

KESİCİ TAKIMLARIN SERAMİK KAPLANMASI

Ceramic Coating of Cutting Tools

Abdullah TUĞCU*

Alaattin KAÇAL**

ÖZET

Bu çalışmada, İmalat endüstrisinde kullanılan kesici takımların seramik kaplanması, seramik kaplama tekniklerinden CVD (Kimyasal Buhar Çöktürme), PVD (Fiziksel Buhar Çöktürme), alevle püskürtme, plazma püskürtme teknikleri üzerinde durulmuştur. Özellikle CVD ve PVD teknikleri ile yapılan seramik kaplamanın kesici takımların performansına olan olumlu etkileri ve PVD tekniğinin kaplama altı malzemelerde oluşturduğu basma gerilmesinin takım ömrüne olan etkileri incelenmiştir.

ABSTRACT

In this study, it has been examined ceramic coating of cutting tools, CVD (Chemical Vapour Deposition), PVD (Physical Vapour Deposition), flame spray and plasma spray techniques used in manufacturing industry. Specially, it has been studied the positive effects on the performance of the cutting tools of ceramic coating made with CVD and PVD techniques. Furthermore it has been examined the effects occurred compressive stress in the material under coating by PVD techniques.

Anahtar Kelimeler: Seramik kaplama, kesici takımlar, CVD, PVD, plazma püskürtme, alevle püskürtme.

Key Words : Ceramic coating, cutting tools, CVD, PVD, plasma spray, flame spray.

* Araştırma Görevlisi, DPÜ, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

** Araştırma Görevlisi, DPÜ, Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Simav/Kütahya

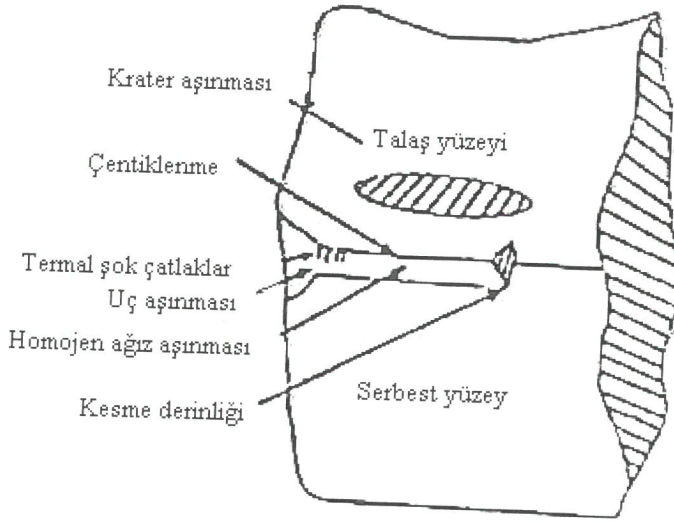
1. GİRİŞ

1900'lü yılların başından itibaren kesici takım teknolojilerinde önemli gelişmeler yaşandı. Özellikle HSS kesicilerin kullanımı arttı. 1960'lı yılların sonlarına doğru ise seramik kaplamalı kesiciler kullanılmaya başlandı. Bu gelişme ile kesme hızı ve takım ömründe önemli gelişmeler sağlandı. Bunun sonucu olarak toplam maliyette azalmalar görüldü. Kesicilerin seramik ile kaplanmasında bir çok teknik kullanılmaktadır. Bunlar: CVD, PVD, plazma püskürtme, termal püskürtme, detonasyon tabancası vb. Bunlardan en çok kullanılanı CVD ve PVD teknikleridir. Son yıllarda PVD (Fiziksel Buhar Çöktürme) tekniği kesicilerin seramik kaplanmasında daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.

2. KESİCİ TAKIMLAR

Bilindiği üzere, kesici takım sektöründeki gelişmeler uzun yıllardır devam etmekte ve bundan sonra da devam edecektir. Tezgahlarda kullanılan ilk kesiciler, sade karbonlu çeliklerdir. 1898'de ilk defa yüksek hız çeliği (HSS) kesiciler kullanılmıştır. Yüksek hız çeliği kesicilerin kullanılması ile sade karbonlu çeliklerin 2-4 katı kesme hızı değeri elde edilmiştir. 1906 yılında HSS kesicilere Vanadyum ilave edilerek, HSS kesicilerin kalitesi daha da yükseltilmiştir. 1915 yıllarında stellitte ve tangtang üretilmiştir. Yapısında %2 karbon, %50'ye kadar kobalt, %30 wolfram olan döküm alaşımlar elde edilmiştir. 1920'de ilk sert metaller bulundu, bunlar ile dökme demirler işlenebiliyordu. 1931'de çelikleri işleyebilen sert metaller yapılmıştır. 1950 yıllarında ise; çok yüksek kesme hızlarında kesme yapabilen seramikler kesici olarak ortaya çıkmıştır. Konvansiyonel takım tezgahlarının yapısında ve nümerik kontrollü (NC) tezgahlardaki gelişmelerle, işlenmesi zor olan makine parçaları için kesici takım ihtiyacı kesicilerin gelişmesinde oldukça etkili olmuştur. Dolayısıyla çok kristalli elmas, kübik bornitürler, kaplamalı seramikler, kompozitler ve seramik sialon ($Si_3Al_3O_3N_5$) gibi ileri düzeydeki kesiciler üretilmiştir. Takım bozulması (hasarı), kırılma, plastik deformasyona uğrama ve aşınma olayları sonucu gerçekleşir. Önemli aşınma bölgeleri ve takımda oluşan bozulma vs. Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Boyutsal toleransın ve yüzey kalitesinin bozulması durumunda, kesici takımın ömrünü tamamladığı kabul edilir. Termal şok çatlakları, kesici ağızda meydana gelen büyük sıcaklık değişikliğinden kaynaklanır. Sıcaklığı tolere edebilen kaplamalar, bu çatlakları en az seviyeye indirmesi bakımından yararlıdır. Çentiklenme, kesici kenardaki bölgesel kırılmalardan meydana gelir ve takım malzemesinin tokluğu yükseltilerek, pah kırma işlemine tabi tutularak, takım malzemesinin ısıl direnci ve dayanımını arttırmak suretiyle azaltılabilir.

Yüksek hız çeliği kesiciler abrazyon, adhezyon gibi aşınma olaylarından, karbür kesicilere nazaran daha çok etkilenir. Difüzyon ve abrazyon olayı hem yüksek hız çeliklerini, hem de karbürleri belirli oranda aşındırmaktadır. Şu bir gerçek ki; takım ömrü, malzeme çifti, kesme hızı vb. faktörlere bağlı olarak değiştiği için, onun tespiti deneysel çalışmalarla yapılabilmektedir.



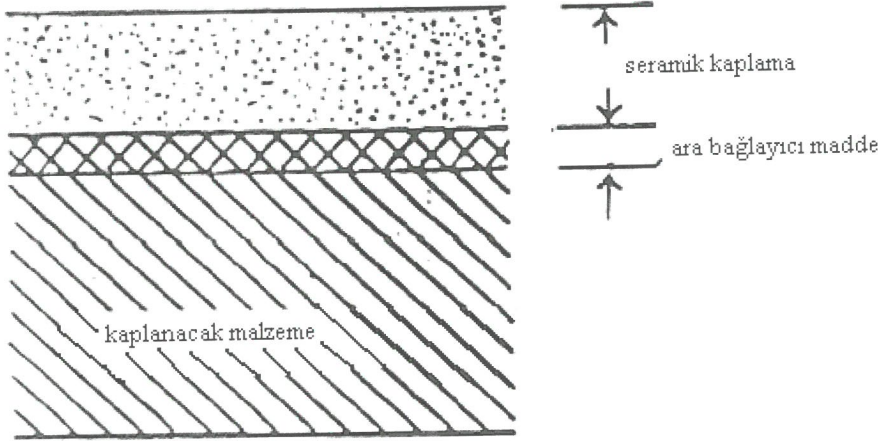
Şekil 2.1. Kesici Takımda Oluşan Aşınma, Termal Şok Çatlaklar ve Çentiklenme[4].

3. KESİCİLERE SERAMİK KAPLAMA

Kaplamalar; fırça ile sürülerek, sprej yapılarak sıcak banyo veya ortamda tutularak (difüzyon kontrollü işlem), CVD (Chemical Vapor Deposition) ve PVD (physical Vapor Deposition), detonasyon tabancası, alev püskürtme yöntemleri ile gerçekleştirildiği gibi plazma sprej ile de yapılmaktadır.

Oksit esaslı seramik kaplamalar genellikle alev veya plazma-ark sprej ile yapılmaktadır. Her iki yöntemde de kaplanacak yüzeyin temiz ve pürüzlü olması gerekmektedir. Sprejle kaplamada, kaplama kalınlığı genellikle 25-2500 μm arasındadır.

Alev-sprejinde, oksijen-hidrojen veya oksijen-asetilen sistemleri kullanılmakta ve genellikle ergime sıcaklığı 2760°C 'nin altındaki refrakter oksitlerle kaplanması tercih edilmektedir. Seramik kaplama yapılmadan önce oksitlenmeyi önlemek amacıyla bundan da önemlisi malzeme ve kaplamada oluşabilecek termal genişlemeyi önlemek amacıyla, nikel-krom gibi yüksek sıcaklığa dayanıklı bir alaşımın kaplanacak parçanın yüzeyine Şekil 3,1'de görüldüğü gibi bağlayıcı katman olarak uygulanması gerekir. Aksi halde seramik kaplamanın yüzeye yapışması tam olarak gerçekleşmez. Alev-sprej yönteminde, kaplama hızı yavaş olup genellikle 16-410 cm/saat 'tir.



Şekil 3.1. Dupleks Kaplama [5].

Ergime sıcaklığı 2700°C 'nin üzerinde olan oksitlerle kaplanmasında plazma-sprey yöntemi, alev-sprey yöntemine kıyasla daha sert, daha yoğun ve daha düzgün bir yüzey sağlanmaktadır. Diğer taraftan, plazma-spreyde argon, hidrojen veya azot gibi soygazlar kullanıldığında kaplanacak malzemenin oksitlenme sorunu asgariye inmektedir. Plazma-sprey yöntemi ile yapılan kaplamalar diğer yöntemlere göre pahalıdır. Bu nedenle, diğer yöntemlerin uygulanmasının mümkün olmadığı veya kaplama özelliklerinin diğer yöntemler ile sağlanamadığı hallerde kullanılması yerindedir. Plazma-sprey yönteminin en önemli avantajı, yüksek plazma sıcaklığı sayesinde ergime sıcaklığı çok yüksek olan malzemelerin kaplanmasında kullanılmasına imkan vermesidir (Binici, 1997).

Plazma-spreyle yapılan kaplamanın mukavemeti aynı malzemenin sinterlenmiş haline kıyasla daha düşüktür. Bunun sebebi, kaplamanın mikro çatlaklar içermesi yapıda kalıntı gerilmelerin bulunmasıdır.

3.1. Seramik Kaplamalı Yüksek Hız Çelikleri

Yüksek hız çeliklerindeki en önemli değişiklikler, toz metalurjisinin gelişmesi ile toz metalden üretilmeleri ve tüm yüksek hız çeliklerinin fiziksel buhar çöktürme (PVD) ve kimyasal buhar çöktürme (CVD) yöntemleri ile kaplanmaları olmuştur. Titanyum nitrid (TiN) kaplama son zamanlarda oldukça geniş alanlarda uygulanmakta ve çok olumlu sonuçlar alınmaktadır.

Yüksek hız çeliklerinin PVD yöntemi ile kaplanması sırasında çöktürme sıcaklığı, 600°C 'nin altında olduğundan malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz etkilemez. Bunlar, kimyasal buhar çöktürme (CVD) yöntemi ile kaplandığında, sıcaklık $850-1100^{\circ}\text{C}$ arasında olur ve kaplama sırasında çelik doğal olarak temperlenir. Yapılan çalışmalar, yüksek hız çeliğinin PVD yöntemi ile TiN kaplanması durumunda, kaplama kalınlığının $3-4\ \mu\text{m}$ olmasının $6-8\ \mu\text{m}$ olmasına göre daha olumlu sonuç verdiğini göstermiştir.

Şekil 3.2.'de tek ve çift kaplanmış, M_1 , M_2 , M_{15} , T_4 yüksek hız çeliği takımlarla, gri dökme demirin eşit şartlar altında işlenmesi gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, daha uzun zaman dilimi içerisinde, çift katlı kaplamalı çeliklerde aşınma miktarı, tek katlı kaplamalı HSS kesicilere göre artmıştır.

Yüksek hız çeliği matkapların TiN ile kaplanması işlemleri hızla yaygınlaşmaktadır. Kaplamanın yalnız helisel oluklarda olması, matkap özelliğinin bileme ile kaybolmadığını gösterir. Üzeri kaplanacak yüksek hız çeliklerinin yüksek kesme sıcaklıklarında plastik deformasyona uğramayan özellikte olması gerekir. Çünkü yüksek sıcaklıkta HSS çeliklerde oluşan plastik deformasyon, kaplamanın kırılarak bozulmasına neden olur.

3.2. Seramik Kaplamalı Karbürler

Karbürlerdeki en önemli gelişmeler, CVD ve PVD teknikleri ile ilgili gelişmelerdir. Bilindiği gibi sert metaller, karbür tozlarından sinterleme yoluyla üretilmektedir. Bunlar; sertlikleri ve aşınmaya karşı dirençlerinin daha da artırılması için CVD ve PVD yöntemleri ile kaplanmaktadır. Yani bu kaplama yöntemleri hem HSS hem de sert metallere (P10, M2, K5 vb.) başarı ile uygulanmaktadır. Şekil 3.3.'de TiC kaplanmış kesiciler ve uygulamaları görülmektedir.

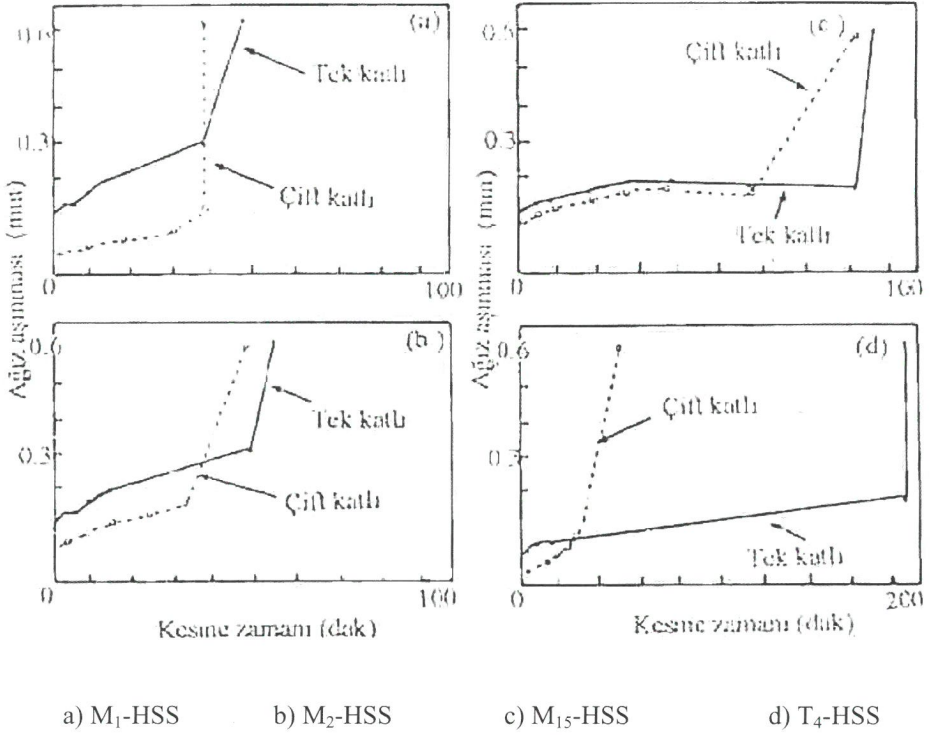
WC (Wolfram karbür), Co (kobalt) ve kübik karbürlerin (TiC, NbC, TaC) kesici takım malzemelerinin mekanik, kimyasal ve ısıl özellikleri üzerinde farklı etkileri olmaktadır. Bu etkiler Şekil 3.4.'deki diyagramda verilmiştir. Karışım oranları değiştikçe karbürlerin özellikleri karbürlerin özellikleri de değişmektedir. Hacimsel olarak %5-%20 oranında kobalt ve %50 civarında kübik karbürler içeren çok farklı özelliklerde sert metaller üretilmekte ve çok geniş kullanım alanı bulmaktadır. CVD kaplamalar, TiC, TiN, Ti(CN), HfN, Al_2O_3 ve ZrN olup sert kimyasal bileşiklerdir. Gerek kimyasal buhar çöktürme, gerekse fiziksel buhar çöktürme yöntemiyle yapılan kaplamalar hem tek katlı hem de çok katlı olmaktadır. Çok katlı kaplanacak takımlar önce 2 μ m kalınlığında TiC ile sonra sıra ile 3 μ m kalınlığında TiN ile kaplanmaktadır. TiN diğer bileşiklere göre daha sert ve aşınma direnci yüksek bir bileşiktir. En üst tabakanın bununla kaplanması takım ömrünün uzamasını sağlamaktadır.

4. SERAMİK KAPLAMA TEKNİKLERİ

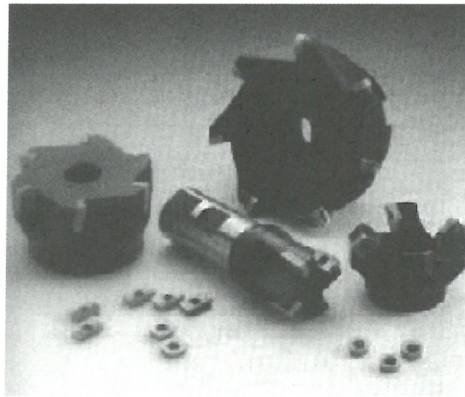
Metalik malzemeler üzerine seramik kaplama tatbikatları son 15 yılda çok büyük gelişmeler kaydetmiştir. Bunun başlıca nedeni metal ve alaşımların yüksek sıcaklık, erozyon vs. gibi bazı şartlarda kullanılmak istenmesinden ileri gelmektedir. Seramik kaplama kullanımındaki artış, bu kaplamaların üç temel özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bunlar:

- Aşınma direnci
- Korozyon direnci
- Düşük ısı transferi

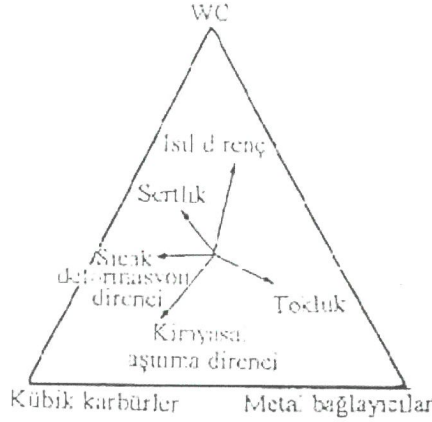
Aşınma direnci gösteren kaplamalar özellikle statik makine parçalarında kullanılmalarına rağmen hareketli kısımlarda kullanım üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Karbürler, nitrürler veya borürler sert kaplamaların yapımında kullanılan bileşikler olup özellikle kesiciler, piston veya valfler üzerine TiN, TiC ve Ti(CN) demir alaşımları için TiB₂ kaplamalar başarıyla kullanılmaktadır.



Şekil 4.1. TiN Kaplanmış HSS Çeliğiyle 65 m/dak Kesme Hızı ve 0.035 mm/dev İlerleme Hızında, Gri Dökme Demirin İşlenmesi Durumunda Kesici Ağızda Oluşan Aşınma Miktarı ile Kesme Zamanı Arasındaki Bağıntı[4].



Şekil 4.2. TiC Kaplanmış Karbür Kesiciler Ve Uygulaması[1].



Şekil 4.3. WC ve Metal Bağlayıcı Oranlarının Metal Karbürlerinin Mekanik, Kimyasal ve Isıl Özelliklerine Etkisini Gösteren “Üçlü Diyagram”[4].

Erozyon korozyonu direnci ve termal bariyer özellikli kaplamalarda karşılaşılan en büyük problemler yüksek ve değişken sıcaklıkta ortaya çıkan kaplama-metal stabilitesi ile ilgilidir. Yüksek sıcaklık gradyanleri ve farklı genleşme katsayıları yapışma konusunda büyük problemler ortaya çıkarır. Bu problemler:

- Kaplama-ara tabaka-metal sistemlerin geliştirilmesiyle,
- Kaplama tekniklerinin geliştirilmesi ile çözülebilir.

Ara tabakaların geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda bilhassa metal yüzeyine iyi tutunan Cu, MnO gibi oksitler ve Ni kullanılmaktadır.

Ara tabakada suyun indirgenmesi sonucu ortaya çıkan hidrojen birikmesi, yapışmayı ortadan kaldıran bir etkidir. Hidrojen birikmesini önlemenin yolu ara yüzeye Ni katmaktır. Çünkü Ni ara yüzeydeki H_2 'yi katalitik olarak atomik halde tutar. O halde metal yüzeyine iyi yapışan oksitlerin rolü, büyük ölçüde H_2O indirgenmesini durdurmaktadır (Binici, 1997).

4.1. CVD (Kimyasal Buhar Çöktürme) yöntemi

Kimyasal buhar çöktürme teknikleri buhar fazında yapılan kaplamalar içinde endüstriyel uygulama tarihi en eski olan tekniklerdir ve uzun yıllardır sert metal kesici takımlar üzerine aşınmayı azaltmak amacı ile uygulanmaktadır (Ürgen, 1997). CVD yöntemi günümüzde üç amaç için kullanılmaktadır. Bunlar:

- Seramik kaplama ile yüzeyin değiştirilmesi,
- CVD infiltrasyonu ile seramik kompozit üretiminde,
- Elektronik seramiklerinde.

CVD yönteminin temel prensibi, kaplanmak istenen metalin buharlaşabilen bir bileşiğin vakum altındaki bir hazne içerisine taşıyıcı bir asal veya reaktif gaz aracılığıyla gönderilmesi ve önceden ısıtılan bir taban malzeme üzerinde kimyasal reaksiyon sonucu metalik veya bileşik olarak kaplanmasıdır (Ürgen, 1997). Bu yöntem üç kısımdan ibarettir. Bunlar:

- Buhar halindeki reaksiyon bileşenlerini besleyen kısım,
- CVD reaktörü (taban ısıtıcı sistem),
- Egzos gazlarını (korozyon, toksik vs.) atan kısım (Şen, 1997).

Bu yöntemde morfoloji ve mikroyapı; çöktürme koşullarına ve tabana bağlı olarak tek kristalden amorf yapıya ve epitaksi filmlere kadar değişmektedir. Buhar bileşenleri genellikle metal hidrürleri olup redükleyici (H_2) ve metal olmayan kaynak gazla birlikte sürüklenir. Çökeltme reaksiyonu piroliz, redükleme, oksitleme, hidroliz aşamalarını içerir. CVD nispeten düşük sıcaklık işlemi olup, oluşan ürün safır ve taban üzerinde homojen çökelmenin sağlanması mümkündür. CVD yönteminde yüksek buhar basıncının temini önemli bir dezavantajdır. Bunun yanında reaktifler çoğu kez tehlikeli ve pahalı maddelerdir. Diğer taraftan reaksiyon bileşenleri taban malzemesine etki edebilir.

CVD yönteminde kullanılan reaktörler, sıcak ve soğuk cidarlı olmak üzere iki türdür. Sıcak cidarlı reaktörlerde fırın ısıtılır. Buna mukabil soğuk cidarlı reaktörlerde, sadece taban malzemesi indüksiyonla veya rezistansla ısıtılır. Bu reaktörler daha karmaşıktır ve çökeltme işlemi hassas olarak kontrol etmek mümkündür. CVD prosesinde stokiometri, morfoloji, kristal yapı ve yönlenmesi çökeltme parametrelerinin kontrol edilmesi ile istenildiği şekilde üretilir.

CVD tekniğinin en büyük dezavantajı istenilen nitelikte kaplamanın oluşturulabilmesi için taban malzemenin $800-1000\text{ }^\circ\text{C}$ gibi yüksek sıcaklıklara ısıtılma zorunluluğudur. Bu da CVD tekniğini kullanarak üzerine kaplama yapılacak malzemeler açısından sınırlamalar getirmektedir. Örneğin, yüksek hız çelikleri üzerine bu yöntem ile kaplama yapılamaz. En büyük avantajları ise kaplamanın taban malzemeye çok iyi yapışması ve kaplanacak malzemenin şeklinden bağımsız olarak her yerde homojen bir kaplama kalınlığının elde edilebilmesi ve aşınmaya dayanıklı kaplama türleri olarak hemen tüm geçiş elementlerinin, borürlerinin, karbürlerinin, nitrürlerinin, oksitlerinin, karbonitrürlerinin, oksikarbürlerinin kaplanabilmesidir. CVD işleminin daha düşük sıcaklıklarda yapılabilmesine olanak tanımak amacı ile bu işlemin plazma destekli türleri geliştirilmiştir. Son yıllarda ise değişik CVD teknikleri kullanılarak elmas kaplama yapma olanakları da geliştirilmiştir (Ürgen, 1997).

$10\text{ }\mu\text{m}$ boyutunda %100 saflıkta SiC tozu, Japonya'da bu yöntemle, metan yerine asetilen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu durumda, reaksiyon sıcaklığı $1300\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altına düşmüştür (Normal üretim sıcaklığından $100\text{ }^\circ\text{C}$ daha düşüktür). Seramik kaplanmış kesici takımların üretiminde en fazla kullanılan yöntem, CVD yöntemidir.

4.2. PVD (Fiziksel Buhar Çöktürme) yöntemi

CVD yöntemi, $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerinde uygulandığında, bu sıcaklıklarda yapısı değişen malzemelerin bu yöntemle kaplanması sakıncalıdır. Fiziksel buhar çöktürme tekniğinde ise böyle bir sorun yoktur. Bu nedenle, özellikle yüksek devirli ve sıcak işlem takım

çeliklerinde, aynı zamanda diğer malzemelerin kaplanmasında geniş ölçüde kullanılmaktadır.

PVD yönteminde kaplama odası önemli ölçüde iyonize olmuş durumdadır. Kaplanacak malzemeler, negatif olarak yüklendirilir ve dolayısıyla kaplama esnasında yoğun pozitif bombardımana maruz kalırlar. Yüksek enerjili depozitleme, kaplamanın yoğun olmasını sağlar (Sert, 1993).

PVD teknikleri, katı bir kaynağın vakum altında buharlaştırılması veya atomal hale dönüştürülmesi ve taban malzemenin üzerine biriktirilmesi ile gerçekleştirilir. PVD'nin temelleri 100 yıl öncesinden bilinmesine, ilk PVD tekniğiyle ilgili patentin 50 yıl önce alınmasına rağmen, tribolojik amaçlı seramik kaplamalarının bu teknik ile üretilmeye başlanması ancak son 10-15 yaygınlaşmıştır (Ürgen, 1997).

4.2.1. Buhardan çöktürme tekniği

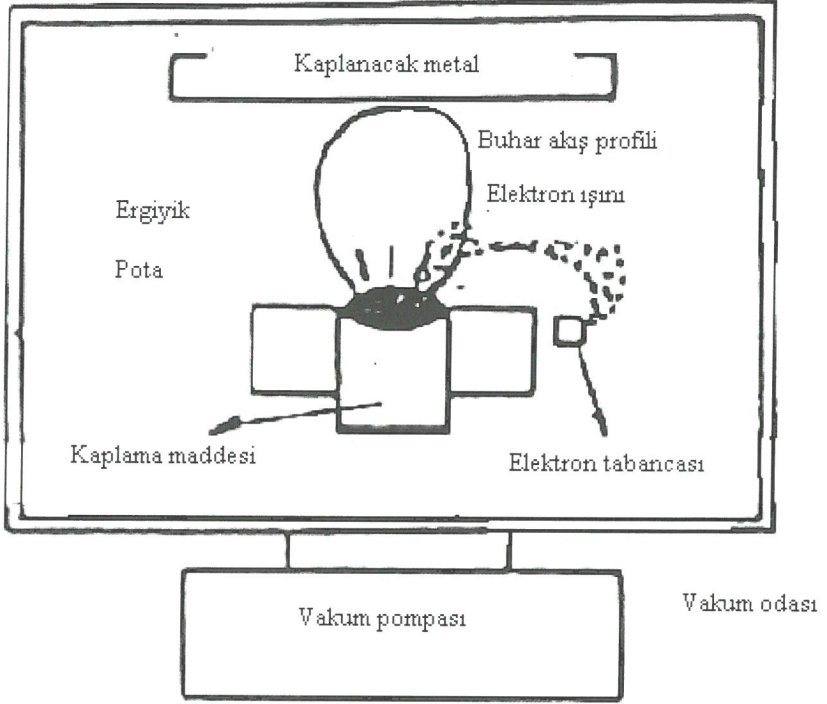
PVD süreçleri içinde en basit olanıdır. Bu teknikte kaplanacak malzeme herhangi bir şekilde ısı etkisi ile buharlaştırılır. Ve buharlaşan atomlar substrat (altlık) üzerine giderek yoğunlaşırlar. İşlem 10^{-5} ila 10^{-6} Torr basınçlı yüksek vakum ortamında uygulanır. Kaplama malzemesini buharlaştırmak için gerekli ısıtma yöntemleri aşağıdakilerden herhangi birisi olabilir:

- Buharlaştıracak malzemenin konulduğu potanın veya doğrudan kendisinin, direnç olarak bağlanması,
- İndüksiyon ocağı ile ısıtma,
- Bir elektron tabancası ile elektron ışını bombardımanı,
- Elektrik arki,
- Lazer ışını, vb.

Bunlardan doğrudan direnç, indüksiyon, elektron ışını en önemlileridir. Buharlaştırıcı potaları refrakter metallere (Mo, W, Ta), oksitlerden (Al_2O_3 , SiO_2 , MO, ThO_2) veya grafitten yapılır. $1700\text{ }^{\circ}C$ 'nin üzerindeki sıcaklıklarda soğutmalı bakır potalar kullanılır (Sert, 1993).

Yoğuşan tabakanın kaynağı en yakın substrat noktasında en kalın olması, kaplanacak yüzeye uygun dönme hareketi verilerek önlenebilir. Diğer bir çözüm de vakum odasına 0.005-0.2 Torr basınçlı bir soygaz sokarak buhar atomlarının substrata, çarpışarak girmesini sağlamaktır. Böylece oldukça üniform kalınlıkta bir tabaka üretilir. Ayrıca Şekil 3.6.'da hem CVD, hem de PVD tekniğiyle kaplanmış bir yüzey görülmektedir.

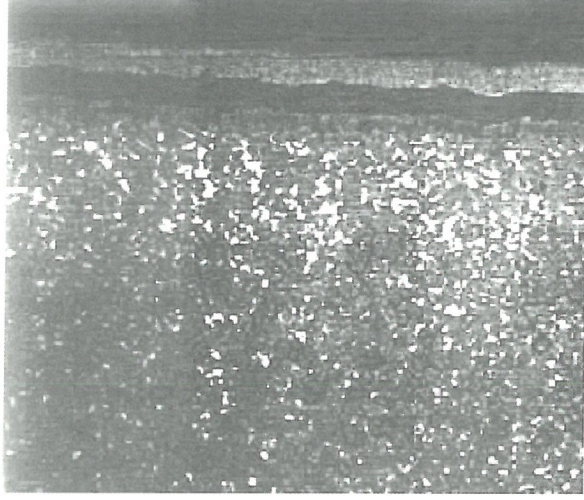
Buhardan yoğunlaştırma sürecinde, buharlaşan atomların kinetik enerjileri küçük olduğu için elde edilen kaplamaların ana malzemeye yapışma kabiliyeti düşüktür. Bunun yanında sistemin basit, buhar veriminin yüksek ve kaplama malzemesinin seçiminde geniş olanaklar sunması sürecin avantajlarıdır.



Şekil 4.4. Isıtmanın Elektron Işını İle Yapıldığı Buhardan Çöktürme Süreci Şeması[7].

4.3. Alevle püskürtme tekniği

Alev püskürtme tekniği ilk olarak Dr. Schoop tarafından kullanılmıştır. Bu teknikte; seramik malzeme toz veya çubuk şeklinde alevin içinden geçirilir. Böylece seramik erir ve kaplanacak yüzeye püskürtülmüş olur. Toz püskürten sistemler sentetik kıymetli taş üretiminde kullanılan "Verneuil" hamlacına benzer. Genellikle O_2-H_2 ve $O_2-C_2H_2$ gaz karışımları kullanılır. Bunlardan ilk karışımın sıcaklığı $2600\text{ }^{\circ}C$ 'ye, ikinci karışımın sıcaklığı ise $3000\text{ }^{\circ}C$ 'ye ulaşır. Şekil 3.7.'de seramik çubuk ile yapılan kaplama işlemi görülmektedir.



Şekil 4.5. CVD ve PVD Teknikleriyle Kaplanmış Bir Yüzey[6].

Yanııcı-yakıcı gaz karışımı dairesel bir ocağı besler. Bu ocak çubuğun çevresine yerleştirilmiş delikler şeklindedir. Çubuk, hızı ayarlanabilir bir motora bağlı olup sürekli olarak dışarı itilir. Çubuğun uç kısmının birkaç milimetresi erir. Erime sonucunda meydana gelen sıvı damlası basınçlı hava ve alevin etkisi ile ileri doğru püskürtülür. Ocağın daha dış çevresinde püskürtülen basınçlı hava, oluşan sıvı damlacıklarının geriye doğru sıçramasını da önler.

Toz kullanılan sistemlerde alev besleme sisteminin üç farklı yolu vardır. Bunlar:

- Ek bir hava ile çalışan akışkan yataklı sistem,
- Yer çekimi ile çalışan sistem,
- Ocağın gazlarından birini kullanan akışkan yataklı sistem.

İlk yöntem daha ziyade kolay eriyen malzemelerin kaplanmasında kullanılır. Çünkü yatağı akışkan tutmak için kullanılan havanın malzeme üzerinde soğutma etkisi vardır.

Çubuklu alev püskürtme sistemi tozlu sistemden daha iyidir. Zira malzeme eritildiği takdirde kaplanacak yüzeye püskürtülmüş olur. Halbuki tozlu sistemde tam erimeyen tanecikler de püskürtülebilir. Fakat çubuk sisteminde kullanılacak seramik çubuklarını üretmek zordur.

Alev ve kaplanacak yüzey, her ikisi de hareketsiz tutulursa oluşan kaplama çan biçimini andıran bir şekil alır. Kaplamanın iyi kalitede olması seramik tozlarının alevin merkez kısmı içinden yol alarak yüzeye gelmesidir. Taneciklerin bu tarzda bir yörünge çizmesi aynı zamanda en iyi ısı transferini sağlar. Ancak bazı tanecikler alevin dış kısmından gidebilir. Bu şekilde bir yörünge üzerinde hareket eden taneciklerin hızı ve sıcaklığı alev merkezinde yol alan taneciklere göre daha düşük değerlerde alınır. Bundan dolayı kaplamanın yapı ve gözeneklilik özellikleri alev ve yüzey hareket ettirilmediği takdirde üniform olmaz.



Şekil 4.6. Alevle Püskürtme Yönteminde Seramik Çubuk Kullanılması[3].

4.4. Plazma püskürtme tekniği

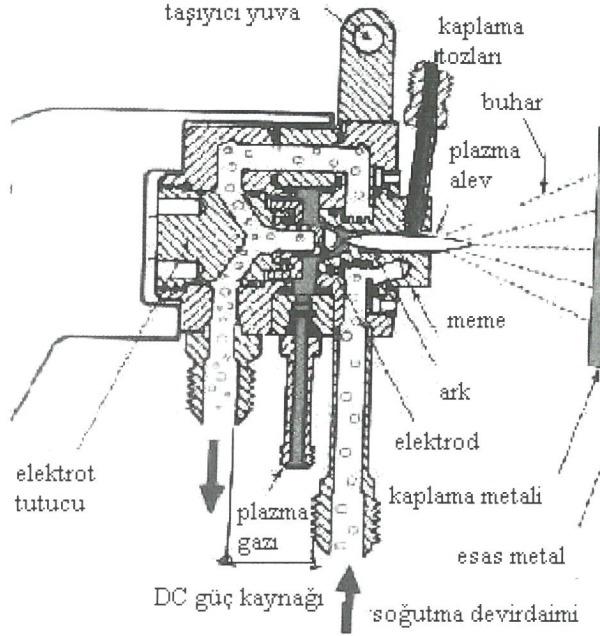
Plazma püskürtme tekniğinin prensibi alevle püskürtme tekniğine benzer. Fakat ısı üretim sistemleri farklıdır. Plazma tekniğinde elektriksel olarak üfleme suretiyle meydana gelmiş bir ark vasıtasıyla bir gaza enerji depolanır. Bu şartlarda gazın entalpisi yanma olayından tamamen bağımsız olup 10^0 KJ/kg mertebelerine ulaşır. Püskürtülecek seramik tozu plazmaya karıştırılır. Böylece toz erir ve yüksek bir hızla kaplanacak malzeme yüzeyine püskürtülür. Plazma püskürtme tekniğinde kullanılan bir plazma torcu Şekil 3.8.'de görülmektedir.

Plazma torcunun verimli bir şekilde çalışabilmesi için çok yüksek güçte bir doğru akım kaynağı gerekmektedir. Genellikle 1000 A'lık bir güç kaynağı kullanılır. Plazma torcunun en önemli kısımları elektrotlardır. Elektrotların geometrisi plazma gaz korona bağlıdır. Katod çoğunlukla toryumlu tungstenden ve anot lülesi de elektrolit bakırdan yapılır. Bu teknikte anot, oluşan yüksek ısıdan korunmak amacıyla su ile soğutulur.

Gaz elektrotları arasındaki kuvvetli elektrik alanından geçerken dissipasyon ve iyonize olur. Atom-atom ve elektron-iyon kombinasyonları, anot lülesinin ucunda 30-150 mm bir mesafe içinde oluşturulur. Bu mesafe kullanılan gücün, plazma gazlarının özellik, çap hızı ve basıncının, elektrotların boyut ve biçimlerinin bir fonksiyonudur. Gaz olarak Ar-H₂ veya N₂-H₂ karışımları kullanılır. Kullanılan gaz karışımlarına bağlı olarak gazların püskürtme hızı saniyede birkaç yüz metreden 1000 m/sn 'ye kadar değişir.

Plazmanın sıcaklığı çok yüksek olmasına rağmen (eksen üzerinde 1500 °K civarında), gazlar çok çabuk püskürtüldüğünden, tam olarak erimeleri için seramik tozlarının bekleme süreleri çok az olmaktadır. Enjeksiyon hızı çok düşük olursa, tozlar jete geri döner ve soğuk bölgeye geçerek tam olarak eriyemezler. Aksine enjeksiyon hızı çok yüksek olursa partiküller jetten tekrar soğuk bölgeye geçebilir. Plazma torcu ve kaplanan yüzey sabit

tutulduklarında kaplamaların biçimi, alev püskürtme tekniğinde elde edilen çan biçimine benzer. Ancak hızın ve sıcaklığın yüksek radyal gradyanlarından dolayı meydana gelen çanın biçimi biraz değişik olur. Mesela plazma tabancasının lülesinden 50 mm uzaklıktaki bir hedef üzerine alümina partikülleri püskürtüldüğünde çöküntünün porozitesi jet eksenini hizasında sadece %10 iken merkezden 15 mm uzaklıkta %22'ye ulaşır. Eksen üzerinde partikül hızı 15 mm çap üzerindeki hızdan 150 m/sn daha fazladır. Ayrıca erimiş partiküllerin yüzdesi ve eksen üzerinde %95 iken 15 mm çap üzerinde sadece %75 olmaktadır (Çatak, 1995).



Şekil 4.7. Plazma Torcunun Şematik Görünüşü[3].

SONUÇ

Malzemenin korozyon, oksidasyondan korunma ve dekoratif amaçlı olarak yüzeylerine uygulanan klasik ve modern kaplama teknikleri dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı bir gelişme göstermekte ve gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Yüksek hız çeliklerinde en önemli gelişme, PVD teknikleriyle yapılan ve takım performansını olumlu yönde etkileyen yüksek aşınma dirençli seramik kaplamalardır. Sert metallerin PVD ve CVD yöntemleriyle seramik kaplanması takım performansını arttırmıştır. PVD ile yapılan kaplamalar, kaplama altı malzemelerde belirli büyüklükte basma gerilmelerinin oluşmasına sebep olur ki bunun takım ömrüne olumlu etkisi olmaktadır.

Kesicilerin seramik kaplanmasında gün geçtikçe önemli değişiklikler yaşanmaktadır. İlerleyen yıllarda da bu gelişmeler devam edecektir. Ülkemizde seramik kaplama

teknikleriyle, bir çok üniversitenin ciddi çalışmaları mevcuttur. Kesicilerin seramik kaplanması konusunda yapılacak çalışmalar ülke endüstrisi için önemli faydalar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. ALESA AG Ürün Kataloğu, 1993, Switzerland.
2. ALTAYLAR, A., 1997 CVD ile Kaplama, Ankara, s. 22-23.
3. ALTHOUSE, A.D., TURNQUIST, C.H., BOWDITCH, W.A., BOWDITCH, K.E., 1997, Welding Technology, The Goodheart-Wilcox Company, inc., Tinley Park, Illinois.
4. BİNİCİ, İ., 1997, "Kesici Takım Malzemelerindeki Gelişmelerin İncelenmesi" , Makine Tek, Nisan, s. 32-36.
5. ÇATAK, Ö., 1995, Seramik Kaplamalar, Ankara, s.1-7, 9-10, 15-24, 30-35.
6. OSTWALD, P.,F., MUNOZ, J., 1997, Manufacturing Processes and Systems, John Wiley&Sons,Inc., New York s.158.
7. SERT, H., 1993, "5. Denizli Malzeme Sempozyumu",7-8-9 Nisan, s.571-581.
8. ŞEN, D., 1997, İleri Teknoloji Seramikleri n Üretimleri ve İşleme Yöntemleri, Ankara, s.25-32.
9. ÜRGEN, M., 1997, "Modern Yüzey İşlem Teknolojileri ve Türkiye'deki Gelişmeler", 9,Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, İstanbul, s.340-341.