

Plazma nitrülenmiş sert metal plakette performans araştırması

Ufuk ÖZDEMİR*, Muzaffer ERTEN

İTÜ Makine Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 34439, Gümüşsuyu, İstanbul

Özet

Bu çalışmada, talaş kaldırmada kullanılan sinterlenmiş karbür plakette değişik nitrüleme şartları altında iyon nitrülenmişler ve belli talaş kaldırma şartları altında kullanılarak ömür performansları araştırılmıştır. Diğer bir ifadeyle plazma nitrülenmenin plakette performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, sert metal plakette değişik nitrüleme parametreleri (sıcaklık, süre ve gaz karışım oranı) altında nitrülenmişler ve nitrüleme sonrasında plakette özelliklerinde (yüzey sertliği, yüzeyde oluşan tabaka kalınlıkları, sürtünme katsayısı) meydana gelen değişimler izlenmiştir. Ayrıca nitrülenmiş ve nitrülenmemiş plakette talaş kaldırma deneylerine tabii tutularak, plakette aşınmaları ölçülmüştür. Böylece nitrüleme parametreleri ile plakette özelliklerinde meydana gelen değişimler ilişkilendirilerek, iyon nitrülenmenin plakette performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plazma (iyon) nitrüleme, yüzey sertliği, sürtünme katsayısı, serbest yüzey aşınması.

Effect of plasma (ion) nitriding on performance of cemented carbide tool inserts Abstract

In this study, inserts ion nitrided in various conditions, are used in certain cutting conditions in order to investigate life performance. In other words the effect of ion nitriding on cemented carbide tool insert performance is investigated. Therefore, inserts are ion nitrided in various nitriding parameters such as nitriding time, nitriding temperature and gas mixture ratio. Each insert surface hardnesses were measured before and after plasma nitriding experiments. At the same time untreated insert surface hardnesses were also measured. Cutting process experiment has been started after nitriding experiments. Untreated inserts were also used in the same cutting operation. Flank wear of nitrided and untreated inserts were also measured. It is known that plasma nitriding has been particularly effective in improving tribology properties and wear resistances. Therefore, friction coefficient of nitrided and untreated inserts were measured. Compound layer thickness and diffusion layer thickness of nitrided inserts were also measured and related to the nitriding parameters. Finally, inserts were nitrided in sistematically changed nitriding conditions and experimented under certain cutting processing conditions. At the same time, surface hardness, friction coefficient, flank wear, thickness of compound layer and thickness of diffusion layers were measured at a suitable time. By this way, the effects of ion nitriding parameters on cemented carbide tool inserts is investigated.

Keywords: Plasma (ion) nitriding, surface hardness, friction coefficient, flank wear.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Ufuk ÖZDEMİR. u.ozdemir@hho.edu.tr, Tel: (212) 663 24 90 dahili: 4319.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Makina Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Plazma (iyon) nitrülenmiş sert metal plakette performans araştırması" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 10.12.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 28.12.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.07.2006 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

1960'lı yıllardan itibaren uygulama alanı bulan plazma (iyon) nitrüleme, diğer yüzey sertleştirme yöntemlerine göre nispeten yeni bir yöntem olmakla birlikte, günümüze pek çok alanda uygulanmaktadır. Bunun temel nedeni diğer yüzey sertleştirme yöntemlerine göre sağlamış olduğu üstünlüklerdir. Bu üstünlükler içinde en önemlileri kuşkusuz, sadece iş parçasının ısıtılması ve aynı yüzey sertliği için işlem süresinin daha kısa olması nedeniyle sağlanan enerji tasarrufudur. Bunun yanı sıra, işlem sırasında ölçü değişimi ve deformasyon riskinin minimum düzeyde olması, düşük basınçlarda çalışıldığından gaz tasarrufunun maksimum düzeyde olması, nitrürasyon yapılması istenilmeyen yani sertleşmesi istenmeyen yüzeylerin mekanik olarak izolasyonunun mümkün olması, gaz veya diğer atıklarla çevreyi kirletmemesi, insan sağlığı açısından zararlı olmaması, nitrüleme parametrelerinin dolayısıyla işlemin otomasyona uyumlu olması, iş parçası üzerindeki tüm girinti, çıkıntı ve delikler üzerinde homojen bir azot difüzyonunun sağlanabilmesi, nitrülenecek parçanın büyüklüğü ve ağırlığının önemli olmaması da bu yöntemin sağlamış olduğu diğer üstünlüklerdir (Özdemir ve Erten, 2003).

İyon nitrürasyonla elde edilen yüzey tabakası özelliklerini etkileyen bir çok faktör vardır. Bu konuda yapılan çalışmaların büyük bölümünü, işlem parametreleri adı verilen bu faktörlerin, yüzey tabakası üzerindeki etkisinin incelenmesi ve bu tabakanın malzemenin cinsine ve çalışma koşullarına bağlı olarak performansının araştırılması oluşturmaktadır. Alsaran ve Çelik (1998), AISI 5140 çeliğini değişik nitrüleme şartları altında iyon nitrürlemişler, nitrürasyon sonrasında elde edilen yüzey sertliğinin büyük ölçüde nitrüleme sıcaklığına bağlı olduğunu, uzun nitrüleme sürelerinde temperleme ve çökelti büyümesi nedeniyle sertliğin azaldığını belirtmişlerdir. Karamış (1991), AISI H13 malzemeyi, farklı sıcaklık ve sürelerde iyon nitrürleyerek aşınma davranışını ve mikro-yapısal özelliklerini incelemiş, nitrüleme sonucunda oluşan tabaka özelliklerinin gaz karışım oranı, nitrüleme sıcaklığı ve nitrüleme süresine bağlı olduğunu, bileşim tabakası oluşumunda

en etkili parametrenin nitrojen miktarı olduğunu, nitrojen miktarının azalmasıyla birlikte bileşim tabakasının oluşmadığını ve sadece difüzyon bölgesinin oluştuğunu, kalın bileşim tabakasının gevrek yapısından dolayı pul pul dökülerek aşınmayı hızlandırdığını ve ince bileşim tabakasının nispeten daha sünek yapısı nedeniyle aşınma dayanımını iyileştirdiğini belirtilmiştir. Sakamoto ve diğerleri (2001), kesme takımlarını iyon nitrürlemişler ve takım performansını incelemek amacıyla talaş kaldırma deneyleri yapmışlar, iyon nitrülemeyle takımın yüzey sertliğinin artırılabilirliğini, takımın aşınma dayanımında ve kesme performansında iyileşme olduğunu, bunun paralelinde takım ömrünün arttığını belirtmişlerdir.

Peng (1989), nitrokarbürleme ve iyon nitrüleme gibi yüzey sertleştirme yöntemlerinin, DIN 5CrMnMo malzemenin abrazyon aşınma direnci üzerindeki etkisini incelemiş, geleneksel yüzey sertleştirme yöntemlerine göre iyon nitrülemenin abrazyon aşınma direncinde önemli bir artış sağladığını, aynı zamanda düşük bir sürtünme katsayısı ve plastik deformasyona karşı yüksek bir direnç sağlandığını, nitrokarbürlemeyle elde edilen yüzey özelliklerinin de geleneksel yüzey işlemlerine göre daha iyi olduğunu, ancak iyon nitrülemeyle elde edilen özellikler kadar iyi olmadığını belirtmiştir.

Karamış (1993), aynı sürede 3 farklı sıcaklıkta nitrürlenmiş AISI 722M24 çeliğinin yüksek sıcaklıktaki aşınma davranışını incelemiş, iyon nitrülemeyle aşınma direncinin artırıldığını, nitrürlenen parçanın kimyasal bileşiminin de yüzey sertliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, nitrür oluşturma kabiliyeti yüksek alaşım elementleri içeren malzemelerde daha yüksek yüzey sertliği elde edilebildiğini, bileşim tabakası kalınlığının artmasıyla aşınma hızının arttığını, yüksek yüzey sertliği ve ince bir bileşim tabakasına sahip bir yüzeyin aşınma davranışının daha iyi olduğunu, nitrürlerin sadece yüksek yüzey sertliği değil aynı zamanda düşük bir dinamik sürtünme katsayısı sağladığını açıklamıştır.

Karamış (1991), farklı sıcaklık ve sürelerde iyon nitrürlenmiş çeliğin kuru sürtünme şartları altın-

daki tribolojik davranışını incelemiş, aşınma direncindeki artışın nitrürleme süresi ve sıcaklığına göre farklılık gösterdiğini, aşınma hızının yüzey sertliği ve difüzyon tabakası kalınlığının bir fonksiyonu olduğunu, ancak yüzey sertliğinin aşınma hızı üzerindeki etkisinin daha büyük olduğunu, yağlayıcının bulunduğu ortamlarda beyaz tabakanın gözenekli yapısının yağ deposu olarak görev yapması nedeniyle tribolojik özellikleri iyileştirdiğini, ancak kuru sürtünme koşullarında beyaz tabakanın parçalanarak abraziv aşınmaya katkıda bulunduğunu ve bu nedenle kuru sürtünme koşullarında çalışacak yüzeylerde beyaz tabaka oluşmasının istenmediğini belirtmiştir.

Gu ve diğerleri (1999) kaplanmış (TiN, TiAlN, ZrN) ve kaplanmamış karbür plaketterle frezelenme deneyleri yapmışlar, serbest yüzey aşınmasını performans kriteri olarak esas alarak, düşük kesme hızlarında ağız birikintisinin meydana geldiğini, belli bir kesme hızının üzerinde ağız birikintisinin oluşmadığını, yüksek kesme hızlarında difüzyon esaslı aşınma mekanizmalarının etkili olduğunu, takım ömrünün ilerleme hızından daha çok kesme hızındaki değişime duyarlı olduğunu, aşınmaya karşı en dayanıklı takımın TiAlN kaplanmış takım olduğunu, kaplamanın cinsine ve talaş kaldırma şartlarına bağlı olarak %70'lere varan ömür artışı sağlanabildiğini belirtmişlerdir.

Nickel ve diğerleri (2000), yüksek hız çeliğinden yapılmış matkabı iyon nitrürledikten sonra PVD yöntemiyle TiN kaplamışlar ve ticari olarak kullanılan TiN kaplı matkapla karşılaştırma yapmışlardır. Performans kriteri olarak, serbest yüzey aşınmasının belirlediği takım ömrünü esas almışlardır. Ön nitrürleme yapıldıktan sonra TiN kaplanmış takımın, sadece TiN kaplanmış takıma göre daha yüksek bir ömre sahip olduğunu, ön nitrürlemenin kaplama ile asıl malzeme arasındaki bağı güçlendirdiğini belirtmişlerdir.

Haron ve diğerleri (2001) kaplanmamış ve çok tabakalı kaplanmış (içten dışa doğru TiCN, Al₂O₃, TiN) karbür takımın serbest yüzey aşınma davranışını incelemişler, kaplanmış takım

aşınma hızının kaplanmamış takıma göre çok düşük olduğunu, kaplanmış takım serbest yüzey aşınmasının daha kararlı olduğunu, talaş kaldırma sırasında uygun özellikte soğutucu sıvı kullanılmasının takım ömrünü arttırdığını, kaplanmış takım için yüksek kesme hızlarında aşınma mekanizmasının abrazyon aşınmasından termal aşınmaya dönüşmesi nedeniyle takım ömrünün azaldığını, kaplamanın takım ömrünü talaş kaldırma deneylerinin yapıldığı şartlar için yaklaşık %33 arttırdığını belirtmişlerdir.

Imbeni ve diğerleri (2001) M2 takım çeliğini nitrürledikten sonra PVD yöntemiyle çok farklı kombinasyonlarda tabakalı kaplamışlar ve tribolojik özellikleri incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda çok tabakalı kaplama ile abraziv aşınma direncinde %45, talaş kaldırma performansında ise %50 iyileşme sağlandığını belirtmişlerdir.

Batista ve diğerleri (2002) plazma nitrürlenmiş ve nitrülenmemiş H13 sıcak iş çeliğini PVD (Physical Vapour Deposition-Fiziksel Buhar Çöktürme) yöntemiyle TiN kaplamışlar ve iki farklı özellikteki yüzeyin aşınma direncini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda; plazma nitrürleme sonrasında yapılan TiN kaplamanın daha iyi bir aşınma davranışı sergilediğini, bunun nedeninin PVD kaplama öncesi yapılan plazma nitrürleme sayesinde ana malzeme ile kaplama arasında bağı güçlenmesi olduğunu, plazma nitrülemeyle aşınma direncinin yaklaşık %47 arttığını belirtmişlerdir.

Özdemir ve Erten (2004), sinterlenmiş karbür sert plakette takımları değişik plazma nitrürleme şartları altında nitrürlenmişler ve takımlarda meydana gelen sürtünme katsayısı değişimini nitrürleme parametreleri ile ilişkilendirmişlerdir. Tüm nitrürleme şartları için sürtünme katsayısının azaldığını, bu azalma miktarının nitrürleme parametrelerine bağlı olarak yaklaşık %11 ile %70 arasında değiştiğini, bu değişimde en etkili olan parametrenin sıcaklık olduğunu, değişimde en az etkili olan parametrenin ise süre olduğunu, en düşük sürtünme katsayısının yüksek nitrürleme sıcaklığında daha kısa nitrürleme süreleriyle yada düşük nitrürleme sıcaklıklarında daha

uzun nitrüleme ile sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, sinterlenmiş karbür plaketer, sistematik olarak değiştirilen nitrüleme parametreleri (nitrüleme süresi, nitrüleme sıcaklığı ve gaz karışım oranı) altında iyon nitrülenmişler ve belli kesme şartları altında talaş kaldırma deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu süreç içerisinde uygun zamanlarda plaketerin yüzey sertlikleri, yüzeyde oluşan tabaka kalınlıkları, sürtünme katsayısı ve serbest yüzey aşınma miktarları ölçülmüştür. Deneyler sonucunda elde edilen verilerin tasnif edilmesi, analizi ve yorumlanması için istatistiksel analiz yapılmıştır. Bu amaçla istatistik araçlarından korelasyon ve ortalama değer analizi kullanılmıştır. Böylece sistematik olarak değiştirilmiş plazma nitrüleme parametrelerinin, plaket performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Deneyler

Plazma nitrülenecek malzeme olarak talaşlı imalatta kullanılan sinterlenmiş karbür plaketer kullanılmıştır. Bu amaçla TPKN 2204 plaket seçilmiştir. Bu takımın seçilmesinde etkili olan kriter, bu plaketerin nitrür oluşturu elementler açısından uygun kimyasal bileşime sahip olmasıdır. Plaketin kimyasal bileşiminde WC, Ta(Nb)C ve TiC bulunmaktadır.

İyon nitrüleme deneyleri

Plazma nitrüleme sonrasında elde edilen yüzeyin mikroyapısı ve tribolojik özellikleri, nitrüleme parametreleri adı verilen bazı değişkenlere bağlıdır. Bu parametreler arasında mikroyapı ve tribolojik özellikler üzerinde en etkili olanları, nitrüleme sıcaklığı, nitrüleme süresi, gaz karışım oranı ve nitrülenen malzemenin cinsidir (Özdemir ve Erten, 2003). Plazma nitrüleme parametrelerinin plaket özellikleri ve performansı üzerindeki etkisini inceleyebilmek için, nitrüleme parametreleri, deney tertibatının izin verdiği en dar aralıklarda sistematik olarak değiştirilmiştir. Herhangi bir nitrüleme parametresinin plaket performansı üzerindeki bağımsız etkisini görebilmek için, diğer tüm parametreler sabit tutularak, plaket performansı üzerindeki

bağımsız etkisi araştırılan ilgili parametre sistematik olarak değiştirilmiştir. Nitrüleme parametresinin alt ve üst sınırlarının belirlenmesinde, bu konuda daha önceden yapılmış çalışmalardan elde edilen veriler, literatür taraması sonrasında elde edilen bilgiler ve bu konuyla ilgili çalışmalar yapmış kişilerle yapılan görüşmeler etkili olmuştur. Bu kriterler dikkate alınarak tespit edilmiş plazma nitrüleme parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

Yüzey sertliği ölçümleri

Yüzey sertliği mikrosertlik cihazında 1000 gr.lık kullanılarak ölçülmüştür. Her bir plaket için 4 farklı noktadan yüzey sertliği ölçülmüş ve bunların ortalaması alınmıştır. Nitrülenmiş plaketerin yüzey sertliği Tablo 2’de verilmiş olup, nitrülenmemiş plaketerin yüzey sertliği 1500 HV’dır.

Sürtünme katsayısı ölçümleri

Sürtünme katsayısı pin-on-disk tipi sürtünme ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Bu cihaz, biri sabit diğeri dönel iki disk arasındaki sürtünme kuvvetinin ölçülmesi ve bilinen normal kuvvete göre sürtünme katsayısının hesaplanması esasına göre çalışmaktadır. Oda sıcaklığında, kuru sürtünme şartlarında, çelik-sinterlenmiş karbür malzeme çifti arasında, 45 N’luk normal kuvvet ve 600 d/d’lık dönme hızı altında tüm numunelerdeki sürtünme kuvveti ölçülmüştür, buna göre sürtünme katsayısı hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan nitrülenmiş plaketerlere ait sürtünme katsayısı Tablo 2’de verilmiş olup, nitrülenmemiş plaketerin aynı şartlardaki sürtünme katsayısı 0.478’dir.

Tabaka kalınlıklarının ölçülmesi

Tabaka kalınlıklarının ölçümü öncesinde, plaket yüzeylerine bir dizi ön işlem uygulanmıştır. Bu işlemler sırasıyla taşlama, zımparalama, alüminyum oksit ve sonrasında krom oksitle kaba parlatma, elmas pastayla ince parlatma ve ısıtılmış plaket yüzeyleri 25 cc HNO₃+75 cc Etil Alkol karışımı kullanılarak 30 saniye süreyle dağlamadır. Böylece plaketerin yüzeyleri mikroskop altında incelenmeye hazır hale getirilmiştir. Yüzeyde oluşan tabakaların kalınlıkları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Plazma nitrürleme parametreleri

| Numune No | Gaz Karışım Oranı | Sıcaklık (°C) | Süre (saat) |
|-----------|---|---------------|-------------|
| 1 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 500 | 1 |
| 2 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 500 | 2 |
| 3 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 500 | 4 |
| 4 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 500 | 6 |
| 5 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 500 | 8 |
| 6 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 550 | 1 |
| 7 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 550 | 2 |
| 8 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 550 | 4 |
| 9 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 550 | 6 |
| 10 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 550 | 8 |
| 11 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 600 | 0.5 |
| 12 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 600 | 1 |
| 13 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 600 | 2 |
| 14 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 600 | 4 |
| 15 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 600 | 6 |
| 16 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 600 | 8 |
| 17 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 650 | 1 |
| 18 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 650 | 2 |
| 19 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 650 | 3 |
| 20 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 650 | 4 |
| 21 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 650 | 8 |
| 22 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 700 | 1 |
| 23 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 700 | 2 |
| 24 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 700 | 3 |
| 25 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 700 | 4 |
| 26 | %75H ₂ + % 25N ₂ | 700 | 8 |
| 27 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 500 | 1 |
| 28 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 500 | 2 |
| 29 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 500 | 4 |
| 30 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 500 | 6 |
| 31 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 500 | 8 |
| 32 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 550 | 1 |
| 33 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 550 | 2 |
| 34 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 550 | 4 |
| 35 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 550 | 6 |
| 36 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 550 | 8 |
| 37 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 600 | 1 |
| 38 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 600 | 2 |
| 39 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 600 | 4 |
| 40 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 600 | 8 |
| 41 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 650 | 0.83 |
| 42 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 650 | 2 |
| 43 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 650 | 3 |
| 44 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 650 | 4 |
| 45 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 650 | 7 |
| 46 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 700 | 1 |
| 47 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 700 | 2 |
| 48 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 700 | 4 |
| 49 | %50 H ₂ + %50 N ₂ | 700 | 8 |

Tablo 2. İyon nitrürleme sonrasında, nitrürleme parametrelerine bağlı olarak plakelerin değişen özellikleri

| Numune No | Yüzey Sertliği (HV) | Sürtünme Katsayısı | Tabaka Kalınlıkları | |
|-----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------|
| | | | Difüzyon (µm) | Bileşim (µm) |
| 1 | 1616 | 18.5 | 84 | 0 |
| 2 | 1677 | 16.2 | 136 | 0 |
| 3 | 1783 | 14.4 | 210 | 0 |
| 4 | 1683 | 15.8 | 266 | 0 |
| 5 | 1658 | 16.8 | 313 | 0 |
| 6 | 1640 | 17.6 | 129 | 0 |
| 7 | 1702 | 14.9 | 209 | 0 |
| 8 | 1832 | 12.4 | 320 | 0 |
| 9 | 1729 | 14.4 | 406 | 0 |
| 10 | 1677 | 15.0 | 480 | 0 |
| 12 | 1716 | 16.4 | 173 | 0 |
| 13 | 1769 | 13.3 | 281 | 0 |
| 14 | 1847 | 9.9 | 432 | 0 |
| 15 | 1769 | 11.0 | 584 | 0 |
| 16 | 1729 | 11.9 | 646 | 0 |
| 17 | 1729 | 14.7 | 218 | 0 |
| 18 | 1945 | 10.6 | 352 | 0 |
| 19 | 2122 | 7.7 | 455 | 0 |
| 20 | 1899 | 9.2 | 543 | 0 |
| 21 | 1804 | 10.8 | 813 | 0 |
| 22 | 1891 | 11.1 | 263 | 0 |
| 23 | 2224 | 6.6 | 424 | 0 |
| 24 | 2077 | 7.2 | 549 | 0 |
| 25 | 1961 | 7.9 | 654 | 0 |
| 26 | 1945 | 8.4 | 979 | 0 |
| 27 | 1598 | 19.2 | 74 | 0 |
| 28 | 1658 | 17.3 | 121 | 0 |
| 29 | 1735 | 15.8 | 186 | 0 |
| 30 | 1658 | 16.7 | 236 | 0 |
| 31 | 1640 | 17.6 | 279 | 0 |
| 32 | 1628 | 18.2 | 114 | 0 |
| 33 | 1683 | 16.1 | 185 | 0 |
| 34 | 1755 | 13.4 | 285 | 0 |
| 35 | 1677 | 14.9 | 362 | 0 |
| 36 | 1652 | 15.4 | 427 | 0 |
| 37 | 1652 | 17.3 | 154 | 1 |
| 38 | 1716 | 13.9 | 249 | 1 |
| 39 | 1783 | 10.9 | 384 | 2 |
| 40 | 1677 | 13.4 | 574 | 2 |
| 41 | 1665 | 16.2 | 164 | 1 |
| 42 | 1783 | 11.3 | 290 | 2 |
| 43 | 1961 | 8.7 | 374 | 2 |
| 44 | 1804 | 10.2 | 447 | 3 |
| 45 | 1776 | 11.3 | 668 | 3 |
| 46 | 1832 | 12.2 | 233 | 1 |
| 47 | 2052 | 7.2 | 378 | 2 |
| 48 | 1906 | 8.6 | 582 | 3 |
| 49 | 1891 | 9.0 | 870 | 4 |

Talaş kaldırma deneyleri

Talaş kaldırma deneyleri AISI 1020 malzemenin yatay işleme merkezinde alın frezelenmesiyle yapılmıştır. Bu malzemenin seçiminde, daha önceden tespit edilmiş plaketin tipi, malzemenin kolay temin edilebilirliği, talaş kaldırmanın sürekliliğini ve homojenliğini bozmayacak ılımlı bir malzeme olması dikkate alınmıştır. Talaş kaldırma şartları, plaketlerin temin edildiği firma kataloğunda tavsiye edilen değerler, talaş kaldırmanın yapıldığı tezgahın özellikleri ve seçilen tipteki plaketler için değişik kaynaklarda tavsiye edilen değerler esas alınarak belirlenmiştir. Talaş kaldırma sırasında, kesme süresi değişken olmak üzere diğer tüm kesme şartları sabit tutulmuştur. Böylelikle, belli bir kesme süresi sonrasında plakette meydana gelen aşınmanın tespit edilmesi ve eşit kesme sürelerinde kullanılmış her bir plakette oluşan aşınma miktarlarının karşılaştırılması suretiyle iyon nitrüllemenin plaket aşınması üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Talaş kaldırma da kullanılan plaketin üç farklı kesme ağzına sahip olması, her bir kesme ağzının farklı kesme sürelerinde kullanılabilmesi ve talaş kaldırma sonrasında hasara uğramamış bir ucun tekrar kullanılabilmesi imkanını sağlamıştır. Tablo 3'te sabit tutulan kesme şartları, Tablo 4'te ise plaketin her bir kesme ağzına bağlı olarak seçilen kesme süreleri verilmiştir.

Tablo 3. Talaş kaldırma deneyleri boyunca sabit tutulan kesme şartları

| Özellik | Seçilen değer |
|-----------------------|---------------|
| İş Mili Devir Sayısı | 330 d/d |
| Takım Başına İlerleme | 0.15 mm |
| İlerleme Hızı | 346.5 mm/dak. |
| Kesme Hızı | 130 m/dak. |
| Freze Kafa Çapı | 125 mm |
| Kesme Derinliği | 1-1.25 mm |

Nitrürlenmiş plakette meydana gelen aşınmanın, nitrülenmemiş plakette meydana gelen aşınma miktarıyla karşılaştırılabilmesi amacıyla, nitrülenmemiş 10 plaket de talaş kaldırma deneylerine tabii tutulmuştur.

Tablo 4. Kesme süreleri

| Kesme Kenarı | Kesme Süresi (dakika) |
|--------------|-----------------------|
| 1 | 27 |
| 2 | 21 |
| 3 | 36 |
| 4 | 42 |

Serbest yüzey aşınması ölçümleri

Talaş kaldırma sırasında, kesme şartlarına bağlı olarak plaketlerde değişik aşınma tipleri oluşur. Bu aşınma tipleri talaş kaldırma şartlarına bağlıdır. Birçok kaynakta (Trent ve Wright, 2000; Stephenson ve Agapiou, 1997; Childs vd., 2000) işlenen parça kalitesinde doğrudan etkili olduğu için plaket ömrünü belirleyen kriter olarak serbest yüzey aşınmasının esas alınmasının uygun olacağı belirtilmektedir. Plazma nitrülenmiş plaketlerin kullanıldığı kesme şartları incelendiğinde, plaket ömrünün belirlenmesinde etkili olan aşınma tipinin serbest yüzey aşınması olduğu görülecektir. Bu nedenle talaş kaldırma şartları, plaketlerde oluşan etkin aşınma tipi serbest yüzey aşınması olacak şekilde seçilmiş ve serbest yüzey aşınmaları ölçülmüştür. Ayrıca talaş kaldırma sonrasında plaketlerde meydana gelen ağırlık azalmaları da ölçülmüştür. Ağırlık azalmalarının ölçümleri neticesinde elde edilen verilerle serbest yüzey aşınması ölçüm değerleri karşılaştırılarak, plaketlerin aşınmasında etkin olan aşınma tipinin serbest yüzey aşınması olduğunun doğrulanması ve takım performansının belirlenmesinde serbest yüzey aşınmasının uygun olabileceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

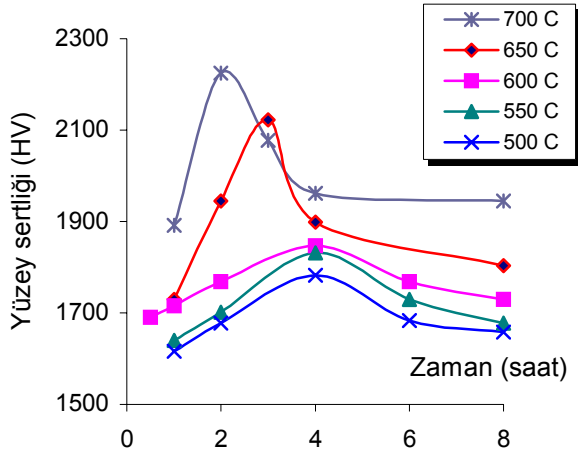
Deney sonuçları

Yüzey sertliği değişimleri

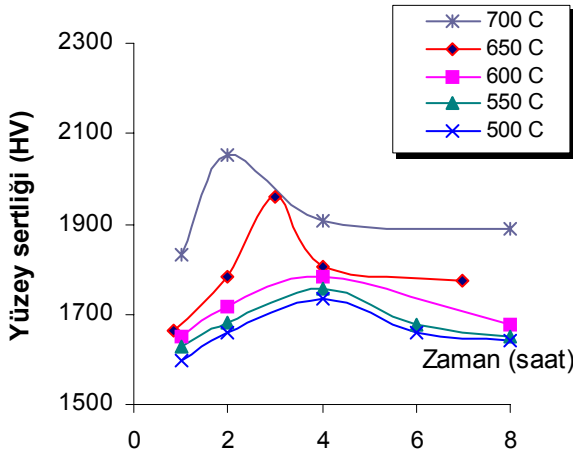
Plaketlerin yüzey sertliğindeki meydana gelen değişimler, nitrüleme parametrelerine bağlı olarak Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.

Yüzey sertliği; nitrüleme sıcaklığı, nitrüleme süresi ve gaz karışım oranına bağlı olarak değişmektedir. Aynı gaz karışım oranı için, aynı yüzey sertliğinin yüksek nitrüleme sıcaklığında daha kısa süre bekleyerek yada düşük nitrüleme sıcaklıklarında daha uzun süre bekleyerek sağlanabilmektedir. Nitrüleme süresinin artmasıyla

birlikte artan yüzey sertliği, nitrürleme parametrelerine bağlı olan belli bir eşik yüzey sertliğinden sonra azalmakta ve belli bir değerde yaklaşık sabit kalmaktadır. Bunun nedeninin, nitrürlenen yüzeyin nitrüre doyması nedeniyle sertliğin artmaması ve artan süreyle birlikte nitrürlerin büyümesi nedeniyle yüzey sertliğinde azalma olmasıdır.



Şekil 1. %75H₂+%25N₂ gaz karışım oranında, nitrürleme sıcaklığı ve nitrürleme süresine bağlı olarak yüzey sertliğinin değişimi



Şekil 2. %50H₂+%50N₂ gaz karışım oranında, nitrürleme sıcaklığı ve nitrürleme süresine bağlı olarak yüzey sertliğinin değişimi

Nitrürlenmemiş plaket yüzey sertliği 1500 HV'dir. Plazma nitrürleme şartlarına bağlı olarak yüzey sertliği %6.5-48.3 arasında değişen oranlarda artmıştır. En yüksek yüzey sertliği

%75H₂+%25N₂ gaz karışım oranında 700°C sıcaklıkta 2 saat süreyle yapılan plazma nitrürlemeyle elde edilen 2224 HV'lik yüzey sertliği, en düşük yüzey sertliği ise %50H₂+ %50N₂ gaz karışım oranında 500°C sıcaklıkta 1 saat süreyle yapılan plazma nitrürleme sonrasında elde edilen 1598 HV'lik yüzey sertliğidir. Yüzey sertliği ile nitrürleme parametrelerinin korelasyonu incelendiğinde; nitrürleme sıcaklığı ile korelasyonun 0.74, gaz karışım oranı ile -0.25 ve nitrürleme süresi ile 0.07 olduğu görülmüştür. Ortalama değer analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup yüzey sertliğinin nitrürleme sıcaklığı ile ortalama değer katsayısı 147, gaz karışım oranı ile -0.58 ve nitrürleme süresi ile 29'dur. Bu durum yüzey sertliğinin nitrürleme sıcaklığı ile değiştiğini ve önemli ölçüde nitrürleme sıcaklığına bağlı olduğunu göstermektedir.

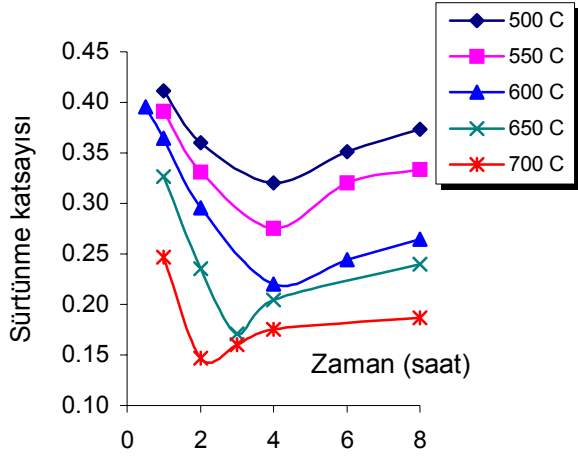
Sürtünme katsayısı değişimleri

Plaketlerin sürtünme katsayılarında meydana gelen değişimler, nitrürleme parametrelerine bağlı olarak Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

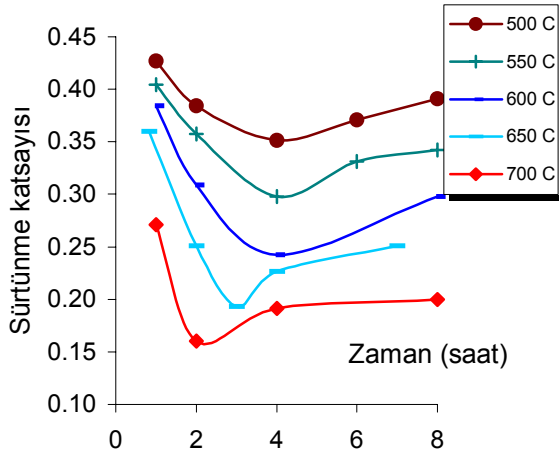
Sürtünme katsayısı nitrürleme sıcaklığı, nitrürleme süresi ve gaz karışım oranına bağlı olarak değişmektedir. En düşük sürtünme katsayısı, aynı gaz karışım oranı için yüksek nitrürleme sıcaklığında daha kısa nitrürleme süreleriyle ya da düşük nitrürleme sıcaklıklarında daha uzun nitrürleme sürelerinde sağlanabilmektedir. Nitrürleme süresinin artmasıyla birlikte azalan sürtünme katsayısı, nitrürleme parametrelerine bağlı olan belli bir eşik değerinden sonra artmaya başlamakta ve sonrasında belli bir değerde yaklaşık sabit kalmaktadır. Bunun nedeninin, plaketin yüzey sertliği değişim profilinin de benzer yapıda olması ve sürtünme katsayısının yüzey sertliği değişim profiline bağlı olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Nitrürlenmemiş plaketin aynı şartlarda ölçülmüş sürtünme katsayısı $\mu=0.478$ 'dir. Plazma nitrürleme şartlarına bağlı olarak sürtünme katsayısı yaklaşık %11-70 arasında değişen oranlarda azalmıştır. En düşük sürtünme katsayısı %75H₂+ %25N₂ gaz karışım oranında 700°C sıcaklıkta 2 saat süreyle yapılan plazma nitrürleme sonrasında elde edilirken ($\mu=0.147$), en yüksek sürtünme

katsayısı %50H₂+%50N₂ gaz karışım oranında 500°C sıcaklıkta 1 saat süreyle yapılan plazma nitrüleme sonrasında elde edilmiştir.



Şekil 3. %75H₂+%25N₂ gaz karışım oranında, nitrüleme sıcaklığı ve nitrüleme süresine bağlı olarak sürtünme katsayısının değişimi



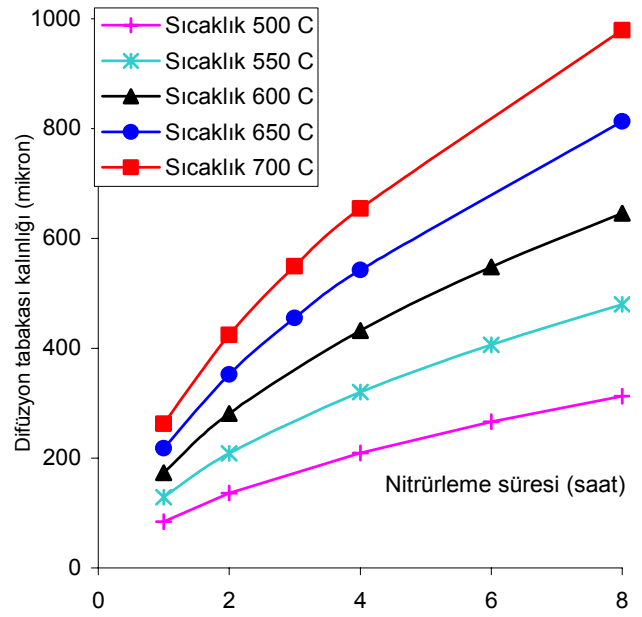
Şekil 4. %50H₂+%50N₂ gaz karışım oranında, nitrüleme sıcaklığı ve nitrüleme süresine bağlı olarak sürtünme katsayısının değişimi

Sürtünme katsayısı ile nitrüleme parametrelerinin korelasyonu incelendiğinde; nitrüleme sıcaklığı ile korelasyonun -0.83, gaz karışım oranı ile 0.17 ve nitrüleme süresi ile -0.14 olduğu görülmüştür. Ortalama değer analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup sürtünme katsayısının nitrüleme sıcaklığı ile ortalama değer katsayısı -0.1, gaz karışım oranı ile 0.02 ve nitrüleme süresi ile -0.052'dir. Bu durum yüzey sert-

liği değişiminde olduğu gibi sürtünme katsayısının da nitrüleme sıcaklığı ile değiştiğini ve önemli ölçüde nitrüleme sıcaklığına bağlı olduğunu göstermektedir.

Tabaka kalınlıklarındaki değişim

Plazma nitrüleme parametrelerine bağlı olarak plakelerin yüzeylerinde difüzyon tabakası ve beyaz tabaka adı verilen iki farklı tabaka meydana gelmektedir. Nitrüleme parametrelerine bağlı olarak tabaka kalınlıklarında meydana gelen değişimler Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

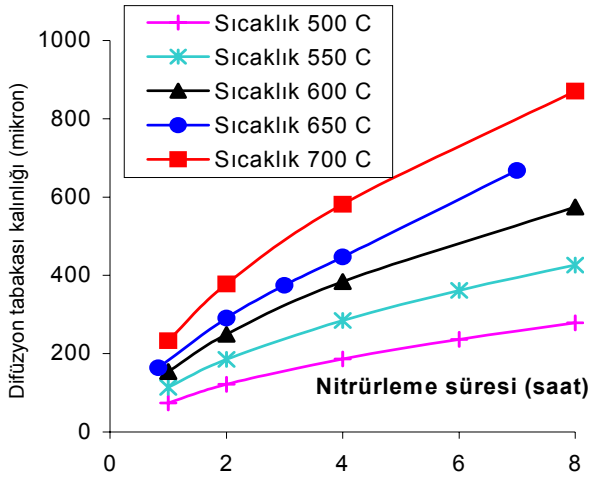


Şekil 5. %75H₂+%25N₂ gaz karışım oranında, nitrüleme sıcaklığı ve süresine bağlı olarak difüzyon tabakası kalınlıklarındaki değişim

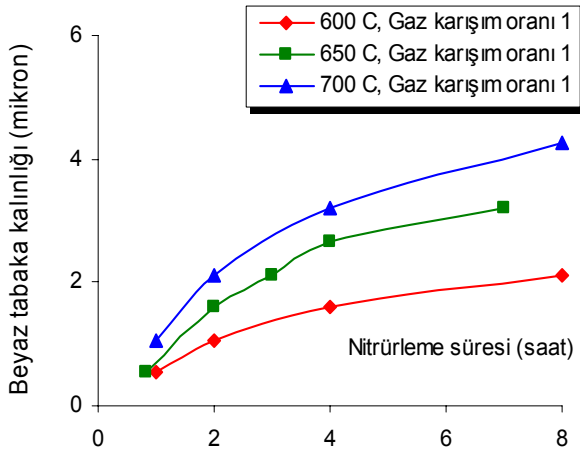
Difüzyon tabakası kalınlığı nitrüleme sıcaklığı, nitrüleme süresi ve gaz karışım oranına bağlı olarak 74 mikron ila 979 mikron arasında değişmektedir. En kalın difüzyon tabakası %75H₂+%25N₂ gaz karışım oranında 700°C sıcaklıkta 8 saat süreyle yapılan plazma nitrüleme ile elde edilirken, en ince difüzyon tabakası %50H₂+%50N₂ gaz karışım oranında 500°C sıcaklıkta 1 saat süreyle yapılan plazma nitrüleme ile elde edilmiştir.

Sabit nitrüleme sıcaklığı altında nitrüleme süresinin artmasıyla birlikte difüzyon tabakası kalınlığındaki değişim parabolik bir yapı sergilemekte-

dir. Difüzyon tabakası kalınlığındaki artış nitrojenin malzeme içindeki yayılımını zorlaştırdığı için artan kalınlıkla birlikte tabaka kalınlığı artış hızı azalmaktadır. Aynı gaz karışım oranında, yüksek sıcaklıklarda daha kısa süre nitrürleyerek yada düşük sıcaklıklarda daha uzun süre nitrürleyerek yaklaşık aynı kalınlıkta difüzyon tabakası oluşturulabilmektedir. Bu durum difüzyon tabakası oluşumunun difüzyon kontrollü bir mekanizma olması, difüzyonun ise sıcaklık ve süre ile kontrol edilmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 6. %50H₂+%50N₂ gaz karışım oranında, nitrürleme sıcaklığı ve süresine bağlı olarak difüzyon tabakası kalınlıklarındaki değişim



Şekil 7. Nitrürleme parametrelerine bağlı olarak plaketlerde elde edilen beyaz tabaka kalınlığı değişimleri

Gaz karışımındaki nitrojenin artması difüzyon tabakası kalınlığını azaltmaktadır. Gaz karışı-

mındaki nitrojenin artması karışımdaki hidrojeni azaltmakta, azalan hidrojen nedeniyle yüzeyin aktifleşme kabiliyeti azaldığından nitrojenin malzemeye nüfuz etmesi zorlaşmakta ve difüzyon tabakası kalınlığı azalmaktadır. Ayrıca gaz karışımındaki nitrojen miktarının artmasıyla birlikte yüzeyde oluşan beyaz tabaka bariyer görevi yapmakta ve nitrojenin difüzyonunu zorlaşmaktadır.

Difüzyon tabakası kalınlığı ile nitrürleme parametrelerinin korelasyonu incelendiğinde; nitrürleme süresi ile korelasyonun 0.68, nitrürleme sıcaklığı ile 0.58 ve gaz karışım oranı ile -0.15 olduğu görülmüştür. Ortalama değer analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup difüzyon tabakası kalınlığının nitrürleme süresi ile ortalama değer katsayısı 293, nitrürleme sıcaklığı ile 208 ve gaz karışım oranı ile -50'dir. Bu durum difüzyon tabakasının büyük ölçüde süre ve sıcaklık ile değiştiğini ve önemli ölçüde nitrürleme süresi ve sıcaklığına bağlı olduğunu göstermektedir.

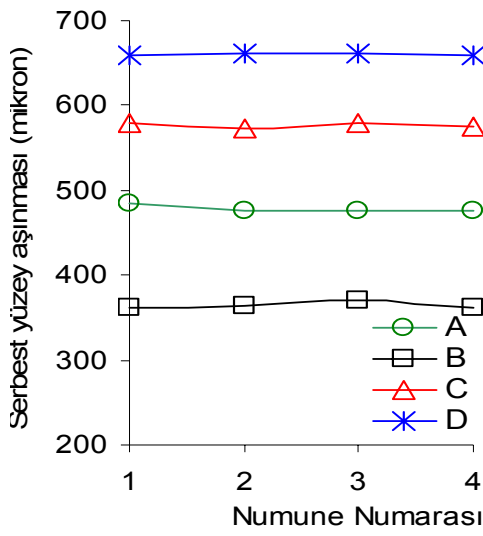
Beyaz tabaka plazma nitrürleme parametrelerine bağlı olarak sadece belli nitrürleme parametreleri altında oluşmaktadır (Şekil 7). En kalın beyaz tabaka (4 mikron) %50H₂+%50N₂ gaz karışım oranında 700°C sıcaklıkta 8 saat süreyle yapılan plazma nitrürleme sonucunda oluşmuştur. Beyaz tabaka kalınlığının nitrürleme parametrelerine bağlı olarak değişimi, difüzyon tabakası kalınlığındaki değişim gibidir.

Beyaz tabaka ile nitrürleme parametrelerinin korelasyonu incelendiğinde; gaz karışım oranı ile korelasyonun 0.56, nitrürleme sıcaklığı ile 0.46 ve nitrürleme süresi ile 0.11 olduğu görülmüştür. Ortalama değer analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup beyaz tabaka kalınlığının gaz karışım oranı ile ortalama değer katsayısı 1.25, nitrürleme sıcaklığı ile 1.25 ve nitrürleme süresi ile 0.45'dir. Bu durum yüzey beyaz tabaka kalınlığının gaz karışım oranına bağlı olduğunu göstermektedir.

Serbest yüzey aşınması değişimleri

Nitrürlenmemiş plaketlerde talaş kaldırma sonrasında oluşan serbest yüzey aşınma miktarları Şekil 8'de verilmiştir. Nitrürlenmiş plaketlerde ise en az serbest yüzey aşınmasının meydana

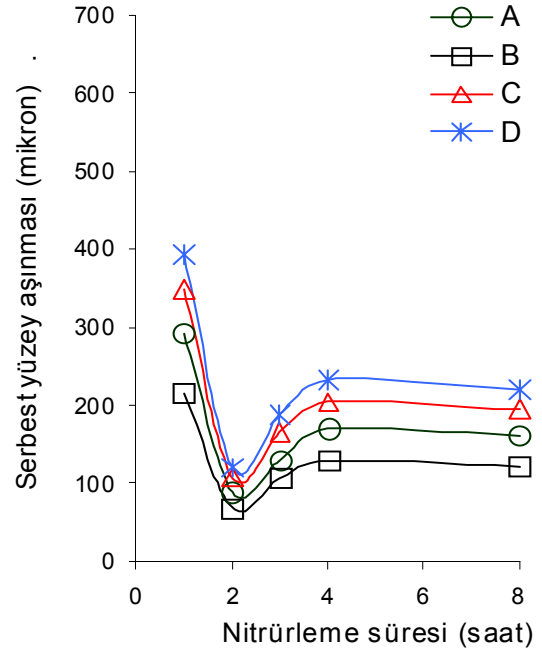
geldiği %75H₂+%25N₂ gaz karışım oranı ve 700°C sıcaklıkta nitrülenmiş plakette meydana gelen değişim Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 8. Nitrülenmemiş plakette oluşan serbest yüzey aşınmaları (A-1., B-2., C-3., D-4. talaş kaldırma deneyi)

Talaş kaldırma sonrasında plakette oluşan serbest yüzey aşınma miktarı talaş kaldırma süresine ve nitrüleme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. En düşük serbest yüzey aşınması %75H₂+%25N₂ gaz karışım oranında, 700°C sıcaklıkta 2 saat süreyle plazma nitrülenmiş ve 2. talaş kaldırma deneyine tabii tutulmuş plakette meydana gelmiştir (Şekil 9). Bu plaketteki serbest yüzey aşınması 0.0685 mm olurken, aynı talaş kaldırma deneyine tabii tutulmuş nitrülenmemiş plaketteki serbest yüzey aşınması 0.3663 mm’dir (Şekil 8). Buna göre takım performansının belirlenmesi için serbest yüzey aşınması esas alınacak olursa, performansta yaklaşık %81.3’lük bir iyileşme sağlanmıştır.

Minimum serbest yüzey aşınması, yüksek nitrüleme sıcaklığında daha kısa süre nitrülenmiş yada düşük nitrüleme sıcaklıklarında daha uzun süre nitrülenmiş plakette elde edilmiştir. Bu durum aynı zamanda maksimum sertlik ve minimum sürtünme katsayısının sağlandığı nitrüleme şartıdır. Böylece maksimum yüzey sertliği ve minimum sürtünme katsayısının sağlandığı koşullarda minimum serbest yüzey aşınması meydana gelmektedir.



Şekil 9. Nitrülenmiş plakette oluşan serbest yüzey aşınmaları (%75H₂+%25N₂ gaz karışım oranı ve 700°C sıcaklık için) (A-1., B-2., C-3., D-4. talaş kaldırma deneyi)

Serbest yüzey aşınması ile nitrüleme parametrelerinin korelasyonu incelendiğinde; nitrüleme sıcaklığı ile korelasyonun 0.71, gaz karışım oranı ile 0.36 ve nitrüleme süresi ile 0.24 olduğu görülmüştür. Ortalama değer analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup serbest yüzey aşınmasının nitrüleme sıcaklığı ile ortalama değer katsayısı -0.1, gaz karışım oranı ile 0.06 ve nitrüleme süresi ile -0.07’dir. Bu durum serbest yüzey aşınmasının nitrüleme sıcaklığı ile değiştiğini ve önemli ölçüde nitrüleme sıcaklığına bağlı olduğunu göstermektedir. Nitrüleme parametreleri ile yüzey sertliği ve sürtünme katsayısının değişimi de benzer karakterdedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, sistematik olarak değiştirilmiş nitrüleme parametreleri altında plazma nitrülen plakette talaş kaldırma deneylerine tabii tutulmuşlar, uygun zamanlarda yüzey sertlikleri, yüzeyde oluşan tabaka kalınlıkları, sürtünme katsayısı ve serbest yüzey aşınma miktarları ölçülmüş, elde edilen verilerin analizi ile yorumlanması için korelasyon ve ortalama değer analizi kullanılmıştır.

Plazma nitrürleme sonrasında tüm plakelerin yüzey sertliğinde artış, sürtünme katsayısında ise azalma meydana gelmiştir. Değişim profilleri benzer karakterde olmakla birlikte, değişim miktarı nitrürleme parametrelerine ve nitrürleme sonrasında yüzeyde oluşa tabaka özelliklerine göre farklılık göstermiştir. Farklı talaş kaldırma deneyleri sonrasında, plakelerde oluşan serbest yüzey aşınma değişim profilleri de benzer karakterdedir. Bu değişim profilleri aynı zamanda yüzey sertliği ve sürtünme katsayısı değişim profillerine benzerdir. Serbest yüzey aşınması ile sürtünme katsayısı arasındaki korelasyon 0.91, serbest yüzey aşınması ile yüzey sertliği arasındaki korelasyon ise -0.91'dir. Bu durum yüzey sertliği, sürtünme katsayısı ve serbest yüzey aşınmasının birbiriyle yakın ilişki içinde olduğunu göstermektedir.

Plazma nitrürleme parametreleri ile nitrürleme sonrasında değişen özelliklerin korelasyon ve ortalama değer analiz sonuçları incelendiğinde, değişen özellikler üzerinde (difüzyon tabakası kalınlık değişimi hariç) nitrürleme parametrelerinin etki sırasının büyükten küçüğe doğru sırasıyla sıcaklık, süre ve gaz karışım oranı şeklinde olduğu görülmüştür. Difüzyon tabakası kalınlığındaki değişim için ise sıralama süre, sıcaklık ve gaz karışım oranı şeklindedir. Plazma nitrürlemenin difüzyon esaslı bir mekanizma olması, difüzyonun da sıcaklık ve süreye ile kontrol edilmesi böyle bir sonucu ortaya çıkarmaktadır. Plazma atmosferindeki gaz karışımı da plakete özellikleri üzerinde etkilidir, ancak bu etki sıcaklık ve sürenin sağladığı etkiden büyük değildir.

Nitrürleme sıcaklığının yada sürenin artmasıyla birlikte malzeme özelliklerinde (yüzey sertliği, sürtünme katsayısı, aşınma) iyileşme olduğu, ancak sıcaklığın yada sürenin belli bir değerinden sonra bu özelliklerin kötüleşmeye başladığı görülmüştür. Sıcaklık yada sürenin artmasıyla birlikte yüzey nitrüre doymakta, nitrür çökeltilelerinin büyümesi nedeniyle sertliği azalmakta, bunun paralelinde özellikleri kötüleşmektedir. Sıcaklık yada sürenin artması sadece difüzyon tabakası kalınlığının artmasında olumlu katkı sağlamaktadır. Ancak bu olumlu katkı, diğer özellikler üzerinde sağlanan olumsuz etkiler nedeniyle önemli değildir.

Plazma nitrürleme parametrelerine bağlı olarak yüzey sertliğinde maksimum artış %48.3 olurken, sürtünme katsayısındaki maksimum azalma %70 olmuştur. Bununla birlikte serbest yüzey aşınmasındaki iyileşme maksimum %81.3 olmuştur. Bu durum serbest yüzey aşınmasının sadece yüzey sertliğine bağlı olmadığını, aynı zamanda yüzeyde oluşan tabaka özelliklerine de bağlı olduğunu göstermektedir. Plaketlerde plazma nitrürleme parametrelerine bağlı olarak değişik kalınlıklarda meydana gelen difüzyon tabakası yüzey performansı üzerinde olumlu etkiler sağlarken, sadece belli şartlar altında oluşan beyaz tabaka olumsuz etkilemektedir. Ancak çok az sayıda plakette meydana gelen oldukça ince beyaz tabakanın olumsuz etkisi yok denecek kadar azdır.

Kesme şartları, plaketteki etkin aşınma tipi serbest yüzey aşınması olacak şekilde seçilmiştir. Bu nedenle talaş kaldırma sonrasında sadece serbest yüzey aşınması ölçülmüştür. Talaş kaldırma öncesinde ve sonrasında takımların ağırlıkları ölçülmüş ve elde edilen verilerin serbest yüzey aşınması ile ilişkisi incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda ağırlık azalması ise serbest yüzey aşınması korelasyonunun 0.99 olduğu ve değişim profillerinin birbirine çok benzer olduğu görülmüştür. Bu durum plakette oluşan etkin aşınma tipinin serbest yüzey aşınması olduğunu, diğer aşınma tiplerinin ihmal edilebilecek kadar az olduğunu ve plakelerin durumu hakkında serbest yüzey aşınması verilerini kullanarak hüküm verilebileceğini göstermektedir. Bu nedenle plakete ömrünü belirleyen kriter olarak serbest yüzey aşınması esas alındığında, nitrürlenmemiş plakete göre, nitrürlenmiş plakete ömrü plazma nitrürleme şartlarına bağlı olarak %3.6 ile %81.3 arasında değişen oranlarda artmıştır. Böylece plakete performansında %81.3'lük bir iyileşme sağlanmıştır.

Plazma nitrürleme ve/veya kaplama ile takım performansının artırılması konusunda yapılan çalışmalarda (Gu vd., 1999; Haron vd., 2001; İmbeni vd., 2001; Batista vd., 2002) takım performansının değişik oranlarda artırıldığı görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar ile bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, nitrürlenen malzeme

menin farklı olması ve buna bağlı olarak seçilen farklı talaş kaldırma şartları nedeniyle karşılaştırılamamıştır. Bu karşılaştırma için nitrüleme sonrasında plaklet yüzeylerinin kaplanması ve aynı kesme şartları altında kaplanmış plakletlerle mukayesesinin yapılması gereklidir.

Kaynaklar

- Alsaran, A. ve Çelik, A., (1998). Structural characterization of ion nitrided AISI 5140 low alloy steel, *Materials Characterization*, **5**, 77-82.
- Batista, J.C.A., Joseph, M.C., Godoy, C. And Matthews, A., (2002). Micro-abrasion wear testing of PVD TiN coatings on untreated and plasma nitrided AISI H13 steel, *Wear*, **249**, 971-979.
- Childs, T., Maekawa, K., Obikawa, T. ve Yamane, Y., (2000). *Metal Machining, Theory and Applications*, 408 sf., John Wiley and Sons Inc., London.
- Haron C.H.C., Ginting, A. ve Goh, J.H., (2001). Wear of coated and uncoated carbides in turning tool steel, *Journal of Materials Processing Technology*, **116**, 49-54.
- Gu, J., Barber, G., Tung, S. ve Gu, R.J., (1999). Tool life and wear mechanism of uncoated and coated milling inserts, *Wear*, **229**, 273-284.
- Imbeni, V., Martini, C., Lanzoni, E., Poli, G. ve Hutchings, I.M., (2001). Tribological behaviour of multi-layered PVD nitride coatings, *Wear*, **251**, 997-1002.
- Karamış, M.B., (1991). An investigation of the properties and wear behavior of plasma-nitrided hot working steel, *Wear*, **150**, 331-342.
- Karamış, M.B., (1991). Tribological behaviour of plasma nitrided 722M24 material under dry sliding conditions, *Wear*, **147**, 385-399.
- Karamış, M.B., (1993). Wear properties of steel plasma nitrided, at high temperatures, *Materials Science and Engineering*, **168**, 49-53.
- Nickel, J., Shuaib, A.N., Yilbas, B.S. ve Nizam, S.M., (2000). Evaluation of the wear of plasma-nitrided and TiN-coated HSS drills using conventional and micro-PIXE techniques, *Wear*, **239**, 155-165.
- Özdemir, U. ve Erten, M., (2003). Plazma (İyon) Nitrüleme Yöntemi ve Malzeme Özellikleri Üzerindeki Etkisi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, **2**, 41-48.
- Özdemir, U. ve Erten, M., (2004). Plazma (İyon) Nitrülemenin Sert Plaket Takımlarda Sürtünme Katsayısına Etkisi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, **3**, (41-49).
- Peng, Q.F., (1989). Improving abrasion wear by surface treatment, *Wear*, **129**, 195-203.
- Sakamoto, Y., Takaya, M., Ishii, Y. ve Igarashi, S.I., (2001). Surface modified tool fabricated by radical nitriding, *Surface and Coating Technology*, **142-144**, 152-155.
- Stephenson, D.A. ve Agapiou, J.S., (1997). *Metal Cutting Theory and Practice*, 408 sf., Marcel Dekker Inc., New York.
- Trent, E.M. ve Wright, P.K., (2000). *Metal Cutting*, 446 sf., Butterworth Heinemann, Boston.