

# DELİK DELME İŞLEMLERİNDE ISLAH ÇELİKLERİNİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Birol HEPYAŞAR<sup>a\*</sup>, Cihat ENSARİOĞLU<sup>b</sup>, Cemal ÇAKIR<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Uludağ Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü-Bursa, [birol\\_hepyasar@hotmail.com](mailto:birol_hepyasar@hotmail.com),

<sup>b</sup> Uludağ Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü-Bursa [cihatensari@uludag.edu.tr](mailto:cihatensari@uludag.edu.tr)

<sup>c</sup> Uludağ Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü-Bursa [cemal@uludag.edu.tr](mailto:cemal@uludag.edu.tr)

## Özet

C45Pbk DIN 1.504 çeliğinin üretim şartlarındaki mevcut delik delme işlemini iyileştirmek amaçlı uygulanmıştır.

Yapılan çalışma ile kesici takım üzerinde bulunan kaplama özelliği tespit edilmiş, kesme parametreleri değiştirilerek takım aşınma mekanizmaları gözlenmiştir. Takımlarda oluşan hasar, aşınma, plastik deformasyon ve kırılma sonucunda sona ermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Matkaplarda takım aşınması, kaplama etkisi, kesme parametreleri, delik delme işlemleri

## 1. Giriş

Talaş kaldırma işlemi; elastik ve plastik şekil değişikliğine dayanım, sürtünme ve ısı oluşumu, talaş oluşumu ve talaş kırılması, iş malzemesi yüzeyinin sertleştirilmesi, kesici takım ucunun aşınması ve kırılması gibi olayların meydana geldiği karmaşık bir fiziksel olaydır [1].

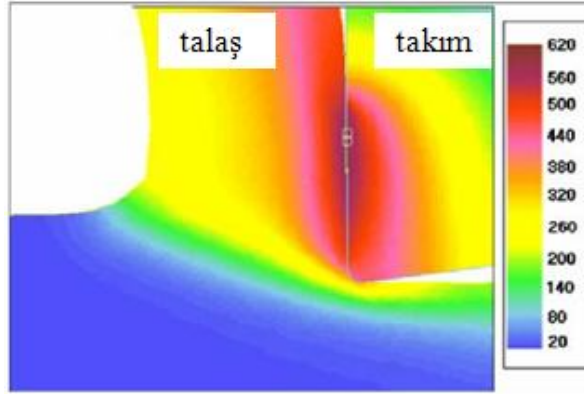
Çeşitli endüstri ürünlerinin elde edilmesinde başvurulmuş talaşlı imalat yöntemlerinden birisi de delme işlemidir. Delme işlemi helisel matkap aracılığıyla klasik matkap tezgahlarında ve gelişmiş CNC tezgahlarda bir iş parçası üzerinden talaş kaldırılarak gerçekleştirilir. Her imalatın bir maliyeti ve bu maliyeti belirleyen faktörler vardır. Kesici takım ve iş parçası maliyeti talaşlı imalattaki önemli maliyet kalemlerinden sayılabilir. Dolayısıyla üretim maliyetini düşürüp ürünü daha ucuza mal etmek için bu faktörleri dikkate almak gerekmektedir. Bu nedenle talaşlı imalatın bir parçası olan delme işleminde yapılan iyileştirmeler imalat maliyetinin düşürülmesi ve rekabet edebilme şansının doğması açısından önemlidir. Yapılan her bir iyileştirme talaşlı imalatta sonuca en kısa yoldan ulaşma anlamına da gelmektedir [2].

Maliyetlerin düşürülmesi ve kalitenin yükseltilmesi konusunda imalat sektöründe giderek artan talepler nedeniyle kesici takımların ömrüne etki eden etkenler ile iş parçasının kalitesi üzerinde etkili olan etkenler sürekli araştırma konusu olmuştur. Özellikle işleme maliyetini azaltmak, takım ömrünü artırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etme isteği talaş kaldırma alanında araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır [2].

Bütün talaşlı imalat türleriyle ilgili yapılan araştırmalarda olduğu gibi matkapla delmede de uygun kesme şartlarının belirlenmesi ve kesici takım ömrünün belirlenmesi vardır. Matkapla delinen parçanın malzeme özelliği, kesici takımın cinsi ve malzeme özelliği, kesici takım kaplama özelliği, kesme derinliği, ilerleme oranı, devir sayısı gibi değerler yapılan araştırmalarda büyük öneme sahiptir [3].

Bir malzeme işlenirken ortaya çıkan ısı ve sürtünme, takıma ve iş parçasına gelen kuvvetler büyük deformasyonlara ve istenilmeyen kalitede ürün elde edilmesine neden olabilir. Bu etkiler takımın tamamen işlenemez hale gelmesine de neden olabilirler. Bunun en önemli sebebi ise malzeme, takım, kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, devir sayısı vs. gibi faktörlerin hatalı seçilmesidir [4].

Talaş kaldırma sırasında meydana gelen ısı, kesici takım ile işlenen yüzey arasındaki sürtünmeden kaynaklanır. Oluşan ısının bir kısmı talaş ile tahliye edilir. Diğer bir kısmı parçaya ve geri kalanı da takıma geçer ve takımın ısınmasına neden olur. İmalat proseslerinde genellikle takımın ve parçanın aşırı ısınmasını engellemek için soğutma sıvısı kullanılır [5].



Şekil 1. Kesme anında ısı dağılımı

Talaş kaldırma işlemine etki eden faktörlerin bilinmesi ve birbirlerine etkilerinin dikkate alınması gereklidir. Bunların başlıcaları şöyle özetlenebilir:

Kesici takım ömrü,

Kesme hızı,

İlerleme miktarı,

Takım-iş parçası malzeme çifti,

Soğutma sıvısı,

Takım geometrisi,

Titreşim

Matkapla delik delmede dikkat edilmesi gereken noktalar ise:

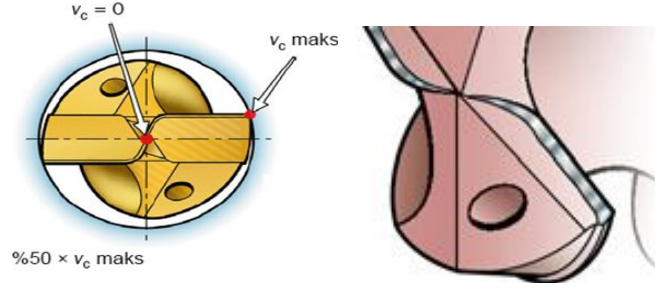
Delik ortasında kesme hızının sıfıra düşmesi

Talaşın zor transferi

Kesme bölgesinde ısı dağılımının elverişli olmaması

Keskin kenarlı kesici köşelerin büyük oranda aşınmaya maruz kalması

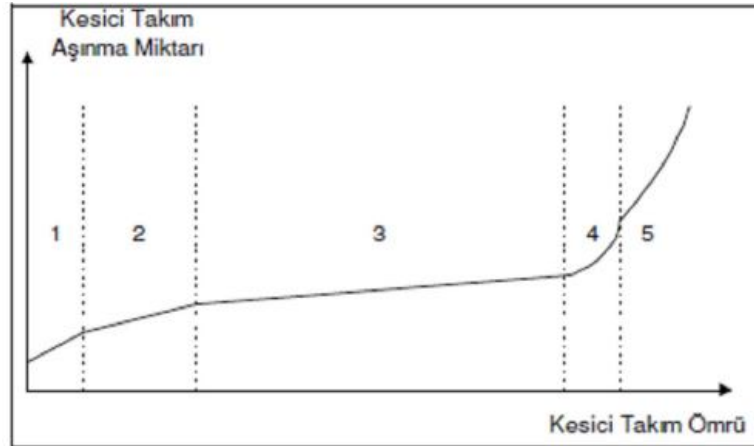
Zırhın delik çevresinde sürtünerek aşınması [4].



Şekil 2. Kesme hızı değişimi [6] Şekil 3. Matkap aşınması [6]

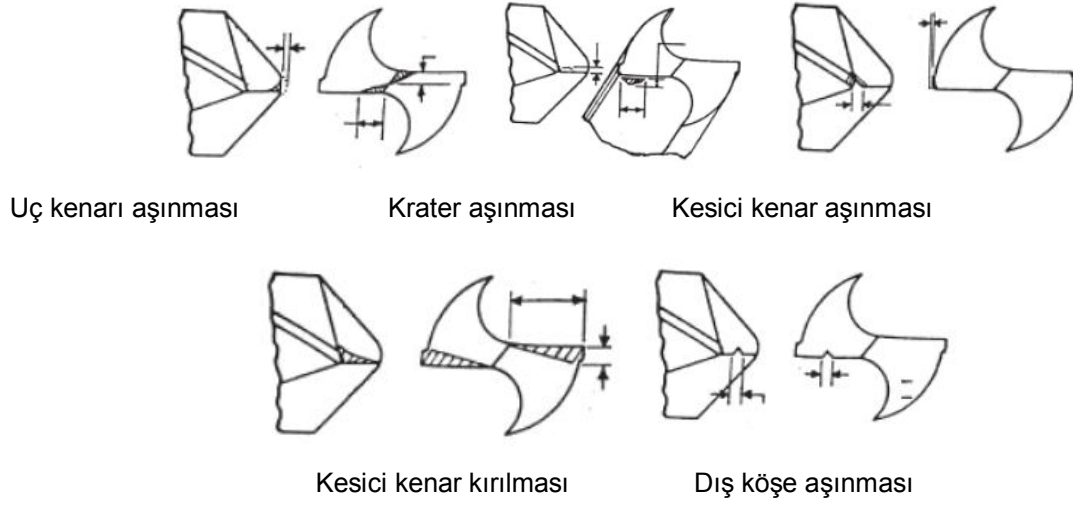
### 1.1 Matkaplarda Aşınma Mekanizmaları

Kesici takımında, özellikle matkap ucunda aşınma, başlangıçta yavaş, zamanla ivme kazanarak artan bir süreçtir. Aslında, kesici takım operasyona konduğu andan itibaren aşınma sürecine girmiş olur. Aşınma ilerledikçe kesici kuvvetler artar; daha fazla ısı ortaya çıkar, sonuç olarak aşınma hızlanır. Aşınma, takımın kesici uçlarının kullanılamaz hale gelmesine yol açar. Toplanan sensör sinyallerine bağlı olarak, kesici takımındaki aşınma safhaları belirlenmiştir. Kesici takımın aşınma safhaları (Şekil 4); 1. Başlangıçtaki aşınma, 2. Zayıf aşınma, 3. Düzenli aşınma, 4. Aşırı aşınma, 5. Kesici takımın kırılması şeklindedir [7].



Şekil 4. Kesici takımın aşınma safhaları [8]

Malzeme çeşidi, ilerleme hızı, kesme hızı gibi parametrelere bağlı olarak matkap üstünde farklı aşınma türleri oluşabilir. Literatürde bu aşınmaları dış köşe aşınması, kesici kenar aşınması, kesici kenar kırılması, krater aşınması ve uç kenarı aşınması olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 5). Araştırmacıların çoğu dış köşe aşınmasını en etkin aşınma tipi olarak belirlemişlerdir. Bunun nedeninin en yüksek kesme hızının kesme kenarlarının en dış köşelerinde ortaya çıkması, dolayısıyla en fazla aşınmanın bu bölgede oluşmasıdır. Aşınmanın artmasıyla bu bölgedeki sürtünme artar, daha fazla ısı enerjisi ortaya çıkar ve bütün bunlar sonuçta takımı aniden kırılmaya kadar götüren çığ etkisi yapar [9].



Şekil 5. Matkaplarda aşınma tipleri [9]

## 1.2 Kaplama Teknolojisi

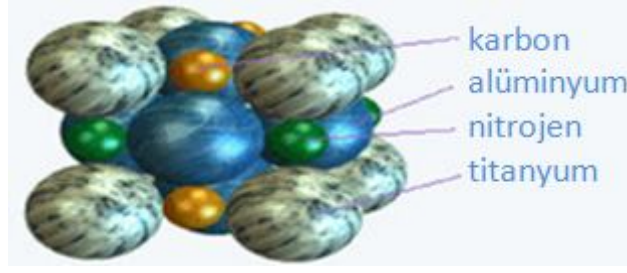
PVD (fiziksel buhar biriktirme) yöntemi sürtünmeyi, korozyonu ve aşınma özelliklerini geliştirmek için takımlara uygulanan bir başka kaplama yöntemidir. Bir vakum odasında gerçekleşir ve sonrasında yoğunlaşarak yüzeyde kaplama şeklinde form oluşturacak buhar oluşturulur[10].

PVD tekniği ile yapılan kaplamaların özellikleri;

- Isıl işlem gömüş takım çeliklerinin 180 - 600°C arasında kaplanabilmesi ve parçalarda sertlik kaybı olmaması.
- Kaplanan tabakalarda çok yüksek tutunma kuvvetlerinin oluşması ve yüzeyden pul pul dökülmemesi,
- Sık dokulu kristal tabaka yapısının olması,
- Çok ince (1-5  $\mu$ ) kaplama yapılabilmesi ve parça toleransının muhafaza edilmesi,
- Kompleks geometrik parçaların döner mekanizmalarla homojen özelliklerde kaplanabilmesi,
- Köşelerin ve keskin uçların keskinliğinin bozulmadan kaplanabilmesi,
- Takımların ve kalıpların bilindikten sonra tekrar kaplanabilmesi,
- Kaplamaların sökülerek tekrar kaplama yapılabilmesi [9].

## 1.3 TiAlN Kaplamalar

TiAlN 900°C sıcaklığa kadar okside olmayan, yüksek sertliğe sahip ve çok katlı (7-9 kat) olması nedeniyle tokluk ve aşınma dayanımı özelliklerini bir arada taşıyan bir kaplama çeşididir. Sertlik ve oksidasyon sıcaklığının yüksek olması nedeniyle, (özellikle sürekli talaş kaldıran, düşük karbonlu ve paslanmaz çelik işleyen) sert metal plakelerin kaplamasında TiAlN en yaygın kullanılan kaplamadır. Kaplama kafes yapısı Şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 6. Kaplama kafes yapısı [10]

AlTiN kaplamanın yüksek alüminyum içeriği, çalışma sırasında yüzeyde alümina ( $Al_2O_3$ ) katmanı oluşumuna yol açarak, takımın ısı dayanım özelliğini artırır. Bunun sonucunda yüksek kesme ve ilerleme hızlarında takım sorunsuz olarak çalıştırılabilir. AlTiN kaplamanın yüksek sertliği ile beraber tokluğunun da yüksek olması, özellikle dökme demir gibi sert iş parçalarının yüksek hızda tornalanması ve frezelenmesi gibi zor çalışma koşullarında, seri üretime olanak verir. Tablo 1'de AlTiN kaplamanın genel özellikleri verilmiştir [11].

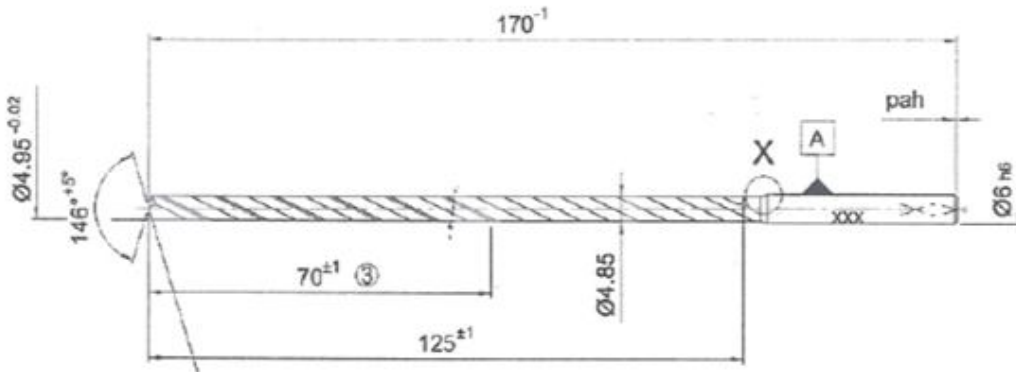
Tablo 1. TiAlN kaplamanın genel özellikleri [11]

<b>RENK</b>	BAKIR – BRONZ
<b>OKSİDASYON SICAKLIĞI</b>	800 – 900 °C
<b>SERTLİK</b>	3000 – 3400 HV
<b>SÜRTÜNME KATSAYISI</b>	0.70 – 0.80
<b>KALINLIK</b>	(7 – 9 KAT) 1 – 4 MİKRON

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Kesici Takım

Yapılan çalışmada; kesici matkap ucu olarak SCHWEGLER VHM-K30/K40  $\varnothing$ :4,95 mm,  $L_1$ : 125 mm,  $L_2$ : 170 mm spiral uzun matkap kullanılmıştır (Şekil 7). Helis açısı: 30° 'dir.



Şekil 7. Spiral matkap geometrisi

## 2.2. İş parçası özellikleri

Talaş kaldırma işlemlerinde kullanılan iş parçası DIN1.0504 normuna sahip C45Pbk ıslah çeliği malzemesidir (Tablo 2).

Tablo 2. İş parçasının kimyasal bileşimi

C45Pbk – DIN 1.0504			
Kimyasal Birleşim %		Fiziksel Özellik	
Karbon	0,43-0,51	Gerilme Direnci	730-900 Mpa
Silisyum	0,1-0,3		
Mangan	0,7-1	Kopma Noktası	min. 430 Mpa
Fosfor	max.0,03		
Kükürt	0,015-0,025	Yüzde Uzama	% min. 7
Alüminyum	max.0,05		
Molibden	0,1	Sertlik	28 HRC
Krom	0,1-0,4		
Nikel	max.0,4	Açıklama : Çok düşük gerilme ile yüklenen ve tavlama çapı küçük olan parçalar ; vidalar, akslar, pimler, dişli çarklar üretilmektedir.	
Bakır	max. 0,3		
Kalay	0,03		
Kurşun	0,15-0,25		
Titanyum	max. 50 ppm		
Kalsiyum	max. 15 ppm		

## 2.3 Kesme Parametreleri

Seri çalışma şartları malzemesi karbür olan bu matkaplara, PVD tekniği kullanılarak TiAlN kaplama yapılmıştır. Seri üretim şartları altında yapılan deneysel çalışmada biri kaplamalı, diğeri kaplamasız olmak üzere iki matkap kullanılmıştır. İş parçasına işleme derinliği 30 mm olarak sabit kabul edilmiştir. Kesme parametreleri Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3. Kesme Parametreleri

Kesici takımın cinsi	Silindirik saplı uzun helisel matkap ucu
Kesici takım malzemesi	Sinterlenmiş Karbür, VHM-K30/K40
Standart norm	DIN 6537
Kesici geometrisi	Uç açısı 146°
Helis açısı	30°
Kaplama malzemesi	TIALN ve kaplamasız
Kesme hızları	80, 90 m/dak
İlerleme miktarları	0.12 mm/devir
Kesme sıvısı basıncı	70 bar
Delik derinliği	30 mm

### 3. Deneysel Çalışmalar

Yapılan çalışmalarda, ilerleme hızı, kesme hızı, kaplama etkisi incelenerek elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

#### 3.1 Deneysel çalışma-1

Seri çalışma şartları altında yapılan deneysel çalışmada üretim parçası, kaplamasız matkapla kesme hızı  $V_C$ : 80 m/dak, ilerleme- $f_n$ : 0,12 mm/devir, devir sayısı-  $n$ : 5100 dev/dak alınmıştır. Üretim bandının durmaması için matkap üzerinde oluşacak maksimum deformasyona kadar değişim sürecine kadar matkapla üretim yapılmıştır. Sonuç olarak seri çalışma şartlarında karbür esaslı malzeme olan VHM-K30/K40 sınıfı helisel matkap ile üretim şartlarında hedeflenen 30 mm derinlik için maksimum 681 adet parça işlenmiştir. Deneysel seri üretimde karbür esaslı kaplamasız matkap kırılmış ve deney sonlandırılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Deneysel çalışma 1 - Matkap kırılması

#### 3.2 Deneysel çalışma-2

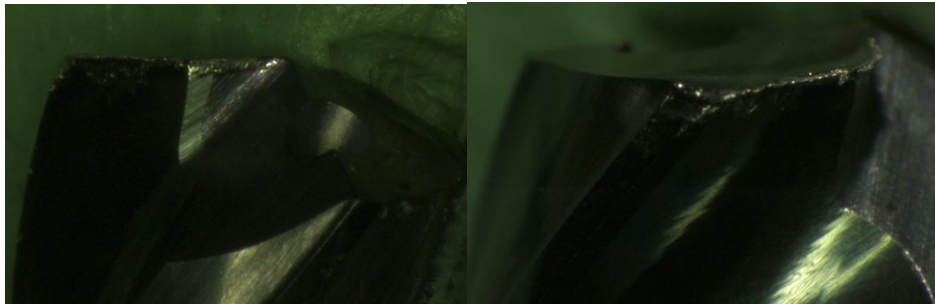
Aynı çalışma şartları altında makine magazininde bulunan diğer ikinci kaplamasız matkap ile değiştirilerek kesme hızı  $V_C$ : 90 m/dak, ilerleme  $f_n$ : 0,12 mm/devir, devir sayısı: 5800 dev/dak alınmıştır. Sonuç olarak seri çalışma şartlarında gerçekleştirilen ikinci denemede karbür esaslı matkap 533 adet parça, 30 mm derinlikte işlenmesi sonucu kırılmış ve deney sonlandırılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Deneysel çalışma 2 -Matkap kırılması

#### 3.3 Deneysel çalışma-3

Kaplamalar OerlikonBalzers tarafından TiAlN kaplama kalınlığı 2,5 mikron olarak yapılmıştır. Kesme hızı  $V_C$ : 80 m/dak, ilerleme  $f_n$ : 0,12 mm/devir, devir sayısı  $n$ : 5100 dev/dak alınmıştır. Sonuç olarak seri çalışma şartlarında karbür esaslı malzeme olan VHM-K30/K40 sınıfı helisel matkap ile 1000 adet parça, 30 mm derinliğinde işlenmiştir. Matkap kırılmasını önlemek amaçlı deney sonlandırılmıştır. Matkap kullanılır durumdadır (Şekil 10 ve Şekil 11).



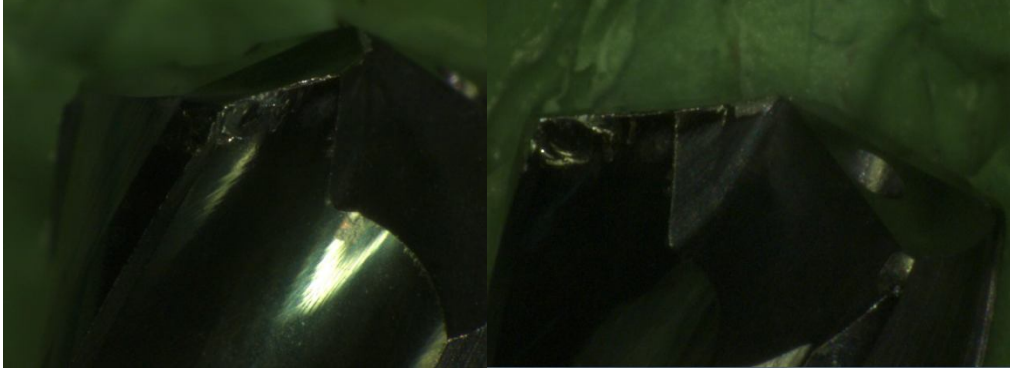
Şekil 10. Aşınma mekanizması (1)

Şekil 11. Aşınma mekanizması (2)



### 3.4 Deneysel çalışma-4

TiAlN kaplamalı 2,5 mikron kalınlığındaki kaplamaya sahip diğer matkap takılarak son deneme yapılmıştır. Kesme hızı  $V_C$ : 90 m/dak, ilerleme  $f_n$ : 0,12 mm/devir, devir sayısı  $n$ : 5800 dev/dak olarak alınmıştır. Sonuç olarak seri çalışma şartlarında karbür esaslı malzeme olan VHM-K30/K40 sınıfı helisel matkap ile 1000 adet parça, 30 mm derinliğinde işlenmiştir. Matkap kırılmasını önlemek amaçlı deney sonlandırılmıştır. Matkap kullanılabilir durumdadır (Şekil 12 ve Şekil 13).



Şekil 12. Aşınma mekanizması (3)

Şekil 13. Aşınma mekanizması (4)

## 4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada sertliği 28 HRC olan C45Pbk iş parçası, 70 bar kesme sıvısı altında kesme hızı değiştirilerek, TiAlN kaplamalı ve kaplamasız olarak dört adet deney yapılmıştır. Kaplamasız karbür esaslı helisel matkaplar seri deneme şartları altında yapılan çalışmada imalat hedefinin istediği üretim adetlerine ulaşmadan kırılmıştır. İlk iki deney matkap kırılması sonucu sonlandırılmıştır.

TiAlN kaplama (2,5 mikron) yapılan karbür esaslı matkaplar ile yapılan kesme hızı  $V_C$ : 80 ve 90 m/dak olan deneysel çalışmalarda matkaplarda kırılma olmamıştır. Maliyeti yüksek ve tekrar bilenebilme ve kaplanabilme özellikleri koruması için 1000 adette sınırlandırılmıştır.

Takım aşınmasına bakılarak yapılan değerlendirmeye göre kötüden iyiye doğru sıralama yapılırsa, kaplamasız takımlar her iki kesme hızlarında da kırılmıştır. Kaplamalı matkaplarda kesme hızı 90 m/dak olan deneysel çalışmada plastik deformasyona bağlı aşınmanın yüksek olduğu, kesme kenarı bölgesinde aşınma, kesme kenarı köşesinde ufalanma gözlenmiştir. Kaplamalı matkaplarda kesme hızı 80 m/dak olan deneysel çalışmada kesme kenarında aşınma gözlenmiştir.

## 5. Öneriler

Kaplama teknolojisi önemli bir rol oynadığı için takıma kazandırdığı özellikleri maksimum seviyeye çıkarabilecek, yeni kaplama türleri araştırılmalıdır, örneğin AlCrN kaplama.

Kesme sıvısı delik delme işlemi sonrası boş yükte matkaba yüksek basınçta akışkan sevk edilerek, matkap ucu deliklerinden akış debi ölçer ile kontrol edilmelidir.

## 5. Kaynakça

1. Yalçın, B., "Yüksek Hız Çeliği Kesici Takım Üzerine Yapılan Titanyum Nitrür Kaplamanın Kesici Takım performansına etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2002).
2. Arafat, M. "CNC Delme İşleminde Delme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, (2009).



3. Karasoy, T., “Matkapla Delmedeki Sıcaklık Dağılımının Tahmini “ , Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, (2009).
4. Avuncan, G.,Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar, Makine Takım Endüstrisi A.Ş, İstanbul, (1998)
5. Akkurt M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları. Birsen Yayınevi, (2000).
6. SANDVİK Coromant 2011 E-katalog
7. Ertunç H. M., Sevim I. “ Kesici takımların aşınmasını gözleme üzerine yapılan alışmalar”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14: 55-62, (2001).
8. Bordinassi E. C.,AlmeidaFilho C. O. C, Filho M. S., Batalha G. F., “Deburring control and cutting forces”, Máquinas e Metais, 104-119, Portekiz, (2004).
9. Ertunç H. M., Sevim I. “ Kesici takımların aşınmasını gözleme üzerine yapılan alışmalar”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14: 55-62 (2001)
- 10.Demirayak, İ, “Kesme parametreleri ve kaplama tabakasının talaş kaldırmaya etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, (2006).
11. IonBond Tinkap Yüzey Teknolojileri San. Tic A.Ş. döküman ve teknik bilgi brořürleri, (2004).