# ATMOSFERİK PLAZMA SPREY YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN FARKLI SERAMİK KAPLAMALARIN KURU AŞINMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

*Ali AVCI[1], Aysegül AKDOGAN EKER[1], Muhammet KARABAŞ[2], Emre BAL[3]*

*[1]Yildiz Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul / Türkiye*

*[2]Hakkari Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Hakkâri / Türkiye*

*[3]Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya / Türkiye*

**Öz: Giriş:** Seramik malzemeler, yüksek sertlik, yüksek termal-korozyon dayanımları ve düşük özgül ağırlık gibi özelliklerinden dolayı metal veya plastik üzerinde kaplanaraktan birçok avantaj sağlarlar. Alümina, zirkonya, titanya, silika veya serya gibi oksitli seramik kaplamalar malzemelerin aşınma ve erozyon dayanımlarını iyileştirmek için çok yaygın kullanılan malzemelerdir. Aynı zamanda bu kaplamalar yüksek termal genleşme katsayısı, yüksek tokluk, yüksek rijitlik, yüksek aşınma dayanımı ve düşük termal iletkenlik gibi özelliklerinden dolayı başta zirkonya olmak üzere gaz türbinleri ve motor kısımlarında sıcaklığa maruz kalan parçaların korunması içinde kullanılmaktadır. Gaz türbinlerinde yüksek sıcaklığa maruz kalan, aktarma kısımları, türbin kanatları, roket nozulleri, egzoz sistemleri, rulmanlar, halkalar ve burçlarda içten yanmalı motorlarda ise, piston silindir başları, valfler, yanma odası iç çeperi ve egzoz sistemlerinde kullanılmaktadır. Gaz türbin giriş sıcaklıkları her geçen gün artmaktadır bundan dolayı her geçen gün seramik malzemeler üzerine yapılan çalışmalar da artmaktadır. Seramik kaplamak motor verimi artırır, motor ömrünü uzatır, yakıt tüketimi ve gaz emisyonunu azaltır. 1000 uçak üzerinde yapılan çalışmada seramik kaplı gaz türbini parçaları sayesinde bir yılda 150 milyon yakıt tasarrufu yapılmıştır. Plazma sprey yöntemi kaplamalara, iyi tribolojik davranış ve yüksek aşınma dayanımı sağlamaktadır. Plazma sprey seramik kaplamaların aşınma ve sürtünme davranışları büyük oranda kaplamanın birleşimi ve porozite, morfoloji, mikro çatlaklar, dağılım gibi mikro yapısal özellikler ile ilgilidir. **Amaç:** Bu araştırma Termal bariyer kaplamaların pin on disk cihazı ile iki farklı yükte, sabit çevresel hız ve sabit çevrim sayısındaki kuru aşınma davranışını incelemek amacıyla yapılmıştır. **Kapsam:** Üretilen kaplamalar aşınmaya ve sıcaklığa aynı anda maruz kalan yerlerde bilinen malzemelere alternatif olarak kullanılabileceğinden kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Yapılan araştırmada ağırlıkça eşit olarak karıştırılan seryum oksit($CeO_2$) titanyum oksit($TiO_2$)CT, seryum oksit itriya ile kararlı zirkonya(CYSZ), CYSZ alümina($Al_2O_3$), CYSZ $Al_2O_3$ titanyum di oksit ($TiO_2$), itriya ile kararlı zirkonya (YSZ), YSZ+$Al_2O_3$, YSZ+$TiO_2$+$Al_2O_3$ tozları kaplanarak 7 farklı kaplama üretilmiştir. Kaplamaları oluşturan tozların aşınma karakteristiğine, aşınma oranına ve sürtünme katsayısına etkileri incelenmiştir. **Sınırlıklar:** Aşınma oranı hesabı, kütle kaybı ve aşınma iz genişliği yöntemleri ile bulunup karşılaştırılmıştır ayrıca profilometre ile aşınma izlerinin profilleri çıkarılmamıştır. **Yöntem:** Kaplamalar AISI 304 paslanmaz çelik üzerine yüksek hızlı oksijen ve yakıt yöntemi ve atmosferik sprey plazma(APS) yöntemi ile kaplanmıştır. Seramik tozlar ticari olarak metco firmasından tedarik edilmiş ve değişken mikron seviyesinde boyutlara sahiptirler. Tozlar kaplamadan önce bir değirmen yardımıyla karıştırılaraktan hibrit haline getirilip daha sonra kaplanmışlardır. Aşınma testi öncesi kaplamaların ortalama

yüzey pürüzlülüklerinin 0,8 µm'den küçük olması için zımparalama ve parlatma işlemleri yapılmış olup yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Aşınma testi ASTM G99-04'e göre pin on disk cihazında (Tribo Tester , France) 143 rpm hızda ve en az 8000 çevrim olarak kuru ortamda yapılmıştır. Aşınma testinde 4N, 8N değişken yükler ve 6mm çapında alümina bilye kullanılmıştır. Aşınma testi sonrası oluşan izlerin kalınlıkları ışık mikroskobu yardımıyla ölçülmüştür. Aşınma oranı hesabı ASTM G99-04'e göre hem iz çapından hem de kütle kaybından yola çıkarak hesaplanmıştır. Üretilen kaplamaların yüzey görüntüleri aşınma öncesinde ve sonrasında taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiş olup mikro yapı ve aşınma karakteristiği irdelenmiştir. Aşınan izlerden EDS analizi yapılarak aşınma şekli hakkında bilgi sahibi olunmuştur. **Bulgular:** Üretilen kaplamaların kesit SEM fotoğrafları incelendiğinde APS yönteminden olması gereken lamiler ve boşluklu bir mikro yapı görülmüştür. Yüzey görüntülerinde ise kaplamalarda mikro çatlaklar, yarı ergimiş tozlar ve boşluklar gözlemlenmiştir. Aşınma testi sonrası yüzey SEM fotoğraflarında adhesive, abrazif, yorulmalı aşınma izlerine rastlanmıştır. 4N yük altında, en yüksek sürtünme katsayısı YSZ +$Al_2O_3$ ve CYSZ numunelerinde görülürken en düşük sürtünme katsayısı ise CYSZ+$Al_2O_3$+$TiO_2$ numunesinde görülmüştür. 8N yük altında, en yüksek YSZ+ $Al_2O_3$ ve $Ce_2O_3$+$TiO_2$ numuneleri en düşük sürtünme katsayısı ise CYSZ+$Al_2O_3$ numunesinde görülmüştür. **Sonuç:** Çalışma sonunda, alümina ilavesi ile kaplamaların aşınma oranının belirgin şekilde azaldığı görülmüştür. Bazı numunelerde yük artmasına rağmen aşınma oranında belirgin artış olmamıştır bu numunelerin SEM fotoğrafları incelendiğinde sıvama şeklinde bir aşınmanın meydana geldiği anlaşılmıştır. Ayrıca izlerden Aşınma izinden yapılan EDS analizlerinde aşındırıcı kürede bulunan elementlere rastlanmış olması adhesive aşınma oluştuğunu göstermektedir. CYSZ, CT ve YSZ+$Al_2O_3$ numunelerinde yükün artması sürtünme katsayısının ve aşınma oranının azalmasına neden olmuştur.

***Anahtar Kelimeler:*** Aşınma, Seramik Kaplamalar, Termal Bariyer Kaplamalar