

## Termal Sprey Kaplamalarda Kullanılan Ni 22Cr 10Al 1Y Tozunun Özelliklerinin Araştırılması

Bekir Güney<sup>\*,1</sup>

<sup>1</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Karaman, Türkiye

\*[guneyb@kmu.edu.tr](mailto:guneyb@kmu.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 04 Aralık 2023, Kabul Tarihi: 12 Aralık 2023)

(2nd International Conference on Frontiers in Academic Research ICFAR 2023, December 4-5, 2023)

**ATIF/REFERENCE:** Güney, B. (2023). Termal Sprey Kaplamalarda Kullanılan Ni 22Cr 10Al 1Y Tozunun Özelliklerinin Araştırılması. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(11), 210-214.

**Özet** – Termal sprej kaplamalar mekanik mukavemet, aşınma, oksidasyon, korozyon dayanımı ve termal bariyer istenilen endüstriyel uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Bu tekniklerde yüzeyi modifiye etmede kullanılan ilave malzeme tel veya toz formunda olabilir. Bu alanda, oksitler, karbürler, seramikler, refrakterler, polimerler, saf metaller, alaşımlar gibi çok geniş yelpazede ticari ürünler yüksek performanslı kaplamalar üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu Ni 22Cr 10Al 1Y alaşım tozunun kimyasal kombinasyonu, mikroyapısı ve morfolojisi X-ışını kırınımı, enerji dağılımlı spektrometre ile donatılmış taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Analizler sonunda gaz atomizasyonla küresel formda üretilen tozun kompozisyonunda ağırlıkça Ni 66.85% matris elementi ve Cr 21.53%, Al 11.63% ve Y 3.96% elementleri bulunmaktadır. Yapıda toz bileşimi ile tutarlı biçimde nikel, krom, alüminyum ve itriyum esaslı farklı morfolojik ve kristalografik formlarda metalik ve intermetalik fazların mevcut olduğunu tespit edilmiştir. NiCrAlY tozu, yüksek mukavemet yüksek sertlik, güçlü yapışkanlık, korozyon, süneklik, oksidasyon direnci ve termal yalıtıcılık istenilen uygulamalarda kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler** – Termal Sprey Kaplama, Ni22Cr10Al1Y Kaplama Tozu, Mikroyapı, XRD, Metalik Alaşım

### I. GİRİŞ

Yüzey mühendisliği, tek başına altlık malzemenin veya kaplama malzemesinin yerine getiremediği yüzey özelliklerini sağlamak amacıyla geliştirilmiş endüstriyel uygulama tekniğidir. Endüstriyel uygulamalarda yüzey özellikleri film veya kaplamalarla üstün vasıflı hale getirilebilir [1]. Yani, yüzeyin mukavemetinin artırılması, ürün kalitesinin yükseltmesi, verimin artırılması, bakım ve arıza maliyetinin ve süresinin azaltılması malzeme inavosyonu alanındaki çalışmalar yüzey geliştirme teknolojileri aracılığı ile yapılmaktadır [2].

Kaplamaları biriktirerek fonksiyonel özellikleri geliştirmek için alt tabaka malzemesinin yüzey özelliklerini değiştirme işlemi, yüzey modifikasyonu olarak tanımlanır [3]. Kaplama teknolojileriyle yapılan yüzey modifikasyonları sayesinde, alt tabaka malzemesi korunur ve malzemenin bozulması gecikir, değiştirme maliyetini azalır, bileşenlerin hizmet ömrünü uzatılır. Kaplama prosesi, bileşenin çalışma şartlarına göre belirlenen bileşen geometrisi ve kimyası, uygun kaplama yöntemi, bağlanma mekanizması, mekanik dayanıklılık, kaplama kalınlığı gibi parametrelere göre belirlenir [1, 4, 5]. Kaplamalardan yüzeyi korozyona, oksidasyona veya aşınmaya karşı koruma, biyouyumluluk, ıslatma, yapışma, dayanıklılık, katalitik aktivite ve tokluk gibi özellikler beklenir [1, 6-9].

Kalın ve ince kaplamalar üreten kaplama işlemleri, lazer işleme, termal püskürtme, soğuk püskürtme, sıvı biriktirme yöntemleri, anotlama, kimyasal ve fiziksel buhar biriktirme gibi proseslerdir. Ayrıca bileşimi değiştirmeden özelliklerin değiştirilmesini sağlayan füzyon, katılaştırma, mekanik bağlama ve mekanik deformasyon gibi işlemler de yüzey özelliklerini geliştirmede uygulanmaktadır [1]. Termal püskürtme teknikleri parça imalatı, enerji üretimi, mekanik, tekstil, taşıma, denizcilik, havacılık, mikroelektronik, kağıt, optoelektronik, sağlık, petrokimya ve eğlence endüstrilerinde bileşenlerin korunması ve onarımı gibi geniş alanlarda tercih edilmektedir [1, 4-6]. Kısaca, termal spreyle kaplama, teknik ve ekonomik sebeplerden dolayı üretilmeyen büyük parçaların yüzeyinde bu malzemenin performansını gerçekleştirmek için yapılır.

Termal spreyle, metallere seramiğe kadar katı toz veya tel halindeki kaplama malzemesinin kaplama oluşturmak üzere, elektrik arkı, alev veya plazma ile ilettilerek veya yarı erimiş halde bir püskürtme gazı yardımıyla, ~ 1000-15000 °C arasında yüksek sıcaklık ve ~ 40-1000 m/s arasında yüksek hızda hedef yüzeye doğru itildiği ve bu yüzeye biriktirildiği bir yüzey modifikasyon tekniğidir. Bunlar, Yüksek Hızda Oksijen Yakıt Püskürtme (HVOF), plazma püskürtme, alevli püskürtme, elektrik ark püskürtme, plazma transfer ark (PTA) ve soğuk püskürtme gibi tekniklerdir [6, 10]. Çok geniş anlamda, bir termal püskürtme işlemi, parçacıkların erimiş veya yarı erimiş halde biriktirilmesi olarak tanımlanır. Bu parçacıklar, birbirine mekanik kilitlenmiş veya metalurjik olarak bağlanmış tabakalardan meydana gelen bir ağ halinde katılacak ve tipik olarak 50 µm'den birkaç milimetreye kadar fonksiyonel bir kaplama kalınlığı oluşturan, plaka şeklindeki mikroyapısal malzemelerdir [11]

Termal spreyle kaplamalarda yüzeyi modifiye etmede kullanılan iletme malzemeleri tel veya toz formunda olabilir. Endüstriyel alanda çeşitli uygulamalara yönelik, üstün vasıflı mükemmel kaplamalar üretmede kullanılmak üzere oksitler, karbürler, seramikler, refrakterler, polimerler, saf metaller, alaşımlar gibi çok geniş yelpazede ticari ürünler bulunmaktadır. İhtiyaç, amaç, tasarım ve

şartlara göre çeşitli alternatif ürün ile istenilen performansta kaplamalar üretmek mümkündür.

Bu çalışma, termal spreyle kaplama malzemesi olarak kullanılan ham Ni 22Cr 10Al 1Y alaşım tozunun mikroyapı ve spektrografik özelliklerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Bu Ni 22Cr 10Al 1Y tozunun kimyasal kombinasyonu, mikroyapısı ve morfolojisi X-ışını kırınımı (XRD), enerji dağılımlı spektrometre (EDX) ile donatılmış taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan ham Ni 22Cr 10Al 1Y kaplama tozu, termal spreyle kaplamalarda kullanılmak için ticari olarak üretilip satılan malzeme piyasadan temin edilmiştir.

### 2.2 Metot

Çalışmalar, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Uygulama ve Araştırma Merkezi Malzeme Karakterizasyon Laboratuvarında yapıldı. TWP'lerin morfoloji ve kimyasal formları, EDX ile donatılmış SEM (HITACHI SU5000), Cu-Kα radyasyonlu bir Bruker D8 ile güçlendirilmiş XRD difraktometre ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ) ile analiz edildi.

## III. BULGULAR VE TARTIŞMA

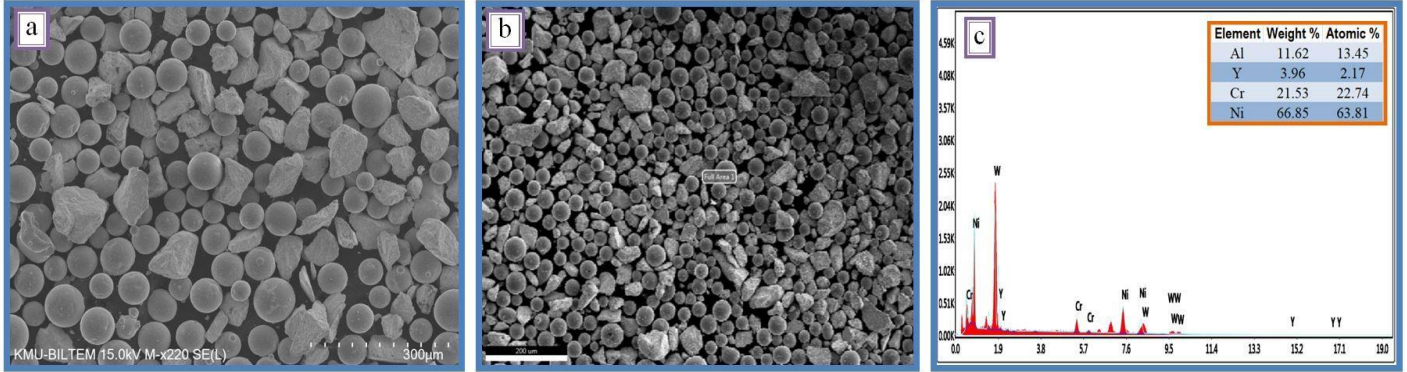
Ticari olarak termal spreyle kaplama tozu olarak kullanılan Ni 22Cr 10Al 1Y kaplama tozunun özellikleri SEM mikroskopisi, EDX ve XRD spektrografisi teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir.

### 3.1 SEM analizi

Fig 1a'da ham Ni 22Cr 10Al 1Y kaplama tozunun 220x büyütme SEM mikrografisi göstermektedir. Görüntüden kaplama tozunun ağırlıklı olarak küresel olmak üzere az miktarda hegzagonal formda olduğu görülebilmektedir. Fig 1b'nin full yüzey alanından alınan ve Fig 1c'de verilen EDX analizi yapıda 4 elementin mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. Ni 22Cr 10Al 1Y kaplama tozunun üretim prosesine bağlı olarak kimyasal kompozisyonu ağırlıkça Ni 66.85%

matris elementi ve nispeten daha az miktarda Cr 21.53%, Al 11.63% ve Y 3.96% elementleri bulunmaktadır. Kaplama tozunun üretim proseslerine bağlı olarak bağlı olarak matris

elementlerin farklı katı çözeltilerinde mevcut olduğu XRD analiziyle uyumlu şekilde ortaya konulmuştur.

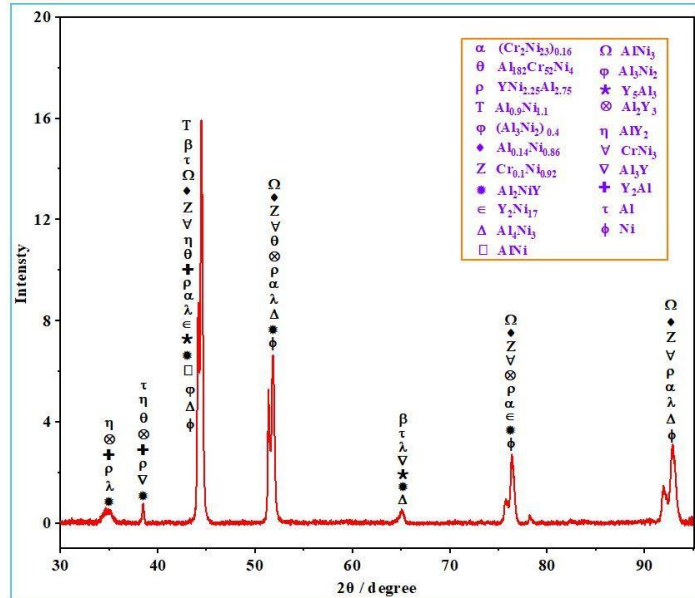


Şekil 1 Ni 22Cr 10Al 1Y tozunun; a) SEM görüntüsü, b) Full alan taraması c) EDX pikleri ve analizi XRD pikleri

### 3.2 XRD analizi

Ham Ni 22Cr 10Al 1Y XRD desenleri Şekil 2’de gösterilmiştir. XRD analiz sonuçları numunenin ağırlıklı olarak metalik ve intermetalik bileşik fazlarından oluştuğunu göstermiştir. XRD analizi kaplama tozunun kübik, hegzagonal, ortarombik ve tetragonal kristal yapıları olduğunu göstermektedir. Fig. 1C’de verilen EDX sonuçlarıyla ve toz bileşimi ile tutarlı biçimde

nikel, krom, alüminyum ve itriyum bazlı, Tablo 1’de verilen farklı morfolojik ve kristalografik yapıda fazların mevcut olduğunu göstermektedir. Bunlar  $(Cr_2Ni_{23})_{0.16}$ ,  $Al_{182}Cr_{52}Ni_4$ ,  $YNi_{2.25}Al_{2.75}$ ,  $Al_{0.9}Ni_{1.1}$ ,  $(Al_3Ni_2)_{0.4}$ ,  $Al_{0.14}Ni_{0.86}$ ,  $Cr_{0.1}Ni_{0.92}$ ,  $Al_2NiY$ ,  $Y_2Ni_{17}$ ,  $Al_4Ni_3$ ,  $AlNi$ ,  $AlNi_3$ ,  $Al_3Ni_2$ ,  $Y_5Al_3$ ,  $Al_2Y_3$ ,  $AlY_2$ ,  $CrNi_3$ ,  $Al_3Y$ ,  $Y_2Al$ ,  $Al$ ,  $Cr$ ,  $N$ , ve  $Y$  gibi yapılarıdır.



Şekil 2 Ni 22Cr 10Al 1Y tozunun XRD pikleri

### 3.3 Kaplanmış Ni 22Cr 10Al 1Y tozun özellikleri

Ni 22Cr 10Al 1Y kaplama tozu gaz atomizasyon yöntemiyle harmanlanarak -106 ile +53 µm tane boyutlarında ağırlıklı olarak küresel formda imal edilmiş Nikel matrisli tozdur. Bu toz, oksidasyona ve sıcak korozyona karşı mükemmel dirençleriyle bilinen bir termal sprey kaplama malzemesi alaşımıdır. Bu malzemelerin kaplamaları, atmosferik plazma spreyi (APS) kullanılarak uygulandığında 980 °C'ye kadar veya HVOF/vakum atmosfer plazma spreyi (VPS) kullanılarak uygulandığında 1050 °C'ye kadar sıcaklıklarda korozyona direnç sağlamak için kendi başlarına, ilave tozlara karıştırılarak veya seramik kaplamalar için ara bağlayıcı olarak kullanılabilirler. Bu kaplamalardaki krom ve alüminyum oksit tabakası oluşturarak koruma sağlar. İtiryumun eklenmesi bu oksit tabakasının yapışmasını iyileştirecek şekilde etki eder. Bu yoğun, iyi yapışan tabaka, termal bariyer kaplamalar ve seramik aşındırılabilir sistemler gibi yüksek sıcaklık seramik kaplama sistemlerinin uzun ömürlü olması açısından kritik öneme sahiptir. Alümina, bağ kaplama oksidasyonunu en aza indirmeye yardımcı olan bir oksijen difüzyon bariyeri görevi görür. Krom oksit miktarı, sıcak korozyon ve sülfidasyonla mücadelede faydalıdır. Bu uygulamalarda, daha yüksek krom/alüminyum oranları, krom oksit tortusu oluşumu açısından genellikle daha iyidir [12].

NiCrAlY kaplamalar yüksek mukavemet yüksek sertlik, güçlü yapışkanlık, korozyon, süneklik ve oksidasyon direnci göstermelerinin yanı sıra, bileşimleri, çalışma şartlarının ve alt tabaka malzemesinin talebine uygun olarak geniş bir aralıkta uygun bir şekilde optimize edilebilir. Sertlikleri optimizasyona bağlı olarak 506 Hv<sub>300</sub>' ye kadar çıkabilir [13, 14]. Küresel şekilli toz mükemmel bir akışkanlığa sahiptir ve bu, püskürtme işlemi sırasında besleme hızı açısından çok faydalıdır [15].

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada termal sprey kaplamalarda kaplama tozu olarak kullanılan Ni 22Cr 10Al 1Y alaşım tozun mikroyapı ve alaşım özellikleri mikroskopi ve sipekrografi teknikleri ile analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda şu çıkarımlar yapılmıştır;

1. Gaz atomizasyon tekniği ile üretilen Ni 22Cr 10Al 1Y metalik alaşım tozunun ağırlıklı olarak küresel olmak üzere az miktarda hegzagonal formdadır.
2. Ni 22Cr 10Al 1Y kaplama tozunun üretim prosesine bağlı olarak kimyasal kompozisyonu ağırlıkça Ni 66.85% matris elementi ve Cr 21.53%, Al 11.63% ve Y 3.96% elementleri mevcuttur.
3. Ham Ni 22Cr 10Al 1Y tozu metalik ve intermetalik bileşikler kübik, hegzagonal, ortarombik ve tetragonal kristal fazlarından oluşmaktadır. Toz bileşimi ile tutarlı biçimde nikel, krom, alüminyum ve itiryum bazlı morfolojik ve kristalografik yapıda fazlar mevcuttur. Bunlar (Cr<sub>2</sub>Ni<sub>23</sub>)<sub>0.16</sub>, Al<sub>182</sub>Cr<sub>52</sub>Ni<sub>4</sub>, YNi<sub>2.25</sub>Al<sub>2.75</sub>, Al<sub>0.9</sub>Ni<sub>1.1</sub>, (Al<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub>)<sub>0.4</sub>, Al<sub>0.14</sub>Ni<sub>0.86</sub>, Cr<sub>0.1</sub>Ni<sub>0.92</sub>, Al<sub>2</sub>NiY, Y<sub>2</sub>Ni<sub>17</sub>, Al<sub>4</sub>Ni<sub>3</sub>, AlNi, AlNi<sub>3</sub>, Al<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub>, Y<sub>5</sub>Al<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>Y<sub>3</sub>, AlY<sub>2</sub>, CrNi<sub>3</sub>, Al<sub>3</sub>Y, Y<sub>2</sub>Al, Al, Cr, N, ve Y yapılarıdır.
4. NiCrAlY tozu, yüksek mukavemet yüksek sertlik, güçlü yapışkanlık, korozyon, süneklik, oksidasyon direnci ve termal yalıtkanlık istenilen endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Paul, S., *Surface coatings. Science and technology*. 1985.
- [2] Matthews, S. and B. James, *Review of thermal spray coating applications in the steel industry: part 1—hardware in steel making to the continuous annealing process*. Journal of thermal spray technology, 2010. **19**: p. 1267-1276.
- [3] Heiman, R., *Plasma spray coating, principle and application*. 1996.
- [4] Boulos, M.I., et al., *Plasma in the Thermal Spray Coating Industry*, in *Handbook of Thermal Plasmas*. 2023, Springer. p. 1423-1508.
- [5] Singh, S., et al., *Applications and developments of thermal spray coatings for the iron and steel industry*. Materials, 2023. **16**(2): p. 516.
- [6] in, S., et al., *Thermal spray technology*. 2019, Hindawi.
- [7] Güney, B. and İ. Mutlu, *Dry friction behavior of NiCrBSi-% 35W<sub>2</sub>C coated brake disks*. Materials Testing, 2017. **59**(5): p. 497-505.
- [8] Mutlu, İ., B. Güney, and İ. Erkurt, *Investigation of the effect of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2% TiO<sub>2</sub> coating on braking performance*. International Journal of Automotive Engineering and Technologies, 2020. **9**(1): p. 29-41.
- [9] Mutlu, İ., et al., *55TiO<sub>2</sub>-C<sub>72</sub>O<sub>3</sub> Kaplamanın Frenleme Performansına Etkisinin Araştırılması*. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2020: p. 1-15.

- [10] Berger, L.-M., *Application of hardmetals as thermal spray coatings*. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2015. **49**: p. 350-364.
- [11] Ang, A.S.M. and C.C. Berndt, *A review of testing methods for thermal spray coatings*. International Materials Reviews, 2014. **59**(4): p. 179-223.
- [12] Metco, O. *Oerlikon Metco Thermal Spray Powders*. 2023 [Access date: 03.12.2023]; Available from: <https://mymetco.oerlikon.com/en-us/product/amdry962>.
- [13] Zhang, Y., et al., *A comparative study of DS NiCrAlY coating and LPPS NiCrAlY coating*. Materials Science and Engineering: A, 2003. **360**(1-2): p. 65-69.
- [14] Prashar, G. and H. Vasudev, *A Comprehensive Review on Combating The Elevated-Temperature Surface Degradation by M CrAl X Coatings*. Surface Review and Letters, 2023: p. 2330009.
- [15] Li, B., et al., *Mechanical, tribological, and oxidation resistance properties of NiCrAlY coating by atmospheric plasma spraying*. Frontiers in Materials, 2019. **6**: p. 67.