

Erimiş Boraks Banyosunda Karbürleme İşlemi

Carbide coating in molten borax bath

F. Tayları & A. Özsoy

SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 32260, İsparta, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, Türkiye endüstrisinde bol bulunabilen, düşük maliyetli ve kolay şekillendirilebilen Ç1040 çeliğinin tribolojik özelliklerini iyileştirmek amacıyla erimiş boraks banyosunda vanadyum karbür kaplama işlemi yapılmıştır. Ayrıca, 100 Cr 6 soğuk iş takım çeliği de kullanılmıştır. Banyo bileşimini oluşturan Fe-V tozu 200 meş boyutlarında değerlendirilmiştir. Banyo bileşimi % 15 Fe-V + % 85 boraks şeklinde seçilmiştir. Deneyler 900 °C'de gerçekleştirilmiştir. Karbürlenmiş numunelerin mikro yapı, mikro sertlik ve tabaka kalınlıkları incelenmiştir. Deneyler neticesinde Ç 1040 malzemesinde maksimum tabaka kalınlığı 6,6 um, tabaka sertliği 1820 HV olarak ölçülmüştür. 100 Cr 6 malzemesinde ise maksimum tabaka kalınlığı 9,5 um, tabaka sertliği 2515 HV olarak bulunmuştur.

ABSTRACT: In this study, vanadium carbide coating in molten borax bath was made for the purpose of improving the tribological properties of AISI 1040 steel which is low cost, abundant in Turkish industry and can be easily shaped. 100 Cr 6 cold work tool steel was also used. The grain size of Fe-V in bath composition is 200 mesh. % 15 Fe-V + % 85 borax mixture was selected as bath composition. The experiments was carried out at 900°C. Investigations of the microstructure, microhardness and layer thickness of carburized samples were conducted. It was found that maximum layer thickness was 6,6 μ m and layer hardness value was measured as 1820 HV for the AISI 1040 steel. In the case of 100 Cr 6 steel, maximum layer thickness was 9,5 μ m and layer hardness value was found as 2515 HV.

1.GİRİŞ

Endüstriye uygulamalarda kullanılan malzemelerin korozyon, sürtünme ve aşınma gibi tribolojik etkiler neticesinde azalan kullanım ömürlerinin artırılması yüzey bölgesinin iyileştirilmesi ile mümkündür.

Aşınma ve korozyondan dolayı dünyada her yıl önemli malzeme kayıpları olmaktadır. Ülkelerin bu tür kayıpları milli ulusal gelirlerinin % 3.5-5'i arasında değişmektedir. Yalnız Türkiye'deki 1991 yılı kaybı 4.5 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir (Khoee,1992).

Bu kayıpları gidermek, maliyeti azaltmak, kullanım ömrünü arttırmak ve farklı malzemelerde bulunan özelliklerin tümünü tek bir malzemede birleştirmek için borür, nitrür, karbür gibi zor eriyen bileşiklere dayalı seramik kaplamalar ortaya çıkmıştır. Bunların eldesinde elektro kimyasal, termik, gaz fazında çöktürme, termo mekanik, termo kimyasal işlemler kullanılmaktadır. Aşınma

dayanımının artırılması ve yüzey bölgesinin iyileştirilmesi amacıyla son yıllarda geliştirilen termo kimyasal işlemlerin biri de tuz banyosunda karbür kaplama işlemidir.

Söz konusu işlemde değişik sıcaklıklarda erimiş tuz içinde yayınması istenen elementin uygun bir bileşiği çözündürülerek, daldırma suretiyle yayınması sağlanır. 1970'li yıllarda Japonya'da geliştirilen ve kısaca TRD (Thermo Reactive Diffusion) veya TD (Toyota Diffusion Process) diye adlandırılan bir yöntemle takım çeliklerinin ömürleri 2 ila 20 kat arttırılmıştır (Toplu, 1997). TD prosesiyle çeliklerin yüzeyinde sert karbür tabakası oluşturulması; yüksek sıcaklıkla karbür yapıcı V, Nb, Cr gibi elementlerin bileşimini içeren erimiş boraks banyosunda çeliğin bekletilmesine dayanan bir işlemdir. TD ile yüzey sertleştirilmenin diğer metotlara üstünlüğü; yüzey sertliğinin çok yüksek olmasının (= 2000 Vickers) yam sıra, sürtünme katsayısının düşük olması, bazı asit, baz meta)

eriyiklere ve yüksek sıcaklıkta oksidasyona direnç sağlanmasıdır (Khoee,j.992) Bilimsel çevrelerce TRD ve endüstride TD prosesi olarak bilinen bu işlem Japon otomotiv, kimya, tekstil, ve metalürji endüstrilerinin çeşitli alanlarına girmiş durumdadır. Çok sayıda Japon otomobil üreticisi, Toyota şirketler grubunun da dahil olduğu parça üreticileri ve rakipleri bu işlemden yararlanmaktadırlar TD işlemi Japonya'daki kullanımına ek olarak Avustralya, Fransa, italya, Tayvan, ABD, Almanya ve İngiltere gibi ülkelerde dövme, çekme, kesme, ekstrüzyon, plastik, kauçuk, alüminyum döküm kalıplarında otomotiv ve makine endüstrilerinde aşınmaya karşı basan ile uygulanmaktadır (Toplu, 1997) işlem daha ziyade endüstriyel olduğundan ve banyo bileşenleri patentlerle korunduğundan literatür incelemelerinde konu hakkında fazla bilgi bulunmamaktadır (Khoee,1992).

Tuz banyosunda karburleme işlemi basit, pratik ve ekonomik olması sayesinde diğer işlemlere göre avantajlıdır Karşılaştırma açısından yaygın olarak kullanılan semantasyon, püskürtme, gaz fazında ve buhar fazında çöktürme İşlemlerinin kusurlu taraflarından kısaca bahsedilecektir.

Semantasyon işleminde kaplanan karbür ve ana metal karışımı ikili bir yapı içerdiğinden, tamamen karbür kaplı tabakaya göre daha düşük sertlik ve aşınma performansı göstermektedir.

Püskürtme işleminde her ne kadar aşınma ve sıcak gaz korozyonuna karşı mükemmel sonuçlar alınsa da hem kaplama malzemesi çok pahalıdır hem de kaplanacak malzemeye yüzeyde pürüzlülük oluşturucu ek işlemler gerekmektedir (Ata, 1992).

Gaz fazında çöktürme işleminde kullanılan yöntemlerden CVD (kimyasal buhar fazında çöktürme) ve düşük sıcaklıklarda yapılan PVD (fiziksel buhar fazında çöktürme) işlemleri kesme kalıbı ve bıçaklarında, broşlarda, döküm ve ekstrüzyon kalıplarında ve diğer makine parçalarında basan ile uygulanmıştır. Yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olması yanında karmaşık şekilli parçaların homojen kaplanamaması, tabaka ile ana metal arasında güçlü adhezyon olmayışı ve çok hassas yüzey özelliği gerektirmesi temel sınırlamalardır (Toplu, 1997).

Buhar fazında kaplama da ise kaplama malzemesi kaynağı olarak halojenler kullanıldığından; atmosfer kontrollü, karmaşık yapı ve çok pahalı fırınlara gereksinim vardır (Ata,1992).

Kaplanmamış takımlarla, kaplanmış takımların azalan ömürleri karşılaştırıldığında özellikle PVD ile elde edilen kaplamanın zayıf yapışma kuvvetinden dolayı parçalandığı görülmüştür. Bu hem İşlem şartları hem de yüzeyde oluşan tabakadaki plastik

defonnasyona neden olmuş kaplama hatasının bir sonucudur (Araı ve Glaser,1998).

Tuz banyosuna daldırma işlemi, kaplama biriktirme aşamasında görülen toz metoduna ve CVD metoduna göre iki avantaja sahiptir. Şayet numuneler banyo sıcaklığına hızlı bir şekilde ulaşabilecek kadar küçükse daha kısa bir daldırma zamanı içinde numuneleri kaplamak kolaydır. CVD üzerine yapılmış bir çok çalışmadaki gibi bu araştırmada kullanılan en kısa zaman 5 sn dir. Diğer avantaj ise numunenin kaplama sıcaklığından numunenin su verme sıcaklığına hızlı şekilde soğutmaya elverişliliğidir. Buna karşılık numune yüzeylerindeki tuz miktarı arta kalırsa yüzey işlemlerini zorlaştırmakta ancak iyi ayarlanmış bir temizleme operasyonu ve dikkatli bir incelemeyle sorun giderilmektedir (Araı ve Monyama, 1994).

Bu çalışmanın amacı dünya bor rezervlerinin yaklaşık olarak % 64'ü gibi büyük bir oranına sahip olan Ülkemizde üretilen boraksın kullanım alanının geliştirilmesi ve bunun için de endüstride yaygın kullanıma sahip Ç 1040 çeliğinin yüzeyini VC ile kaplamak suretiyle özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde araştırmalar yapmak, elde edilen tabaka kalınlığını ve sertlik değerlerini belirlemektir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

% 85 boraks ve % 15 ferro vanadyum toz karışımından oluşan, 900°C sıcaklıktaki banyoya Ç 1040 ve 100 Cr 6 numuneleri daldırılıp 6 saat bekletilmek suretiyle yüzeylerinde VC tabakası oluşturulmaya çalışılmıştır. Çizelge 1'de kullanılan deney numunelerinin kimyasal bileşimleri verilmektedir.

Çizelge 1 Deneylerde kullanılan çelik numunelerin bileşimleri (Asıl Çelik, 1984)

Malzeme	%C	%Si	%Mn	P-*	S*	Cr
C1040	0.32-0.39	0.13-0.35	0.50-0.80	0.041	0.045	-
100 Cr 6	0.5-1.10	0.15-0.3.5	0.05-0.10	—	*	135-165

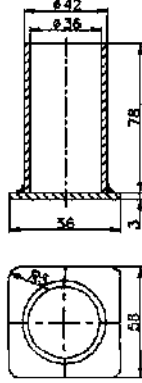
Numuneler 10 mm çapında ve 10mm uzunluğunda hazırlanmıştır. Bu kademedeyne meydana gelen yapı hatalarının giderilmesi için numuneler 860 °C sıcaklıkta normalizasyon ısı işlemine tabi tutulmuştur.

Banyo bileşimini oluşturan boraks Eti Bor işletmelerinden temin edilmiş ve bileşiminde varolan su uzaklaştırılmıştır. Ferro vanadyum tozu ise Silvan Dış Ticaret A.Ş.*den külçe halinde alınmış ve daha sonra 200 meş (75um) elekaleü boyutlarına getirilerek kım'auimistir (Çiz. 2).

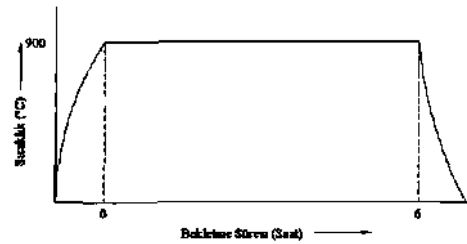
Çizelge 2 Fe-V-80'ın kimyasal bileşimi (Silvan, 1999)

FeVSO	V	C	S	Al	p	S	Cu	As
Standart Analiz	77-83	O «	1.00	100	0.0*	0.05	0.15	0.05

Deneyler aynı büyüklükte paslanmaz çelik (304 Cr Ni) potalarda gerçekleştirilmiştir (Şek.1). Sıvı ortamda karbürleme işleminin sıcaklık-zaman grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir



Şekil 1 Deneylerde kullanılan potaların boyutları



Şekil 2 Sabit sıcaklıkta bekletilerek yapılan karbürleme işlemi

Karburlenmiş numunelerin metalografik ve mekanik testleri için aşağıdaki hazırlıklar yapılmıştır. Boyuttan küçük olduğu için numuneler, direkt zımparada parlatılarak hazırlanmıştır. Parlatma işleminden sonra 6 um ve 1 um elmas pasta ile zımpara çizikleri giderilmiştir. Parlatılan yüzey % 3 (nital ve metil alkol) kimyasal bileşimi ile dağlanarak optik mikroskopla incelenmiş ve mikro yapı fotoğrafları çekilmiştir. Oluşan tabaka kalınlığının morfolojisi ve mikrosertlikleri Shmadzu cihazında yapılmıştır. Mikrosertlik ölçümleri yapılmış tabaka kalınlıkları 200 gr'lık yükün 20 sn uygulanması sonucunda Ç 1040 numunede 1820 HV, 100 Cr 6 numunede 2515 HV olarak belirlenmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Metalografi ve sertlik sonuçları literatür çalışmaları ile uyum göstermiştir.

Khoe (1992), % 85 boraks, % 10 Fe-V ve % 5 kalsine borik asitten oluşan banyoda 940 °C sıcaklıkta 6 saat sürede Ç 1040 numunesine VC kaplama işlemi sonucunda 4 um tabaka kalınlığı elde etmiştir. Fe-V toz boyutu olarak 120 meş elek altı kullanmıştır. Bu çalışmada 900 °C'de aynı sürede yapılan karbürleme işleminde 6,6 um tabaka kalınlığı elde edilmiştir. Khoe'nin çalışmasında banyo sıcaklığı daha yüksek ancak elde edilen tabaka kalınlığı bu çalışmadakinden daha düşüktür. Olay banyo bileşimi (% 15 Fe-V, % 85 boraks) ve Fe-V toz boyutu ile ilgilidir. Khoe 120 meş elek altı tozunu kullanmıştır. Mevcut çalışma da İse 200 meş elek altı toz boyutlarında çalışılmıştır. Dolayısıyla, % Fe-V oranı ve boyutu tabaka kalınlığına etki etmektedir. Toz boyutunun tabaka kalınlığına etkisinin incelenmesi Meriç vd. (2000), tarafından katı ortamda horlama işleminde de yapılmıştır. AISI 1020 çeliğini 900 °C sıcaklıkta 5 saat EKabor HM tozu kullanarak borlama işlemine tabi tutmuşlardır. 100 meş elek altı tozla yapılan borlama işlemi ile 96 um, 400 meş elek altı tozla ise 124 um tabaka kalınlığı elde etmişlerdir.

Çep vd. (1995) NbC kaplama işleminde elde ettikten tabaka kalınlığı ve mikrosertlik değerlerinden yola çıkarak malzemedeki alaşım elementlerinin oranının karbür tabaka kalınlığına doğrudan etki ettiği sonucuna varmışlardır. Arai (1993), tuz banyosuna daldırarak karbür kaplama işleminde karburlenecek malzemedeki alaşımlanmış karbürlerin etkisini incelemiştir. Sıvı ortamda karbürleyerek yapılan yüzey sertleştirme işleminin alaşmsız çeliklerden ziyade alaşımli çeliklerde daha iyi sonuçlar verdiği tarafımızca belirlenmiştir.

Khoe (1992), banyonun oksit potansiyelinin yüksek olduğunu ve çelik pota kullanılması halinde karbür difizyonunun meydana gelmediğini bu nedenle grafit veya paslanmaz çelik pota kullanılması gerektiğini ya da banyoya Al tozu ilave etmek gerektiğini belirtmiştir. Mevcut çalışmada da deneylere ön hazırlanma açısından yapılan işlemlerde çelik pota kullanılmış ve Ç 1040 çeliğinde yaklaşık 3 um tabaka kalınlığı elde edilmiştir. Aynı işlem paslanmaz çelik potada gerçekleştirildiğinde ise yukarıda da belirtildiği gibi bu kalınlık 6,6 um'ye çıkmıştır.

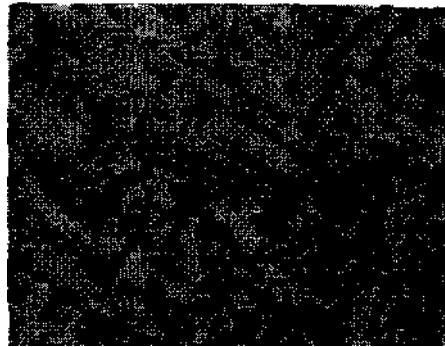
Chiccovd.(1999), 0.39 C içeren AISI H1 3 takım çeliğini vanadyum karbürleme neticesinde 4,5 um tabaka kalınlığı sağlamışlardır. Tabaka bölgesinde

25 gr'lık yük uygulayarak 3000 HV, çekirdek bölgesinde ise 500 HV sertlik değeri elde etmişler ve karbür tabakasından ana yapıya direkt geçiş sağlandığını gözlemlemişlerdir. Düşük karbonlu çeliklerde bu işlemin uygun olmadığını belirlemişlerdir. Şimdiki çalışmada yaklaşık aynı karbon oranına sahip Ç 1040 çeliğinde tabaka bölgesinde 200 gr'lık yük uygulayarak 1820 HV, çekirdek bölgesinde ise 246 HV sertlik elde edilmiş ve karbür tabakasından ana yapıya direkt geçiş olduğu mikro yapı fotoğraflarından gözlenmiştir. Karbon oranı yaklaşık 1 olan 100 Cr 6 çeliğinde tabaka kalınlığı düşük karbonlu Ç 1040 çeliğine göre daha yüksektir.

Sıvı ortamda karbürleme İşleminin numune yüzeyinde oluşan tabaka kalınlığı geçiş bölgesi ve ana yapı Şekil 3 ve 4'te gösterilmiştir.



(a)

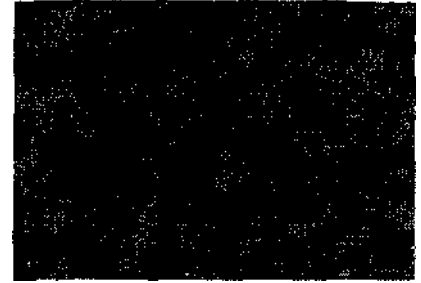


(b)

Şekil 3 900°C'de 6 saat daldırma süresinde yapılan işlem sonucunda Ç 1040 numunelerinin tabaka (a) ve çekirdek (b) bölgesi optik mikro yapı fotoğrafları



(a)



(b)

Şekil 4 900 °C 6 saat daldırma süresinde yapılan işlem sonucunda 100 Cr 6 numunelerinin tabaka (a) ve çekirdek (b) bölgesi optik mikro yapı fotoğrafları

4. SONUÇLAR

Sıvı ortamda karbürleme ısı işlemi ile 100 Cr 6 çeliği alaşım olmasına rağmen, karbon oranının yüksekliğinden dolayı, elde edilen tabaka kalınlığı Ç 1040 çeliğinden daha fazladır. Ç 1040 çeliğinin yüzeyinde ortalama 6,6 jıra, 100 Cr 6 çeliğinin yüzeyinde ortalama 9,5 um kalınlığında karbür tabakaları elde edilmiştir.

Hem Ç 1040 çeliğinde hem de 100 Cr 6 çeliğinde elde edilen tabakadan ana yapıya direkt geçiş olmuştur, dolayısıyla geçiş bölgesi oluşmamıştır. Tabaka malzeme yüzeyine zar gibi tutunmuştur.

Tabaka ve çekirdek bölgesi sertlik değerleri Ç 1040 çeliğinde sırasıyla 1820 HV ve 246 HV, 100 Cr 6 çeliğinde 2515 HV ve 972 HV olarak ölçülmüştür.

Sıvı ortamda karbürleyerek yapılan yüzey sertleştirme işleminin alaşım çeliklerden ziyade alaşım çeliklerde daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Boraks banyosuna katılan Fe-V toz boyutu küçüldükçe karbür tabaka kalınlığında artış meydana gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Arai, T, 1993 Behavior of nucleation and growth of carbide layers on alloyed carbide particles in substrates in salt bath carbide coating Thin Solid Films, 229,171-179
- Arai, T, Mon yama, S . 1994 Growth behavior of vanadium carbide coatings on steel substrates by a salt bath immersion coating process Thin Solid Films, 249,54-61
- Arai T, Glaser, H M, 1998 Substrate Selection for Tools Used with Hard Thin Film Coatings Metal Forming Magazine (www Metallforming com)
- Asıl Çelik Teknik Yayınlan (Takım Çelikleri), Şubat 1984
- Ata, A., 1992 NbC Coating on Steels İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y Lisans Tezi, s67, istanbul
- Chicco, B, Borbridge, W E, Summerville, E, 1999 Experimental Study of Vanadium Carbide and Carbomnde Coatings Materials Science and Engineering A266,62-72
- Çep, H., Zeytin, S, Çimen, Ö, 1995 Takım Çeliklerinin TRD/TD Prosesi ile Karbür Kaplanması 8 Uluslar arası Metalürji ve Malzeme Kongresi, 623-629, İstanbul
- Khoe, S M M , 1992 Ergimiş Boraks Banyosunda Çeliklere Vanadyum Karbür Kaplama, istanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, si 12, İstanbul
- Menç, C , Şahin, S , Yılmaz, S, S, 2000 Investigation of the effect on bonde layer of powder particle size used in boromzing with solid boron-yielding substances Materials Research Bulletin, 35, 2165-2172
- Silvan Dış ve İç Ticaret A.Ş (Urun Broşürü), 1999
- Toplu, D, 1997 Çeliklerde Difzyonla Karbür Kaplama Teknolojisi Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bümlen Enstitüsü, Y Lisans Tezi, 51s, istanbul