



PLAZMA PÜSKÜRTME YÖNTEMİ İLE DÖKME DEMİR ALTLIKLAR
ÜZERİNE MOLİBDEN KAPLAMALAR

*(MOLYBDENUM COATINGS ON CAST-IRON SUBSTRATES
BY PLASMA SPRAY SYSTEM)*

Çağrı TEKMEŒ*, İsmail ÖZDEMİR*, Erdal ÇELİK*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada, dökme demir altlıklar plazma püskürtme yöntemi kullanılarak molibden ile kaplanmıştır. Kaplanmış numuneler, optik mikroskopu, taramalı elektron mikroskopu (SEM), X-Işınları difraktometresi (XRD), görüntü analiz cihazı (LUCIA) ve mikrosertlik cihazı ile karakterize edilmiştir. Sonuçlar, Mo kaplamaların porozite, ergimemiş, yarı-ergimemiş partikül, oksit ve inklüzyon içerdiğini göstermektedir. Ayrıca, mikrosertlik değerlerinin, kaplamadan altlığa doğru azaldığı tespit edilmiştir.

In this study, Mo was deposited on cast-iron substrates using air plasma spray system. The coated samples were characterized by optical microscope, scanning electron microscope (SEM), X-Ray diffraction (XRD), image analyzer (LUCIA) and microhardness. The results demonstrated that Mo coatings possess porosity, unmelted particle, oxides and inclusion. It was also found that microhardness values of Mo coatings decreased from the edge of the coating to cast-iron matrix.

ANAHTAR KELİMELEŒ/KEY WORDS

Mo kaplama, Mikroyapı, Mikrosertlik, Plazma püskürtme yöntemi
Mo coatings, Microstructure, Microhardness, Plasma spray system

* DEÜ, Mühendislik Fak., Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR.

1. GİRİŞ

Termal püskürtme ile seramik, metalik ve sermet kaplamalar, uçak endüstrisinde, otomobil üretiminde, kağıt endüstrisinde, kimyasal ve diğer endüstrilerde, yüzeylerin işleme performansını artırmaktadır (Çelik vd., 1997; Çelik vd., 1997; Çelik vd., 1997). Örneğin; conta, rulman, şaft, türbin kanatları ve aşınma bilezikleri gibi birçok endüstriyel uygulamada, termal püskürtme kaplamalar, yüzey bozunmalarını azaltıcı ekonomik bir çözüm olmasından kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır (Çelik vd., 1999; Soykan vd., 1997). Mo bazlı termal püskürtme kaplamalı malzemeler, sürtünme direncini artırmak ve birbiri üzerinde kayan elemanlarda kayma sürtünme direncini azaltmak amacıyla da başka uygulamalarda kullanılmaktadır (Usmani vd., 1999). Mo bazlı kaplamaların bu üstün özellikleri, Mo yüzeyinde oluşan ince film tabakasından kaynaklanmaktadır (Du vd., 1995; Liu vd., 1999). Kaplama yöntemi olarak alevle veya plazma püskürtme teknikleri kullanılmaktadır.

Yüksek ergime sıcaklığına (2600°C) sahip Mo kaplamalar, oksitli ve sülfürik ortamlarda dirençlidir. Sülfürlenme, birçok enerji dönüşüm sistemlerinde önemli bir sorundur. Sülfürlenme genellikle düşük oksijen ($p_{O_2} \sim 10^{-18}$ Pa) ve yüksek sülfür ($p_{S_2} \sim 10^{-1}-10^{-3}$ Pa) içeren ortamlarda özellikle 700°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda meydana gelmektedir. Rekrakter malzemelerin yüksek sülfürlenme direncine sahip olması nedeniyle kaplama malzemesi olarak kullanımı büyük ilgi görmektedir. Bu anlamda, molibden, 10-12 $g^2 cm^{-2} s^{-2}$ lik K_p değeri ile (750°C'de $p_{S_2} \sim 10^{-1}$) lik bir atmosferde, yüksek sülfürlenme direncine sahip bir metal olarak önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, plazma püskürtme tekniği ile Mo kaplamaların üretimi incelenmiştir. Kaplamalar, optik mikroskobu, SEM, XRD, görüntü analiz cihazı ve mikrosertlik ile karakterize edilmiştir. Ayrıca, Mo kaplamaların yapısını incelemek üzere metalografik çalışmalar yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

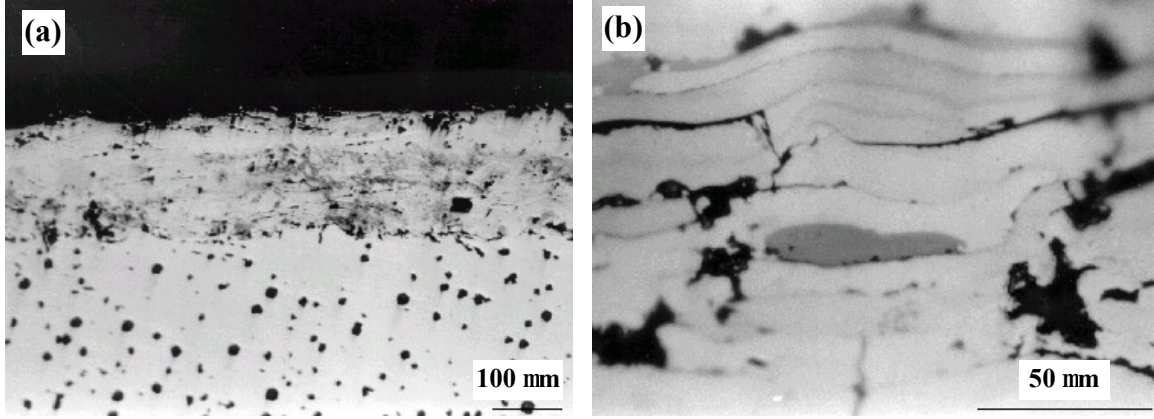
Bu çalışmada, altlık malzemesi olarak 40mm x 25mm x 2mm boyutlarında 100-70-03 sınıfı, küresel grafitli dökme demir kullanılmıştır (%3.3 C-%2.2 Si-%0.5 Mg). Altlığın yüzeyi 35 gritlik Al_2O_3 ile aşındırılmıştır. Mo tozları, oda sıcaklığındaki altlık üzerine, atmosferik basınç altında, 3 MB basınçlı plazma püskürtme tabancası ile püskürtülmüştür. Mo tozları 125 °C'de kurutulup mekanik olarak karıştırılmıştır ve tane boyutu 10-50 μm arasındadır. İşlem, plazma sıcaklığı 7000 °C-10000 °C aralığında, Ar-H₂ gazı altında, 40 kW güç kaynağı, 500 A akım ve 64-70 V voltaj altında gerçekleştirilmiştir. Mo tozların püskürtülmesinde, tabanca ile altlık arasındaki mesafe 10-15 cm olarak seçilmiştir. Uygulanan plazma püskürtme yönteminin detayları başka bir çalışmada verilmiştir (Özdemir vd., 2002; Uygulgan vd., 2002).

Mikroyapısal çalışmalar, kaplamaların yapısındaki, ergimemiş partikül, inklüzyon ve oksitleri belirlemek amacıyla, optik mikroskobu ve SEM kullanılarak yapılmıştır. Mo esaslı numunelerin kaplama kalınlıkları ve porozite oranları görüntü analiz cihazı ile belirlenmiştir. Farklı kalınlıklardaki kaplamaların (100, 150, 200 ve 250 μm) mikrosertliklerinin ölçümü standart mikrosertlik cihazı ile yapılmıştır. Ayrıca, Mo kaplamaların faz analizi, XRD ile belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

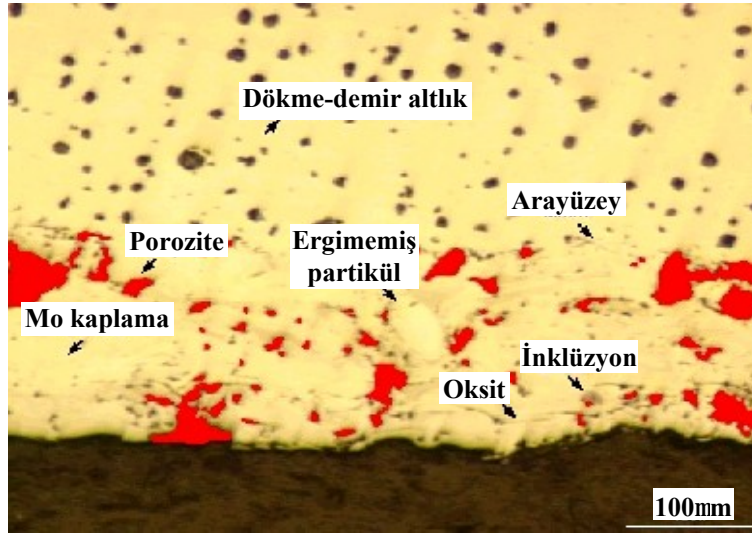
Atmosferik plazma püskürtme yöntemi ile üretilen Mo kaplamaların genel mikroyapıları Şekil 1'de verilmiştir. Metalografik sonuçlar kaplamaların genellikle porozite, oksit,

ergimemiş, yarı-ergimemiş partiküller ve inklüzyon içerdiğini göstermektedir. Mo kaplamalar, lamelli ve tanelerarası iri kolonsal taneli bir yapı göstermektedir. S.Usmani ve arkadaşlarının çalışmasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Usmani vd., 1999).



Şekil 1. Mo kaplamaların genel mikroyapıları

Görüntü analiz cihazı kullanılarak, Mo kaplamaların ortalama % 6 oranında porozite ihtiva ettiği tespit edilmiştir (Şekil 2). Porozitelerin büyüklükleri 1-8 μm arasında değişmektedir. Mo kaplamalara ait metalografik sonuçlar Çizelge 1’de verilmektedir.

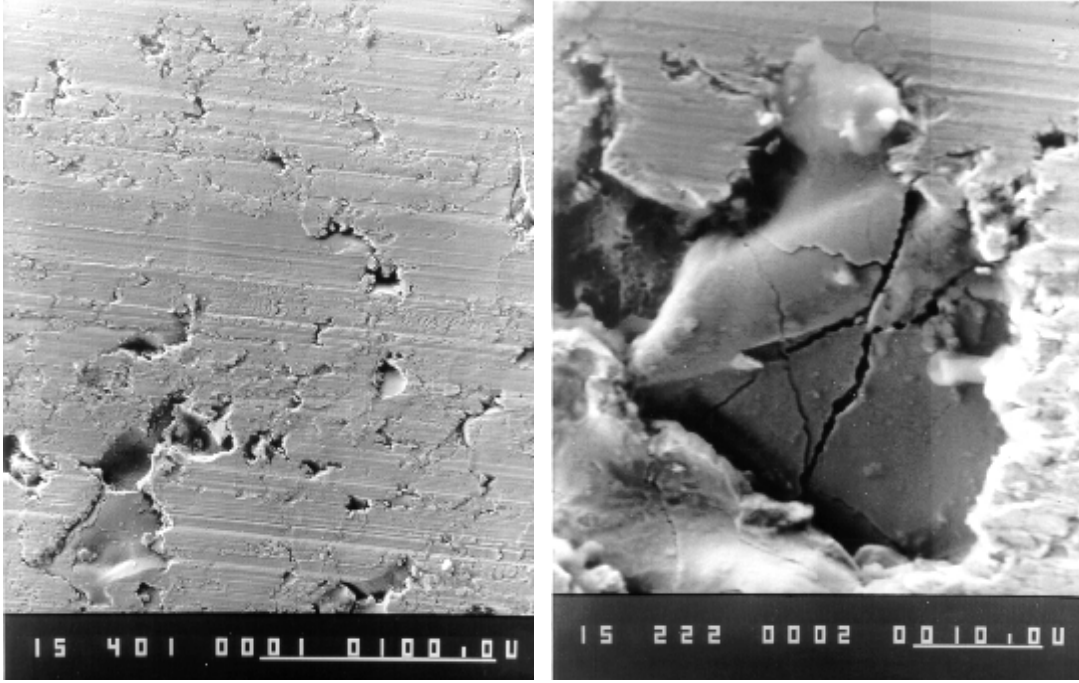


Şekil 2. Görüntü analiz cihazı ile karakterize edilmiş Mo kaplamanın genel görünümü

Çizelge 1. Kaplamalardan elde edilen metalografik sonuçlar

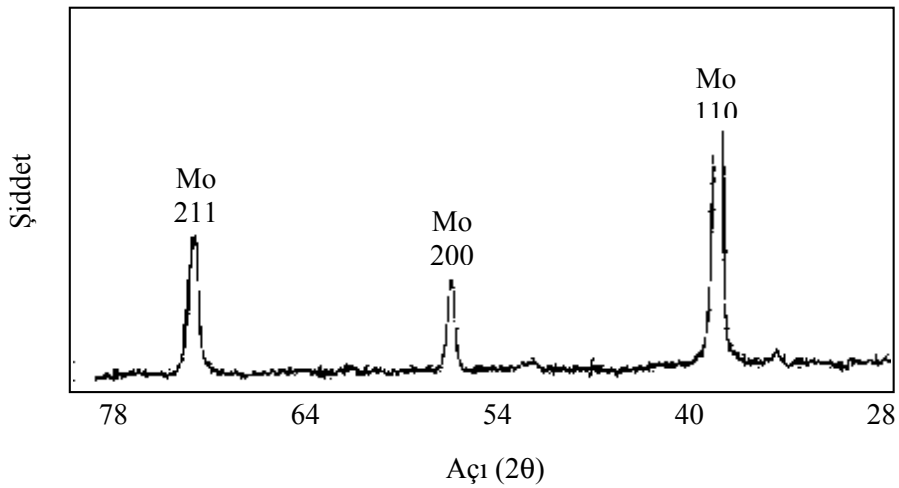
<i>Değişken</i>	<i>Büyükük</i>
Porozite Oranı (%)	4-11
Ergimemiş partikül (%)	0.20
Oksit (%)	<1.5
İnküzyon (%)	<0.15
Kaplama kalınlığı (μm)	100-250
Yüzey pürüzlülüğü (μm)	3.30

Mo kaplamalara ait SEM mikroyapıları Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden açıkça görüldüğü gibi, kaplama tabakası mikro-çatlaklar ve porozite içermektedir. Bu, plazma püskürtme tekniği ile üretilen kaplamaların genel karakteristik özelliğidir.



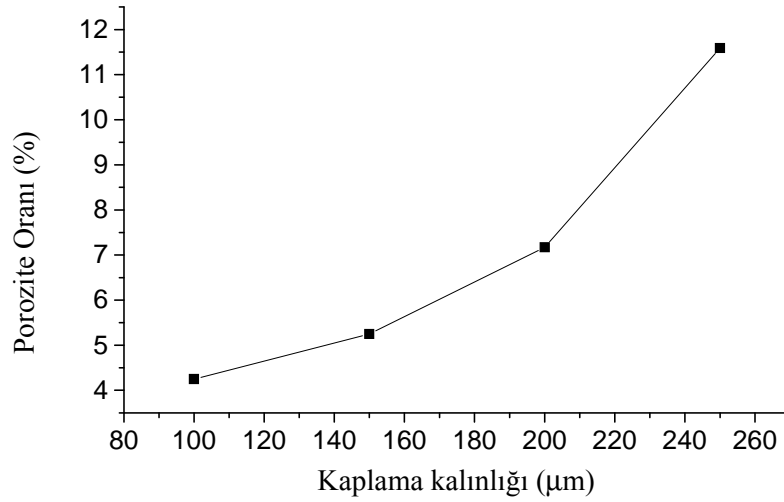
Şekil 3. Mo kaplamalara ait SEM görüntüleri

Şekil 4'te, Mo kaplamalı numuneye ait X-Işınları difraksiyon paterni görülmektedir. Daha detaylı X-Işınları difraksiyon analizi, önceki çalışmalarımızda detaylı olarak verilmiştir (Özdemir vd., 2002; Tekmen vd., 2002). Şekil 5'te verildiği üzere 100, 150, 200 ve 250 μm kalınlıklarındaki kaplamalardaki porozite oranları sırasıyla % 4,25, % 5,25, % 7,17 ve % 11,59 olarak ölçülmüştür. Kaplama kalınlığı arttıkça kaplamadaki porozite oranı da artmaktadır.



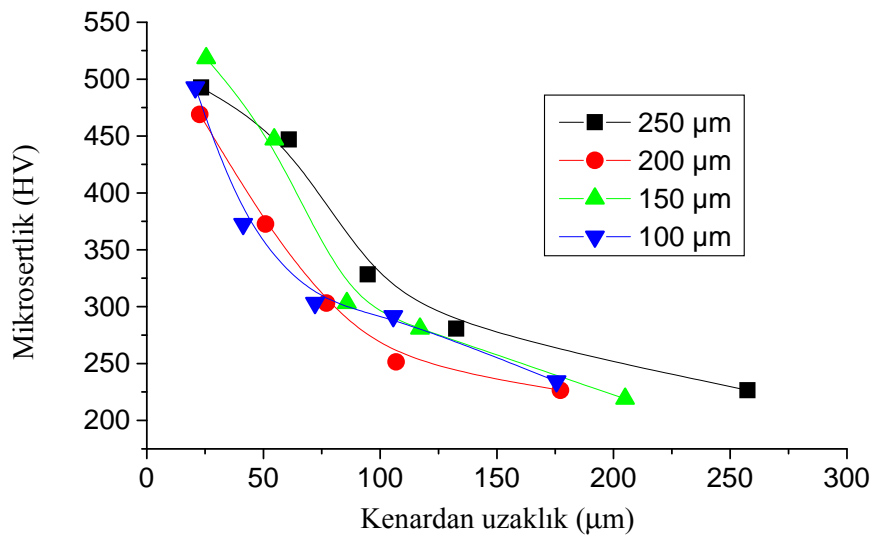
Şekil 4. Mo kaplamaların X-Işınları difraksiyon paterni

Farklı kalınlıklardaki Mo kaplamaların mikrosertlik değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Mikrosertlik ölçümleri yapılan kaplamalardaki sertlik tarama izleri Şekil 7'de görülmektedir. Görüldüğü üzere sertlik değerleri kaplamanın dış kenarından altlığa doğru azalmaktadır. Mo kaplamalardaki, porozite, oksit, ergimemiş, yarı-ergimemiş partiküller ve inklüzyonlar sertlik değerlerini etkilemektedir. Özellikle porozite sertlik değerlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Kaplamaların ortalama sertlik değerleri 450-550 HV arasında değişirken poroziteli yapılarda bu değer 350 HV değerine kadar azalabilmektedir.

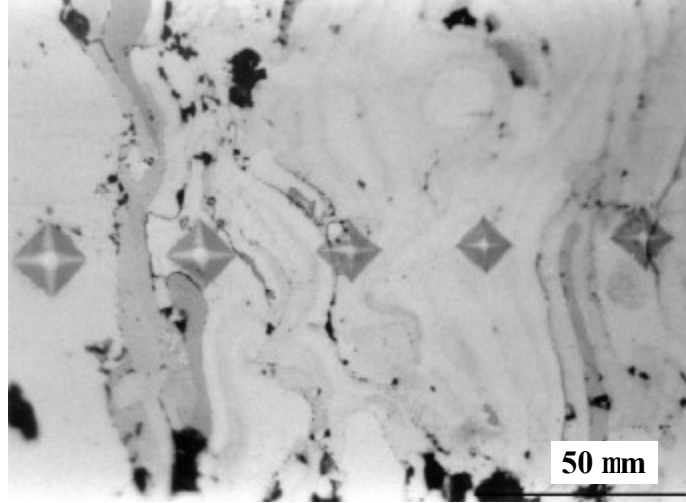


Şekil 5. Kaplama kalınlığına bağlı olarak porozite oranındaki değişim

Porozitenin sertliğe etkisine ilaveten, plazma püskürtme işlemi nedeniyle meydana gelen oksitli yapı mekanik özellikleri etkilemektedir. MoO₂ oluşumu, plazma püskürtme tekniği ile üretim esnasında havadaki oksijenin reaksiyonu ile meydana gelmektedir. Ayrıca üretim süresince oluşan artık gerilmeler de kaplamaların mekanik özelliklerini etkilemektedir. Mo kaplamaların sertlik değerleri dökme demir altlığına göre daha yüksek elde edilmiştir.



Şekil 6. Değişen kaplama kalınlıklarındaki numunelerin mikrosertlik değerleri



Şekil 7. Mikrosertlik ölçümü yapılmış numuneye ait mikroyapı görünütüsü

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, plazma püskürtme yöntemi kullanılarak dökme demir altlıklar molibden ile kaplanmıştır. Kaplanmış numuneler karakterize edilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Kaplamalar genellikle porozite, oksit, ergimemiş, yarı-ergimemiş partikül ve inklüzyon içermektedir. Kaplamaların, lamelli ve iri kolonsal tane yapısında olduğu bulunmuştur.
- Mo kaplamaların sertlik değerlerinin yapıdaki porozite, oksit, ergimemiş, yarı-ergimemiş partikül ve inklüzyonlara bağlı olduğu, ayrıca sertlik değerlerinin kaplamadan altlığa doğru azaldığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Sakarya Üniversitesi, Plazma Püskürtme Laboratuvar'ından Prof. Dr. Fevzi YILMAZ, Yrd. Doç. Dr. S.Cem OKUMUŞ ve Ebubekir EKİNCİ'ye teknik katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Çelik E., Avcı E., Yılmaz F., (1997): "Evaluation of interface reactions in thermal barrier ceramic coatings", Surface and Coatings Technology, vol.97, pp.361-365.
- Çelik E., Şengil I.A., Avcı E., (1997): "Effects of some parameters on corrosion behaviour of plasma sprayed coatings", Surface and Coatings Technology. vol.97, pp.355-360.
- Çelik E., Avcı E., (1997): "Investigation of corrosion behaviour of decorated Al₂O₃ with copper", 5th European Conference on Advanced Materials, Processes and Applications, Maastricht, April 21-23.
- Çelik E., Demirkıran A.Ş., Avcı E., (1999): "Effect of grit blasting of substrate on corrosion behaviour of plasma sprayed Al₂O₃ coatings", Surface and Coatings Technology, vol.116-119, pp.1061-1064.

- Demirkıran A.S., Çelik E., Yargan M., Avcı E., (2001): "Oxidation behaviour of functionally gradient coatings including different composition of cermets", Surface and Coating Technology, vol. 142-144, pp. 551-556.
- Du H.L., Datta P.K., Burnell-Gray J.S., Guo X., (1995): "Influence of plasma-sprayed Mo coating on sulphidation behaviour of Inconel 600 and Nimonic PE11 alloys", Surface and Coatings Technology, vol.76-77, pp.1-6.
- Liu Z., Hua M., (1999): "Wear transitions and mechanisms in lubricated sliding of a molybdenum coating", Tribology International, vol. 32, pp. 499-506.
- Özdemir I., Tekmen Ç., Okumuş S.C., Çelik E., (2002): "Thermal Behaviour Of Plasma-Sprayed Mo Coating On Cast-Iron Substrate For Dissel Engine Motors", 8TH Conference on Plasma Surface Engineering, September 9-13, 2002, Garmisch-Partenkirchen, Germany, Surface and Coatings Technology (in press).
- Soykan S., Üstel F., Çelik E., Avcı E., (1997): "Investigation of friction and wear behaviours of plasma-sprayed ceramic coatings", Journal of Turkish Engineering and Environmental Sciences, vol.21, No: 6, pp.417-423.
- Tekmen Ç., Özdemir İ., Çelik E., (2002): "Failure Behaviour Of Functionally Gradient Materials Under Thermal Cyclic Conditions", 8TH Conference on Plasma Surface Engineering, September 9-13, 2002, Garmisch-Partenkirchen, Germany, Surface and Coatings Technology (in press).
- Usmani S., Sampath S., (1999): "Time-dependent friction response of plasma-sprayed molybdenum", Wear, vol.225-229, pp.1131-1140.
- Uyulgan B., Çetinel H., Özdemir I., Tekmen Ç., Okumuş S.C., Çelik E., (2002): "Friction and Wear Properties of Mo Coatings on Cast-Iron Substrates", 8TH Conference on Plasma Surface Engineering, September 9-13, 2002, Garmisch-Partenkirchen, Germany, Surface and Coatings Technology (in press).