



**Makale
(Article)**

Atmosferik ve Vakum Şartlarında Plazma Kaplama Deney Düzenekinin Tasarlanması

Prof. Dr. Cahit KURBANOĞLU*, Hatice VAROL ÖZKAVAK**

*İstanbul Medeniyet Üniversitesi Müh. Fak. Mak. Müh. Böl., İstanbul/TÜRKİYE

**Süleyman Demirel Üniversitesi TBMYO Makine ve Metal Teknolojileri Böl., Isparta/TÜRKİYE

haticevarol@sdu.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.05.2013

Kabul Tarihi: 31.07.2013

Özet

Mil, yatak, bazı dişliler ile civata gibi makine elamanlarının aşınma, korozyon direnci ve yağlama şartlarının ekonomik ve teknolojik açıdan incelenmesi bu zamana kadar birçok çalışmanın konusu olmuştur. Günümüze kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde bu makine elamanlarına değişik şartlarda ve değişik plazma kaplama işlemleri uygulanarak kaplama yapılmış ve yapılmamış haldeki davranışlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca kaplama işlem parametrelerinin kaplama kalitesine etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada ince kaplama yapmak amacıyla plazma kaplama yönteminin seçilmesi ve yöntem deney düzeneğinin kurulması amaçlanmıştır. Bu amaçla atmosferik şartlarda plazma kaplama ve vakum şartlarında plazma kaplama yöntemleri seçilerek deney düzenekleri hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Plazma, kaplama, atmosferik plazma sistemi, vakum plazma sistemi, RF plazma

Design Of Atmospheric And Vacuum Plasma Coating Experimental Systems

Abstract

Bearings, shafts, some gears and bolts, such as machine elements served as the elements wear, corrosion resistance, lubrication conditions the behavior of the economic and technological aspects investigation until such time a lot of work has been the subject. To the present studies was examined by using plasma coated materials and coatings have not been made to compare the behavior of state. Also effect of plasma treatment parameters on coating quality were investigated. In this study plasma coating method was selected to making thin coatings and designed the experimental apparatus were aimed. For this purpose, atmospheric plasma coating method and vacuum plasma coating method were selected. And experimental apparatus were prepared.

Keywords: Plasma, coating, atmospheric plasma system, vacuum plasma system, RF plasma

1. GİRİŞ

Günümüze kadar mil, yatak, bazı dişliler ile civata gibi makine elemanı olarak görev yapan elemanlarının korozyon direnci, aşınma, yağlama şartlarının hem ekonomik hem de teknolojik açıdan incelenmesi birçok çalışmanın konusu olmuştur. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde plazma yöntemi kullanılarak yapılan kaplamaların kaplama yapılmış ve yapılmamış haldeki davranışları karşılaştırılmıştır.

Bu makaleye atıf yapmak için

Kurbanoğlu C., Varol Özkavak H., "Atmosferik ve Vakum Şartlarında Plazma Kaplama Deney Düzenekinin Tasarlanması" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2013, (10) 27-36

How to cite this article

Kurbanoğlu C., Varol Özkavak H., "Design Of Atmospheric And Vacuum Plasma Coating Experimental Systems" Electronic Journal of Machine Technologies, 2013, (10) 27-36

Bunun yanında kaplama işleminin yapılmasında etkili olan faktörlerin (torç çapı, kaplama yüzeyi ile tabanca arasındaki mesafe, kaplama kalınlığı vb.) kaplama kalitesine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda plazma ile kaplanmış numunelere değişik aşınma deneyleri uygulanmıştır. Aşınma deneyi türü, aşındırıcı çeşitleri değiştirilerek pratikteki aşınma şartları sağlanmaya çalışılmıştır. Şimdiye dek yapılan kaplamalarda kaplanan malzemenin kalınlığında artış meydana gelmiştir. Bu çalışmada aşınmanın azaltılması amacıyla metalik malzeme yüzeyine plazma yöntemi ile kaplama yapmak amacıyla değişik plazma kaplama deney düzeneklerinin (atmosferik şartlarda ve vakum şartlarında plazma kaplama) kurulması amaçlanmıştır. Kurulan deney düzeneğinde yapılan kaplama işlemi ile malzeme kalınlığında önemli bir değişim olmaması hedeflenmiştir. İnce kaplamanın yapılarak boyutta değişimin oluşmaması boyut değişiminden etkilenen sistemler için önemli bir avantaj olarak görülmektedir.

Plazmayı oluşturmak için değişik yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin kaplama kalitesine etkisi çalışmalara konu olmuştur [1]. Termal püskürtme ile kaplama yöntemleri malzemelerin kaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile elde edilen kaplamalar ile plazma kaplama yöntemi kullanılarak yapılan kaplamaların kaplama kalitesi karşılaştırıldığında plazma kaplamanın daha etkin olduğu saptanmıştır [2]. Plazma kaplama işleminin birçok çeşidi vardır. Yapılan çalışmalarda farklı farklı plazma kaplama yöntemleri kullanılarak bu yöntemler kendi aralarında karşılaştırılmıştır [3]. Bu yöntemlerden ilki atmosferik şartlarda kaplama işlemidir. Atmosferik plazma kaplama işleminde incelenen parametreler plazma tabancası ile alt malzeme arasındaki mesafe, işlem süresi ve plazma gazıdır [4]. Plazma tabancası ile alt malzeme arasındaki mesafe artırıldığında kaplama kalitesinde düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca işlem süresinin yeterli seçilmemesi de aynı sonucu vermektedir. Atmosferik plazma kaplama yöntemiyle ilgili yapılan çalışmalarda plazma işlem parametrelerinin yanında kaplama malzemesi de değiştirilmiş ve kaplama malzemesinin kaplama kalitesine etkisi incelenmiştir [5-6]. İncelenen bir diğer kaplama yöntemi ise vakum şartlarında kaplama işlemidir. Vakum şartlarında kaplama işleminde incelenen konulardan ilki işlem parametrelerinin (toz boyutu, püskürtme mesafesi, plazma akımı, işlem basıncı, gaz bileşimi) kaplama kalitesine etkisidir [7]. Ayrıca vakum şartlarında kaplama işlemi sonucu elde edilen kaplama kalınlığının kaplama kalitesine etkisi de çalışmalara konu olmuştur [8]. Plazma kaplama işlemi sağlık, tekstil gibi birçok sektörde uygulama alanı bulmuştur [9-10]. Stent ömürlerini uzatmak, performansı ve güvenliği artırmak amacıyla stent malzemesi olarak kullanılan paslanmaz çelik üzerine polimer malzeme kaplanmıştır. Böylelikle stent ömründe önemli ölçüde artış elde edilmiştir [11].

2. MALZEME ve METOT

Günümüze kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde aşınma dayanımlarını iyileştirmek amacıyla metalik malzemeler üzerine değişik kaplama yöntemleri kullanılmıştır. Bu kaplama yöntemlerinden en etkinini plazma kaplama yöntemidir. Çalışmalar incelendiğinde kaplama işlemi sonunda kalınlık değişimin meydana geldiği kaplamalar alt malzemeler üzerine uygulanmıştır. Bu çalışmada kalınlık değerinde değişikliğin oluşmadığı metalik alt malzeme üzerine polimer kaplama malzemesinin kaplanabildiği plazma kaplama deney düzeneğinin tasarımı amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada atmosferik şartlarda plazma kaplama işlemi ve vakum şartlarında plazma kaplama işlemi deney düzeneği tasarlanmıştır.

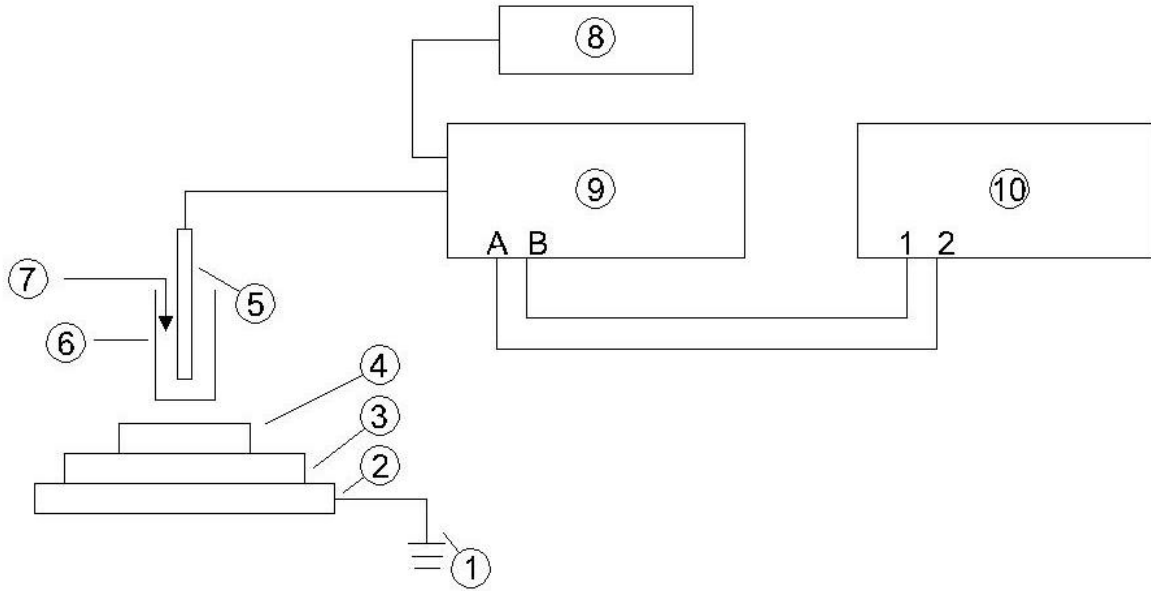
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Atmosferik Şartlarda Plazma Kaplama İşlemi

Atmosferik plazmalar açık hava basıncında meydana gelen plazmalardır. Atmosferik şartlarda plazma işleminin vakum şartlarda plazma işlemine göre en önemli avantajı vakum tertibatına gerek duyulmamasıdır. Ancak atmosferik plazma işleminde kaplama malzemesi elle püskürtüldüğü ve plazma

yüzeye serbest elle uygulandığı için çok iyi kaplama kalitesi elde edilememektedir. Bu nedenle atmosferik plazma ile elde edilen kaplamaların özellikleri vakum plazma ile elde edilen kaplamalara göre daha yetersizdir.

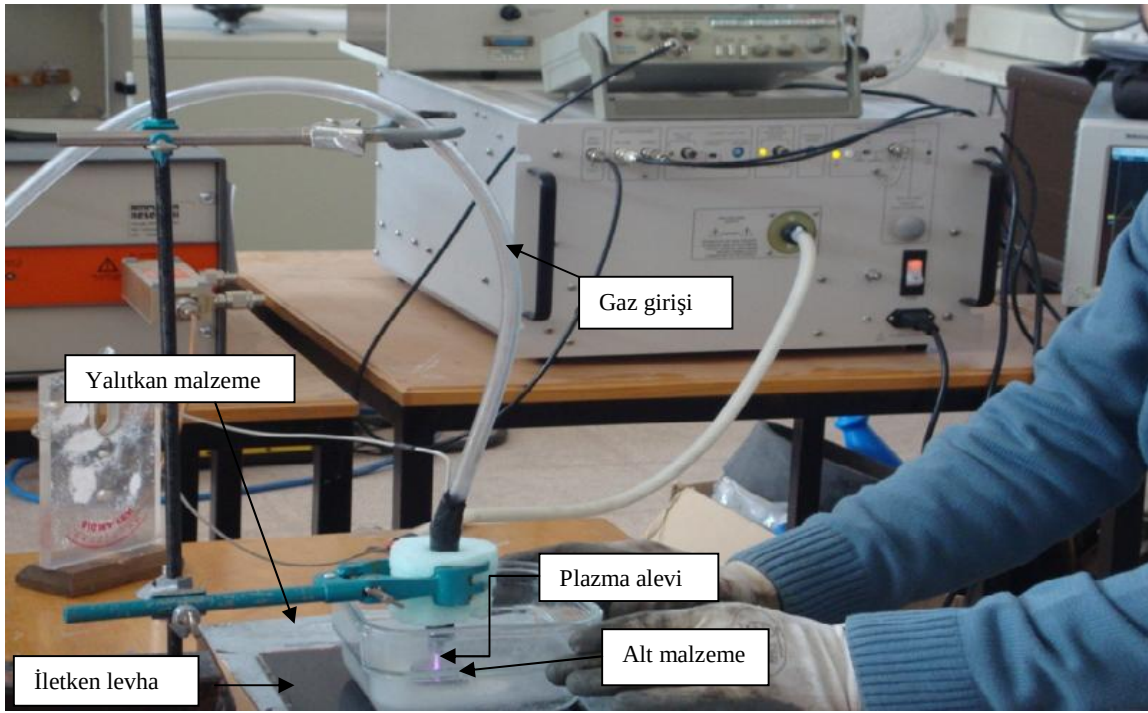
Atmosferik şartlarda plazma kaplama işlemi Süleyman Demirel Üniversitesi Teknokent'te Plazma Araştırma Laboratuvarında (PAL) tasarlanan kaplama düzeneğinde yapılmıştır. Kaplama düzeneği şematik olarak Şekil 1 'de verilmektedir.



Şekil 1. Atmosferik şartlarda plazma kaplama düzeneği (şematik gösterim)

Şekil 1'de verilen düzenekteki elemanlar şu şekildedir: 1. Topraklama; 2. İletken levha; 3. Yalıtkan malzeme; 4. Kaplanacak alt malzeme; 5. Yüksek gerilim uygulanan bakır elektrot; 6. Yalıtkan cam tüp; 7. Gaz girişi; 8. Sinyal üretici; 9. Yüksek gerilim yükseltici; 10. Osiloskop.

Plazma kalemi yalıtkan cam tüpten oluşmakta ve tüp içerisine yüksek gerilim uygulanan bakır elektrot yerleştirilmiştir. Plazma kalemi kaplanacak çelik numune üzerine dik bir şekilde tutturulmuş ve numune ile arasındaki mesafe 20mm olarak sabit ayarlanmıştır. Plazma işlemi uygulanacak olan çelik numune yalıtkan bir malzeme üzerine yerleştirilmiştir. Yalıtkan malzemenin altına konulan iletken bir levha ile topraklanma sağlanmıştır. Escort EFG – 3210 2 MHz sinyal üreticinden gelen sinüzoidal sinyal plazma kaleminin bakır elektrotuna bağlı Trek model 20/20C yüksek gerilim yükseltici ile 2000 kat artırılmakta ve uygulanan akım-voltaj-frekans değerleri Tektronix TDS 7104 model dijital fosfor osiloskop aracılığıyla okunmuştur. Şekil 2'de atmosferik basınçta plazma kaplama düzeneğinde kullanılan plazma kaleminin genel görünüşü verilmektedir. Atmosferik plazma kaplama işlemi deney düzeneğinin genel görünüşü ise Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Atmosferik şartlarda plazma kaplama düzeneğinde kullanılan plazma kaleminin genel görünüşü



Şekil 3. Atmosferik şartlarda plazma kaplama işlemi deney düzeneğinin genel görünüşü

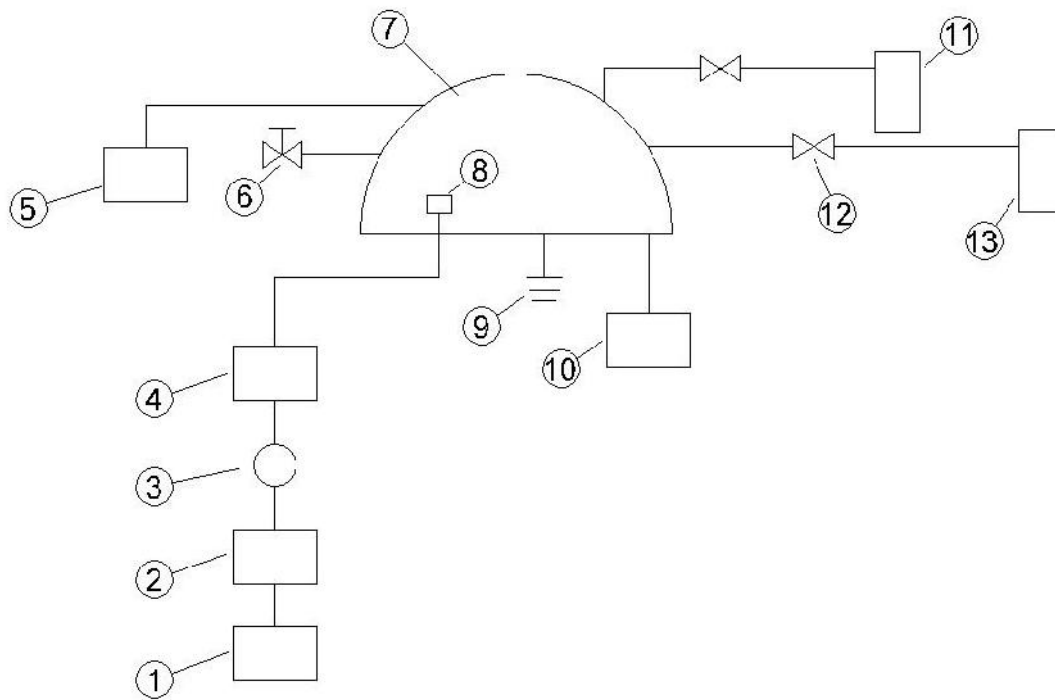
Atmosferik şartlarda plazma kaplama deney düzeneği tasarlanırken bazı plazma işlem parametrelerinin değiştirilebilmesi sağlanmıştır. Bu parametreler seçilirken kaplama kalitesine etki edip etmediği dikkate alınmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde kaplama kalitesine etki eden parametreler plazma uygulama süresi, gaz cinsi, nozul mesafesi ve frekanstır olarak belirlenmiştir [12]. Çalışmada tasarlanan atmosferik şartlarda kaplama deney düzeneğinde değişken olarak belirlenen parametreler gaz cinsi, frekans, işlem süresidir. Böylelikle her bir parametrenin kaplama kalitesine etkisi belirlenebilecektir. Tasarlanan deney düzeneğinde numune yüzeylerini aktive etmek amacıyla yüzey aktivasyon işlemi de yapılabilecektir. Bu deney düzeneğinde kaplama malzemesi alt malzeme üzerine aktivasyon işleminden sonra elle püskürtme şeklinde uygulanabilecektir. Bu durumun kaplama kalitesini olumsuz olarak etkilemesi beklenen bir sonuçtur.

3.2. Vakum Şartlarında Plazma Kaplama İşlemi

Vakum şartlarında plazma kaplama yöntemi kısaca kaplama işleminin vakum altında gerçekleştirilmesi olarak açıklanabilir. Vakum şartlarında plazma kaplama yönteminde en önemli sorun oluşturmak ve oluşan vakumu işlem boyunca sabit tutabilmek için sızdırmazlığın sağlanmasıdır. Vakum çok karmaşık bir olay olup atmosfer basıncın altında bir basınçta kapalı bir çember içinde pompa yardımıyla daha düşük basınç değerlerine indirilmesiyle meydana gelir [13].

Atmosferik basınçta gaz molekülleri birbirlerine çok yakındır ve sabit bir harekete sahip oldukları için çarpışmaları çok kısa mesafede olmaktadır. Bu mesafeye serbest yol adı verilir. Moleküller vakum pompası yardımıyla birbirlerinden uzaklaştırılarak aralarındaki mesafe artırılmış olur. Serbest yol basıncın fonksiyonu olarak değişmektedir. Basınç düştükçe moleküller arası mesafe artacak ve dolayısıyla çarpışma zorlaşacaktır. Bu durum vakum teknolojisinin anlaşılmasını kolaylaştıracaktır [14].

Vakum şartlarında kaplama işlemi için RF vakum plazma deney düzeneği tasarlanmıştır. Deney düzeneği vakum reaktörü, mekanik pompa, basınçölçer, RF ünitesi, basıncı ayarlamakta kullanılan iğne vana, vent musluğu ve gaz giriş vanasından oluşmaktadır. Vakum şartlarında plazma kaplama deney düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 4’de verilmektedir.



Şekil 4. Vakum şartlarında plazma kaplama deney düzeneğinin şematik görünüşü

Şekil 4’de verilen düzenekteki elemanlar şu şekildedir: 1. Sinyal jeneratörü; 2. RF yükselteç; 3. Güç ölçer; 4. Empadans uyumlama ünitesi; 5. Basınç ölçer; 6. Vent musluğu; 7. Vakum çemberi; 8. Elektrot; 9. Topraklama; 10. Vakum pompası; 11. Propan gaz tüpü; 12. İğne vana; 13. Gaz Tüpü

Vakum reaktörü metalden imal edilmiştir ve iç çapı 450 mm, yüksekliği ise 500 mm'dir. Reaktörün bir hattı vakum pompasına bağlanırken diğer hattı kaplama gazı tankına bağlanmıştır. Basınçölçer ile Ar ve He gaz girişi de reaktöre bağlanmıştır. RF ünitesi Agilent ESG vector sinyal jeneratörü, Henry Radio 8K Ultra Linear RF yükseltici, güç ölçer ve empedans uyumlama ünitesinden oluşmaktadır. Uyumlama

ünitesi (P) tipidir ve manuel olarak kontrol edilmektedir. Agilent ESG vector sinyal jeneratörüne RF yükseltici bağlanarak üretilen sinüzoidal sinyallerin güçlendirilmesi sağlanmıştır. RF yükseltici empedans uyumlama ünitesi üzerinden reaktör içerisindeki elektroda bağlanmıştır. RF yükseltici ile empedans uyumlama ünitesi arasına güç ölçer bağlanarak sisteme yüklenen güç değeri okunmuştur. Agilent ESG vector sinyal jeneratörünün frekans değeri 250 kHz ile 4 GHz aralığındadır. Yüzey modifikasyon işlemlerinde 13,56 MHz frekans değeri ön değerler yardımıyla belirlenerek seçilmiştir. Tektronix P6015 yüksek voltaj probu ve Pearson elektronik geniş band akım transformeri tektronix TDS 7104 dijital fosfor osiloskobun sırasıyla 1.ve 2. kanalına bağlanarak plazma ile kaplama işlemi sırasında akım-voltaj değerleri alınmıştır. Vakum şartlarında plazma kaplama işleminde vakum çemberinin genel görünüşü Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 5. Vakum şartlarında plazma kaplama işleminde kullanılan vakum çemberinin genel görünüşü

Çalışmada vakum şartlarında kaplama malzemesi olarak PTFE ve C_3F_6 polimer malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler için oluşturulan vakum sistemi birbirinden farklıdır. Bu nedenle çalışmada her iki polimer malzeme için vakum kaplama düzeneği oluşturulmuştur.

PTFE ile vakum şartlarında kaplama işlemi için 0,8 mm kalınlıkta ve 180 mm çapında disk şekilli çelik elektrot kullanılmıştır. Elektrot kaplanacak alt malzeme yüzeyine paralel yerleştirilecek şekilde tasarlanmış ve reaktör topraklanmıştır. Elektrot ile alt malzeme yüzeyleri arasındaki uzaklık 20 mm olarak ayarlanmıştır. Yüzey aktivasyonu ve kaplama işlemi için yüksek saflıkta (%99,999) Ar ve He gazları kullanılacaktır. Agilent ESG vector marka sinyal jeneratöründen üretilen sinüzoidal sinyaller Henry Radio 8K Ultra Linear marka RF yükseltici ile güçlendirilmesi sağlanmıştır. Uygulanan RF deşarj gücü RF yükseltici ile empedans uyumlama ünitesi arasına bağlanan güç ölçer ile okunacaktır. Tektronix P6015 yüksek voltaj probu ve Pearson elektronik geniş band akım transformeri tektronix TDS 7104 dijital fosfor osiloskobun sırasıyla 1.ve 2. kanalına bağlanarak düşük basınç RF plazma ile kaplama işlemi sırasında akım-voltaj değerleri alınabilmektedir. PTFE vakum şartlarında plazma kaplama işlemi deney düzeneğinin işleme hazır halde genel görünüşü Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. PTFE vakum şartlarında plazma kaplama işlemi deney düzeneğinin işleme hazır halde genel görünüşü

Kaplama işlemi öncesi diğer kaplama yöntemlerinde olduğu gibi vakum reaktörü ve daha önceden hazırlanan alt malzemelerin yüzeyleri yağ, kir ve diğer katı atıklardan arındırılması için etil alkol ile temizlenerek bir süre kurumaya bırakılmalıdır. Daha sonra kaplama işlemi şu şekilde uygulanmalıdır. Öncelikle temizlenip kurutulan numuneler vakum reaktöründe bulunan elektrotun tam altına gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Yüzey aktivasyonu için elektrot ile numune arasındaki mesafe 20mm olarak ayarlanmalıdır. Daha sonra reaktör sızdırmaz bir şekilde kapatılarak vakum pompası ile sistem basıncı 1×10^{-3} torr ($133,322 \times 10^{-3}$ Pa)'a düşürülerek 60 dakika çalıştırılmalıdır. Bu şekilde ortamın inert olması sağlanabilecektir. Numunelere PTFE malzemesi püskürtülmeden önce yüzeyin aktif hale gelerek kaplamanın yüzeye yapışma mukavemetini artırmak amacıyla Argon gaz ortamında yüzey aktivasyon işlemi uygulanması gerekmektedir. Aktivasyon işlemi için reaktöre Ar gazı verilerek iğne vana yardımıyla basınç 10mtorr'a ayarlanacaktır. Sistem aktivasyon işlem basıncına ulaşınca reaktörden 30 dakika boyunca Ar gazı geçirilerek ortamdaki reaksiyona girebilecek oksijen ve azot uzaklaştırılmalıdır. PTFE kaplama işleminde tavsiye edilen yüzey aktivasyon işlem parametreleri şu şekilde seçilmiştir; Süre: 10 dakika; Güç: 180 Watt; Voltaj: 1000mV; Basınç: 10mtorr ve RF frekansı: 13,56 mHz'dir.

Numunelerin yüzey aktivasyonu tamamlandıktan sonra vakum pompası kapatılarak reaktöre bir süre daha argon gazı verilerek sistem basıncı atmosfer basıncı düzeyine getirilerek yüzeydeki radikallerin oksijensiz ortamda sönümü sağlanabilecektir. Daha sonra reaktör kapağı açılarak argon gaz ortamında numune yüzeyine PTFE malzeme elle püskürtülebilecektir. PTFE malzeme püskürtme işleminden sonra numuneler elektrotun tam altına gelecek şekilde reaktöre yerleştirilerek reaktör kapağı yeniden kapatılacaktır. Vakum pompası çalıştırılarak ortam basıncı 1×10^{-3} torr'a düşürüldükten sonra bu basınç altında pompa 30 dakika çalıştırılacak böylelikle ortamın inert olması sağlanacaktır. Çalışılmak istenen basınç iğne vana ile ortama helyum ya da argon gazı verilerek ayarlanabilecektir. İşlem yapılacak basınçta kullanılacak plazma gazı reaktörden 5 dakika süresince geçirildiğinde yüzeyler RF deşarj (13.56 MHz) uygulamasına hazır hale getirilmiş olacaktır. PTFE kaplama işleminde alt malzemeler üzerine vakum ortamda plazma işlem süresi, deşarj gücü, basınç ve gaz cinsi parametrelerinde değişiklik yapılarak RF plazma uygulanabilecek şekilde tasarım yapılmıştır.

C_3F_6 vakum kaplama işlemi için tasarımda 2mm kalınlıkta 100mm çapında ve 0,8mm kalınlıkta ve 180mm çapında olmak üzere iki farklı çelik elektrot kullanılması belirlenmiştir. Numuneler elektrotun tam altına gelecek şekilde reaktöre yerleştirilerek alt malzeme yüzeyi ile elektrot arası mesafe sabit (20 mm) olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Ayrıca tasarımda Gaz halde alınan Hekzaflurapropen (C_3F_6) kaplama malzemesi reaktöre sabitlenmiş ve bu şekilde kullanılması sağlanmıştır.

C_3F_6 kaplama işlemi numunelerin yüzey aktivasyonuna tabi tutulması ile başlatılmıştır. C_3F_6 kaplama işlemi için yapılan yüzey aktivasyon işlem aşamaları ve parametreleri PTFE kaplama işlemi için yapılan yüzey aktivasyon işlemi ile aynı gerçekleşecektir. C_3F_6 kaplama işlemi sırasında Argon gazı sadece yüzey aktivasyonu sırasında kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Kaplama malzemesi (C_3F_6) kaplama işlemi sırasında gaz olarak kullanılacaktır. Yüzey aktivasyon işleminden sonra Ar gaz moleküllerinin sistemden uzaklaştırılması amacıyla sistem basıncı 1×10^{-3} torr'a düşürülerek ve bu basınç altında 30 dakika boyunca çalıştırılacak şekilde ayarlanmıştır. Ortama C_3F_6 monomeri verilerek ve ortam basıncı iğne vana ile ayarlanacaktır. Ortamın inertliğinin sağlanması amacıyla reaktöre 5 dakika boyunca gaz vermeye devam edilmelidir.

Vakum şartlarında plazma kaplama işleminde kaplama kalitesine etki eden faktörler basınç, güç, işlem süresidir. Bu nedenle çalışmada bu plazma işlem parametreleri değiştirilebilecek şekilde tasarım yapılmıştır. Kaplama işlem parametrelerinden olan işlem basıncı seçilirken çok düşük basınç seçilirse atom ve molekül sayılarında düşüş meydana gelir ve ayrıca argon verildiğinde yüzeyden C atomları kopararak yapışma mukavemetine kötü yönde etki eder. Bu durum dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır.

Düşük basınç RF plazma ile kaplama işlemi sırasında Tektronix P6015 yüksek voltaj probu ve Pearson elektronik geniş band akım transformeri tektronix TDS 7104 dijital fosfor osiloskobun sırasıyla 1.ve 2. kanalına bağlanarak akım voltaj değerleri alınacaktır.

4. TARTIŞMA

Makine elemanlarında aşınma istenmeyen bir durumdur. Aşınmayı azaltmak için kullanılan en yaygın yöntem yağlayıcı kullanmaktır. Yağlayıcının özelliğinin kaybolması, yağlayıcının neden kirlilik nedeniyle yağlayıcıya ihtiyaç duyulan bölgeleri değişik yüzey kaplama yöntemi kullanarak kaplayarak aşınmayı azaltmak günümüz çalışmalarına konu olmuştur. Çalışmalarda kullanılan kaplama yöntemlerinden birisi de plazma kaplama yöntemidir. Plazma kaplama yönteminin birçok çeşidi mevcuttur. Bu çalışmada plazma kaplama yöntemlerinden olan atmosferik şartlarda ve vakum şartlarında plazma kaplama sisteminin oluşturulması ele alınmıştır.

Çalışmada deney düzeneği oluşturulan ilk yöntem atmosferik şartlarda plazma kaplama yöntemidir. Atmosferik plazmalar açık hava basıncında meydana gelen plazmalardır. Bu yöntemin en önemli avantajı vakum tertibatına gerek duyulmamasıdır. Atmosferik plazma işleminde plazma yüzeye serbest elle uygulandığı için ve kaplama malzemesi elle püskürtüldüğü için homojen kaplama elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle atmosferik şartlarda yapılan kaplamalar istenilen kalitede elde edilmemesi beklenen bir sonuçtur. Çalışmada tasarlanan atmosferik şartlarda plazma kaplama sisteminde kaplama işlem parametrelerinin kaplama kalitesine etkisinin belirlenebilmesi için işlem süresi, frekans ve gaz cinsi değiştirilebilen parametreler olarak belirlenmiştir.

Çalışmada atmosferik şartlarda plazma kaplama işleminin yanında malzemelere vakum şartlarında plazma kaplama işlemi yapılabilmesi için vakum şartlarda plazma kaplama düzeneği tasarlanmıştır. Vakum şartlarında plazma kaplama sisteminin kurulmasında karşılaşılan en önemli sorun vakumun oluşturulması ve oluşturulan vakumun işlem boyunca sabit tutulabilmesi için sızdırmazlığın sağlanması

olmuştur. Vakum şartlarında plazma kaplama işleminde istenilen ve doğru basınç değerlerine ulaşılması kaplamanın kalitesine önemli ölçüde etki etmektedir. Çünkü düşük seçilen basınç yapışma mukavemetini düşürmektedir. Bu nedenle çalışmada vakum şartlarında plazma kaplama sistemi tasarlanırken vakumun sağlanması ve doğru basınç değerinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Tasarlanan sistemde basınç 1×10^{-3} torr olarak elde edilebilmiştir. Ayrıca çalışmada sistem iki farklı kaplama malzemesi (PTFE ve C_3F_6) kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bunun nedeni kaplama malzemelerinden birinin malzeme yüzeyine elle püskürtülmesiyle, diğerinin ise vakum ortamına gaz şeklinde verilerek kaplamanın yapılabilmesidir. Vakum şartlarında kaplama sistemi tasarlanırken kaplama işlem parametrelerinin kaplama kalitesine etkisinin belirlenebilmesi için bu konuda yapılan çalışmalar da incelenerek plazma işlem süresi, deşarj gücü ve basınç gibi parametreler değişken olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada tasarlanan sistemler incelendiğinde; atmosferik şartlarda plazma kaplama işlemi açık hava şartlarında gerçekleştiği ve açık hava şartlarının olumsuz etkileri engellenemediği için istenilen kalitede kaplama elde edilmesi mümkün olmayacağı düşünülmektedir. Vakum şartlarında kaplama işleminde ise vakumun oluşturulup ve devamlılığı sağlandığında homojen kaplama elde edilmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmayla atmosferik şartlarda plazma kaplama ve vakum şartlarında plazma kaplama sistemi tasarlanarak kaplama yönteminin kaplama kalitesine etkisinin belirlenmesi ve ayrıca tasarlanan bu sistemler ile farklı plazma işlem parametreleri kullanılarak kaplamalar yapılarak plazma işlem parametrelerinin kaplama kalitesine etkisinin incelenmesi sağlanmıştır.

6. KAYNAKLAR

1. Liu, C.Z., Wu, İ.Q., Ren, L.Q., Jong, J., Li, J.Q., Cui, N., Brown, N.M.D., Meenen, B.J.,2004. Comparative study on the effect of RF and DBD plasma treatment on PTFE surface modification. *Materials Chemistry and Physics*, 85,340-346.
2. Leiovo, E., Wilenus, T., Kimos, T., Vuaristo, P., Möntl, T.,2004. Properties of thermally sprayed fluoropolymer PVDF, ECTFE, PFA and FEP coatings. *Progress in organic coatings*, 49,69-73.
3. Fei, X., Niu, Y., Ji, H.,Huang, L., Zheng, X.,2010. A comparative study of $MoSi_2$ coatings manufactured by atmospheric and vacuum plasma spray processes. *Ceramics International*, 37 (3),813-817.
4. Marcinauskas, L., Silinskas, M., Grigonis, A.,2010. Influence of stand off distance on the structure and properties of carbon coatings deposited by atmospheric plasma jet. *Applied Surface Science*, 257(7),2694-2699.
5. Özel, S., 2009. Alüminyum Alaşımı ve Bronzu Yüzeyine Oksit ve Karbür Bileşiklerinin Plazma Sprey Yöntemiyle Kaplanması Araştırılması. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 164,Elazığ.
6. Tian, W., Wang, Y., Yang, Y.,2009. Three body abrasive wear characteristics of plasma sprayed conventional and nanostructured Al_2O_3 - 13% TiO_2 coatings. *Tribology International*,43 (5-6),876-881.

7. Gerçekcioğlu, E., Kurban, A. O., Nair, F.,1999.Vakum Altında Plazma Sprey Yöntemi İle İmalat Çelikleri Üzerine Kaplama İşlemi Ve Buna Etki Eden Faktörler. Makina-İmalat Teknolojileri Sempozyumu, 14-15 Ekim, Konya, 167-174.
8. Samad, A., M., Satyanarayana, N., Sinha, S.K.,2010. Tribology of UHMWPE film on air-plasma treated tool steel and the effect of PFPE overcoat. Surface & Coatings Technology, 204,1330–1338.
9. Evcin, A., Kepekçi, D. B.,Barut, İ.,2009. Hidroksiapatit Tozlarının Plazma Sprey Yöntemiyle Paslanmaz Çelik Üzerine Kaplanması.5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük, Türkiye.
10. Bertaux, E., Marec,E.L., Rossi, R., Hegemann, D.,2009. Effects of siloxane plasma coating on the frictional properties of polyester and polyamide fabrics. Surface and Coatings Techonology,204, 165-171.
11. Touzin, M., Chevallier, P., Lewis, F., Turgeon, S., Holvoet, S., Laroche, G., Mantovani D.,2008. Study on the stability of plasma-polymerized fluorocarbon ultra-thin coatings on stainless steel in water. Surface & Coatings Technology, 202,4884–4891.
12. Sahu, S.P., Sctapothy,A., Patrick, A., Sreekumar, K.P., Ananthapadmanabhan, P.U.2010. Development characterization and erosion wear response of plasma sprayed fly-ash aluminium coatings. Materials and Design, 31, 1165-1173.
13. Zhang,Y., Chen, Z., Wang, L., Yan, B., Li, C., Fang, D., 2009. Phase and microstructure of tungsten coating on C/C composite prepared by double-glow plasma.Fusion Engineering and Design,84, 15–18.
14. The Vacuum Lab, A Journal of Pratical and Useful Vacumm Techonology, CreatingVacuum,EriřimTarihi:10.07.2012.<http://www.vacuumm.com/Articles/Creating%20A%20Vacuum.pdf>.