

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HSS (YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ) ÇELİKLERİNİN
PVD (FİZİKSEL BUHAR BİRİKTİRME) YÖNTEMİYLE
AITIN KAPLANMASI

Mak. Müh. Murat DİNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Mümin ŞAHİN

2010
EDİRNE

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HSS (YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ) ÇELİKLERİNİN
PVD (FİZİKSEL BUHAR BİRİKTİRME) YÖNTEMİYLE
AITIN KAPLANMASI

Mak. Müh. Murat DİNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

2010
EDİRNE


T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


HSS (YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ) ÇELİKLERİNİN
PVD (FİZİKSEL BUHAR BİRİKTİRME) YÖNTEMİYLE
AITİN KAPLANMASI


Mak. Müh. Murat DİNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 20 / 05 / 2010 tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.


Doç. Dr. Mümin ŞAHİN
Jüri Üyesi-Tez Danışmanı


Yrd. Doç. Dr. Cem ÇETİNARSLAN
Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. Tolga SAKALLI
Jüri Üyesi

ÖZET

Bu çalışmada HSS (Yüksek Hız Çeliği) çeliklerinin PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) yöntemi ile AlTiN kaplanmasının sonuçları araştırılmıştır. PVD tekniği, vakum altında bulundurulmuş malzemelerin buharlaştırılarak veya sıçratılarak atomların yüzeyinden kopartılması ve kaplanacak olan alt malzeme yüzeyine (atomsal veya iyonik olarak) biriktirilmesi esasına dayanır. HSS çelik parçalar talaşlı şekil verme yoluyla işlenip PVD tezgahında AlTiN kaplandı. AlTiN kaplanmış HSS çeliği ve kaplama yapılmayan HSS çeliği numunelerinin sertlik ölçümlerinin yanı sıra SEM vasıtasıyla mikro yapılarının incelenmesi ve EDS analizleri yapıldı. Yapılan bu incelemeler sonucunda AlTiN takım çalışma sıcaklığını 800 °C gibi yüksek bir değere çıkardığı görülmüştür. AlTiN kaplamanın hava ortamında ısınması sonucunda, yüzeyde amorf bir alüminyum oksit tabaka oluşur. Bu tabaka daha fazla oksit oluşmasını engeller. Bu da yüksek sıcaklıkta, yüksek sertliğin muhafazası için önemli bir avantajdır. Bu koruyucu tabaka AlTiN kaplamalı HSS çeliklerini kaplamasız HSS çeliklere göre daha yüksek performanslı hale getirir. AlTiN kaplamaları, çok yüksek sertliği sayesinde aşınma mukavemetini artırır ve kesme sıvısı kullanmaksızın yapılacak kesmelerde mutlak sonuç sağlar.

ANAHTAR KELİMELER: HSS (Yüksek Hız Çeliği), PVD, Kaplama, AlTiN

ABSTRACT

In this study, the results of AlTiN coating of HSS (High Speed Steel) steels by PVD (Physical Vapor Deposition) process were investigated. PVD process depends on the principal of evaporation or sputtering of the atoms from the surface of materials in vacuum and accumulation of these atoms on the surface of the material (atomic or ionic way) to be coated. HSS steel components were AlTiN coated on the PVD bench after machining process. Besides the hardness measurements of AlTiN coated and uncoated HSS steel specimens, examination of microstructures by SEM (Scanning Electron Microscope) and EDS (Energy Dispersive X-ray Analysis) analyses were made. As a result of these investigations, it was seen that AlTiN raised the tool working temperature to a high value as 800 °C. After the AlTiN coating's heating in the air atmosphere, an amorph aluminum oxide layer forms on the surface. This layer prevents forming of more oxide. This is an important benefit for conservation of high hardness at high temperature. This protective layer, makes the AlTiN coated HSS steels show higher performance than the uncoated HSS steels. AlTiN coatings, through the very high hardness, increase the abrasion resistance and provide absolute result for cuttings those will be made without cutting fluid.

KEYWORDS: HSS (High Speed Steel), PVD, Coating, AlTiN

TEŐEKKÖR

Tez konusunun tespiti, literatür araştırması, deney parametrelerinin belirlenmesinde yardımlarını ve yakın ilgilerini esirgemeyen, değerli fikirlerinden faydalandığım hocam, Sayın Doç. Dr. Mümin ŞAHİN' e sonsuz Őükranlarımı sunarım. Deney malzemelerinin kaplanmasında yardımlarını esirgemeyen HEMA Endüstri A.Ő.'nden başta Mak. Yük. Müh. Yücel ŐEN, Mak. Müh. Ercan ÖKMENER ve Mak. Müh. Demet YOLCU' ya da teŐekkür ederim.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında araştırılmış olan HSS (Yüksek Hız Çeliği) çeliklerinin PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) yöntemiyle AlTiN kaplanması, oldukça zor bir yöntem olmasına rağmen uygun çalışma ortamında ve oldukça teknolojik cihazlarla başarıyla gerçekleştirilmiştir. PVD tekniği, vakum altında bulundurulmuş malzemelerin buharlaştırılarak veya sıçratılarak atomların yüzeyinden kopartılması ve kaplanacak olan alt malzeme yüzeyine (atomsal veya iyonik olarak) biriktirilmesi esasına dayanır.

Bu çalışmada, bu yöntemle HSS çeliği parçalara AlTiN kaplanmasının uygulanabilirliği araştırılmış; kaplanan numunelere daha sonra mikroyapı ile Energy Dispersive X-Ray (EDX) analizleri ve mikrosertlik testleri uygulanmıştır.

Çalışma, sekiz bölümden ibaret olup, ilk bölümde kaplama kavramı hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde PVD kaplama yöntemi hakkında açıklama yapılmıştır. Üçüncü bölümde PVD tekniğinin uygulama alanları açıklanmıştır. Dördüncü PVD kaplamanın ön hazırlık işlemleri ve kaplama proses adımları detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Beşinci bölümde yüksek hız çelikleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Altıncı bölümde deneysel çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Yedinci bölümde, yapılan deney sonuçları irdelenmiş ve son bölüm olan sekizinci bölümde sonuçlar tartışılmıştır.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1. KAPLAMA KAVRAMI	1
1.1. Giriş	
BÖLÜM 2. PVD KAPLAMA YÖNTEMİ	4
2.1. Buharlaştırma Kaynaklı PVD İşlemi	4
2.1.1. Rezistans ve İndüksiyon Buharlaştırma	6
2.1.2. Elektron Bombardımanı ile Buharlaştırma	6
2.1.3. Katodik Ark Yöntemi İle Buharlaştırma	7
2.2. Saçılma Kaynaklı PVD İşlemi	9
2.3. İyon Kaplama İşlemi	10
2.4. PVD Tekniği İle Yapılan Kaplamaların Özellikleri	16
BÖLÜM 3. PVD TEKNİĞİNİN UYGULAMA ALANLARI	18
3.1. Dekoratif Amaçlı Kaplamalar	18
3.2. Optik Olarak Fonksiyonel Kaplamalar	18
3.3. Elektriksel Olarak Fonksiyonel Kaplamalar	19
3.4. Mekanik Olarak Fonksiyonel Kaplamalar	19
3.5. Kimyasal Olarak Fonksiyonel Kaplamalar	19
3.6. Potansiyel Uygulamalar	20
BÖLÜM 4. PVD KAPLAMA ÖN HAZIRLIK İŞLEMLERİ VE KAPLAMA PROSES ADIMLARI	21
4.1. PVD Kaplama Ön Hazırlık İşlemleri	22
4.1.1. İlk Kontrol	22
4.1.2. Ön Temizlik-Yağ Alma	22
4.1.3. Ön Temizlik-Ultrasonik Yıkama	22
4.1.4. Kurutma	23
4.1.5. Kuşlama	23
4.1.6. Batching (Takımları Aparatlara Dizme)	25
4.1.6.1. Azdırma ve Fellow Çakılarının Aparatlara Dizilmesi	25
4.1.6.2. Matkap ve Frezelerin Aparatlara Dizilmesi	25
4.1.7. Kaplama Makinesine Yükleme	27
4.1.8. CC800 Cemecon Kaplama Prosesi ve Proses Adımları	27
4.1.9. Kalite Kontrolü	27

BÖLÜM 5. YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİ	29
5.1. Yüksek Hız Çeliklerinden İstenen Özellikler	29
5.1.1. Sertlik	29
5.1.2. Tokluk	29
5.1.3. Aşınma Dayanımı	30
5.1.4. Sıcak Sertlik	30
5.1.5. Kesme Kabiliyeti	31
5.1.6. Meneviş Kalıcılığı	31
5.2. Yüksek Hız Çeliğinin İç Yapısı ve Alaşım Elementlerinin Çelik Özelliğine Etkileri	31
5.2.1. C Etkisi	32
5.2.2. Cr Etkisi	32
5.2.3. Mo Etkisi	33
5.2.4. V Etkisi	33
5.2.5. W Etkisi	33
5.2.6. Co Etkisi	33
5.3. Yüksek Hız Çeliklerinin Sınıflandırılması	34
5.3.1. Tungsten Yüksek Hız Çelikleri	34
5.3.2. Molibden Yüksek Hız Çelikleri	34
5.4. Yüksek Hız Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemler	35
5.4.1. Tavlama ve Sertleştirme	35
5.4.2. Soğutma Ortamı ve Menevişleme	36
5.4.3. Çifte Su Verme	37
5.4.4. Gerilim Giderme ve Dövme	37
5.5. Kullanım Alanları ve Kusurlar	38
5.5.1. Dekarbürizasyon	38
5.5.2. Isıl İşlem ve Tasarım Hatası	39
5.5.3. Hammadde ve İmalat Hatası	39
BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	41
6.1. Amaç	41
6.2. Materyal ve Metod	41
6.2.1. Numune Hazırlanması	41
6.2.2. Numunelerin TiAlN Kaplanması	41
6.2.3. Mikrosertlik Ölçümü	42
6.2.4. SEM ve EDS İncelemeleri	43
BÖLÜM 7. DENEY SONUÇLARI	44
7.1. Mikrosertlik Ölçümleri	44
7.2. SEM Görüntüleri ve EDS Analizleri	45
BÖLÜM 8. SONUÇLAR	50

KAYNAKLAR

51

ÖZGEÇMİŞ

52

ŞEKİL LİSTESİ

<u>ŞEKİL NO</u>	<u>ŞEKİL ADI</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.	Buharlaştırma Kaynaklı PVD İşlemi	5
Şekil 2.2.	Saçılma Kaynaklı PVD İşlemi	9
Şekil 2.3.	İyon Kaplama İşlemi	10
Şekil 2.4.	TiN Kaplama Yapılan Parçalar	12
Şekil 2.5.	TiAlN Kaplama Yapılan Parçalar	13
Şekil 2.6.	Ti(C,N) Kaplama Yapılan Parçalar	14
Şekil 2.7.	CrN Kaplama Yapılan Parçalar	15
Şekil 4.1.	Matkap ve Frezelerin Aparatlara Dizilmesi	26
Şekil 4.2.	Titanyum Nitrür Kaplama Prosesi Yapılmış Takımlar	28
Şekil 5.1.	Dökümden sonra hız çeliği. Ağ şeklindeki karbür ötektikumu	32
Şekil 6.1.	Matzurama marka mikrosertlik ölçme cihazı	42
Şekil 6.2.	TÜBİTAK MAM Elektron Mikroskopları Laboratuvarı	43
Şekil 7.1.	Kaplanmamış deney numunesinin kesitinden alınan SEM görüntüsü	44
Şekil 7.2.	TiAlN kaplanmış Numunenin EDAX Grafiği	45
Şekil 7.3.	TiAlN kaplanmış deney numunesinin kesitinden alınan 8000xSEM fotoğrafı	46
Şekil 7.4.	TiAlN kaplanmış deney numunesinin kesitinden alınan 16000xSEM fotoğrafı	47
Şekil 7.5.	TiAlN Kaplanmış Numunenin Çizgisel Analizi	48
Şekil 7.6.	TiAlN Kaplanmış Numunenin EDAX Grafiği	48

TABLO LİSTESİ

<u>TABLO NO</u>	<u>TABLO ADI</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 6.1.	HSS çeliğinin kimyasal bileşimi	41
Tablo 6.2.	Deney numunelerine TiAlN kaplama işleminin parametreleri	42
Tablo 7.1.	Deney numunelerinin kaplanmış yüzeyinden itibaren ölçülen mikrosertlikleri	44
Tablo 7.2.	Numunelerin Kaplama Kalınlığı	46
Tablo 7.3.	EDS çizgisel analiz sonucu elementlerin miktarları	49

BÖLÜM 1. KAPLAMA KAVRAMI

1.1. Giriş

Son yıllarda buhar fazından çökertme yoluyla kaplama tekniklerinin geliştirilmesiyle kaplama işlemlerinde kullanılan malzeme çeşitliliği büyük oranda artmıştır. Buhar fazından üretilen katı malzemelerin özelliklerinin sıvı fazdan üretilen aynı malzeme özelliklerinden çok daha geniş sahada değiştirilebildiği ortaya çıkmıştır. Çünkü ergitme teknikleriyle katı malzemeler denge özelliklerine yakın özelliklerle üretilebilirken, buhar fazın çökeltme (yığma) şartlarında malzemeler denge dışı özellikleriyle elde edilebilmektedir, Bu şekilde elde edilen kaplama, kaplanacak ana malzemenin özelliği ile doğrudan ilgili olmadığı için geniş bir kullanım sahasına sahiptir. Bu yüzden buhar fazından elde edilen kaplama teknolojileri hızla gelişerek endüstriyel uygulamalarda önemli bir yere sahip olmuşlardır. Malzemelerin aşınması makine parçalarının kullanım ömürlerini sınırlamaktadır. Günümüzde artan imalat sayıları, otomasyonda aşınma nedeni ile makine durma süreleri, fiyat faktörünü devamlı arttırmaktadır. Bu nedenle aşınmayı önleyebilmek her geçen gün ekonomik anlamda önem kazanmaktadır. Takım çelikleri üzerinde yıllardır çalışarak yeni tip takım çelikleri geliştirilmekte ve bu çeliklerin kullanım ömürlerini arttırmanın yolları aranmaktadır. Bu alanda takım yüzeyinde oluşturulan ultra sert ince filmler ile son yıllarda büyük aşamalar sağlanmıştır. Bu kaplamalarda kullanılan nitrür, karbür ve oksitlerin çok sert, iyi kaydırıcı ve aşınmaya karşı çok dayanıklı özellikleri uzun zamandır bilinmektedir. Bu malzemelerin gevrek ve çok kırılğan oluşları, dolu malzemedeki kullanımlarını engellemektedir. Ayrıca fiyatları da oldukça yüksektir.

Bu tür malzemeler ince film olarak çelikler ve sert metaller üzerine kaplandıklarında gevrekliklerini kaybederler ve kaplandıkları malzemeye yüksek aşınma mukavemeti sağlarlar. Bu çeliklerin ultra sert olan TiN (Titanyum Nitrür) gibi seramik malzemelerle kaplama teknikleri araştırılmıştır.

1950'li yılların sonunda üretimlerin arttırılması amacıyla hızlı çalışan tezgahlar üretilmiştir. Bu tezgahların üretilmesiyle teknik adamların karşısına özellikle sert metal takımların ömrünün nasıl arttırılabileceği sorusu çıkmıştır. Söz konusu takımların ömrünü arttırarak, makine durma sürelerini en aza indirmek için yapılan araştırmalar sonucunda 1960'lı yıllarda CVD (Chemical Vapour Deposition) kimyasal buhar çöktürme adı altında bir

teknik geliştirilerek takımların üzerlerine TiN, TiC v.s. gibi sert tabakalar kaplanmaya başlandı. Bu çözüm sert metaller için uygun olmasına karşın ısıtılma işlemi görmüş takım çeliklerinde iyi sonuç vermedi. Yani 200 – 400 °C sıcaklıklar arasında sertliğini kaybeden takım çeliklerini kaplamak mümkün olmamıştır. Bunun nedeni CVD (Chemical Vapour Deposition) adı verilen yöntemle yapılan kaplama ancak 1000-2000°C değerlerinde mümkün olabildiği için, hassas olarak işlenen, ısıtılma işlemi görmüş takım çeliklerinde (soğuk iş çelikleri, sıcak iş çelikleri ve yüksek hız çelikleri), sertlik kaybına ve ölçülerin değişmesine neden olmaktadır.

Alternatif kaplama teknikleri aranırken 1960'lı yılların sonunda Amerika'da ION-PLATING adlı bir PVD (Physical Vapour Deposition) metodu geliştirildi. Bu metod 180-600°C arasındaki sıcaklıklarda, ısıtılma işlemi görmüş takım çeliklerini kaplama imkanı sağladı. Fakat tekniğin laboratuvar aşamasından, sanayiye geçerek, teknolojik anlamda kaplama yapılması 1970'li yıllarda ION-BOND metodu ile mümkün oldu. Bu yıllardan sonra, öncelikle kesici takımlara uygulanan kaplamalar geliştirildi. Daha yüksek devirli ve kuru çalışabilen tezgahlar için AlTiN ve TiCN gibi kaplamalar geliştirilirken, şekil verme kalıpları (Enjeksiyon, Ekstrüzyon, Sıvama, Derin çekme vs) içinde CrN tipi kaplamalar geliştirildi. Modernizasyonlar ve yeni kaplama çeşitleriyle sanayide yüksek verimli, maliyeti düşük ve kaliteli malzeme üretiminde çok büyük aşamalar kaydedildi.

Bu kaplama tekniği ile yapılan kaplamalar ve araştırmalar büyük bir hızla ilerleyerek artmaktadır. Kesici takım kullanan firmalar kesici takımlarına bu tür sert kaplamalar uygulayarak, % 200 – 800 arasında takım ömründe ekonomi sağlamaktadırlar.

Bu tür kaplamaların avantajlarını şöyle sıralayabiliriz :

- Kaplanan malzeme dayanıklılığından ve sertliğinden hiçbir şey kaybetmeksizin çok yüksek yüzey sertliklerine ulaşır (3000 – 4000 HV yaklaşık 85 – 90 HRC) ve aşınma mukavemeti oldukça artar.

- Kaplama ana malzemeye nüfuz ettiği için mükemmel yapışır, ince film özelliklerinden dolayı ısıtılma genişleme ve darbe ile ana metalden ayrılmaz.

- Kaplamanın ısıtılma geçirgenliği düşük olduğu için yüksek hızlara çıkabilir (% 30 civarında hız ve ilerleme artırılır). Bu sebeple iş parçasının yüzeyi düzgün olur.

- Kesme ucunda sürtünme katsayıları düşer, kayganlık özellikleri yükselir ve kesme anında u birikintileri oluşmaz.

- Kaplama kalnlıkları 2 – 15 µm arasında olduğu için kaplanan parçaların toleransları değişmez. Kaplama sonrası ilave bir işlem gerektirmeden takım kullanılabilir.

- Renkleri takımlardan farklı olması nedeniyle takım aşınması kolaylıkla görülebilir.

PVD ve CVD' nin gelişimi vakum ve elektronik teknolojisinde meydana gelen gelişmeye bağımlı kalmıştır. Vakum teknolojisinin PVD ve CVD yöntemlerine cevap verebilecek gerek ekonomik ve gerekse teknik yeterliliğe ulaşmasından sonra bu konuda yapılan araştırmalar artmış ve yeni teknikler ve yeni kaplama türleri ortaya çıkmıştır. Bu konulardaki araştırmalar hala güncelliğini korumakta ve artan bir ilgi görmektedir.

Günümüzde endüstrinin ihtiyaç duyduğu takım veya kalıp malzemeler haddeleme şeklinde üretilip, endüstride kullanım esnasında aşınmaması istenen malzemelere kullanım ömrünü arttırmak için PVD tekniği ile kaplama yapılmaktadır. Bu alışmada HSS (Yüksek Hız eliği) eliklerinin PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) Yöntemiyle AlTiN kaplanması araştırılmıştır.

BÖLÜM 2. PVD KAPLAMA YÖNTEMİ

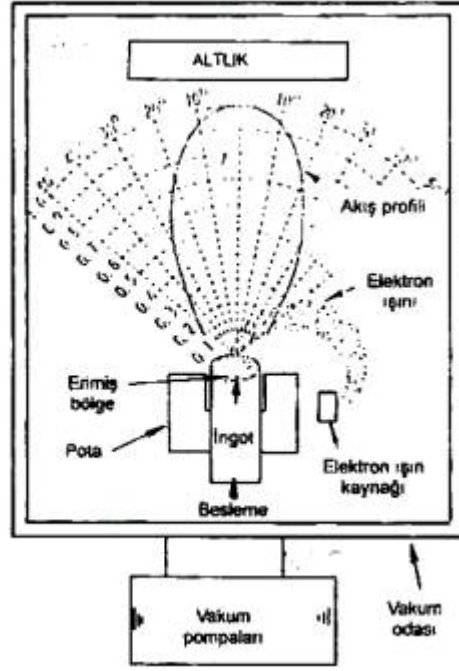
PVD tekniği, vakum altında bulundurulan malzemelerin buharlaştırılarak veya sıçratılarak atomların yüzeyden kopartılması ve kaplanacak olan alt malzeme yüzeyine (atomsal veya iyonik olarak) biriktirilmesi esasına dayanır [1].

Faraday'ın 1850 yılında metalleri vakum altında buharlaştırarak ürettiği kaplamalar, PVD yönteminin ilk uygulaması olarak kabul edilebilir. 1888 yılında Kundt bu yöntem ile üretilmiş ince filmlerin yansıtma özellikleri üzerine bir takım çalışmalar yapmıştır. Bunu takip eden yıllarda, ince metal film tabakaların kinetiği, gazların difüzyonu ve gaz-metal reaksiyonları üzerine bir takım akademik çalışmalar yapılmıştır. II. Dünya Savaşı yıllarında vakum teknolojisinde elde edilen gelişmeler neticesinde PVD tekniği, endüstriyel uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır [2].

PVD yönteminde kaplama malzemesi katı, sıvı veya gaz kaynağından kimyasal olarak değil de fiziksel olarak elde edilip atomik, moleküller veya iyon şeklinde yüzeye gönderilir. Genellikle CVD kaplama işleminden çok daha soğuk olan (50-500 °C) ana malzeme yüzeyinde kimyasal reaksiyonlar meydana gelebilir ancak böyle bir reaksiyonun oluşumu gerekli değildir. PVD işleminin nispeten düşük sıcaklıkta uygulanışı yöntemi ilgi çekici kılmaktadır. Ayrıca, kaplama işlemi tamamlandıktan sonra ana malzemenin mikro yapısı ve özellikleri etkilenmemektedir. PVD yöntemi; buharlaşma, saçılma ve iyon kaplama şeklinde üç değişik yöntemle gerçekleştirilir [3].

2.1. BUHARLAŞTIRMA KAYNAKLI PVD İŞLEMİ

Buharlaştırma kaynaklı PVD işlemi, uzun yıllar cam mercekle ya da diğer optik bileşenler üzerine kaplama işlemini gerçekleştirmek için kullanılan en basit PVD kaplama işlemidir. şekil 2.1' de işlemin esası görölmektedir. Kaplama, genellikle elektron ışını ile eritilmiş olan malzemenin buharlaştırılmasından elde edililmektedir. İşlem vakumda (yaklaşık 10^{-3} Pa) yapılmaktadır.



Şekil 2.1. Buharlaştırma Kaynaklı PVD İşlemi [3]

Metal, ısıtılmış yüzeyden atom şeklinde ayrılır ve soğuk olan ana malzemeye (altlık) doğru düz bir görüş hattı üzerinde hareket eder ve orada yoğunlaşır. Buharlaşmış metal atomik formda olup oda içerisinde var olan soğuk gaz molekülleri ile çarpışarak enerjilerini kaybetme eğilimindedir. Bundan dolayı, kaplanacak malzemenin yani altlık malzemesinin buharlaşan kaynağa göre uygun pozisyonda olması ve homojen kaplama elde etmek için altlığa uygun bir dönme hareketi verilmesi gerekmektedir. Bu işlem, vakum odası içinde oldukça zahmetli ve pahalı bir yöntemdir. Ayrıca, bu yöntemin en büyük olumsuz yanı, altlık malzemesinin yüzey atomları ile kaplama malzemesi arasında az bir karışım meydana gelmesinden dolayı tabakanın yapışmasının iyi olmaması ve altlığın kirlenmesi ile daha da azalmasıdır. Yapışmadaki iyileşme, ana malzemenin (altlık) kaplama sırasında ya da kaplamadan sonra ısıtılması ile bir miktar difüzyona izin verilerek elde edilebilir ancak, buharlaştırma ile elde edilen kaplamaların bağ mukavemeti tribolojik amaçlar için oldukça düşüktür [3].

Buharlaştırma yöntemi ile yapılan PVD kaplamalar için gerekli olan buhar fazı; rezistanslı, elektron bombardımanlı ve katodik arklu buharlaştırma yöntemleri ile elde edilir.

Buharlaştırma yöntemlerinde buhar fazı, 10^{-5} – 10^{-6} Torr seviyelerinde vakum yapılmış, vakum odaları içerisinde üretilir. Vakuma alma, üretilen buhar fazı atomlarının, kaplanacak olan malzeme yüzeylerine ulaşması sırasında diğer atomlar veya moleküller ile

çarpışarak enerjilerini kaybetmemeleri ve yüzeyde istenilmeyen bileşiklerin oluşmasını engellemek amacıyla uygulanır [1].

2.1.1. REZİSTANS VE İNDÜKSİYON BUHARLAŞTIRMA

Rezistanslı ve indüktif buharlaştırma sistemli PVD kaplamalarda, buhar fazının elde edileceği kaplama malzemesi yüksek sıcaklıklara dayanıklı refrakter potalar içerisine yerleştirilir. Rezistanslı sistemde ısıtma, pota veya potalar etrafına sarılmış rezistans telleri ile sağlanır.

İndüksiyon ile yapılan ısıtmalarda ise buharlaştırma, pota etrafına su soğutmalı olarak sarılmış bakır tellere uygulanan r.f. akımı sonucunda üretilen ısı neticesinde meydana getirilir.

Bu yöntem ile biriktirilen film kalınlığı, şekilden de fark edileceği gibi, gaz fazın elde edildiği potanın merkezinden yanlara doğru azalmaktadır. Bu problemin giderilmesi için numune tutucular, vakum odası içerisinde kompleks olarak hareket ettirilirlir. Bu yöntemler ile buhar fazının elde edildiği sistemler daha çok düşük ergime sıcaklıklı malzemeler için kullanılır [3].

2.1.2. ELEKTRON BOMBARDIMANI İLE BUHARLAŞTIRMA

Bir elektron kaynağı vasıtası ile sağlanan elektronların, buhar fazın elde edileceği malzeme üzerine yönlendirilmesi neticesinde ısıtma işlemi gerçekleştirilir. Elektronların odaklanmasının rahat olarak yapılabilmesi, yüksek güç yoğunluğunun elde edilmesini sağlayarak yüksek ergime sıcaklığına sahip malzemelerin dahi buhar fazına geçirilmelerini mümkün kılar.

Elektron bombardımanı ile buharlaşmanın sağlandığı PVD sistemleri için gerekli elektronlar:

- Elektron tabancası
- Oyuk katot

yöntemleri ile üretilirler.

Elektron tabancası ile elektronların üretimi, bir flamanın akım geçirilmesi neticesinde, flamanın ısınarak elektron yayması esasına dayanmaktadır. Üretilen elektronlar oluşturulan manyetik alan yardımıyla hızlandırılarak yönlendirilirler. Elektronların yönlendirilmesinin kolaylığı ile yüzey taranarak buharlaştırma yapılabilir. Bu sayede farklı kalınlıkta kaplama oluşumu engellenmiş olur.

Oyuk katot kullanımı ile elektron üretimi ise oyuk bir silindir içerisinde inert gazların kullanımı ile oluşturulan plazma sayesinde gerçekleştirilir [2].

2.1.3. KATODİK ARK YÖNTEMİ İLE BUHARLAŞTIRMA

Katodik ark ile buhar fazının elde edildiği PVD sistemi, diğer PVD teknikleri içerisinde oldukça yaygın olarak kullanılır. Bu teknik ile aşınmaya dirençli, sert kaplamalar üretilebilmektedir.

Katodik arklı PVD tekniğinde, buhar fazının elde edileceği malzeme vakum odasına katot olarak asılırken, kaplanacak olan malzemeler anot olarak asılırlar. Sisteme uygulanan düşük voltajın (20-30 V) ve yüksek akımın (100-200 A) etkisi ile katot yüzeylerinde ark meydana gelir. Katot yüzeyinde arkın meydana geldiği noktalarda, sıcaklığın çok yüksek değerlere ulaşması, bu noktalarda ergimeleri ve buharlaşmaları meydana getirir. Bu sayede elde edilen buhar fazı, katot önünde yüksek elektron yoğunluğunun olduğu bölgede çarpışmalara maruz kalarak, hızlı bir şekilde iyonize olur ve oluşan iyonlar, uniform olmayan potansiyel dağılımı ve plazma genişmesi nedeniyle bu bölgeden hızlı bir şekilde taşınırlar.

Katodik ark ile buhar fazının elde edildiği PVD sistemlerinin düşük alt malzeme sıcaklıkları, düşük katot tüketimi, yüksek birikme ve iyonizasyon hızlarında uygulanabilmesi bu sistemin kullanım alanlarını genişletmektedir. Katodik arklı sistemin en büyük dezavantajı, katot yüzeyinde oluşan arkın etkisi ile 0.1-100 mm boyutlarındaki makro partiküllerin kütleli olarak kopması neticesinde, kaplama yüzeylerinde droplet olarak anılan hataların oluşmasıdır.

Katodik ark yöntemi ile yapılan kaplamaların yüzeylerinde, droplet oluşumunu azaltmak için katotların arkasına kuvvetli mıknatıslar yerleştirilmektedir. Mıknatısların oluşturdukları manyetik alan, iyon gibi yüklü partiküllerin üzerinde etkili olurken, yüksüz olan makro partiküller üzerinde etkisi yoktur. Bu farklılık ile manyetik alan sistemde iyonlar ile makro partiküller arasında filtre görevi görür. Manyetik alanın iyonlar üzerindeki etkisi, iyonların hızlarını artırır ve bununla orantılı olarak film biriktirme hızları da artarak, kaplama

süresi kısalır. Sonuç olarak kısalan kaplama süresi ile film yüzeyine düşen makro partikül sayısı da azalacaktır.

Sistem içindeki makro partiküller, nötral bir buhar kaynağı şeklinde düşünülebilir. Plazma içerisinde bulunan makro partiküllerden, bu partiküllere çarpan elektronlar vasıtasıyla da buharlaşma meydana gelebilmektedir. Oluşturulan manyetik alan, plazma içerisindeki elektron yoğunluğunu artırarak makro partiküllerin buharlaşmasını artırmaktadır.

Buharlaştırma akımı, alt malzemeye uygulanan potansiyel ve sisteme giren reaktif gaz akışı, ark PVD tekniği ile üretilen kaplamaların kalitesini birincil olarak etkileyen parametrelerdir. Sistemde sayılan birincil parametreleri yakından ilgilendiren ikincil proses parametreleri ise alt malzeme akımı, alt malzeme sıcaklığı ve reaktif gaz basıncı şeklinde sıralanabilir.

Sayılan bu proses parametrelerine ek olarak, ikincil proses parametreleri ile katot ve reaktif gaz bileşimi gibi maddesel parametreler arasında, kaplama kalitesini etkileyen kompleks etkileşimlerden de söz edilebilir.

Alt malzeme üzerinde film birikmesinde etkili olan parametreler ise katot ve reaktif gaz iyonlarının tipleri, miktarları ve enerjileri şeklinde sıralanabilir.

Katodik ark buharlaştırmalı PVD sisteminde vakuma alma işleminden sonraki proses akışı;

1. Alt malzemenin ısıtılması,
2. Alt malzeme yüzeyinin iyonların kullanımı ile temizlenmesi,
3. Film biriktirme,
4. Soğutma

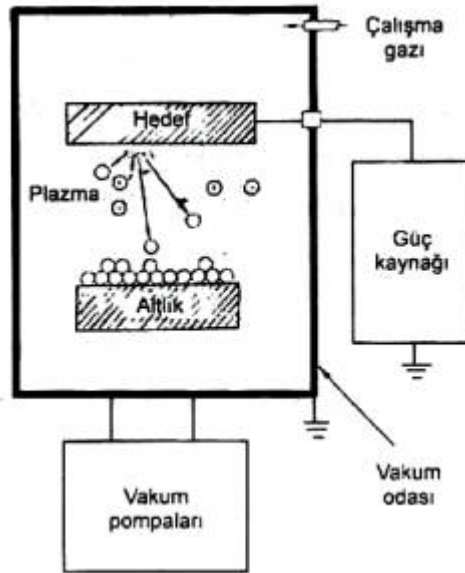
şeklinde sıralanabilir.

Ark PVD tekniğinde alt malzeme, radyasyon, alt malzeme tutucularından ısı iletimi ve sistemde bulunan hızlandırılmış partiküller aracılığı ile ısıtılmaktadır.

Alt malzeme yüzeyine yeterli enerjideki iyonların (10-15 eV) çarpması neticesinde, alt malzeme yüzeyinden atomların koparılması sağlanarak yüzey temizlenmesi yapılmış olur [2].

2.2. SAÇILMA KAYNAKLI PVD İŞLEMİ

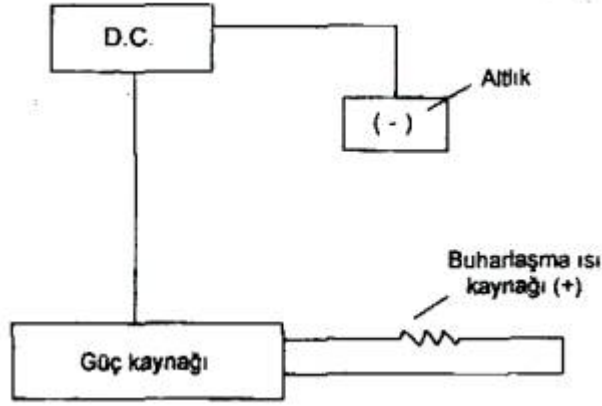
Saçılma işlemi (Şekil 2.2), enerjilik parçacıklar ile yüzeyin bombardıman edilmesi sonucu momentum değişimi sağlanarak sıvı veya katı yüzeyinden malzemenin koparılması ve taşınması işlemidir. Bu şekilde katod (hedef) atomlarının yüzeyden koparılma işlemi saçılma olarak adlandırılır. Hedef olarak adlandırılan kaplama malzemesi kaynağı, vakum odası içinde kaplanacak olan malzemeye yani altlığın karşısına yerleştirilir. Vakum odası 10^{-5} - 10^{-6} mbar mertebesinde basınç değerine boşaltılır. Oda, daha sonra yüksek saflıktaki bir gaz (Ar) ile 10^{-2} - 10^{-3} mbar basınca tekrar doldurulur. Plazmayı ve hedefi iyon bombardımanına tutmak için hedef, katod iş parçası anod konumundadır. Hedef ve anod arasına uygulanan 500-5000 V arasında potansiyel gerilim ile yani elektriksel boşalma ile plazma durumuna geçen Ar gazının iyonize olması sonucunda hedef bombardıman edilir ve oradan koparılan parçacıklar ile kaplama işlemi gerçekleştirilir. Hem gaz atomlarının çarpışma yolu ile iyonizasyonu ve hem de pozitif iyonlar ile katoddan koparılan elektronlar ile elektriksel boşalma olayının devamlılığı sağlanır ve işlem sürekli olarak devam eder [3].



Şekil 2.2. Saçılma Kaynaklı PVD İşlemi [3]

2.3. İYON KAPLAMA İŞLEMİ

İyon kaplama işlemi (Şekil 2.3), buharlaştırma yöntemi ile kaplama yönteminde ana malzemeye kaplama tabakasının iyi yapışmama problemini gidermek için Amerika' da 1960' ların başlarında geliştirilmiştir.



Şekil 2.3. İyon Kaplama İşlemi [3]

İyon kaplama işlemi iyon implantasyon, saçılma ve buharlaşma yöntemlerinin yüksek birikme oranlarını birleştirir. Saçılma işleminde kaplanan malzemeler, çarpma nedeniyle buharlaşma sonucunda kopan parçaların transferi ile malzeme kaplanırken iyon kaplamada buharlaşma yöntemiyle üretilen parçalar elektrik alanı ile hızlandırılarak altlık malzemesine doğru gönderilmektedir.

Buharlaştırma işlemi ya elektron ışını ile ya da direnç şeklinde ısıtılarak veya buharlaştırılacak malzemeye ark tutuşması ile sağlanır. Başlangıçta vakum odası 10^{-6} mbar mertebesinde boşaltılır daha sonra yüksek saflıkta (Ar) bir gaz ile 10^{-2} - 10^{-3} mbar mertebesinde tekrar doldurulur. Daha sonra 500-5000V potansiyel gerilim uygulayarak elektriksel boşalma plazma elde edilir. Buharlaşan atomların bir kısmı, plazmada pozitif olarak iyonize olur ve 2-5 kV negatif potansiyelde tutulan kaplanacak malzemeye doğru hızlanır. Bir kısım atomlar da yüksek enerjili Ar atomları ile çarpışmadan kazanılan hareket ile kaplanacak malzemeye doğru yönelirler. Sonuçta iyi yapışmış ve üniform bir şekilde dağılmış kaplama elde edilir. İyon kaplama işlemi ile dakikada birkaç μm çökeltme oranı elde edilebilir. Diğer PVD yöntemlerinde olduğu gibi sisteme dahil edilen reaktif bir gaz ile yüzeyde oluşan bileşime izin verilebilir. Bu işleme reaktif iyon kaplama denilmektedir. Bu işlem, yaklaşık $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de kaplanacak malzemeyi çevreleyen N ve Ar gazları karışımında

elektriksel boşatma ile buharlaşan Ti metali ile TiN kaplamalar oluşturmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle takım çelikleri ile diğer sert malzemelere ana malzemedeki yumuşama meydana getirmeden uygulanabilmektedir [4].

TiN (Titanyum Nitrür)

- Kaplama Kalınlığı = 2-5 A μ m
- Sertlik = 3100 A \pm 200 HV
- Oks. Sıcaklığı = 550 CA $^{\circ}$
- Sürtünme Katsayısı = 0,65
- Yüz. Pürz. (Ra) = 0,20 A μ m
- Renk = Altın sarısı

Titanyum nitrür ince film kaplamalar içinde ilk üretilen ve hala en yaygın olarak kullanılan genel kesme amaçlı kaplamadır. Matkap uçları, frezeler, bıçaklar, broşlar, kesme kalıpları , fellow ve azdırma çakıları gibi birçok takım ve kalıpta kullanılmakta, kaplanan parçaların ömründe 3-30 kat arasında artış sağlanmaktadır. Sürtünme katsayısı düşük olduğu için kesme kuvvetini azaltır, talaş akışı kolaylaşır. Isıl genleşme katsayısı takımların ısıl genleşme katsayısı ile aynı olduğundan takım yüzeyinden pul pul dökülmez.

TiN kaplamalar ; kimyasal açıdan inert olması ve gaz alıcı altın sarısı rengi ile metal kesme ve şekillendirme işlemlerinin yanı sıra medikal implantlarda ve dekoratif amaçlı başka birçok alanda uygulama sahası bulmaktadır.



Şekil 2.4. TiN Kaplama Yapılan Parçalar [4]

TiAlN (Titanyum Alüminyum Nitrür)

TiAlN kaplamalar özellikle kuru ve yüksek devir uygulamalarında çalışan takımlar için idealdir.

- Kaplama Kalınlığı = 2-5 μm
- Sertlik = 3600 $\text{A} \pm 400 \text{ HV}$
- Oks. Sıcaklığı = 800 CA°
- Sürtünme Katsayısı = 0,42
- Yüz. Pürz. (Ra) = 0,20 μm
- Renk = Kahverengi-Bronz-Mor



Şekil 2.5. TiAlN Kaplama Yapılan Parçalar [4]

Kesme işlemi sırasında yüksek sıcaklıklarda dahi düşük ısı iletkenliği ve kimyasal kararlılığı ile kesme bölgesindeki ısıyı kesici takıma aktarmaz. Böylece daha yüksek hızlarda çalışmaya olanak vererek daha hızlı üretim , daha az bakım , daha az bileme ve daha az ayar sağlayarak kesici takım ömrünün daha uzun olmasını dolayısıyla üretimin daha verimli olmasını sağlar. TiAlN kaplamaların oksidasyon sıcaklığı 800 A°C'dir . Düşük ısı iletkenliği ile malzemenin ısı ilyönden yorulmasını önleyerek aşınmalara karşı koruma sağlar. Titanyum, nikel alaşımları, paslanmaz çelik, alaşımlı ve dökme demir, sıcak dövme malzeme ve yüksek hızda çalışılan kuru ve sertleştirilmiş çelik malzeme islemelerinde iyi sonuçlar verir.

Ti(C,N) (Titanyum Karbonitrur)

- Kaplama Kalınlığı = 2-5 Aµm
- Sertlik = 4000 A± 400 HV
- Oks. Sıcaklığı = 400 CA°
- Sürtünme Katsayısı = 0,45
- Yüz. Pürz. (Ra) = 0,18 Aµm
- Renk = Gri - Menekşe

Yüksek sertlik gerektiren uygulamalarda , kesme zımbalarında yüksek hızlı talaş kaldıran takımlarda ve soğutma kullanılan tüm kesme uygulamalarında mükemmel performans gösterir.



Şekil 2.6. Ti(C,N) Kaplama Yapılan Parçalar [4]

TiCN ; delme ve talaşlı imalatta daha yüksek hızların kullanılmasını sağlayarak verimliliği artırır.İşlenen parçalarda yüksek yüzey kalitesi sağlar. Süreksiz kesme işlemi yapan frezeleme gibi uygulamalarda yüksek performans sağlar.

TiCN kaplama ; Taban malzemeye iyi yapışması, yüksek sertliği ve düşük sürtünme katsayısı ile metal işleyen takım ve zımbalarda çatlamalara karşı yüksek direnç sağlar.

TiCN kaplama Uygulama örnekleri ;

- frezeler,
- kesme zımbaları,
- matkap uçları,
- raybalar,
- broşlar,
- azdırma çakıları,

- sert metal kesici uçlar.

CrN (Krom Nitrür)

- Kaplama Kalınlığı = 3-10 Aµm

- Sertlik = 2800 A± 400 HV

- Oks. Sıcaklığı = 700 CA°

- Sürtünme Katsayısı = 0,55

- Yüz. Pürz. (Ra) = 0,20 Aµm

- Renk = Gümüş grisi



Şekil 2.7. CrN Kaplama Yapılan Parçalar [4]

İdeal sertlik ve kimyasal kararlılığı ile zımbalama- sıvama gibi plastik şekil verme uygulamalarında tercih edilmektedir.

CrN kaplamalar; Kimyasal kararlılık gerektiren ortamlarda korozyon direnci sebebiyle kullanılır.

Yüzeye mükemmel yapışması ve tokluğu ile darbelere karşı yüzeyi korur. Kaplama düşük sıcaklıklarda yapıldığından, parçalarda ısı nedeniyle, olabilecek ölçü değişiklikleri ve çarpılmalar olmaz sonradan ek ısı işlem gerektirmez. Bakır ve alüminyum alaşımları, alaşımsız çelik, ve paslanmaz çeliğin büyük kuvvetlerle şekillendirilmesinde ve işlenmesinde, basınçlı döküm ve sıcak dövme işlerinde yaygın olarak kullanılır. Sıvama kalıplarında, pirinç, bakır ve demir boruların imalatında kullanılan çekme matrislerinde, plastik ve kağıt sanayisinde kullanılan bıçak ve makaslarda iyi performans sağlamaktadır.

Plastik enjeksiyon kalıpları; yolluklardan mal akışını hızlandırır . Keskin köşelerin formu klasik sert krom kaplamalarda görülenin aksine bozulmaz (radyus oluşmaz) . Kimyasal özelliğinden dolayı malzeme kalıptan kolay sıyrılır. Kaplamanın düşük sıcaklıklarda yapılması nedeniyle kalıplarda çarpılma ya da form değişikliği olmaz. Derin çekme ve sıvama kalıpları; kaplamanın yüksek sertliği ve düşük yüzey pürüzlülüğünden dolayı sarma yapmaz , kalıplarda ve parçalarda çizilmeleri asgariye indirir. Düşük yüzey pürüzlülüğünden dolayı sarma yapmaz, kalıplarda ve parçalarda çizilmeleri asgariye indirir.

2.4. PVD TEKNİĞİ İLE YAPILAN KAPLAMALARIN ÖZELLİKLERİ

- Isıl işlem görmüş takım çeliklerinin 180-1600 arasında kaplanabilmesi ve parçalarda sertlik kaybı olmaması
- Kaplanan tabakalarda çok yüksek tutunma kuvvetlerinin oluşması ve yüzeyden pul pul dökülmemesi
- Sık dokulu kristal tabaka yapısının olması
- Çok ince (1-5 ANm) kaplama yapılabilmesi ve parça toleransının muhafaza edilmesi
- Kompleks geometrik parçaların döner mekanizmalarla homojen özelliklerde kaplanabilmesi
- Köşelerin ve keskin uçların keskinliğinin bozulmadan kaplanabilmesi
- Takımların ve kalıpların bilindikten sonra tekrar kaplanabilmesi
- Kaplamaların sökülerek tekrar kaplama yapılabilmesi

Kesme ve şekillendirme kalıplarında,

- Az aşınma, uzun ömür
- Düşük kesim gücü ile çalışma
- Tezgah güç gereksiniminin azalması
- Kesme hızının arttırılabilmesi
- İlerlemenin arttırılabilmesi
- Çapak birikintisinin önlenmesi
- Çalışılan parçalarda yüzey pürüzlülüğünün azalması
- Tekrar bilenebilme sayısının artması
- Tekrar kaplama imkanı
- Montaj ve alet değiştirme zamanlarının ve makine zamanlarının azalması
- Tasarruf-Kalite-Verimlilik

Plastik,bakalit ve metal enjeksiyon kalıplarında,

- Yüksek aşınma direnci (özellikle cam veya mineral takviyeli plastiklerde)
- Basılan parçaların kalıba yapışmaması (yapışmayı önleyici ilaç kullanılmıyor)
- Asit ve muhtelif sıcak gazlara karşı yüksek paslanma mukavemeti
- Erimiş maddenin hızlı ve muntazam akışı
- Kanal giriş yerinin genişlememesi için önlem alınabilmesi
- Kenar keskinliğinin aynı tutulması
- Tamir ve bakım işlerinde azalma
- Yüksek kapasite düşük masraf [4].

BÖLÜM 3. PVD TEKNİĞİNİN UYGULAMA ALANLARI

PVD ile yapılan kaplamalar, kaplamanın geniş sıcaklık aralıklarında yapılabilmesi, kaplanacak parçanın bileşiminin önemli olmaması kompleks şekillerin üniform olarak kaplanabilmesi ve bunun gibi avantajlarından dolayı yaygın kullanım alanları bulmuştur [7].

Bu yöntemle yapılan kaplamaların kullanım alanlarını, kaplamaların kullanım amaçlarına göre şöyle sınıflandırabiliriz.

3.1. Dekoratif Amaçlı Kaplamalar

Endüstride dekoratif amaçlı yapılan kaplamalar çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Oyuncak endüstrisinde, otomobil endüstrisinde, hediyelik eşya üretiminde, beyaz eşyalarda, kalem, saat, gözlük çerçevelerinde, bu kaplamalardan dekoratif amaçla faydalanılmaktadır.

Günümüzde sadece dekoratif amaçlı değil aynı zamanda başka fonksiyonel yararlar sağladığı için de bu kaplamalar tercih edilebilmektedir. Örneğin, saat ve gözlük çerçevelerinin TiN kaplanması bu eşyaların hem altın renginde olmasını sağlaması hem de eşyalara yüksek aşınma dayanıklılığını sağlamasından dolayı tercih edilmektedir. Ya da otomobil endüstrisinde enerji darboğazı yüzünden otomobillerin ağırlıklarının azaltılması istenmektedir. Bu amaçla ağır parçaların yerine hafif plastik parçalar kullanılmakta ve bu parçalar PVD yöntemi ile kaplanmaktadır [8].

3.2. Optik Olarak Fonksiyonel Kaplamalar

Bu amaçla lazer optiklerinde (yansıtma ve geçirme), ev ve otomobil aynalarında, gözlük camları ve lenslerinde, büyük projektörlerde, kamera lens ve filtrelerinde kullanılmaktadır. Ayrıca saydam ve sert kaplamalar da bu yöntemle yapılabilir. Örneğin, helyum oksit, inkalayoksit gibi saydam kaplamalar sıvı kristal gösterge uygulamalarında kullanılmaktadır [8].

3.3. Elektriksel Olarak Fonksiyonel Kaplamalar

Bu yöntemle yapılan kaplamalar yarı iletkenlerde, hibrit devrelerde, kapasitörlerde, dirençlerde, manyetik ortamlarda (teyp ve diskler), süper iletken kaplama yapımında, kontakt parçalarında ve güneş pillerinde kullanılmaktadır [8].

Direnç ve kapasitör gibi elektronik devre elemanları bu kaplama yoluyla plaket üzerine yapılabilmektedir. Elektronik endüstrisinin PVD yöntemi ile yapılan kaplamaları tercih etmesinin en önemli sebepleri;

1. Çok ince ve hatasız kaplamalar yapılabilmesi,
2. İstenilen yüzeye kaplama yapılabilmesi,
3. Çok katlı kaplamalar yapılabilmesidir [5].

3.4. Mekanik Olarak Fonksiyonel Kaplamalar

Jet motorlarının türbinlerinde, askeri amaçla, kesici takımlarında, kalıp parçalarında kullanılmaktadır.

Kesici uçların bu yöntemle TiN, CrN, Ti(CN), (TiAl)N kaplanması sonucunda geliştirilen mekanik özellikler bu parçaların performanslarını çok arttırmaktadırlar. Bu sayede kesici uçlarda, uzun kullanım ömrü dışında uçlar daha yüksek dönme hızlarında çalıştırılabilmekte ve birim zamanda yapılan iş miktarı artmaktadır [9].

3.5. Kimyasal Olarak Fonksiyonel Kaplamalar

Korozyona dayanıklı parçaların imalatında, gaz türbin motorlarında, kesici bıçaklarda ve deniz araçlarında bu kaplamalar kullanılmaktadır.

Çeşitli ortamlarda kullanılan kesici uçlar, şekil verme kalıpları, bıçaklar ve deniz araçlarında bu yöntemle yapılan kaplamalar ile bu ortamlardaki korozyon dayanımlarının arttığı belirtilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta, yüksek korozyon dayanımının hatasız ve gözeneksiz bir kaplama yapısı ile elde edilebileceğidir.

Elektrolitik kaplamaların mümkün olmadığı durumlarda yüzeye sıçratma ile iletken malzeme kaplamak ve yüzeyi elektrolitik kaplamaya mümkün hale getirmek gibi çok değişik uygulama alanları da vardır.

3.6. Potansiyel Uygulamalar

PVD yöntemi ile elde edilen laboratuvar aşamasında ve geliştirmekte olan birçok kaplama ve tabii ki uygulama alanları vardır. Bunlar;

- * Yüksek mukavemet ve sertliğe sahip malzemeler,
- * Düşük maliyetli, korozyon direnci yüksek kaplamalar,
- * Çok sert kaplamalar (Diamondlike coatings),
- * Yeni süper iletken malzemelerin kaplanması,
- * Yeni geliştirilen optik ve elektronik malzemeler,
- * Amorf yapıdaki kaplamalar,
- * Metal, alaşım, seramik veya bunların karışımı ince taneli toz malzeme üretimi,
- * Çok yoğun ve ince taneli, mukavemeti ve sertliği yüksek kompozit malzemeler [10].

BÖLÜM 4. PVD KAPLAMA ÖN HAZIRLIK İŞLEMLERİ VE KAPLAMA PROSES ADIMLARI

Bir PVD kaplama işleminin ön hazırlık işlemleri şu şekilde sıralanabilir:

- * İlk Kontrol
- * Ön Temizlik -Yağ alma
- * Ön Temizlik- Ultrasonik Yıkama
- * Kurutma
- * Kumlama
- * Batching (Aparatlara Dizme)
- * Kaplama Makinesine Yükleme
- * CC800 Cemecon Kaplama Prosesi&Proses Adımları

PVD Kaplama Prosesi Adımları :

Yukarıda sıralana işlemlerin ardından PVD kaplama işlemine geçilebilir. PVD kaplama prosesi ise sırasıyla şu adımlardan oluşur:

- * Kontroller- Checking
- * Isıtma- Heating
- * İyon temizliği- Etching
- * Kaplama- Coating
- * Etching 2
- * Soğutma- Cooling

* Vakum boşaltma- Venting

* Kalite Kontrolü

4.1. PVD Kaplama Ön Hazırlık İşlemleri:

Bütün takımlar CC800 kaplama makinesinde kaplanmadan önce yağ ve kirlerden temizlenmeli ve takım yüzeyleri mümkün olduğunca iyonlardan arındırılmalıdır. Havayla temas eden bütün yüzeylerde bir oksit tabakası oluşmaktadır. Bu oksit tabakası kaplamanın tutunmasını ve kalitesini etkilemektedir.

Ön temizlik işlemleri kaplama kalitesini büyük oranda etkilediği için işlemlerin iş talimatına uygun yapılması önemlidir.

4.1.1. İlk Kontrol:

Bilemeden gelen takımlar göz ile hasarlı olup olmadığı kontrol edilir ve fabrika, takım türü ve takım ebatlarına göre gruplandırılır.

4.1.2. Ön Temizlik-Yağ Alma:

Takımlar yağ alma operasyonu ile ultrasonik yıkama öncesinde kaba temizliğe tabi tutulurlar.

Kullanılan temizleme maddesi: Ultrasonik yıkama kimyasalı kullanılır.

Uygulama: Yağ sökücü hazne içerisinde 5 dakika tutulur.

4.1.3. Ön Temizlik-Ultrasonik Yıkama:

Kaplanacak malzeme yüzeylerinde bulunan yağ ve kir partiküllerinin hassas olarak alınması için ultrasonik yıkama yapılır.

Kullanılan temizleme maddesi: Ultrasonik yıkama kimyasalı kullanılır.

Uygulama:

HSS Takımların Ön Hazırlık İşlemleri

Ultrasonik Yıkama: *Ultrasonik yıkama: %5 konsantrasyonlu yıkama sıvısı ile 60 derecede 20 dak. yıkanır.*

Durulama 1: *Şehir şebekesinden gelen yumuşak su ile yapılır.*

Durulama 2: *Deiyonize su ile yapılır. Su iletkenliği max. 1 olmalıdır.*

Kurutma: *Fan ile sıcak hava üflenerek kurutma yapılır.*

Karbür Takımların Ön Hazırlık İşlemleri

Yağ alma: Yağ sökücü hazne içerisinde 5 dakika tutulur.

Ultrasonik yıkama: %5 konsantrasyonlu yıkama sıvısı ile 60 derecede önce ultrasonik açılmadan 5 dakika tutulur ardından 30 dak. Ultrasonik açılarak yıkanır.

Durulama 1: Şehir şebekesinden gelen yumuşak su ile yapılır.

Durulama 2: Deiyonize su ile yapılır. Su iletkenliği max. 1 olmalıdır.

Kurutma: Fan ile sıcak hava üflenerek kurutma yapılır.

4.1.4. Kurutma:

Temizlikten sonra tüm yüzeyler basınçlı sıcak hava 120°C de ıslak yüzey kalmayacak şekilde kurutulur.

4.1.5. Kumlama:

Tanımı: Kumlama ince kum (cam kumu) taneciklerinin kumlanacak malzeme üzerine hava ile püskürtülerek yapılan bir tür yüzey temizleme işlemidir.

PVD kaplama öncesi kumlama; operasyonu kaplanacak malzemenin yüzeyinin temizlenmesi, çapaklarının alınması ve yüzeydeki pürüzlülüklerin giderilmesi için yapılan bir işlemdir.

Özellikler:

Kullanılan kum özellikleri:

Malzeme Adı	Aluminum oksit, GP	
Kimyasal Bileşimi	SiO ₂ 72,0–73,0%	MgO 3,5-4,0%
	Na ₂ O 13,3-14,3%	Fe ₂ O ₃ 0,08-0,11%
	K ₂ O 0,2-0,6%	Al ₂ O ₃ 0,8-2,0%
	CaO 7,20-9,20%	SO ₃ 0,2-0,3%
Spesifik Ağırlığı	2,6 g/cm ³	
Sertliği	Mohs 6	
Erime Noktası	1200°C	
Tanecik Yoğunluğu	1,6 g/cm ³	
Tanecik Şekli	Küre	
Büyüklüğü	90 – 150 µm	

Uygulama:

Cam küre ile kumlama; takımların kesici ağızlarında kalan çapakların alınması ve yüzeylerin temizlenmesi için yapılır. Mevcut kumlama makinesi ile manuel olarak kumlama yapılır.

Gerekli kum basıncı: 2,5-3,5 bar

Kum Püskürtme mesafesi: 6-8 cm 45° açı ile tüm yüzeyler eşit şekilde kumlanır.

Kuru kumlama işlemi yalnızca HSS takımlar içindir. Karbür takımlar ıslak kumlama ile kumlanmalıdır.

Ön Isıtma: Parçaların kumlanması 1 saatten fazla sürecekse 50°C ısıtılmış fırınında bekletilir.

4.1.6. Batching (Takımları Aparatlara Dizme):

Temizlik işlemleri biten takımlar kaplama makinesine yüklenmek üzere aparatlara dizilir.

Aparatlar takımların türü ve ebatları gözetilerek seçilir ve optimum yükleme yapılır.

Aparatlara Dizme (Batch): Aparatlara dizme işlemi 1 saatten fazla sürecekse 50 °C ısıtılmış fırında bekletilir.

Hazırlanan apartlar kaplama makinesine yüklenir.

Takımların yükleme sonrası 3 lü rotasyon yapıp- yapmadığı mutlaka kontrol edilir.

4.1.6.1. Azdırma ve Fellow Çakılarının Aparatlara Dizilmesi:

1.1. Ön hazırlık işlemleri tamamlanmış azdırma ve fellowlar, takım iç çaplarından sabitlenerek flanş çapları mutlaka uygun çaplardaki aparatlarla kapatılır.

1.2. Takımların yerleşiminin dengeli ve simetrik olmasına dikkat edilir.

1.3. Döner tabla üzerinde boş kalan noktalara Dummy Tower (boş alan doldurucu) kulelerden konulur.

Not: Boş kalan noktalar doldurulmazsa kaplama kalınlığı homojen bir dağılım göstermez.

1.4. Sabitleyiciler yerine oturtturularak sıkılır.

1.5. Döner tablanın ve takımların kendi eksenleri etrafında dönüp dönmedikleri mutlaka kontrol edilir.

Not: Flanş çaplarının kaplanmaması takımın kullanılacağı tezgaha bağlanırken ölçü değişikliği oluşmaması açısından önemlidir.

4.1.6.2. Matkap ve Frezelerin Aparatlara dizilmesi:

1.1. Ön hazırlık işlemleri tamamlanmış matkap ve frezeler (Round tools) çaplarına ve fabrikalarına göre uygun şekilde gruplandırılır.

1.2. Takımlar küçük tablolara çaplarına göre yerleştirilir. Yerleştirme işleminde çap ve boyların dengeli ve simetrik olmasına dikkat edilir.

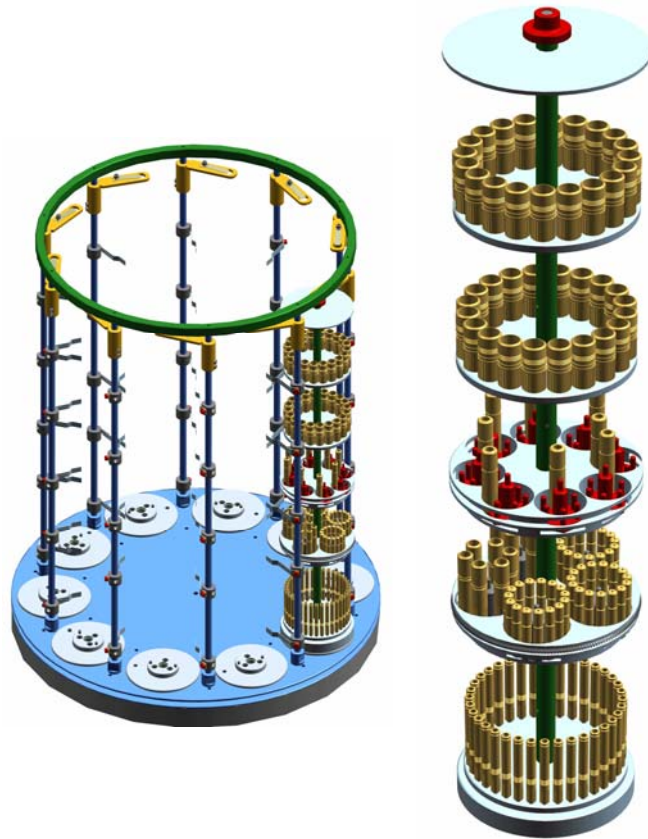
1.3. Döner tabla üzerinde boş kalan noktalara Dummy Tower (boş alan doldurucu) kulelerden konulur.

Not: Boş kalan noktalar doldurulmazsa kaplama kalınlığı homojen bir dağılım göstermez.

1.5. Takımların kendi eksenleri etrafında dönmesini sağlayacak döndürme aparatları (klink) uygun noktalara bağlanır.

1.6. Sabitleyiciler yerine oturtturularak sıkılır.

1.7. Ana döner tablanın ve küçük tablaların ve takımların kendi eksenleri etrafında dönüp dönmedikleri mutlaka kontrol edilir.



Şekil 4.1. Matkap ve Frezelerin Aparatlara Dizilmesi

4.1.7. Kaplama Makinesine Yükleme:

Döner tablalar üzerine hazırlanan takımlar takım yükleme arabası ile kaplama makinesine yüklenir.

Takımların tabla etrafında ve kendi eksenleri etrafında dönüşleri kontrol edilir.

Makine kapakları kapatılarak proses başlatılır.

4.1.8. CC800 Cemecon Kaplama Prosesi ve Proses Adımları

Makine ekranı üzerinden RUN tuşuna basılarak proses başlatılır. Bu aşamadan sonra kaplama makinesi tüm gerekli kontrollerini yaparak kaplama haznesi içerisindeki havayı 6 mP vakumlanır. Makine yüksek vakuma hazır hale geldiği “ready to high vacuum” uyarısını verdikten sonra RUN tuşuna basılarak kaplama işlemi başlatılır.

Kaplama Prosesi Adımları:

Kontroller (Checking)

Isıtma (Heating)

İyon temizliği (Etching)

Kaplama (Coating)

Etching 2

Soğutma (Cooling)

Vakum boşaltma (Venting)

4.1.9. Kalite Kontrolü:

Kaplanacak her sarjla birlikte kalite kontrol yapılması için numune parça kaplanacaktır. Numune parça kalite kontrol sonuçları yaklaşık olarak ortak sarjda kaplanan takımların kaplama kalınlığı, kaplama sertliği ve tutunma özelliğini verecektir.

Kaplama Kalınlık Testi: Kalotest cihazı ile yapılır. Küresel bir topun yüzeyde aşındırma yapılması ile ölçülmektedir. İstenen kaplama kalınlığı takım ve proses özelliklerine göre 2-5 mikron arasında değişmektedir.

Kaplama Tutunma Testi: Kaplama yapılan takıma iyi tutunup tutunmadı test edilir. Rokwell sertlik ölçüm cihazı ile numune yüzeyine 150 kgf luk bir kuvvet uygulanır. Yüzey mikroskop altında incelenir. Tutunma şablonu kullanılarak kıyaslanır.

Kaplama Sertlik Testi: Nano Hardness Tester cihazı ile kaplama sertliği ölçülür.



Şekil 4.2. Titanyum Nitrür Kaplama Prosesi Yapılmış Takımlar

BÖLÜM 5. YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİ

Yüksek hız çeliklerinin gelişimi Mushet'in 1860'da tungsten-manganez çeliğini sertleştirme yoluyla elde ettiği ürün ile başlar. Bu çeliklerin işlenebilme imkanları Taylor ve White'in yüksek hız çeliğinin müjdesini verdikleri 1900 yılına kadar tam olarak değerlendirilememiştir.

Yüksek hız çelikleri takım ağzı kızaracak ölçüde yüksek kesme hızlarında dahi talaş kaldırabilen, yani bu koşullara rağmen yüksek sıcaklık sertliğini büyük oranda ve uzun süre koruyan malzemelerdir. Bu malzemeler yüksek sıcaklıklara ve aşınmaya karşı dayanımlıdır. Bu özellikleri çeliğe kazandırmak için bazı alaşım elemanlarının ilavesinin yanında uygun ısıtılma işleminin de gerçekleştirilmesi gerekir.

5.1. YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİNDEN İSTENEN ÖZELLİKLER

5.1.1. Sertlik

Sert bir malzemenin işlenmesi ancak kendinden daha sert bir takım ile gerçekleştirilir. Bu amaca uygun olarak yüksek hız çeliklerinin yüksek karbon ve alaşım elemanları ilaveleri yüzünden sertlikleri fazladır. Alaşım elemanlarının karbonla oluşturduğu özel karbürler sertliği önemli ölçüde artırırlar. Karbon ve alaşım elemanlarını ve dolayısıyla bunların oluşturduğu özel ve sert karbürleri arttırarak sertlik 67-68 HRc'ye kadar yükseltilebilir. Sertleştirme sonrası belirli bir sertlik alma derinliği veya sertleşme kabiliyeti, M10'un dışındaki bütün yüksek hız çeliklerinin havada soğutulması ile yaklaşık 1'' (25.4mm) civarında olmaktadır. Hava yerine yağ veya ergimiş tuz banyosu soğutma ortamı olarak seçildiğinde bu derinlik 3'' e kadar çıkabilir [6].

5.1.2. Tokluk

Zorlamalar ve darbeler karşısında takımın kırılmaya karşı dirençli, diğer bir deyişle tok olması istenir. Fakat yüksek hız çeliklerindeki yüksek karbon ve alaşım miktarı çeliğe sertlik özelliği verdiği için kullanım yerine göre çeliğin tok olması istendiğinde bazı önlemler alınmalıdır.

Yüksek hız çeliklerinde tokluk, çeliğin bileşimindeki karbon miktarının daha düşük seviyeye ayarlanması veya çeliğin genel olarak bilinen ostenitleme sıcaklığından daha düşük

bir ostenitleme sıcaklığında sertleştirilip, böylece daha iyi tane boyutu sağlanması ile artırılır. 1100-1200 °F (593-649 °C) arasında temperlemek te hız çeliklerinin tokluğunu artırır. Bununla birlikte, tokluk arttığında sertlik ve aşınma dayanımının da azalacağı gözden kaçırılmamalıdır. Dolayısıyla yukarıda bahsedilen işlemler tokluğun ön planda, önemli olduğu durumlarda uygulanmalıdır [6].

5.1.3. Aşınma Dayanımı

Hız çeliğinin aşınma dayanımlı olması, sürtünmeye, yumuşamaya veya mekanik etkilere karşı dirençli olmasıdır. Bu da kullanımı esnasında takımın daha uzun sürede değişimini gerektirdiğinden kullanımda ekonomiklik sağlar.

Yüksek hız çelikleri, martenzit yapısı içine dağılmış sert refrakter karbürlerin ve temperlenmiş martenzit matrisinin yüksek sertliğinden dolayı yüksek aşınma dayanımına sahiptirler. Molibden karbürünün (M_6C) sertliği 75 HRc iken, vanadyum karbürünün (MC) sertliği 84 HRc'dir. Bu yüzden MC karbürünün miktarını arttırmak aşınma dayanımını artırır. Fakat yüksek vanadyumlu hız çeliklerinin daha iyi aşınma dayanımlı olmalarına karşın, bu çeliklerin işlenebilme ve taşlanabilme zorlukları vardır [6].

5.1.4. Sıcak Sertlik

Sıcak sertlik, hız çeliği takımlarının yüksek kesme hızlarında oluşan yüksek sıcaklıklara dayanabilme özelliğidir. Yüksek hız çeliklerinin sıcak sertlik özelliği, bileşimlerine ve temperleme işlemi esnasında alaşım karbürlerinin çökeldiği ikincil sertleşme reaksiyonlarına bağlıdır. Tungsten sıcak sertliği sağlar çünkü tungsten karbürleri çok yüksek sıcaklıklarda çözünür. Genel olarak kullanılan sertleştirme sıcaklıklarında tungsten karbürlerinin fark edilir bir miktarı ostenit içinde çözünmeden kalır. Bu tungsten karbürleri aşınma dayanımlıdır. Ostenit içinde çözünen tungsten miktarı temperlemede karbür çökmesi esnasında ikincil sertleşmeyi sağlar. Kobalt karbür oluşturmaz ama karbon atomlarının yerini tutarak matrikste çözünür böylece kobalt yüksek hız çeliklerinin martensitik yapısını kuvvetlendirerek sertliği ve sıcak sertliği sağlar. Kobalt, temperleme işlemi esnasında çeliğin yumuşamasını geciktirir ve bu, çeliğe daha yüksek sıcak sertlik verir [6].

5.1.5. Kesme Kabiliyeti

Kesme takım malzemeleri olarak kullanılan yüksek hız çeliklerinden beklenen önemli özelliklerden biri de kesme kabiliyetidir. Takım kullanım alanına göre kesme kabiliyeti ön plana çıkarılarak şekillendirilir. Daha sonra takım iş parçasının malzemesine göre uygun biçimde tokluk, sertlik ve aşınma dayanımı gibi özellikler kazanması için ısıl işleme tabii tutulur. Takım uçlarının geometrisi, kesme işleminde iş parçasından ayrılan talaşın uca sarılmaması için uygun açılarda olmalıdır. Genellikle, M7 düşük alaşımlı çeliklerin, demirlerin ve kısa çentik oluşturan diğer malzemelerin işlenmesinde M2 gibi yaklaşık aynı kesme performansını gösterir. M7 takımlarının daha sert olmalarına rağmen M2'ye göre M7 takım çelikleri daha büyük krater dayanımı avantajına sahiptir. M7, austenitik paslanmaz çelikler ve titanyum gibi uzun çentikler oluşturan malzemeleri kesmede M2'ye göre tercih edilmez [6].

5.1.6. Meneviş Kalıcılığı

Yüksek meneviş sıcaklıklarında sertliğin çok az azalması olarak bilinen meneviş kalıcılığı, yüksek hız çelikleri ile yapılan talaşlı imalatta önemli bir özelliktir. Metallerin ve diğer sert malzemelerin talaşlı imalatında, sürtünme dolayısıyla takımlar ısınır, kesici uçlar hızla yumuşar, körelir ve kırılabilir hale gelir. Yüksek hız çeliklerinin gelişimi ile yüksek hızlarda işleme ve derin talaş kaldırma olanağı doğmuştur. Uygun alaşımlandırma ile yüksek hız çeliklerinin meneviş kalıcılığı artırılır. Bu özelliği sağlayan en önemli elementler volfram, molibden ve vanadyumdur [6].

5.2. YÜKSEK HIZ ÇELİĞİNİN İÇ YAPISI ve ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÇELİK ÖZELLİĞİNE ETKİLERİ

Yüksek hız çelikleri ledeburitik iç yapıya sahiptirler. Bunlar yapılarında Fe_3C değil de, alaşım elemanları yüzünden özel karbürler bulundurlar. Bu karbürler sayesinde saf Fe-C alaşımı ledeburitinden daha yüksek sıcaklıkta ergirler. Şekil 5.2'de dökümden sonra hız çeliğinin ağ şeklindeki karbür ötektikumuna sahip iç yapısı görülmektedir.



Şekil 5.1. Dökümden sonra hız çeliği. Ağ şeklindeki karbür ötektikumu

İç yapıyı ve özellikleri önemli ölçüde değiştiren belli başlı alaşım elemanları C, Cr, Mo, V, W ve Co'tır. Co'nun dışındakiler iç yapıda çökerek karbür oluştururlar. Genel olarak yüksek hız çeliklerinde yedi grup karbür çöker: 1- E- karbür: $Fe_2.4C$ (hcp), 2- θ - karbür: M_3C (Fe_3C), 3- MC ya da M_4C_3 : (V_4C_3), 4- M_2C : (W_2C ya da Mo_2C), 5- λ - karbür: M_7C_3 (Cr_7C_3), 6- γ - karbür: $M_{23}C_6$ ($Cr_{23}C_6$), 7- η - karbür: M_6C (Fe_3W_3C ya da Fe_4W_2C) Burada 'M' bir metale veya metal grubuna karşılık gelmektedir. M_6C özgün olarak yüksek hız çeliği olarak bilinir ve çeliğe kıvılcık sertlik özelliğini sağlar. $M_{23}C_6$ karbürü temelde krom-karbürdür ve ostenitleme sırasında kolayca çözünerek ostenitin oluşmasına büyük katkıda bulunur. Sertleştirme sonucu istenilen martensitin oluşumuna da katkıda bulunur. MC karbürü ya da vanadyum-karbür aşırı sertliğinden dolayı çeliğin aşınma direncini arttıran bir karbürdür.

5.2.1. C Etkisi

Çeliğin mekanik özelliklerini en fazla etkileyen elemandır. Artan karbon oranı ile çeliğin dövme, kaynak, talaş kaldırma ve derin çekme ile şekillendirilme yeteneği azalırken, sertleşme kabiliyeti artar.

5.2.2. Cr Etkisi

Cr, her %1 oranı için çeliğin mukavemetini $90 N/mm^2$ artırır fakat kopma uzamasını %1,5 oranında azaltır. Kritik soğuma hızını küçültür ve böylece sertleşme derinliği artar. Demirin karbonu çözebilme kabiliyetini azaltır, bundan dolayı ostenitin doymuşluk sınırı (A_{cm}) sola doğru fazlaca kayar ve çelikte karbürlerin ayrışmasına neden olur. Oluşturdukları krom karbürler ile çeliğin sertliği artar. Tufallaşmayan çeliklerin en önemli alaşım elemanı kromdur.

5.2.3. Mo Etkisi

Mo, özel karbür oluşturur, bu karbürler sıcakta mukavemeti uzun süre korurlar. Özellikle V, W ve Cr ile bileşim yaparak çeliğin kesme kabiliyetini artırır. Mo'nin çok az miktarı bile meneviş gevrekliğini giderir. Tane küçültücü etkisi vardır. Mo pratik olarak yanmaz, bu yüzden hurda demirin ergitilmesi esnasında büyük oranda geri kazanılabilir. Molibden ilavesi ile çelik dekarbürizasyona duyarlı hale gelir.

5.2.4. V Etkisi

Vanadyum, özel VC karbürünü oluşturur. Bu karbür, ostenit içinde Fe_3C 'den daha zor çözünebilir. Bu nedenle, sertleştirme sıcaklığı $1250^{\circ}C$ 'dir. Böylece, henüz çözümemiş karbür, ostenitin sertleşebilmesi için gerekli karbonu çeker. Bu çelikler, yaklaşık $600^{\circ}C$ sıcaklığa kadar yapılan tavlamalara karşı dayanıklıdırlar. Menevişleme tavlama sırasında sertliğin fazlaca düşmesine Fe_3C 'nin ayrışması neden olur. Çok küçük miktarlardaki vanadyum bile, zor çözünebilen karbürler oluşturduğundan çeliğin aşırı ısıtmaya karşı hassasiyetini azaltır. Vanadyum takımın kesme kabiliyetini ve havada sertleşme özelliğini artırır.

5.2.5. W Etkisi

W, çeliklerin aşınma dirençlerini, menevişleme tavlamasına dayanıklılığını ve sıcağıdaki mukavemet değerlerini artırır. Ostenitin karbona doymuşluk çizgisini sola doğru kaydırır. W, çelikte zor çözünebilen $(FeW)_6C$ karbürünü oluşturur. Bu karbür, sertleştirme sıcaklığı arttırıldığında çözünebilir, böylece sertlik ve sertleşme derinliği artar. Karbürlerin çok küçük çözünme hızından dolayı W çelikleri, aşırı ısıtmaya karşı hassas değildirler.

5.2.6. Co Etkisi

Co, malzemenin kritik soğuma hızını artırır, bundan dolayı su vermede sertleşme derinliğini azaltır. Çeliğe ilave edildiğinde katılaşmanın tamamlanma sıcaklığını yükseltir, A3 dönüşüm noktasını düşürür ve γ bölgesini genişletir. Co, ferriti sertleştirir ve böylece kızıl sıcaklıkta sertliğe yardım eder. Korozyon ve aşınma direncini artırır, çekme ve akma mukavemetlerinde az bir artış sağlar fakat çekilebilme özelliğini azaltır.

5.3. YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Yukarıda belirtilen alaşım elemanlarının değişik yüzdelerde ilaveleri ile yüksek hız çelikleri M2, M42, M10, M7, T1, T6 gibi farklı şekillerde isimlendirilirler. Bu çelikler genel olarak iki ana grup altında incelenebilir.

T harfi ile simgelenenler Tungsten Yüksek Hız Çeliklerini, M ise Molibden Yüksek Hız Çeliklerini ifade eder.

5.3.1. Tungsten Yüksek Hız Çelikleri

Bu hız çeliklerinin bileşiminde tungsten, krom, vanadyum, kobalt ve karbon en temel alaşım elementleridir. Özellikle %1.5'tan fazla vanadyum ve %1.0'den daha çok karbon içeren cinslerinde yüksek alaşım ve karbon yüzdesi, mikro yapıda büyük miktarda sert ve aşınma dayanımlı karbürler meydana getirir. T15 yüksek hız çeliği, tokluğunun biraz düşük olmasına karşın tungsten çeliklerinin içinde aşınmaya en çok dirençli olanıdır. Kobalt ilavesi ile kızıl sertlik artırılır. Sert ve ısı dayanımlı bir matrix içinde bulunan aşınmaya dirençli karbürlerin varlığı, bu çeliklerin kesme takım malzemeleri olarak kullanılmasına olanak sağlar.

5.3.2. Molibden Yüksek Hız Çelikleri

Mo, W, Cr, V, Co ve C molibden yüksek hız çeliklerinin temel alaşım elementleridir. Bu çelikler özellikleri bakımından tungsten yüksek hız çeliklerine benzerler fakat genellikle aynı sertlikte biraz daha yüksek tokluğa sahiptirler. Molibden çeliklerinin esas avantajı aynı cinsteki tungsten çeliklerinden hemen hemen %40 daha düşük ilk maliyete sahip olmalarıdır. Yüksek karbon ve vanadyum miktarları aşınma dayanımını artırır; tungsten çeliklerindeki gibi kobalt miktarlarındaki artış kızıl sertliği yükseltir. M15, M grubunun aşınmaya en çok dayanımlı çeliğidir. M çelikleri, özellikle ısıtmada ve atmosfere bırakmada sertleştirme koşullarına T çeliğinden biraz daha fazla duyarlıdır, çünkü bunlar uygun olmayan işlem şartları altında kolaylıkla dekarbürize olurlar. Amerika'da üretilen bütün yüksek hız çeliklerinin yaklaşık olarak %90'ı molibden çeliğidir.

5.4. YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİNE UYGULANAN ISIL İŞLEMLER

Isıl işlemler malzemeyi uygun sıcaklığa ısıtıp belirli miktar bu sıcaklıklarda tutarak ve çeşitli ortamlarda soğutmak suretiyle iç yapı ve özellikleri iyileştirmek amacıyla yapılır. Isıl işlemler takımların performansını büyük ölçüde etkiler. Genelde ısı işlemler takım imalatında son veya sondan bir önceki işlemler olarak uygulandıklarından takım kalitesi için son derece önemli bir etkendirler.

5.4.1. Tavlama ve Sertleştirme

Şekil verme işleminden ve sertleştirmeden önce bütün yüksek hız çelikleri bileşimlerine göre 760-850°C arasında 2-4 saat tavlama ile yumuşatılırlar, daha sonra fırında 600°C sıcaklığa kadar çok yavaş soğutulur. Bunu takiben havada veya fırında ortam sıcaklığına kadar soğutulurlar. Bu esnada çelik oksidasyona karşı korunmalıdır. Tavlanmış yapı perlit matrisi içinde dağılmış karbür küreciklerinden ibarettir.

Şekil verme işleminden ve sertleştirmeden önce bütün yüksek hız çelikleri bileşimlerine göre 760-850°C arasında 2-4 saat tavlama ile yumuşatılırlar, daha sonra fırında 600°C sıcaklığa kadar çok yavaş soğutulur. Bunu takiben havada veya fırında ortam sıcaklığına kadar soğutulurlar. Bu esnada çelik oksidasyona karşı korunmalıdır. Tavlanmış yapı perlit matrisi içinde dağılmış karbür küreciklerinden ibarettir.

Menevişlemeden başka yapıdaki artık osteniti martezite dönüştürmenin diğer bir yolu da oda sıcaklığına kadar havada soğutulmuş hız çeliğini, 'sıfırlı işlemi' diye bilinen bir işlem uygulamasıyla sıvı azot (-196°C) ya da katı karbondioksit (kuru buz, -78°C) ortamına daldırmaktır. Sertleştirme işleminde ostenitleme sıcaklığı ve süresi önemlidir. Sıcaklık ve süre az olduğunda az karbür çözünür ve su verme sonucunda elde edilen martenzit yeteri kadar sert olmaz. Bunun yanında aşırı yüksek sıcaklık ve sürelerde yapılan sertleştirme işlemi karbürlerin köşeleşmesine, tane büyümesine ve bölgesel erimelere yol açar. Ostenitleme sıcaklığını ve süresini arttırdıkça ostenit içinde daha fazla karbon çözünür, martenzit oluşma sıcaklığı düşer ve çeliğin su verilmiş yapısında daha fazla artık ostenit bulunur. Bu bakımdan ostenitleme sıcaklığında ve süresinde optimizasyon söz konusudur.

Ostenitleme sıcaklığı tane büyümesine ostenitleme süresinden daha fazla etki eder; şöyle ki çeliğin erime sıcaklığının 40°C altına gelinceye dek zaman pek önemli bir rol

oynamaz. Ancak 1290°C'nin üstüne çıkıldıkça sıcaklık ve zaman tane büyümesine neden olur.

M7, M2'den daha düşük bir sıcaklıkta ostenitlenir. Bunun sebebi; M7'nin daha fazla karbon yüzdesine sahip olmasıdır. Çeliklerde karbon miktarı arttıkça ostenitleme sıcaklığı düşer. M7 çeliğinin sertleştirme işleminde, daha fazla karbon yapıda çözünüp, ostenit fazı daha çok karbon içerir. Çok karbonlu ostenitin soğutulması ile yine yapısında çok karbon olan martenzit oluşur. Martenzitin yapısındaki karbon miktarı arttıkça su verilmiş çeliğin sertliği de artar.

5.4.2. Soğutma Ortamı ve Menevişleme

İdeal bir soğutma ortamı malzemeden perlit kademesinde mümkün olduğu kadar çok, martenzit kademesinde ise çatlama tehlikesini azaltmak için mümkün olduğu kadar az ısı çekmelidir. Diğer bir deyişle, ideal su verme ortamı çeliği Ms sıcaklığına kadar hızlı soğutmalı ve sonra oda sıcaklığına veya banyo sıcaklığına kadar oldukça yavaş soğutmalıdır. Yüksek hız çelikleri havada, yağda veya tuz banyolarında soğutulabilir fakat distorsiyona girmemeleri için plakalar arasında havada soğutulan çok ince takımlar dışında, fırında ısıtılan takımlar yağda, tuz banyosunda ısıtılanlar da erimiş tuzda soğutulurlar. Sıcaklığı soğutucu tuzda dengelenen takım daha sonra havada soğutulur. Fırında ısıtılan büyük kesici takımlar, çatlama tehlikesi önlemek üzere birkaç kademede olmak şartıyla yağda soğutulurlar. Bu metotta takım 550°C'ye kadar yağda, sonra da havada soğutulur. Ostenitlemede ısıtma ortamı olarak tuz banyosu kullanıldığında soğutucu tuzun önemli bir fonksiyonu vardır. Yüksek hız çeliklerinin ostenitlenmesi için kullanılan yüksek sıcaklıklı tuzlar suda hemen hemen hiç erimezler. Soğutucu tuz parça üzerindeki suda erimeyen ısıtıcı tuz tabakası ile birleşerek suda daha kolay eriyen bir bileşik meydana getirir ve böylece temperlemeden önce parçanın su ile kolayca temizlenebilmesini sağlar. Sertleştirme işlemini takiben yapılan menevişleme işlemi genel olarak çeliğin gerilimini azaltmak amacıyla yapılır. Bunun dışında yüksek alaşımlı takım çeliklerinin martenzit tamamlanma sıcaklığı (Mf) oda sıcaklığının altında kaldığından sertleştirme sonucu yapıda oluşan artık ostenitin dönüşümünü sağlamak için yapılır. Menevişleme ile malzemenin çatlama tehlikesi azalır ve tokluğu artar.

Menevişleme sırasında hız çeliğinin sertliği zayıf alaşımlandırılmış demir-karbürün ayrışması sonucu biraz azalır. 450°C sıcaklığın üzerinde Mo₂C ve W₂C karbürleri ayrışır ve sertliği önemli ölçüde artırırlar. 500-600°C sıcaklığında ayrışma (çökme) sertliği meydana

geldiğinden sertlik en yüksek değerine ulaşır. Bu olaya sekonder veya ikincil sertleşme denir. Menevişleme sırasında karbürler sadece sertleştirme ile elde edilen martenzit fazından değil aynı zamanda artık ostenitten de ayrışır. Alaşım elemanı ve karbon oranları azalan artık ostenitin martenzit oluşumu başlama sıcaklığı (Ms) yükselir. Menevişleme sonucu artık ostenitin temperlenmemiş martenzite dönüşmesi yeniden menevişlemeyi gerektirebilir. İşlem sonunda iç yapı, ince iğneli martenzit içinde dağılmış ince karbürlerden oluşur.

5.4.3. Çifte Su Verme

Hız çeliğine iki defa üst üste su verilmesi anlamında kullanılan çifte su verme işlemi son yıllarda uygulanmaya başlanmış yeni bir yöntem olup, tane büyümesini denetim altında tutmak ve ostenitleme işleminden en uygun şekilde yararlanıp karbür büyüklüğünü ve dağılımını denetlemek için uygulanır. İkinci ostenitleme sıcaklığı genellikle ilk ostenitleme sıcaklığından düşük bir sıcaklık olarak seçilir. Yapılan bir deneyde, M2 hız çeliği numunelerine uygulanan çifte su verme işleminde numuneler 1240°C de ostenitlenip havada soğutulduktan sonra değişik ikinci ostenitleme sıcaklıklarında su verildiklerinde tane boyutu ve ikinci ostenitleme sıcaklıkları arasındaki ilişki bulunmuştur.

Yine bu deney sonucunda çifte su verilmiş M2 hız çeliğinin yapısı iğnemsî bir görüntüde olup, toklukta artış ve sertlikte düşüş gözlenmiştir. Tokluk artışı, çift su verme sonucunda yapıda oluşan yeni küçük karbürlerin çökelp yapıya homojen dağılması sebebiyledir.

5.4.4. Gerilim Giderme ve Dövme

Çeliğin dökümü esnasında uniform olmayan sıcaklık farklılıklarından ve deformasyon sırasında homojen olmayan şekil değiştirmeden dolayı çelik iç yapısında gerilimler meydana gelebilir. Gerilim giderme tavı, çeliği 600-700°C arasında tavlayıp genellikle yavaş soğutarak yapılır.

Yüksek hız çelikleri içerdikleri yüksek alaşım elemanları yüzünden yapılarında çok fazla özel karbür bulundurlar. Bu yüzden şekil değiştirme dirençleri büyüktür. Ancak 1150-900°C gibi yüksek sıcaklıklara ısıtıldıklarında dövülebilirler. Dövme sıcaklığına ısıtma kademeli yapılmalıdır. Dövme işleminde ledeburitik yapının bütün primer karbürleri parçalanmalı ve küresel olarak şekillendirilebilmelidir.

5.5. KULLANIM ALANLARI VE KUSURLAR

Yüksek hız çelikleri sanayide matkap uçları, diş açma takımları, freze bıçakları, raybalar, torna ve planya takımları, metal testereleri olarak talaşlı imalatta; delme, kesme, tornalama, frezeleme ve zımbalama işlemlerinde kullanılır. Talaşsız imalatta ise soğuk fişkirtme takımları olarak kullanılır.

Ergitme işlemi esnasında takım çeliklerine alaşım elementleri ilavesi, çeliğin müteakip sıcak işlenmesinin zorluklarını arttırır. Yüksek hız çeliği ve diğer yüksek alaşımlı takım çelikleri normal katılaşma sırasında ingotun merkezinde karbür ayrışmasını (segregasyonunu) arttırma eğilimindedir. Bu durum yüksek hız çeliklerinin sıcak presleme, dövme veya haddeleme ile imalatını zorlaştırır, çünkü bu işlemlerin her biri iyi sıcak işleme uygulamalarına rağmen iç çatlaklar veya kopmalar oluşturabilir. Talaş kayıpları izafi olarak yüksek olduğundan bu cinslerin hepsi dikkatlice ve tam bir kontrol altında ısıtılmalı ve işlenmelidir. M2, M7 ve M10'un karbon oranını arttırmak sıcak işleme zorluklarını meydana getirir.

5.5.1. Dekarbürizasyon

Yüksek hız çeliklerinin ısıtılması esnasında oluşan problemlerden biri de yüzey dekarbürizasyonudur. Eğer ısıtılma fırınının atmosferi düşük bir karbon potansiyeline sahipse, çeliğin yüzeyinden bir miktar karbon kaybedilir. Bu olay su verilmiş kısmın daha düşük karbonlu martenzite sahip olmasına sebep olur ve bu kısım daha düşük bir sertlik gösterir. Metalografik olarak incelersek, dekarbürize olmuş yüksek hız çeliğinde beyaz ferrit alanı görülebilir. Fazla dekarbürize olmuş kısımlar su verme sırasında çatlaklar. Dekarbürizasyonu önlemek için yüksek hız çelikleri nötr tuz banyolarında veya kontrollü atmosfer fırınlarında ısıtılmalıdır. Vakum fırınlarında sertleştirme de uygulanabilir. Koruyucu atmosferin kapalı (kontrollü) olması önemlidir. Eğer ısıtılma fırınlarının atmosferi aşırı yüksek karbon potansiyeline sahipse, karbon yüksek hız çeliklerinin yüzeyine yayılabilir. Karbürize olmuş yüksek hız çelikleri takımının yüzeyi yüksek düzeylerde artık ostenit ile yüksek karbonlu martenzit içerir.

5.5.2. Isıl İşlem ve Tasarım Hatası

Takımların ısıl işlemi esnasında düşük sertleştirme sıcaklıkları yetersiz sertleşmeye sebep olur. Gereğinden yüksek olan sertleştirme sıcaklıkları ise tane büyümesi ile sonuçlanır. Bu yüzden tavsiye edilen sertleştirme sıcaklığı ve tavlama süreleri dışına çıkılmamalıdır. Takımlar nötr ortamlarda ısıl işleme tabi tutulmazlarsa yüzeysel karbon kaybına (dekarbürizasyona) uğrarlar. Bu ise bölgesel olarak sertliğin 3-4 HRc değerine düşmesine neden olur. Banyolarda kullanılan tuzların kuvvetli korozif özellikte olmasından dolayı, özellikle kısmi sertleştirilen takımlarda ciddi korozyon problemleri ile karşılaşılabilir. Korozyondan korumak için tuz banyolarının temizliğine ve sertleştirilen takımların uzun süre tuzlu kalmamasına dikkat edilmelidir.

Bir takımın tasarımında farklı kesit kalınlıklarından mümkün olduğunca kaçınmak gerekir. Aksi takdirde parçanın ısıl işlemi esnasında her an için çatlama tehlikesi meydana gelebilir. Takımın ince kesitinde kalın kesitine nazaran soğuma daha hızlıdır. İnce ile kalın kesit geçiş bölgesinde malzemenin normal iç yapı dönüşümünden kaynaklanan gerilimlerin yanında ilave iç gerilmeler oluşarak takımın kırılmasına neden olurlar. Bu ve benzeri sebeplerden takım tasarımında farklı kesit kalınlıklarından ve karmaşık geometrilerden mümkün mertebe kaçınılmalıdır. Eğer tasarımda bu durum engellenemiyorsa ısıl işlem sırasında termal gerilmeleri ve şokları minimuma indirmek için kademeli sertleştirme uygulanmalıdır.

5.5.3. Hammadde ve İmalat Hatası

Takım ömründe ve kalitesinde bir önemli husus da uygun özellikleri olan malzeme seçimidir. Yeterli özellikteki hammaddeden imal edilmeyen takımlar çeşitli sebepler yüzünden kırılmaya, çatlamaya ve mukavemet düşüşüne maruz kalırlar. Dikkat edilmesi gereken önemli bir husus özellikle kaliteli çelik kullanımında şarj raporlu, sertifikalı çelik tercih edilmesidir. Diğer önemli bir malzeme problemi işleme payı ile ilgilidir. Haddeme ve tavlama gibi işlemler sonucunda yüzeyde oluşan tufal, dekarbürizasyon ve ince çatlaklar gibi yüzey hatalarının ortadan kaldırılması için takım imalatında yeterli işlem payları verilmelidir.

Genel olarak ısıl işlem sonrası takımlara son olarak taşlama işlemi uygulanmaktadır. Uygun koşullar altında yapılmayan taşlama işlemleri de çeşitli hatalara neden olmaktadır. Taşlama esnasında yüzeyde oluşan yüksek ısılar temperleme tesiri göstererek takımın sertlik

düşüşüne sebep olurken özellikle en dış kenar bölgesinde taşlama ısısından dolayı yeniden sertleşme oluşabilir. Bu durum takımın kesme kenarında dökülmelere neden olarak zamanından önce körelmesine sebebiyet verir.

BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Amaç

Bu çalışmada HSS (Yüksek Hız Çeliği) çeliğinden hazırlanmış kaplanmamış ve TiAlN kaplanmış deney numunelerinin sertlik ölçümleri ve kaplamalarda meydana gelen değişikliklerin SEM ve EDS analizleri ile tespit edilmesi amaçlanmıştır.

6.2. Materyal ve Metod

Deneylerde HSS (yüksek hız çeliği) çeliği kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan HSS çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 6.1’de verilmiştir.

Malzeme	DIN Normu	% C	% Cr	% Mo	% V	% W	% Co
HSS (Yüksek Hız Çeliği)	3343 S 6-5-2	0.90	4.1	5.0	1.8	6.4	-

Tablo 6.1. HSS çeliğinin kimyasal bileşimi

Bu çelik HSS (yüksek hız çeliği) çelik grubunun en önemli çeliğidir. Asitlere ve suya karşı dayanımlıdır. Çentik dayanımı yüksektir. Özellikle düşük sıcaklıklarda iyi kaynak özelliğine sahiptir. Yüksek esnekliğe ve sıcaklığa karşı dayanımlıdır. Bütün bu özelliklerin yanı sıra işlenmesi de kolay olduğundan, endüstrinin her dalında kullanılır. Ev ve mutfak eşyalarında, besin-şekerli maddeler endüstrisinde, genellikle süt endüstrisi makineleri yapımında, tekstil ve kimya endüstrisinde ve tıpta cerrahi aletlerinde ve cerrahi aletlerin yapımında kullanılır.

6.2.1. Numune Hazırlanması

Deney numuneleri torna tezgâhlarında özdeş olarak işlenip hazırlanmıştır.

6.2.2. Numunelerin TiAlN Kaplanması

Çelik numuneler, kaplama öncesi 80, 200 ve 400 gritlik su zımparaları ile zımparalanmış ve aseton ile temizlenmiştir. Böylece numune yüzeylerindeki oksit, kir ve yağların kaplama kalitesine zararlı etkileri giderilmiştir. Daha sonra numuneler HEMA

ENDÜSTRİ A.Ş.' nde TiAlN kaplanmıştır. Tablo 6.2' de TiAlN kaplama işleminin parametreleri verilmiştir.

Tablo 6.2. Deney numunelerine TiAlN kaplama işleminin parametreleri

Numune	Temel Gerilim (V)	Sıcaklık (°C)	Basınç (MPa)	Ark Akımı (A)
5.5 saat süre ile TiAlN kaplanmış HSS	200	550-650	10^{-6}	50

6.2.3. Mikrosertlik Ölçümü

Şekil 6.2.3' de görülen Matzurama MHT 2 marka mikrosertlik ölçme cihazında deney numunelerinin mikrosertlikleri elmas uç ile HV (Vickers Sertliği) olarak alınmıştır.



Şekil 6.1. Matzurama marka mikrosertlik ölçme cihazı (TÜBİTAK – GEBZE)

6.2.4. SEM ve EDS İncelemeleri

Numunelerin kesitten görüntüleri TÜBİTAK MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ'nde Elektron Mikroskoplar Laboratuvarı'nda Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu) SEM (TEM) ile kaplama tabakasıyla malzeme arasındaki analizler yine aynı cihazda Enerji Dağılımı X ışınları Spektrometresi (EDS) ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.2. TÜBİTAK MAM Elektron Mikroskopları Laboratuvarı

BÖLÜM 7. DENEY SONUÇLARI

PVD ile kaplanan HSS numunesinin fotoğrafı Şekil 7.1’de görülmektedir.



Şekil 7.1 PVD ile kaplanan HSS numunesi

7.1. Mikrosertlik Ölçümleri

Kaplamanın mikro-sertlik değeri ölçümleri 50 grf yüklemde ve 10 sn basma süresinde üç defa ölçülmüştür ve ortalaması alınmıştır. Tablo 7.1’ de numunelerin mikro-sertlik ölçüm değerleri verilmiştir.

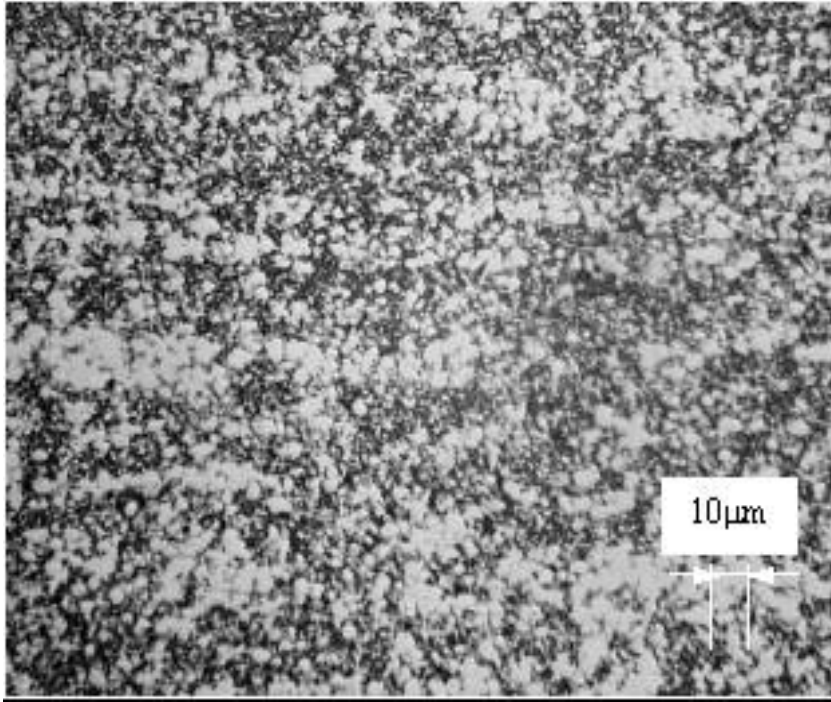
Tablo 7.1. Deney numunelerinin kaplanmış yüzeyinden itibaren ölçülen mikrosertlikleri

	Kaplama Mikro-Sertliği (HV 50grf/10)			
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	Ortalama
TiAlN Kaplanmış Numune	3650	3750	3795	3732

7.2. SEM Görüntüleri ve EDS Analizleri

TiAlN kaplamaların elementel analizleri SEM- JEOL JSM 5410 LV marka SEM elektron mikroskobunda 20 kv' da yapılmış olup, elde edilen sonuçlar kaplamaların istenilen kaplamalar olduğunu göstermektedir.

Şekil 7.2' de kaplanmamış deney numunesinin kesitinden alınan SEM görüntüsü görülmektedir.



Şekil 7.2. Kaplanmamış deney numunesinin kesitinden alınan SEM görüntüsü (% 2 nital)

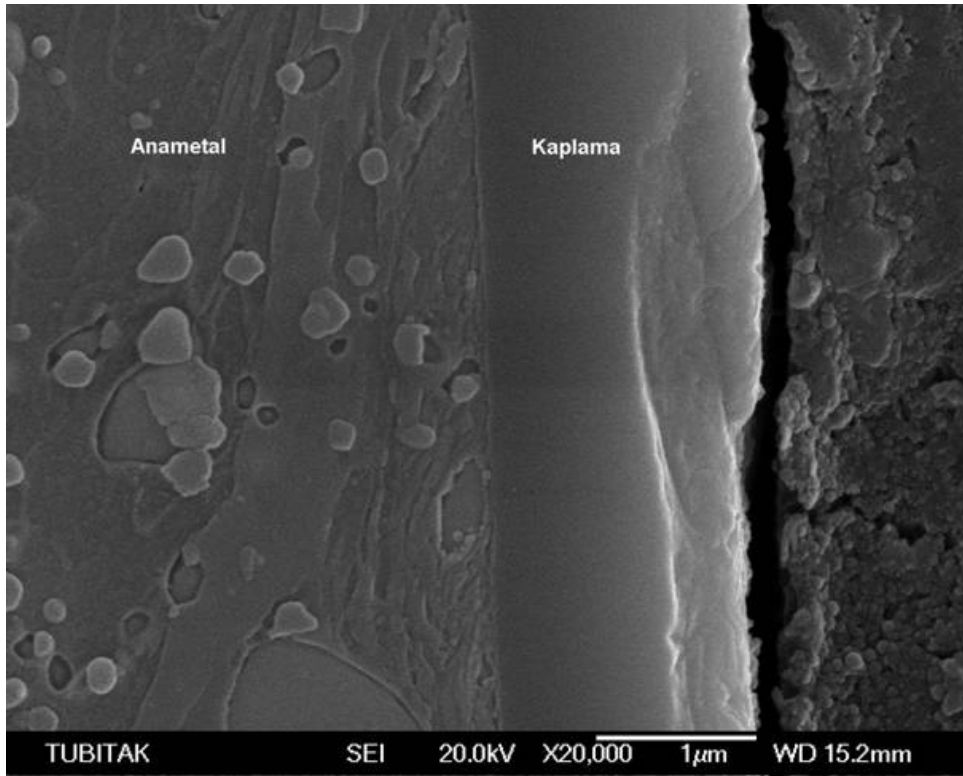
Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM), numunelerin kaplama kalınlıklarının tespit edilmesi ve kaplama kalınlığının homojen olup olmadığının araştırılması amacıyla yönelik olarak yine SEM elektron mikroskobunda 20 kv'da ve farklı büyütmelerde fotoğrafları çekilmiştir.

Numunelerin kaplama kalınlığı değer aralığı Tablo 7.4.'de verilmiştir.

Tablo 7.2. Numunelerin Kaplama Kalınlığı

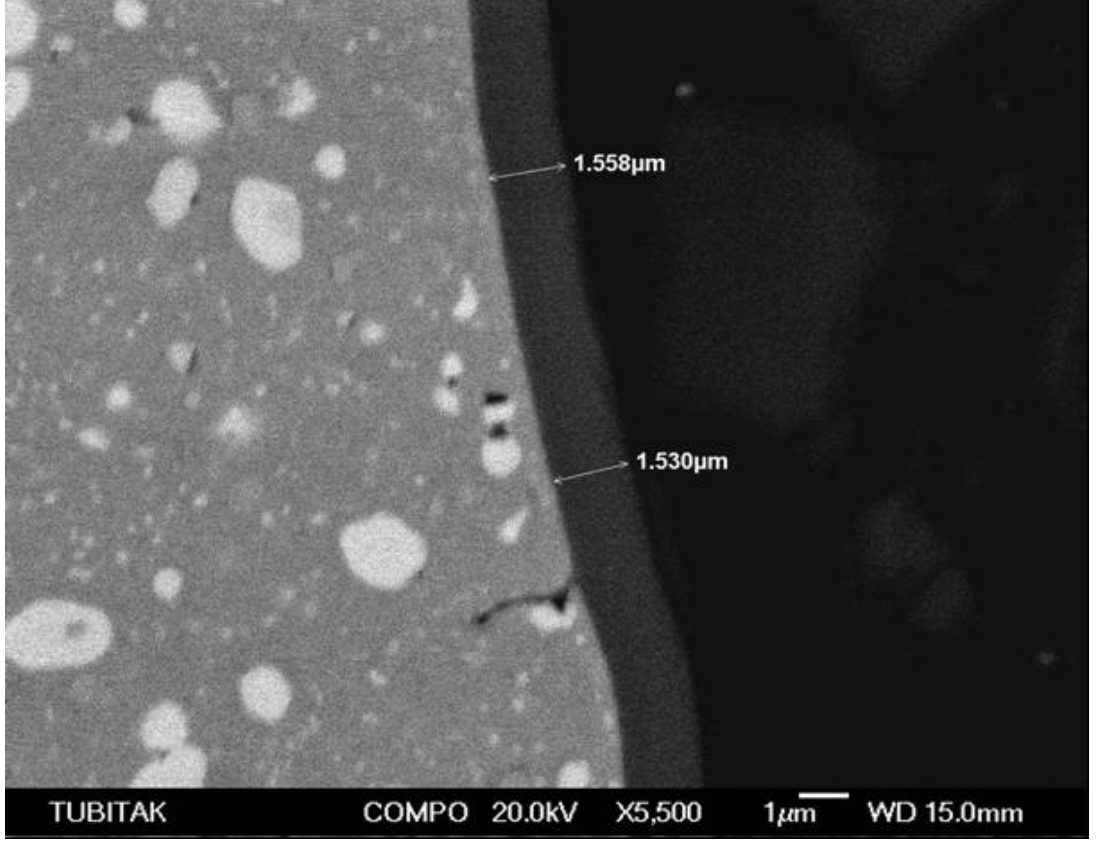
Numune	Kaplama Kalınlığı (μm)
TiAlN	1,530 – 1,558

Şekil 7.3' de AlTiN kaplanmış deney numunesinin kesitinden alınan 20000x SEM görüntüsü görülmektedir.



Şekil 7.3. TiAlN kaplanmış deney numunesinin kesitinden alınan 20000x SEM fotoğrafı

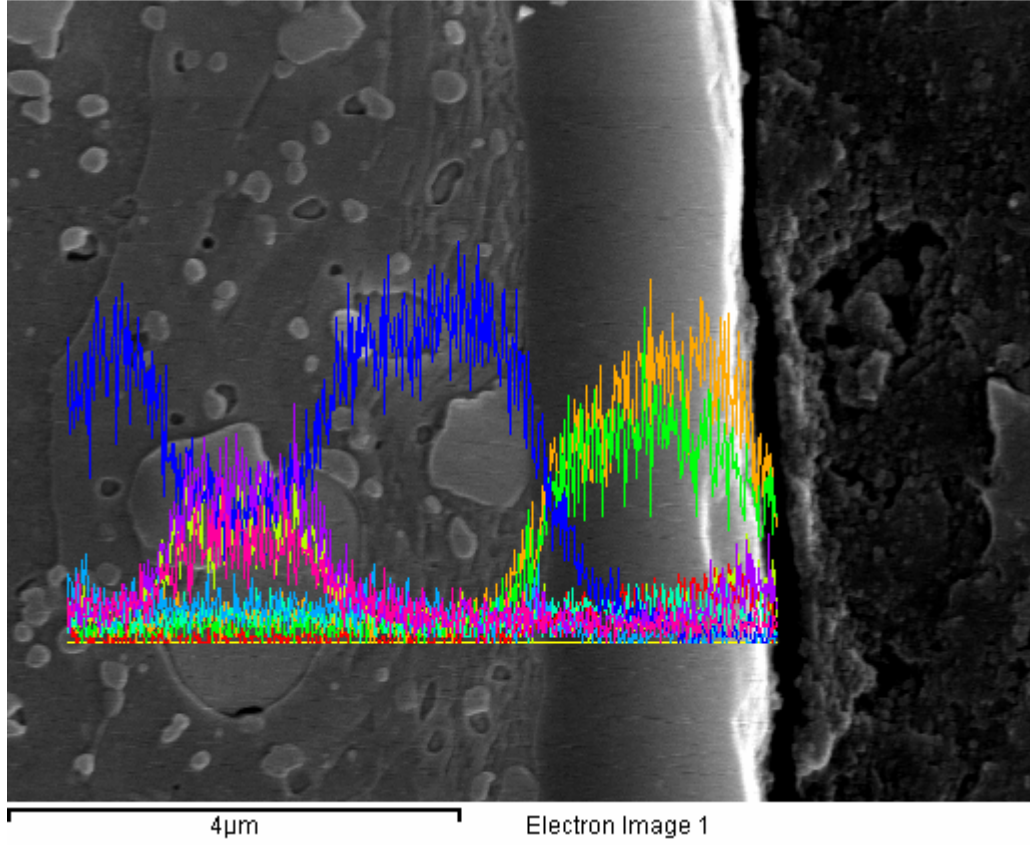
Şekil 7.4' da TiAlN kaplanmış deney numunesinin kesitinden alınan 5500x SEM görüntüsü görülmektedir.



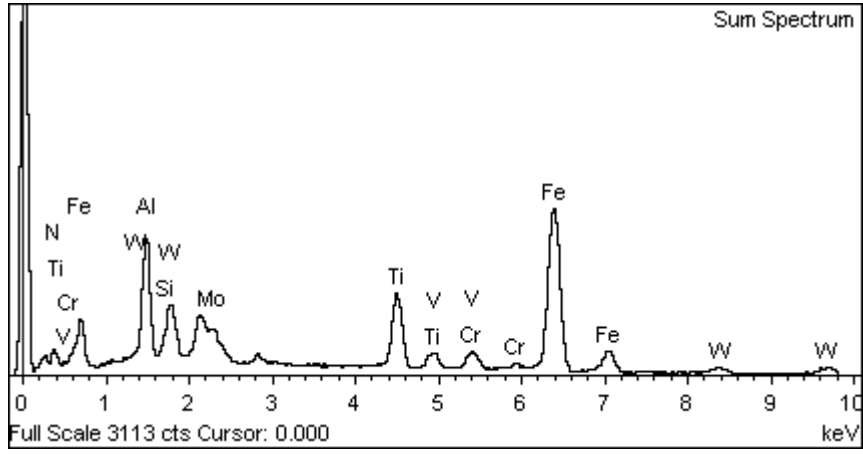
Şekil 7.4. TiAlN kaplanmış deney numunesinin kesitinden alınan 5500x SEM fotoğrafı

TiAlN kaplanmış numunenin kaplama kalınlığı 1,530 – 1,558 μm arasında değiştiği SEM fotoğraflarında görünmektedir. Kaplama kalınlığının numunenin tüm yüzeyi boyunca homojen olarak dağılım göstermediği gözlemlenmiştir.

Ayrıca, TiAlN kaplanmış numunenin ana malzeme ve kaplama boyunca yapılan Çizgisel Analizi Şekil 7.5’de, EDAX Grafiği ise Şekil 7.6’ da verilmektedir. Yine numune kesiti boyunca yapılan EDS çizgisel analiz sonucu elementlerin miktarları Tablo 7.3’de verilmektedir.



Şekil 7.5. TiAlN Kaplanmış Numunenin Çizgisel Analizi



Şekil 7.6. TiAlN Kaplanmış Numunenin EDAX Grafiği

Tablo 7.3. EDS çizgisel analiz sonucu elementlerin miktarları

Element	Weight%	Atomic%
N K	8.98	27.08
Al K	10.97	17.18
Si K	0.70	1.06
Ti K	11.31	9.98
V K	1.38	1.15
Cr K	3.30	2.68
Fe K	49.42	37.39
Mo L	1.33	0.58
W M	12.62	2.90
Totals	100.00	

BÖLÜM 8. SONUÇLAR

Bu çalışmada, PVD kaplama tekniğiyle TiAlN kaplanan HSS çelik numunelerde film kalınlıkları ve mikroyapı incelemeleri için SEM görüntüleri alınmış, yapılan büyütme kalibrasyonu ile film kalınlıkları belirlenmiş ve numunelerin sertlik ölçümleri yapılmış, sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. HSS çeliklere PVD yöntemi uygulandığında, diğer kaplama yöntemlerine göre daha az çarpılmış parçalar elde edilebilir ve TiAlN tabakası başarıyla oluşturulabilmektedir.
2. Mikrosertlik sonuçlarından görüldüğü gibi numunelerde istenen sertlik sonuçları elde edilmiştir.
3. SEM ve EDAX görüntüleri kaplama işleminin HSS çeliklerinde başarıyla gerçekleştirildiğini göstermektedir.
4. HSS çeliklerinde kaplama kalınlığı 1,530 – 1,558 μm arasında değişmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Doğan, H., Karamolla, M.**, “PVD – Fiziksel Buhar Biriktirme ile Yapılan Kaplama Yöntemleri”, MakinaTek, Sayı 96, Ekim 2005

[2] <http://www.bilesim.com.tr/tr/index.nsf?lf=/tr/leftbaryayincilik.html&rf=http://www.bilesim.com.tr/mistoportal/showmakale.nsf?xd=4644.xml>

[3] http://www.tezproje.8m.com/fatih_bayraktaroglu1/2_5_yuzey_kaplama.htm

[4] **Özer, Erdoğan A.**, “ PVD Yöntemi İle Yapılan Sert Seramik Kaplamalar”
<http://www.titanit.com.tr>

[5] **Kanlıdağ, M.**, “Toz Metal Malzemelerin PVD Tekniği İle Kaplanması”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,Yüksek Lisans Tezi, Şubat 2001

[6] **Tayanç, M, Zeytin, G.**, “Yüksek Hız Çeliklerinin İç Yapı ve Isıl İşlem Özellikleri”, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (2000). 2 (1)

[7] **Bunshah, R. F.**, “Higt rate PVD processes, AGARD Lecture series no : 106 – Materials Coating Techniques”, Harfort, P 11.1/11.10, London, 1980

[8] **Coll, B.F., Sathrum, P., Fontana, R., Peyre, J.P., Duchateau, D., Benmalek, M.**, “Optimization of arc evaporated (Ti,Al) N film composition for cutting tool applications”, Surface and Coating Technology, 1992

[9] **Boone, D.H.**, “ Overlay coatings for gas turbine airfoils, AGARD Lecture Series No:106, Materials Coating Techniques, 1980

[10] **Türküz, C, Tokmanoğlu, K.**, “Kesici takım sanayine yönelik ince seramik kaplamaların önemi ve uygulama sonuçları (2)”, Yüzey İşlemleri Dergisi, 1998/6

ÖZGEÇMİŞ

Murat DİNÇ 1980 yılında Keşan'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladı. 1997 yılında Keşan Lisesi'nden, 2006 yılında Trakya Üniversitesi Mimarlık - Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2007 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2007 yılından beri Edirne'de Dinç Mühendislik olarak proje ve taahhüt işleri yapmakta, 2008 yılında kurulmuş ve halen işlevini sürdüren Keşan Ekip İnşaat San. Ve Tic. Ltd. Şti.'nin kurucu ortakları arasındadır. Evli ve bir çocuk babası olan Murat DİNÇ, İngilizce bilmektedir.