Isıl Püskürtme Yöntemi

Serkan ISLAK

ÖZET

Günümüzde metal yüzeyinde deforme olayının yoğun bir şekilde meydana gelmesi, bilim adamları ve araştırmacıları yüzey mühendisliği konusunda araştırma yapmasını sağlamıştır. Bu araştırmalar sonucunda da çeşitli yüzey modifiye yöntemleri geliştirilmiş olup; bunlardan biri de ısıl püskürtme (thermal spray) yöntemidir. Bu literatür çalışmasında metal kaplama yöntemi olan ısıl püskürtme yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl püskürtme, metal kaplama

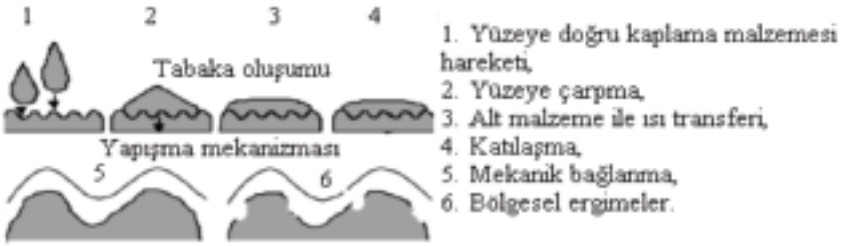
1. GİRİŞ

Isıl püskürtme yöntemlerine ait ilk uygulama 1900'lü yılların başlarında İsveç'li mühendis M.U Sckoop tarafından yapılmıştır. İlk uygulamada kurşun ve kalay teller, oksi-asetilen alevinin enerjisiyle bir kaynak torcu içinde eritilir. Daha sonra torçlar, toz halindeki malzemelerin kullanımı için tasarlanmıştır. 1908 yılında yine M.U Sckoop tarafından elektrik arklı tel püskürtmenin patenti alınarak dolgu işleminde daha fazla başarı elde edilmiş ve bu amaçla çeşitli metaller kullanılmıştır. Plazmalı ısıl püskürtmeyi geliştirmek, yüksek sıcaklık ihtiyacını karşılamak ve aşınma dirençli malzeme elde etmek ve kaplama kombinasyonunu sağlamak amacıyla ısıl püskürtme teknolojileri 1970'li yıllarda daha da yaygınlaşmıştır. 1980'li yıllarda temel (asıl) gelişme toz parçacıkların hızlarını arttırmak olmuştur.

Günümüzde ısıl püskürtme, püskürtme tabancasının içinde veya dışında ergitilen metal tozlarının yüzeyde kaplanması ile ilgili tüm yöntemleri içerir.

Isıl püskürtmenin avantajlarından birisi, eriyik haldeki damlacıkların-ergime olmayan esas malzeme üzerine yayılmasıdır. Isınma sadece esas malzeme yüzeyinde olur [2].

tel biçiminde olabilir. Isıl püskürtme tabancası, kaplama malzemesini ergitmek için gerekli olan ısıyı bir plazma arkı, yanıcı gazlar ya da bir elektrik arkı ile elde eder. Ergiyen kaplama malzemesi yöntemde kullanılan gazlar sayesinde yüzeye geçişir. Yüzeye çarpan partiküller, ince bir tabaka oluşturur ve bir bağlanma sağlar. Kaplama soğuyarak lamelli bir yapı oluşur. Şekil 1'de ısıl püskürtme tabakasının oluşumu gösterilmektedir.



Şekil 1. Isıl püskürtme tabakası oluşumu [2].

Isıl püskürtme yöntemi, aşınma direncini arttırmak ve bakım amaçlı kullanılır. Bu yöntem; otomotiv, biyomedikal, turbomakineler ve genel tamir-bakım endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Isıl püskürtme yöntemi kullanarak makine parçalarının aşınma özelliklerini iyileştirip, aşınmaya dirençli kaplamalar üretmek suretiyle dünya çapında milyonlarca dolar tasarruf sağlanabilmektedir [3].

Isıl püskürtme, kaplama tabakası elde etmek amacıyla önceden hazırlanmış olan esas metale çok ince metalik veya metalik olmayan malzemeleri çökelten bir grup yöntemi tanımlamak için kullanılan (jenerik) bir terimdir. Kaplama malzemesi; toz, çubuk veya

Ergiyen kaplama malzemesinin esas metal ile birleşmesi ve birbiri ile tabaka oluşturması difüzyon veya kaynak kabiliyetine bağlıdır. Kaplamalar, genellikle mekanik bağlanma ve bölgesel olarak çeşitli sınıflarda kimyasal bağ kuvverleri ile oluşmaktadır [8].

2. ISIL PÜSKÜRTME YÖNTEMLERİ

Alevle püskürtme,

Elektrik arkı ile püskürtme,

Patlamalı püskürtme (D-Gun),

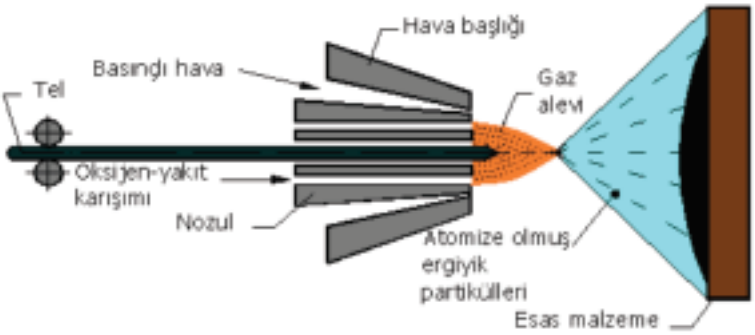
Plazma ile püskürtme,

Yüksek hızlı oksi-yakıt (HVOF) püskürtme olmak üzere beş grupta incelenebilir.

2.1. Alevle Püskürtme

Alev ile püskürtme yönteminde, kaplama malzemesini ergitmek için kullanılan yanıcı bir gazın (asetilen, propan ve oksijen-hidrojen) kontrollü tutuşması ile gerekli olan ısı üretilir. Gazın tutuşması ile oluşan ısı, kaplama malzemesini ergitir ve bu şekilde oluşan sıvı haldeki kaplama malzemesi, esas malzeme yüzeyine basınçlı havayla fırlatılır. Sıvı kaplama malzemesi, yüzeye çarpar ve daha sonra ısını kaybederek soğur [3].

Kaplama malzemesi tel veya toz biçiminde olabilir. Bu kaplama malzemesini püskürtmek için alev püskürtme tabancasında yapılan değişiklik lüle (nozul) veya hava boşluğu şeklindedir. Ayrıca bu yöntemde kullanılan gazlar; oksijen-asetilen, oksijen-propan ya da oksijen-hidrojen'dir [4]. Şekil 2'de ise, tel ile alev püskürtmenin şematik prensibi gösterilmektedir.



Şekil 2: Tel ile alev püskürtme

Kaplama malzemesinin toz biçiminde olması durumunda toz malzeme aleve enjekte edilir, burada ısıtılır ve sıcak gaz akışı ile iş parçası yüzeyine gönderilir. Tel ya da çubuk biçimindeki kaplama malzemesinin uygun konumunda alev içinde bir ergime ucu oluşturulur ve buraya basınçlı havanın püskürtülmesi ile alev, püskürtme akışına dönüştürülür. Daha sonra tanecikler iş parçasına doğru gönderilir [1]. Tüm ısıl püskürtme yöntemlerinin hava ortamında yapılması, kaplama işlemi sırasında havanın önemli miktarda yakalanışına ve kaplamada boşlukların oluşmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, püskürtme işlemi sırasında ergimiş olan damlaların oksitlenmesi de söz konusudur. % 20'ye kadar ulaşan boşluk seviyelerinde mekanik mukavemet azalmaktadır. Ancak; bazı özel durumlarda, örneğin yağlamalı kayma gibi bazı tribolojik uygulamalarda, kontrollü oluşturulmuş boşluklar yararlı bölgesel yağ depoları sağlamak bakımından faydalı olmaktadır [5].

Alevle püskürtmenin uygulama alanları şunlardır:

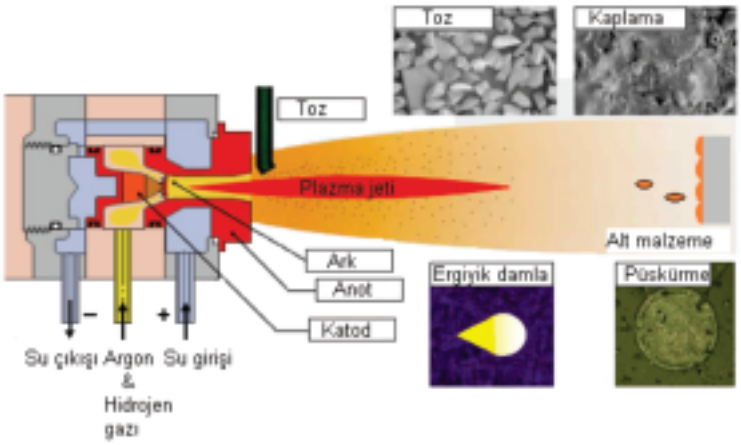
- Çelik endüstrisi,
- Maden endüstrisi,
- Çimento ve beton endüstrisi,
- Kimya endüstrisi,
- Cam üretim endüstrisi,
- Otomotiv endüstrisi [2].

2.2. Plazma - Jeti ile Püskürtme

Plazma püskürtme yöntemi, ısıl püskürtme yöntemleri arasında en esnek kullanım şansına ve çeşitliliğine sahip olan bir yöntemdir. Plazma püskürtme yönteminin yüksek sıcaklığı, yüksek sıcaklık korozyonunu ve aşınmayı önlemede değer taşır; özel ısıl uygulamalarda, elektrik ve biyomedikal amaçlar için kaplamanın çöktürülmesini sağlar. Şekil 3'de plazma jeti ile püskürtmenin şekli görülmektedir.

Bir yüksek frekanslı kıvılcım ile başlatılan bir elektrik arkı plazma püskürtme için bir enerji kaynağıdır. DC plazma tabancasındaki ark, silindirik volfram (W) katod ile radyal, eşmerkezli bakır anot (nozul) arasında yanar. Genel olarak kullanılan gazlar argon, helyum veya azot ya da bu gazların karışımı şeklinde nozulun içine gönderilir. Bu gazlar arkı geçtiğinde; katodik kaynaktan gelen elektronlar ile plazma halinin oluşumuna sebep olan gaz molekülleri arasında reaksiyonlar oluşur [2].

Gazlar arka ulaştığında ısınır, radyal ve eksenel olarak genişler ve nozulun çıkışında doğru hızlanır. Daha sonra plazma gazının atom ve molekülleri agzotermik reaksiyonla bileşir ve böylece çekirdek bünyesindeki sıcaklık, ısı ve radyasyonun yayınımından dolayı 10000 K'den daha yüksek bir değer alabilir. Termoelektrik ve



Şekil 3: Plazma-Jeti İle Püskürtme

elektromanyetik etkiler, arkın çekirdek bünyesini sınırlandırarak enerji yoğunluğunu artırır [2].

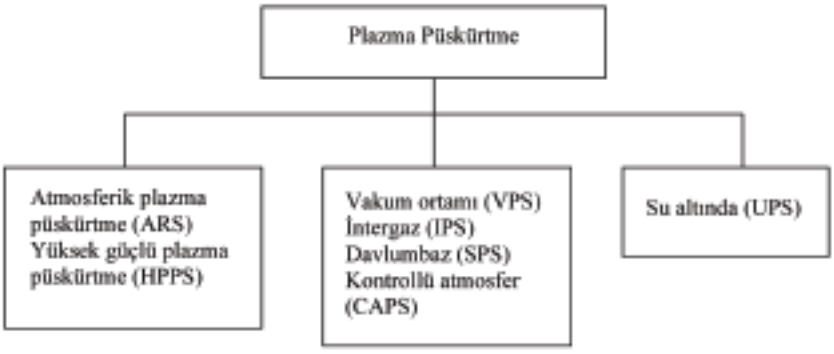
Kaplama malzemesi (genellikle toz halinde) taşıyıcı bir gaz ile yüksek enerjili plazma jetine enjekte edilir. Plazma bekinin dizaynına bağlı olan enjeksiyon noktası, jet eksenine çeşitli açılarda toz deliğinden dışta veya içte olabilir.

Partikül hızları yöntem dizaynına, plazma gazına ve kaplama malzemesine bağlı olarak 300-700 m/s'ye ulaşabilir. Püskürtülmüş toz malzemenin özellikleri ile kombine edilen radyal ve eksenel hızların birleşimi toz partiküllerin çeşitli yörüngelerde hareketine neden olur.

Plazma püskürtme yöntemi, farklı atmosferlerde (ortamlarda) farklı basınç değerlerinde yapılabilmektedir. Şekil 4'de plazma püskürtme yönteminin işlem değişkenleri verilmiştir.

aşınma ve korozyona karşı korunmak için kaplama katı üretimidir. APS'de yaygın olarak oksit seramik kaplama malzemeleri kullanılır. Diğer kaplama malzemeleri, metaller ve özellikle oksitleyici ortamdan etkilenmeyen bazı alaşımlardır. APS kaplamaların gözenekliliği genellikle % 1-5 arasındadır. Esas malzeme ile plazma torcu arasındaki püskürtme mesafesi, malzemelere ve püskürtme parametrelerine bağlı olarak yaklaşık 100-150 mm'dir.

Yüksek Güce Sahip Plazma Püskürtme (HPPS): Atmosferik plazma püskürtmenin gelişimiyle HPPS ortaya çıkmıştır. Bu gelişme, yüksek ergime noktasına sahip seramik malzemeler için daha iyi kaplama yoğunluğu ve bağlanma dayanımı için gereklidir. Bu yöntemin avantajları; yüksek güç seviyeleri (200 kW), daha yüksek gaz akışı, çöktürme oranı ve yüksek verimliliktir. HPPS'nin en tipik örneği baskı



Şekil 4: Plazma Püskürtme Yönteminin İşlem Değişkenleri

Atosmosferik Plazma Püskürtme Yöntemi (APS): Ekonomik olan en önemli plazma püskürtme yöntemi, atmosferik plazma püskürtme yöntemidir. Yöntemde toz tanecikleri, hava atmoferi ile temas halindedir. Hava atmosferi, kaplama malzemesinin seçimini sınırlandırır. Çünkü toz tanecikleri hava atmosferinde oksitlenebilir. APS'nin en temel uygulama alanı silindirlerinin üzerine krom oksit (Cr_2O_3) tabakasının kaplanmasıdır.

Vakum Plazma Püskürtme (VPS): VPS kaplamalar, düşürülmüş bir basınçta kapalı bir odada yapılır. Kaplama yöteminde önce, odanın basıncı 10-1 mbar'ın altında kadar düşürülür. Daha sonra kaplama odası pasif (inert) bir gaz ile doldurulur. Kaplama işlemi bu aşamadan sonra başlar. Odanın basıncı yaklaşık 50-400 mbar'dır. VPS yöntemi ile daha temiz, daha yoğun, saf ve oksitsiz bir kaplama katı elde edilir [2,8].

İnert Gaz Plazma Püskürtme (IPS): VPS'den farklı olarak basıncı alınmış püskürtme odası, 1 bar basınçtaki bir pasif (inert) gaz (Ar, N) ile temizlenir. Bu yüzden hem esas malzeme hem de kaplama malzemesinde oksitlenme reaksiyonları gerçekleşmez.

Davlumbazlı Plazma Püskürtme (SPS): Bu plazma yöntemi, daha az maliyetler için kaplama odasının ve pompa sisteminin etkisini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Davlumbazlı kaynağa benzer olarak, iyonlaşmamış bir pasif (inert) gaz örtüsü plazma jetini, çevreleyen oksijen içerikli atmosferden korur ve esas malzemenin soğumasını düzenler.

Kontrol Edilmiş Malzemeli Plazma Püskürtme (CAPS): Bir sistemde vakum plazma püskürtme ve inert gaz plazma püskürtmenin kombinasyonu, kontrol edilmiş atmosferli plazma püskürtmeye (CAPS) neden olur. 50-400 mbar basınç aralığında VPS kaplamalar üretilir. 1 bar basınçta IPS kaplamalar, 4 bar gibi yüksek basınçta ise plazma püskürtmeli kaplamalar çöktürülür.

Bir CAPS sisteminin avantajı, tek adımda APS ve VPS kaplama sistemleri ile kaplama yapmak mümkündür.

2.3. Patlamalı Püskürtme (Detenation-Gun ya da D-Gun)

Bu yöntemde, yanıcı gazların ısıl ve kinetik enerjilerinden faydalanılmaktadır. Boşluk seviyesi düşük, iyi bağlanmış tabakalar elde edilmek yöntemin temel hedefidir. Püskürtme tabancası uzun namlu biçimindeki bir tüpten oluşmakta ve toz halindeki kaplama malzemesi, azot gazı süspasiyonunda verilmektedir. Oksijen-asetilen karışımı, saniyede birkaç kez

(4-8 defa) elektirik kıvılcımı ile tutuşturularak, toz taneciklerinin ısıtılmasını ve hızlandırılmasını sağlayan bir seri kontrollü patlama dalgaları meydana getirilir. Her defasında toz enjekte edildikten sonra patlamadan önce azot gazı boşaltılır [1].

Bu yöntemde alev sıcaklığı yaklaşı 3000 °C, esas malzemenin sıcaklığı ise CO2 soğutma sistemi ile 150 °C altında olup ergimiş damlaların hızı 800 m/s'dir. Bu şekildeki yüksek hızlı damlalar, esas metal üzerinde boşluk seviyesi düşük (% 0.5-1) ve iyi bağlanmış kaplamalar meydana getirir [5]. Yöntem çok gürültülü olup ses şiddeti 150 dB'den fazladır. Bundan dolayı işlem ses izolasyonlu bir odada yapılmaktadır [1].

2.4. Elektrik Arkı İle Püskürtme

Elektrik arkı ile püskürtme, korozyon, erozyon ve aşınma direnci için 100-1500 °m kalınlık aralığında ince metalik kaplamalar için geleneksel bir kaplama yöntemidir. Yöntem, bir motor ile ileletilen iki telin yüzeye çöktürülmesinden ibarettir. Teller kritik bir bölgeye ulaştıklarında bir elektrik arkı biçimlenir. Ark tellerin ucunu ergitir ve uygun bir gaz atomizasyonu ile ergiyik haldeki metal tel uçları, damlalar şeklinde metal yüzeyine doğru hızlanır, yüzeyde soğur ve kaplama tabakası elde edilir. Bu yöntemle, Ni gibi süper alaşımlı yüksek sıcaklık yapısal malzemelerin bir bölümünde ön şekillenen koruyucu pasif (inert) gaz atomizasyonu ile yalıtkan bir bölmede elektrik ark spreyi üretilebilir. Elektrik ark püskürtme, 1- 10 g/s ergiyik akış debisine sahiptir [6].

Metalurjik değişimler ve çarpılma (distorsiyon) gibi malzeme yüzeyinde oluşabilecek düzensizliklerden kaçınmak amacıyla malzeme yüzey sıcaklığı çalışma esnasında düşük tutulabildiği için bu elektrik ark püskürtme yöntemi, "soğuk yöntem" olarak da adlandırılmaktadır.

Elektrik arkı ile elde edilmiş kaplamalar, bu yönteme eşdeğer olan yanma ile püskürtülmüş kaplamalardan daha yoğun ve serttir. Düşük çalışma maliyetleri, yüksek püskürtme oranları ve verimliliği ona geniş alanlarda kullanma imkanı sunar.

Elektrik arkı ile püskürtmenin dezavantajları; yanlızca iletken tellerin püskürtülebilmesi ve yüzeye ön bir ısıtma uygulanmak isteniliyorsa ayrı bir ısı kaynağına ihtiyaç duyulmasıdır.

Elektrik arkı ile püskürtmenin esas uygulamaları korozyondan korunmak için yapılan alüminyum ve çinko kaplamalar ile büyük makine parçalarının kaplanması işlemleridir.

2.5. Yüksek Hızlı Oksi - Yakıt (HVOF) Püskürtme

Yüksek hızlı oksi-yakıt yöntemi (HVOF), metal püskürtme teknolojisinde son yılların en önemli gelişimidir. HVOF ekipmanındaki en yeni gelişme gaz yakıttan sıvı yakıta olan değişikliktir.

HVOF yöntemi, maliyetinin uygunluğu ve yöntemin esnekliği açısından bir çok endüstriye uyarlanabilmiş ısıl püskürtme yöntemlerinden biridir. Tablo 1'de HVOF yönteminin kullanıldığı endüstri kolları verilmiştir.

HVOF sisteminde yanan gazlar ve nozulda bulunan tozlar, gaz jetinin genleşmesi ile çok yüksek hızla dışarıya çıkarlar. D-Gun ile karşılaştırıldığında, HVOF'deki yanma süreklidir. Odacıktaki yanma yüksek basınç altında (> 8 bar) oluşur ve bu yüzden propan ve propilen gibi yanıcı gazlar basınç altında kararlı olmak zorundadır.

Çeşitli HVOF sistemleri, nozulun geometrisi, yanma odasının dizaynı ve tozun enjekte ediliş biçimi bakımından farklıdır. Toz kaplama malzemesi, nozul sistemi ve HVOF sisteminin türüne bağlı olarak sıcak haldeki gazların içine enjekte edilir. Partiküllerin ısınması sıcak haldeki gazların içine enjekte edilerek sağlanır. Partiküllerde ısınma ve hızlanma, tabancanın namlusunda meydana gelir. Alev sıcaklığı yaklaşık 3000 oC'dir. Genleşen gazların torç çıkışındaki hızı 1200 m/s'dir. Toz partiküllerinin hızı ise tozların yoğunluk, biçim ve boyutuna bağlı olarak 600 m/s'ye kadar ulaşabilir.

Yüksek partikül hızları ve oldukça makul sıcaklıklarda çalışıldığından, bu yöntemler yüksek sıcaklıklarda bozulmaya meyilli olan kaplama malzemeleri için tercihli olarak kullanılır.

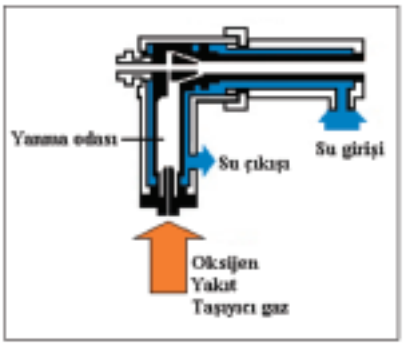
Tablo 1: HVOF Yönteminin Uygulandığı Çeşitli Endüstri Kolları ve Uygulamaları [7].

ENDÜSTRİ KOLU	UYGULAMA	MALZEME
Kağıt Endüstrisi	Çeşitli merdaneler	WC-Co-Cr, Cr_2O_3
Çelik Endüstrisi	Fırın, konveyör makaraları	Cr_3O_2-NiCr
Basım Endüstrisi	Ölçme makaraları	Cr_2O_3
Tekstil Endüstrisi	Taşıma rulosu	Al_2O_3-TiO_2
Takımlarda	Kapama vanaları	WC-Co+WC-Ni, Cr_3C_2- NiCr
Elektronik Endüstrisi	İleken kablolar	Cu
Fabrika Konstrüksiyonu	Miller, kimyasal araçlar, ayırıcılar	Al_2O_3, Mo
Otomotiv Endüstrisi	Sürtünme diskleri	Mo

Bu yöntemle WC/Co ve Cr3C2/NiCr gibi sert metaller çöktürülebilir. Çünkü bu malzemelerin aşınma direnci ve dayanımı mükemmeldir. Hatta Fe-NiCo alaşımları, Hasteloys, Stellites ve Triboloys bu yöntemle verimli olarak çöktürülebilir [2].

HVOF yöntemi ile aşınmaya ve korozyona karşı koruma ile, ısı ve elektriksel yalıtımında kullanılan kaplamalar üretilmektedir. Püskürtme parametreleri özel uygulamalar için ayarlanabilmektedir. Yüksek çöktürme oranları (15 lt/h), geniş yüzeyli parçalarda işlem zamanını kısaltmaktadır [2,3].

JetKote, ilk ticari HVOF torcu olup, oksijen ve yanıcı gaz torcun yanma odasında yakılır ve sıcak gaz tabancanın namlusuna doğru yönlendirilir. Toz girişi eksensel olarak verilir ve ısıtılarak yanıcı gazlar yardımı ile namlu çıkışına hızlandırılır. Şekil 5'de Jetkote HVOF tabancası görülmektedir.



Şekil 5: JetKote HVOF Tabancası

JetKote-HVOF'nin özellikleri:

- Düşük gerilimli kaplamalar,
- Yüksek sertlik,
- Düşük oksit seviyesi,
- Yüksek yayılma,
- Basit işlem,
- Mükemmel karbür tutma özelliği,
- Düşük işlem maliyeti,
- Yüksek bağlanma mukavemeti,
- Çok düşük gözeneklilik,
- Yüksek performans sergileyen kaliteli kaplamalar.

Elmas Jet(DJ) HVOF torcunda, 0,75 MPa gibi yüksek basınçta propan ve hidrojen gibi yanıcı gazlar patlatılarak veya yakılarak yüksek gaz hızı oluşturulmakta ve tanecikler çok yüksek bir hızda iş parçasına gönderilmektedir. Darbe sonucunda serbest kalan kinetik enerji diğer püskürtme yöntemlerine göre yüksek değilse eşit bir yapışma mukavemeti elde edilir. Bu yöntem, ana malzemeye çok iyi bağlanan ve yoğun kaplamalar elde edilmesi için, plazma püskürtme yönteminin yüksek ısı enerjisine karşın, püskürtülen taneciklerin kinetik enerjilerinden yararlanır.

Yöntemde, eksensel olmayan hava akışı ile alev sıcaklığının sulanması ve düşük alev jeti basıncı nedeni ile toza olan ısı transferi zorlaşmaktadır. Bu durum oldukça ince, boyut olarak birbirine yakın ve pahalı tozların kullanımını gerektirmektedir. Ayrıca bu torç ile yapılan kaplama yüksek oksit bileşeni göstermekte ve çökelme verimi de düşük olmaktadır.

HVOF yönteminde, düşük sıcaklıklar (2800°C) ve yöntemin parametrelerinin hassas olarak kontrol edilmesi ile toz taneciklerinin aşırı yanması meydana gelmemektedir. Ergimiş taneciklerin sıcaklıkları, kaplanacak malzemeye olan darbeye bağlı olarak kinetik enerjinin ısı enerjisine dönüşümü sonucunda artmaktadır. Isıl enerjinin iş parçasına çok hızlı yayılması, kaplamanın hızlı katılaşmasına ve bunun sonucunda da gerilme içermeyen kaplama tabakalarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bunun yanında toz besleme oranı da kaplama tabakası özeliğine etki eden önemli bir parametredir.

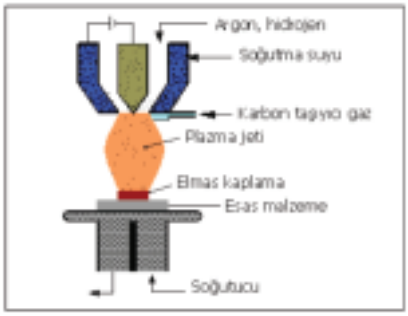
HVOF yönteminde kaplama tabakası, tanecik sıcaklığı ve hızı ile etkilenmektedir. Tanecik hızı ve sıcaklığı, yanma odasındaki basıncın ve sıvı yakıt/oksijen karışım oranının değişmesi ile bağımsız olarak kontrol edilebilir. En büyük tanecik sıcaklığı, en büyük alev sıcaklığına karşılık gelmektedir. Tanecik hızlı da yanma odasındaki basınca bağlıdır. Basınç arttığında tanecik hızı da artmaktadır. Yüksek basınç ve tanecik hızı, yüksek sertlikte kaplama tabakası oluşturmaktadır. Dolayısı ile çökelme verimi tanecik hızı ve sıcaklığının fonksiyonu olmaktadır. HVOF yönteminde etkili olan parametreler, genel olarak ekipman ile ilgili birincil parametreler ve kaplanacak parçanın şekli ve yüzeyi ile ilgili olan ikincil parametreler şeklinde iki grupta toplanabilir.

3. ÖZEL ISIL PÜSKÜRTME YÖNTEMLERİ

Reaktif plazma püskürtme, vakum plazma püskürtme yönteminin gelişmiş halidir. Bu yöntem püskürtme yöntemleri ve kimyasal buhar çöktürme yöntemleri arasında ayırt edilir.

Reaktif Plazma Püskürtme: Kaplama yöntemi esnasında, kaplama malzemesi VPS için kullanılan normal bir plazma torcuna enjekte edilir. Ancak, nozulun sonundaki bir reaktif faz plazma jetine enjekte edilir ve ergitilmiş haldeki patiküllerle kimyasal reaksiyon meydana gelir. Bu yol TiC kaplamaların oluşumunda kullanılır. Kaplama tozu olarak titanyum (Ti) ve metan gazı (CH4) plazma jetine enjekte edilir. Reaksiyon süresi (Dwell time) çok kısadır. Kaplama tabakasında TiC dağılmış haldedir. Bu sert fazların ince dağılımı, kaplanmış parçalar için aşınma direnci bakımından bir avantajdır.

Plazma Püskürtme Yöntemi ile Elmas Kaplama: Bu yöntem, çeşitli malzemeler üzerine elmas kaplamayı çöktürmek için kullanılır. Termal plazma, elmas kaplama için gerekli olan ısıl koşulları oluşturmak için uygundur.



Şekil 6: Elmas kaplamaların çöktürülmesinde kullanılan bir ısıl DC plazma jeti [2].

Elmas kaplamaların çöktürülmesinin sebebi, yüksek sertlik, çok iyi ısı transferi katsayısı ve yüksek elektrik direnci gibi mükemmel özelliklerdir. Elmas kaplamaların uygulama alanları, özellikle elektronik sanayiinde üzere oldukça yaygındır.

Sözü edilen reaktif püskürtme kaplamalarından farklı olarak plazma jetine toz malzeme enjekte edilmez, sadece metan gibi bir hidrokarbon gazı enjekte edilir. Plazma alevinin yüksek entalpisi sayesinde hidrokarbon parçalanır ve elmas yapılar ve hatta grafit yapılar malzeme yüzeyine çöktürülür. Plazma alevindeki yüksek hidrojen içeriği ve yüksek entalpi etkisiyle, atomik hidrojen oluşur. Bu yolla, yüksek ergime sıcaklığına sahip olan malzeme üzerine saf elmas kaplamaları 80 _m/saat kaplama oranlarında çöktürmek mümkündür. Çünkü esas malzeme sıcaklığı yaklaşık 1000 oC'dir. Şekil 6'da elmas çöktürülmesinde kullanılan bir DC plazma jeti gösterilmektedir.

4. KAYNAKLAR

1. Akay, S., Sarı, N.Y., Kaluç, E., 1997, "Aşınmayı Önlemede Etkili Yöntemler: Isıl Püskürtme", Mühendis ve Makine Dergisi, Sayı: 448, 19-25.

2. Bunshah, R.F., 2001, "Handbook of Hard Coatings: Deposition Technologies, Properties and Applications", Noyes Publications Park Ridge, New Jersey, USA, 77-107.

3. Charles, P.H., 1994, "Thermal Spraying: Process, Preparation, Coatings and Application", Welding Journal, 73 (4), 47-51.

4. Clare, H.J., Crawmer, D.E., 1992, "Thermal Spray Coatings", Metals Handbook, Vol.5, 361-375.

5. Hutchings, I.M., 1992, "Tribology: Friction and Wear Engineering Materials", Edward Arnold, 118-136.

6. Matthew, K., Hedges, A.P., Newbery, P.S., 2002, "Characterisation of Electric Arc Spray Formed Ni Superalloy IN718", Materials Science and Engineering, 79-91.

7. Tan, J.C., Looney, L., Hashmi, M.S.J., 1999, "Component Repair Using HVOF Thermal Spraying", Journal of Materials Progressing Technology, 203-208.

8. Villat, M., 1986, "Functionally Effective Coatings Using Plasma Spraying", Sulzer Technical Review, Vol.3, 41-45.