

GEÇER MASTARLARIN TİTAN KARBO NİTRÜR (TiCN) KAPLANARAK ÖMÜRLERİNİN ARTIRILMASI

Baybars Oral¹, Müzeyyen Ece¹ Necmi Öztürk²

¹Teknoplasma İleri Teknoloji Malzemeleri San. ve Tic. A.Ş.
ODTÜ-KOSGEB, TEKMER, 06531 ODTÜ-Ankara, Türkiye
Tel: (312) 210 1300 /219, E-posta: tplasma@kosgeb.tekmer.gov.tr

²FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.
PK 37, Gölbaşı, 06830 Ankara, Türkiye
Tel: (312) 484 0077 / 425

ÖZET

Mastarlardaki mikrometre düzeyindeki aşınmalar bunların hızla ölçüm toleransları dışına çıkmalarına neden olmaktadır. Mastarların aşınması, bu çok pahalı parçaların hurda olmasına neden olmakta ve maliyetleri artırmaktadır. Bundan daha önemlisi aşınmanın boyutu konusunda *doğrudan ölçüm* dışında herhangi bir yöntemin bulunmaması ölçümlerin sık aralıklarla yapılmasını gerektirmekte bu da ölçüm maliyetlerini artırmaktadır. Yeni uygulamayla mastarlar, çok sert TiCN kaplamalarla 1-3 mikrometre kalınlığında kaplanarak aşınma ömürleri uzatılmış, ayrıca kaplamanın koyu bordo renginden dolayı aşınmanın miktarının görsel olarak doğrudan kullanıcısı tarafından belirlenebilmesi sağlanmıştır. Bu makalede TiCN kaplama ve özellikleri tanıtılacak, ayrıca bu kaplamaların diğerlerine göre daha çok aşınan *geçer mastarlarında* uygulanmaları tartışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Mastar, aşınma, sert seramik kaplama, TiCN.

1. GİRİŞ

Metal işleyerek çok sayıda makina ve/veya aksamalarını üreten iş yerleri, ürünlerinin istenilen boyutlarda olduklarını anlamak amacıyla değişik türde ve sayıda mastar takımları kullanırlar. Mastar kullanımında ölçülecek boyutun gerçek değerdeki büyüklüğü kullanıcıyı ilgilendirmez. Burada temel ilke, ölçülecek boyutun verilen toleransların sınırları içinde olduğunu denetlemektir (1-2). Bu ilke nedeniyle, genellikle her boyut için iki mastar vardır; bunlardan biri toleransın alt sınırına, diğeri ise üst sınırına olur verir. Bu iki durum, mastarlara *geçer* veya *geçmez* isimlerinin verilmesine neden olmuştur. Örneğin, kılavuz çekilmiş bir delikten tampon *geçer mastarı* rahatlıkla geçerse, boyuttaki toleransın alt sınırı sağlanmış demektir. Eğer *geçer mastarı* geçmezse, hatve çapının toleransların altında olduğu ortaya çıkacak, bu nedenle buraya takılan civatanın kendisinden beklenen performansı yerine getirememesine neden olacaktır. Bu durum genellikle dış çeken kılavuzun aşınması ve dolayısıyla çaptan düşmesi sonucu oluşur. Sürtünen yüzey alanı çok olduğu için *geçer mastarda* önemli aşınmalar olur. *Geçmez mastarlarda* çalışma ilkesi *geçer mastarların* tersidir. Ancak bu mastarlar ölçüden geçmeyecekleri için sürtünen yüzeyleri sadece ağız kısımlarında olacak, bu da *geçer mastarlara* göre çok daha az aşınmalara neden olacaktır.

Seri üretimle çok sayıda parça işleyen firmalar, büyük sayılarda mastar bulundurmak zorundadırlar. Bazı büyük firmalar sadece kendi fabrikalarında ürettikleri parçalar için değil, aynı zamanda kendi yan sanayilerine ürettirdikleri parçalar için de mastar bulundururlar. Bu durum da mastar stoklarının büyümesine neden olur. Mastarlar da kullanım yerleri gereği çok hassas ölçülerde işlendikleri ve yüksek kaliteli çeliklerden üretildikleri için çok değerlidirler.

Mastarlar (özellikle *geçer mastarlar*) kullanım nedeniyle aşınırlar. Aşınan mastarların boyutları doğal olarak bir süre sonra tolerans sınırları dışına çıkar. Mastar boyutlarının aşınma nedeniyle tolerans dışına çıkmaları seri üretimde hiç istenmeyen bir durumdur. Üretimin yüksek hızı, mastarın bozulduğunun belirlenmesine kadar geçen süre içinde birçok ürünün bozuk olarak imal edilmesine neden olur. Bozuk ürünlerin (yarı-bitmiş veya bitmiş) ileriki aşamalarda gördükleri işlemler (talaşlı imalat, boya, montaj, vb.) ve bu parçaların geri çekilmeleri işlemleri maliyetleri önemli ölçüde artırır. Böylesi maliyetli bir sonuçla karşılaşılması için, mastarlar düzenli aralıklarla ölçüm kontrolundan geçerler. Mastarların ölçüm işlemleri oldukça pahalı yatırım gerektirir. Ölçüm cihazlarının 0,1 mikrometre ölçüm hassasiyetinde çalışabilecek cihazlar olmaları bunların ileri teknoloji ürünleri olarak üretilmelerine neden olur. Bu durum da kaçınılmaz olarak cihazların tedarikinin, bakımının ve kullanımının çok pahalı olmasına neden olur. Özellikle küçük- ve orta-büyüklerdeki işletmelerin (KOBİ) bu cihazlara yatırım yapabilmeleri çok zordur. O nedenle KOBİ'ler mastarlarını ölçüm ve kalibrasyon için ücret karşılığında ulusal ölçüm merkezlerine ya da bu donanıma sahip büyük firmalara göndermek zorunda kalırlar. Bütün bu nedenler, mastarlarda aşınmanın geciktirilmesi konusunu gündeme getirmiştir.

Bu çalışmada, mastarlar ince ve çok sert seramik bir kaplama olan Titanyum Karbo Nitrür (TiCN) ile kaplanarak aşınmaya karşı dirençleri artırılmıştır. TiCN kaplamalar yüksek sertliklerinden dolayı sadece *çizilerek aşınmaya* dayanıklı olmakla kalmayıp, düşük sürtünme katsayılarından dolayı yapışarak aşınmaya karşı da çok dayanıklıdırlar.

Bu kaplamanın getirdiği bir diğer avantajda aşınan mastarın kritik aşınma kalınlığının herhangi bir ölçüm işlemine gerek kalmadan kullanıcı tarafından tespit edilebilmesidir. Bu yararlı durum, kaplamanın üzerinde bulunduğu çelikten çok farklı bir renkte olmasının sonucudur. Aşınan *koyu bordo renkli* sert kaplamanın altından *gri renkli metal* gözükmeye başlayınca aşınmanın miktarının kaplama kalınlığına eşit olduğu anlaşılır. Bu kadar aşınmış bir mastar kullanımdan hemen çekilir. Kaplamanın geri kalan kısmı kimyasal olarak sökülerek mastar yeniden kaplanır. Böylece mastarın orjinal boyutundan hiç birşey kaybetmeden yeniden kullanılması sağlanır.

2. DENEYSEL

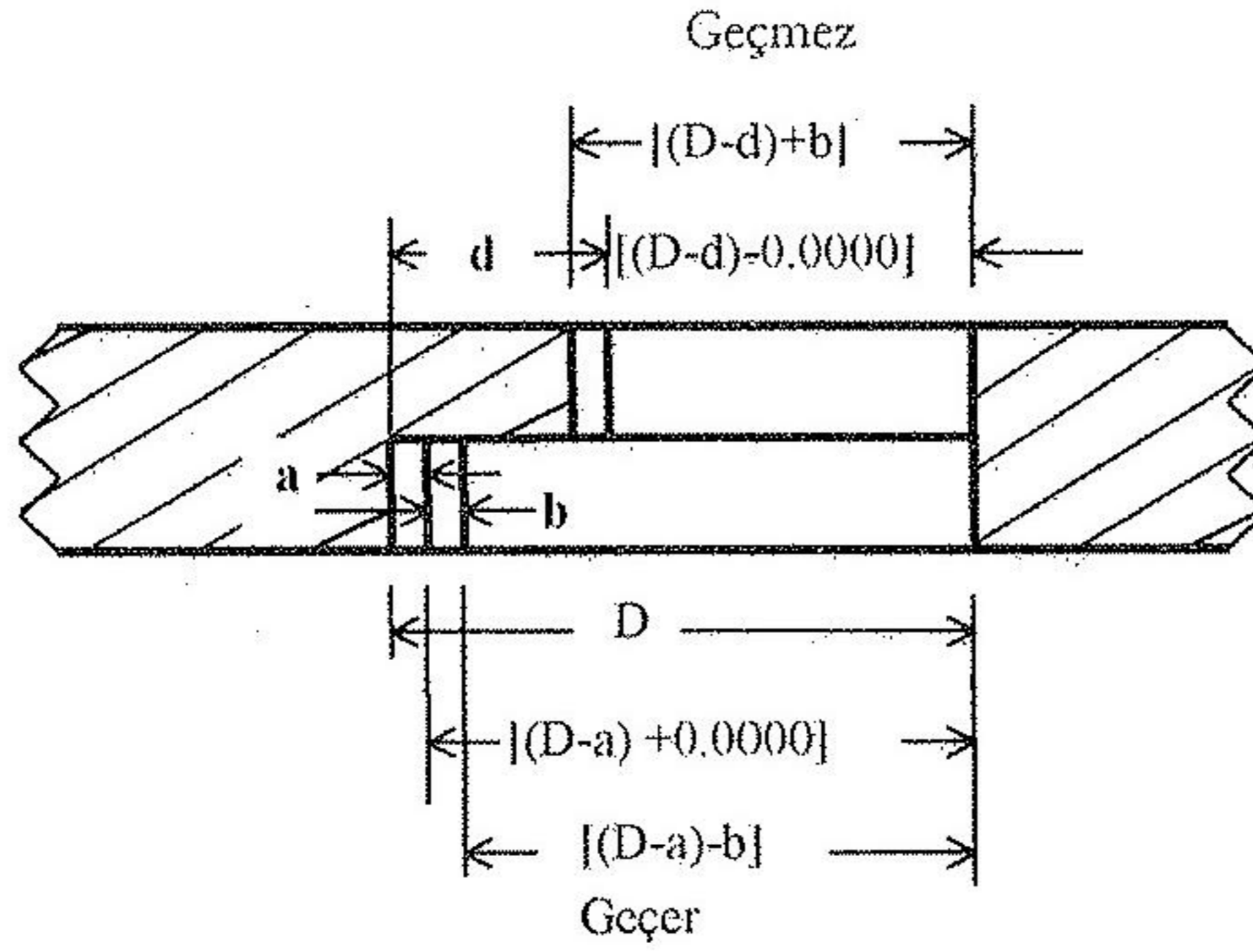
Bu çalışmada kullanılan mastarların hepsi geçer vida mastarıdır ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Deneylerde kullanılan geçer vida mastarı türleri ve özellikleri (3).

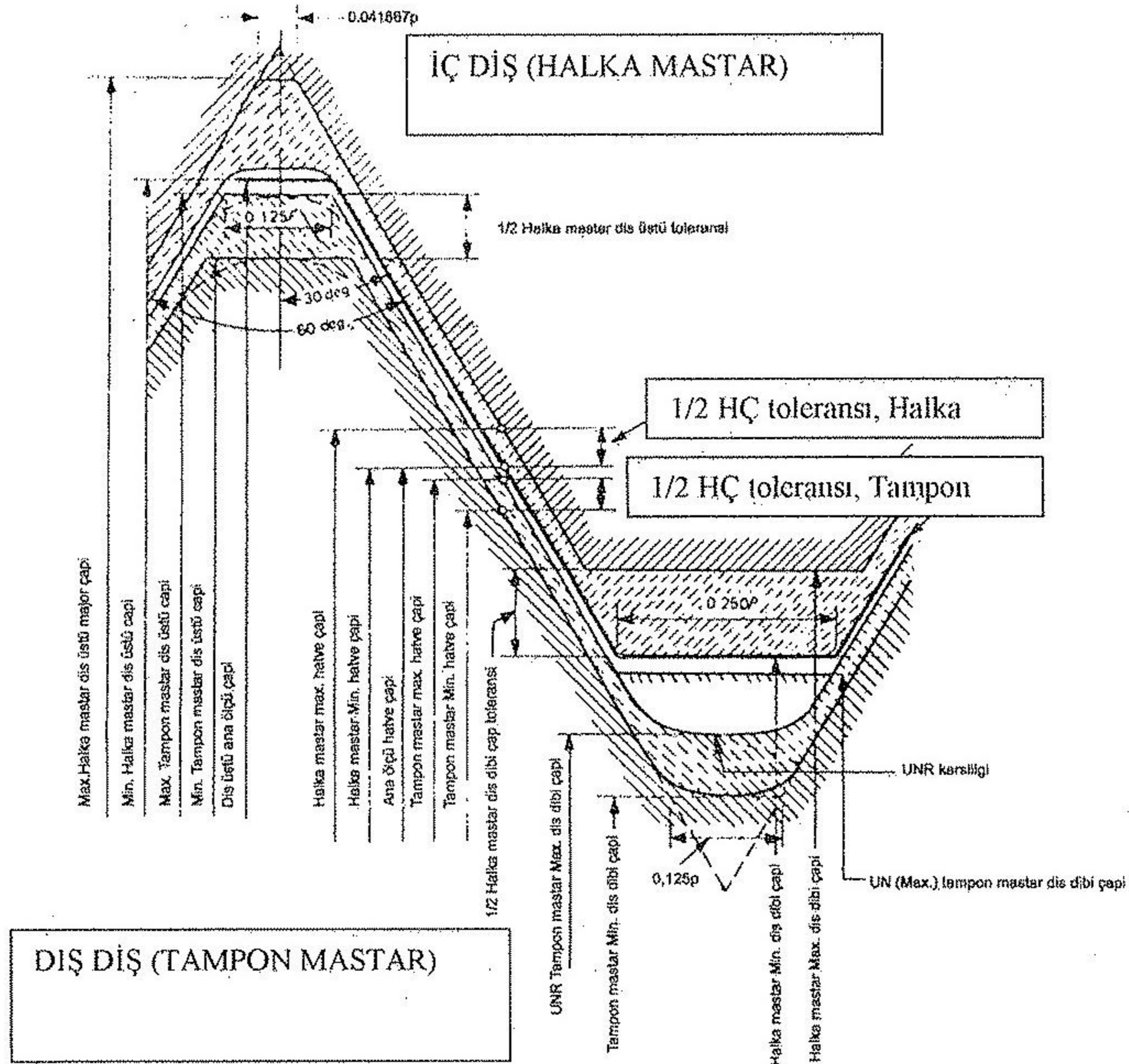
Mastar diş tanımı	Boy	Halka Vida Mastarı		Tampon Vida Mastarı	
		Hatve (mm)	Tolerans(μ m)	Hatve (μ m)	Tolerans(μ m)
İnce Diş (UNF)	3/8"-24	8.80872	-7,62 / + 0.0	8.83666	+7,62 / - 0.0
	3/4"-16	17.98066	-7,62 / + 0.0	18.01876	+7,62 / - 0.0
Kaba Diş (UNC)	3/8"-16	8.46074	-7,62 / + 0.0	0.49427	+7,62 / - 0.0
	3/4"-10	17.35328	-7,62 / + 0.0	17.3990	+7,62 / - 0.0
Normal Diş (UN)	5/8"-16	40.19296	-10,01 / + 0.0	40.24376	+10,01 / -0.0

Şekil 1'de görüldüğü gibi basit silindirik kesitli mastarlarda verilen toleranslar aşağıdaki şekilde kullanılırlar: Eğer maksimum çapı "D", minimum çapı da (D-d) olan bir shaft ürettilmek isteniyorsa, muayenede kullanılacak "halka" mastarının "geçer" kısmının maksimum çapı [(D-a) +0.0000] kadar olabilir. Aynı kısmın minimum çapıysa [(D-a)-b]

olabilecektir. Burada "a" mastarın aşınma hakkı, "b" ise mastar üreticisinin toleransıdır. Ancak uygulamada toplam tolerans genellikle (a+b) olarak verilir (1).



Şekil 1: Maksimum çapı "D" olan bir şaft için mastar ve toleranslarının tanımı. Burada (D-d) şaftın minimum çapı, "a" aşınma için müsaade edilen miktar, "b" mastar imalatçısının toleransıdır.



Şekil 2: Birbirinin içine geçmiş halka vida mastarı ve tampon vida mastarında ölçümlerin yapıldığı hatve çapı (HÇ) yerleri ve toleransları.

Tablo 1'de de görüldüğü gibi en düşük master hatve çapı toleransı 7.62 μm 'dir. Kaplamalar yapılmadan önce masterların hatve çapları ölçülerek tespit edilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı hatve çapı (HÇ) pozisyonları Şekil 2'de gösterilmiştir. Böylece kaplama kalınlığının (ortalama 2 μm 'dir) master çaplarına yapacağı yaklaşık 4 μm 'lik bir ilavenin masterları tolerans dışına çıkarıp çıkarmadığı tespit edilmiştir. Hiçbir mastarda tolerans dışına çıkma sorunu olmamıştır.

Masterlar değişik normlarda çeliklerden yapılabilir. Ancak genellikle yüksek hız takım çelikleri gibi yüksek alaşımlı çeliklerden üretilirler. Sertlikleri 62-65 HRC arasında olur.

Masterlar SIP 550 Super Micrometer marka ölçüm cihazıyla ölçülmüşlerdir. Bu cihaz 550 mm çapındaki parçaları 0.1 μm hassasiyetle ölçebilen bir cihazdır. Cihaz 20°C oda sıcaklığında ve %20-%40 nem ortamında çalışır.

TiCN kaplamalar Teknoplazma TPVD 850 reaktif saçırma sisteminde yapılmışlardır. Masterlar kaplanmadan önce yağ almak amacıyla alkali ortamda ultrasonik temizleyicide 60°C'de yıkanmışlar daha sonra iyonsuz suyla durulanmışlardır. Kaplama öncesi vakum sistemi 5×10^{-6} mbar basınca kadar vakumlanmıştır. Reaktif saçırma yönteminin avantajı kaplamayı damlacıksız olarak üretebilmesinden kaynaklanmaktadır. Alternatif olarak katodik ark yöntemiyle yapılan kaplamalarda ise çapı 100 μm 'ye varabilen kaplama damlacıkları oluşabilmekte bu da yukarıda bahsedilen toleransların kabul edilemeyecek kadar dışına çıkmalarına neden olabilmektedir.

Kaplamaların kalınlığı CSEM Calotest cihazıyla ölçülmüştür. Sertlikleri CSEM Nanohardness Tester cihazıyla dinamik yükleme yöntemiyle ölçülmüş ve ortalama sertlik değeri $2300 \pm 300 \text{ kg/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Ölçüm sırasında Vickers geometrisinde elmas uç kullanılmış ve maksimum yük 20 mN olarak uygulanmıştır. Kaplamaların taban malzemeye yapışması CSEM Revetest cihazıyla ölçülmüştür.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tablo 1'de verilen ve kaplanarak ömür artışları ölçülmek istenen master boyları makul bir sürede sonuç alınabilmesi için en elverişli master boylarıdır. Bu boy masterlar denenecekleri üretim ortamında en çok kullanılan masterlardır. Bu nedenle de aşınma probleminin en çok bu masterlarda gündeme gelmektedir.

Tablo 1'de verilen masterların bir seti kaplanmış ve üretim sonrası kullanılmak için operöterlere dağıtılmıştır. Diğer seti ise kaplanmadan kalite kontrol ekibine verilmiştir. Kalite kontrol ekibi üretilen parçaları montaj öncesi ikinci ve son kez bu masterlarla kontrol ederler. Bu durumda kaplanmış masterların kullanım yerleri ve sayılarıyla, kaplanmamış masterların kullanım yerleri ve sayıları olabildiğince eşitlenmiştir.

Kaplanmamış masterların hepsi birinci yıl içinde toleransların dışına çıkacak şekilde aşınmışken TiCN kaplanmış parçaların hiçbirinde 2.5 yıldır ölçülebilir bir aşınma gözlenmemiştir.

Bilindiği gibi aşınma malzemenin çevresiyle olan teması sonucu oluşan madde kaybıdır. En çok gözlenen aşınma türleri a) çizilerek, b) yapışarak, c) korozyon sonucu ve d) yüzey yorulması nedeniyle çatlakların oluşmasından kaynaklanan türlerdir. Çizilerek aşınma birbirine sürtünen iki cisimden sert olanının diğerini çizmesi sonucu ortaya çıkan madde kaybıdır. Yapışarak aşınmaysa, birbirine temas halinde hareket eden iki cismin yüzeylerinde mikro kaynakların oluşması ve hareket nedeniyle bu kaynakların görece daha kırılğan veya güçsüz olan malzemedan kopması sonucu olan aşınmadır.

Masterların aşınmasında yukarıda sayılanlardan özellikle ilk ikisi gözlenmiştir. Üretilen parçalara kılavuz veya pafta çekildikten sonra yüzeyde kalan sert metal tozları ve çapaklar

çizilerek aşınmaya neden olmaktadır. Öte yandan, geçer mastarlar özellikle zorlanarak kullanıldıklarında sıkışmanın yarattığı mikro kaynaklardan dolayı daha kırılğan olan mastar çeliğinden çok ince parçalar halinde kopmalara neden olmaktadır. Bu da yapışarak aşınmadır.

Mastarların üzerine kaplanan TiCN kaplamalar bunların hem çizilerek hem de yapışarak aşınmalarını en aza indirir. Amprik olarak gösterilmiş bir sonuca göre eğer sürtünen iki malzemedden birinin sertliği diğerinin sertliğinin 2,5 katı veya daha üzerinde ise sert olanda aşınma son derece az olacaktır. Eğer 250 - 290 Brinell (25-30 HRC) sertliğinde diş çekilmiş bir parça 61-65 HRC sertliğindeki bir mastarla muayene ediliyorsa mastarın sertliği yukarıda belirtilen 2,5 katı sertlik beklentisini sağlayamayacaktır. 25 - 30 HRC nin karşılığı yaklaşık 270 - 310 vickers'tir (HVN). 310 Vickersin 2,5 katı (yani 775 HVN) TiCN kaplamanın 2300 HVN'lık sertliğine göre son derece düşük bir sertlik olduğu için böyle bir malzemenin kaplı mastarı kolayca çizmemesi olağandır. Eğer daha yavaş olsa dahi yine de zamanla TiCN kaplı mastarda çizilme nedeniyle aşınma oluyorsa bunun nedeni diş aralarında kalan sert toz veya çapaktan dolayıdır.

Sürtünen iki çelik arasındaki sürtünme katsayısı 0.6-0.8 arasındadır. TiCN ile çelik arasındaki sürtünme katsayısı 0.3-0.4 arasındadır. Bilindiği gibi sürtünme sadece atomların kimyasal bağları nedeniyle oluşur (4). Yani sürtünen iki katı metal cismin yüzeylerinin atomları birbirleriyle doğrudan temas ettikleri durumlarda birbirleriyle bağ kurarlar. Bu bağlar nedeniyle mikro kaynaklar oluşur. Mastarlarda da durum böyledir; mastar eğer ölçtüğü parçaya sıkı geçerse iki yüzeyin metal atomları birbirleriyle doğrudan temas etme fırsatı bulurlar. Araya kesme yağı vb. gibi sıvı lubrikantlar konulsa da bunlar ancak sıkışmanın ve zorlamanın olmadığı durumlarda yararlı olabileceklerdir. Mastarlar, TiCN kaplandıkları zaman kendisini oluşturan çeliğin metal atomları (sıkıştırma ve zorlama çok daha fazla olsa da) ölçtüğü parçanın metal atomlarına değemeyecektir; arada hep TiCN tabakası olacaktır. Bu da gösterir ki TiCN kaplama, çizilerek aşınmanın yanısıra yapışarak aşınmayı da en aza indirir.

Kaplama rengindeki farklılığın mastar ölçüm ve kalibrasyonundaki sıklığı azaltabilmesi konusundaki çalışma TiCN kaplı bir tampon mastara hızlandırılmış bir aşınma uygulanarak kontrol edilmiştir. TiCN kaplı mastarlardan biri hatve üzerinde kontrollu bir şekilde 1200 numara SiC zımparaya alttan gri metalik çelik rengi görünene kadar maruz tutulmuştur. Daha sonra hatve çapı ölçülmüş ve henüz toleranslardan çıkmadığı görülmüştür. Kaplamanın geri kalanı kimyasal yollarla çözülmüş ve mastar yeniden TiCN kaplanmıştır. Kaplama sonrası ölçümler yapılmış ve parça boyutlarında toleransların dışına çıkacak hiç bir bozulma olmadığı gözlenmiştir.

4. SONUÇ

Ömürlerindeki artışı gözlemek amacıyla değişik boylardaki tampon ve halka vida mastarları 2 µm kalınlığında TiCN kaplamayla kaplanmışlardır. Yüksek sertlikleri ve düşük sürtünme katsayılarından dolayı TiCN kaplamalar çizilerek ve yapışarak oluşan aşınmaya karşı yüksek direnç göstermişlerdir. Kaplamasız referans mastarları bir yıl içinde toleransların dışına çıkacak şekilde aşınmışlarken TiCN kaplamalı mastarlar 2.5 yıldır ölçülebilir herhangi bir aşınma göstermemişlerdir.

Ayrıca TiCN kaplı mastarlar, kaplamanın çeliğe göre olan renk farkından dolayı, ancak kaplama kalınlığı kadar aşındıklarında yeniden ölçüm ve kalibrasyona ihtiyaç gösterdiklerinden renk farkının aşınmaya göstere olabileceği kanıtlanmıştır. Bu durum ölçüm ve kalibrasyon masraflarını en aza indirmekte çok yararlı olacaktır.

5. REFERANSLAR

- [1] H.E. Davis, G.E. Troxel, C.T. Wiscosil, *The Testing and Inspection of Engineering Materials*, s.106-113, 3. Baskı, 1964, McGraw-Hill Book Co., New York
- [2] Van Keuren, *Precision Measuring Tools, Handbook No. 37*, The Von Keuren Co., Massachusetts
- [3] AISI/ASME B1.2-1983 American National Standards
- [4] R.P. Feynman, R.B. Leighton ve M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics, cilt 1*, s.12-3, 6. Baskı, 1977, Adisson-Vesley Publishing Co., Reading Massachusetts