

**Ti₆Al₄V TİTANYUM ALAŞIMINDA KILAVUZ İLE
VIDA AÇMA PROBLEMLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

GÜLTEKİN UZUN

**DOKTORA TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2013
ANKARA**

Gültekin UZUN tarafından hazırlanan “Ti₆Al₄V TİTANYUM ALAŞIMINDA KILAVUZ İLE VİDA AÇMA PROBLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan KORKUT

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kürşad DÜNDAR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Atılım Üniversitesi

Prof. Dr. İhsan KORKUT

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet TÜRKER

Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 24 /10/2013

Bu tez ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gültekin UZUN

Ti₆Al₄V TİTANYUM ALAŞIMINDA KILAVUZ İLE VİDA AÇMA PROBLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

(Doktora Tezi)

Gültekin UZUN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2013

ÖZET

Kılavuz ile vida açma işlemi diğer kesici takımlar ile yapılan talaş kaldırma işlemlerine nazaran daha karmaşıktır. Ayrıca işlenebilirliği zor olan Ti alaşımları, süper alaşımlar vb. malzemelerde bu süreç daha da zorlaşmakta ve kesici takım (kılavuz) ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, kılavuzun verimli olarak kullanılabilmesi için kesme şartlarının (kılavuz seçimi, kesme parametreleri, vb.) en iyi şekilde belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, kaplamalı (TiAlN) ve kaplamasız 5 farklı tipte kılavuz kullanılarak Ti₆Al₄V alaşımına vida açma deneyleri uygulanmıştır. Bu deneyler 4 farklı kesme hızı (2, 3, 4 ve 5 m/dak) ve vida adımı miktarı kadar ilerleme (1,25 mm/dev) değeri ile ıslak ve kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir. Vida açma işlemleri sırasında kılavuzların takım ömrü ve kesme kuvvetleri belirlenmiştir. Deneyler sonucunda tüm kesiciler için kesme torku bakımından en iyi sonuçlar eğik ağız bilemeli düz kanallı kılavuzlar ile elde edilmiştir. Kaplama işlemi uygulanmış kesici takımlarda kaplamsız takımlara göre kesme torkunda artışlar olduğu tespit edilmiştir. Islak kesme şartlarında kesme torklarında artışların olduğu gözlemlenmiştir. Eğik ağız bilemeli düz kanallı kılavuzların Ti₆Al₄V malzemesi üzerinde en iyi kesme performansını sergilediği tespit edilmiştir. Bu kılavuz ile yapılan deneylerde tüm kesme şartlarında diğer kılavuzlara oranla kesme torku açısından %10 ile %74 arasında iyileşmelerin olduğu tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar Kelimeler : Vida Açma, Titanyum Alaşımları, İşlenebilirlik
Sayfa Adedi : 110
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. İhsan KORKUT

THE INVESTIGATION OF THE TAPPING PROBLEMS OF Ti₆Al₄V ALLOY
(Ph. D. Thesis)

Gültekin UZUN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
October 2013

ABSTRACT

Tapping with a tap is more complex than the machining processes done by other cutting tools. Also, this process becomes harder for such materials as Ti alloys, super alloys, etc. which are hard to machine and causes a decrease in the cutting tool (tap) life. Thus, it is required to determine the optimal cutting conditions (selection of tap, cutting parameters, etc.) in order to use the tap efficiently. In this study, screw cutting experiments have been carried out on Ti₆Al₄V alloy by using 5 different types of coated (TiAlN) and uncoated taps. The experiments were conducted in wet and dry conditions with 4 different cutting speeds (2,3,4 and 5 m/min) and a feed rate which is equal to thread pitch (1.25 mm/min). The tool life and the cutting forces of the taps were determined during tapping processes.

The best results were obtained with straight flutes with spiral point taps in terms of cutting torque. Cutting torque increases were observed in coated cutting tools. Cutting torque increases were also observed in the wet cutting conditions. As a result, it was determined that straight flutes with spiral point taps exhibited the best cutting performance on Ti₆Al₄V material. With the experiments carried with this tap, between 10% - 74% better torque values were obtained compared to other taps in all cutting conditions.

Science Code : 708.3.028
Key Words : Tapping, Titanium Alloys, Machinability
Page Number : 110
Adviser : Prof. Dr. İhsan KORKUT

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. İhsan KORKUT'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Prof. Dr. Ulvi ŞEKER, Prof. Dr. Mehmet TÜRKER'e ve Yrd. Doç. Dr. Yakup TURGUT'a, işlerim konusunda en büyük destekçim Emre AY'a, iş arkadaşım Uzm. Selçuk YAĞMUR'a, yol arkadaşım ve dostum Yrd. Doç. Dr. Turgay KIVAK'a, ve Makine Eğitimi Bölümünde görevli tüm çalışma arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli Eşim Cemile UZUN ve Kızlarım Gülce ve Elif Gökçe UZUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı'na 07/2010-47 No'lu proje ile ve TÜBİTAK'ın 111M414 nolu proje ile verdikleri desteklerinden dolayı bu kurumlara teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3.TİTANYUM VE ALAŞIMLARI	15
4. VİDA AÇMA TEKNOLOJİSİ	22
4.1. Standart Vida Çeşitleri	25
4.1.1. Profillerine göre vidalar	25
4.1.2. Ölçü sistemlerine göre vidalar.....	25
4.1.3. Ağız sayılarına göre vidalar	26
4.1.4. Kullanım alanlarına göre vidalar.....	26
4.2. Vida Açma İşlemi.....	27
4.2.1. Kılavuz ile vida açma yöntemi.....	29
4.2.2. Kılavuzun çalışma verimini etkileyen önemli hususlar	31
4.3. Ovalama ile Vida Açma İşlemi	39
4.3.1. Ovalama yöntemi	39

sayfa

4.3.2. Ovalamanın avantajları.....	41
4.3.3. Ovalama tekniği ile vida açma	41
4.3.4. İç vidaların ovalanması	44
4.3.5. Ovalama metodunun sınırlamaları	46
4.3.6. Vida yüzeylerinin pürüzlülüğü ve mekanik özelliklerinin durumu.....	47
4.3.8. Ovalanacak malzemelerde aranan özellikler.....	48
4.4 Vida Toleransları	52
5. MALZEME VE METOT	56
5.1. Deneylerde Kullanılan Malzeme.....	56
5.2. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı	56
5.3. Deneylerde Kullanılan Kesici Takım Ve Kesme Parametreleri.....	57
5.4. Deney Numuneleri	59
5.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi	60
6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	64
6.1. Kılavuz İle Vida Açma Sırasında Oluşan Kesme Torkunun Kesici Tipine Göre Değerlendirilmesi	67
6.2. Kılavuz İle Vida Açma Sırasında Oluşan Kesme Torkunun Kesme Şartlarına Göre Değerlendirilmesi	86
6.3. Kılavuz İle Vida Açma İşleminde Takım Ömrünün Değerlendirilmesi	91
6.4. Kılavuz İle Vida Açma İşleminde Toleransların Değerlendirilmesi.....	100
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR	104
ÖZGEÇMİŞ	109

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Deney şartlarının ve sonuçların kıyaslanması.....	8
Çizelge 2.2. Literatürde incelenen çalışmalar	13
Çizelge 3.1. Alaşımsız titanyumun farklı arayer oranlarına sahip tipleri ve mekanik özellikleri.....	17
Çizelge 3.2. α Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri.....	18
Çizelge 3.3. $\alpha+\beta$ Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri	19
Çizelge 3.4. β Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri.....	20
Çizelge 3.5. Ti_6Al_4V alaşımlarının kimyasal içeriği ve fiziksel özellikleri	20
Çizelge 4.1. Ç4027 çeliği için kesilmiş ve ovalanmış vida dişi mekanik özellikleri..	48
Çizelge 4.2. Metallerin ovalanma kabiliyetleri, pullanma ve ovalama izi değerlendirmeleri	49
Çizelge 4.3. Metrik vidaların dış toleransları.....	54
Çizelge 4.4. Metrik vidaların standart dış adımı ölçüleri.....	55
Çizelge 5.1. Deneylerde kullanılan Ti_6Al_4V alaşımının kimyasal bileşimi	56
Çizelge 5.2. CNC freze tezgahının özellikleri	57
Çizelge 5.3. Kılavuz formları ve tipleri	57
Çizelge 5.4. Deliklerin açılmasında kullanılacak matkap tipi ve çapları.....	58
Çizelge 5.5. Deney sayısı tablosu	59
Çizelge 6.1. Deneysel çalışmadaki girdilere bağlı olarak elde edilen veriler	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Vida açma sırasında oluşan kesme kuvvetlerin farklı yağlama koşullarında karşılaştırılması.....	9
Şekil 3.1. Çeşitli metaller için özgül mukavemet / sıcaklık değişimi	16
Şekil 3.2. Saf titanyumun sıcaklık ve β kararlaştırıcı elementlerle değişimi	17
Şekil 4.1. Vida helisi oluşumu	22
Şekil 4.2. Vida açısı ve adımı.....	23
Şekil 4.3. Vida kavrama derinliği	23
Şekil 4.4. İç ve dış vida elemanları	23
Şekil 4.5. Sağ ve sol vida	23
Şekil 4.6. Çok ağızlı vida dişi	26
Şekil 4.7. Kendi kendine bloke edemeyen (çözülen) vida dişi	27
Şekil 4.8. Kendi kendine bloke eden (çözülmeyen) vida dişi	27
Şekil 4.9. Vida açma yöntemleri	28
Şekil 4.10. Kılavuz ve elemanları	29
Şekil 4.11. El kılavuzu	30
Şekil 4.12. Makine kılavuzu bileme formları.....	30
Şekil 4.13. Makine kılavuzlarının ağızlama formları.....	31
Şekil 4.14. Kılavuzların değişik talaş açıları.....	32
Şekil 4.15. Delik tipleri	34
Şekil 4.16. a) Eğik ağız bilemeli ve b) sağ helis kanallı kılavuz	34
Şekil 4.17. Boydan boya ve kör delik için tavsiye edilen kılavuz tipleri.....	35
Şekil 4.18. Kesme kuvvetinin vida öz çapına bağlı olarak değişimi	35

Şekil	Sayfa
Şekil 4.19. Kılavuz ağız yapıları	37
Şekil 4.20. Farklı ağızlama boyu ve delik derinliğinin, döndürme moment ile olan bağlantısı	37
Şekil 4.21. Eğik ağız bilemenin döndürme momentine etkisi	38
Şekil 4.22. Ovalamanın yapılışı	40
Şekil 4.23. Ovalama başlığı	40
Şekil 4.24. Radyal içten beslemeli ve doğrudan beslemeli ovalama başlığı.....	42
Şekil 4.25. Keserek (a) ve ovalayarak (b) açılan vida dişlerinin mikrografileri	44
Şekil 4.26. Ovalama makarasının ham malzemeye teması sırasında ki sertlik dağılımı.....	45
Şekil 4.27. İçten dişlilerin mandrel (a) ve kalıp (b) kullanarak ovalanması	46
Şekil 4.28. Ovalama öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğü.....	47
Şekil 4.29. Ovalama esnasında oluşan ovalama izinin dört farklı hassasiyetinin şematik gösterilişi	51
Şekil 4.30. Somun ve vida dişi tolerans aralıkları.....	53
Şekil 5.1. Numuneler üzerine delinecek deliklerin dağılımı.....	59
Şekil 5.2. Kılavuz ile vida açma işlemi sırasında dönme momentinin (Tork) grafiksel (a) ve ölçümsel (b) oluşması.....	61
Şekil 5.3. Dinamometre ve Amplifier'in özellikleri	62
Şekil 5.4. Deney düzeneğinin şematik gösterimi	63
Şekil 5.5. Deneylerde kullanılacak bağlama kalıbı ve dinamometre üzerindeki gösterimi.....	63
Şekil 6.1. Kaplamasız kılavuzlar ile kuru kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi	67

Şekil	Sayfa
Şekil 6.2. Kaplamalı kılavuzlar ile kuru kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi.....	73
Şekil 6.3. Kaplamasız kılavuzlar ile ıslak kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi.....	79
Şekil 6.4. Kaplamalı kılavuzlar ile ıslak kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi.....	82
Şekil 6.5. Düz kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi	85
Şekil 6.6. Sağ helis kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi	87
Şekil 6.7. Sol helis kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi	88
Şekil 6.8. Eğik ağız bilemeli düz kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi	89
Şekil 6.9. Ovalama kılavuzu ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi	90
Şekil 6.10. EADK ve OK kesicilerin ıslak kesme şartları altındaki kesme hızına bağlı olarak takım ömrü grafiği	92
Şekil 6.11. Kaplamasız EADK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi.....	93
Şekil 6.12. Kaplamasız OK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi	95
Şekil 6.13. Kaplamalı EADK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi.....	97
Şekil 6.14. Kaplamalı OK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi	99

Şekil	Sayfa
Şekil 6.15. EADK ve OK kesicilerinin dış üstü çapları tolerans grafiği.....	100
Şekil 6.16. EADK ve OK kesicilerinin dış dibi çapları tolerans grafiği	101

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Deney düzeneği.....	8
Resim 6.1. 2 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri	68
Resim 6.2. 3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri	69
Resim 6.3. 4 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri	70
Resim 6.4. 5 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri	72
Resim 6.5. 2 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri.....	74
Resim 6.6. 3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri.....	75
Resim 6.7. 4 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri	76
Resim 6.8. 5 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri	77

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada, kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simge	Açıklama
l_1	Ovalama kılavuzu pah uzunluğu (mm)
t_1	Gerçek diş yüksekliği (mm)
K_r	Kılavuz pah açısı ($^{\circ}$)
d_p	İş parçası delik çapı (mm)
R_2	Kılavuz pah yarıçapı (mm)
R	Makara boyca eğri yarıçapı (mm)
V	Ovalama hızı (m/dak)
d_0	Ovalama kılavuzu diş üstü çapı (mm)
D	Vida diş üstü çapı (mm)
ω	Vida kılavuz açısı ($^{\circ}$)
ω_0	Vida kılavuz açısı ($^{\circ}$)
d_{20}	Ovalama kılavuzu bölüm dairesi çapı (mm)
D_1	Vida diş dibi çapı (mm)
h_{m2}	Bölüm dairesi ile diş dibi arasındaki farkın yarısı (mm)
h_{m1}	Diş üstü ile bölüm çemberi arasındaki farkın yarısı (mm)
d_{10}	Ovalama kılavuzu diş dibi çapı (mm)
TD	Ovalanacak vidanın çalışma toleransı (mm)
h_{m3}	Teorik diş ile gerçek diş yükseklik farkı yarısı (mm)
h_{m2}	Vida bölüm dairesi (mm)
TD_2	Ovalanacak vidanın diş yarısı çalışma toleransı (mm)
Td_{20}	Bölüm dairesi çalışma toleransı (mm)
Td_0	Diş üstü çalışma toleransı (mm)
σ	Çekme gerilmesi (kg/mm^2)
σ_{Ak}	Akma gerilmesi (kg/mm^2)
z	Çok ağızlı vida da ağız sayısı (mm)

P_z	Çok ağızlı vidanın adımı (mm)
τ	Kesme gerilmesi (kg/cm ²)
L₀	Plastik şekil değiştirilmemiş malzeme boyu (mm)
A₀	Plastik şekil değiştirilmiş alan (mm ²)
l	Plastik şekil değiştirilmiş malzeme boyu (mm)
P	Somuna gelen basınç (N/m ²)
t	Teorik diş yüksekliği (mm)
p	Vida adımı (mm)
A	Plastik şekil değiştirilmemiş alan (mm ²)
d	Matkap çapı (mm)
f	İlerleme (mm/dev)
F	Kuvvet (N)
F_n	F _s 'ye dik kuvvet (N)
F_{pi}	Eksenel kuvvet (N)
F_{rz}	Radyal kuvvet (N)
F_s	Kayma düzlemine paralel kuvvet (N)
F_s	Kesme kuvveti (N)
F_{sz}	Asıl kesme kuvveti (N)
F_x	X eksen yönünde oluşan kesme kuvveti (N)
F_y	Y eksen yönünde oluşan kesme kuvveti (N)
F_z	İlerleme kuvveti (N)
kW	Kilowatt
M_z	Dönme Momenti
n	Devir sayısı
Pb	Kurşun
T	Sıcaklık (°C)
V	Kesme hızı (m/dak)
α	Boşluk açısı
γ	Talaş açısı
γ_{fA}	Ağızlama konik açısı

δ	Dayama açısı
θ	Helis açısı
ϕ	Enine kesici kenar açısı
ψ	Uç açısı
ω	Açısal hız

Kısaltma	Açıklama
AlCrN	Alüminyum Krom Nitrür
BCBN	Binderless Cubic Boron Nitride
CBN	Cubic Boron Nitride (Kübik Bor Nitrür)
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)
CrAlN	Krom Alüminyum Nitrür
CrC	Krom Karbon
CrN	Krom Nitrür
DIN	Deutsche Industrie Norm (Alman Standartları)
DLC	Diamond Like Carbon (Karbon Benzeri Elmas)
HB	Brinell Sertlik
HGZ	Hegzagonal Sıkı Paket
HMK	Hacim Merkezli Kübik
HRC	Rockwel Sertlik
HSS (YHÇ)	High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
ISO	International Organization For Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)
MPa	Megapaskal
SEM	Scanning Electron Microscope (Tarama Elektron Mikroskobu)
TiAlN	Titanyum Alüminyum Nitrür
TiCN	Titanyum Karbon Nitrür
TS	Türk Standartları
WC	Volfram Karbon
WC/C	Volfram Karbür

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji kesici takımların kalite ve maliyetleri açısından, uygun takım ve doğru kesme şartlarını seçmeyi zorunlu kılmaktadır. Doğru kesici takımın seçimi, işleme sırasında en üst seviyede verimliliğin elde edilebilmesi için de önemlidir. Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemleri sırasında aşınır ve bu aşınma, kesici takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Daha az takım ömrü kesici takım maliyetlerini arttıracak gibi, kesici takım değiştirme sıklığını arttıracığından işleme süresini de arttıracaktır. Bu süre artışı maliyetlerinde artmasına sebep olacaktır. Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, kesme performansı ve birim parça maliyetini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca metal ve metal alaşımlarının işlenmesinde kullanılan takımların kesici kenarları yeterince dayanıklı olmasına rağmen, talaş kaldırma sırasında oluşan gerilmeler karşısında oldukça zorlanmaktadırlar. Bu sebeple takımın dayanabileceği optimum kesiti ve kesmeyi kolaylaştıracak ideal açıları (ideal takım geometrisini) bulmak için bir çok araştırma yapılmıştır [1].

Teknolojinin hızlı gelişmesi malzeme ve bu malzemelerin ürün haline getirilmesinde kullanılan yöntemlerden beklentileri arttırmaktadır [2]. Özellikle medikal, elektronik, bilgisayar, havacılık ve uzay endüstrilerde mukavemetli ve hafif malzemelere olan ihtiyaçlar giderek artmaktadır. Titanyum ve alaşımları sahip oldukları, yüksek dayanım, ısı ve korozyon direnci gibi özelliklerinden dolayı, bu beklentilerin büyük bir kısmını karşılamaktadır [3-4]. Bu alaşımlar, talaşlı imalat esnasında, yüksek sıcaklıklarda dahi sahip oldukları özellikleri korumaktadırlar. Dolayısıyla, titanyum alaşımları genellikle “işlenmesi zor malzeme” grubunda yer almaktadır [5-6]. Bu alaşımlar içerisinde Ti_6Al_4V alaşımı, kullanım alanı olarak en büyük paya sahiptir [7]. Çelik ve dökme demirlere nazaran bu alaşımların sahip olduğu düşük termal iletkenlik (yaklaşık $15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) de, kesici takım ve iş parçasında oluşan yüksek sıcaklığın diğer önemli bir nedenidir [8]. İşleme anında ortaya çıkan çok yüksek sıcaklıklarda titanyum alaşımı mukavemetini korurken, kesici takımın bu yüksek sıcaklık ve basınç altında mukavemetini yitirebilmektedir. İlerleme miktarının artışı, takım/talaş kesit sıcaklığı ve takım/talaş temas alanına düşen kesme kuvvetini

arttırmakta ve takım ömrünü azaltmaktadır [9]. Yüksek sıcaklıklarda kesici takım malzemesiyle reaksiyona girme eğilimleri ve kesici takım ucuna yapışmaları gibi nedenler, işlemin maliyetini ve verimliliğini önemli derecede etkilemektedir [10-12]. Klasik işleme yöntemlerinde, kesme anında plastik deformasyon, takım/talaş ve takım/iş parçası arasında meydana gelen sürtünmelerin de etkisiyle açığa çıkan ısı, birçok problemin meydana gelmesine neden olmaktadır [6]. Riberiro [13], bu alışımarda hangi klasik yöntem kullanılırsa kullanılsın, işlenmesinin daima bir problem olduğunu belirtmiştir. Bu bakımdan bu malzemelerin işlenmesinde uygun işleme şartlarının araştırılması önem arz etmektedir.

Talaşlı imalatla çeşitli zorluklar olmasına karşın delik içine vida açma işlemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak iç vida üretimi sırasında kılavuzun ani kırılması, kırılıp iş parçası içerisinde kalması hiç istenmeyen durumlardır. Üretimde özellikle küçük vida ölçülerinde (M6 ve daha küçük vidalar) ve kör deliklerde deliğe vida açma esnasında kılavuz kırılması oldukça sık meydana gelen olaylardır. Bu sonuçlar, uygun olmayan yağlama, talaş tahliyesindeki yetersizlik ve kılavuz geometrisindeki hatalardan ileri gelmektedir. Bu ve benzeri hatalar takım ömrünün arttırılması açısından incelenmesi gereken önemli konulardan bazılarıdır. Daha önce yapılmış çalışmalara bakıldığında takım kırılmasına 3 farklı yaklaşımla çözüm sunulmuştur. Bunlar;

1. Kılavuz geometrik biçiminin iyileştirilmesi,
2. Güvenli kılavuz seçimi ve kullanımı,
3. Vida açmada titreşimin kontrol altına alınması olarak sıralanmaktadır.

Deliklere vida açmanın ve titanyumun işlenebilirliğinin zor olması, vida açma sırasında karşılaşılan sorunların daha çok olmasına sebebiyet vermektedir. Titanyum malzemenin düşük elastikiyet modülü ve orta karbonlu çeliklere göre yedi kat daha fazla olan sürtünme mukavemeti bunların başlıca sebebi olarak gösterilebilir. İç vida çekerken oluşan büyük tork (moment), kılavuzun geri tepmesi (yaylanması) ve dönüş zorluğu beraberinde kılavuz kırılma olayını gerçekleştirmektedir. Burada kılavuzu rahatlatmak için boşluk açısını büyütmek bile bir çözüm sağlayamamaktadır [14]. Delik içine vida oluşturmada, delik giriş ve çıkışındaki çapaklanma oluşumu, çok

büyük boyutlarda vida açma zorluğu ve kılavuz kırılmalarının meydana gelmesindeki başlıca sebeplerdir. Bu olumsuzluklar genellikle üretim esnasında görülebilmektedir [15].

Talaşlı imalat malzemeler; çeşitli işleme yöntemleriyle (frezeleme, tornalama, delik delme, vida açma vb.) işlenir. Malzemeyi işleyen kesici takımın, iş parçasının mekanik özelliklerine uygun kesici parametrelerine sahip olması, azami verimlilik için şarttır. Talaşlı üretimde vida açma işlemleri için yanlış kılavuz seçimi her zaman problem olmuştur. Doğru kılavuz seçimi ve gerekli parametreler (ilerleme, kesme hızı, soğutma sıvısı v.b.) oluşan vida dişinin kalitesini ve üretim ekonomisini etkilemektedir. Yanlış kılavuz seçimi maliyet ve zaman kaybına neden olmaktadır. Almanya da makina imalat endüstrisinde diş açma olayı için harcanan toplam zaman, işlenebilirlik zamanının % 22'sini kapsamaktadır [16] . Bu kadar fazla işleme zamanı olan bir işlemde beklenmeyen sonuçların da ortaya çıkması bu süreci daha fazla olumsuz yönde etkilemektedir.

Makine imalat sanayisinde üretilen her türlü malzeme bir şekilde montaj edilmek zorundadır. Bu montaj olayı için kullanılan en başlıca yöntem cıvata ve somun ile bağlantı şeklidir. Bu bağlantının doğru ve istenilen kalitede olması için vida kalitesinin ve vida yüzeyinin istenilen toleranslar içinde olması gerekmektedir. Diğer işleme yöntemleri üzerinde pek çok çalışma yapılmış olmasına rağmen vida açma konusunda çoğunlukla dış yüzeye vida açma konusunun araştırıldığı görülmektedir. Delik içine vida açma konusunda çok az sayıda çalışmanın olması ve bu çalışmaların sınırlı olması bu konuda daha detaylı araştırma yapılmasını gerekli kılmaktadır. Kılavuz ile vida açma olayı sırasında gerçekleşen kesme mekaniğinin daha iyi algılanabilmesi içinde böyle bir çalışmanın yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, yukarıda da belirtildiği gibi kılavuz ile delik içine vida açma işleminin zorluğu ve Ti_6Al_4V alaşımının işlenebilirliğinin güçlüğü bu konunun araştırılmasının gerekliliğini göstermektedir.

Kılavuz ile delik içerisine vida açılması sırasında kesici ve malzeme arasında oluşan olaylar diğer kesici takımlara nazaran daha karmaşıktır. Kılavuzun verimli bir şekilde

kullanılabilmesi için, ön şartların (kılavuz seçimi, kesme şartları, vb.) en iyi şekilde belirlenmesi gerekir. Bu çalışmanın amacı; Ti_6Al_4V alaşımına, boydan boya deliklerde, farklı tipteki kılavuzlar kullanarak (kaplamalı ve kaplamasız, eğik ağız bilemeli, helis kanallı, değişik ağızlama boylarında v.b) kılavuzların kesme performanslarını belirlemektir. Elde edilen veriler tablo ve grafik haline getirilmiş ve doğru kılavuz seçimi hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Böylece de talaşlı imalatın tüm safhalarında en doğru ve ekonomik makine kılavuzlarının ve uygulanacak olan kesme parametrelerinin seçiminde önemli bilgiler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Titanyum alaşımları içinde Ti_6Al_4V alaşımı, $500^{\circ}C$ civarındaki sıcaklıklara dayanıklı olması, korozyona karşı yüksek direnci, sertliğinin ve mekanik özelliklerinin iyi olmasından dolayı, oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ti_6Al_4V alaşımı genellikle uzay araçlarında, medikal sektöründe, deniz taşıtlarında, otomotiv endüstrisinde, yağ ve gaz endüstrisi ekipmanlarının imalatında, gıda sanayinde ve sivil mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişimi ile bu malzemenin kullanım alanı da genişlemekte ve bununla birlikte bu malzemenin işlenebilirlik araştırmaları artmaktadır.

Literatürde Ti alaşımlarında delik içine vida açma çalışmaları olmakla beraber, vida açma uygulamaları ve Ti alaşımlarının işlenmesiyle ilgili çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Titanyum ve alaşımlarının yüksek hızda işlenmesi sırasında kesme bölgesinde yüksek sıcaklık oluştuğundan takım ömrü azalır. Su ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada, çeşitli soğutma-yaglama şartlarında takım ömrünü arttıracak en iyi soğutma-yaglama şartını bulmak amaçlanmıştır. Ti_6Al_4V parçasının yüksek hızda parmak freze ile işlenmesinde, karbür kaplı takımlar kullanılarak, kuru, normal soğutma, nitrojen-yag dumanı, basınçlı soğuk nitrojen gazı ve basınçlı soğuk nitrojen gaz-yag dumanı kullanılarak bir dizi deney yapılmıştır. Çalışma sonuçları, basınçlı soğuk nitrojen gaz-yag dumanı kesme şartının en iyi takım ömrünü sağlayan kesme şartı olduğunu göstermiştir. Soğutma-yaglama koşullarında difüzyon ve yorulmanın takım aşınma mekanizmasının temel nedenlerini oluşturduğu tespit edilmiştir [17].

Kesici takım malzemelerindeki büyük gelişmeler demir, dökme demir ve nikel esaslı bazı yüksek sıcaklık alaşımları gibi birçok metalik malzemenin işlenebilirliğini arttırsa da, kendine özgü karakteristik bir özelliğe sahip olan titanyum için böyle bir gelişim söz konusu değildir. Ezugwu ve Wang, titanyumun işlenmesinde aşınmanın ve mekanik problemlerin takım üzerine etkilerini araştırmışlardır. Titanyum alaşımının işlenmesinde en iyi sonucu sementit karbür (WC/Co) takımlarla elde

etmişlerdir. En iyi sementit karbür sınıfının ISO K20 sınıfı olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında titanyumun işlenmesinde HSS takımların da iyi sonuçlar sergilemekte olduğunu vurgulamışlardır [18].

Wang ve arkadaşlarının gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, Ti_6Al_4V titanyum alaşımının işlenmesinde yeni takım malzemesi olan BCBN (binderless cubic boron nitride) kullanılmıştır. Titanyum alaşımı üzerinde kanal frezeleme işlemi yapılarak takımın aşınma mekaniği ve performansı incelenmiştir. Çalışmada kesme derinliği ile ilerleme hızının artışı ile birlikte kesme kuvvetlerinde artış gözlemlenmiş, bununla birlikte kesme hızının artışı ile birlikte kesme kuvvetlerinde azalma görülmüştür. Ancak kesme hızının etkisinin, ilerleme ve kesme derinliğinin etkisinden daha az olduğu görülmüştür. Kesme hızının artışı ile birlikte iş parçası talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın iş parçası malzemesini tavlama sıcaklığına yükselttiği belirtilmiş, bunda talaş deformasyonunu kolaylaştırdığı ifade edilmiştir. SEM de yapılan gözlemler sonucunda BCBN takımlarda, iş parçasının kesiciye yapışması ve sürtünmenin asıl aşınma mekanizmasının oluşma sebebi olduğu belirlenmiştir [19].

Lopez de Lacalle ve diğerlerinin gerçekleştirmiş olduğu araştırmada, uzay endüstrisinde sıkça kullanılan nikel esaslı alaşım Inconel 718 ve Ti_6Al_4V 'in frezelenmesindeki optimum ilerleme değerleri kesme hızı ve kesme derinliğinin etkileri değerlendirilmiştir. Araştırmada iki alaşım üzerinde çeşitli deneyler yapılmış ve frezeleme işleminin verimliliğini artırmaya yönelik genel sonuçlar elde edilmiştir. Titanyum alaşımı için, en iyi sonuçlar TiCN kaplamalar ile tespit edilmiştir. Inconel 718 malzemesi için ilerlemenin artışı takım ömrünü kötü yönde etkilemiştir [20].

Ünal ve Karaca çalışmalarında, Ti_6Al_4V alaşımını CNC dik işlem merkezinde farklı işleme koşulları altında işlemişlerdir. Deneylerde, kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gibi parametreler değiştirilerek, parametrelerin yüzey pürüzlülüğü, talaş tipi ve yüzey mikrosertliğine olan etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonucunda, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığını tespit etmişlerdir. İşlenen yüzeylerin yüzey sertliğinin esas malzemeden daha yüksek,

yüzey altı bazı bölgelerde ise aşırı yaşlanma nedeniyle daha yumuşak bölgelerin varlığı gözlemlenmiştir. Genel olarak sürekli sıvanmalı ve testere diş kesitli talaşların oluştuğu belirtilmiştir [21].

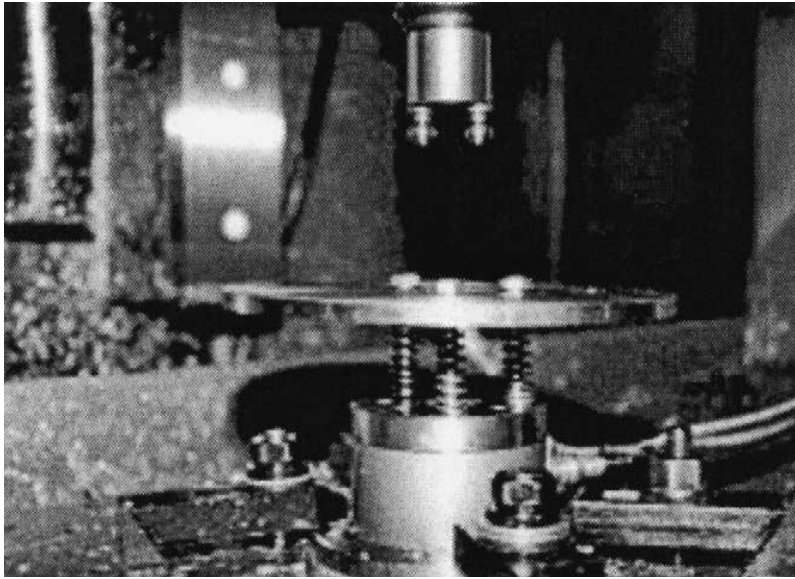
Kuo yaptığı çalışmada; titanyum malzemesine küçük çaplı (M3 ve M3.5, vb.) kılavuzlarla diş açmıştır. Çalışmasında, küçük çaplı kılavuzlarla derin deliklere diş açılması sırasında sıkça meydana gelen kesici kırılmalarının sebepleri ve çözümlerini incelemiştir. Kesici kırılmalarının nedeni olarak, titanyum malzemesine diş açılmasında ortaya çıkan yüksek tork'u (moment) belirtmiştir. Yüksek tork'un titanyum malzemesinin elastikiyet özelliğinin kesici ile malzeme ara yüzünde daha fazla sürtünme direnci oluşturmaya bağlamıştır. Vida açılması sırasında tork'un düşürülmesiyle kesici kırılmalarının engellenebileceğini belirtmiştir. Bu amaçla sürtünme direncinin azaltılmasında titreşimin etkisini araştırmıştır. Kuo deneylerinde M3 ve M3,5 mm kılavuzlar kullanmıştır. Kılavuzlara ultrasonik titreşim vererek, farklı kesme parametrelerinde kuru ve ıslak işleme şartlarında deliklere vida açmıştır. Belirli frekanslarda kullandığı titreşimlerin, kesicinin delik içerisinde vida açarak ilerlemesi ve delikten dışarı çıkması sırasında ortaya çıkardığı ani tork dalgalanmalarını azalttığını belirtmiştir. Bunun yanında kullanılan belirli frekanslardaki titreşimlerin diş profilini bozmadığını vurgulamıştır [14].

Cao ve arkadaşları; kılavuz ile vida açmada oluşan güç ve eksenel kuvvetlerin geliştirilmesi için AISI 1018 çeliği üzerinde bir dizi test yapmışlardır. Çalışmada düz oluklu kaplamasız HSS kılavuz ile vida açma sırasında kesme sıvısı kullanımının kılavuzda oluşan çentik ve yanak aşınmalarına etkisi incelenmiştir. Test sırasında kuru kesme şartında ve ıslak kesme (kesme sıvısı) şartları kullanarak, kılavuz ile vida açma işlemi gerçekleştirmişlerdir. Testlerden önce kılavuzda oluşabilecek kuvvetler teorik olarak hesaplanarak test sonunda elde edilecek verileri tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmayı vida açma yönteminin genel sıralaması (delik delme, raybalama ve vida açma) kullanılarak yapmışlardır. Çalışma sonunda takım-iş parçası arasındaki sürtünmeler ve kılavuzla vida açma sırasında meydana gelen temel faktörleri (takım aşınması, kesme kuvveti ve kesme torku) bulmaya çalışmışlardır. Deney şartları ve elde edilen sonuçların kıyaslanması Çizelge 2.1 de sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Deney şartlarının ve sonuçların kıyaslanması

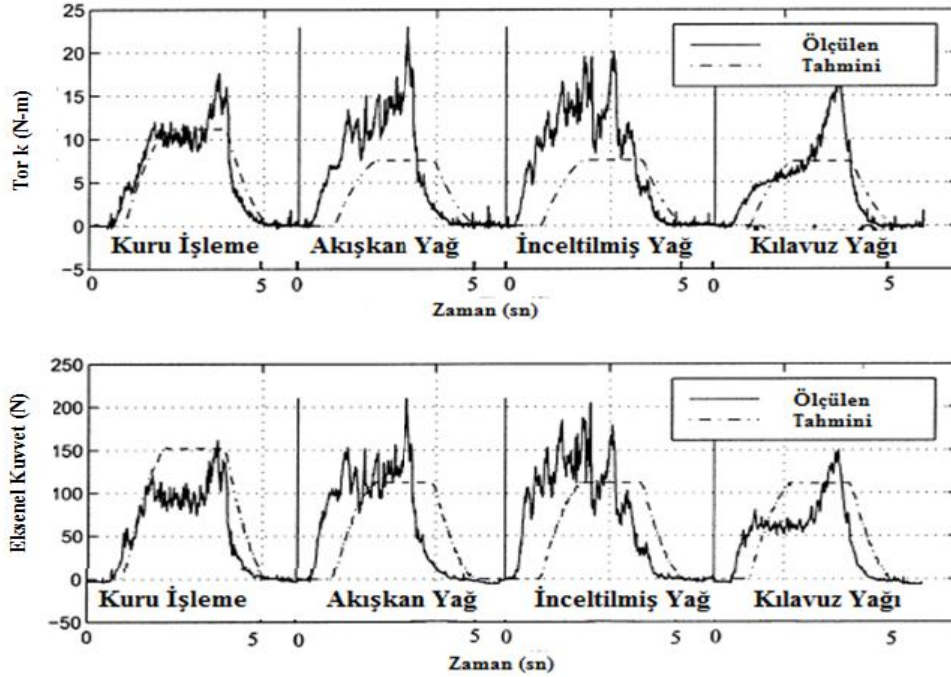
Test	Vida Çapı/Boy	Kılavuz Pah Açısı	Devir dev/dak.	Yağlama	Tork (N-m)			Eksenel Kuvvet (N)		
					Tahmin Edilen	Ölçülen	Hata	Tahmin Edilen	Ölçülen	Hata
1	M10X1,5/12,7 mm	7°	175	Kuru	11,16	11,29	-1,2%	151,92	103,85	46,3%
2	M10X1,5/12,7 mm	7°	175	%10 Akışkan Yağ	7,59	12,6	- 39,8%	112,23	121,84	-7,9%
3	M10X1,5/12,7 mm	7°	175	İnceltilmiş Yağ	7,57	13,32	- 43,2%	112,04	132,21	-15,3%
4	M10X1,5/12,7 mm	7°	175	Vida Yağı	7,46	8,78	- 15,0%	110,79	77,36	43,2%
5	M10X1,5/9,5 mm	7°	175	Kuru	11,16	12,05	-7,4%	151,92	125,41	21,1%
6	M10X1,5/9,5 mm	7°	175	%10 Akışkan Yağ	7,59	9,88	- 23,2%	112,23	117,19	-4,2%
7	M10X1,5/12,7 mm	7°	100	Kuru	11,63	16,75	- 30,6%	151,51	145,54	4,1%
8	M10X1,5/12,7 mm	7°	250	Kuru	10,8	13,79	- 21,7%	151,33	120,43	25,7%
9	M10X1,5/12,7 mm	15°	175	Kuru	6,98	24,56	- 71,6%	131,30	173,77	-24,4%
10	M10X1,5/12,7 mm	24°	175	Kuru	5,42	6,83	- 20,6%	121,90	70,90	71,9%

Deneylerde kullanılan sistemin resmi Resim 2.1 de gösterilmiştir. Resim 2.1’de Kistler marka 9271AX tipindeki bir dinamometre dik İşleme merkezinin tablası üzerine montaj edilmiştir. AISI 1018 çelik malzemeden imal edilmiş bir disk üç adet yay ile desteklenerek dinamometre üstüne yerleştirilmiştir.



Resim 2.1. Deney düzeneği

Deney sonuçları Şekil 2.1 deki gibi grafikler yardımı ile kıyaslanarak yorumlanmıştır.



Şekil 2.1. Vida açma sırasında oluşan kesme kuvvetlerin farklı yağlama koşullarında karşılaştırılması (M10x1.5; % 64 diş yüksekliği; 12,7 mm delik derinliği; kanal açısı 7°; eğim açısı 10°; devir sayısı 175 dev/dak.)

Şekil 2.1’den de görüleceği gibi en düşük kesme torku kuru kesme şartlarında tespit etmişlerdir. Geliştirilen model, talaş sıkışmalarını tahmin edemeyeceği için sıkışma olmadan önceki kesme torklarına yakın değerler tahmin edilebilmiştir [22].

Reiter ve arkadaşları, Östenitik paslanmaz çeliklerde, pvd kaplamalı kılavuzların kör delikteki etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada M8 kılavuz ile paslanmaz çelik kullanarak deney sürecince farklı kaplanmış (CrC, CrN, TiAlN, TiCN, WC/C, DLC (Diamond like Carbon), TiCN+DLC, TiCN+WCC, AlCrN ve CrAlN kaplama) kılavuzlar kullanmışlardır. Maksimum kesme momenti uygulanarak diş diplerini analiz etmişlerdir. SEM mikroskobu ile takım aşınmaları incelemişlerdir. AlCrN kaplama ile yapılan deneylerde kesme kuvvetlerindeki aşırı sapmaların kaplama türünün düşük aşınma direnci nedeniyle gerçekleştiğini söylemişlerdir. Genel anlamda düşük aşınma direnci olan kaplamalarda yüksek kuvvetlerin oluştuğunu, yüksek aşınma direnci olan kaplamalarda ise düşük kuvvetlerin elde edildiğini

vurgulamışlardır. Sonuçta sertlik gibi mekanik özellikler ile abrasiv aşınma direnci, sürtünme katsayıları belirlenerek, TiCN kaplamanın mükemmel abrasiv ve adhesiv aşınma direncinin olduğunu vurgulamışlardır [23].

Veldhuis ve arkadaşları, vida açma operasyonları sırasında ultra ince flor katkılı kesme sıvısının takım/iş parçası arasındaki aşınmaya etkilerini incelemişlerdir. Çalışma, kuru kesme şartları ve flor katkılı kesme sıvısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler 20-550°C aralığında yapılmıştır. Kullanılan flor katkılı kesme sıvısının 400 ile 455°C gibi yüksek sıcaklıklarda sürtünme katsayısını %18 azalttığı gözlemlenmiştir. Deneylerde helis kanallı ve özel tasarlanmış helis kanallı kılavuzlar kullanmışlardır. Kesici takım yüzeylerini SEM mikroskopunda incelemişler ve yüzeylerde mikro yapıda kırılmalar olduğunu görmüşlerdir. Tüm bu araştırmalar sonunda kullanılan flor katkılı kesme sıvısının, takım/iş parçası arasında film tabakası oluşturduğu ve bu film tabakasının kesiciye talaşın yapışmasını engellemesi ile takım ömrünü arttırarak kesme kuvvetlerini %18 oranında azalttığı sonucuna varmışlardır [24].

Jin ve arkadaşları, işlenmesi çok zor olarak bilinen malzemelerden biri olan beta-tipi titanyum alaşımında, CBN kaplamalı kılavuzun kullanımı araştırılmışlardır. Beta-tipi Ti-15V-3Cr-3Mo-3Al alaşımının kesme işlemi süresince takımlara yapıştığı bilinmektedir. Ti-15V-3Cr-3Mo-3Al alaşımının kesilmesi sırasında kesiciye yapışmasının önlenmesi amacı ile CBN kaplamalı kılavuzları manyetik olarak geliştirilmiş iyon kaplama yöntemiyle kaplamışlar ve kılavuz performansını değerlendirmek için vida açma deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde ilk olarak iş parçası üzerine, işleme merkezinde 50 adet delik açılmış ve daha sonra aynı tezgahta adıma göre ilerleme ile sürekli olarak deliklere vida açmışlardır. Takım olarak, DLC (Diamond like Carbon) kaplı HSS kılavuz, sementit karbür kılavuz, buhar oksit kaplı HSS kılavuz, HSS kılavuz ve CBN kaplı HSS kılavuz kullanılmıştır. Vida açma performansı kılavuz kırılmadan önce kılavuz çekilen delik sayısı karşılaştırılarak, açılan vidaların doğruluğu, kesici kenar aşınması ve kılavuz kesici kenarına iş parçası malzemesinin yapışmasıyla değerlendirilmiştir. Çalışma M3 kılavuz, 1,0 m/dak kesme hızı, 106 dev/dak. ve standart mineral yağ kesme

sıvısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, CBN kaplamanın beta Ti alaşımlarının kesme sürecinde, vida tamlığı, vida açma torku ve takım ömründe iyileşmeler gösterdiğini belirtmişlerdir. CBN kaplamalı kılavuzların takım ömrü ve vida açma direncilerinin geleneksel kaplamalı kılavuzlardan daha iyi olduğunu kanıtlamışlardır [25].

Armarego ve Chen çalışmalarında, vida açma operasyonlarında düz oluklu kılavuzlarla, kesme kuvvetleri ve tork ölçümleri için akıllı kesim modeli adı verdikleri bir model geliştirmişlerdir. Geliştirmiş oldukları modelde kılavuz kanal geometrisi, kesme geometrisi, kesme hızı ve kaplama değişkenlerini kullanmışlardır. Model sonuçları yapılmış olan deneyler ile kıyaslanmıştır. Geliştirilen modelin kılavuz ile vida açma işlemlerinde kullanılabileceğini vurgulamışlardır [26].

Dogra ve arkadaşları vida açma işlemi esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerini tahmin etmek için bir model geliştirilmişlerdir. Modelin geliştirilmesinde kılavuz çapı, adım, konik açısı, oluk helis açısı, oluk sayısı, kılavuz diş yanak açısı ve kılavuz tipini dikkate almışlardır. Kılavuz aşınmalarını ve delik eksen kaymalarını modele dahil etmişlerdir. Modelin kalibrasyonu için 3 farklı tip kılavuz ve 3 farklı malzeme ile kesme deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Düz kanallı, sağ helis kanallı ve sol helis kanallı kılavuzlar için vida açma kuvvetleri deneysel değerlerin %10 içinde tahmin edildiğini vurgulamışlardır [27].

Literatür taraması değerlendirildiğinde, titanyum alaşımlarının işlenmesinde ortaya çıkan sorunların temelini, bu alaşımların yüksek sıcaklıklarda yüksek dayanıma sahip olmaları oluşturmaktadır. Ancak titanyumun işlenmesi için yeni takım araştırmaları devam etmektedir. Aynı zamanda titanyumun işlenmesinde soğutma sıvısının kullanılması takım ömrünü arttıran en önemli faktördür. Takım ile talaş arasındaki ısının verimli transferi ve kesme kuvvetlerinin azaltılması için en iyi soğutma sıvısı kimyasal soğutucular olarak tavsiye edilebilir. Kılavuz ile ilgili yapılan çalışmalarda, soğutma sıvısı veya kesme sıvısı olarak kimyasal soğutucuların, kılavuzların kesme performanslarını arttırdığı vurgulanmaktadır. Ayrıca, kılavuzlarda oluşan kesme kuvvetleri ve vida tamlığı ile ilgili pek çok çalışma yapılmış ve farklı kaplama

tiplerinin kesme kuvvetlerini etkilediğini ve diş tamlığında iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Fakat farklı tiplerdeki kılavuzların (eğik ağız bilemeli, helis kanallı, düz kanallı, değişik ağızlama boylarında v.b) kesme performansları hakkındaki çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Kılavuzlarda, kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, vida tamlığının kontrolü ve takım aşınmasının tespiti üzerine yapılan çalışma sayısının, diğer talaşlı imalat operasyonlarında yapılan çalışmalara oranla daha az olduğu fark edilmiştir. Kılavuz ile vida açma işlemi karmaşık bir yapıya sahip olması bu alanda karşılaşılan problemlerin çözümünü güçleştirmektedir. Araştırmacılar tarafından bu konunun incelenmesi önemle işaret edilmektedir.

Yapılan bu çalışmada, Ti_6Al_4V alaşımına, boydan boya deliklerde, farklı tipteki kılavuzlar kullanarak (kaplamalı ve kaplamasız, eğik ağız bilemeli, helis kanallı, düz kanallı, değişik ağızlama boylarında v.b) kılavuzların kesme performansları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler sayesinde, kılavuz ile vida açma işleminde karşılaşılan problemlere çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Yapılan çalışmaya yön verecek olan literatür çalışması literatürde kullanılan malzemeler ve çalışma türü (deneysel çalışmalar ve modelleme çalışmaları) referans alınarak sıralanmış ve bir değerlendirme yapılmıştır. Literatürde incelenen çalışmalar Çizelge 2.2’de tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 2.2. Literatürde incelenen çalışmalar

Sayı	Tarih	Konu	Yazarlar	Kullanılan malzemeler	Kesici takımlar	İşleme parametreleri	İncelenen problemler
1	2006 (17)	An experimental investigation of effects of cooling/lubrication conditions on tool wear in high-speed end milling of Ti ₆ Al ₄ V	Su Y., He N., Li L., Li X.L.	$\alpha+\beta$ tipi Ti ₆ Al ₄ V	ZDGT150420R, TiN/TiC/TiN Karbur kaplı, tek agizli kesici takımlar kullanılmıstır	İlerleme (0.10 mm/rev), kesme hızı (400 m/min), kesme derinliği (1 mm) kesme şartları (kuru, normal soğutma, nitrojen-yağ dumanı, basınçlı soğuk nitrojen gazı ve basınçlı soğuk nitrojen gaz –yağ dumanı)	Çeşitli soğutma-yağlama şartlarında, takım ömrünü arttıracak en iyi soğutma-yağlama şartları araştırılmıştır
2	1997 (18)	Titanium alloys and their machinability a review	Ezugwu, E.O., Wang, Z.M	Titanyum alaşımları	Farklı tiplerde kesiciler	İlerleme kesme hızı kesme derinliği	Titanyumun işlenmesinde aşınmanın ve mekanik problemlerin takım üzerine etkileri araştırılmıştır.
3	2005 (19)	High-speed milling of titanium alloys using binderless CBN tools	Z.G. Wang, M. Rahman, Y.S. Wong	Ti ₆ Al ₄ V	BCBN, CBN	İlerleme (0.075 mm/rev 0.125 mm/rev 0.100 mm/rev), kesme hızı (300 m/min 350 m/min 400 m/min), kesme derinliği (0.075 mm 0.125mm 0.100mm)	Ti-6Al-4V titanyum alaşımının işlenmesinde yeni takım malzemesi olan BCBN (binderless cubic boron nitride) kullanılmış, kesme kuvveti, takım ömrü ve aşınma mekanizması şartlarında, titanyum alaşımı kanal frezelenerek takımın aşınma mekaniği ve performansı incelenmiştir.
4	2000 (20)	Advanced cutting conditions for the milling of aeronautical alloys	L.N. Lopez de lacalle, J. Perez, J.I. Llorente, J.A. Sanchez	Ti ₆ Al ₄ V Inconel 718 CK45	TiC, TiAlN, TiN, TiCN kaplamalı kesici takımlar ve kaplamasız sert kesici takım	kesme hızı (11-140m/min) ilerleme(0.04-0.15mm/dis) helis acıları(30°, 45°, 60°) Dis Sayıları(3, 4, 6) Kesme Uzunluğu (0.3-10.3m) Kesme Derinliği(0.3,0.7,1.5,5.6,8mm) Bosluk Acisi (4°,8°,12°,16°,20°,24°,28°,32°)	uzay endüstrisinde sıkça kullanılan nikel esaslı alaşım Inconel 718 ve Ti-6Al-4V in frezelenmesindeki optimum ilerleme değerleri araştırılmıştır.
5	2007 (21)	Ti ₆ Al ₄ V Alaşımının Dik İşlem Merkezli Cnc Tezgahında İşlenebilirliğinin Araştırılması	Engin ÜNAL, Faruk KARACA	Ti ₆ Al ₄ V	P 10 sementit karbür frezeleme ucu	İlerleme (0.25 , 0.35mm/dev)) Kesme hızı (30,60.90 m/dak) Kesme derinliği; (2mm)	Kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği gibi parametreler değiştirilerek, parametrelerin yüzey pürüzlülüğü, talaş tipi ve yüzey mikrosertliğine olan etkileri araştırılmıştır

Çizelge 2.2. (Devamı) Literatürde incelenen çalışmalar

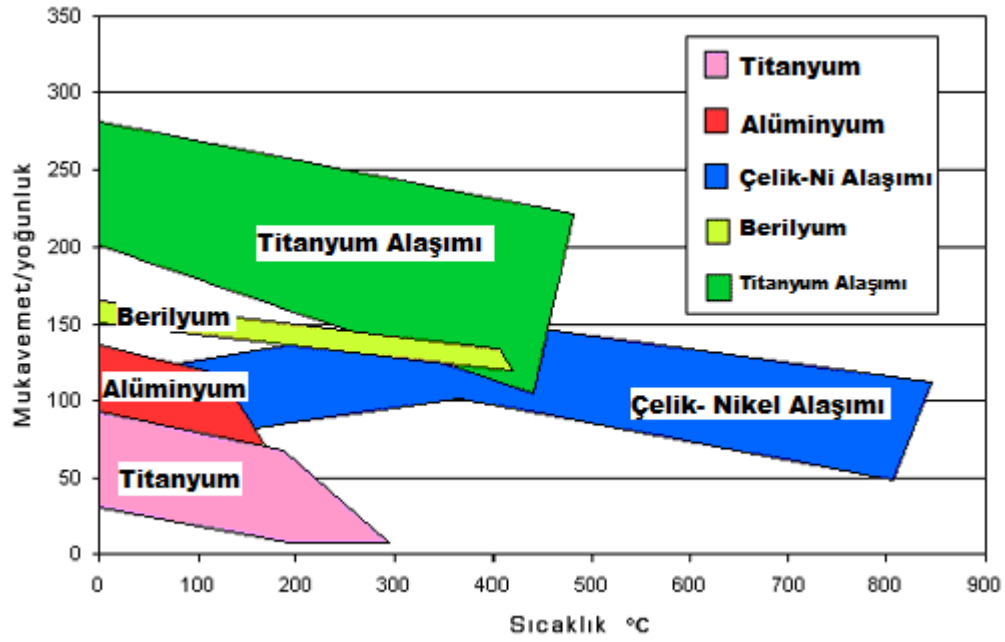
Sayı	Tarih	Konu	Yazarlar	Kullanılan malzemeler	Kesici takımlar	İşleme parametreleri	İncelenen problemler
6	2007 (14)	Experimental Investigation Of Ultrasonic Vibration-Assisted Tapping	Kuo, K.	Ti6Al4V	HSS M3 ve M3,5 Kılavuz kullanılmıştır	Islak, Kuru Kesme Şartları, Farklı titreşim değerleri, Kesme derinliği (10-25 mm)	Kılavuz ile vida açma operasyonu sırasında farklı ultrasonik titreşim oranlarının kesme torkuna etkilerini incelemiştir.
7	2002 (22)	Investigation of thread tapping load characteristics throughmechanistics modeling and experimentation	Cao T., Sutherland J. W.	AISI 1018	M10 Kılavuz, Kılavuz Pah Açısı (7°,15°,24°)	Kuru ve ıslak (%10 Akışkan Yağ, İnceltilmiş Yağ, Vida Yağı) Kesme Şartları, Kesme Derinliği(12,7mm)	Kılavuzla Vida Açma İşleminde Kesme sıvısının takım aşınması ve kesme torku üzerindeki etkilerini incelemiştir.
8	2005 (23)	Investigation of several PVD coatings for blind hole tapping in austenitic stainless steel	A.E. Reiter, B. Brunner, M. Ante, J. Rechberger	Rulman çeliği sertlik (58-62) HRC	CrC, CrN, TiAlN, TiCN, WC/C, DLC, TiCN+DLC, TiCN+WCC, AlCrN(20/80), AlCrN(45/55), AlCrN(70/30) kaplımal kılavuz takımları kullanılmıştır	İlerleme (1,25 m/rev) Kesme hızı (3 m/min) Kesme derinliği (16 mm)	Östenitik paslanmaz çeliklerde, pvd kaplamalı kılavuzların kör delikteki etkileri araştırılmıştır.
9	2006 (24)	Application of ultra-thin fluorine-content lubricating films to reduce tool/workpiece adhesive interaction during thread-cutting operations	S.C. Veldhuis, G.K. Dosbaeva and G. Benga	P20 Kalıp çeliği sertlik (30-35 HRC)	Düz kanallı, eğik ağız bilemeli düz kanallı, helisel kanallı HSS kılavuz kesici takımları kullanılmıştır.	Islak ve Kuru Kesme Şartları, Kesme hızı 8 m/min, İlerleme 1,587 m/rev, Kesme boyu 10 mm	Kılavuz ile Vida açma operasyonları sırasında ultra ince flor katkılı kesme sıvısının takım/iş parçası arasındaki aşınmaya etkilerini incelemiş, takım ömrü ve yanak aşınmaları tespit edilmiştir.
10	2000 (25)	Trial fabrication and cutting performance of c-BN-coated taps	M. Jin, S. Watanabe, S. Miyake, M. Murakawa	Beta-tipi Ti-15V-3Cr-3Mo-3Al	CBN kaplı HSS, HSS, Buhar oksit kaplı HSS , sementit karbür, DLCkaplı HSS kılavuzlar kullanılmıştır	İlerleme , kesme hızı, kesme derinliği, Devir sayısı, Kesme sıvısı	C-BN ve değişik kaplamalı kılavuzların kesme performansları araştırılmıştır.
11	2000 (26)	Predictive Cutting Models for the Forces and Torque in Machine Tapping with Straight Flute Taps	Armarego E.J.A., Chen M. N.P.	Ç 1050	HSS Düz Kanallı Kılavuz	kılavuz kanal geometrisi, kesme geometrisi, kesme hızı ve kaplama değişkenlerini kullanmışlardır	Kılavuz ile vida açma operasyonları için model geliştirmişlerdir.
12	2002 (27)	Mechanistic Model for Tapping Process With Emphasis on Process Faults and Hole Geometry	Dogra A. P. S., Kapoor S. G., Devor R. E.	GCI, Al 319, Al 356	HSS Düz kanallı, sağ helis ve sol helis kılavuz kullanmışlardır	kılavuz çapı, adım, konik açısı, oluk helis açısı, oluk sayısı, ve kılavuz vida yanak açısı kullanmışlardır	Kılavuz ile vida açma operasyonları için model geliştirmişlerdir ve deneylerle kıyaslanması yapılmıştır

3. TİTANYUM VE ALAŞIMLARI

Titanyum, mühendislikte kullanılan metaller arasında doğadaki yaygınlığı bakımından alüminyum, demir ve magnezyumdan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Titanyum ilk olarak 1791 yılında William Gregor tarafından bulunmuştur [28]. Titanyum ve alaşımları, başta uçak ve uzay endüstrisinde olmak üzere, tıpta, kimyasal ünitelerde, denizcilikte ve yiyecek endüstrisinde yaygın kullanım alanı olan malzemelerdir [5]. Titanyum; çelik kadar dayanıklı ancak ondan %45 daha hafiftir. Alüminyumdan ise %60 daha ağır olmasına karşın 2 kat daha dayanıklıdır [29]. Titanyumu üstün kılan özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [30].

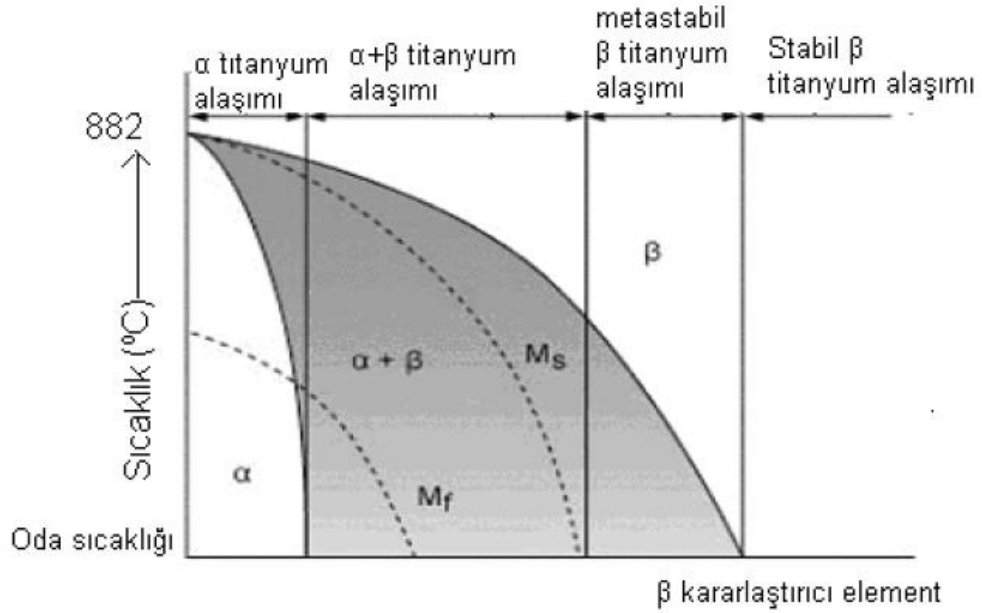
- Mükemmel düşük sıcaklık dayanımı,
- Düşük özgül ağırlık,
- Yüksek sıcaklık dayanımı,
- Düşük ısı iletkenlik,
- Düşük sıcaklık yükselişi,
- Isıl büzölmelere yüksek direnç,
- Mükemmel korozyon direnci,
- Son derece düşük mıknatıslık,
- Aşırı iletkenlik (Ti-Nb esaslı alaşımlarda görülür.),
- Hidrojen emme,
- Yüksek kimyasal özellikler,
- İyi görüntü.

Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi, akma mukavemetinin yoğunluğa oranı olarak tanımlanabilecek özgül mukavemet hususunda titanyum alaşımları, yüksek sıcaklıklarda da korunan yüksek bir performans göstermektedir. Bu konuda çeliği geride bırakması, yoğunluğunun, çeliğinkinin yaklaşık %60'ı kadar olması ile ilişkilidir. Bunun yanında, düşük elastisite modülünün bir sonucu olarak yüksek kırılma direnci, titanyum alaşımlarına, yüksek yükler altında kırılmadan çalışabilme imkânı vermektedir. Paslanmaz çelikten daha yüksek olan korozyon direnci de, titanyum ve alaşımlarının tercih edilmesinde etkili olmaktadır [5].



Şekil 3.1. Çeşitli metaller için özgül mukavemet / sıcaklık değişimi [29]

Mikroyapılarına bağlı olarak titanyum alaşımları; alaşımsız saf titanyum, α -Ti, α + β -Ti ve β -Ti alaşımları olarak sınıflandırılır. Saf titanyum gümüş renklidir ve 882 °C'ye kadar alfa (α) olarak bilinen HGZ (hegzagonal sıkı paket) kristal kafes yapısına sahiptir (Şekil 3.2). Bu sıcaklığın üstünde metal, allotropik dönüşüm sonucu beta (β) olarak adlandırılan HMK (hacim merkezli kübik) kristal yapısına dönüşür [31].



Sekil 3.2. Saf titanyumun sıcaklık ve β kararlaştırıcı elementlerle değişimi [31]

Saf titanyum, yaklaşık % 98-99.5 oranında Ti içeren alaşımsız ürünler, özellikle yüksek dayanımın gerekmediği uygulamalarda genellikle yüksek korozyon dirençlerinden dolayı tercih edilirler. Bu malzemeler, aynı zamanda yüksek şekillendirilebilirlik ve kaynak edilebilirliklerinden dolayı kullanılırlar. Saf titanyum alaşımlarının akma dayanımları ara yer ve empürite atomlarının oranına bağlı olarak 170-480 MPa arasında değişir. Çizelge 3.1’de alaşımsız Ti’nin farklı arayer oranlarına sahip tipleri ve mekanik özellikleri görülmektedir [32].

Çizelge 3.1. Alaşımsız titanyumun farklı arayer oranlarına sahip tipleri ve mekanik özellikleri

Alaşım Tipi	% Bileşim									Çekme Day. (MPa)	Akma Day. (MPa)
	Al	Sn	Zr	Mo	N	C	H	Fe	O		
Tip 1	-	-	-	-	0,03	0,1	0,015	0,2	0,18	240	170
Tip 2	-	-	-	-	0,03	0,1	0,015	0,3	0,25	340	280
Tip 3	-	-	-	-	0,05	0,1	0,015	0,3	0,35	450	380
Tip 4	-	-	-	-	0,05	0,1	0,015	0,5	0,40	580	480
Tip 7	-	-	-	-	0,03	0,1	0,015	0,3	0,25	340	280
Tip 11	-	-	-	-	0,03	0,1	0,015	0,2	0,18	240	170
Tip 12	-	-	-	0.3	0,03	0,1	0,015	0,3	0,25	480	380

α -Ti Alaşımları, Al, Sn ve Zr içeren düşük (sıfırın altı) ve yüksek sıcaklık uygulamaları için tercih edilirler. Yüksek sıcaklıklardaki sürünme dayanımı β -Ti

alaşımlarından daha iyidir. α -Ti alaşımlarının sahip olduğu düşük arayer elementi içeriği kriyojenik (sıfırın altı) sıcaklıklarda süneklik ve tokluğu korur. α alaşımları, çok iyi dayanım, tokluk ve kaynak edilebilirlik özelliği ile bilinirler. Fakat β alaşımlarından daha kötü işlenebilirliğe sahiptirler. Isıl işlemle sertleştirilemeyen α alaşımlarının temel mikroyapısal değişimi tane boyutunun değiştirilmesiyle mümkündür. α Alaşımlarının temel alaşım elementi Al'dir, fakat küçük miktarlarda β kararlı alaşım elementi içeren α alaşımları (Ti-8Al-Mo-1V veya Ti-6Al-2Nb-1Ta-0,8Mo gibi) α -yakın alaşımları olarak da sınıflandırılmaktadır. Çizelge 3.2'de α -Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri görülmektedir [32].

Çizelge 3.2. α Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri

Alaşım Tipi	% Bileşim					Çekme Day. (MPa)	Akma Day. (MPa)
	Al	Sn	Zr	Mo	Diğer		
Ti-0,3Mo-0,8Ni	-	-	-	0,3	0,8Ni	480	380
Ti-5Al-2,5Sn	5	2,5	-	-	-	790	760
Ti-5Al-2,5Sn-EU	5	2,5	-	-	-	690	620
Ti-8Al-1Mo-1V	8	-	-	1	1V	900	830
Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo	6	2	4	2	-	900	830
Ti-6Al-2Nb-1Ta-0,8Mo	6	-	-	1	2Nb,1Ta	790	690
Ti-2,25Al-11Sn-5Zr-1Mo	2,25	11	5	1	0,2Si	1000	900
Ti-5Al-5Sn-2Zr-2Mo	5	5	2	2	0,25Si	900	830

$\alpha+\beta$ -Ti Alaşımları, α ve β fazlarının karışımından oluşmaktadır. Bu alaşımlar oda sıcaklığında % 10-50 arasında β -fazı içerirler. $\alpha+\beta$ alaşımları, ısıtılma işlem ve yaşlandırma ile sertleştirilebilirler. Isıl işlem, genellikle çift fazlı $\alpha+\beta$ bölgesinde yüksek bir sıcaklıktan su, yağ veya uygun bir soğutma ortamında soğutmayla yapılır. İşlem sıcaklığından hızlı soğutmayla β fazı yapıda dönüşmeden kalabilir veya kısmen martenzite dönüşebilir. Isıl işlemi, α fazını çökeltmek ve korunmuş veya kısmen dönüşmüş β fazında ince bir α mikroyapısı oluşturmak için 480-600 °C'ler arasında yaşlandırma işlemi takip eder. Isıl işlem ve yaşlandırma işlemi sonucunda $\alpha+\beta$ alaşımlarının dayanımı % 30-50 arasında artabilir. Alaşımların ısıtılma işlemi ve yaşlandırmaya cevap vermesi soğutma hızının bir fonksiyonu olarak parça kalınlığına bağlıdır. Ti₆Al₄V alaşımı için 25 mm'den daha kalın parçaların çok iyi

derecede sertleştirilebilmesi için su ortamı yeterli değildir. $\alpha+\beta$ alaşımlarında β fazı oranı arttıkça sertleşebilirlik de artar. Çizelge 3.3'de $\alpha+\beta$ alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri görülmektedir [32].

Çizelge 3.3. $\alpha+\beta$ Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri

Alaşım Tipi	% Bileşim					Çekme Day. (MPa)	Akma Day. (MPa)
	Al	Sn	Zr	Mo	Diğer		
Ti-6Al-4V	6	-	-	-	4V	900	830
Ti-6Al-6V-2Sn	6	2	-	-	0.75Cu,6V	1030	970
Ti-8Mn	-	-	-	-	8Mn	860	760
Ti-7Al-4Mo	7	-	-	4	-	1030	970
Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	6	2	4	6	-	1170	1100
Ti-5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr	5	2	2	4	4Cr	1125	1055
Ti-6Al-2Sn-2Zr-2Mo-2Cr	5.7	2	2	2	2Cr,0.25Si	1030	970
Ti-3Al-2.5V	3	-	-	-	2.5V	620	520

Çift fazlı Ti alaşımlarının fonksiyonel karakteristiklerini belirlemede başlıca faktör, ısıtılma işlem esnasında meydana gelen difüzyonlu ve difüzyonsuz dönüşümlerdir. Titanyum alaşımlarının mekanik özellikleri, hem uzay hem de endüstriyel uygulamalarda kullanılması açısından büyük öneme sahiptir. Alaşımın mikroyapısı, çekme dayanımı, yorulma dayanımı ve kırılma tokluğunu kontrol etmede önemli bir faktördür. Ti alaşımlarının özellikleri ısıtılma işlem veya termomekanik işlemle geniş bir şekilde değişebilir. Örneğin tamamen lamelli bir yapı, yorulma çatlak direnci ve yüksek kırılma tokluğuyla tanımlanır [32].

β -Ti Alaşımları, uygun bir soğuma hızıyla β fazının tamamen korunduğu ve β kararlı elementler açısından yeterli derecede zengin alaşımlardır. Bu alaşımlar metastabildir (yarı kararlı). Metastabil β 'da α 'nın çökmesi alaşımın mukavemetini artırmak için kullanılan bir yöntemdir. β alaşımlarının sahip olduğu kırılma tokluğu karakteristiği, son yıllarda, uzay araçlarında kullanılması açısından önemini artırmıştır. Ayrıca Mo içeriğine sahip bazı β alaşımları iyi korozyon karakteristiğine de sahiptir. β alaşımları aynı zamanda;

- $\alpha+\beta$ alaşımlarından daha iyi oda sıcaklığında şekillendirilebilirlik karakteristiği,

- Akma dayanımının kriter olarak alındığı sıcaklıklarda $\alpha+\beta$ alaşımlarından daha yüksek dayanım,
- Kalın kesitli parçalarda ısıtılma işlemi $\alpha+\beta$ alaşımlarından daha iyi cevap vermesi, gibi özelliklere sahiptir [32].

Çizelge 3.4’de β Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 3.4. β Ti alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri

Alaşım Tipi	% Bileşim					Çekme Day. (MPa)	Akma Day. (MPa)
	Al	Sn	Zr	Mo	Diğer		
Ti-10V-2Fe-3Al	3	-	-	-	10V	1170	1100
Ti-13V-11Cr-3Al	3	-	-	-	11Cr,13V	1170	1100
Ti-8Mo-8V-2Fe-3Al	3	-	-	8	8V	1170	1100
Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr	3	-	4	4	6Cr,8V	900	830
Ti-11Mo-6Zr-4.5Sn	-	4.5	6	11.5	-	690	620
Ti-15V-3Al-3Sn-3Cr	3	3	-	-	15V,3Cr	790	775
Ti-15Mo-2.7Nb-3Al-0.2Si	3	-	-	15	2.7Nb,0.2Si	1100	1030

Titanyum alaşımları içinde en çok kullanılanı Ti_6Al_4V sembolleri ile anılan %6 alüminyum ve %4 vanadyum içeren $\alpha+\beta$ -Ti alaşımıdır. Bu alaşımın endüstriyel uygulamalardaki oranı %45’tir. Ti_6Al_4V alaşımlarının en önemli özellikleri, korozyona karşı yüksek direnci, sertliği ve dayanıklılığıdır. Bunların yanı sıra bu alaşımlar işlenebilirlik, fabrikasyon, üretim deneyimi ve ticari olarak elde edilebilirlik gibi özelliklerinden dolayı ekonomik olarak kullanışlı bir hale gelmişlerdir. Bu özelliklerden dolayı tıbbi uygulamalar başta olmak üzere, hava araçlarında ve basınç tankları yapımında çok fazla tercih edilmektedir. Ti_6Al_4V alaşımlarının kimyasal içeriği ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir [33].

Çizelge 3.5. Ti_6Al_4V alaşımlarının kimyasal içeriği ve fiziksel özellikleri

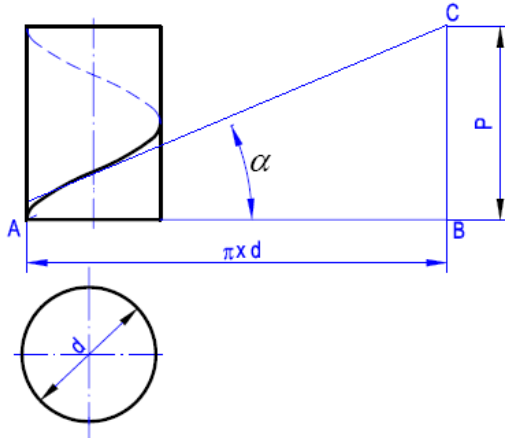
Fizisel Özellik	Değer	Kimyasal İçerik	Ti_6Al_4V
Yoğunluk g/m ³	4.54	Alüminyum, Al	6.00%
Erim Sıcaklığı °C±15°C	1660	Vanadyum, V	4.00%
Özgül Isısı J/kg.°C	560	Demir, Fe	0.10%
Hacimsel Elektrik Direnci ohm.cm	170	Oksijen, O	0.15%
Isısal İletkenlik W/m.K	7.2	Nitrojen, N	0.01%
Isısal Yayılma Katsayısı 0-100°C	8.6x10 ⁻⁵	Hidrojen, H	<0.003%
Isısal Yayılma Katsayısı 0-300°C	9.2x10 ⁻⁵	Karbon, C	0.03%
Beta Transus °C±15°C (°F)	999	Titanyum, Ti	Denge Miktarı

Günümüzde yüzden fazla titanyum alaşımı bilinmekte, bunların ancak 20-30 tanesi ticari kullanım sahasına sahiptir. Klasikleşmiş alaşımlar arasında Ti_6Al_4V tek başına kullanılan toplam titanyum alaşımı miktarının yarısını oluşturmaktadır [34].

4. VİDA AÇMA TEKNOLOJİSİ

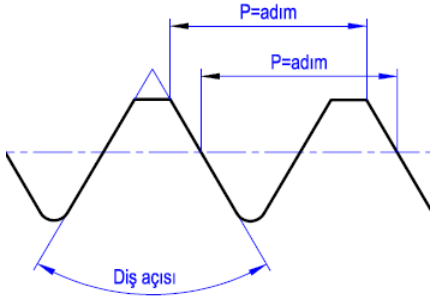
İki veya daha fazla sayıda parça; cıvata, pim, mil-dişli, lehimleme, kaynak gibi bağlantı yöntemleri ile bir araya getirilip birleştirilmesi ile üretim meydana gelmektedir. Bu birleştirme işlemlerinde kullanılan elemanlara bağlantı elemanları denir. Sökülüp takılabilir olmalarından ötürü birleştirmelerde vidalar, en sık kullanılan önemli bağlantı elemanlarıdır. Aşırı yüklere karşı koyabilmeleri, tozlu, yağlı, kirli, nemli ortamlarda kullanılabilmeleri, bakım ve onarımda kolay sökülüp takılabilmeleri, çok çeşitliliklerinden dolayı geniş bir kullanım alanlarının bulunması gibi pek çok avantajlarının olması endüstrideki önemini daha da arttırmıştır [35].

Silindirik iç ve dış yüzeyler üzerine açılan helisel girinti ve çıkıntılara vida denir. Şekil 4.1’ de vidayı oluşturan çıkıntı çizgi şeklinde gösterilmiştir. Bir kenarı silindirin çapına eşit dik bir üçgen, silindirin üzerine sarıldığında hipotenüsün oluşturduğu çizgi, vida helisini oluşturur. Üçgenin taban kenarı silindir çevresine eşit olduğundan, bir dolanma sonunda BC kenarı A noktasının bulunduğu hizaya gelir ve helis P yüksekliğine çıkmış olur. P yüksekliği vidanın adımını oluşturur [35].

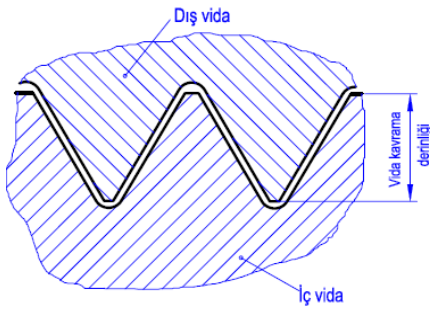


Şekil 4.1. Vida helisi oluşumu

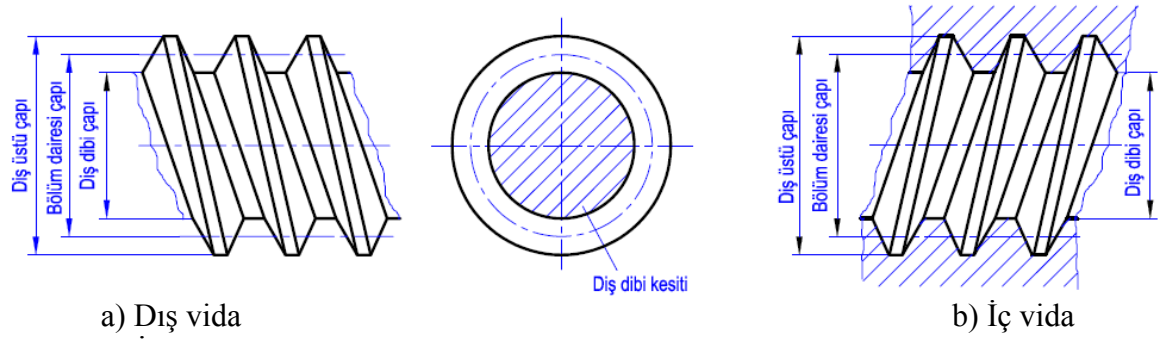
Başlıca vida terimleri ve tanımlamalar aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.



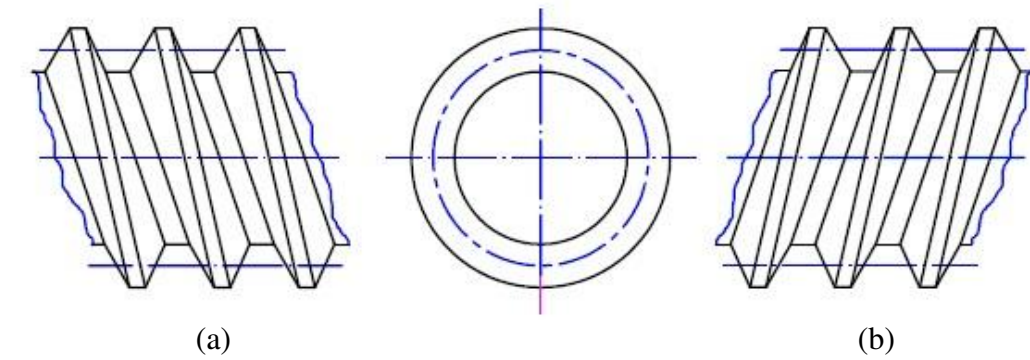
Şekil 4.2. Diş açısı ve adımı



Şekil 4.3. Vida kavrama derinliği



Şekil 4.4. İç ve dış vida elemanları



Şekil 4.5. Sağ ve sol vida (a: Sağ vida, b: Sol vida)

Adım (Hatve), silindir ekseninden geçen düzlemin meydana getirdiği aynı diş profilinde, birbirini izleyen en yakın iki diş yanı arasında bulunan ve silindir eksenine paralel olan uzaklıktır (Şekil 4.2).

Diş açısı silindir ekseninden geçen düzlemdeki ara kesitteki iki dişin yanı arasındaki açıdır (Diş profil açısı olarak da adlandırılır) (Şekil 4.2).

İç vida (Dişi vida), delik içine açılmış vidadır (Şekil 4.3).

Diş vida (Erkek vida), silindirin dış yüzeyine açılmış vida (Şekil 4.3).

Vida kavrama derinliği, birbirini kavrayan iki diş arasında kavrayan kısmın radyal uzaklığıdır (Şekil 4.3).

Diş üstü çapı, vida ekseninden geçen düzlemde eksene dik olarak ölçülen, dış vidanın diş üstleri veya iç vidanın diş dipleri arasındaki uzaklıktır (Şekil 4.4).

Bölüm dairesi çapı, ekseni vida ekseni ile çakışan ve diş profilini adımın yarısına eşit olacak şekilde kesen teorik bir silindirin çapıdır (Şekil 4.4).

Diş dibi kesiti, çapı diş dibi olan kesittir (Şekil 4.4).

Vida anma boyutu, vida diş üstü çapıdır (Şekil 4.4).

Sağ vida, vida diş helisi saat yönünde ilerliyorsa bu vida sağ vidadır (Şekil 4.5.a). Bir başka deyişle, vida diş vidaya vidalanırken vida saat yönünde dönerek ilerler.

Sol vida, vida diş saat yönünün aksi yönünde ilerliyorsa bu vida sol vidadır (Şekil 4.5.b). Vida diş vidaya vidalanırken vida saat yönünün tersine dönerek ilerler[36].

4.1. Standart Vida Çeşitleri

Vidalar dış biçimlerine (profillerine), ölçü sistemlerine, kullanım amaçlarına, ağız sayılarına göre sınıflandırılır [35].

4.1.1. Profillerine göre vidalar

Kare vidalar, yapımının kolay oluşundan dolayı hassas olmayan ve orta derecedeki zorlanmalara elverişli, elle çalışan pres milleri, mengene milleri gibi yerlerde sıklıkla kullanılan hareket ileten vidalardır.

Trapez vidalar, iki yönlü yüklemelerde, millerde, sonsuz vidalarda, pres millerinde kullanılan bir hareket vidasıdır.

Testere dişi vidalar, tek yönlü yüklemelere iyi direnç gösteren, yüksek basınçlı yerlerde, sarsıntılı çalışan millerde, tozlu yerlerde, vinç ve cer kancalarında kullanılan bir hareket ve tespit vidasıdır.

Yuvarlak vidalar, aşırı yüklere maruz kalan millerde, tozlu rutubetli vb. yerlerde kullanılmaya elverişli bir hareket vidasıdır.

Üçgen vidalar, bağlantı elemanı olarak günümüzde en çok kullanılan vida çeşididir.

Özel vidalar, takım tezgâhlarındaki bilyalı vida saç ve ağaç vidası gibi özel şekillerde olan vidalardır [35].

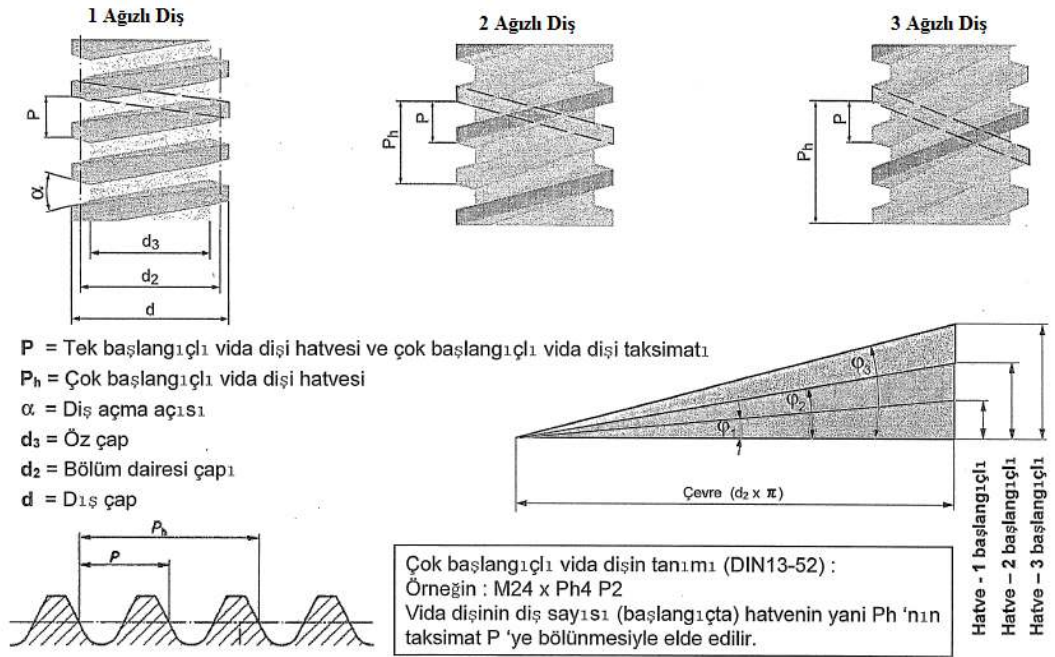
4.1.2. Ölçü sistemlerine göre vidalar

Metrik vidalar, anma ölçüleri metrik ölçü sisteminde olan vidalardır. Örneğin; Metrik 10 (M 10) vida denilince, anma çapı 10 mm olan vida ifade edilmektedir.

Whitworth vidalar, anma ölçüleri inch (inç) ölçü sistemine göre olan vidalardır. İngiliz uzunluk birimi olan *inc*'e göre imal edildiklerinden anma çapları birimi inch'tir. Uç açıları 55° olup, üçgen vidaların biçimleri ikizkenardır ve dişin hem ucu hem de tabanı yuvarlatıldığından sızdırmazlık sağladıkları için özellikle borulara açılan vidalar whitworth sistemlidirler. Örneğin; W $\frac{1}{2}$ " veya sadece $\frac{1}{2}$ " (parmak) vida gibi [35].

4.1.3. Ağız sayılarına göre vidalar

Ağız sayısına göre bir ve çok ağızlı vida dişi olarak gruplandırılırlar (Şekil 4.6). Bir devirde eksenel yönde büyük hareketler talep edilirse çok ağızlı vida dişleri kullanılır [35].



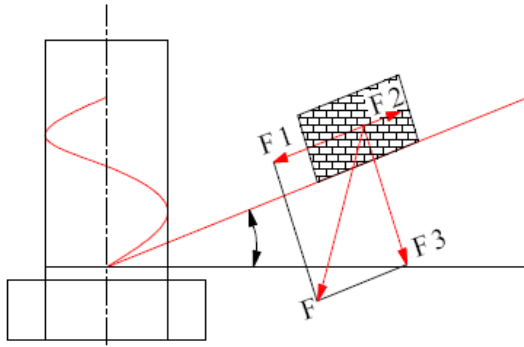
Şekil 4.6 Çok ağızlı vida dişi

4.1.4. Kullanım alanlarına göre vidalar

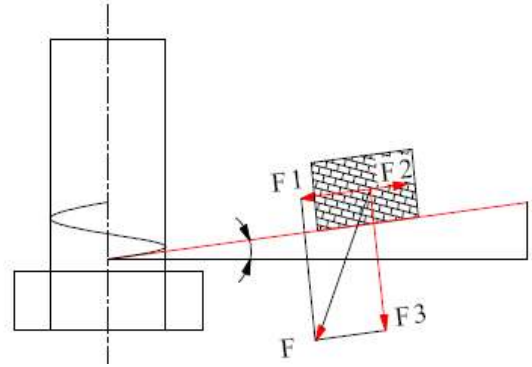
Birleştirme vidaları

Kendi kendine bloke edemeyen (çözülen) ve kendi kendine bloke eden (çözülmeyen) vidalardır (Şekil 4.7). Otoblokajlı vida dişleri, küçük eğim açısı vasıtasıyla büyük

sürtünme kat sayısı ile birlikte büyük bir sürtünme kuvvetine sahip olduklarından otoblokajlı vida dişleri, daima kendi kendine çözülmeye karşı koyma özelliğine sahiptir (Şekil 4.8) [35].



Şekil 4.7. Kendi kendine bloke edemeyen (çözülen) vida dişi



Şekil 4.8. Kendi kendine bloke eden (çözülmeyen) vida dişi

Hareket vidaları

Trapez veya testere dişi şeklinde yapılan hareket vidaları ile dönme hareketleri, doğrusal hareketlere dönüştürülür. Genel olarak, makinelerde güç ve hareket iletmek için kullanılır [35].

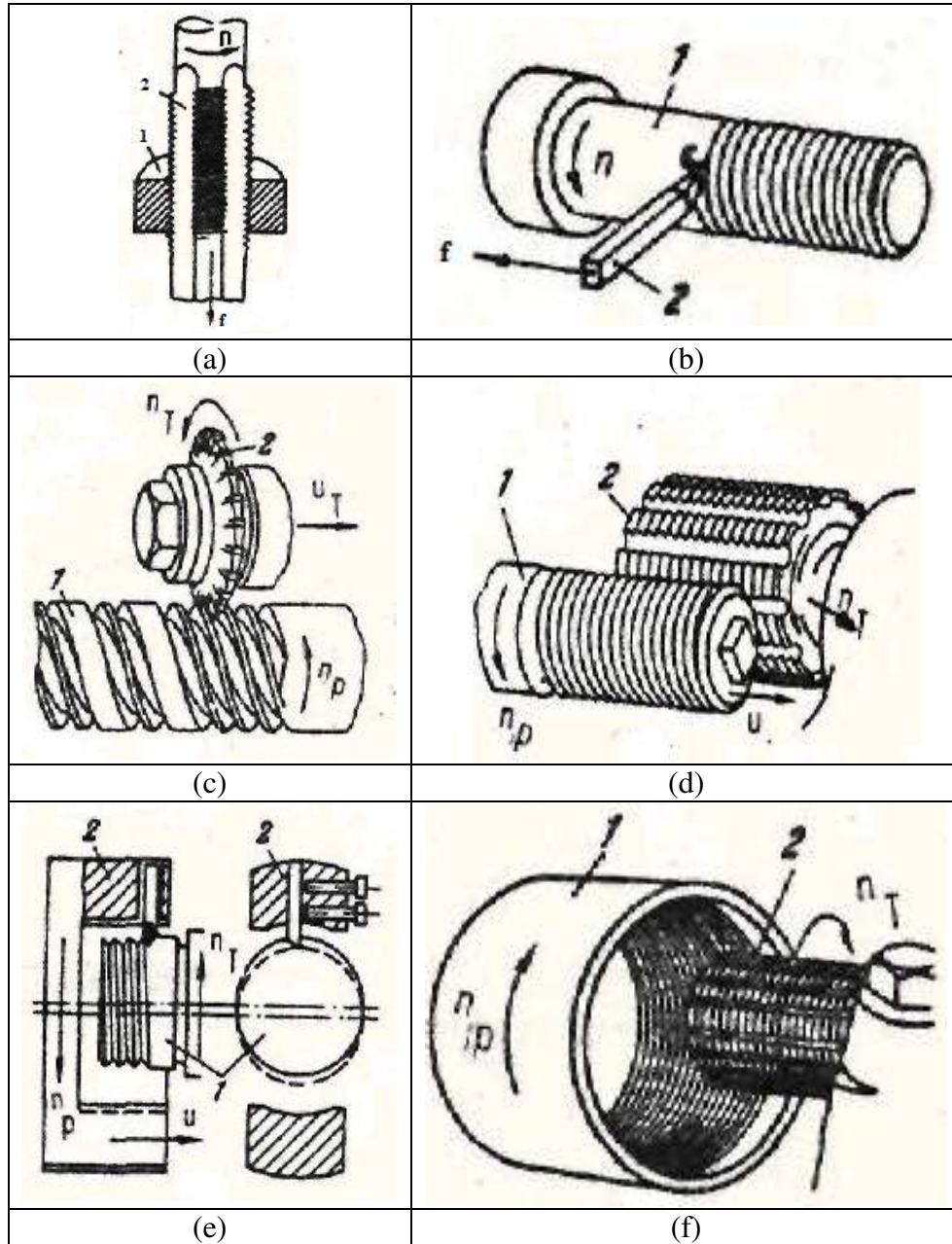
İnce diş vidalar

Çok kuvvetli bağlantı yapmaya elverişli vidalardır. Vidalamanın yapıldığı yerde sıvı veya gaz özelliğinde, akışkan bir maddenin sızma olasılığı varsa, mutlaka ince vida kullanılmalı ve metrik ince diş vidaları tercih edilmelidir [35].

4.2. Vida Açma İşlemi

Vida açma yöntemleri kesme (talaş kaldırma) ve ovalama (yuvarlanma veya haddeme) olmak üzere esas iki gruba ayrılır; bunlara daha az kullanılan pres döküm yöntemi de ilave edilebilir. Talaş kaldırma grubuna dahil olan yöntemler Şekil 4.9'da kılavuz veya pafta ile vida açma (a), tek ağızlı vida kalemiyle tornalama (b), tek profilli freze ile frezeleme (c), çok profilli freze ile frezeleme (d), tek ağızlı

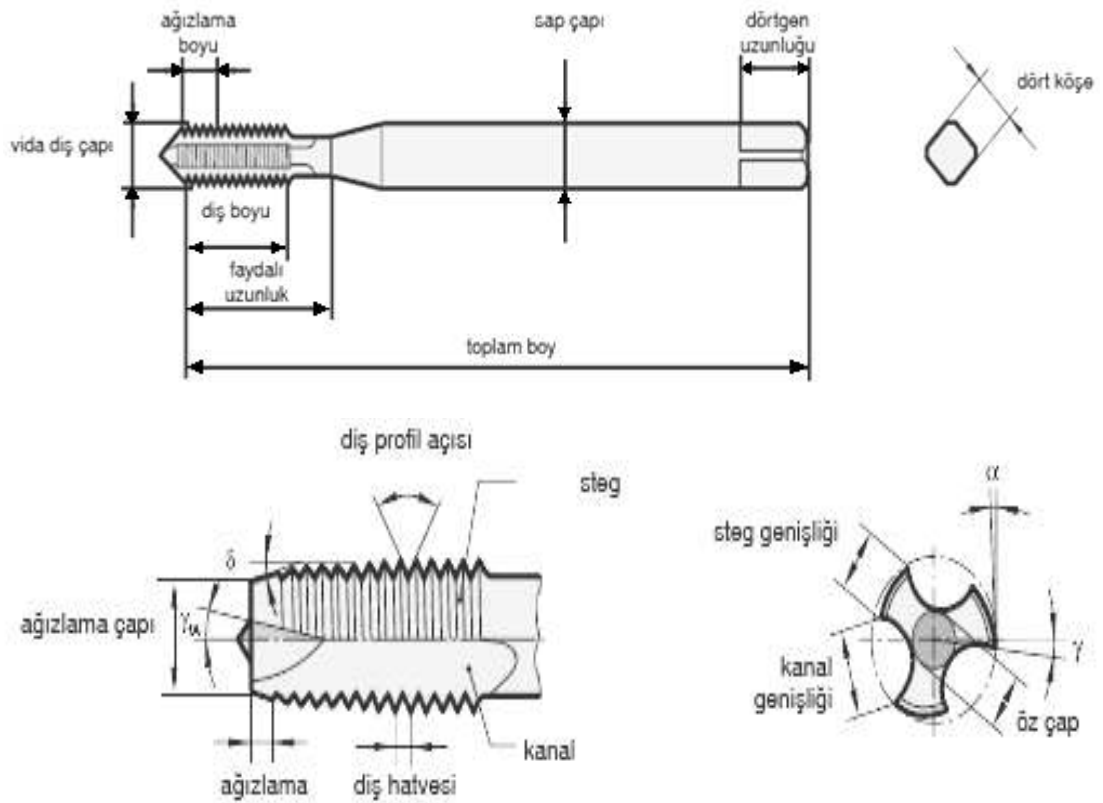
kalemle donatılmış vida başlığı (e) ve helisel vida frezesi (azdırma tipi) (f) ile vida açma gibi yöntemlerdir. Bunlardan kılavuz sadece iç vidalara (somunlara), pafta ise dış vidalara (cıvatalara) uygulanır [38].



Şekil 4.9 Vida açma yöntemleri. (1-Parça. 2-Takım, n -Dönme hareketi, $f(u)$ -ilerleme hareketi) (a) Kılavuz veya pafta ile vida açma, (b) Tek ağızlı vida kalemiyle tornalama, (c) Tek profilli freze ile frezeleme, (d) Çok profilli freze ile frezeleme, (e) Tek ağızlı kalemle donatılmış vida başlığı, (f) Helisel vida frezesi (azdırma tipi) [38].

4.2.1. Kılavuz ile vida açma yöntemi

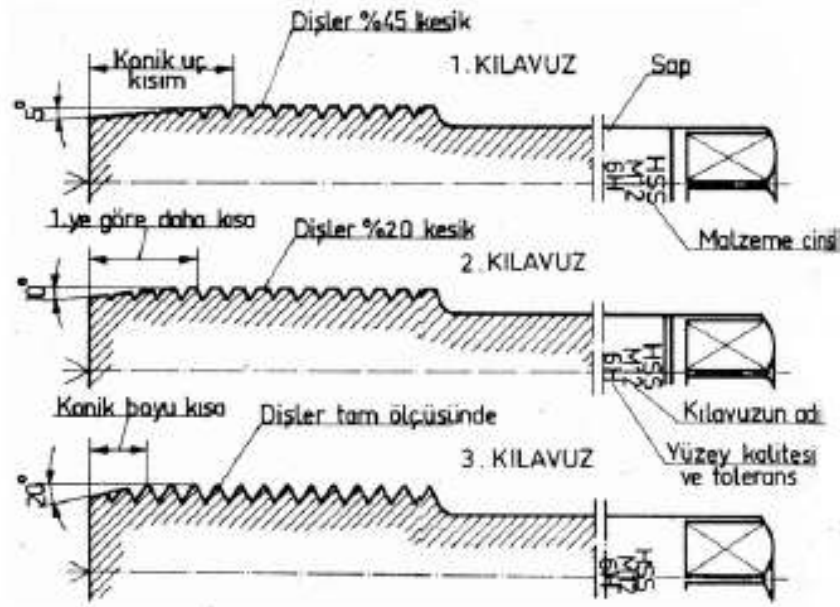
Kılavuzlar, çevresinde arzu edilen formda dişleri bulunan bir veya birden fazla kesici elemandan meydana gelen silindirik veya konik vida kesici takım olarak adlandırılmaktadır. Türk Standartları enstitüsü ise, kılavuz; metal, plastik vb. malzemelere matkap uçları ile açılan veya tornalama sureti ile belirli bir ölçüye getirilen deliklere vida açmak için kullanılan, üzerinde vida dişleri oluşturulmuş kesici takımlar olarak tanımlamaktadır (Şekil 4.10) [39].



Şekil 4.10. Kılavuz ve elemanları (δ : Dayama Açısı, γ_{fa} : Ağızlama Konik Açısı, α : Boşluk Açısı, γ : Talaş Açısı) [40]

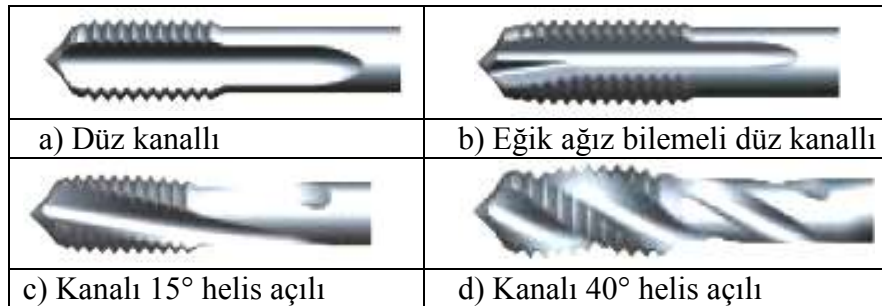
Kullanıldıkları yere göre kılavuzları el kılavuzları ve makine kılavuzları olarak ikiye ayırabiliriz. El kılavuzları 3'lü veya 2'li (parçalı) takımlar olarak imal edilirler (Şekil 4.11). El kılavuzları farklı ve eşit vida ölçülü kılavuzlar olarak kendi içinde iki gruba ayrılırlar. Farklı vida ölçülü el kılavuzlarının hem ağızla hem de vida yan çap ölçüleri birbirinden farklıdır. Talaş yükü ön, orta ve son kılavuzlarda belirli oranlarla

paylaştırılmıştır. Eşit vida ölçülü el kılavuzların ise sadece ağızlama boyları farklıdır [38].



Şekil 4.11. El Kılavuzu [38]

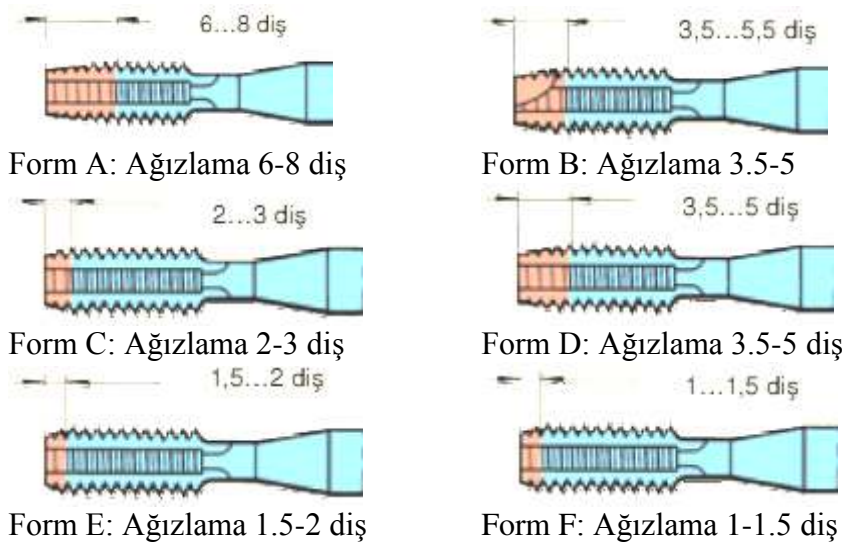
Makine kılavuzları tek parçalıdır. Ağız bileme şekilleri ve kanal yapıları vida açma işlemi sırasında oluşan talaşı dışarı atmaya yönelik imal edilirler. Makine kılavuzları kendi içinde bileme şekline (bileme formuna) göre gruplandırılmaktadır [40].



Şekil 4.12. Makine kılavuzu bileme formları [40]

İç vida dişi açılırken tüm kesme ağızlamadaki dişler tarafından yapılır. En uygun ağızlama tipini seçme bu nedenle çok dikkatli yapılmalıdır. Bu seçimle kılavuzun ömrü ve kalitesi yüksek oranda belirlenmiş olur. Ağızlama formu ve boyu prensip olarak kılavuz ön deliğe bağlıdır. Açık deliğin tanımını yapmaya gerek yoktur. Buna karşılık kör delik, vida açma esnasında talaşların ilerleme yönü tersine atılması ve

kılavuz geri çekilirken talaşların tıraşlanmasının gerektiği delik olarak tarif edilir. Aşırı yüklenme, çabuk körlenme ve çap büyüklüğünden kaçınmak için ağızlama boyu diş sayısı çok az seçilmemelidir. Diğer taraftan uzun ağızlama boyu torku yükseltir ve kırılma tehlikesi ortaya çıkar. Form B tipi (eğik ağızlama) talaşların ilerleme doğrultusunda sürekli atılmasını sağlar [40]. DIN 2197'ye göre ağızlama formları;



Şekil 4.13. Makine kılavuzlarının ağızlama formları [40]

Makine imalat sanayisinde genel olarak makine kılavuzlarında Form B ve Form C tercih edilmektedir.

4.2.2. Kılavuzun çalışma verimini etkileyen önemli hususlar

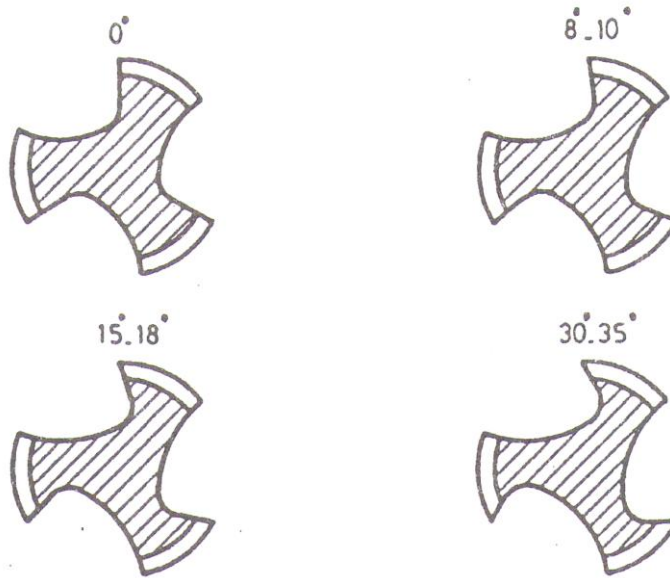
Üretici firmaların kendi kılavuz kataloglarında verilen değerlerin referans değerleri olduğu, en iyi neticenin tecrübeler ve denemeler sonucu elde edilebileceğın akıldan çıkarılmamalıdır. İmalatçı firmaların aynı şartlarda çalışan kılavuzlar için bazen büyük ayrılıklar gösteren çalışma referans değerleri (talaş açısı, kesme hızı, v.b) verdikleri göze çarpmaktadır. Bu husus büyük ölçüde kılavuzun imalat özelliklerine (vida sırt düşürme değeri, geriye doğru koniklik, v.s.) ve imalatçı firmaların tecrübelerine dayanmaktadır. Kılavuzun çalışma verimine etkiyen önemli hususlar aşağıdaki başlıklar altında verilmiştir [39].

1. Talaş açısı

2. Kesme hızı ve ilerleme
3. Özel malzemelerde kullanılan kılavuzlar için öneriler
4. Kesme sıvıları
5. Delik tipinin önemi
6. Vida öz çapı deliğinin önemi
7. Ağızlama boyu/Delik derinliği arasındaki ilişki
8. Eğik ağız bileme
9. Kılavuz malzemeleri
10. Kılavuzlara uygulanan yüzey işlemleri

Talaş açısı

Belirli bir malzemeye kılavuzla vida açarken (vidayı keserken) dikkat edilmesi gereken en önemli husus talaş açısıdır. Kesmenin iyi olması ve dolayısıyla uygun talaş tipi talaş açısına bağlıdır [39].



Şekil 4.14. Kılavuzların değişik talaş açıları

Talaş açısının en büyük etkisi güç sarfıyatı üzerinedir. Dolayısıyla kesme tork'u ve elde edilen vidanın kalitesi de bu hususa bağlıdır. Çeşitli talaş açılarıyla yapılmış olan bir deney talaş açısının artmasıyla kesme torkunun azaldığını göstermektedir. Burada sınırlayıcı unsur dişlerin direncidir. Talaş açısının arttırılması dişleri

zayıflatmakta, dolayısıyla direnç azalmaktadır [39].

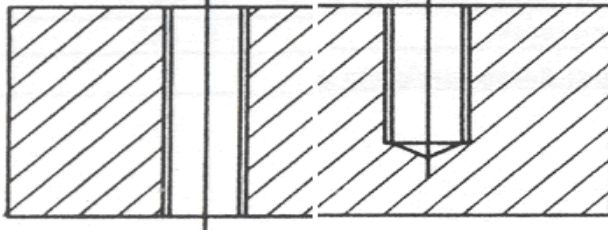
Kesme hızı ve ilerleme

Tornalama, delme, frezeleme, planyalama ve taşlama işlemlerinde ilerleme arzuya bağlı olduğu halde kılavuzla yapılan vida kesme işlemlerinde ilerleme kılavuzun hatvesi ile (adım; vida adımı) belirlenir. Vida açılması sırasındaki talaş kaldırma operasyonu diğer kesici takımlara nazaran daha karmaşık olduğundan kılavuzun rasyonel bir şekilde kullanılabilmesi için, ön şart ekonomik kesme hızının tespitidir. Kılavuzla yapılan vida açmada, kesme hızının diğer talaş kaldırma usullerine göre daha düşük tutulmaktadır. Bununda sebepleri; kılavuzun kesici kısımlarında oluşan ısı artışı, kılavuzun kırılmaya karşı hassasiyeti, arzulanan vida hassasiyeti ve açılan vidanın kalitesi (temizliği) gibi önemli hususlardır. Özellikle kör deliklerde yüksek kesme hızları, deliğin derinliği ve tezgah milinin yön değiştirmeye kabiliyeti ile sınırlıdır. Hassas ve temiz vidalar elde edebilmek için yüksek kesme hızı yerine, daha düşük kesme hızlarıyla (orta derecede kesme hızları) çalışılması tavsiye edilir. Kılavuz kesme hızının seçimi birçok faktöre bağlıdır. Bunlar kılavuz çekilen malzeme, kesme sıvısı, kılavuz tipi, deliğin tipi (boydan boya veya kör delik), delik derinliği, diş taşıma yüzdesi, vida hatvesi, takım ve teçhizatın durumu, vida açma metodu ve kılavuzun ağızlama kısmı vb... gibi sıralanabilir. Ağızlama boyu uzun olan kılavuzlar diş başına düşen yük azaldığından kısa ağızlama boylu kılavuzlara göre daha hızlı kesebilirler. Kaba hatveli (büyük adımlı) ve kanal sayısı az olan kılavuzlarda ise diş başına düşen yük arttığından düşük kesme hızları tavsiye edilir. En uygun kesme hızı deneylerle pratik olarak bulunmalıdır. Uzun vida boylarında kesme hızı düşük, boydan boya deliklerde kör deliklere oranla daha yüksek kesme hızları seçilmelidir. Bu hususları önemsememek kesici kısımların körlenmesine, dolayısıyla kesme kuvvetinin artmasına, açılan dişlerin bozulması ve kılavuzun kırılma ihtimalinin fazlalaşmasına yol açar [39].

Delik tipinin önemi

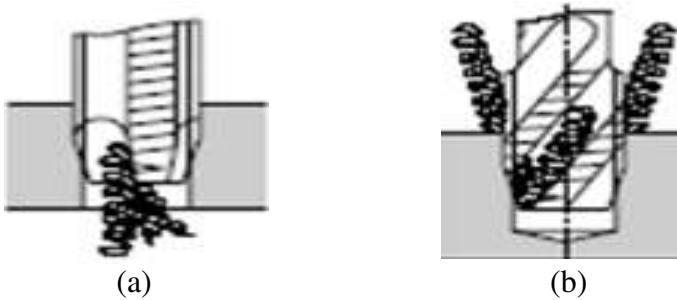
Vida açma işleminde dikkat edilmesi gereken 2 delik tipi vardır (Şekil 4.15):

1. Kör delik
2. Boydan boya delik



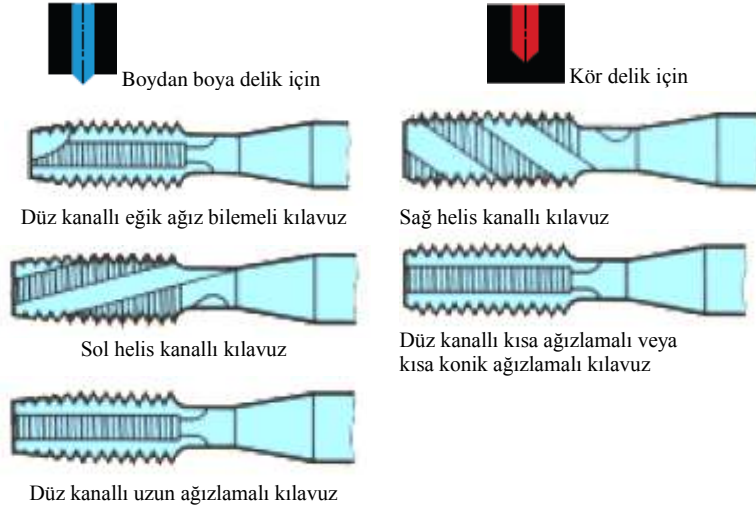
Şekil 4.15. Delik tipleri

Boydan boya deliklerde mevcut deliğin tümüne vida çekilir. Kör deliklerde ise vida delik sonuna yakın bir uzaklığa kadar çekilebilir. Boydan boya deliklerde, bu deliklere uygun kılavuzlar kullanılmalıdır (düz kanallı veya sol helis kanallı). Eğik ağız bileme ve sol helis talaşın kesme yönünde akmasını sağlar. Dolayısıyla talaş birikme ve sıkışmaları önlenmiş olur. Kör deliklerde sadece helis kanallı kılavuzlarla çalışmak avantajlıdır. [39].



Şekil 4.16. a) Eğik ağız bilemeli ve b) sağ helis kanallı kılavuz

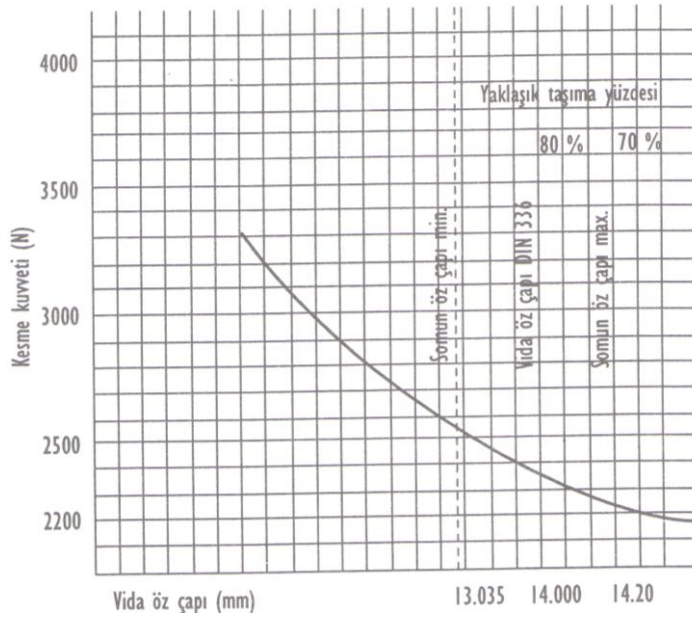
Kör delikler için sağ helisli kılavuzları veya kısa ağızlamalı düz kanallı kılavuzlar önerilir. Sağ helisli takımlar talaşları arkaya sap tarafına doğru atarlar. Takım geri çekilirken talaşların sıkışmaması ve güvenli olarak kesilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Alüminyum, pik döküm ve pirinç işlemek için kısa ağızlamalı kılavuz seçilmelidir. Burada kör veya boydan boya delik olduğuna bakılmamalıdır. Uzun ağızlama, bu malzemelerde çapak kırıcılığı ve delik genişletici etkisi gösterir. Kılavuz kesme yerine vida ön delik çapını nominal dış çapına getirmeye çalışır[40].



Şekil 4.17. Boydan boya ve kör delik için tavsiye edilen kılavuz tipleri [40].

Vida çekilecek deliğinin delik çapının önemi

Vidanın delik çapı ve açılacak olan vidanın boyu, ortaya çıkan kesme torku ve kılavuzun dayanma süresine etki eder. Delinecek olan delik çapının tespitinde dikkat edilecek en önemli husus, vidadan beklenen yük taşıma yüzdesidir [39].



Şekil 4.18. Kesme kuvvetinin vida öz çapına bağlı olarak değişimi [39]

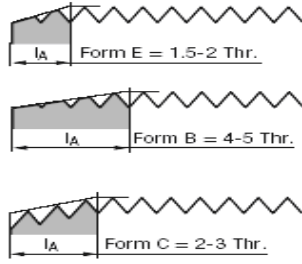
Deneyler, aynı zamanda % 70'lik bir taşıma yüzdesinin vida bağlantısının mukavemetini azaltmadığı halde, kılavuzların ömründe önemli artışlar meydana geldiğini de göstermektedir. Delik çapının küçük olması torku artırmakta ve kılavuzun dayanma süresini azaltmaktadır. Yapılan testler dış taşıma yüzdesi %50 olan standard bir somunun aşırı zorlanma halinde dişler zarar görmeden somunun tahrip olduğunu göstermiştir [39].

Kesme sıvıları

Bazı malzemelerde uygun kesme sıvısı kullanılmaması halinde, elde edilen netice başarılı olmayabilir. Kılavuzda kesme sıvısının görevi, soğutmaktan ziyade talaşın az bir sürtünme ile kaydırılmasıdır. Soğutma görevi ikinci derecede kalır. Kılavuzun ömrü, üretim miktarı, ölçü hassasiyeti, dişlerin temizliği ve uygun talaş kaldırılması bakımından önemlidir. Pratik olarak; hafif malzemelere ince kesme sıvıları, sert ve daha sünek olan malzemelerde ise daha kalın kesme sıvıları kullanılmaktadır. Mümkün olan yerlerde kesme sıvısı deliğe basınç altında verilmelidir. Miktarı ise vida açma metoduna, delik derinliğine ve kesme hızına bağlı olarak değişir. Sıvı musluk uçunun, kılavuz eksenini ile en küçük açığı yapacak şekilde sürekli ve bol olarak verilmesi en ideal durumdur. Otomatik tezgâhlarda kesme sıvısının kılavuz kesmeye başlamadan önce kesme noktasına erişmesi hususu çok önemlidir. Bilhassa kılavuz geri dönerken kesme sıvısı kesiliyorsa (akması sona eriyorsa) bu noktaya dikkat edilmelidir. Bu durum tehlike arz edebilir ve kılavuz kırılabilir [39].

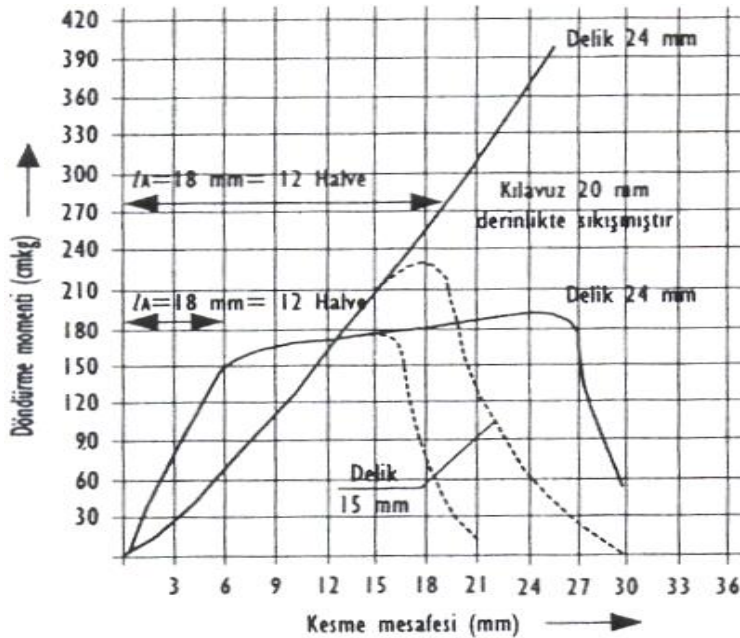
Ağızlama boyu/delik derinliği arasındaki ilişki

Uzun ağızlama boyları uzun delikler (vida çekilecek delik) için uygun değildir. Ağızlama boyunun kısa olması ise kesme işlemini delik derinliğinden büyük ölçüde bağımsız kılmaktadır.



Şekil 4.19. Kılavuz ağız yapıları

Şekil 4.20’de M10 kılavuz için farklı derinliklerdeki deliklere diş çekilmesi halinde oluşan tork gösterilmektedir. Deneyler ağızlama boyları farklı kılavuzlarla yapılmıştır. Grafikte; ağızlama boyu 4 hatve=6 mm olan bir M10 kılavuz, delik derinliği artırıldığı halde kesme momentin artışında büyük bir değişiklik görülmektedir. Ağızlama boyu 3 katına çıkartıldığında (12 hatve=18 mm) moment o kadar artmıştır ki, kılavuz 20 mm derinlikte sıkışıp kalmıştır. Bu yüzden ağızlama boyunun seçiminde vida çekilecek deliğin açık veya kör delik olup olmaması hususuna dikkat edilmelidir [39].



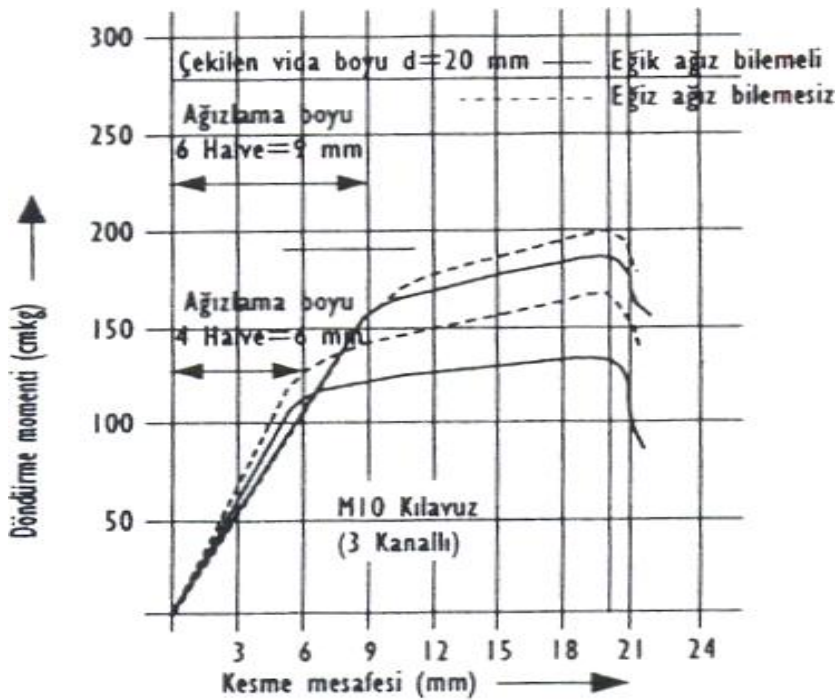
Şekil 4.20. Farklı ağızlama boyu ve delik derinliğinin, döndürme momenti ile olan bağlantısı [39].

Kısa talaş veren boydan boya deliklerde (döküm, pirinç, hafif metaller ve özellikle alaşımlı hafif metal dökümlerde) kısa ağızlama boyları (2-3 hatve) tavsiye edilir.

Kılavuz çapının delik derinliğine olan oranı da önemlidir. Delik boyunun kısa olması halinde (yaklaşık $1.5 \times D'$ ye kadar olan uzunluklar) uzun ağızlama boyları daha uygundur (Kılavuz vida boyunun $1/2 - 2/3$ 'ü). Bu tip deliklerde kesici kenarın ufak bir kısmı iş görmekte olduğundan kesme momenti dişlere dağılır ve momentin değeri düşer. Oluşan talaşlar kanallarda rahatça yer bulabilir. Ağızlama boyunun çok kısa olması ağızlama kısmındaki dişlerin yüksek talaş yüklerine maruz kalmasına sebebiyet verir. Dolayısıyla kılavuzlar kırılabilir [39].

Eğik ağız bileme

Eğik ağız bileme kanal formunda yapılan bir düzeltmeden ibarettir. Boydan boyda deliklerde kılavuzlara eğik ağız bileme yapılması tavsiye edilir. Eğik ağız bileme açılarının değerine bağlı olarak talaşlar öne doğru akarlar. Böylece talaş yığılmalarının önüne geçilmiş olup, kesme verimi artırılır. Kılavuz rahat bir kesme yapar. Kesme momenti de uygun tarzda etkilenir. Şekil 9'da, $2d=20$ mm derinliğindeki bir delikte eğik ağız bilemenin döndürme (kesme) momentine olan etkisi görülmektedir [39].



Şekil 4.21. Eğik ağız bilemenin döndürme momentine etkisi [39]

Kılavuz malzemeleri

Kılavuzlar kullanılış amaçlarına göre yüksek karbonlu takım çeliklerinden, yüksek hız çeliklerinden (HSS) veya sert metallere yekpare veya parçalı olarak imal edilebilir. Kılavuzların büyük çoğunluğu yüksek hız çeliklerinden imal edilmektedir. Sert metalden olanlar yekpare olabildiği gibi, daha ziyade değişebilir kesici ağızlar şeklinde ayarlı kılavuzlarda veya takma ağızlı kılavuzlarda tercih edilmektedir. Ancak sert metalin kullanma alanı son derece sınırlıdır [39].

4.3. Ovalama ile Vida Açma

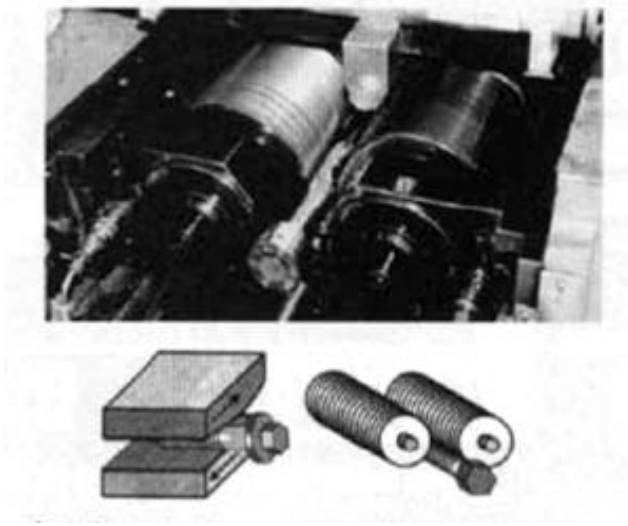
4.3.1. Ovalama yöntemi

Ovalama, silindirik kesitli cıvata ve vida saplarına, düz ve silindirik kalıplar arasında soğuk olarak basınç uygulayarak, kalıp diş formunun iş parçasına nakşedilmesi işlemidir. Kesme yöntemi ile açılan cıvata ve vida dişi imalatına göre bazı üstünlükleri mevcuttur. Genel olarak düz kalıplar ve silindirik kalıplarla ovalama yapılır. Ayrıntılı incelendiğinde bu yöntemlerden türemiş;

- İçten beslemeli radyal silindirik,
- Doğrudan beslemeli silindirik,
- Planet tipi ovalama,
- Teğetsel ovalama,
- Sürekli ovalama ve
- İçten dışlı ovalanması, gibi imalat çeşitleri de mevcuttur [41].

Ovalama; malzemenin kopartılıp uzaklaştırılması yerine, parçayı sert kalıplar arasında ezerek, cıvata ve vida dişi formu verme işlemidir. İşlem soğuk olarak yapılır. Bu süreçte başlangıçta ovalanacak yuvarlak malzemenin çapı, açılacak vidanın diş üstü çapından daha küçüktür. Kullanılan ovalama kalıpları diş açılacak malzemedan daha sert yapıdadırlar. Ovalanacak parça kalıplar arasına sürülür, basınç uygulanır, kalıp izi aynen parça üzerine çıkar. Ovalanacak parçanın kalıplar arasından soğuk olarak akmaya zorlanması, onu daha sağlam ve güçlü kılar. Bu

işlemdede talaş yoktur, malzeme kaybı olmaz, malzeme sadece yer değıştirir. Ovalama merdaneleri ve ovalama plakaları ile yapılan ovalama şekli Şekil 4.27’de görölmektedir [41].



Şekil 4.22. Ovalamanın yapılışı [42]

Ovalama; yuvarlak iş parçasını kalıplar arasında döndürerek, soğuk olarak cıvata ve vida dişi açma yöntemidir. Sadece vida açma değil, aynı zamanda tırtıl çekme ve hassas yüzeylerin parlatılması için de kullanılır. Bu yöntemle kademeli miller, elektrik fittingleri, kompresör saplamaları, başsız vidalar, kriko tipi hareket vidaları, kanatlı ısı eşanjörlerinin tüpleri, betonarme çubuk uç parçaları gibi pek çok değışik parçalar üretilmektedir. Ovalanacak parça akmaya zorlanır, malzeme kaybolmaz, sadece şekil değıştirir. Bu işlem esas itibarıyla düz kalıplar arasında ya da silindirik kalıplarla yapılır (Şekil 4.23). Ancak detaylı incelendiğinde bu iki yöntemden daha farklı yöntemlerin de bulunduğu görölür [41].



Şekil 4.23. Ovalama başlığı [42]

4.3.2. Ovalamanın avantajları

Talaşsız soğuk işlem yaparak vida ovalama başlıkları kullanarak açılan vidalar, diğer yöntemlerle açılan vidalara üstünlükleri;

- Ovalanarak üretilen vidalarda mükemmel bir içyapı, düzgün görüntü ve hayli yüksek mukavemet için iyileşmiş bir tane yapısına sahip olur.
- Vida açma hızı daha hızlı kullanılan takım ömrü daha yüksektir.
- Talaşlı üretim ile açılan vidaların mukavemetinden % 20 daha mukavvim vidalar elde edilir.
- Ovalama işlemi, vida oluşturmak için malzemeyi yukarı ve dışa doğru akmaya zorlar. Çünkü vida malzemenin yukarı ve dışa doğru malzeme akışıyla şekillenir. Hazırlanan ovalanacak parça, kesme için hazırlanan parçadan daha küçüktür. Bu malzeme tasarrufu sağlar.
- Soğuk şekil vermede kalıplarda aşınma çok az ve uzun sürede oluşur. Ovalama ve kalıplar faydalı ömür aralığında çalışmaktadırlar.
- Üretilen ilk vida ile son vida arasında eşdeğer ölçü hassasiyeti vardır.
- Vida ovalama için uygulama şartı, vida kesme için olan uygulama şartından daha zor olur. Vida ovalamanın kullanıldığı yerler vida kesme yönteminin kullanıldığı yerlere göre üstün pek çok avantaj sunabilir [43].

4.3.3. Ovalama tekniği ile vida açma

Makine elemanlarının içerisinde vidalar, çok geniş kullanma alanına sahiptir. Bu nedenle vidaların çeşitleri çok fazla ve ölçüleri de çok değişiktir. Her yerde ve çok miktarlarda kullanılan bütün vidalar, çeşitli tekniklerle üretilmektedir. Vida dişi açma tekniklerinin hepsi de, büyük bir öneme sahiptir. Bu teknikler içerisinde, ovalama tekniğiyle vida dişi açma işlemi, günümüzde özellikle tercih edilen bir tekniktir. Vidalarda dişin formu, dişin yüzey kalitesi, diş üstü çapı, diş dibi çapı, bölüm dairesi çapı, diş açısı, vidanın adımı ve diş yüksekliğinin istenen değerlerde olması çok önemlidir. Bütün ölçüleri ve özellikleri standart hale getirilen vidaların, çapları ve boyları da standarttır. Vidaların değişik çap ve uzunlukta olmaları, çok fazla miktarlarda ve her yerde kullanılmaları, hem kaliteli olmalarını hem de üretim

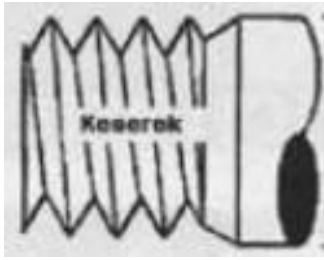
sayılarının çok olmasını gerektirmektedir. Çok geniş kullanım alanı olan vidalar, standartlara uygun, kaliteli, ucuz ve seri üretim yapmaya yatkın olan çeşitli tekniklerle üretilir. Vida üretim teknikleri içerisinde, günümüzün beklentilerine en uygunu ve bu nedenle de çok önemli bir konuma sahip olanı, ovalama ile vida açma tekniğidir. Bu yöntemde iş parçası, silindirik kalıplar arasında döner. Kalıplar iş parçası merkezine doğru ikili veya üçlü olacak şekilde radyal olarak hareket eder. İş parçasını besleme tipine göre radyal içten beslemeli ve doğrudan beslemeli olmak üzere iki çeşidi vardır (Şekil 4.24). İçten beslemeli ovalama işleminde, iş parçası daha başlangıçta kalıplar arasına önceden rahatça girer, sonra kalıplar iş parçası merkezine doğru aksel hareket ederek işlem gerçekleşir [44].



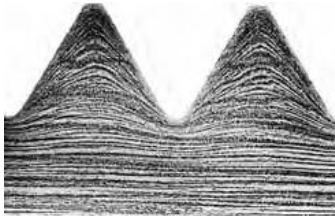
Şekil 4.24. Radyal içten beslemeli ve doğrudan beslemeli ovalama başlığı [44]

Ovalama tekniğiyle vida dişi açma; üzerleri vida dişi şeklinde işlenen ve sertleştirilen makaraların veya prizmatik çelik kalıpların (ovalama tarakları), silindirik parçaların dış yüzeylerine bastırılmasıyla, vidanın dişlerini oluşturması işlemidir. İki adet makara veya iki parçalı ovalama tarağının, vida dişleri bulunan yüzeyinde dairesel olarak veya doğrusal ve dairesel hareketi birlikte yapan taslak parçanın üzerine, ezme işlemi yapılarak istenen özellikte vida dişleri açılmaktadır. Makaraların ve ovalama taraklarının üzerinde vida dişi bulunan yüzeyleri, 57-60 Rc sertliğindedir [44].

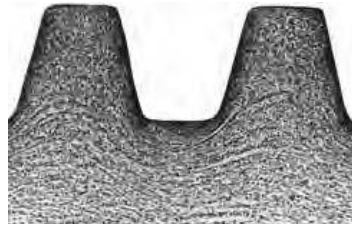
Ovalama tekniği talaşlı üretim tekniği değildir. Seri üretim tekniği özelliğini tam olarak taşımaktadır. Bu tekniğin, günümüzde özellikle tercih edilmesinin nedeni; vida üretimine en uygun seri üretim tekniği olması, çok fazla miktarlarda üretim yapılmasını sağlaması, aynı kalitede ve özellikte vida üretimine uygun bir teknik olmasıdır. Talaşlı üretim tekniğiyle elde edilen vida dışından daha dayanıklı, aşınmaya karşı daha dirençli, istenen ölçü tamlığında ve yüzey kalitesi düzgün olan, vida dişlerinin elde edilmesi çok önemli ve üstün bir avantaj olmaktadır. Vidaların üretiminde kullanılan malzemenin soğuk olarak ve ayrıca ezilerek şekillendirilmesi daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Malzemenin liflerinde talaşlı üretimde olduğu gibi kopmalar olmamakta, ayrıca çok önemli bir avantaj olan liflerin sıkıştırılmasıyla daha sağlam ve sık olan doku elde edilmektedir. Bu teknikle elde edilen vidaların dişleri kesilmeye, kırılmaya ve aşınmaya karşı daha dayanıklı ve uzun ömürlü olmaktadır. Ovalama tekniğiyle üretilen vidaların dayanımı, talaşlı üretim tekniğiyle üretilen vidaların dayanımından 10 kat daha fazla olmaktadır. Ovalama tekniğiyle vida dışı açmada, vida dişleri ezme işleminin sonucunda olduğu için, taslak parçanın çapının düşük işlenmesi gerekir. Böylece malzeme tüketiminde önemli miktarlarda tasarruf da sağlanmış olur. Sonuç olarak ovalama tekniğinin, vida üretimi konusundaki bütün beklentileri karşıladığı ve bu nedenle de çok yaygın olarak kullanıldığı görölmektedir. Şekil 4.25 a'da, talaşlı üretim tekniği ile malzeme liflerinin kesilerek dayanımını nasıl kaybettiği, Şekil 4.25 b'de ise ovalama tekniği ile malzeme liflerinin kesilmeden nasıl sıkıştırıldığı görölmektedir [44].



(a) Keserek açılan vida dişinin mikrografisi



Üçgen profilli vidanın
mikrografisi



Trapez profilli vidanın
mikrografisi



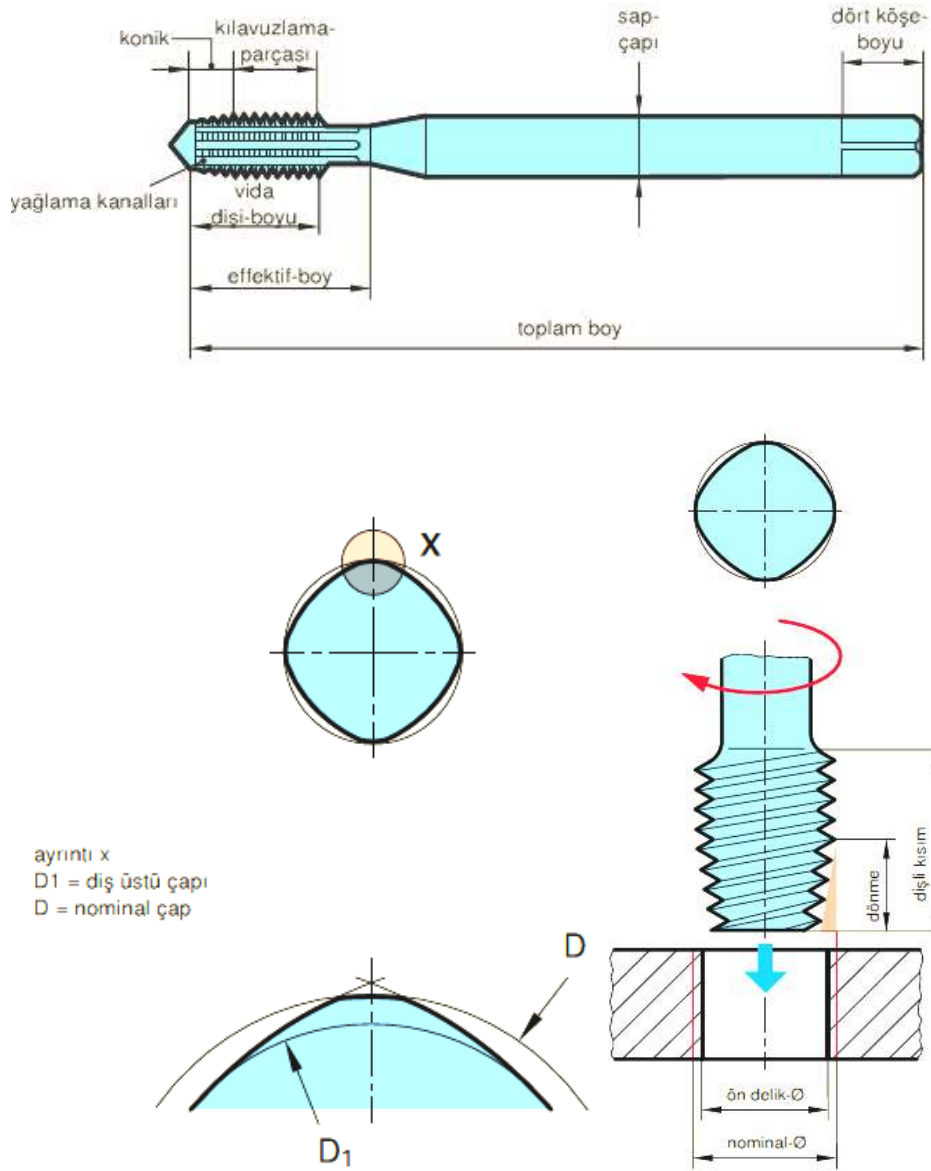
Yuvarlak profilli vida
mikrografisi

(b) Ovalama ile açılan vida dişlerinin mikrografileri

Şekil 4.25. Keserek ve ovalayarak açılan vida dişlerinin mikrografileri [44]

4.3.4. İç vidaların ovalanması

Ovalama makarası bir ham malzemeye nüfuz ettiği zaman ham malzeme makaranın formu etrafında akmaya başlar. Bu malzemenin yeni bir oryantasyonuna tanelerin deformasyon kuvvetleri doğrultusunda uzamasına sebep olur. Bu sebeple, diş formu etrafında şekillendirilen bölgede ham malzemenin ilk halinden daha fazla bir sert bölge oluşur. Ovalama operasyonu sırasında malzemelerin sıkışması vida yüzeylerinde iş sertleşmesine sebep olur. Bu hal diş yan yüzeyleri/böğürleri boyunca diş tepelerinde ve diş diplerinde daha fazla olup, vida dişi yan yüzeylerinin aşınma dirençlerini yükseltir [45]. Vida yüzeyinde sertlik dağılımı Şekil 4.26'de görülmektedir.



Şekil 4.27. Ovalama kılavuzu kesiti ve etki prensibi [40]

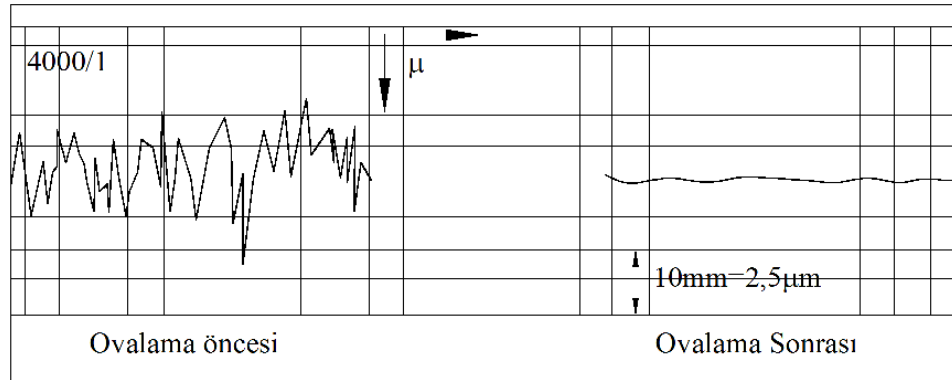
4.3.5. Ovalama metodunun sınırlamaları

Ovalama metodunda da vida dişi imalatında sınırsız malzeme kullanımı ve yapım özgürlüğü yoktur. Bu yöntem genellikle malzeme sertliği 32 Rc veya daha büyük olan ve uzaması %12'den az olan malzemelere uygulamada zorluk gösterir. Gri-dökme demire, sinterlenmiş metal parçalarına uygulanamaz. Bu malzemeler kalıbın şeklini alma yerine, uflanıp parçalanırlar. Diş açısı 60^0 olan vidalar bu yöntemle daha kolay şekil alırlar. Kökten yuvarlak olan dişli formları, kökleri enli ve düz

olanlardan çok daha kolay ovalanırlar. Vida dişlerinin ovalanmasında diş derinliği vida diş üstü çapının $1/4$ 'ü veya $1/5$ 'i kadar olması genellikle kabul edilen bir değerdir. Eğer bu değer diş üstü çapının $1/6$ sı kadar alınır ve de malzeme de sünek değilse, bu ovalama işleminden sakınmak gerekir [44].

4.3.6. Vida yüzeylerinin pürüzlülüğü ve mekanik özelliklerinin durumu

Eğer ovalama işlemi itina ile yapılırsa vida diş yan yüzeyleri ile vida diş kökleri çok düzgün şekilde oluşturulur. Ovalama ile imal edilen vidalar kesici takımın bıraktığı izlerden ve titreşimden muaftırlar. Kesme işlemi ile doğan bu kusurlar, aşınma ve yorulma hasarlarının başlamasına sebep olan kusurlardır. Ovalanmış cıvata ve vida diş yüzeylerinde pürüzlülük $Ra=0,2-0,6 \mu m$ arasında olurken, tornada kesme yoluyla açılmış vida dişlerinde bu değer $Ra=1,6-3,1 \mu m$ arasındadır. Ovalama öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğü değişimi Şekil 4.28'de görülmektedir. Ovalanarak açılmış dişli yüzeylerinde sürtünme katsayısı, kesme yolu ile açılmış dişli yüzeylerindeki önemli ölçüde düşüktür, Bunun faydası hareketli vidalarda çok daha az güç kullanarak hareket sağlanmasıdır. Böylece vida yüzeyleri daha düzgün olur ve sıkı bir tutunma sağlanır [42].



Şekil 4.28. Ovalama öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğü [42]

Ovalama yönteminde, ovalanacak parça soğuk işleme akmaya zorlanır. Böylece kesme yöntemiyle açılan vidalardan daha güçlü olurlar. Çizelge 4.1'de her iki yöntemle açılmış vidaların mekanik özelliklerinin karşılaştırılması görülmektedir [42].

Çizelge 4.1. Ç4027 çeliği için kesilmiş ve ovalanmış vida dişi mekanik özellikleri

Vida boyutu ve adımı	Vida açılış şekli	İç Sertlik HRBpp		Çekme mukavemeti (psi)	Yorulma ömrü (saykıl)
		Sap	Vida		
7/8" - 9	Ovalanmış	82	92	91,55	71,8
	Kesilmiş	82	82	70,95	14,3
1" - 8	Ovalanmış	91	94,5	98,35	51,8
	Kesilmiş	91	91	91,45	21,3
1 1/8" -7	Ovalanmış	91	96,5	103,1	68,5
	Kesilmiş	91	91	91,35	49,3

4.3.8. Ovalanacak malzemelerde aranan özellikler

Ovalama yöntemi uygulanacak malzemelerde üç önemli özellik büyük önem taşır.

- Ovalanabilme kabiliyeti
- Pullanma
- Ovalama izi [42].

Ovalanabilme kabiliyeti

Ovalanabilme kabiliyeti dendiği zaman, ovalanacak malzemenin kalıplar arasında soğuk olarak şekillendirmeye akmaya zorlandığında bu malzemenin direnci anlaşılmalıdır. Malzemelerin ovalanabilme kabiliyetleri için “*Ovalanabilme indeksi*” terimi kullanılır. Malzemelerin ovalama kabiliyeti ile ilgili parametreler Çizelge 4.2’de verilmiştir [42].

Çizelge 4.2. Metallerin ovalanma kabiliyetleri, pullanma ve ovalama izi değerlendirmeleri [42]

Metal	Sertlik HB	Ovalanabilme indeksi (a)	Pullanmaya meyil (b)	Ovalama izi yapmaya meyil (c)
Karbon ve Düşük Alaşımli Çelikler				
1010	137	1.11	B	C
1018	148	1.08	B	C
1020	156	0.96	B	C
1095	260	0.47	B	B
1095	320	0.42	B	B
1112	198	1.00	C	C
1117	173	1.03	C	C
1144	225	0.78	B	C
4140	205	0.93	B	C
4140	230	0.57	B	C
4140	300	0.42	B	B
4340	235	0.45	B	B
8620	215	0.60	B	C
Paslanmaz Çelikler				
303	174	0.46	C	B
316	150	0.45	B	B
416	221	0.58	C	B
430	225	0.56	C	B
Demir Dışı Alaşımlar				
Alüminyum:				
2017.2014				
Pirinç:				
Fişek	135	1.40	B	C
Deniz malzemesi	155	1.00	C	B
Fosfor:				
Bronz	130	1.28	C	B
Monel	235	0.93	B	B
a) Oda sıcaklığında ovalanan metallere bu indeks uygulanır				
b) B, düşük hassasiyet C, yüksek hassasiyet				
c) B, önemsiz hassasiyet C, orta seviyede hassasiyet				

Şöyleki ovalanabilme indeksi 1,00 olan bir çelikte ovalama kalıpları ile yaklaşık 30.000 m uzunluğunda ovalama yapabilirken, ovalanabilme indeksi 0,5 olan bir çelikte, aynı şartlarda yaklaşık 3.000 m uzunlukta ovalama yapılabilir. Buradan şu söylenebilir: çeşitli metallerde vida formunu vermek için uygulamamız gereken güç, metallerin ovalanabilme indeksi ile ters orantılıdır. Örneğin dökme demirin ovalanabilme indeksi düşük olmasına karşılık, istenen gücün yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca ovalanabilme indeksi bize aynı işletme şartlarında iki

malzeme ovalama işlemine girdiğinde, kalıp ömrü ve radyal kalıp yüklerini kıyaslamamızı da sağlar [42].

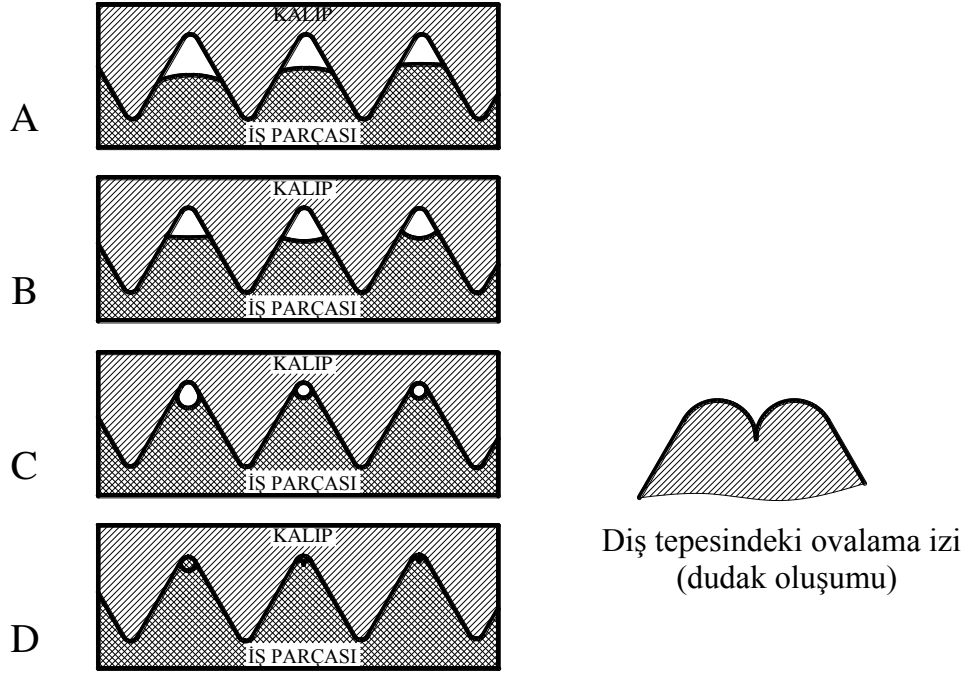
Pullanma

Pullanma ovalanacak malzemenin kesme mukavemeti ile alakalıdır. Çelik ve pirinç gibi malzemelerde Pb ve S olması, ovalama esnasında, pullanmaya karşı hassasiyeti artırır. Pullanma, ovalanmış vida dişi yüzeyinde “susuzluktan çatlamış tarla görüntüsü” nün oluşmasıdır. Kükürt içeren çelikler içersindeki % S oranına ve yapılacak soğuk işlem derecesine bağlı olarak ovalanabilirler. Kükürt kesme işleminde işlenebilirliği arttırırken, soğuk şekil verme işleminde pek arzu edilmez. Kükürt ihtivası % 0,13’ü aşmamalıdır. Daha yüksek oranlar, daha yüksek ovalama basıncı gerektiren aşırı sert kükürt inklüzyonlarına sebep olurlar. Bunlar, soğuk şekil vermeye karşı direnirler. Kalıp ömrünü azaltır, pullanmaya sebep olurlar. Bazen de kalıbın kırılması ile sonuçlanabilirler. Pb içeren yumuşak ve dövülebilir haldeki çelikler, doğal olarak ovalanabilme kabiliyeti olan çelik olarak düşünülür. Pb, tezgâhta arzu edilen işleme kabiliyetini arttırırken, soğuk şekil verme için çok uygun değildir. Yumuşaklığa neden olan Pb, tezgâhın kesik kesik işlemesine sebep olur. Bu ise kalıp yüklerinin değişken olması demektir. Bu tür yüklemeler kalıp ömrünü zayıflatır. O nedenle Pb % 0,1’den daha fazla olmamalıdır. Bakır ve alaşımların pullanmaya karşı hiç hassasiyet göstermezken, otomat çelikleri ve özel çelikler pullanmaya karşı aşırı hassas malzemelerdir. Diğer tüm metal ve alaşımlar pullanmaya karşı az miktarda hassas olan malzemeler grubundandır [42].

Ovalama izi

Ovalama işlemi sırasında, ovalanan malzemenin dişlerinin yanal kısımlarındaki akma, diş merkezindeki akmasından daha hızlı olursa, dişin tepesinde Şekil 4.29’ da en üstte görülen ovalama izi oluşur. Bu kusur, bazen malzeme boyutunun yetersiz oluşundan da olabilir. Ovalama izi korozi ortamlarda vida ömrünün çabuk kısılmasına neden olur. Sünük ve yumuşak malzemeler, biraz sert olan malzemelerden daha derin ovalama izi gösterirler [42].

Şekil 4.29'A görüntüsü, kalıp yüzeyine değen kısımlardaki akma, iş parçasının merkezindeki akmasından daha azdır. Bu nedenle, ovalama izi oluşumu pek olmaz. Şekil 4.29'B'de kalıp yan yüzeylerine değen kısımlardaki akma, iş parçasının merkezindeki akmadan daha azdır. Bu nedenle, ovalama izi oluşumu pek olmaz ve önemsiz ovalama izi olarak tanımlanırlar. Şekil 4.29'C'de ise düşük karbonlu çeliklerde sıkça görülen orta hassasiyette bir ovalama izi görülecek demektir. Şekil 4.29'D'de ise, ovalama izi vidanın en tepesinde net bir şekilde belirmiştir. Aşırı hassas bir ovalama izi görüntüsüdür [42].



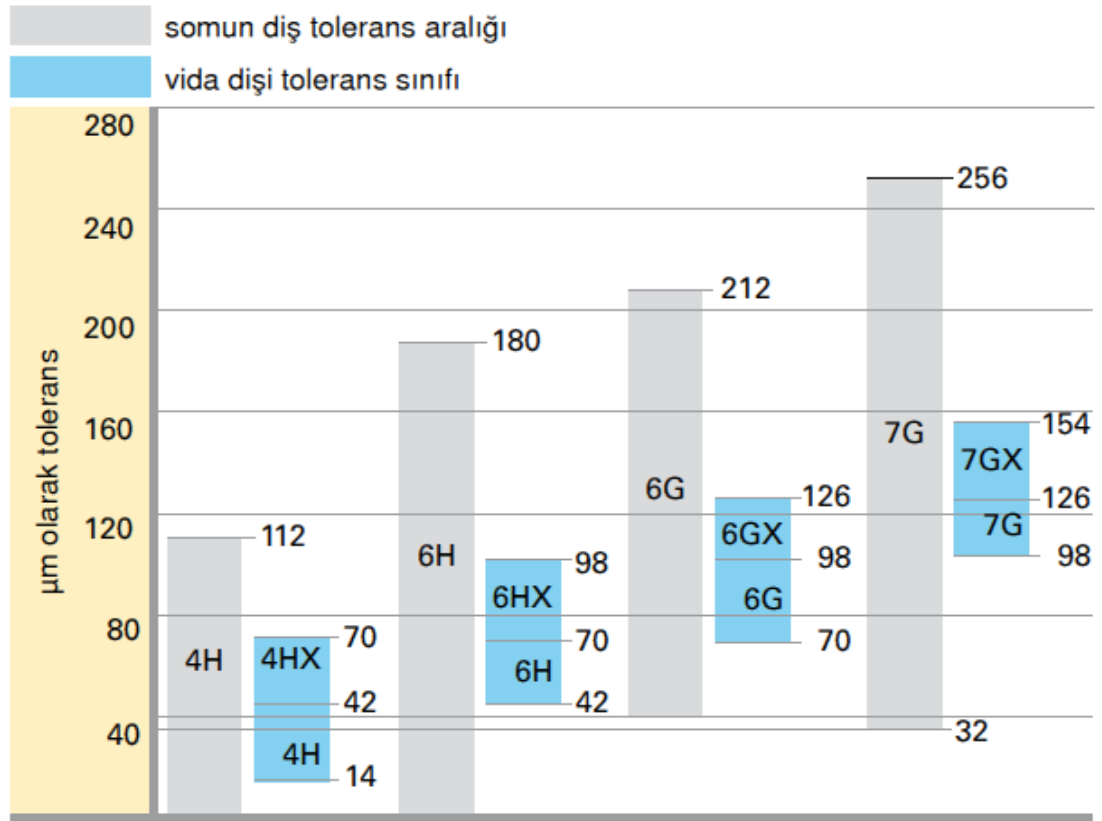
Şekil 4.29. Ovalama esnasında oluşan ovalama izinin dört farklı hassasiyetinin şematik gösterilişi [42]

Ovalamada dış tepesinde oluşan ovalama izi (dudak oluşumu) yüzünden ovalama usulü ile açılan vidalar partikül birikimine yol açmaları sebebiyle gıda sektöründe ve diş hekimliğinde kullanılan vidalı bağlantılarda tercih edilmezler. Şekil 4.29'daki ovalama izleri analiz edilirse:

- A- En düşük hassasiyetteki ovalama izi. Kalıp yüzeylerindeki akma merkezdeki akmadan daha yavaştır. Bu kalıp yüzeyleri ile ovalanan parça arasındaki sürtünmenin de yüksek olması demektir.
- B- Önemsiz hassasiyetteki ovalama izi. Kalıp yüzeylerindeki akma, merkezdeki akma ile hemen hemen aynı seviyededir.
- C- Orta hassasiyetteki ovalama izi. Tipik düşük karbon çeliklerinde görülür.
- D- Aşırı hassasiyetteki ovalama izi. Boşluk vidanın en tepesinin altında net bir şekilde iz olarak şekillenmiştir [42].

4.4. Vida Toleransları

Vida dişlerinde uluslar arası standartlar için ISO vida diş sistemi kullanılmaktadır. Bugün ISO metrik vida dişin en çok kullanılan vida dişi olduğu açıktır. Tolerans pozisyonu rakamla tanımı, vidalı milde tolerans kalitesi 3 ile 9 arasındaki rakamlarla, somun dişte 4 ile 8 arasındaki rakamlarla ifade edilir. Rakam 3 en dar, rakam 9 en geniş toleransı gösterir. Tolerans pozisyonu harfle tanımı, ISO somun vida dişinde büyük harflerle (A-H), ISO vidalı mil dişinde küçük harflerle (a-g) tanımlanmaktadır. Tolerans konumları A-G veya a-g pozitif veya negatif tolerans ölçülerindedir. Tolerans pozisyonları H ve h sıfır konumundan başlar. Normal olarak tolerans konumu H ve h kullanılır. Yüzey kaplama işlemi görecektir vida dişleri için tolerans konumu G ve g kullanılır. ISO vidalı mil üretiminde a 'dan g 'ye kadar olan tolerans konumlarında tespit edilen dış çapa ait toleransı dikkate almak gerekir (Şekil 4.30) [40].

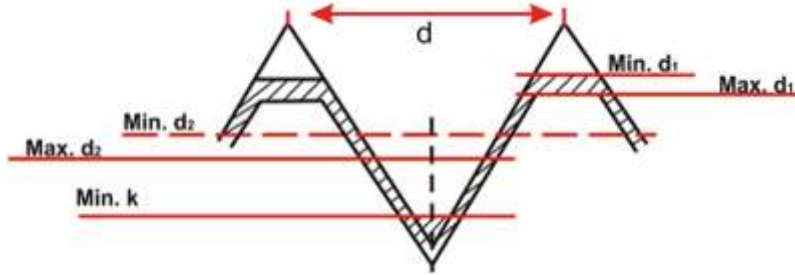


Şekil 4.30. Somun ve vida dişi tolerans aralıkları [40]

Tolerans ve toleransın konumu tolerans alanını belirler. Tanımlamada uygun harf ve rakamlar kullanılır. Kullanılan kılavuzların tolerans sınıfı somun dişin tolerans alanına tekabül eder [40].

Vida dişi eşleşmeleri iç ve dış vida dişi eşleşmeleri bir taksim işareti ile ayrılarak belirtilir. Örneğin 6h/6g gibi (somun/mil) eşleşmeleri vida bağlantılarına uygun olarak seçilmelidir (Çizelge 4.3). Toleranslar orta, hassas, kaba olarak sınıflandırılmakta ve vida boyları da normal (N), kısa (S) ve uzun (L) işaretleriyle gösterilmektedir [40].

Çizelge 4.3. Metrik vidaların dış toleransları



6H	Uzunluk		Diş Dibi Çapı Min. k	Bölüm Dairesi Çapı d ₂		Diş Üstü Çapı d ₁	
	Min.	max		Min.	Max.	Min.	Max.
M3	1,5	4,5	3.000	2,675	2,775	2,459	2,599
M4	2	7,5	4.000	3,545	3,663	3,242	3,422
M5	2,5	7,5	5.000	4,480	4,605	4,134	4,334
M6	3	9	6.000	5,350	5,500	4,917	5,153
M7	3	9	7.000	6,350	6,500	5.917	6,153
M8	4	12	8.000	7,188	7,348	6,647	6,912
M10	5	15	10.000	9,026	9,206	8,376	8,676
M12	6	18	12.000	10,863	11,063	10,106	10,441
M14	6	24	14.000	12,701	12,913	11,835	12,210
M16	8	24	16.000	14,701	14,913	13,835	14,210
M18	10	30	18.000	16,376	16,600	15,294	15,744
M20	10	30	20.000	18,376	18,600	17,294	17,744
M22	10	30	22.000	20,376	20,600	19,294	19,744
M24	12	36	24.000	22,051	22,316	20,752	21,252
M27	12	36	27.000	25,051	25,316	23,752	24,252
M30	15	45	30.000	27,727	28,007	26,211	26,771
M33	15	45	33.000	30,727	31,007	29,211	29,771
M36	18	53	36.000	33,402	33,702	31,670	32,270
M39	18	53	39.000	36.402	36,702	34,670	35.270

6G	Uzunluk		Diş Dibi Çapı k		Bölüm Dairesi Çapı d ₂		Diş Üstü Çapı d ₁	
	Min.	max	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
M3	1,5	4,5	2,980	2,874	2,655	2,580	2,367	2,273
M4	2	6	3,978	3,838	3.523	3,433	3,119	3,002
M5	2,5	7,5	4,976	4,826	4,456	4,361	3,995	3,869
M6	3	9	5,974	5,794	5,324	5,212	4,747	4,596
M7	3	9	6,974	6,794	6,324	6,212	5,747	5.596
M8	4	12	7,972	7,760	7,160	7,042	6,438	6.272
M10	5	15	9,968	9,732	8,994	8,862	8,128	7.938
M12	6	18	11,966	11,701	10,829	10,679	9,819	9.602
M14	6	24	13,962	13,682	12,663	12,503	11,508	11,271
M16	8	24	15,962	15,682	14,663	14,503	13,508	13,271
M18	10	30	17,958	17,623	16,334	16,164	14,891	14,625
M20	10	30	19,958	18,623	18,334	18,164	16,891	16,625
M22	10	30	21,958	21,623	20,334	20,164	18,891	18,625
M24	12	36	23.592	23,577	22,003	21,803	20,271	19,955
M27	12	36	26,952	26,577	25,003	24,803	23,271	22,955
M30	15	45	29,947	29,522	27,674	27,462	25,653	25,306
M33	15	45	32.947	32,522	30,674	30.462	28.653	28,306
M36	18	53	35,940	35,465	33,342	33,118	31,033	30,655
M39	18	53	38,940	38,465	36,342	36.118	34,033	33,655

Çizelge 4.3. (Devamı) Metrik vidaların dış toleransları

7H	Uzunluk		Dış Dibi Çapı k		Dış Adımı d ₂		Dış Üstü Çapı d ₁	
	Min.	max	Min.		Min.	Max.	Min.	Max.
M5	2,5	7,5	5,000		4,480	4,640	4,134	4,364
M6	3	9	6,000		5,350	5,540	4,917	5,217
M7	3	9	7,000		6,350	6,540	5,917	6,217
M8	4	12	8,000		7,188	7,388	6,647	6,982
M10	5	15	10,000		9,026	9,250	8,376	8,751
M12	6	18	12,000		10,863	11,113	10,106	10,531
M14	6	24	14,000		12,701	12,966	11,835	12,310
M16	8	24	16,000		14,701	14,966	13,835	14,310
M18	10	30	18,000		16,376	16,656	15,294	15,854
M20	10	30	20,000		18,376	18,656	17,294	17,854
M22	10	30	22,000		20,376	20,656	19,294	19,354
M24	12	36	24,000		22,051	22,386	20,752	21,383
M27	12	36	27,000		25,051	25,386	23,752	24,382
M30	15	45	30,000		27,727	28,082	26,211	26,921
M33	15	45	33,000		30,727	31,082	29,211	29,921
M36	18	53	36,000		33,402	33,770	31,670	32,420
M39	18	53	39,000		36,402	36,777	34,670	35,420
8G	Uzunluk		Dış Dibi Çapı k		Dış Adımı d ₂		Dış Üstü Çapı d ₁	
	Min.	max	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
M5	2,5	7,5	4,976	4,740	4,456	4,306	3,995	3,814
M6	3	9	5,974	5,694	5,324	5,144	4,747	4,528
M7	3	9	6,974	6,694	6,324	6,144	5,747	5,528
M8	4	12	7,972	7,637	7,160	6,970	6,438	6,200
M10	5	15	9,968	9,593	8,994	8,782	8,128	7,858
M12	6	18	11,966	11,541	10,829	10,593	9,819	9,516
M14	6	24	13,962	13,512	12,663	12,413	11,508	11,181
M16	8	24	15,962	15,512	14,663	14,413	13,508	13,181
M18	10	30	17,958	17,428	16,334	16,069	14,891	14,530
M20	10	30	19,958	19,428	18,334	18,069	16,891	16,530
M22	10	30	21,958	21,428	20,334	20,069	18,891	18,530
M24	12	36	23,952	23,352	22,003	21,688	20,271	19,840
M27	12	36	26,952	26,352	25,003	24,688	23,271	22,840
M30	15	45	29,947	29,277	27,674	27,339	25,653	25,183
M33	15	45	32,947	32,277	30,674	30,339	28,653	28,183
M36	18	53	35,940	35,190	33,342	32,987	31,033	30,524
M39	18	53	38,940	38,190	36,342	35,987	34,033	33,524

Çizelge 4.4. Metrik vidaların standart dış adımı ölçüleri

SERİ 1	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12		M16		M20		M24		M30		M36
SERİ 2								M14		M18		M22		M27		M33	
NORMAL DİŞ	0,50	0,70	0,80	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,50	3,50	4,00
İNCE DİŞ					1,00	1,25	1,25	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00
EXTRA İNCE DİŞ						0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

5. MALZEME VE METOT

5.1. Deneylerde Kullanılan Malzeme

Vida açma deneylerinde, titanyum alaşımları içinde en çok kullanılanı Ti_6Al_4V sembolleri ile anılan %6 alüminyum ve %4 vanadyum içeren $\alpha+\beta$ -Ti alaşımı kullanılmıştır. Bu alaşımın endüstriyel uygulamalardaki kullanım oranı %45'tir. Ti_6Al_4V alaşımlarının en önemli özellikleri, korozyona karşı yüksek direnci, sertliği ve dayanıklılığıdır. Bunların yanı sıra bu alaşımlar işlenebilirlik, fabrikasyon, üretim deneyimi ve ticari olarak elde edilebilirlik gibi özelliklerinden dolayı ekonomik olarak kullanışlı bir hale gelmişlerdir. Bu özelliklerden dolayı tıbbi uygulamalar başta olmak üzere, hava araçlarında ve basınç tankları yapımında çok fazla tercih edilmektedir. Deneylerde kullanılan Ti_6Al_4V malzemesi Timet Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir. Malzemenin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşenleri Çizelge 5.1'de, verilmiştir.

Çizelge 5.1. Deneylerde kullanılan Ti_6Al_4V alaşımının fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşimi							
Al	V	Fe	O	N	H	C	Ti
5.9%	4.00%	0.09%	0.14%	0.01%	0.002%	0.01%	Denge Mik.
Fiziksel Özellikler							
Çekme Dayanımı		Akma Dayanımı		Sertliği Rockwell C		% Uzama	
900-1100 MPa		830 MPa		36		10	

5.2. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı

Talaş kaldırma deneyleri Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Laboratuvarlarında bulunan Johnford VMC-550 marka CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Kılavuzla vida dişi açma işleminde, CNC Dik İşleme Merkezinde numune parça delindikten sonra iş parçası sökülmeden kılavuz aynı koordinatlara gönderilerek olası bir eksen kaçaklığı önlenmiştir.

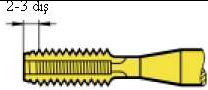
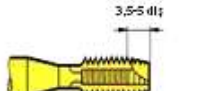
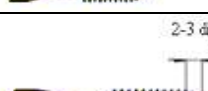
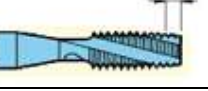
Çizelge 5.2. CNC freze tezgahının özellikleri

Y eksen	500	mm
X eksen	550	mm
Z eksen	450	mm
Tezgah gücü	7,5	kW
Maksimum devir sayısı	6000	dev/dak
Hassasiyet	0.001	mm
Taret takım adeti	12	adet
Kontrol sistemi	Fanuc	

5.3. Deneylerde Kullanılan Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Deneylerde beş farklı kaplamasız ve TiAlN kaplamalı HSS-E kılavuzlar kullanılmıştır. Kullanılan kılavuz formları ve tipleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Kılavuz formları ve tipleri

Kılavuz Vida Ölçüsü	Kılavuz Şekli (Formu DIN 371)		Ağız tipi	Helisel Kanal	Malzemesi
DIN 371 M8x1.25 ISO/6H	Form C (2-3 Diş)		Düz	Düz	HSS-E
	Form B (3.5-5 Diş)		Eğik R30	Düz	HSS-E
	Form C (2-3 Diş)		Düz	R15° Helis	HSS-E
	Form D (2-3 Diş)		Düz	L15° Helis	HSS-E
	Form C (2-3 Diş) Ovalama kılavuzu		Düz	Yok	HSS-E

Kılavuz çekilecek delik çapının oluşturulması için iki farklı çapta iki ağızlı helisel karbür matkaplar kullanılmıştır. Çünkü normal kesme işlemi için kullanılan matkap ile ovalama işlemi için kullanılan matkap ölçüleri farklılık arz etmektedir.

Çizelge 5.4. Deliklerin açılmasında kullanılan matkap tip ve çapları

Kesici tipi	Kesici çapı (mm)
İki ağızlı helisel matkap	6,8
	7,4

Kılavuzların aşırı kesme torklarına karşı kırılmasını engellemek amacı ile Eroğlu marka vida açma başlığı ve emniyetli kılavuz tutucu kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Deneyler ıslak ve kuru şartlarda gerçekleştirilmiş olup ıslak şartlarında “Hocut 3380” marka (%20 emülsiyon) kesme sıvısı kullanılmıştır. Deneylerde kesme sıvısı CNC tezgâhına ait soğutma sistemi ile kesici ve iş parçası üzerine püskürtülerek kullanılmıştır.

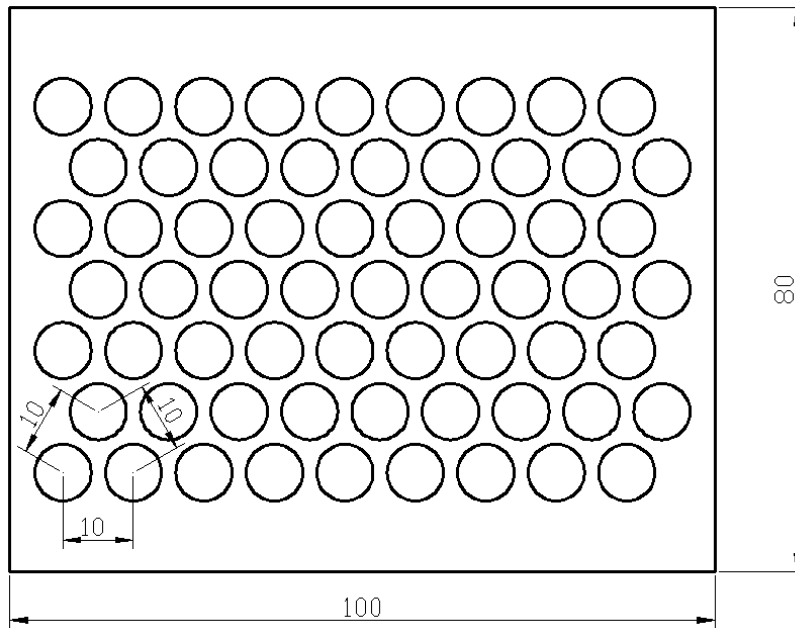
Bu çalışmada uygun kesme parametrelerinin tespiti için 4 farklı (2, 3, 4 ve 5 m/dak) kesme hızı ve adım miktarında ilerleme (1,25 mm/dev) kullanılmıştır. Kesme hızı, literatürde yapılan çalışmalar ve kesici takım katalogları dikkate alınarak ön deney çalışmaları neticesinde belirlenmiştir. Farklı kesme hızı, kaplamalı-kaplamasız şartlarda ıslak ve kuru şekilde denenerek en iyi kesme sonuçları elde edilmeye çalışılmıştır. Farklı kesme parametreleri kullanılarak imal edilecek üründe, imalatçı, kendisi için önem arz eden unsuru (kesme hızı, takım ömrü, diş kalitesi, vb.) veren uygun kesme parametrelerini seçme imkânına sahip olmuştur. Deneyler için 80 adet vida açılmış ve bu işlem için 80 adet kılavuz kullanılmıştır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Deney sayısı tablosu

Kesme Parametreleri		Kesici Takımlar			Kesme Şartları		Deney Sayısı
Kesme Hızı Sayısı	İlerleme Hızı Sayısı	Kaplamasız HSS	Kaplamalı HSS	Kesme Formu Sayısı	Kuru	Islak	
4	1	1	-	5	1	-	20
4	1	1	-	5	-	1	20
4	1	-	1	5	1	-	20
4	1	-	1	5	-	1	20
TOPLAM							80

5.4. Deney Numuneleri

Deney numuneleri tel erozyon tezgâhında 100x80x15 mm ebatlarında plaka olarak kesilmiştir. Kesilen parçaların dinamometreye bağlanabilmesi için bağlama kalıbı tasarlanarak imal edilmiştir. Vida açma testlerinde, her numune üzerine 63 adet delik delinmiştir. Deliklerin numune üst yüzeyindeki dağılımı Şekil 5.1’de verilmiştir. Delinen delik etrafındaki sertlik dağılımı göz önüne alınarak, deliklerin parça üzerine simetrik olarak yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Bu durum vida açma sırasında ısının mümkün olduğu kadar eşit şartlarda dağılmasını sağlamıştır.



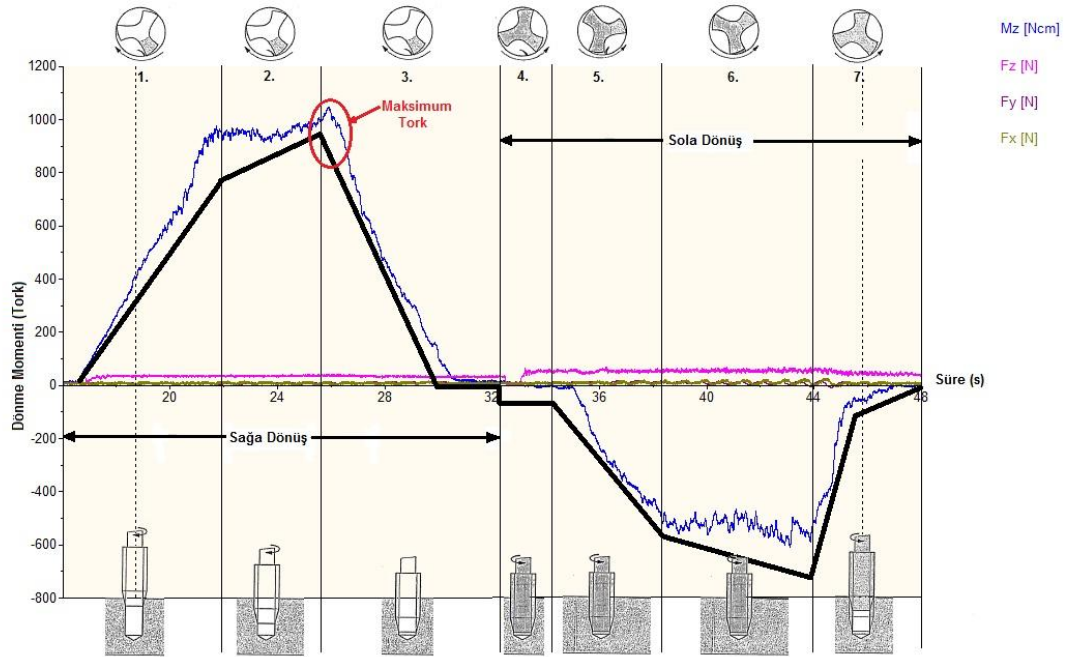
Şekil 5.1. Numuneler üzerine delinecek deliklerin dağılımı.

5.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Kılavuz ile vida açma sırasında döndürme torku ve eksenel kesme kuvveti oluşmaktadır. Bu oluşan kuvvetleri etkileyen bir takım faktörler vardır (talaş açısı, ağızlama boyu, kılavuz formu, iş parçası malzemesi, kesme sıvısı vb.). Talaş açısının fazla olması kesme kuvvetlerini azaltacaktır ancak aynı zamanda kılavuzun dayanımı da azalacaktır. Kılavuzla vida dişi açarken kullanılan kesme sıvısının (emülsiyon, kesme yağı vb.) esas amacı kesici/iş parçası arasındaki sürtünmeyi azaltmaktır. Sürtünmeden doğan ısınma ve kesme kuvvetlerinin en önemli sebeplerinden biri kılavuz kanallarında sıkışan talaştır. Talaş sıkışmasını önlemek için iş parçası malzemesi ve delik tipine uygun kılavuz formu seçilerek kılavuz kanallarındaki talaşın uzaklaştırılması gerekir.

Şekil 5.2’de bir kılavuz ile vida açma işlemi sırasında dönme momentinin (Tork) nasıl gerçekleştirildiği gösterilmektedir;

1. Bölge kılavuzun bütün ağızlama dişlerinin parçayı kavraması
2. Bölge kavrayan bütün dişler ile kesme momentinin oluşması
3. Bölge fener milinin ve kılavuzun tamamen durması
4. Bölge geri dönüş işleminin başlaması ve diş göbek sırtının temas anına kadar
5. Bölge talaşların atılması
6. Bölge atılan talaşın sıkışması
7. Bölge ise kılavuz ve iş parçası arasındaki kayma sürtünmesini göstermektedir [37].



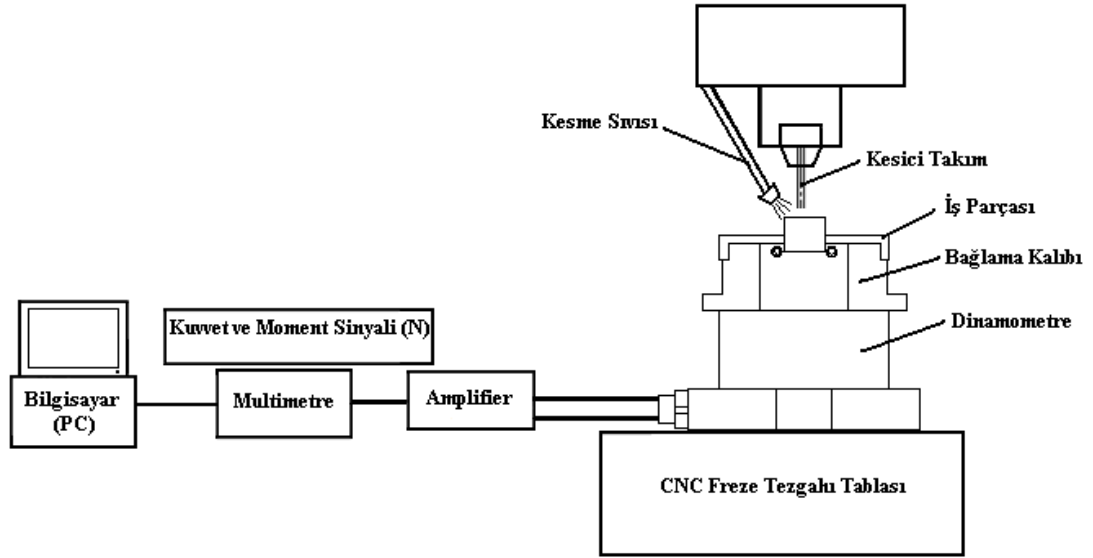
Şekil 5.2 Kılavuz ile vida açma işlemi sırasında dönme momentinin (Torkun) grafiksel ve ölçümsel oluşması [37]

Kesme kuvvetlerinin ve momentin deneysel olarak belirlenmesi için Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı laboratuvarlarındaki dik işleme merkezine bağlanan, üç kesme kuvveti bileşenini (F_x , F_y , F_z) ve momenti (M_z) aynı anda ölçme kapasitesine sahip, KISTLER 9272 A tipi dinamometre kullanılmıştır. Deney setinin tasarımında öncelikle; KISTLER 9272-A 4 bileşenli piezo-elektrik dinamometre, dinamometreden gelen sinyallerin veri okuma kartına (KISTLER PCIM DAS 1602/16) aktarılmasında KISTLER 5070-A çok kanallı amplifier, 1677-A5 veri kablosu, 1500-B15 kablo, RS232 kablo ve son olarak da verilerin işlenmesi ve grafiklerin elde edilmesi için Windows işletim sistemi ile uyumlu KISTLER Dynoware 2825A-02-01 yazılımı hazır olarak temin edilmiştir. Şekil 5.3'te kullanılan dinamometrenin bir resmi ve özellikleri verilmiştir. Kesme deneylerin en uygun biçimde yapılabilmesi için dinamometrenin üzerine bağlama kalıbı ile iş parçası yerleştirilmiştir (Şekil 5.4). Tasarımı yapılan sistemde kuvvet verileri, iş parçası ile dinamometre arasında doğrudan temas sağlanarak iş parçası üzerinden alınmıştır.

Dinamometre Teknik özellikler		Tip 9272 A
	Kalibrasyon	: Kalibre edilmiştir.
	Ölçme aralığı	: Fx, Fy ± 5 kN Fz $-5 \dots +20$ kN Mz ± 200 kN
	Duyarlılık	: Fx, Fy $\approx -7,8$ pC/N Fz $\approx -3,5$ pC/N Mz ≈ -160 pC/N
	Doğal Frekans	: fn (x,y) $\approx 3,1$ kHz fn (z) $\approx 6,3$ kHz fn (Mz) $\approx 4,2$ kHz
	Çalışma sıcaklık aralığı	: $0 \dots 70$ °C
	Çap	: 100 mm
	Yükseklik	: 70 mm
	Bağlantı	: Fischerflange 9 pole neg.
	Sızdırmazlık	: IP67
	Kütle	: 4,2 kg
Amplifier Teknik Özellikleri		Tip 5070A01100
	Kanal sayısı	: 8
	Açıklama	: 19" rack
	Bağlantı	: Fischer 9 pol. Neg.
	Ölçüm aralığı	: $\pm 200 \dots 200000$ pC
	Frekans aralığı	: $\approx 0 \dots >45$ kHz
	Çıktı sinyali	: ± 10 V
	Güç	: $100 \dots 240$ V
	Arayüz	: RS-232C

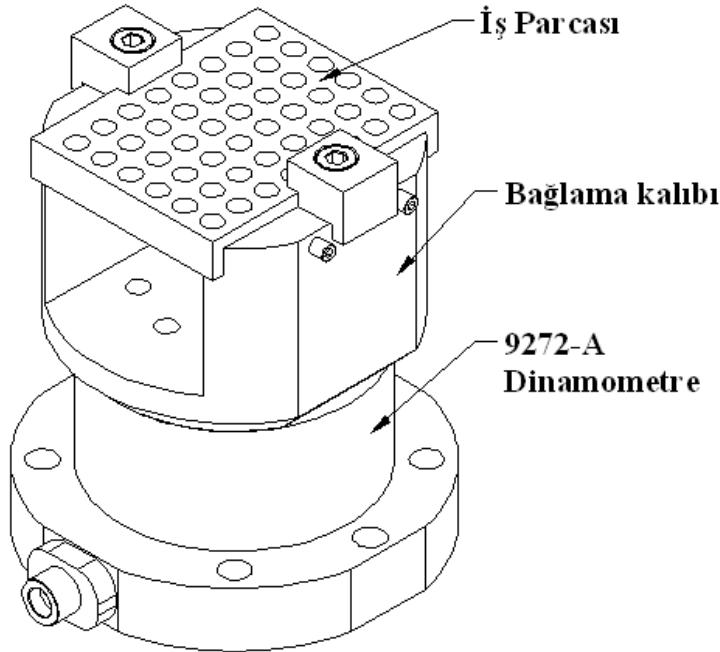
Şekil 5.3. Dinamometre ve Amplifier'in özellikleri

Dinamometrenin deney düzeneğinde kullanılışı ve ilgili diğer bileşenleri (bağlantı kabloları, amplifier, yazılım vb.) Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Deney düzeneğinin şematik gösterimi

Deney numunelerinin dinamometreye bağlanarak kılavuz çekme esnasındaki kesme kuvveti değerlerinin alınabilmesi amacıyla bir bağlama kalıbı tasarlanarak imal edilmiştir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Deneylerde kullanılan bağlama kalıbı ve dinamometre üzerindeki gösterimi

6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, deney numunesi olarak Ti_6Al_4V titanyum alaşımı kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (2, 3, 4 ve 5 m/dak) ve vida adımı miktarında ilerleme (1,25 mm/dev) belirlenmiştir. Beş farklı formda kaplamasız ve kaplamalı (TiAlN) HSS-E kılavuzlar kullanılmıştır.

Bu girdi parametreleri paralelinde her bir deney için yeni bir kılavuz kullanmak suretiyle toplam 80 adet deney yapılmıştır. Kılavuz tipi ve kesme parametrelerinin girdi olarak değerlendirildiği bu çalışmada, çıktı olarak kesme kuvvetleri arasında büyük öneme sahip olan kesme momenti (Tork-Mz) değerlendirilmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen çıktılar Çizelge 6.1’de verilmiştir. Çizelgede görülen DÜK kodu düz kanallı kılavuzu, SAHK kodu sağ helis kanallı kılavuzu, SOHK kodu sol helis kanallı kılavuzu, EADK kodu eğik ağız bilemeli düz kanallı kılavuzu ve OK kodu ovalama kılavuzunu simgelemektedir. Elde edilen veriler Çizelge 6.1’deki değerlerin grafiklere aktarılmasıyla ayrı ayrı yorumlanmıştır.

Çizelge 6.1. Deneysel çalışmadaki girdilere bağlı olarak elde edilen veriler

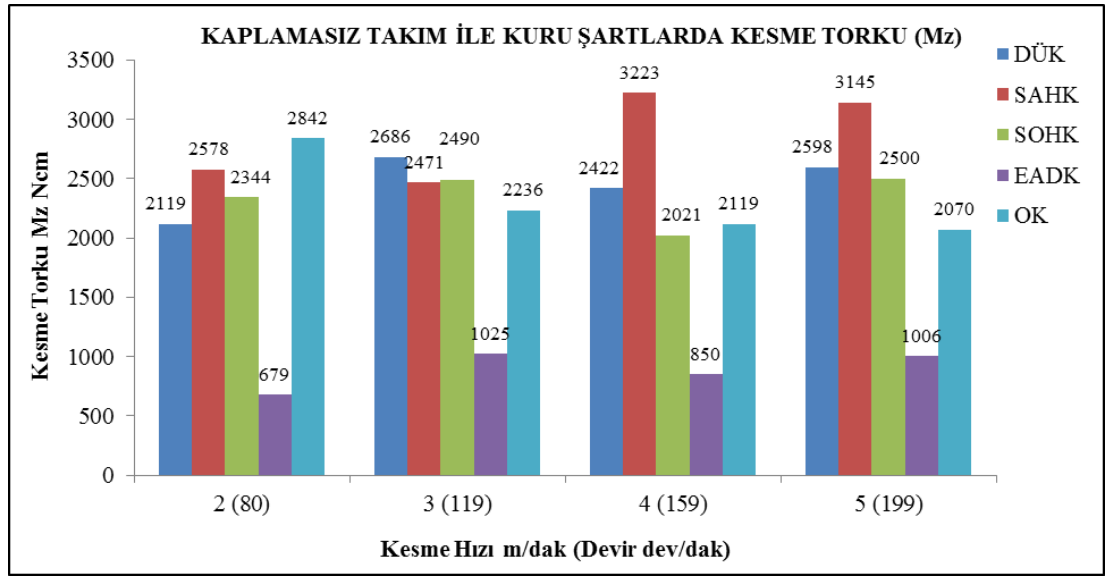
Deney No	Kesici Takım	Kesme Şartı	Kesme Hızı m/dak	Devir Dev/dak	İlerleme mm/dev	Kesme Torku (Mz) Ncm	Açıklama
1	DÜK	Kaplamasız Kuru	2	80	1,25	2119	
2			3	119		2686	
3			4	159		2422	
4			5	199		2598	
5	SAHK RH15		2	80		2578	
6			3	119		2471	
7			4	159		3223	
8			5	199		3145	
9	SOHK LH15		2	80		2344	
10			3	119		2490	
11			4	159		2021	
12			5	199		2500	
13	EADK R15		2	80		679	
14			3	119		1025	
15			4	159		850	
16			5	199		1006	
17	OK		2	80		2842	
18			3	119		2236	
19			4	159		2119	
20			5	199		2070	
21	DÜK	Kaplamalı Kuru	2	80		2734	
22			3	119		2744	
23			4	159		2803	
24			5	199		2627	
25	SAHK RH15		2	80		1719	
26			3	119		2734	
27			4	159		2861	
28			5	199		3115	
29	SOHK LH15		2	80		2529	
30			3	119		2764	
31			4	159		2842	
32			5	199		3241	
33	EADK R15		2	80		1553	
34			3	119		1660	
35			4	159		1299	
36			5	199		1338	
37	OK		2	80		2744	
38			3	119		2461	
39			4	159		2373	
40			5	199		2295	

Çizelge 6.1. (Devam) Deneysel çalışmadaki girdilere bağlı olarak elde edilen veriler

Deney No	Kesici Takım	Kesme Şartı	Kesme Hızı m/dak	Devir Dev/dak	İlerleme mm/dev	Kesme Torku (Mz) Ncm	Açıklama
41	DÜK	Kaplamaşız Islak	2	80	1,25	1270	
42			3	119		3652	Kırıldı
43			4	159		3779	Kırıldı
44			5	199		537	
45	SAHK RH15		2	80		3594	Kırıldı
46			3	119		3730	Kırıldı
47			4	159		3701	Kırıldı
48			5	199		3652	Kırıldı
49	SOHK LH15		2	80		3770	Kırıldı
50			3	119		3145	Kırıldı
51			4	159		3877	Kırıldı
52			5	199		732	
53	EADK R15		2	80		859	
54			3	119		732	
55			4	159		977	
56			5	199		1328	
57	OK		2	80		2256	
58			3	119		2119	
59			4	159		2227	
60			5	199		2207	
61	DÜK	Kaplamaşlı Islak	2	80		2412	Sıkışma
62			3	119		2314	Sıkışma
63			4	159		2793	Sıkışma
64			5	199		2471	Sıkışma
65	SAHK RH15		2	80		830	
66			3	119		2676	Sıkışma
67			4	159		830	
68			5	199		2432	Sıkışma
69	SOHK LH15		2	80		2354	Sıkışma
70			3	119		2217	Sıkışma
71			4	159		2119	Sıkışma
72			5	199		2666	Sıkışma
73	EADK R15		2	80		1475	
74			3	119		1045	
75			4	159		1523	
76			5	199		1260	
77	OK		2	80		2178	
78			3	119		1982	
79			4	159		1973	
80			5	199		1973	

6.1. Kılavuz İle Vida Açma Sırasında Oluşan Kesme Torkunun Kesici Tipine Göre Değerlendirilmesi

Kaplamasız kılavuzlar ile kuru kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.1’ de toplu halde verilmiştir.



Şekil 6.1. Kaplamasız kılavuzlar ile kuru kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.1’ deki grafikler ışığında, 2 m/dak kesme hızında en yüksek kesme torku OK kesicisinde oluşmuştur. OK kesicisinde kesme torkunun yüksek çıkışı, talaş kaldırma işlemi ile değil plastik defarmasyon işlemi ile vida açtığı için, ovalama işleminde oluşan kesme torkunun talaş kaldırma işleminden daha yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur [46-47]. 2 m/dak kesme hızında ikinci en yüksek kesme torku SAHK kesicisinde oluşmuştur. Bu kesicide talaş tahliyesinin kanal boyunca yukarıya doğru olması, talaş tahliye işlemini zorlaştırmakta ve sıkışmaların olmasına sebebiyet vermektedir [39, 48]. Bütün kesme hızlarında en düşük kesme torku (679 Ncm) 2 m/dak kesme hızında EADK kesicisinde görülmüştür. EADK kesicisinin ağız kısmındaki açılma eğimi talaş tahliyesinin daha kolay yapılmasını sağlamaktadır. Böylece talaş yığılması olmamakta ve kılavuz daha rahat bir kesme yapabilmektedir.

Ağızlama sayısının 3,5-5 diş (Form B) olması, dişlere dağılan momenti düşürmekte ve kesme momentinin düşük çıkmasını sağlamaktadır [39, 22, 48].

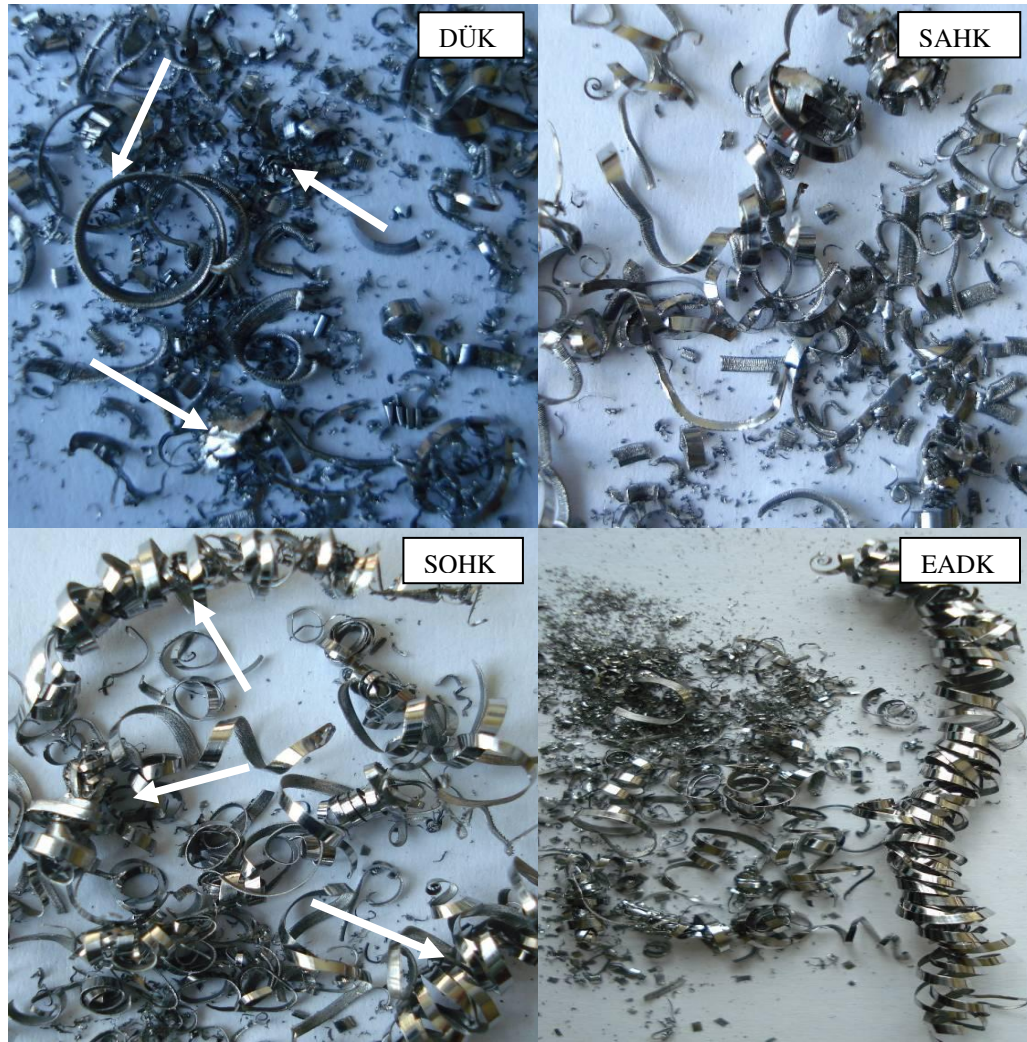


Resim 6.1. 2 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

2 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamasız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri incelendiğinde tüm kesiciler için rahat bir talaş akışı olduğu ve talaş sıkışmaları olmadığı görülmektedir. DÜK ve SAHK kesicilerinde kısa kırık talaş geometrisi elde edilirken, SOHK ve EADK kesicilerinde sürekli sarmal talaş geometrisi oluşmuştur. EADK kesicisinde vidaların açılmasında çıkan talaşın atılması delik dibine doğru olmaktadır. Dolayısı ile kılavuzun önünde hareket eden talaşlar birbirine sarılmakta ve hareketlerine toplu olarak devam etmektedir. Talaşların kılavuzun önünden hareket etmesi talaşların kılavuz ile delik

duvarı arasında sıkışmasını engellemektedir. Böylece bütün kesme hızı değerlerinde en düşük kesme torkları, EADK kesicisi ile yapılan deneylerde oluşmuştur [48].

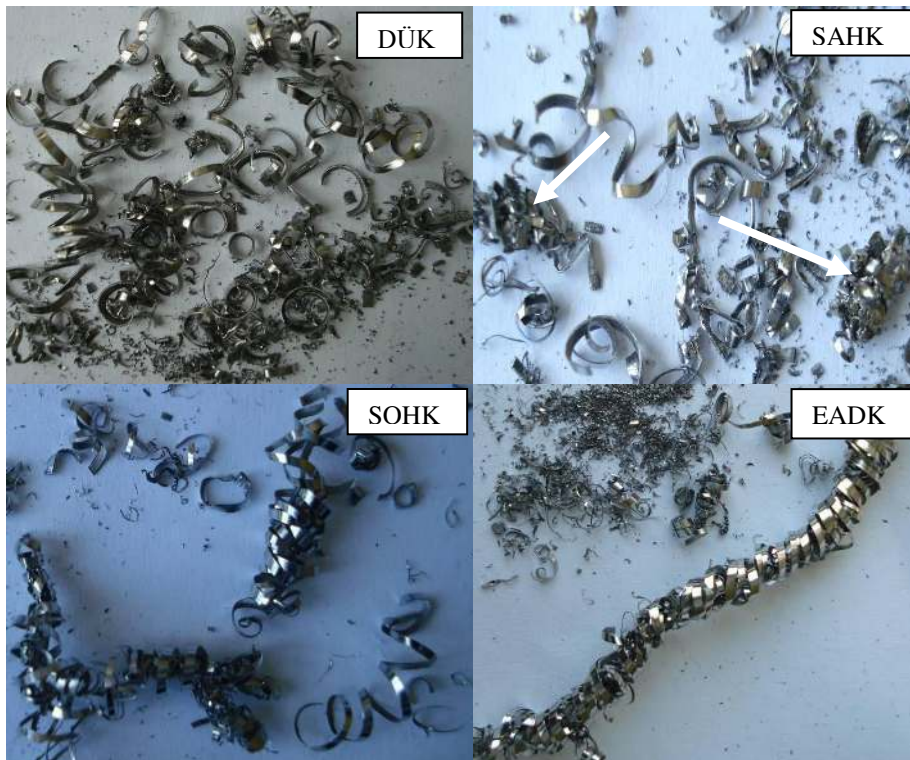
3 m/dak kesme hızında en yüksek kesme torku (2686 Ncm) DÜK kesicisinde elde edilmiştir. SAHK ve SOHK kesicilerinde kesme torku farkının çok olmadığı, OK kesicisinin kesme torkunun da diğer iki kesiciye yakın olduğu görülmüştür. En düşük kesme torku (1025 Ncm) ise EADK kesicisinde elde edilmiştir. Daha önce açıklandığı üzere EADK kesicisinin kesme geometrisi kesme torkunun düşük olmasını sağlamaktadır [22, 39, 48].



Resim 6.2. 3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerinin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri incelendiğinde DÜK ve SOHK kesicilerinde 2 m/dak kesme hızına göre daha karmaşık ve birbirine sıvanan talaş geometrileri elde edilmiştir. Bu nedenle DÜK ve SOHK kesicilerinde kuvvet artışları tespit edilmiştir. Bu kuvvet artışları OK kesicisine göre daha fazla olmuştur.

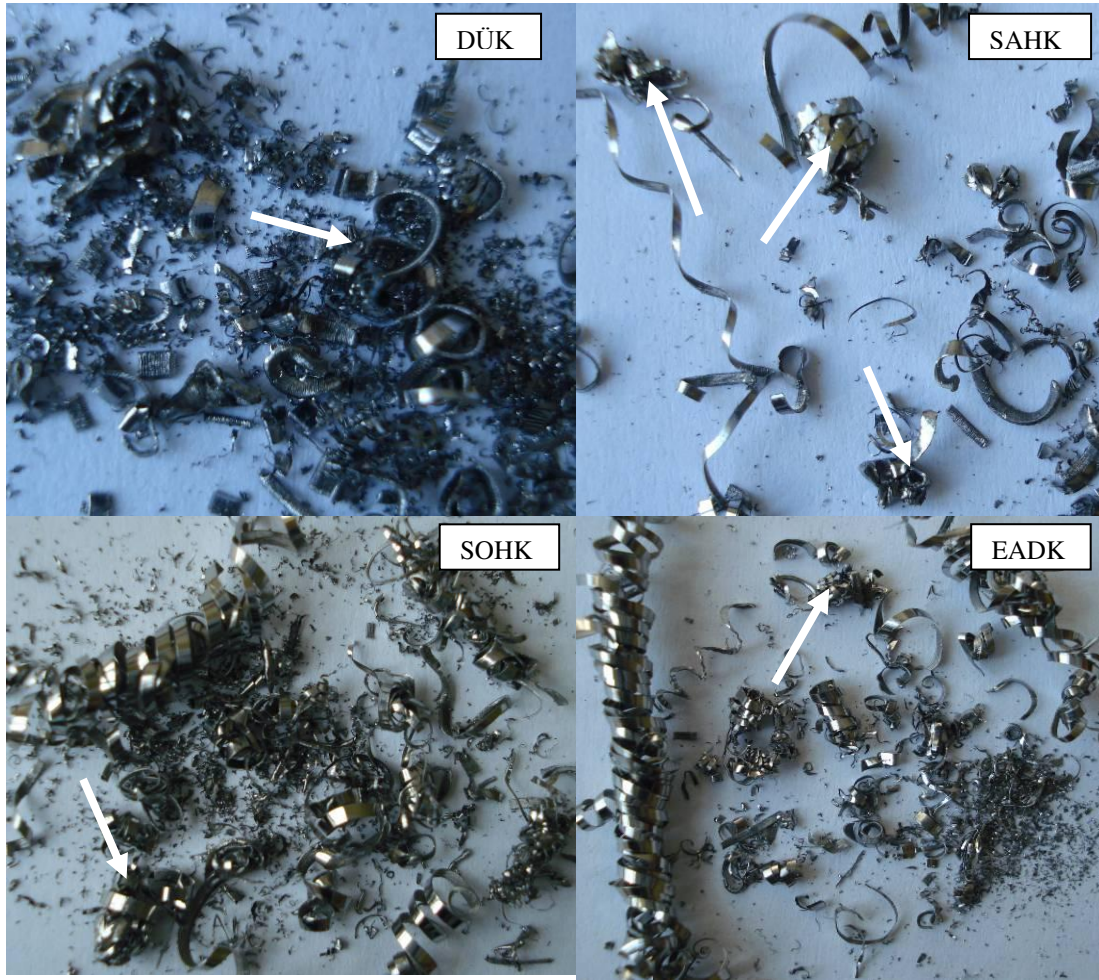
4 m/dak kesme hızında en yüksek kesme torku (3223 Ncm) SAHK kesicisinde tespit edilmiştir. Bu sonuç grafiğinde en yüksek kesme torku olarak ölçülmüştür. Diğer her üç kesici için kesme hızının artışı ile kesme torklarında düşüşler olduğu görülmüştür. Kesme hızının artışı özellikle OK kesicisinde kesme torkunun azalmasına neden olmuştur. Bu durumu kesme hızının artmasıyla beraber kesme bölgesinde artan sıcaklığa bağlı olarak plastik deformasyonun ve ısıl yumuşama ile takım-talaş ara yüzeyinde sürtünmenin azalmasıyla talaş akışının kolaylaşmasına bağlı olarak açıklamak mümkündür [18, 48, 49, 50].



Resim 6.3. 4 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

4 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamasız takım ile kuru şartlar altındaki talaş resimleri incelendiğinde SAHK kesicisinde talaşların birbirine sıvanması ile kesiciyi sıkıştırdığı açık bir şekilde görülmektedir. SAHK kesicisinde bu nedenle talaş tahliyesi gerçekleşememiş ve en yüksek kesme torku bu kesicide oluşmuştur. Diğer kesicilerde talaş geometrilerinin rahat bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür. Talaş geometrisinin düzenli bir forma sahip olması kesme torklarında düşüşlere neden olmuştur.

5 m/dak kesme hızında da en yüksek kesme torkunun (3145 Ncm) SAHK kesicisinde olduğu görülmüştür. Yukarıda açıklandığı gibi bu kesicide talaş tahliyesinin kanal boyunca yukarıya doğru olması, talaş tahliye işlemini zorlaştırmakta ve sıkışmaların olmasına sebebiyet vermektedir [39]. Bu kesme hızında da en düşük kesme torku (1006 Ncm) EADK kesicisinde oluşmuştur. OK kesicisinde kesme hızının artışı kesme kuvvetinin düşüşünü devam ettirmiştir. DÜK ve SOHK kesicilerinde 4 m/dak kesme hızına göre kesme torklarında artışlar olduğu görülmüştür.



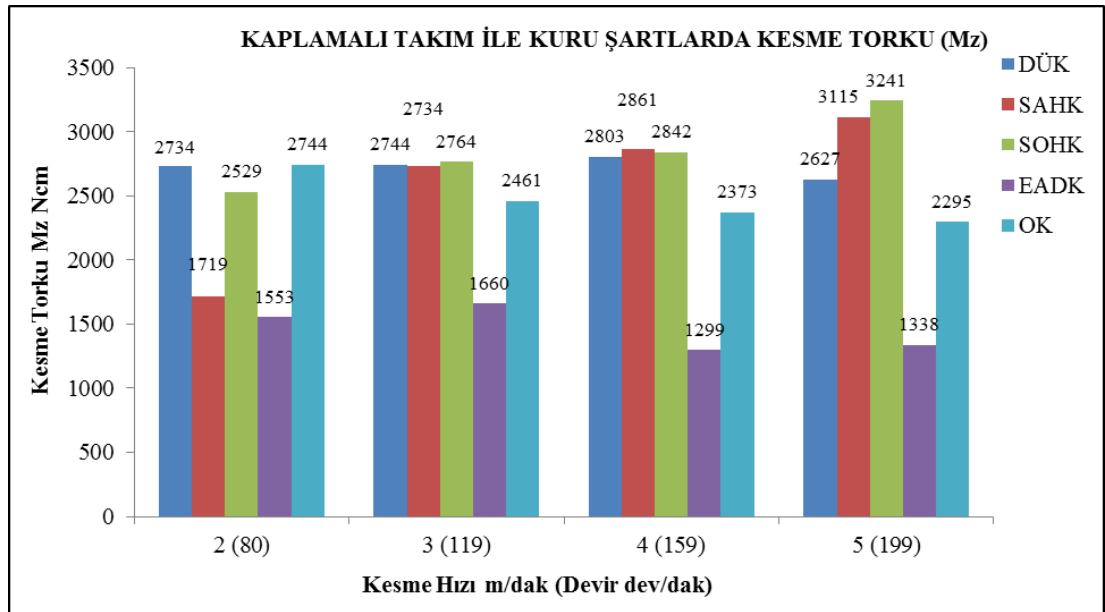
Resim 6.4. 5 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

5 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamsız takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri incelendiğinde düzenli bir forma sahip olmadığı görülmüştür. Kesme torklarında bu nedenle artışlar gerçekleştiği kanısına varılmıştır. Özellikle SAHK kesicisinde talaş geometrisinin bozukluğu açık bir şekilde görülmektedir. DÜK kesicisinde de talaşların rahatça tahliye edilemediği talaş geometrisinden görülebilmektedir. SOHK kesicisi için de aynı durum görülebilmektedir.

Bütün grafik incelendiğinde kesme hızının artışı ile DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerinin kesme torklarında artışlar olduğu görülmektedir. Sadece OK kesicisinde

kesme hızının artışı kesme torkunu düşürmüştür. OK kesicisindeki kesme torkunun düşük olma durumu, malzemenin ısı iletkenliğinin düşüklüğü kesme bölgesinde ısı artışına neden olmuştur. Böylece ısının etkisi ile malzemenin daha rahat deforme edilmesi sağlanmıştır [3, 4, 18, 19, 28, 48, 49, 50]. Bütün kesme hızlarında en düşük kesme torkları EADK kesicisinde elde edilmiştir. Bu kesici geometrisinin buna neden olduğu kanısına varılmış ve yapılan diğer çalışmalar ile bu durum paralellik göstermiştir [22, 39, 51]. SAHK kesicisinde talaş tahliyesi tam olarak gerçekleşemediği ve talaş sıkışmalarının olması nedeniyle en yüksek kesme torkları bu kesicide görülmüştür [39].

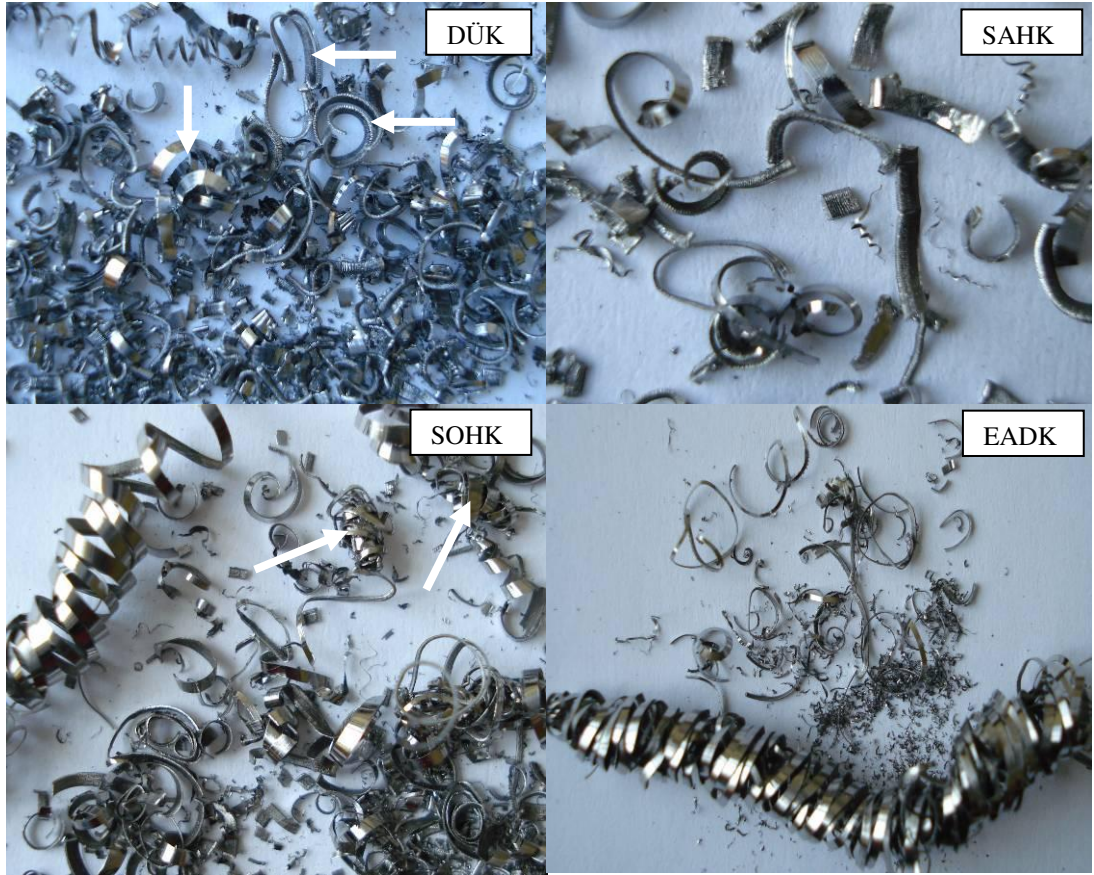
Kaplamalı kılavuzlar ile kuru kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.2' de toplu halde verilmiştir.



Şekil 6.2. Kaplamalı kılavuzlar ile kuru kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.2 incelendiğinde 2 m/dak kesme hızında en yüksek kesme torku (2744 Ncm) OK kesicisi ile elde edildiği görülmüştür. OK kesicisinin talaş kaldırma işlemi ile değil deformasyon işlemi ile vida oluşturmaya yüksek torkların oluşmasını sağlamaktadır [3, 4, 18, 19, 28, 49, 50, 51]. İkinci en yüksek kesme torku DÜK

kesici ile elde edilmiş ve OK kesicisinin kesme torkuna yakın bir değer olduğu görülmüştür. En düşük kesme torku 1553 Ncm EADK kesici ile ölçülmüştür. Bu durum yukarda açıklandığı gibi kesicinin kesme geometrisine atfedilmiştir [22, 39, 48]. SAHK kesici ile ikinci en düşük kesme torku tespit edilmiştir.

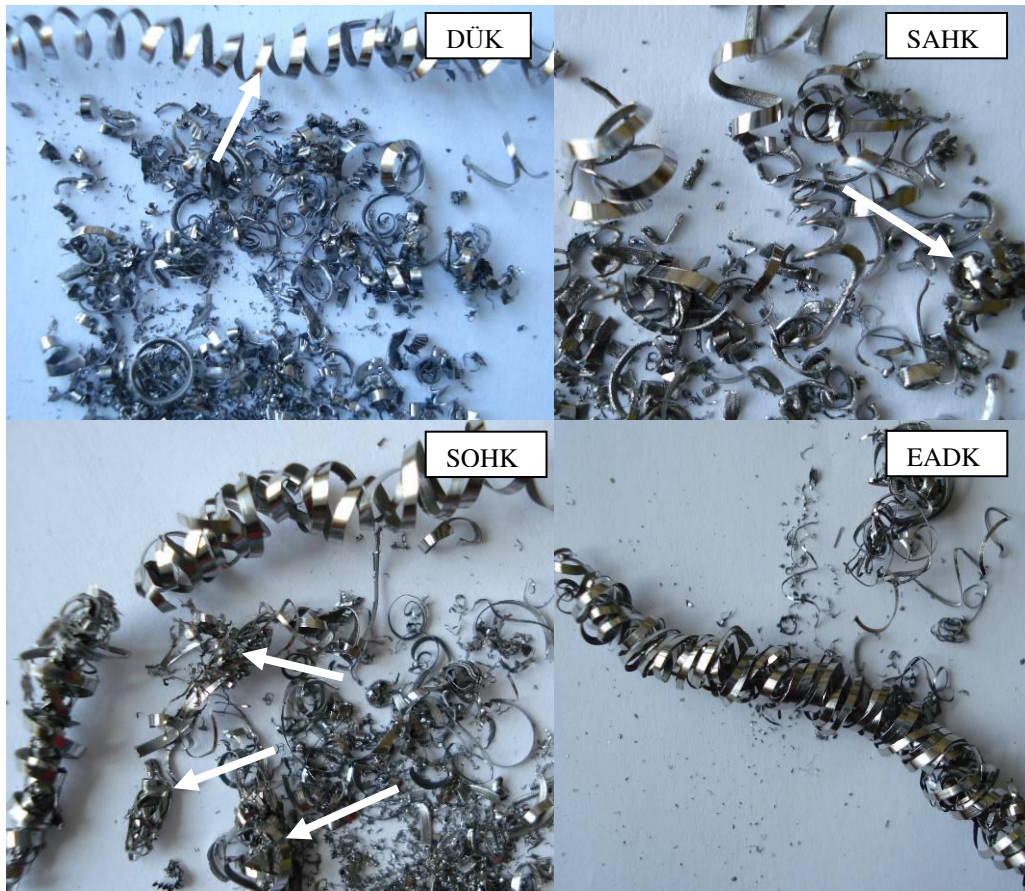


Resim 6.5. 2 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

2 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerinin kaplamalı takım ile kuru kesme şartları altındaki talaş resimleri incelendiğinde DÜK ve SOHK kesicilerinde talaş geometrilerinin istenilen şekilde olmadığı ve kılavuzu sıkıştırma eğilimi gösterdiği görülmektedir. Bu sebeple bahsi geçen kesicilerde yüksek kesme torkları olduğu kanısına varılmıştır. EADK ve SOHK kesicilerde kılavuz ile delik duvarı arasında talaşların sıkışmaması sonucu düşük kesme torkları meydana gelmiştir. SAHK kesicisinin talaş tahliyesini yukarı yönde yapması, EADK

kesicisinin talaş tahliyesini aşağı yönde gerçekleştirmesi EADK kesicilerinde daha düşük kesme torklarının oluşmasını sağlamıştır [48].

3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinin kesme torkları birbirlerine yakın değerlerde gerçekleşmiştir. En yüksek kesme torku (2744 Ncm) DÜK kesicisi ile ölçülmüştür. DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinde OK kesicisinden daha fazla kesme torku ölçülmüştür. En düşük kesme torku (1660 Ncm) 2 m/dak kesme hızında olduğu gibi EADK kesicisinde elde edilmiştir.



Resim 6.6. 3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartları altındaki talaş resimleri incelendiğinde DÜK kesicisinin talaşı kırılmadığı ve spiral bir şekilde çıkardığı görülmektedir. Talaşın kırılmaması ve yukarı yönde hareket etmesi ile kesme torku yüksek değerlerde oluşmuştur [39, 48].

SAHK ve SOHK kesicilerin de talaşların birbirine yapışması kesme işlemini zorlaştırmıştır. Bu nedenle iki kesicide de kesme torkları yüksek değerlerde gerçekleşmiştir. EADK kesicisi için talaş tahliyesinin rahat bir şekilde gerçekleşmesi kesme torkunun düşük oluşmasının başlıca sebebi olarak gösterilebilir.

4 m/dak kesme hızında 3 m/dak kesme hızında olduğu gibi DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinde OK kesicisinden daha yüksek ve birbirlerine yakın kesme torkları oluşmuştur. En yüksek kesme torku (2861 Ncm) SAHK kesicisinde gerçekleşmiştir. Bu kesme hızı ve tüm kesme hızlarındaki en düşük kesme torku (1299 Ncm) ise EADK kesicisi ile ölçülmüştür.



Resim 6.7. 4 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

4 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri incelendiğinde DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinde kuvvet artışına neden olabilecek talaş sıkışmaları açıkça görülmektedir. EADK kesicisinde talaş sıkışmalarının olmaması en düşük kesme torkunun bu kesicide gerçekleşmesini sağlamıştır.

5 m/dak kesme hızında SAHK ve SOHK kesicileri için kesme hızının artışı ile kesme torklarında %9 ve %14 artış olduğu tespit edilmiştir. SOHK kesici ile 5 m/dak kesme hızı dahil bütün kesme hızlarındaki en yüksek kesme torku (3241 Ncm) ölçülmüştür. Bu kesme hızında en düşük kesme torku 1338 Ncm EADK kesicisi ile belirlenmiştir. DÜK kesicisinde ise kesme hızının artışı ile kesme torkunda %8 oranında düşüş görülmüştür.



Resim 6.8. 5 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri

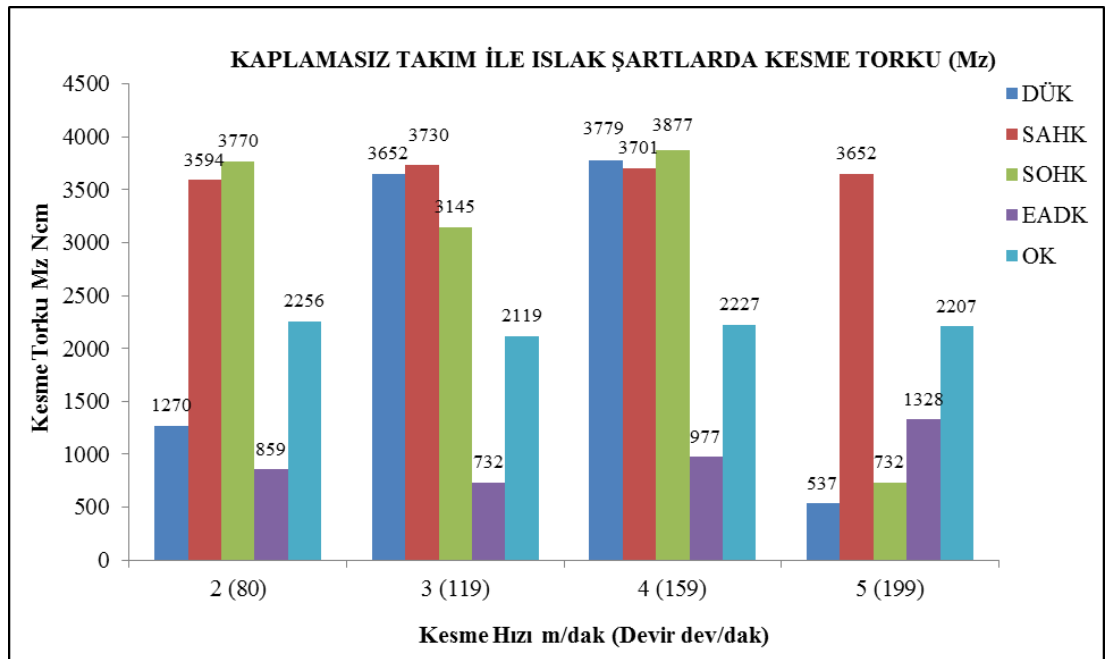
5 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK, SOHK ve EADK kesicilerin kaplamalı takım ile kuru kesme şartı altındaki talaş resimleri incelendiğinde, en yüksek kesme torku SOHK kesicisi ile tespit edilmiştir. SOHK kesicisinde talaşın spiral ve uzun bir şekilde oluşması ile talaş tahliyesinin sağlanamadığı, talaşın üst üste yığılması ve kırılmaması nedeni ile kesme işlemini zorlaştırdığı kanısına varılmıştır. SAHK kesicisinde talaşların birbirine sıvanması ile kesme işlemi zorlaşmış, bu kesicide de kesme torklarında artışlar görülmüştür. DÜK kesicisinde uzun spiral çıkışı gerçekleşmesi kuvvetlerin beklenenin üstünde olmasını sağlamış olsa da, talaş sıkışması olmadığı için 4 m/dak kesme hızından daha düşük bir kesme torku ölçülmüştür. EADK kesicisi talaş tahliyesini rahat gerçekleştirdiği için en düşük kesme torku yine bu kesicide oluşmuştur.

Şekil 6.2 toplu olarak incelendiğinde bütün kesme hızlarında en düşük kesme torklarının EADK kesicisinde olduğu görülmektedir. Bu kesici ile 4 m/dak kesme hızında en düşük kesme torku değeri 1299 Ncm elde edilmiştir. Daha önceki grafiklerde açıklandığı üzere bu sonucun başlıca sebebi kesicinin kesme geometrisi olarak açıklanabilir [22, 39, 42]. Şekil 6.2’de görüldüğü üzere en yüksek kesme torkları SAHK ve SOHK kesicilerinde ölçülmüştür. En yüksek kesme torku değeri 3241 Ncm ise 5 m/dak kesme hızında SOHK kesicisi ile elde edilmiştir. Kesme hızının artışı DÜK kesicisinde kesme torku bakımından fazla bir etkide bulunmamıştır. SOHK kesicisinde kesme hızının artışı ile kesme torkunun arttığı görülmüştür. OK kesici için Şekil 6.1’de olduğu gibi kesme hızının artışı ile kesme torkunda düşüşler görülmüştür [19]. EADK kesicisinde kesme hızının artışı ile kesme torklarında düşüşler olduğu görülmektedir. Bu durum kesici kaplamasının kesme hızının artışıyla kesici ile delik duvarı arasındaki sürtünmeyi azaltmasına atfedilmiştir [23, 25].

Kılavuzda kesme sıvısının görevi, soğutmaktan ziyade talaşın az bir sürtünme ile kaydırılmasını sağlamaktır. Soğutma görevi ikinci planda kalmaktadır. Pratik olarak; hafif malzemelerde ince kesme sıvıları, sert ve daha sünek olan malzemelerde ise daha kalın kesme sıvıları kullanılmaktadır. Kesme sıvısı miktarı ise vida açma metoduna, delik derinliğine ve kesme hızına bağlı olarak değişmektedir [39].

Literatürde yapılan çalışmalarda kesme sıvısı olarak genellikle kesme yağı, makine yağı ve su-yağ (emülsiyon) karışımları kullanılmıştır. Bu karışımlardaki emülsiyon miktarları ise %10-20 arasında değişiklik göstermektedir [17, 22, 24, 25, 52]. Yapmış olduğum çalışmada, emülsiyon miktarını %20 tutularak kesme sıvısının soğutma özelliği değil yağlama özelliği ön planda tutulmuştur.

Kaplamasız kılavuzlar ile ıslak kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.3' de toplu halde verilmiştir.



Şekil 6.3. Kaplamasız kılavuzlar ile ıslak kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.3'de 2 m/dak kesme hızında en düşük kesme torku (859 Ncm) EADK kesicisi ile ölçülmüştür. En yüksek kesme torkları SAHK ve SOHK kesicilerine aittir. Bu kesicilerde talaş sıkışması gerçekleşmiş ve kesiciler kırılmıştır. Bu nedenle en yüksek kesme torkları bu kesicilerde oluşmuştur. Islak kesme şartlarında kesme sıvısı kesme bölgesinde oluşan ısıyı düşürmesi malzemenin mukavemetini korumasını sağlamıştır. Bu nedenle yüksek mukavemete sahip olan Ti_6Al_4V malzemesi kesicileri zorlayarak kırma eğilimi göstermiştir [3, 4, 28, 50]. Kesme bölgesindeki ısının

engellenmesi asıl kesme şartlarının oluşmasını sağlamıştır. Ayrıca helisel kılavuzların kesme kanallarının helisel şekilde olması kılavuzların daha zayıf bir yapıya sahip olmasına sebebiyet vermektedir [39]. Kesici kırılmalarının nedeni olarak, titanyum malzemesine diş açılmasında ortaya çıkan yüksek tork gösterilmektedir. Yüksek torkun titanyum malzemesinin elastikiyet özelliğinin kesici ile malzeme ara yüzünde daha fazla sürtünme direnci oluşturmaya sebebiyet vermiş ve kırılmalar gerçekleşmiştir [14]. 3500 Ncm üzerinde oluşan torkların hiçbirine kesiciler dayanamamış ve kırılmışlardır. OK kesicisinde kesme torkları kuru şartlara göre %20 daha düşük ölçülmüştür. Kesme sıvılarının kesme kuvvetlerini düşürdüğü daha önce yapılmış olan çalışmalarda belirtilmiştir [14, 17, 24].

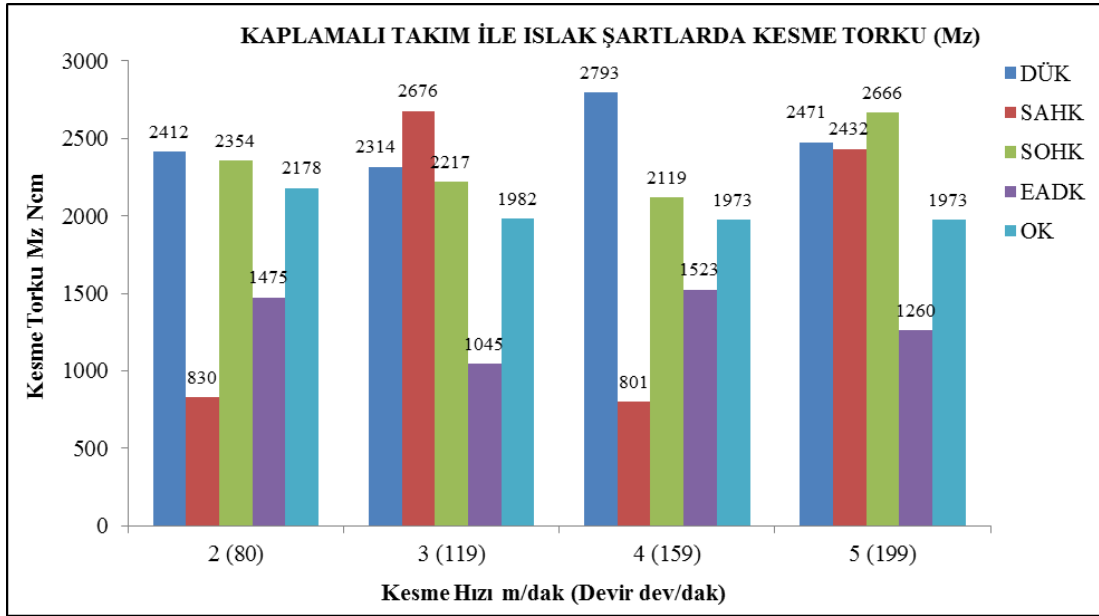
3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinde kırılma gerçekleşmiştir. Kırılmalar önceden bahsedildiği gibi kesme sıvısının kesme bölgesindeki ısıyı düşürmesi ile gerçekleştiği düşünülmüştür. En düşük kesme torku (732 Ncm) yine EADK kesicisinde gerçekleşmiştir. OK kesici için kesme hızının artışı kesme torkunda çok fazla bir değişiklik göstermemiştir. OK kesicisinde %6 düşüş görülürken EADK kesicisinde %17 düşüş görülmüştür. EADK ve OK kesicilerinde kuru kesme şartlarına göre ıslak şartlarda kesme kuvvetlerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Bu durum kesme sıvısının kesici ile iş parçası arasında film tabakası oluşturması ve bu film tabakasının kesme işlemini kolaylaştırmasına atfedilmiştir [22, 24].

4 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinde yine kırılmalar gerçekleşmiştir. Bu durum daha önce bahsedildiği gibi kesme sıvısına ve malzemenin yüksek mukavemetine atfedilmiştir [14, 22, 24]. En düşük kesme torku (977 Ncm) kırılma gerçekleşmeyen EADK kesicisinde meydana gelmiştir. OK kesicisinde kesme hızı artışı ile kesme torkunda %5 artış tespit edilmiştir. Kesme hızı artışı kesme bölgesindeki ısıyı artırmış olsa da kesme sıvısı bunu engelleyerek malzeme mukavemeti korumasına sebep olup malzemenin deformasyon işlemini zorlaştırmıştır [4, 14, 18, 19].

5 m/dak kesme hızında sadece SAHK kesicisinde kırılma gerçekleşmiş ve en yüksek kesme torku (3652 Ncm) bu kesicide elde edilmiştir. En düşük kesme torku (537 Ncm) DÜK kesici ile ölçülmüştür. Bu düşük tork ayrıca deneyler boyunca ölçülmüş en düşük kesme torkudur. Bu kadar düşük kesme torku oluşumu talaş tahliyesinin soğutma sıvısı yardımıyla rahat bir şekilde gerçekleşmesine atfedilmiştir. İkinci en düşük kesme torku ise SOHK kesicisinde görülmüştür. EADK kesicisinde kesme hızı artışı ile kesme torkunda %26 lık bir artış belirlenmiştir. OK kesicisinde ise sadece 27 Ncm lik bir düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.3'teki grafikte kılavuzlar toplu olarak değerlendirildiğinde 2 m/dak kesme hızında DÜK kesicisi ile 1270 Ncm ölçülürken 3 ve 4 m/dak kesme hızlarında bu değer %300 arttığı görülmüş ve kesiciler kırılmıştır. DÜK kesicisinin 3-4 m/dak kesme hızlarında talaşı tahliye edememesi sıkışmaların olması ve malzemenin ıslak şartlarda mukavemetini koruması sonucu kesici kırılmıştır. Kesici kırılmalarının nedeni olarak, titanyum malzemesine vida açılmasında ortaya çıkan yüksek tork belirtilmiştir. Yüksek tork titanyum malzemesinin elastikiyet özelliğinin kesici ile malzeme ara yüzünde daha fazla sürtünme direnci oluşturmaya bağlanmıştır [14]. OK kesici için kesme hızı artışının kesme torkunda fazla bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Kesme sıvısının kesme bölgesindeki ısının artışına engel olması malzeme deformasyonunun daha rahat gerçekleşmesini engellemiştir. Bu yüzden kesme torklarında fazla bir değişim gerçekleşmemiştir [14, 17, 22]. En düşük kesme torku (537 Ncm) 5 m/dak kesme hızında DÜK kesicisi ile elde edilmiştir. SAHK ve SOHK kesilerinde DÜK kesicisinde olduğu gibi kesiciler ilk üç kesme hızında kırılmıştır.

Kaplamalı kılavuzlar ile ıslak kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.4' de toplu halde verilmiştir.



Şekil 6.4. Kaplamalı kılavuzlar ile ıslak kesme şartında vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kılavuzların tipine ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.4 incelendiğinde 2 m/dak kesme hızında DÜK ve SOHK kesicisinde sıkışma gerçekleşmiş ve tezgah durdurulmuştur. Sıkışma nedeni ile en yüksek kesme torku (2412 Ncm) DÜK kesicisinde oluşmuştur. Kesici takım kaplaması kesici takımın dayanım kuvvetini arttırmış ve kesicilerin kırılmasını engellemiştir. Bu durum kaplama yapısına ve yüksek kaplama sertliğine sahip olması sonucu kesici takımın aşınma direncini arttırmasına atfedilmiştir [23, 25, 53]. 2 m/dak kesme hızında en düşük kesme torku (830 Ncm) SHAK kesicisinde oluşmuştur. Kesme torklarında EADK kesicisi için kuru kesme şartlarına göre %5, OK kesicisinde %25 ve SAHK kesicisinde %107 düşüş görülmüştür. Kesme sıvısının kesme kuvvetlerini düşürmesinin nedeni olarak kesme sıvısının kesici ile iş parçası arasında film tabakası oluşturması ve bu film tabakasının kesme işlemini kolaylaştırmasına atfedilmiştir. Bu durum ayrıca kesme sıvısının kesme bölgesindeki ısıyı düşürmesi ile malzemenin kesiciye yapışmaması ile açıklanmıştır [22, 24].

3 m/dak kesme hızında DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinde sıkışma gerçekleşmiştir. Sıkışma nedeni ile en yüksek kesme torku (2676 Ncm) SAHK kesicisinde meydana gelmiştir. Daha öncede bahsedildiği gibi kesici takım kaplaması

kesici takımının dayanım kuvvetini arttırmış ve kesicilerin kırılmasını engellemiştir. Bu durum kaplama yapısına atfedilmiştir [23, 25, 53]. En düşük kesme torku (1045 Ncm) EADK kesici ile elde edilmiştir. Islak kesme şartlarında EADK kesicisi ile kuru kesme şartlarına göre kesme torkunda %59 düşüş tespit edilmiştir. OK kesicisinde de kesme sıvısı kesme torkunda %24 düşüşe sebep olmuştur. Daha öncede bahsedildiği gibi kesme sıvısının kesici ile iş parçası arasında film tabakası oluşturması kesme işlemini kolaylaştırmıştır ve kesiciye yapışmaları engellemiştir [19, 22, 24, 50]. EADK kesicisinde kesme hızının artışı ile kesme torkunda %41 bir düşüş görülmüştür. Bu durum OK kesici için %10 oranında gerçekleşmiştir.

4 m/dak kesme hızında da 2 m/dak kesme hızında olduğu gibi DÜK ve SOHK kesicilerinde sıkışma gerçekleşmiş ve kaplamanın kesici mukavemetini artırması kırılmaları engellemiştir. Bu durum kaplama yapısının kesici takımının aşınma direncini arttırmasına atfedilmiştir [23, 25, 53]. Sıkışmanın etkisi ile en yüksek kesme torku (2793 Ncm) DÜK kesicisi ile tespit edilmiştir. Bu kesme hızı için ve bütün kesme hızları için en düşük kesme torku (801 Ncm) ise SAHK kesici ile ölçülmüştür. Kuru kesme şartlarına göre kesme torkunda SAHK kesicisinde %250, EADK kesicisinde ve OK kesicisinde %17 düşüş tespit edilmiştir. Kesme sıvısının malzemenin kesiciye yapışmasını engellemesi ve kesme işlemini kolaylaştırması ile bu durum açıklanabilir [19, 22, 24, 49]. OK kesicisinde kesme hızının artışı kesme kuvvetinde %1 lik önemsiz bir düşüşe neden olurken EADK kesici için %31’lik bir artışa sebep olmuştur.

5 m/dak kesme hızında 3 m/dak kesme hızında olduğu gibi DÜK, SAHK ve SOHK kesicilerinde sıkışmalar olmuştur. Bu sıkışma sonucu en yüksek kesme torku (2666 Ncm) SOHK kesicisi ile elde edilmiştir. Daha öncede bahsedildiği gibi kaplamanın etkisi ile kesiciler kırılmamış tezgâh durdurulmuştur. En düşük kesme torku (1260 Ncm) EADK kesicisi ile ölçülmüştür. Kuru şartlara göre kesme torkunda EADK kesicisinde %6 ve OK kesicisinde ise %16’lık bir düşüş tespit edilmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi kesme sıvısının kesme işlemini kolaylaştırması ve malzemenin kesiciye yapışmasını engellemesi ile bu durum açıklanabilir [19, 22, 24, 50]. OK

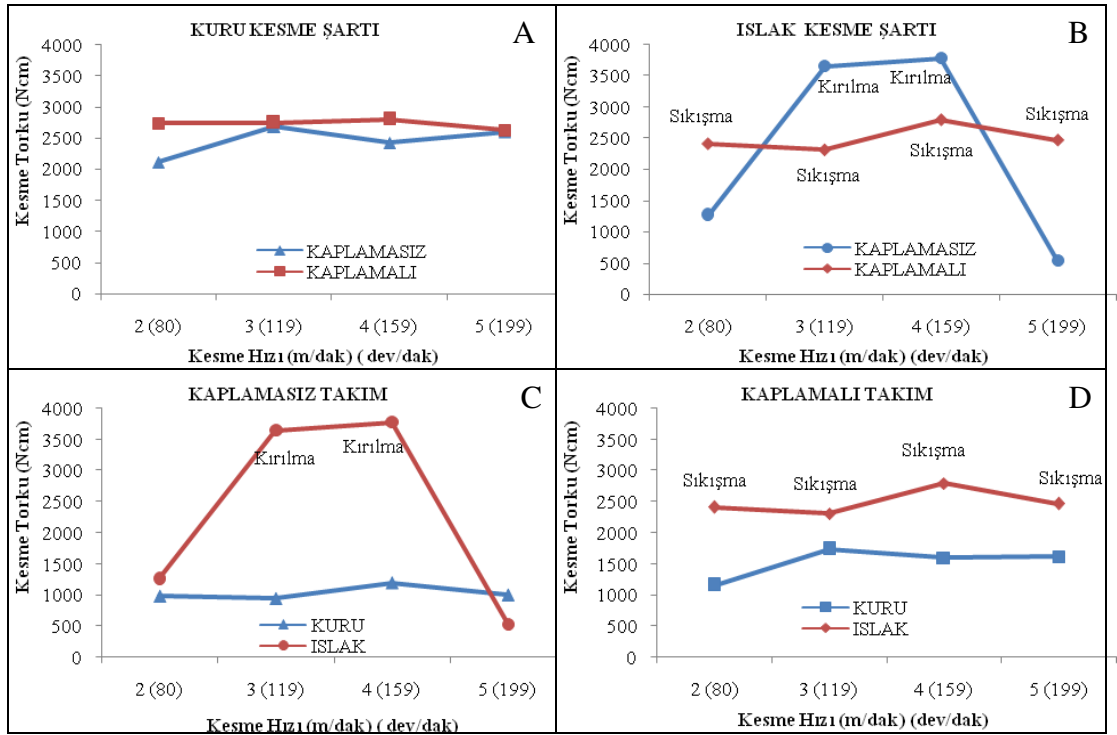
kesicisi için kesme hızının artışı kesme torkunda hiçbir değişikliğe sebep olmamıştır. EADK kesicisi için ise %20 oranında bir düşüş sağlamıştır.

Şekil 6.4 genel olarak incelendiğinde DÜK ve SOHK kesicilerin bütün kesme hızlarında sıkıştığı, SAHK kesicisinin ise 3 ve 5 m/dak kesme hızında sıkıştığı görülmektedir. SAHK kesicisinin sıkışmadığı kesme hızlarında (2-4 m/dak) ise grafiğin en düşük kesme torklarının elde edildiği görülmektedir. İdeal şartların sağlanması ile SAHK kesicisinin de Ti_6Al_4V malzemesinde iyi sonuçlar verebileceği görülmüştür. Kuru kesme şartlarına göre talaş tahliyesinin kolaylaşması, malzemenin kesiciye yapışmaması ve kesme sıvısının yağlama özelliğinin ortaya çıkması ile %107 ve %257 lik düşük kesme torkları tespit edilmiştir [24]. EADK kesicisinde kesme hızı artışı ile kesme torkunda düzensiz artış ve inişler tespit edilmiştir. OK kesicisinde ise kesme torkunda kesme hızı artışı ile 4 m/dak kesme hızına kadar düşüşler tespit edilmiştir. OK kesicisinin malzemeyi kesmeye değil ezmeye çalışması ve kaplamanın ezme işlemi sırasında sürtünmeyi azaltması bu kuvvetlerin düşük çıkmasını sağlamıştır. Kesme hızının 4 m/dak dan 5 m/dak ya çıkması kesme torkunda bir değişikliğe neden olmamıştır.

Bütün grafikler incelendiğinde en düşük kesme torku (537 Ncm) 5 m/dak kesme hızında kaplamsız takımla ıslak kesme şartları altında tespit edilmiştir. Bütün kesme hızların da yapılan deneylerde kesme şartlarının her kesme hızı için farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Diğer talaşlı imalat işlemlerinde (tornalama, frezeleme, delik delme v.b.) kesicinin tek bir noktadan teması ile kesme işlemleri yapılabilmektedir. Fakat kılavuz ile kesme işleminde kesicinin her dış için ayrı bir teması gerçekleşmektedir. Bu yüzden kesme işlemi diğer talaşlı imalat işlemlerinden daha karmaşıktır [39]. Yapılan deneyler sonucunda talaş tahliyesinin tam olarak gerçekleşmemesi ve yüksek torklarda kesicinin kırılması DÜK kesicinin Ti_6Al_4V malzemesi için uygun bir kesici olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.

6.2. Kılavuz İle Vida Açma Sırasında Oluşan Kesme Torkunun Kesme Şartlarına Göre Değerlendirilmesi

Düz kanallı kılavuz (DÜK) ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.5’ de verilmiştir.



Şekil 6.5. Düz kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.5 (A) incelendiğinde kuru kesme şartı altında kaplamasız takım ile elde edilen kesme torku kaplamalı takıma göre daha düşük tespit edilmiştir. Kaplama işlemi kesici ile delik duvarı arasında sürtünme katsayısını düşürmektedir. Fakat sürtünme katsayısının düşmesi ile kılavuzun ağızlama işlemi zorlaşmaktadır. Ayrıca kaplamanın kesici kenarda yaptığı bir kalınlaşma ve yuvarlanma nedeni ile kaplamasız takıma göre daha zor kavradığı kanısına varılmıştır. Reiter [23] ve arkadaşlarının değişik türlerdeki kaplamalı kılavuzlarla yapmış oldukları deneylerde en düşük kesme kuvveti kaplamasız takımlarla elde etmişlerdir. Kaplamalı takım kaplamasız takıma göre daha istikrarlı bir eğri çizmiştir. Kaplamasız takımında iniş çıkışlar tespit edilmiştir. Bu iniş çıkışların kontrol edilememesi üretim açısından

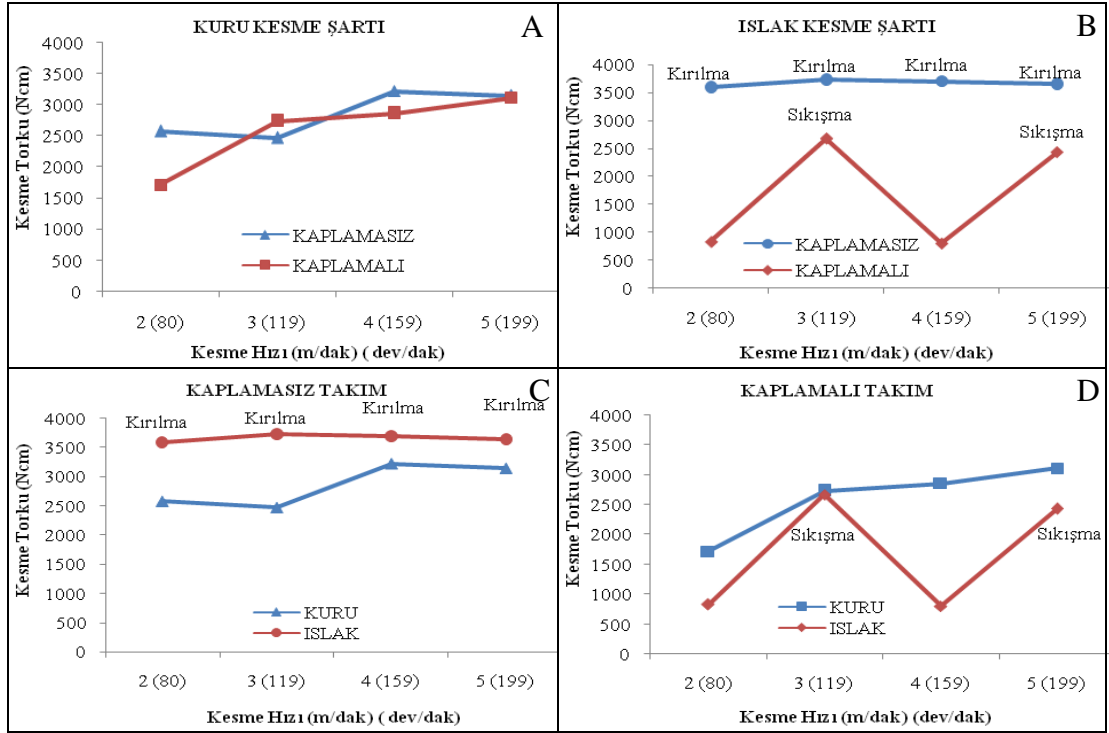
olumsuzluk oluşturmakta ve istenilmeyen bir sonuçtur. Kaplamsız takım ile kaplamalı takıma göre kesme torkunda 2 m/dak kesme hızında %22, 3 m/dak kesme hızında %2, 3m/dak kesme hızında %14 ve 5 m/dak kesme hızında %1 lik düşüş tespit edilmiştir.

Şekil 6.5 (B) incelendiğinde kaplamasız takım ile 2 m/dak ve 5 m/dak kesme hızında düşük kesme torkları tespit edilmiştir. Fakat 3 m/dak ve 4 m/dak kesme hızlarında kesicilerde kırılmalar meydana gelmiştir. Kuru kesme şartları altında meydana gelen kararsız davranış, ıslak kesme şartları altında da gerçekleşmiştir. Kaplamalı takım ile yapılan deneylerde kesici takım 15 mm boyunda vida açma işlemini tamamlayamamış ve 7-10 mm mesafelerde sıkışmıştır. Kırılmalar ve talaş sıkışması Ti_6Al_4V malzemesinin sünek yapısına atfedilmiştir.

Şekil 6.5 (C) deki değerler incelendiğinde, kuru kesme şartlarında kesicilerde kırılma germediği, bununla birlikte ıslak kesme şartlarında 3 ve 4 m/dak kesme hızında kesici kırılmasının meydana geldiği görülebilmektedir.

Kaplamalı takım ile ıslak ve kuru kesme şartları altında yapılan deneylerde kuru kesme şartlarındaki kesme torkları daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum Şekil 6.5 (D) de açıkça görülmektedir. Islak kesme şartlarında kesme torklarının düşük çıkması beklenen bir sonuçtur. Fakat ıslak şartlarda kesicinin sıkışması kesme torklarının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Kuru kesme şartlarında kesme hızının artışı ile kesme torkunda artış olduğu belirlenmiştir.

Sağ helis kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.6' da verilmiştir.

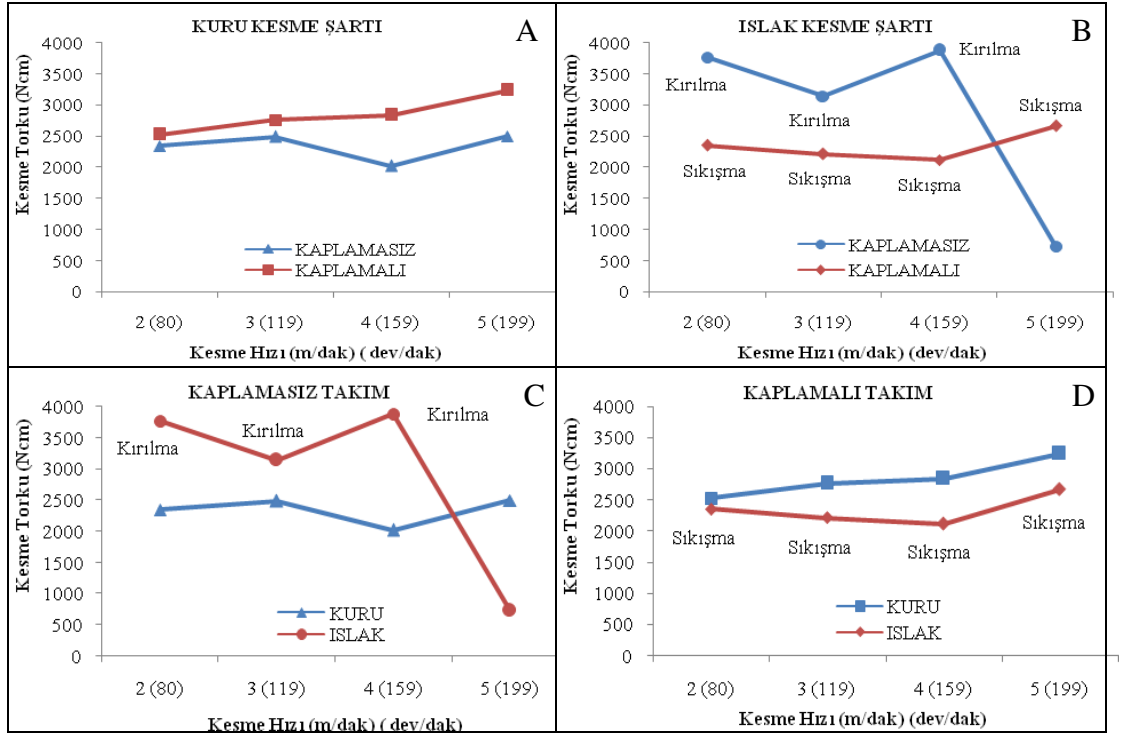


Şekil 6.6. Sağ helis kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.6 (A) da kuru kesme şartı altında kaplamalı ve kaplamsız kesici için kesme hızının artışı kesme torkunu arttırmıştır. Kesme hızının artışı talaş tahliyesini zorlaştırdığı ve bu nedenle kesme torkunun artış gösterdiği düşünülmüştür. Kaplamalı kesici ile 3 m/dak kesme hızı haric diğer kesme hızlarında kaplamsız takıma göre da ha düşük kesme torku ölçülmüştür. Bu durum kaplamanın düşük sürtünme katsayısı ile açıklanabilir. En düşük kesme torku (1719 Ncm) ise 2 m/dak kesme hızında kuru şartlarda kaplamalı takım ile elde edilmiştir. Bu durum daha öncede bahsedildiği gibi kuru şartlarda kesme sırasında kesme bölgesinde oluşan ısı ve kaplamanın sürtünme katsayısının düşük olmasına atfedilmiştir [4, 23, 25]. Şekil 6.6 (B) incelendiğinde kesme torkunun bütün kesme hızlarında ıslak kesme şartında kaplamsız takımın kırılması ile en yüksek sonuçları elde edilmiştir. 3 m/dak kesme hızında en yüksek kesme torku (3730 Ncm) değeri ölçülmüştür. Buna karşılık ıslak kesme şartında kaplamalı takımlarla yapılan deneylerde 3 m/dak ve 5 m/dak kesme hızı hariç kesme hızının artışı kesme torkunu düşürdüğü görülmüştür. Bu durum kaplamanın ve kesme sıvısının kesme işlemi sırasında kesici ile malzeme arasında

sürtünme katsasını düşürmesine atfedilmiştir [24]. Genel olarak bakıldığında sağ helis kanallı kılavuz ile kesme torklarının bütün kesme şartlarında diğer kesicilere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak sağ helis kanallı kılavuzda talaşın sürekli ve yukarı yönde tahliye edilmeye çalışılmakta olmasıdır [39].

Sol helis kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.7' de verilmiştir.

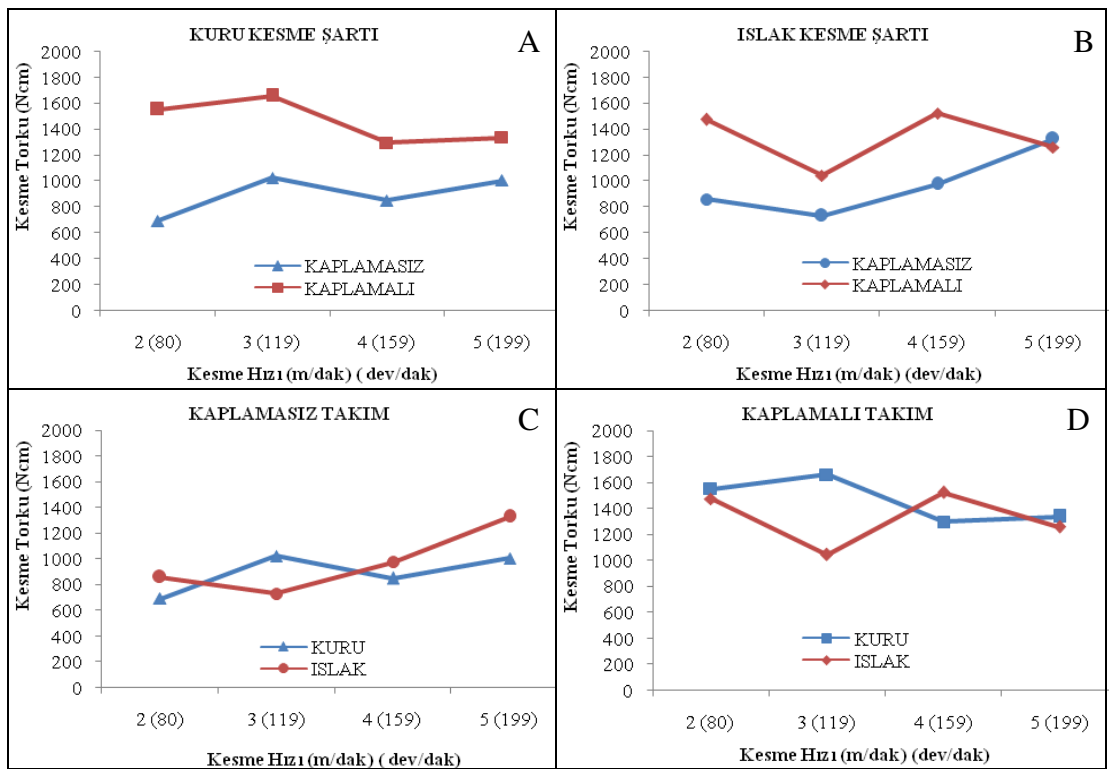


Şekil 6.7. Sol helis kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.7 (A) incelendiğinde kuru kesme şartında kaplamalı ve kaplamasız kesicilerde kesme hızının artışı ile kesme torkunun arttığı görülmüştür. Kaplamasız takımında 4 m/dak kesme hızında düşüş görülse de kesme hızının artışı kesme torkunu arttırmıştır. Şekil 6.7 (B) de görüldüğü üzere ıslak kesme şartında kaplamasız takımlarla yapılan ölçümlerin kırılmalar nedeni ile diğer şartlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Sadece 5 m/dak kesme hızında, bu şartın ve bütün şartların en düşük kesme torku değeri olarak ölçülmüş olduğu görülmektedir. Islak kesme

şartında kaplamalı takımlarda kesme hızının artışı genel olarak kesme torkunu düşürmektedir. Sadece en yüksek kesme hızında beklenmeyen bir artış tespit edilmiştir.

Eğik ağız bilemeli düz kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.8’ de verilmiştir.

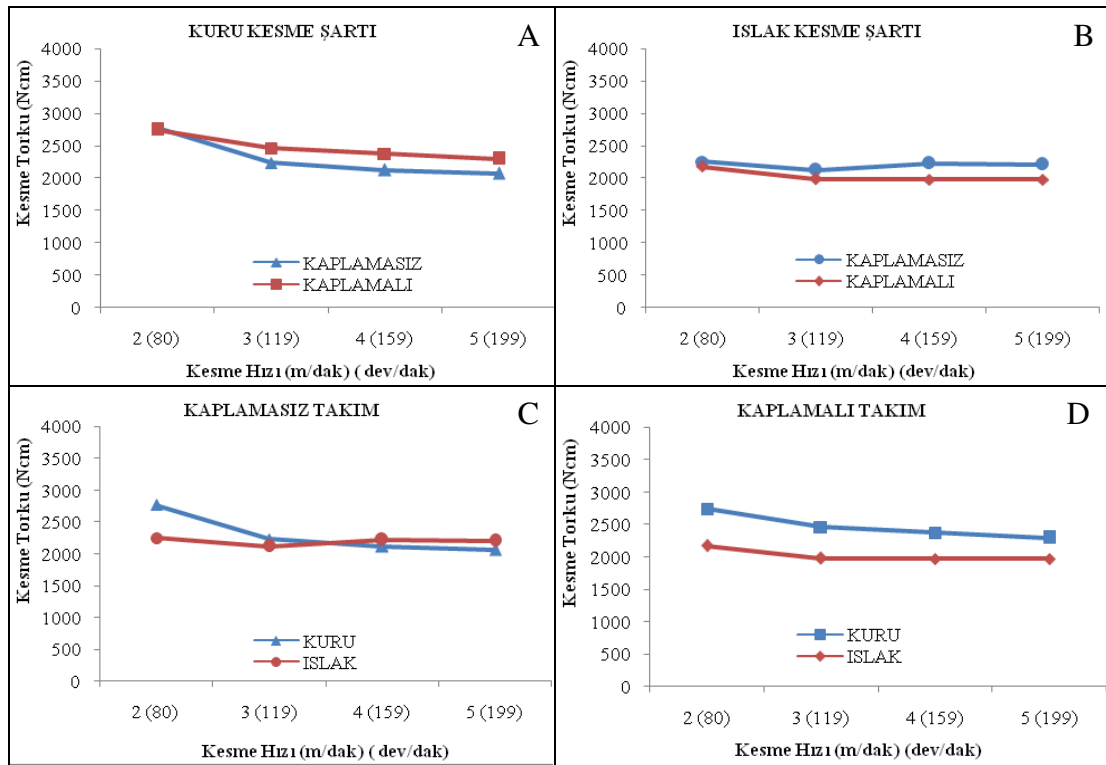


Şekil 6.8. Eğik ağız bilemeli düz kanallı kılavuz ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.8 (A) incelendiğinde kuru kesme şartı altında kaplamasız kesici ile yapılan ölçümlerde kesme hızının artışı kesme torkunu arttırmıştır. En düşük kesme torku (693 Ncm) kaplamasız kesici ile 2 m/dak kesme hızında ölçülmüştür. Kuru kesme şartı altında kaplamalı takımlar için ise, kesme hızının artışı ile kesme torkunda düşüşler görülmüş ve 3 m/dak kesme hızında en yüksek kesme torku (1660 Ncm) elde edilmiştir. Şekil 6.8 (B) de ıslak kesme şartları altında kaplamasız takımlar için kesme hızı artışının kesme torkunu arttırdığı söylenebilir. Islak kesme şartı altında

kaplamalı takım için 2 ve 4 m/dak kesme hızlarında kesme torku yüksek çıkarken 3 ve 5 m/dak kesme hızlarında daha düşük olduğu görülmektedir. Şekil 6.8 (C) de kaplamasız takım ile ıslak ve kuru kesme şartları altında yapılan deneylerde kesme hızının artışı kesme torkunu arttırmıştır. Kaplamasız takım ile ıslak kesme şartında ölçülen kesme torkları kuru kesme şartına göre, 3 m/dak kesme hızı hariç bütün kesme hızlarında yüksek çıkmıştır. Şekil 6.8 (D) de kaplamalı takım ile yapılan deneylerde tam tersi bir durum gelişmiş kuru kesme şartında kesme torkları yüksek tespit edilmiştir. Genel olarak en düşük kesme torkları kuru şartlarda kaplamasız takımlar ile tespit edilmiştir.

Ovalama kılavuzu ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.9’ da verilmiştir.



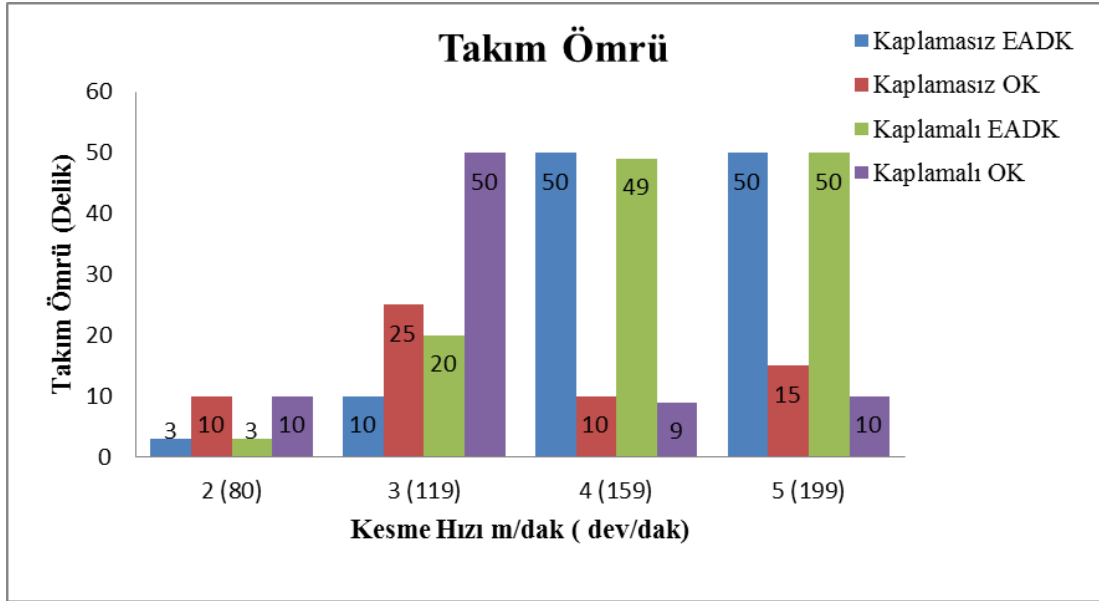
Şekil 6.9. Ovalama kılavuzu ile vida açma sırasında oluşan kesme torkunun, kesme şartlarına ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Ovalama kılavuzunun vida açma işlemi sırasında kesme işlemi yapmadan plastik deformasyonla vida oluşturmaya çalışması kesme torklarının diğer kesicilere çok

daha fazla oluşmasına sebebiyet vermektedir. Kesme hızının artışı ile kesme bölgesindeki ısının artması plastik deformasyon işlemini kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle bütün kesme şartları incelendiğinde kesme torkunun kesme hızının artışı ile düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir. 5 m/dak kesme hızında bütün kesme şartlarının en düşük kesme torku değerleri ölçülmüştür. Şartlar arasında kıyaslama yapıldığında ıslak kesme şartında (Şekil 6.9 B) kaplamalı takımlar ile yapılan ölçümlerin bütün kesme hızlarında ki en düşük değerler olduğu görülmektedir. En düşük kesme torku değeri (1973 Ncm) 4 ve 5 m/dak kesme hızında ıslak kesme şartında kaplamalı takım ile elde edilmiştir. En yüksek kesme torkları kuru kesme şartında (Şekil 6.9 A) kaplamalı takım ile elde edilirken sadece 2 m/dak kesme hızında kuru kesme şartında kaplamsız takım ile en yüksek kesme torku (2773 Ncm) ölçülmüştür. Düşük kesme hızlarında kuru kesme şartında kesiciye talaş yapışmalarının olması, kesme torkunun yüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmüştür. Ovalama kılavuzlarında ıslak-kuru ve kaplamalı-kaplamasız kılavuz açısından genel olarak bakıldığında en iyi sonucun ıslak kesme şartında kaplamalı kılavuz ile elde edildiği görülmektedir.

6.3. Kılavuz İle Vida Açma İşleminde Takım Ömrünün Değerlendirilmesi

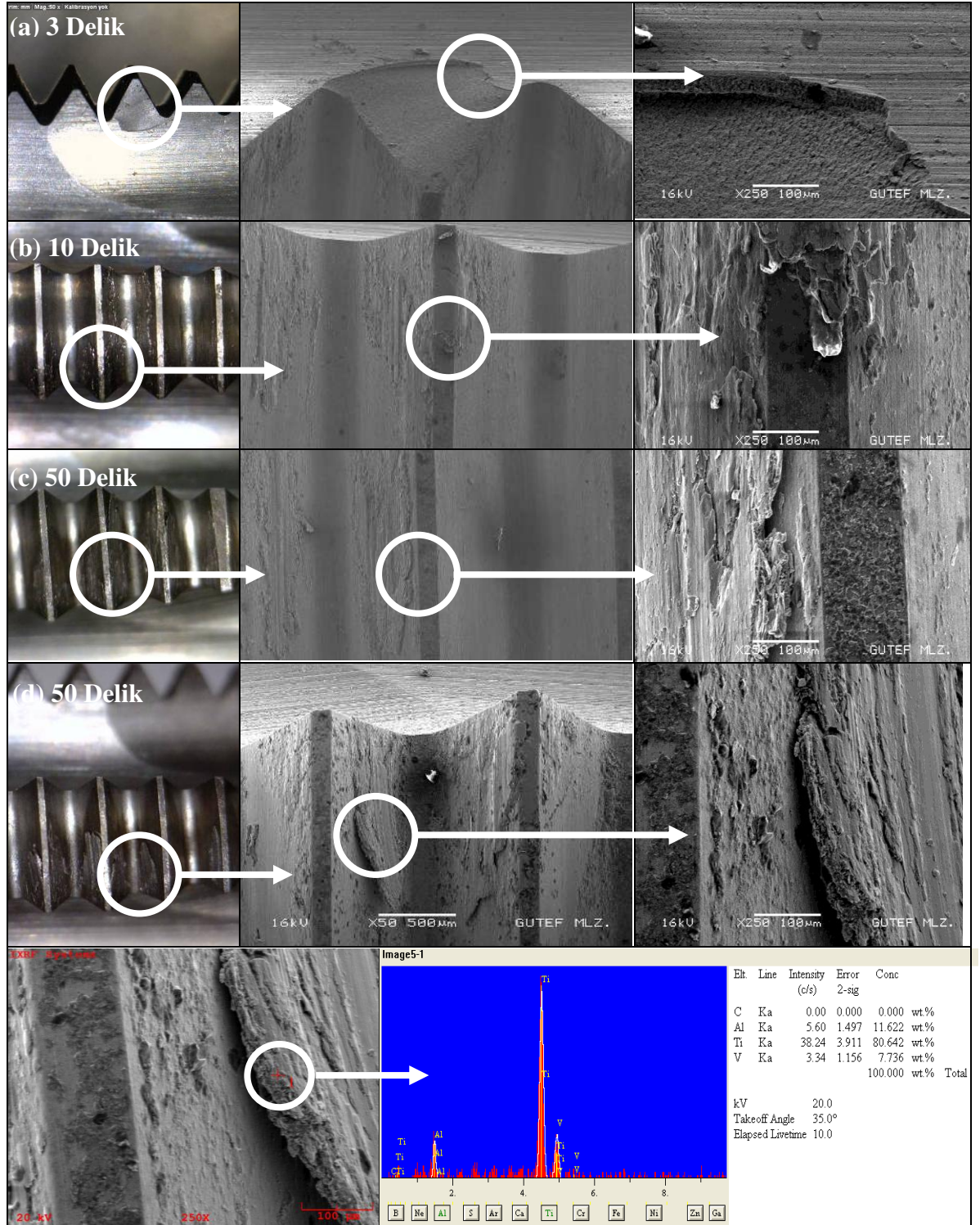
Kesme kuvvetlerinin ölçümü için yapılan deneyler sonucu SAHK, SOHK ve DÜK kılavuzlarda talaş sıkışmaları ve kılavuz kırılmalarının olduğu görülmüştür. Ayrıca kuvvet grafiklerinin incelenmesi sonucu elde edilen değerlerde de EADK ve OK kesicilerde ki gibi bir doğrusallık görülmemiştir. Bu nedenle takım ömrü deneyleri iki kesici (EADK ve OK) ile ıslak kesme şartında gerçekleştirilmiştir. Takım ömrü deneyleri her kesici için üst sınır olarak maksimum 50 delikte sonlandırılmıştır. Takım ömrü deneyleri sonucunda kesicilerin SEM görüntüleri alınarak kesiler üzerindeki aşınmalar ve talaş yapışmaları yorumlanmıştır.



Şekil 6.10. EADK ve OK kesicilerin ıslak kesme şartları altındaki kesme hızına bağlı olarak takım ömrü grafiği

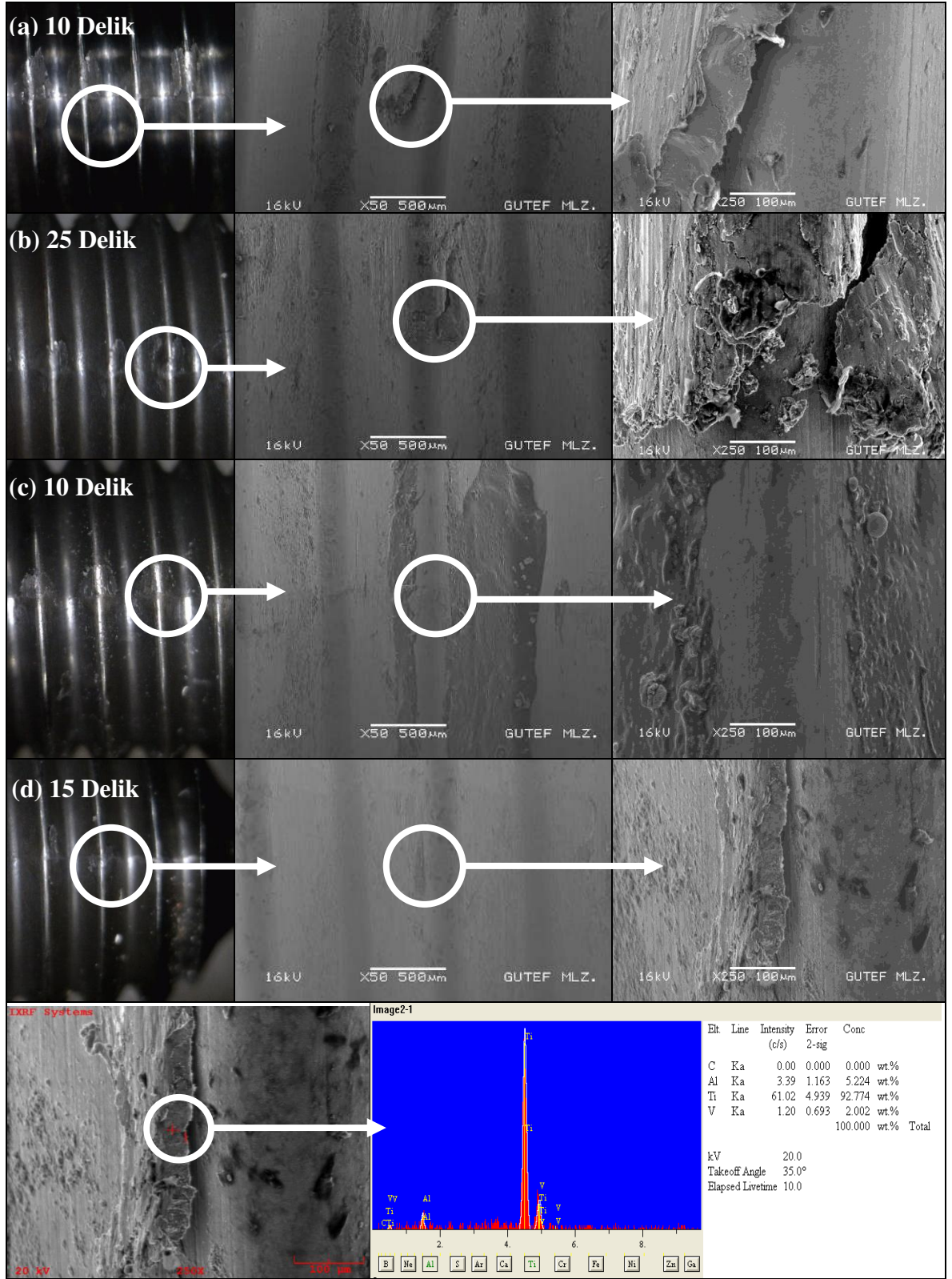
Şekil 6.10 incelendiğinde kaplamasız EADK kesicisinin kesme hızı artışı ile takım ömrünün arttığı görülmüştür. 2 m/dak kesme hızında en düşük, 4 ve 5 m/dak kesme hızlarında en yüksek takım ömrü sonuçları görülmektedir.

Şekil 6.11 de kaplamasız EADK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda 2 m/dak kesme hızında (Şekil 6.11.a) 3 delik sonucunda kesicide kırılmalar olduğu tespit edilmiştir. 3 m/dak kesme hızında (Şekil 6.11.b) 10 delik sonucunda olan talaş yapışmaları, 4 ve 5 m/dak kesme hızlarındaki (Şekil 6.11.c ve Şekil 6.11.d) 50 delik sonucu olan talaş yapışmalarına yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 6.11. Kaplamasız EADK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi

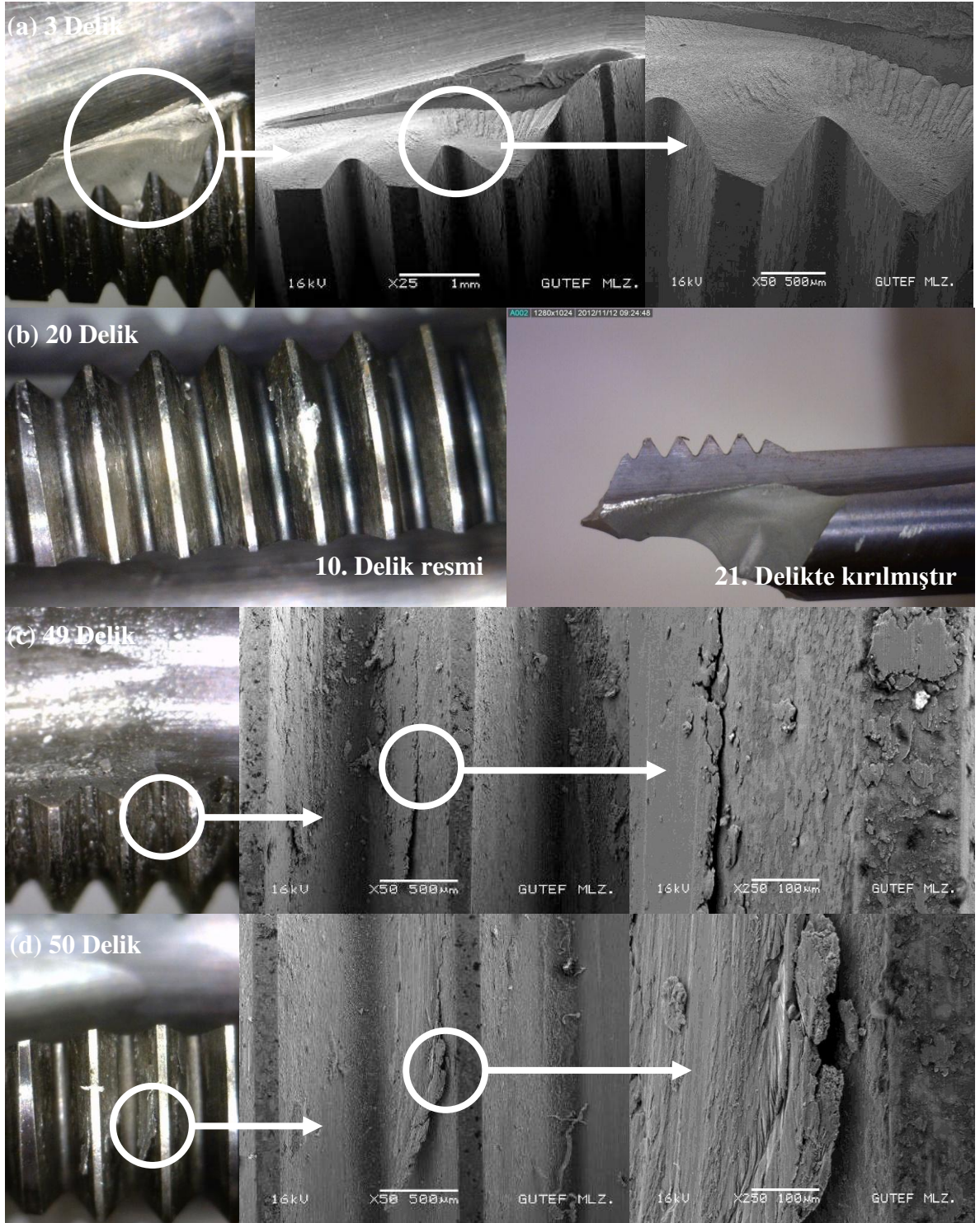
Şekil 6.10 da kaplamasız OK kesicisinde ise en iyi takım ömrü 3 m/dak kesme hızında 25 delik ile tespit edilmiştir. İkinci en iyi sonuç ise 5 m/dak kesme hızında 15 delik olarak tespit edilmiştir. 2 ve 4 m/dak kesme hızlarında kaplamasız OK ile takım ömrü 10 delik olarak belirlenmiştir. Şekil 6.12 de kaplamasız OK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda takım resimleri incelendiğinde kesici üzerindeki malzeme yapışma oranları takım ömrünü belirleyici başlıca sebep olarak söylenebilir. Talaş yapışmalarının fazlalaşması kesicinin vida açma özelliğini ters yönde etkilemekte ve sıkışmalara sebebiyet vermektedir. EDX analizi kesici üzerindeki malzeme yapışmasını açıkça göstermektedir.



Şekil 6.12. Kaplamasız OK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi

Şekil 6.11 ve Şekil 6.12 de kaplamsız takımlar açısından takım ömrü değerlendirilmesi yapıldığında, EADK kesicisinin OK kesicisine göre daha iyi takım ömrü gösterdiği belirlenmiştir. EADK kesicisinin vida açma işlemini talaş kaldırarak yapması ve talaş tahliyesinin kolay olması bu durumun başlıca sebebi olarak gösterilebilir. OK kesicisinin malzemeyi ezmeye çalışması daha çok yapışma işleminin gerçekleşmesini sağlamış ve kesici sıkışmalarının gerçekleşmesine sebebiyet vermiştir. EDX analizi malzemenin kesici üzerine sıvanarak yapıştığını ve belli bir katman oluşturduğunu net bir şekilde göstermektedir.

Şekil 6.13 incelendiğinde kaplamalı EADK kesici için kesme hızının artışı ile takım ömrünün arttığı görülmüştür. Kesme hızının artışı ile talaş yapışmaları azalmıştır. Ayrıca kesme hızı artışı kesme bölgesindeki ısıyı da arttırarak kesme işlemini kolaylaştırmıştır. Kaplamalı EADK için en düşük takım ömrü 2 m/dak kesme hızında 3 delik olarak gerçekleşmiştir. En yüksek takım ömrü ise 50 delik ile 5 m/dak da belirlenmiştir. Diğer kesme hızlarında ise 4 m/dak da 49 delik, 3 m/dak da 20 delik takım ömürleri gerçekleşmiştir.

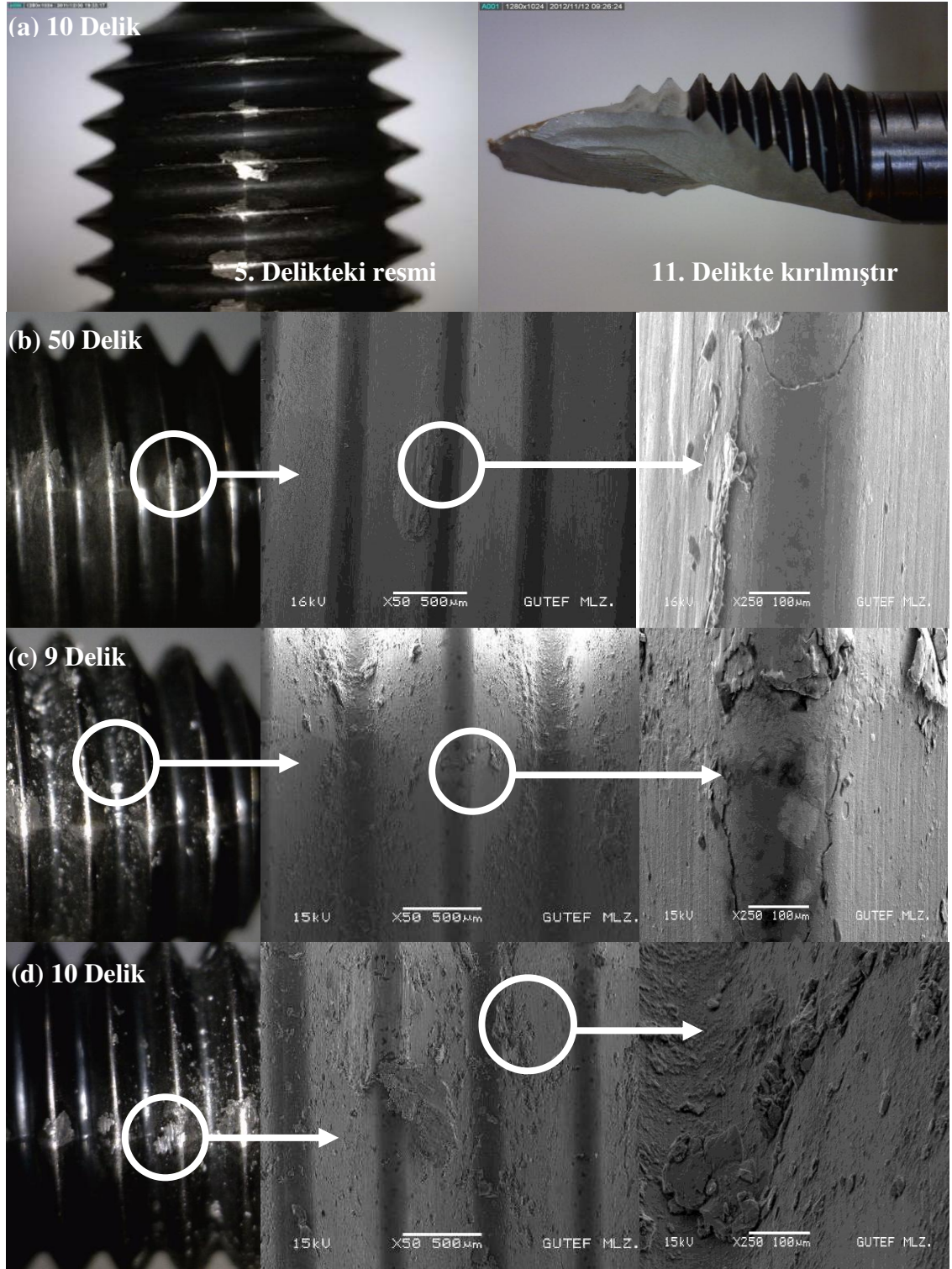


Şekil 6.13. Kaplamalı EADK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi

Şekil 6.13 Kaplamalı EADK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda görüldüğü üzere Şekil 6.13.a 2 m/dak kesme hızında 3. delikte kesici üzerinde kırılmalar gerçekleşmiş ve kesici ömrünü tamamlamıştır. Şekil 6.13.b 3 m/dak kesme hızında kesici üzerinde ki talaş yapışmaları takımın sıkışarak kırılmasına ve ömrünün 20 delik olarak gerçekleşmesine sebep olmuştur. Şekil 6.13.c 4 m/dak kesme hızında takım ömrünü 49 delik ve Şekil 6.13.d 5 m/dak kesme hızında ise takım ömrünün 50 delik olarak gerçekleşmesini sağlamıştır. Talaş yapışması kesme sırasında kesicinin sıkışmasında ki en başlıca sebep olarak gösterilebilir. Kesme hızının artışının talaş yapışmasını geciktirdiği ve takım ömrünü uzattığı Şekil 6.13 de açıkça görülmektedir. Bu durum, kesme hızı artışının kesme bölgesindeki ısıyı arttırması ile talaş yapışmalarının daha az olmasına sebebiyet verdiği şeklinde açıklanabilir.

Kaplamalı OK için Şekil 6.10 da en yüksek takım ömrü 3 m/dak da 50 delik olarak gerçekleşmiştir. En düşük takım ömrü ise 9 delik ile 4 m/dak da görülmüştür. 2 ve 5 m/dak kesme hızlarında ise takım ömrü 10 delik olarak belirlenmiştir. Şekil 6.14 Kaplamalı OK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda incelendiğinde, 3 m/dak (Şekil 6.14.b) kesme hızında 50 delikte gerçekleşen talaş yapışma miktarı 2 m/dak (Şekil 6.14.a) kesme hızında talaş sıkışması nedeni ile 10 delikte görülmüştür. Daha fazla talaş yapışmaları 4 m/dak kesme hızında 9 delikte ve 5 m/dak (Şekil 6.14.d) kesme hızında 10 delikte açıkça görülmektedir. Özellikle 4 m/dak (Şekil 6.14.c) ve 5 m/dak kesme hızlarında talaş yapışmaları sadece kesme bölgesinde değil kılavuzun geneline yayıldığı ve sıkışmaların başlıca nedeni olduğu söylenebilir.

Kaplamalı takımlar açısından takım ömrü değerlendirilmesi yapıldığında EADK kesicisinin OK kesicisine göre yüksek kesme hızlarında daha iyi takım ömrü gösterdiği belirlenmiştir. Düşük kesme hızlarında ise OK kesicinin daha iyi bir performans sergilediği söylenebilir. EADK kesicisinin vida açma işlemini talaş kaldırarak yapması, kaplamanın ve eğik ağız bilemenin talaş tahliyesini kolaylaştırması bu durumun başlıca sebebi olarak gösterilebilir. OK kesicisinin malzemeyi ezmeye çalışması ve kaplamanın kesici üzerinde yuvarlatmalara sebebiyet vermesi kesme işlemine göre daha çok malzeme yapışmasının gerçekleşmesini sağlamış ve kesici sıkışmalarına sebebiyet vermiştir.

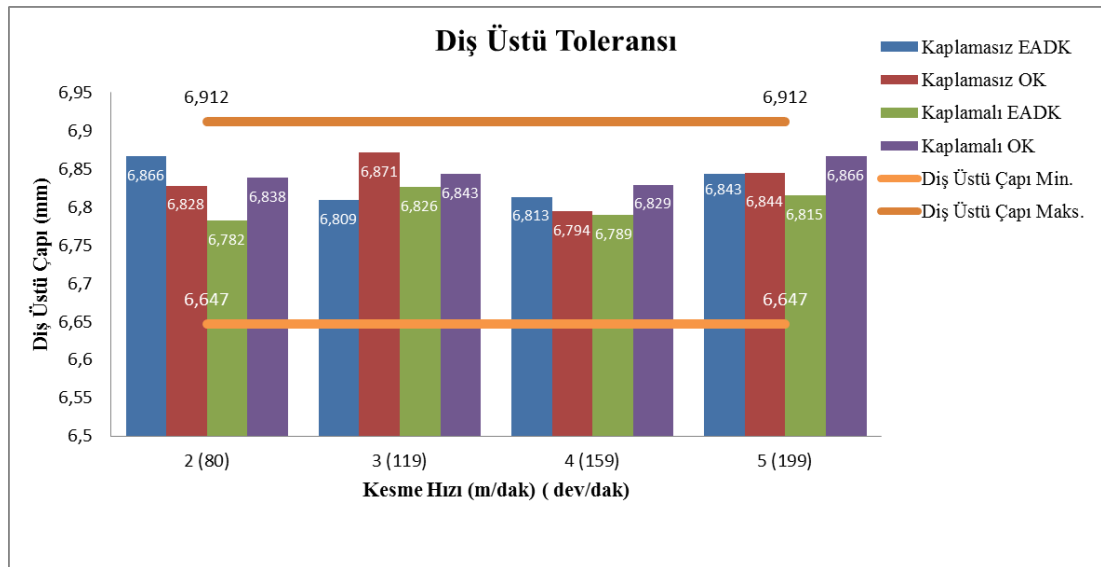


Şekil 6.14. Kaplamalı OK kesicilerinin takım ömrü deneyleri sonucunda (a) 2, (b) 3, (c) 4 ve (d) 5 m/dak kesme hızındaki SEM görüntüleri ve EDX analizi

Şekil 6.10 genel olarak incelendiğinde en iyi takım ömrü değerleri EADK kesici ile elde edilmiştir. Islak kesme şartı altında yapılan deneyler göstermiştir ki yüksek kesme hızlarında EADK kesici OK kesicine göre daha iyi bir performans sergilemiştir. Fakat düşük kesme hızlarında ise OK kesicinin daha iyi bir performans sergilediği söylenebilir.

6.4. Kılavuz ile Vida Açma İşleminde Toleransların Değerlendirilmesi

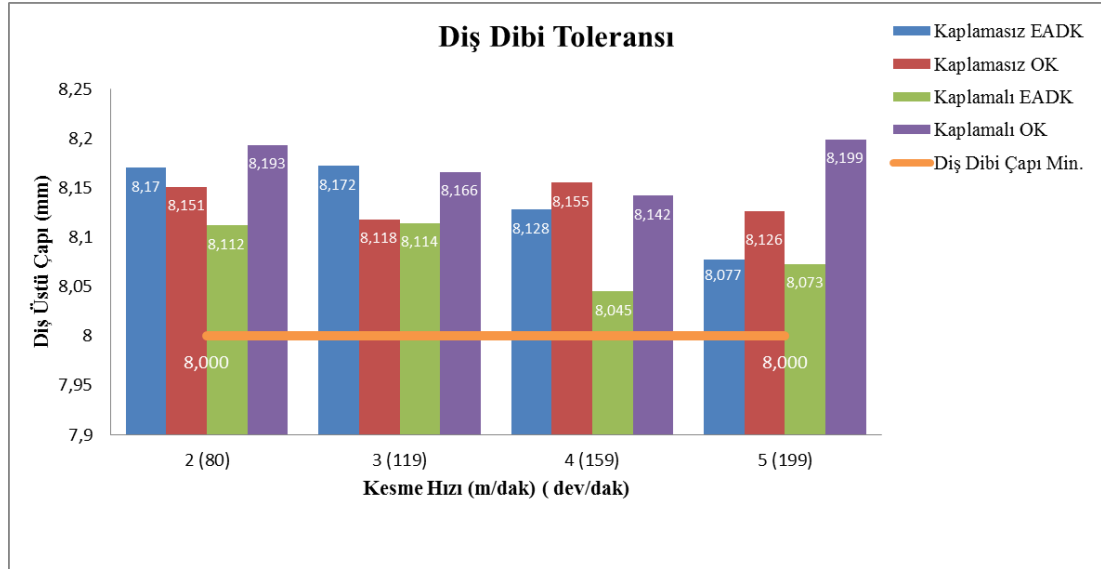
Takım ömrü deneyleri EADK ve OK iki kesici ile ıslak kesme şartlarında yapıldığı için kesici takım tolerans ölçümleri de bu kesiciler referans alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu kesicilerin diş üstü ve diş dibi çapları ölçülerek grafiklerle yorumlanmıştır (Bkz. Çizelge 4.3).



Şekil 6.15. EADK ve OK kesicilerinin diş üstü çapları tolerans grafiği

EADK ve OK kesiciler için Şekil 6.15 incelendiğinde her iki kesici içinde diş üstü çapları ölçümlerinin tolerans aralığı içinde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak tolerans aralığı içinde en düşük diş üstü çap değerleri kaplamalı EADK kesici ile açılan vida dişinde ölçülmüştür. 4 ve 5 m/dak kesme hızlarında tolerans aralığı içinde en yüksek diş üstü çap değeri kaplamalı OK kesici ile açılan vida dişinde görülmüştür. 3 m/dak kesme hızında tolerans aralığı içinde en yüksek diş üstü çap

değeri kaplamasız OK kesici ile gerçekleşirken, 2 m/dak kesme hızında ise kaplamasız EADK kesici ile ölçülmüştür.



Şekil 6.16. EADK ve OK kesicilerinin dış dibi çapları tolerans grafiği

Şekil 6.16 EADK ve OK kesiciler için incelendiğinde her iki kesici içinde dış dibi çapları ölçümlerinin belirtilen minimum tolerans değerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bütün kesme hızlarında en düşük dış dibi çap değerleri kaplamalı EADK kesici ile açılan vida dişinde ölçülmüştür. 2 ve 5 m/dak kesme hızlarında en yüksek dış dibi çap değerleri kaplamalı OK kesici ile açılan vida dişlerinde görülmüştür. 3 m/dak kesme hızında en yüksek dış dibi çap değeri kaplamasız EADK kesici ile gerçekleşirken, 4 m/dak kesme hızında ise kaplamasız OK kesici ile ölçülmüştür.

Genel olarak Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'nın değerlendirilmesi yapılacak olursa, açılan vida dişlerinin toleranslara uygun olduğu tespit edilmiştir. Kaplamasız kesiciler açısından 2 ve 3 m/dak kesme hızında EADK kesicisinin tolerans değerleri OK kesicisine göre yüksek tespit edilmiştir. fakat 4 ve 5 m/dak kesme hızında bu durumun tam tersi görülmüştür. Kaplamalı kesiciler açısından Şekil 6.16 değerlendirildiğinde bütün kesme hızlarında OK kesici ile ölçülen tolerans değerleri EADK kesicisinden yüksek belirlenmiştir. Her iki kesicinin de tolerans açısından vida açma işleminde kullanılabileceği söylenebilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ti₆Al₄V titanyum alaşımı üzerinde yapılan kılavuz ile vida açma deneyleri ile kesici takım kaplaması, kesme hızı ve ıslak-kuru kesme şartlarının, kesme torku üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmayla elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Bütün kesme şartlarında kesme torku açısından en iyi sonuçlar, EADK kesicileri ile elde edilmiştir.
- Kaplamasız EADK kesicileri ile kuru kesme şartında yapılan deneylerde %58 ile %74 oranında kesme torklarında azalmalar gözlemlenmiştir.
- Kaplamalı EADK kesicileri ile kuru kesme şartında yapılan deneylerde %10 ile %58 oranında kesme torklarında azalmalar gözlemlenmiştir.
- OK kesicileri, kesme olmadan plastik deformasyonla ovalayarak vida açtığı için, yüksek kesme torkları ölçülmüş olsa da, genel olarak kesme hızının artışı ile kesme torkunda %6 ile %27 oranında düşüşler gözlenmiştir.
- SAHK kesicilerinde talaş tahliyesinin yukarı yönde olması ve talaşın kanal içinde sıkışması sebebi ile kesme torkları yüksek çıkmıştır.
- Kuru kesme şartlarında ıslak kesme şartlarına nazaran kesme kuvvetlerinin genel olarak düşük olduğu görülmüştür.
- Kuru kesme şartlarında kaplamasız takımlarda kaplamalı takımlara göre daha düşük kesme torkları ölçülmüştür. Özellikle en iyi sonuçların alındığı EADK kesicinin sonuçları incelendiğinde, kaplamanın kuru kesme şartları altında kesme torku üzerinde %133 ile %228 arasında artış olduğu tespit edilmiştir.
- Kaplamalı takımlar ile ıslak şartlarda daha düşük kesme torkları tespit edilmiştir.

- Kesiler üzerindeki talaş ve malzeme yapışmaları takım ömrünü etkileyen en önemli unsur olduğu belirlenmiştir.
- Takım ömrü açısından kaplamasız ve kaplamalı kesicilerde ıslak kesme şartları altında EADK kesici ile daha fazla takım ömrü tespit edilmiştir.
- EADK kesici özellikle yüksek kesme hızlarında OK kesicisine göre daha iyi bir takım ömrü sergilemiştir. Buna karşılık düşük kesme hızları arasında OK kesicinin daha üstün olduğu görülmüştür.,
- Toleranslar açısından EADK ve OK kesiciler değerlendirildiğinde her iki kesicinin de iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular ışığında bundan sonra yapılabilecek çalışmalara yön vermek amacıyla aşağıdaki öneriler getirilebilir:

- Soğutma ve yağlama yöntemleri genişletilerek farklı soğutma ve yağlamanın kesme torku üzerindeki etkisi ve kesici takım ömrüne etkileri araştırılabilir.
- Farklı kaplama türleri kullanılarak, kaplamanın kesme torkuna ve kesici takım ömrüne etkileri incelenebilir.
- Farklı Ti alaşımlarında da kılavuz ile vida açma çalışmaları yapılabilir .
- Bu çalışmadan ve önerilen çalışmalardan elde edilen deneysel veriler ışığında sayısal analiz ve modelleme çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Şeker, U., “Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları*, Ankara (2000).
2. Kurt B., “Ti₆Al₄V Alaşımı İle Farklı Tip Paslanmaz Çeliklerin Difüzyon Kaynağı”, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ (2005).
3. Nabhani, F., “Machining of Aerospace Titanium Alloys”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 17: 99–106 (2001).
4. Ezugwu, E.O., Wang, Z.M., “Titanium alloys and Their Machinability – a review”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 68: 262–274 (1997).
5. Ensarioğlu, C., Çakır, M.C., “Titanyum ve Alaşımlarının İşlenebilirlik Etüdü”, *Mühendis ve Makine*, 46 (546): 1-7 (2005).
6. Kishawy, H.A., Wilcox, J., “Tool wear and chip formation during hard turning with self – propelled rotary tools”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43: 433–439 (2003).
7. Schueller, J.K., Tlustý, J., Smith, S., Leigh, E., “Advanced machining techniques on titanium rotor parts”, *American Helicopter Society*, Virginia, 1-7, (2000).
8. Nabhani, F., “Wear Mechanisms of Ultra – Hard cutting tools materials”, *Journal of Materials Processing Technology*, 115: 402–412 (2001).
9. Haron, C.H. C., Jawaid, A., “The effect of machining on surface integrity of titanium alloy Ti₆Al₄V”, *Journal of Materials Processing Technology*, 166: 188–192 (2005).
10. Jawaid, A., Che Haron, C.H., Abdullah, A., “Tool wear characteristics in turning of titanium alloy Ti–6246”, *Journal of Materials Processing Technology*, 92 – 93: 329 – 334 (1999).
11. İnternet : Metaviya Bami, “Machining titanium & its alloys”, www.superalloys.com/machining_titanium.htm (2011).
12. Kitagawa, T., Kubo, A., Maekawa, K., “Temperature and wear of cutting tools in high–speed machining of Inconel 718 and Ti₆Al₆V₂Sn”, *Wear*, 202 (2): 142–148 (1997).

13. Riberiro, M.V., Moreira, M.R.V., Ferreira, J.R., “Optimization of titanium alloy (6Al4V) machining”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 143–144: 458–463 (2003).
14. Kuo, K., “Experimental Investigation Of Ultrasonic Vibration-Assisted Tapping”, *Journal of Materials Processing Technology*, 192–193: 306–311 (2007).
15. Li, W., Li, D., Ni, J., “Diagnosis Of Tapping Process Using Spindle Motor Current” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43: 73–79 (2003).
16. İnternet : Gühring Takım Kataloğu, “Teknik Bilgiler Bölümü”, <http://www.guhring.com.tr/article/archive/1/kilavuz.html> (2011).
17. Su, Y., He, N., Li L., Li X.L., “An experimental investigation of effects of cooling/lubrication conditions on tool wear in high-speed end milling of Ti₆Al₄V”, *Wear*, 261: 760–766 (2006).
18. Ezugwu, E.O., Wang, Z.M., “Titanium alloys and their machinability a review”, *Journal of Materials Processing Technology*, 68: 262-274 (1997).
19. Wang, Z.G., Rahman, M., Y.S. Wong, “High-speed milling of titanium alloys using binderless CBN tools” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45: 105–114(2005).
20. Lopez de lacalle, L.N., Perez, J., Llorente, J.I., Sanchez, J.A., “Advanced cutting conditions for the milling of aeronautical alloys”, *Journal of Materials Processing Technology*, 100: 1-11 (2000).
21. Ünal E., Karaca F., “Ti₆Al₄V Alaşımının Dik İşlem Merkezli Cnc Tezgahında İşlenebilirliğinin Araştırılması”, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 135-139 (2007).
22. Cao T., Sutherland J. W., “Investigation of thread tapping load characteristics throughmechanistics modeling and experimentation” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 42: 1527–1538 (2002).
23. Reiter A.E., Brunner B., Ante M., Rechberger J.,” Investigation of several PVD coatings for blind hole tappingin austenitic stainless steel”, *Surface & Coatings Technology*, 200: 5532–5541 (2006).
24. Veldhuis S.C., Dosbaeva G.K., Benga G., “Application of ultra-thin fluorine-content lubricating films to reduce tool/workpiece adhesive interaction during

- thread-cutting operations”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47: 521–528 (2007).
25. Jin M., Watanabe S., Miyake S., Murakawa M., “Trial fabrication and cutting performance of c-BN-coated taps”, *Surface and Coatings Technology*, 443-447 (2000).
 26. Armarego E.J.A., Chen M. N.P., “Predictive Cutting Models for the Forces and Torque in Machine Tapping with Straight Flute Taps” *Department of Mechanical and Manufacturing Engineering*, The University of Melbourne, Australia (2000).
 27. Dogra A. P. S., Kapoor S. G., Devor R. E., “Mechanistic Model for Tapping Process With Emphasis on Process Faults and Hole Geometry” *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 124: 18-25 (2002).
 28. Tek, Ö., “Gözde Bir Metal Titanyum”, *Bilim ve Teknik*, Tübitak yayınları, 339: 50-53 (1993).
 29. İnternet:http://www.timet.com/images/document/technicalmanuals/TIMETAL_6-4_Properties.pdf (2012).
 30. Dursun, M., “Titanyum Ve Inconel 718 Malzemelerinin Frezelenmesinde Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğünün Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Tasarım ve İmalat Mühendisliği*, Gebze (2007).
 31. Bilgin, B., “Ti₆Al₄V/304l Malzeme Çiftinin Bakır Aratabaka Kullanılarak Difüzyon Kaynağı İle Birleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 14, (2007).
 32. Çaydaş, U., “Ti₆Al₄V Alaşımının Elektro Erozyon Ve Elektro Kimyasal İşleme Yöntemleriyle İşlenebilirliğinin Araştırılması”, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 14-16 (2008).
 33. Akman, E., “Ti₆Al₄V Titanyum alaşımlarının atımlı Nd: YAG lazeri kullanılarak kaynak edilmesi ve kaynak parametrelerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmit, 58-59 (2006).
 34. Zeng, L., Bieler, T.R., “Effects of working, heat treatment and aging on microstructural evolution and crystallographic texture of α , α' , α'' and β phases in Ti₆Al₄V wire”, *Materials Science and Engineering*, 392: 403-414 (2005).
 35. Serfiçeli Y. Saip, “Metal İşleri Meslek Teknolojisi-1”, *MEB Yayınları*, İstanbul (2002).

36. Çilingir, N., Şen, Z., “Temel Teknik Resim”, *Ders Kitapları Anonim Şirketi*, İstanbul (1994).
37. İnternet : Emuge Franken, “Diş Açma Teknolojisi”, http://www.emugedownloads.com/pdf/prospekte/multi/zp10015_tr.pdf (2010).
38. Akkurt M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, *Birsan Yayınevi*, İstanbul, 298-327 (1992).
39. Avuncan G., “Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar” *Mavi Tanıtım ve Pazarlama Ltd. Şti.*, Gebze, 195-249 (1998).
40. İnternet : Gühring Kesici Takım Firması, “Teknik Bilgiler”, 1570-1603, http://www.guhring.com.tr/Upload/Document/document_3c5f4d55a196484184ceedddb32a1341.pdf (2011).
41. Kumru N., Demircioğlu T.K., Ay İ. "Cıvata ve Vida Dişi İmalatında Kullanılan Ovalama Yöntemi Çeşitleri", *Metal Makine Dergisi*, 160: 438-443 (2006).
42. Kumru, N., Demircioğlu, T., Ay İ., “Ovalama Yöntemi İle Cıvata ve Vida Dişi İmalatı Yapılan Malzemelerde Aranılan Özellikler”, *Metal Makine Dergisi*, 158: 100-102 (2006).
43. Ay İ., Demircioğlu T.K. "Kesme ve Ovalama Yolu ile Cıvata-Vida Dişi İmalat Yöntemlerinin Kıyaslanması" *Makina Magazin Dergisi*, 10: 64-67 (2005).
44. Acıyan, A." Ovalama Yöntemi ile İç Vida Açma" Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 32-42 (2011).
45. Betlehem, W.F., *Wire World International*, 25 (1983).
46. Ivanov, V., “Rolling of Internal Threads: Part 2”, *Journal of Materials Processing Technology*, 72: 221-225 (1997).
47. Ivanov, V., “Rolling of Long Screws”. *Journal of Materials Processing Technology*, 82: 1–12 (1998).
48. Kayır, Y. “Kılavuz Kesici Takımları ile AA5083 Malzemesine Vida Açılmasında Matkap Delik Çapının Kesme Kuvvetlerine Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25/4: 671-679 (2010).
49. Uzun G., Çiftçi İ., “Ç 5140 Çeliğinin Mekanik Özelliklerinin Takım Aşınması ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin İncelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 15/1: 29-34 (2012).

50. Çiftçi, İ., “Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20/2: 205-209 (2005).
51. Liu, G., He, N., Man, Z.L., Li, L., “Cutting Force in the Milling of Inconel 728”, *Key Engineering Material*, 259/260: 824-828 (2004).
52. Sokovic, M., Mijanovic, K., “Ecological Aspects of the Cutting Fluids and its Influence on Quantifiable Parameters of the Cutting Processes”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 109: 181-189 (2001).
53. Braic, V., Zotia, C.N., Balaceanu, M., Kiss, A., Vladescu, A., Popescu, A., Braic, M., “TiAlN/TiAlZrN Multilayered Hard Coatings For Enhanced Performance of HSS Drilling Tools”, *Surface & Coatings Technology*, 204: 1925-1928 (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : UZUN Gültekin
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 15.01.1982 Trabzon
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 202 86 85
 Faks : 0 (312) 202 86 85
 e-mail : uzun.gultekin@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Karabük Üniversitesi /Makina Bölümü	2008
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makina Bölümü	2005
Lise	Mimar Sinan Teknik Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-.....	Gazi Üniversitesi	Araştırma görevlisi
2006-2008	Gazi Üniversitesi	Öğretim görevlisi (Görevlendirme)
2006-2008	Yenimahalle H.E.M	Öğretmen (Görevlendirme)
2005-2006	Remaksa Ltd. Şti.	Tasarım ve üretim sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Gültekin UZUN, İhsan KORKUT, “The Effect of Cryogenic Treatment on Tapping”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI 10.1007/s00170-012-4529-x.

2. Muharrem PUL, Gültekin UZUN, Recep ÇALIN, Ulvi ŞEKER, “Investigation of Machinability in Al-Mgo Composites Produced By Melt-Stirring”, *Science and Engineering of Composite Materials*, Manuscript ID: SECM.2012.0034 (2012).
3. Gültekin UZUN, İhsan KORKUT, “Kılavuz ile Vida Açma İşlemine Kesme Yönteminin ve Kesme Parametrelerinin Etkileri”, **3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu**, Ankara, Türkiye 04-05 Ekim (2012).
4. Gültekin UZUN, İbrahim ÇİFTÇİ “Ç 5140 Çeliğinin Mekanik Özelliklerinin Takım Aşınması ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin İncelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, Cilt:15, Sayı:1(29-34) (2012).
5. Gültekin UZUN, Muharrem PUL, Recep ÇALIN, Ulvi ŞEKER, “Al Matrisli MgO Takviyeli Kompozitlerin Farklı Kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Hızının Aşınma Davranışına Etkilerinin İncelenmesi”, **3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu**, Ankara, Türkiye, 04-05 Ekim (2012).
6. Gültekin UZUN, İhsan KORKUT, “Ti6Al4V Alaşımına Kılavuz İle Vida Açmada Kesme Formunun Deneysel İncelenmesi”, *Uluslararası Demir ve Çelik Sempozyumu*, Karabük, Türkiye (2012).
7. Uzun,G., Korkut, İ., “Delme Ve Frezelemedeki Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi İçin Deney Seti Tasarımı ve İmalatı”, **6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'11)**, Elazığ, Türkiye,16-18 Mayıs (2011).
8. Gültekin UZUN, İbrahim ÇİFTÇİ, Bilge DEMİR, Fatih HAYAT, “Ç 5140 Çeliğinin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin İşlenebilirliğe Etkisi”, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)**, Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs (2009)

Hobiler

Futbol, halk oyunları, bilgisayar teknolojileri