

**FARKLI EL KLER N TESTERE FREZE  
ÇAKILARIYLA LENE B L RL KLER N N  
NCELENMES**

**2009  
YÜKSEK L SANS TEZ  
MAK NE E T M**

**Für an M HMAT**

**FARKLI ÇELİKLERİN TESTERE FREZE ÇAKILARIYLA  
LENELERİNİN İNCELENMESİ**

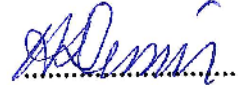
**Fürkan M. HMAT**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Haziran 2009**

Fürğan MİHMAT tarafından hazırlanan "FARKLI ÇELİKLERİN TESTERE FREZE ÇAKILARIYLA İŞLENEBİLİRLİKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Dr. Hasan Basri ULAŞ (GÜ)



Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında. Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/06/2009

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Doç.Dr. Mustafa BOZ (KBÜ)



Üye : Yrd.Doç.Dr. Metin ZEYVELİ (KBÜ)



Üye : Yrd.Doç.Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



...../...../2009

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildi ini ve sunuldu unu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdi i ekilde, bu çalı madan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptı ımı beyan ederim.”*

Für an M HMAT

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **FARKLI ÇELİKLERİN TESTERE FREZE ÇAKILARIYLA LENELERİNİN İNCELENMESİ**

**Fürkan M. HMAT**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Halil DEMİR**

**Haziran 2009, 82 Sayfa**

Bu çalışmada, DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliği malzemeler yüksek hız çeliği dairesel testere freze çakıları kullanılarak, frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Frezeleme deneyleri beş farklı devir sayısı ( $N_1=50$  dev/dak,  $N_2=63$  dev/dak,  $N_3=80$  dev/dak,  $N_4=100$  dev/dak,  $N_5=125$  dev/dak), beş farklı ilerleme hızı ( $F_1=20$  mm/dak,  $F_2=40$  mm/dak,  $F_3=63$  mm/dak,  $F_4=80$  mm/dak,  $F_5=100$  mm/dak) ve 1 mm sabit kesme derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Frezeleme işlemi sırasında dikey ve yatay yönlerde oluşan kesme kuvveti bileşenleri ile yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Kullanılan kesme parametrelerinin her iki malzemede oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülükleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Dikey yönde elde edilen kesme kuvveti bileşenlerinin yatay yönde elde edilen kesme kuvveti bileşenlerinden daha yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler** : Takım Çelikleri, Frezeleme, Kesme Kuvvetleri, Yüzey  
Pürüzlülü ü

**Bilim Kodu** : 626.12.01

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **AN INVESTIGATION INTO THE MACHINABILITY OF VARIOUS STEELS WITH CIRCULAR SAW BLADES**

**Für an M HMAT**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Halil DEMİR**

**June 2009, 82 pages**

In this study, DIN 1.2344 hot work tool steel and DIN 1.2379 cold work tool steels were subjected to milling operations using high speed steel circular saw blades. Milling operations were performed at five different revolutions ( $N_1=50$  rpm,  $N_2=63$  rpm,  $N_3=80$  rpm,  $N_4=100$  rpm,  $N_5=125$  rpm), five different table feed rates ( $F_1=20$  mm/min,  $F_2=40$  mm/min,  $F_3=63$  mm/min,  $F_4=80$  mm/min,  $F_5=100$  mm/min) and a constant depth of cut of 1 mm without using coolant. Vertical and horizontal components of the cutting forces and milled surface roughness values were measured. The influence of the cutting parameters used on the resulting cutting force components and surface roughness values for the both steels were examined. The vertical cutting force components were found to be higher than the horizontal cutting force components. In addition, the feed rate was found to have significant influences on the surface roughness.

**Keywords** : Tool steels, Milling, Cutting forces, Surface roughness

**Science Code** : 626.12.01



## TE EKKÜR

Yüksek lisans çalı malarım boyunca beni yönlendiren, yardım ve deste ini esirgemeyen çok de erli hocam ve danış manım Yrd.Doç.Dr. Halil DEM R'e ve kıymetli hocalarım Dr. Hasan Basri ULA , Prof.Dr. Ulvi EKER, Doç.Dr. brahim Ç FTÇ , Yrd.Doç.Dr. Metin ZEYVEL , Yrd.Doç.Dr. Dursun ÖZYÜREK, Ar .Gör.Dr. Yakup TURGUT, Ar .Gör.Dr. Gökhan SUR Ar .Gör. Mustafa GÜNAY ve burada adlarını sayamadı m bilgi, tecrübe ve görü leriyle her zaman yardımcı olmaya çalı an tüm hocalarıma, arkada larım Ar .Gör. Gültekin UZUN, Ö r.Gör. Turgay KIVAK ve Fatih MEYDANER 'ne sonsuz saygı ve te ekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman üzerimde hissetti im aileme en içten saygı ve te ekkürlerimi sunarım.

## Ç NDEK LER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TE EKKÜR.....	viii
Ç NDEK LER .....	ix
EK LLER D Z N .....	xii
Ç ZELGELER D Z N .....	xiv
S MGELER VE KISALTMALAR D Z N .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
G R .....	1
BÖLÜM 2 .....	4
TALA LI MALAT VE LENE B L RL K .....	4
2.1. TALA LI MALAT LEM .....	4
2.2. LENE B L RL K .....	5
2.3. FREZELEME .....	6
2.3.1. Frezeleme lemi.....	9
2.3.2. Kesme Modelleri .....	11
2.3.3. Frezelemede Tala Kaldırma Parametreleri.....	13
2.3.3.1. Frezelemede Kesme Hızı .....	13
2.3.3.2. Frezelemede lerleme Hızı.....	14
2.3.3.3. Frezelemede Tala Derinli i .....	15
2.3.4. Frezelemede Kesme Kuvvetleri.....	15
2.3.5. Silindirik Frezelemede Takım Geometrisi.....	16
2.3.6. Silindirik Frezelemede Olu an Kesme Kuvvetlerinin Etüdü.....	18
2.3.6.1. Silindirik Frezelemede Tala Geometrisi.....	18
2.3.6.2. Kesme Kuvvetlerinin Analizi .....	20
2.4. TALA LI MALAT LEM NDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜ Ü .....	25

	<u>Sayfa</u>
2.4.1. Yüzey Pürüzlülü ünün Önemli Oldu u Durumlar .....	26
2.4.2. Yüzey Pürüzlülü üne Etki Eden Faktörler .....	26
2.4.3. Yüzey Pürüzlülü ünün Olu umu .....	27
2.4.4. Yüzey Pürüzlülü ü Ölçme Teknikleri .....	27
2.4.5. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri.....	29
2.4.5.1. Örnekleme Uzunlu u ve Örnekleme Sayısı.....	29
2.4.5.2. Ortama Çizgisi .....	30
2.4.5.3. Ortama Yüzey Pürüzlülü ü (Ra) .....	30
2.4.5.4. Genlik Da ılım E risi (Rsk) .....	30
 BÖLÜM 3 .....	 32
L TERATÜR ÇALI MASI.....	32
3.1. L TERATÜR ARA TIRMASI.....	32
3.2. L TERATÜR ARA TIRMASININ DE ERLEND R LMES .....	38
 BÖLÜM 4 .....	 40
MATERYAL VE METOT .....	40
4.1. DENEY MALZEMES VE ÖZELL KLER .....	40
4.1.1. Deney Numunelerin Hazırlanması .....	40
4.2. DENEYLERDE KULLANILAN KES C TAKIM VE KESME PARAMETRELER .....	41
4.3. DENEYLERDE KULLANILAN TAKIM TEZGAHI .....	44
4.4. KESME KUVVETLER N N ÖLÇÜLMES .....	44
4.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜ ÜNÜN ÖLÇÜLMES .....	46
 BÖLÜM 5 .....	 48
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTI MA.....	48
5.1. DEV R SAYISI VE LERLEME HIZININ KESME KUVVET NE ETK S .....	48
5.2. LERLEME HIZININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜ ÜNE ETK S .....	63
 BÖLÜM 6 .....	 75

SONUÇLAR VE ÖNER LER .....	75
KAYNAKLAR .....	78

## EKLER DİZİNİ

### Sayfa

ekil 2.1. Freze tezgahı ve frezeleme işlemi.....	7
ekil 2.2. Frezeleme biçimleri .....	8
ekil 2.3. Frezeleme işlemi a) Zıt yönlü frezeleme b) Aynı yönlü frezeleme .....	10
ekil 2.4. a),b) Etki kesme işleminin sematik olarak gösterilmesi, c) Çıkan talaş ...	11
ekil 2.5. Dik kesmenin sematik olarak gösterilmesi .....	12
ekil 2.6. Gerçek talaş oluşumu.....	13
ekil 2.7. Silindirik frezeleme a) İşleme yüzeyi, b) Talaş .....	16
ekil 2.8. Silindirik bir freze çakısında kesme açıları.....	17
ekil 2.9. Silindirik freze çakısında helis açısı ( ).....	18
ekil 2.10. Silindirik frezelemede talaş kesiti.....	19
ekil 2.11. Talaşın üç boyutlu görünümü .....	19
ekil 2.12. Silindirik frezelemede kesme kuvvetleri .....	20
ekil 2.13. Helisel silindirik frezelemede eksenel kuvvet .....	21
ekil 2.14. Takım ve iş parçasının konumu .....	22
ekil 2.15. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler .....	26
ekil 2.16. İlerleme ve takım uç yarı çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi .....	27
ekil 2.17. Örneklemeye uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu .....	29
ekil 2.18. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi .....	30
ekil 2.19. Profil ve genlik dağılım eğrisi .....	31
ekil 4.1. Deney numunesinin boyutları .....	41
ekil 4.2. Deneyleerde kullanılan üniversal freze tezgahı.....	44
ekil 4.3. Deney düzeneği.....	45
ekil 4.4. Ölçülen kesme kuvvetlerinin veri akış şeması.....	46
ekil 5.1. 20 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişim ..	50
ekil 5.2. 40 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişim ..	51

ekil 5.3. 63 mm/dak. sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	52
ekil 5.4. 80 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	54
ekil 5.5. 100 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	55
ekil 5.6. 50 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	57
ekil 5.7. 63 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	58
ekil 5.8. 80 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	60
ekil 5.9. 100 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	61
ekil 5.10. 125 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im ..	62
ekil 5.11. 50 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	65
ekil 5.12. 63 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	66
ekil 5.13. 80 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	67
ekil 5.14. 100 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	68
ekil 5.15. 125 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	69
ekil 5.16. 20 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	70
ekil 5.17. 40 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	71
ekil 5.18. 63 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	72
ekil 5.19. 80 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	73
ekil 5.20. 100 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.....	74

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2.1. Kesme hızı faktörü (kv) .....	24
Çizelge 4.1. Deney malzemelerinin kimyasal bileşimi ve Brinell sertlik değerleri.....	40
Çizelge 4.2. Kesici takım ve takım tutucu özellikleri .....	42
Çizelge 4.3. Belirlenen kesme parametrelerine göre uygulanan deney planı .....	43
Çizelge 4.4. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri .....	47
Çizelge 5.1. Devir sayısı ve ilerleme hızına bağlı olarak elde edilen kesme kuvvetleri .....	49
Çizelge 5.2. İlerleme hızına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri .....	64

## S İMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### S İMGELER

a	:	Tala derinliği
	:	Kesici takım taban açısı
B	:	Tala genişliği
	:	Kesici takım kama açısı
D	:	Kesici takım çapı
dev	:	Devir sayısı
F	:	İlerleme hızı
F <sub>a</sub>	:	İlerleme kuvveti
F <sub>c</sub>	:	Esas kesme kuvveti
F <sub>e</sub>	:	Eksenel kuvvet
F <sub>p</sub>	:	Takım kuvveti (pasif kuvvet)
F <sub>z</sub>	:	Aız başına ilerleme miktarı
g	:	Gram
h	:	Tala kalınlığı
h <sub>m</sub>	:	Ortalama tala kalınlığı
k <sub>o</sub>	:	Kesici takım malzemesi faktörü
r	:	Kesici takım yana ma açısı
k <sub>s</sub>	:	Özgül kesme direnci
k <sub>u</sub>	:	Kesici takım aşınma faktörü
k <sub>v</sub>	:	Kesme hızı faktörü
k	:	Tala açısı faktörü
l	:	Örnekleme uzunluğu
m	:	Metre
N	:	Newton
R <sub>a</sub>	:	Ortalama yüzey pürüzlülüğü (µm)



$T_c$	:	Takım ömrü
$V$	:	Kesme hızı
$V_i$	:	Titre im durum
$Z$	:	Kesici a ız sayısı
$Z_y$	:	Frezeleme yayı üzerindeki kesici a ız sayısı
	:	Kesici takım helis açısı
	:	Kesici takım tala açısı
	:	Frezeleme yayı
$\mu m$	:	Mikronmetre

## KISALTMALAR

Al	:	Alüminyum
CBN	:	Kübik bor nitrat
ESP	:	Özgün kesme kuvveti
FEA	:	Sonlu elemanlar analizi
HB	:	Brinell sertlik de eri
HSS	:	Yüksek hız çeli i
HV	:	Vickers Sertlik de eri
IAC	:	Ba langıç açı kontrolü
MCC	:	A zorlanma kontrolü
PCD	:	Çok keristalli elmas
SEM	:	Tarama elektron mikroskobu (Scanning electron microscope)
T N	:	Titanyum nitrür
TS	:	Türk standartları

## BÖLÜM 1

### G R

Frezeleme i lemi, otomotivden havacılı a, kalıpcılıktan savunma sanayine kadar endüstrisinin hemen her alanında yaygın olarak kar ıla ılan bir tala lı imalat yöntemidir. Çevresinde birden fazla kesici a ız bulunan çakılarla malzemeler üzerinden tala kaldırılan bu imalat yöntemiyle de i ik geometrilere sahip bir çok parça freze tezgahlarında i lenebilir. Frezelemede kullanılan tezgah ve kesici takım tipleri genel veya özel amaçlı olarak geli tirilmi tir. Bunun yanı sıra kullanılan kesici takımların imal edildikleri malzemeler de de i iklikler arz etmektedir. Günümüzde yüksek hız çeli i (HSS), sinterlenmi karbür (sert metal), Sermet (sert metal - seramik), seramik, kübik bor nitrat (CBN) ve çok kristalli elmas (PCD) gibi malzemelerden imal edilen birçok kesici takım tala lı imalatta yaygın olarak kullanılmaktadır.

Frezelemede, birçok tipte bulunan kesici takımlardan, kalınlıkları 6 mm' den az olan testere freze çakıları kesme ve kanal açma i lemlerinde oldukça sık kullanılır [1]. Birden fazla kesici a ıza sahip, büyük çaplı dairesel testere tipi freze çakıları uzun ve derin kanalların açılması gibi uygulamalarda rakipsizdir. Özellikle kama kanalları, kapalı kanallar ve cepler gibi daha kısa ve daha sı kanallar için ise parmak frezeler tercih edilir [2]. Geçmi te yüksek hız çeli inden (HSS) imal edilen testere freze çakıları birçok kanal açma uygulamaları için ilk tercih olmu lardır. Genel olarak yüksek hız çeli i (HSS) takım malzemeleri, tornalama i lemlerinde kullanılan kesiciler de dahil olmak üzere matkaplar, raybalar, kılavuzlar, paftalar, freze çakıları, testerele ve bro ların yapımında kullanılmaktadır. Bu takımların performansları tala derinli i, kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme sıvısı gibi etkenlere ba lı olarak de i ir [2-3].

Yüksek hız çeli inden imal edilmi olan di er freze çakılarına göre kesme hızları ve ilerleme miktarları nispeten daha fazla alınan testere frezelere takım performansını artırmak için yüzey kaplama teknolojileri uygulanmaktadır [1-3-4]. Fakat, literatürde bu teknolojilerin çok a ızlı kesici takımlara uygulanmasında ticari kalite ve maliyet açısından elde edilen faydaların tartı ıldı ı görülmü tür.

Kesici takımların kalite ve maliyetleri, uygun takım ve do ru kesme artlarını seçmeyi zorunlu kılmaktadır. Do ru kesici takımın seçimi, i leme sırasında en üst seviyede verimlili in elde edilebilmesi için de önemlidir. Bütün kesici takımlar tala kaldırma i lemleri sırasında a ınır ve bu a ınma, kesici takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Takım a ınması kaçınılmazdır. Daha az takım ömrü, kesici takım de i tirme sıklı ını arttıracak ından dolayı i leme süresini de arttıracaktır. Tala kaldırma i lemlerinde kullanılan takımların kesici kenarları yeterince keskin olmasına ra men, tala kaldırma i lemleri sırasında olu an gerilmeler kar ısında oldukça fazla zorlanırlar. Bu sebeple, kesici takımın bu gerilmeleri kar ılayabilece i optimum kesit ve kesmeyi kolayla tıracak kesme parametrelerini belirlemek için pek çok ara tırma yapılmı tır [5].

Her i leme tekni inin do rudan veya dolaylı olarak etkilendi i i leme parametreleri vardır. Bu parametrelerin i leme sırasında her birinin ayrı ayrı etkilerinin yanı sıra, birbiriyle de etkile imi söz konusudur. E er, bu parametrelerin ili kileri iyi bilinmez ve büyüklükleri do ru seçilmezse, yapılacak i lemin sonucu da önceden tahmin edilemeyecektir. El yordamına ve göz kararına bakılarak parametre seçimi, bir önceki ve bir sonraki i leme göre aynı olmayaca ından, genellikle farklı sonuçlar elde edilecektir. Bu durum ise, çözülmesi gereken bir problem olarak ortaya çıkmaktadır [6].

Takım çelikleri, sıcak ve so uk haldeki i parçalarını kesme, dövme ve sıkı tırma yöntemleri ile ekillendiren, tala lı ve tala sız imalatta kullanılan yüksek nitelikteki çeliklerdir [7-8]. İlk kullanılan takım çelikleri sade karbonlu çeliklerdi. 1868' den sonra 20. Yüzyıla kadar bu konuda önemli geli meler kaydedilmi ve birçok yüksek ala ımlı takım çeli i geli tirilmi tir. Kompleks ala ım elementlerinden olu an takım çelikleri, özellikle tungsten, molibden, manganez ve kromun sa ladı ı üstün

özelliklerden dolayı popüler hale gelmişlerdir [9]. Takım çelikleri, kullanıldıkları yerlerde genel olarak hızlı bir şekilde yüksek gerilmelere maruz kalırlar. Bu nedenle, çalışmaları çok güçlü olan takım çeliklerinin bu hızlı ve yüksek gerilmeler altında deforme olmadan, aşınmadan ve kırılmadan yüksek performans göstermesi istenir. Ayrıca takım çeliklerinin yüksek sıcaklıklarda da istenilen özelliklerini sağlaması gerekir [10].

Takım çeliklerinin çeşitleri, su verme şekli ve uygulama yerlerine göre 7 ana grup altında toplanabilirler;

- 1) Suda sertleştirilmiş takım çelikleri
- 2) Darbe dirençli takım çelikleri
- 3) Sıcak iş takım çelikleri
- 4) Soğuk iş takım çelikleri
- 5) Yüksek hız takım çelikleri
- 6) Özel amaçlı takım çelikleri
- 7) Kalıp çelikleri

Sıcak iş ve soğuk iş takım çeliklerinden DIN 1.2344 sıcak iş takım çelikinin, döküm kalıpları ve uçları, destek blokları, maçalar, itici pimler, pompa pistonları ve manonları, püskürtme kalıpları ve uçları, soğuk delme kalıpları, hurda makasları gibi, DIN 1.2379 soğuk iş takım çelikinin ise, plastik enjeksiyon kalıpları, kesme ve delme takımları, açma bıçakları, kesme bıçakları, diş taramaları, derin çekme ve ekstrüzyon takımları, soğuk çekme makaraları ve ölçme takımları gibi kullanım alanları vardır [11-12].

Ayrıca, yukarıda sayılanlar gibi bütün imalat işlemlerinde, ürünün ölçü ve geometrik toleranslarının yanında tatminkar bir yüzey kalitesinin elde edilmesi de büyük önem arz etmektedir. Çeşitli yöntemlerle üretilmiş parçaların etkin bir şekilde işlevlerini yerine getirebilmelerinde yüzey kalitesi de önemli bir faktördür. İşlenmiş parçaların yüzey pürüzlülükleri aşınma direnci ve yorulma direnci gibi özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüzey kalitesi, aynı zamanda talaşlı imalat işlemlerinin verimliliğini de belirlemede de önemli bir faktördür. Torna, freze gibi talaşlı imalat

yapan tezgâhlarda kaldırılacak her tala derinli i için kesici, i parçası yüzeyinden bir geçi yapar. Yüzey pürüzlülü ü; ilerleme, kesicinin geometrisi vb. gibi özelliklere ba lı olarak olu ur. Üretilmi parçalarda istenilen kaliteyi elde etmek için yapım resimlerinde belirtilmi olan yüzey pürüzlülük de erlerinin i lem sonrası sa lanması gerekir. Aksi taktirde, i lenmi parçalar i levlerini etkin bir ekilde yerine getiremez veya istenilen yüzey pürüzlülük de erini sa lamak için ilave i lemler gerekebilir [13-14].

Bugüne kadar yapılan bilimsel çalı malar de erlendirildi inde, testere frezelerle metalik malzemelerin kesilmesi ile ilgili olarak özellikle yüksek hız çeli i (HSS) testere freze çakılarının kaplanması ve takım performansının de erlendirilmesi konusunda çalı malar yapıldı ı görölmektedir. Kaplamalı veya sert metal testere frezelerin maliyetlerinin daha yüksek olması sebebiyle endüstride bazı imalat uygulamalarında yüksek hız çeli i (HSS) testere frezelerin kullanımı oldukça yaygındır.

Bu çalı mada, üniversal freze tezgahında yüksek hız çeli i (HSS) testere frezelerle, so utma sıvısı kullanılmadan, kuru kesme artları altında 5 farklı devir sayısı, 5 farklı tabla ilerleme miktarı ile sabit kesme derinli inde, DIN 1.2379 so uk i takım çeli i ve DIN 1.2344 sıcak i takım çeli i malzemelere kanal açılması sırasında olu an kesme kuvvetleri deneysel olarak incelenmi , kesilen bölgelerden elde edilen yüzey pürüzlülük de erlerinin kesme hızı ve ilerleme hızına ba lı olarak de i imi irdelenmi tir.

## BÖLÜM 2

### TALA LI MALAT VE LENE B L RL K

#### 2.1. TALA LI MALAT LEM

Tala lı imalat i lemi, bir i parçası üzerindeki fazlalıkları uygun kesici takım ve takım tezgahı kullanarak uzakla tırmaktır. parçası metal oldu u zaman, i lem metal kesme olarak da isimlendirilir. Tala lı imalat i leminde etkin olan kesme hareketi i parçasının kesici takım önündeki plastik deformasyonunu ve deforme olan bu katmanın tala a dönü mesini gerektirir. Bu yöntem ço unlukla metalleri ekillendirmek için uygulansa da, di er bazı malzemeler de aynı yöntemle ekillendirilebilir [15-16].

Tala kaldırma i leminin anla ılabilmesi de i ik tipteki metallerin tala a dönü meleri esnasındaki davranı larının anla ılmasına ba lıdır. Bir kesici kenar ile bir metalden tala kaldırma i leminde kesici takım i parçası malzemesinin bir bölümünü deforme eder ve tala ı ayırır. Tala olarak ayrılacak malzeme tabakası üzerindeki gerilmeler bu tabaka kesici kenara yakla tıkça artar. Bu artan gerilmeler malzemenin akma sınırına ula tı ı anda metal içerisinde elastik ve plastik deformasyonlar meydana gelir. Olu an tala lar i parçası malzemesine ba lı olarak farklılık gösterir [17].

Tala kaldırma i leminin amacı parçalara sadece bir ekil vermek de il, bunları geometrik, boyut ve yüzey bakımından imalat resminde gösterilen belirli bir do ruluk derecesine göre imal etmektir. Buna i leme kalitesi denir. Parçanın geometrik, boyut ve yüzey do rulu unu kapsayan i leme kalitesi, günümüzde tala kaldırma i leminin en önemli özelli didir [18].

Tala lı imalat i lemi önemli imalat yöntemlerinden bir tanesidir. A a ıdaki sebepler dikkate alındı ında tala lı imalat i leminin en önemli imalat yöntemlerinden biri oldu u anla ılır:

- 1) Çok çe itli malzemeler tala lı imalat yöntemiyle ekillendirilebilir. Gerçekte bütün katı malzemeler i lenebilir. Polimer ve polimer esaslı kompozitler de tala lı imalat yöntemiyle i lenebilir.
- 2) Tala lı imalat i lemiyle düz ve dairesel yüzeyler gibi düzenli geometriler olu turulabilir. Birkaç tala lı imalat i lemi sırayla uygulanarak hemen hemen bütün karma ık geometriler elde edilebilir.
- 3) Tala lı imalat i lemiyle i parçası ölçüleri çok yakın toleranslarda elde edilebilir ve çok iyi yüzey kalitesi elde edilebilir [16].

## 2.2. LENE B L RL K

lenebilirlik evrensel olarak tanımlanmı , standart bir özellik de ildir. Genellikle i parçasının i lenebilme kabiliyeti, bir ba ka deyi le i parçasının kesici bir takımla ekillendirilmesinin ne kadar kolay veya zor oldu u, ya da uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak bir malzemeyi (ço unlukla metal) tala lı imalat yöntemleriyle ekillendirebilmenin nispi kolaylı ı veya zorlu u olarak tanımlanabilir. Örne in orta karbonlu bir çelik ısıl dirençli bir ala ıma göre, gri dökme demir kır dökme demire göre daha kolay i lenir. Sıvanma özelli ine sahip dü ük karbonlu bir çeli in i lenmesi ise bazı ala ımlı çeliklere göre çok daha zordur. Kesici takımlardaki geli meler, de i en ko ullar ve metotlar nedeniyle i lenebilirlik kavramı kar ıla tırılmalı de erler cinsinden ifade edilmesi zor olan bir kavramdır. parçası malzemelerinin metalürjisi, kimyası, mekani i, ısıl i lemi, katkı maddeleri, içerisindeki kalıntılar, yüzeyindeki sert tabakanın kalınlı ı gibi özellikler i lenebilirli i etkiler. Bu etkilerin yanı sıra i lenebilirlik üzerinde kesici kenarın, takım tutucunun, takım tezgahının, i lemlerin ve i leme ko ullarının da etkisi büyüktür. Malzemeler için i lenebilirlik verileri tala lı imalat i lemlerinde daha sonra iyile tirilebilecek ba langıç de erlerinin belirlenmesine yardımcı olurlar [17-19].

lenebilirlik, ekseriyetle malzemenin özgül bir özelli i olarak algılansa da, sadece



ilenen malzemeye ba lı olmayıp aynı zamanda i leme yöntemi ve i leme parametrelerine de ba lıdır [20].

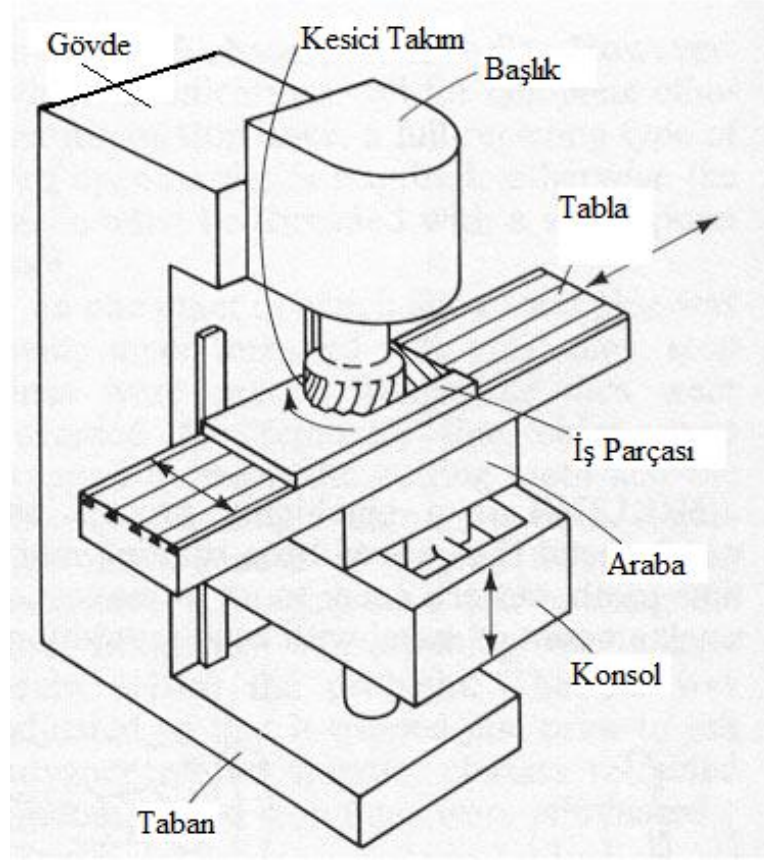
lenebilirli i de erlendirmek için çe itli kriterler kullanılır. Bunlardan en yaygın olanları:

- 1) Takım ömrü
- 2) Kesme kuvvetleri ve harcanan enerji veya güç
- 3) lenen yüzey kalitesidir [21].

Ayrıca, bir malzemenin kimyasal bile imi, maruz kaldı ı ısı l i lem ve içerisindeki inklüzyonlar i lenebilirlik özelli ini önemli ölçüde etkiler ve bazı durumlarda kimyasal bile im takım üzerinde etkin olan a nma mekanizmalarını da belirler [16-19].

### **2.3. FREZELEME**

Frezeleme, endüstride gerekli olan farklı geometrilere sahip i parçalarında düz ve e risel yüzey i leme, kesme ve kanal açma, di li çark imalatı gibi i lemleri çevresinde birden fazla kesici a ız bulunan takımlarla malzeme üzerinden tala kaldırmak suretiyle gerçekte tirilen bir imalat yöntemidir. Bu tala lı imalat yönteminin uygulandı ı freze tezgahları genellikle yatay, dikey, üniversal ve kopya freze tezgahları olmak üzere sınıflandırılabilir [1-3]. ekil 2.1’de freze tezgahı ve frezeleme i lemi görülmektedir [22].



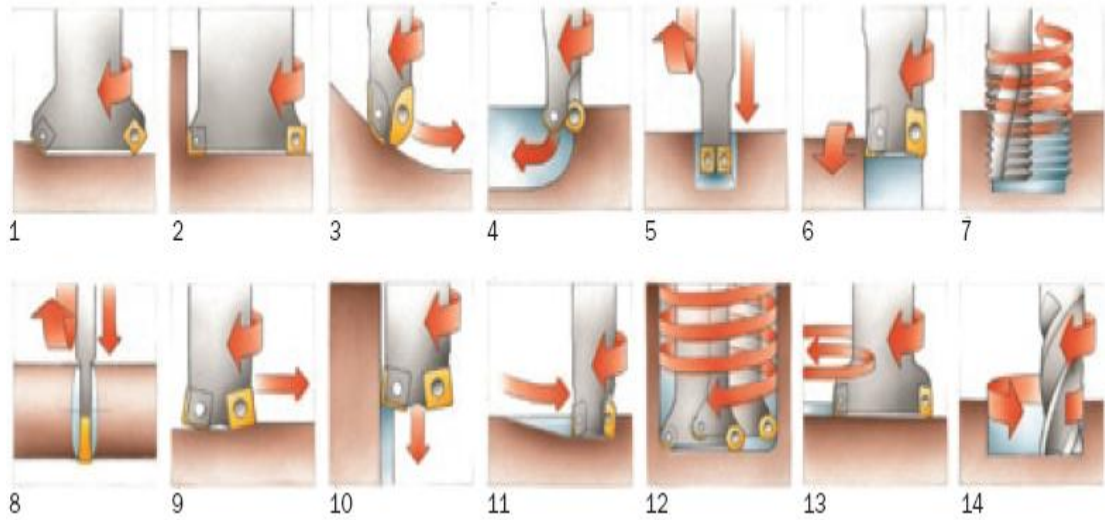
ekil 2.1. Freze tezgahı ve frezeleme i lemi [22].

Kullanılan bu freze tezgahlarının yanında, i leme özelliklerine uygun olarak seçilmesi gereken kesici frezeleme takımları da farklılık gösterir. Yaygın olarak kullanılan frezeleme takımlarından bazıları öyle sıralanabilir:

- 1) Silindirik freze çakıları (vals freze)
- 2) Silindirik alın freze çakıları (vals-alın freze)
- 3) Kanal freze çakıları
- 4) Testere freze çakıları
- 5) Konik alın freze çakıları
- 6) "T" kanal (oluk) freze çakıları
- 7) Parmak freze çakıları
- 8) Modül (form) freze çakıları
- 9) Pah kırma freze çakıları [1-3].

Frezeleme, halen düzgün yüzeyler üretmek için en sık olarak kullanılan imleme yöntemidir. parçasına olan etkisi veya takımın izledi i yol açısından bakıldı ında frezeleme imlemlerinin temel biçimleri arasında a a ıdakiler sayılabilir:

- 1) Yüzey frezeleme
- 2) 90° kenar frezeleme
- 3) Profil frezeleme
- 4) Havuz bo altma
- 5) Kanal frezeleme
- 6) Torna - frezeleme
- 7) Di frezeleme
- 8) Kesme
- 9) Yüksek ilerlemeli frezeleme
- 10) Dalma frezeleme
- 11) Açılı (rampa) frezeleme
- 12) Helisel interpolasyon
- 13) Dairesel interpolasyon
- 14) Trokoidal frezeleme [23].



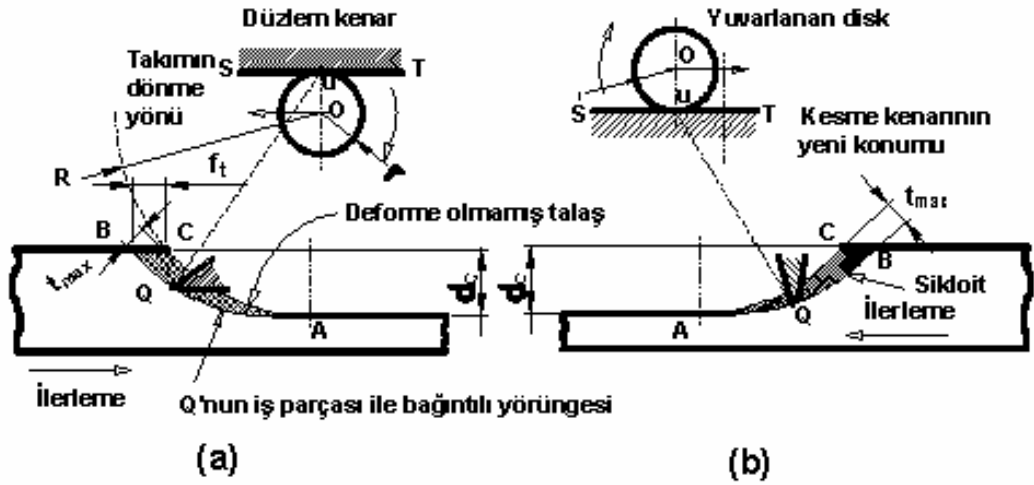
ekil 2.2. Frezeleme biçimleri [23].

### 2.3.1. Frezeleme İlemi

Frezeleme uygulamaları en genel halde, çevresel ve alın frezeleme uygulamalarından veya bu iki metodun kombinasyonlarından oluşur. Düzlem yüzeylerin işlenmesi için alın frezeleme yöntemi genellikle en verimli işleme yöntemi iken, çevresel frezeleme özellikle daha uzun ve açık kanallar için belirli bir üstünlüğe sahiptir. Frezeleme, yüksek işleme verimliliği ile, elde edilebilen yüksek yüzey kalitesi, hassasiyet ve eğkin oluşturulmasındaki esneklik sayesinde çok tercih edilen işleme yöntemidir. Ayrıca işleme tipleri tezgah, takım ve iş parçası açısından çok farklılıklar gösterir.

Frezeleme işleminde kesici takımın boyutu önemli bir faktördür. İşlenen yüzeyin genişliği kesici takımın çapından küçük ise frezeleme ya simetrik, ya da asimetrik olarak yapılır. Simetrik frezelemede, takım eksenini işlenen yüzeyin orta çizgisi ile çakıırken, asimetrik frezelemede çakıma yoktur [24]. Frezeleme işleminde aynı yönlü ve zıt yönlü olmak üzere iki yöntem vardır. Zıt yönlü frezelemede, iş parçasının ilerleme yönü takımın

dönüş yönüne terstir (ekil 2.3). Aynı yönlü frezelemede ise, iş parçasının ilerleme yönü ile takım dönüş yönü aynıdır (ekil 2.3). Tala kalınlığının sıfırdan başlayıp en yüksek değerine gittiği zıt yönlü frezelemede, tabla ile iş parçasını birbirinden ayırmaya çalışırken yüksek kesme kuvvetleri oluşur. Kesici ucun tala kalınlığı ilk girişinde sıfır tala kalınlığı nedeniyle kesici uç parçaya bastırıldığında parçayı kesmez, ezer. Bu nedenle aşırı sürtünmeye, parlama etkisine ve yüksek sıcaklıklara neden olur. Bu işleminde kesici uç bir önceki işleme nedeniyle deformasyon sertleşmesi yüzey ile temas eder. Bu da takım ömrünü olumsuz etkilemektedir. Oluşan kuvvetler parçayı tabladan kaldırmaya çalışacağından parça balmalı işlemlerinde önlem alınması gerekir. Aynı yönlü frezelemede ise, kesici aız kesme işleminde büyük bir tala kalınlığıyla karşılaşılır. Bu durum, daha az ısı ve daha az işleme sertleşmesi ile sonuçlanarak parlama etkisini önler. Büyük tala kalınlığı avantajlıdır ve kesme kuvvetleri kesici aız kesme işleminde tutarak iş parçasını freze çakısına doğru çekme eğilimi gösterir. Frezeleme süresince tala kalınlığı kesme kenarına bazen yapı acak veya kaynayacaktır ve bir sonraki kesmenin başlangıcı civarına kadar taşınacaktır [2-23].



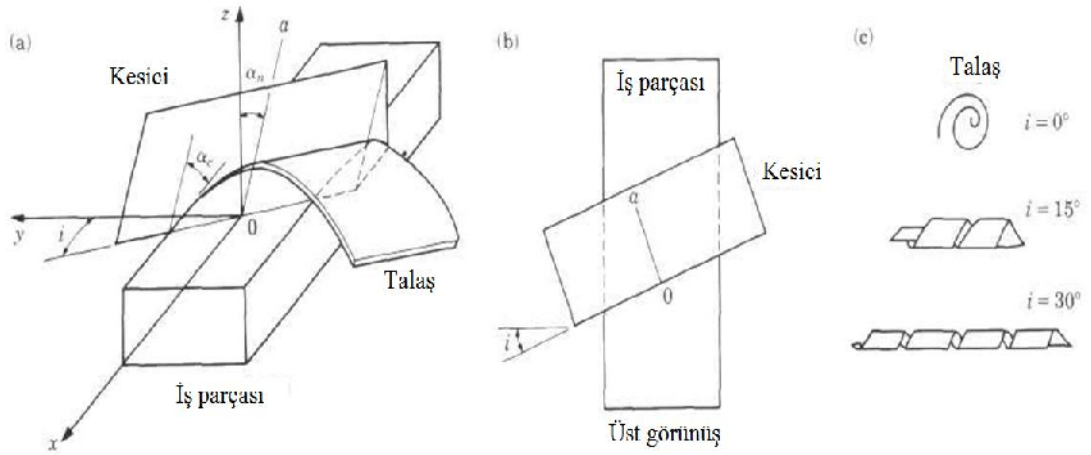
ekil 2.3. Frezeleme i lemi a) Zıt yönlü frezeleme b) Aynı yönlü frezeleme [25].

Frezeleme, birçok geometrideki i parçalarından yüksek hassasiyet ve yüzey kalitesiyle tala kaldırabilmenin yanı sıra freze çakıların da birden fazla kesici a za sahip olma özelli i nedeniyle frezeleme i leminin yüksek verimlilik göstermesinde önemli bir rol oynar [26]. Tala kaldırma i leminde, kesici takım i parçası üzerinde belirli kuvvetlerle temas etti inde ve kuvvet yönüne do ru hareket ettirildi i zaman takım ucunun temas etti i malzeme katmanında, önce elastik daha sonrada plastik ekil de i ikleri olu arak malzeme tabakasında akmalara ba lar. Gerilmeler malzemenin kopma sınırını geçti i anda “tala ” olarak adlandırılan belirli bir yüzey tabakası, i parçası boyunca parçadan ayrılır. Bu parçanın ayrılı biçimi, parça malzemesinin mekanik özelliklerine ve kesme artlarına ba lı olarak de i ik bir ekilde gerçekleşir ve farklı tala tipleri meydana gelir. Bu nedenle, tala kaldırma i lemine etki eden faktörlerin bilinmesi ve birbirine etkilerinin dikkate alınması gereklidir. Tala kaldırmayı etkileyen ba lıca faktörler;

- 1) Kesici takım ömrü,  $T_c$  (s)
- 2) Kesme hızı,  $V$  (m/dak.)
- 3) Tala derinli i,  $a$  (mm)
- 4) ilerleme hızı,  $F$  (mm/dak.)
- 5) Kesme açıları
- 6) Titre im durumu,  $V_i$
- 7) So utma sıvısı,  $S_s$
- 8) Takım / i parçası malzeme çifti [3].

### 2.3.2. Kesme Modelleri

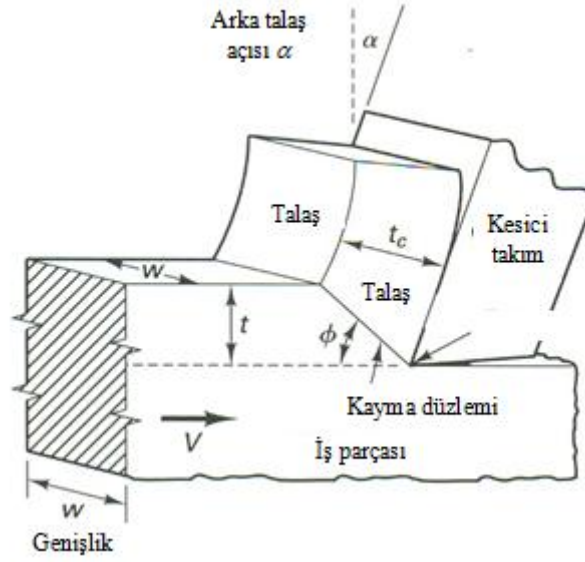
Talaşlı imalat mekaniği ve talaş oluşumu ile ilgili çalışmaların çoğunda, işlenen parça olarak metaller ele alınmıştır. [16–21] Vargelleme, delme, frezeleme ve tek noktadan kesme işlemi yapılan tornalama gibi işlemler eğik kesme işlemleridir. Eğik kesmede, kesici takımın kesici kenarı kesme hız vektörüne diktir (ekil 2.4). Bu eğim, talaşın akı yönünü ve böylece de takımın performansını önemli şekilde etkilemektedir [21].



ekil 2.4. a),b) Eğik kesme işleminin kinematik olarak gösterilmesi, c) Çıkan talaş [27].

Dik (orthogonal) kesme işleminde ise kesici takımın kesici kenarı kesme hız vektörüne diktir. ekil 3.3' teki  $i$  açısı  $0^\circ$  oldu unda işlem dik kesme işlemi olur.

ekil 3.3a'da eğik kesme işlemi esnasında oluşan bileşke kuvvet üç bileşene (x, y ve z yönlerinde) ayrılırken dik kesme işleminde y yönündeki kuvvet bileşeni sıfır olur. Dolayısıyla dik kesme işleminde bileşke kuvvet yalnızca x ve z yönlerinde iki bileşene ayrılır. Dik kesme işleminde ayrıca kayma işleminin tek bir düzlemde gerçekleştiği (kayma işlemi gerçekte ise dar bir kayma bölgesinde gerçekleşir), kesici ucun mükemmel sivri olduğu ve kesici takım bölük yüzeyi ile yeni işlenen yüzey arasında bir sürtünme olmadığı varsayılır. ekil 2.5'te görüldüğü gibi iş parçası kesici takım önünden  $V$  hızında geçer.  $V$ , kesme hızıdır. Kesilmemiş talaş kalınlığı  $t'$  dir. Talaşta,  $V$  hızı ile kesici takım talaş yüzeyi üzerinden geçer. Bu durumda kayma  $V_s$  hızında ve kayma açısı  $\phi$ 'da gerçekleşir. Burada kesici takım bir  $\alpha$  arka talaş açısına ve bir  $\gamma$  bölük açısına sahiptir [27].



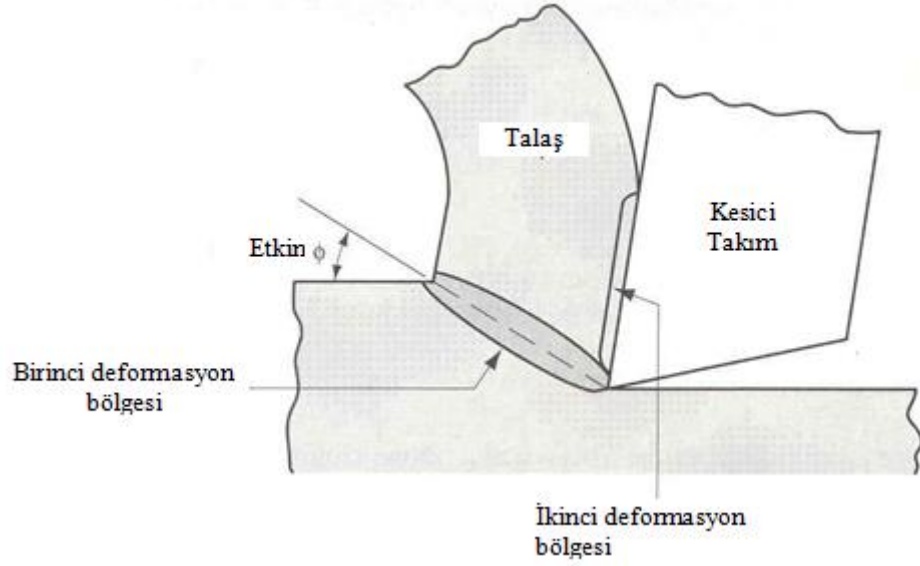
ekil 2.5. Dik kesmenin ematik olarak gösterilmesi [27].

Bu model (dik kesme modeli), talaş oluşturma işlemi esnasında iş parçası malzemesinin davranışını, kesici takım geometrisinin en kritik elemanını (talaş açısı) ve kesici takım, talaş ve yeni oluşan iş parçası yüzeyi arasındaki etkileşimleri açıklamak için yeterlidir.

Talaşlı imalat işlemi gerçekte üç boyutlu ve oldukça karmaşık olduğu için talaşlı imalat işleminin mekanik davranışının tanımlanmasında iki boyutlu dik kesme modeli çok kullanılır. İki boyutlu dik kesme modeli talaşlı imalat işleminin analizinde önemli bir rol oynar. Bu modele göre, iş parçasının kesici takımı zorlamasıyla kayma düzleminde iş parçasının kayma gerilmesinin oluşmasıyla talaş oluşumu gerçekleşir [21].

Gerçekte talaş oluşumu ince bir bölgede gerçekleşir (ekil 2.6). Talaş oluşumu plastik deformasyonun önemli derecede rol oynadığı bir işlemdir. Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, iş parçasının kesici takım önündeki bölgesel deformasyonu ile gerçekleşir. İş parçası ve kesici takım arasındaki bağıl hareket sonucu, iş parçasında oluşan gerilme iş parçasını birinci deformasyon bölgesinde plastik deformasyona uğratarak talaş oluşumunu gerçekleştirir. Oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek atılır. Birinci kayma (deformasyon) düzleminde

olu an tala kesici takımın tala yüzeyi üzerinden geçerken kayma veya yapı ma sonucu ikinci defa deformasyona u rar ve kesme bölgesinden atılır.



ekil 2.6. Gerçek tala olu umu [16].

### 2.3.3. Frezelemede Tala Kaldırma Parametreleri

#### 2.3.3.1. Frezelemede Kesme Hızı

Bir freze takımının, çevresindeki kesen bir di in (noktanın) bir dakikada metre cinsinden keserek aldığı yol kesme hızıdır. Kesme hızı a a ıda verilen formül ve birimlerle ifade edilir.

$$V = \pi \times D \times N / 1000 \quad (2.1)$$

Burada;

V = Kesme hızı (m/dak.)

N = Devir sayısı (dev/dak.)

D = Freze takımının çapı (mm)

Kesme hızı de erleri, genellikle kesici takım firmalarının kataloglarından seçilmektedir. Uygun kesme hızının seçilmesi takım ömrü ve i leme zamanı açısından önemlidir. Kesici takım dü ük kesme hızlarında kullanıldı ında i leme



süresi artacağından dolayı zaman kaybı olmaktadır, aynı hızda ise sürtünme ve ısıdan dolayı takım çabuk aşınmakta ve deforme edilmesi de zaman kaybına yol açmaktadır. Bu durumlarda kullanılan malzemeler için uygun kesme hızının seçimi gerekir. Farklı metallerin sertliği, yapısı ve işlenebilirliği nedeniyle, deforme edilebilir kesici takım ve iş malzemesi için farklı kesme hızları tercih edilmelidir. Belli bir malzemeyi işlemek için uygun kesme hızının belirlenmesinde:

- 1) İş parçası malzemesi
- 2) Kesici takım malzemesi
- 3) Takım çapı
- 4) Gerekli bitirme yüzeyi kalitesi
- 5) Talaş derinliği
- 6) Tezgah ve bağlama elemanlarının rijitlik faktörleri dikkate alınmaktadır [28].

### 2.3.3.2. Frezelemede İlerleme Hızı

Kesme hızı ve ilerleme hızı birbirine çok yakın şekilde bağlıdır. İlerleme hızı; kesmek üzere döndürülen freze takımının altından, iş parçasının bir dakikada milimetre cinsinden aldığı yoldur. İlerleme hızı aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$F = F_z \times Z \times N \quad (2.2)$$

Burada;

F = İlerleme hızı, mm/dak.

$F_z$  = A iş bağına ilerleme, mm/a iş

Z = Frezenin kesici diş sayısı, adet

N = Devir sayısı, dev/dak.

A iş bağına ilerleme ( $F_z$ , mm / a iş) frezeleme ilerleminde önemli bir büyüklüktür. Freze çakısı çok uçlu bir takımdır, dolayısıyla her ucun yeterli bir talaş kaldırabilmesi için uygun bir ilerleme derinine gereksinimi vardır. A iş bağına ilerleme bir kesici kenarın parçaya girişi ile bir sonraki kesici kenarın parçaya girişi arasında geçen sürede tablanın ilerlediği mesafe olarak tanımlanır. Bu nedenle bu büyüklük takımdaki mevcut uç sayısı ve ilerleme hızına bağlı olarak değişir [2].

lerleme miktarının uygun seçilmemesi, en azından yüzey kalitesini, kesiciyi ve imalat sayısı ile maliyetini etkileyecektir. lerleme miktarı dü ük seçildi inde frezeleme i lemi çok geç bitecektir. lerleme miktarı çok yüksek seçildi inde ise takım kırılabilir [28].

### **2.3.3.3. Frezelemede Tala Derinli i**

Tala derinli i, takımın i parçası içine dikey olarak aldığı yoldur. Genellikle, “a” ile gösterilir. Tala derinli inin uygun seçilmemesi i leme zamanını ve maliyeti etkilemektedir. Yeterli tala derinli inin verilmemesi durumunda, i lemi tamamlamak için birden fazla paso gerekecek ve dolayısıyla bu da daha fazla zaman kaybına neden olacaktır [28].

### **2.3.4. Frezelemede Kesme Kuvvetleri**

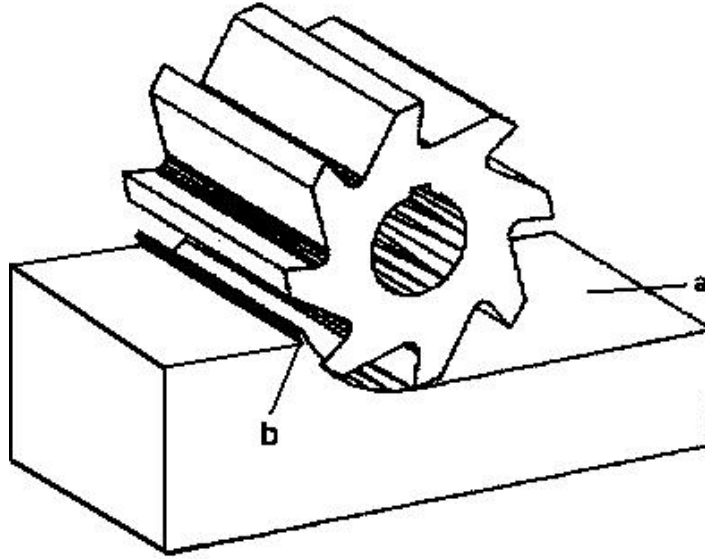
Tala kaldırma i leminde kesme olu an kuvvetlerini etkileyen faktörlerden birisi takım-tala arasındaki temas uzunluğudur. Örneğin; iki fazlı ve kesikli tala çıkaran malzemeleri i lemede, kesici takım ve tala arasında daha az temas uzunluğunun olmasından dolayı çok küçük kuvvetler meydana gelmektedir. Kesme hızının artırılması, kayma açısını artırdığı, daha ince tala oluşturdugu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım-tala arasındaki temas uzunluğunun sınırlandırılmasıyla kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisinden de etkilenmektedir. Tala açısının optimum bir değere erişmiş olması, bu değerin daha fazla artması kesici ucun dayanımını azaltacağından aınmayı artırır. Artan aınma ile birlikte bölük yüzeyi temas alanı artacağından olu an kesme kuvvetleri artacaktır. Tala lı imalatta takım tezgahlarının pek çoğu için kesme kuvveti, tala kesiti ile i lenen malzemenin özgül kesme direncinin çarpımı esasına

dayanır ve buna bağlı kesme gücü bu esasa göre belirlenir. Bu hesaplamada, tala geometrisi de büyük önem taşımaktadır [21]. Deneysel araştırmaların ortaya koyduğu sonuçlara göre, tala kaldırma sırasında asıl kesme kuvvetini etkileyen de i ik faktörler vardır. Bunların en önemlileri [26].

- 1) Kesme hızı faktörü ( $k_v$ )
- 2) Tala açısı faktörü ( $k$ )
- 3) Takım aşınma faktörü ( $k_u$ )
- 4) Takım malzemesi faktörü ( $k_o$ )'dur.

### 2.3.5. Silindirik Frezelemede Takım Geometrisi

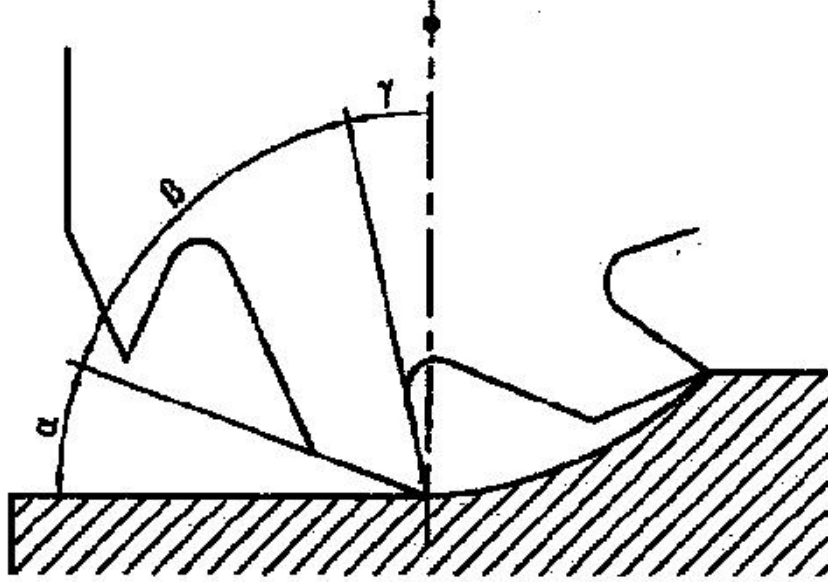
Şekil 2.7'deki gibi dönme eksenini yatay düzleme paralel konumda çalıştırılan tüm frezeleme metoduna silindirik frezeleme, takımlara da silindirik freze çakısı adı verilir. Bir tornalama takımında bulunan temel kesme açıları aynı frezeleme takımında da bulunur. Asıl olarak bir freze çakısı, bir anlamda silindirik bir blokun çevresine eşit aralıklarla yerleştirilmiş olan çok sayıda torna uçlarından ibarettir.



Şekil 2.7. Silindirik frezeleme a) Kesme yüzeyi, b) Tala açısı [26].

Şekil 2.8'de silindirik bir freze çakısındaki temel kesme açıları ifade edilmiştir. Görüldüğü üzere kesici takım,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  gibi torna kaleminde de bulunan üç temel açıya sahip olup, bu açıların toplamı  $90^\circ$  dir. Şekil 2.9'da ise, yine bir silindirik helisel freze çakısının helis açısı ( $\delta$ ) görülmektedir. Söz konusu açı değerleri işlenecek malzeme cinsine göre  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri alınır.

- Yumu ak gereçlerin i lenmesinde : = 35°  
Çelik gereçlerin i lenmesinde : = 25°  
Döküm ve bronzların i lenmesinde : = 15° [26].



ekil 2.8. Silindirik bir freze çakısında kesme açıları [26].

ekil 2.8' de görülen bir silindirik freze çakısındaki kesme açıları;

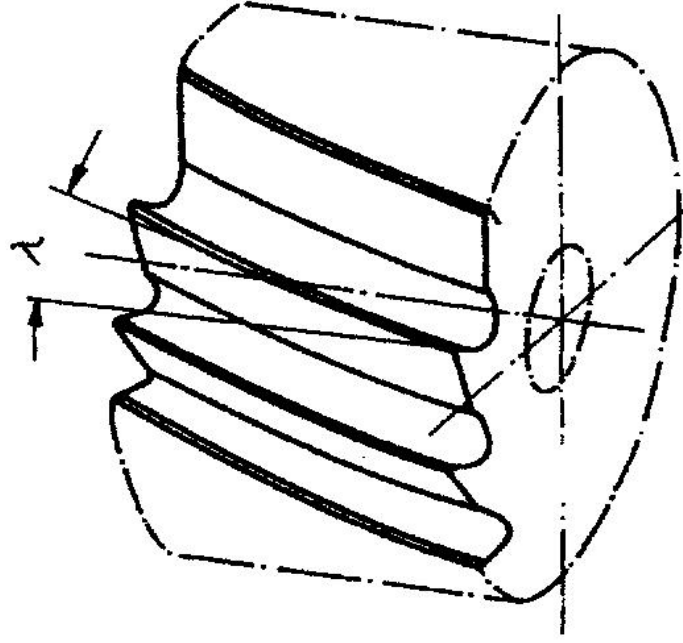
= Tala açısı,

= Taban açısı,

= Kama açısıdır.

Bu açıların toplamı,  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$  dir.

ekil 2.9' da ise silindirik bir freze çakısında helis açısı ( ) gösterilmi tir [26].



ekil 2.9. Silindirik freze çakısında helis açısı ( ) [26].

### 2.3.6. Silindirik Frezelemede Olu an Kesme Kuvvetlerinin Etüdü

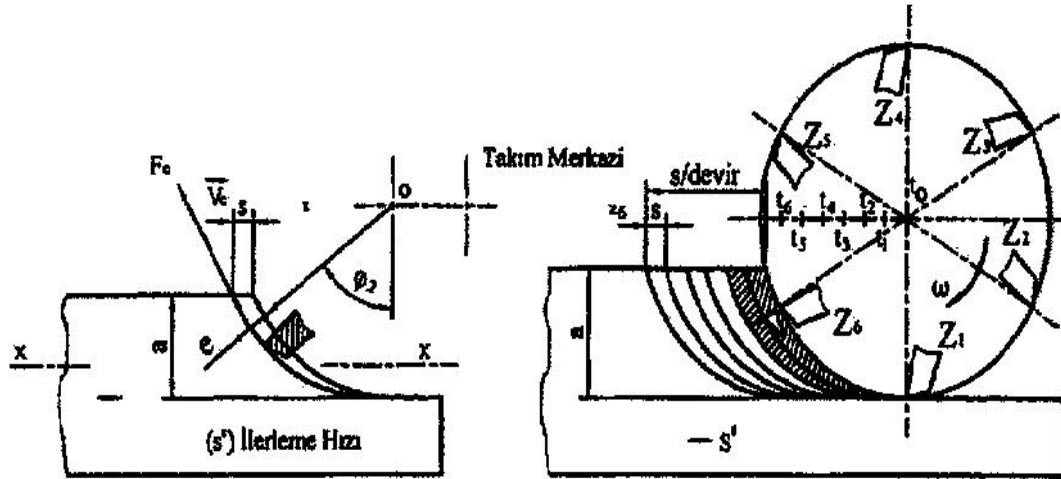
Silindirik frezelemede kesme kuvvetlerinin analizi yapılırken a a ıdaki noktaların dikkate alınması gerekir.

- 1) Bu frezeleme yönteminde elde edilen tala kesiti düzgün bir geometriye sahip de ildir. Bu sebeple, tala kesitini belirleyen önemli bir parametre olan tala kalınlı ının (h) hesaplanmasında dik frezelemede oldu u gibi ortalama tala kalınlı ının (hm) dikkate alınması zorunludur.
- 2) Frezeleme esnasında olu an kesme kuvvetleri, frezeleme yayının her noktasında de i ken olaca ı için hesaplamada ortalama kesme kuvveti esas alınır.
- 3) Helisel silindirik freze çakısıyla tala kaldırma i lemi sırasında ayrıca aksenal bir kuvvet meydana gelmektedir [26].

#### 2.3.6.1. Silindirik Frezelemede Tala Geometrisi

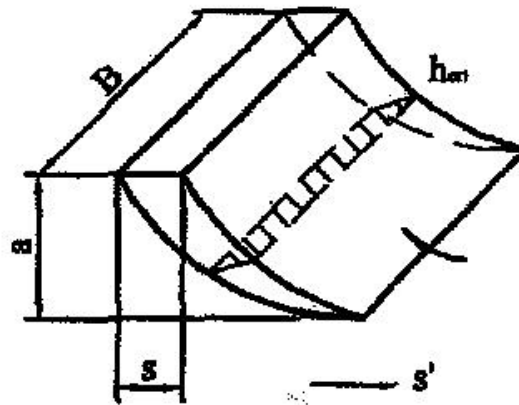
Kesme sürecinde, takım çevresindeki her bir kesici uç parça üzerinden ayrı ayrı tala kaldırarak parçayı i ler. ekil 2.10'da, 6 kesici uca sahip bir takımla gerçekle tirilen

frezeleme i leminde;  $Z_1$  kesici ucu,  $t_1$  anında 1 noktasından ba layıp artan bir kalınlıkla,  $A_1$  kesitini  $Z_2$  kesici ucu  $t_2$  anında 2 noktasından ba layıp artan bir kalınlıkla  $A_2$  kesitini olu turur. Ardı ık olarak devreye giren her kesici uç i parçası üzerinden pe pe e tala kaldırarak, takımın bir turunda  $s / \text{devir}$ ' lik bir tala kesiti meydana getirir.



ekil 2.10. Silindirik frezelemede tala kesiti [26].

Dikkat edilirse, burada tala kalınlı  $1$ , frezeleme yayı boyunca  $(2)$ , sıfırdan ba layıp giderek kalınlı makt ve takımın parçayı terk etti i noktada da en büyük de ere ula maktadır. Görüldü ü gibi tala kesitinin boyutları ve özellikle tala kalınlı  $1$  de i ken bir durum arz etmektedir. ekil 11'de elde edilen tala ın üç boyutlu görünü ü verilmi tir [26].



ekil 2.11. Tala ın üç boyutlu görünü ü [26].

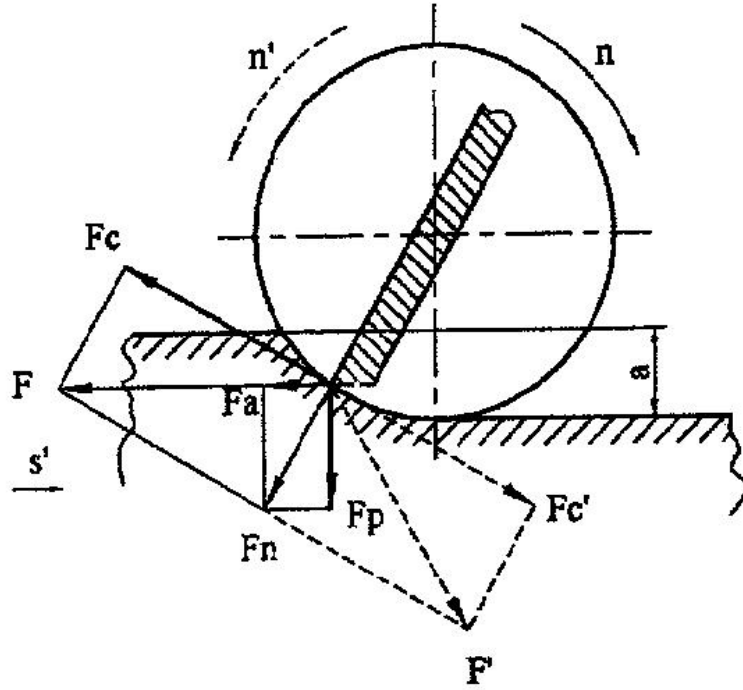
### 2.3.6.2. Kesme Kuvvetlerinin Analizi

ekil 2.12'ye göre silindirik frezelemede takım çevresinde bulunan kesici uçlar aksiyon halinde üç temel kuvvetin etkisi altındadır. Bu kuvvetler;

$F_c$  = Esas kesme kuvveti

$F_p$  = Takım kuvveti (pasif kuvvet)

$F_a$  = ilerleme kuvveti' dir [26].



ekil 2.12. Silindirik frezelemede kesme kuvvetleri [26]

Tornalamada olduğu gibi,  $F_p$  ve  $F_a$  kuvvetleri,  $F_c$  esas kesme kuvveti cinsinden tayin edilir. Buna göre,  $F_a$  ve  $F_p$  kuvvetlerinin de gerilimleri yaklaşık olarak;

Aynı yönlü frezelemede;

$F_a$  (1,1.....1,2)  $F_c$

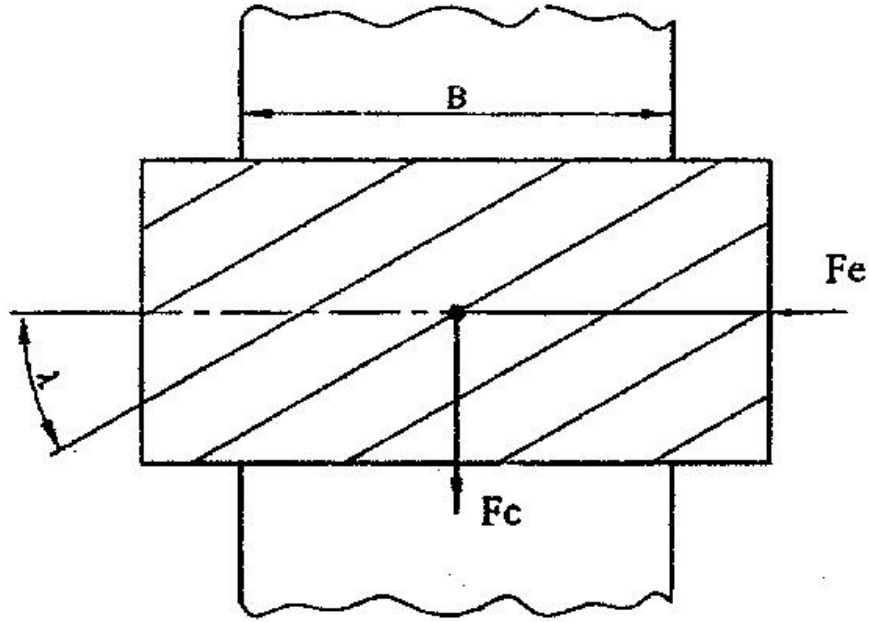
$F_p$  (0,2.....0,3)  $F_c$

Zıt yönlü frezelemede;

$F_a$  (0,8.....0,9)  $F_c$

$F_p$  (0,75.....0,8)  $F_c$  alınabilir [26].

Helisel silindirik freze çakılarıyla frezeleme işlemi yaparken bu kuvvetlere ilave olarak ekil 2.13'te görüldüğü gibi, iş mili eksenine boyunca  $F_e$  gibi aksel bir kuvvet meydana gelir. Bu kuvvetin yönü, takımın helis yönüyle dönme yönüne bağlı olarak değişir. Özellikle tezgah hız kutusu yönündeki aksel kuvvetten kaçınmak gerekir. Bunun için, sağ ve sol helise sahip iki ayrı takım yan yana kullanılırsa, zıt yönlerde oluşacak aksel kuvvetler birbirini dengeleyeceklerinden,  $F_e$  kuvvetinin oluştuğu olumsuzluklar ortadan kaldırılmış olur [26]. Ayrıca ekil 2.14'te takım ve iş parçasının birbirlerine göre konumu verilmiştir.



ekil 2.13. Helisel silindirik frezelemede aksel kuvvet [26].

$F_e$  aksel kuvveti, takım helis açısı ( $\alpha$ ) ile  $F_c$  esas kesme kuvveti cinsinden aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$F_e = F_c \cdot \tan(\alpha) \quad (N) \quad (2.3)$$

helis açısı ( $\alpha$ ), işlenecek olan malzemenin cinsine göre aşağıdaki gibi tayin edilir;

Yumuşak gereçlerin işlenmesinde  $\alpha = 35^\circ$





$$h_{ort} = [Fz / (\alpha_2 - \alpha_1)] \cdot (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \text{ 'dir.}$$

$\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2$  ifadesinin 2.2 nolu e itlikteki de eri yerine konulursa, ortalama tala kalınlı ı,

$$h_{ort} = (Fz / \alpha_2) \cdot (2a / D) \quad (2.5)$$

yazılabilir. Burada;

$\alpha_2$  = Frezeleme yayı (radyan)

$Fz$  = A ız ba ına ilerleme (mm/a ız)

$a$  = Tala derinli i (mm)

$D$  = Takım apı (mm)

oldu una gore, kesme kuvvetinin genel denklemini yazılırsa, bir a ız için esas kesme kuvveti ( $F_{cz}$ );

$$F_{cz} = K_s \cdot B \cdot h_{ort} \text{ (N)} \quad (2.6)$$

Olur.

2.4 nolu e itlikte,  $k_s$  özgül kesme kuvveti olup, tala geni li i ( $B$ ) ile ortalama tala kalınlı ının ( $h_{ort}$ ) arpımı tala kesitini verir.

$$Z_y = (\alpha_2 / 2) \cdot Z \quad (2.7)$$

Takım çevresindeki a ız sayısı ( $Z$ ) ve frezeleme yayı ( $\alpha_2$ ) ile yola çıkararak frezeleme yayı üzerindeki kesici uç sayısı ( $Z_y$ ) da hesaba katıldı ında ortalama toplam esas kesme kuvveti;

$$F_c = k_s \cdot B \cdot h_{ort} \cdot Z_y \quad \text{eklindedir.}$$

Takım gereci düzeltme faktörü ( $k_o$ );

Yüksek hız çelikleri ve sert metal uçlar için,  $k_o = 1 \sim 1,05$

Kuru artlar altında çalı an yüksek hız eli i takımlar için,  $k_o = 1,05 \sim 1,1$  aralı ında,

Tala açısı düzeltme faktörü (  $k_t$  );

$$k_t = 1 - [( \alpha - \alpha_0 ) / 66,7] \quad (2.8)$$

Burada;

$k_t$  = Efektif tala açısı

$\alpha_0$  = Tala açısı referans de eridir.

Tala açısı referans de eri (  $\alpha_0$  ),

Çelik malzemelerin i lenmesinde 6°,

Döküm ve di er malzemelerin i lenmesinde 2° alınır.

Takım a ınması düzeltme faktörü ( $k_u$ );

Yeni ve yeni bilenmi takımlar için,  $k_u = 1 \sim 1,01$

Yıpranmış veya ömrünü tamamlamış takımlar için,  $k_u = 1,3 \sim 1,5$

Ayrıca çizelge 2.1'de görülen kesme hızı faktörü ( $k_v$ ) nün;

Çizelge 2.1. Kesme hızı faktörü ( $k_v$ ) [26].

V (m/dak.)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200
$k_v$	1,25	1,20	1,15	1,11	1,08	1,05	1,02	1,01	1,00	0,99	0,97	0,96

Alındı ını göz önünde bulundurdu umuzda, bu düzeltme faktörleriyle birlikte ortalama toplam esas kesme kuvveti;

$F_c = K_s \cdot B \cdot h_{ort} \cdot ( \alpha / 2 ) \cdot Z \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_u$  ekinde yazılır [26].

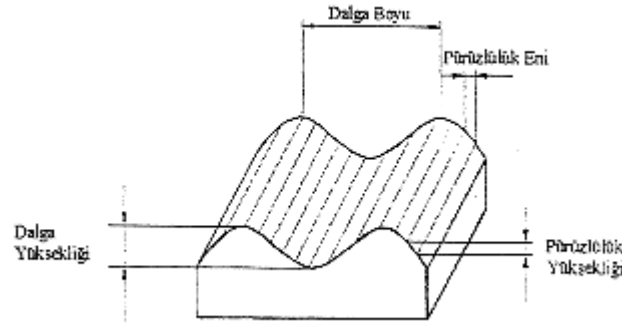
## 2.4. TALA LI MALAT LEM NDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜ Ü

Tala kaldırma i leminde, tezgaha giri lerin ve tezgaha dahil di er önemli çıkı ların da dikkate alınması gerekir. Bunlar arasında kesici takım malzemeleri, i lenecek i parçası,

tezgahın kinemati i, stabil olması ve ekonomikli i sayılabilir. Bunlara ilaveten, gerekli hassasiyet ve yüzey pürüzlülü ü son amacı belirledi inden en önemli çıkı parametresidir. Son yüzeylerin çok önemli oldu u yerde özellikle makine imalatında, bitirme i lemi tamlı mın her zaman dikkatle tasarlanması gereklidir [29].

Tala lı imalatta üretilen parçalar gözle incelendi i zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de gerçekte parça yüzeyindeki gerçek sürtünme alanı parça alanından daha az olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlü ü (Ra) gereksinimi yakla ık olarak 1,6 µm'yi geçti i durumlarda ço u zaman imalatçılar yüzey pürüzlülü ü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülü ünün çok önemli oldu u durumlarda yüzey pürüzlülü ü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standartları belirlenmi tir. Ülkemizde TS 2040 nolu yayınla yüzey kaliteleri bir standarda ba lanmı tır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemi tir [30-31].

Tala kaldırma ile i lenen yüzeylerde, dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir ( ekil 2.15). Dalgalık, yüzeyin geometrik eklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Standart yüzey pürüzlülü ü de erlendirme kriterleri, yüzeye dik olan bir kesitte belirli bir numune uzunlu u boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine e it olarak belirlenir [18].



ekil 2.15. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler [24].

#### 2.4.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemi Olduğu Durumlar

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları;

- 1) Sürtünmeli yataklar
- 2) Korozyon ortamında çalışan parçalar
- 3) Yuvarlanmalı yataklar
- 4) Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler
- 5) Sızdırmazlık yüzeyleri
- 6) Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri
- 7) Masterlar vb. [30].

#### 2.4.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

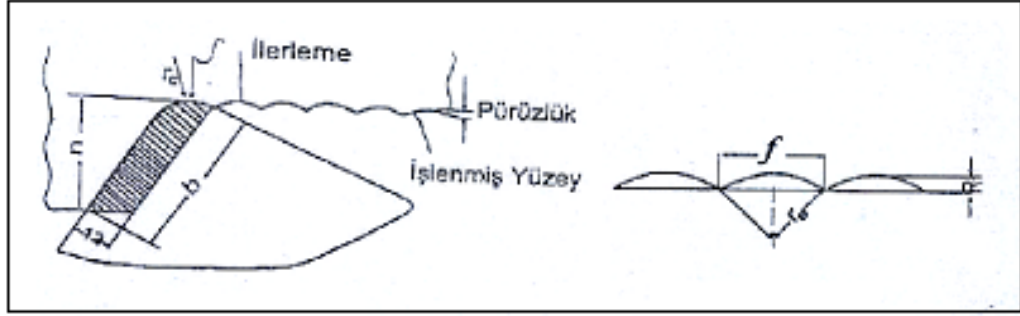
Talimatlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler şunlardır:

- 1) Takım tezgâhının rijitlik durumu
- 2) Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar
- 3) Takım tutucu rijitlik durumu
- 4) Takım aletinin etkileri
- 5) Takım geometrisi
- 6) Kesme parametreleri
- 7) Malzemenin mekanik özellikleri
- 8) Soğutma sıvısının etkileri [30].

### 2.4.3. Yüzey Pürüzlülü ünün Olu umu

deal yüzey pürüzlülü ünün olu umu ekil 2.16’da ematik olarak gösterilmektedir. Uygulamada, genellikle a a ıda tanımlanan ideal pürüzlülük artlarına ula mak mümkün de ildir. Normalde gerçek pürüzlülükte en etkili pürüzlülük tipi do al yüzey pürüzlülü üdür. Do al yüzey pürüzlülü üne sebep olan en önemli faktörlerden biri yı ntı tala olu umudur. deal yüzey pürüzlülü ü, geometrik hesaplamalarla elde edilen ve a a ıda verilen e itlikle elde edilir [32].

$$Ra = 0,064 \times f^2 / 8r \quad (2.9)$$



ekil 2.16. ilerleme ve takım uç yarı çapının yüzey pürüzlülü üne etkisi [32].

Genelde yüzey pürüzlülü ü de erleri olarak talama i lemi için  $0,05-1,6 \mu\text{m}$ , fini tormalama için  $0,1$  den  $1,0 \mu\text{m}$ , frezeleme ve kaba tormalama için ise  $1,6 \mu\text{m}$ 'den daha yüksek olan  $Ra$  de erleri kabul edilebilir [30].

### 2.4.4. Yüzey Pürüzlülü ü Ölçme Teknikleri

Çe itli ekillendirme i lemleri sonucu olu an yüzey pürüzlülük de erlerini belirlemek için farklı metotlar mevcuttur. Tala lı imalat metotlarıyla elde edilen yüzeylerin pürüzlülük de erlerinin belirlenmesinde izleyici uca sahip cihazlar kullanılır.

izleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde de erlendirme uzunlu u boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında olu an titre imlerin büyütülerek hareketli bir

erit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. izleyici ucun inceli i ölçüm esnasında do ruluk açısından önem arz etti inden genelde i ne olarak  $90^0$  uç açılı ve 4-12  $\mu\text{m}$  yarıçapa sahip i neler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [31].

Optik metot: Bir yüzey üzerine yansıtılan ı ının geli açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ı ının da ılımı optik sensörlerle ölçülerek yüzey pürüzlülü ü ölçülmektedir.

Temas metodu: Yüzey üzerinde dola tırılan bir probun sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin kar ıla tırılması esasına dayanır.

Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak en dü ük 500 g a ırlı ın yüzeyde; yüzeyin içine do ru 1 mikronluk yer de i tirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülü ü ölçme tekni idir.

Hidrolik metot: Belli e im ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde ya damlasının akı süresi ile pürüzlülük de eri arasında kurulan bir ili ki ile pürüzlülük de eri ölçülmesi esasına dayanır.

Yüzey dinamometresi metodu: ki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, parçaların pürüzlülük de erine ba lıdır. ki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

X ı ını metodu: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ı ınları ile 0,00254-0,0508  $\mu\text{m}$  arasındaki pürüzlük de erleri ölçülebilir.

Elektron mikroskobu metodu: Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına ra men ölçme boyutunun küçük tutulması zorunlulu u bu metodu sınırlamaktadır.

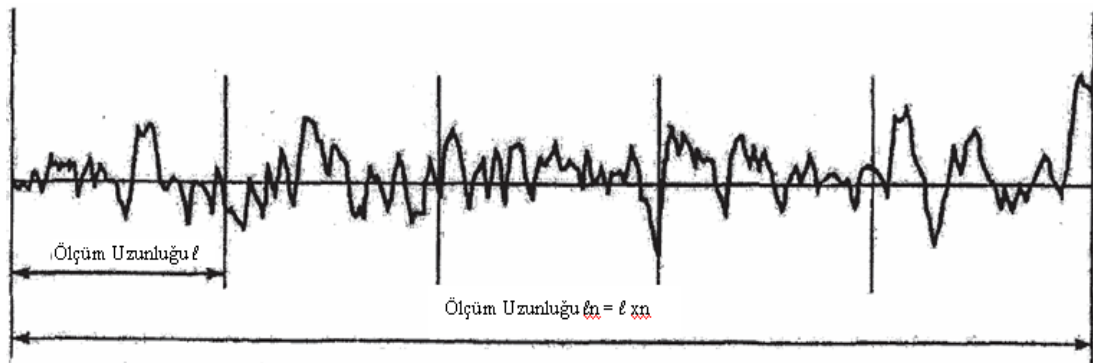
Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye eri ilemedi i durumlarda yüzeye selüloz - asetat filmi, asetonla yumu atılarak sertle ene kadar temizlenmi yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranında bilgi verir.

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlü ü ölçülecek malzeme X, Y yönünde hareket edebilen tablaya ba lanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ı n gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülü üne göre da ilan ı nlar fiber optik algılayıcılara ba lanmı foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük de eri bulunur [30].

## 2.4.5. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri

### 2.4.5.1. Örnekleme Uzunlu u Ve Örnekleme Sayısı

ekil 2.17'de l le ifade edilen örnekleme uzunlu u kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir. Profil üzerinde de erlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir araya gelmesi ile ln ile ifade edilen ölçüm uzunlu u olu ur. ln uzunlu u n 5 olmak üzere, örnekleme uzunlu u (l) ile n çarpılarak elde edilir ( $ln = l \times n$ ) [33].

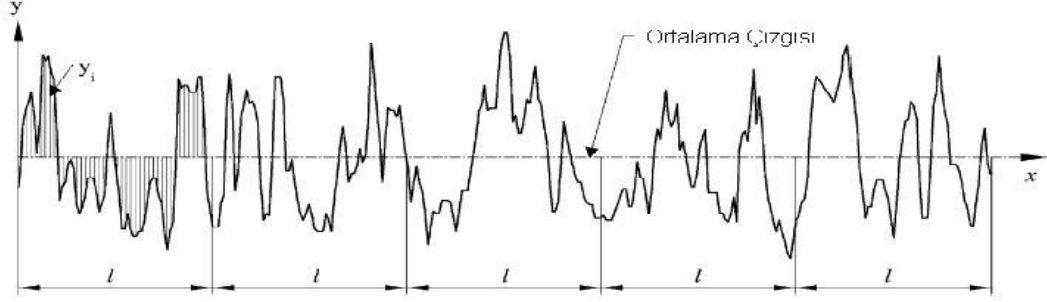


ekil 2.17. Örnekleme uzunlu u ve sayısı ile ölçüm uzunlu u [33].



### 2.4.5.2. Ortalama Çizgisi

Ölçme uzunluğunda  $u$  içinde profilin üstte ve altta kalan alanlarının eşit olduğu yerdendir [30]. Ekil 2.18’de tipik yüzey pürüzlülüğü üzerinde ortalama çizgisi gösterilmiştir.



Ekil 2.18. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi [33].

### 2.4.5.3. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü ( $R_a$ )

Ekil 2.18’de gösterildiği gibi ortalama çizgisinin altında ve üstünde oluşan mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Kalite kontrolünde dünya çapında kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlanması ve ölçmesi kolaydır. Yükseklik dağınıkları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değerler hakkında yeterli bir bilgi vermez. Matematiksel tanımlanması aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [33].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (2.10)$$

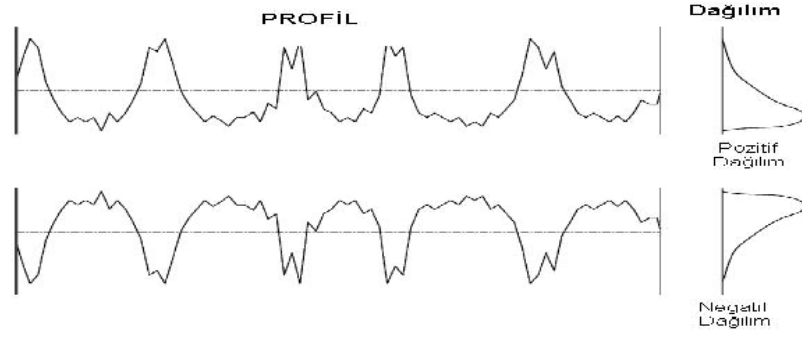
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2.11)$$

### 2.4.5.4. Genlik Dağılımı ( $R_{sk}$ )

Ekil 2.19’de gösterildiği gibi bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağınılıktır. Aynı  $R_a$  ve  $R_q$  değerine sahip profilleri ayırt etmeye yarayan bir değerdir. Matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir [33].

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{\infty} y^3 p(y) dy \quad (2.12)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} \left( \sum_{i=1}^N Y_i^3 \right) \quad (2.13)$$



ekil 2.19. Profil ve genlik da ılım e risi [33].

## BÖLÜM 3

### L TERATÜR ÇALI MASI

#### 3.1. L TERATÜR ARA TIRMASI

Bradbury ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, gelişen yüzey kaplama mühendisliği teknolojisini yüksek hız çeliği matkaplara ve tek aızlı karbür kesici takımlara başarıyla uygulamışlardır. Fakat aynı teknolojilerin çok aızlı kesici takımlara uygulanmasının ticari kalite açısından sınırlı faydalar meydana getirdiği vurgulanmıştır. Gelişen yüzey kaplama mühendisliği davranışlarının yüksek hız çeliği dairesel testere çakılarına uygulanması sırasında elde edilen sınırlı faydaların etkileri tartışılmıştır. Genelde çakı dişlerinde üretim hataları olduğu saptanmıştır. Bu hataların elektron tarama mikroskopunda (SEM) aşınma direnci ve performansla kötü etkisi olduğu bulunmasıyla çakı performansı testlerle de doğrulanmıştır. Araştırmalar sonucunda, kesici kenar geometrisi davranışının düzeltilmesi için dikkatli alt katman hazırlanabilmesinin doğru kaplamada iyileşmeler meydana getirdiği ortaya konulmuştur, gelişen yüzey kaplama teknolojisinin yararlı olması için üretim uygulamalarının iyileştirilmesi ve düzenli olmasının zorunlu olduğu vurgulanmıştır [4].

Sarwar ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, nikel esaslı alaşımların işlenebilirliğini incelemiştir. Bu alaşımların daha iyi işlenebilmesi için ilave işlemler gerektirdiği vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada, üç ana kategoriden nikel esaslı alaşım malzemesinin yüksek hız çeliği dairesel testere çakısı ile işlenmesinde, kesme koşulları iyileştirilmeye çalışılmıştır. Çok aızlı kesici takımların dişini temsil eden test çakısı parçacıklarıyla kesme karakteristikleri incelenerek simülasyon teknikleri geliştirilmiştir. Yüksek hız çeliği dairesel testere çakılarının kesme davranışlarının simülasyonu yapılmıştır. Deneylerde, Üç ana sınıftan Nikel esaslı alaşımlar olan Cupro 107, Inconel 600L ve Nimonic PK31 malzemeler kullanılmıştır,

deneyler sırasında kesme ve baskı zorlanmaları ölçülerek performans kriteri ile özgün kesme kuvvetleri (Esp) incelenmiştir. Her malzeme için seçilen kesme hızlarında tekrarlanan ilerleme miktarı ile özgün kesme kuvveti (Esp) e risinden yola çıkarak kesme ko ulları iyile tirilmeye çalış ılmış tır [34].

Lewis ve arkadaş ları yapmış oldukları çalış mada, geli en yüzey kaplama mühendisli i teknolojilerini yüksek hız çeli i ve tek noktalı karbür kesici takımlara ba arılı bir ekilde uygulamı larıdır. Çok noktalı kesici takımlara aynı teknolojilerin uygulanması sırasında ticari kalite açısından sınırlı faydalar elde edildi i vurgulanmış , ayrıca, zayıf alt tabaka yüzeyi hazırlanmasının takım açısından erken bozulmaya yol açtı ı belirtilmiştir. Hızlandırılmış ko ullarda takım çeliklerinin i lenmesi sırasında Titanyum-Nitrür kaplamalı yüksek hız çeli i dairesel testere çakılarının takım ömrü ve performansı üzerinde alt katman yüzeyi hazırlanmasının etkisi incelenmiştir. Kesme i lemi, tüm bir testere çakısının di ini temsil eden bir parçacı a, test simülasyonunun uygulanması ile de erlendirilmiştir. Temel bir alt katman yüzeyine mikro iddetle T N kaplama uygulanması ile kesme hızını artırarak parçacıklara ömür ve performans testleri yapılmış tır. Sonuç olarak, çakı ömrünün iyile tirilmesinin tamamen kaplama alt tabaka yüzeyinin ön hazırlanmasındaki dikkate ba lı oldu u ve T N kaplamalı dairesel testere çakılarında meydana gelen ömür artı nda alt katman yüzeyi hazırlanmasının yararları vurgulanmış tır. Yüzey kaplama mühendisli i ve kesici takım teknolojisi açısından ürün iyile tirilebilmesi ve uygulamanın geli tirilebilmesi için bu bulguların benzer bir sistemin geli tirilmesinde yararlı olaca ı belirtilmiştir [35].

Bradbury ve arkadaş ları yüksek hız çeli i dairesel testere çakılarının ölçü tamlı ı ve iyi bir yüzey kalitesi kombinasyonu için endüstride geni kullanıma sahip oldu unu vurgulayarak, bu ekildeki takımlar üzerinde geli en yüzey kaplama mühendisli i i lemlerinin uygulanmasının ömür karakteristikleri ve performans yükseli inin etkisini de erlendirmi lerdir. Yapılan çalış mada, kesme ko ullarının iyile tirilmesi ile farklı i parçası malzemelerinin i lenmesi sırasında takım performansı açısından olu an a nma mekanizmalarının takım ömrüne etkisinin uygunlu u incelenmiştir. Bununla birlikte geli en yüzey kaplama mühendisli i i lemlerinde farklı alt katman yüzeyleri hazırlanmasının a nma mekanizmaları ve performans üzerindeki etkisi de

incelenmiştir. Çalı malarda, bir takım çeli inin ve nikel esaslı nimonik ala ımın (340-390 Hv) yüksek hız çeli i dairesel testere çakısıyla i lenmesinde a ınma karakteristikleri ve takım performansı kar ıla tırılmıştır. Deneylede kullanılan malzemelerin kesilebilirli i zordur, çünkü malzemelerin i lenebilirlikleri zayıftır. Ayrıca yapılmı olan çalı mada, nikel esaslı bir ala ım olan Inconel ve dü ük karbonlu bir çelik (120-150 Hv) için de a ınma karakteristikleri ve performans açısından bir kar ıla tırma yapılmı tır. Deneyle sırasında bütün i leme uygulamaları için etkili olan yüzey kaplama mühendisli i ve genel bir di geometrisinin geli iminde vurgulanan do al a ınma mekanizmalarının sonuçları arasındaki farklar belirtilmiştir [36].

Henning ve Maier yaptıkları çalı mada, bakır ve alüminyum (AlMgSiPbF28) metallerin kesilmesi için, sert metal testere çakılarla HSS testere çakılarının performanslarını kar ıla tırmı lardır. Özellikle sert metal çakılarla geni parçaların kesilmesinde yüksek kesme hızlarının kullanılmasının büyük avantajlar gösterdi i vurgulanmıştır. Buna ek olarak, sert metal testere çakısının daha uzun ve daha iyi bir bitirme yüzeyi meydana getirdi i belirtilmiştir, yüksek mukavemetli alüminyum ala ımların i lenmesinde öncelikle sert metal çakıların kullanılması gerekti i ifade edilmiştir [37].

Bradbury ve Huyanan çalı malarında, yeni bin yılda kesici takım üretim miktarı yanında piyasa ihtiyaçlarına göre güvenilirlik ve performansın arttığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, makine takım tasarımındaki teknolojik geli melerin, takım kontrolü ve gözetleme sistemleri açısından yüksek hızda i lemenin kuru kesme ve zor olan i leme operasyonları için üretim a ımının iyile mesine ve kolaylaşmasına yardımcı oldu u vurgulanmıştır. Kesici takım teknolojisindeki geli melerin, yüzey kaplama mühendisli i teknolojisindeki önemli uygulamaları desteklendi i bilinmektedir. Bu çalı mada, yüksek hız çeli i dairesel testere çakılarının, T N kaplanmasıyla yüzey mühendisli i indeki zorunlu gereksinimler olan kesici takım geometrisi, alt tabaka malzemesi, kö e hazırlanması ve yüzey davranı larındaki potansiyel faydaların avantajları ele alınmıştır. Ayrıca, kesici takım teknolojisindeki güncel geli meler göz önünde bulundurularak, yapılan yüzey kaplama mühendisli i uygulamalarının kayda de er faydalar meydana getirdi i belirtilmiştir [38].

yonlama i lemini, iyonların bir vakum sistemi ile bile en yüzeyine hızla ve haricen iyon kayna ından gönderilmesi olarak açıklayan Bradbury ve arkadaş ları, gerçekte tirdikleri çalı ma için kullanılan enerjide düzensiz bir soyut kaplama tabakası olmadı mı ve soyut katmanın alt tabakada gizlendi ini belirtmi lerdir. Kesin uygulamalar için korozyona kar ı iyile tirme ko ullarında, a ınma ve yorulma dayanımında, kırılma mukavemeti ve yüzey sertli indeki artı için de iyonlama tekniklerinin yararlı oldu u vurgulanmı , Yapılan çalı mada yüksek hız çeli i dairesel testere çakısında a ınma karakteristikleri ve performans artı ı bakımından iyonlamanın etkileri de erlendirilmi tir. Deneylerde tüm bir çakıdan ayrılan kesici a ızı temsil eden parçacıklara uygulanan testler sayesinde ömür karakteristikleri ve performans de erlendirmesi için simülasyon teknikleri geli tirilmi tir. Sonuçlarda her performans ve a ınma uygulaması açısından iyonlamanın normal ko ullar altında dü ük bir etki gösterdi i ortaya konulmu tur. Fakat yüzey kaplama mühendisli inde, daha yüksek kesme hızlarında iyile meler gözlemlendi i ve bu ko ullar altındaki geli melerin daha ba arılı oldu u ifade edilmi tir [39].

Bradbury ve arkadaş ları yapmı oldukları çalı mada, nikel esaslı ala ımların i lenmesinde demir esaslı malzemelerin kesilmesi için kullanılan benzer teknikleri kullanmı lardır. Deneylerde nikel esaslı ala ımların kısıtlı olan i lenebilirli i için ilave gereksinimler oldu unu saptayarak bunları uygulamaya koymu lardır. Üç ana kategoriden nikel esaslı ala ım malzemeyi yüksek hız çeli i testere çakısıyla i lemek amacıyla kesme artlarını iyile tirmek için kesme deneyleri uygulanmı tir. Bu çalı mada göz önünde bulundurulan ana temanın, takımlardaki a ınma mekanizmaları ve elveri lilik sonuçları oldu unu belirtilmi tir. Kesme deneyleri sırasında, optimum kesme artlarının belirlenmesi için Cupro 107, Inconel 600L ve Nimonic PK31 numunelerinin i lenmesinde kesme hızı ve ilerleme miktarına ba lı olarak de erlendirmeler yapılmı , bu malzemelerin i lenmesi sırasında çakı performansında dikkate de er de i iklikler oldu u vurgulanmı tir. Bu de i ikliklerin her malzemenin i lenmesinde a ınma oranı ve baskın a ınma mekanizması bakımından benzerlik gösterdi i belirtilmi tir. Bu uygulamada takım ve malzeme maliyetinin yüksek olması bakımından, üretim mühendisli inde kullanılan dairesel testere çakılarının takım ömrünü maksimize etmek amacıyla yapılmı olan çalı manın uygunlu unun de erlendirilmesinin baskın a ınma mekanizmalarının

tanımlanması açısından önemli oldu u vurgulanmı tır. Yapılan çalı manın alt tabaka malzeme gereksinimlerini ve takım geometrisini de kapsaması durumunda yüzey kaplama mühendisli ini de ilgilendirece i belirtilmi tir [40].

Wen ve arkadaş ları makine üzerinde (yüzeyinde) sert parçaların FEA simülasyon teknikleri kullanılarak de i tirilmesinin, çalı ma yüzeyinin do rulu u açısından önemli bir problem oldu unu ve yüzey analizlerindeki do ruluk ve simülasyon performansındaki nümerik problemlerin artan sertlikteki de i imler için önem arz etti ini vurgulamı lardır. Yapılan bu çalı mada, yüzey i lenmesinde ilk (ba langıç) açı kontrolü (IAC) (initial angle control) ve a zorlanma kontrolü için (MCC) (mesh constraint control) uygun bir a kurma teknikleri olu turulmu , ayrıca yüzey a kalitesinde simülasyonlu ve simülasyonsuz farklı tekniklerin etkinliklerini de erlendirmek amacıyla meydana gelen davranı lar kar ıla tırılmı tır. Uygun metal i leme simülasyonlarının sonuçlarının, testere di lerinde çentik olu masındaki kararlılı ı iyile tirdi i gözlemlenmi tir. Bu durumda, uygun a kullanılmasının, kaliteyi iyile tirip alt yüzey sıcaklıkları ve malzemede yüklenme gerilimlerini önemli ölçüde de i tirebildi i saptanmı tır. IAC ve MCC a kurma tekniklerinin, deneylerde verdi i sonuçların ve elde edilen sonuçlardaki sapmaların birbirine uygun oldu u ifade edilmi tir. Ayrıca, do ru yüzeysel deneyler yapmak için uygun a kullanmanın önemli oldu u belirtilmi tir [41].

Kubat ve arkadaş ları yaptıkları çalı mada testerede olu an gerilmelerden dolayı, testerelelerin ses düzeninde ola an üstü bir de i im oldu unu gözlemlenmi lerdir. Testerelelerdeki güç süreklili inde iyile menin daha iyi anla ılması için yükleme (yük) da ılımının ve ses de i imi mekanizmasının detaylarının iyi bilinmesinin, uygun bir yol oldu u belirtilmi tir. Yapılan çalı mada, nümerik bir metot hazırlanarak metalik yapıda her bir nokta ve verilen ko ul için dinamik yük de erlerinin tam olarak hesaplanması amaçlanmı tır. Bu amaç do rultusunda temel bir P-matrix modeli kullanılmı olup, enerji yo unlu u ile ses da ılma gücü gözlemlenmi tir. Sonlu elemanlar metodunu kullanılarak yükleme ile ilgili de erler hesaplanmı tır. Yük da ılımı de erlerini do ru hesaplamak için, toplam yük-gerilim de erleri ve enerji da ılımı yo unlu u arasındaki ili kinin kullanıldı ı çalı mada, testere takımlarındaki

güç de i imleri, zorlanmalar ve yükleme analizleri için bu metodun uygun oldu u ifade edilmi tir [42].

Nas yapımı oldu u çalı mada, AISI 1050 çelik malzemeyi kaplanmı sementit karbür kesici takımlar kullanarak alın frezeleme i lemine tabi tutmu tur. Alın frezeleme deneyleri be farklı kesme hızında ( $V_1=60$  m/dak,  $V_2=90$  m/dak,  $V_3=120$  m/dak,  $V_4=150$  m/dak,  $V_5=180$  m/dak), üç farklı tala derinli inde ( $a_1=1$  mm,  $a_2=2$  mm,  $a_3=3$  mm) ve üç farklı ilerlemede ( $Fz_1=0,5$  mm/devir,  $Fz_2=0,1$  mm/devir,  $Fz_3=0,15$  mm/devir) so utma sıvısı kullanılmadan yapılmı tur. Alın freze çakısındaki kesici uç sayısının titre im ve yüzey pürüzlülü üne etkisini incelemek amacıyla deneylerde farklı sayılarda ( $Z_1=1$ ,  $Z_2=2$ ,  $Z_3=3$ ,  $Z_4=6$ ) kesici takımlar kullanılmı tur. Frezeleme i lemi esnasında olu an titre im ve yüzey pürüzlülük de erleri ölçülmü tür. Bu parametrelerin yüzey pürüzlülü ü ve titre im üzerindeki etkileri ara tırılmı tur. Kesici uç sayısı arttı nda yüzey pürüzlülük de erinin önemli miktarda arttı ı gözlenmi , ayrıca, titre imin de yüzey pürüzlülü ü üzerinde önemli bir etkisi oldu u görülmü tür [43].

Gezgin gerçekleştirildi i çalı mada, AISI D3 so uk i takım çeli inin CNC dik i leme merkezinde, kaplamalı karbür takımlarla i lenmesinde, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının, takım ömrü, kaldırılan tala hacmi ve yüzey pürüzlülü ü üzerindeki etkilerinin incelenmesini amaçlamı tur. Bu amaç do rultusunda yapılan deneysel çalı malar iki a amada gerçekleştirilmi tir. Birinci a amada, yüksek kesme hızlarının kullanıldı ı i lenebilirlik deneylerinde tala kaldırma parametreleri ve kesici takım uç sayısının takım ömrü ve kaldırılan tala hacmi üzerindeki etkileri ara tırılmı tur. Takım ömrü, yan kenar a nması (VB) dikkate alınarak de erlendirilmi tir. Ayrıca, elektron tarama mikroskobu (SEM) kullanılarak a nın takımların a nma davranı ları belirlenmeye çalı lmı , ikinci a amada ise ortalama yüzey pürüzlülük de erleri ( $R_a$ ) ölçülmü tür. Uygulanan deneylerde ideal kesme hızları kullanılmı tur. Deneyler sonucunda kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla takım ömrünün azaldı ı belirlenmi tir. Di er taraftan kesici uç sayısı ve ilerleme miktarının artmasıyla kaldırılan tala hacmi de artarken, yüksek kesme hızı de erlerinin seçilmesiyle bu hacim azalmı tur. SEM incelemeleri sonucunda yanak a nmasının kesici takımdaki hakim a nma tipi oldu u



görülmü tür. Yüzey pürüzlülük de erleri, kesici uç sayısı ve ilerleme miktarının artmasıyla artarken, kesme hızının önemli bir etkisi gözlenmemi tir. Yüzey pürüzlülü ü üzerinde en etkili parametreler sırasıyla kesici uç sayısı, ilerleme miktarı ve kesme hızı olmu tur [44].

Pek en, yapımı oldu u çalı mada özellikle kesme kalıplarındaki kesme çeliklerinde görülen a ız dökülmesi problemlerini en aza indirmek için, alternatif malzeme olarak seçilen Sleipner malzemesi ile DIN 1. 2379 malzeme arasındaki i lenebilirlik parametrelerini incelemi tir. Bu incelemede kuvvetölçer yardımı ile i leme esnasında malzeme üzerinde olu an kuvvetler, yüzey pürüzlülük cihazı yardımı ile i leme sonrası olu an yüzey kaliteleri ve sıcaklık ölçer ile de i leme esnasında malzemelerdeki sıcaklık de erleri ölçülmü tür. Her malzeme için sabit kesme hızında 3 farklı kesme derinli inde ve her kesme derinli i için 4 farklı ilerleme hızında toplam 12 adet deney yapılarak deney verileri bulunmu tur. Elde edilen bu verilerden anla ılmı tır ki, Sleipner daha kararlı bir yapı göstermi ve DIN 1. 2379 a göre daha iyi sonuçlar vermi tir. Böylelikle gerek kalıp üretimi esnasında gerekse kalıbın çalı ması esnasında olu abilecek olumsuz imalat artları en aza indirgenebilir sonucuna ula ılmı tır. Bu durumda kesme kalıplarının kesme i lemini yapan kesme çeliklerinin malzeme seçiminde, kalıbın üretim miktarı ve kullanım oranının dikkate alınması gerekti i vurgulanmı tır [45].

### **3.2. L TERATÜR ARA TIRMASININ DE ERLEND R LMES**

Bugüne kadar yapılan bilimsel çalı malar de erlendirildi inde, testere freze çakılarıyla metalik malzemelerin kesilmesi ile ilgili olarak özellikle yüksek hız çeli i (HSS) testere freze çakılarının kaplanması ve takım performansının de erlendirilmesi konusunda çalı malar yapıldı ı görülmektedir. Fakat kaplamalı veya sert metal testere frezelerin maliyetlerinin daha yüksek olması sebebiyle endüstride bazı imalat uygulamalarında yüksek hız çeli i (HSS) testere frezelerin kullanımı oldukça yaygındır. Bu hususlar göz önünde bulunduruldu unda literatür ara tırması neticesinde direkt olarak kaplamasız yüksek hız çeli i (HSS) testere freze çakılarıyla farklı çeliklerin i lenebilirliklerine yönelik bir çalı maya rastlanmamı tır. Bu nedenle DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 çeliklerinin testere freze çakılarıyla

inelenbilirliklerinin incelenmesinin literatürdeki bu eksikli i giderece i dü ünölmektedir.

## BÖLÜM 4

### MATERYAL VE METOT

#### 4.1. DENEY MALZEMES VE ÖZELLİKLER

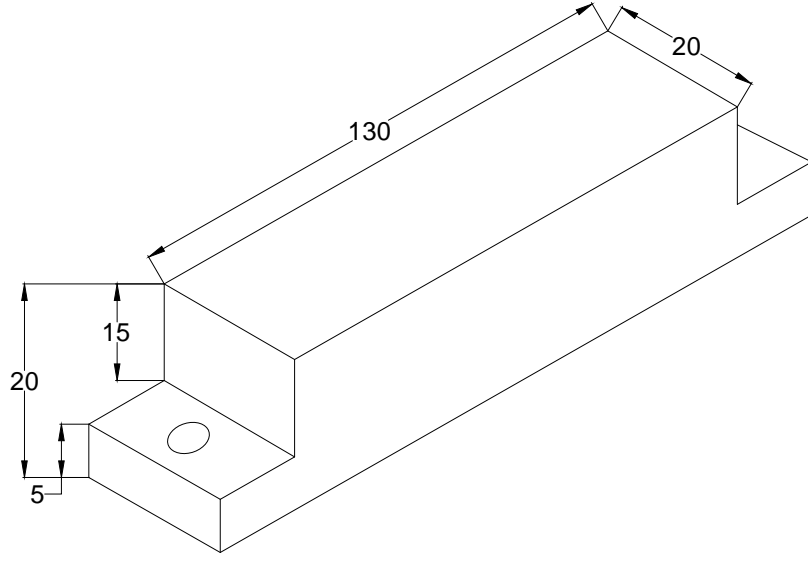
Yapılan deneysel çalışmalar için i parçası malzemesi olarak endüstride geniş kullanım alanına sahip olan DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliği seçilmiştir. Deneylerde kullanılan DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerin tedarikçi firması Bilim Çelik Kimya Sanayi tarafından verilen kimyasal bileşimleri ve Brinell cinsinden sertlik değerleri Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Deney malzemelerinin kimyasal bileşimi ve Brinell sertlik değerleri.

	Sertlik (HB)	Kimyasal bileşim % Ağırlık							
		C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	V
DIN 1.2344	213	0,405	0,31	0,021	0,002	0,87	4,90	1,25	0,89
DIN 1.2379	229	1,59	0,25	0,023	0,0006	0,33	11,34	0,72	0,74

##### 4.1.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numuneleri 20x20x130 mm boyutlarında olup malzemenin kesilen üst yüzeyi, dış yüzey tabaka sertleşmesi ihtimaline karşılık 1mm kesme derinliğinde üniversal freze tezgahında yüzey frezeleme işlemine tabi tutulmuş olup, dış yüzeylerdeki olumsuzluklar giderilmiştir. Deney numunelerinin boyutları balama kulaklarıyla birlikte şekil 4.1’de verilmiştir.




ekil 4.1. Deney numunesinin boyutları.

#### **4.2. DENEYLERDE KULLANILAN KES C TAKIM VE KESME PARAMETRELER**

DeneYlerde DIN-1837A standardına uygun Gerlinger marka yüksek hız eli i (HSS) testere freze akısı ile niversel tezgah malafa mili kullanılmı , kesici takım malafa miline yatay eksende ba lanarak bilezikler ve sıkma somunu yardımıyla sabitlenmi tir. Kesici takım ve takım tutucu özellikleri izelge 4.2’de verilmi tir.

Çizelge 4.2. Kesici takım ve takım tutucu özellikleri.

Kesici Takım				Takım Tutucu		
Çap ölçüsü (mm)	Geni lik (mm)	A ız sayısı	Delik çapı (mm)	aft çapı (mm)	aft boyu (mm)	Konik ölçüsü (Mors)
125	3	100	22	22	200	7
						

Deneylerde kullanılan kesme parametreleri, yüksek hız çeli i (HSS) testere freze çakısı için DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelere göre uygun olan 5 farklı devir sayısı ( $N_1 = 50$  dev/dak,  $N_2 = 63$  dev/dak,  $N_3 = 80$  dev/dak,  $N_4 = 100$  dev/dak,  $N_5 = 125$  dev/dak) ve 5 farklı tabla ilerleme miktarı ( $F_1 = 20$  mm/dak,  $F_2 = 40$  mm/dak,  $F_3 = 63$  mm/dak,  $F_4 = 80$  mm/dak,  $F_5 = 100$  mm/dak) ile 1mm sabit kesme derinli i seçilerek belirlenmi , seçilen tezgah tabla ilerleme hızlarına göre bulunan a ız ba ına ilerleme hızları ve seçilen devir sayılarına göre bulunan kesme hızları hesaplanan ekliyle uygulanmı tır. Bu parametrelere göre uygulanan deney planı Çizelge 4.3'te verilmi tir.

Çizelge 4.3. Belirlenen kesme parametrelerine göre uygulanan deney planı.

Malzeme	Devir sayısı “N” (dev/dak.)	Kesme hızı “V” (m/dak.)	Tabla ilerleme hızı “F” (mm/dak.)	Kesme derinliği “a” (mm)	Deney kodu
DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği	50	19,625	20	1	F445020
			40	1	F445040
			63	1	F445063
			80	1	F445080
			100	1	F4450100
	63	24,7275	20	1	F446320
			40	1	F446340
			63	1	F446363
			80	1	F446380
			100	1	F4463100
	80	31,4	20	1	F448020
			40	1	F448040
			63	1	F448063
			80	1	F448080
			100	1	F4480100
	100	39,25	20	1	F4410020
			40	1	F4410040
			63	1	F4410063
			80	1	F4410080
			100	1	F44100100
125	49,0625	20	1	F4412520	
		40	1	F4412540	
		63	1	F4412563	
		80	1	F4412580	
		100	1	F44125100	
DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliği	50	19,625	20	1	F795020
			40	1	F795040
			63	1	F795063
			80	1	F795080
			100	1	F7950100
	63	24,7275	20	1	F796320
			40	1	F796340
			63	1	F796363
			80	1	F796380
			100	1	F7963100
	80	31,4	20	1	F798020
			40	1	F798040
			63	1	F798063
			80	1	F798080
			100	1	F7980100
	100	39,25	20	1	F7910020
			40	1	F7910040
			63	1	F7910063
			80	1	F7910080
			100	1	F79100100
125	49,0625	20	1	F7912520	
		40	1	F7912540	
		63	1	F7912563	
		80	1	F7912580	
		100	1	F79125100	

### 4.3. DENEYLERDE KULLANILAN TAKIM TEZGAHI

Deneyley, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Talaşlı Üretim Anabilim Dalı, Freze Uygulama Atelyesi'nde bulunan üniversal freze tezgahında yapılmıştır. Kullanılan freze tezgahında 1000 dev/dak'ya kadar dönmeye hızı ve tabla ilerleme hızı 630 mm/dak'ya kadar çıkabilmektedir. Deneyleylerde kullanılan üniversal freze tezgahının görünümü Şekil 4.2'de verilmiştir.

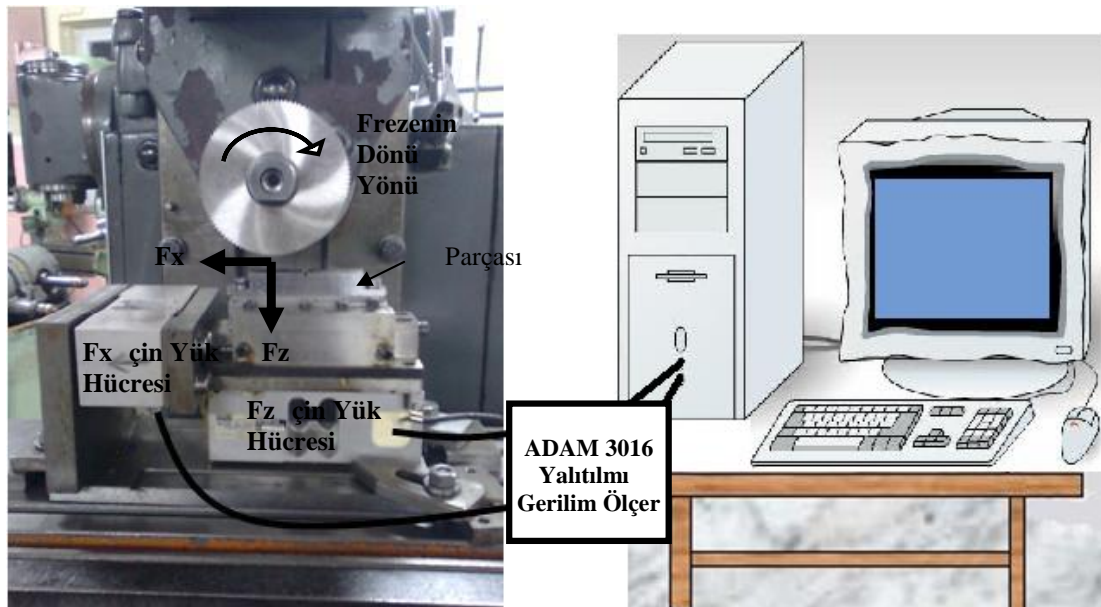


Şekil 4.2. Deneyleylerde kullanılan üniversal freze tezgahı.

### 4.4. KESME KUVVETLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

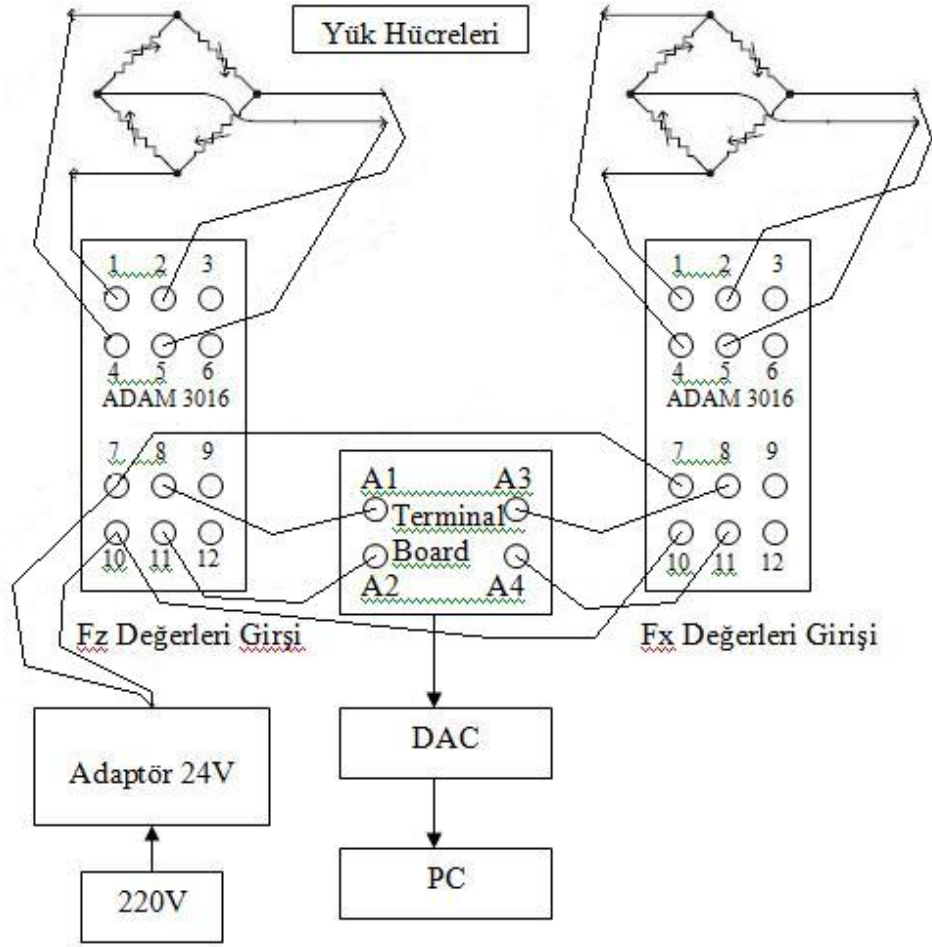
Bu çalışmada, kanal frezeleme işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetlerini belirlemek için yük hücreleri Baykon firmasına ait olan 3000 N kapasiteli bir dinamometre kullanılmıştır, bu dinamometrenin seçimi ve tezgaha bağlanması iki ayrı amaçta gerçekleştirilmiştir. İlk amaçta, üniversal freze tezgahında frezelenen iş parçasının rijit bir şekilde bağlanabilmesini sağlayan ve çevre şartlarından (manyetik

alan vb.) etkilenmeden çalı abilecek yük hücresi (Load Cell) seçimi yapılmı tır. kinci a amada ise, komparatör ve ba lama pabuçları yardımıyla deney düzene i üniversal freze tezgahının tablasına paralel ve rijit olarak ba lanmı tır. Seçim yapılırken ilk önce kesme kuvvetlerinin yönleri ( $F_z$  ve  $F_x$ ), sonra bu yönlere dik olarak yük hücrelerinin ba lantı konumları belirlenmi tir. Te etsel kuvvetin ( $F_x$ ) yük hücresine paralel ekilde ba lanan i parçasında olu an dik kuvvetten ( $F_z$ ) etkilenmeden ölçülebilmesi için, i parçasının ba landı ı parçanın tabanı ve üst kızıakla arasındaki bo luk makaralı rulmanlarla yataklanarak olu acak sürtünme kuvvetleri en aza dü ürülmeye çalı ılmı tır. Kullanılan dinamometrenin kalibrasyonu 30, 50, 100, 250, 500 ve 750 N'luk a ırlıklarla yapılmı olup, bu a ırlıkların N cinsinden aynı de erleri elektronik ortamda görülmü tür. Deneylerde kullanılan dinamometre ve deney düzene i ekil 4.3'te verilmi tir. Deney düzene inin temel çalı ma mantı ı, frezeleme i lemi esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerini yük hücrelerindeki yer de i tirmeler yardımıyla belirlemektir. Bu i lem, uygulanan kuvvetin etkisiyle i parçasının ba landı ı yük hücresinde olu an yer de i tirmelerin olu turdu u elektriksel gerilimin volt cinsinden bilgisayar ortamında ölçülmesi ile yapılmı tır. Bu ölçümün yapılması için hazırlanan veri akı eması ekil 4.4'te verilmi tir.



ekil 4.3. Deney düzene i.





ekil 4.4. Ölçülen kesme kuvvetlerinin veri akışı şeması.

#### 4.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için MAHR-Perthometer marka M1 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmış olup, bu cihazın özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Her yeni deneyin başlangıcında kanal frezeleme işlemi yapıldığı yüzeyler üzerinde gerçekleştirilen yüzey pürüzlülük değeri ölçümleri için parçası üzerinde açılan kanal doğrultusuna paralel olacak şekilde ve her yüzeyde 3 ölçüm değeri alınarak yapılmıştır. İşlem sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ölçümleri için kesme uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu 5,6 mm olarak seçilmiştir.

Çizelge 4.4. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.

<b>MODEL</b>	<b>Perthometer M1 (Mahr)</b>
Ölçme hızı	150 µm/sn
Ölçme kuvveti	0.7 mN
Uç malzemesi	Elmas
Kesme uzunlu u	0.8 mm
De erlendirme uzunlu u	1.75–5.6–12.5 mm

Ölçümlerde, yüzeydeki girinti ve çıkıntıların toplam alanlarının e it oldu u düzlemi referans kabul ederek bu düzleme göre üstte ve altta kalan alanların e it oldu u ikinci bir düzleme olan uzaklı ın ölçüldü ü ortalama yüzey pürüzlülük de eri olan “R<sub>a</sub>” ölçümü dikkate alınmı tır.

## BÖLÜM 5

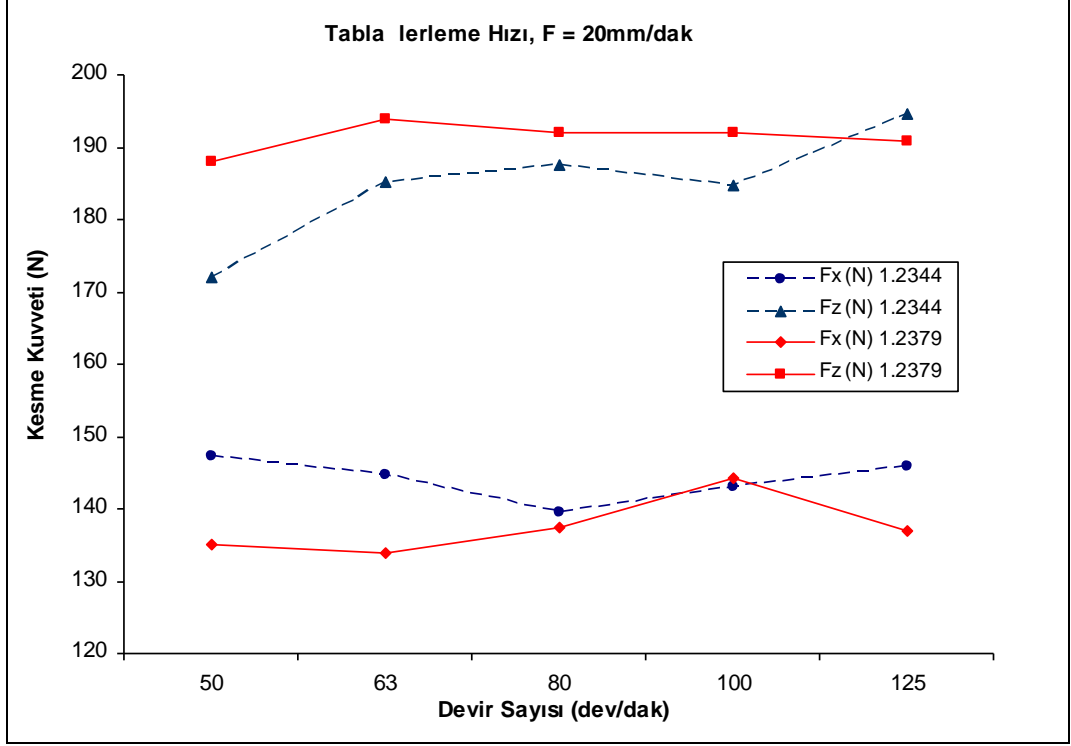
### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTI MA

#### 5.1. DEV R SAYISI VE LERLEME HIZININ KESME KUVVET NE ETK S

Yapılan alı mada, DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemeleri üzerinde sabit kesme derinli inde, be farklı devir sayısı ve be farklı ilerleme hızı kullanılarak toplam elli farklı deney gerçekle tirilmi tir. Deneyler sırasında yatay kuvvet ( $F_x$ ) ve dü ey kuvvet ( $F_z$ ) bile enleri N cinsinden ölçülmü tür. Bu ölçümler ı ı ında elde edilen veriler izelge 5.1'de sunulmu ve bu çizelgedeki veriler kullanılarak grafikler olu turulmu tur. ki farklı malzeme arasında mukayese yoluyla de erlendirme yapılmı tir.

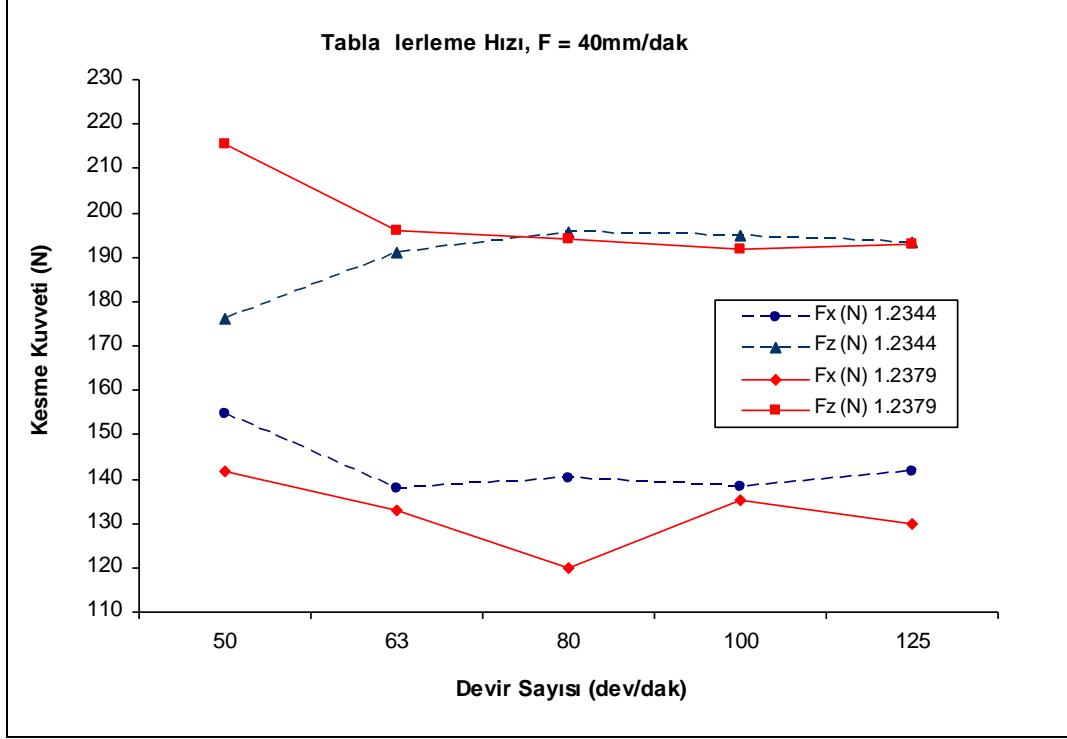
Çizelge 5.1. Devir sayısı ve ilerleme hızına ba lı olarak elde edilen kesme kuvvetleri.

Malzeme	Devir sayısı (dev/dak.)	Kesme hızı (m/dak.)	Tabla ilerleme hızı (mm/dak.)	Deney kodu	Kesme kuvveti "Fx" (N)	Kesme kuvveti "Fz" (N)
2344 Sıcak Takım Çeli i	50	19,625	20	F445020	147,2629	171,9747
			40	F445040	154,5753	176,0396
			63	F445063	148,5106	177,9761
			80	F445080	145,9682	184,5002
			100	F4450100	151,0461	189,7893
	63	24,7275	20	F446320	144,7006	185,1321
			40	F446340	137,9228	191,0542
			63	F446363	142,0013	199,3584
			80	F446380	136,8527	188,4089
			100	F4463100	134,7242	194,5484
	80	31,4	20	F448020	139,4578	187,4459
			40	F448040	140,1413	195,6358
			63	F448063	136,6823	196,5279
			80	F448080	145,079	201,6075
			100	F4480100	124,5445	196,6947
	100	39,25	20	F4410020	143,1525	184,7188
			40	F4410040	138,4313	195,031
			63	F4410063	143,7723	194,7399
			80	F4410080	136,1333	196,4507
			100	F44100100	130,49	195,148
125	49,0625	20	F4412520	145,8201	194,5732	
		40	F4412540	141,7419	193,4482	
		63	F4412563	140,1147	200,2752	
		80	F4412580	131,3137	196,4935	
		100	F44125100	117,6829	182,8202	
2379 So uk Takım Çeli i	50	19,625	20	F795020	134,9965	188,0011
			40	F795040	141,7643	215,5169
			63	F795063	162,7712	218,9326
			80	F795080	157,6677	209,7137
			100	F7950100	151,1905	211,3329
	63	24,7275	20	F796320	133,8052	193,9844
			40	F796340	133,0273	196,0953
			63	F796363	145,597	209,1788
			80	F796380	144,2544	206,6124
			100	F7963100	134,4395	215,6578
	80	31,4	20	F798020	137,3215	192,0783
			40	F798040	120,0127	193,9602
			63	F798063	128,1931	192,3269
			80	F798080	115,0559	197,4343
			100	F7980100	108,650	207,4255
	100	39,25	20	F7910020	144,2313	192,0068
			40	F7910040	135,3644	191,9528
			63	F7910063	129,6258	207,7569
			80	F7910080	138,0372	191,1405
			100	F79100100	122,487	187,174
125	49,0625	20	F7912520	136,9175	190,9052	
		40	F7912540	129,8048	192,7779	
		63	F7912563	120,8847	198,4229	
		80	F7912580	118,019	199,1601	
		100	F79125100	106,4563	195,2259	



ekil 5.1. 20 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişim.

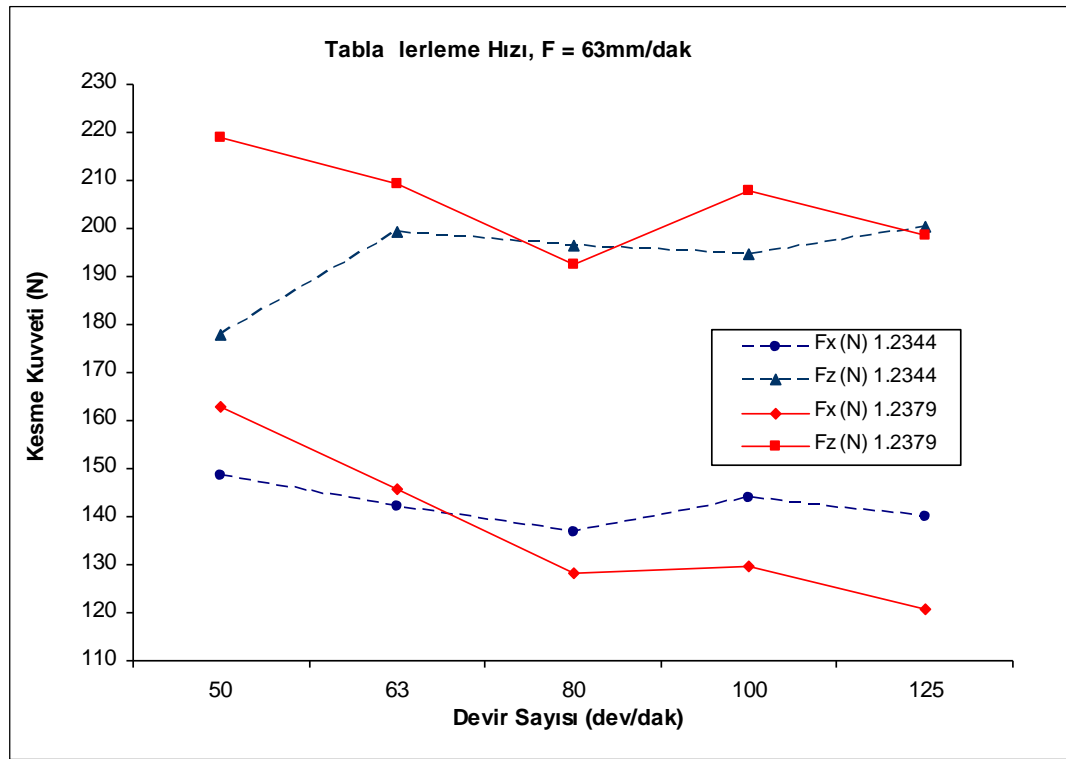
ekil 5.1'deki grafikte DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemeleri için Fx ve Fz kuvvetlerinde, birbirlerine yakın değerler olduğu, bunun yanında iki farklı malzeme için de dikey kuvvetlerin yatay kuvvetlerden yaklaşık olarak % 35 oranında daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki malzeme de 20 mm/dak tabla ilerleme hızında, devir sayısının artmasına bağlı olarak talaş kesiminin azalmasıyla birlikte kesme kuvvetlerinde azalma öngörülmüşken, Fz kuvvetinde devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktığında ortalama %4, Fx kuvvetinde ise 80 dev/dak'dan 100 dev/dak'ya çıktığında %3 oranında bir artış meydana gelmiştir. Fx kuvvetleri incelendiğinde DIN 1.2379 malzeme için en düşük kesme kuvveti 50 dev/dak'da, en yüksek kesme kuvveti ise 100 dev/dak'da kaydedilmiştir. Bununla birlikte, DIN 1.2344 malzeme de kesme kuvvetinin 50 dev/dak'da en yüksek, 80 dev/dak'da ise en düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Fz kuvvetleri incelendiğinde ise her iki malzeme için de 50 dev/dak'da en düşük kesme kuvveti değerleri elde edilirken, bu değerlerin 125 dev/dak'da en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir.



ekil 5.2. 40 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişim.

ekil 5.2'deki grafikte her iki malzeme için 40 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında, devir sayısının artmasıyla birlikte kesme kuvvetlerinde genel bir azalma meydana gelmiştir. Bunun sebebi ise tala kesitinin azalması olarak açıklanabilir. Fz kuvvetlerine bakıldığında, DIN 1.2379 malzemenin kesilmesi sırasında devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktığında en yüksek azalmanın %9 oranında kaydedildiği görülmektedir. Devir sayısı 80, 100 ve 125 dev/dak'ya ulaşıncaya kadar ise bu düşüşün azaldığı, en yüksek kesme kuvveti değerinin 50 dev/dak'da, en düşük kesme kuvveti değerinin de 100 ve 125 dev/dak'da kaydedildiği saptanmıştır. DIN 1.2344 malzeme de 80, 100 ve 125 dev/dak devir sayılarında kesme kuvvetlerinde %1 oranında azalmanın meydana gelmesinin yanında devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktığında kesme kuvvetinde %8'lik bir artış gözlenmektedir. DIN 1.2344 malzeme için en düşük kesme kuvveti değeri 50 dev/dak'da, en yüksek kesme kuvveti değeri ise, 80 dev/dak'da kaydedilmiştir. Yatay ekseninde meydana gelen kesme kuvvetleri (Fx) incelendiğinde, genel olarak her iki malzeme içinde kesme kuvvetlerinde devir sayısı 50 dev/dak'dan 125 dev/dak'ya çıkana kadar düşüşler olduğu görülmektedir. Burada, kesme kuvvetlerindeki en fazla azalmalar DIN 1.2344

malzeme için devir sayıları 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktığında %11 oranında, DIN 1.2379 malzeme için ise 63 dev/dak'dan 80 dev/dak'ya çıktığında %9,5 oranında olduğu görülmektedir. Ayrıca bu değer, DIN 1.2379 malzeme için Fx kuvvetlerinde kaydedilen en düşük kesme değeri verirken, DIN 1.2344 malzemedeki en düşük yatay kuvvet (Fx) 100 dev/dak'da elde edilmiştir. Burada, ekil 5.1'de görülen 20 mm/dak tabla ilerleme hızında elde edilen kesme kuvvetlerine göre tabla ilerleme hızının 40 mm/dak'ya çıkmasıyla birlikte kaldırılmaya çalışılan tala kesitinin artmasıyla kesme kuvvetlerinin başlangıç değerlerinde artışı olduğu görülmektedir.

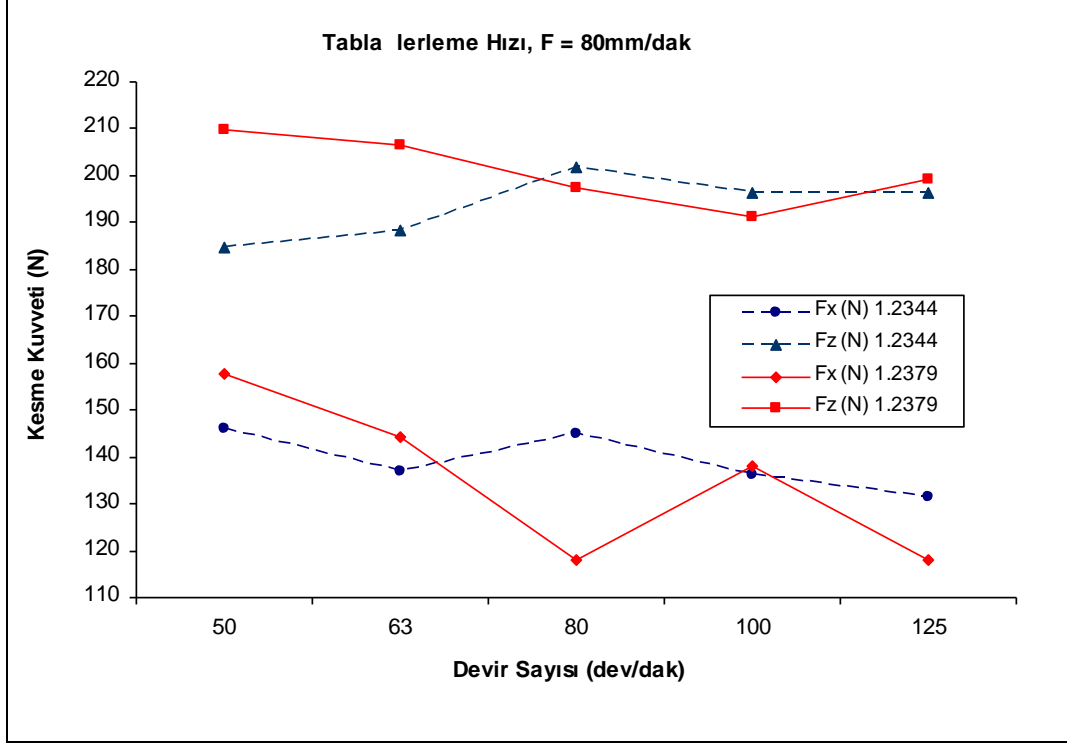


ekil 5.3. 63 mm/dak. sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişimi.

ekildeki grafiğe bakıldığında her iki malzeme için yine dikey yöndeki kesme kuvvetlerinin (Fz) yatay yöndeki kesme kuvvetlerinden (Fx) daha yüksek olduğu görülmektedir. Dikey yöndeki kesme kuvvetleri (Fz) incelendiğinde, DIN 1.2379 malzeme için 63 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında devir sayısındaki artışa bağlı olarak kesilen tala kesitinin azalmasıyla birlikte düşüldüğü, en yüksek düşüşün 63 dev/dak'dan 80 dev/dak'ya çıktığında %8 oranında olduğu görülmektedir.

Bunun yanında devir sayısı 80 dev/dak'dan 100 dev/dak'ya çıktığında kesme kuvvetinde %8'lik ani bir artış meydana gelmiştir. En yüksek kesme kuvveti de eri 50 dev/dak'da kaydedilirken, en düşük kesme kuvveti ise 80 dev/dak'da kaydedilmiştir. Yine dikey yönde oluşan kesme kuvvetlerine bakıldığında, DIN 1.2344 malzemenin kesilmesi esnasında devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktığında Fz kuvvetinin %11 gibi bir oranda arttığı, 80 ve 100 dev/dak'da ise %2 gibi bir azalma olduğu görülmektedir. Burada, en yüksek kesme kuvveti de eri 63 dev/dak'da, en düşük kesme kuvveti ise 100 dev/dak'da kaydedilmiştir. 63 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında oluşan Fz kuvvetlerinin, ekil 5.1'deki 20 mm/dak ve ekil 5.2'deki 40 mm/dak tabla ilerleme hızlarında görülen değerlere göre tala kesitinin artmasıyla birlikte daha yüksek olduğu söylenebilir. Yatay yönde kaydedilen Fx değerleri incelendiğinde, her iki malzeme için kesme kuvveti değerlerinin devir sayısının artmasına bağlı olarak dümece ilimi gösterdiği, yalnız devir sayısı 80 dev/dak'dan 100 dev/dak'ya çıktığında DIN 1.2344 malzeme için %5 oranında ve DIN 1.2379 için ise %1 oranında artış olduğu görülmektedir. Burada, her iki malzeme içinde, 63 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya ve 80 dev/dak'ya çıktığında Fx kuvvetlerinde en yüksek değerlerin olduğu görülmektedir. Ayrıca Fx kuvvetlerinin en düşük değerleri DIN 1.2379 malzeme için 125 dev/dak'da, DIN 1.2344 malzeme için birbirine yakın değerler gösteren 80 dev/dak ve 125 dev/dak'da kaydedilmiştir. İkinci malzemedeki en yüksek Fx kuvvetlerinin 50 dev/dak'da olduğu görülmektedir.

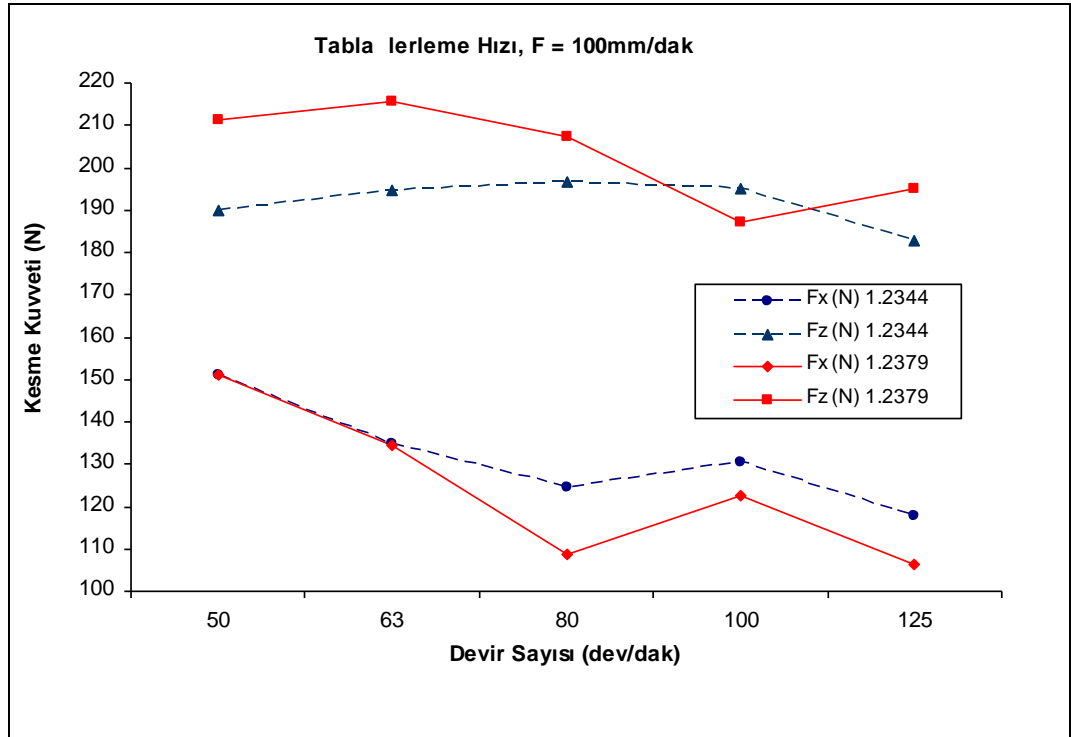




ekil 5.4. 80 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişim.

ekil 5.4'e bakıldığında yatay ve dikey yönlerde elde edilen kesme kuvvetlerinin her iki malzeme için birbirlerine yakın değerler gösterdiği ve bu kuvvetlerin 80 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında devir sayılarındaki artışa bağlı olarak düşme eğiliminde oldukları anlaşılmaktadır. Dikey yöndeki Fz kuvvetleri incelendiğinde, DIN 1.2379 malzemeden tala kaldırılması esnasında devir sayısı 50 dev/dak'dan 63, 80 ve 100 dev/dak'ya ulaşana kadar %8 gibi sürekli bir düşüş olduğu, bunun yanı sıra 100 dev/dak'dan 125 dev/dak'ya çıkıldığında ise kesme kuvvetinde %9 gibi bir artışa andığı gözlemlenmektedir. Böylece, DIN 1.2379 malzeme için Fz kuvvetlerine bakıldığında en yüksek değerlerin 50 dev/dak'da, en düşük değerlerin ise 100 dev/dak'da kaydedildiği görülmektedir. Yine Fz kuvvetleri incelenirse, DIN 1.2344 malzemenin kesilmesi sırasında devir sayısı 80 dev/dak'dan 100 ve 125 dev/dak'ya ulaşana kadar kesme kuvvetlerinde %2,5 oranında bir azalma meydana gelmiş, 50 dev/dak'dan 63 ve 80 dev/dak'ya çıkıldığında ise beklenmeyen bir artış olduğu görülmüştür. Yine DIN 1.2344 malzemedeki en yüksek Fz değeri 80 dev/dak'da, en düşük Fz değeri ise 50 dev/dak'da kaydedilmiştir. Yatay yönde (Fx) oluşan kesme kuvvetlerine bakılacak olursa, her iki malzeme için de, en yüksek kesme kuvvetlerinin 50 dev/dak,

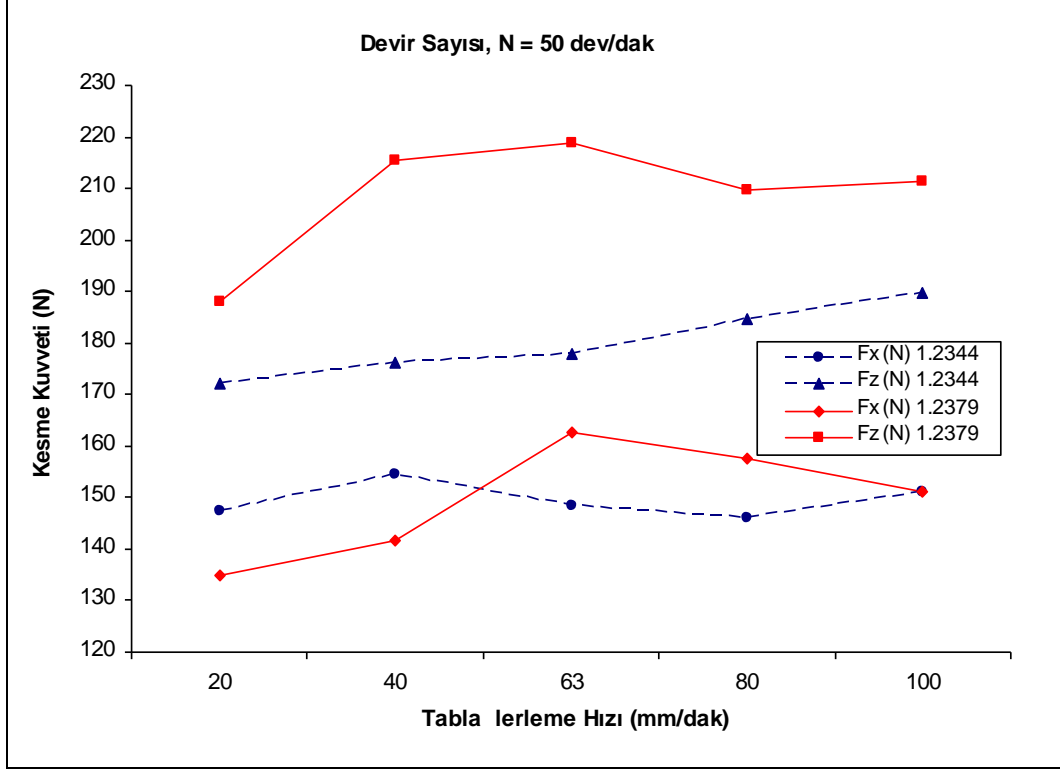
en düşük kesme kuvvetlerinin ise 125 dev/dak. devir sayılarında elde edildiği görülmektedir. Burada, kesme kuvvetlerinin genel bir düşme eğilimi göstermesi 80 mm/dak. sabit tabla ilerleme hızında, devir sayılarındaki artışa bağlı olarak tala kesitinin azalmasıyla birlikte beklenen bir durumdur. Yalnız, DIN 1.2344 malzemede 63 dev/dak'dan 80 dev/dak'ya, DIN 1.2379 malzemede de 80 dev/dak'dan 100 dev/dak'ya çıkıldığında görülen artışlar önceki ekillerde kaydedilen artışlara benzerlik göstermektedir.



ekil 5.5. 100 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişim.

100 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen kesme kuvvetlerinin görüldüğü ekil 5.5'te, her iki malzeme için de birbirlerine yakın değerler elde edildiği ve düşey yöndeki kesme kuvvetlerinin (Fz), yatay yöndeki kesme kuvvetlerine (Fx) göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Fz kuvvetleri incelenirse, her iki malzemede de başlangıçta bir yükseliş oldu fakat, daha sonra DIN 1.2379 malzeme için 100 dev/dak'da, DIN 1.2344 malzeme için ise 125 dev/dak'da en düşük değerlerin kaydedildiği görülmektedir. DIN 1.2379 malzeme için en fazla azalmanın devir sayısı 80 dev/dak'dan 100 dev/dak'ya

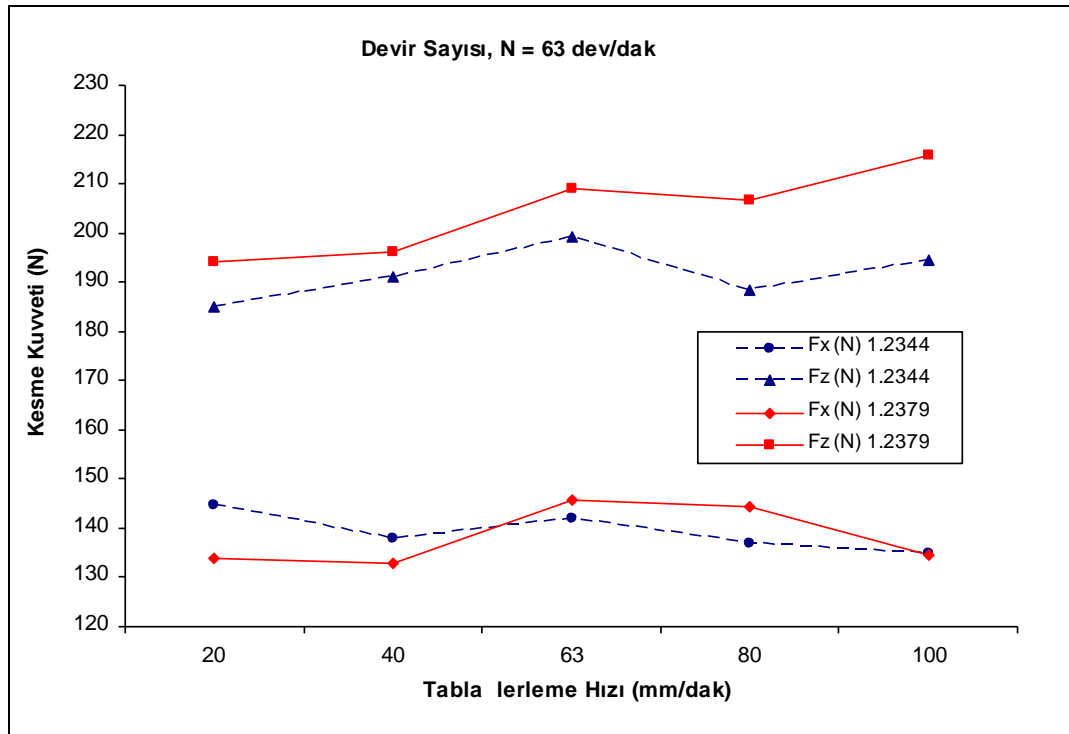
çıkıtı ında %9,5 oranında, DIN 1.2344 malzeme için ise 100 dev/dak'dan 125 dev/dak devir sayılarına çıkıldı ında %6,5 oranında olu tu u görölmektedir. Ayrıca Fz kuvvetlerinin geneline bakıldı ında kesme sırasında DIN 1.2379 malzemenin DIN 1.2344 malzemeye göre 100 dev/dak devir sayısı dı ında daha yüksek kesme kuvvetleri olu turdu u saptanmı tır. Yatay yönde elde edilen Fx kuvvetleri incelendi inde her iki malzemeye de 100 mm/dak tabla ilerleme hızı uygulanarak farklı devir sayılarında tala kaldırılması esnasında kesme kuvvetlerinde benzer azalmaların meydana geldi i tespit edilmi tir. Burada, devir sayısı 50 dev/dak'dan, 63 ve 80 dev/dak'ya çıkıtı ında DIN 1.2379 malzemede %8 oranında, DIN 1.2344 malzemede de %18 oranında kesme kuvvetleri azalmı tır. Yine devir sayısı 100 dev/dak'dan 125 dev/dak'ya çıkıtı ında kesme kuvvetlerinde DIN 1.2379 malzemede %6, DIN 1.2344 malzemede ise %10 gibi azalmalar ya anmı tır. Yine daha önceki grafiklerde görölenlere benzer ekilde devir sayısı 80'den 100 dev/dak'ya çıkıtı ında ortalama %9 gibi bir artı görölmü tür. Buna ra men, her iki malzemenin Fx kuvvetlerinde de en yüksek de erler 50 dev/dak'da, en dü ük de erler ise 125 dev/dak'da kaydedilmi tir. DIN 1.2379 malzeme için Fx kuvvetlerindeki en fazla dü ü , devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya ula tı ında %19, DIN 1.2344 malzeme için ise, 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya ula ıldı ında %11 oranında meydana gelmi tir.



ekil 5.6. 50 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişimi.

ekil 5.6'daki grafikte, 50 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen kesme kuvvetlerine bakıldığında her iki malzeme için de, dikey yöndeki Fz kuvvetlerinin, yatay yöndeki Fx kuvvetlerine göre daha yüksek değerler olduğu görülmektedir. Burada, Fz kuvvetleri incelenecek olursa, DIN 2379 malzemenin tala kaldırılması esnasında meydana gelen kesme kuvveti değerlerinin tabla ilerleme hızı 20 mm/dak'dan, 40 mm/dak'ya çıktığında tala kesiminin artmasıyla birlikte %14 oranında en yüksek artış değerini gösterdiği görülmektedir. Bunun yanında tabla ilerleme hızı 40 mm/dak'dan 63 mm/dak'ya çıktığında %1,3 ve 80 mm/dak'dan 100 mm/dak'ya çıktığında da elde edilen kesme kuvvetlerinde %1 gibi oldukça düşük kaydedilmiştir. DIN 1.2344 malzemesinde de yine benzer şekilde tabla ilerleme hızının artmasıyla birlikte kesme kuvvetlerinde genel bir artış eğilimi görülmektedir. Tabla ilerleme hızının 63 mm/dak'dan 80 mm/dak'ya çıktığında tala kaldırma işlemi sırasında DIN 1.2379 malzemenin Fz kuvvet değerinde beklenmeyen %4 oranında azalma görülürken, aynı parametrelerin uygulandığı DIN 1.2344 malzemesinde ise Fz kuvvetinde %4 gibi en yüksek artış meydana gelmiştir. Fz kuvvetlerinde en düşük kesme kuvveti her iki malzeme için de 20 mm/dak tabla

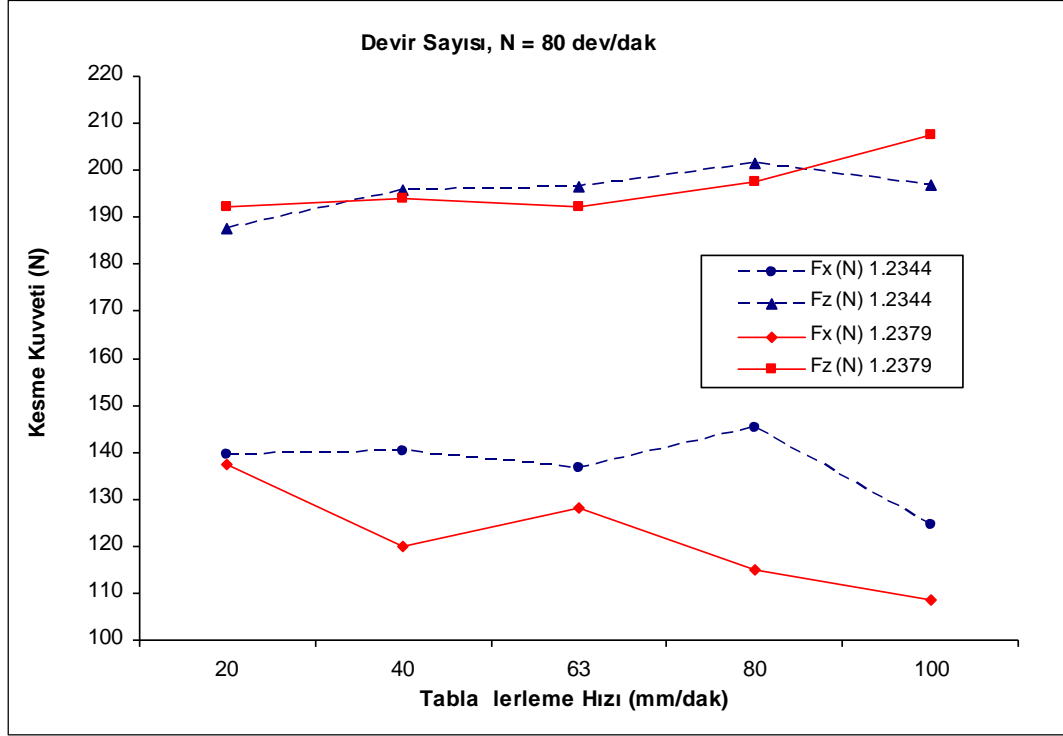
ilerleme hızında ölçülürken, en yüksek Fz de eri ise DIN 1.2379 malzeme için 63 mm/dak, DIN 1.2344 malzeme için ise 100 mm/dak tabla ilerleme hızında kaydedilmi tir. Yine ekil 5.6'daki grafik incelendi inde, her iki malzeme için de, tabla ilerleme hızı 20 mm/dak'dan 40 mm/dak'ya çıktı ında Fx kuvvetlerinde DIN 1.2379 malzemede %5, DIN 1.2344'te ise %4,7 oranında artı lar oldu u, bu artı ın DIN 1.2379 malzeme için tabla ilerleme hızı 63 mm/dak'ya çıktı ında %15 gibi bir oran ile en yüksek seviyeye ula tı ı görülmektedir. DIN 1.2379 malzemenin Fz kuvvetinde oldu u gibi tabla ilerleme hızı 63 mm/dak'dan 80 mm/dak'ya çıktı ında her iki malzemenin Fx kuvvetlerinde %2'lik bir öngörülme azalma meydana gelmi tir. Burada en dü ük Fx de erleri her iki malzeme için de, 20 mm/dak tabla ilerleme hızında kaydedilirken, en yüksek de erler ise DIN 1.2379 malzeme için 63 mm/dak, DIN 1.2344 malzeme için 40 ve daha sonra 100 mm/dak tabla ilerleme hızlarında ölçülmü tür.



ekil 5.7. 63 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im.

Yukarıdaki ekilde gösterilen grafi e bakıldı ında, 63 dev/dak devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre yatay ve dü ey yönde elde edilen kesme kuvvetlerinin

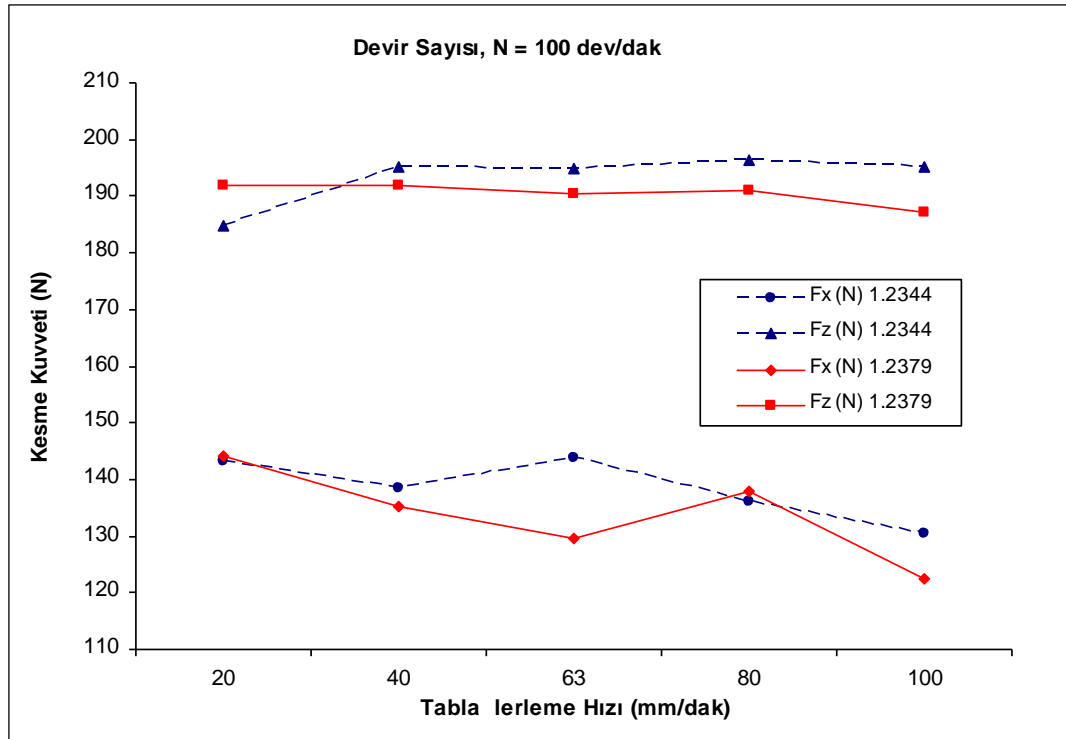
her iki malzeme için de birbirlerine yakın değerler olduğu görülmektedir. Dikey yöndeki Fz kuvvetleri incelendiğinde, her iki malzemeden de tala kaldırılması esnasında artan tabla ilerleme hızlarına bağlı olarak tala kesitinin de artmasıyla birlikte genel bir yükseliş eğilimi olmuştur. Bunun yanında, tabla ilerleme hızı 63 mm/dak'dan 80 mm/dak'ya çıktığında ise DIN 1.2379 malzeme %1,5 oranında, DIN 1.2344 malzeme ise %5,5 oranında beklenmeyen bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Burada, Fz kuvvetlerinin en düşük değerleri DIN 1.2379 ve DIN 1.2344 malzemelerinde 20 mm/dak tabla ilerleme hızında kaydedilmiştir. Giderek artış gösteren Fz kuvvetlerinin en yüksek değerlerinin DIN 1.2379 malzeme için 100 mm/dak tabla ilerleme hızında, DIN 1.2344 malzeme için ise 63 mm/dak tabla ilerleme hızında meydana geldiği görülmektedir. Dikey yönde oluşan Fx kuvvet değerlerine bakıldığında iki malzemenin de tala kaldırma işlemi sırasında birbirine yakın değerler olduğu, 100 mm/dak tabla ilerleme hızında bu değerlerin hemen hemen aynı olduğu saptanmıştır. Ayrıca tabla ilerleme hızı 40 mm/dak'dan 63 mm/dak'ya çıktığında DIN 1.2379 malzeme %9 ve DIN 1.2344 malzemelerinin Fx kuvvetinde ise %2,9 gibi bir artış gözlemlenmiştir, diğer noktalarda ise azalmalar olduğu kaydedilmiştir. DIN 1.2379 malzeme için yatay yöndeki en düşük kesme kuvveti değerleri 20 mm/dak ve 40 mm/dak tabla ilerleme hızlarında, en yüksek Fx değerleri de 63 mm/dak ve 80 mm/dak tabla ilerleme hızlarında ölçülmüştür. DIN 1.2344 malzeme için ise, en düşük Fx değeri 100 mm/dak, en yüksek Fx değeri de 20 mm/dak hızlarında kaydedilmiştir. Fx kuvvet değerlerinin her iki malzeme de genel olarak aynı seviyelerde olduğu, başlangıç (20 mm/dak tabla ilerleme hızı) ve bitiş (100 mm/dak tabla ilerleme hızı) değerlerinin birbirlerine oldukça yakın ölçüldüğü tespit edilmiştir.



ekil 5.8. 80 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki değişim.

ekil 5.8'deki grafikte, 80 dev/dak sabit devir sayısında tabla ilerleme hızlarının artmasıyla birlikte DIN 1.2379 ve DIN 1.2344 malzemelerinden elde edilen Fz kuvvet değerlerinin genel bir artış gösterdiği ve bu artışın DIN 1.2379 için 100 mm/dak'da %5, DIN 1.2344 için ise 80 mm/dak'da %2,5 oranında en yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Her iki malzemenin de tala kaldırılması esnasında hemen hemen birbirlerine yakın değerler kaydedilen Fz kuvvetlerindeki en düşük değerlerin 20 mm/dak tabla ilerleme hızında ölçüldüğü tespit edilmiştir. Tabla ilerleme hızının artmasına bağlı olarak kaldırılan tala kesitindeki artışla birlikte yükseliş gösteren Fz kuvvetlerinin DIN 1.2379 malzeme için 100 mm/dak, DIN 1.2344 malzeme için de, 80 mm/dak tabla ilerleme hızlarında en yüksek seviyelerde oluştuğu görülmektedir. Burada, her iki malzeme için de, dikey yöndeki Fz kuvvetlerinin, yatay yöndeki Fx kuvvetlerine göre daha yüksek değerler meydana getirdiği tespit edilmiştir. Fx kuvvetleri incelendiğinde, başlangıçta 20 mm/dak tabla ilerleme hızında DIN 1.2379 ve DIN 1.2344 malzemeleri için birbirine yakın değerler elde edildiği görülmektedir. DIN 1.2379 malzemenin tala kaldırılması sırasında tabla ilerleme hızı 20 mm/dak'dan 40 mm/dak'ya, 63 mm/dak'dan 80 ve

daha sonra 100 mm/ dak'ya çıktı ında ve DIN 1.2344 malzemede ise 40 mm/dak'dan 63 mm/dak'ya ve 80 mm/dak'dan 100 mm/ dak'ya çıktı ında beklenmeyen azalmalar gözlenmi tir. Bunun yanı sıra DIN 1.2379 malzeme için kaydedilen Fx de erlerinin, tabla ilerleme hızı 40 mm/dak'dan 63 mm/dak'ya çıktı ında %6,6 oranında ve DIN 1.2344 malzeme için ise, tabla ilerleme hızı 20 mm/dak'dan 40 mm/dak'ya çıktı ında %0,4 ve 63 mm/dak'dan da 80 mm/dak'ya çıktı ında da %6,6 oranında artı lar gözlenmi tir. Ayrıca burada, ba langıçta birbirlerine yakın iken DIN 1.2344 malzemede olu an Fx de erlerinin DIN 1.2379 malzemede olu an Fx de erlerine göre daha yüksek de erlerde kaydedildi i görölmektedir.

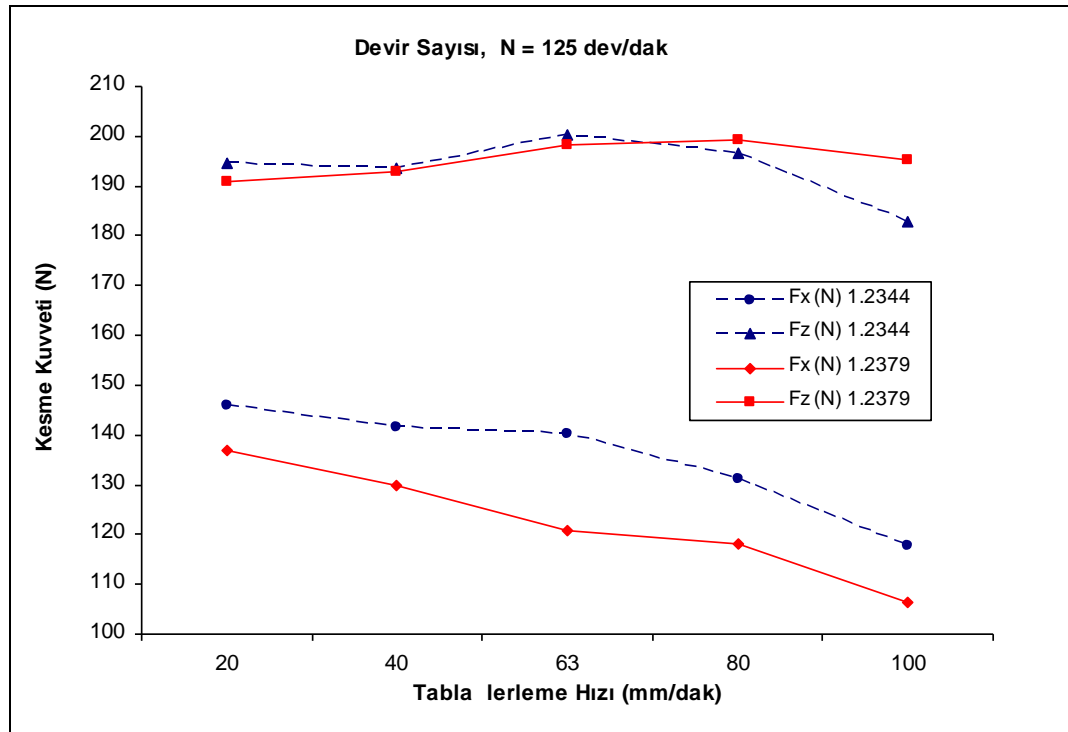


ekil 5.9. 100 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de ği ğ im.

ekil 5.9'daki grafikte, elde edilen Fz kesme kuvveti de erlerinin birbirlerine yakın olu tu u, ayrıca kaydedilen Fx de erlerine göre daha yüksek seviyelerde ölçüldü ü görölmektedir. Dü ey yöndeki bu Fz de erleri incelendi inde, DIN 1.2344 malzeme için genel bir artı e ilimi tespit edilmi , küçük miktarlarda olu an bu artı lar, tabla ilerleme hızı 63 mm/dak'dan 80 mm/dak'ya ula tı ında DIN 1.2344 malzeme için



%0,9 ile en yüksek Fz kuvveti de erini vermi tir. Yine benzer ekilde DIN 1.2379 malzemenin kesilmesi sırasında Fz kuvvetlerinde küçük bir miktarda artı ve azalmalar meydana gelmi tir. DIN 1.2379 malzeme için dü ey yöndeki en dü ük kesme kuvveti de eri (Fz) tabla ilerleme hızı 100 mm/dak'da iken, en yüksek de erler ise 20 mm/dak ve 40 mm/dak'da kaydedilmi tir. DIN 1.2344 malzemenin tala kaldırılmasında olu an dü ey yöndeki Fz kuvvetlerinin en dü ük de eri 20 mm/dak'da olu urken, en yüksek de erlerinin ise 80 mm/dak ve 100 mm/dak tabla ilerleme hızlarında olu tu u tespit edilmi tir. Ba langıçta 20 mm/dak tabla ilerleme hızında çok yakın yatay kuvvetlerin (Fx) olu tu u görülen DIN 1.2379 ve DIN 1.2344 malzemelerden tala kaldırılmasında daha sonra Fx kuvvetlerinde azalma ve artı lar meydana gelmi tir. Her ikisinde de en dü ük Fx kuvvetlerinin 100 mm/dak tabla ilerleme hızında ölçüldü ü malzemelerden DIN 1.2379 için Fx kuvveti de eri tabla ilerleme hızı 63 mm/dak'dan 80 mm/dak'ya çıktı nda, DIN 1.2344 için ise 40 mm/dak'dan 63 mm/dak'ya çıktı nda kaydedilmi tir. Burada, yine yatay yönde elde edilen Fx kuvvet de erlerinin iki malzeme için de yakın de erlerde olu tu u görülmektedir.



ekil 5.10. 125 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerinin kesme kuvvetlerindeki de i im.

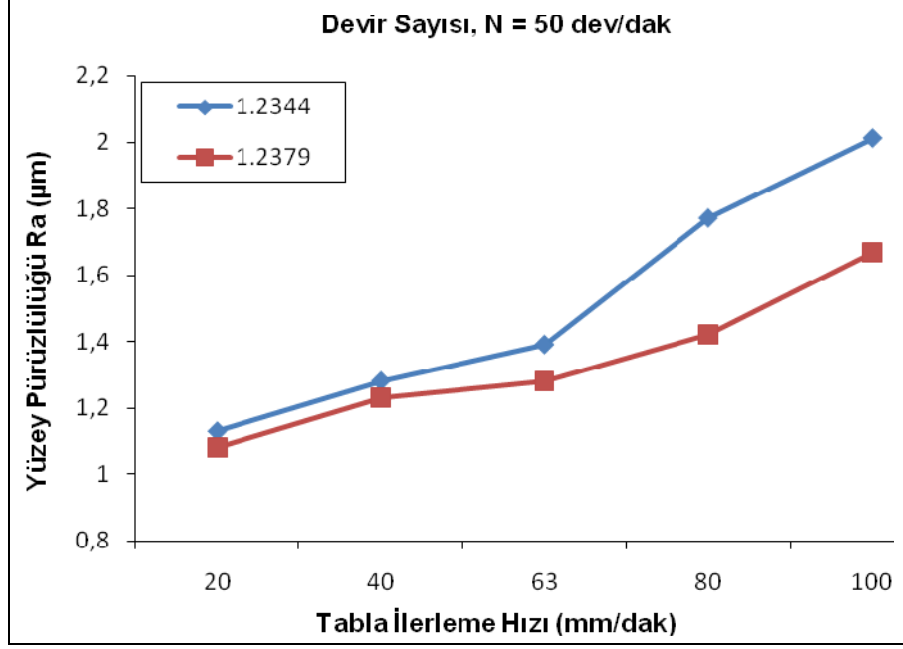
ekil 5.10'daki grafikte, DIN 1.2379 ve DIN 1.2344 malzemelerden 125 dev/dak sabit devir sayısı ve farklı ilerleme hızlarında tala kaldırılması sırasında elde yatay ve düey yöndeki kesme kuvvetleri görülmektedir. Burada, her iki malzeme için de, oldukça yakın değerler elde edilen Fz kuvvetleri incelendiğinde, sabit devir sayısında tabla ilerleme hızının artmasıyla birlikte yükseltiler meydana geldiği görülmektedir. Tabla ilerleme hızınının 80 mm/dak'dan 100 mm/dak'ya çıktığı sırada DIN 1.2379 malzemede %2, DIN 1.2344 malzemede de %7 oranında azalmaların görüldüğü Fz kuvveti değerlerinde DIN 1.2379 malzeme için tabla ilerleme hızı 63 mm/dak'dan 80 mm/dak'ya çıktığında, DIN 1.2344 malzeme için ise 40 mm/dak'dan 63 mm/dak tabla ilerleme hızına çıktığında en yüksek seviyeler kaydedilmiştir. DIN 1.2379 malzemedeki tala kaldırılması esnasında en düşük Fz değerinin ölçüldüğü 20 mm/dak tabla ilerleme hızında iki malzemede de birbirine yakın değerler olduğu ve tabla ilerleme hızları arttıkça neredeyse paralel bir değerdeki eğilimleri olduğu görülmektedir. Fx kuvvetlerinde öngörülmeleyen bir düşüşte iliminde olan iki malzemede de en düşük kesme kuvvetleri 100 mm/dak, en yüksek kesme kuvvetleri de 20 mm/dak tabla ilerleme hızlarında meydana gelmiştir. Grafikteki kesme kuvvetlerine bakıldığında, genel olarak düey yönde oluşan kuvvet değerlerinin (Fz), yatay yöndeki kuvvet değerlerine (Fx) göre daha yüksek seviyelerde olduğu saptanmıştır. Ayrıca grafikte, daha düşük devir sayılarının kullanıldığı ekil 5.9, ekil 5.8, ekil 5.7 ve ekil 5.6'da görülen kesme kuvvetleriyle kıyaslandığında devir sayısındaki artışın kesme hızını artırarak kesmeyi kolaylaştırdığı azalma gösteren kesme kuvveti değerleriyle anlaşılmaktadır.

## **5.2. İLERLEME HIZI VE DEVİR SAYISININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ**

Yapılan bu çalışmada, DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemeleri üzerinde sabit kesme derinliğinde, farklı devir sayısı ve farklı ilerleme hızı kullanılarak toplam elli farklı deney gerçekleştirilmiş olup, deneyler sonrasında malzemeler üzerinden tala kaldırılan bölgelerde yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) ölçülmüştür. Gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.2'de sunulmuş ve bu çizelgedeki veriler kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. İki farklı malzeme arasında mukayese yoluyla değerlendirme yapılmıştır.

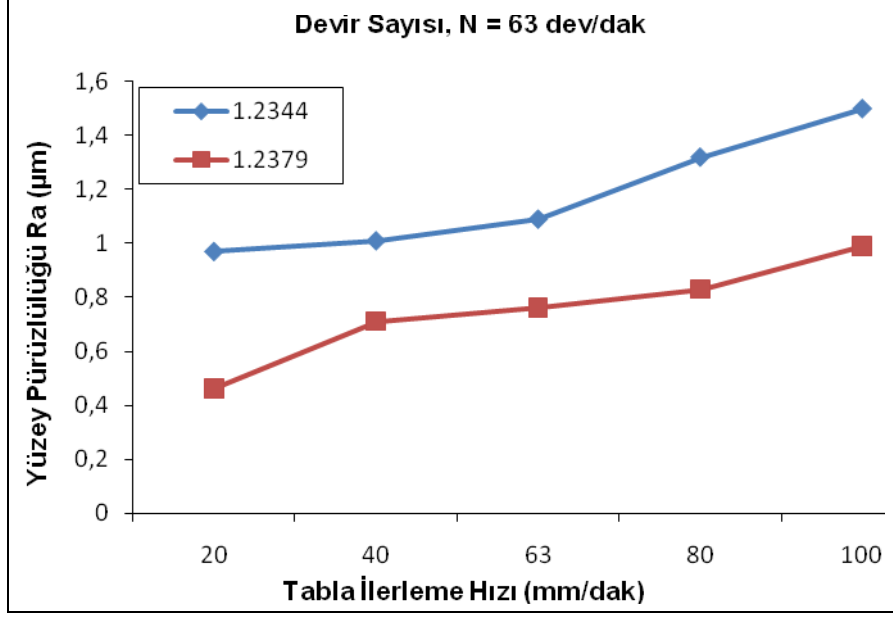
Çizelge 5.2. İlerleme hızına bağımlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Malzeme	Devir sayısı (dev/dak.)	Kesme hızı (m/dak.)	Tabla ilerleme hızı (mm/dak.)	Yüzey pürüzlülük değeri Ra (µm)
2344 Sıcak Takım Çeliği	50	19,625	20	1,13
			40	1,28
			63	1,39
			80	1,77
			100	2,01
	63	24,7275	20	0,97
			40	1,01
			63	1,09
			80	1,32
			100	1,5
	80	31,4	20	0,83
			40	0,98
			63	1,11
			80	1,15
			100	1,32
	100	39,25	20	0,98
			40	1,03
			63	1,03
			80	1,06
			100	1,14
125	49,0625	20	0,86	
		40	0,93	
		63	1,05	
		80	1,08	
		100	1,23	
2379 Soğuk Takım Çeliği	50	19,625	20	1,08
			40	1,23
			63	1,28
			80	1,42
			100	1,67
	63	24,7275	20	0,46
			40	0,71
			63	0,76
			80	0,83
			100	0,99
	80	31,4	20	0,51
			40	0,62
			63	0,81
			80	1,13
			100	1,31
	100	39,25	20	0,47
			40	0,52
			63	0,55
			80	0,58
			100	0,68
125	49,0625	20	0,48	
		40	0,5	
		63	0,52	
		80	0,61	
		100	0,83	



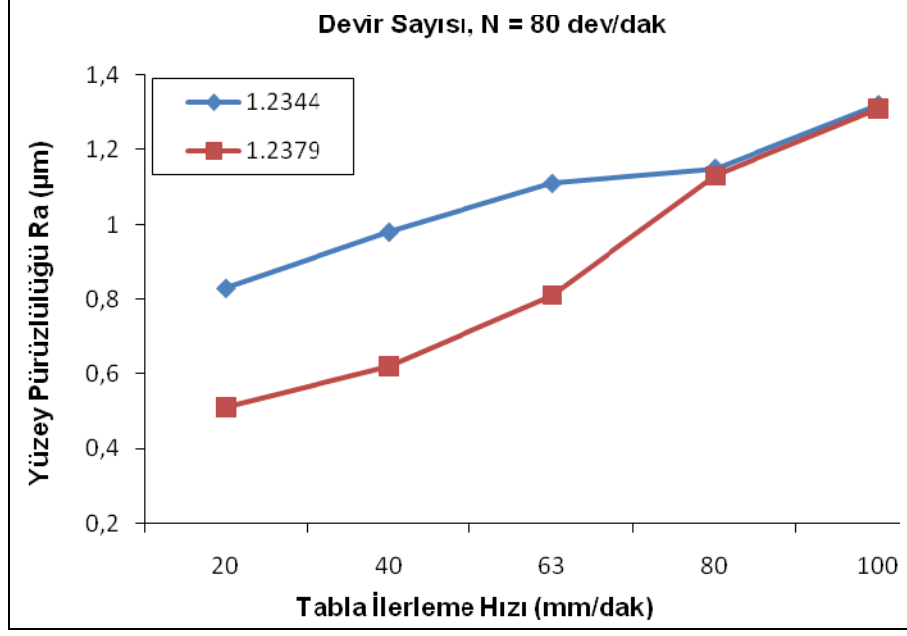
ekil 5.11. 50 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Sabit devir sayısı ve farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin verildiği ekil 5.11'deki grafiğe bakıldığında, tabla ilerleme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüklerinde artış kaydedildiği görülmektedir. Burada, DIN 1.2344 malzemede oluşan pürüzlülüklerinin DIN 1.2379'a göre daha yüksek elde edildiği, başlangıçta 20 mm/dak tabla ilerleme hızında her iki malzemede de birbirlerine yakın değerler ortaya çıkarken tabla ilerleme hızı arttıkça malzemeler arasındaki pürüzlülük farkının da arttığı gözlemlenmiştir. En iyi yüzey kalitesinin 20 mm/dak tabla ilerleme hızında ve DIN 1.2379 malzemede Ra 1,08  $\mu\text{m}$  olarak ölçüldüğü, yine bu ilerleme hızında DIN 1.2344 malzemede de diğer ilerleme hızlarına göre daha iyi bir yüzey kalitesi ortaya çıktığı tespit edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değerleri ise 100 mm/dak tabla ilerleme hızında DIN 1.2379 malzeme için Ra 1,67  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2344 malzeme için ise Ra 2,01  $\mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür.



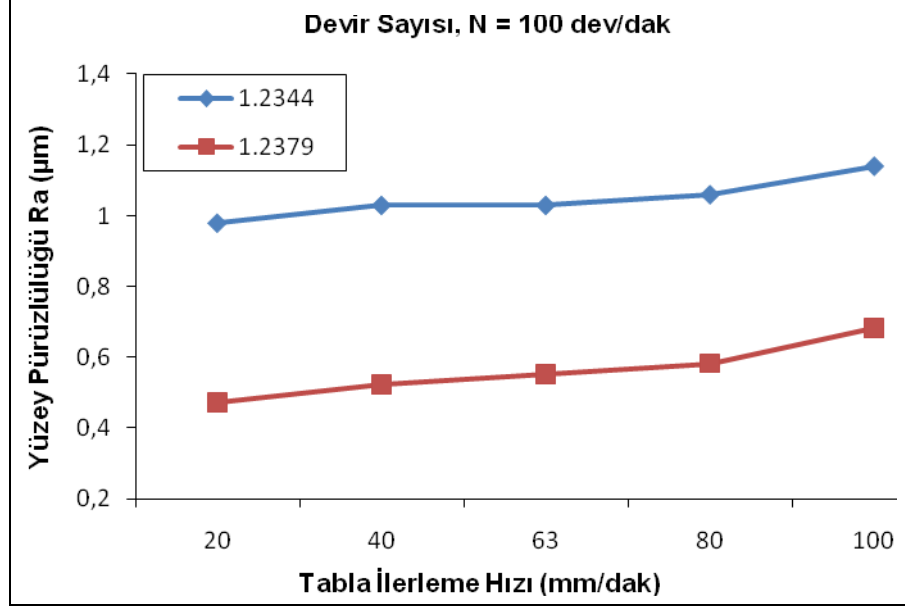
ekil 5.12. 63 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.

Grafikte, bir önceki ekilde oldu u gibi DIN 1.2379 malzemenin 63 dev/dak sabit devir sayısında artan tabla ilerleme hızlarına göre sergiledi i yüzey pürüzlülük de erlerinin DIN 1.2344 malzemeye göre daha dü ük de erlerde seyretti i görülmektedir. En iyi yüzey kalitelerinin 20 mm/dak tabla ilerleme hızında, en kötü yüzey kalitelerinin ise 100 mm/dak tabla ilerleme hızında ölçüldü ü saptanmı tır. 20 mm/dak. ilerleme hızında DIN 1.2379 malzeme için Ra 0,46  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2344 malzeme için Ra 0,97  $\mu\text{m}$  de erleri elde edilirken, 50 dev/dak devir sayısında yine 20 mm/dak tabla ilerleme hızında elde edilen yüzey kalitelerine göre devir sayısının artmasına ba lı olarak yüzey kalitelerinin iyile ti i anla ılmaktadır. Artan tabla ilerlemelerine ba lı olarak yüzey kalitelerinin kötüle ti i grafi e bakıldı ında, en yüksek yüzey pürüzlülük de erlerinin DIN 1.2379 malzeme için Ra 0,99  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2344 malzeme için Ra 1,50  $\mu\text{m}$  ekinde 100 mm/dak tabla ilerleme hızında kaydedildi i belirlenmi tir.



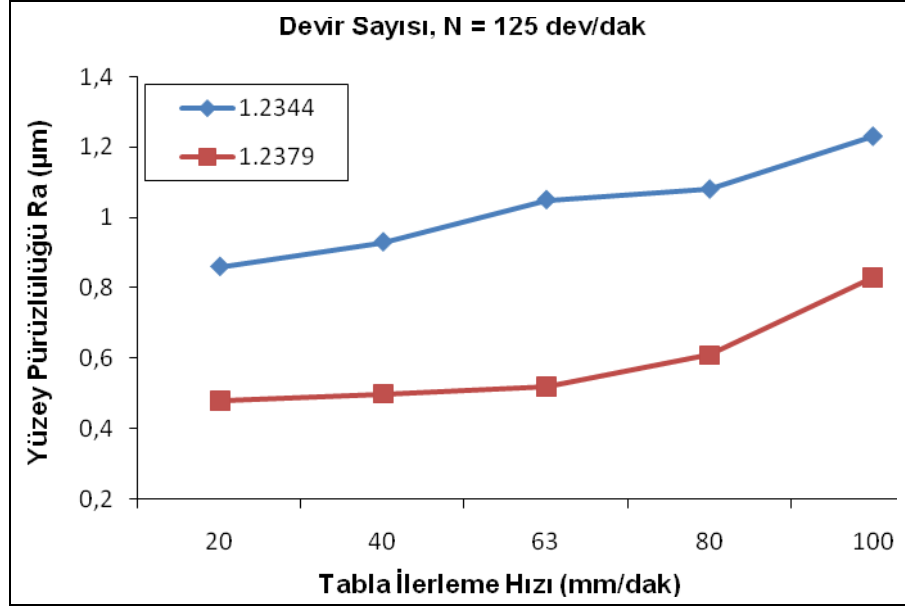
ekil 5.13. 80 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük de erleri.

ekildeki grafikte, elde edilen yüzey pürüzlülük de erlerinin her iki malzeme için artan tabla ilerleme hızına ba lı olarak sabit devir sayısında yükselme e ilimi gösterdikleri belirlenmi tir. Ba langıçta, 20 mm/dak ilerleme hızında iki malzeme arasındaki yüzey kalitesini farkının daha yüksek oldu u, daha sonra bu farkın 100 mm/dak tabla ilerleme hızına çıkıldı ında en dü ük seviyeye geriledi i görülmektedir. Genel olarak, DIN 1.2344 malzemede, DIN 1.2379 malzemeye göre daha fazla yüzey pürüzlülük de erleri elde edilmi olup, en iyi yüzey kalitesi 20 mm/dak ilerleme hızında DIN 1.2344 malzeme için Ra 0,83  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için Ra 0,51  $\mu\text{m}$  olarak ölçülmü tür. İki malzeme arasındaki yüzey pürüzlülükleri farkının en az seviyeye dü tü ü 100 mm/dak tabla ilerleme hızında, yine her iki malzemede de en yüksek pürüzlülük de erleri kaydedilmi tir. Ayrıca burada, tabla ilerleme hızı 63 mm/dak'dan 80 mm/dak'ya çıktığı sırada iki malzemedeki yüzey pürüzlülük de erlerinin birbirine yakla tığı ve ilerleme hızı 80 mm/dak'dan 100 mm/dak'ya çıktığı sırada da birbirine paralel şekilde seyretti i tespit edilmi tir.



ekil 5.14. 100 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

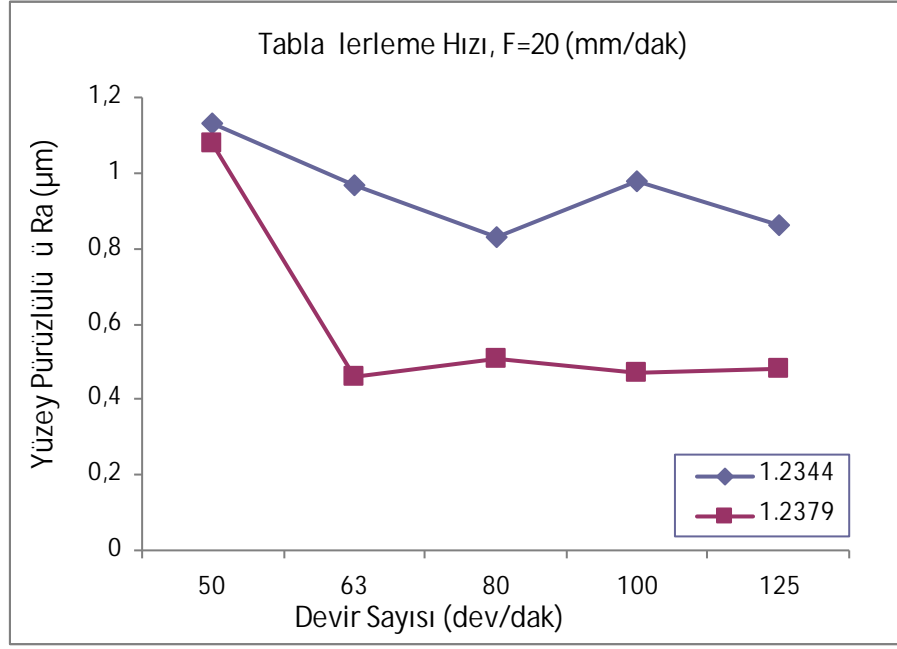
Yüzey pürüzlülük değerlerinin DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerde birbirine paralel olarak, artan tabla ilerleme hızlarında sürekli bir yükseliş gösterdiği grafikte, bu yükselişin iki malzemede de en fazla oranda 100 mm/dak tabla ilerleme hızında meydana geldiği görülmektedir. DIN 1.2344 malzemenin yüzey pürüzlülüklerinin bütün ilerleme hızlarında DIN 1.2379' a göre daha yüksek değerlerde elde edildiği ve iki malzeme arasındaki pürüzlülük farkının birbirine paralel şekilde ilerlediği saptanmıştır. Burada, en iyi yüzey kalitelerinin DIN 1.2344 malzeme için Ra 0,98  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için Ra 0,47  $\mu\text{m}$  değerlerinin ölçülmesiyle birlikte her iki malzemede de 20 mm/dak tabla ilerleme hızında kaydedildiği belirlenmiştir. Ayrıca, en yüksek yüzey pürüzlülük değerlerinin de 100 mm/dak tabla ilerleme hızında, DIN 1.2344 malzeme için Ra 1,14  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için Ra 0,68  $\mu\text{m}$  olarak kaydedildiği saptanmıştır.



ekil 5.15. 125 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerleme hızlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

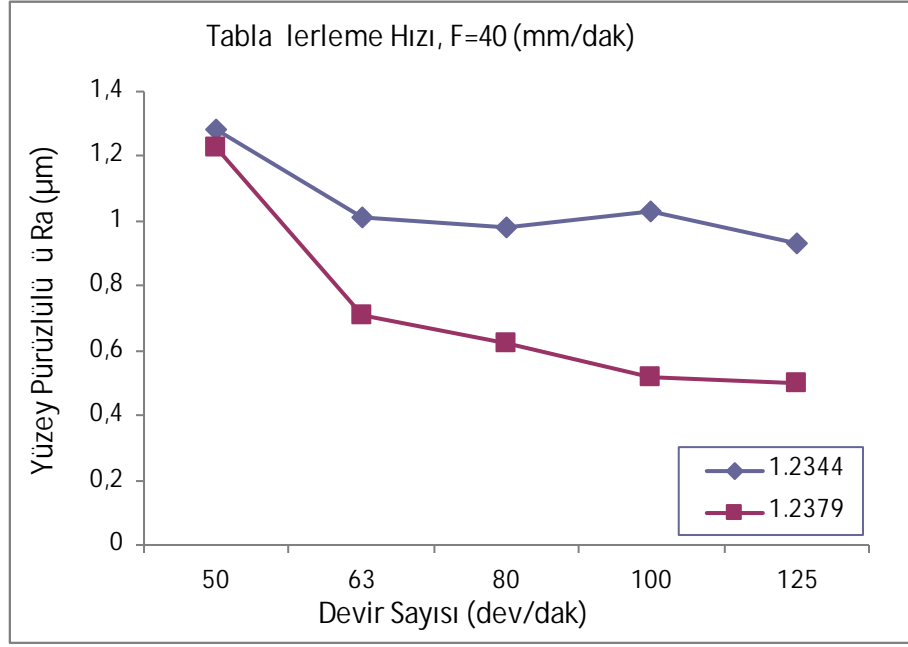
125 dev/dak sabit devir sayısında farklı tabla ilerlemelerine bağlı olarak kaydedilen yüzey pürüzlülük değerleri incelendi inde, her iki malzemenin de yüzey kaliteleri için tabla ilerleme hızlarının artmasıyla birlikte giderek yükselen Ra ( $\mu\text{m}$ ) değerlerinin ölçüldü ü görülmektedir. Bu değerlerin, her tabla ilerleme hızı için DIN 1.2344 malzemede DIN 1.2379 malzemeye göre daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, pürüzlülük değerlerindeki en fazla artışın her iki malzeme için de tabla ilerleme hızının 80 mm/dak'dan 100 mm/dak'ya çıkmasıyla olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında 100 mm/dak tabla ilerleme hızında her iki malzemede de en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmü , bu değerlerin DIN 1.2344 malzeme için Ra 1,23  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için ise Ra 0,83  $\mu\text{m}$  ekinde olduğu saptanmıştır. Burada, DIN 1.2344 malzeme için en iyi yüzey kalitesi 20 mm/dak ilerlemede Ra 0,86  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için yine aynı ilerlemede Ra 0,48  $\mu\text{m}$  olarak belirlenmiştir.





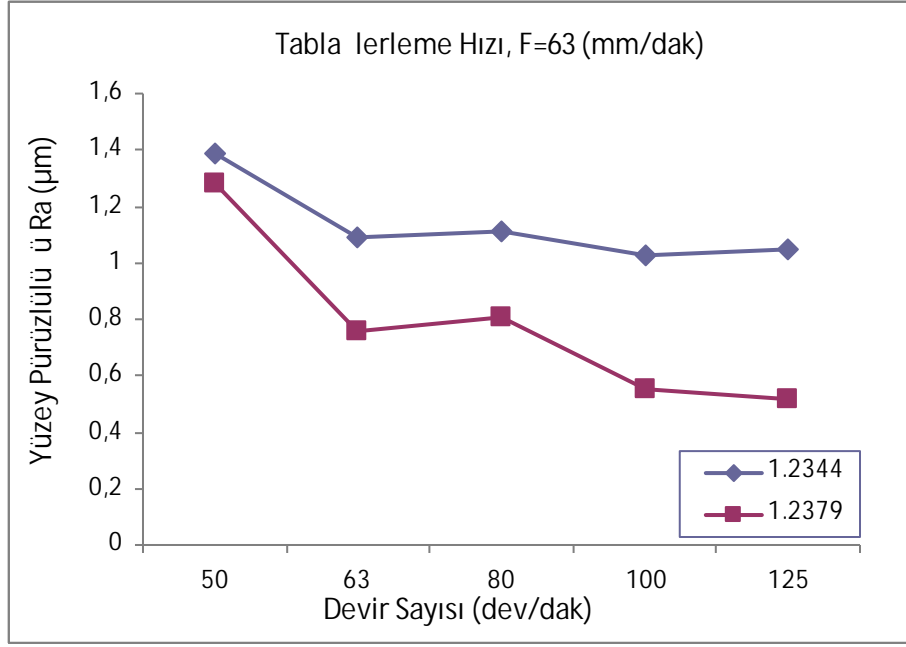
ekil 5.16. 20 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

20 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına ba lı olarak kaydedilen yüzey pürüzlülük de erleri incelendi inde, her iki malzemenin de yüzey kalitelerinde devir sayısının artmasıyla birlikte giderek azalan Ra ( $\mu\text{m}$ ) de erlerinin ölçüldü ü görülmektedir. Bu de erlerin, bütün devir sayılarında DIN 1.2344 malzemede DIN 1.2379 malzemeye göre daha yüksek çıktı ı belirlenmi tir. Ayrıca, pürüzlülük de erlerindeki en fazla azalmanın her iki malzeme için de tabla devir sayısının 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıkmasıyla olu tu u tespit edilmi tir. Bunun yanında DIN 1.2344 malzeme için 80 dev/dak'da, DIN 1.2379 malzeme için ise 63 dev/dak'da en dü ük yüzey pürüzlülük de erleri ölçülmü tür. En dü ük Ra de erlerinin DIN 1.2344 malzeme için Ra 0,83  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için ise Ra 0,46  $\mu\text{m}$  ekinde olu tu u saptanmı tır. Burada, DIN 1.2344 malzeme için en yüksek yüzey pürüzlülük de erleri 50 dev/dak devir sayısında Ra 1,13  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için yine aynı devir sayısında Ra 1,08  $\mu\text{m}$  olarak belirlenmi tir.



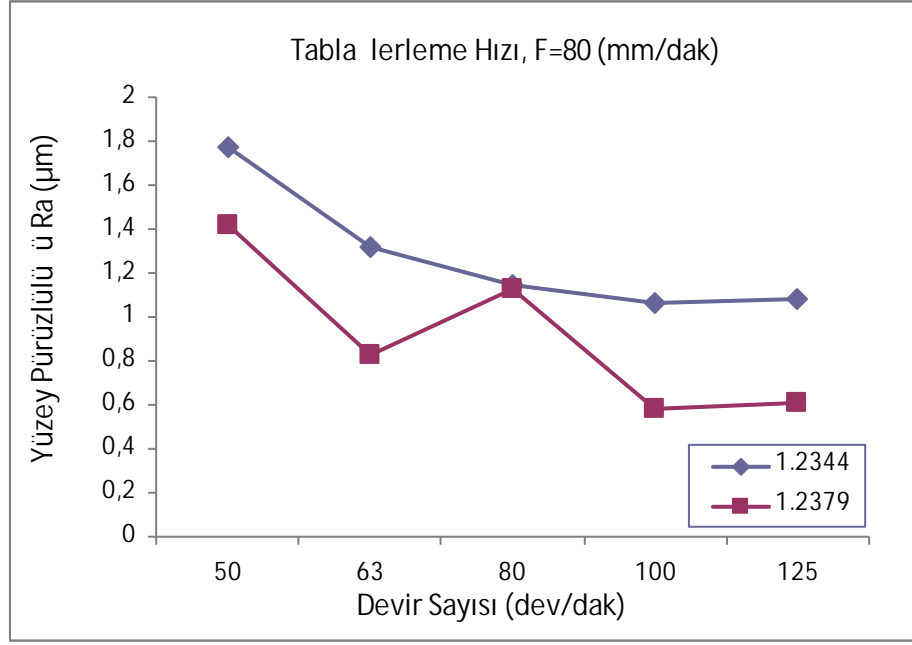
ekil 5.17. 40 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin verildiği ekil 5.17'deki grafiğe bakıldığında, devir sayısının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüklerinde azalma kaydedildiği görülmektedir. Burada, DIN 1.2344 malzemede oluşan pürüzlülüklerinin DIN 1.2379'a göre daha yüksek elde edildiği, başlangıçta 50 dev/dak devir sayısında her iki malzemede de birbirlerine yakın değerler ortaya çıkarken devir sayısı arttıkça malzemeler arasındaki pürüzlülük farkının da arttığı gözlemlenmiştir. En iyi yüzey kalitesinin 125 dev/dak'da ve DIN 1.2379 malzemede Ra 0,5  $\mu\text{m}$  olarak ölçüldüğü, yine aynı devir sayısında DIN 1.2344 malzemede de diğer devir sayılarına göre daha iyi bir yüzey kalitesi ortaya çıktı tespit edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değerleri ise 50 dev/dak devir sayısında DIN 1.2379 malzeme için Ra 1,23  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2344 malzeme için ise Ra 1,28  $\mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür.



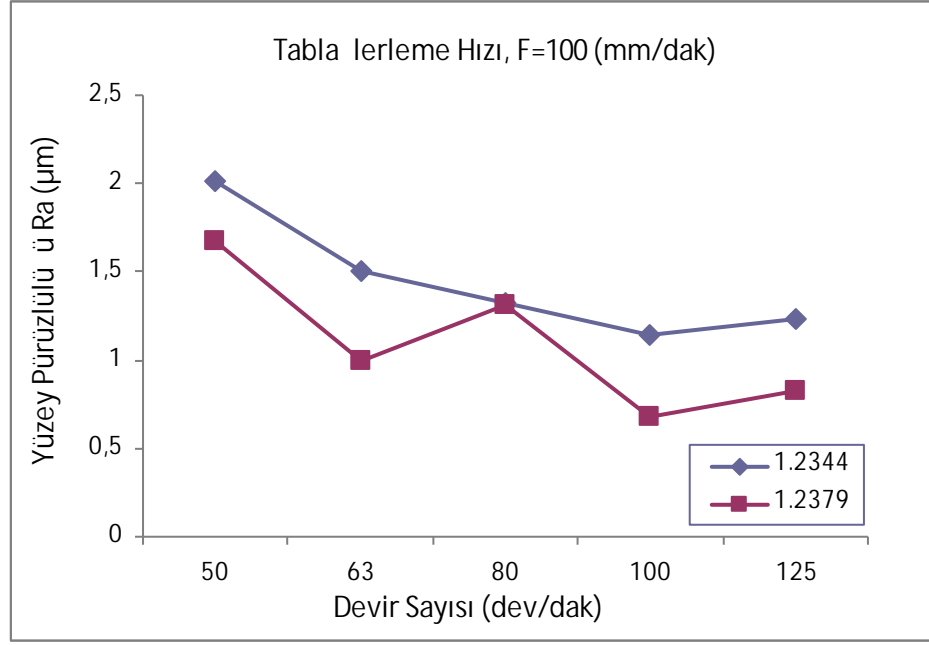
ekil 5.18. 63 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin DIN 1.2344 ve DIN 1.2379 malzemelerde birbirine paralel olarak, artan devir sayılarına bağlı olarak genel bir azalma gösterdiği grafikte, bu azalmanın iki malzemede de en fazla oranda devir sayısının 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıkmasıyla meydana geldiği görülmektedir. Fakat, yine iki malzemede de devir sayısının 63 dev/dak' dan 80 dev/dak'ya çıkmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. DIN 1.2344 malzemenin yüzey pürüzlülüklerinin bütün devir sayılarında DIN 1.2379' a göre daha yüksek değerlerde elde edildiği saptanmıştır. Burada, en iyi yüzey kaliteleri DIN 1.2344 malzeme için 100 dev/dak'da Ra 1,03  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için ise 125 dev/dak'da Ra 0,52  $\mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür. Ayrıca, en yüksek yüzey pürüzlülük değerlerinin de 50 dev/dak devir sayısında, DIN 1.2344 malzeme için Ra 1,39  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2379 malzeme için Ra 1,28  $\mu\text{m}$  olarak kaydedildiği saptanmıştır.



ekil 5.19. 80 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

80 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin verildiği ekil 5.19'daki grafiğe bakıldığında DIN 1.2344 malzemede oluşan pürüzlülüklerinin DIN 1.2379'a göre daha yüksek değerlerde elde edildiği gözlemlenmiştir. Başlangıçta her iki malzemede de devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktığında esnada yüzey pürüzlülüğü en fazla azalmayı sergilemiştir. DIN 1.2379 malzemede devir sayısı 63 dev/dak'dan 80 dev/dak'ya ve 100 dev/dak'dan 125 dev/dak'ya çıktığında yüzey pürüzlülüklerinde artışı meydana gelmiştir. Yine benzer bir artışı DIN 1.2344 malzemede de devir sayısı 100 dev/dak'dan 125 dev/dak'ya çıktığında olmuştur. En iyi yüzey kalitesinin 100 dev/dak'da ve DIN 1.2379 malzemede Ra 0,58 µm olarak ölçüldüğü, yine aynı devir sayısında DIN 1.2344 malzemede de Ra 1,06 µm olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değerleri ise 50 dev/dak devir sayısında DIN 1.2379 malzeme için Ra 1,42 µm ve DIN 1.2344 malzeme için ise Ra 1,77 µm olarak ölçülmüştür.



ekil 5.20. 100 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

100 mm/dak sabit tabla ilerleme hızında farklı devir sayılarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiği ekil 5.20'deki grafiğe bakıldığında DIN 1.2344 malzemede oluşan pürüzlülüklerinin DIN 1.2379'a göre daha yüksek değerlerde elde edildiği gözlemlenmiştir. Her iki malzeme için de devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktığı sırada yüzey pürüzlülük değerleri en fazla azalmayı göstermiştir. DIN 1.2379 malzemede devir sayısı 63 dev/dak'dan 80 dev/dak'ya ve 100 dev/dak'dan 125 dev/dak'ya çıktığında yüzey pürüzlülüklerinde artışı meydana gelmiştir. Yine benzer bir artış DIN 1.2344 malzemede de devir sayısı 100 dev/dak'dan 125 dev/dak'ya çıktığında olmuştur. En iyi yüzey kalitesinin 100 dev/dak'da ve DIN 1.2379 malzemede Ra 0,68  $\mu\text{m}$  olarak ölçüldüğü, yine aynı devir sayısında DIN 1.2344 malzemede ise Ra 1,14  $\mu\text{m}$  olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüklerinin ise 50 dev/dak devir sayısında DIN 1.2379 malzeme için Ra 1,67  $\mu\text{m}$  ve DIN 1.2344 malzeme için ise Ra 2,01  $\mu\text{m}$  olarak ölçüldüğü tespit edilmiştir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliği malzemeler yüksek hız çeliği testere freze çakıları kullanılarak silindirik frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Frezeleme deneyleri beş farklı devir sayısı ( $N_1=50$  dev/dak,  $N_2=63$  dev/dak,  $N_3=80$  dev/dak,  $N_4=100$  dev/dak,  $N_5=125$  dev/dak), beş farklı tabla ilerleme hızı ( $F_1=20$  mm/dak,  $F_2=40$  mm/dak,  $F_3=63$  mm/dak,  $F_4=80$  mm/dak,  $F_5=100$  mm/dak) ve 1 mm sabit kesme derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Frezeleme işlemi sırasında dikey ve yatay yönlerde oluşan kesme kuvvetleri ile yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Kullanılan kesme parametrelerinin her iki malzemede oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülükleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar çıkarılmıştır:

- 1) Uygulanan kesme parametrelerinin hepsinde her iki malzeme için de dikey yönde elde edilen kesme kuvvetleri yatay yönde elde edilen kesme kuvvetlerine göre daha yüksek değerler sergilemiştir.
- 2) Aynı parametrelerde her iki malzemede elde edilen dikey yöndeki kuvvetler birbirlerine, yatay yöndeki kuvvetler de birbirlerine yakın değerler almıştır, böylece iki malzemenin de testere freze çakıları ile işlenebilirliklerinin birbirlerine yakın oldukları gözlemlenmiştir.
- 3) Dikey yönde en yüksek kesme kuvveti değeri DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinden tahmin kaldırılması esnasında 218,93 N olarak ölçülmüştür. Yine dikey yönde en düşük kesme kuvveti değeri ise, DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliğinden tahmin kaldırılması esnasında 171,97 N olarak ölçülmüştür.
- 4) Yatay yönde en yüksek kesme kuvveti değeri DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinden tahmin kaldırılması esnasında 162,77 N olarak ölçülmüştür. Yine

- 5) yatay yönde en düşük kesme kuvveti de eri ise, DIN 1.2379 so uk i takım çeli inden tala kaldırılması esnasında 106,456 N olarak ölçülmü tür.
- 6) Her iki malzemeden de tala kaldırılması esnasında olu an yüzey pürüzlülükleri üzerinde ilerleme hızının önemli etkileri oldu u saptanmı tür.
- 7) Sabit kesme derinli i ve devir sayısında ilerleme hızının artı na ba lı olarak yüzey pürüzlülük de erlerinin arttı ı gözlenmi tir.
- 8) ilerleme hızının artı na ba lı olarak yüzey pürüzlülüklerindeki artı lar aynı parametrelerde her iki malzeme için de birbirine paralel e riler sergilemi tir.
- 9) Sabit kesme derinli i ve ilerleme hızında devir sayısının artı na ba lı olarak yüzey pürüzlülük de erlerinin de azaldı ı gözlenmi tir.
- 10) Her iki malzemedede de yüzey pürüzlülük de erlerindeki en fazla azalma devir sayısı 50 dev/dak'dan 63 dev/dak'ya çıktı ı esnada olmu tur.
- 11) En yüksek yüzey pürüzlülük de erleri iki malzemedede de 50 dev/dak devir sayısında ve 100 mm/dak tabla ilerleme hızında kaydedilmi tir.
- 12) Ölçülen en dü ük yüzey pürüzlülük de erleri (Ra), DIN 1.2344 sıcak i takım çeli i için 80 dev/dak devir sayısı ve 20 mm/dak tabla ilerleme hızında, yine en dü ük yüzey pürüzlülük de eri (Ra), DIN 1.2379 so uk i takım çeli i için ise, 63 dev/dak devir sayısı ve 20 mm/dak tabla ilerleme hızında kaydedilmi tir.

Daha sonra yapılacak olan çalı malar için öneriler a a ıda sıralanmı tür;

- 1) Testere freze çakılarıyla farklı malzemelerden tala kaldırılması neticesinde elde edilen tala lar üzerinde kesme parametrelerinin etkisi incelenebilir.
- 2) Kesici takımlar elektron tarama mikroskobunda (SEM) incelenerek etkin a ınma mekanizmaları belirlenebilir.
- 3) Testere frezelerle malzemeler üzerinden tala kaldırma i lemleri esnasında olu an ısının sıcaklı ı ölçülerek kesme kuvvetlerine ve kesici takım a ınmasına olan etkileri incelenebilir.
- 4) Tala kaldırma i lemi sırasında meydana gelen titre imler de ölçülebilir ve ölçülen bu titre imlerin kesme i lemi üzerindeki etkileri ara tırılabilir.

- 5) Aynı kesme parametrelerinde de i ik kesici a ız sayısına sahip testere frezelerle tala kaldırılarak kesici a ız sayısının yüzey pürüzlülü ü üzerindeki etkileri incelenebilir.
- 6) Bir sonraki çalı mada so utma sıvısı yardımıyla kesme i lemi yapılarak so utma sıvısı kullanımının aynı malzemelerin i lenebilirli i üzerindeki etkileri ara tırılabilir.



## KAYNAKLAR

1. pekçio lu, N., “Frezecilik”, Devlet Kitapları Basımevi, **Ankara**, (1984).
2. Çakır, M. C., “Modern Tala lı malat Yöntemleri”, Uluda Üniversitesi, **Bursa**, (2000).
3. ahin, Y., “Tala Kaldırma Prensipleri Cilt-1”, **Ankara**, (2000).
4. Bradbury, S. R., Lewis, D. B., Sarwar, M., “The Effect Of Product Quality On The Integrity Of Advanced Surface Engineering Treatments Applied To High Speed Steel Circular Saw Blades”, *Journal of Surface and Coatings Technology*, 85: 215-220 (1996).
5. eker, U., “Takım Tasarımı Ders Notları”, Gazi Üniversitesi Teknik E itim Fakültesi, **Ankara**, 1–30 (1997).
6. Güllü, A., “Silindirik Ta lamada stenen Yüzey Pürüzlülü ünü Elde Etmek için Ta lama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine E itimi Anabilim Dalı**, Ankara, 1–5 (1995).
7. Metals Handbook., “Properties and Selection, Iron and Steels”, Ninth Edition, Vol. 1, **ASM**, (1978).
8. Asil Çelik Teknik Yayınları., “Takım Çelikleri”, 7: (1990).
9. Metals Handbook., “Properties and Selection, Stainless Steel, Tool Materials and Special-Purpose Metals”, Ninte Edition, 3 **ASM** (1990).
10. Dinç, S., “Sıcak Takım Çeliklerinde Üretim Ko ullarının Yapı ve Özellikler Üzerindeki Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **.T.Ü.** (1991).
11. Kılıç, T., “H13 Sıcak Takım Çeli inin Yorulma Davranı na Farklı Ko ullarda Uygulanan Isıl lemlerin Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisli i Anabilim Dalı**, Erzurum, 43 (2006).
12. Düzgün, D., “Makine Elemanları 1 (Dizayn-Kontrüksiyon)”, 420 (2007).
13. Özses, B., “Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında De i ik leme Ko ullarının Yüzey Pürüzlülü üne Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisli i Bölümü**, Ankara, 6-25 (2002).

14. Demir, H., Güllü, A., “Ta Dokusunun Yüzey Pürüzlülü ü ve Ta lama Kuvvetlerine Etkilerinin ncelenmesi”, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1): 77-83 (2008).
15. DeGarmo, E. P., “Face Milling Of Nickel-Based Superalloys With Coated And Uncoated Carbide Tools”, PhD Thesis, *School Of Engineering, Coventry University*, England, Coventry, 1-60 (2000).
16. Groover, M. P., “Fundamentals Of Modern Manufacturing- Materials, Processes And Systems”, *Prentice-Hall Inc.*, New Jersey, 220-639 (1996).
17. Çakır, M. C., “Modern Tala lı malatın Esasları”, Uluda Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 140, Ceylan Matbaacılık, *Bursa*, (1999).
18. Akkurt, M., “Tala Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları” .T.Ü. Makine Fakültesi, *istanbul*, (2000).
19. Sandvik Coromant., “Modern Metal Cutting – A Practical Handbook”, English Edition, Sandvik Coromant, *Sweden*, I-III (1994).
20. DeGarmo, E. P., Black, J. T., Kohser, R. A., “Materials And Processes In Manufacturing”, *Prentice-Hall Inc.*, New Jersey, 214-652 (1997).
21. Shaw, M. C., “Metal Cutting Principles”, *Oxford University Pres*, Oxford, 1-9 (1994).
22. Metals Handbook., “Machining”, Volume 16, Ninth Edition, *ASM*, (1989).
23. Sandvik Coromant., “Sandvik Coromant El Kitabı, Tala lı malat Teknik Kılavuzu”, Türkçe Basım, Elanders, *sveç*, D5-D9 (2005).
24. Ay, M., “CNC Freze Tezgahında Frezeleme Esnasında Olu an Kesme Kuvvetlerinin ve Titre imlerin Yüzey Pürüzlülü üne Etkilerinin ncelenmesi”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Makine E itimi Bölümü*, Sakarya, 22–35 (2003).
25. Sa lam, H., “Frezelemede Yapay Sinir A larını Kullanarak Çok-Elementli Kuvvet Ölçümlerine Dayalı Takım Durumu zleme”, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü*, Konya, 1-93 (2000).
26. Mendi, F., “Takım Tezgahları Teori ve Hesapları”, Gazi Kitabevi, *Ankara*, (2006).
27. Kalpakjian, S., “Manufacturing Process For Engineering Materials”, *Addison-Wesley*, New York, 120-121 (1991).
28. ahin, Y., “ mal Usulleri”, Gazi Yayınevi, *Ankara*, 269–280 (2003).

29. ahin, Y., “Tala Kaldırma Prensipleri, Cilt-2”, Gazi Yayınevi, *Ankara*, 67–200 (2001).
30. Özses, B., “Bilgisayarlı Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında De i ik leme Ko ullarının Yüzey Pürüzlülü üne Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisli i Anabilim Dalı*, Ankara, 6-25 (2002).
31. Bayrak, M., “Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülü üne Etkisi ve Uzman Sistemle Kar ıla tırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisli i Anabilim Dalı*, Ankara, 1-35 (2002).
32. Shaw, M. C., “Metal Cuting Principles”, *Oxford University Press*, London, 210-265 (1985).
33. Gadelmavla, E. S., Koura, M. M., “Roughness Parameter”, *Journal Of Material Processing Technology*, 123: 133-145 (2002).
34. Sarwar, M., Bradbury, S. R., Lewis, D. B., “Optimizing The Performance Of High Speed Steel Circular Saw Blades Machining Cupro 107, Inconel 600L And Nimonic PK31 Nickel Based Alloys”, *Journal of Materials Science*, 31: 3613-3616 (1996).
35. Lewis, D. B., Bradbury, S. R., Sarwar, M., “Effect Of Substrate Surface Preparation On The Performance And Life Of Tin-Coated High Speed Steel Circular Saw Blades” *Surface and Coatings Technology*, 82 (1-2): 187-192 (1996).
36. Bradbury, S. R., Lewis, D. B., “Comparison Of The Performance And Wear Characteristics Of High-Speed Steel Circular Saw Blades Machining Nimonic PK31, AISI O1 Tool Steel, Inconel 600L, And AISI 1018 Carbon Steel”, *Journal of Materials Science*, 35 (6): 1511-1524 (2000).
37. Henning, K., Maier, H., “Circular Cut-Off Saws for Metals” *TZ Met.bearb.* 81 (11): 54-56 (1987).
38. Bradbury, S. R., Huyanan, T., “Challenges Facing Surface Engineering Technologies In The Cutting Tool Industry”, *Vacuum*, 56 (3): 173-177 (2000).
39. Bradbury, S. R., Lewis, D. B., Sarwar, M., “Assessment Of Enhancing The Performance And Wear Characteristics Of High Speed Steel Circular Saw Blades Through on mplantation”, *Surface and Coatings Technology*, 82 (1-2): 193-198 (1996).
40. Bradbury, S. R., Lewis, D. B., Sarwar, M., “Analysis Of The Wear And Failure Mechanisms That Develop In High Speed Steel Circular Saw Blades When Machining Nickel-Based Alloys”, *Wear*, 197 (1-2): 74-81 (1996).

41. Wen, Q., Guo, Y. B., Todd, B. A., “An Adaptive FEA Method To Predict Surface Quality In Hard Machining” Department of Mechanical Engineering, The University of Alabama, Tuscaloosa, AL 35487, USA Received 18 February 2005, *Journal of Materials Processing Technology*, 173: 21–28 (2006).
42. Kubat, F., Ruile, W., Rösler, U., Reindl, L. M., “A Numerical Method For Calculating The Dynamic Stress In Saw Devices” EPCOS AG, SAW Division, Munich, Germany Institute of Microsystem Technology, *Electrical Measurement and Testing*, University of Freiburg, Germany, (2005).
43. Nas, E., “Frezeleme leminde Kesici Uç Sayısının Titre im Ve Yüzey Pürüzlülü üne Etkisinin ncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine E itimi Anabilim Dalı*, Karabük, (2008).
44. Gezgin, A., “Prizmatik Parçaların Frezelenmesi Esnasında, Kesici Uç Sayısının Takım Ömrü Ve Yüzey Pürüzlülü ü Açısından De erlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine E itimi Anabilim Dalı*, Ankara, (2007).
45. Pek en, G., “DIN 1. 2379 Ve Sleipner Malzemelerin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin ncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine E itimi Anabilim Dalı*, stanbul, (2006).

## ÖZGEÇM

Für an M HMAT, 1984'te Mersin'de do du; orta ö renimini 2002 yılında Mersin Anadolu Meslek Lisesi Makine Bölümü'nde tamamladı. Mersin Anadolu Meslek Lisesi'nden mezun olduktan sonra yine 2002 yılında Gazi Üniversitesi Teknik E itim Fakültesi Makine E itimi Bölümü Tala lı Üretim Ö retmenli i Programına girdi; 2006'da sözü geçen ö retmenlik programından mezun oldu. 2006 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine E itimi Anabilim Dalı'nda ba ladı ı Yüksek Lisans Programına Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine E itimi Anabilim Dalı'nda devam etmektedir.

### **ADRES B LG LER**

Adres: Gazi Mah. enol Cad. No: 124/1  
Yenimahalle / ANKARA

Tel: 0505 613 19 84

E-posta: [furganmihmat@gmail.com](mailto:furganmihmat@gmail.com)