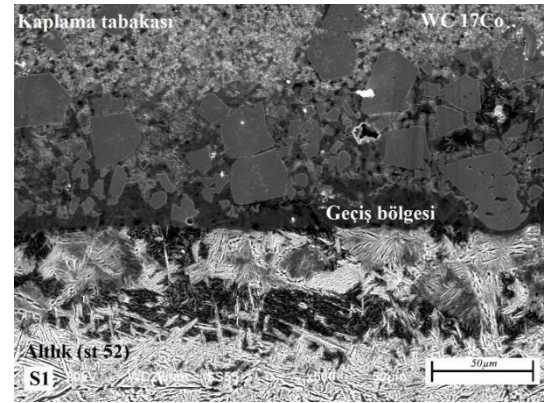
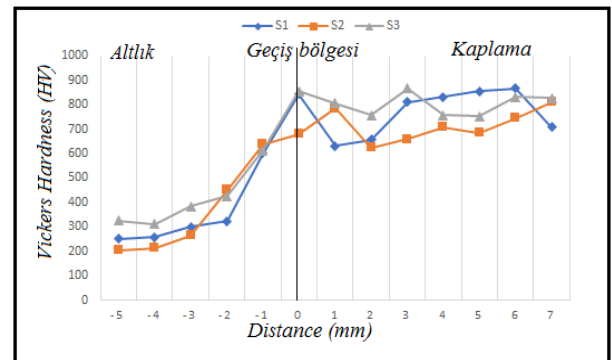
TIG kaplama yöntemi ile WC+XCo+XCr tozları kullanılarak kaplanan S1, S2 ve S3 nolu numunelere ait mikroyapı SEM görüntüleri Şekil 1' de sırasıyla verilmiştir. Alaşım derinliği ve karakteristik özelliklerinin kaplama tozlarının oranlarına ve türlerine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. SEM görüntülerinde her ne kadar mikro boşluklar olsa da herhangi bir çatlama söz konusu olmamıştır.

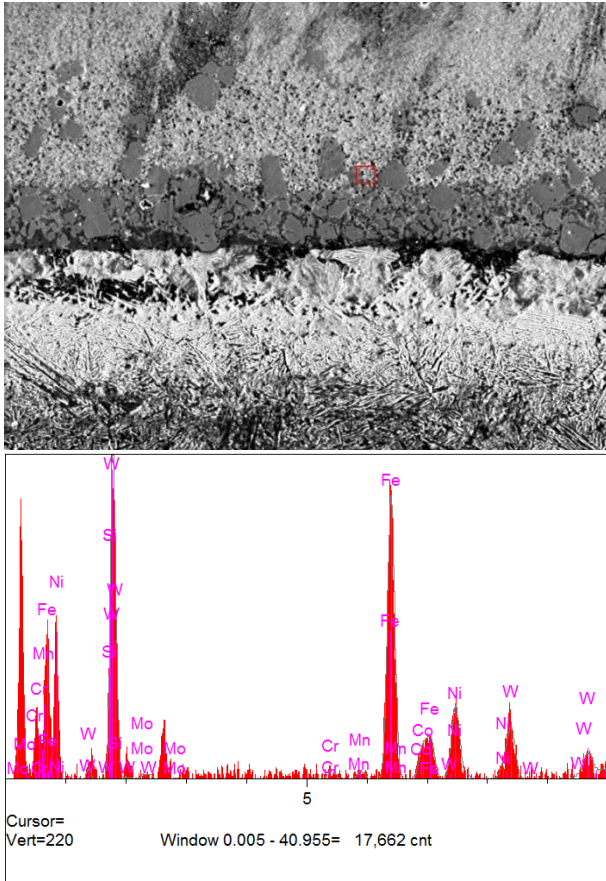
Farklı toz oranları ve karışımın etkileri kaplama yüzeyinden altık malzemesine doğru değişimler gösterdiği ve çok farklı bölgeler oluştuğu görülmektedir. Bu resimlerden de açıkça görüldüğü gibi S1nolu numunede (WC+17Co) WC'lerin geçiş bölgesine yakın ve daha tercihli bölgeler oluşturduğu görülmüştür. Co oranının %4 azaltılmasıyla kaplanan S3 (WC+ 12Co) nolu numunede WC parçacıklarının birbirine yakın ve daha büyük kütleler halinde katılaşma sergilediği ancak, ara bölgelerden serbest kalan Co ise altık malzeme ile alaşım oluşturduğu düşünüldüğünde büyük dendritik bir katılaşmanın oluştuğu görülmektedir. Ancak WC ve Co tozlarına ilave olarak %4 Cr tozlarının eklenmesi ile kaplanan S2 nolu numunede Cr ilave edilmeden kaplanan numunede görülen dendritik yapının neredeyse hiç görünmediği, WC parçacıklarının geçiş bölgesinden uzaklaşarak yüzeyde biriktiği, bu birikimin istenen bir sonuç olduğu ve görüleceği üzere düşük karbon ve sertliğe sahip St52 malzemesinin sertlik ve aşınma dayanımına etkisinin büyük olacağı kesindir.

#### 3.2 Mikro-sertlik

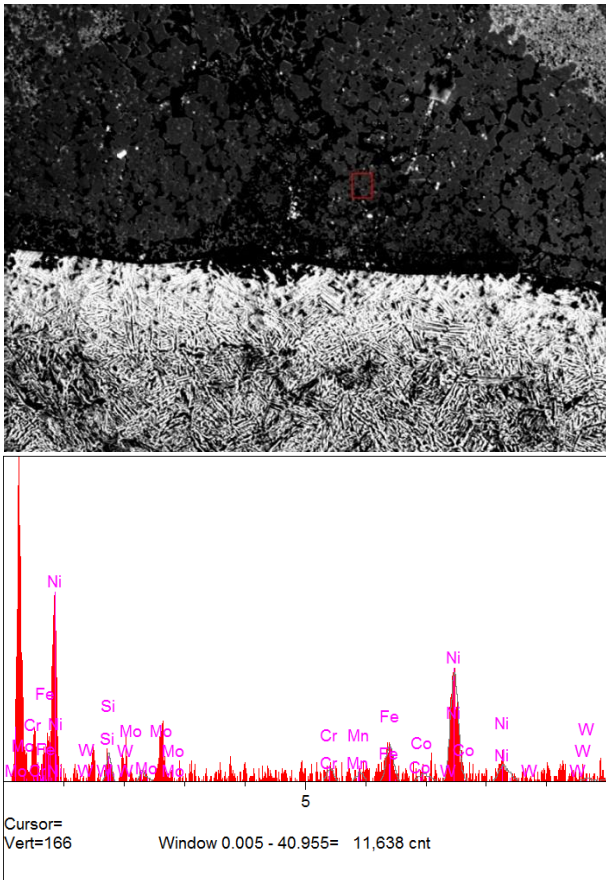
Bu çalışmada kaplama katmanının sertlikleri mikrosertlik cihazında ve 0.5 mm aralıklarda alındı. Derinlik boyunca kaplama katmanının sertlik değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Sertlik değerlerinden de açıkça görüldüğü gibi her üç kaplamanın da hemen hemen benzer sertlik değerlerine sahip olduğu, aralarındaki farkın %10 ve altında kaldığı çok fazla bir fark olmadığı, ancak kaplama

bölgelerinin sertliklerinin esas malzemenin sertliğinin 3 katı civarında olduğu görülmüştür. Bütün kaplamalar için, mikroyapı da çok büyük farklar olmasına rağmen mikrosertlik değerlerinde pek fazla bir farklılığın olmaması dikkat çekmiştir.

**Şekil 1.** S1, S2 ve S3 nolu numunelere ait mikroyapı SEM resimleri**Şekil 2.** Kaplama yüzeyinden altık malzemesine doğru S1, S2 ve S3 numunelerinden alınan mikrosertlik değerleri.



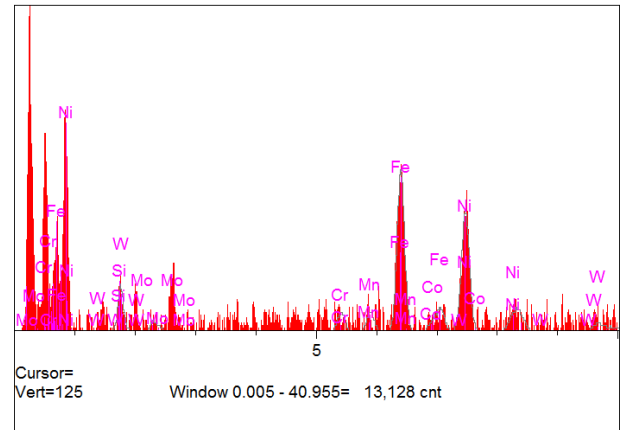
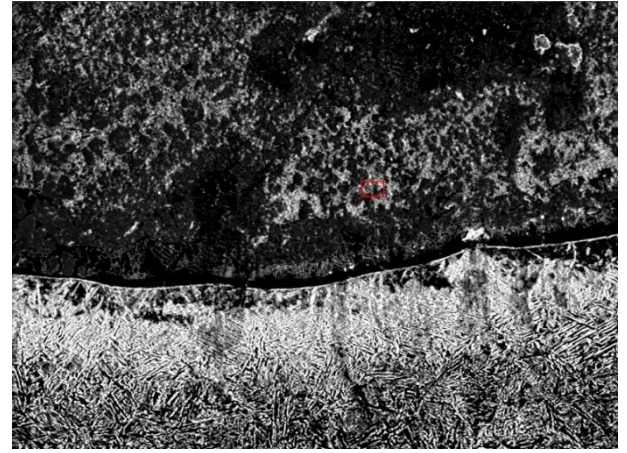
Şekil 3. S1 nolu numuneye ait kaplama bölgesinin EDS analizi



Şekil 4. S2 nolu numuneye ait kaplama bölgesinin EDS analizi

### 3. 3 EDS ve XRD sonuçları

Farklı oranlarda  $Wc+XCo+XCr$  ile birlikte TIG kaplama tekniği kullanılarak kaplanan numunelere ait EDS analizleri Şekil 3, 4 ve 5' de sırasıyla verilmiştir. EDS sonuçlarından %4 Cr ilave edilmeden kaplanan numunelerde Fe'in kaplama malzemesi ile alaşım oluşturduğu ve kaplama malzemesinde hatırı sayılır derecede var olduğu görülmektedir. Ancak WC açısından bakıldığında WC tozlarının büyük boyutlarda kaldığı ve partikül boyutlarında heterojen bir dağılımla kaplama içerisinde kendini gösterdiği görülmektedir. Cr ilavesi ile kaplama bölgesinde Fe miktarı azalmıştır. Ayrıca Co ilavesindeki azalma Fe kaplama alaşımı içindeki varlığını azaltmıştır. EDS sonuçları ile birlikte ve Şekil 6 da verilen X-Ray sonuçları analiz edildiğinde kaplama bölgesinde WC ve  $W_2C$  ile CrC ve  $Cr_3C_2$  karbürleri ile Kobalt, Nikel, Karbonun düzensiz dağılım gösteren fazlarından oluştuğu açıktır.



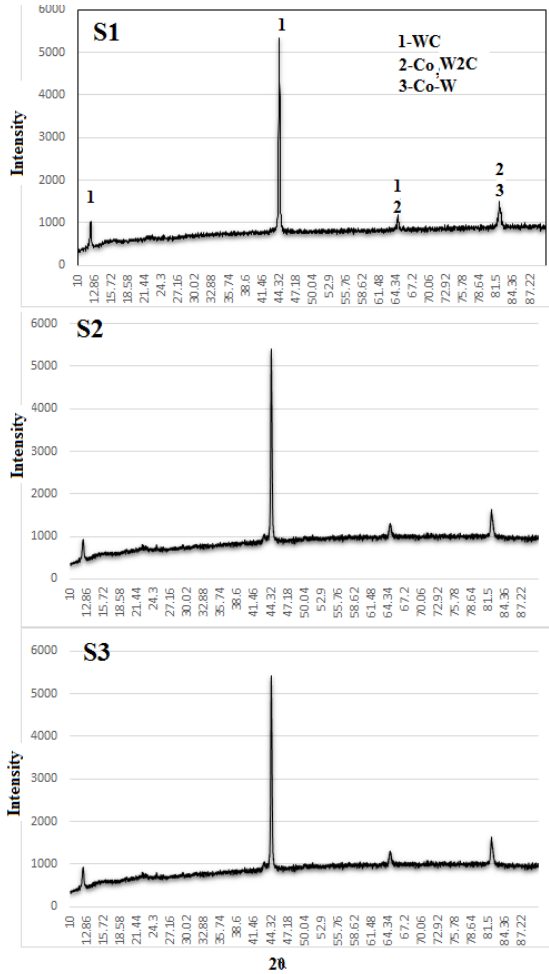
Şekil 5. S3 nolu numuneye ait EDS analizi

## 4 Sonuçlar

St52 çeliğinin TIG kaplama yöntemi ile  $WC-XCo-XCr$  kompozitinin kaplanması işlemiyle kaplama bölgesi, birleşme bölgesi, geçiş bölgesi ve ısıdan etkilenen bölgelerde kaplama tabakasının bileşimine bağlı olarak meydana gelen mikro-yapı ve mikro-sertlik özellikleri değişimleri aşağıda belirtildiği gibi sonuçlandırılmıştır.

1. Bütün numunelerin kaplama bölgesinde mikro boşluklar görüldü ancak herhangi çatlak veya büyük

ebatlı hasar gözlenmedi. Bu boşluklar farklı konsantrasyon ve termal özelliklere sahip tozların katılması esnasında oluşturdukları konsantrasyon farkından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6. Kaplamaların X-Ray analizleri

- WC ve Co tozlarına ilave olarak %4 Cr tozlarının eklenmesi ile kaplanan numunede Cr ilave edilmeden kaplanan numunede görülen dendritik yapının nerdeyse hiç görünmediği, WC parçacıklarının geçiş bölgesinden uzaklaşarak yüzeyde biriktiği görülmüştür.
- Mikro-sertlik değerlerinde her üç kaplamanın da hemen hemen benzer sertlik değerlerine sahip olduğu çok fazla bir fark olmadığı ancak kaplama bölgelerinin sertliklerinin esas malzemenin sertliğinin 3 katı civarında olduğu görülmüştür.
- Kaplama mikroyapıları WC bölgeleri ile dendritik yapılardan ve iğnemi martenzitlerden oluşmuştur, ayrıca  $Cr_3C$  karbürlerde mevcuttur.

## 5 Teşekkür

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi Tarafından BAP-SBF.2018.00.002 nolu proje kapsamından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Bingöl Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederiz.

## 6 Referanslar

- Jiandong Wang, LiqunLi, WangTao, Crack initiation and propagation behavior of WC particles reinforced Fe-based metal matrix composite produced by laser melting deposition, *Optics & Laser Technology* 82(2016)170–182,
- Hang Zhao, Jianjun Li, Zhizhen Zheng, Aihua Wang, Dawen Zeng, Yafeng Miao, The microstructures and tribological properties of composite coatings formed via PTA surface alloying of copper on nodular cast iron, *Surface & Coatings Technology* 286 (2016) 303–312,
- Arman Khalili, Massoud Goodarzi, Milad Mojtahedi, Mohammad Javad Torkamany, Solidification microstructure of in-situ laser-synthesized Fe-TiC hard coating, *Surface & Coatings Technology* 307 (2016) 747–752
- Chinmaya Kumar Sahoo, Manoj Masanta, Microstructure and tribological behaviour of TiC-Ni-CaF<sub>2</sub> composite coating produced by TIG cladding process, *Journal of Materials Processing Technology* 243 (2017) 229–245,
- F. Madadi, M. Shamanian, F. Ashrafzadeh, Effect of pulse current on microstructure and wear resistance of Stellite6/tungsten carbide claddings produced by tungsten inert gas process, *Surface & Coatings Technology* 205 (2011) 4320–4328
- Šárka Houdková, Zdenek Pala, Eva Smazalová, Marek Vostřák, Zdeněk Česánek, Microstructure and sliding wear properties of HVOF sprayed, laser remelted and laser clad Stellite 6 coatings, *Surface & Coatings Technology* 318 (2017) 129–141
- Qi An, Lujun Huang, Shan Jiang, Xinting Li, Yanan Gao, Yue Liu, Lin Geng, Microstructure evolution and mechanical properties of TIG clad TiB reinforced composite coating on Ti-6Al-4V alloy, *Vacuum* 145 (2017) 312-319,
- Jun-sheng Meng, Guo Jin, Xiao-ping Shi, Structure and tribological properties of argon arc cladding Ni-based nanocrystalline coatings, *Applied Surface Science* 431 (2018) 135–142
- S. Buytoz Microstructural properties of SiC based hardfacing on low alloy steel, *Surface & Coatings Technology* 200 (2006) 3734–3742
- SonerBuytoz<sup>a</sup>MustafaUlutan<sup>b</sup>, In situ synthesis of SiC reinforced MMC surface on AISI 304 stainless steel by TIG surface alloying, *Surface & Coatings Technology* 200 (2006) 3698 – 3704.
- J.H. Chen, P.N. Chen, C.M. Lin, C.M. Chang, Y.Y. Chang, W. Wu, Characterization of multi-element alloy claddings manufactured by the tungsten inert gas process, *Surface & Coatings Technology* 203 (2009) 2983–2988,
- P.H. Lailatula, M.A. Maleque, Surface Modification of Duplex Stainless Steel with SiC Preplacement Using TIG Torch Cladding, *Procedia Engineering* 184 (2017) 737 – 742,
- S. Buytoz, M. Ulutan, In situ synthesis of SiC reinforced MMC surface on AISI304 stainless steel by TIG surface alloying, *Surf. Coat. Technol.* 200 (2006) 3698-3704,

- [14] S. Mridha, Titanium nitride layer formation by TIG surface melting in a reactive environment, J. Mater. Proc. Technol. 168 (2005) 471-477.,
- [15] X.H. Wang, Z.D. Zou, S.L. Song, S.Y. Qu, Microstructure and wear properties of in situ TiC/FeCrBSi composite coating prepared by gas tungsten arc welding, Wear 260 (2006) 705-710.
- [16] FuquanLi, ZhenzengGao,LiqunLi,YanbinChen , Microstructural study of MMC layers produced by combining wire and coaxial WC powder feeding in laser direct metal deposition , Optics & LaserTechnology77(2016)134–143,
- [17] Mustafa Ulutan, Koray Kilic, ay, Osman Nuri C, elik, Ümit Er, Microstructure and wear behaviour of plasma transferred arc(PTA)-deposited FeCrC composite coatings on AISI 5115 steel, Journal of Materials Processing Technology 236 (2016) 26-34,
- [18] S. Buytoz, M. Ulutan, M.M. Yildirim, Dry sliding wear behavior of TIG welding clad WC composite coatings, Appl. Surf. Sci. 252 (2005) 1313-1323
- [19] Zhikun Weng, Aihua Wang, Xuhao Wu, Yuying Wang, Zhixiang Yang, Wear resistance of diode laser-clad Ni/WC composite coatings at different temperatures, Surface and Coatings Technology, Volume 304, 2016, pp. 283-292

#### Authors' addresses

**İhsan KIRIK 1, Assoc. Prof.**

Bingol Universty  
Department of Metallurgy and Material Engineering, University  
of Bingol, Turkey  
alihsankirik@gmail.com

**Zulkuf Balalan 2, Assist. Prof.**

Bingol Universty  
Department of Mechanical Engineering, University of Bingol,  
Turkey

**Yunus Andan 3**

Bingol Universty  
Department of Mechanical Engineering, University of Bingol,  
Turkey

**Mehmet Yaz 4 Assoc. Prof.**

Firat Universty  
Vocational High School, Firat University, Elazig, Turkey  
myaz2623@gmail.com