

İYON (PLAZMA) NİTRÜRLEMENİN SERT METAL PLAKET TAKIMLARIN SERBEST YÜZEY AŞINMASINA ETKİSİ

Ufuk ÖZDEMİR
Hava Harp Okulu Dekanlığı,
Yeşilyurt-İstanbul
u.ozdemir@hho.edu.tr

Muzaffer ERTEN
İTÜ Makina Fakültesi,
Gümüşsuyu-İstanbul
ertenm@itu.edu.tr

Turgut GÜLMEZ
İTÜ Makina Fakültesi,
Gümüşsuyu-İstanbul
gulmezt@itu.edu.tr

ÖZET

İyon (Plazma) nitürleme, özellikle çeliklere uygulanan ve yaygın kullanım alanı bulan bir yüzey sertleştirme yöntemidir. Plazma nitürleme malzemelerin yüzey sertliklerini artırarak, aşınma dirençlerini ve ömürlerini arttırmakta etkilidir. Bilindiği gibi talaşlı imalatta kullanılan kesici takımların aşınma direnci önemli bir özelliktir. Bu çalışmada; nitürleme sıcaklığı, nitürleme süresi ve gaz karışım oranı gibi plazma nitürleme parametrelerinin, talaşlı imalatta kullanılan plakelerin serbest yüzey aşınması üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmaktadır. Seçilen sert metal plakete çeşitli şartlarda plazma nitürledikten sonra talaşlı imalatta kullanılmış ve belli bir süre sonrasında plakelerde meydana gelen serbest yüzey aşınmaları ölçülerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Plazma (İyon) Nitürleme, Sert Metal Plaket, Serbest Yüzey Aşınması*

ABSTRACT

Plasma (ion) nitriding is one of the widely used advanced surface hardening method applied especially to steels. Ion nitriding has been used for some components were used in the automotive industry and in cutting tools manufacturing. Plasma nitriding has been particularly effective in improving their wear resistances and lives by improving surfaca hardnesses of these components and tools. It is known that hardness of cutting tools is most important parameter in metal cutting and friction coefficient is coming after that. In this paper it is aimed to investigate the effect of different parameters of plasma nitriding such as nitriding temperature, nitriding time and gas mixture ratio on flank wear of cutting tool. A choosen type of an hard metal (cemented carbur) tool insert plasma nitrided at different parameters (different nitriding time, nitriding temperature and gas mixture ratio), and then flank wear was measured at same conditions and results were evaluated.

Keywords: *Plasma (Ion) Nitriding, HM Tool Insert, Flank Wear*

1. GİRİŞ

1960'lı yıllardan itibaren uygulama alanı bulan plazma (iyon) nitürleme, diğer yüzey sertleştirme yöntemlerine göre nisbeten yeni bir yöntem olmakla birlikte, günümüzde 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, nitürasyon yapılması istenilmeyen yani sertleşmesi istenilmeyen yüzeylerin mekanik olarak izolasyonunun mümkün olması, gaz veya diğer atıklarla çevreyi kirletmemesi, insan sağlığı açısından zararlı olmaması, nitürleme parametrelerinin dolayısıyla işlemin otomasyona uyumlu olması, iş parçası üzerindeki tüm girinti, çıkıntı ve delikler üzerinde homojen bir azot difüzyonunun sağlanabilmesi, nitürlenecek parçanın büyüklüğü ve ağırlığının önemli olmaması da bu yöntemin sağlamış olduğu diğer üstünlüklerdir [1].

Plazma nitrürleme yönteminin sağlamış olduğu bir diğer önemli avantaj, nitrürleme sonrasında sağlanan tribolojik özelliklerdeki iyileşmelerdir. Bu durum özellikle sürtünme nedeniyle hasara uğrayan ya da sürtünme nedeniyle ekonomik ömürlerini tamamlayan makina elemanları açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle; plazma nitrürleme yöntemiyle malzemelerin tribolojik özelliklerinin iyileştirilmesi ve aşınma direncinin artırılması önemli bir inceleme alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Lei ve arkadaşları; DIN 9SiCr düşük alaşımlı çeliği 250 °C'de 4 saat süreyle plazma nitrürlemişler ve kuru sürtünme koşullarında değişik yükler altında abrazyon aşınma dayanımını incelemiştir [2]. Yaptıkları deneyler sonucunda; yüzey sertliğinin yaklaşık 2 kat arttığını, nitrürlenmemiş numuneye göre nitrürlenmiş numunenin abrazyon aşınma direncinin arttığını, aşınma direncindeki bu artışın nitrür ve nitrojen içeren katı çözeltinin oluşumundan kaynaklandığını, ancak yüksek yükler altında (>55 N) nitrürlemenin önemli bir fayda sağlamadığını belirtmişlerdir.

Peng; nitrokarbürleme ve plazma nitrürleme gibi yüzey sertleştirme yöntemlerinin, DIN 5CrMnMo sıcak iş kalıp çeliğinin abrazyon aşınma direnci üzerindeki etkisini incelemiştir [3]. Yaptığı çalışma sonucunda; geleneksel yüzey sertleştirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında plazma nitrürlemenin abrazyon aşınma direncinde dikkate değer bir artış sağladığını, aynı zamanda plazma nitrürlemeyle düşük bir sürtünme katsayısı ve plastik deformasyona karşı direnç sağlandığını, plazma nitrürleme sonrasında elde edilen nitrürlerin yayılımı ve büyüklüğünün gaz nitrürlemeye göre daha homojen olduğunu, nitrokarbürlemeyle elde edilen yüzey özelliklerinin de geleneksel yüzey işlemlerine göre daha iyi olduğunu, ancak plazma nitrürlemeyle elde edilen özellikler kadar iyi olmadığını belirtmiştir.

Karamış; 100 saat süreyle 3 farklı sıcaklıkta (550-570-590 °C) nitrürlenmiş AISI 722M24 (En40B) çeliğinin yüksek sıcaklıktaki aşınma davranışını incelemiştir [4]. Yaptığı çalışma sonucunda; plazma nitrürlemeyle numunenin aşınma direncinin arttırılabileceğini, 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; farklı sıcaklık ve sürelerde plazma nitrürlenmiş AISI 722M24 (En40B) çeliğinin kuru sürtünme şartları altındaki tribolojik davranışını incelemiştir [5]. Yaptığı inceleme sonucunda; nitrürlenmiş numunenin 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 iyileştirdiği, ancak kuru sürtünme koşullarında beyaz tabakanın parçalanarak abrazyon aşınmaya katkıda bulunduğu ve bu nedenle kuru sürtünme koşulları altında çalışacak yüzeylerde beyaz tabakanın oluşmasının istenmediğini belirtmiştir.

Karamış ve Gerçekcioğlu; AISI H13 sıcak iş takım çeliği ve 722M24 takım çeliğini değişik nitrürleme sıcaklıklarında farklı sürelerde plazma nitrürlemişlerdir [6]. Daha sonra nitrürledikleri numunelerin oda sıcaklığındaki ve yüksek sıcaklıklardaki aşınma davranışını incelemiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda; artan nitrürleme sıcaklıkları sonunda yüzey pürüzlülüğünün azalmasına rağmen sürtünme katsayısının yükseldiğini ve uzun işlem süreleri sonucunda elde edilen nitrürasyon tabakasının kısa işlem süresinde elde edilmiş tabakasına göre daha uzun süre daha düşük aşınma hızına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Batista ve arkadaşları; plazma nitrürlenmiş ve nitrürlenmemiş iki ayrı AISI H13 malzemeden yapılmış numuneye PVD (Physical Vapour Deposition- Fiziksel Buhar Çökeltme) yöntemiyle TiN kaplayarak mikro-abrazyon aşınma testleri yapmışlar ve iki farklı numunenin aşınma dayanımını değerlendirmişlerdir [7]. Yaptıkları çalışma sonucunda; plazma nitrürlenmiş yüzey üzerine yapılan TiN kaplamasının aşınma direncinin daha iyi olduğu ve aşınma direncindeki iyileşme nedeninin nitrürlenmiş alt tabakanın varlığı olduğu belirtilmiştir.

Devi ve arkadaşları; AISI H13 sıcak iş takım çeliği, AISI D2 soğuk iş takım çeliği ve AISI L7 patentli özel takım çeliklerini plazma nitrürlemişler ve laboratuvar ortamında aşınma deneylerine tabi tutmuşlardır [8]. Yapılan deneyler sonucunda; H13 ve D2 takım çeliklerinin aşınma dayanımında 3 kata varan bir iyileşme sağlanırken, L7 çeliğinin aşınma dayanımında kötüleşme gözlemlendiğini, aşınma dayanımındaki kötüleşme nedeninin nitrürleme sıcaklığında alt tabakada meydana gelen yumuşama olduğunu, aşınmış yüzeylerin incelenmesi sonucunda aşınmada etkili olan

mekanizmaların adhezyon, abrazyon ve tribokimyasal (oksidasyon) aşınma mekanizmaları olduğunu, plazma nitrürlemeyle sağlanabilecek maksimum ömrün malzeme yapısı ve nitrürleme sıcaklığına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Nikel ve arkadaşları; yüksek hız çeliğinden yapılmış matkabı plazma nitrürledikten sonra PVD yöntemiyle TiN kaplamışlardır. Daha sonra, plazma nitrürlenmiş ve TiN kaplanmış matkabın, ticari olarak kullanılan TiN kaplanmış matkapla mukayesesi yapılmıştır [9]. Yaptıkları mukayesede performans kriteri olarak; serbest yüzey aşınmasının belirlediği takım ömrü ve aşınma özelliklerini esas almışlardır. Nitrürleme parametreleri olarak; % 80 N₂+% 20 H₂ gaz karışım oranı, 2 saat nitrürleme süresi ve 510-580 °C aralığında değişen farklı nitrürleme sıcaklıkları esas alınmış olup, işlem parametreleri bileşim tabakası oluşumuna izin vermeyecek şekilde seçilmiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda; ön nitrürleme yapıldıktan sonra TiN kaplanmış takımın, sadece TiN kaplanmış takıma göre daha yüksek bir ömre sahip olduğunu, bunun nedeninin iki farklı özellikteki takımda görülen farklı aşınma mekanizmalarının olduğunu, ön nitrürlenmiş numunenin ömür artışını serbest yüzeyde meydana gelen aşınma miktarındaki azalmanın sağladığını ve ön nitrürlemenin kaplama ile asıl malzeme arasındaki bağı güçlendirdiğini belirtmişlerdir.

Sun ve Bell; DIN 32CrMo12 (En40B) düşük alaşımlı çelik malzemenin yüzey özelliklerini ve yorulma davranışını iyileştirmek amacıyla önce plazma nitrürlemişler, sonrasında TiN kaplamışlardır [10]. Nitrürleme sonrasında elde edilen faz kompozisyonu, tabaka kalınlığı, sertlik profili, artık gerilmeler, nitrojen ve karbon dağılımları değerlendirilmiştir. Ayrıca numunenin aşınma ve yorulma karakteristikleri incelenmiş, nitrür tabakası kalınlık ve dayanımının yorulma dayanımı ile yük taşıma kapasitesi üzerindeki etkisini tanımlamak için basit bir model oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda; dubleks yöntem adı verilen bu işlemle sadece çok iyi bir aşınma direnci değil aynı zamanda çok iyi bir yük taşıma kapasitesinin elde edilebildiğini, plazmadaki karbon içeriğinin kontrolüyle aşınmaya ve yorulmaya karşı oldukça dayanıklı tek fazlı demir nitrür (ε)'den oluşan bileşim tabakasının oluşturulabileceğini, malzeme bünyesindeki karbon miktarının bileşim tabakası kalınlığını arttıracığını, malzeme bünyesindeki karbon miktarının artmasıyla artık basma gerilmelerinin azaldığını, karbon miktarının artmasıyla sertleşme kabiliyetinin kötüleştiğini, ancak mikrosertlik ile artık gerilme seviyesi arasında doğrudan bir ilişki bulunmadığını, bileşim tabakasının yorulma davranışı üzerinde hakim bir etkisinin olmadığını, difüzyon tabakası kalınlığının artmasıyla yorulma dayanımının arttığını, plazma nitrürlemenin aşınma

direncini arttırdığı, aşınma direncindeki iyileşme derecesinin nitrürleme sıcaklığı ve zamanına bağlı olduğunu, ön nitrürlemenin TiN kaplamanın adhezyonunu arttırdığı ve böylece ön nitrürleme yapılmamış TiN kaplamaya göre daha iyi bir performans sağlanabildiğini belirtmişlerdir.

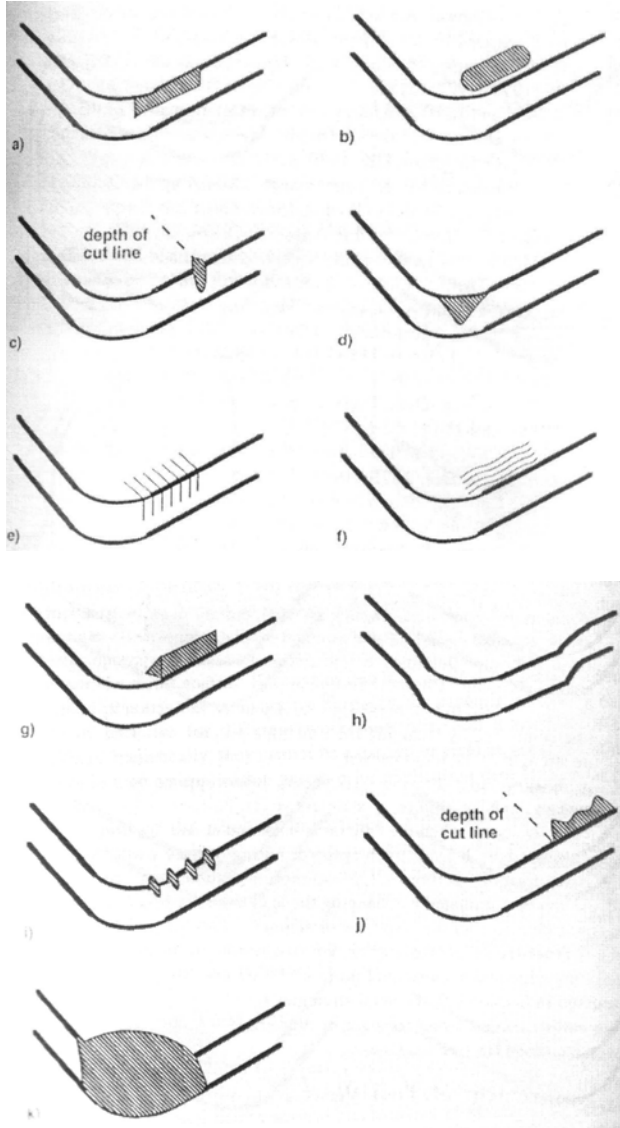
Lee ve Shih; AISI 304 ve AISI 410 paslanmaz çelikleri ve AISI 4140 düşük alaşımlı çeliği 560 °C sıcaklıkta 50 saat süreyle plazma nitrürlemişler ve elde ettikleri nitrürlenmiş tabakanın bileşimini ve mikroyapısını incelemişlerdir [11]. Nitrürleme öncesinde aşınma hızı ve sürtünme katsayısı bakımından büyükten küçüğe doğru sıralama AISI 4140, AISI 410 ve AISI 304 şeklinde olurken, nitrürleme sonrasındaki sıralamanın AISI 304, AISI 410 ve AISI 4140 şeklinde değiştiğini ifade etmişlerdir.

Özdemir ve Erten; sert metal plakletleri değişik plazma nitrürleme şartları altında nitrürlemişler ve nitrürleme sonrasında plakletlerde meydana gelen sürtünme katsayısı değişimini nitrürleme parametreleri ile ilişkilendirmişlerdir [12]. Yaptıkları çalışma sonucunda; tüm nitrürleme şartları için nitrürlenmemiş takıma göre sürtünme katsayısının küçüldüğünü, bu küçülme miktarının nitrürleme parametrelerine bağlı olarak yaklaşık % 11 ila % 70 arasında değiştiğini, korelasyon katsayısı analizine göre sürtünme katsayısı değişiminde en etkili olan parametrenin nitrürleme sıcaklığı olduğunu, yine korelasyon katsayısı analizine göre sürtünme katsayısı değişiminde en az etkili olan parametrenin ise nitrürleme süresi olduğunu, en düşük sürtünme katsayısının yüksek nitrürleme sıcaklığında daha kısa nitrürleme süreleriyle yada düşük nitrürleme sıcaklıklarında daha uzun süreli nitrürleme ile sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada; talaş kaldırmada kullanılan sinterlenmiş karbür sert metal plakletler değişik nitrürleme şartları altında plazma nitrürlenmişler ve belli talaş kaldırma şartları altında kullanılarak plakletlerde meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarları tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle plazma nitrürlemenin sert metal plakletin serbest yüzey aşınması üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla; sinterlenmiş karbür sert metal plakletler, sistematik olarak değiştirilmiş nitrürleme parametreleri (nitrürleme süresi, nitrürleme sıcaklığı ve gaz karışım oranı) altında plazma nitrürlenmişler ve belli kesme şartları altında talaş kaldırma deneylerine tabii tutulmuşlardır. Bu süreç içerisinde uygun zamanlarda plakletlerin yüzey sertlikleri ve talaş kaldırma sonucunda meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarları ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizi de yapılmıştır. Böylece sistematik olarak değiştirilen plazma nitrürleme parametrelerinin

sert metal plakette serbest yüzey aşınması üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Plakette, talaş kaldırma şartlarına bağlı olarak değişik aşınma tipleri meydana gelir. Bu aşınma tiplerine ait sematik resim Şekil 1’de verilmiştir [13]. Talaş kaldırma şartlarının uygun seçilmesi durumunda, takım ömrünü belirleyen aşınma, serbest yüzey ve krater aşınmasıdır. Serbest yüzey aşınması, plakette serbest yüzeyinde meydana gelen ve işlenen yüzeyin kalitesini etkileyen bir aşınmadır. Krater aşınması ise plakette talaş yüzeyinde meydana gelen ve büyüyerek plakette ucunun kırılmasına yol açan bir aşınma şeklidir.



Şekil 1. Plakette meydana gelen aşınma ve hasar mekanizmaları [13]

- a. Serbest Yüzey Aşınması
- b. Krater Aşınması
- c. Çentik (Notch) Aşınması

- d. Burun Aşınması
- e. Termal Çatlaklar
- f. Mekanik Çatlaklar
- g. Kenar Birikimleri (Built-up Edge-BUE)
- h. Plastik Deformasyon
- ı. Kenar Çentikleme (Edge Chipping)
- j. Talaş Vurması
- k. Plakette Kırılması

2. DENEYLER

Plazma nitrülenecek malzeme olarak talaşlı imalatta kullanılan sinterlenmiş karbür sert metal plakette kullanılmıştır. Bu amaçla BÖHLER TPKN 2204 PD-R SBF plakette seçilmiştir. Sinterlenmiş karbür plakette arasından bu tipteki plakette seçilmesinde etkili olan kriter; bu plakette nitrür oluşturu elementler açısından uygun kimyasal bileşime sahip olmasıdır. Plakette kimyasal bileşiminde WC, Ta(Nb)C ve TiC bulunmaktadır.

2.1 İyon (Plazma) Nitrüleme Deneyleri

Plazma nitrüleme tesisi; 8 temel elemanın birleşmesinden meydana gelmiştir. Bu elemanlar; nitrüleme için ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlayan doğru akım güç ünitesi, nitrülenecek malzemeleri içinde bulunduran deney kamarası, deney kamarasının vakuma alınmasını sağlayan vakum pompası, nitrüleme için ihtiyaç duyulan gazları sağlayan gaz tüpleri, gaz karışımını sağlayan gaz karışım sistemi, deney kamarası cidarlarının soğutulmasını sağlayan soğutma sistemi, deney kamarasındaki basıncın ölçülmesini sağlayan manometre ve deney kamarasındaki sıcaklığın ölçülmesini sağlayan termometredir.

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 [1]. Plazma nitrüleme parametrelerinin plakette serbest yüzey aşınması üzerindeki etkisini inceleyebilmek için; nitrüleme parametreleri, deney tertibatının izin verdiği en dar aralıklarda sistematik olarak değiştirilmiştir.

Herhangi bir nitrüleme parametresinin plakette performansı üzerindeki bağımsız etkisini görebilmek için; diğer tüm parametreler sabit tutularak, plakette performansı üzerindeki bağımsız etkisi araştırılan ilgili parametre sistematik olarak değiştirilmiştir. Bu kriterler dikkate alınarak tespit edilmiş plazma nitrüleme

parametreleri Tablo 1’de verilmiştir. Her bir nitürleme parametresinin alt ve üst sınırlarının belirlenmesinde; bu konuda daha önceden yapılmış çalışmalar sonrasında elde edilen veriler, literatür taraması sonrasında elde edilen bilgiler ve bu konuyla ilgili çalışmalar yapmış kişilerle yapılan görüşmeler etkili olmuştur.

2.2. Talaş Kaldırma Deneyleri

Talaş kaldırma deneyleri 1013 Ana Tamir ve Bakım Fabrikası Komutanlığında gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yatay işleme merkezi kullanılmıştır. Bu tezgahın seçiminde fabrikanın mevcut imkan ve olanakları etkili olduğu kadar, iş parçasını sökme-bağlama, takımı sökme-bağlama ve ayar olanaklarının basit ve hızlı olması gibi özellikleri de dikkate alınmıştır.

Tablo 1. Plazma nitürleme parametreleri

Numune No	Gaz Karışım Oranı	Sıcaklık (0C)	Süre (saat)	Numune No	Gaz Karışım Oranı	Sıcaklık (0C)	Süre (saat)
1	% 75 H2 + % 25 N2	500	1	26	% 75 H2 + % 25 N2	700	8
2	% 75 H2 + % 25 N2	500	2	27	% 50 H2 + % 50 N2	500	1
3	% 75 H2 + % 25 N2	500	4	28	% 50 H2 + % 50 N2	500	2
4	% 75 H2 + % 25 N2	500	6	29	% 50 H2 + % 50 N2	500	4
5	% 75 H2 + % 25 N2	500	8	30	% 50 H2 + % 50 N2	500	6
6	% 75 H2 + % 25 N2	550	1	31	% 50 H2 + % 50 N2	500	8
7	% 75 H2 + % 25 N2	550	2	32	% 50 H2 + % 50 N2	550	1
8	% 75 H2 + % 25 N2	550	4	33	% 50 H2 + % 50 N2	550	2
9	% 75 H2 + % 25 N2	550	6	34	% 50 H2 + % 50 N2	550	4
10	% 75 H2 + % 25 N2	550	8	35	% 50 H2 + % 50 N2	550	6
11	% 75 H2 + % 25 N2	600	0,5	36	% 50 H2 + % 50 N2	550	8
12	% 75 H2 + % 25 N2	600	1	37	% 50 H2 + % 50 N2	600	1
13	% 75 H2 + % 25 N2	600	2	38	% 50 H2 + % 50 N2	600	2
14	% 75 H2 + % 25 N2	600	4	39	% 50 H2 + % 50 N2	600	4
15	% 75 H2 + % 25 N2	600	6	40	% 50 H2 + % 50 N2	600	8
16	% 75 H2 + % 25 N2	600	8	41	% 50 H2 + % 50 N2	650	0,83
17	% 75 H2 + % 25 N2	650	1	42	% 50 H2 + % 50 N2	650	2
18	% 75 H2 + % 25 N2	650	2	43	% 50 H2 + % 50 N2	650	3
19	% 75 H2 + % 25 N2	650	3	44	% 50 H2 + % 50 N2	650	4
20	% 75 H2 + % 25 N2	650	4	45	% 50 H2 + % 50 N2	650	7
21	% 75 H2 + % 25 N2	650	8	46	% 50 H2 + % 50 N2	700	1
22	% 75 H2 + % 25 N2	700	1	47	% 50 H2 + % 50 N2	700	2
23	% 75 H2 + % 25 N2	700	2	48	% 50 H2 + % 50 N2	700	4
24	% 75 H2 + % 25 N2	700	3	49	% 50 H2 + % 50 N2	700	8
25	% 75 H2 + % 25 N2	700	4				

İşlenecek malzeme olarak SAE/AISI 1020 (DIN Ck 22) seçilmiştir. İşlenecek malzeme seçiminde; daha önceden tespit edilmiş plaklet tipi, malzemenin kolay temin edilebilirliği, talaş kaldırmanın sürekliliğini ve homojenliğini bozmayacak ılımlı bir malzeme olması ve talaş kaldırmanın gerçekleştirildiği fabrika şartları dikkate alınmıştır. Talaş kaldırma deneyleri kesit ölçüleri 466x75,5 mm. olan bu malzemenin alın frezelenmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Talaş kaldırmada kullanılan iş parçasına ait özellikler Tablo 2’de verilmiştir.

Talaş kaldırma şartlarının belirlenmesinde; ilgili plakletlerin temin edildiği firma kataloglarında tavsiye edilen değerler, talaş kaldırmanın yapıldığı tezgahın özellikleri ve seçilen tipteki plakletler için değişik kaynaklarda tavsiye edilen değerler esas alınmıştır. Kesme şartlarının belirlenmesinde; kesme süresi değişken olmak üzere diğer tüm kesme şartlarının sabit tutulması prensibi esas alınmıştır. Böylelikle belli bir kesme süresi sonucunda plakette meydana gelen aşınmanın tespit edilmesi ve eşit kesme sürelerinde kullanılmış her bir plakette oluşan aşınma miktarlarının karşılaştırılması suretiyle plazma nitrürlemenin plaklet serbest yüzey aşınması üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Talaş kaldırmada kullanılan plaklet üç kesme ağızına sahip olması, her bir kesme ağzının farklı kesme sürelerinde kullanılabilmesi imkanını ortaya çıkmıştır. Tablo 3’de deneyler boyunca sabit tutulan kesme şartları, Tablo 4’de ise plaklet her bir kesme ağzına bağlı olarak seçilen kesme süreleri verilmiştir.

Nitrürlenmiş plakette meydana gelen serbest yüzey aşınmasının, nitrürlenmemiş plakette meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarıyla karşılaştırılabilmesi için nitrürlenmemiş 10 plaklet talaş kaldırma deneylerine tabi tutulmuş ve serbest yüzey aşınmaları izlenmiştir.

Tablo 2. Talaş kaldırılan malzemeye ait özellikler

ÖZELLİK	DEĞER
Standart gösterim	SAE/AISI 1020 (DIN Ck 22)
	% 0,15-0,24 C,
	% 0,30-0,60 Mn,
Kimyasal Bileşim	% 0,10-0,30 Si,
	% 0,040 P (maksimum)
	% 0,050 S (maksimum)
Kopma Dayanımı	50-65 daN/mm ²
Akma Dayanımı	30 daN/mm ²
Sertlik	140 HB (maksimum)
Kesit ölçüleri	466x75,5 mm

Tablo 3. Sabit tutulan kesme şartları

ÖZELLİK	SEÇİLEN 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
	1,25 mm
Kesme Derinliği	(1 nolu kesme ağzı için) 1 mm (diğer kesme ağzları için)

2.3 Serbest Yüzey Aşınması Ölçümleri

Talaş kaldırma sırasında, kesme şartlarına bağlı olarak takımlarda değişik aşınma mekanizmaları meydana gelir. Plazma nitrürlenmiş plakletlerin kullanıldığı kesme şartları incelendiğinde, plaklet ömrünün belirlenmesinde etkili olan aşınma tipinin serbest yüzey aşınması olduğu görülecektir.

Serbest yüzey aşınma miktarının ölçümü için, Chyo XK-220 optik mikroskop cihazı kullanılmıştır. İyon nitrürleme sonrasında en yüksek yüzey sertliğine sahip olan 23 numaralı plaklet 1 nci talaş kaldırma deneyi sonrasında serbest yüzeyinde meydana gelen aşınma Şekil 2’de verilmiştir. Nitrürlenmemiş ve nitrürlenmiş plakletlerde meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarları ise sırasıyla Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 4. Kesme süreleri

Kesme Ağızı	Kesme Süresi (dakika)
1	26,80
2	21,15
3	35,97
3*	41,47

(*) 3 numaralı kesme ağzı ilave talaş kaldırma deneyine tabi tutulmuştur.



Şekil 2. 23 nolu plakette 1 nci talaş kaldırma deneyi sonrası serbest yüzey aşınması (x100)

Tablo 5. Nitrürlenmemiş plakette meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarları

No	Talaş kaldırma deneyleri			
	1 nci deney	2 nci deney	3 ncü deney	4 ncü deney
101	0,4846	0,3618	0,5798	0,6597
102	0,4760	0,3627	0,5731	0,6607
103	0,4760	0,3694	0,5798	0,6607
104	0,4760	0,3618	0,5750	0,6597
105	0,4817	0,3618	0,5722	0,6626
106	0,4798	0,3713	0,5779	0,6607
107	0,4827	0,3694	0,5798	0,6607
108	0,4865	0,3656	0,5760	0,6597
109	0,4817	0,3703	0,5798	0,6607
110	0,4846	0,3694	0,5731	0,6626
Ort.	0,4810	0,3663	0,5766	0,6608

Tablo 6. Nitrürlenmiş plakette meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarları

No	Talaş kaldırma deneyleri			
	1 nci deney	2 nci deney	3 ncü deney	4 ncü deney
1	0,4570	0,3475	0,5484	0,6207
2	0,4208	0,3199	0,5046	0,5722
3	0,3532	0,2685	0,4246	0,4808
4	0,3760	0,2866	0,4484	0,5112
5	0,3741	0,2846	0,4427	0,5084
6	0,4427	0,3370	0,5312	0,6026
7	0,4036	0,3084	0,4846	0,5512
8	0,3218	0,2456	0,3856	0,4398
9	0,3484	0,2656	0,4179	0,4750
10	0,3418	0,2608	0,4113	0,4655
11	0,4351	0,3256	0,5246	0,5845
12	0,4151	0,3161	0,4988	0,5645

13	0,3675	0,2789	0,4379	0,4969
14	0,2247	0,1723	0,2704	0,3056
15	0,2837	0,2104	0,3361	0,3856
16	0,2808	0,2056	0,3322	0,3818
17	0,3894	0,2923	0,4646	0,5303
18	0,2570	0,1961	0,3075	0,3503
19	0,1476	0,1123	0,1780	0,2018
20	0,1971	0,1695	0,2370	0,2685
21	0,1875	0,1514	0,2361	0,2675
22	0,2932	0,2161	0,3484	0,3932
23	0,0885	0,0685	0,1076	0,1209
24	0,1295	0,1057	0,1656	0,1875
25	0,1704	0,1304	0,2047	0,2323
26	0,1618	0,1219	0,1952	0,2199
27	0,4684	0,3560	0,5617	0,6369
28	0,4303	0,3284	0,5131	0,5855
29	0,3846	0,2932	0,4731	0,5179
30	0,3875	0,2947	0,4779	0,5274
31	0,3856	0,2942	0,4760	0,5265
32	0,4493	0,3427	0,5398	0,6121
33	0,4132	0,3151	0,4969	0,5636
34	0,3732	0,2837	0,4446	0,5065
35	0,3865	0,2942	0,4636	0,5255
36	0,3798	0,2885	0,4560	0,5160
37	0,4360	0,3322	0,5236	0,5931
38	0,3979	0,3037	0,4770	0,5398
39	0,3532	0,2694	0,4246	0,4817
40	0,3675	0,2799	0,4408	0,5008
41	0,4255	0,3227	0,5046	0,5760
42	0,3532	0,2685	0,4236	0,4808
43	0,3018	0,2304	0,3656	0,4113
44	0,3408	0,2589	0,4084	0,4636
45	0,3294	0,2485	0,3922	0,4484
46	0,3246	0,2456	0,3837	0,4389
47	0,1875	0,1438	0,2285	0,2532
48	0,2789	0,2132	0,3332	0,3798
49	0,2618	0,1980	0,3123	0,3522

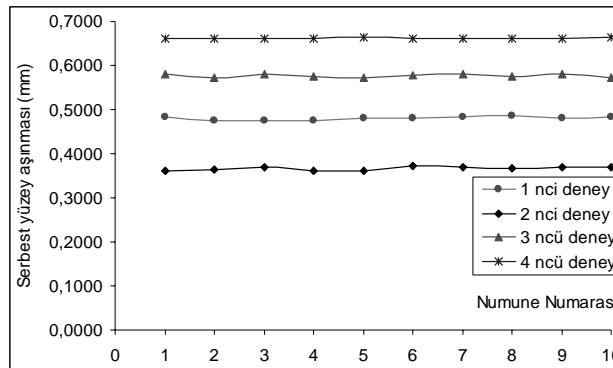
3. SONUÇLAR

Nitrürlenmiş plakette meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarıyla karşılaştırma yapabilmek amacıyla, aynı kesme şartlarında talaş kaldırma kullanılan nitrürlenmemiş plakette ait serbest yüzey aşınma miktarı değişimleri Şekil 3'de verilmiştir. Nitrürlenmiş plakette, plazma nitrürlenme ve talaş kaldırma şartlarına bağlı olarak meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarı değişimleri ise Şekil 4'de gösterilmiştir.

Plazma nitrürlenme ve talaş kaldırma şartlarına bağlı olarak plakette meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarı değişimleri incelendiğinde (Şekil 3 ve Şekil 4);

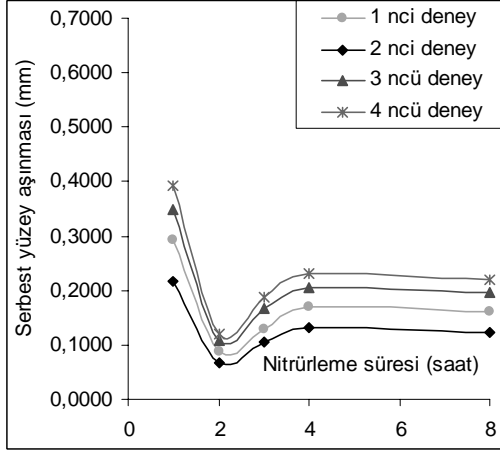
1. Plakette oluşan serbest yüzey aşınma miktarının; talaş kaldırma şartlarına ve plazma nitrürlenme sonrasında elde edilen yüzey özelliklerine bağlı olarak değiştiği,

2. Talaş kaldırma şartlarından sadece kesme süresinin değişken, diğerlerinin sabit tutulduğu düşünülürse; plazma nitrürlenme şartlarından bağımsız olarak kesme süresinin artmasıyla birlikte serbest yüzey aşınma miktarının arttığı,
3. Serbest yüzey aşınma miktarının nitrürlenme parametrelerine (sıcaklık, süre, gaz karışım oranı) bağlı olarak da değiştiği,
4. Plazma nitrürlenme ve talaş kaldırma şartlarına bağlı olarak en düşük serbest yüzey aşınmasının %75H₂+%25N₂ gaz karışım oranında, 700 C⁰ sıcaklıkta 2 saat süreyle plazma nitrürlenme ve 2 nci talaş kaldırma deneyi sonrasında meydana geldiği (Şekil 4.a),
5. Plazma nitrürlenme ve talaş kaldırma şartlarına bağlı olarak en yüksek serbest yüzey aşınmasının %50H₂+%50N₂ gaz karışım oranında, 500 C⁰ sıcaklıkta 1 saat süreyle plazma nitrürlenme ve 4 nci talaş kaldırma deneyi sonrasında meydana geldiği (Şekil 4.j),
6. En düşük serbest yüzey aşınmasının elde edildiği deney şartlarında; nitrülenmemiş plaketteki serbest yüzey aşınması 0,3663 mm. olarak ölçülürken, plazma nitrülenmiş plaketteki serbest yüzey aşınma miktarının 0,0685 mm. olduğu,
7. En yüksek serbest yüzey aşınmasının elde edildiği deney şartlarında; nitrülenmemiş plaketteki serbest yüzey aşınması 0,6608 mm olarak ölçülürken, plazma nitrülenmiş plaketteki serbest yüzey aşınma miktarının 0,6369 mm. olduğu,
8. Nitrülenmemiş plakete göre, plazma nitrülenmiş plakelerde plazma nitrürlenme şartlarına bağlı olarak serbest yüzey aşınmasında yaklaşık % 3,6 ila % 81,3 arasında iyileşme sağlandığı,
9. Nitrürlenme süresi ve gaz karışım oranının sabit tutulması durumunda; aynı talaş kaldırma şartları için, artan sıcaklıkla birlikte serbest yüzey aşınmasının azaldığı,
10. Nitrürlenme sıcaklığı ve gaz karışım oranının sabit tutulması durumunda; aynı talaş kaldırma şartları için, artan nitrürlenme süresi ile birlikte serbest yüzey aşınmasının azalarak minimum değerine ulaştığı, bu minimum noktadan sonra nitrülenmeye devam edilmesi durumunda serbest yüzey aşınmasının artarak belli bir değerde yaklaşık sabit kaldığı, bu sabit serbest yüzey aşınma miktarının nitrülenmemiş plaketteki serbest yüzey aşınmasından daha küçük olduğu,
11. Nitrürlenme süresi ve nitrürlenme sıcaklığının sabit tutulması durumunda, gaz karışım oranındaki hidrojenin artmasıyla birlikte serbest yüzey aşınmasının azaldığı,
12. Nitrürlenme parametreleri arasında (nitrürlenme süresi, nitrürlenme sıcaklığı ve gaz karışım oranı) serbest yüzey aşınma miktarının değişiminde en etkili olan parametrelerin sırasıyla nitrürlenme sıcaklığı, gaz karışım oranı ve nitrürlenme süresi olduğu (Bu sonuçlar nitrürlenme parametreleriyle deney sonuçları arasındaki korelasyon analizinden elde edilmiştir. Korelasyon analizine göre; serbest yüzey aşınma miktarı ile nitrürlenme sıcaklığı arasındaki korelasyon 0,71, serbest yüzey aşınma miktarı ile gaz karışım oranı arasındaki korelasyon 0,36 ve serbest yüzey aşınma miktarı ile nitrürlenme süresi arasındaki korelasyon 0,24'dür.),

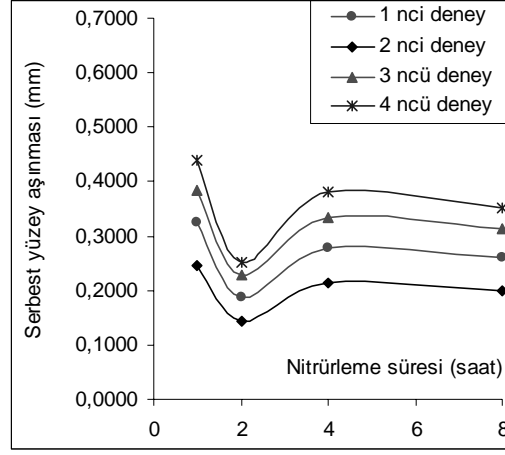


Şekil 3. Nitrülenmemiş plakelerde meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarı değişimleri

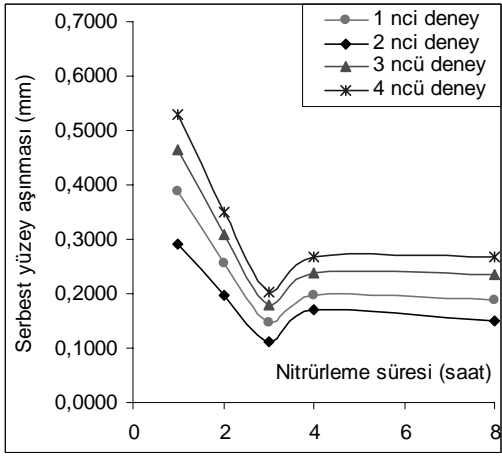
İyon (plazma) nitrürlenmenin sert metal plakette takımların serbest yüzey aşınmasına etkisi



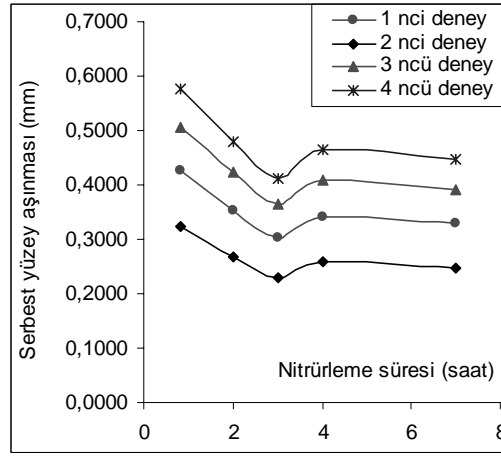
a. Gaz karışım oranı %75H₂+%25N₂, sıcaklık 700 C⁰



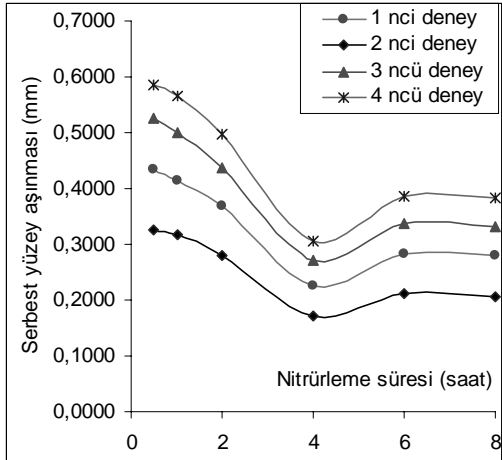
b. Gaz karışım oranı %50H₂+%50N₂, sıcaklık 700 C⁰



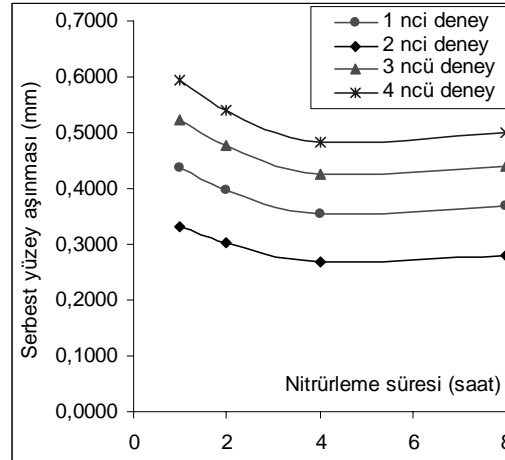
c. Gaz karışım oranı %75H₂+%25N₂, sıcaklık 650 C⁰



d. Gaz karışım oranı %50H₂+%50N₂, sıcaklık 650 C⁰

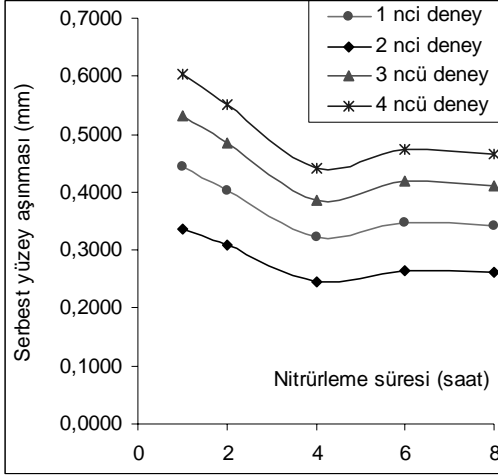


e. Gaz karışım oranı %75H₂+%25N₂, sıcaklık 600 C⁰

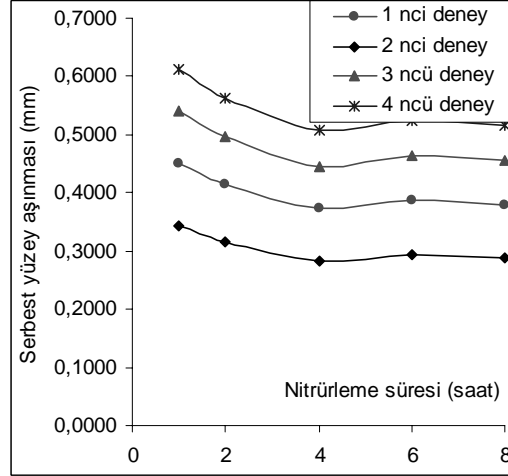


f. Gaz karışım oranı %50H₂+%50N₂, sıcaklık 600 C⁰

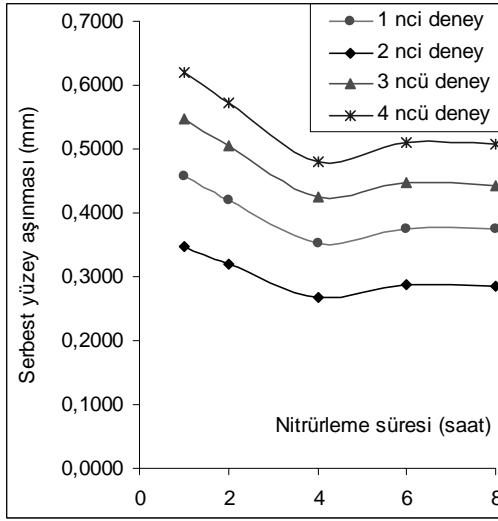
Şekil 4. Nitrürlenmiş plakette meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarı değişimleri



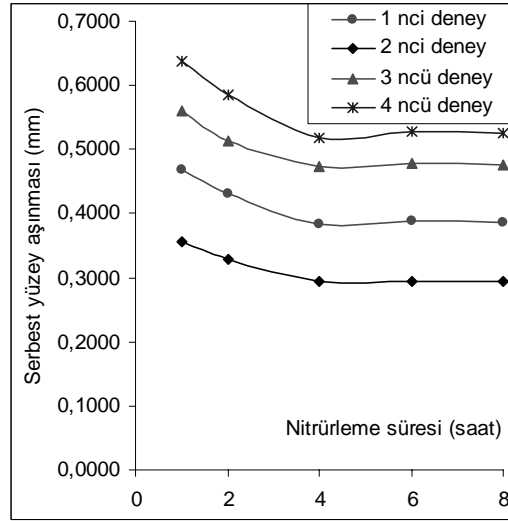
g. Gaz karışım oranı %75H₂+%25N₂, sıcaklık 550 C⁰



h. Gaz karışım oranı %50H₂+%50N₂, sıcaklık 550 C⁰



i. Gaz karışım oranı %75H₂+%25N₂, sıcaklık 500 C⁰



j. Gaz karışım oranı %50H₂+%50N₂, sıcaklık 500 C⁰

Şekil 4. Nitrürlenmiş plakette meydana gelen serbest yüzey aşınma miktarı değişimleri (devamı)

- Talaş kaldırma süresinin artmasıyla birlikte serbest yüzey aşınma miktarında artış olduğu, bununla birlikte serbest yüzey aşınmasındaki değişim grafiğinin tüm talaş kaldırma süreleri için benzer karakterde olduğu,
- Minimum serbest yüzey aşınmasının; yüksek nitrüleme sıcaklığında daha kısa nitrüleme süreleriyle yada düşük nitrüleme sıcaklıklarında daha uzun nitrüleme sürelerinde sağlanabileceği, görülmüştür.

Farklı talaş kaldırma deneyleri sonrasında, plakette oluşan serbest yüzey aşınma miktarlarının ölçümleri sonucunda elde edilen değerlerin değişim profilleri benzer karakterdedir. Bu değişim profilleri

plakette yüzey sertliği ve sürtünme katsayısı değişim profilleri ile de benzer yapıdadır [12]. Serbest yüzey aşınma miktarları, sürtünme katsayısı ve yüzey sertliğinin korelasyonu incelendiğinde; serbest yüzey aşınması ile sürtünme katsayısı arasındaki korelasyonun 0,91, serbest yüzey aşınması ile yüzey sertliği arasındaki korelasyonun -0,91 olduğu görülmektedir. Bu durum; plaketteki serbest yüzey aşınmasını etkileyen parametrelerin yüzey sertliği ve sürtünme katsayısı değişiminde etkili olan parametrelerle aynı olduğunu, ancak bu parametrelerin sürtünme katsayısı ile serbest yüzey aşınmasını aynı yönde etkilerken, yüzey sertliğini ters yönde etkilediğini göstermektedir. Plakette aşınmasını etkileyen birçok faktör olmakla birlikte, talaş kaldırma deneylerinde kesme zamanı dışındaki tüm değişkenlerin sabit tutulduğu göz önüne alınırsa;

plaketin serbest yüzey aşınmasını etkileyen parametreler, plakletin yüzey sertliğini etkileyen parametrelerle aynıdır. Bu parametrelerin serbest yüzey aşınması üzerindeki etkisi de benzer bir yapıda olmakla birlikte, korelasyon katsayısından da görülebileceği gibi ters yönlüdür.

Nitrülenmemiş plakletlerde meydana gelen serbest yüzey aşınması referans alındığında; nitrülenmiş takımlardaki serbest yüzey aşınmasında plazma nitrülleme şartlarına bağlı olarak % 3,6 ila % 81,3 arasında değişen oranlarda bir iyileşme sağlanmıştır. Aynı plazma nitrülleme parametreleri altında plakletlerin yüzey sertliğindeki maksimum artış % 48,3, sürtünme katsayısındaki maksimum azalma % 70 olurken [12], serbest yüzey aşınmasındaki maksimum iyileşme % 81,3'lere çıkmıştır. Bunun nedeninin; serbest yüzey aşınmasının sadece yüzey sertliğine bağlı olmadığı, aynı zamanda difüzyon tabakası kalınlığı ve sürtünme katsayısındaki değişim gibi yüzeyin tribolojik özelliklerine bağlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Birçok kaynakta işaret edildiği gibi [13, 14,15] plaklet ömrünü belirleyen kriter olarak serbest yüzey aşınma miktarı esas alındığında; nitrülenmemiş plakletlere göre, nitrülenmiş plakletin ömrü plazma nitrülleme şartlarına bağlı olarak % 3,6 ila % 81,3 arasında değişen oranlarda artmıştır. Plaketin serbest yüzey aşınmasındaki azalmaya bağlı olarak tanımlanan bu oran nitrülleme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Nitrülleme parametreleri ve serbest yüzey aşınma durumu birlikte değerlendirildiğinde, minimum serbest yüzey aşınmasının yüzey sertliğini maksimum yapan nitrülleme parametrelerinde sağlandığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] **Özdemir, U., Erten, M.**, “Plazma (İyon) Nitrülleme Yöntemi ve Malzeme Özellikleri Üzerindeki Etkisi”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Sayı 2 (41-48), Temmuz 2003.
- [2] **Lei, M.K., Wang, P. Huang, Y.** “Tribological studies of plasma source ion nitrided low alloy tool steel”, *Wear*, 209, 301-307, 1997.
- [3] **Peng, Q.F.**, “Improving abrasion wear by surface treatment”, *Wear*, 129, 195-203, 1989.
- [4] **Karamış, M.B.**, “Wear properties of steel plasma nitrided, at high temperatures”, *Materials Science and Engineering*, 168, 49-53, 1993.
- [5] **Karamış, M.B.**, “Tribological behaviour of plasma nitrided 722M24 material under dry sliding conditions”, *Wear*, **147**, 385-399, 1991.

- [6] **Karamış, M.B., Gerçekcioğlu, E.**, “Wear behaviour of plasma nitrided steels at ambient and elevated temperatures”, *Wear*, 243, 76-84, 2000.
- [7] **Batista, J.C.A., Joseph, M.C., Goday, C., Matthews, A.**, “Micro-abrasion wear testing of PVD TiN coating on untreated and plasma nitrided AISI H13 steel”, *Wear*, 249, 971-979, 2002.
- [8] **Devi, M.U., Chakraborty, O.N. and Mohanty, O.N.**, “Wear behaviour of plasma nitrided tool steels”, *Surface and Coating Technology*, 116-119, 212-221, 1999.
- [9] **Nickel, J., Shuaib, A.N., Yilbas, B.S. and Nizam, S. M.**, “Evaluation of the wear of plasma-nitrided and TiN-coated HSS drills using conventional and micro-PIXE techniques”, *Wear*, 239, 155-165, 2000.
- [10] **Sun, Y. and Bell, T.**, “Plasma surface engineering of low alloy steels”, *Materials Science and Engineering*, 140, 419-434, 1991.
- [11] **Lee, C.K. and Shih, H.C.**, “Structure and corrosive wear resistans of plasma nitrided alloy steels”, *Corrosion*, 50, 848-856, 1999.
- [12] **Özdemir, U., Erten, M.**, “Plazma (İyon) Nitrüllemenin Sert Plaket Takımlarda Sürtünme Katsayısına Etkisi”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, **3**, (41-49), 2004.
- [13] **Stephenson, D.A., Agapiou, J.S.**, *Metal Cutting Theory and Practice*, 408 sf., Marcel Dekker Inc.,New York., 1997.
- [14] **Trent, E.M., Wright, P.K.**, *Metal Cuting*, 446 sf., Butterworth Heinemann, Boston, 2000.
- [15] **Childs, T., Maekawa, K., Obikawa, T., Yamane, Y.**, *Metal Machining, Theory and Applications*, 408 sf., John Wiley and Sons Inc., London, 2000.

ÖZGEÇMİŞLER

Ufuk ÖZDEMİR

Ufuk ÖZDEMİR, 28 Eylül 1972 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladıktan sonra, 1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1998 yılında aynı üniversitede yüksek lisans eğitimini tamamladı. 1994 yılından itibaren muvazzaf subay olarak Hava Harp Okulu Dekanlığında görev yapmakta olup, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünde doktora

çalışmalarına devam etmektedir. İlgilendiği konular CAD-CAM, CNC tezgahlar, takım tezgahları, talaşlı imalat ve makina elemanlarıdır.

Muzaffer ERTEN

Muzaffer ERTEN, 1946 yılında Siirt'te doğdu. İTÜ Makina Fakültesinden Yüksek Makina Mühendisi olarak mezun oldu. Doktorasını bitirdikten sonra 1994 yılında İTÜ Makina Fakültesinde yardımcı doçent kadrosuna atandı. İngilizce bilmektedir. Evlidir ve iki çocuğu vardır. İlgil alanları; makina elemanları, CAD-CAM, CNC tezgahlar, talaşlı imalat, takım tezgahları, hızlı prototip imalatı,

güvenilirlik, imalat ve kalite kontrol ve toplam kalite yönetimidir.

Turgut GÜLMEZ

Turgut GÜLMEZ, 1960 yılında Manisa doğdu. 1983 yılında İTÜ Makina Fakültesinden mezun oldu. 1987 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans, 1998 yılında aynı enstitüde doktora yaptı. 2000 yılında İTÜ Makina Fakültesinde yardımcı doçent kadrosuna atandı. İngilizce bilmektedir. Evlidir ve iki çocuğu vardır. İlgil alanları; makina malzemeleri ve imalat teknolojileridir.