

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

BİTKİSEL ESASLI KESME SIVILARININ
VE TAKIM TUTUCULARIN
FREZELEMEDEKİ PERFORMANSININ
ARAŞTIRILMASI

BİLGİN TOLGA ŞİMŞEK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2010

T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ

BİTKİSEL ESASLI KESME SIVILARININ

VE TAKIM TUTUCULARIN

FREZELEMEDEKİ PERFORMANSININ

ARAŞTIRILMASI

BİLGİN TOLGA ŞİMŞEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DANIŞMANI

DOÇ. DR. BABÜR ÖZÇELİK

GEBZE

2010



YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 24.08.2010 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Bilgin Tolga ŞİMŞEK'in tez çalışması Makine Müh. Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç.Dr. Babür ÖZÇELİK

ÜYE

: Doç.Dr. Erhan DEMİRBAŞ

ÜYE

: Yrd.Doç.Dr. Hasan KURTARAN

ONAY

G.Y.T.E. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN KONUSU : BİTKİSEL ESASLI KESME SIVILARININ VE TAKIM TUTUCULARIN FREZELEMEDEKİ PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI.

YAZAR ADI : BİLGİN TOLGA ŞİMŞEK

Bu tezde bitkisel esaslı kesme sıvılarının ve takım tutucuların düzlem yüzey frezelemedeki performansı üzerine iki farklı çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bitkisel esaslı kesme sıvısı olarak CCF-II, CCF-II (%8 EP), SCF-II (%8 EP) sıvıları ve karşılaştırmak için ise yarı sentetik kesme sıvısı kullanılmıştır. Takım tutucuların performansı için yapılan deneylerde Shrink, Hidrolik ve Bilyeli takım tutucuları kullanılmış olup deneyler kuru kesme olarak gerçekleştirilmiştir.

Her iki deney çalışması aynı kesme şartlar altında gerçekleştirilmiştir. Deneyler, aynı yönlü kesme yöntemi ile son paso işlemesi olarak yapılmıştır. Kesme parametreleri olarak, kesme hızı (100, 150 ve 200 m/dak) ve ilerleme (0.2, 0.25, 0.3 mm/dev) alınmıştır. Bütün deneylerde talaş derinliği (0.3 mm) ve yana kayma (10 mm) sabit tutulmuştur. Deneylerde AISI 304 paslanmaz çelik malzemesi kullanılmıştır. Kesici takım olarak 16 mm çapında 2 ağızlı değiştirilebilir uçlu düz freze çakısı kullanılmıştır. Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılarak performanslar değerlendirilmiştir. Kuvvetlerin maksimum ve minimum değerleri alınarak bunların ortalaması kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü (Ra) için her kesme işleminden sonra üç ölçüm yapılarak bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Takım tutucuların performans deneylerine göre genel olarak shrink tutucu diğer tutuculara göre iyi sonuç vermiştir. Bitkisel esaslı kesme sıvılarının performans deneylerinde ise genel olarak EP katkılı kesme sıvıları daha iyi sonuç vermiştir.

SUMMARY

NAME OF THE THESIS : INVESTIGATION OF VEGETABLE-BASED CUTTING FLUIDS AND TOOL HOLDER PERFORMANCE IN MILLING.

AUTHOR NAME : BİLGİN TOLGA ŞİMŞEK

In this thesis, two different studies, which were about the performance of vegetable-based cutting fluids and tool holders on surface milling, were carried out

As a vegetable-based cutting fluids, CCF-II (8% EP), CCF-II SCF-II (8% EP) fluids and to compare the semi-synthetic cutting fluids were used. Shrink, hydraulic and precision milling tool holders were used to compare the performance of the tool holders. The machining procedure was carried out as a dry.

Both experiments were carried out under the same cutting conditions. The experiments with the conventional milling as the finish milling have been processed. Cutting speed (100, 150 and 200 m/min) and feed rate (0.2, 0.25 and 0.3 mm/rev) was used as cutting parameters. In all experiments, depth of cut (0.3 mm) and step over (10 mm) was kept constant. In the experiments, AISI 316 stainless steel was used as workpiece material. 16 mm diameter with two inserts tool was used as cutting tool. The performance was evaluated by measuring cutting force, surface roughness and tool wear which occurred during in machining. The average of maximum and minimum forces was taken. Three measurements were made and their average was taken. Shrink holder generally was shown better performance than the others for the experiment of the tool holders performance. EP additive cutting fluids gave better results than the others for experiment of cutting fluid performance.

TEŞEKKÜR

Bugüne kadar her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

Yüksek lisans çalışmam süresince bilgi, tecrübe, yardım ve hoşgörüsünü benden eksik etmeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK’e, sonsuz teşekkür ederim. Bitkisel esaslı kesme sıvılarını geliştiren Kimya bölümü öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Erhan DEMİRBAŞ’a ve değerli asistanlarına, deneysel çalışmalardaki yardımlarından dolayı Uzman Murat Dal’a ve Araştırma Görevlisi Emel KURAM arkadaşşıma teşekkür ederim.

Bu tezin bitkisel esaslı kesme sıvılarının incelenmesi kısmı 107M164 no’lu TÜBİTAK projesi kapsamında, farklı takım tutucuların kuru frezelemedeki performansı ise 2009-A20 GYTE BAP projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
TABLolar DİZİNİ	xx
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	4
3. FREZELEME	11
3.1 Frezeleme Tezgâhları	12
3.2 Temel Frezeleme İşlemleri	13
3.3. Freze Kesici Takımları	13
3.4 Talaş Kaldırma Mekaniği	14
3.4.1. Dik Kesme	15
3.4.2 Eğik Kesme	15
3.4.3. Çevresel Frezeleme	17
3.4.4. Alın Frezeleme	18
3.4.5. Zıt Yönlü ve Aynı Yönlü Frezeleme Yöntemi	19
3.4.6. Frezeleme İşleminde Kullanılan Genel Formüller.	21
3.5. Kesme Mekanizması	23
3.5.1 Kesme Kuvveti Ölçüm Teknikleri	28
4. TALAŞLI İMALATTA KULLANILAN KESİCİ TAKIMLAR	29
4.1. Kesici takım Malzemeleri	29
4.1.1. Karbon Çelikleri ve Takım Çelikleri	31

4.1.2. Yüksek Hız Takım Çelikleri (HSS)	31
4.1.2.1. Yüksek Hız Çeliklerinin Genel Özellikleri	32
4.1.3. Sert Maden Uçlu Kesiciler (Sinterlenmiş Karbürler)	32
4.1.3.1. Sinterlenmiş Karbürlerin Sınıflandırılması	33
4.1.3.2. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler	34
4.1.4. Seramik Kesiciler	35
4.1.5. Sermet Kesici Takımlar	36
4.1.6. Siyalonlar	38
4.1.7. Coronite	38
4.1.8. Elmas Takımlar	39
4.1.9. Kübik Bor Nitrür (CBN)	41
4.1.10. Çok Kristalli Kübik Bor Nitrür (PCBN)	42
5.KESME SIVILARI	44
5.1. Kesme Sıvılarının Özellikleri	44
5. 2. Kesme Sıvılarının Fonksiyonları	45
5.2.1. Yağlama fonksiyonu	45
5.2.2. Soğutma fonksiyonu	47
5.2.3. Kaynağı önleme fonksiyonu	47
5. 3. Kesme Sıvılarının Geliştirilmesi	48
5. 4. Kesme Sıvılarında Yağlayıcılık Mekanizmaları	48
5. 4. 1. Hidrodinamik Yağlayıcılık	49
5. 4. 2. Sınır Yağlama Mekanizması	49
5. 4. 3. Aşırı Basınç (EP) Yağlama	49
5.5. Kesme Sıvılarını Uygulama Yöntemleri	50
5.5.1. Akıtma (Flooding)	50
5.5.2. Basınçlı Jet (Pressurised Jets)	51
5.5.3. Misting	52
5.5.4. Manüel Metotlar	52
6. CNC TEZGÂHLARDA TAKIM TUTTURMA SİSTEMLERİ	53
6.1. Konik Sap	54
6.2. Flanş	54

6.3. Tutma Topuzu	55
6.4. Adaptörler	56
7. AŞINMA VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	57
7.1. Aşınma	57
7.1.1. Aşınma Mekanizmaları	58
7.1.1.1. Adhezyon (yapışma) Aşınması	58
7.1.1.2. Abrasyon (sürtünme) Aşınması	59
7.1.1.3. Difüzyon Aşınması	59
7.1.1.4. Oksidasyon Aşınması	60
7.1.1.4. Yorulma	60
7.1.2. Frezelemede Tipik Takım Aşınma Türleri	61
7.1.2.1. Takımda Meydana Gelen Aşınma Tipleri ve Sebepleri	61
7.2. Yüzey Pürüzlülüğü	63
7.2.1. Yüzey Tanımları	63
7.2.1.1. Yüzey	64
7.2.1.2. Geometrik Yüzey	65
7.2.1.3. Gerçek Yüzey	65
7.2.1.4. Ölçülen Yüzey	65
7.2.1.5. Pürüzlülük veya Kabalık	66
7.2.1.6. Dalgalanma	66
7.2.1.7. İzler	66
7.2.1.8. Hatalar	66
7.2.1.9. Pürüzlülük Genişliği	66
7.2.1.10. Pürüzlülük Genişliği Kesim Uzunluğu	67
7.2.1.11. Dalgallılık Yüksekliği	67
7.2.1.12. Dalgallılık Genişliği	67
7.2.2. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri	67
7.2.2.1. Ortalama Eksen Çizgi Değeri (R_a , Cla)	68
7.2.2.2. Ortalamaların Kareleri Toplamının Karekökü (R_q , R_s , R_{ms})	68
7.2.2.3. Profil Maksimum Tepe Yüksekliği (R_p)	69
7.2.2.3. Profil Maksimum Çukur Derinliği (R_v , R_m)	69
7.2.2.4. Maksimum Tepe-Çukur Yüksekliği (R_t , R_{max})	69

7.2.2.4. On Nokta Yüksekliği (R_z)	70
7.2.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	70
8. DENEY TASARIMI	72
8.1. Takım Tezgâhı	73
8.2. İş Parçası	73
8.3. Kesici Takımlar	75
8.4. Dinamometre	75
8.4.1. Amplifikatör	76
8.4.2. Veri Toplama Kartı (DAQ)	77
8.4.3. Bağlantı Kabloları	78
8.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı	78
8.6. Takım Aşınması ve Ölçüm Cihazı	79
8.7. Kesme Sıvıları	81
8.8. Takım Tutucular	83
8.8.1. Shrink Tutucu	84
8.8.2. Hidrolik Tutucu	85
8.8.3. Bilyeli Tutucu	86
8.9. Deney Tasarımları	88
8.9.1. Kesme Hızının Etkisi Deneyleri	88
8.9.2. İlerleme Hızının Etkisi Deneyleri	89
9. DENEYSEL SONUÇLAR	90
9.1. Takım Tutucular	90
9.1.1. Kuvvet Sonuçları	90
9.1.1.1. Kesme Hızı Deneylerinde Ölçülen Kuvvetler	93
9.1.1.2. İlerleme Hızı Deneylerinde Ölçülen Kuvvetler	100
9.1.2. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları	106
9.1.2.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi	106
9.1.2.2. İlerleme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi	111
9.1.3. Takım Aşınması Sonuçları	115
9.1.3.1. Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi Deneyleri	116
9.1.3.2. İlerleme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi Deneyleri	120

9.2. Kesme Sıvıları	123
9.2.1. Kesme Kuvvetleri ve Takım Aşınması	123
9.2.1.1. Kesme Hızı Deneylerinde Ölçülen Takım Aşınmaları ve Kesme Kuvvetleri	124
9.2.1.2. İlerleme Hızı Deneylerinde Ölçülen Takım Aşınmaları ve Kesme Kuvvetleri	133
9.2.2. Kesme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri	139
9.2.3. İlerleme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri	144
10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	147
10.1. Sonuçlar	147
10.1.1. Takım Tutucular	147
10.1.2. Kesme Sıvıları	151
10.2. Öneriler	155
10.2.1. Tutucular	155
10.2.2. Kesme Sıvıları	156
KAYNAKLAR	157
ÖZGEÇMİŞ	163

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Talaş kesit Alanı (mm^2)
AA	: Arithmetic Average
AISI	: American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)
Al	: Alüminyum
a_0, a_1, a_2, a_3	: Denklem Katsayıları
a_p	: Talaş Derinliği (mm)
As	: Arsenik
B	: Bor
Bi	: Bizmut
BUE	: Built Up Edge (Talaş Yığılması)
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
CBN	: Kübik Bor Nitrür
CCF-II	: Rafine Kanola Esaslı Kesme Sıvısı, Çift Emülsifiyer
Ce	: Seryum
CLA	: Center Line Average
CMCF	: Ticari Mineral Esaslı Kesme Sıvısı
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
CSCF-II	: Ham Ayçiçeği Esaslı Kesme Sıvısı, İkili Emülsifiyer

cst	: Centistoke
Cu	: Bakır
CVD	: Kimyasal Buhar Biriktirme
d	: Yoğunluk (g/ml)
D	: Freze çapı
DAQ	: Data Acquisition Card (Veri İzleme ve Kayıt Kartı)
DIN	: Deutsches Institut für Normung
EP	: Extreme Pressure (Aşırı Basınç)
E°	: Engler Derecesi
F _{ci}	: Kenar Başına Teğetsel Kesme Kuvveti
Fe	: Demir
F _e	: Toplam Teğetsel Kuvvet (N)
F _p	: Kesme Basıncı (N)
F _{pi}	: Kenar Başına Eksenel Kuvvet
F _{ref}	: Refraktometre Sabiti
F _z	: Thrust Force (Eksenel Kuvvet, İlerleme Kuvveti)
f	: İlerleme (mm/dev)
f _z	: Kenar Başına İlerleme (mm/dev)
h ₁	: Teorik Talaş Kalınlığı (mm)
h ₂	: Deformasyona Uğramış Talaş Kalınlığı (mm)
HSS	: High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
HM	: Sert Metal
HV	: Vickers Sertliği

k_c	: Özgöl Kesme Kuvveti (N/mm ²)
K_r	: Yanaşma Açısı
L	: Örnekleme Uzunluğu
L	: İşleme Stroku (mm)
La	: Lantan
l_a	: Giriş Stroku (mm)
l_u	: Çıkış Stroku (mm)
M	: Tork (Nm)
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
MQL	: Minimum Miktarda Yağlama
n	: Devir Sayısı (dev/dak)
N	: Gürültü
Nb	: Niyobyum
n_d	: Kırılma İndisi
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
P	: Tezgâh için Gerekli Güç (kW)
Pb	: Kurşun
P_c	: Kesme Gücü (kW)
PCD	: Çok Kristalli Elmas
pH	: Power of Hydrogen

psi	: Pound per Square Inch
PVD	: Fiziksel Buhar Biriktirme
R_a	: Ortalama Eksen Çizgi Değeri
R_p	: Profil Maksimum Tepe Yüksekliği
R_q, R_s, R_m	: Ortalamaların Kareleri Toplamının Karakökü
R_t, R_{max}	: Maksimum Tepe-Çukur Yüksekliği
R_v, R_m	: Profil Maksimum Çukur Derinliği
R_z	: On Nokta Yüksekliği
R^2	: Coefficient of Determination (Belirlilik Katsayısı)
S	: Kükürt
S	: Sinyal (İşaret)
SCF-II	: Rafine Ayçiçeği Esaslı Kesme Sıvısı, İkili Emülsifiyer
Si	: Silisyum
Sn	: Kalay
Ti	: Titanyum
TiC	: Titanyum Karbür
V	: Vanadyum
V	: Talaş Debisi (mm^3/dak)
V_c	: Kesme Hızı (m/dak)
V_f	: İlerleme Hızı (mm/dak)
W	: Volfram (Tungsten)
WC	: Tungsten Karbür
z	: Freze ağız sayısı

Zn	: Çinko
Zr	: Zirkonyum
α	: Boşluk Açısı
γ	: Uç Kenar Açısı
ε	: Hata
η	: Tezgah Verimi
μm	: Mikrometre
ω	: Açısal Hız

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. İlk üniversal freze tezgâhı	11
3.2. Frezeleme metotları ve freze çakıları.	13
3.3. İşleme tipine göre bazı freze çakıları.	14
3.4. Talaş Kaldırma Yöntemi [Akkurt, 2004].	14
3.5. Dik Kesme Modeli.	15
3.6. Eğik Kesme Modeli.	16
3.7. İki boyutlu ortogonal model [Akkurt, 2004].	16
3.9. (a) Simetrik alın frezeleme , (b)Asimetrik alın frezeleme.	18
3.10. (a) Zıt yönlü frezeleme şematik gösterimleri. (b) Aynı yönlü frezeleme şematik gösterimleri.	19
3.11. Formüldeki bazı değerlerin şematik gösterimi [Dursun, 2007].	22
3.12. Alın frezelemede talaş kaldırma kuvvetleri.	25
3.13. Çevresel frezelemede talaş kaldırma kuvvetleri.	28
4.1. Bazı takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değerlerinin karşılaştırılması [Özdemir ve Erten, 2003].	31
5.1. Yüzey gerilimi yüksek ve düşük iki damla yağ.	47
5.2. Farklı işleme operasyonlarında doğru kesme sıvısı uygulama metotları (a) tornalama (b) frezeleme (c) diş taşlama (d) delik delme [Kalpakjian and Schmid, 2001].	51
6.1. Takım Tutucu [www.wnt.com].	53
6.2. Flanş tipleri, a) SK tipi flanş, b) BT tipi flanş c)HSK tipi flanş [www.wnt.com].	55
6.3. Tutma topuzu [Çömlekoğlu, 1992].	56
7.1 Adhezyon aşınmasının meydana gelişi.	58
7.2. Abrazyon aşınmasının meydana gelişi.	59
7.3. Difüzyon aşınması	60

7.4. Takımda meydana gelen aşınma tipleri[Sture Hogmark and Uppsala University].	61
7.5. Yüzey kalitesini tanımlamak için standart terminoloji ve semboller.	64
7.6. (a) Gerçek yüzey, (b) Geometrik yüzey.	65
7.7. Pürüzlülük için kullanılan parametreler [Stephenson and Agapiou, 2006].	67
7.8. Rz pürüzlülük değeri [Stephenson and Agapiou, 2006].	70
8.1. Deney tasarımının şematik olarak gösterimi.	72
8.2. DECKEL MAHO DMU 60 P beş eksen işleme merkezi.	73
8.3. Deney iş parçası.	74
8.4. İki ağızlı değiştirilebilir uç.	75
8.5. Kesici takım özellikleri.	75
8.6. KISTLER 9257B dinamometre.	76
8.7. KISTLER 5070A11100 tipi amplifikatör.	77
8.8. Veri toplama kartı.	77
8.9. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.	78
8.10. Zeiss Axio Imager optik stereomikroskop.	80
8.11. (a) Burun aşınması, (b) Takım kırılması.	80
8.12. Sıvısının kesme bölgesine uygulanması.	81
8.13. Takım tutucular.	83
8.14. Shrink Tutucunun içyapısı [U.S. Patent, 2001].	85
8.15. Hidrolik tutucu içyapısı	86
8.16. (a) pens tutucunun sıkma yüzeyi (b) bilyeli tutucu sıkma yüzeyi.	87
8.17. Bilyeli tutucu içyapısı [U.S. Patent, 2006].	87
9.1. Kuvvet Zaman grafiği.	91
9.2. Frezelemede kesici takımın oluşturduğu kuvvetler.	91
9.3. Fx ve Fy kuvvetlerinin benzerlik ilişkisi.	92
9.4. Üç farklı kesme hızında kesme uzunluğu kuvvet ilişkisi a) 100 m/dak b) 150 m/dak, c) 200 m/dak	97

9.4. Üç farklı kesme hızında kesme uzunluğu kuvvet ilişkisi a) 100 m/dak b) 150 m/dak, c) 200 m/dak devamı	98
9.5. Üç farklı ilerleme hızında kesme uzunluğu kuvvet ilişkisi a) 0.2 mm/dev b) 0.25 mm/dev c) 0.3 mm/dev.	104
9.6.Üç Farklı Kemse Hızı İçin Yüzey Pürüzlülüğü Kesme Uzunluğu İlişkisi.	109
9.7. Üç Farklı İlerleme Hızı İçin Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü-Kesme Uzunluğu Grafiği.	113
9.8. Oluşan aşınma cinsi ve ölçüm yöntemi.	115
9.9.Kesme hızının takım aşınmasına etkisi.	119
9.10. İlerleme hızının takım ömrüne etkisi.	122
9.11. Kuvvet zaman diyagramı	124
9.12. Üç farklı kesme hızı için kesme kuvveti ve takım aşınması ilişkisi grafikleri.	129
9.12. Üç farklı kesme hızı için kesme kuvveti ve takım aşınması ilişkisi grafikleri devam.	130
9.13. Kesme hızının takım ömrüne etkisi	132
9.14. Üç farklı ilerleme hızı için kesme kuvveti takım aşınması grafikleri.	136
9.14. Üç farklı ilerleme hızı için kesme kuvveti takım aşınması grafikleri devam.	137
9.15. Üç farklı kesme hızı için yüzey pürüzlülüğü kesme uzunluğu ilişkisi.	142
9.16. Üç farklı ilerleme hızı için kesme uzunluğu-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.	145
10.1. Kesme hızının takım ömrüne etkisi.	153
10.2. İlerleme hızının takım ömrüne etkisi.	154

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Özgül kesme kuvvetinin (ks) değerleri.	26
3.2. k_T Faktörünün değerleri.	27
8.1. AISI 304 paslanmaz çeliğin kimyasal kompozisyonu (% Ağırlık).	74
8.2. KISTLER 9257B dinamometrenin teknik özellikleri.	76
8.3. KISTLER 5070A11100 amplifikatörün teknik özellikleri.	77
8.4. Veri toplama kartının teknik özellikleri.	78
8.5. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazına ait teknik özellikler.	79
8.6. Kullanılan kesme sıvıları ve kimyasal özellikleri.	82
8.7. Kullanılan tutucuların mekanik özellikleri [Eroğlu Teknik Data].	84
8.8. Kesme hızının etkisi için kullanılan deney parametreleri.	88
8.9. İlerleme hızı etkisi için kullanılan parametreler.	89
9.1. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_x kuvvet değerleri.	94
9.2. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_y kuvvet değerleri.	95
9.3. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_z kuvvet değerleri.	96
9.4. Kesme hızı deneyleri için performans karşılaştırması.	99
9.5. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_x kuvvet değerleri.	101
9.6. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_y kuvvet değerleri.	102
9.7. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_z kuvvet değerleri.	103
9.8.İlerleme hızı deneyleri için performans karşılaştırması.	106
9.9. Kesme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Yüzey pürüzlülüğü.	108
9.10. Kesme Hızı Deneyleri İçin Performans karşılaştırması.	110
9.11. İlerleme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Ortalama Pürüzlülüğü.	112
9.12.Üç farklı ilerleme hızı için performans karşılaştırması.	114

9.13. Kesme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Aşınma değerleri.	117
9.14. Üç farklı kesme hızı için takım aşınması performans karşılaştırması.	119
9.15. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen aşınma değerleri.	121
9.16. Üç ilerleme hızını için performans karşılaştırması.	122
9.17. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fx kuvvetleri.	125
9.18. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fy kuvveti değerleri.	126
9.19. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fz kuvveti değerleri.	127
9.20. Üç farklı kesme hızı için takım aşınma değerleri.	128
9.21. Üç farklı ilerleme hızı için ortalama Fx kesme kuvveti değerleri.	134
9.22.Üç farklı ilerleme hızı için ortalama Fy kesme kuvveti değerleri.	134
9.23.Üç farklı ilerleme hızı için ortalama Fz kesme kuvveti değerleri.	135
9.24. Üç farklı ilerleme hızı için takım aşınması değerleri.	135
9.25. Üç farklı kesme hızı için ortalama yüzey pürüzlülük değeri.	141
9.26. Üç farklı ilerleme hızı için elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.	144
10.1. Üç farklı kesme hızı için kesme kuvveti performans karşılaştırması	147
10.2. Üç farklı kesme hızı için yüzey pürüzlülüğü performans karşılaştırması.	148
10.3. Üç farklı kesme hızı için takım aşınması performans karşılaştırması.	149
10.4. Üç farklı ilerleme hızı için kesme kuvveti performans karşılaştırması.	149
10.5. Üç farklı ilerleme hızı için yüzey pürüzlülüğü performans karşılaştırması.	150
10.6. Üç farklı ilerleme hızı için takım aşınması performans karşılaştırması.	151
10.7. Üç farklı kesme hızı için Ep katkı maddesinin takım ömrüne etkisi	152
10.8. Üç farklı ilerleme hızı için Ep katkı maddesinin takım ömrüne etkisi	154

1.GİRİŞ

Talaşlı imalatı gruplandığımız zaman frezeleme, tornalama ve delme işlemleri temel üretim yöntemlerini meydana getirmektedir. Frezeleme işlemi bu yöntemler içerisinde en popüler olanıdır. Frezeleme, prensip olarak dönen çok uçlu bir kesici takım ile iş parçasının doğrusal hareketi sonucunda gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir. Günümüzde frezeleme işleminde takım, hemen hemen her yönde iş parçasına doğru hareket edebilmektedir [Çakır, 2000]. Gelişen teknoloji ile birlikte daha hızlı ve daha kalite ürünler elde edebilmek amacı ile frezeleme işleminde çok büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. İmalatın bilgisayar destekli hale getirilmesi, takım tutucu sistemlerinin, kesici takımların ve kesme sıvılarının geliştirilmesi frezeleme işlemindeki gelişmelerin temelini oluşturmuştur.

Son yıllarda yapılan çalışmalar takım tutucuların, kesici takımların ve kesme sıvıları üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada kesme sıvılarının performansı yanı sıra kesme sıvılarından bağımsız olarak takım tutucularından frezeleme işlemindeki performansı araştırılmıştır.

Talaşlı imalatta kesme sıvılarının kullanılması 200 yıl öncesine dayanmaktadır. 1868 yılında W. H. Northcott'un Londra'da yazdığı 'A Treastise on Lathes and Turning (Tornalar ve Tornalama Üzerine Bir İnceleme)' kitabı bu konuda yazılan ilk önemli eser olarak kabul edilebilir. Bundan yaklaşık 15 yıl sonra F. W. Taylor kesme bölgesine yoğun bir şekilde su uygulayarak kesme hızının %30-40 arttırılabileceğini göstermiştir [Malyer, 2001]. Bu çalışmadan sonra kesme sıvıları ile ilgili pek çok araştırma ve çalışma yapılmıştır. Kesme sıvısı teknolojisi; mineral, bitkisel ve hayvansal yağların kullanımını kapsar. Günümüzde mineral yağların geri kazanım maliyetlerinin yüksek olması ve çevreye verdiği zararlar nedeniyle bitkisel ve hayvansal esaslı yağlar önem kazanmaya başlamıştır [Alves and Gomes de Oliveira, 2008; Ojolo et al, 2008; Gündoğdu, 2006].

Bu nedenle bu çalışmanın bir bölümünde TÜBİTAK projesi kapsamında özel olarak geliştirilen bitkisel esaslı kesme sıvılarının ticari kesme sıvıları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bir kesme sıvısının performansı; kesme kuvvetleri, takım aşınması, sıcaklık, talaş şekli ve rengi, yüzey kalitesi ve tezgâh titreşimi gibi parametreler gözlenerek belirlenebilir. Deneylerde toplam 4 adet kesme sıvısı kullanılmış olup bunun 3 tanesi TÜBİTAK projesi kapsamında ayçiçeği (SCF_II) ve kanola(CCF_II) bitkilerinden geliştirilmiştir, diğer kesme sıvısı zor şartlar için özel olarak imal edilmiş olan yarı sentetik ticari kesme sıvısıdır. Geliştirilen bitkisel esaslı sıvıların ikisi (CCF-II, SCF-II) %8 Ep (aşırı basınç) katkılı olarak diğeri (CCF-II) Ep'siz olarak üretilmiştir. Böylece Ep katkı maddesinin de frezelemedeki performansı incelenmiştir.

Takım ömrünü arttırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etmek tek başına kesme sıvısı ile gerçekleştirilebilecek bir süreç değildir. Takım ömrü ve yüzey pürüzlüğü birçok parametre ile ilişkilidir. Bu parametrelerden biriside takım tutuculardır. Bu amaç ile birçok takım tutucu geliştirilmiştir. Bunlardan en bilinenleri shrink, hidrolik, bilyeli, pens, weldon ve mandren olarak sıralanabilir. Bunlar içerisinde özellikle shrink, hidrolik ve bilyeli tutucular hassas salgı değerleri ile daha uzun takım ömrü ve iyi bir yüzey kalitesi elde etmek amacı ile üretilmiştir. Bu çalışmada hassas işlemler için geliştirilmiş olan bu 3 takım tutucu tercih edilmiştir. Deneyler kuru kesme olarak gerçekleştirilmiş.

Kesme sıvısı için ve takım tutucuların performansı için gerçekleştirilen deneylerde; aynı kesme hızları (100, 150, 200 m/dak), ilerleme değerleri (0.2, 0.25, 0.3 mm/dev)kullanılmış olup. Sabit yana kayma (10 mm), sabit talaş derinliği (0.3 mm), iş parçası (304 paslanmaz çelik) ve kesici takım (AlTiN kaplanmış karbür uç) kullanılmıştır. Performans karşılaştırılması; kesme kuvvetleri, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü değerleri dikkate alınarak yapılmıştır. Kesme esnasında oluşan kuvvetler Kistler 9257B dinamometre ile ölçülmüştür. Kuvvet datası DAQ kartı ve Dynoware kullanıcı ara yüzü yardımıyla elde edilmiş ve bilgisayara kaydedilmiştir. Deliklerin yüzey pürüzlülüğü Mitutoyo Surf test SJ 301 ile ölçülmüştür. Her durumda yüzey

pürüzlülüğü için üç ölçüm alınmıştır ve analiz için ortalama değer kullanılmıştır. Takım aşınmaları Zeiss Axio Imager optik stereomikroskop ile 5x optik zoom yapılarak ölçülmüştür.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Kesme sıvılarının performansı ile ilgili birçok çalışma olmak ile birlikte çalışmada bitkisel esaslı kesme sıvılarını hakkında yapılan çalışma sayısı çok fazla değildir. Bu konuda son yapılan çalışmalar MQL [Vikram Kumar and Ramamoorthy, 2007; Zeilmann and Weingaertner, 2006; Heinemann et al, 2006; Obikawa et al, 2006; Kelly and Cotterell, 2002; Braga et al, 2002] ve bitkisel esaslı kesme sıvılarıdır. Bu tezin bir bölümünde çalışılan bitkisel esaslı kesme sıvıları kullanılarak yapılan çalışmalar delme [Belluco and De Chiffre, 2004; De Chiffre and Belluco, 2002; Belluco and De Chiffre, 2001], tornalama [Xavior and Adithan, 2009; Axinte et al, 2001; De Chiffre and Belluco, 2002], vida çekme [Belluco and De Chiffre, 2002; De Chiffre and Belluco, 2002; Belluco and De Chiffre, 2001] ve raybalama [Belluco and De Chiffre, 2002; De Chiffre and Belluco, 2002; Belluco and De Chiffre, 2001; De Chiffre et al, 2001] gibi talaşlı imalat yöntemleri üstüne gerçekleştirilmiştir.

Kuram tarafından gerçekleştirilen çalışmada delik delme işleminde bitkisel esaslı kesme sıvılarının ve kesme parametrelerinin delme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde iş parçası malzemesi olarak AISI 304 paslanmaz çelik malzeme ve kesici takım olarak 8 mm çapında HSSE matkap ucu kullanılmıştır. Kesme sıvısı olarak 6 tane bitkisel esaslı kesme sıvısı ve 1 tane ticari mineral esaslı kesme sıvısı kullanılmıştır. Deneyler üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk deney çalışmasında deney seti Taguchi L₉ (3³) ortogonal dizini esas alınarak hazırlanmıştır. Bu deney setinde kesme parametreleri olarak; devir sayısı, ilerleme, delme derinliği alınmıştır. Deneysel data Minitab 14 yazılımı yardımıyla işlenmiştir. Delme parametrelerinin etkisini analiz etmek için ortogonal dizin, işaret/gürültü (S/N) oranı ve varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. İkinci deneysel çalışma planı olarak; 81 delik sayısı için sabit devir sayısı, ilerleme ve delme derinlik değerleri için performans deneyleri yapılmıştır. Üçüncü deney setinde; farklı devir sayısı ve ilerleme değerlerindeki veriler elde edilmiştir. Genel olarak deney sonuçları, geliştirilen bitkisel esaslı kesme sıvılarının kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünü azaltmada performansının diğer ticari kesme

sıvılarına eşit veya ticari kesme sıvılarından daha iyi olduğunu göstermiştir [Kuram, 2009].

Belluco and De Chiffre çeşitli bitkisel esaslı kesme sıvılarının delik delmedeki verimliliğini araştırmıştır. Referans kesme sıvısı olarak mineral esaslı yağ ve 5 tane farklı seviyede katkılı bitkisel esaslı kesme sıvısı kullanılmıştır. Deneylerde iş parçası olarak östenitik paslanmaz çelik 316L, takım olarak da HSS-Co Ø8.8 DIN 1897 kullanılmıştır. Bu çalışmada takım ömrü, takım aşınması, kesme kuvvetleri ve talaş oluşumu gözlenmiştir. Varyans analizi (ANOVA) bütün ölçülen parametrelerin üzerinde farklı sıvıların etkisini incelemek için yürütülmüştür. Sonuçta bütün bitkisel esaslı kesme sıvılarının referans sıvıdan daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. En iyi performans takım ömrünü %177 artıran ve itme kuvvetini %7 azaltan kesme sıvısı ile elde edilmiştir [Belluco and De Chiffre, 2004].

Greeley and Rajagopalan çalışmasında delik delme kuvvetlerini ve sıcaklığı, yağlama ve soğutma fonksiyonunu karakterize etmek için kullanmıştır. Delme testlerinde 12.7 mm çaplı yağ delikli HSS matkap kullanılmıştır. İş parçası malzemesi 1018 çeliğidir. Bu çalışmada tork, itme kuvveti, sıcaklık ve yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Sonuçta yeni kesme sıvısının en yüksek tork, itme kuvveti ve sıcaklığa sahipken, kullanılmış kesme sıvısının en düşük tork, itme kuvveti ve sıcaklığı sağladığı gözlemlenmiştir. Kalsiyum ve magnezyum gibi iyonların varlığının kesme kuvvetlerini azaltmada sorumlu olabileceği hipotezi ileri sürülmüştür. Artan hidrolik yağ kirlenmesi kesme kuvvetlerinde azalmayla sonuçlanmaktadır [Greeley and Rajagopalan, 2004].

Xavior and Adithan'ın yapmış olduğu çalışmada kesme sıvılarının, AISI 304 malzemesinin karbür uçla tornalanması esnasında takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Hindistan cevizi yağının performansı, emülsiyon ve saf kesme yağları ile karşılaştırılmıştır. Hindistan cevizi yağı takım aşınmasını azaltmada ve yüzey kalitesini iyileştirmede diğer iki kesme sıvısından

daha iyi sonuç vermiştir. Hindistan cevizi yağı metal kesme endüstrisinde kullanılan diğer bitkisel esaslı kesme sıvıları ile karşılaştırılabilecek derecede termal ve oksidatif kararlılığa sahip olması nedeniyle bu çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışmada Taguchi deney tasarım metodu kullanılmıştır. Deneylerde kesme hızı, talaş derinliği, ilerleme ve kesme sıvısı tipi parametre olarak düşünülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını etkileyen parametreler ANOVA prosedürü kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplamalardan; ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde, kesme hızının da takım aşınması üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Aynı zamanda kesme sıvısının hem yüzey pürüzlülüğü hem de takım aşınması üzerinde önemli ölçüde etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Minitab-15 yazılımı kullanılarak serbest yüzey aşınması ve yüzey pürüzlülüğü için çoklu lineer regresyon modelleri geliştirilmiştir [Xavior and Adithan, 2009].

Khan and Dhar tornalamada bitkisel esaslı yağ ile MQL'nin (Minimum miktarda yağlamanın) kesme sıcaklığı, kesme kuvvetleri, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve ölçüsel sapma üzerindeki rolünü araştırmışlardır. Deneyler farklı kesme hızı ve ilerlemelerde yürütülmüştür. İş parçası olarak AISI 1060 çeliği, kesici takım olarak kaplanmamış karbür uç kullanılmıştır. Bitkisel esaslı yağ ile MQL'nin, ortalama kesme sıcaklığını, işleme parametreleri kesme hızının ve ilerlemenin seviyelerine bağlı olarak %5–12 azaltabileceği sonucuna varılmıştır. Böylece MQL ile işlemenin kesme performansının kuru işlemeden daha iyi olduğu gözlenmiştir. MQL çeliğin kuru işlenmesi ile karşılaştırıldığında takım aşınmasını azaltmakta, takım ömrünü arttırmakta ve daha iyi bitirme yüzeyi sağlamaktadır. Bitkisel esaslı yağ ile MQL, kesme kuvvetlerini %5–15 azaltmaktadır [Khan and Dhar, 2006].

Axinte et al kesme sıvısının tornalamada takım ömrü üzerindeki etkisini araştırmıştır. Referans kesme sıvısı olarak mineral esaslı yağ ve 5 tane farklı seviyede katkılı bitkisel esaslı kesme sıvısı kullanılmıştır. İş parçası olarak 316L paslanmaz çelik 147 HV kullanılmıştır. Kesici takım olarak kaplamalı karbür kullanılmıştır. Bu çalışmada kesme verileri değişimi, aşınma değerleri ve kesme

zamanı değerleri dikkate alınmıştır. Her bir kesme sıvısı için genişletilmiş Taylor denklemi regresyon analizi ile bulunmuştur [Axinte et al, 2001].

De Chiffre et al östenitik paslanmaz çeliği raybalama da su esaslı kesme sıvıları kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Kullanılan kesme sıvıları: Mineral yağ esaslı emülsiyon, sentetik soğutucu esaslı suda zneabilen esterler, bitkisel yağ esaslı emülsiyon, mineral yağ esaslı EP katkılı emülsiyon. Bu çalışmada kesme sıvısının kuvvetler, bitirme yüzeyi ve delik çapı üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Deneyler 3 farklı kesme derinliğinde ve 2 farklı takım tutucu kullanılarak yürütülmüştür. Deneyler sonucunda en düşük kuvvet, tork, delik çapı ve pürüzlülüğü değerleri bitkisel yağ esaslı emülsiyon ile elde edilmiştir [De Chiffre et al, 2001].

De Chiffre and Belluco tornalama, delik delme, raybalama ve kılavuz çekme operasyonlarında kesme sıvısının performansını değerlendirmişlerdir. Değerlendirilen parametreler takım ömrü, ürün kalitesi (lsel hassasiyet ve yüzey doğruluğu) ve kesme kuvvetleridir. İş parçası malzemesi olarak östenitik paslanmaz elik kullanılmıştır. 3 farklı EP katkısız %5 konsantrasyonlu su karışabilir ürünler ve 4 farklı kesme yağları araştırılmıştır. İş parçası malzemesi olarak östenitik paslanmaz elik kullanılması halinde, farklı kesme şartları altında farklı operasyonlar kullanılarak elde edilen sonuçlar bitkisel yağ esaslı ürünlerin üstün veya mineral yağ esaslı ürünlerle eşit olduğunu göstermiştir [Belluco and De Chiffre, 2002].

Belluco and De Chiffre yeni geliştirilmiş bitkisel esaslı kesme yağlarının raybalama ve kılavuz çekmede yüzey yapısı ve parça doğruluğu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ölçülen parametreler yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği ve mikro yapısal analizdir. Bu çalışmada kullanılan bitkisel esaslı yağlar raybalama ve kılavuz çekmede mineral yağlardan daha iyi performans göstermiştir. Yüzeyden 15 m mesafedeki mikro sertlikteki artış raybalama da %100 ve kılavuz çekmede %125'dir. Daha iyi sıvı daha az gerilme sertleşmesi, daha az yüzey pürüzlülüğü, daha az plastik

olarak deforme olmuş alt-yüzey tabaka kalınlığı ve daha iyi parça doğruluğu göstermiştir [Belluco and De Chiffre, 2002].

Belluco and De Chiffre HSS-E takımlarını kullanarak AISI 316L paslanmaz çeliğini işlemişlerdir. İşlemler delik delme, core delme, raybalama ve kılavuz çekmeyi içerir. Çalışmalarında bitkisel esaslı kesme yağlarının gelişimi ile ilgili olarak farklı yağlayıcıların kesme kuvvetleri ve güç üzerine etkisini araştırmışlardır [Belluco and De Chiffre, 2001].

Bitkisel esaslı kesme sıvılarının frezeleme üzerine performansı inceleyen yalnızca bir çalışma bulunmakta olup yapılan diğer çalışmalarda mineral ve yarı sentetik sıvıların performansı incelenmiştir.

Dal tarafından 6 farklı tip sıvı kullanılarak yapılan deneylerde geliştirilen bitkisel esaslı kesme sıvılarının frezelemedeki performansı araştırılmıştır. Deneyde AISI 316 paslanmaz çeliğin düzlem yüzeyin aynı yönlü kesme yöntemi ile son paso işlemesi yapılarak kesme kuvvetlerinin, takım aşınmasının ve yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi yapılmıştır. Kesme hızının, ilerlemenin, kesme derinliğinin, kesme sıvısı tipinin etkileri araştırılmıştır [Dal, 2010].

Vieira et al'un yapmış olduğu çalışmada sementit karbür takımlarla AISI 8640 çeliğin yüzey frezelenmesinde sentetik, yarı sentetik ve mineral kesme yağlarının performansının incelenmesi yapılmıştır. Kuru kesme deneyi performans karşılaştırması için yapılmıştır. İşleme esnasında takım ömrü, güç tüketimi ve yüzey pürüzlülüğü gibi parametreler izlenmiştir. Kesme sıvılarının soğutma kabiliyetini ölçmek için AISI 1020 çelik tornalanarak kesme sıcaklığı ölçülmüştür. En yüksek kesme sıcaklığı sırasıyla; kuru kesme, sentetik, mineral ve yarı sentetik şeklindedir. Fakat güç tüketimi bunun tersi şeklindedir. En iyi takım ömrü ise sırasıyla; kuru

kesme, sentetik ve yarı sentetik yağlarla elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ise kuru kesmede, sulu kesmeye oranla oldukça az bir farkla daha iyi olduğu gözlemlenmiştir [Vieira et al, 2001].

Abou-El-Hossein 304 paslanmaz çeliğin frezelenmesinde kesme sıvısının etkisini araştırmıştır. Çalışmalarında iki grup kesme testi uygulamıştır. Bunlardan birisi kesme sıvısıyla ve diğeri ise kuru kesmeyle. Kullanılan uçlar çok katman kaplı karbür uçtur. Takım ömrü ve takım aşınması arasındaki bulgular karşılaştırılmıştır. Kesme sıvısının düşük kesme hızlarında etkili olduğu ifade edilmiştir. Kesme hızını artırmakla soğutma sıvısının takım ömrü üzerindeki etkisi azalmıştır. Kuru kesmede ise talaş yığılması ve uç aşınması başlıca kusurlardır. Sulu kesmede ise çentik aşınması ve kesme kenar oyukluğu meydana gelmiştir. Ayrıca bu çalışma, imalat yapan mühendisler için kesme şartlarına ilişkin oldukça önemli bilgiler vermektedir [Abou-El-Hossein, 2008].

Bu çalışmalardan bağımsız olarak gerçekleştirdiğimiz takım tutucuların performansı ile ilgili daha önce yapılan çalışmaları incelediğimiz zaman frezeleme işleminde tutucuların bir biri ile karşılaştırılması şeklinde yapılan iki çalışma bulunmaktadır.

Sert tarafından gerçekleştirilen çalışmada Shrink, Weldon ve Pens takım tutucularının parmak freze kullanılarak düzlem yüzey frezelemede performansları karşılaştırılmıştır. İş parçası olarak 29 HRc sertliğe sahip AISI D2 soğuk iş takım çeliği kullanılan deneylerde belirlenen kesme parametrelerine bağlı olarak deney tasarımı Taguchi L9 ortogonal matrisine göre oluşturulmuştur. Her takım tutucu için 9 deney yapılmıştır. Performans karşılaştırılması takımda meydana gelen aşınmaları ve işleme sonucunda iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması sureti ile yapılmıştır. Tüm bu ölçüm ve analizler sonucunda Shrink takım tutucunun diğer iki takım tutucudan daha iyi performans gösterdiği, en kötü performansı Pens takım tutucunun gösterdiği belirlenmiştir [Sert, 2007]

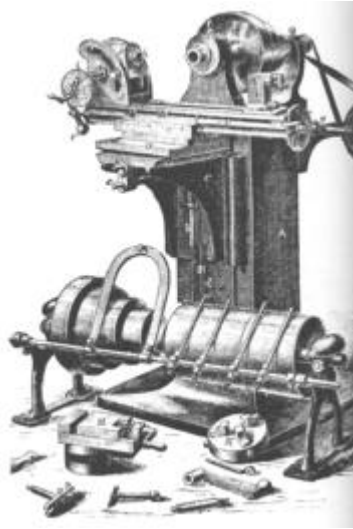
Takım tutucuların karşılaştırılması şeklinde yapılan diğer bir çalışma ise K. Kitajima tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada şekil hafızalı alaşım kullanılarak modifiye edilen shrink tutucunun (SMA), shrink ve pensli tutucu ile karşılaştırılarak performansı araştırılmıştır. Deneyler kuru kesme olarak yapılmış olup performans karşılaştırılması deney süresince meydana gelen titreşimler ve yüzey pürüzlülüğü gözlemlenerek yapılmıştır. SMA tutucunun kesme süresince daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir [Kitajima, 2005].

Darwish tarafından yapılan araştırmada mekanik sıkmalı, set lehimli ve yapıştırırmalı olarak bağlanan kesici ucun tornalama işlemindeki ölçüsel doğruluk ve geometrik tolerans üzerindeki performans araştırılmıştır. Sert lehimle bağlama sisteminin ölçüsel doğruluk ve geometrik tolerans açısından daha iyi performans sağladığı gözlemlenmiştir [Darwish, 2000].

3. FREZELEME

Frezeleme, prensip olarak dönen çok uçlu bir kesici takım ile iş parçasının doğrusal hareketi sonucunda gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir. Günümüzde frezeleme işleminde takım, hemen hemen her yönde iş parçasına doğru hareket edebilmektedir. Frezeleme genellikle düzlemsel yüzeylerin, dik köşelerin ve kanalların işlenmesinde kullanılan bir işlemdir [Çakır, 2000].

İlk üniversal freze tezgâhı (Şekil 3.1) 1861 yılında Joseph R. Brown (Brown&Sharp) tarafından helisel matkapların helisini yapmak için icad edilmiştir. 1864 yılında ise Brown formülü freze çakıları geliştirmiş ve patentini almıştır [Woodbury, 1972].



Şekil 3.1. İlk üniversal freze tezgâhı

Gelişen teknoloji sayesinde ilk olarak CNC teknolojisi 2. dünya savaşı sonrasında endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarların imalata dâhil edilmesiyle sadece basit parçalar yapan freze tezgâhları oldukça kompleks parçaları çok basit bir şekilde yapar hale gelmiştir.

Frezeleme işlemi sadece gerçekleştirilen işlem tipleri açısından değil aynı zamanda kullanılan tezgâh, takım ve işlenen iş parçası açısından da büyük farklılıklar göstermektedir.

3.1 Frezeleme Tezgâhları

Frezeleme işlemi yukarıda belirtildiği gibi kullanılan tezgâh tipine göre da farklılık gösterir. Bu frezeleme tezgâhları başlıca şu şekildedir [İpekçioğlu, 1982].

- 1- Konsollu Freze Tezgâhları
 - a- Yatay Freze Tezgâhları
 - b- Düşey Freze Tezgâhları
 - c- Üniversal Freze Tezgâhları
- 2- İmalat Freze Tezgâhları
 - a- Tek Sütunlu Freze Tezgâhları
 - b- Çift Sütunlu Freze Tezgâhları
 - c- Kopya Freze Tezgâhları
- 3- Yatay Delik Freze Tezgâhları (Bohrwerk)
- 4- Dişli İşleme Tezgâhları
 - a- Azdırma Dişli Tezgâhları
 - b- Vargelleme Usulüyle Dişli Açma Tezgâhı
 - c- Krameyer Biçimli Bıçakla Dişli Açma Tezgâhı
- 5- NC Freze Tezgâhları
- 6- CNC Freze Tezgâhları

3.2 Temel Frezeleme İşlemleri

Frezeleme metodu ilerleme hareketinin tarzına ve imal edilen yüzeyin durumuna göre düzlemsel frezeleme, alın frezeleme, profil frezeleme ve kanal açma gibi değişik metotlara ayrılır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Frezeleme metotları ve freze çakıları.

Frezeleme işlemlerinde en önemli iş takımının işe uygun olarak seçilmesi ve iş parçasının en uygun biçimde bağlanmasıdır. Talaş kaldırma işleminde gerek talaş yüklenmesini, gerekse sarsıntıyı karşılayacak şekilde bağlama yapmak şarttır. Frezeleme işleminde bazı parçalar tek takımla bazıları ise birden fazla takımla yapılır. Bu nedenle işlem yaparken kaba, orta kaba ve son paso olmak üzere talaş kaldırma işlemi sınıflandırılır ve talaş kaldırma işlemleri bu sınıflandırmaya uygun olarak yapılır [İpekçioğlu, 1982].

3.3. Freze Kesici Takımları

İşleme tipine göre freze çakıları şu şekildedir (Şekil 3.3)

- 1- Silindirik Freze Çakısı
- 2- Alın Freze Çakısı
- 3- Kanal Açma Freze Çakısı
- 4- Konik Alın Freze Çakısı
- 5- T-Kanal Freze Çakısı

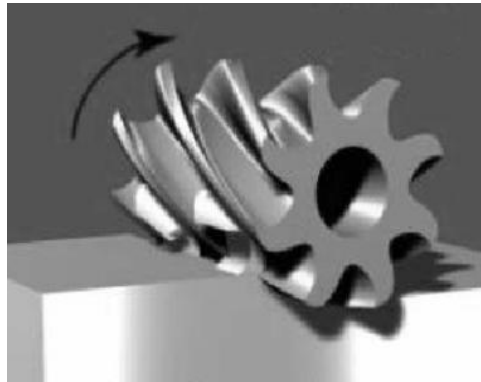
- 6- Form Freze Çakıları (Konkav, Konveks)
- 7- Konik Saplı Helis Kanallı Parmak Freze Çakıları
- 8- Silindirik Saplı Parmak Freze Çakıları
- 9- Değiştirilebilir uçlu Freze Çakıları



Şekil 3.3. İşleme tipine göre bazı freze çakıları.

3.4 Talaş Kaldırma Mekanîği

Kesici bir kenara sahip bir takım ile parça yüzeyinden Şekil 3.4’de görüldüğü gibi malzeme ayırma yöntemi talaş kaldırma olayı olarak adlandırılır. Bu olay esnasında iş parçasından ayrılan parçaya da talaş adı verilir.

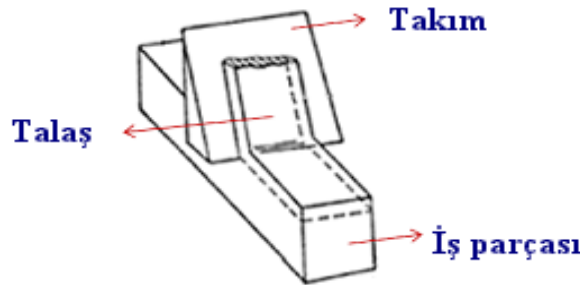


Şekil 3.4. Talaş Kaldırma Yöntemi [Akkurt, 2004].

Talaş kaldırma, fiziksel bakımdan kesici takım ile iş parçası arasındaki kesme ve ilerleme hareketi sonucunda elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması, takım ucunun aşınması gibi olaylar meydana gelen fiziksel ve karmaşık bir olaydır. Bu, ancak takıma uygulanan kuvvetin yeterli ve kesici takım malzemesinin iş parçası malzemesinden daha sert olmasıyla gerçekleşir [Akkurt, 1985]. Kesici takım ucunun temas ettiği metal tabakasında önce elastik sonra plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Metal tabakasında akmlar başlar ve gerilmeler, malzemenin kopma dayanımı sınırını aştığı anda tabaka talaş şeklinde bir yüzey boyunca parçadan ayrılır. Kesme, kesicinin parçaya nüfuz etme şekline göre iki şekilde meydana gelmektedir.

3.4.1. Dik Kesme

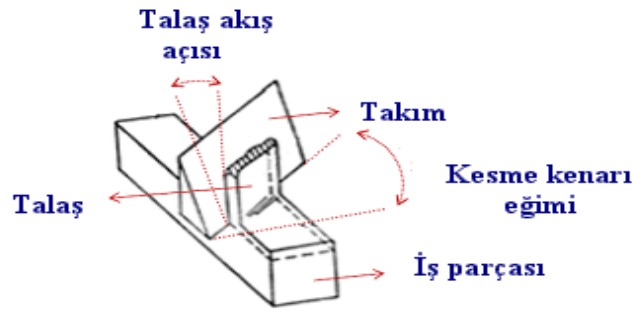
Dik kesmede işleminde kesme hızı vektörü ile takımın kesme kenarı birbirine diktir. Şekil 3,5’de dik kesme modeli şematik şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Dik Kesme Modeli.

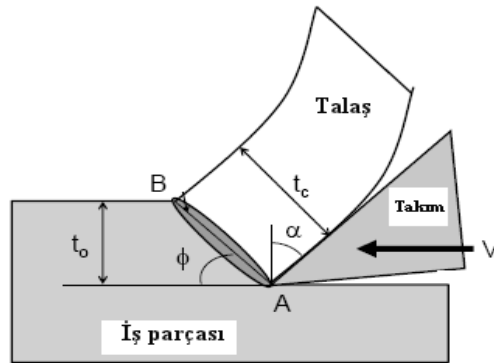
3.4.2 Eğik Kesme

Eğik kesmede kesme hareketi ile kesici uç birbirine dik değildir. Şekil 3.6’de eğik kesme modeli şematik şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Eğik Kesme Modeli.

Üç boyutlu kesme işlemlerini modellemek için iki boyutlu model üç boyutlu işlemlerin davranışlarını ideal gösteren bir geometriye sahip olduğundan deformasyon işleminin açıklanmasında bu iki boyutlu modelden yararlanılır. Şekil 3.7.'de iki boyutlu ortogonal model üzerinde kesme birinci kayma bölgesi, hızı vektörü, talaş açısı (α), kesme açısı (Φ), kesme yüzeyi boyunca iş parçasından ayrılacak olan talaşın kalınlığı (t_o), kesme işlemi sonucu oluşan talaşın kalınlığı (t_c) şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.7. İki boyutlu ortogonal model [Akkurt, 2004].

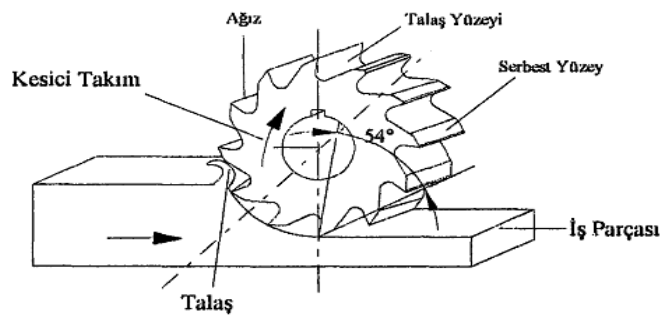
Takımın iş parçası üzerine talaş oluşumu için yeterli olan belirli bir kuvvetle bastırıldığı ve kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiği düşünülürse, takım ucunun temas ettiği metal tabakasında akma başlar ve gerilmeler malzemenin kopma

sınırını aştığı zaman tabaka talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca malzemeden ayrılır [Akkurt, 2004; Şahin, 2000].

Frezeleme işleminde, kesici takımın kendi eksenini etrafında dönmesi ve bununla beraber parçanın ilerleme hareketi yapması sonucu talaş kaldırma işlemi gerçekleşir. Parçanın işlenmesi sırasında takım ve iş parçası arasında üç ayrı hareket meydana gelir. Bunlar sırasıyla kesme hareketi, ilerleme hareketi ve yardımcı hareketlerdir. Frezeleme işleminde kesme hareketi takımın dönmesiyle meydana gelir. İş parçası ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareketlerde, iş parçasına kesici takım yaklaşması ve kesme işleminden sonra parçadan ayrılması gibi hareketlerdir. İş parçası yüzeyinin işlenmesine göre frezeleme işlemleri çevresel ve alın frezeleme olarak iki grupta incelenir.

3.4.3. Çevresel Frezeleme

Çevresel frezeleme, eksenini yatay durumda bulunan ve silindirik bir frezenin çevresindeki kesici dişlerle talaş kaldırma işlemidir. Bu yöntemde kesici takımın her bir dişi bağımsız olarak düşünüldüğünde talaş kaldırma işlemi; tornalamada olduğu gibi meydana gelir. Ancak burada iş parçası ilerleme hareketi yapar ve dişler belirli bir eksen etrafında döner. Bu nedenle işlem sırasında talaş kesit alanı devamlı değişir. Bunu için tornalama işlemine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Şekil 3.8’de çevresel frezeleme görülmektedir.

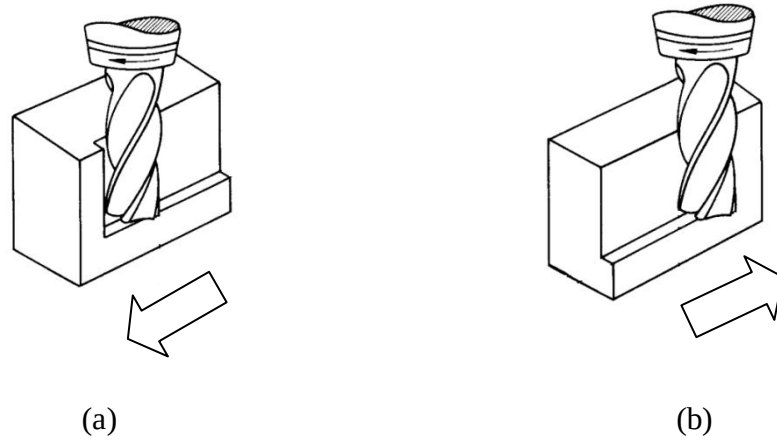


Şekil 3.8. Çevresel frezeleme işleminde talaş kaldırma işlemi [Akkurt, 2004].

3.4.4. Alın Frezeleme

Alın frezeleme, takım eksenini işlenen yüzeye dik olan kesme takımları ile iş parçasından talaş kaldırma işlemidir. Talaş kaldırma işlemi kesici takımın alın ve yan kenarındaki kesici ağızları ile gerçekleşir. Alın frezeleme işleminde kesici takımın boyu önemli bir faktördür.

Alın frezelemede, takımın işlenen yüzeyin genişliğine göre konumu Şekil 3.9'da gösterildiği gibi simetrik veya asimetric olabilir. Simetrik alın frezelemede frezenin yatay eksenini, işlenen yüzeyin orta çizgisi ile çakışır. Asimetric alın frezelemede ise frezenin yatay eksenini, işlenen yüzeyin orta çizgisi ile çakışmaz [Akkurt, 2004]. Simetrik alın frezelemenin asimetric alın frezelemeden farkı, talaş oluşumu sırasında talaşta kalınlık farkı olmamasıdır. Buda aynı yönlü ve zıt yönlü frezeleme yönteminin uygulamasını ortadan kaldırır.

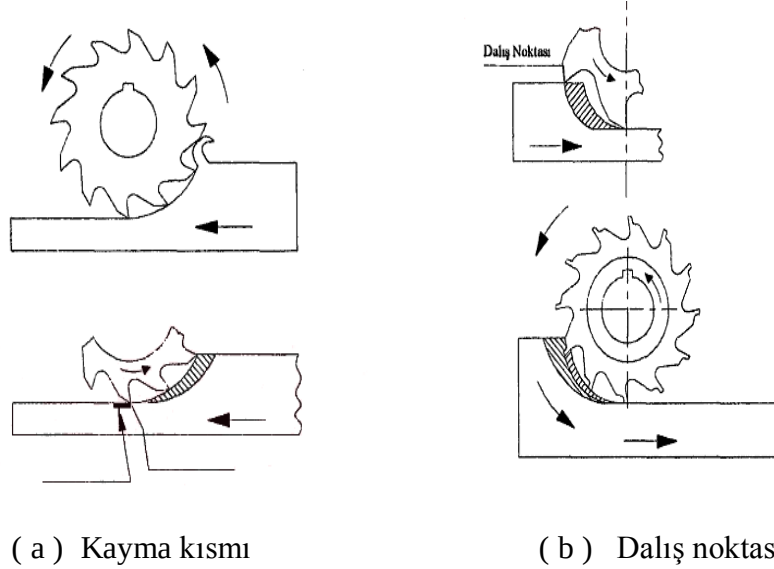


Şekil 3.9. (a) Simetrik alın frezeleme , (b)Asimetric alın frezeleme.

Kesici takım dönme yönü ve iş parçasının ilerleme yönleri dikkate alındığında frezeleme yöntemi ikiye ayrılır. Bunlar, zıt yönlü (konvansiyonel) ve aynı yönlü (klimb) olarak adlandırılır.

3.4.5. Zıt Yönlü ve Aynı Yönlü Frezeleme Yöntemi

Zıt yönlü frezeleme işleminde, iş parçasının ilerlemesi kesici takımın dönme yönüne karşı olduğu zaman yapılan frezeleme yöntemidir. Şekil 3.10a’da gösterildiği üzere karşı olarak dönmekte ve kesme işlemi aşağıdan yukarıya doğru yapılmaktadır. Bu yöntemde kesici takımın iş parçasının çıkış noktasında maksimum talaş kaldırma işlemi yapan aynı yönlü frezelemede Şekil 3.10b’de görüldüğü gibi, kesici takımın iş parçasıyla temas noktasındaki kaldırdığı talaş maksimum, çıkış noktasında ise minimum olur. Çevresel frezeleme dikkate alındığında aynı yönlü frezeleme işleminde takım, iş parçası üst yüzeyine baskı uygulayarak parçayı tezgâh tablasına bastırarak kendine doğru çekmeye çalışır.



Şekil 3.10. (a) Zıt yönlü frezeleme şematik gösterimleri. (b) Aynı yönlü frezeleme şematik gösterimleri.

Aynı ve zıt yönlü frezeleme yöntemi ile talaş kaldırma işleminin birbirine göre avantajlı ve dezavantajlı yönleri bulunmaktadır. Bu farklılıkları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [Akkurt, 2004; Şahin, 2000; Gülmez, 2003].

- Zıt yönlü frezelemede kesme kuvveti ile iş parçasının karşı koyma kuvveti zıt yöndedir. Bu sebeple meydana gelen kesme kuvveti bileşkesi büyüdüğünden tezgâhın enerji sarfıyatı artmaktadır.
- Kesme kuvvetinin başlangıçta en yüksek olması, aynı yönde frezeleme yöntemi için bir kusurdur. Parçayı tablaya bastırması ise bir üstünlüktür. Bu sayede iş parçasının titreşimi azalacak ve yüzey kalitesi yükselecektir.
- Döküm yoluyla elde edilen parçaların yüzeylerinde sert tabaka olduğundan aynı yönlü frezeleme yönteminde kesme dişi başlangıçta sert tabakaya nüfuz etmeye çalışır. Bu nedenle takım daha çabuk aşınır ve takım ömrü azalır.
- Zıt yönlü frezeleme yönteminde diş daha yumuşak olan işlenmiş yüzeye nüfuz edecektir. Ancak kesme ağzının ucu çok azda olsa yuvarlatılmış olması nedeniyle diş ilk temasında kayacak ve daha sonra malzemeye nüfuz edecektir. Bu kayma takım aşınmasına ve takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır.
- Zıt yönlü frezeleme yönteminde talaş kaldırma esnasında iş parçasının yüzeyinde oluşan elastik ve plastik deformasyon etkisinden dolayı işlenen iş parçasının yüzey kalitesi iyi değildir.

3.4.6. Frezeleme İşleminde Kullanılan Genel Formüller.

Kesme hızı(m/dak)
$$v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000} \quad (3.1)$$

Fener mili hızı(dev/dak)
$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c} \quad (3.2)$$

İlerleme hızı(mm/dak)
$$v_f = f_z \times n \times z_n \quad (3.3)$$

Diş başına ilerleme(mm/diş)
$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_n} \quad (3.4)$$

Devir başına ilerleme(mm/dev)
$$f_n = \frac{v_f}{n} \quad (3.5)$$

Kaldırılan talaş miktarı(cm³)
$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000} \quad (3.6)$$

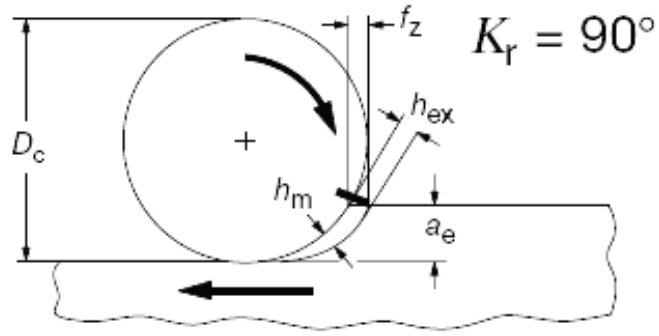
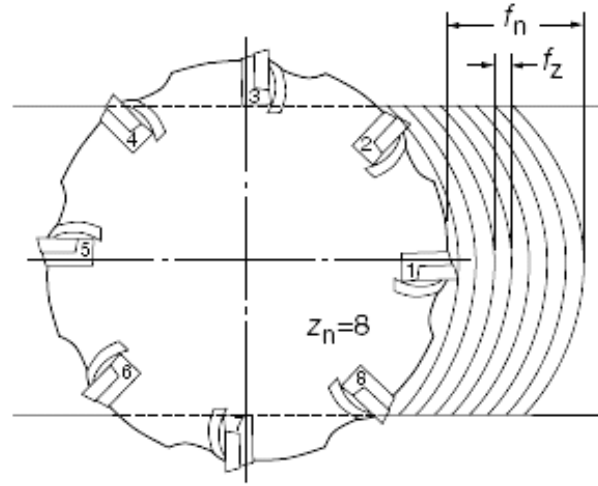
Spesifik kesme kuvveti(N/mm²)
$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c} \quad (3.7)$$

Ortalama talaş kalınlığı (mm)
a_e/D_c ≤ 0.1 iken (Kenar ve alın frezeleme)
$$h_m \approx f_z \sqrt{\frac{a_e}{D_c}} \quad (3.8)$$

Ortalama talaş kalınlığı (mm)
a_e/D_c ≥ 0.1 iken
$$h_m = \frac{\sin \kappa_r \times 180 \times a_e \times f_z}{\pi \times D_c \times \arcsin\left(\frac{a_e}{D_c}\right)} \quad (3.9)$$

İşleme zamanı(dak)
$$T_c = \frac{l_m}{v_f} \quad (3.9)$$

Net güç (kW)
$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times \kappa_c}{60 \times 10^6 \times \eta} \quad (3.10)$$



Şekil 3.11. Formüldeki bazı değerlerin şematik gösterimi [Dursun, 2007].

3.5. Kesme Mekanizması

Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler, talaş kaldırmanın önemli bir safhasıdır. Takım tezgâhlarının üretimiyle ilgili olarak titreşimsiz, yeterli rijitlikteki tezgâhlarda oluşan kuvvetlerin ve gerekli güç kapasitesinin hesaplanması bu tezgâhların tasarımında gereklidir. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, takım tasarımını optimize etmede de faydalı olup kesmenin bilimsel analizi de kuvvetlerin bilinmesini gerektirmektedir. Son yüzyılda takım kuvvetlerinin yeterli hassaslıkta ölçülmesi için pek çok dinamometre geliştirilmiştir.

Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin, talaş/takım arasında temas uzunluğuyla ilgili olduğu bilinmektedir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemeleri işlemede, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğundan dolayı çok düşük kuvvetler meydana getirirler. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, talaş/takım arasındaki temas uzunluğu sınırlandırılarak kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisinden de etkilenir. Örneğin, talaş açısı değerinde artış hem ilerleme hem de kesme kuvvetini düşürür. Fakat talaş açısının optimum bir değeri mevcut olup daha fazla artış kesici ucun dayanımını zayıflattığından aşınmayı artırır. Takım aşındığı zaman yan kenar aşınması artar. Buna bağlı olarak da boşluk yüzeyi temas alanını da artıracığından takım kuvvetlerini de artırır. Soğutma sıvısı kullanılarak kesme yapıldığında da kesme kuvvetlerinin azalacağı söylenebilir [Şahin, 2000].

Frezelemede, talaş kaldırma sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetleri değişkendir. Bundan dolayı, pratikte hesapları kolaylaştırmak için ortalama talaş kesitine karşılık gelen ortalama kesme kuvvetleri alınır.

Frezelemede genellikle aynı anda birden fazla diş (ağız) talaş kaldırır. Dolayısıyla kuvvetler; bir dişe karşılık gelen ortalama talaş kaldırma kuvveti (F_z) ve

onun bileşenleri olan; ortalama kesme kuvveti (F_{sz}), ortalama radyal kuvvet (F_{rz}) ve ortalama ilerleme kuvveti (F_{vz}) olarak ifade edilirler.

Aynı zamanda parçadan talaş kaldıran diş sayısı;

$$Z_e = \frac{Z \cdot \varphi_s}{360} \quad (3.11)$$

Z : Kesici Ağız sayısı (Adet)

φ_s : Kesici Uçlar arasındaki Aç

Tüm frezeeye (takıma) ait ortalama kesme kuvvetleri,

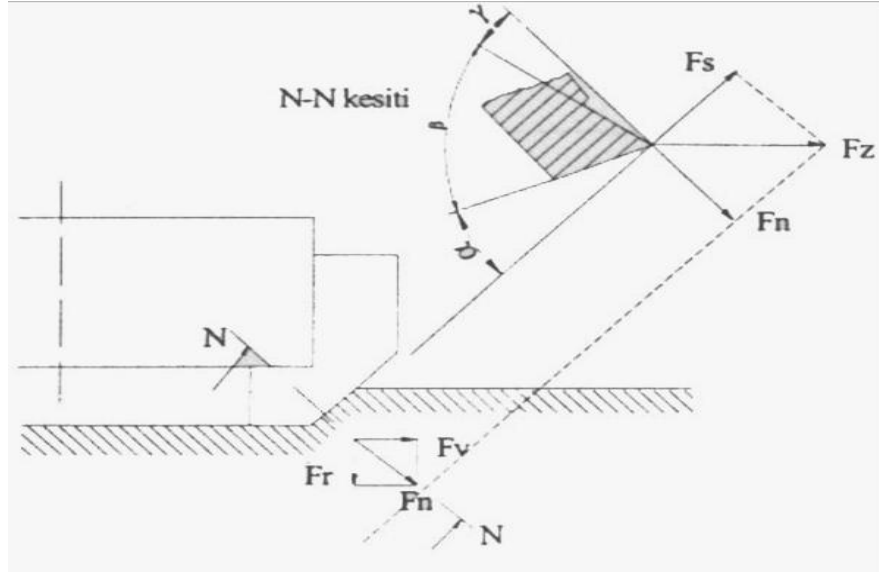
$$F_s = Z_e \cdot F_{sz}, \quad (3.12)$$

$$F_v = Z_e \cdot F_{vz}, \quad (3.13)$$

$$F_r = Z_e \cdot F_{rz} \quad (3.14)$$

Bağıntılarından bulunur.

Alın frezelemedeki kesme kuvvetlerinin durumu Şekil 3.12’de görülmektedir. Kesici ağza dik olarak alınan N-N kesitindeki ortalama talaş kaldırma kuvvetlerinin (F_{sz}) bileşenleri, kesme kuvveti (F_s) ve normal kuvvettir (F_n). Ağız düzleminde ise F_n normal kuvvetin bileşenleri, ilerleme kuvveti (F_v) ve radyal kuvvettir (F_r) [Akkurt, 1996; Dönertaş, 1999].



Şekil 3.12. Alın frezelemede talaş kaldırma kuvvetleri.

Burada bir dişe karşılık olan kesme kuvveti;

$$F_{sz} = A_s \cdot k_s = b \cdot h_m \cdot k_s \quad (3.15)$$

$$F_s = Z_e \cdot F_{sz} = Z_e \cdot b \cdot h_m \cdot k_s \quad \text{şeklinde ifade edilir.} \quad (3.16)$$

b : Talaş Genişliği (mm)

h : Talaş Kalınlığı (mm)

Takım geometrisi, talaş geometrisi, parça malzemesi, kesme malzemesi, kesme hızı ve ilerleme gibi talaş kaldırma olayını etkileyen tüm bu faktörlerin etkisini ifade eden ve özgül kesme kuvveti denilen (k_s),

$$k_s = k_{s11} \cdot h^{-z} \cdot k_\gamma \cdot k_\lambda \cdot k_T \text{ veya } k_s = k_{sh} \cdot k_\gamma \cdot k_\lambda \cdot k_T \quad (3.17)$$

Bağıntıları ile tayin edilir.

Eğer, talaş açısı (γ) ve eğim açısı (λ) bilinmiyorsa bu durumda özgül kesme kuvvetinin bulunmasında;

$$k_s = k_{s11} \cdot h^{-z} \cdot k_T \quad \text{veya,} \quad k_s = k_{sh} \cdot k_T \quad (3.18)$$

Eşitlikleri kullanılır.

Tablo 3.1. Özgül kesme kuvvetinin (k_s) değerleri.

Parça Malzemesi	K_s (N/mm ²)
Ç 1040	1600
Ç 1050	1900
İslah çelikleri ($\sigma_k \leq 100$ N / mm)	2350
İslah çelikleri ($\sigma_k \leq 1400$ N / mm)	3500
Cr-Ni çelikleri	3000
Mn çelikleri	4800
Dökme çelik	1500
Dökme demir	2000
Al-Cu-Mg alaşımı (Duraliminyum)	800

k_s 'nin değeri belirli kesme şartları için parça malzemesine bağlı olarak deneylerle bulunur. Bu konuda yapılan incelemeler, kesme şartlarından özgül kesme direncini en çok etkileyenin talaş derinliği olduğunu göstermiştir [Akkurt, 1996; Dönertaş, 1999]

Buradaki k_{s11} ve k_{sh} 'nin değerleri Tablo 3.1 'den, k_T düzeltme faktörünün değeri ise Tablo 3.2 den alınabilir. Tablo 3.2 ye göre;

Hız çeliğinden yapılan alın freze için $k_T = 1,2$

Sert metalden yapılan alın freze için $k_T = 1,0$ alınır.

k_γ düzeltme faktörü ise,

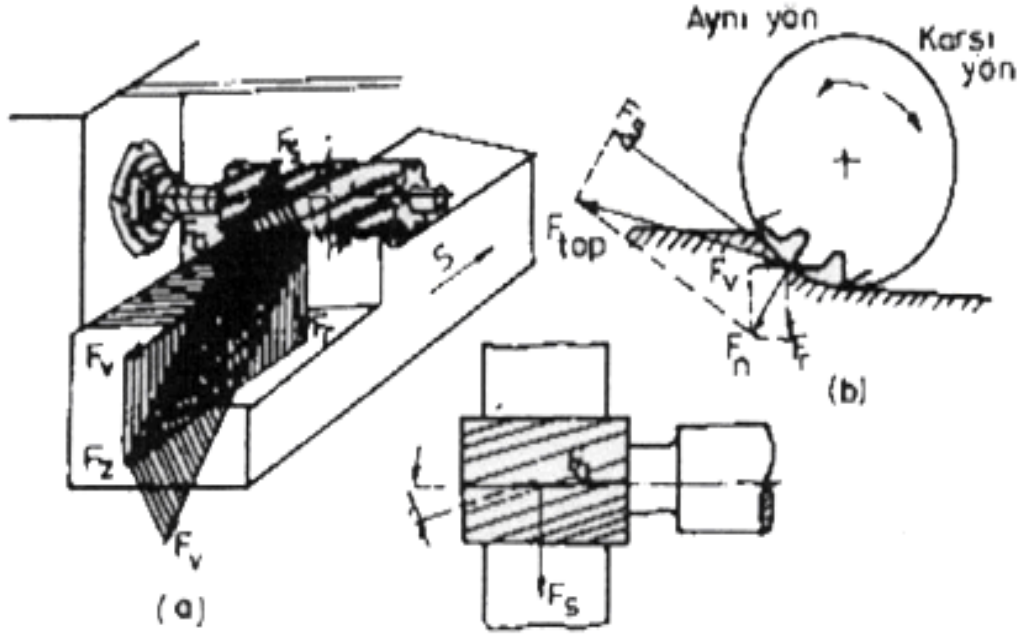
$$k_\gamma = \frac{c - \gamma^\circ}{100} \quad (3.19)$$

Bağıntısından hesaplanabilir. c 'nin değeri çelik için 109 ve dökmedemir için 103 olarak seçilmektedir.

Tablo 3.2. k_T Faktörünün değerleri.

Talaş Kaldırma Yöntemi	Takım malzemesi	
	HM	HSS
Dış tornalama	1,0	1,2
İç tornalama	1,2	1,44
Planyalama, Dikey planyalama	1,18	1,42
Broşlama	-	1,3
Matkapla delme	-	1,0
Raybalama	-	1,1
Silindirik frezeleme	1,3	1,56
Alın frezeleme	1,0	1,2
Taşlama	3,5	

Daha önce alın frezelemede kesme kuvvetleri bölümünde verilen formüller çevresel frezelemedeki kesme kuvvetlerinin hesaplanmasında da kullanılır. Bundan başka, helisel silindirik frezelemede ayrıca F_a eksenel kuvveti de meydana gelir. Bu kuvvet; $F_a = F_s \cdot \tan \lambda$ (3.20) ile gösterilir (Şekil 3.13). Şekilde de görüldüğü gibi, aynı yönlü frezelemede parçayı tablaya bastıran ve karşıt yönlü frezelemede de parçayı kaldırmaya çalışan kuvvet (F_r) radyal kuvvetidir.



Şekil 3.13. Çevresel frezelemede talaş kaldırma kuvvetleri.

3.5.1 Kesme Kuvveti Ölçüm Teknikleri

- Kapasitif transdüserler
- Piezoelektrik transdüserler
- Fotoelektrik transdüserler
- Termo-elektrik transdüserler
- Diferansiyel transformatörler (LVDT)
- Yük hücreleri (elastik transdüserler-load cell)
- Çubuk tipi yük hücresi
- Kiriş tipi yük hücresi
- Halka tipi yük hücresi
- Makaslama göbekli tip yük hücresi
- Strain Gage (Uzama telleri)
- Dinamometre

4. TALAŞLI İMALATTA KULLANILAN KESİCİ TAKIMLAR

Talaş kaldırma esnasında oluşan kuvvetler; basınç, sürtünme, ısı oluşumu ve aşınma gibi olaylar ile birlikte ekonomiklikte dikkate alındığı zaman; bir kesici takım, yüksek sıcaklıklarda aşınmaya karşı dayanıklı ve iyi bir kimyasal kararlılığa, ısı birikiminin önlenmesi için yüksek ısı iletim yeteneğine, ucuz olması yanında darbe etkisine karşı yeterli derecede tok olma özelliğine sahip olmalıdır. Ancak bütün bu özelliklere sahip bir kesici yoktur. Çünkü bu özellikler birbirleriyle ters düşebilmektedir [Şahin, 2003].

Teknolojinin gelişmesi, değişik kesici takımları geliştirmeyi gerekli kılmıştır. Neticede, daha yüksek tokluk özelliğine sahip olması, daha iyi aşınma direncine sahip olması ve daha yüksek ısıya dayanması için karburlu takım malzemeleri geliştirilmiştir [Şahin, 2003].

4.1. Kesici takım Malzemeleri

Kesici takım malzemeleri; içyapıları, ömürleri, imalat şekilleri, mekanik ve fiziksel özelliklerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilirler:

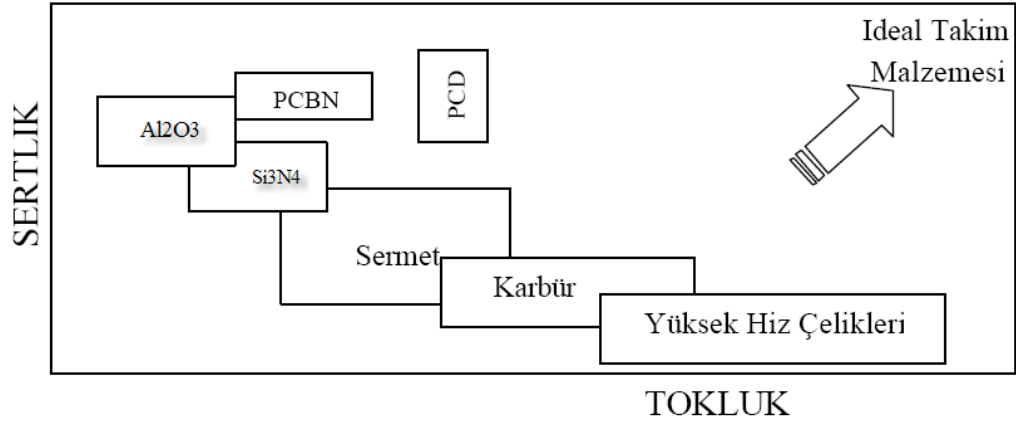
- Karbon çelikleri ve takım çelikleri,
- Yüksek hız çelikleri,
- Sert maden uçlu kesiciler,
- Seramikler,
- Sermetler,
- Siyalonlar,

- Coroniteler,
- Elmaslar,
- CBN,
- PCBN.

Takımın, sürekli dönme çevriminden de oluşan ısıtma ve soğutma etkisini yenmesi için yeterli darbe direncine sahip olması gerekir. Kesici takımın bu darbe direnci düşükse takım ucu hızlı bir şekilde aşınır. Tüm bu olaylar ekonomikle beraber dikkate alınırsa kesici takımda aranan özellikler şöyle sıralanabilir [Şahin, 2003]:

- Aşınmaya ve şekil değiştirmeye dayanıklı olması için yüksek sertlik,
- Kırılmaya ve özellikle darbelere karşı yüksek tokluk,
- Oksidasyona dayanıklı olması için yüksek kimyasal kararlılık,
- Yüksek kızıl sertlik ve termik darbelere karşı yüksek mukavemet.

Şekil 4.1’de kesici takımda aranan özellikleri grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Bazı takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değerlerinin karşılaştırılması [Özdemir ve Erten, 2003].

4.1.1. Karbon Çelikleri ve Takım Çelikleri

Endüstri devriminin başlangıcından beri talaş kaldırma işlemlerinde sadece karbonlu çelikler kullanılmaktaydı. Bu yaklaşık % 0.8-2 karbon içeren demir alaşımından oluşmakta ve çelik yapmayı kolaylaştırmak için manganez, silis, sülfür ve fosfor gibi diğer alaşım elementleri katılmaktaydı. Karbonlu takım çeliği 835° C ile 850° C arasında kızıl sıcaklığa çıkarılır ve oda sıcaklığına kadar çok hızlı suda soğutulularak sertleştirilir. Bu ani soğuma neticesinde sertleştirme esnasında malzemenin iç ve dış kısımlarında çatlama eğilimi meydana gelebilmektedir. Diğer alaşımlı çeliklere göre aşınmaya karşı dayanımları daha düşüktür [Şahin, 2003].

4.1.2. Yüksek Hız Takım Çelikleri (HSS)

20. yüzyılın başından beri bilinen ve sürekli geliştirilen kesici takım grubu olup diğer takım malzemelerine nazaran düşük maliyeti ve işlenebilme özelliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri tokluk değerlerinin yüksek olması sebebiyle bazı talaşlı imalat yöntemlerinde kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri, genelde helisel matkap, azdırma çakıları, kılavuzlar, parmak freze gibi kesici takım malzemelerinde kullanılırlar [Can, 2003].

Hız çelikleri, yüksek alaşımlı asal çeliklerdir. 600°C sıcaklığa kadar sertliklerini muhafaza ederler. Yüksek hız takım çelikleri T ve M olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Bunlar ilk alaşım olan Tungsten ve Molibden yüzdesine göre belirlenir. T serisi %12-20 tungsten ve diğer alaşım 4 elementi olarak Vanadyum ve Kromla birlikte kobalttan oluşurken M serisi yaklaşık %3.5-10 Molibden ile diğer alaşım elementleri olarak Kobalt, Krom ve vanadyum içerir [Şahin, 2003; Can, 2003]. Genel olarak, M serisi, T serisinden daha yüksek abrazyon aşınma direncine sahip olmakla birlikte daha ucuz ve ısıl işlemlerde daha az bozulma göstermektedir.

4.1.2.1. Yüksek Hız Çeliklerinin Genel Özellikleri

M ve T türüne bakılmaksızın yüksek hız takım çelikleri kendi aralarında fiziksel olarak birçok benzerliklere sahiptirler. Bunlar şöyle sıralanabilirler.

- Hepsi yüksek alaşım içeriğine sahiptirler.
- Genellikle 64 HRc sertliğine müsaade etmesi için yeterli oranda C içermektedir.
- Merkezden yüzeye üniform sertliğe sahiptir.
- Hepsi yüksek sıcaklıklarda sertleştirilebilir [Şahin, 2000].

4.1.3. Sert Maden Uçlu Kesiciler (Sinterlenmiş Karbürler)

Sert maden uçlar, sıcaklığa dayanıklı takım malzemesi olup sert karbür parçacıkları ve sünek metallerle birleşmesiyle üretilir. Bu malzemeler, ilk olarak 1920'li yıllarda Almanya'da elmas kullanımının pahalı olmasından dolayı ve yeterli aşınma dirençli kalıp malzemesi üretmek amacıyla geliştirilmiştir. Önce tungsten karbür (WC) ile kobalt bağlayıcı kullanılarak üretilmiştir. Fakat birçok hatalara sahip kaba bir yapı gözlenerek kesici takım ve kalıp malzemesi olarak tatmin edici bulunmamıştır. 1923 yılında Fransa'da toz metalürjisi tekniği ile ince tungsten karbür

tozlarla az miktarda demir, nikel veya kobalt tozları karıştırılarak preslenmiştir. Sonra yaklaşık 1300°C de sinterlenmiştir. O zamandan beri esaslı WC_Co esaslı karbürü malzemeler, farklı malzemeler ve kesme operasyonları için değişik tipleri olan karbürler geliştirilmiştir. Karbür, üretiminin yaklaşık %50 talaş kaldırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu malzemeler “ sinterlenmiş karbür “ olarak da adlandırılır. Bunlar iyi aşınma direnci gösterdiklerinden 40 m/dak’dan 350 m/dak kesme hızına kadar sertliğini ve kesiciliğini kaybetmeden etkili şekilde kullanılabilir [Şahin, 2000].

Günümüzde sinterlenmiş karbürlerin iki çeşidi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar:

- Tungsten karbür + kobalt alaşımlı düz karbür uçlar (WC+Co),
- Tungsten karbür + kobalt + titanyum karbür + tantalyum karbürü uçlardır (WC+Co+TiC+TaC)

4.1.3.1. Sinterlenmiş Karbürlerin Sınıflandırılması

Sinterlenmiş karbürler için dünyaca kabul edilen bir sistem yoktur. Bileşimlerine, mikro yapılarına, fiziksel özelliklerine göre değil, kullanıcı ve üretici tarafından yapılan uygulama kod sistemine göre sınıflandırılır. Avrupa ve Japonya’da kabul edilmiş ISO sınıflandırma sistemine göre malzemeler üç gruba ayrılır. Bunlar, P, M, K harfleri ve bu harflerin sonuna gelen rakamlardır.

- **P serisi (mavi)** : Yüksek alaşımlı, tungsten karbürü takım olup uzun talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde kullanılır.
- **M serisi (sarı)** : Alaşımlı tungsten karbürü takım olup titanyum oranı P serisinden azdır. Çelikler ve dökme demirlerin işlenmesinde kullanılır.

- **K serisi (kırmızı):** Düz tungsten karbür kobalt alaşımlı takım olup, dökme demir, demir olmayan metaller ve metal olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılır [Şahin,2003]

4.1.3.2. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler

Kesici takım malzemelerindeki en önemli gelişme, takımların yüzeylerinin birkaç mikron kalınlığındaki tabaka ile kaplanmasıdır. Kaplama; kesme kuvvetini, oluşan ısıyı ve aşınmayı büyük oranda azaltarak geçici bir yağlayıcı görevi yapmaktadır. Bu, özellikle daha kaliteli yüzey elde edilmek istenildiğinde daha yüksek hızların kullanılmasına imkân sağlar [Şahin, 2003]. Kesici takımların yüzey kaplamalarında yaygın olarak dört farklı kaplama malzemesi kullanılmaktadır. En belli başlı kaplama malzemeleri titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN), titanyum karbonitrür (TiCN), alüminyum oksit (Al_2O_3)'tir.

Titanyum nitrür kaplamalar aşınma etkisini azaltmaktadır. Oksidasyona karşı direncin gerekli olduğu uygulamalarda titanyum alüminyum nitrür (TiAlN), sert malzemelerin işlenmesinde titanyum karbür nitrür (TiCN) kaplamalar en iyi özelliklere sahiptirler. Korozyona karşı direncin gerekli olduğu uygulamalarda ise daha kalın seramik kaplamalar kullanılmaktadır [Habalı, 2003].

Kaplamalı takımlarla yapılan işlemlerde, kaplamanın yüksek hızda aşınma direncinin yükselttiği ve takım ömrünün 2-3 kat arttırdığı görülmektedir. Birçok kullanıcının takım ömrünü azaltmadan kesme hızını %25-50 arttırarak ekonomik açıdan büyük avantaj sağladığı görülmektedir [Şahin, 2000].

4.1.4. Seramik Kesiciler

Seramik malzemeler yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olan inorganik, metal olmayan malzemelerdir. Seramik kesicilerin dar olan kullanım alanları katkılı seramiklerin, seramik matrisli kompozitlerin ortaya çıkarılmasıyla artmaya başlamıştır [Can, 2003; Şahin, 2003]. Seramik kesicilerin esasını alüminyum oksit (Al_2O_3) oluşturmaktadır. Bunun yanında magnezyum oksit (MgO), Yitrium oksit (Y_2O_3), zirkonyum oksit (ZrO), Krom oksit (CrO), vb. malzemeler farklı özellikteki seramiklerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bugün gelinen nokta itibariyle çeşitli seramik kesici türleri geliştirilmiştir. Seramik kesicileri temel olarak üç sınıfta incelemek mümkündür [Şahin, 2003].

- Al_2O_3 içeren seramikler,
 - a) Saf oksit esaslı,
 - b) Katkılı alüminyum oksit esaslı,
 - c) Alüminyum oksit esaslı takviyeli,
- Silisyum nitrür (Si_3N_4) içeren seramikler,
- Kaplamalı seramikler [Şahin, 2003].

Karbür esaslı kesici uçlar 800°C sıcaklıklara kadar yüksek performans göstermektedir. Fakat daha fazla sıcaklık yükselmelerinde sertlik düşmektedir. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanma direnci dikkate alındığında seramikler, çok daha iyi performans göstermektedirler. Çünkü bu kesiciler sertliklerini yaklaşık 1200°C 'ye kadar koruyabilmektedirler. Fakat bununla birlikte seramik kesiciler, diğer kesicilere oranla daha sert ve dolayısıyla da daha kırılgan bir yapıya sahip olduğundan bu kesiciler, sürekli talaş kaldırma işlemlerinin olduğu yerlerde, sert metallerin son bitirme pasolarında tercih edilmektedir [Şahin, 2003; Can, 2003].

Seramik takımlar sert, yüksek kızıl sertliğine sahip, iş parçası malzemesi ile reaksiyona girmeyen takımlardır. Uzun bir takım ömrüne sahiptirler ve yüksek kesme hızlarında talaş aldırabilirler. Metalik olmayan seramiklerin özelliklerinde çeliklere göre bazı temel farklılıklar mevcuttur:

- Yoğunlukları çeliğin üçte biridir,
- Çok yüksek basma mukavemetine sahiptirler,
- Çeliklerde söz konusu olan plastik uzama seramiklerde söz konusu değildir,
- Çok daha kırılğandır,
- Saf seramiğin elastikiyet modülü çeliğin yaklaşık iki katıdır,
- Çeliğin ısı iletim katsayısının yüksek olmasına karşın seramikler çok düşük ısı iletim katsayısına sahiptirler [Çakır, 1999].

4.1.5. Sermet Kesici Takımlar

Sermet, sert partikül olarak tungsten karbür yerine titanyum karbür (TiC), titanyum karbonitrür (TiCN) ve/veya titanyum nitrür (TiN) gibi titanyum esaslı karbürlerin kullanıldığı sinterlenmiş karbürlerin genel adıdır. Sermet ismi SERamik ve METal den gelmektedir. Bunun nedeni metal bağlayıcı içerisindeki seramik parçacıklardır. Bir toz metalürjisi ürünü olan sermetlerin sinterlenmiş karbür ve tüm sert metallerin sermet olduğu tartışılabilir ancak pratikte sermet tungsten değil titanyum karbüre dayalı sinterlenmiş karbürleri içeren bir malzeme grubudur [Şahin, 2003; Can, 2003].

Sermet kesici takımların en genel özellikleri:

- Yüksek kesme hızı yeteneği,
- Uzun takım ömrü boyunca sağladığı yüksek hassasiyet,
- Yüksek kaliteli bir yüzey oluşturmastır [Çakır, 2000]

Sermetler, kesme hızı bakımından kaplamalı karbürü takımlardan daha iyi performans göstermekte ve kesme hızında yaklaşık üst sınır olarak %100 artış sağlayarak 340 m/dak'ya kadar ulaşabilirken karbürü takımlar ise yaklaşık 160 m/dak civarında kalmaktadır. Kaplamalı takımlarda ise bu değer yaklaşık 240 m/dak'a yaklaşmaktadır. Seramiklerle karşılaştırıldığında ise karbürü takımlarda ilerleme miktarı aralığının 0.08 mm/dev ile 0.30 mm/dev iken bu değer seramiklerde daha dar aralıklarda olup 0.12 mm/dev ile 0.24 mm/dev arasında değiştirdiği görülebilir. Bu nedenle, bu takımlar, kaplamalı takımlar ve seramikler arasında dengeyi sağlamaktadır [Şahin, 2003].

Sermet kesici takımların değişken sıcaklıklar sonucu ortaya çıkan ısıl çatlaklara karşı duyarlı kılan sınırlı ısıl iletkenlikleri vardır. Soğutma sıvısının kullanılmadığı işlemlerde başarıyla kullanılırlar. Soğutma sıvısı kullanılacaksa sıcaklık değişimlerinin önüne geçilmesi için, soğutma sıvısının doğru ve yeterli miktarlarda kullanıldığı işlemlerde kullanılmalıdır [Çakır, 2000].

İlerleme ve talaş derinliğinin çarpımı olan talaş alanı, kalite için özel sınırlar içinde tutulmalıdır. Kaplamalı sinterlenmiş karbürlere göre, sermetler daha sınırlı bir talaş alanına sahiptirler. İdeal olarak en iyi verimliliğin sağlanması için yüksek ilerleme ve düşük talaş derinliği değerleri tercih edilmelidir. Ancak 0.35 mm/dev civarındaki ilerlemeler genellikle ilerleme için sınır değerleridir [Çakır, 2000].

Sermet kesiciler, paslanmaz çelik ve sertleştirilmiş çeliğin süreksiz olarak kaba işlenmesinde, sinterlenmiş karbüre göre yeterli olmayan tokluk nedeniyle takımın vaktinden önce kırılmasına sebep olduğundan dolayı tercih edilmezler [Şahin, 2003].

4.1.6. Siyalonlar

Siyalonlar, silisyum alüminyum oksinitrür (Si-Al-O-N) bileşiminden oluşan silisyum nitrür esaslı kesici takım malzemeleridir. Bunların üretiminde yaklaşık %88 alüminyum nitrür (AlN) ve %13 alümina (Al_2O_3) ile birlikte %10 yitrum oksit (Y_2O_3) tozları karıştırılarak kurutulmaktadır. İstenilen şekil ve boyutta yaklaşık 1800°C de 1 saat süreyle sinterlenerek preslenir [Şahin, 2000].

Seramik kesici takımlar yüksek sıcaklıklara dayanma yeteneği nedeniyle sinterlenmiş karbürlerden çok daha yüksek hızlarda kullanılabilir. İyi bir bitirme yüzeyi gerektiğinde alüminyum oksit esaslı seramikler sıkça kullanılmaktadırlar. Ancak, kaba talaş kaldırma işlemlerinde özellikle aralıklı kesme işlemlerinde veya yarı bitirme işlemleri için siyalon kesicilerin seçilmesi gereklidir. Yüksek aşınma miktarlarına rağmen siyalon takımlar kopmaya karşı güvenilir ve ani uç kırılması oluşturmaz. Bu nedenle takım ömrü oldukça uzun sürmektedir [Şahin 2003].

Nikel esaslı alaşımların kaba talaş kaldırılmasında siyalon malzemeler, karbürler veya alüminyum oksit içeren seramiklere göre çok iyi performans gösterirler. Siyalon kesiciler kullanılarak kesme hızı, karbürlerle karşılaştırılarak % 150-200 arttırılabilmektedir [Şahin, 2003].

4.1.7. Coronite

Coronite yüksek hız çeliğinin tokluğu ile sinterlenmiş karbürün aşınma direncini bir araya getiren yeni bir kesici takım malzemesidir. Coronite parmak frezelerin bu alandaki benzerlerinden daha hızlı talaş kaldırmalarını, daha uzun ve güvenilir bir takım ömrüne sahip olmalarını, daha iyi bir yüzey kalitesi elde etmelerini sağlar. Bu takım malzemesi daha çok çelik işleme için geliştirilmiş bir

malzeme olmasına karşın titanyum ve çeşitli hafif alaşımların işlenmesinde de iyi sonuçlar verir [Çakır, 1999].

Coronite takımlara, yeni bir takım malzemesi özelliklerini kazandıran tane büyüklüğüdür. Bu özellikler çok küçük (0.1 mikron) titanyum nitrür tanelerini üreten gelişmiş teknoloji sayesinde elde edilir. Özel bir tekniğin kullanılmasıyla küçük TiN taneleri çelik matrislerin içerisine %35 ila %60 oranında bir hacim kaplayacak şekilde dağıtılır [Çakır, 1999].

Küresel uçlu parmak frezeler dışında hiçbir parmak freze tümüyle coronite malzemeden yapılmaz. Bu takımlar üç kısımdan oluşmaktadır:

- Çelik bir çekirdek,
- Çapın %15'i kalınlığında bir coronite tabakası,

Yaklaşık 2 mikron kalınlığında bir TiCN veya TiN kaplama [Çakır, 1999].

4.1.8. Elmas Takımlar

Elmas uçlu takımlar, çok yakın toleranslı ve yüksek hassasiyet gereken metal olmayan ve demirsiz malzemeleri işlemek için kullanılırlar. Bunlar gevrek olduğundan şoka ve kesme basıncına karşı karbürlü kesiciler kadar dirençli olmadığından esas olarak bu malzemeler son bitirme yüzeylerinin işlenmesinde kullanılan takımlardır [Krar et al.].

Elmas kesici takımlarla daha verimli işlem yapabilmek ve takım ömrünün uzun olması için aşağıdaki kurallar dikkate alınmalıdır.

- Elmas kesicilerde uç açısı maksimum olacak şekilde yaklaşık 90° tasarlanmalıdır,
- Bu kesicilerle ayar yapılırken her zaman dikkatli olmalı,
- Takım, iş parçası ekseninde ayarlanarak kullanılmalı,
- İş parçası karbürlü takım ile kaba işlenmeli ve ince işleme için elmaslar kullanılmalı,
- Takım iş parçasına dalma işlemi her zaman iş parçası dönerken başlamalı ve kesme işlemi yapılırken asla tezgâh durdurulmamalı.
- Tezgâh titreşimden uzak olmalı ve kesici uçlar her zaman ayrı kutularda kauçuk koruyucular arasında muhafaza edilmelidir [Krar et al]

Elmas uçlu takımlarla genellikle çok az ilerleme ve yüksek kesme hızlarında çok az talaş derinliğinde çok verimli şekilde kesme işlemi yapılır. Bunlar takım/talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklık 650°C'yi aşan malzemelerde tavsiye edilmez. Her çeşit malzeme ve tezgâh için ideal kesme hızları mevcut bulunmaktadır. Elmas takımlar için minimum kesme hızı 86-90 m/dak olmalıdır. Her iş için tezgâh şartları maksimum kesme hızını belirler. Bazı uygulamalarda 3000 m/dak'ya kadar kesme hızlarına ulaşılabilir.

Elmas kesici takımların, uygun şartlar ve takım tezgâhının rijitliği gibi takım performansına etki eden faktörlerin iyi derecede olması göz önünde bulundurulduğundaki avantajları şöyle sıralanabilir:

- Yüksek kesme hızlarında kesme yapabilmesi ve diğer takımlara göre üretimin 10-15 kat arttırılabilmesi,
- 0,128 µm ve daha az yüzey hassasiyeti kolaylıkla elde edilebilmesi, çoğu zaman iş parçası üzerinde gerekli diğer yüzey bitirme işlemlerini gerektirmemesi,

- Çok sert ve abrasyona dirençli olduğundan, abrasive malzemelerin işlenmesinde daha uzun takım ömrü elde edilmesi,
- 0.012 mm'ye kadar düşük talaş derinliğinde hem iç hem de dış yüzey tornalama işlemi yapabilmesi,
- Daha yakın toleranslı parçalar üretebilmesi ve kesici uç üzerinde metalik parçaların kaynak olması veya yapışmasının önlenmesidir [Şahin, 2003].

4.1.9. Kübik Bor Nitrür (CBN)

Kübik bor nitrür, elmaştan sonra gelen ikinci en sert kesici takım malzemesidir. Çok yüksek sertlik, çok yüksek kızıl sertlik (2000°C), mükemmel aşınma direnci ve işleme esnasında genellikle iyi kimyasal kararlılık gibi özellikleri sayesinde mükemmel bir kesici takım malzemesidir [Can, 2003].

CBN kesici takımlar çok yüksek basınç ve sıcaklıklar altında özel seramik bağlayıcı malzemelerin karışımının sinterlenerek yapıldığı kesici takım malzemeleridir. Dövme çelik, sertleştirilmiş çelik, dökme demir, yüzeyi sertleştirilmiş iş parçaları ve ısıl dirençli alaşımlar CBN takımların yaygın olarak kullanıldığı malzemelerdir [Çakır, 1999]. CBN kesici takımlar, sertlikleri 48 HRC'nin üzerinde olan sert iş parçası malzemelerinde uygulanmaktadır. Kübik bor nitrürün sertliği, sıcaklık artışı ile azalmaktadır. İş parçaları çok yumuşaksa takım aşırı şekilde aşınır. Malzeme ne kadar sertse takım aşınması o derece azdır. CBN kesici takımlar, sağladıkları mükemmel yüzey kaliteleri sayesinde tornalama işlemlerini taşlama işlemlerine alternatif hale getirmişlerdir [Çakır, 1999].

4.1.10. Çok Kristalli Kübik Bor Nitrür (PCBN)

Çok kristalli kübik bor nitrür uçlar ile daha yüksek kesme hızlarında, daha fazla talaş derinliğinde kesme yapılabilmekte ve sertliği 35 HRC den daha yüksek sertlik derecesindeki malzemeler işlenebilmektedir. Çok kristalli kübik bor nitrürlerin temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

- Yüksek sertlik,
- Yüksek abrazyon direnci,
- Yüksek basma dayanımı,
- Yüksek termal iletkenlik [Şahin, 2003].

Bu takımlar düz tornalama, alın tornalama, delik büyütme, profil tornalama ve frezeleme işlemlerinde de başarılı olarak kullanılmaktadır. Bu takımlar aşağıdaki malzeme gruplarının işlenmesinde kullanılmaktadır.

- Sertliği 45 – 65 HRC olan malzemeler, AISI 4340, 8620, M2 ve T15 gibi sertleştirilmiş çelikler ve nikel esaslı sert malzemeler.
- Brinell sertliği 180 – 240 olan dökme demirler, abrasiv demirli metaller ve nikel dirençli malzemeler,
- Sertleştirilmiş parçaların bitirme işlemlerinde, tipik olarak takım çelikleri veya talaş derinliği 0.5 mm’ den az ve 0.2 mm’lik yüzeyi sertleştirilmiş parçalar,
- Jet motoru parçaları gibi uzay endüstrisinde kullanılan yüksek nikel alaşımlı süper alaşımlar [Şahin, 2003].

Kaba dereceli PCBN takımla yapılan kesme işleminde başlıca uygulanan malzemeler ve işleme parametrelerini şöyle özetlenebilir [Şahin, 2003].

- Sert nikel alaşımları,
- YHÇ takımları,
- Soğuk iş takım çelikleri,
- Cr-Ni'li çelikler,
- Kobalt esaslı ve nikelli sert yüzeyli alaşımlar,
- Beyaz dökme demirler,
- Esmer dökme demirler vb. işlenebilmektedir.

5.KESME SIVILARI

Talaşlı imalatla kesme sıvılarının kullanılması 200 yıl öncesine dayanmaktadır. 1868 yılında W. H. Northcott'un Londra'da yazdığı 'A Treatise on Lathes and Turning (Tornalar ve Tornalama Üzerine Bir İnceleme)' kitabı bu konuda yazılan ilk önemli eser olarak kabul edilebilir. Bundan yaklaşık 15 yıl sonra F. W. Taylor kesme bölgesine yoğun bir şekilde su uygulayarak kesme hızının %30-40 arttırılabileceğini göstermiştir [Malyer, 2001]. Bu çalışmadan sonra kesme sıvıları ile ilgili pek çok araştırma ve çalışma yapılmıştır. 1938 yılında CINCINATI MILACRON firması Amerika'da bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada talaş kaldırma işleminde neler olduğu, talaşların nasıl meydana geldiği ve kesme sıvısının rolü derinliğine incelenmiştir. Araştırma sonucunda yüzey kalitesi ve takım ömrüne etki eden esas problemin yüksek ısı olduğu meydana çıkmıştır. Metaller işlendikleri zaman, ana metalden talaşın kopması ve kesici uçtan bu talaşın sıkışarak kayması neticesi bir ısı meydana gelir. Ulaşılan sıcaklık, meydana gelen ısı hızı ile soğutulma hızının oranına dayanır. Kesme sıvılarından ilk olarak istenen özellik talaş kaldırma işlemi sırasında takım aşınmasını azaltmak, bu sayede işlenen parçanın yüzey kalitesini iyileştirmek ve takım ömrünü artırmaktır. Diğer önemli görevi ise, talaş akışını kolaylaştırmak ve sistemi soğutmaktır [Malyer, 2001]. Kesme sıvısının yağlayıcılık özelliği iyi bir yüzey kalitesini sağlarken, soğutma özelliği ise iş parçasının ısıl genleşmesini önleyeceği için boyutsal hassasiyeti sağlar [Sales et al, 2001].

5.1. Kesme Sıvılarının Özellikleri

Talaş kaldırma sırasında kullanılan sıvıların başlıca amacı, soğutma ve yağlamadır. Soğutma ile kesme esnasında oluşan ısıyı çevreye ileterek ısı miktarını azaltmak; yağlama ile de takımla talaş ve takımla işlenen yüzey arasına nüfuz ederek sürtünmeyi azaltmak ve takım aşınmasını önlemektir. Talaşlı imalatla, soğutucular ve yağlayıcılar işlenebilirliği geliştirir, takım aşınmasını azaltarak ve takım ömrünü arttırarak verimliliği artırır. Kesme sıvıları; yüzey kalitesini artırarak, kesme kuvveti ve titreşimleri azaltarak da talaşlı imalatın verimliliğini arttırmaktadır.

Kesme sıvılarından istenen özellikler şöyle sıralanabilir:

- Soğutma özelliğine sahip olmaları
- Yağlama özelliğine sahip olmaları
- Özelliklerini uzun süre koruyabilmeleri
- Paslanmaya yol açmamaları
- İnsan sağlığına zararsız olmaları
- Makineye zarar vermemesi
- İyi ısı transfer yeteneğine sahip olması
- Uçucu olmaması
- Köpürmemesi
- Ateşleme tehlikesi taşımamaları

5. 2. Kesme Sıvılarının Fonksiyonları

Kesme verimini arttırmak için, bir kesme sıvısı üç ayrı fakat birbiriyle ilişkili fonksiyonu yerine getirmek zorundadır.

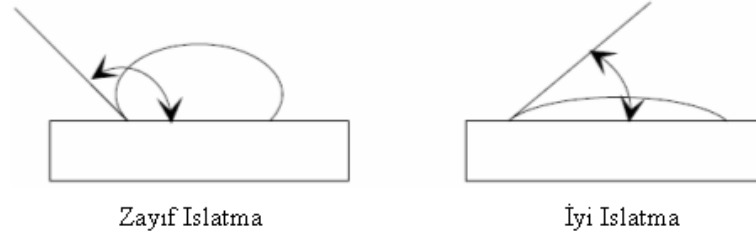
5.2.1. Yağlama fonksiyonu

Kesme sıvısının ilk görevi takımı, iş parçasını ve talaşı yağlamasıdır. İş parçasından talaş kaldırılırken kesici takım, iş parçası ve talaşın bulunduğu yerde kısmi bir vakum yaratıldığı düşünülür. Bu olay kapiler hareketle bağlantılı olarak kesme sıvısını, iş parçası, kesici takım ve talaşın karşılaştığı noktaya çekmeye eğilim gösterir. Sonuçta metalin metalle teması ile ortaya çıkan sürtünme büyük ölçüde azaltılmış olur.

Yağlama görevini yerine getirebilmek için, sürtünme yüzeylerinde birkaç molekül kalınlığında, yapışmış bir sıvı tabakası oluşturmak gerekir. Sıvıların bu özelliğine yapışma kabiliyeti (oilness) denir. Bu olayda sıvının kimyasal yapısı önemlidir. Bütün sıvılar yapışmış bir tabaka oluşturamaz; ancak molekülleri polar gruplara sahip sıvılar, özellikle yağlar, yapışmış bir tabaka meydana getirebilirler. Yapışma kabiliyetini artırmak için sıvılara aditif denilen az miktarda ilave maddeler katılır [Akkurt, 2000].

Kesme sıvıları iş parçası malzemesi ve takım arasındaki sürtünme katsayısını azaltmaktadır. Sürtünmeyi azaltarak, yüzey kalitesi iyileşmekte ve takım üzerinde düzensiz köşe (BUE) oluşma eğilimi azalmaktadır. Yağlayıcı madde, daha ince, daha az deforme olmuş ve daha soğuk talaşa neden olarak BUE'yi azaltır [Nordic Council of Ministers, 2002]. Kesme sıvısının yağlayıcılık özelliği arttığı zaman matkap ucu üzerinde daha az BUE oluşur. Aynı zamanda, EP katkıları sürtünmeyi azaltmaya katkıda bulunduklarında talaşın matkaba yapışma ve matkap oluklarını tıkama eğilimi daha az olur [Upton, 2000].

Yağlamanın amacı, kesici takım ile iş parçası arasında ince bir yağ filmi oluşturarak direkt teması önlemek ve bu yolla sürtünmeyi azaltmaktır. İyi bir yağlama, talaş kaynamasını da büyük bir oranda önlemiş olur. İyi bir yağlama hassasiyeti, yeterli bir ıslatma özelliği ile gerçekleştirilebilir. Islatma özelliği yağın yüzey gerilimi ile ifade edilir. Yüzey gerilimi küçük yağların, ıslatma özelliği ve dolayısıyla yağlama özelliği yüksek olur. Temas açısı, yağın yüzey gerilimi ile değişir. Bu açı küçük ve sıfıra yaklaştıkça yağ yüzeyde daha çok yayılır ve ıslatma daha etkili olur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Yüzey gerilimi yüksek ve düşük iki damla yağ.

5.2.2. Soğutma fonksiyonu

Isı daima daha sıcak bir maddeden daha soğuk bir maddeye akacağı için; iş parçası, kesici takım ve talaşta sürtünme ile ortaya çıkan ısı, soğutucu özellikteki kesme sıvısı ile absorbe edilmeye çalışılır. Sıvının kendisi ısınır ve devamlı olarak bir diğer sıvı ile değiştirilemediği için soğutma kabiliyetini kaybeder. Bu nedenle kesme sıvıları sürekli olarak, büyük oranlarda kesici takım ve parça üzerine akmalıdır. Yeterli hızda akan, kâfi miktardaki akışkan uygulanırsa, ısı üretildiği oranda uzaklaştırılacaktır.

5.2.3. Kaynağı önleme fonksiyonu

Kesme sıvısının soğutma ve yağlama özelliğine rağmen iş parçası, kesici takım ve talaş üzerinde metal ile metalin teması sınırlı bölgelerde daima mevcuttur. Bu sınırlı alanlarda ortaya çıkan ısı küçük metal partiküllerinin iş parçası ve kesici takıma kaynamasına imkân verebilecek yüksekliktedir. Bu olayı önlemek için, sülfür, klorür ve diğer kimyasal bileşikler kesme sıvılarına ilave edilir. Bunlar temas alanlarını sabunumsu metalik bir film tabakası ile örterler ve metal partiküllerinin kaynak olmasını engellerler.

5. 3. Kesme Sıvılarının Geliştirilmesi

Suyun pas önleme özelliğinin olmaması, yağlama özelliğinin az oluşu gibi dezavantajlarının yanında, müstesna soğutma kabiliyeti sebebiyle, suyu tatminkâr bir kesme sıvısı yapmak için başka maddelerle birleştirilmesi yolunda eforlar harcanmıştır. Bu olay son dönemlere kadar modern emülsiyeye olabilen yağların keşfine kadar çok az başarılı olmuştur ve araştırmacılar tatminkâr bir solüsyon aramaya başlamışlardır. Araştırmalar neticesinde hayvani yağların (fatty oils) ve özellikle domuz yağının olumlu bir sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Bu yağların en büyük dezavantajı maliyetlerinin yüksek oluşudur. Ayrıca bozulmaya eğilimleri, bakteri üremesi ve gelişimine müsait olmaları ve yüksek sıcaklığın ortaya çıktığı durumlarda kısa dönemde kokuşmaları da önemli faktörlerdir.

Tam bu sıralarda, madeni yağlar (mineral oils) ortaya çıkmış ve hayvani yağlarla bu yağları karıştırarak, hayvani yağların en önemli dezavantajları giderilmiş ve birçok olumlu özelliğinden de istifade edilmiştir. Ayrıca muhtelif sülfür bileşikleri kaynamayı önlemek amacıyla bu yağların harmanlanmasında ilave edilmiştir. Daha sonraları klorür ve sülfür bileşiklerinin de özdeş özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Tüm bu gelişmelerin ve ileri formülasyon tekniklerinin artması sonucu bugün kesme sıvıları dikkatli bir kontrol altında bilimsel yöntemlerle üretilen oldukça karmaşık bileşiklerdir.

5. 4. Kesme Sıvılarında Yağlayıcılık Mekanizmaları

Yağlayıcılık rölatif hareket halinde bulunan iki yüzey arasında bir film oluşturarak ve sürtünme katsayısını azaltarak hareketi kolaylaştırmak ve rölatif hareket halindeki yüzeylerin aşınmasını engellemektir.

5. 4. 1. Hidrodinamik Yağlayıcılık

Hidrodinamik yağlama mekanizması ekstrüzyon gibi metallere form verme operasyonlarında uygulanır. Çünkü talaş kaldırma operasyonu esnasında kesme basıncı, özellikle devamlı talaş akımı olduğu zaman hidrodinamik yağlamaya kolay kolay imkân vermez [Gündoğdu, 2006].

5. 4. 2. Sınır Yağlama Mekanizması

Sınır yağlama mekanizmasında, van der waals kuvvetleri filmin yüzeylere yapışmasını sağlar. Bu film, takımla iş parçası kesişim yüzeylerindeki sürtünmeyi düşürür. Sınır yağlamada, yağlayıcı hacminin yağlama karakteristikleri üzerinde çok az bir etkisi vardır. Hidrodinamik yağlamada birlikte çalışan yüzeyler yağlayıcı ile tamamen birbirinden ayrılırken, sınır yağlama mekanizmasında yüzeylerin bazı noktalarda birbirlerine teması söz konusudur. Yine hidrodinamik yağlama mekanizmasından farklı olarak, sürtünme katsayısı sıvı viskozitesinden bağımsızdır. Sürtünme karakteristikleri, sürtünen yüzeylerin özelliklerine ve yağlayıcı filmine bağlıdır. Kesme sıvısına eklenen polar katkıları sınır yağlayıcı özellik gösterir. Yağlayıcı film kalınlığı 1-10 nm arasında değişir [Gündoğdu, 2006].

5. 4. 3. Aşırı Basınç (EP) Yağlama

Aşırı basınç yağlama mekanizmasında, kesme sıvısı içindeki kimyasal bileşiklerle iş parçası geri dönülmez şekilde tepkimeye girer ve metalin yüzeyi kimyasal olarak değişir. Bu reaksiyon sonucunda metal tuzları oluşur. Bu tuzlar, iş parçası ile kesici takımın temas ettiği yüzeylerde kaynamayı önler ve metal tuzlarının sahip olduğu daha düşük kayma gerilimleri sebebiyle sürtünmeyi düşürür. Sıcaklık, hava, oksijen, nem ve su aşırı basınç yağlayıcılarının performanslarını etkiler [Gressel, 2001].

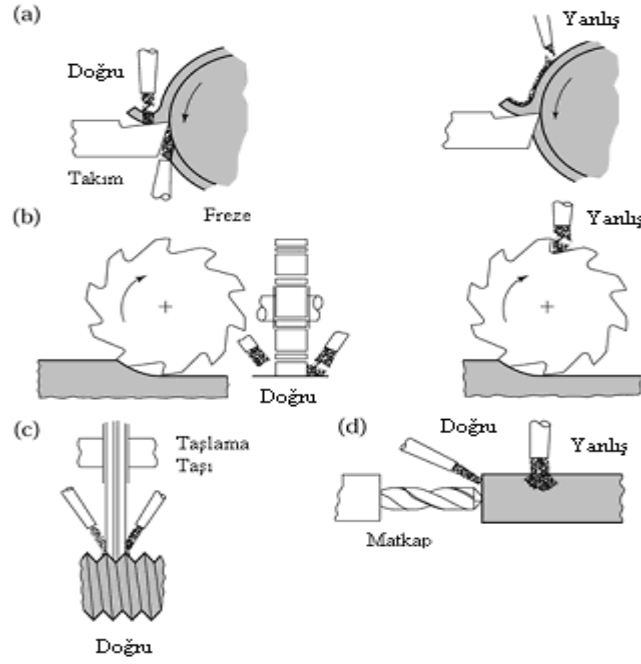
5.5. Kesme Sıvılarını Uygulama Yöntemleri

Kesme sıvılarının takım/iş parçası ara yüzeyine doğru bir biçimde uygulanması, sıvının etkin olarak kullanılmasının temelidir (Şekil 5.2). Uygulama yöntemi yağlama, soğutma ve talaş kaldırma işleminde çıkan talaşın uzaklaştırılmasının verimliliğini etkiler.

Kesme sıvısının debisi yüksek (kesme gücünün kW başına yaklaşık 5-6 lt/dak) ve basıncı, talaşı uzaklaştırmak ve kesici takım ile iş parçası arasına nüfuz edebilmek için yeterli olmalıdır. İyi sonuçlar elde edebilmek için sıvı jeti, talaşı değil, kesici takımı ve iş parçasını soğutmaya çalışmalıdır [Akkurt, 2000].

5.5.1. Akıtma (Flooding)

En yaygın kullanılan yöntemdir. Frezeleme, delik delme, tornalama ve taşlama operasyonlarında kullanılmaktadır. Bu yöntem işlenen alanın kapalı bir sistemin parçası olmasını gerektirmektedir. Metal kesme operasyonlarında akıtma sistemi aynı zamanda soğutma ve kesici takım ile iş parçası arasındaki kritik alanlara kesme sıvısının iyi ulaşmasını sağlar. Bu sistem yüksek hacimde kesme sıvısı kullanmayı gerektirmektedir. Akış hızı, tornalama için 10 litre/dakikadan yüzey frezeleme için 200 litre/dakikaya değişebilmektedir [Nordic Council of Ministers, 2002]. Akıtma yönteminde kesme sıvısı kesici takım/iş parçası ara yüzeyine boru, hortum veya nozzle sistemi aracılığıyla gönderilmektedir.



Şekil 5.2. Farklı işleme operasyonlarında doğru kesme sıvısı uygulama metotları (a) tornalama (b) frezeleme (c) diş taşlama (d) delik delme [Kalpakjian and Schmid, 2001].

5.5.2. Basınçlı Jet (Pressurised Jets)

Taşlama ve delik delmede, oldukça yüksek basınç (0.35-10 MPa) altında yağlama maddesi kullanma avantajlar sağlamaktadır. Matkaptaki iç delikler basınçlı soğutucular ile birlikte kullanılmaktadır. Soğutucu kesme bölgesine bu deliklerden gönderilmektedir. Bu metot matkap ömrü üzerine ve delik delmenin hassasiyeti üzerine olumlu etki yapmaktadır. Taşlamada; jet, taşlama taşının dönmesinden faydalanmak için taşın hareketine paralel yönde olmalıdır [Nordic Council of Ministers, 2002]. Yüksek basınçlı jet içindeki partiküllerin iş parçası yüzeyine verdiği zarardan kaçınmak için, soğutucudaki kirletici (kontaminant) boyutu $20\text{ }\mu\text{m}$ ($800\text{ }\mu\text{in}$)'yi aşmamalıdır; kesme sıvısının düzgün ve sürekli süzülmesi gereklidir [Kalpakjian and Schmid, 2001].

5.5.3. Misting

Kesme sıvısını ulaşılmaz bölgelere sağlama sistemidir. Özellikle taşlama operasyonlarında 70 kPa-600 kPa (10 psi-80 psi) hava basıncında etkilidir [Kalpakjian and Schmid, 2001]. Yüksek hızlı frezeleme gibi özel işlemlerde kullanılmaktadır. Kesme sıvısı kullanımı minimize edilmiştir, fakat soğutucu dolaşımı yoktur. Genellikle su temeline dayanan sıvılar kullanılmaktadır [Nordic Council of Ministers, 2002].

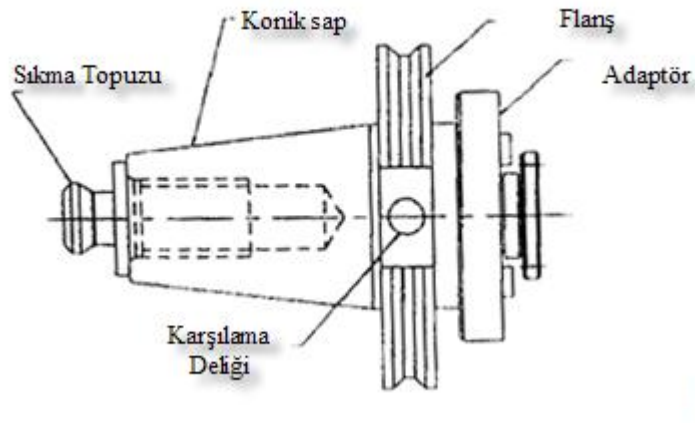
5.5.4. Manüel Metotlar

Manüel yöntemler talaş kaldırılması zor malzemeleri ve düşük hızlı işlemeyi içeren veya soğutucu sistemi olmayan tezgâhlarda kullanılmaktadır. En kolay ve en az maliyetli yöntemdir. Ancak kullanım alanı sınırlıdır.

6. CNC TEZGÂHLARDA TAKIM TUTTURMA SİSTEMLERİ

Takım tutucular, otomatik olarak iş mili ucundaki veya dışındaki kesici takımları değiştirmeyi kolaylaştırmak için kullanılırlar. Takım tutucu, beş temel bileşenden oluşur. Şekil 6.1’de bu bileşenler gösterilmiştir.

- Konik sap
- Flanş
- Sıkma topuzu
- Karşılama delikleri
- Adaptör



Şekil 6.1. Takım Tutucu [www.wnt.com].

Şekil 6.1.’de gösterildiği üzere takım tutucular beş temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler takım tutucunun işleyişini, türünü ve fonksiyonunu direkt olarak etkileyen kısımlardır. Bu bileşenlerin özellikleri sırasıyla açıklanmıştır.

6.1. Konik Sap

Konik gövde takım tutucunun iş mili ile aynı ekseninde bağlanmasını sağlar. ANSI standardı, #30, #35, #40, #45, #50 ve #60 olarak tanımlanan altı temel konik gövde büyüklüğü tanımlar. Daha büyük tezgâhlar, daha büyük konik gövde numarasına sahip tutucu kullanırlar. Gövde konikliği 7: 24 oranındadır.

#30 Çok küçük tezgâhlar,

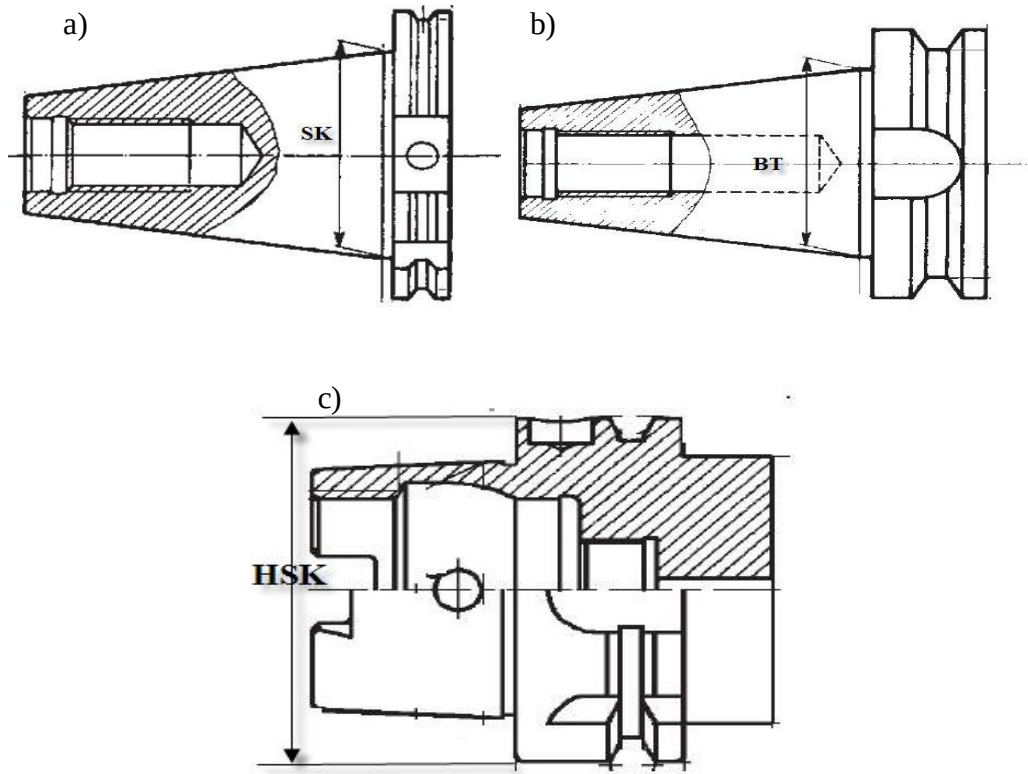
#40 Küçük tezgâhlar,

#50 Orta büyüklükteki tezgâhlar

#60 Çok büyük kapasiteli tezgâhlarda kullanılır.

6.2. Flanş

Flanş, takım tutucunun takım kavrayıcı veya tezgâh iş mili tarafından kavranmasına izin verir. Yaygın olarak kullanılan iki flanş tipi vardır. Bunlar SK tipi, BT tipi ve HSK tipi flanşlardır. Şekil 6.2’de flanş tipleri gösterilmektedir. Deneylerde BT tipi flanş türüne sahip takım tutucular kullanılmıştır.

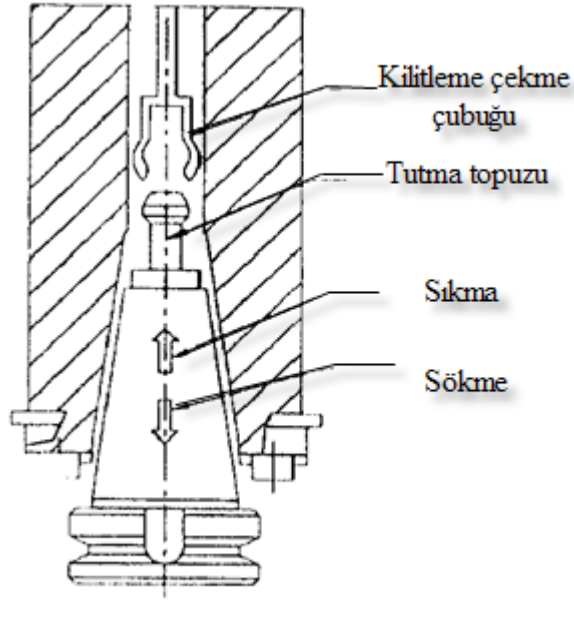


Şekil 6.2. Flanş tipleri, a) SK tipi flanş, b) BT tipi flanş c) HSK tipi flanş
[www.wnt.com].

6.3. Tutma Topuzu

Tutma topuzu, takım tutucunun sağlam bir şekilde iş mili içine çekilerek iş mili çeki çubuğunun kilitlenmesine izin verir ve takım tutucuyu otomatik olarak bırakır. Şekil 6.3.'de tutma topuzunun şematik gösterimi verilmiştir.

Tutma topuzları, değişik biçim ve büyüklüklerde yapılır. Bunların birbiri yerine değiştirilebilir olması gerekli değildir. Sadece, takım tezgâhı imalatçısı tarafından belirtilen tutma topuzları kullanılmalıdır.



Şekil 6.3. Tutma topuzu [Çömlekoğlu, 1992].

6.4. Adaptörler

Adaptörler, farklı tip ve büyüklükteki kesici takımları tutabilmesi için değişik özelliklerde tasarlanır. Takım tutucular, genellikle kendi adaptör tipine göre adlandırılırlar. Çoğunlukla kullanılan adaptörler; parmak freze tutucuları, alın freze tutucuları, kılavuz tutucuları, pens tutucular, mors koni tutucular, jacob koni tutucular ve adi sap tutuculardır. Adaptör konfigürasyonu ve büyüklüğünü belirten kabul edilmiş standart yoktur.

7. AŞINMA VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

7.1. Aşınma

İmalatın amacı, hammadde ile ürün arasındaki dönüşümü sağlamaktır. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için pek çok değişik teknolojik yöntemler kullanılabilir. İmal Usulleri adı verilen bu teknolojik yöntemler, talaşlı imalat ve talaşsız imalat yöntemleri olarak iki temel gruba ayrılabilir. Bu iki temel grup arasındaki fark; talaşlı imalat yöntemlerinde (tornalama, frezeleme, planyalama...) hammadde-ürün dönüşümü sırasında hammadde üzerinden talaş kaldırılması, talaşsız imalat yöntemlerinde (kaynak, döküm, dövme...) ise hammadde üzerinden talaş kaldırmadan bu dönüşümün sağlanabilmesidir. Talaşlı imalat; kesici takımın (ya da kısaca takım) iş parçasına göre nispi hareketleri sonucunda, iş parçasının belirli bir bölümünde plastik deformasyon oluşturarak gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir. Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan talaş kaldırma mekanizmasının anlaşılabilmesi için üç boyutlu takım geometrisi, iki boyutlu ortogonal kesme geometrisi şeklinde basitleştirilir. Bu geometrinin ve talaş kaldırma mekanizmasının incelenmesi sonucunda; talaş kaldırma sırasında takımın çok yüksek gerilme ve sıcaklıklara maruz kaldığı, bunun sonucunda takımda elastik ve plastik şekil değişimleri ile şiddetli bir aşınmanın meydana geldiği anlaşılmıştır. Talaş kaldırma sırasında takımda meydana gelen bu şekil değişimleri ve aşınma talaş kaldırma işlemini şüphesiz olumsuz yönde etkilemektedir. Çünkü kesici takımda meydana gelen bu deformasyonlar; iş parçasının yüzey kalitesini ve toleranslarını olumsuz yönde etkilemekte, takım tezgâhı konstrüksiyonundaki (miller, yataklar vb.) titreşimlerin artmasına neden olmakta, talaş kaldırma için gerekli olan enerji miktarını dolayısıyla enerji sarfıyatını arttırmaktadır. Bununla birlikte takımda meydana gelen deformasyonların oluşturduğu en büyük olumsuzluk takım ömrünün azalmasıdır. Takım ömrünün azalması, takım maliyetini ve sonuç olarak da üretim maliyetini etkileyen önemli bir faktördür [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

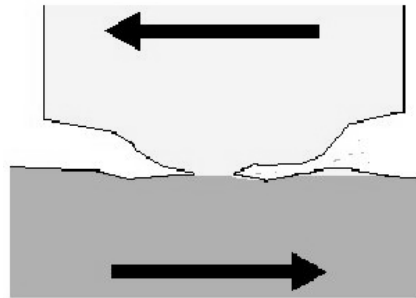
7.1.1. Aşınma Mekanizmaları

Kesici takım üzerinde oluşan aşınma çeşitlerine yaygın olarak neden olan aşınma mekanizmaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Adhezyon (yapışma) aşınması,
2. Abrasyon (sürtünme) aşınması,
3. Difüzyon aşınması,
4. Oksidasyon aşınması,
5. Yorulma.

7.1.1.1. Adhezyon (yapışma) Aşınması

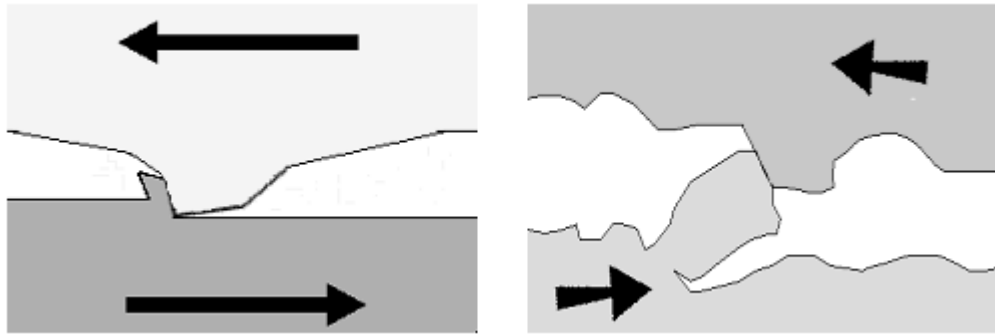
Kesici takım kenarları üzerinde meydana gelen yapışma aşınması, kesici takım ve iş parçasının temas noktalarında oluşan mikro-kaynakların, kesicinin hareketi nedeniyle kırılması sonucu oluşur. Mikro-kaynaklar, takım ve iş parçasının temas bölgelerinde oluşan yüksek basınçlar ve sıcaklıklar nedeni ile metallerin akma sınırına gelmesi ile oluşur [Aslan, 2005; Dursun, 2007]. Adhezyon aşınmasına kesme sırasında oluşan talaşın veya küçük parçacıkların, kesme takımına yapışması da neden olur. Şekil 7.1’de adhezyon aşınmasının meydana gelişi gösterilmektedir.



Şekil 7.1 Adhezyon aşınmasının meydana gelişi.

7.1.1.2. Abrazyon (sürtünme) Aşınması

Sürtünme aşınması diğer bir deyişle abrazyon aşınması, talaş altındaki sert parçacıkların takım yüzeyi ve iş parçası arasında taşlamaya neden olarak kesicide oluşturduğu aşınma veya iki yumuşak yüzey arasına sert parçacıkların girmesi ile sürtünmeden dolayı oluşan aşınmadır (Şekil 7.2). Abrazyon aşınmasına sebep olan sert parçacıklar iş parçasında bulunurlar ve kesme işleminde talaşla birlikte takım yüzeyiyle etkili olurlar. Abraziv aşınma, çoğu zaman takım ömür kriteri olarak kullanılan serbest yüzey aşınmasının, çentik aşınmasının ve burun yarıçapı aşınmasının kaynağıdır [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

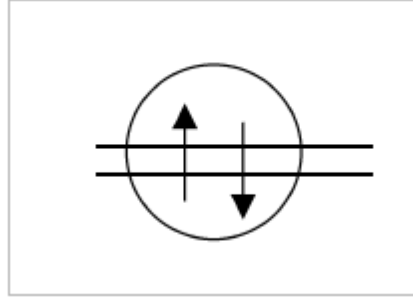


Şekil 7.2. Abrazyon aşınmasının meydana gelmesi.

7.1.1.3. Difüzyon Aşınması

İşleme sırasında, takım ve iş parçasının birbirine temas eden yüzeylerinin, işleme sırasında oluşan sıcaklık ve basıncın etkisi sonucu kimyasal reaksiyonla birbirini aşındırması ile difüzyon aşınma mekanizması oluşmaktadır [Aslan, 2005; Dursun, 2007]. İşleme sırasındaki yüksek sıcaklıklardan ve basınçtan dolayı, takım ve iş parçası malzemesinin atomları karşılıklı olarak birbirleri üzerine nüfuz eder (Şekil 7.3) veya talaş malzemesiyle katı bir çözelti oluşturur. Bu işlem, iki malzeme arasında ara yüzeyde ya iş parçasının atomlarının difüzyona uğraması ya da takımın yüzey katmanıyla reaksiyon bölgesinde meydana gelerek takım yüzeyini zayıflatır ve

takımın talaş yüzeyi üzerinde bir krater aşınması oluşturur [Şahin, 2001]. Difüzyon aşınma hızı, takım malzemesinin iş parçası içinde çözülme kabiliyetine ve yüksek sıcaklıkta takım ile talaş arasındaki temas süresine bağlıdır. Difüzyon aşınma hızı, kesme hızına bağlı olarak artan kesme sıcaklığının, üssü olarak artar [Özdemir ve Erten, 2003].



Şekil 7.3. Difüzyon aşınması

7.1.1.4. Oksidasyon Aşınması

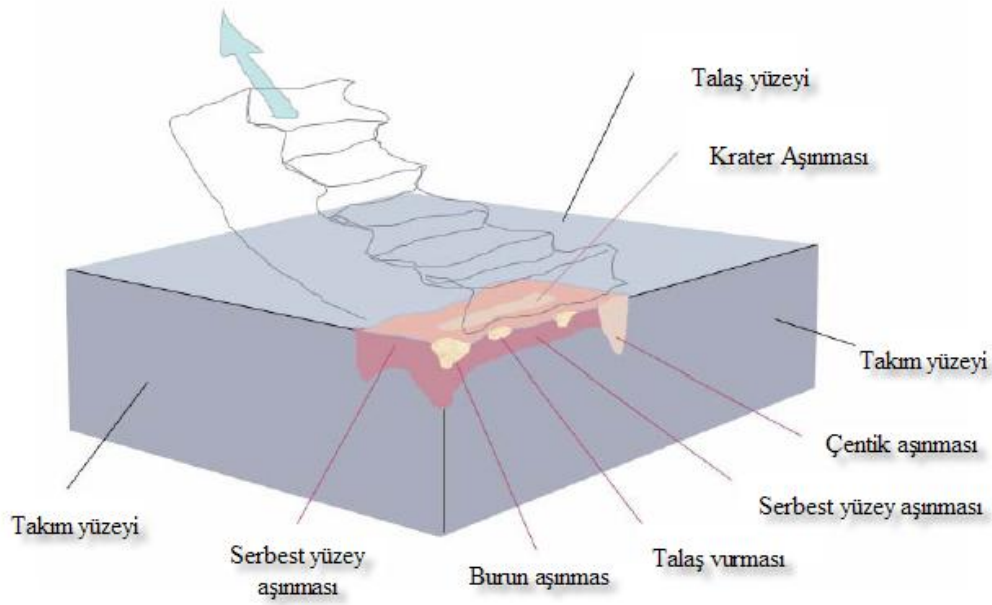
Takım bileşiklerinin atmosferdeki oksijenle reaksiyona girmesi ile takım yüzeyinde oksit tabakası oluşur. Oluşan oksit tabakası, kesme işlemi esnasında kopar ve takımda aşınmalara sebep olur. Takım bozukluk durumunun oluşmasına neden olan bu oksitlenme olayına oksidasyon aşınması denir. Bu aşınma genellikle, takım üzerinde talaşla doğrudan temasta olmayan yüzeylerde meydana gelir. İş parçasının oksidasyonla aşınması nedeniyle oluşan sert oksit parçacıkları, abrazyon aşınmasını tetikler. Alüminyum oksit bazlı seramik takımlarda malzeme özelliklerinden dolayı oksidasyon aşınması oluşmaz [Özdemir ve Erten, 2003. Şahin, 2001].

7.1.1.4. Yorulma

Yorulma, kesme takımında ısının dalgalanması ve kesme kuvvetlerinin değişimiyle meydana gelir. Yorulma sonucunda takımda kırılmalar gözlenir [Dursun, 2007].

7.1.2. Frezelemede Tipik Takım Aşınma Türleri

Kesici takımlar maruz kaldıkları kuvvet oranlarına, kimyasal ve fiziksel özelliklerine, kullanıldıkları şartlara göre farklı aşınma türleriyle karşı karşıya kalırlar. Bir takımında meydana gelen tipik aşınma türleri Şekil 7.4’ de gösterildiği gibidir. Bu aşınmalardan başka takımında; termal çatlaklar, kırılma, yığılma-sıvanma (BUE), plastik deformasyon ve mekanik çatlak gibi aşınma ve hasar mekanizmaları oluşur. Bu aşınmalar tek başına ya da birkaçının birlikte olması şeklinde oluşabilir.



Şekil 7.4. Takımda meydana gelen aşınma tipleri[Sture Hogmark and Uppsala University].

7.1.2.1. Takımda Meydana Gelen Aşınma Tipleri ve Sebepleri

- **Serbest Yüzey Aşınması:** Takımın işlenmiş iş parçası yüzeyi ile temas halinde olan yan kenar yüzeyinin sürtünmesinden dolayı oluşan aşınma biçimidir. Serbest yüzey aşınmasının oluşma nedeni abrazyon aşınmasıdır. [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].
- **Krater Aşınması :** Krater aşınması, takım – talaş ara yüzeyinde, talaşın takım ile temasta olduğu alanda ortaya çıkan talaş yüzeyi aşınmasıdır. Bu

aşınmaların oluşmasında; takım – talaş ara yüzeyindeki yüksek sıcaklıklar önemli rol oynamaktadır [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

- **Çentik Aşınması** : Çentik aşınması, takım kesme kenarlarından küçük parçaların kırılmasıdır. Çentik aşınması takım bozukluk durumunun oluşma nedenleri; mekanik gerilmeler, ısı gerilmeler ve iş parçasının sert bir yüzey tabakasına sahip olması veya işlenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan talaşın özelliklerinden kaynaklanan abrazyon aşınmasıdır. Çentik aşınması, takım malzemesinin yüksek sıcaklık sertliği ve gerilmelere karşı deformasyon direncini artırılarak, azaltılabilir. [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

- **Isıl ve Mekanik Çatlaklar** : Mekanik çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan değişken kesme kuvvetlerinin, kesici takım üzerinde oluşturduğu takım bozukluk durumudur. Isıl çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan yüksek takım–talaş sıcaklıkları nedeni ile takımın genleşmesi ve kesici takım soğuduğunda takımda meydana gelen büzülme etkisiyle oluşur. [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

- **Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)** : İş parçası malzemesinin, kesici takımın kesme kenarına yapışması sonucu oluşan takım bozukluk durumudur. Ağız birikimi oluşumu takım bozukluk durumunun oluşma nedeni adhezyon aşınmasıdır. Ağız birikimi oluşumu genellikle düşük kesme ve ilerleme hızları ile yumuşak malzemelerin işlenmesi sonucu oluşur. Takım kesme kenarına yapışan talaşın, işleme sırasında ayrılması, beraberinde takım malzemesinden de küçük zerrecikler uzaklaştırır ve aşınmaya sebep olur [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

- **Plastik Deformasyon**: Metal kesme işlemi sırasında, takım - talaş ara yüzeyinde, takım ve talaşın birbirine temas ettiği alan üzerinde, basma gerilmelerinden dolayı takımın deforme olmasıdır. Genellikle yüksek kesme kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme değerlerinde ve işleme sırasında yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olan ve sıcaklığa bağlı olarak da takımın sertliğini kaybetmesine sebep olan yüksek kesme hızı değerlerinde, takımın kesme kenarlarında deformasyon oluşur ve talaş kaldırma işlemi sınırlanır [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

- **Takım Kırılması:** Kesici takımın kesme ucunun veya bozukluk mekanizmalarına bağlı olarak kesme kenarlarının kırılması, takım kırılması olarak adlandırılır. Takım kırılması genellikle seramik esaslı takımlarda, takım bozukluk mekanizmalarının çok fazla etkisi olmadan gerçekleşir. Takım kırılması hasarını önlemek ve takım ömrünü yükseltmek için kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijid takım tertibatlarının kullanılması ve kırılma tokluğu arttırılmış takımların kullanılması gereklidir [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

7.2. Yüzey Pürüzlülüğü

İmalat teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak sadece boyutsal özelliklerin ölçülmesi yeterli olmayıp, birbiri ile ilişkili olmayan yüzeylerin pürüzlülüklerinin de ölçülmesine ihtiyaç duyulmuştur. Talaş kaldırmanın amacı; sadece şekil vermek değil, aynı zamanda parçanın boyut ve yüzey özellikleri bakımından belirli bir doğruluk derecesine göre imalat edilmesini sağlamaktır. Bu olaya genel olarak işleme kalitesi denir. İşleme kalitesi; boyut, geometrik ve yüzey kalitesinden meydana gelir. Bir takım tezgâhında, üretilen parçanın kalitesi, tezgâhın kararlılık derecesinin ölçüsüdür. Zira herhangi bir talaşlı imalat sisteminin çıktısı işlenmiş yüzeylerdir. Bir yüzey yapısının kontrolünde üç önemli faktör vardır bunlar sırasıyla; yorulma ömrü, yataklık etme özelliği ve aşınmadır. Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki tür yüzey sapması meydana gelir. Dalgalılık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder.

7.2.1. Yüzey Tanımları

Yüzey yapısı, bitirilmiş yüzey, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey karakteristik terimleri sınıflandırmalar ve semboller tasarımcıların, teknikerlerin ve diğer çalışanların iletişim kurmasına imkân sağlar. Kısmi özellikleri verilen bir yüzeyin

yapımı için belirlenen özelliklerin doğru olarak yorumlanmasını sağlar [www.Predev.com].

Yüzey yapısı nominal bir yüzeyden sapan yüzeyin modelidir. Bu sapmalar tekrarlı veya rastgele olabilir [Lou et al, 1999]. Şekil 7.5’de yüzey kalitesini tanımlamada kullanılan standart terminoloji ve semboller gösterilmiştir.



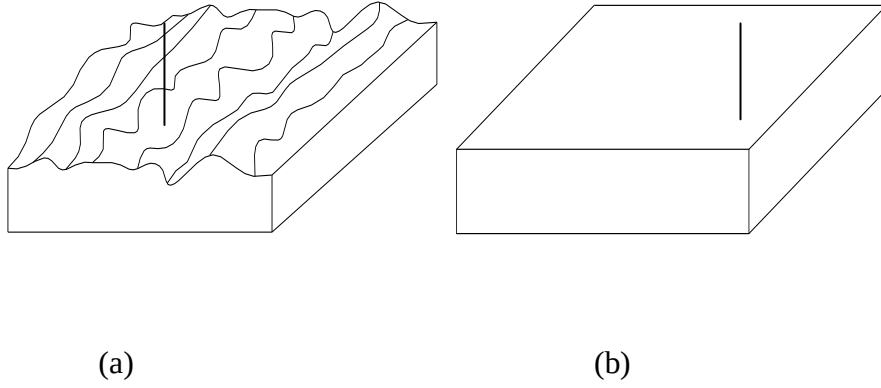
Şekil 7.5. Yüzey kalitesini tanımlamak için standart terminoloji ve semboller.

7.2.1.1. Yüzey

Bir nesneyi diğerinden ayıran sınırdır.

7.2.1.2. Geometrik Yüzey

Bu ise tasarlanmış yüzeydir. Bu yüzeyin uzantısı ve şekli bir taslakta veya çizimde ölçülendirilir ve gösterilir. Yüzey pürüzlülüğü içermez.



Şekil 7.6. (a) Gerçek yüzey, (b) Geometrik yüzey.

7.2.1.3. Gerçek Yüzey

Bir cismin gerçek sınırır. Yüzeyi oluşturan prosesin sonucu olarak nominal yüzeyden ayrılır. Bu sapma veya ayrılma, cismin yapıldığı malzemenin yapısı, bileşimi ve özelliklerine bağlıdır.

7.2.1.4. Ölçülen Yüzey

Bu yüzey bazı ölçüm aletleriyle elde edilen gerçek yüzeyin tekrar gösterilmesidir. Bu ayrımı yapmak gereklidir çünkü hiçbir ölçüm tam gerçek yüzeyi vermez.

7.2.1.5. Pürüzlülük veya Kabalık

Yüzey pürüzlülüğü, işleme sırasında oluşan ilerleme izleri gibi üretim işleminin doğasından kaynaklanan çok küçük düzgünsüzlüklerdir [Makina Mühendisliği El Kitabı]. Pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder [Neşeli, 2006].

7.2.1.6. Dalgalanma

Dalgalık; otlama, titreşim, ısı davranış veya kesici takım aşınması nedeniyle meydana gelmektedir [Şahin, 2001]. Dalgalık yüzeyin geometrik şeklini karakterize eder [Neşeli, 2006].

7.2.1.7. İzler

İz, işlenmiş yüzeyde kesici takımın bırakmış olduğu desenin yönüdür.

7.2.1.8. Hatalar

Yüzey üzerinde bulunan hatalar; çatlaklar, delikler, artıklar, menteşeler ve çizgiler şeklindedir [Şahin, 2001].

7.2.1.9. Pürüzlülük Genişliği

Takip eden tepe veya pürüzlülüğün hâkim modelini oluşturan sert noktalar arasındaki nominal yüzeye paralel mesafedir [Lou et al, 1999].

7.2.1.10. Pürüzlülük Genişliği Kesim Uzunluğu

Tekrarlanan yüzey düzensizliklerinin en büyük aralığını gösteren ortalama pürüzlülük yüksekliğinin ölçümünü içerir [Lou et al, 1999].

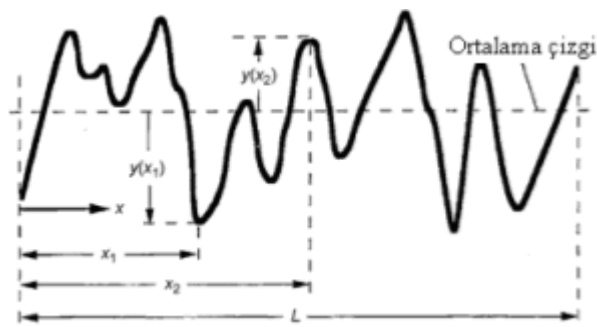
7.2.1.11. Dalgalılık Yüksekliği

Tepe ve çukur arasındaki mesafedir.

7.2.1.12. Dalgalılık Genişliği

Ardışık dalga tepe noktaları veya ardışık dalga çukur noktaları arasındaki mesafedir [Lou et al, 1999].

7.2.2. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri



Şekil 7.7. Pürüzlülük için kullanılan parametreler [Stephenson and Agapiou, 2006].

7.2.2.1. Ortalama Eksen Çizgi Değeri (R_a , CL_a)

Bu parametre aynı zamanda aritmetik ortalama pürüzlülük değeri, AA (Arithmetic average) veya CLA (Center line average) olarak da bilinir. R_a en çok kullanılan pürüzlülük parametresidir [Lou et al, 1999; Gadelmawla et al, 2002]. R_a , ortalama profil doğrusundan y aritmetik ortalama olarak sapmasıdır [Şahin, 2001]. R_a değeri yalnızca ortalama sapmayı gösterir ve dalgalılığı içermez [Dursun, 2007]. Matematiksel olarak şöyle açıklanır:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx \quad (7.1)$$

L: Örnekleme uzunluğu

Ölçme yönü, pürüzlülüğü değerlendirmek için çok önemlidir ve işleme operasyonunun tipine ve iş parçasının şekline bağlıdır. R_a düzensizliklerin veya profilin şekli hakkında bilgi vermez [Kopač and Bahor, 1999].

7.2.2.2. Ortalamaların Kareleri Toplamının Karekökü (R_q , R_s , R_{ms})

R_q ortalama karekök parametresidir [Şahin, 2001]. Seçilen örnekleme uzunluk sınırlarında, ortalama çizginin altında ve üstünde meydana gelen sapmaların geometrik ortalama değeridir [Güllü, 1995]. Matematiksel olarak şöyle açıklanır:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L y^2(x) dx} \quad (7.2)$$

7.2.2.3. Profil Maksimum Tepe Yüksekliği (R_p)

R_p örnekleme uzunluğu içinde ortalama çizgiden maksimum profil yüksekliğidir [Şahin, 2001; Gadelmawla et al, 2002]. R_p değeri geniş çıkıntı ve dar girintilerden oluşan yüzeylerde küçük, dar çıkıntı ve geniş girintilerden oluşan yüzeylerde büyük olur [Güllü, 1995].

$$R_p = \max y(x), \quad 0 < x < L \quad (7.3)$$

7.2.2.3. Profil Maksimum Çukur Derinliği (R_v , R_m)

R_v merkez çizgiden aşağıdaki maksimum çukur derinliğidir [Stephenson and Agapiou, 2006; Gadelmawla et al, 2002].

$$R_v = \left| \min y(x) \right|, \quad 0 < x < L \quad (7.4)$$

7.2.2.4. Maksimum Tepe-Çukur Yüksekliği (R_t , R_{max})

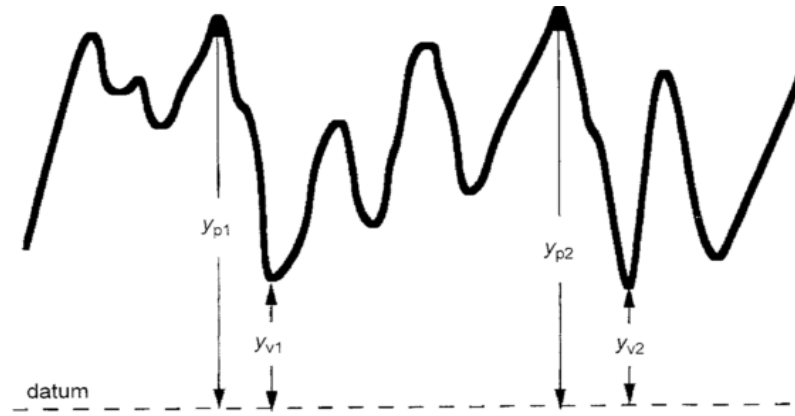
R_t , değerlendirme uzunluğu içinde maksimum tepe-çukur yüksekliğini gösterir [Şahin, 2001; Gadelmawla et al, 2002]. Tepe-çukur yüksekliği ortalama değerini iyileştirmek için, en yüksek tepe ve en düşük çukur hesaba katılmaz [Güllü, 1995].

$$R_t = R_p + R_v \quad (7.5)$$

7.2.2.4. On Nokta Yüksekliği (R_z)

R_z , 10 nokta yüksekliği olup örnekleme uzunluğu içinde 5 en derin çukur ve 5 en yüksek tepe noktaları arasında ortalama mesafeyi gösterir (Şekil 7.8) [Şahin, 2001].

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (y_{pi} - y_{vi}) \quad (7.6)$$



Şekil 7.8. R_z pürüzlülük değeri [Stephenson and Agapiou, 2006].

7.2.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

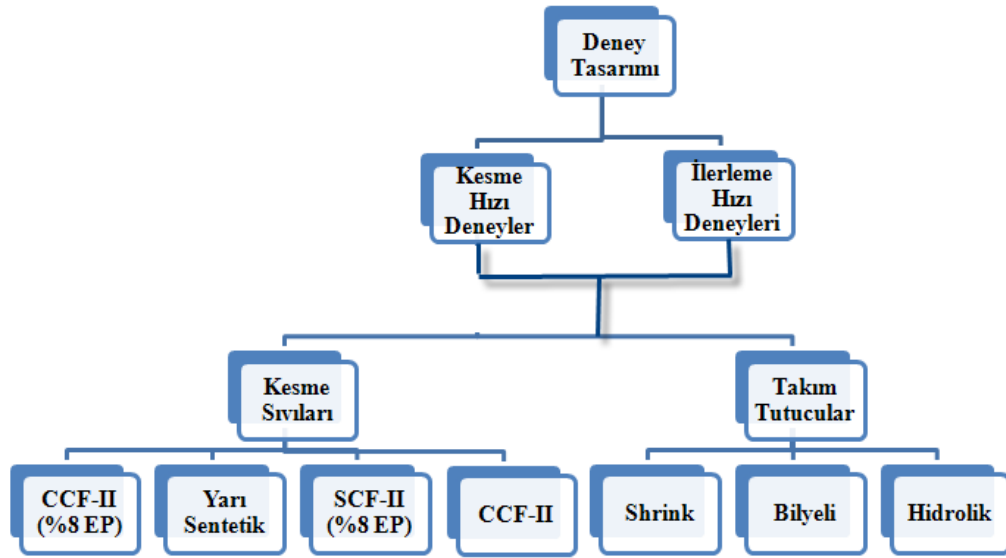
Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler şunlardır:

- İlerleme, kesme hızı, talaş derinliği
- Kesici takım geometrisi
- Talaş yapışması, kesici kenardaki aşınma
- Kesici takım ve iş parçası arasındaki titreşim [Işık, 2001].
- İş parçası malzemesi

- İşleme tipi
- Sistemin rijitliği
- Kesme sıvısı tipi [Sanjay and Jyothi, 2006]. Sıvı konsantrasyonu artırıldığında R_a değeri azalmaktadır [Upton, 2000].

8. DENEY TASARIMI

Bu çalışmada takım tutucuların ve kesme sıvılarının AISI 304 paslanmaz çeliğin son paso frezelenmesindeki performansı üzerine iki farklı konu üzerine araştırma yapılmıştır (Şekil 8.1.). Takım tutucular için yapılan deneylerde kesme sıvısı kullanılmayıp deneyler kuru kesme olarak gerçekleştirilmiştir. Bu fark dışında deneyler her iki çalışma içinde aynı tezgâhta gerçekleştirilmiş olup üç farklı kesme hızı (100, 150, 200 m/dak) ve üç farklı ilerleme hızı (0.2, 0.25, 0.3 dev/dak) kullanılarak yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve takım aşınması ölçülmek sureti ile performans karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında hangi şartlarda hangi takım tutucunun ve kesme sıvısının en iyi performans sergilediği belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 8.1. Deney tasarımının şematik olarak gösterimi.

Kullanılan ekipman ve deneysel plan alt başlıklar altında aşağıdaki gibi açıklanmış olup takım tutucular için ve kesme sıvıları için yapılan deneylerin sonuçları ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

8.1. Takım Tezgâhı

Frezeleme deneyleri Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği CAD/CAM laboratuvarında bulunan DECKEL MAHO DMU 60 P beş eksen işleme merkezinde yapılmıştır (Şekil 8.2).



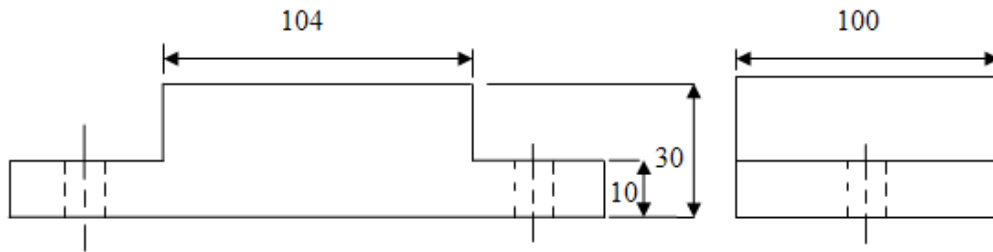
Şekil 8.2. DECKEL MAHO DMU 60 P beş eksen işleme merkezi.

8.2. İş Parçası

Deneylerde iş parçası malzemesi olarak AISI 304 paslanmaz çelik kullanılmıştır. AISI 304 paslanmaz çelik tüm paslanmaz çelik üretiminin ve paslanmaz tüketiminin yaklaşık yarısını oluşturur. Mükemmel bir korozyon direncine ve çok iyi işlenebilme özelliğine sahip olan bu çelik sınıfı mutfak takımı, mimari, gıda ve meşrubat prosesi, takım teçhizat, mutfak eşyaları (çatal, bıçak vb...), kazanlar, petro-kimya, mineral işlemleri ve diğer endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. AISI 304 kalite sınıfı çelikleri; rulo, sac, plaka, şerit, tüp, boru, bağlantı elemanı, bar, açılı ürün, tel, döküm ve diğer şekillerde olmak üzere aşağı

yukarı tüm paslanmaz ürün formlarında elde etmek mümkündür [www.makinahaber.com].

Paslanmaz çeliğin boyutları 104x100x20 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 8.3). Malzemelerin kimyasal analizi ve sertlik ölçümü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünde yaptırılmış ve analiz değerleri Tablo 8.1’de gösterilmiştir. AISI 304 paslanmaz çelik malzemenin sertliği 300 HV bulunmuştur.



Şekil 8.3. Deney iş parçası.

Tablo 8.1. AISI 304 paslanmaz çeliğin kimyasal kompozisyonu (% Ağırlık).

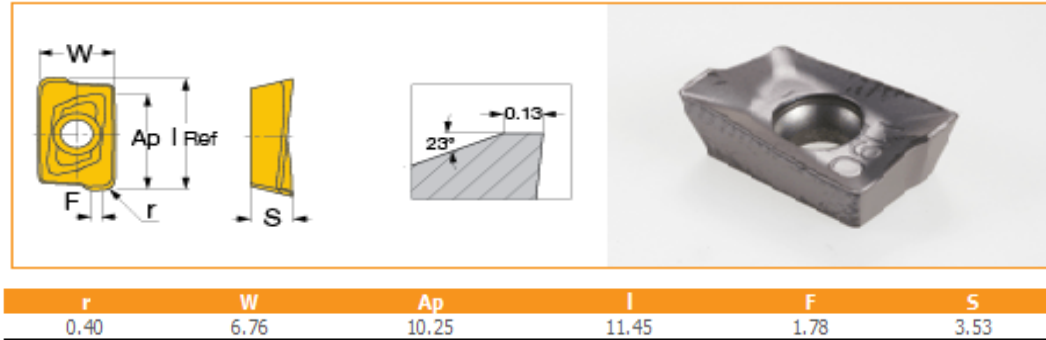
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
0.034	0.64	1.89	0.041	0.013	18.75	8.23	0.398	0.0028
Cu	Co	Ti	Nb	V	W	Pb	Mg	B
0.69	0.105	0.0064	0.023	0.071	0.026	<0.0030	0.018	0.0019
Sn	Zn	As	Bi	Ca	Ce	Zr	La	Fe
0.014	0.022	0.012	<0.0020	0.0006	0.025	0.0074	0.0027	69.0

8.3. Kesici Takımlar

Deneylerde Iscar tarafından üretilen HM90 APKT 100304PDR IC9082 kodlu PVD-ALTiN kaplı iki ağızlı değiştirilebilir uçlu Ø16 mm düz freze kullanılmıştır.(şekil 8.4). Kesici takımın özellikleri Şekil 8.5’de gösterilmiştir.



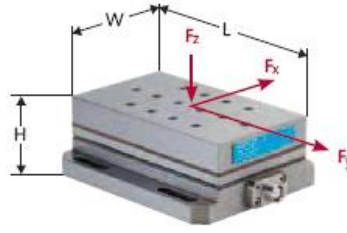
Şekil 8.4. İki ağızlı değiştirilebilir uç.



Şekil 8.5. Kesici takım özellikleri.

8.4. Dinamometre

Kesme kuvvetleri KISTLER 9257B tipi dinamometre kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 8.6). Tablo 8.2’de dinamometrenin teknik özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 8.6. KISTLER 9257B dinamometre.

Tablo 8.2. KISTLER 9257B dinamometrenin teknik özellikleri.

ÖZELLİK	SEMBOL	BİRİM	DEĞERLER
Ölçme aralığı	F_x, F_y, F_z	kN	± 5
Hassasiyet	F_x, F_y	pC/N	≈ -7.5
	F_z	pC/N	≈ -3.7
Doğal frekans	f_{nx}, f_{ny}	kHz	≈ 2.3
	f_{nz}	kHz	≈ 3.5
Çalışma sıcaklığı aralığı		°C	0 ... 70
Uzunluk x Genişlik x Yükseklik	L x W x H	mm	170x100x60
Ağırlık		Kg	7.3
Koruma sınıfı (EN 60529)			IP67

Dinamometre ile ölçülen kuvvet değerleri DynoWare yazılımı kullanılarak grafiksel olarak kaydedilmiştir. Yüzey frezeleme sırasında 5 adet kuvvet datası alınmış olup bu kuvvetlerin maksimum ve minimum değerlerinin ortalaması alınmıştır.

8.4.1. Amplifikatör

Deneylerde KISTLER 5070A11100 tipi amplifikatör kullanılmıştır (Şekil 8.7). Tablo 8.3’de amplifikatörün teknik özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 8.7. KISTLER 5070A11100 tipi amplifikatör.

Tablo 8.3. KISTLER 5070A11100 amplifikatörün teknik özellikleri.

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞERLER
Kanal sayısı		8
FSO için ölçme aralığı	pC	$\pm 200 \dots 200000$
Çıktı aralığı	V	± 10
Frekans aralığı	kHz	$\approx 0 \dots 45$
Kaynak	V AC	100 ... 240

8.4.2. Veri Toplama Kartı (DAQ)

Deneylerde 2855A5, PC-CARD-DAS 16/16 tipi veri toplama kartı kullanılmıştır (Şekil 8.8). Tablo 8.4’de veri toplama kartının özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 8.8. Veri toplama kartı.

Tablo 8.4. Veri toplama kartının teknik özellikleri.

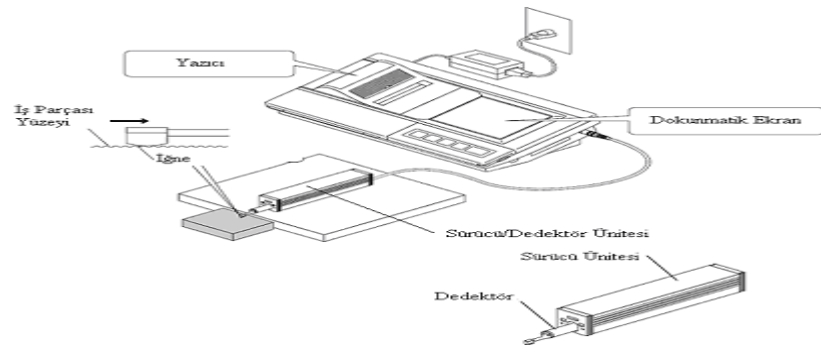
ÖZELLİK	BİRİM	DEĞERLER
Ölçme kanalı sayısı		16
Çözünürlük	Bit	16
Ölçme oranı	kHz	100
Bağlantı		50-pole neg.

8.4.3. Bağlantı Kabloları

Dinamometre ile amplifikatör arasındaki bağlantı için KISTLER 1677A5 tipinde kablo, bilgisayar ile amplifikatör arasındaki bağlantı için KISTLER 1200A27 tipinde RS 232C kablolar kullanılmıştır. Amplifikatörden veri toplama kartına sinyal çıktılarını göndermek için KISTLER 1500B15 tipi bağlama kablosu kullanılmıştır.

8.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Deneyler sonucunda yüzeylerinin pürüzlülük ölçümü, Mitutoyo Surftest SJ 301 tipi portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 8.9). Cihazın teknik özellikleri Tablo 8.5’de verilmiştir.



Şekil 8.9. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümüne başlamadan önce yüzey pürüzlülük cihazı, yüzey pürüzlülük değeri önceden bilinen kalibrasyon numunesi ile kalibre edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde örnekleme uzunluğu (cut-off) 0.8 mm ve örnekleme sayısı 3 olarak seçilmiştir. Ölçme işlemi işleme doğrultusuna dik olarak yapılmış olup, işlenmiş yüzeylerden 3 adet ortalama yüzey pürüzlük değeri (R_a) ölçülmüştür. Ölçülen 3 değerın ortalaması kullanılmıştır.

Tablo 8.5. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazına ait teknik özellikler.

Ölçme prensibi	Stylus metodu
İzleyici uç yarıçapı	5 μ m
Ölçme kuvveti	4 mN (0.4 gf)
Filtre	Gauss
Tarama hızı	0.5 mm/s
Kesim uzunluğu (λ_c)	0.8 mm
Değerlendirme uzunluğu ($l_n = \lambda_c * 3$)	2.4 mm

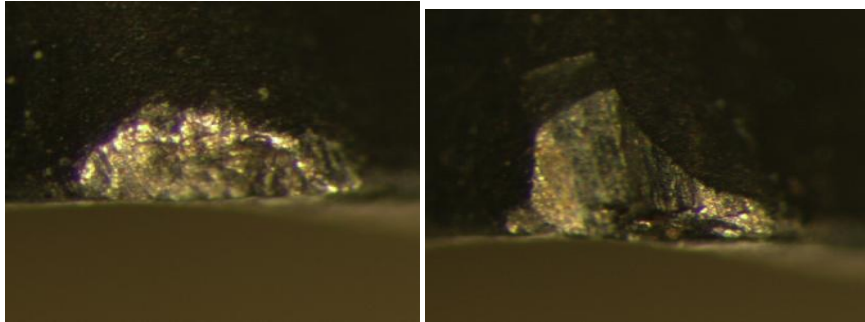
8.6. Takım Aşınması ve Ölçüm Cihazı

Kesici takımda meydana gelen aşınmalar ve aşınma çeşitleri Zeiss Marka Axio Imager Optik mikroskop kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 8.10.). Takım aşınması ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşılnca deney sonlandırılmıştır. 50 X büyütme oranlı mercek kullanılmıştır.



Şekil 8.10. Zeiss Axio Imager optik stereomikroskop.

Talaşlı imalatta kesici takımda meydana gelen hasar mekanizmaları; serbest yüzey aşınması, krater aşınması, çentik (Notch) aşınması, burun aşınması, ısıl çatlaklar, mekanik çatlaklar, kenar birikimleri (Built-Up-BUE) oluşumu, plastik deformasyon, kenar çentikleme (Edge Chipping), talaş vurma ve takımın kırılması olarak sıralanır. Bu çalışmada yapılan deneylerde takım tutucuların performansı için yapılanlarda burun aşınması (Şekil 8.11a) kesme sıvıları için yapılan deneylerde burun aşınması ve takım kırılması meydana gelmiştir (Şekil.8.11b).



(a)

(b)

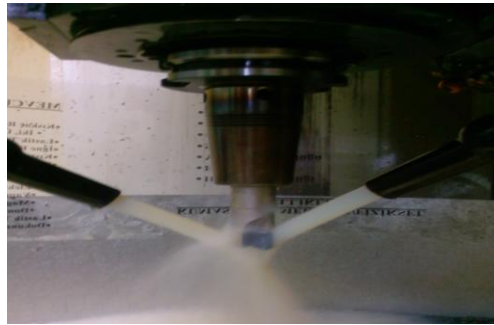
Şekil 8.11. (a) Burun aşınması, (b) Takım kırılması.

8.7. Kesme Sıvıları

Deneysel çalışmalarda 4 çeşit kesme sıvısı kullanılmıştır 3 tane bitkisel esaslı kesme sıvısı TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilmiştir. Diğer 1 tane kesme sıvısı ise ticari olarak konsantre halinde temin edilmiştir. Sıvılar kesme bölgesine çift nozul kullanılarak uygulanmış olup sıvının debisi 10 lt /dak olarak ayarlanmıştır. (Şekil 8.12.). Yapılan tüm deneylerde shrink tutucu kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme sıvıları:

- SCF-II (%8 EP)– Rafine ayçiçeği esaslı kesme sıvısı, ikili emülsifiyerli ve % 8 EP katkı maddesi içermektedir.
- CCF-II– Rafine kanola esaslı kesme sıvısı, ikili emülsifiyer, EP katkı maddesi içermez.
- CCF-II(%8 EP)– Rafine kanola esaslı kesme sıvısı, ikili emülsifiyer, %8 EP katkı maddesi içerir.
- Yarı sentetik- Paslanmaz çelik gibi işlenmesi zor metaller için özel olarak geliştirilmiş mineral katkılı kesme sıvısı.

Deneylerde kullanılan kesme sıvılarının kimyasal test sonuçları Tablo 8.6’da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 8.12. Sıvısının kesme bölgesine uygulanması.

Tablo 8.6. Kullanılan kesme sıvıları ve kimyasal özellikleri.

	SCF-II EP %8	CCF-II EP %8	CCF-II EP'SİZ	Yarı sentetik
PH	10.15	10.20	10.40	10.15
PH (%8 Emülsiyon)	8.92	9.00	9.05	9.18
d (g/ml)	0.96	0.97	0.99	0.98
d (g/ml) (%8 Emülsiyon)	0.96	0.98	1.00	0.99
Viskozite 40 °C (mm ² /sn)	91	110	107	75
Viskozite 40 °C (mm ² /sn) (%8 Emülsiyon)	4.1	3.9	3.8	1.7
Parlama Noktası (°C)	217	232	215	222
Kırılma İndisi (n _d)	1.478	1.477	1.474	1.436
Kırılma İndisi (%8 Emülsiyon)	1.347	1.347	1.347	1.347
Surfaktant I (%)	32	32	35	
Surfaktant II (%)	5	5	8	

8.8. Takım Tutucular

Takım tutucuların performansı için yapılan deneylerde üç farklı tutucu kullanılmıştır (Şekil 8.13). Bu tutucular ise Eroğlu firması tarafından üretilen shrink, bilyeli ve hidrolik tutuculardır. Her bir tutucuda daha sıkı bir kavrama sağlayarak mükemmel bir salgı hassasiyeti elde ederek daha iyi yüzey daha hassas geometrik tolerans ve daha uzun takım ömrü sağlamak için özel olarak imal edilmişlerdir. Her üç tutucunun da çalışma mekanizmaları birbirinden çok farklıdır. Bu farklılıklar alt başlıklar halinde açıklanmıştır.



Şekil 8.13. Takım tutucular.

Deneylerde kullanılan tutucuların teknik bilgileri Tablo 8.7’ de verildiği gibidir.

Tablo 8.7. Kullanılan tutucuların mekanik özellikleri [Eroğlu Teknik Data].

	Shrink	Hidrolik	Bilyeli
Maksimum devir	$\leq 40.000 \text{ dak}^{-1}$	$\leq 40.000 \text{ dak}^{-1}$	$\leq 18.000 \text{ dak}^{-1}$
Sıkma momenti (Nm)	200	130	5000
Sıkma çapı (mm)	16	16	16
Sıkma uzunluğu (mm)	50	50	50

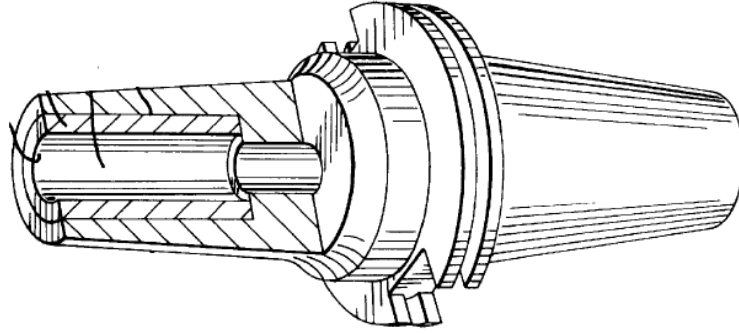
8.8.1. Shrink Tutucu

Shrink Fit” sıkı geçme, ısıt bağla gibi kavramlarla Türkçeye çevrilmektedir. Yüksek hızda hızlı işlemede kullanılan devir sayılarında, geleneksel takım tutucular sınırlı kalırlar. Freze kesicisinin takım tutucu içinde kaymasını önlemek ve iş mili üzerinde oluşan yükü güvenli hale getirmek için “Shrink Fit” takım tutucular geliştirilmiştir. Bu sayede hassas salgı değerleri elde edilerek daha kaliteli işlemler yapılır. Shrink Fit’te, takım sıkma mantığı her iki bileşenin ısı genleşme ve soğuyarak büzülme esasına dayanır.

Shrink takım tutucunun özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Yüksek hassasiyet (3xD boyda 3µm salgı)
- Hassas balans değeri (40000 dev/dak devre kadar)
- Yüksek sıkma momenti (200 Nm).
- Titreşim ve salgı en az seviyede olduğu için takım ömrü artar, yüzey pürüzlülüğü azalır [Eroğlu Teknik Data].

Shrink tutucular, hassas frezeleme, yanal frezeleme, küre frezeleme, kılavuz çekme, delme operasyonları ve raybalama işlemlerinde kullanılabilir.



Şekil 8.14. Shrink Tutucunun içyapısı [U.S. Patent, 2001].

8.8.2. Hidrolik Tutucu

Hidrolik takım tutucular sıvıların sıkıştırılmaz prensibinden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Hidrolik malafa bir hidrolik pompa yardımıyla makina tarafından kontrol edilir. Hidrolik malafa içine entegre edilmiş bir basınç kuvvetlendiricisi giriş basıncını artırır ve yüksek basıncı genişleme pensine iletir. Tasarım, basınç tahriği ile önce radyal genişleme, arkasından boyda kısalma ve son olarak aksel geri çekmeyi sağlar. Bunun sonucunda da iş parçası hidrolik malafanın yüzeyine oturur (Şekil 8.15.).Daha ayrıntılı bilgi US 2005/0044686 A1 no'lu patentte bulunmaktadır.

Hidrolik genişleme teknolojisi iş parçasını veya kesici takımı çok hassas bir şekilde merkez eksenine getirir. Bu sayede;

- Manuel bir ayarlamaya veya dışarıdan bir kontrole gerek kalmadan mükemmel merkezleme sağlanır.
- Her iş parçası veya her kesici takım aynı basınç değeri ile bağlanır.
- İş parçası ve kesici takım bağlama süreleri azalırken, verimlilik artar.

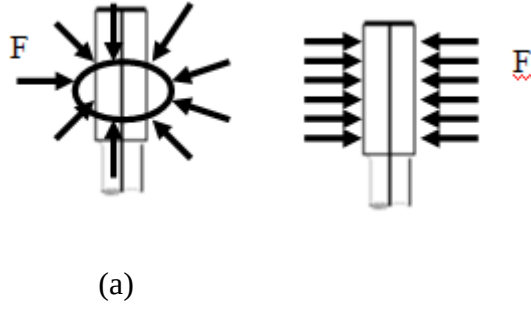
- Hassas balans değerleri elde edilerek daha iyi takım ömrü ve yüzey elde edilir.



Şekil 8.15. Hidrolik tutucu içyapısı

8.8.3. Bilyeli Tutucu

Pensli tutucularda sıkma işlemi tüm yüzeyde değil çevresel şekilde olur (Şekil 8.16-a). Bu da düşük sıkma momenti oluşturarak işleme esnasında kesici ya da şaft kısmının tutucu içerisinde dönmesine aynı zamanda takım ekseninin eğilerek eksenelliğin bozulmasına neden olarak titreşimin artmasına, takım ömrünün azalmasına ve geometrik hassasiyetin kaybına sebep olur ve işleme kalitesinin düşürür. Pensli tutucuların bu eksik yönünü giderebilmek amacı ile bilyeli tutucular geliştirilmiştir. Tutucu içerisine özel olarak yerleştirilen bilyeli mekanizma sayesinde (Şekil 8.17) tutucu şaft yüzeyini sadece çevresel değil tüm yüzeyinden sıkıştırarak (Şekil 8.16-b) hassas salgı değeri ve rijid bir tutma sağlar. Bu sayede şaftın tutucu içerisinde kayması ve eksenel kaçıklığı giderilmiş olur. Bilye mekanizması sıkma yüzeyini arttırmanın yanı sıra gelen titreşimleri absorbe ederek takıma ve tezgâha gelecek titreşimleri minimize eder.

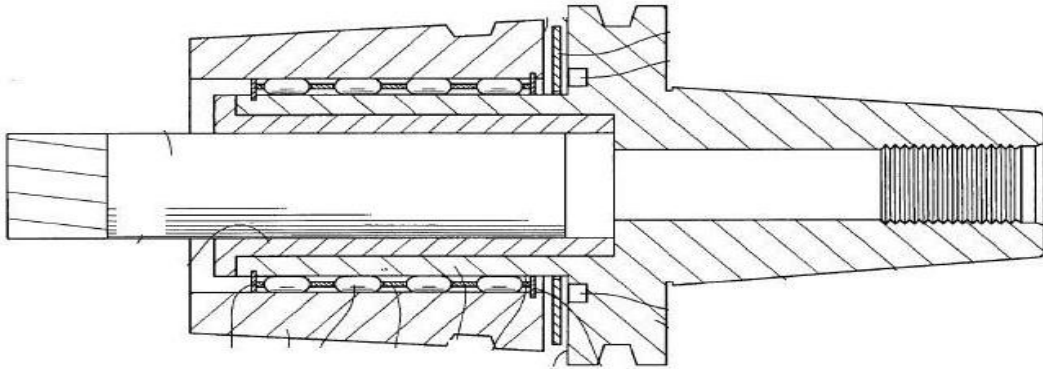


Şekil 8.16. (a) pens tutucunun sıkma yüzeyi (b) bilyeli tutucu sıkma yüzeyi.

Bilyeli tutucunun özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek hassasiyet ($3 \times D$ boyda $10 \mu\text{m}$ salgı değeri)
- Yüksek sıkma momenti (5000 Nm)
- Mükemmel rijitlik.
- Minimum vibrasyon.

Bilyeli tutucular minimum vibrasyon ve yüksek sıkma momenti sayesinde kaba operasyonlarda ilk tercihtir [Eroğlu]. Hassas frezeleme, yanal frezeleme, küre frezeleme, kılavuz çekme, delme operasyonları ve raybalama işlemlerinde yüksek talaş miktarı ve ilerleme değerlerinde kullanılabilir.



Şekil 8.17. Bilyeli tutucu içyapısı [U.S. Patent, 2006].

8.9. Deney Tasarımları

Takım tutucular ve kesme sıvıları için kesme hızı ve ilerleme hızının etkisi araştırılmıştır. Tutucular ve kesme sıvıları için aynı şartlar uygulanmıştır.

8.9.1. Kesme Hızının Etkisi Deneyleri

Kesme hızının; kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması değerleri ölçülerek takım tutucuların ve kesme sıvılarının performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. İlerleme hızı (0.25 mm/dev) sabit tutularak 3 farklı kesme hızı (100, 150, 200 m/dak) kullanılmıştır. Talaş derinliği 0.3 mm alınmış olup yana kayma 10 mm olarak belirlenmiştir. Her kesme hızı için 5 yana kayma yapılarak toplam 520 mm kesme işlemi yapıldıktan sonra takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılarak takım aşınması ISO 3685 standardınca belirtilen son (finiş) pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya deney sonlandırılmıştır. Kullanılan parametreler Tablo 8.8’de gösterilmiştir.

Tablo 8.8. Kesme hızının etkisi için kullanılan deney parametreleri.

Kesme hızı (m/dak)	İlerleme hızı (mm/dev)	Talaş derinliği(mm)
100	0.25	0.3
150		
200		

8.9.2. İlerleme Hızının Etkisi Deneyleri

Kesme hızının etkisinde olduğu gibi ilerlemenin etkisi deneylerinde de kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması ölçülerek takım tutucuların ve kesme sıvılarının performansı araştırılmıştır. Deneylerde kesme hızı sabit tutularak (200 m/dak) üç farklı ilerleme hızı (0.2, 0.25, 0.3 mm/ dev) kullanılmıştır. Yana kayma 10 mm, talaş derinliği 0.3 mm olarak belirlenmiştir. Her kesme hızı için 5 yana kayma yapılarak toplam 520 mm kesme işlemi yapıldıktan sonra takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılarak takım aşınması ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya deney sonlandırılmıştır. Kullanılan parametreler Tablo 8.9’da gösterilmiştir.

Tablo 8.9. İlerleme hızı etkisi için kullanılan parametreler.

İlerleme Hızı (mm/dev)	Kesme Hızı (m/dak)	Talaş derinliği(mm)
0.2	200	0.3
0.25		
0.3		

9. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu tezde iki ayrı çalışma yapıldığı için sonuçlar takım tutucular için ve kesme sıvıları için ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

9.1. Takım Tutucular

Performans deneyleri sonucunda elde edilen kuvvet, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma sonuçları aşağıdaki gibi bulunmuştur.

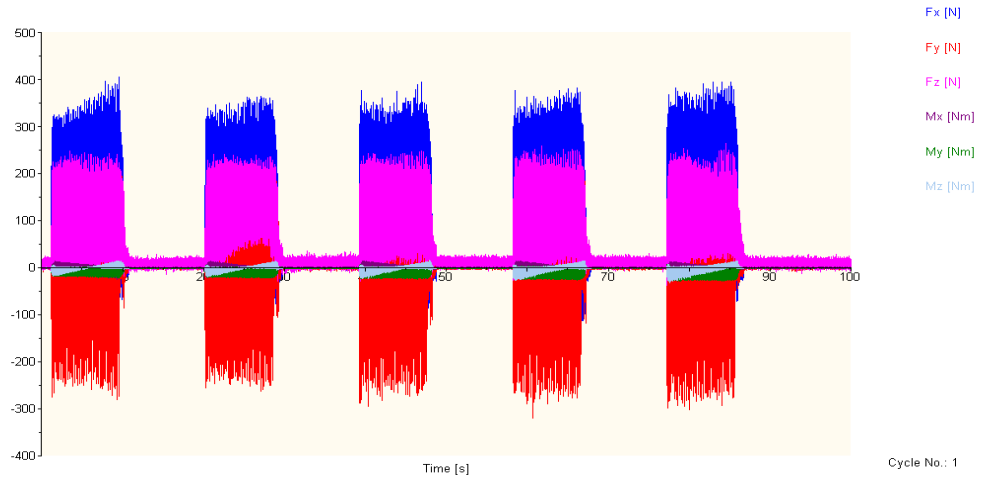
9.1.1. Kuvvet Sonuçları

Şekil 9.1’de kuvvet-zaman diyagramı gösterilmektedir. Her kesme operasyonunda 104 mm kesme uzunluğu ve 5x10 mm yana kayma yapılarak iş parçası yüzeyinde toplam 520 mm kesme işlemi yapılmıştır. Kesme işleminin aynı yönlü olması için her 104 mm kesmeden sonra takım iş parçasından ayrılarak tekrar başa gelmiştir. Bunun sonucunda da Şekil 9.1.’den de görüleceği gibi kuvvet grafiği 5 sütundan meydana gelmiştir. Frezeleme işleminde iş parçası sabit, kesici takım dönme işlemini gerçekleştirdiği için kesme işlemi esnasında kesme kuvvetinin yönünde ve kuvvet değerlerinde önemli değişimler meydana gelir (Şekil 9.2.). Kuvvetlerde yaşanan bu değişimler yalnız buna bağlı olmayıp, iş parçasının içyapısı, kesme esnasında takımda meydana gelen deformasyonlar ve kesici ile iş parçası arasındaki uyuma bağlı olarak da önemli değişimler gösterir.

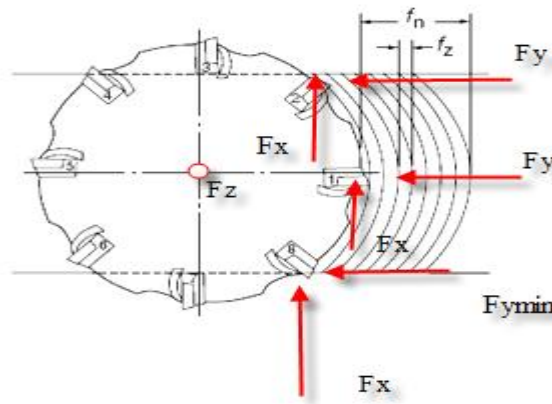
Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin belirlenmesi, aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı büyük önem taşımaktadır;

- Takım tezgâhının talaş kaldırma sırasında harcadığı enerjinin tespit edilmesinde,

- Takım tezgâhının, takımların ve bağlama aparatlarının tasarımında ve boyutlandırılmasında,
- Tezgâh rijitliği ve boyutlarının hesaplanmasında,
- Kesme kuvvetlerine veya harcanan enerjiye bağlı olarak, talaş kaldırma sırasında optimizasyona dayalı adaptif bir kontrol sistemi oluşturmakta kullanılmaktadır [Işık ve Çakır, 2000].

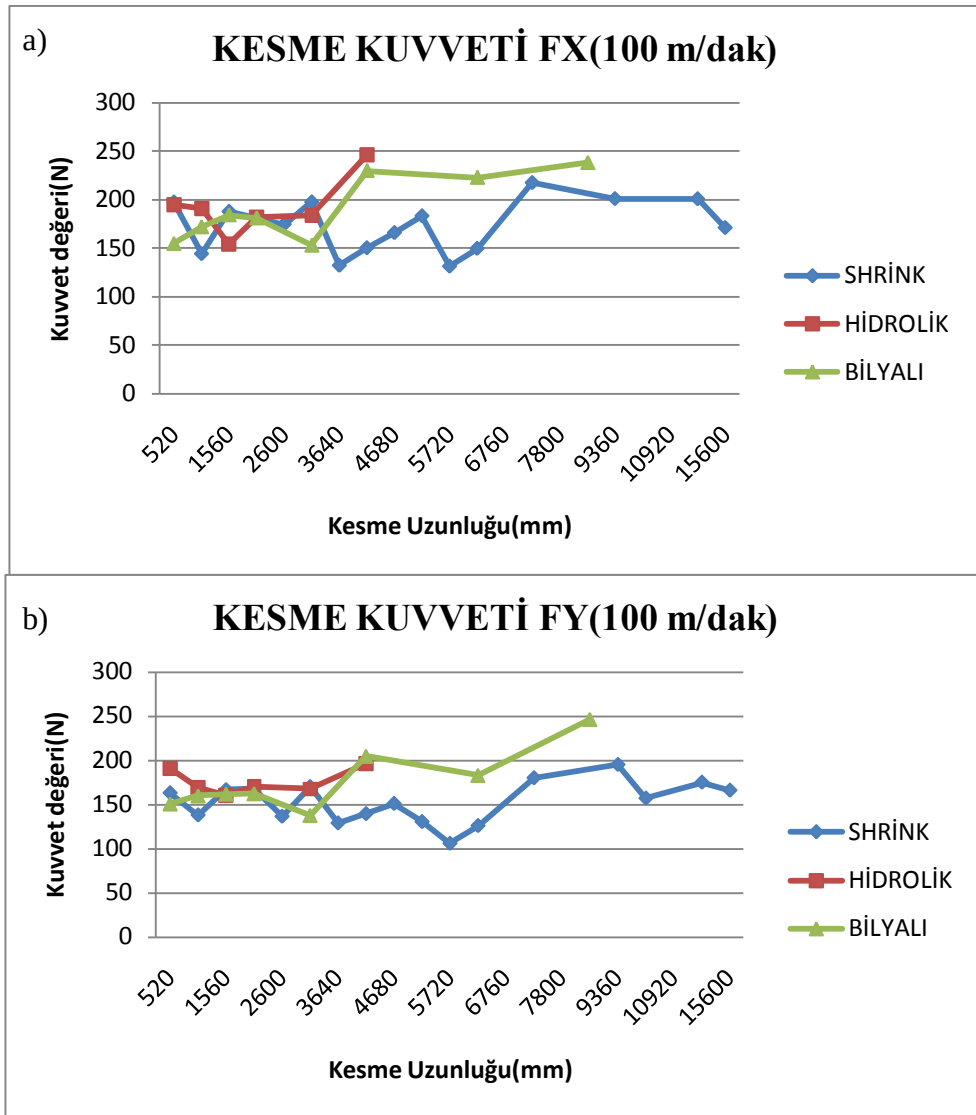


Şekil 9.1.Kuvvet Zaman grafiği.



Şekil 9.2. Frezelemede kesici takımın oluşturduğu kuvvetler.

Frezeleme esnasında F_x , F_y ve F_z kuvvetleri oluşmak ile birlikte bizim için esas olan kesme kuvveti Şekil 9.2'den de görüleceği gibi F_x ekseninde meydana gelen kesme kuvvettir. F_x esas olan kesme kuvvetini oluşturmak ile birlikte F_y kuvveti F_x kuvveti ile aynı karakteristik dalgalanmayı göstermektedir (Şekil 9.3). Oluşan F_z kuvveti ise kesici takımın talaş açısının ve kesme esnasında iş parçası ile takım arasında meydana gelen muhtemel yapışmaların bir sonucudur.



Şekil 9.3. F_x ve F_y kuvvetlerinin benzerlik ilişkisi.

9.1.1.1.Kesme Hızı Deneylerinde Ölçülen Kuvvetler

Kesme Hızı deneylerinde 3 farklı tutucu içinde 100,150 ve 200 m/dak kesme hızlarında 0.25 mm/dev sabit ilerleme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırıldı. Kesme kuvvetleri maksimum ve minimum kesme kuvvetlerinin mutlak ortalaması alınmıştır (Tablo 9.1., Tablo 9.2., Tablo 9.3).

Tablo 9.1. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fx kuvvet değerleri.

V (100 m/dak)	Ortalama Fx kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	197	194	155
1040	144	191	172
1560	187	154	184
2080	181	182	181
2600	174		
3120	197	184	153
3640	132		
4160	150	246	230
4680	166		
5200	183		
5720	131		
6240	149		223
6760			
7280	217		
7800			
8320			238
9360	201		
10400			
10920			
11440	200		
15600	171		
V (150 m/dak)	Ortalama Fx kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	203	230	222
1040	179	192	239
1560	200	224	164
2080	244	204	274
2600		223	269
3120	267	266	278
3640	193	228	251
4160	258		313
4680	217		
5200	226		
V (200 m/dak)	Ortalama Fx Kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	196	243	184
1040	203	287	177
1560	240	233	239
2080	223	263	263
2600	246		263
3120	255		
3640	262		
4160	321		

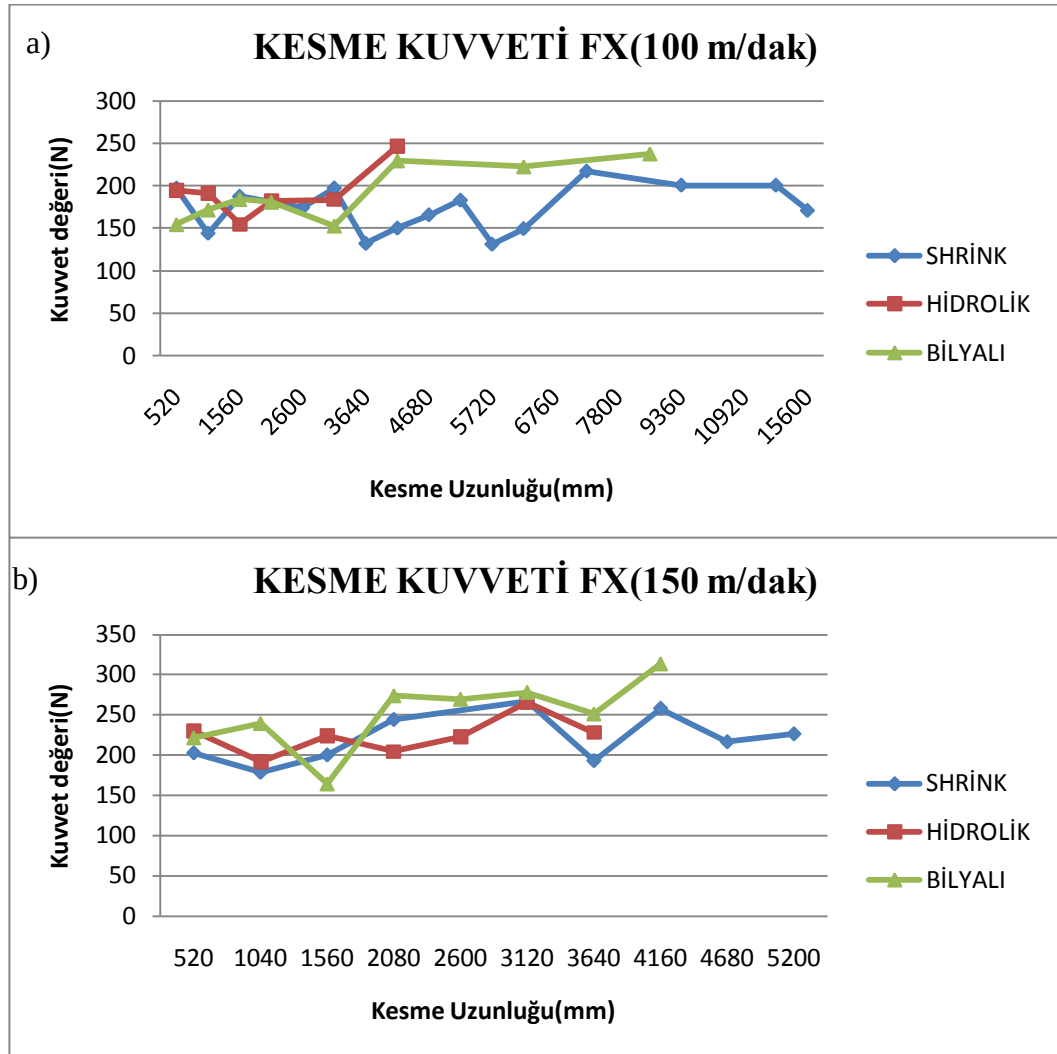
Tablo 9.2. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_y kuvvet değerleri.

V (100 m/dak)	Ortalama F_y kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	163	191	151
1040	138	169	160
1560	167	161	162
2080	168	170	163
2600	137		
3120	170	168	138
3640	129		
4160	140	196	205
4680	151		
5200	131		
5720	106		
6240	126		183
6760			
7280	180		
7800			
8320			246
9360	195		
10400	157		
10920			
11440	175		
15600	166		
V (150 m/dak)	Ortalama F_y kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	157	191	173
1040	147	168	179
1560	173	195	147
2080	197	196	203
2600		213	203
3120	204	217	169
3640	189	204	228
4160	219		323
4680	191		
5200	233		
V (200 m/dak)	Ortalama F_y kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	147	190	167
1040	166	216	150
1560	185	223	168
2080	194	219	207
2600	207		240
3120	235		
3640	231		
4160	253		

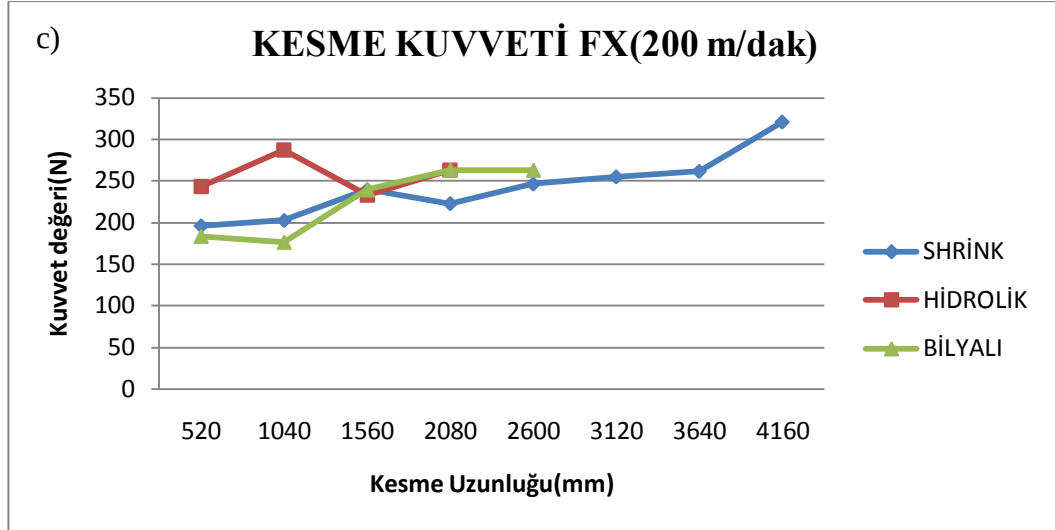
Tablo 9.3. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fz kuvvet değerleri.

V (100 m/dak)	Ortalama Fz kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	143	196	138
1040	122	150	145
1560	127	127	155
2080	124	149	148
2600	121		
3120	126	146	132
3640	111		
4160	114	173	165
4680	119		
5200	118		
5720	121		
6240	120		146
6760			
7280	125		
7800			
8320			147
9360	116		
10400			
10920			
11440	132		
15600	126		
V (150 m/dak)	Ortalama Fz kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	149	213	177
1040	143	163	185
1560	144	169	176
2080	154	158	175
2600		165	175
3120	140	186	195
3640	140	171	157
4160	136		258
4680	141		
5200	140		
V (200 m/dak)	Ortalama Fz kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	151	207	167
1040	158	179	174
1560	178	171	198
2080	158	183	160
2600	159		182
3120	155		
3640	167		
4160	175		

Şekil 9.4’de üç farklı kesme hızı için kesme uzunluğuna bağlı olarak kuvvetlerde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere kesme uzunluğuna bağlı olarak kuvvetlerde düzenli bir değişme meydana gelmemekte, kuvvet değerleri oldukça dalgalı bir seyir izlemektedir. Bunun nedeni kırılma anında iş parçası ile takım arasında sürtünme oranının artması, takım kırıldıktan sonra ise bir boşluk oluşmasıdır. Bu nedenle kesme kuvvetlerindeki büyük değişimler takımın kırılmasına ilişkin önemli bir göstergedir, ancak kesme parametrelerine bağlı olarak kuvvetler her zaman değişkendir [Danai and Ulsoy, 1986].



Şekil 9.4. Üç farklı kesme hızında kesme uzunluğu kuvvet ilişkisi a) 100 m/dak b) 150 m/dak, c) 200 m/dak



Şekil 9.4. Üç farklı kesme hızında kesme uzunluğu kuvvet ilişkisi a) 100 m/dak b) 150 m/dak, c) 200 m/dak devamı

Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırılmıştır. 100 m/dak kesme hızı için en kısa kesme uzunluğunu 4160 mm ile hidrolik tutucu göstermiştir. 150 ve 200 m/dak kesme hızında sırasıyla 3640 ve 2080 mm ile yine hidrolik tutucu en kısa kesme uzunluğunu göstermiştir. Her bir tutucuyu üç farklı kesme hızı için en kısa kesme uzunluğunun elde edildiği hidrolik tutucunun ulaştığı en son kesme uzunluğundaki noktaya kadar ki ortalama kesme kuvvetini alarak performanslarını karşılaştıracak olursak.

Shrink tutucu; en iyi performansı sırası ile 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında göstermiş olup ortalama kuvvet 100 m/dak kesme hızında 170 N, 150 m/dak kesme hızında 214 N ve 200 m/dak kesme hızında 215 N olarak ölçülmüştür.

Bilyeli Tutucu; en iyi performansı 100 m/dak kesme hızında göstermiş olup 179 N'luk kesme kuvveti oluşturmuştur. Daha sonra 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 238 ve 216 N kesme kuvveti oluşturmuştur.

Hidrolik Tutucu; en iyi performansı 192 N ile 100 m/dak kesme hızında göstermiştir. 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 224 ve 257 N'luk kesme kuvveti oluşturmuştur.

Bu değerleri bir tablo haline getirecek olursak (Tablo 9.4.);

100 m/dak kesme hızında en iyi performansı Shrink tutucu en kötü performansı Hidrolik tutucu göstermiştir.

150 m/dak kesme hızında en iyi performansı shrink en kötü performansı bilyeli tutucu göstermiştir.

200 m/dak kesme hızında da 100 ve 150 m/dak kesme hızlarında olduğu gibi en iyi performansı yine shrink tutucu göstermiştir. Daha sonra en iyi performansı bilyeli tutucu göstermiş olup en kötü performansı hidrolik tutucu göstermiştir.

Tablo 9.4. Kesme hızı deneyleri için performans karşılaştırması.

Fx, Ortalama Kuvvet Değerleri (N)					
Takım tutucu	100 (m/dak)	Takım Tutucu	150 (m/dak)	Takım tutucu	200 (m/dak)
Shrink	170	Shrink	214	Shrink	215
Hidrolik	192	Hidrolik	224	Hidrolik	257
Bilyeli	179	Bilyeli	238	Bilyeli	216

Kesme hızının etkisi göz önüne alınarak yapılan deneyler sonucunda kesme uzunluğu-kuvvet ilişkisi göz önüne alındığı zaman tüm kesme şartları için en iyi performansı sırasıyla shrink, bilyeli ve hidrolik tutucular göstermiştir.

9.1.1.2. İlerleme Hızı Deneylerinde Ölçülen Kuvvetler

İlerleme hızı deneylerinde 3 farklı tutucu içinde 0.2, 0.25 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızlarında 200 m/dak sabit kesme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırıldı. Kesme kuvvetleri için maksimum ve minimum kesme kuvvetlerinin mutlak ortalaması alınmıştır (Tablo 9.2.).

Şekil 9.5.'de üç farklı ilerleme hızı için kesme uzunluğuna bağlı olarak kuvvetlerde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere kesme hızı deneylerinde olduğu gibi kesme uzunluğuna bağlı olarak kuvvetlerde düzenli bir değişim meydana gelmemekte, kuvvet değerleri oldukça dalgalı bir seyir izlemektedir. Bunun nedeni kırılma anında iş parçası ile takım arasında sürtünme oranının artması, takım kırıldıktan sonra ise bir boşluk oluşması olabileceği gibi kesme parametrelerine bağlı olarak kuvvetler her zaman değişkendir [Danai and Ulsoy, 1986].

Tablo 9.5. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fx kuvvet değerleri.

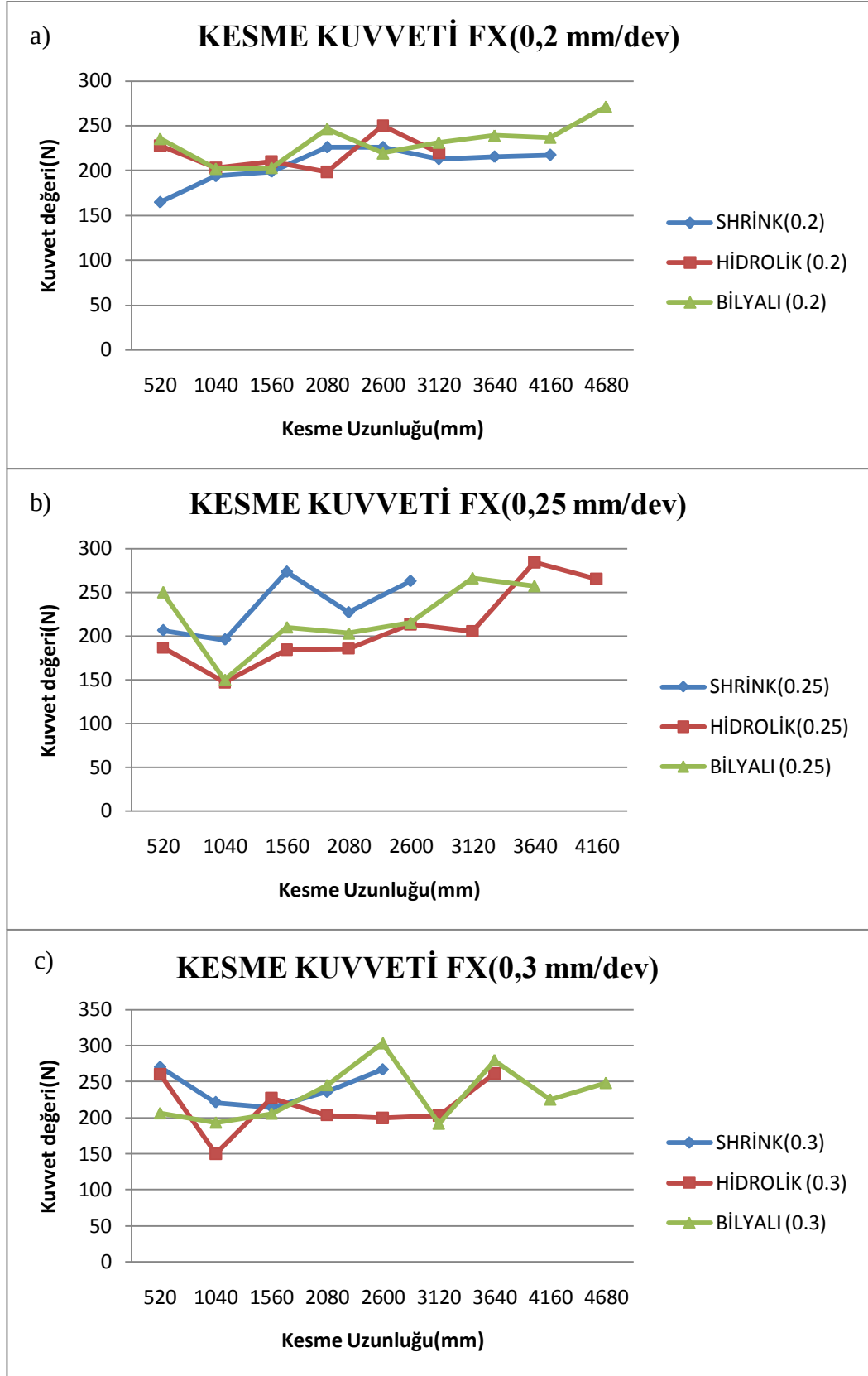
f (0.2 mm/dev)	Ortalama Fx kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	165	228	236
1040	194	203	203
1560	199	210	204
2080	226	199	247
2600	226	250	220
3120	213	220	232
3640	216		239
4160	218		237
4680			271
f (0.25 mm/dev)	Ortalama Fx kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK	HİDROLİK	BİLYALI
520	206	187	250
1040	196	147	150
1560	273	185	210
2080	227	186	203
2600	263	213	215
3120		206	266
3640		284	257
4160		265	
f (0.3 mm/dev)	Ortalama Fx kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	270	260	206
1040	221	151	193
1560	215	227	206
2080	236	204	245
2600	267	200	303
3120		203	192
3640		262	280
4160			225
4680			248

Tablo 9.6. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen ortalama F_y kuvvet değerleri.

f (0.2 mm/dev)	Ortalama F_y kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	140	180	171
1040	167	166	154
1560	181	167	168
2080	205	179	180
2600	199	193	195
3120	205	178	189
3640	226		187
4160	177		175
4680			213
f (0.25 mm/dev)	Ortalama F_y kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	168	165	195
1040	167	126	133
1560	199	162	185
2080	206	117	181
2600	205	159	197
3120		172	210
3640		224	229
4160		222	
f (0.3 mm/dev)	Ortalama F_y kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	215	185	167
1040	193	131	146
1560	190	167	170
2080	215	176	182
2600	221	159	224
3120		163	170
3640		196	205
4160			191
4680			234

Tablo 9.7. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fz kuvvet değerleri.

f (0.2 mm/dev)	Ortalama Fz kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	140	204	174
1040	156	166	188
1560	148	170	170
2080	154	161	167
2600	154	161	186
3120	139	172	170
3640	147		175
4160	146		168
4680			185
f (0.25 mm/dev)	Ortalama Fz kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	175	212	174
1040	169	165	156
1560	187	181	179
2080	170	185	160
2600	185	178	166
3120		178	184
3640		172	158
4160		192	
f (0.3 mm/dev)	Ortalama Fz kuvveti (N)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRİNK	HİDROLİK	BİLYALI
520	174	237	180
1040	173	181	185
1560	171	201	182
2080	173	191	188
2600	179	184	199
3120		187	196
3640		204	189
4160			175
4680			178



Şekil 9.5. Üç farklı ilerleme hızında kesme uzunluğu kuvvet ilişkisi a) 0.2 mm/dev b) 0.25 mm/dev c) 0.3 mm/dev.

Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırılmıştır. 0.2 mm/dev ilerleme hızı için en kısa kesme uzunluğunu 3120 mm ile hidrolik tutucu göstermiştir. 0.2 ve 0.25 mm/dev her iki ilerleme hızında 2600 mm kesme uzunluğu ile en az kesme işlemini shrink tutucu yapmıştır. Her bir tutucuyu üç farklı ilerleme hızı için en kısa kesme işlemi yapan tutucunun geldiği son noktaya kadar ki ortalama kesme kuvvetini göre performansları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır (Şekil 9.5.).

Shrink tutucu; en iyi performansı sırası ile 0.2, 0.25 ve 0.3 m/dak ilerleme hızlarında göstermiş olup ortalama kuvvet 0.2 mm/dev ilerleme hızında 204 N, 0.25 mm/dev ilerleme hızında 233 N ve 0.3 m/dak ilerleme hızında 242 N olarak ölçülmüştür.

Bilyeli Tutucu; en iyi performansı 0.25 m/dak ilerleme hızında göstermiş olup 206 N'luk kesme kuvveti oluşturmuştur. Daha sonra 0.2 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızlarında sırasıyla 223 ve 231 N kesme kuvveti oluşturmuştur.

Hidrolik Tutucu; en iyi performansı 183 N ile 0.25 mm/dev ilerleme hızında göstermiştir. 0.2 ve 0.25 mm/dev ilerleme hızlarında sırasıyla 218N ve 208 N'luk kesme kuvveti oluşturmuştur.

Bu değerleri bir tablo haline getirecek olursak (Tablo 9.8.);

0.2 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı Shrink tutucu en kötü performansı bilyeli tutucu göstermiştir.

0.25 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı hidrolik ve bilyeli tutucular göstermiş olup en kötü performansı shrink tutucu göstermiştir.

0.3 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı 208N kesme kuvveti ile hidrolik tutucu göstermiştir. En kötü performansı 242N ile shrink tutucu göstermiştir.

Tablo 9.8.İlerleme hızı deneyleri için performans karşılaştırması.

Fx, Ortalama Kuvvet Değerleri (N)					
Takım tutucu	0.2 (mm/dev)	Takım Tutucu	0.25 (mm/dev)	Takım tutucu	0.3 (mm/dev)
Shrink	204	Shrink	233	Shrink	242
Hidrolik	218	Hidrolik	183	Hidrolik	208
Bilyeli	223	Bilyeli	206	Bilyeli	231

İlerleme hızının etkisi üzerine yapılan deneyleri toplam kesme uzunluğu (Şekil 9.4) dikkate alarak irdelediğimiz zaman 0.2 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı bilyeli tutucu göstermiştir. 0.25 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı hidrolik tutucu göstermiştir.

9.1.2. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

9.1.2.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi

Kesme Hızı deneylerinde 3 farklı tutucu içinde 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında 0.25 mm/dev sabit ilerleme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırıldı. Her kesme işleminden sonra iş parçasının başlangıç, orta ve son noktasından toplam 3 noktadan yüzey pürüzlülüğü ölçülerek bunların ortalaması alınmıştır (Tablo 9.9.).

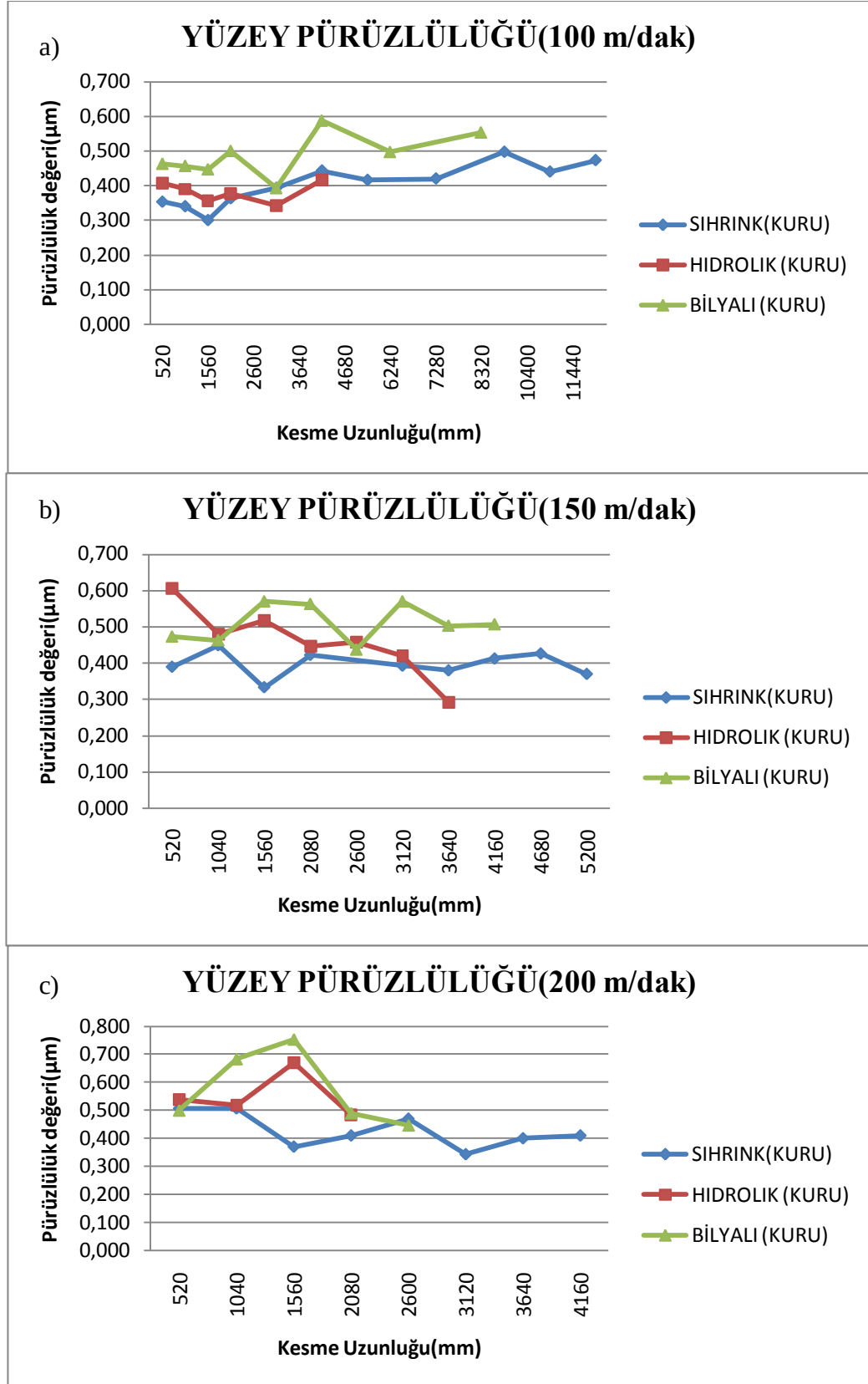
Frezeleme işleminde yüzey pürüzlülüğü kesme kuvvetinde olduğu gibi dalgalı bir seyir izledi (Şekil 9.6). Yüzey pürüzlülüğü tek başına bir faktöre bağlı olmayıp takım ve iş parçası arasındaki mekanizma hareketlerine, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal ve ısı faktörlerinde içinde bulunduğu çok karmaşık bir mekanizmadır.

Yüzey pürüzlülüğünü etki eden en önemli faktörleri sıralarsak:

- Bağlamadan dolayı oluşan deformasyon
- İlerleme hızındaki düzensizlik
- İşlenen malzemedeki yapı bozukluğu
- Kesme hızında meydana gelen düzensizlik
- İşlenen malzemedeki talaş kaldırma şekli
- Kesici tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi
- Talaş derinliği
- Aşınan takımın malzeme yüzeyine sıvama yapması

Tablo 9.9. Kesme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Yüzey pürüzlülüğü.

V (100 m/dak)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,353	0,407	0,463
1040	0,340	0,390	0,457
1560	0,300	0,357	0,447
2080	0,363	0,377	0,500
2600			
3120	0,393	0,343	0,393
3640			
4160	0,443	0,417	0,587
4680			
5200	0,416		
6240			0,497
6760			
7280	0,420		
7800			
8320			0,553
9360	0,497		
10400			
10920	0,440		
11440			
15600	0,473		
V (150 m/dak)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,390	0,607	0,473
1040	0,450	0,480	0,463
1560	0,333	0,517	0,570
2080	0,423	0,447	0,563
2600		0,457	0,437
3120	0,393	0,420	0,570
3640	0,380	0,293	0,503
4160	0,413		0,507
4680	0,427		
5200	0,370		
V (200 m/dak)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,507	0,537	0,500
1040	0,507	0,517	0,683
1560	0,370	0,670	0,753
2080	0,410	0,483	0,490
2600	0,470		0,447
3120	0,343		
3640	0,400		
4160	0,410		



Şekil 9.6.Üç Farklı Kemse Hızı İçin Yüzey Pürüzlülüğü Kesme Uzunluğu İlişkisi.

Her bir tutucuyu üç farklı kesme hızı için en kısa kesme işlemi yapan tutucunun geldiği son noktaya kadar ki ortalama yüzey pürüzlülük değerlerine göre performansları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır (Şekil 9.6.).

Shrink tutucu; 0.365 μm yüzey pürüzlülüğü ile en iyi performansı 100 m/dak kesme hızında göstermiştir. 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 0.395 ve 0.449 μm pürüzlülük değeri elde edilmiştir (Tablo 9.10.).

Hidrolik tutucu; en iyi performansı 0.382 μm yüzey pürüzlülük değeri ile 100 m/dak kesme hızında göstermiştir. 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 0.461 ve 0.552 μm pürüzlülük değeri elde edilmiştir (Tablo 9.10.).

Bilyeli Tutucu; en iyi performansı diğer tutucularda olduğu gibi en iyi performansı sırasıyla 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızında göstermiş olup 0.475, 0.524 ve 0.607 μm pürüzlülük değerleri elde edilmiştir (Tablo 9.10.).

Tablo 9.10. Kesme Hızı Deneyleri İçin Performans karşılaştırması.

Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)					
Takım tutucu	100 (m/dak)	Takım Tutucu	150 (m/dak)	Takım tutucu	200 (m/dak)
Shrink	0.365	Shrink	0.395	Shrink	0.449
Hidrolik	0.382	Hidrolik	0.461	Hidrolik	0.552
Bilyeli	0.475	Bilyeli	0.524	Bilyeli	0.607

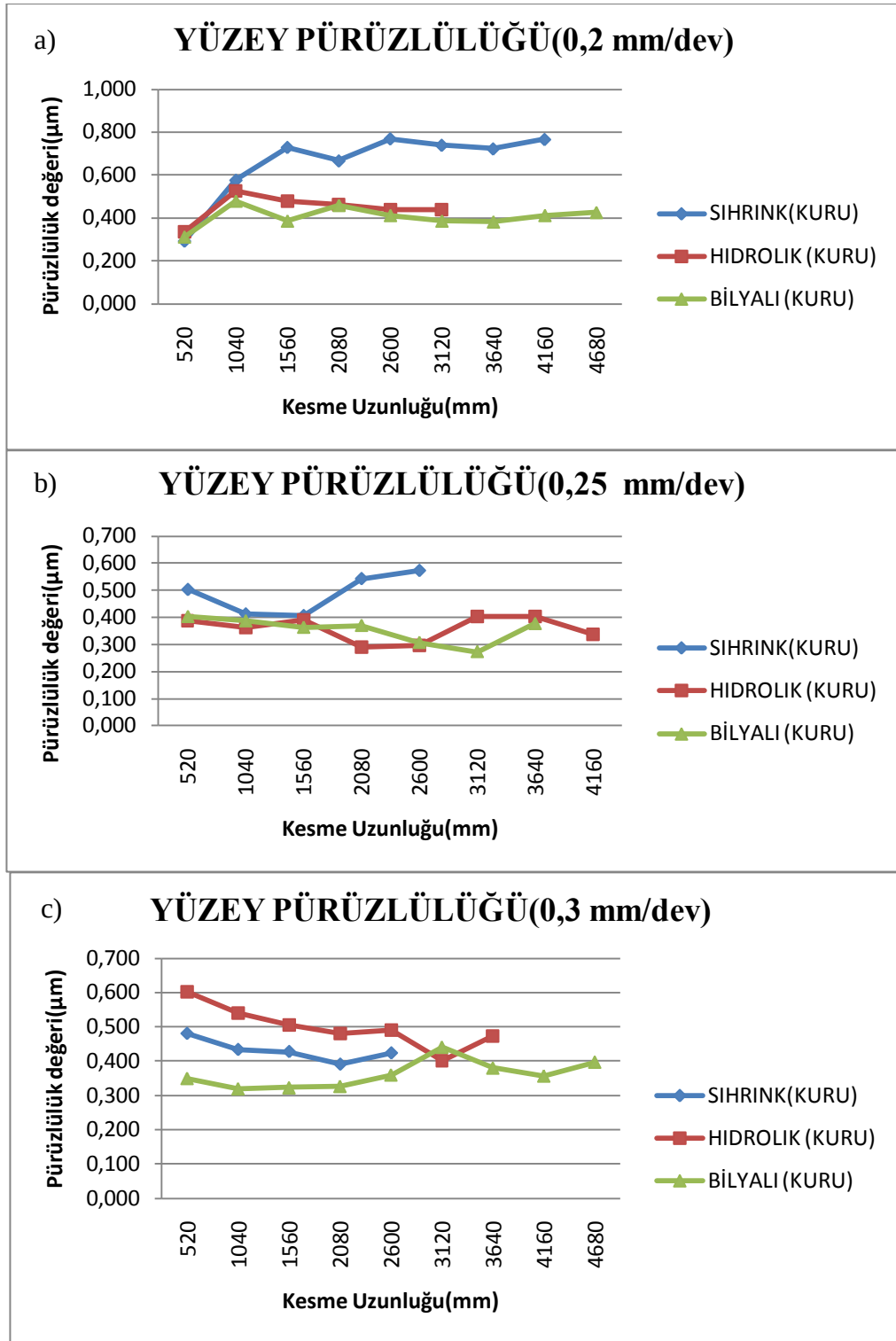
Her bir kesme hızı için toplam kesme süresince ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerlerine göre bir performans karşılaştırması yapacak olursak. Her üç kesme hızı için de en iyi pürüzlülük değeri shrink tutucu ile elde edilmiştir. Onu hemen arkasından en iyi pürüzlülük değerleri sırasıyla hidrolik ve bilyeli tutucular ile elde edilmiştir.

9.1.2.2. İlerleme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi

İlerleme hızı deneylerinde 3 farklı tutucu içinde 0.2, 0.25, 0.3 mm/dev ilerleme hızında 200 m/dak sabit kesme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen finiş pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşılınca sonlandırıldı. Her kesme işleminden sonra iş parçasının başlangıç, orta ve son noktasından toplam 3 noktadan yüzey pürüzlülüğü ölçülerek bunların ortalaması alınmıştır (Tablo 9.11.).

Tablo 9.11. İlerleme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Ortalama Pürüzlülüğü.

f (0.2 mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,293	0,337	0,313
1040	0,577	0,526	0,480
1560	0,730	0,477	0,387
2080	0,667	0,463	0,460
2600	0,770	0,440	0,413
3120	0,740	0,440	0,387
3640	0,723		0,383
4160	0,767		0,413
4680			0,427
f (0.25 mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,503	0,387	0,403
1040	0,413	0,363	0,387
1560	0,407	0,390	0,363
2080	0,543	0,290	0,370
2600	0,573	0,297	0,307
3120		0,403	0,273
3640		0,403	0,377
4160		0,337	
f (0.3 mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,480	0,603	0,350
1040	0,433	0,540	0,320
1560	0,427	0,506	0,323
2080	0,390	0,480	0,327
2600	0,423	0,490	0,360
3120		0,400	0,440
3640		0,473	0,380
4160			0,357
4680			0,397



Şekil 9.7. Üç Farklı İlerleme Hızı İçin Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü-Kesme Uzunluğu Grafiği.

Her bir tutucunun üç farklı ilerleme hızı için en kısa kesme işlemi yapan tutucunun geldiği son noktaya kadar ki ortalama yüzey pürüzlülüğüne göre performansları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır (Şekil 9.7.).

Shrink tutucu; En iyi performansı 0.3 mm/dev ilerleme hızında 0.431 μm ile en düşük pürüzlülük değeri göstermiştir. 0.25 mm/dev ve 0.2 mm/dev ilerleme hızlarında sırasıyla 0.488 μm ve 0.630 μm yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir (Tablo 9.12).

Hidrolik tutucu; en iyi performansı 0.25 mm/dev kesme hızında göstermiştir. 0.25, 0.2 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızları için sırasıyla 0.345, 0.447 ve 0.524 μm yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir (Tablo 9.12).

Bilyeli tutucu; en iyi performansı 0.3 mm/dev ilerleme hızında göstermiştir. Daha sonra sırasıyla 0.25 mm/dev ve 0.2 mm/dev ilerleme hızlarında iyi performans göstermiştir. Sırasıyla 0.336, 0.366 ve 0.407 μm pürüzlülük değerleri elde edilmiştir (Tablo 9.12).

Tablo 9.12.Üç farklı ilerleme hızı için performans karşılaştırması.

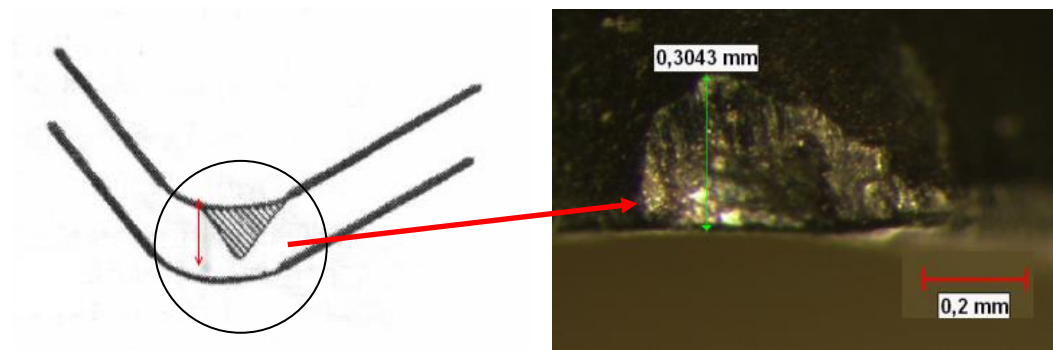
Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)					
Takım tutucu	0.2 (mm/dev)	Takım Tutucu	0.25 (mm/dev)	Takım tutucu	0.3 (mm/dev)
Shrink	0.630	Shrink	0.488	Shrink	0.431
Hidrolik	0.447	Hidrolik	0.345	Hidrolik	0.524
Bilyeli	0.407	Bilyeli	0.366	Bilyeli	0.336

Her uç ilerleme hızı için toplam kesme uzunluğu için performans karşılaştırması yaparsak bilyeli tutucu her uç ilerleme hızı içinde hem düşük bir yüzey pürüzlülüğü değeri sergilemiş hem de pürüzlülük değerinde kararlı bir dalgalanma izlemesi hasebi ile daha iyi bir performans sergilediği gözlemlenmiştir. Özellikle 0.3 mm/dev ilerleme hızı için iyi performans göstermesini tutucunun daha önce belirtilen titreşim sönümleyici özelliğinden ileri geldiği yorumu yapılabilir.

9.1.3. Takım Aşınması Sonuçları

Takım tutucuların performansı üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme hızı kullanılarak takımda meydana gelen aşınmalar yardımı ile karşılaştırılmıştır.

Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemi sırasında aşınır ve bu aşınma, kesici takımın ömrü tamamlanincaya kadar devam eder [Böhler, 1990]. Kesici takım, ömrünü ISO 3685 standardı gereği kaba işlemler için 0.7 mm aşınmaya ulaştınca, son işlemler için ise 0.3 mm aşınmaya ulaştınca tamamlamış kabul edilir. Takımda burun aşınması meydana gelmiş olup iş parçasına temas eden yüzeydeki aşınma miktarı ölçülmüştür (Şekil 9.8.).



Şekil 9.8. Oluşan aşınma cinsi ve ölçüm yöntemi.

Kesici takım ucunun bozulması genellikle aynı anda çok farklı aşınma mekanizması tarafından etkilendiği için çok karmaşık bir olaydır [Şahin, 2003].

Kesici kenar üzerindeki yük faktörlerinin etkisi altında olan takım aşınması; takım, iş parçası ve işleme şartları arasındaki etkileşimin bir sonucudur. Bu etkileşim; genellikle mekanik, termal ve kimyasal aşındırıcılar ile oluşabilir [Altınkaya ve Güllü, 2010].

9.1.3.1. Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi Deneyleri

Üç farklı kesme hızı kullanılarak takım tutucuların performansı için yapılan deneylerde toplam 520 mm kesme yapıldıktan sonra deney durdurularak takım aşınması ölçülmüştür. İlk dört pasodan sonra takımda meydana gelen aşınma hızına bağlı olarak 2 ya da 4 pasoda bir ölçüm yapılmıştır. Deneyler sırasında kesme hızlarına bağlı olarak meydana gelen takım aşınma miktarları Tablo 9.13’de gösterilmiştir.

Tablo 9.13. Kesme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Aşınma değerleri.

V (100 m/dak)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,010	0,045	0,010
1040	0,036	0,077	0,045
1560	0,036	0,101	0,048
2080	0,039	0,126	0,059
2600			
3120	0,078	0,172	0,123
3640			
4160	0,082	0,320	0,176
4680			
5200	0,124		
6240			0,204
6760			
7280	0,128		
7800			
8320			0,318
9360	0,130		
10400			
10920	0,135		
11440			
15600	0,169		
V (150 m/dak)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,065	0,043	0,010
1040	0,071	0,140	0,096
1560	0,075	0,194	0,107
2080	0,098	0,205	0,144
2600		0,244	0,184
3120	0,172	0,291	0,212
3640	0,220	0,317	0,288
4160	0,263		0,390
4680	0,265		
5200	0,325		
V (200 m/dak)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,055	0,137	0,010
1040	0,078	0,253	0,101
1560	0,111	0,265	0,218
2080	0,175	0,337	0,255
2600	0,203		0,459
3120	0,227		
3640	0,291		
4160	0,369		

Bu bilgiler ışığında Tablo 9.14'den tutucular için şu yorumları yapabiliriz.

Shrink tutucu; en iyi performansı 15600 mm uzunluğunda işleme yaparak 100 m/dak kesme hızında göstermiştir. 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 5200 ve 4160 mm kesme işlemi yapmıştır.

Hidrolik tutucu; en iyi performansı sırasıyla 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında göstermiş olup 4160, 3640 ve 2080 mm uzunluğunda kesme işlemi yapmıştır.

Bilyeli tutucu; bilyeli tutucuda hidrolik tutucu gibi sırasıyla 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında en iyi performansı göstermiş olup 8320, 4160 ve 2600 mm uzunluğunda kesme işlemi yapmıştır.

100 m/dak kesme hızında shrink tutucu takım ömrünü hidrolik tutucuya göre % 275 bilyeli tutucuya göre % 87.5 arttırmıştır.

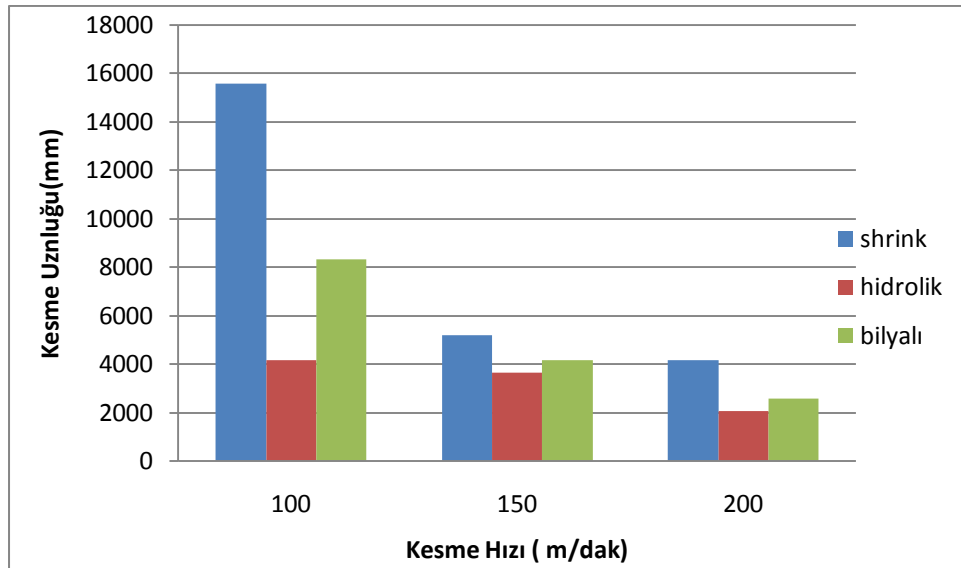
150 m/dak kesme hızı için shrink tutucu takım ömrünü hidrolik tutucuya göre %42.85, bilyeli tutucuya göre % 25 arttırmıştır.

200 m/dak kesme hızı için shrink tutucu hidrolik ve bilyeli tutucuya takım ömrünü sırasıyla %100 ve % 60 arttırmıştır.

Tablo 9.14 Üç farklı kesme hızı için takım aşınması performans karşılaştırması.

Toplam Kesme Uzunluğu (mm)						
Takım tutucu	100 (m/dak)		150 (m/dak)		200 (m/dak)	
	Kesme Uzunluğu (mm)	Shrink tutucunun sağladığı performans artışı (%)	Kesme Uzunluğu (mm)	Shrink tutucunun sağladığı performans artışı (%)	Kesme Uzunluğu (mm)	Shrink tutucunun sağladığı performans artışı (%)
Shrink	15600		5200		4160	
Hidrolik	4160	275	3640	42.85	2080	100
Bilyeli	8320	87.5	4160	25	2600	60

Bu bilgiler ışığında Şekil 9.9’da ki sütun grafiği oluşturursak.



Şekil 9.9. Kesme hızının takım aşınmasına etkisi.

Şekil 9.9'den de görüleceği gibi üç kesme hızı içinde en iyi performansı shrink tutucu göstermiştir. Bununla birlikte kesme hızının artması ile birlikte shrink tutucuda ciddi bir performans düşüşü meydana gelmiştir. Hidrolik ve bilyeli tutucuda da esme hızının artması ile performans düşüşü gözlemlenmiş olmakla birlikte çok fazla düşüş yaşanmamıştır.

9.1.3.2. İlerleme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi Deneyleri

Üç farklı ilerleme hızı kullanılarak takım tutucuların performansı için yapılan deneylerde toplam 520 mm kesme yapıldıktan sonra deney durdurularak takım aşınması ölçülmüştür. İlk dört pasodan sonra takımda meydana gelen aşınma hızına bağlı olarak 2 ya da 4 pasoda bir ölçüm yapılmıştır. Deneyler sırasında kesme hızlarına bağlı olarak meydana gelen takım aşınma miktarları Tablo 9.15'de gösterilmiştir.

Tablo 9.15. İlerleme hızı deneylerinde elde edilen aşınma değerleri.

f (0.2 mm/dev)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SIHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,061	0,101	0,096
1040	0,104	0,132	0,125
1560	0,154	0,164	0,168
2080	0,179	0,203	0,169
2600	0,201	0,253	0,218
3120	0,239	0,334	0,245
3640	0,278		0,261
4160	0,364		0,268
4680			0,302
f (0.25 mm/dev)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SIHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,114	0,010	0,047
1040	0,154	0,010	0,032
1560	0,176	0,010	0,198
2080	0,283	0,043	0,263
2600	0,303	0,168	0,272
3120		0,194	0,283
3640		0,223	0,303
4160		0,401	
f (0.3 mm/dev)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)		
Kesme Uzunluğu (mm)	SIHRINK(KURU)	HIDROLİK (KURU)	BİLYALI (KURU)
520	0,112	0,037	0,030
1040	0,145	0,045	0,050
1560	0,226	0,067	0,108
2080	0,266	0,117	0,119
2600	0,315	0,129	0,131
3120		0,187	0,173
3640		0,306	0,224
4160			0,268
4680			0,361

Bu bilgiler ışığında oluşturulan Tablo 9.15'ten tutucular için şu yorumları yapabiliriz.

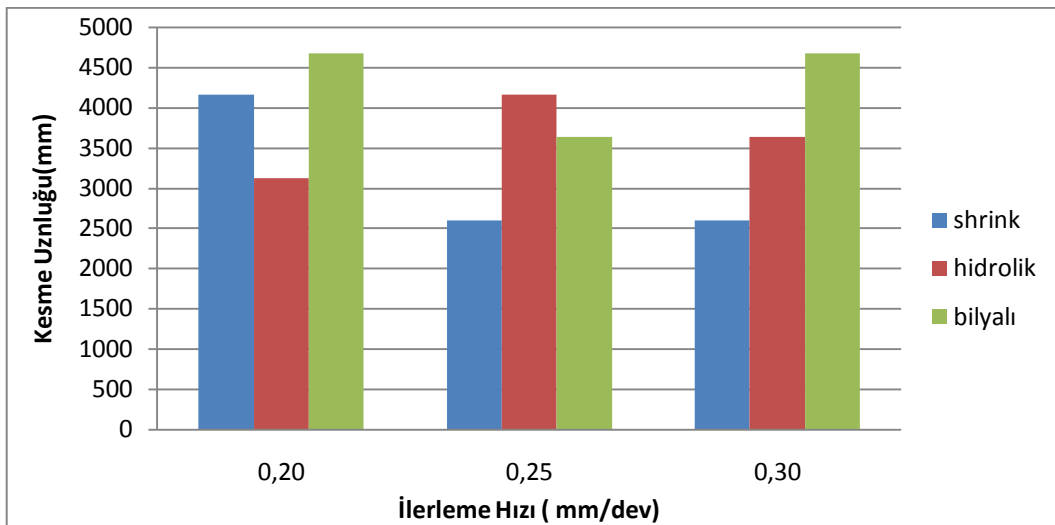
Shrink tutucu; en iyi performansı 4160 mm uzunluğunda işleme yaparak 0.2 mm/dev kesme hızında göstermiştir. 0.25 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızlarında 2600 mm'lik aynı kesme uzunluğuna ulaşılmıştır.

Hidrolik tutucu; en iyi performansı sırasıyla 0.25, 0.3 ve 0.2 mm/dev ilerleme hızlarında göstermiş olup 4160, 3640 ve 3120 mm uzunluğunda kesme işlemi yapmıştır.

Bilyeli tutucu; en iyi performansı 0.2 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızlarında göstermiş olup 4680 mm'lik aynı kesme uzunluğuna ulaşmışlardır. 0.25 mm/dev ilerleme hızında 3640 mm'lik kesme işlemi yapmıştır.

Tablo 9.16. Üç ilerleme hızı için performans karşılaştırması.

Toplam Kesme Uzunluğu (mm)					
Takım tutucu	0.2 (mm/dev)	Takım Tutucu	0.25 (mm/dev)	Takım tutucu	0.3 (mm/dev)
Shrink	4160	Shrink	2600	Shrink	2600
Hidrolik	3120	Hidrolik	4160	Hidrolik	3640
Bilyeli	4680	Bilyeli	3640	Bilyeli	4680



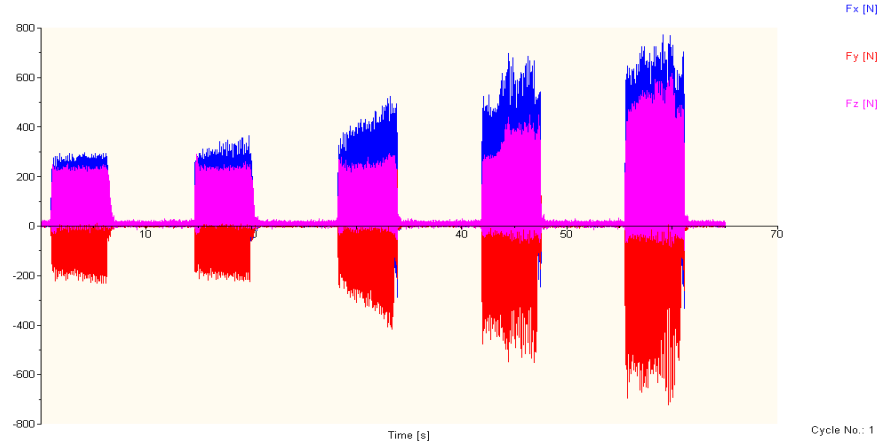
Şekil 9.10. İlerleme hızının takım ömrüne etkisi.

Şekil 9.10'dan da görüleceği gibi shrink tutucunun performansı ilerleme hızının artması ile azalmaktadır. Ancak hidrolik ve bilyeli tutucu için aynı şeyi söyleyemeyiz. Bilyeli tutucu 0.2 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızında aynı performansı gösterirken 0.25 mm/dev hızında daha kötü performans sergilemiştir. Hidrolik tutucu en kötü performansı 0.2 mm/dev en kötü performansı gösterirken en iyi performansı 0.25 mm/dev ilerleme hızında göstermiştir. İlerleme hızının artması ile shrink tutucuda olduğu gibi bilyeli ve hidrolik tutucularının da performansında düşüş olması beklenirken böyle bir durum olmamıştır. Karmaşık bir mekanizma olan aşınma tek bir sebebe bağlı olmamakla birlikte; malzeme ve takım içerisindeki düzensizlikler bu duruma sebep olmuş olabilir.

9.2. Kesme Sıvıları

9.2.1. Kesme Kuvvetleri ve Takım Aşınması

Bölüm 9.1.1'de takım tutucular için açıklandığı gibi kesme sıvıları için yapılan deneylerde de aynı kuvvet zaman diyagramı elde edilmiştir (Şekil 9.9). Her kesme operasyonunda 104 mm kesme uzunluğu ve 5x10 mm yana kayma yapılarak iş parçası yüzeyinde toplam 520 mm kesme işlemi yapılmıştır. Kesme işleminin aynı yönlü olması için her 104 mm kesmeden sonra takım iş parçasından ayrılarak tekrar başa gelmiştir. Bunun sonucunda da Şekil 9.9'dan da görüleceği gibi kuvvet grafiği 5 sütundan meydana gelmiştir. Frezeleme işleminde iş parçası sabit, kesici takım dönme işlemini gerçekleştirdiği için kesme işlemi esnasında kesme kuvvetinin yönünde ve kuvvet değerlerinde önemli değişimler meydana gelir (Şekil 9.11). Kuvvetlerde yaşanan bu değişimler yalnız buna bağlı olmayıp, iş parçasının içyapısı, kesme esnasında takımda meydana gelen deformasyonlar ve kesici ile iş parçası arasındaki uyuma bağlı olarak da önemli değişimler gösterir. Bu etmenler kesme kuvvetinde dalgalanmalara sebep olmaktadır ancak takımda meydana gelen aşırı aşınma ve kırılma durumunda Şekil 9.11'dan da görüleceği gibi kesme kuvvetlerinde ani artışlar meydana gelmekte ve artarak devam etmektedir.



Şekil 9.11. Kuvvet zaman diyagramı

Şekil 9.11'deki örnek kuvvet-zaman grafiğindeki gibi tüm kesme sıvıları için kesme uzunluğunun artması ile belirli bir değerden sonra kesme kuvvetlerinde önemli artışlar meydana gelmekle birlikte en kısa kesme uzunluğuna göre değerlendirme yaptığımızda kuvvetler birbirine oldukça yakın seyretmektedir. Bu durumda yalnız kesme kuvvetine bakarak kesme sıvıları hakkında yorum yapmak yanıltıcı bilgi verecektir. Şekil 9.12'dan da görüleceği gibi takım aşınmaları ile doğru orantılı artış gösteren kesme kuvvetlerine göre yorum yapmak daha sağlıklı sonuç verecektir.

9.2.1.1. Kesme Hızı Deneylerinde Ölçülen Takım Aşınmaları ve Kesme Kuvvetleri

Kesme Hızı deneylerinde 4 farklı kesme sıvısı için 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında 0.25 mm/dev sabit ilerleme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırıldı. Kesme kuvvetleri maksimum ve minimum kesme kuvvetlerinin mutlak ortalaması alınmıştır (Tablo 9.17., Tablo 9.18., Tablo 9.19.).

Tablo 9.17. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fx kuvvetleri.

V (100 m/dak)	Ortalama Fx Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	196	217	169	270
1040	163	199	168	202
1560	184	183	152	212
2080	155	152	163	163
2600				204
3120	200	182	153	205
3640				
4160	154	229	171	389
4680		278		
5200	134		188	
5720				
6240	184		201	
6760			201	
7280	166			
7800			279	
8320	203			
9360	172			
10400	198			
10920	332			
11440	255			
V (150 m/dak)	Ortalama Fx Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu(mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	181	163	194	213
1040	195	178	163	297
1560	194	212	145	
2080	179	159	174	
2600			263	
3120	334	317		
V (200 m/dak)	Ortalama Fx Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu(mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	231	165	189	249
1040	197	228	275	489
1560	345	283	472	

Tablo 9.18. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fy kuvveti değerleri.

V (100 m/dak)	Ortalama Fy Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	147	176	145	209
1040	143	159	153	164
1560	147	160	139	185
2080	129	136	147	157
2600				163
3120	169	149	139	171
3640				
4160	146	189	149	365
4680		260		
5200	111		160	
5720				
6240	160		182	
6760			200	
7280	148			
7800			262	
8320	172			
9360	176			
10400	180			
10920	316			
11440	319			
V(150 m/dak)	Ortalama Fy Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	165	133	172	183
1040	168	151	145	263
1560	177	190	137	
2080	161	138	154	
2600			238	
3120	298	279		
V(200 m/dak)	Ortalama Fy Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	187	138	171	202
1040	168	158	224	434
1560	286	252	371	

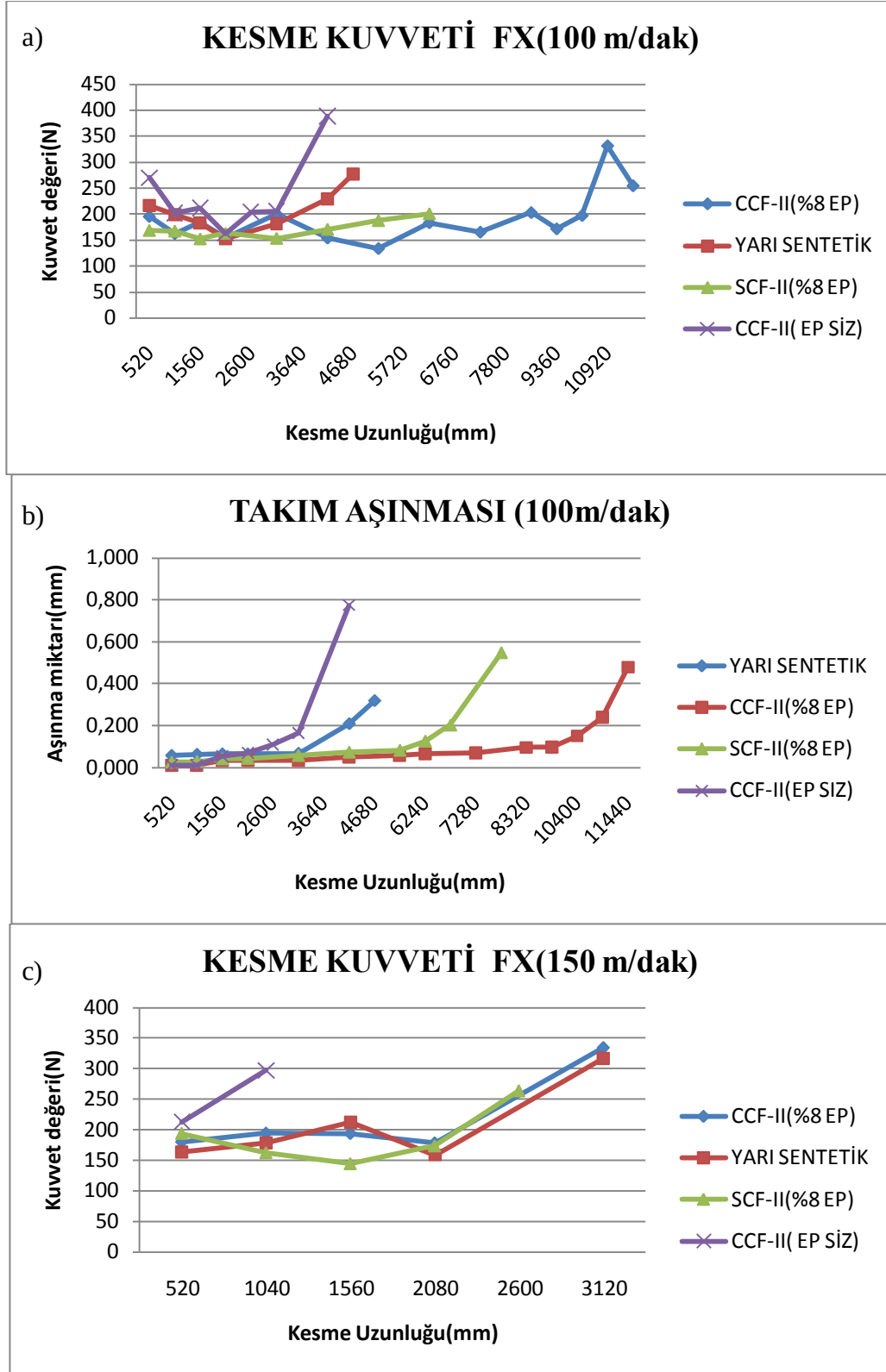
Tablo 9.19. Kesme hızı deneylerinde elde edilen ortalama Fz kuvveti değerleri.

V (100 m/dak)	Ortalama Fz Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	116	140	110	138
1040	113	119	114	123
1560	108	121	104	134
2080	105	118	115	116
2600				124
3120	122	120	110	133
3640				
4160	110	130	120	336
4680		132		
5200	100		122	
5720				
6240	114		121	
6760			126	
7280	108			
7800			148	
8320	119			
9360	114			
10400	126			
10920	172			
11440	136			
V (150 m/dak)	Ortalama Fz Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	128	125	123	149
1040	128	134	115	183
1560	134	136	117	
2080	132	118	136	
2600			255	
3120	206	179		
V (200 m/dak)	Ortalama Fz Kesme Kuvveti (N)			
Kesme uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	133	149	145	157
1040	140	158	168	292
1560	188	191	327	

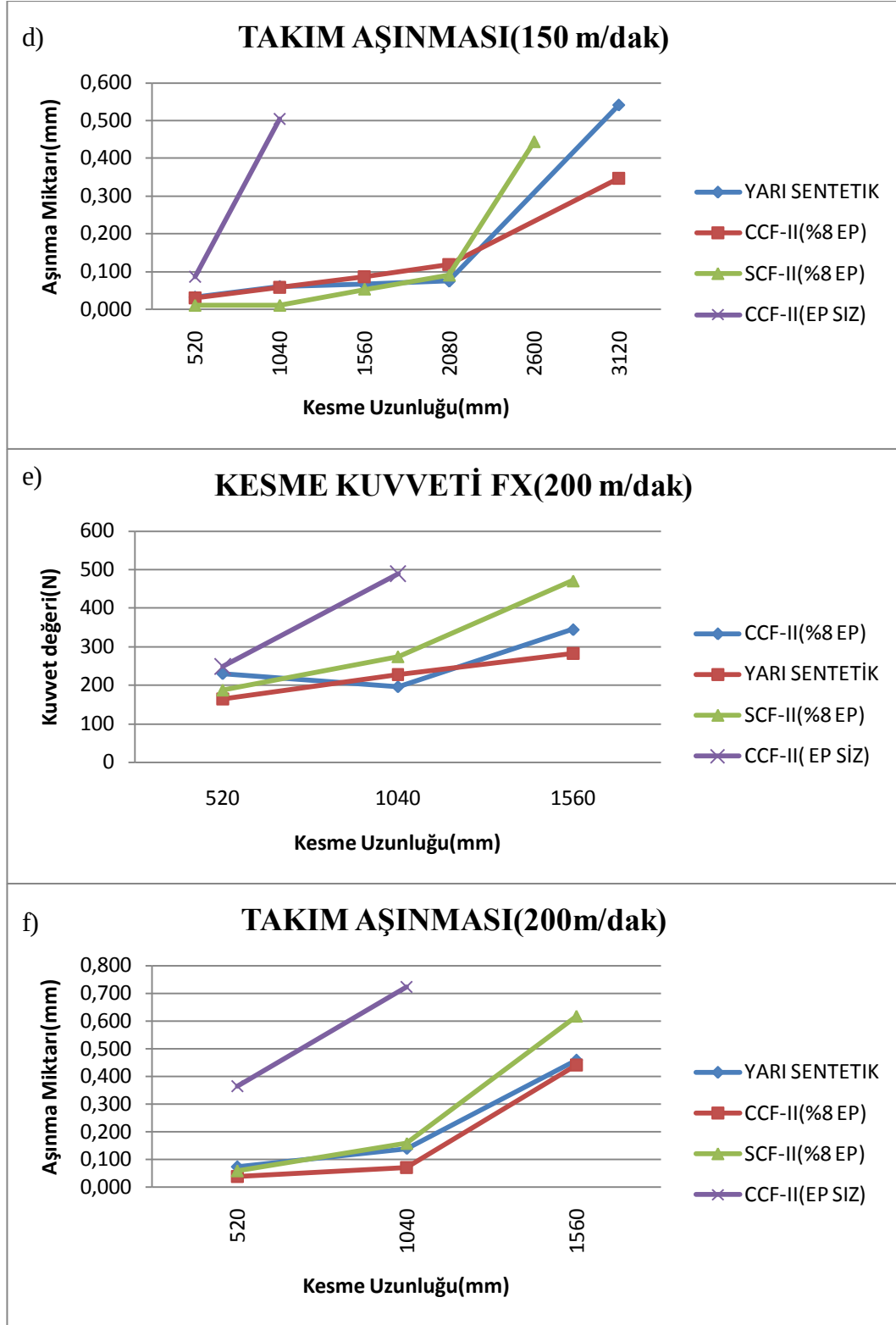
Tablo 9.20. Üç farklı kesme hızı için takım aşınma değerleri.

V (100 m/dak)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,058	0,010	0,025	0,010
1040	0,063	0,010	0,028	0,010
1560	0,065	0,033	0,041	0,054
2080	0,065	0,035	0,043	0,069
2600				0,108
3120	0,068	0,036	0,057	0,165
3640				
4160	0,209	0,051	0,073	0,775
4680	0,319			
5200		0,059	0,082	
6240		0,067	0,126	
6760			0,203	
7280		0,071		
7800			0,550	
8320		0,096		
9360		0,099		
10400		0,151		
10920		0,241		
11440		0,479		
V (150 m/dak)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,033	0,031	0,010	0,087
1040	0,061	0,059	0,010	0,505
1560	0,066	0,086	0,053	
2080	0,075	0,119	0,090	
2600			0,444	
3120	0,541	0,347		
V (200 m/dak)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,073	0,037	0,059	0,365
1040	0,139	0,071	0,158	0,722
1560	0,458	0,441	0,618	

Şekil 9.12’de Elde edilen bu değerleri üç farklı kesme hızı için kesme uzunluğuna bağlı olarak takım aşınmaları ve kesme kuvvetleri arasındaki ilişkiler gösteren grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 9.12. Üç farklı kesme hızı için kesme kuvveti ve takım aşınması ilişkisi grafikleri.



Şekil 9.12. Üç farklı kesme hızı için kesme kuvveti ve takım aşınması ilişkisi grafikleri devam.

Şekil 9.12'den de görüleceği üzere takım aşınmasına bağlı olarak 100 m/dak kesme hızı hariç diğer hızlarda talaş kaldırma işlemi sırasında, kesme kuvvetleri aşınma miktarına bağlı olarak artmakta ve takım ömrünü tamamladığı anda başlangıç değerine göre önemli artışlar göstermektedir. Bu durum literatür ile uyumlu bir davranış sergilemiştir [Işık ve Çakır, 2000.]. 100 m/dak kesme hızında CCF-II dışında diğer sıvılarda kuvvet artışı yavaş bir seyir izlemiştir. Bunun nedeni CCF-II kesme sıvısında kesme işlemi sırasında ani takım kırılmasının meydana gelmesidir. Diğer kesme sıvılarında takım aşınması yavaş bir şekilde olmuş bu durumda da kesme kuvvetlerinde ani artışlar meydana gelmemiştir.

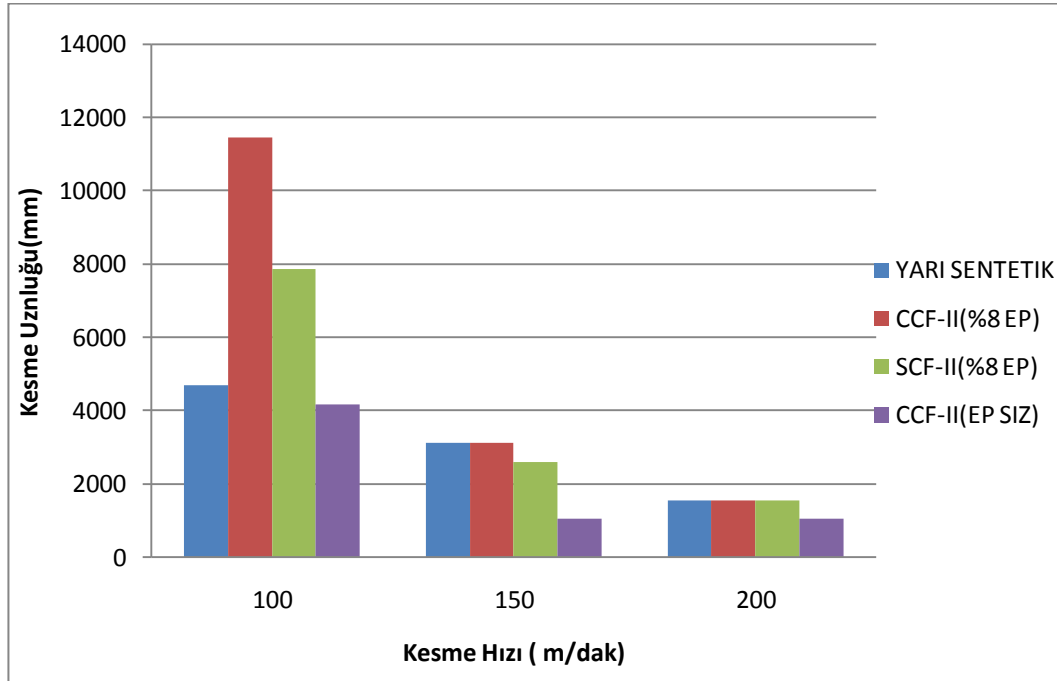
100 m/dak kesme hızında (Şekil 9.12a,b) toplam kesme uzunlukları dikkate alındığında en düşük kesme kuvveti ve takım aşınması değerleri ile en iyi performansı CCF-II (%8 EP) kesme sıvısı göstermiştir. Daha sonra sırasıyla SCF-II(%8 EP) ve yarı sentetik sıvıları en iyi performansı göstermiş olup en kötü performansı CCF-II kesme sıvısı göstermiştir. Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırdığımızda EP katkı maddesi takım ömrünü % 187.5 arttırmıştır.

150 m/dak kesme hızında (Şekil 9.12c,d) yarı sentetik ve CCF-II (%8 EP) kesme sıvıları 3120 mm ile aynı miktarda kesme yapmış olup son pasodaki kesme kuvveti değerleri aynıdır (330 N). Buna rağmen CCF-II (%8 EP) kesme sıvısında takım aşınması 0.347 mm, yarı sentetikte 0.541 mm değerine ulaşmıştır. Bu durumda en iyi performansı CCF-II (%8 EP) kesme sıvısı göstermiştir. Hemen arkasından sırasıyla en iyi performansı yarı sentetik ve SCF-II (%8 EP) kesme sıvıları göstermiştir. Kesme kuvveti ve takım ömrü açısından en kötü performansı 100 m/dak kesme hızında olduğu gibi EP katkısız CCF-II kesme sıvısı göstermiştir. Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırdığımızda EP katkı maddesi takım ömrünü % 100 arttırmıştır.

200 m/dak kesme hızında (Şekil 9.12e,f) 150 m/dak kesme hızında olduğu gibi yarı sentetik ve CCF-II (%8 EP') sıvıları birbirlerine oldukça yakın performans sergilemiş olup SCF-II (%8 EP) sıvısı da bu iki sıvıya yakın performans göstermiştir.

Her üç sıvıda 1560 mm uzunluğunda kesme işlemi yapmıştır. CCF-II (%8 EP'li) sıvısında 1560 mm sonunda takım aşınması 0.441 mm, yarı sentetikte 0.458 mm ve SCF-II (%8 EP) sıvısında 0.618 mm değerine ulaşmıştır. Kesme kuvvetleri CCF-II (%8 EP'li), yarı sentetik ve SCF-II (%8 EP) sıvıları için sırasıyla 345 N, 283N ve 472N değerleri elde edilmiştir. Bu durumda en iyi performansı sırasıyla yarı sentetik, CCF-II (%8 EP'li) ve SCF-II (%8 EP'li) sıvıları göstermiştir. En kötü performansı diğer kesme hızlarında olduğu gibi EP katkısız CCF-II sıvısı göstermiştir. Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırdığımızda EP katkı maddesi takım ömrünü % 100 arttırmıştır.

Tüm bu bilgiler ışığında kesme hızının takım ömrüne etkisini grafik haline getirdiğimiz zaman (Şekil 9.13.).



Şekil 9.13. Kesme hızının takım ömrüne etkisi

Şekil 9.13'den de görüleceği gibi bütün kesme sıvıları için kesme hızının artması ile takım ömründe önemli bir azalma meydana gelmektedir.

Her üç kesme hızı için CCF-II (%8 EP'li) kesme sıvısının kesme kuvveti ve takım aşınması birlikte dikkate alındığı zaman genel olarak diğer sıvılardan daha iyi performans gösterdiği söylenebilir. Daha sonra sırasıyla yarı sentetik, SCF-II (%8EP'li) ve CCF-II sıvıları göstermiştir.

100 m/dak kesme hızı ve 0.25 mm/dev ilerleme hızı için CCF-II (%8 EP'li) kullanılması ile en iyi performansı elde etmiş oluruz.

9.2.1.2. İlerleme Hızı Deneylerinde Ölçülen Takım Aşınmaları ve Kesme Kuvvetleri

İlerleme hızı deneylerinde 4 farklı kesme sıvısı için 0.2, 0.25 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızlarında 200 m/dak sabit kesme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırıldı. Kesme kuvvetleri maksimum ve minimum kesme kuvvetlerinin mutlak ortalaması alınmıştır (Tablo 9.21., Tablo 9.22., Tablo 9.23.).

Tablo 9.21. Üç farklı ilerleme hızı için ortalama Fx kesme kuvveti değerleri.

f (0.2 mm/dev)	Ortalama Fx kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	230	192	205	218
1040	289	158	233	393
1560	355	192		
2080		299		
f (0.25 mm/dev)	Ortalama Fx kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	222	179	200	384
1040	180	223	329	
1560	394	256		
f (0.3 mm/dev)	Ortalama Fx kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	199	205	218	379
1040	202	220	365	
1560	227	257		
2080	298	414		

Tablo 9.22. Üç farklı ilerleme hızı için ortalama Fy kesme kuvveti değerleri.

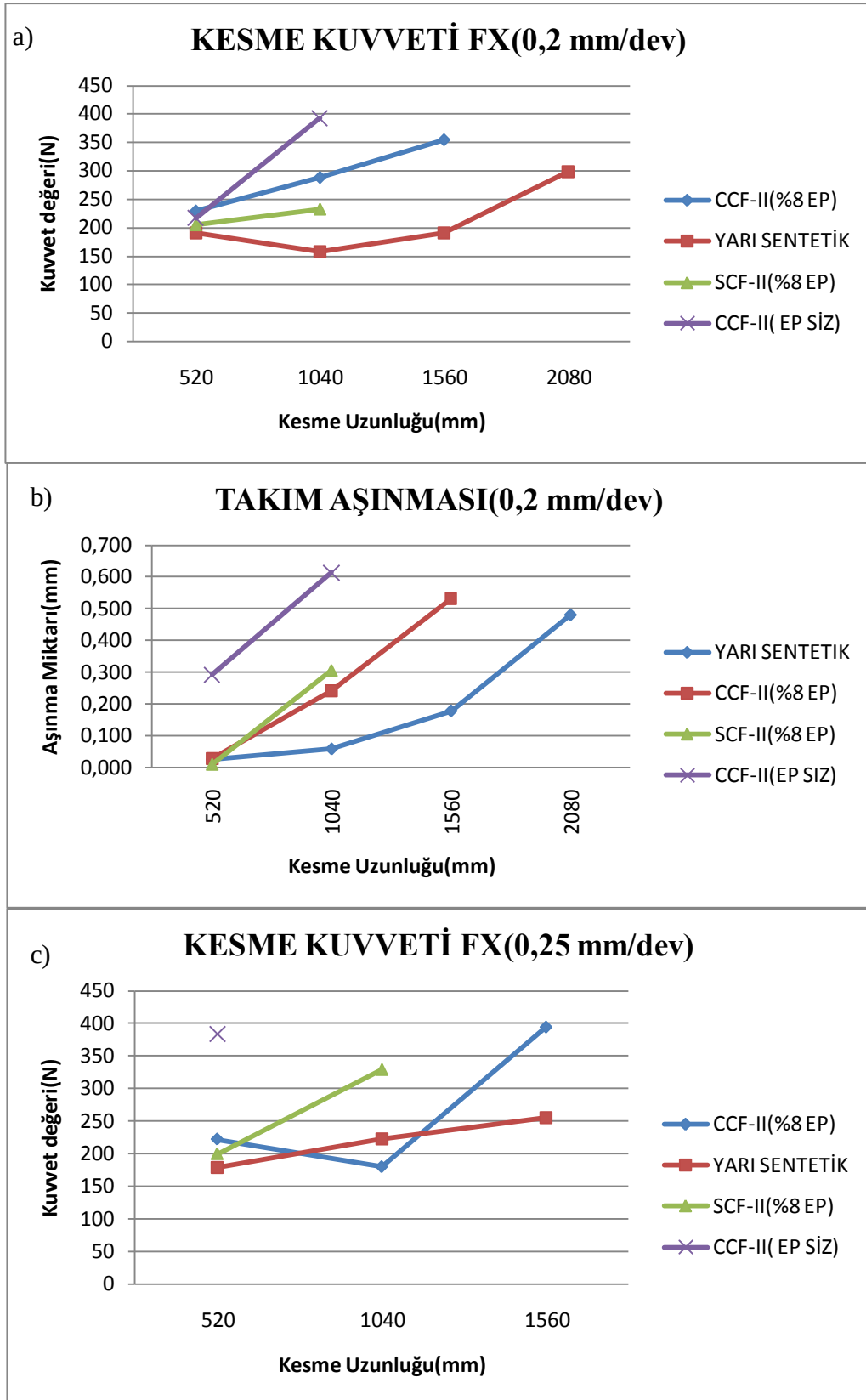
f (0.2 mm/dev)	Ortalama Fy kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	190	161	174	193
1040	258	139	217	347
1560	364	162		
2080		261		
f (0.25 mm/dev)	Ortalama Fy kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	174	151	184	322
1040	148	198	268	
1560	335	214		
f:0.3 mm/dev	Ortalama Fy kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	166	182	180	329
1040	173	180	321	
1560	183	219		
2080	273	351		

Tablo 9.23. Üç farklı ilerleme hızı için ortalama Fz kesme kuvveti değerleri.

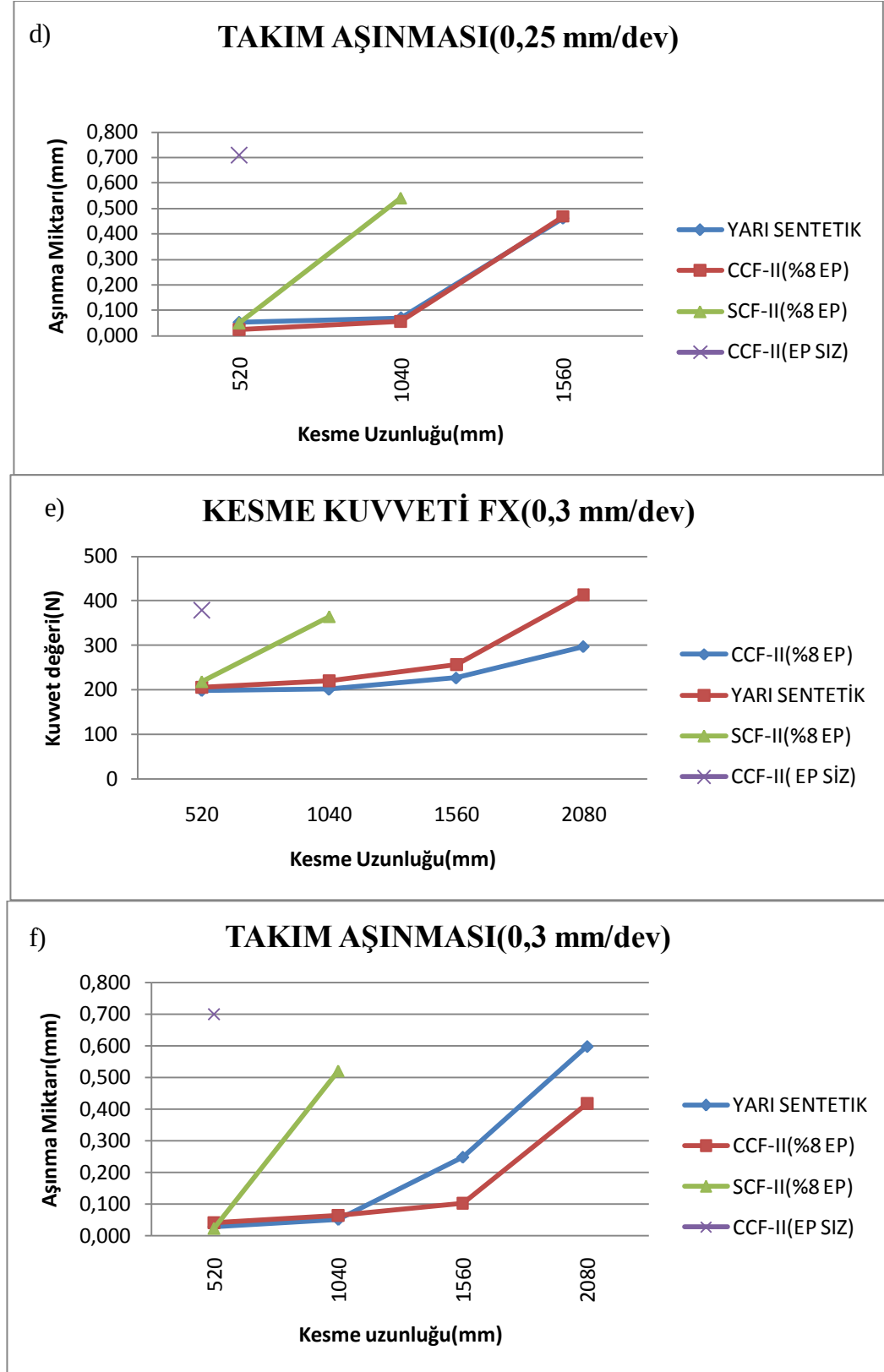
f (0.2 mm/dev)	Ortalama Fz kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	134	129	134	137
1040	165	136	147	242
1560	222	145		
2080		216		
f (0.25 mm/dev)	Ortalama Fz kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	149	144	152	227
1040	146	149	190	
1560	223	176		
f (0.3 mm/dev)	Ortalama Fz kuvveti değerleri (N)			
Kesme Uzunluğu (mm)	CCF-II(%8 EP)	YARI SENTETİK	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	155	148	148	218
1040	159	160	206	
1560	162	165		
2080	216	210		

Tablo 9.24. Üç farklı ilerleme hızı için takım aşınması değerleri.

f (0.2 mm/dev)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,025	0,029	0,010	0,292
1040	0,058	0,242	0,306	0,613
1560	0,178	0,533		
2080	0,481			
f (0.25 mm/dev)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,052	0,024	0,049	0,710
1040	0,070	0,057	0,541	
1560	0,462	0,469		
f (0.3 mm/dev)	Kesici Uç Aşınma Değerleri (mm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,028	0,040	0,022	0,699
1040	0,051	0,064	0,519	
1560	0,248	0,102		
2080	0,598	0,418		



Şekil 9.14. Üç farklı ilerleme hızı için kesme kuvveti takım aşınması grafikleri.



Şekil 9.14. Üç farklı ilerleme hızı için kesme kuvveti takım aşınması grafikleri devam.

Şekil 9.14'deki grafiklerden görüleceği gibi kesme kuvvetleri takım aşınması ile benzer eğrileri oluşturmuştur. Talaş kaldırma işlemi sırasında, kesme kuvvetleri aşınma miktarına bağlı olarak artmakta ve takım ömrünü tamamladığı anda başlangıç değerine göre önemli artışlar göstermektedir. Bu durum literatür ile uyumlu bir davranış sergilemiştir [Işık ve Çakır, 2000].

0.2 mm/dev ilerleme hızında (Şekil 9.14a,b) 2080 mm kesme uzunluğu ile en uzun kesme hızı ve 299 N'luk en düşük kesme kuvveti en iyi performansı yarı sentetik sergilemiştir. İkinci olarak en iyi performansı 1560 mm kesme uzunluğu ve 355 N kesme kuvveti ile CCF-II (%8 EP) sıvısı göstermiştir. SCF-II (%8 EP) ve CCF-II sıvıları 1040 mm'lik aynı kesme uzunluğu sergilemiş olmalarına rağmen SCF-II (%8 EP) sıvısı 233 N ile 393 N'luk kuvvet oluşturan CCF-II sıvısından kuvvet olarak daha iyi performans sergilemiştir. Aynı zamanda 1040 mm uzunluğun sonunda SCF-II (%8 EP) sıvısında takım aşınması 0.306 mm'ye ulaşırken CCF-II sıvısında takım aşınması 0.613 mm değerine ulaşılmıştır. Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırdığımızda EP katkı maddesi takım ömrünü % 50 arttırmıştır.

0.25 mm/dev ilerleme hızında (Şekil 9.14c,d) 1560 mm'lik aynı kesme uzunluğu sonunda CCF-II (%8 EP) ve yarı sentetik sıvıları sırasıyla 0.469 ve 0.462 mm olmak üzere birbirine oldukça yakın takım aşınması değerine ulaşmışlardır. Kesme kuvvetinde ise 256 N'luk kesme kuvveti ile yarı sentetik 394 N'luk kesme kuvveti oluşturan CCF-II (%8 EP) sıvısından daha iyi performans sergilemiştir. 0.2 mm/dev ilerleme hızında olduğu gibi 1040 mm'lik kesme uzunluğuna ulaşan SCF-II (%8 EP) sıvısı takım aşınması ve kesme kuvveti açısından yarı sentetik ve CCF-II (%8 EP) sıvılarından düşük performans sergilemiştir. CCF-II sıvısı yine en düşük performansı göstermiş olup 520 mm kesme işlemi sonunda takım aşınması 0.710 mm değerine kesme kuvveti 384 N'a ulaşmıştır. Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırdığımızda EP katkı maddesi takım ömrünü % 100 oranında arttırmıştır.

0.3 mm/dev ilerleme hızında (Şekil 9.14e,f) 0.2 mm/dev ilerleme hızında olduğu gibi gene yarı sentetik ve CCF-II (% 8 EP) aynı kesme uzunluğuna ulaşmışlardır. CCF-II (% 8 EP) sıvısı ile 298 N kuvvet ve 0.418 mm takım aşınması elde edilirken yarı sentetikte 414 N'luk kuvvet ve 0.598 mm takım aşınması değerleri elde edilmiştir. CCF-II (% 8 EP) sıvısı yarı sentetiğe göre takım ömrünü %30 arttırmış kesme kuvvetini % 29 azaltmıştır. Diğer ilerleme hızlarında olduğu gibi daha kısa kesme uzunluğuna ulaşan SCF-II (%8 EP) sıvısı 0.519 mm'lik takım aşınması ve 365 N'luk kesme kuvveti ile CCF-II (% 8 EP) ve yarı sentetik sıvılarından kötü performans sergilemiştir. CCF-II sıvısı yine en düşük performansı göstermiş olup 520 mm kesme işlemi sonunda takım aşınması 0.699 mm değerine kesme kuvveti 379 N'a ulaşmıştır. Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırdığımızda EP katkı maddesi takım ömrünü % 300 oranında arttırmıştır.

Yarı sentetik 0.2 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı göstermiş olup diğer ilerleme hızlarında CCF-II (% 8 EP) sıvısı en iyi performansı göstermiştir. Tüm ilerleme hızlarında en kötü performansı EP katkısız CCF-II sıvısı göstermiştir.

9.2.2. Kesme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Kesme hızı deneylerinde 4 farklı kesme sıvısı içinde 100 ,150 ve 200 m/dak kesme hızlarında 0.25 mm/dev sabit ilerleme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşılınca sonlandırıldı. Her kesme işleminden sonra iş parçasının başlangıç, orta ve son noktasından toplam 3 noktadan yüzey pürüzlülüğü ölçülerek bunların ortalaması alınmıştır (Tablo 9.25.).

Şekil 9.15'ten de görüleceği gibi yüzey pürüzlülüğü oldukça dalgalı bir seyir izlemiştir.

Bu düzensizliğe sebep olan etmenleri;

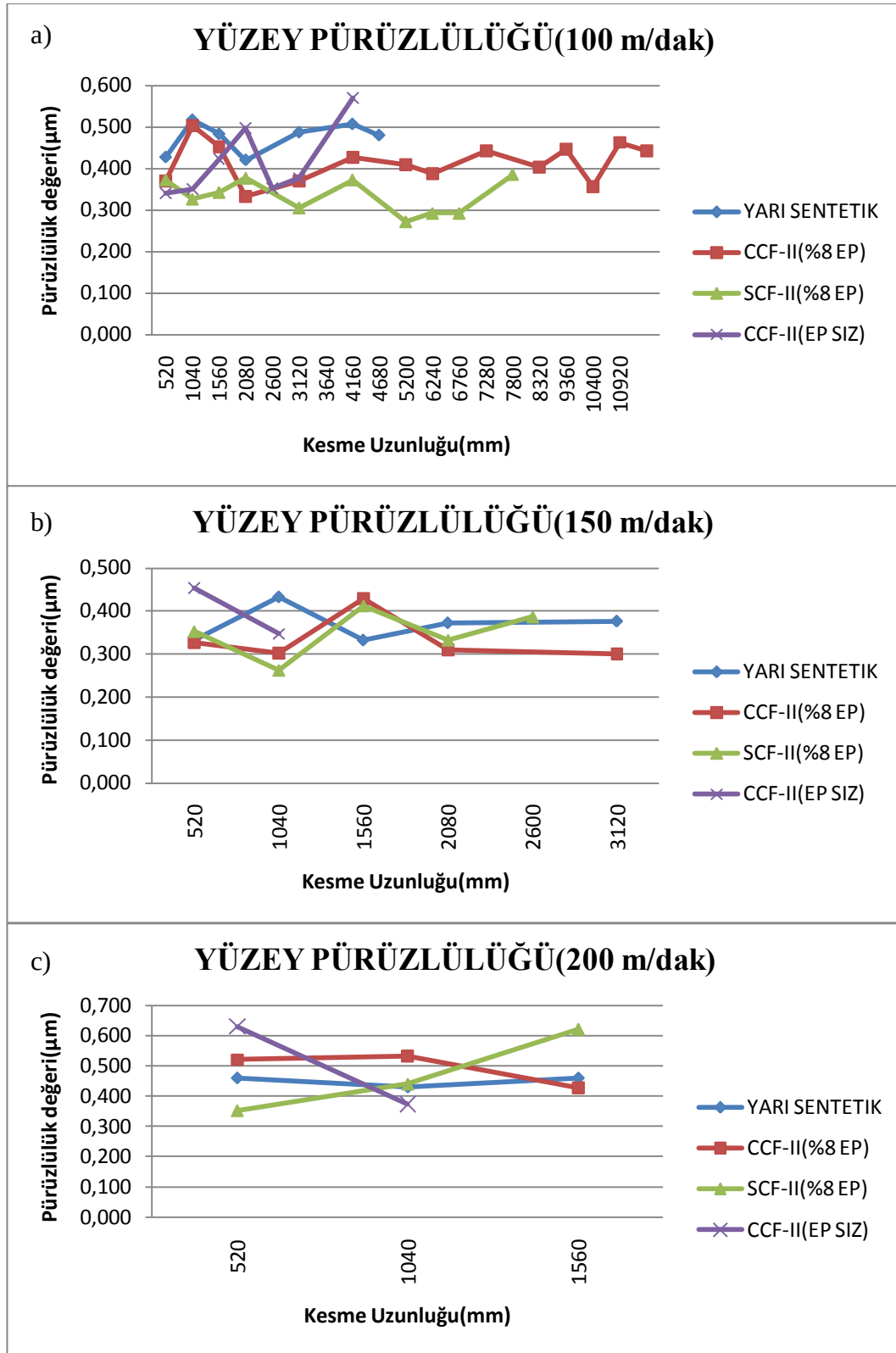
- İşlenen malzemedeki yapı bozukluğu
- Kesme hızında meydana gelen düzensizlik
- İşlenen malzemedен talaş kaldırma şekli
- Aşınan takımın malzeme yüzeyine sıvama yapması
- Takımda meydana gelen ani kırılmalar

Şeklinde sıralayabiliriz.

Tüm bu değişkenleri dikkate aldığımız zaman yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen dalgalanmaları daha iyi açıklamış oluruz.

Tablo 9.25. Üç farklı kesme hızı için ortalama yüzey pürüzlülük değeri.

V (100 m/dak)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,427	0,370	0,373	0,340
1040	0,517	0,503	0,327	0,350
1560	0,483	0,453	0,343	0,423
2080	0,420	0,333	0,377	0,497
2600				0,353
3120	0,487	0,370	0,306	0,377
3640				
4160	0,507	0,427	0,373	0,570
4680	0,480			
5200		0,410	0,273	
6240		0,387	0,293	
6760			0,293	
7280		0,443		
7800			0,386	
8320		0,403		
9360		0,447		
10400		0,357		
10920		0,463		
11440		0,443		
V (150 m/dak)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,333	0,327	0,353	0,453
1040	0,433	0,303	0,263	0,347
1560	0,333	0,430	0,413	
2080	0,373	0,310	0,333	
2600			0,387	
3120	0,377	0,300		
V (200 m/dak)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,460	0,520	0,353	0,630
1040	0,430	0,533	0,440	0,373
1560	0,460	0,427	0,620	



Şekil 9.15. Üç farklı kesme hızı için yüzey pürüzlülüğü kesme uzunluğu ilişkisi.

100 m/dak kesme hızı için Şekil 9.15a'dan da görüleceği gibi en iyi performansı sırasıyla SCF-II (%8 EP), CCF-II (%8 EP), yarı sentetik ve CCF-II sıvıları göstermiştir.

150 m/dak kesme hızında (Şekil 9.15b); yüzey pürüzlülük değerleri SCF-II (%8 EP), CCF-II (%8 EP) ve yarı sentetik sıvıları birbirine oldukça yakın bir karakter sergilemiştir. İlk paso sonunda en fazla yüzey pürüzlülük değerini gösteren CCF-II sıvısı ikinci pasonun sonunda en düşük yüze pürüzlülük değeri göstermiştir. Bu durumu takımda meydana gelen aşınmanın malzeme yüzeyine sıvama yapması neden olabilir.

200 m/dak kesme hızında (Şekil 9.15b) EP katkısız CCF-II kesme sıvısı ilk pasoda 0.630 mm'lik yüzey pürüzlülüğü ile oldukça yüksek bir değere ulaşmış olup ikinci pasoda daha düşük 0.373 μm 'lik yüzey pürüzlülüğü değeri elde edilmiştir. SCF-II (%8 EP), CCF-II (%8 EP) ve yarı sentetik sıvıları aynı kesme uzunluğuna ulaşmıştır. Kesme uzunluğunun artması ile SCF-II (%8 EP) kesme sıvısı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde artış olup sırasıyla 0.353 μm , 0.440 μm ve 0.620 μm değerleri elde edilmiştir. Yarı sentetik ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kesme uzunluğuna bağlı olarak artmamış sabit bir eğilim göstermiştir. CCF-II (%8 EP) kesme sıvısında kesme uzunluğunun artması ile yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

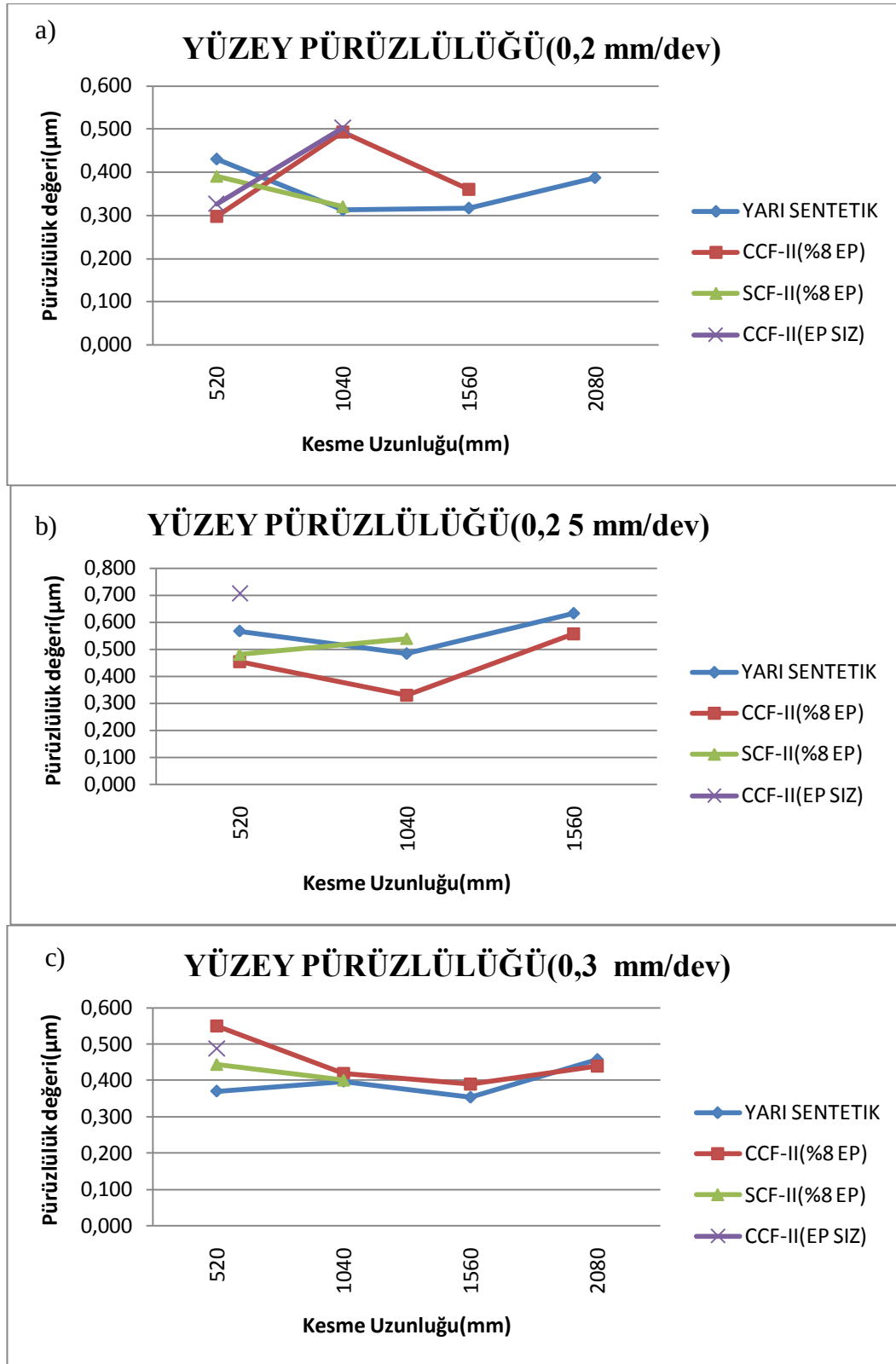
Düşük kesme hızında yüzey pürüzlülüğü oldukça kararsız bir seyir izlerken kesme hızının artması ile daha düzgün bir dağılım izlemektedir.

9.2.3. İlerleme Hızı Deneylerinde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İlerleme Hızı deneylerinde 4 farklı kesme sıvısı içinde 0.2, 0.25, 0.3 mm/dev ilerleme hızlarında 200 m/dak sabit kesme hızında deneyler gerçekleştirildi. Deneyler takım aşınması değeri ISO 3685 standardınca belirtilen son pasolar için 0.3 mm aşınma değerine ulaşıncaya sonlandırıldı. Her kesme işleminden sonra iş parçasının başlangıç, orta ve son noktasından toplam 3 noktadan yüzey pürüzlülüğü ölçülerek bunların ortalaması alınmıştır (Tablo 9.26.).

Tablo 9.26. Üç farklı ilerleme hızı için elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

f (0.2 mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri (μm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,430	0,297	0,390	0,327
1040	0,313	0,493	0,320	0,503
1560	0,317	0,360		
2080	0,387			
f (0.25 mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri (μm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,567	0,453	0,480	0,707
1040	0,483	0,330	0,540	
1560	0,633	0,557		
f (0.3 mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri (μm)			
Kesme Uzunluğu (mm)	YARI SENTETİK	CCF-II(%8 EP)	SCF-II(%8 EP)	CCF-II
520	0,370	0,550	0,443	0,487
1040	0,397	0,420	0,400	
1560	0,353	0,390		
2080	0,457	0,440		



Şekil 9.16. Üç farklı ilerleme hızı için kesme uzunluğu-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.

0.2 mm/dev ilerleme hızında (Şekil 9.16a) CCF-II sıvı en kısa kesme uzunluğu göstermiş olup kesme uzunluğunun artması ile yüzey pürüzlülüğü artmış olup sırasıyla 0.327 ve 0.503 μm yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. SCF-II (% 8 EP) sıvısı da CCF-II sıvısı gibi 1040 mm kesme uzunluğuna ulaşılmış olup kesme uzunluğunun artması ile yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. CCF-II (%8 EP) kesme sıvısı kesme uzunluğu arttıkça önce yüzey pürüzlülüğü artmakta sonra tekrar azalmaktadır. Sırasıyla 0.296, 0.493 ve 0.360 μm yüzey pürüzlülüğü oluşmuştur. En uzun kesme uzunluğu sergileyen yarı sentetikte yüzey pürüzlülüğü önce azalmış, sabit bir değerde seyrederek son pasoda artış göstermiştir.

0.25 mm/dev ilerleme hızında en kötü performansı CCF-II kesme sıvısı göstermiş olup 0.707 μm yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. SCF-II (% 8 EP) kesme sıvısında ilerlemenin artmasına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü artmıştır. CCF-II (% 8 EP) kesme sıvısı en iyi performansı göstermiş olup kesme uzunluğuna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü önce azalmış daha sonra artmıştır. Aynı şekilde yarı sentetikte de ilk önce yüzey pürüzlülüğü azalmış son pasoda artış göstermiştir. Takım aşınmasına bağlı olarak ilk aşınma anında yüzey pürüzlülüğü sıvama nedeniyle azalmakta takım ömrü tamamlandıktan sonra ise yüzey pürüzlülüğünde artış olmaktadır.

0.3 mm/dev ilerleme hızında diğer ilerleme hızlarında olduğu gibi en kötü performansı CCF-II göstermiş olup 0.487 μm yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Daha sonra en kötü performansı SCF-II (% 8 EP) sıvısı göstermiş olup kesme uzunluğunun artması ile yüzey pürüzlülüğü değeri azalmıştır. CCF-II (%8 EP) ve Yarı sentetik sıvıları aynı kesme uzunluğuna ulaşmış olup ilk üç pasoda yarı sentetik daha iyi performans gösterirken son pasoda CCF-II (% 8 EP) kesme sıvısı daha iyi performans sergilemiştir.

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

10.1. Sonuçlar

10.1.1. Takım Tutucular

Yapılan deneylerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1) Kesme hızının kesme kuvvetlerine etkisi deneylerinde; her bir tutucuyu üç farklı ilerleme hızı için en kısa kesme işlemi yapan tutucunun geldiği son noktaya kadar ki ortalama kuvvet değerlerine göre performansları değerlendirildiğinde (Tablo 10.1); her üç kesme hızı içinde en iyi performansı shrink tutucu göstermiştir. En uzun takım ömrü sağlaması da bu durumu doğrular niteliktedir. Daha sonra en iyi performansı sırasıyla hidrolik ve bilyeli tutucu göstermiştir.

Tablo 10.1. Üç farklı kesme hızı için kesme kuvveti performans karşılaştırması

Fx, Ortalama Kuvvet Değerleri (N)					
Takım tutucu	100 (m/dak)	Takım Tutucu	150 (m/dak)	Takım tutucu	200 (m/dak)
Shrink	170	Shrink	214	Shrink	215
Bilyeli	192	Hidrolik	224	Hidrolik	257
Hidrolik	179	Bilyeli	238	Bilyeli	216

2) Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneylerinde en kısa kesme işlemi yapan tutucunun geldiği son noktaya göre performans karşılaştırması yaptığımızda (Tablo 10.2); 100 ve 150 m/dak kesme hızları için en iyi performansı sırasıyla hidrolik, shrink ve bilyeli tutucular göstermiştir. 200 m/dak kesme hızı için sırasıyla shrink, hidrolik ve bilyeli tutucular en iyi performansı göstermiştir.

Tablo 10.2. Üç farklı kesme hızı için yüzey pürüzlülüğü performans karşılaştırması.

Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)					
Takım tutucu	100 (m/dak)	Takım Tutucu	150 (m/dak)	Takım tutucu	200 (m/dak)
Shrink	0.365	Shrink	0.395	Shrink	0.449
Hidrolik	0.382	Hidrolik	0.461	Hidrolik	0.552
Bilyeli	0.475	Bilyeli	0.524	Bilyeli	0.607

3) 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızları kullanılarak yapılan deneylerde kesme uzunluğu-takım aşınması izlenerek tutucuların performansı karşılaştırılmıştır. Her üç kesme içinde en uzun kesme uzunluğu ile en iyi performansı shrink tutucu göstermiştir. Daha sonra sırasıyla en iyi performansı sırasıyla bilyeli ve hidrolik tutucular göstermiştir (Tablo 10.3).

- 100 m/dak kesme hızında shrink tutucu takım ömrünü hidrolik tutucuya göre % 275 bilyeli tutucuya göre % 87.5 arttırmıştır.
- 150 m/dak kesme hızı için shrink tutucu takım ömrünü hidrolik tutucuya göre %42.85, bilyeli tutucuya göre % 25 arttırmıştır.
- 200 m/dak kesme hızı için shrink tutucu hidrolik ve bilyeli tutucuya takım ömrünü sırasıyla % 100 ve % 40 arttırmıştır.

Tablo 10.3. Üç farklı kesme hızı için takım aşınması performans karşılaştırması.

Toplam Kesme Uzunluğu (mm)						
Takım tutucu	100 (m/dak)		150 (m/dak)		200 (m/dak)	
	Kesme Uzunluğu (mm)	Shrink tutucunun sağladığı performans artışı (%)	Kesme Uzunluğu (mm)	Shrink tutucunun sağladığı performans artışı (%)	Kesme Uzunluğu (mm)	Shrink tutucunun sağladığı performans artışı (%)
Shrink	15600		5200		4160	
Hidrolik	4160	275	3640	42.85	2080	100
Bilyeli	8320	87.5	4160	25	2600	40

4) İlerleme hızının kesme kuvvetlerine etkisi deneylerinde; Her bir tutucuyu üç farklı ilerleme hızı için en kısa kesme işlemi yapan tutucunun geldiği son noktaya kadar ki ortalama kesme kuvvetine göre performansları değerlendirdiğimiz zaman; en iyi performansı hidrolik tutucu göstermiştir (Tablo.10.4). Oldukça dalgalı bir seyir izleyen kesme kuvvetleri toplam kesme uzunlukları dikkate alındığında (Bkz. Şekil 9.5) ilerleme hızının artması ile genel olarak bir artış göstermiştir.

Tablo 10.4. Üç farklı ilerleme hızı için kesme kuvveti performans karşılaştırması.

Fx, Ortalama Kuvvet Değerleri (N)					
Takım tutucu	0.2 (mm/dev)	Takım Tutucu	0.25 (mm/dev)	Takım tutucu	0.3 (mm/dev)
Shrink	204	Shrink	233	Shrink	242
Hidrolik	218	Hidrolik	183	Hidrolik	208
Bilyeli	223	Bilyeli	206	Bilyeli	231

5) İlerleme hızın yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneylerinde en kısa kesme işlemi yapan tutucunun geldiği son noktaya kadar ki ortalama yüzey pürüzlülüğüne göre performans karşılaştırması yaptığımız zaman; bilyeli tutucu en iyi performansı göstermiştir. Shrink tutucu her üç ilerleme hızı içinde en kötü performansı sergilemiştir. Toplam kesme uzunluğu dikkate alındığı zaman da (Bkz. Şekil 9.6.) en iyi performansı sırasıyla bilyeli hidrolik ve shrink tutucuları göstermiştir.

Tablo 10.5. Üç farklı ilerleme hızı için yüzey pürüzlülüğü performans karşılaştırması.

Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)					
Takım tutucu	0.2 (mm/dev)	Takım Tutucu	0.25 (mm/dev)	Takım tutucu	0.3 (mm/dev)
Shrink	0.630	Shrink	0.488	Shrink	0.431
Hidrolik	0.447	Hidrolik	0.345	Hidrolik	0.524
Bilyeli	0.407	Bilyeli	0.366	Bilyeli	0.336

6) Üç farklı ilerleme hızı için takım aşınması–kesme uzunluğu izlenerek tutucuların performansı incelendiği zaman bilyeli tutucu 0.25 mm/dev ilerleme hızı hariç 0.2 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızları için en iyi performansı göstermiştir. 0.25 mm/dev ilerleme hızı için en iyi performansı hidrolik tutucu göstermiş olup 0.2 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı shrink tutucu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo10.6’da gösterilmiştir.

Tablo 10.6. Üç farklı ilerleme hızı için takım aşınması performans karşılaştırması.

Toplam Kesme Uzunluğu (mm)					
Takım tutucu	0.2 (mm/dev)	Takım Tutucu	0.25 (mm/dev)	Takım tutucu	0.3 (mm/dev)
Shrink	4160	Shrink	2600	Shrink	2600
Hidrolik	3120	Hidrolik	4160	Hidrolik	3640
Bilyeli	4680	Bilyeli	3640	Bilyeli	4680

7) Deneyde kullanılan bütün parametreler dikkate alındığında kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinden performans karşılaştırması oldukça zor. Takım aşınması üzerinden gitmek daha sağlıklı bir sonuç verecektir.

8) Kesme hızı ve ilerleme hızının etkisine baktığımız zaman kesme hızında meydana gelen değişimle performanslarda önemli değişimler gözlenmektedir. Bu durumda kesme hızının performansı ilerlemeden daha fazla etkilediği söylenebilir.

10.1.2. Kesme Sıvıları

Yapılan deneylerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

1) Kesme hızının etkisi deneylerinde daha sağlıklı sonuç elde edebilmek için kesme kuvvetleri ve takım aşınması birlikte değerlendirilerek performans karşılaştırması yapılmıştır. Takım aşınması ve kesme kuvveti grafikleri benzer karakteristik eğilim göstermiş olup takım aşınmasına bağlı olarak 100 m/dak kesme hızı hariç diğer hızlarda talaş kaldırma işlemi sırasında, kesme kuvvetleri aşınma miktarına bağlı olarak artmakta ve takım ömrünü tamamladığı anda başlangıç değerine göre önemli artışlar göstermiştir.

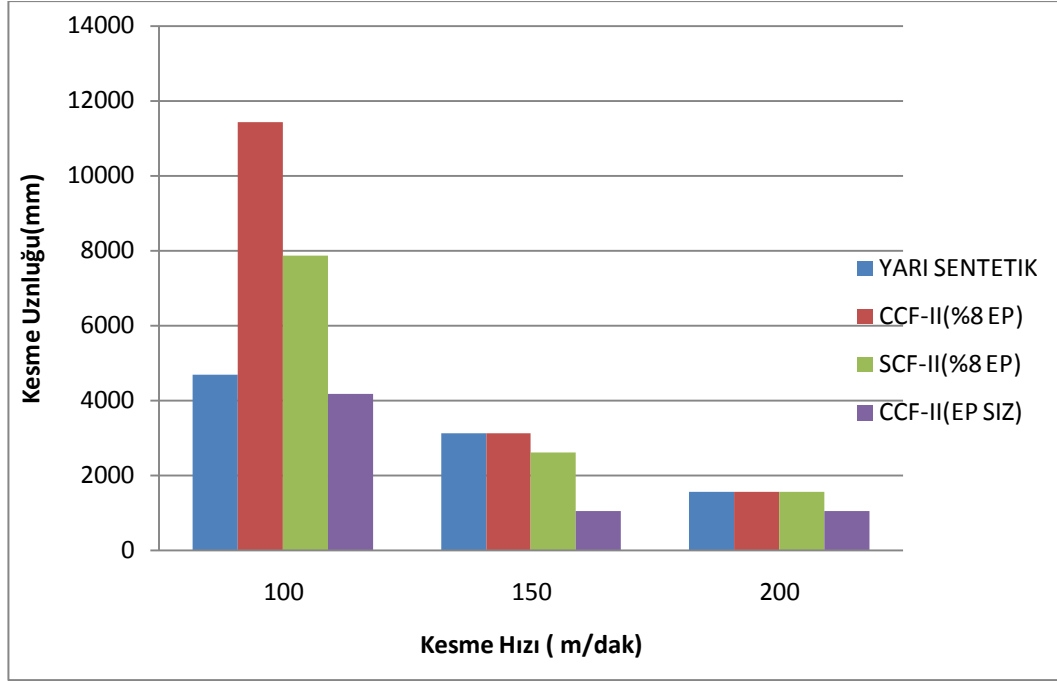
- .Her üç kesme hızı için CCF-II (%8 EP'li) kesme sıvısının kesme kuvveti ve takım aşınması birlikte dikkate alındığı zaman genel olarak diğer sıvılardan

daha iyi performans gösterdiği söylenebilir. Daha sonra sırasıyla yarı sentetik, SCF-II (%8EP'li) ve CCF-II (EP'siz) sıvıları göstermiştir.

- % 8 Ep katkılı kanola esaslı kesme sıvısı (CCF-II (% 8 EP)) % 8 Ep katkılı ayçiçeği esaslı kesme sıvısından tüm kesme hızlarında daha iyi performans sergilemiştir.
- 100 m/dak kesme hızı ve 0.25 mm/dev ilerleme hızı için CCF-II (%8 EP) kullanılması ile en iyi performansı elde etmiş oluruz.
- Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırıldığında EP katkı maddesi takım ömrünü 100, 150 ve 200 m/dak kesme hızlarında sırasıyla %175, %100 ve %100 oranında arttırmıştır (Tablo 10.7).

Tablo 10.7. Üç farklı kesme hızı için Ep katkı maddesinin takım ömrüne etkisi

Kesme hızı (m/dak)	CCF-II (% 8 EP)	CCF-II	EP katkı maddesinin sağladığı performans artışı (%)
	Kesme uzunluğu (mm)	Kesme uzunluğu (mm)	
100	11440	4160	175
150	3120	1040	100
200	1560	520	100



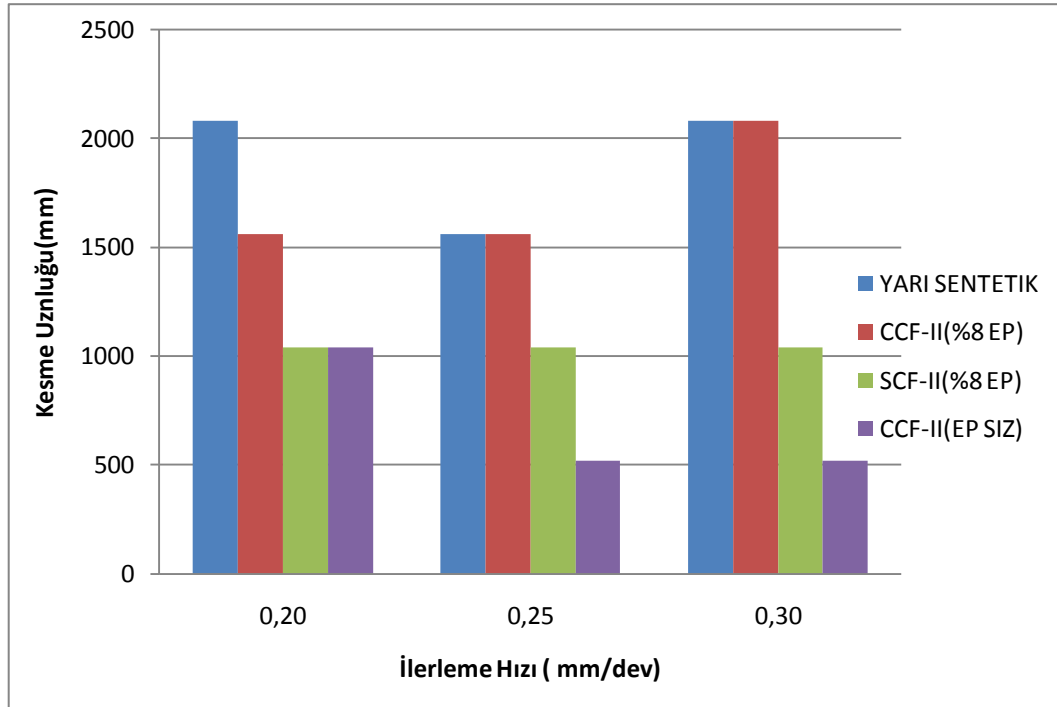
Şekil 10.1. Kesme hızının takım ömrüne etkisi.

2) İlerleme hızının etkisi deneylerinde de kesme hızının etkisi deneylerinde olduğu gibi kesme kuvveti ve takım aşınması birlikte incelenmiştir (Bkz. Şekil 9.14.). İlerleme hızının etkisi deneylerinde de takım aşınması ve kesme kuvveti grafikleri benzer karakteristiği göstermiştir.

- Yarı sentetik 0.2 mm/dev ilerleme hızında takım aşınması (Şekil 10.2) ve kesme kuvveti açısından en iyi performansı göstermiştir.
- 0.25 mm/dev ilerleme hızında CCF-II (% 8 EP) ve yarı sentetik sıvıları aynı kesme uzunluğu ve takım aşınması değerlerine ulaşırken Yarı sentetik daha küçük kesme kuvveti oluşturmuştur.
- 0.3 mm/dev ilerleme hızında takım aşınası ve kuvvet değerleri açısından iyi performansı CCF-II (% 8 EP) sıvısı göstermiştir.
- % 8 Ep katkılı Kanola esaslı kesme sıvısı (CCF-II (% 8 EP)) % 8 Ep katkılı ayçiçeği esaslı kesme sıvısından daha iyi performans sergilemiştir.
- Kanola esaslı kesme sıvısını kendi içinde karşılaştırdığımızda EP katkı maddesi takım ömrünü 0.2, 0.25 ve 0.3 mm/dev ilerleme hızlarında sırasıyla %50, %100 ve %300 oranında arttırmıştır (Tablo 10.8).

Tablo 10.8. Üç farklı ilerleme hızı için Ep katkı maddesinin takım ömrüne etkisi

İlerleme hızı (mm/dev)	CCF-II (% 8 EP)	CCF-II	EP katkı maddesinin sağladığı performans artışı (%)
	Kesme uzunluğu (mm)	Kesme uzunluğu (mm)	
0.2	1560	1040	50
0.25	1560	520	100
0.3	2080	520	300



Şekil 10.2. İlerleme hızının takım ömrüne etkisi.

3) Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneylerinde düşük kesme hızında yüzey pürüzlülüğü oldukça kararsız bir seyir izlerken kesme hızının artması ile daha düzgün bir dağılım izlemektedir. Ancak gene de yüzey pürüzlülüğü üzerinden performans karşılaştırması yapmak oldukça yanıltıcı sonuçlar verecektir (Bkz. Şekil 9.13).

- CCF-II kesme sıvısı diğer sıvılara göre en kötü performansı sergilemiştir.
- İlerleme hızının etkisi deneylerinde de en kötü yüzey CCF-II sıvısı ile oluşmaktadır.
- 0.2 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı yarı sentetik göstermiştir.
- 0.25 mm/dev ilerleme hızında en iyi performansı CCF-II (% 8 EP) sıvısı göstermiştir (Bkz. Şekil 9.14c,d).
- 0.3 mm/dev ilerleme hızında ilk iki pasoda yarı sentetik en iyi performansı gösterse de son pasoda CCF-II (% 8 EP) kesme sıvısı en iyi performansı göstermiştir.

10.2. Öneriler

10.2.1. Tutucular

- Deneyler yüzeyin son paso frezelemesi olarak yapılmıştır. Daha ağır şartlarda deneyler yapılabilir.
- Bu üç tutucu dışında farklı tutucular içinde deneyler gerçekleştirilebilir.
- Değişik kesici takım ve iş parçası malzemeleri için deneyler yapılabilir.
- Bu çalışmada işlenebilirlik kriterlerinden kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması ölçülmüştür. Bu kriterler dışında sıcaklık, titreşim ve tork gibi veriler de ölçülebilir.
- Deneyler kuru olarak gerçekleştirilmiştir. Kesme sıvıları kullanılarak deneyler yapılabilir.
- Farklı takım yolları belirlenerek hangi takım tutucu için hangi takım yolu daha uygun olduğu araştırılabilir.

10.2.2. Kesme Sıvıları

- Değişik kesici takım ve iş parçası malzemeleri için deneyler yapılabilir.
- Deneyler yüzeyin son paso frezelemesi olarak yapılmıştır. Daha ağır şartlarda deneyler yapılabilir.
- Frezelemeden başka talaşlı imalat yöntemleri içinde deneyler yapılabilir.
- Bu çalışmada işlenebilirlik kriterlerinden kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması ölçülmüştür. Bu kriterler dışında sıcaklık, titreşim ve tork gibi veriler de ölçülebilir.
- Geliştirilen bitkisel esaslı kesme sıvıları ile minimum miktarda yağlama sistemi kullanılabilir.
- Geliştirilen bitkisel esaslı kesme sıvıları ile yüksek basınçlı yağlama sistemi için çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

Abou El Hossein K.A. "Cutting Fluid efficiency in end milling of AISI 304 Stainless Steel" Industrial Lubrication and Tribology 2008; 60/3, 115- 120.

Akkurt M. "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları." Birsen Yayınevi; 2004.

Akkurt M. "Takım Tezgâhları, Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi.", Birsen Yayınevi;1985.

Altinkaya E. ve Güllü A. "AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliğin İşlenmesinde Talaş Kırıcı Formunun Takım Aşınmasına ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi." Politeknik Dergisi/Journal of Politechnic 2010; C11 S1, 1317.

Alves SM. and Gomes de Oliveira JF. "Vegetable based cutting fluid—an environmental alternative to grinding process" 15th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering 2008.

Aslan E. "Experimental investigation of cutting tool performance in high speed cutting of hardened X210 Cr12 cold-work tool steel 62 HRC." Materials and Design 2005; 26 21–27.

Axinte DA, Belluco W. and De Chiffre L. "Reliable tool life measurements in turning-an application to cutting fluid efficiency evaluation. International Journal of Machine Tools&Manufacture 2001; 41:1003-1014.

Belluco W. and De Chiffre L. "Performance evaluation of vegetable-based oils in drilling austenitic stainless steel." Journal of Materials Processing Technology 2004; 148:171-176.

Belluco W. and De Chiffre L. "Surface integrity and part accuracy in reaming and tapping stainless steel with new vegetable based cutting oils." Tribology International 2002; 35:865–870.

Belluco W. and De Chiffre L. "Testing of vegetable-based cutting fluids by hole making operations." Lubrication Engineering 2001; 57 (1):12-16.

Bilyeli Tutucu Patent “U.S. Patent, US 7,017,919 B2, 28 Mart 2006.”

Böhler Sert Maden ve Takım Sanayi ve Ticaret A.Ş. “Talaş kaldırma bilgileri” Yeni Karar Yayıncılık, İstanbul, 1990; 31-42.4.

Braga DU., Diniz AE., Miranda GWA. and Coppini NL. “Using a minimum quantity of lubricant (MQL) and a diamond coated tool in the drilling of aluminum-silicon alloys.” Journal of Materials Processing Technology 2002; 122:127-138.

Can A. “AISI 5140 Çeliğinin Sermet, PVD İle Ti AIN – CUD İle TIN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tamamlanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003.

Çakır MC. “Modern Talaşlı İmalatın Esasları.” Ceylan Matbaacılık, 1999.

Çakır MC. “Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri.” Rota Ofset ve Matbaacılık, 2000.

Çakır MC. “Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri” VİPAŞ A.Ş., 2000.

Dal M. “Bitkisel esaslı kesme sıvılarının frezelemedeki performansının araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze 2009.

Danai K. And Ulsoy AG. “A Dynamic State Model for On-Line Tool Wear Estimation in Turning,” Sensors and Controls for Manufacturing 1986, PED. Vol. 18, pp. 137-148.

Darwish “S.M.H., Effect of tool bit insert-holder assembly on the quality of machined workpieces.” Journal of Materials Processing Technology 2000; 105 230±236.

Dönertaş M. “Freze Tezgâhında Gerinim Ölçme Esaslı, Bilgisayar Bağlantılı Dinamometrenin Tasarımı ve İmalatı” G. Ü. Fen B. Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 1999.

Dursun M. “Titanyum ve inconel 718 malzemelerinin frezelenmesinde takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün araştırılması.” Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2007.

Eroğlu Teknik data: <http://www.eroglu.de/dosyalar/catalogs/info.pdf>

Gadelmawla ES., Koura MM., Maksoud TMA., Elewa IM. And Soliman HH. "Roughness parameters." Journal of Materials Processing Technology 2002; 123:133-145.

Gülmez S. "Bor Alaşımlı Çeliklerin Alın Frezelenmesinde Kesme Kuvvetlerinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi." Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara, 2003.

Güllü A. Ve Özdemir A. "Prizmatik parçaların frezelenmesinde kesme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkilerin deneysel olarak bulunması." G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi 2003; 16 (1):127-134.

Greeley M and Rajagopalan N. "Impact of environmental contaminants on machining properties of metalworking fluids." Tribology International 2004; 37:327-332.

Gressel MG. "Comparison of mist generation of flood and mist application of metalworking fluids during metal cutting." Doctorate of Philosophy (Ph.D), University of Cincinnati, 2001.

Habalı K. "Kesici Takım Kaplama Malzemesinin Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması." Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara 2003.

Hidrolik Tutucu Patent "U.S Patent, US 0044686 A1, 3.Mart 2005".

Heinemann R., Hinduja S., Barrow G. and Petuelli G. "Effect of MQL on the tool life of small twist drills in deep-hole drilling." International Journal of Machine Tools&Manufacture 2006; 46:1-6.

Hogmark S. and Olsson M. "Wear Mechanisms of HSS Cutting Tools."First International HSS FORUM Conference, Aachen, 2 fev., 2005.

ISO (International Organization for Standardization) (ed.) "Tool-life Testing with Single-Point Turning Tools (ISO 3685)" 2nd edition, Reference Number ISO 1993; 3685: (E).

Işık Y. ve Çakır MC. “Takım Çeliklerinin Talaşlı İmalatında Kesme Kuvvetleri İle Takım Ömrü Arasındaki İlişkinin Deneysel Olarak İncelenmesi.” IX. Mühendislik Sempozyumu, 2000.

İpekçioğlu N. “Frezecilik”, 1982.

Kalpajian S, Schmid SR. Manufacturing Engineering and Technology. 4th ed. Prentice Hall International; 2001.

Kelly JF.and Cotterell MG. “Minimal lubrication machining of aluminium alloys.” Journal of Materials Processing Technology 2002; 120:327-334.

Khan MMA., Dhar NR. “Performance evaluation of minimum quantity lubrication by vegetable oil in terms of cutting force, cutting zone temperature, tool wear, job dimension and surface finish in turning AISI–1060 steel.” Journal of Zhejiang University SCIENCE A 2006; 7 (11):1790-1799.

Kitajima K., Sogabe H. and Hirom M. “Development of shrinking tool holder utilizing of shape memory alloy.” Key Engineering Materials Vols 2005; 291-292.

Kral SF.,Oswald JW.and Amand JE. Techonology Of Machine Tools Third Editions.

Kopač J.and Bahor M. “Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness of a product.” Journal of Materials Processing Technology 1999; 92-93: 381-387.

Kuram E. “Bitkisel Esaslı Kesme Sıvılarının Delmedeki Performansının Araştırılması.” Yüksek Lisans Tez, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 2009.

Kumar RV. and Ramamoorthy B. “Performance of tools during hard turning under minimum fluid application.” Journal of Materials Processing Technology 2007; 185:210-216.

Lou MS., Chen JC. and Li CM. “Surface Roughness Prediction Techniques for CNC End-Milling” International Journal of Machine Tools and Manufacture 1999; 1-7.

Malyer E. “Kesici takımlarda aşınma.” Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 2001.

Neşeli S. “Tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri.” Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2006.

Nordic Council of Ministers, IVL Swedish Environmental Research Institute; VTT. Environmentally Acceptable Metalworking Processes. 2002.

Nouari M., List G., Girot F. and Coupard D. “Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys.” Wear 2003; 255:1359-1368.

Obikawa T., Kamata Y. and Shinozuka J. “High-speed grooving with applying MQL.” International Journal of Machine Tools & Manufacture 2006; 46:1854-1861.

Ojolo SJ., Amuda MOH., Ogunmola OY. and Ononiwu CU. “Experimental determination of the effect of some straight biological oils on cutting force during cylindrical turning.” Revista Matéria 2008; 13 (4):650-663.

Özdemir U. Ve Erten M. “Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarlarını Azaltma Yöntemleri”. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi 2003; Cilt1 Sayı 1 37–50.

Sanjay C. and Jyothi C. “A Study of surface roughness in drilling using mathematical analysis and neural Networks.” Int J Adv Manuf Technol 2006; 29:846-852.

Savaşkan M., Taptık Y. and Ürgen M. “Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans optimizasyonu.” İTÜ Dergisi/d mühendislik 2004; 3 (6):117-128.

Sales WF., Diniz AE. and Machado ÁR. “Application of cutting fluids in machining processes.” Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences 2001; 23 (2).

Sert A., “Farklı Takım Tutuculara Bağlanan Parmak Frezenin Düzlem Yüzey Frezelemedeki Performansının Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 2007.

Shrink Tutucu Patent “U.S: Patent, US 6,260,858 B1, 2001”.

Stephenson DA, Agapiou JS. Metal Cutting Theory and Practice. 2nd ed. Taylor&Francis; 2006.

Şahin Y. “Talaş Kaldırma Prensipleri.” Cilt 1.,Gazi Kitapevi, Ankara, 2003.

Şahin Y. “Talaş Kaldırma Prensipleri” Cilt 1., Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2000.

Şahin Y. “İmal Usulleri” Gazi Kitapevi, Ankara, 2003.

Tsao CC. “An experiment study of hard coating and cutting fluid effect in milling aluminum alloy.” Int J Adv Manuf Technol 2007; 32:885-891.

Upton DP. “Optimization of cutting fluid performance.” International Journal of Production Research 2000; 38 (5):1219-1223.

Vieira JM., Machado AR. and Ezugwu EO. “Performance of cutting fluids during face milling of steels.” Journal of Materials Processing Technology 2001; 116:244-251.

Woodbury and Robert S. “History of the Milling Machine. In Studies in the History of Machine Tools”, Cambridge, Massachusetts, USA, 1982.

www.makinahaber.com

www.Predev.com

www.wnt.com

Xavior MA. and Adithan M. “Determining the influence of cutting fluids on tool wear and surface roughness during turning of AISI 304 austenitic stainless steel.” Journal of Materials Processing Technology 2009; 209:900-909.

Zeilmann RP. “Weingaertner WL. Analysis of temperature during drilling of Ti6Al4V with minimal quantity of lubricant.” Journal of Materials Processing Technology 2006; 179:124-127.

ÖZGEÇMİŞ

Bilgin Tolga ŞİMŞEK 13.10.1984 yılında Sorgun'da doğmuştur. İlk ve orta okulu Süreyyapaşa ilk öğretim okulu'nda tamamlamıştır. Pendik Lisesi Fen-Matematik bölümünden 2001 yılında mezun olmuştur. 2003 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başlamıştır ve 2007 yılında makine mühendisi ünvanı ile mezun olmuştur. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.