
Araştırma Makalesi / Research Article

Alüminyum Alaşımı Yüzeyine Kaplanan Tabakaların Mikroyapı ve Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

Serkan ÖZEL*, Erdiñç VURAL

Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bitlis, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, alüminyum alaşımı yüzeyine, $Al_2O_3+13TiO_2$, Cr_2O_3 ve $Cr_2O_3+25Al_2O_3$ tozları plazma püskürtme tekniği kullanılarak kaplanmıştır. Kaplama tabakalarının optik mikroskopta mikroyapı resimleri çekilmiş ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Deney sonuçları incelendiğinde, plazma püskürtme yöntemi ile gerçekleştirilen kaplamalarda, kaplama tabakasında gözenekli bir yapının oluştuğu görülmüştür. En düşük gözeneklilik miktarı Cr_2O_3 tozu ile kaplanan numunede görülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülüğü ise $Cr_2O_3+25Al_2O_3$ tozu ile kaplanan numunede ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Plazma püskürtme, kaplama, yüzey pürüzlülüğü

The Investigation of Microstructure and Surface Roughness of Layers Coated Aluminum Alloy Surface

Abstract

In this study, the surface of an aluminium alloy has been coated with $Al_2O_3+13TiO_2$, Cr_2O_3 and $Cr_2O_3+25Al_2O_3$ powder using plasma spraying technique. The microstructure pictures of the coating layers have been taken and a surface roughness of the coating layers has been measured. When the result of the experiment was analyzed, it has been observed that a porous structure has been formed on the coating layers. The lowest porosity was observed in the Cr_2O_3 coating. However, the minimum surface roughness was observed in the $Cr_2O_3+25Al_2O_3$ coating.

Keywords: Plasma spray, coating, surface roughness

1. Giriş

Isıl püskürtme yöntemi yüzeylerin aşınma ve korozyona karşı korunmasında endüstride geniş bir kullanım alanına sahip bir işlemdir [1]. Son 20 yılda kullanılan tekniklere nazaran daha yeni bir kaplama yöntemidir. Bu yöntemin en geniş kullanım alanı, makine parçaları ve otomotiv endüstrisidir. Yöntem, süper alaşımların özel kaplamalarında ve gaz tribün mühendisliğinde kullanılmaktadır [2, 3]. Kaplama malzemesinin ergitilerek daha önceden pürüzlendirilmiş ana malzeme (altlık) üzerine püskürtülmesi esasına dayanan ısıl püskürtme sistemleri, kullanılan enerji kaynağı (yanıcı gaz veya elektrik), kaplama malzemesi formu (tel, toz veya çubuk), ve atmosfer (hava, düşük basınç veya soy gaz) bakımından birbirinden farklılık gösterir [4, 5].

Plazma püskürtme kaplama yöntemi, metallerin çeşitli tozlarla kaplanarak aşınmaya, oksitlenmeye, korozyona ve ısıya dayanıklı hale getirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir ısıl püskürtme kaplama yöntemidir. Bu yöntemle gerçekleştirilen ince bir kaplama sayesinde belirtilen özellikler elde edildiği gibi, ana malzemenin üstün özelliklerinden tokluk ve kolay şekillendirilebilme özellikleri de korunmaktadır. Böylece plazma püskürtme kaplama, metal ve seramiklerin üstün

*Sorumlu Yazar: sozel@beu.edu.tr

özelliklerinin yeni bir malzemede toplanmasına imkân sağlamaktadır. Plazma püskürtme yöntemiyle gerçekleştirilen seramik kaplamalar birçok metalden daha iyi aşınma ve erozyon direncine sahiptirler ve dizel motorları da dâhil erozyon ve aşınma dirençli uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar [6].

Al_2O_3 , Cr_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 gibi seramik malzemeler, yüksek mukavemet, iyi tribolojik ve korozyon performansı ve düşük termal iletkenliklerinden dolayı malzeme yüzeylerinde koruyucu kaplama olarak kullanılmaktadır. Al_2O_3 esaslı seramik kaplamalar, aşınma, erozyon, termal şok ve korozyon direnci gibi özelliklerin istendiği yerlerde kullanılmaktadır. Al_2O_3 içerisine TiO_2 eklenmesi, Al_2O_3 kaplamaların özelliklerini artırır [7]. Al_2O_3 +%13 TiO_2 kaplamalar Al_2O_3 - TiO_2 kaplamalar arasında yüksek aşınma direnci gösteren karışımlardandır [8]. Cr_2O_3 - Al_2O_3 kompozit kaplamalar, genellikle gemi ve uçak parçalarının sürtünmeli çalışan kısımlarının yüksek aşınma ve sıcaklık koşulları altında çalıştığı yerlerde kullanılmaktadır [9].

Bu çalışmada, alüminyum alaşımı yüzeyine, Al_2O_3 +%13 TiO_2 , Cr_2O_3 ve Cr_2O_3 +%25 Al_2O_3 tozları plazma püskürtme tekniği kullanılarak kaplanmıştır. Kaplama tabakalarının optik mikroskopta mikroyapı resimleri ve yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

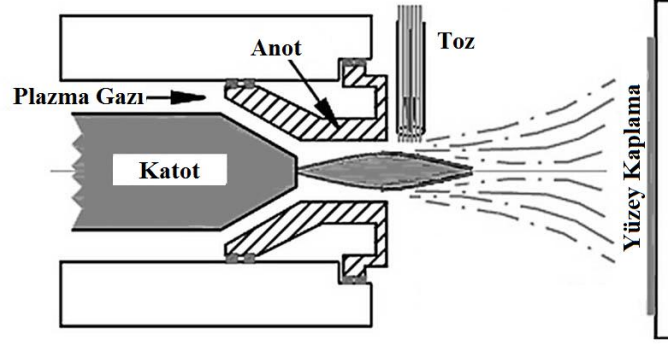
Alt malzeme olarak seçilen alüminyum alaşımı, piston malzemesi olarak kullanılan alüminyum alaşımıdır. Bu alaşımın % ağırlıkça kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmiştir. Numuneler, yüzey pürüzlülüğünün sağlanması amacıyla ile 60 PSI’lik basınç altında Al_2O_3 kullanılarak yüzey pürüzlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Yüzey pürüzlendirme işlemine tabi tutulan numunelerin yüzeylerine, Al_2O_3 +%13 TiO_2 , Cr_2O_3 ve Cr_2O_3 +%25 Al_2O_3 tozları plazma püskürtme tekniği kullanılarak kaplanmıştır. Plazma püskürtme kaplama işlemleri Şekil 1’de verilen şematik resimde şekilde kaplama ünitesindeki 3 MB plazma tabancası ile gerçekleştirilmiştir. Plazma püskürtme tekniğine ait kaplama parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Alüminyum alaşımı alt malzemenin kimyasal bileşimi

Ağırlık Element (%)					
Al	Si	Ni	Cu	Mg	Fe
Kalan	12.6	1.96	0.88	0.60	0.5

Tablo 2. Al_2O_3 +%13 TiO_2 ve Cr_2O_3/Al_2O_3 tozlarına ait plazma püskürtme parametreleri

Parametreler	Al_2O_3 +%13 TiO_2 Kaplama	Cr_2O_3 ve Cr_2O_3 +%25 Al_2O_3 Kaplama
Plazma Tabancası	3 MB	3 MB
Akım (A)	500	500
Gerilim (V)	70	70
Birinci gaz-Ar (l/min)	80	80
İkinci gaz- H_2 (l/min)	25	15
Püskürtme mesafesi (mm)	100-125	64-90
Nozul çapı (mm)	7.6	7.6



Şekil 1. Plazma Püskürtme Kaplama Sistemi

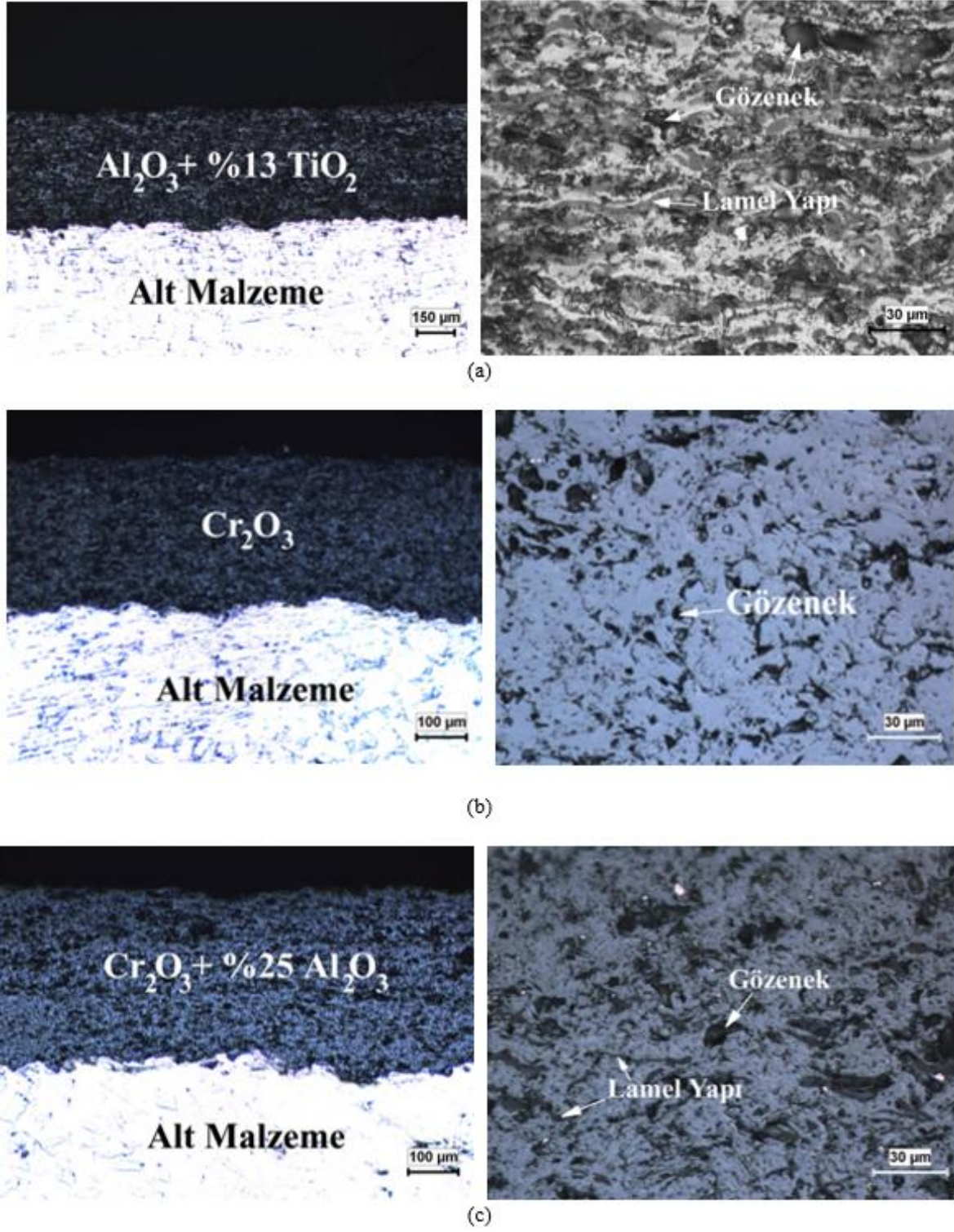
Yüzeyi kaplanan numunelerden, kaplama yönüne dik kesitte mikroyapı numunesi çıkarılmıştır. Kesilen numune yüzeylerin yüzeyleri 600, 800, 1000 ve 1200 mesh'lik zımparalar kullanılarak düzeltilmiş ve daha sonra elmas pasta kullanılarak çuhayla parlatılmıştır. Dağlama işlemi uygulamadan mikroyapı incelemesi için hazırlanmış numunelerin optik mikroskopta fotoğrafları çekilmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümleri Mitutoyo SurfTest-211 marka cihazda aynı yüzeyin farklı bölgelerinden ölçümler tekrarlanıp aritmetik ortalaması hesaplanarak, Ra cinsinden tespit edilmiştir.

3. Deneysel Sonuçlar

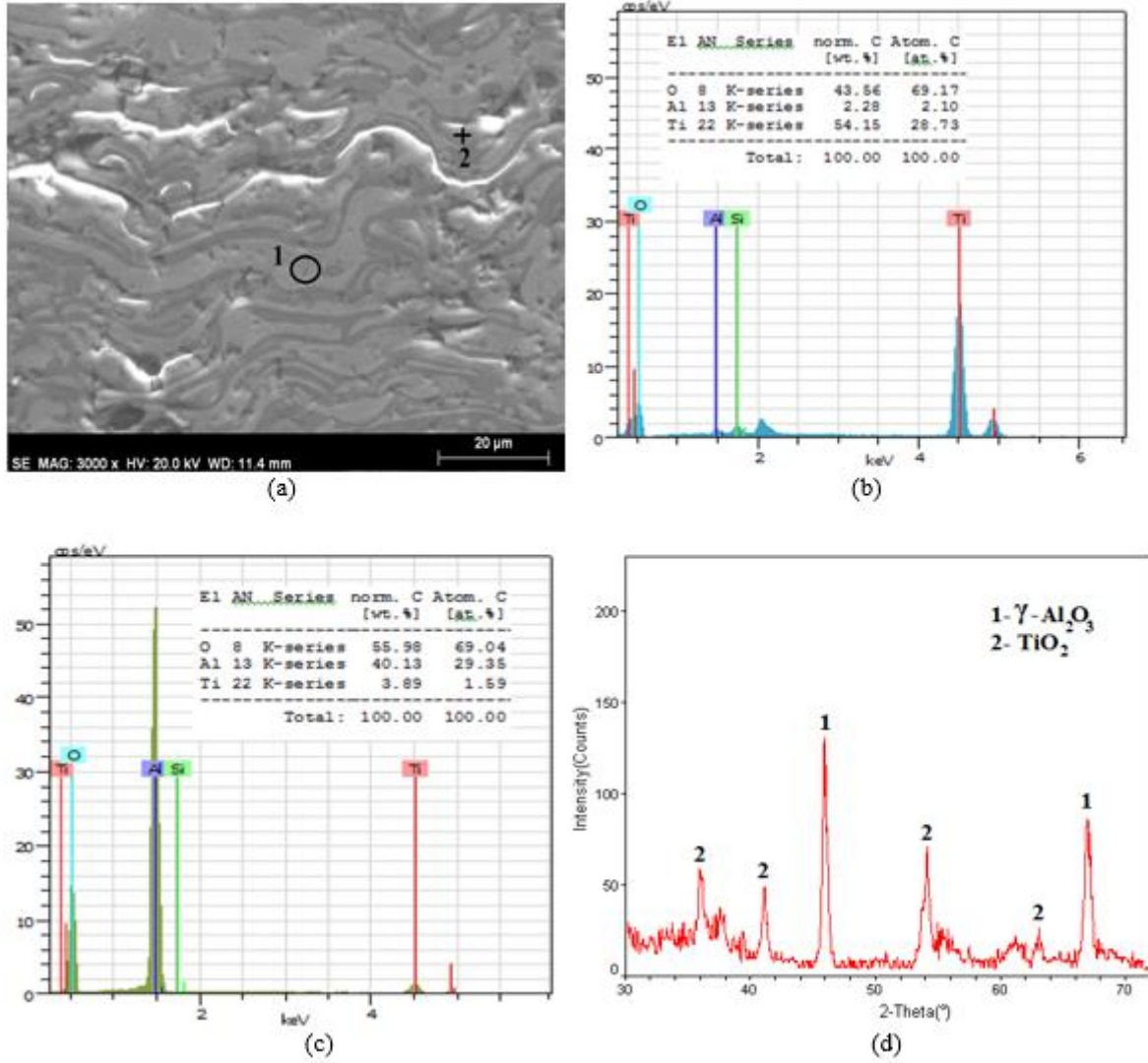
3.1. Kaplamaların Mikroyapı İncelemesi

Plazma püskürtme kaplama tekniği ile gerçekleştirilen Al_2O_3 +%13 TiO_2 , Cr_2O_3 ve Cr_2O_3 +%25 Al_2O_3 toz kaplamaların optik mikroyapı resimleri Şekil 2'de verilmiştir. Kaplanan numunelerin mikroyapı resimleri incelendiğinde, kaplama tabakalarının tümünde gözenekli bir yapının olduğu görülmektedir. Numunelerde 200-300 μm civarında değişen tabaka kalınlıkları elde edilmiştir.

Kaplama tabakaları incelendiğinde, Al_2O_3 +%13 TiO_2 tozu ile kaplanan numunede lamelli bir yapının olduğu görülmektedir. Literatür çalışmalarında [10, 11], optik mikroyapı resimlerinde koyu gri renkteki lamelli bölgelerin TiO_2 , açık renkteki bölgelerin ise Al_2O_3 bileşiklerinden olduğu gösterilmektedir. Al_2O_3 +%13 TiO_2 tozu ile kaplanan numunenin kaplama tabakasından alınan SEM, EDS ve XRD analizleri Şekil 3'te verilmiştir. Kaplama tabakasından lamelli bölgeden 1 nolu noktadan alınan EDS analizinde Ti %54.15, O %43.56 ve Al %2.28 değerlerinde tespit edilmiştir. Bu değerler Şekil 3d'de verilen XRD analizinde de gösterildiği gibi lamelli bölgenin TiO_2 bileşiğinden oluştuğunu doğrulamaktadır. Diğer yandan, optik mikroyapı görüntüsünde koyu gri renkte görünen ve SEM fotoğrafında 2 nolu bölgeden alınan EDS analizinde Al %40.13, O %55.98 ve Ti %3.89 değerlerinde tespit edilmiştir. Bu değerler Şekil 3d'de verilen XRD analizinde de gösterildiği gibi 2 nolu bölgenin Al_2O_3 bileşiğinden oluştuğunu doğrulamaktadır. Tespit edilen bileşikler, literatürle uyum sağlamaktadır.

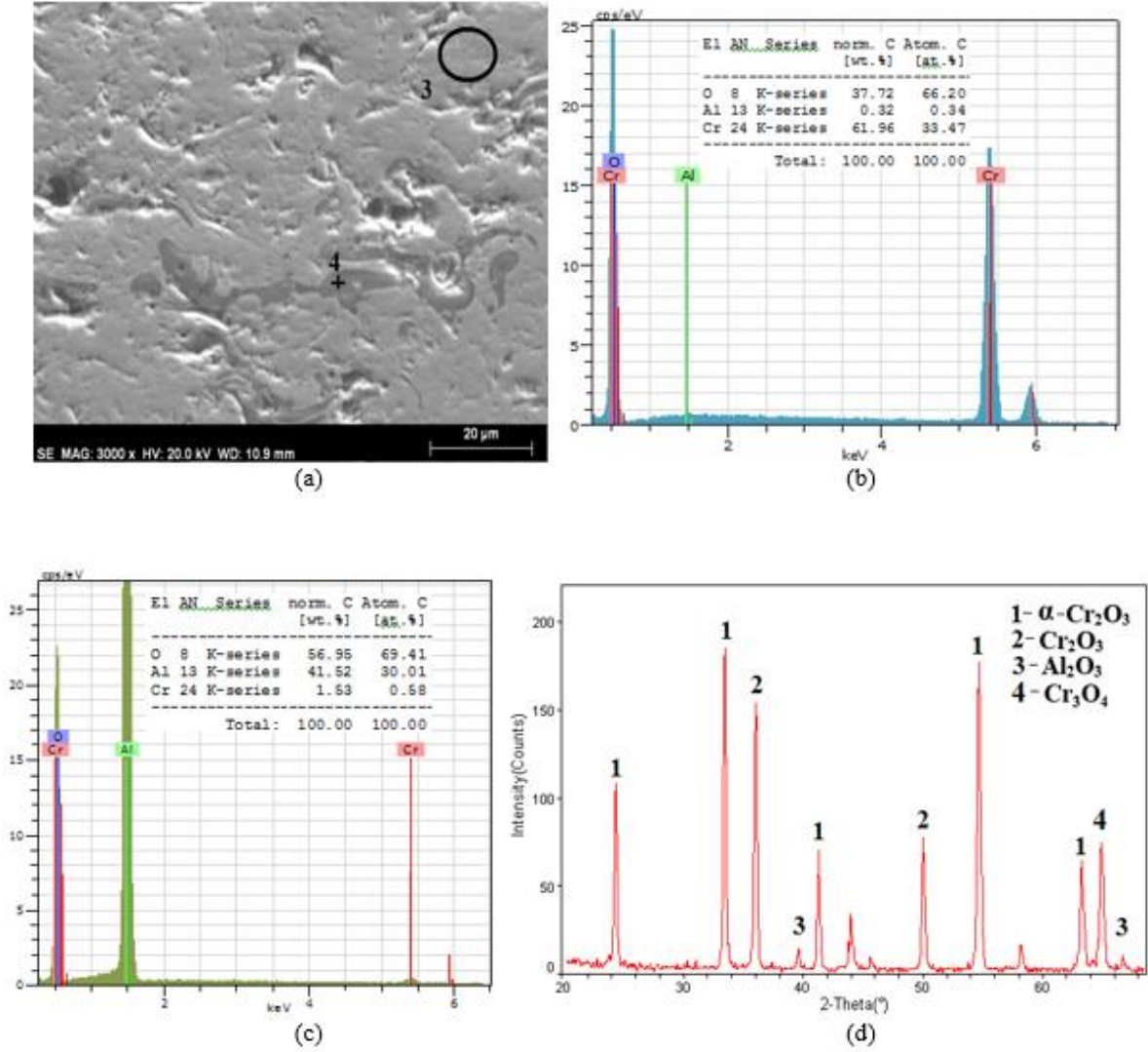


Şekil 2. a) $\text{Al}_2\text{O}_3+\%13 \text{TiO}_2$, b) Cr_2O_3 ve c) $\text{Cr}_2\text{O}_3+\%25 \text{Al}_2\text{O}_3$ tozları ile kaplanan numunelerin optik mikroyapı resimleri



Şekil 3. Al₂O₃+%13 TiO₂ tozu ile kaplanan numunenin, a)SEM fotoğrafı, b) 1 nolu EDS analizi, c) 2 nolu EDS analizi ve d) XRD analizi

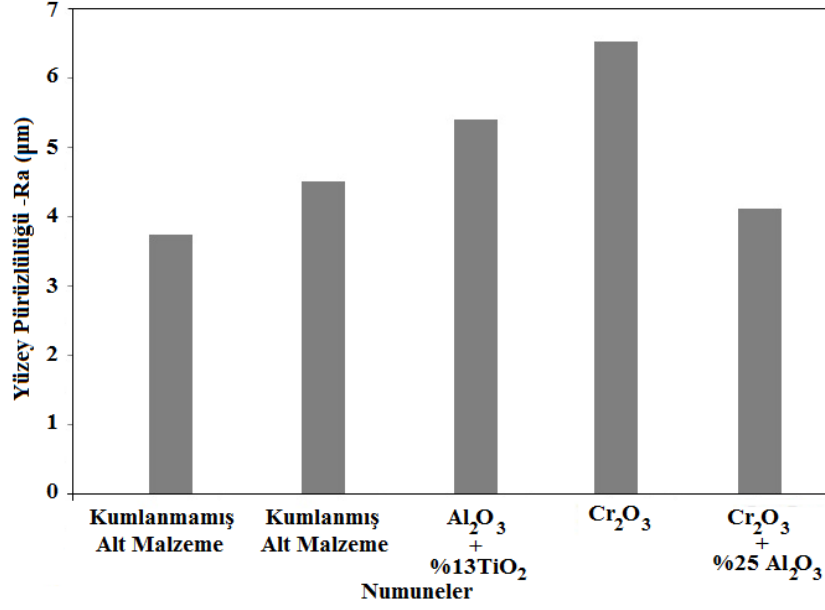
Cr₂O₃ tozu ile kaplanan numune incelendiğinde, kaplama tabakasında gözenek miktarının az olduğu görülmektedir (Şekil 2). Cr₂O₃ içerisine %25 Al₂O₃ ilavesi ile gerçekleştirilen kaplamalarda ise gözenek miktarının Al₂O₃ ilavesi ile arttığı ve lamelli yapının oluştuğu görülmektedir. Cr₂O₃+%25 Al₂O₃ tozu ile kaplanan numunenin kaplama tabakasından alınan SEM, EDS ve XRD analizleri Şekil 4'te verilmiştir. Kaplama tabakasında 3 nolu bölgeden alınan EDS analizinde Cr %61.96, O %37.72 ve Al %0.32 değerlerinde tespit edilmiştir. Bu değerler Şekil 4d'de verilen XRD analizinde de gösterildiği gibi bölgenin α- Cr₂O₃/Cr₂O₃ bileşiğinden oluştuğunu doğrulamaktadır. Diğer yandan, optik mikroyapı görüntüsünde koyu gri renkte görünen ve SEM fotoğrafında lamelli yapının üzerindeki 4 nolu noktadan alınan EDS analizinde Al %41.52, O %56.95 ve Cr %1.53 değerlerinde tespit edilmiştir. Bu değerler Şekil 3d'de verilen XRD analizinde gösterildiği gibi 4 nolu bölgenin Al₂O₃ bileşiğinden oluştuğunu doğrulamaktadır.



Şekil 4. Cr₂O₃+%25 Al₂O₃ tozu ile kaplanan numunenin, a)SEM fotoğrafı, b) 3 nolu EDS analizi, c) 4 nolu EDS analizi ve d) XRD analizi

3.2. Kaplamaların Yüzey Pürüzlülüğü

Numunelerin kaplama öncesi, yüzey pürüzlendirme işlemi sonrası ve kaplama sonrası yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Ölçümlerde, kaplama işlemi uygulanmamış numunede 3.742 µm, yüzeyi sadece pürüzlendirilmiş numunede ise 4.521 µm yüzey pürüzlülük değerleri tespit edilmiştir. Numune yüzeyine yapılan kaplamalar ile farklı yüzey pürüzlülük değerleri tespit edilmiştir. Al₂O₃+%13 TiO₂ tozu ile kaplanan numunede yüzeyinde 5,398 µm, Cr₂O₃ tozu ile kaplanan numunede yüzeyinde 6.540 µm ve Cr₂O₃+%25 Al₂O₃ tozu ile kaplanan numune yüzeyinde 4.121 µm pürüzlülük değeri tespit edilmiştir. Kaplanan numunelerde en düşük yüzey pürüzlülük değeri Cr₂O₃+%25 Al₂O₃ tozu ile kaplanan numunede tespit edilmiştir. Cr₂O₃ içerisine ilave edilen Al₂O₃, yüzey pürüzlülük değerinin düşmesine neden olmuştur.



Şekil 5. Kumlanmamış ve kumlanmış alt malzeme ile kaplanan numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri

4. Sonuç

1. Alüminyum alaşımı yüzeyine, plazma püskürtme tekniği kullanılarak Al₂O₃+%13 TiO₂, Cr₂O₃ ve Cr₂O₃+%25 Al₂O₃ tozları kaplanabilmektedir.
2. Plazma püskürtme yöntemi ile gerçekleştirilen kaplamaların tümünde gözenekli bir yapı elde edilmiştir. En düşük gözeneklilik miktarı Cr₂O₃ tozu ile kaplanan numunede tespit edilmiştir.
3. En yüksek yüzey pürüzlülüğü 6.540 µm değeri ile Cr₂O₃ tozu ile kaplanan numunede, en düşük yüzey pürüzlülüğü ise 4.121 µm değeri ile Cr₂O₃+%25 Al₂O₃ tozu ile kaplanan numunede tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde BEBAP-2014.15 no'lu proje ile maddi destek sağlayan Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi'ne ve numunelerin analizlere hazırlanmasında faydalanılan Bitlis Eren Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve uygulama Merkezine sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

1. Özel S, 2013. Yüzey Kaplama İşlemlerinde Kullanılan Isıl Püskürtme Yöntemleri, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2 (1): 88-97.
2. Barbezat G, 2005. Advanced Thermal Spray Technology and Coating for Lightweight Engine Blocks for the Automotive Industry, Surface & Coatings Technology, 200: 1990-1993.
3. Lin BT, Jean MD, Chou JH, 2007. Using Response Surface Methodology for Optimizing Deposited Partially Stabilized Zirconia in Plasma Spraying, Applied Surface Science, 253: 3254-3262.

4. Kıratlı N, Yetgin SH, Çögür T, 2009. Toz Alev Püskürtme Yöntemi Kullanılarak Kaplanan Alüminyum Alaşımının Aşınma ve Sertlik Davranışlarının İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (3): 441-446.
5. Sarı NY, Yılmaz M, 2005. Ni-Esaslı Kaplamaların Abrazif+Erozif Aşınma Direncine Isıl Püskürtme Yönteminin ve WC İlavesinin Etkisi, Mühendis ve Makine, 46 (541): 14-20.
6. Evcin A, Kepekçi DB, Barut İ, 2009. Hidroksiapatit Tozlarının Plazma Sprey Yöntemiyle Paslanmaz Çelik Üzerine Kaplanması, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 1077-1081, 13-15 Mayıs, Karabük, Türkiye.
7. Wang D, Tian Z, Wang S, Shen L, Liu Z, 2014. Microstructural characterization of Al₂O₃ – 13 wt.% TiO₂ ceramic coatings prepared by squash presetting laser cladding on GH4169 superalloy, Surface and Coatings Technology, 254: 195–201.
8. Wang Y, Jiang S, Wang M, Wang S, Xiao TD, Strutt PR, 2000. Abrasive wear characteristics of plasma sprayed nanostructured aluminartitania coatings, Wear, 237: 176–185.
9. Shao F, Yang K, Zhao H, Liu C, Wang L, Tao S, 2015. Effects of inorganic sealant and brief heat treatments on corrosion behaviour of plasma sprayed Cr₂O₃–Al₂O₃ composite ceramic coatings, Surface and Coatings Technology, 276: 8–15.
10. Fervel V, Normand B, Coddet C, 1999. Tribological behaviour of plasma sprayed Al₂O₃ based cermet coatings, Wear, 230: 70–77.
11. Lina X, Zenga Y, Leeb S W, Ding C, 2004. Characterization of alumina–3 wt % titania coating prepared by plasma spraying of nanostructured powders, Journal of the European Ceramic Society, 24: 627–634.

Geliş Tarihi: 06/11/2015

Kabul Tarihi: 27/11/2015