

## AlMg<sub>3</sub> Alaşımının Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> İle Kaplanması İşleminde Sprey Mesafesinin Kaplama Yüzey Sertliğine Etkisi

Ihsan KÜÇÜKRENDECI \*, S. Hakan YETGİN \*\*

**Özet:** Bu çalışmada, 7 bar kumlama basıncı ile yüzeyleri pürüzlendirilen AlMg<sub>3</sub> (Etial 53) alaşımı üzerine, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seramik telleri, farklı kaplama parametreleri (10, 12 ve 15 cm sprej mesafesi ve 100-200-300 µm kaplama kalınlığı) kullanılarak alevle tel püskürtme yöntemi ile kaplanmıştır. Elde edilen kaplamaların mikroyapı karakterizasyonları yapılmış ve sprej mesafesinin kaplamaların sertliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kaplama ara yüzeylerinin düzenli bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek yüzey sertlik değerleri 12 cm sprej mesafesinde elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alevle tel püskürtme, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplama, Mikroyapı, Sertlik, Sprej mesafesi.

**Abstract:** In this study AlMg<sub>3</sub> alloy was grit-blasted at 7 bar then these samples were coated with Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> at different parameters (10, 12 and 15cm spray distances and 100-200-300 µm coating thicknesses) with use of a flame wire spray process. As first the microstructure characterizations of obtained coated samples have been realized and then the effects of spray distance on the coating surface hardness are investigated. The interfaces of coated samples have regular microstructure. The highest hardness value has been obtained at 12 cm spray distance.

**Key Words:** Flame wire spray, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coated Microstructure, Hardness, and Spray distance.

### 1. Giriş

Isıl püskürtme yöntemleri ile; aralarında metallerin, alaşımların, seramiklerin, karbürlerin, sermetlerin ve bazı plastiklerin de bulunduğu geniş bir aralıkta 200'den fazla malzeme kaplanabilir. Otomobil, havacılık, kağıt ve kimya endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmuş olan bu yöntem ile malzemelerin aşınma ve korozyon dayanımı, elektriksel ve ısıl özelliklerini iyileştirmek ve geliştirmek mümkündür [1-2].

Kaplama işlemi süresince, kaplama kalitesine etki eden birçok parametre vardır. Bu parametreler; sprej mesafesi, ana malzeme sıcaklığı, ana malzeme yüzey pürüzlülüğü, kaplama kalınlığı, kullanılan gazların özellikleri, partikül karakteristikleri (boyutu, dağılımı ve morfolojisi)' dir [3-4]. Birbiriyle ilişkili olan bu parametrelerdeki en ufak bir değişiklik bile kaplamanın mikroyapısını, mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir [5].

Bu çalışmada, alevle tel püskürtme işlemi genel hatları ile tanıtılmış ve AlMg<sub>3</sub> alaşımı, farklı kaplama parametreleri (10, 12 ve 15 cm sprej mesafesi ve 100-200-300 µm) kullanılarak, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seramik telleri ile kaplanmıştır. Elde edilen kaplamaların mikroyapı karakterizasyonları yapılmış ve sprej mesafesinin kaplamanın sertliğine olan etkileri incelenmiştir.

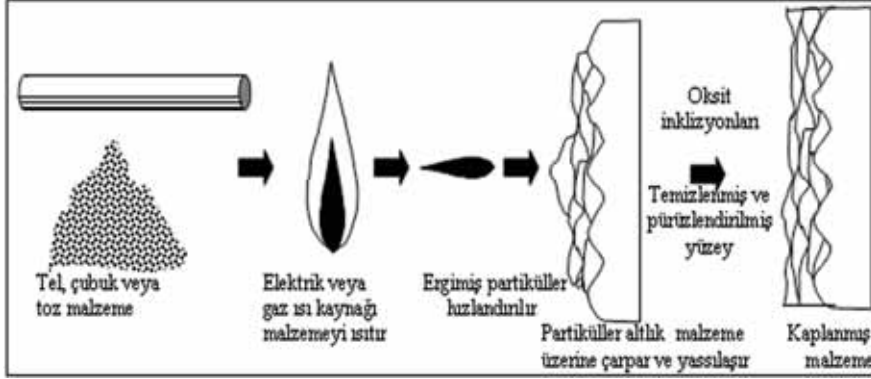
### 2. Isıl Püskürtme Sistemleri

Isıl püskürtme yöntemi, kaplama oluşturmak için önceden hazırlanan esas metalin yüzeyinde çok ince metalik veya metalik olmayan malzemelerin çökeltilmesi şeklinde gerçekleştirilen bir grup yöntemi tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Kaplama malzemesi toz, çubuk veya tel biçiminde olabilir. Isıl püskürtme tabancası, kaplama malzemesini ergitmek için gerekli olan sıcaklığı yanıcı gazlar, elektrik arkı veya plazma arkı ile elde eder [6-8].

Ergiyen kaplama malzemesi kaplanacak olan ve altlık denilen parçanın yüzeyine püskürtülür. Yüzeje darbe etkisi ile çarpan tanecikler düzleşmekte ve esas metale doğru gerçekleşen ısı iletimi ile soğuyarak katılaşmakta ve birbirleri ile temas ederek tabaka meydana getirmektedir. Şekil 1'de ergiyen kaplama malzemesinin ana malzeme ile olan işlem sırası gösterilmektedir [6,8]. Isıl püskürtme sürecinde, istenilen kaplama kalınlığı elde edilinceye kadar işlem kesilmemelidir. Fakat ana malzemelerin özelliklerine veya kaplamanın verimine olumsuz etki yapabilecek aşırı ısınmadan kaçınmak için tedbir alınmalıdır. Eğer püskürtmenin aniden durdurulması kaçınılmaz olursa, bu durumda iş parçasındaki sıcaklığının ani düşmesi engellenmelidir [9]. Isıl püskürtme sistemlerinde

toplam kaplama kalınlığı, 0,0025 - 10 mm aralığında olabilir [10].

Şekil 1. Isıl püskürtme kaplama yönteminin şematik olarak gösterimi [10].



Isıl püskürtme sistemlerinde genel olarak fiziksel buhar çöktürme (PVD), kimyasal buhar çöktürme (CVD), sol-jel (SG), plazma püskürtme (PS), alevle püskürtme (FS), sıcak izostatik presleme ile kaplama (HIP) ve detonasyon tabancası (DG) gibi yöntemler kullanılmaktadır [11-15].

## 2.1. Alevle püskürtme yöntemi

Isıl püskürtme yöntemlerinin en basiti ve en ucuzu olan alev püskürtme tekniğinde kullanılan kaplama malzemeleri tel, çubuk veya toz formunda olabilir [1,16]. Alevle püskürtme tekniği, kullanılan kaplama malzemesinin tipine göre, alevle tel veya alevle toz püskürtme tekniği olarak adlandırılır. Yakıcı gaz olarak oksijenin kullanıldığı bu sistemde, düşük ergime derecesine sahip malzemeler için propan, çelikler için asetilen ve ince tozların püskürtülmesinde ise hidrojen yakıcı gaz olarak kullanılmaktadır. Gaz değişiminde alev püskürtme tabancasının değişmesine gerek yoktur [1,8].

Alevle tel püskürtme tekniği, ergime sıcaklığı oksijen-asetilen alev sıcaklığının (3300 °C) altında olan metalik (veya seramik) bir telin ergitilerek kaplanacak yüzeye püskürtülmesi işlemini kapsar [1,10,16]. Kaplanacak tel, bir sürücü aracılığı ile püskürtme tabancasının nozuluna beslenmektedir. Tel; nozul içerisinden geçerken oksijen ve yakıcı gaz karışımı yardımı ile ergitilmekte ve ergimiş metal yüksek basınçlı hava ile atomize edilerek kaplanacak yüzeye püskürtülmektedir. Bu yöntemde alevin fonksiyonu metalin ergitilmesini sağlamaktır. Kaplama yüzeyinin sıcaklığı 95-200 °C arasında değişmektedir [1]. Bu yöntemle üretilen kaplamalar, genellikle diğer yöntemlere göre daha yüksek gözeneğe, daha zayıf kaliteye ve daha

düşük yapışma direncine sahiptirler. Ayrıca kaplama malzemesinin tel olarak üretilmemesi yöntemin en büyük dezavantajıdır. Oksit seramik kaplamaların püskürtülmesi için kurulu bir metot olması ve düşük maliyet ile yüksek kumanda edilebilirliğe sahip olması avantajları arasındadır [10,17].

## 3. Deneysel Çalışmalar

### 3.1 Altlık malzemelerin hazırlanması

Bu çalışmada, ortalama 50-55 HV sertliğe sahip, kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen, 10x20x20 mm boyutlarındaki AlMg<sub>3</sub> alaşımı altlık (ana malzeme) olarak kullanılmıştır. Kaplama işleminden önce AlMg<sub>3</sub> alaşımının yüzeyleri etil alkol ile temizlenmiştir. Alevle püskürtme kaplamalarda ana malzeme ile kaplama tabakası arasındaki bağlanma çoğunlukla mekanik karakterli olduğu için, kaplama öncesi ana malzemenin yüzeylerinin hazırlanması yani yüzeylerinin pürüzlendirilmesi önemli bir işlemdir. Bu amaçla yağ, pas ve kirden arındırılmış ana malzeme yüzeyleri, kuvars aşındırıcı tozlar kullanılarak 7 bar kumlama basıncı ile pürüzlendirilmiştir. Altlık ve kaplama malzemeleri arasındaki mekanik yapışmayı geliştirmesi için yüksek sıcaklığa dayanıklı NiCr alaşımı astar malzemesi, Tablo 2'de kimyasal bileşimleri ve fiziksel özellikleri verilen Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> telleri ise kaplama malzemesi olarak uygulanmıştır. Şekil 2' de kumlama işlemi için kullanılan kumlama ünitesi verilmiştir. Püskürtme tabancasının ana malzeme yüzeyine 90°'lik bir açı altında tutulmasıyla maksimum yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

Tablo.1 Altlık malzemesinin kimyasal bileşimi (% ağırlık)

Cu	Mg	Zn	Cr	Mn	Fe	Si	Ti	Al
0,1	3,1-3,9	0,2	0,15-0,35	0,1	0,4	0,25	0,2	Kalan

Tablo 2. % ağırlık olarak kaplama malzemelerinin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri [9].

Kimyasal Bileşimi							
Malzeme	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiC <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	90,33	3,67	5,62	0,27	0,11	-	-
Fiziksel Özellikleri							
Malzeme	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Ergime Sıcaklığı (°C)	Sertlik (HV)				
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,5	2300	1215				



Şekil 2. Kumlama ünitesi [9].

### 3.2 Alev püskürtme ile kaplama işlemi

Kaplama işlemleri, Köroğlu A.Ş. (Kütahya) işletmesinde manuel sprej sistemleri kullanılarak yapılmıştır. Kaplama süresince Şekil 3'te gösterilen alev püskürtme tabancası kullanılmıştır. İşlem parametreleri üretici

firma tavsiyelerine göre seçilmiş ve bu parametreler Tablo 3'de verilmiştir.

Sprej parametreleri	NiCr	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sprej mesafesi	12 cm	10-12-15 cm
Kaplama Kalınlığı	---	100-200-300 µm
Tel besleme hızı	2.5 g/sn	2.5 g/sn
Oksijen basıncı	2.35 atm	2.35 atm
Asetilen basıncı	2.35 atm	2.35 atm
Tel çapı (mm)	4 mm	4 mm

Tablo 3. Alevle tel püskürtme işlem parametreleri [9].

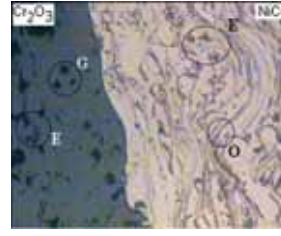


Şekil 3. Alevle püskürtme tabancası [9].

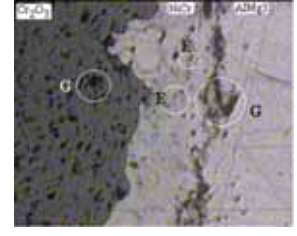
## 4. Deney Sonuçları

### 4.1. Kaplamaların Mikroyapısı

Şekil 4'de farklı kaplama kalınlıklarında, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplama malzemesi için optik görüntüler verilmiştir. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplı numunelerde astar malzemesi ile kaplama malzemesi arasında düzenli bir yapının oluştuğu ve arayüzeyde uygun bir geçiş sağlandığı görülmektedir. 200µm kaplama kalınlığına sahip numunede ise astar malzeme ile ana malzeme arasında yapışmanın tam olarak sağlanmadığı ve gözenekli bir geçiş oluştuğu görülmektedir. Kaplamaların karakterizasyonu olarak gözenekler, ergimemiş partiküller ve oksit tabakaları yapı içerisinde bulunmaktadır.



a) 100µmx250



b) 200µmx100

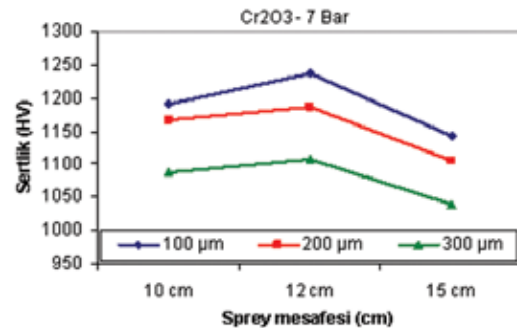
Şekil 4. Farklı kaplama kalınlığında Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplı numunelerin optik mikroyapı görüntüleri. (G: Gözenek, E: Ergimemiş partikül, O: Oksit)

Kaplama yüzeyinin pürüzlü olması daha sonra kaplanacak malzeme için en uygun yapışma zemini sağlayarak altlık-astar ve astar-kaplama malzemeleri arasında boşluk oluşumunu minimuma indirmektedir [18]. Mikroyapılardan da görüldüğü üzere alevle tel püskürtme yönteminin, kaplama malzemelerini ergitebildiği, astar (NiCr) üzerine kaplanması için gerekli partikül hızlarının sağlandığı ve bu tür malzemelerin kaplanması için bu yöntemin uygun olduğu anlaşılmaktadır.

### 4.2. Kaplamaların sertlik değerleri

Kaplama sertlik değerleri kaplama malzemesinin kendi özellikleri yanında kaplama içerisindeki gözenek, oksit, ergimemiş veya yarı ergimemiş partiküllerin oranına bağlı olarak değişmektedir [18]. Ergimemiş partiküllerin iyi yapışması ile daha yoğun kaplamalar ve daha yüksek sertlik değerleri elde edilebilir. Sprej mesafesi kaplamanın mikroyapı özelliklerine etki etmekte ve sprej mesafesi arttıkça kaplama içerisinde gözenek miktarı artmakta, sertlik ise azalmaktadır [9,18].

Şekil 5'de de görüldüğü gibi 12 cm sprej mesafesinde yüksek sertlik değerleri elde edilirken, 10 ve 15 cm sprej mesafelerinde daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir. Bunun sebebi, 12 cm sprej mesafesinde partiküllerin, ergimeleri için gerekli sıcaklığa ulaşmaları, yüzeye çarpma hızlarının yüksek olması, yüksek yoğunluk ve yapışma dayanımının elde edilmesidir.



Şekil 5. Sprej mesafesi ve sertlik arasındaki ilişki

Şekil 5'tede görüldüğü gibi artan kaplama kalınlığı ile sertlik değerleri azalmıştır. En yüksek sertlik değeri, 100µm kaplama kalınlığında elde edilmiştir. Artan kaplama kalınlığı ile kaplama işlemi sırasında ergimeyen taneler ile gözeneklerin miktarı, kaplama partiküllerinin birbiriyle olan yapışma dayanımını azalttığından dolayı sertlik değerlerini düşürmüştür [18].

## 5. Sonuç ve Öneriler

Yapılan bu çalışma ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Kaplama ara yüzeylerinin düzenli bir yapıya sahip olduğu ve uygun bir geçiş sağlandığı belirlenmiştir.
- Sprey mesafesinin, kaplamanın mikroyapısı ve sertlik değerleri üzerinde etkili parametre olduğu belirlenmiştir.
- 12 cm sprej mesafesinde yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir.
- Kaplama kalınlığının artmasıyla sertlikte azalma meydana geldiği gözlenmiştir.
- En yüksek sertlik değeri düşük kaplama kalınlığında (100 µm) elde edilmiştir.

## 6. Kaynaklar

1. Kiper G., Mindivan H., Samur R., Kayalı E. S., Çimenöğlu H. 2004. Alüminyum üzerine uygulanan yüksek karbonlu çelik kaplamanın aşınma davranışının incelenmesi, 10. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi, (14-16 Nisan 2004) Bildirileri, V. Kovan ve C. Meran (Editörler), Denizli, 84-87.
2. Çağrı, T., İsmail, Ö. ve Erdal, Ç. 2003. Plazma püskürtme yöntemi ile dökme demir altlıklar üzerine molibden kaplamalar, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 5 (1), 173-179.
3. Çelik E., 2002. Preparation and characterization of Al2O3-TiO2 powders by chemical synthesis for plasma spray coatings, Journal of Materials Processing Technology 128, 205-209.
4. Chang Jiu L. and Bo Sun. 2004. Effect of spray parameters on the microstructure and property of Al2O3 coatings sprayed by a low power plasma torch with a novel hollow cathode", Thin Solid Films 450, 282-289.
5. Ö. Sarıkaya. 2005. Effect of some parameters on microstructure and hardness of alumina coatings prepared by the air plasma

spraying process, Surface and Coating Technology 190, 388-393.

6. Nejat, Y. S., Muharrem, Y. 2005. Ni-Esaslı kaplamaların abrazyon-erozif aşınma direncine ısı püskürtme yönteminin ve WC ilavesinin etkisi, Mühendis ve Makine, 46, 541, 14-20.

7. Akin, U., Mindivan, H., Samur, R., Kayalı, S., Çimenöğlu, H. 2004. Alüminyum üzerine uygulanan seramik kaplamaların aşınma davranışının incelenmesi, 10. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi, (14-16 Nisan 2004) Bildirileri, V. Kovan ve C. Meran (Editörler), Denizli, 30-35.

8. Ö. Sarıkaya, 2003. Al-%12Si malzemesi üzerine plazma püskürtme tekniği ile Al-Si+B4C kaplama, Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

9. Yetgin, S. H., Alev püskürtme yöntemi ile Al2O3 ve Cr2O3 kaplanmış AlMg3 Alaşımının kaplama özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi, 2005. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 34s.

10. Kahraman, N., Gülenç, B., Kaçar, R., 2000. Alev spreyleme yöntemiyle kaplanan malzemelerdeki kaplama kalınlığının sertliğe etkisinin araştırılması, 8. Denizli Malzeme Sempozyumu, (26-28 Nisan 2000) Bildirileri, C. Meran (Editör), Denizli, 245-255.

11. Tribological behaviour of plasma and laser coated steels, Wear, 205, 220-227.

12. Holmberg, K., Ronkainen, H., Mattewst, A., 2000. Tribology of thin coating, Ceramics International 26, 787-795.

13. Korkut, M. H., Yılmaz, O., Buytoz, S., 2002. Effect of aging on the microstructure and toughness of the interface zone of a gas tungsten arc (GTA) synthesized Fe-Cr-Si-Mo-C coated low carbon steel, Surface and Coating Technology, 157, 5-13.

14. Toma, D., Brandl, W., Marginean, G., 2001. Wear and corrosion behaviour of thermally sprayed cermet coatings, Surface and Coating Technology, 138, 149-158.

15. Gemma, K., Ohtsuka, T., Fujiwara, T., Kawakami, M., 2002. Normal and abnormal microstructure of plasma nitrided Fe-Cr Alloys, Journal of Materials Science, 37, 835-844.

16. Kahraman, N., Gülenç, B., 2002. Abrasive wear behaviour of powder flame sprayed coatings on steel substrates, Materials and Design, 23, 721-725.

17. Salman, S., Vayvay, Ö. 1997. The thermal sprayed coatings applications in aero engines components, Fifth Combustion Symposium, (21-23 Temmuz 1997) Bildirileri, İstanbul, 497-497.

18. Yılmaz, R. 2004. Isıl püskürtme yöntemleriyle kaplanan malzemelerin mikroyapı ve mikrosertlik karakterizasyonu, 10. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi, (14-16 Nisan 2004) Bildirileri, V. Kovan ve C. Meran (Editörler), Denizli, 256-263.

\* Sakarya Üniversitesi, Akyazı Meslek Yüksekokulu, Makine Programı, Akyazı/SAKARYA

\*\* Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, Adapazarı/SAKARYA

