

*Selçuk Üniversitesi*  
*Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu*  
*Teknik-Online Dergi*  
*Cilt 6, Sayı:1-2007*

ISSN 1302/6178

*Journal of Technical-Online*  
*Volume 6, Number:1-2007*

## PLAZMA TRANSFER ARK YÖNTEMİYLE FeCr/FeCr+C TOZUNUN DÜŞÜK KARBONLU ÇELİK YÜZEYİNE ALAŞIMLANMASI

**Serkan ÖZEL, Bülent KURT, İlyas SOMUNKIRAN**

Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, 23119, Elazığ,  
Türkiye

sozel@firat.edu.tr, bkurt@firat.edu.tr, ilyass@firat.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, düşük karbonlu bir çelik malzeme yüzeyine FeCr/FeCr+C karışım tozu Plazma Transfer Ark (PTA) yöntemiyle yüzeye alaşımlandırılmıştır. FeCr tozuna ağırlıkça % 1 - 5 oranlarında karbon (C) tozu ilave edilerek, alaşımlanmış tabakada C miktarının mikroyapıya etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, alaşımlanan tabaka ve ara yüzeyin optik mikroskopla mikroyapıları incelenmiş ve ara yüzeyin mikrosertlik profili çıkarılmıştır. Çalışmada aynı zamanda, PTA yönteminin diğer yüzey alaşımlama yöntemlerine kıyasla farklılıkları ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** PTA, Mikroyapı, FeCr+C

### THE ALLOYING FeCr/FeCr+C POWDER ON LOW CARBON STEEL BY USING PLASMA TRASFERED ARC PROCESS

### Abstract

In this study, FeCr+C mixed powder has been alloyed on the low carbon steel surface by using plasma transfered arc process. Carbon (C) contents of 1 - 5 % by weight were mixed into the FeCr powder and the effects on microstructure of carbon contents were investigated. With this aim, alloyed layer and interface were examined with optical microscopy and interface microhardness distribution were obtained. Also in this study, differences of PTA process in comparison to other surface alloying process.

**Keywords:** PTA, Microstructure, FeCr+C

## 1.GİRİŞ

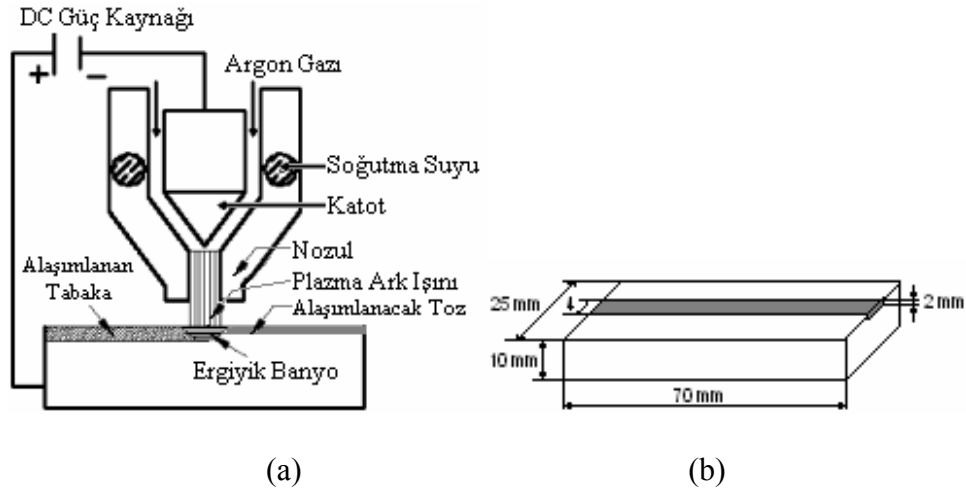
Plazma transfer ark yöntemi (PTA); havacılık, uzay, nükleer, elektronik ve gemi yapım endüstrileri gibi birçok üretim endüstrisinde kullanılmakta olan bir yöntemdir. NASA, bu yöntemi uzay mekaniği ve uzay istasyonu bileşenlerinin kaynağında kullanarak yöntemin ticari uygulamalarının artışında önemli bir rol oynamıştır [1]. PTA, kaplama ve yüzey mühendisliğinde de genellikle kullanılan bir yöntemdir [2]. Yüksek bir sıcaklıkta yüzeyde esas metalden farklı bir tabaka elde edilebilmektedir. Yeni yüzey modifikasyon yöntemlerinde incelenen ısı girdisi miktarı PTA yönteminde dikkati çeken bir özelliktir [3]. PTA yönteminde iki bağımsız arkın (pilot ark ve ana plazma arki) mevcut olması, yüksek derecede üretilebilirlik, derin nüfuziyet, enerjiyi bir noktada toplayabilme, gelişmiş ark kararlılığı, içerdiği ısı miktarının ve kaynak hızının yüksek olması özellikleri ile SMAW, GMAW VE GTAW gibi diğer yüzey modifikasyon yöntemlerinden daha üstün bir özelliğe sahip olarak görülmektedir [4, 5]. PTA yönteminin diğer kaplama yöntemlerine kıyasla oldukça iyi bir alternatif olmasının bu konuda birçok çalışmanın yapılmasına neden olduğu ifade edilmektedir [3]. Bu yöntemde metal tozlarının yüzeye alaşımlandırılması, öncelikle tungsten elektrot ile nozul arasında pilot arkın meydana gelmesi ve sonrasında iş parçası ve elektrot arasında meydana gelen ana plazma arki ile gerçekleşmektedir [6]. Meydana gelen ark ile alt malzeme ve sertleştirilmiş tabaka arasında metalurjik bir birleşme oluşmakta ve malzemede yüksek kaynak hızından dolayı çok küçük çarpılmalar meydana gelmektedir [7]. Buda PTA yönteminin en önemli avantajlarından biri olarak görülmektedir.

Yüksek krom içerikli ötektik altı ve ötektik üstü yapı incelendiğinde birincil dendrit ve östenitte ( $\gamma$ ) karbon konsantrasyonu düşük,  $M_7C_3$  karbürlerinde ise karbon konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir [8]. Geleneksel tekniklerle üretilen Fe+Cr+C alaşımlarında mikroyapı içerisinde ferrit ve kompleks  $M_3C$ ,  $M_7C_3$  ve  $M_{23}C_6$  karbürlerinin şekillendiği tespit edilmektedir [9].  $\gamma$ -Fe katı hali,  $Cr_7C_3$  ile iyi süneklik, dayanım ve uyuma sahiptir. Kaplama ile oluşturulan bu kompozit tabaka (Cr, Fe) $_7C_3$  fazı ile güçlendirilerek iyi aşınma direnci ve sertliğe sahip olmuştur [3].

Bu çalışmada, plazma transfer ark (PTA) yöntemi ile düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyine FeCr ve FeCr+C tozunun alaşımlandırılması amaçlanmıştır. Yüzey alaşımlandırma işlemi sonrası mikroyapı ve sertlik incelemesi ile C'un etkisi araştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, plazma transfer ark (PTA) yöntemi (Şekil 1-a) kullanılarak FeCr/FerCr+C tozu düşük karbonlu çelik (Ç1020) yüzeyine alaşımlandırılmıştır. Alt malzeme ve alaşım tozunun kimyasal bileşimleri Tablo1'de, FeCr tozu içerisinde farklı miktarlarda ilave edilen C toz değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Yüzey alaşımlama işlemi 100 x 25 x 10 mm boyutlarında hazırlanan yüzeylerine 2 mm derinliğinde 4 mm genişliğinde kanallar açılan numunelere uygulanmıştır (Şekil 1-b). PTA yöntemi ile yüzey alaşımlama için kullanılan parametreler Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 1. (a) PTA yönteminin , (b)Yüzeği alaşımlandırılan malzeme ve katmanın şematik görünüşü.

Tablo 1. Alt malzeme ve yüzeğe alaşımlandırılan tozun % ağırlık olarak kimyasal bileşimleri.

Alaşımlar Elementleri	Fe	Cr	C	Si	Mn	S	P
Ç 1020	kalan	-	0,2	0,29	0,66	-	-
FeCr tozu	25,91	64,45	7,74	0,84	-	0,041	0,02

Tablo 2. FeCr tozu içerisine ilave edilen C tozu değerleri.

Numune No	% FeCr	% C
S <sub>1</sub>	100	-
S <sub>2</sub>	99	1
S <sub>3</sub>	98	2
S <sub>4</sub>	97	3
S <sub>5</sub>	96	4
S <sub>6</sub>	95	5

**Tablo 3.** PTA yönteminde kullanılan parametreler

Akım	130 A
Gerilim	18 V
Koruyucu gaz	25 l/dk Ar
Plazma gazı	0,8 l/dk Ar
Elektrot çapı	4,7 mm
Toz Besleme Hızı	2,2 mm/s
Toz Besleme Oranı	0,134 gr/s
Malzeme ile torç arası mesafe	3 mm

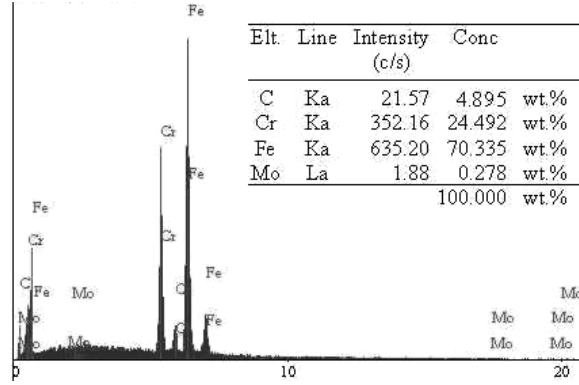
Yüzeyi alaşımlandırılan numunelerden alaşımlandırma yönüne dik kesitte mikroyapı incelemesi yapılmıştır. Kesilen numune yüzeyleri 600, 800 ve 1200 mesh'lik zımparalar kullanılarak yüzeyleri düzeltilmiş ve daha sonra 3 µm'lik elmas pasta kullanılarak çuhayla parlatılmıştır. Dağlama işlemi, alt malzeme % 2'lik Nital çözeltisine 5 saniye süreyle daldırılarak, alaşımlandırılmış tabaka ise 25g FeCl<sub>3</sub>+17 HCl+100 ml su çözeltisine 3 saniye süreyle daldırılarak gerçekleştirilmiştir. Mikroyapı incelemesi için hazırlanmış numunelerin optik mikroskopta fotoğrafları çekilmiştir. Sertlik incelemesi için Struers marka sertlik ve Laica marka mikrosertlik cihazı kullanılmıştır.

### 3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

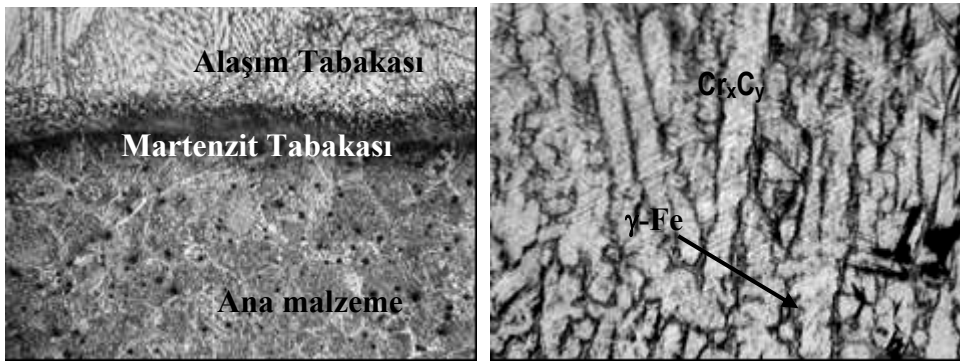
#### 3.1. Mikroyapı İncelemesi

Plazma transfer ark yöntemiyle düşük karbonlu bir çelik yüzeyine FeCr ve FeCr+C tozlarının alaşımlandırılması sonucunda elde edilen S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub> ve S<sub>6</sub> numunelerinin optik mikroskop resimleri Şekil 2, 3, 4, 5, 6, 7'de verilmiştir. S<sub>1</sub> numunesinin ara yüzeyinden alınan optik mikroyapı fotoğrafından (Şekil 3-a) ana malzeme ve alaşım tabakası arasında, dağlamadan aşırı etkilenmiş bir tabaka görülmektedir. Bu tabakanın FeCr tozu içerisinde bulunan yaklaşık % 7,74'lük karbonun difüzyonla ana malzemeye geçmesi ve aynı zamanda hızlı soğumanın etkisiyle tamamen martenzite dönüşmüş bir bölgeden oluştuğu düşünülmektedir. Bu bölgeden alınan mikrosertlik değerleri de bunu doğrulamaktadır (Tablo 4). Bu martenzitik oluşumun diğer tüm numunelerde de meydana geldiği görülmektedir.

Alaşımlanan tabakadaki mikroyapının, Şekil 2’de verilen EDS analiz sonucuna dayanılarak  $Cr_xC_y$  tipi karbür ve  $\gamma$ -Fe’den meydana geldiği düşünülmektedir. Yine bu konuda yapılan bir çalışmada benzer mikroyapılar elde edilmiş ve oluşan karbürler bu şekilde tespit edilmiştir [3].



Şekil 2. S1 numunesinden alınan EDS analizi.

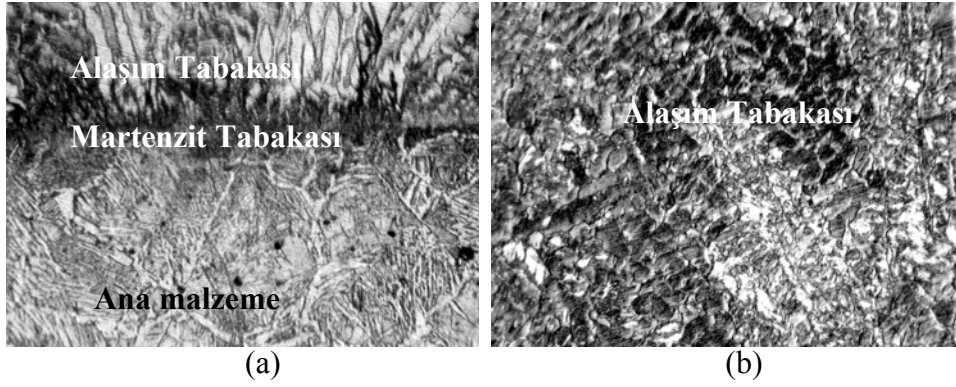


(a)

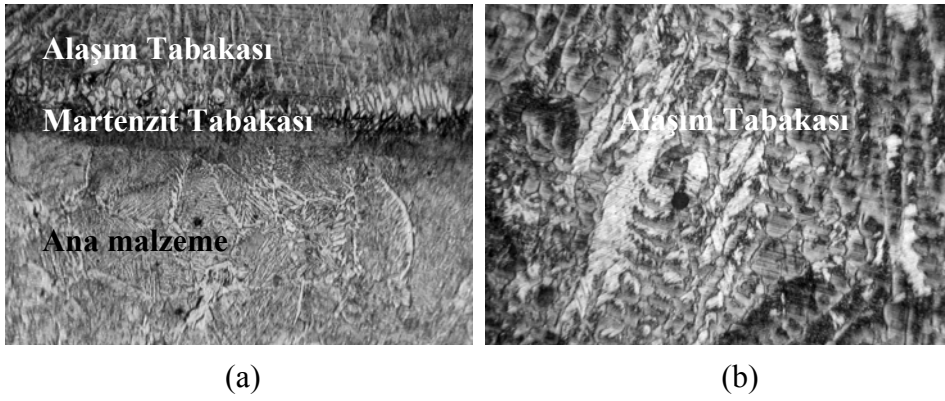
(b)

Şekil 3. S1 nolu numunenin (a) geçiş bölgesinin (x400), (b) alaşımlandırılan katmanın (x1000) optik mikroyapı fotoğrafları.

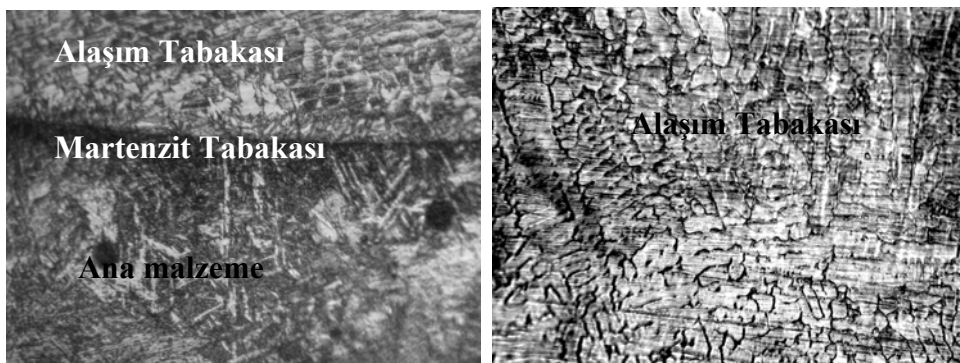
S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> ve S<sub>4</sub> numunelerin optik mikroyapı fotoğraflarına baktığımızda (Şekil 4, 5, 6) alaşımlandırılan tabakada dendritik yapı oluşumunun daha fazla olduğu görülmektedir. Dendrit bölgelerinden alınan mikrosertlik değerleri ve literatür bilgilerine dayanılarak  $Cr_xC_y$  tiplerdeki karbürlerin oluşumundan söz edilebilmektedir [3, 8, 9]. Dendritler arası bölgelerde ise  $\gamma$ -Fe ve  $Cr_xC_y$  karbürlerinin mevcut olması sertlik değerinin düşmesi ile desteklenmektedir.



Şekil 4. S<sub>2</sub> nolu numunenin (a) geçiş bölgesinin (x400), (b) alaşımlandırılan katmanın (x1000) optik mikroyapı fotoğrafları.

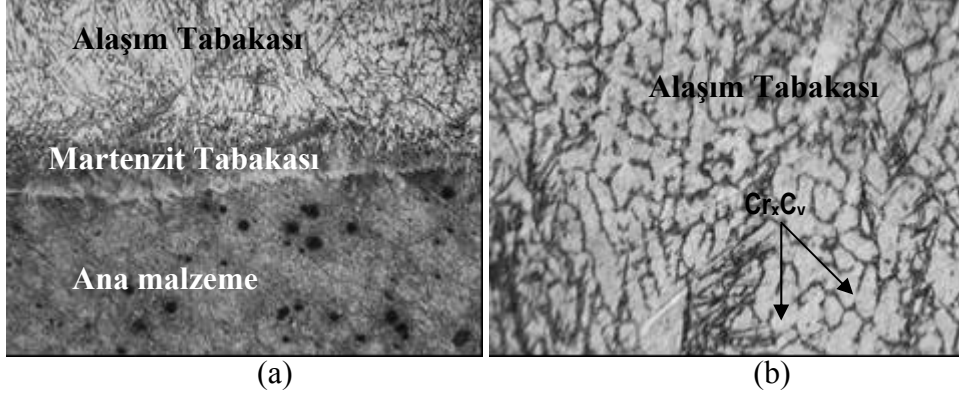


Şekil 5. S<sub>3</sub> nolu numunenin (a) geçiş bölgesinin (x400), (b) alaşımlandırılan katmanın (x1000) optik mikroyapı fotoğrafları.



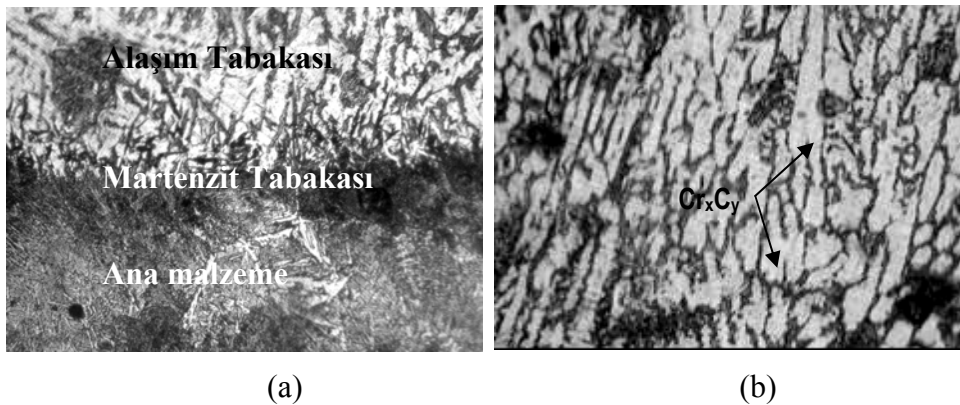
Şekil 6. S<sub>4</sub> nolu numunenin (a) geçiş bölgesinin (x400), (b) alaşımlandırılan katmanın (x1000) optik mikroyapı fotoğrafları.

İlave edilen karbon miktarının yükselmesi ve enerji girdisinin etkisi ile S<sub>5</sub> numunesinde ara bölgede martenzit bölgesi genişliğinin arttığı görülmektedir (Şekil 7). Bu mesafedeki artış soğuma hızına bağlı olarak karbon değerindeki artıştan kaynaklanmıştır.



Şekil 7. S<sub>5</sub> nolu numunenin (a) geçiş bölgesinin (x400), (b) alaşımlandırılan katmanın (x1000) optik mikroyapı fotoğrafları.

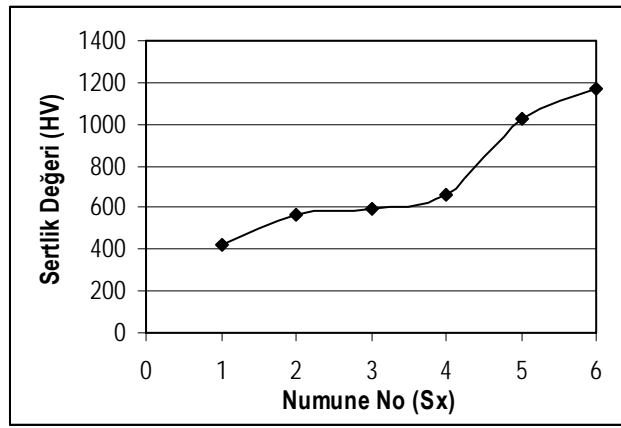
Şekil 7-b de gösterilen Cr<sub>x</sub>C<sub>y</sub> karbürlerinden alınan mikrosertlik değerine bakacak olursak karbon miktarının artışıyla sertlik değerinin de arttığı görülmüştür. S<sub>6</sub> numunesinin mikroyapısını incelendiğinde, ara tabakaya doğru yönelmiş kolonsal bir yapının oluştuğu görülmektedir. Ara tabakadaki martenzit oluşumu diğer numunelere göre en geniş S<sub>6</sub> numunesinde meydana gelmiştir (Şekil 8-a). Alaşımlandırılan tabakanın mikroyapısına baktığımızda Cr<sub>x</sub>C<sub>y</sub> karbürlerinin, kolonsal bir şekilde oluştuğu görülmektedir (şekil 8-b). Karbürlerin mikrosertlik değerleri ilave edilen karbon miktarına bağlı olarak en fazla bu numunede tespit edilmiştir (Tablo 4). S<sub>5</sub> ve S<sub>6</sub> nolu numunelerinde karbürlerden alınan mikrosertlik değerlerindeki farklılıklar, farklı tip Cr<sub>x</sub>C<sub>y</sub> karbürlerinin oluştuğunu işaret etmektedir. Yüzeyi alaşımlandırılan tüm numunelerin mikroyapı sonuçları, ana malzeme ve alaşım tabakası arasında herhangi bir çatlak oluşumunun meydana gelmediğini göstermiştir.



Şekil 8. S<sub>6</sub> nolu numunenin (a) geçiş bölgesinin (x400), (b) alaşımlandırılan katmanın (x1000) optik mikroyapı fotoğrafları.

### 3.2. Sertlik İncelemesi

Yüzeyi alaşımlandırılmış numunelerin, alaşım tabakalarının sertlik değerleri Şekil 9'daki grafikte verilmiştir. Yüzeye FeCr alaşımlandırılmış S1 numunesi ve %1-5 miktarlarında karbon tozu ilave edilerek (FeCr+C) yüzeye alaşımlandırılmış S<sub>2</sub> numunesinden S<sub>6</sub> numunesine gidildikçe sertlik değerlerinin artan karbon miktarına bağlı olarak arttığı görülmüştür. S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> ve S<sub>4</sub> nolu numunelerde, mikroyapıda oluşan dendritik yapının benzerliği, Şekil 9'daki grafikte verilen alaşım tabakalarının sertlik değerlerinin benzerliği ile uyumaktadır. En yüksek sertlik değeri % 5 karbon tozu ilave edilerek yüzey alaşımlandırma işlemi yapılan S<sub>6</sub> numunesinde, yaklaşık 1170 HV değerinde elde edilmiştir.



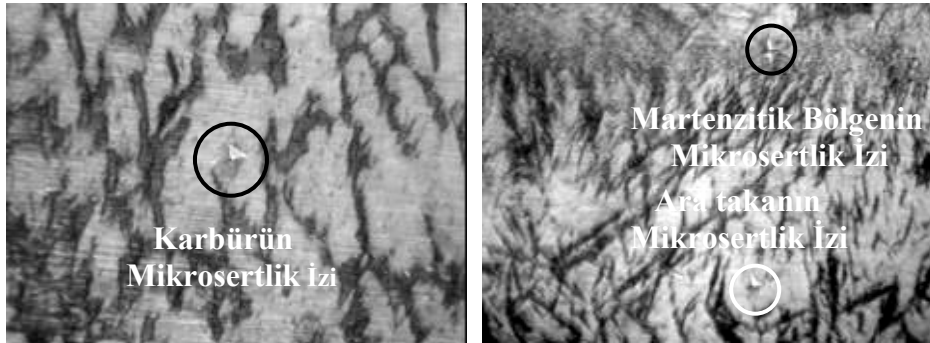
Şekil 9. Alaşım tabakasından alınan sertlik değerleri.

Alaşımlandırılan numunelerin alaşım tabakası, ara bölge ve alt malzemeden alınan mikrosertlik değerleri Tablo 4'te, mikrosertlik izleri ise Şekil 10'da verilmiştir. Mikro sertlik değerleri incelendiğinde S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> ve S<sub>4</sub> numunelerinin alaşımlandırılan tabakalarında karbürlerin sertliklerinin büyük bir farklılık göstermediği görülmektedir. Buda oluşması muhtemel Cr<sub>x</sub>C<sub>y</sub> karbürlerinin aynı tipte olduğunu göstermektedir. Ara tabakada ise artan ilave karbon miktarına ve enerji girdisine bağlı olarak martenzitik bölgenin arttığı ve bununla birlikte mikrosertliğinde arttığı tespit edilmiştir. S<sub>5</sub> ve S<sub>6</sub> numunelerinde ise alaşım tabakasından oluşan karbürlerde farklı mikrosertlik değerleri elde edilmiştir. Buda bize oluşan Cr<sub>x</sub>C<sub>y</sub> karbürlerinin farklı tipte olabileceğini göstermektedir.



**Tablo 4.** Alaşım tabakası, ara bölge ve alt malzemedan alınan mikrosertlik değerleri.

Mikrosertlik Değerleri (HV)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Cr <sub>x</sub> C <sub>y</sub> tip	756	778	829	824	1524	1705
karbürler	803	796	843	873	3360	3004
Martenzitik Bölge	484	1493	1257	2342	2564	2798
Alt Malzeme	320	403	426	468	498	420



**Şekil 10.** Alaşım tabakası ve ara bölge alınan mikrosertlik izlerinin optik fotoğrafları (X1000).

#### 4. SONUÇLAR

- 1) PTA yüzey alaşımlama yöntemi ile FeCr ve FeCr+C tozları yüzeye alaşımlandırılmış, oluşan yüzey katmanlarında Cr<sub>x</sub>C<sub>y</sub> şeklinde farklı tipte karbürler oluşmuştur.
- 2) Ara tabakada sertlik ve mikrosertlik değerleri, ilave edilen karbon miktarının artışına bağlı olarak S<sub>1</sub> nolu numuneden S<sub>6</sub> nolu numuneye doğru lineer bir artış göstermiştir.
- 3) En yüksek sertlik değeri FeCr içerisine % 5 karbon tozu ilave edilerek elde edilen S<sub>6</sub> nolu numunede, 1170 HV değerinde tespit edilmiştir.
- 4) Akım şiddetinin yüksek olmasına bağlı olarak enerji girdisinin yüksek oluşu soğuma hızını arttırmıştır. Yüzey alaşım tabakasının ara bölgedeki alaşımlama etkisi ve ara bölgedeki nispeten yüksek olan soğuma hızına bağlı olarak tüm numunelerde ara tabakada martenzit oluşmuştur.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Kaluç E., Taban E., Plazma Arkı ile Kaynak ve Endüstriyel Uygulamaları, MakineTek 2004, 84.
- [2] Xibao W., Huab L., Metal Powder Thermal Behaviour During The Plasma Transferred-Arc Surfacing Process, Surface and Coat. Tech. 1998; 106: 156–161.
- [3] Liu Y-F., Xia Z-Y, Han J-M, Zhang G-L, Yang S-Z, Microstructure and wear behavior of  $(Cr,Fe)_7C_3$  Reinforced Composite Coating Produced by Plasma Transferred Arc Weld-Surfacing Process, Surface and Coat. Tech. 2006; 201: 863–867.
- [4] Kim H-J., Yoon B-H., Lee C-H., Wear Performance of The Fe-Based Alloy Coatings Produced By Plasma Transferred Arc Weld-Surfacing Process, Wear 2002; 249: 846–852.
- [5] Connor L.P., Welding Handbook, Vol. 1, 11-12, 1987.
- [6] S. Özel, İ. Somunkıran, B. Kurt, Düşük Karbonlu Çelik Yüzeyine FeCr+Mo Tozunun PTA Yöntemi İle Alaşımlandırılması, 11. Uluslararası Malzeme Sempozyumu 2005; 329-332, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- [7] Hou Q.Y., Gao J.S., Zhou F., Microstructure And Wear Characteristics Of Cobalt-Based Alloy Deposited By Plasma Transferred Arc Weld Surfacing, Surface and Coat. Tech. 2005; 194: 238–243.
- [8] Yılmaz S.O., Wear Behavior of Gas Tungsten Arc Deposited FeCrC, FeCrSi, and WCo Coatings on AISI 1018 Steel, Surface and Coat. Tech. 2005; 194: 175-183.
- [9] Yılmaz O., Ozenbaş M., Korkut M.H., Microstructural Characteristics of Gas Tungsten Arc Synthesised Fe-Cr-Si-C Coating, Mater. Sci. and Tech. 2002; 18: 1209-1216.