YÜZEY MÜHENDİSLİĞİ YÖNTEMLERİ

1.Giriş

Malzemenin çalıştığı ortamla temasında çalışma ömrünü ve performansını arttırmak ve daha dirençli yüzey özelliklerine ulaşmak için pek çok yüzey teknolojisi geliştirilmiştir. Bu yüzey teknolojilerini aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırabiliriz:

a) Metalik malzemenin yüzeyinde kendisine yakın ya da üstün özelliklere sahip ilave bir malzemenin harici bir ısı kaynağı kullanarak eritilmesi ve hemen katılaştırılması ile bir kaplama tabakasının oluşturulması.

<u>Eritme Yöntemleri</u>

1) Isıl Püskürtme Yöntemleri
2) Laser Kaplama
3) Sert Tabaka Dolgu Kaynağı

b) Metalik malzemenin yüzeyinde elektrokimyasal olarak kendisinden daha üstün özelliklere sahip bir kaplama tabakasının oluşturulması.

<u>Elektrokimyasal Yöntemler</u>

1) Elektrolitik Sert Krom Kaplama

c) Metalik malzemenin yüzeyinde kimyasal olarak redükleyici etkisiyle kendisinden daha üstün özelliklere sahip bir kaplama tabakasının oluşturulması.

<u>Kimyasal Yöntemler</u>

1) Akımsız Nikel Kaplama

d) Metalik malzemenin yüzeyindeki oksit tabakasının elektrokimyasal olarak geliştirilmesi ile kendisinden daha üstün özelliklere sahip bir tabakanın oluşturulması.

<u>Elektrokimyasal Yöntemler</u>

1) Alüminyum Sert Anodik Oksidasyonu

e) Metalik malzemenin yüzeyinde difüzyon ile kendisinden daha üstün özelliklere sahip bir tabakanın oluşturulması.

Termokimyasal Yöntemler

1) Borlama

2) Karbürleme ve Karbonitrürleme

3) Nitrürleme ve Nitrokarbürleme

Plazma Nitrürleme

Termoreaktif Difüzyon Yöntemi

İyon İmplantasyonu (Ekimi)

f) Metalik malzemenin yüzeyinde kimyasal bileşimini değiştirmeksizin sadece mekaniksel bir işlemle kendisinden daha üstün özelliklere sahip bir tabakanın oluşturulması.

Mekaniksel Yöntemler

1) Bilyalı Dövme

2) Kumlama

g) Metalik malzemenin yüzeyinde kimyasal bileşimi değiştirmeksizin sadece mikroyapısal faz dönüşümüyle kendisinden daha üstün özelliklere sahip bir tabakanın oluşturulması.

Dönüşüm Sertleştirmesi Yöntemleri

1) Alevle ve İndüksiyonla Sertleştirme

2) Elektron ve Laser Işınıyla Sertleştirme

h) Metalik malzemenin yüzeyinde buhar fazındaki bir maddenin katı formda çöktürülmesi ile çok sert kaplamaların (ince filmlerin) elde edilmesi.

Buhar Fazı Yöntemleri

1) Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD)

2) Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD)

Plazma Sprey Kaplama

Plazma sprey kaplamaları oluşturmak için, yüksek sıcaklığa sahip plazma jetlerinden faydalanılmaktadır. Plazma kavramı, maddenin gazdan sonraki dördüncü halini ifade etmektedir. Gaz halindeki maddenin ısıtılarak pozitif iyonlara, elektronlara ve nötr atomlara ayırılmasıyla oluşur. Pozitif iyonlar ve elektronlar arasındaki çekim sayesinde, iyonlar ve elektronlar birleşirken, bu sayede salınan entalpi enerji sağlamakta ve yüksek sıcaklıkta plazma oluşumu sağlanmaktadır. 40 kW gücünde bir plazma tabancası ile 15000 K sıcaklıkta bir plazma oluşturulabilmektedir. Plazma jetinin oluşturulmasında, bir tungsten katod ve bakır anod püskürtme nozulundan düz akım geçirilerek bir elektrik arkı üretilmiş olur. Azot veya argon gibi bir birincil gaz, entalpiyi artırmak için hidrojen veya ısı iletkenliğini artırmak için helyum gibi bir ikincil gaz ile karıştırılır ve bu karışım elektrik arkından geçirilirerek ısıtılır, ayrıştırılır ve iyonize edilerek plazma üretimi sağlanır. Plazma jeti için yeterli enerji sağlanırsa, en sıcak olduğu yer olan püskürtme nozulu çıkışında 25000-28000ºC sıcaklığa kadar ulaşabilmektedir. Genellikle toz beslemesi, dışarıdan nozul çıkışına çok yakın bir yerden veya içerden plazmaya gönderilerek yapılır. Bu sayede tozun plazmanın en sıcak bölgesine ulaşması sağlanır. Plazmanın termal enerjisinin tozlara aktarılmasıyla tozlar erir ve bu eriyen tozlar yüzeyde biriktirilmek üzere altlığa püskürtülürler [34]. Besleme tozlarının boyutları tipik olarak 20-90 mikrometre (µm) civarındadır. Altlığa temas ettiklerinde çok hızlı bir şekilde soğur ve katılaşırlar. Soğuma hızları Ni bazlı alaşımlarda 10 K/s düzeyinde oranlara kadar çıkabilmektedir. Paso esnasında sprey tabancası hareket hızı 50-2000 mm/s arasında değişmekte ve tabancayla altlık arası mesafe genellikle 60-130 mm arasında olmaktadır. Plazma sprey çok esnek yelpazeye sahip bir kaplama tekniğidir ve işlem sırasında çok yüksek sıcaklıklara ulaşılabilmesi nedeniyle yüksek ergime sıcaklığına sahip seramiklerin dahi biriktirilmesine olanak sağlamaktadır. PS kaplama yöntemi atmosfere açık olarak yapılırsa atmosferik plazma sprey (APS) olarak adlandırılır. APS yöntemi, biriktirme mekanizmasının parçacıkların eritilmesine bağlı olmasından dolayı yüksek verimli bir kaplama işlemidir. Yani altlığa gönderilen parçacıkların çoğu altlığa yapışır. Buradaki verimden kasıt, altlığa yapışan parçacık miktarının altlığa püskürtülen toz miktarına olan oranıdır. APS yöntemi ile altlığa gönderilen parçacıklar erimiş olduğu için, yapışmadan geri sekme veya altlığı aşındırıp yapışmadan yüzeyden ayrılma gibi sorunlar oluşmamakta ve kaplama verimi artmaktadır. Örneğin CoNiCrAlY içerikli üretim yapılan bir kaplamada HVOF yönteminde verim % 45 iken, APS yöntemi ile %60 gibi yüksek verim oranı elde edilebilmektedir. APS yöntemi nispeten ucuz ve kolay bir işlem olmakla birlikte, havayla temasa açık olması ve yüksek işlem sıcaklığından dolayı, kaplama işlemi esnasında oluşan oksit kalıntılara karşı en hassas kaplama

işlemidir. Dolayısıyla APS yönteminin, oksit kalıntılara ve kusurlara karşı en az hassasiyete sahip ve yüksek erime sıcaklığı olan seramik parçacıklardan üretilen kaplamalarda kullanılması daha akla yatkın olmaktadır. APS yöntemi ile üretilen kaplamalarda porozite oranı genellikle % 1-7 arasında değişmektedir. Fakat istenirse daha yüksek poroziteye sahip kaplamaların da üretimi mümkündür. Örneğin TBC'lerin üst kaplama yapısında %10-15 içeriğe sahip porozite uygulanmaktadır. Plazma sprey işlemi uygulama olarak, kapalı bir oda içinde ve düşük basınç (ya da vakum) veya inert gazlardan oluşan kontrollü bir atmosfer altında da gerçekleştirilmektedir. Bu tür kaplamalara LPPS ya da VPS kaplama denmekte ve bu yöntemler, düşük basınçlı özel odalarda gerçekleştirilmektedir. VPS yönteminde, ortamda oksijen bulunmadığı için oksit içeriği neredeyse hiç olmayan kaplamaların üretilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca vakum altında yapılan kaplamalarda spreye direnç gösterecek bir gaz bulunmadığı için kaplama yapısında çok düşük gözenek oranlarına ulaşılabilmektedir. Kaplama işlemine bağlı oksit oluşumu VPS işleminde neredeyse hiç olmadığından, TBC'lerin metalik bağ kaplamalarının üretimi için uygun bir alternatiftir. Fakat ekipmanlar ve işlemin APS yöntemine kıyasla daha kompleks ve pahalı olması da sistemin dezavantajlarını oluşturmaktadır.

Yüksek hız oksi asetilen yakıt (HVOF) kaplamalar

HVOF sprey kaplamalarda gerekli olan enerji tercih edilen bir yakıtın (hidrojen, propan, asetilen, vs.) yanması yoluyla elde edilir. Yanma odasında basınç altında karışan oksijen ve yakıt gazları, yanarak genleşir ve yüksek hızlarda nozuldan çıkarlar. Sonrasında taşıma gazı içinde parçacık beslemesi yanma gazlarına, paralel veya dikey olarak yapılır. Üretilen gaz akışının nozuldan çıkış hızı 1825 m/s gibi süpersonik hızlara kadar ulaşabilir. Bu hız, ses üstü olduğu için, nozul önünde HVOF prosesine özel olarak görülen şok dalgaları gözlemlenir. Yüksek sıcaklığa sahip aleve maruz kalan parçacıklar, termal enerji kazanırlar. Bu alevin akış hızı yüksek olduğu için kinetik enerjileri de kayda değer bir artışa uğrar. Sonuç olarak yüksek hızda ve erimiş veya yarı erimiş formdaki parçacık akışı elde edilir. Bu parçacıkların hem kinetik hem de termal enerjileri yüksek olduğu için kaplama oluşumu, hem splat oluşumuna hem de altlıkla temas esnasında parçacıkların plastik deformasyona uğramasına bağlıdır. HVOF tekniğinde alevin sıcaklığı 3000-5500 K civarına kadar çıkabilmektedir. APS kaplama prosesine kıyasla çok düşük işlem sıcaklığına sahip olduğu için, HVOF kaplamalarda sıcaklığa bağlı sorunlar (kaplama işlemine bağlı oksit oluşumu gibi) nispeten daha düşük orandadır. APS prosesinden farklı olarak HVOF prosesinde kinetik ve termal enerji üretimi, oksijen yönünden

zengin bir karışımın yanmasına bağlı olduğu için bu yöntem ile üretilen kaplamaların oksit içeriği ve kalitesi yanma gazlarının stokiometrik karışımına bağlıdır. Çünkü yanma sonucunda arta kalan oksijenin miktarı ve yanma sonucu elde edilen sıcaklık, oksit miktarına direkt olarak etki eden parametrelerdir. HVOF tekniği ile ulaşılan gaz hızı diğer termal sprey yöntemlerine göre çok yüksek olduğu için, altlığa çarpan parçacıkların hızları da nispeten yüksek olur ve böylelikle tam olarak erimemiş parçacıklar plastik deformasyona uğrarlar. Ayrıca yüksek hıza sahip parçacıklar, oksitlenmeye sebep olacak atmosfere daha kısa süre maruz kalmış olurlar. Bunların sonucu olarak da, düşük hız ve yüksek sıcaklığa sahip APS kaplamalara göre, daha az oksit ve poroziteye sahip, yapışma mukavemeti gelişmiş kaplamalar elde edilmektedir. HVOF prosesinde porozite yüzdeleri %1'in altına inebilmektedir. Yapışma mukavemeti ise ASTM tarafından belirlenen yapıştırıcı reçinenin direnci olan 83 MPa'nın üzerine çıkabilmektedir. HVOF tekniği ile yoğun ve sert sermetler üretilebildiği gibi, bağ kaplama gibi alaşımların da kaplaması yapılabilmektedir. Fakat PS kaplamalara göre daha düşük sıcaklıklarda yapıldığı için malzeme yelpazesi nispeten daha küçük ve yüksek erime sıcaklığına sahip seramik kaplamalar için kullanımı çok uygun olmamaktadır.

Çalışma Soruları

1. Yüzey işlemleri ile ilgili olarak; Malzemelerin çalışma ömrü ve performansının artırılması ve daha kaliteli bir yüzey elde edilebilmesi amacıyla geliştirilen yüzey mühendisliği yöntemlerini (teknolojilerini) maddeler halinde yazınız. (Mekanik, kimyasal yöntemler v.b.)
2. Termal sprey kaplama prosesinin şematik gösterimini çizerek, gösteriniz.
3. Termal sprey kaplama işleminde kullanılan kaplama prosedürlerini maddeler halinde, açıklayarak yazınız.
4. Termal sprey kaplamaların kullanım amaçlarını (biyouyumluluk vs.) maddeler halinde yazınız.
5. Yüksek hızlı alevle püskürtme yöntemini açıklayarak, sisteme ait avantajları ve sınırlamaları maddeler halinde yazınız.
6. Plazma Sprey kaplama yöntemini açıklayarak, sisteme ait avantajları ve sınırlamaları maddeler halinde yazınız.