

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

FARKLI TAKIM TUTUCULARA
BAĞLANAN PARMAK FREZENİN DÜZLEM
YÜZEY FREZELEMEDEKİ
PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

ALPASLAN SERT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

GEBZE

2008

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

FARKLI TAKIM TUTUCULARA
BAĞLANAN PARMAK FREZENİN DÜZLEM
YÜZEY FREZELEMEDEKİ
PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

ALPASLAN SERT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

DANIŞMANI
DOÇ. DR. BABÜR ÖZÇELİK

GEBZE
2008



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ**

**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY FORMU**

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN)

: Doç. Dr. Metin USTA

ÜYE

: Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Hasan KURTARAN

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/01/2008 tarih ve 2008/03 sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen/...../..... tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans öğrencisi **Alpaslan SERT**' in çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu/...../..... tarih ve/...../..... sayılı kararıyla Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak onaylanmıştır.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : Farklı Takım Tutuculara Bağlanan Parmak Frezenin Düzlem Yüzey Frezelemedeki Performansının Araştırılması

YAZAR ADI : Alpaslan SERT

Talaşlı imalat alanında yapılan çalışmalar metal kesme işlemlerinde çok hızlı büyümeye ve gelişmeye sebep olmuştur. Bunun sonucunda daha az zamanda daha az maliyette ve tüm bunlara karşın daha kaliteli ürünler üretebilmek için kullandığımız tüm ekipmanlar birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu çalışmaların sebebi doğru işlemde doğru araç ve gereçlerin tercih edilmesidir. Aynı zamanda kullanılmak istenen bu araç ve gereçlerin satın alımında da doğru tercih yapılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, Shrink takım tutucu, Weldon takım tutucu ve Pens takım tutucunun parmak freze kullanılarak düzlem yüzey frezelemede performansları karşılaştırılmıştır. Bu üç takım tutucu İscar firmasının ürettiği takım tutuculardır. Tüm takım tutucularda yine İscar firmasının ürettiği karbür parmak freze takımı (EC-A4 10-22C10E70 IC900) kullanılmıştır. İş parçası olarak 29 HRc sertliğe sahip AISI D2 soğuk iş takım çeliği kullanılmıştır. Kesme işlemini gerçekleştirmek için kullanılan kesme takımı ve malzeme cinsine göre, kesme parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen kesme parametrelerine bağlı deney tasarımı Taguchi L9 ortogonal matrisine göre oluşturulmuştur. Her takım tutucu için 9 deney yapılmıştır. Herbir takım tutucuya aynı deney matrisi uygulanarak yapılan her talaş kaldırma işleminden sonra takım aşınma değerleri ve pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Bütün deneylerin bitiminden sonra takım tutucularda kullanılan kesici takımlar Taramalı Elektron Mikroskop' da (SEM) analizleri yapılmıştır. Tüm bu ölçüm ve analizler sonucunda Shrink takım tutucunun diğer iki takım tutucudan daha iyi performans gösterdiği, en kötü performansı Pens takım tutucunun gösterdiği belirlenmiştir.

SUMMARY

NAME OF THE THESIS : The Investigation of the Performance of End-Mill Cutter That is Used for Different Tool Holders in Plain Surface Milling.

AUTOR NAME : Alpaslan SERT

Recent research in the field of machining have resulted in fast growth and development as a result of this, all of the equipment that we use for producing higher quality products with a lower cost and lead time has been compared against each other. The purpose of this research is to use right process with the right tools. At the same time it is aimed to purchase the right preference for the desired tools and equipment.

In this research by using an end-mill cutter on, the plain surface milling performances of the Shrink tool holder, the Weldon tool holder and Pens tool holder have been compared. These three tool holders are made by Iscar firm. Also the carbide end-mill cutter produced by the Iscar firm (EC-A4 10-22C10E70 IC900) has been used for all tool holders. AISI D2 cold work tool steel which has the hardness of 29 HRC has been used as the work piece. The cutting parameters have been determined according to the cutting tool and the material type used. The experiment design is dependant on the determined cutting parameters that have been set up according to Taguchi L9 orthogonal matrix. Nine experiments have been performed for each tool holder. After each machining process by using the same experiment matrix for each tool holder, the wearing values and the roughness values have been measured. After finishing all experiments the cutting tools used at the tool holders have been analysed with Scanning Electron Microscope (SEM). At the end it has been observed that the Shrink tool holder has better performance than the other two tool holders and Pens tool holder has the least desirable performance.

TEŞEKKÜR

İki yıl gibi uzun bir süreyi kapsayan bu çalışmada desteklerini esirgemeyen ve beni her konuda aydınlatan, yönlendiren sayın hocam Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK'e, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği yüksek lisans programında değerli bilgilerini bizlerle paylaşan bölüm öğretim üyelerine deney çalışması sırasında bana tüm imkânlarını sunan Kocaeli Anadolu Teknik, Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi yönetimi ve öğretmenlerinden Sayın İrfan ÜNLÜSOY ve Sayın Serkan USLU' ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

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

Çalışmamızın faydalı olması dileklerimle.....

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
SUMMARY	II
TEŞEKKÜR	III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLOLAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
1.2.Literatür	3
2. TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ	7
2.1. Dik Kesme	8
2.2. Eğik Kesme	8
2.3. Çevresel Frezeleme	9
2.4. Alın Frezeleme	10
2.5. Zıt Yönlü ve Aynı Yönlü Frezeleme Yöntemi	11
2.6. Frezeleme İşleminde Kullanılan Genel Formüller	13
3. CNC TEZGÂHLARDA TAKIM TUTTURMA SİSTEMLERİ	15
3.1. Konik Sap	15
3.2. Flanş	16
3.3. Tutma Topuzu	16
3.4. Adaptörler	17
4. YÜZEY KALİTESİ VE ÖLÇÜMÜ	18
4.1. Yüzey Kalitesinin Ölçüm Metotları	20
4.1.1. Dalgalılık	20
4.1.2. Yüzey Pürüzlülüğü	20
4.2. Yüzey Hatalarının İncelenmesinde Genel Kurallar	23
4.3. Yüzey Kalitesinin Değerlendirilmesi	24
4.4. Yüzey Kalitesi Gereksinimleri	24
4.5. Stylus Cihazları ve Stylus Cihazının Çalışma Prensibi	25
4.5.1. Profilometre	25
4.5.2. Talysurf	26
4.5.3. Stylus Cihazlarının Yapısı	26

4.5.4. Stylus Cihazlarının avantajları ve Dezavantajları	32
5. TAKIM AŞINMASI ve ÇEŞİTLERİ	33
5.1. Takım Aşınması Türleri	33
5.1.1. Serbest Yüzey Aşınması	33
5.1.2. Krater Aşınması	34
5.1.3. Çentik Aşınması	35
5.1.4. Isıl ve Mekanik Çatlaklar	36
5.1.5. Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)	37
5.1.6. Plastik Deformasyon	38
5.1.7. Takım Kırılması	38
5.2. Takım Bozukluk Mekanizmalarının Oluşma Nedenleri	39
5.2.1. Adhezyon (yapışma) Aşınması	39
5.2.2. Abrasyon (sürtünme) Aşınması	40
5.2.3. Difüzyon Aşınması	40
5.2.4. Oksidasyon Aşınması	41
5.2.5. Yorulma	41
6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ve TAKIM AŞINMASI DENEYLERİ	42
6.1. Takım Tezgâhı	43
6.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Aleti	43
6.3. Optik Mikroskop	44
6.4. Kesici Takım ve İş Parçası	45
6.4.1. Kesici Takım	45
6.4.2. İş Parçası	46
6.5. Takım Tutucular	47
6.5.1. Er-Pens Takım Tutucu	47
6.5.2. Weldon Takım Tutucu	48
6.5.3. Shrink Takım Tutucu	48
6.6. Takım Tutucuların Fonksiyonel Farklılıkları	49
6.7. Deney Düzeneği ve Deney Planı	54
6.8. Takım Tutuculara Uygulanan Deney Tasarımları	55
6.8.1. Deney Tasarımı 1	55
6.8.2. Deney Tasarımı 2	56
6.8.3 Deney Tasarımı 3	57
6.8.4. Deney Tasarımı 4	58

6.8.5. Deney Tasarımı 5	59
6.8.6. Deney Tasarımı 6	60
6.8.7. Deney Tasarımı 7	61
6.8.8. Deney Tasarımı 8	62
6.8.9. Deney Tasarımı 9	63
7. SONUÇLAR	65
8. ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR DİZİNİ	72
ÖZGEÇMİŞ	78
EKLER.....	79
A. Deneylerde Kullanılan CNC Tezgâhın Teknik Özellikleri	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

V_c	: Kesme hızı
n	: Fener mili hızı
V_f	: Tabla ilerlemesi
f_z	: Diş başına ilerleme
f_n	: Devir başına ilerleme
a_p	: Kesme derinliği
a_e	: İşleme genişliği
D_c	: Takım çapı
Q	: Talaş kaldırma hızı
k_c	: Spesifik kesme kuvveti
h_m	: Ortalama talaş kalınlığı
T_c	: İşleme zamanı
P_c	: Net güç
R_a	: Ortalama pürüzlülük parametresi
R_q	: Pürüzlülük parametresi
R_t	: Maksimum tepe-çukur noktası
W	: Dalgalılık
T_m	: Malzemenin Kelvin cinsinden ergime sıcaklığı
α	: Talaş açısı
Φ	: Kesme açısı
t_o	: Kesme yüzeyi boyunca iş parçasından ayrılacak talaşın kalınlığı
t_c	: Kesme işlemi sonucu oluşan talaşın kalınlığı
AISI D	: Soğuk iş takım çeliği
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskop
NC	: Nümerik kontrol (Numeric control)
CNC	: Bilgisayarlı nümerik kontrol (Computer numeric control)
A	: Yan kesme derinliği
B	: Dik kesme derinliği
C	: Kesme hızı
D	: İlerleme
VB	: Kesici kenar aşınması

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Talaş Kaldırma Yöntemi	7
2.2. Dik Kesme Modeli.....	8
2.3. Eğik Kesme Modeli.	8
2.4. İki boyutlu ortogonal model.	9
2.5. Çevresel frezeleme işleminde talaş kaldırma işlemi.....	10
2.6. (a) Simetrik alın frezeleme , (b)Asimetrik alın frezeleme	10
2.7. (a) Zıt yönlü frezeleme şematik gösterimleri. (b) Aynı yönlü.....	11
frezeleme şematik gösterimleri	11
2.8. Formüllerle hesaplanan bazı değerlerin şematik gösterimi.....	14
3.1. Takım Tutucu	15
3.2. Flanş tipleri, a) V tipi flanş, b) BT tipi flanş	16
3.3. Tutma topuzu	17
3.4. Freze tezgahları için takılmama sistemi.....	17
4.1. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri	18
4.2. Dalgallılığın şematik gösterimi.....	20
4.3. Ortalama çizgi sistemi (Ra, Rq).....	21
4.4. Yüzey kalitesi parametreleri	22
4.5. Rz'nin hesaplanmasındaki kullanılacak çukurların şematik gösterimi.....	22
4.6. Bir profilometrenin şematik dyagramı	25
4.7. Bir stylus cihazının şematik yapısı	27
4.8. Bir stylus ucunun gerçek iş parçası üzerinde izleme yapması	28
4.9. Stylu,skid ve pick-up'ın gösterilmesi	29
4.10. Stylusun destek mekanizmalarıyla eğrisel yüzey üzerinde izleme yapması ...	29
4.11 Gelişmiş bir stylus cihazının bileşenleri	31
5.1. Serbest yüzey aşınması.	34
5.2. Krater aşınması.	35
5.3. Serbest yüzey aşınması ve krater aşınmasının iki boyutlu çizimi	35
5.4. Çentik aşınması.....	36
5.5. a) Tarak Dişi Şeklinde Çatlaklar,b) Paralel Çatlaklar,c) Düzensiz Çatlaklar .	37
5.6. Ağız birikimi oluşumu.	37

5.7. Plastik deformasyon.....	38
5.8. Adhezyon aşınmasının meydana gelişi.....	39
5.9. Abrazyon aşınmasının meydana gelişi.....	40
5.10. Difüzyon aşınması	41
6.1. Kesme işlemi için işleme tekniği.....	42
6.2. Deneysel çalışmada kullanılan takım tezgâhı.....	43
6.3. Mitutuyo SJ 301 Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı.....	44
6.4. Takım aşınmasının tespitinde kullanılan optik mikroskop	44
6.5. Kesici takım, takımın geometrisi.....	45
6.7. BT 40 ER 32x60 pens takım tutucusu fiziksel özellikleri.....	47
6.8. BT 40 EM 10x65 weldon takım tutucusu fiziksel özellikleri	48
6.9. BT 40 SRK 10x50 shrink takım tutucusu fiziksel özellikleri	48
6.10. Pens Tipi Takım Tutucu.....	49
6.11. Pens Takım Tutucu Kesici Montaj Hatası.....	50
6.12. Weldon Tipi Takım Tutucu	50
6.13. Shrink Tipi Takım Tutucu	51
6.14 Shrink Takım Tutucu Kesici Montaj Sistemi.....	51
6.15. Shrink Takım Tutucu Kesici Montaj Hatası.....	52
6.16. Takım tutuculardaki salınım değerleri	52
6.17. Takım Tutucuların Kesici Takımları kavrama Yüzeyleri	53
6.18. 1 nolu deneyin üç takım tutucu için akım aşınması durumları.....	56
6.19. 2 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	57
6.20. 3 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	58
6.21. 4 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	59
6.22. 5 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	60
6.23. 6 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	61
6.24. 7 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	62
6.25. 8 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	63
6.26. 8 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları.....	64
7.1. Takım aşınması değerleri karşılaştırılması.....	65
7.2. Pens takım tutucunun kesici takımının SEM analizi sonuçları	66
7.3. Weldon takım tutucunun kesici takımının SEM analizi sonuçları	67
7.4. Shrink takım tutucunun kesici takımının SEM analizi sonuçları	68

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Ra değerleri ve yüzey kalite işaretleri [Özçilingir ve Şen]	24
6.1. Takım tutuculara ayrı ayrı uygulanan deney düzeneği	42
6.2. Yüzey pürüzlülüğü cihazına ait teknik özellikler.	44
6.3. AISI D2 Soğut iş takım çeliği kimyasal bileşimi.	46
6.4. AISI D2 Soğut iş takım çeliği fiziksel özellikleri.....	47
6.5. Deneyler için oluşturulan deney matrisi.	54
6.6. Deney tasarımındaki parametre değerleri	54
6.7. Deney tasarımı 1 için kesme parametreleri	55
6.8. Ortalama R_a değerleri.....	55
6.9. Deney tasarımı 2 için kesme parametreleri	56
6.10. Ortalama R_a değerleri.....	56
6.11. Deney tasarımı 3 için kesme parametreleri	57
6.12. Ortalama R_a değerleri.....	57
6.13. Deney tasarımı 4 için kesme parametreleri	58
6.14. Ortalama R_a değerleri.....	58
6.17. Deney tasarımı 6 için kesme parametreleri	60
6.18. Ortalama R_a değerleri.....	60
6.18. Deney tasarımı 7 için kesme parametreleri	61
6.19. Ortalama R_a değerleri.....	61
6.20. Deney tasarımı 8 için kesme parametreleri	62
6.21. Ortalama R_a değerleri.....	62
6.22. Deney tasarımı 9 için kesme parametreleri	63
6.23. Ortalama R_a değerleri.....	63

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde insanoğlunun ilk var oluşundan bu güne insanlar yaşamın devamı için sürekli üretmek zorunda kalmışlardır. Hayat şartlarına göre ihtiyaç oldukları ve ihtiyaç duydukları her şeyi üretmişlerdir. Bu içgüdü günümüze kadar değişen şartlar, rekabet, küreselleşme ve teknolojinin gelişmesi ile artarak gelmiştir. Dünya vitrininde en ön sırada üretim kulvarında önemli yollar kat etmiş ülkelerin olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Bu özellikleri kendi toplumlarına daha iyi ekonomik koşullar ve yaşam kalitesi sunmuştur. Her çeşit üretim dalında yapılan yenilikler, doğrudan günlük hayatta kullanılan araç ve gereçlere yansımıştır. Gerçek olan şudur ki; insan nüfusu arttıkça teknoloji geliştikçe üretmek arzusu daima var olacak ve insanlığa hizmet etmeye devam edecektir.

Üretim faaliyetleri arasında yer alan en önemli ve en eski yöntem metal kesme işlemidir. 18. Yüzyılın sonlarından kullanılmaya başlanmış ve bu güne kadar gelişerek ve yaygınlaşarak gelmiştir. Teknolojinin gelişmesi, zevk ve ihtiyaçların değişmesi ile metal kesme işlemlerinin daha karmaşık ve daha zor olmasına sebep olmuştur. Özellikle otomotiv sanayisi, uçak ve nükleer endüstride metal kesme işleminin kullanılması yarı mamul olarak üretilen malzemelerin işlenmesini kolay hale getirmiştir. İmalat sektöründeki bu gelişmelere paralel olarak, kalite ve zaman en önemli iki kriter olmaya devam etmektedir. Fakat, metal kesme işlemlerinde bahsedilen bu iki kriter her zaman birbirleriyle ters orantılı olarak işlev görmüştür. Bunun sebebi; kalitenin artması, üretim süresinin de doğal olarak uzamasına yol açmasıdır. Buna ilave olarak; karmaşık yüzeylerin belli kalitede olması daha fazla zaman ve maliyete sebep olmuştur. Çünkü karmaşık yüzeyli parçaların metal kesme işlemlerinde kullanılan klasik tezgâhlarla işlenmesi zor ve bir o kadar da zaman alıcıdır. Son yıllarda üretilen 5 eksenli CNC tezgâhları, karmaşık yüzeyli parçaların kısa sürede ve iyi kalitede üretilmesini sağlamıştır. Böylece üretim süreci daha verimli hale gelmiştir. Karmaşık parçalardaki çeşitlilik ve her zaman daha iyi üretim yapma arzusunun bu tezgâhların ve tezgâh parçalarının geliştirilmesi ve iyileştirme ihtiyacı doğurmuştur. Gerek kesici takımlar, gerek işlem şartları gerekse kullanılan araçlar ve gereçler yoğun çalışmalar neticesinde çeşitlilik kazanmış ve geliştirilmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar; metal kesme işleminin kapsamını daha da genişleterek, farklı çalışma alanlarıyla bütünleşmesini sağlamıştır. Metal kesme işleminde; zaman sürecinin azaltılmasına ve maliyetin aşağıya çekilmesine yönelik olan bu çalışmalar, günümüze kadar süregelmiştir. Bir malzemenin üretilebilirliği veya bir metal kesme işleminin kullanılabilirliğinin daha önceden belirlenmesi, endüstri için önemlidir. Çünkü çok sayıda deney yapılarak bir malzeme ve operasyon tipi hakkında gereken bilgiler elde edilmektedir. Bu sayede de kayıp zaman ve maliyetin ortaya çıkmasına sebep olur.

Bu çalışmada, üç farklı takım tutucunun (Shrink, Weldon ve Pens) talaşlı imalat esnasındaki performanslarının karşılaştırılması, kesme parametrelerine bağlı olarak takımda meydana gelebilecek aşınmaları ve işleme sonucunda iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kesme işlemini gerçekleştirmek için kullanılan kesme takımı ve malzeme cinsine göre, kesme parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen kesme parametrelerine bağlı deney tasarımı Taguchi L9 ortogonal matrisine göre oluşturulmuştur. Her bir takım tutucuya aynı deney matrisi uygulanarak yapılan her talaş kaldırma işleminden sonra takım aşınma değerleri ve pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Tüm deneylerin bitiminden sonra takım tutucularda kullanılan kesici takımlar SEM' de (Taramalı Elektron Mikroskop) analizleri yapılmış ve performansları yorumlanmıştır.

1.2.Literatür

Boothroyd ve Knight, metal kesme işlemleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında; bir metal kesme işlemi boyunca elde edilen yüzey pürüzlülüğünü, iki bağımlı değişkenin toplamı olarak tanımlamışlardır. Bu bağımlı değişkenler, ideal yüzey pürüzlülüğü ve doğal yüzey pürüzlülüğü olarak ifade edilmiştir. Yapılan deneylerden; ilerleme arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlenmiştir. Pratikte kullanılan doğal yüzey pürüzlülüğünün; titreşimlere sapmalara, malzemenin karakteristiklerine ve talaş akışından kaynaklanan yüzey bozukluğuna bağlı olduğu araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.

Budak araştırmasında yüksek performanslı frezeleme için yapısal deformasyonlar, tolerans doğruluğu ve kesme kuvvetlerinin analitik modellemesini gerçekleştirilmiştir. İki bölümlü olarak yayınladığı araştırmasında frezeleme kuvveti, parça ve takım sapmaları, biçim hataları ve kararlılık modelleri sunulmuştur. Birinci bölümde kesme kuvveti, sapma ve biçim hatalarının modellenmesi üzerine odaklanılmıştır. İşleme değişkenleri olan kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve mil hızının optimize edilmesinde modellerin kullanımı deneyler ve simülasyonlar tarafından ispat edilerek çalışma tamamlanmıştır.

Budak ve arkadaşları, analitik yöntemlerle elde edilen, iş mili, takım tutucu ve takım frekans tepki fonksiyonları ile, deneysel olarak elde edilen bağlantı dinamik özelliklerinden yararlanarak, bütün sistem için gerekli frekans tepki fonksiyonlarının hesaplanması amaçlanmıştır. Bu sayede; her iş mili, takım tutucu ve takım kombinasyonu için kararlı bölge içerisinde kalacak şekilde en iyi kesme hız ve derinliği belirlemek mümkün olabilecektir. Çalışmada matematik modeller sunulmuş, alt sistemler için bulunan frekans tepki fonksiyonlarına örnekler verilmiştir.

Budak ve arkadaşları; iş mili – takım tutucu – takım sisteminin dinamik modellemesi ve takım ucu frekans tepki fonksiyonlarının elde edilmesi için bir analitik model geliştirmişlerdir. Modelin teorik uygulamaları; rulman ve bağlantı

dinamik özellikleri ile bazı tasarım ve uygulama parametrelerinin takım ucu frekans tepki fonksiyonları ve dolayısıyla sistem kararlılığına etkilerinin analizini içermektedir. Sunulan model sayesinde bir sistemin kararlılık diyagramının oldukça hassas bir şekilde elde edilebileceği ve elde edilen diyagramın istenilen şekilde değiştirilerek kararlılığın artırılabilceği, tezgâh üzerinde deneysel olarak gösterilmiştir.

GhaniI ve arkadaşlarının yapmış oldukları araştırmada TiN kaplı karbür takımın performansı, AISI H13 takım çeliğinin yüksek kesme hızında yüzey frezelenmesiyle değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin takım ömrü üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar takım ömrü üzerinde, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin yüksek etkisi olduğunu göstermiştir. Takım ömrünün kesme hızından önemli derecede etkilenmediğinden bahsedilmiş ve bunun tersi bir durumun yüksek kesme hızıyla birlikte yüksek kesme derinliği ve ilerleme kullanıldığında takımın zayıflığından kaynaklanan çatlak ve kırılmalarından olabileceği yorumu yapılmıştır. Sonuç olarak da takım ömrünü; yüksek kesme derinliği ve ilerlemelerden kaynaklanan kesme kenarındaki kırılmaların, yüksek kesme hızı sonucu açığa çıkan sıcaklıktan dolayı kaynaklanan takım aşınmasından, daha fazla etkilendiği söylenmiştir.

Mansour ve arkadaşları, yapmış oldukları deneysel çalışmada; karbon alaşımlı bir çelik malzemenin düz frezeleme metoduyla işlenmesi için tahmini bir pürüzlülük modeli geliştirmişlerdir. Toplam 24 deney, tahmini pürüzlülük modelinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi operasyon parametreleri seçilmiştir. Pürüzlülük için RSM yöntemi, deneylerin tasarımına göre kullanılmıştır. Matlab programı yardımıyla, malzeme çıkarma oranı için edilen sonuçlara göre; 0.6 mm'lik kesme derinliği ve 0.45 μm yüzey pürüzlülüğünde, 1.4 mm³/dak'lık malzeme çıkarma oranı bulunmuştur.

Mohammad ve arkadaşları; yapılan çalışmada takım tutucu geometrisinin ve kesme parametrelerinin takım aşınmasında ve takım ömründeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada; 90⁰' lik kesme açısına sahip takım tutucu ile 70⁰'lik kesme açısına sahip takım tutucu karşılaştırılmıştır. 90⁰' lik kesme açısına sahip takım tutucu 70⁰'lik kesme açısına sahip takım tutucuya nazaran daha iyi takım aşınması

sonucu vermiştir. Bunun sebebi 90^0 lik kesme açısına sahip takım tutucuda çalışma yüzeyinin 70^0 lik kesme açısına sahip takım tutucudan daha fazla oluşundan dolayı kesiciye gelen yükün tüm yüzeye dağılmasından dolayı aşınmanın daha az olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak 90^0 lik kesme açısına sahip takım tutucuda takım ömrünün 70^0 lik kesme açısına sahip takım tutucudakinden daha iyi olduğu gösterilmiştir.

Namazi ve arkadaşları; tırlamaların çoğu yüksek hızlarda yapılan frezeleme işlemlerinde takım tutucu-iş mili ve takım – takım tutucu arasındaki esnek bağlantıdan dolayı oluşur. Bu çalışmada takım tutucu ve iş mili ara yüzündeki bağlantı rijitliği ve sönümleyici modellenmiştir. İş mili montajı cevap fonksiyonlarının tahmini ile deney sonuçlarındaki hataların minimize edilmesi için yaylar modellenmiştir. Aynı zamanda bu çalışma bir takım tutucu ara yüzü ile yay elemanının dinamik sonuçlarının tanımlanmasını sağlamıştır. Bu yaklaşım ile Timoshenko çubuk elemanı metoduyla modellenmiş takım tutucu-takım ve takım tutucuya bağlanmış takımın dışarıda kalan kısmının dinamik yöntemleriyle takım tiplerinin cevap fonksiyonlarının tahmini için bir metod geliştirilmiştir. Bu method aynı zamanda yüksek hızlarda yapılan frezeleme işleminde meydana gelecek relatif aşınmanın etkilerinin analizinde de yardımcı olmaktadır. Çalışma sonuçlar resimlendirilerek yüksek hızlarda yapılan frezeleme işlemlerine pratiklik kazandırmıştır.

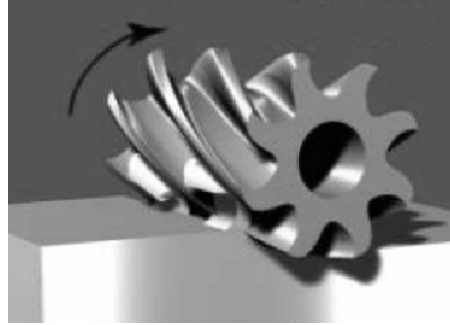
Öktem ve Özçelik; yapmış oldukları deneysel çalışmada; düz ve serbest formlu yüzeylerin 3 ve 5 eksende işlenmesi için kullanılan takım yolları ve operasyonları açıklamışlardır. Araştırmacılar, düz ve serbest formlu yüzeylerde meydana gelen pürüzlülüğü taşınabilir pürüzlülük ölçme cihazıyla ölçmüşlerdir. Operasyonlar için uygulanan kesme parametreleri, kesicilere ve alüminyum malzemeye göre seçilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü düz ve serbest form yüzeylerin her bölgesi için yapılmıştır. Sonuç olarak; en düşük yüzey pürüzlülüğü, serbest formlu yüzey üzerinde tasarlanmış harflerin üst kısmında elde edilmiştir.

Schmitz ve arkadaşları; yapılan çalışmada frezeleme işlemindeki cevap fonksiyonlarının tahmini için sıkı geçme bağlantısı mevcut olan takım tutucularında rijitlik/sönümleyici modellemiştir. Termal sıcak geçme bağlantılı takım tutucularda

takım takım tutucu arasında rijitlik ve sönümleyici davranışlarında karar vermek için bir sonlu elemanlar modeli geliştirilmiştir. Takım ve tutucu arasındaki eşdeğer sönümleyici kinematik viskozite ve tahsis edilen pozisyona bağlı rijitlik/sönümleyici profili takım tutucu ve takım arasında olan kısım ile ilgili bir yaklaşım sunulmuştur. Bu değer 3 farklı bağlama tekrarı vasıtasıyla temelli analiz metoduyla birleştirilmiştir. Bu analiz frezeleme operasyonlarında cevap fonksiyonlarının tahmininde kullanılmıştır. Eğer takım tutucu ve takımın tutucu içinde kalan kısmı bu sonlu elemanlar yönteminin çıkardığı sonuçlarla eşleşiyorsa bu bağlantının sert ve dayanıklı bir bağlantı şekli olacağı sonucuna varılmıştır. Bu çalışma deneylerle desteklenmiştir.

2. TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ

Kesici bir kenara sahip bir takım ile parça yüzeyinden Şekil 2.1’de görüldüğü gibi malzeme ayırma yöntemi talaş kaldırma olayı olarak adlandırılır. Bu olay esnasında iş parçasından ayrılan parçaya da talaş adı verilir

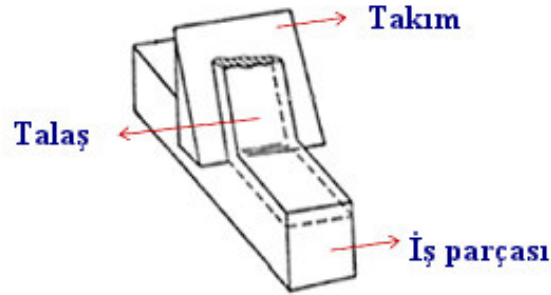


Şekil 2.1. Talaş Kaldırma Yöntemi [Akkurt, 2004].

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

2.1. Dik Kesme

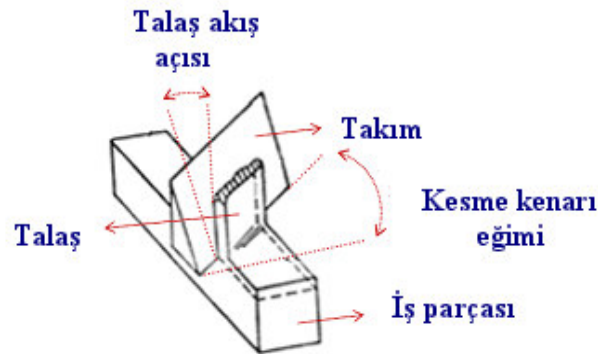
Dik kesmede işleminde kesme hızı vektörü ile takımın kesme kenarı birbirine diktir. Şekil 2.2.'de dik kesme modeli şematik şekilde gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Dik Kesme Modeli.

2.2. Eğik Kesme

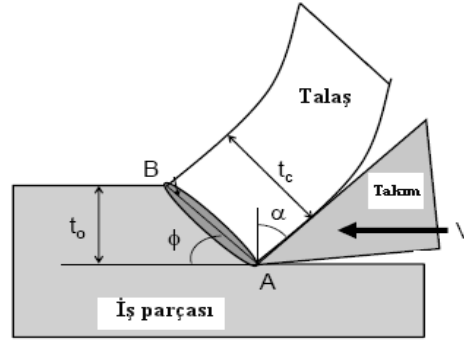
Eğik kesmede kesme hareketi ile kesici uç birbirine dik değildir. Şekil 2.3.'de eğik kesme modeli şematik şekilde gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Eğik Kesme Modeli.

Üç boyutlu kesme işlemlerini modellemek için iki boyutlu model üç boyutlu işlemlerin davranışlarını ideal gösteren bir geometriye sahip olduğundan deformasyon işleminin açıklanmasında bu iki boyutlu modelden yararlanılır. Şekil 2.4.'de iki boyutlu ortogonal model üzerinde kesme birinci kayma bölgesi, hızı vektörü, talaş açısı (α), kesme açısı (Φ), kesme yüzeyi boyunca iş parçasından

ayrılacak olan talaşın kalınlığı (t_o), kesme işlemi sonucu oluşan talaşın kalınlığı (t_c) şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.4. İki boyutlu ortogonal model [Akkurt, 2004].

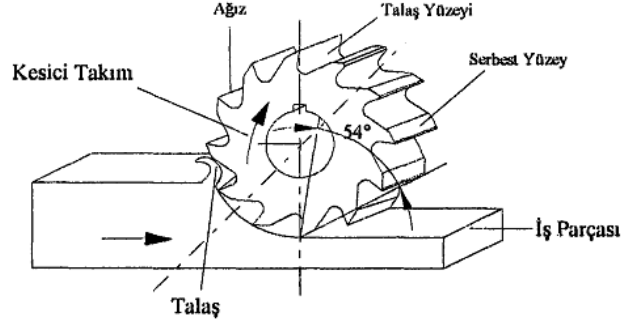
Takımın iş parçası üzerine talaş oluşumu için yeterli olan belirli bir kuvvetle bastırıldığı ve kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiği düşünülürse, takım ucunun temas ettiği metal tabakasında akmlar başlar ve gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı zaman tabaka talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca malzemenin ayrılır [Akkurt, 2004; Şahin, 2000].

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

2.3. Çevresel Frezeleme

Çevresel frezeleme, eksenini yatay durumda bulunan ve silindirik bir frezenin çevresindeki kesici dişlerle talaş kaldırma işlemidir. Bu yöntemde kesici takımın her bir dişi bağımsız olarak düşünüldüğünde talaş kaldırma işlemi; tornalamada olduğu gibi meydana gelir. Ancak burada iş parçası ilerleme hareketi yapar ve dişler belirli

bir eksen etrafında döner. Bu nedenle işlem sırasında talaş kesit alanı devamlı değişir. Bunu için tornalama işlemine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Şekil 2.5’de çevresel frezeleme görülmektedir.

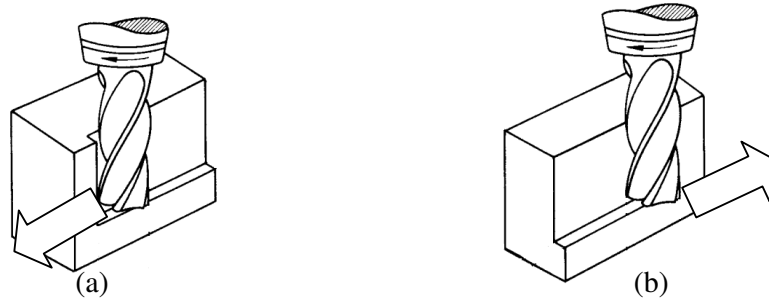


Şekil 2.5. Çevresel frezeleme işleminde talaş kaldırma işlemi [Akkurt, 2004].

2.4. Alın Frezeleme

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

Alın frezelemede, takımın işlenen yüzeyin genişliğine göre konumu Şekil 2.6.’da gösterildiği gibi simetrik veya asimetrik olabilir. Simetrik alın frezelemede frezenin yatay eksenini, işlenen yüzeyin orta çizgisi ile çakıştırır. Asimetrik alın frezelemede ise frezenin yatay eksenini, işlenen yüzeyin orta çizgisi ile çakışmaz [Akkurt, 2004]. Simetrik alın frezelemenin asimetrik alın frezelemeden farkı, talaş oluşumu sırasında talaşta kalınlık farkı olmamasıdır. Buda aynı yönlü ve zıt yönlü frezeleme yönteminin uygulamasını ortadan kaldırır.



Şekil 2.6. (a) Simetrik alın frezeleme , (b)Asimetrik alın frezeleme .

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

1. Zıt yönlü frezelemede kesme kuvveti ile iş parçasının karşı koyma kuvveti zıt yöndedir. Bu sebeple meydana gelen kesme kuvveti bileşkesi büyüdüğünden tezgâhın enerji sarfıyatı artmaktadır.

2. Kesme kuvvetinin başlangıçta en yüksek olması, aynı yönde frezeleme yöntemi için bir kusurdur. Parçayı tablaya bastırıyor çalışması ise bir üstünlüktür. Bu sayede iş parçasının titreşimi azalacak ve yüzey kalitesi yükselecektir.

3. Döküm yoluyla elde edilen parçaların yüzeylerinde sert tabaka olduğundan aynı yönlü frezeleme yönteminde kesme dişi başlangıçta sert tabakaya nüfuz etmeye çalışır. Bu nedenle takım daha çabuk aşınır ve takım ömrü azalır.

4. Zıt yönlü frezeleme yönteminde diş daha yumuşak olan işlenmiş yüzeye nüfuz edecektir. Ancak kesme ağzının ucu çok azda olsa yuvarlatılmış olması nedeniyle diş ilk temasında kayacak ve daha sonra malzemeye nüfuz edecektir. Bu kayma takım aşınmasına ve takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır.

5. Zıt yönlü frezeleme yönteminde talaş kaldırma esnasında iş parçasının yüzeyinde oluşan elastik ve plastik deformasyon etkisinden dolayı işlenen iş parçasının yüzey kalitesi iyi değildir.

2.6. Frezeleme İşleminde Kullanılan Genel Formüller

Frezeleme işleminde kullanılması gereken bazı formüller aşağıda verilmiştir..

$$\begin{array}{ll} \text{Kesme hızı} & v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000} \\ \text{(m/dak)} & \end{array} \quad [2.1]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Fener mili hızı} & n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c} \\ \text{(dev/dak)} & \end{array} \quad [2.2]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Tabla ilerlemesi (ilerleme hızı)} & v_f = f_z \times n \times z_n \\ \text{(mm/dak)} & \end{array} \quad [2.3]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Dış başına ilerleme} & f_z = \frac{v_f}{n \times z_n} \\ \text{(mm)} & \end{array} \quad [2.4]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Devir başına ilerleme} & f_n = \frac{v_f}{n} \\ \text{(mm/dev)} & \end{array} \quad [2.5]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Talaş kaldırma hızı} & Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000} \\ \text{(cm}^3\text{)} & \end{array} \quad [2.6]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Spesifik kesme kuvveti} & k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c} \\ \text{(N/mm}^2\text{)} & \end{array} \quad [2.7]$$

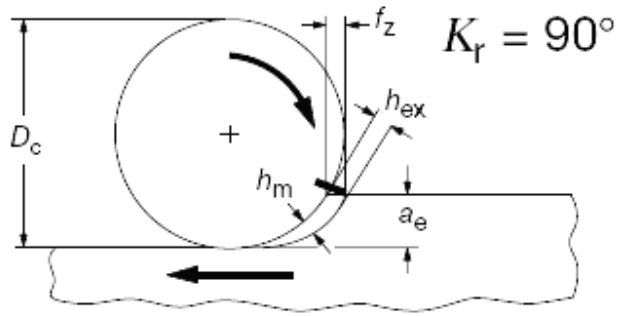
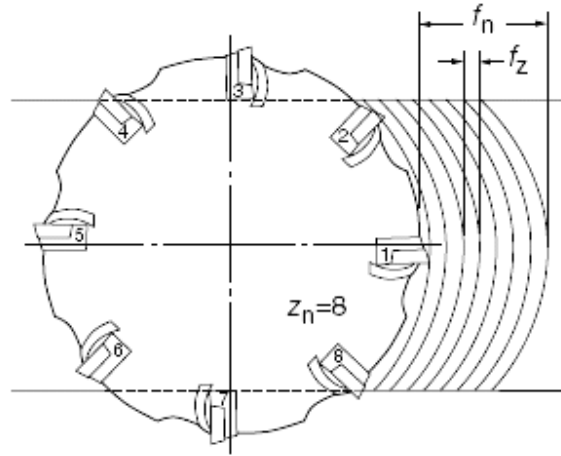
$$\begin{array}{ll} \text{Ortalama talaş kalınlığı (mm)} & h_m \approx f_z \sqrt{\frac{a_e}{D_c}} \\ a_e/D_c \leq 0.1 \text{ iken} & \\ \text{(Kenar ve alın frezeleme)} & \end{array} \quad [2.8]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Ortalama talaş kalınlığı (mm)} & h_m = \frac{\sin \kappa_r \times 180 \times a_e \times f_z}{\pi \times D_c \times \arcsin\left(\frac{a_e}{D_c}\right)} \\ a_e/D_c \geq 0.1 \text{ iken} & \end{array} \quad [2.9]$$

$$\begin{array}{ll} \text{İşleme zamanı} & T_c = \frac{l_m}{v_f} \\ \text{(dak)} & \end{array} \quad [2.10]$$

$$\begin{array}{ll} \text{Net güç (kW)} & P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \eta} \end{array} \quad [2.11]$$

Şekil 2.8’de formüllerde geçen terimlerin şematik gösterimi verilmiştir.



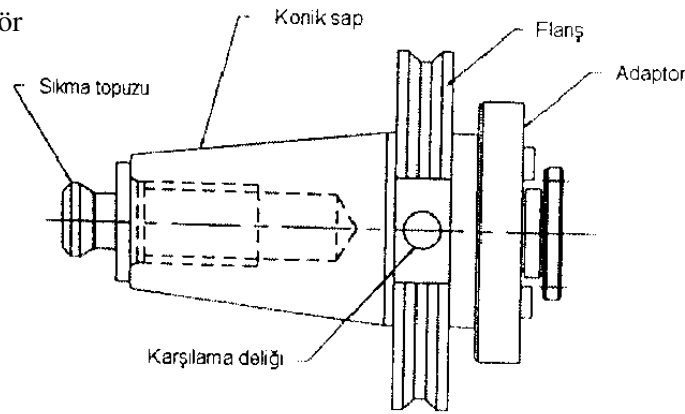
Şekil 2.8. Formüllerle hesaplanan bazı değerlerin şematik gösterimi.

[Dursun, 2007]

3. CNC TEZGÂHLARDA TAKIM TUTTURMA SİSTEMLERİ

Takım tutucular, otomatik olarak iş mili ucundaki veya dışındaki kesici takımları değiştirmeyi kolaylaştırmak için kullanılırlar. Takım tutucu, beş temel bileşenden oluşur. Şekil 3.1’de bu bileşenler gösterilmiştir.

1. Konik sap
2. Flanş
3. Sıkma topuzu
4. Karşılama delikleri
5. Adaptör



Şekil 3.1. Takım Tutucu [Çömlekoğlu, 1992]

Şekil 3.1.’de gösterildiği üzere takım tutucular beş temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler takım tutucunun işleyişini, türünü ve fonksiyonunu direkt olarak etkileyen kısımlardır. Bu bileşenlerin özellikleri sırasıyla açıklanmıştır.

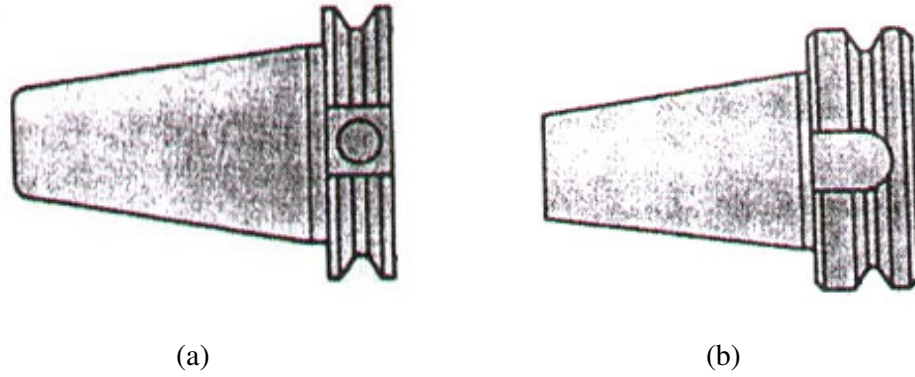
3.1. Konik Sap

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

- #30 Çok küçük tezgahlar,
- #40 Küçük tezgahlar,
- #50 Orta büyüklükteki tezgahlar
- #60 Çok büyük kapasiteli tezgahlarda kullanılır.

3.2. Flanş

Flanş, takım tutucunun takım kavrayıcı veya tezgah iş mili tarafından kavranmasına izin verir. Yaygın olarak kullanılan iki flanş tipi vardır. Bunlar V tipi ve BT tipi flanşlardır. Şekil 3.2’de flanş tipleri gösterilmektedir. Deneylerde BT tipi flanş türüne sahip takım tutucular kullanılmıştır.

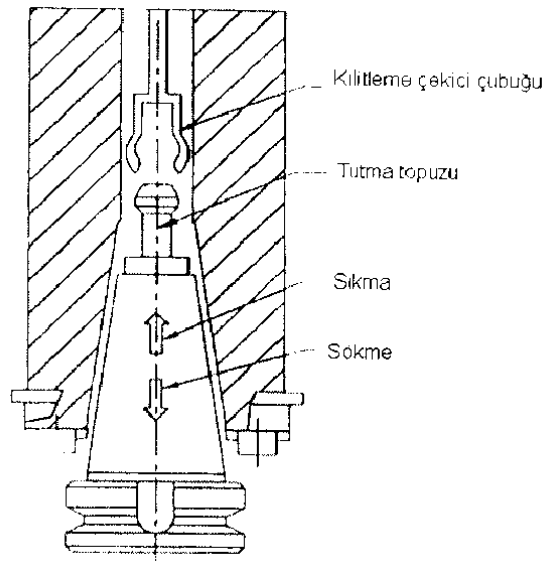


Şekil 3.2. Flanş tipleri, a) V tipi flanş, b) BT tipi flanş [Çömlekoğlu, 1992].

3.3. Tutma Topuzu

Tutma topuzu, takım tutucunun sağlam bir şekilde iş mili içine çekilerek iş mili çeki çubuğunun kilitlenmesine izin verir ve takım tutucuyu otomatik olarak bırakır. Şekil 3.3.’de tutma topuzunun şematik gösterimi verilmiştir.

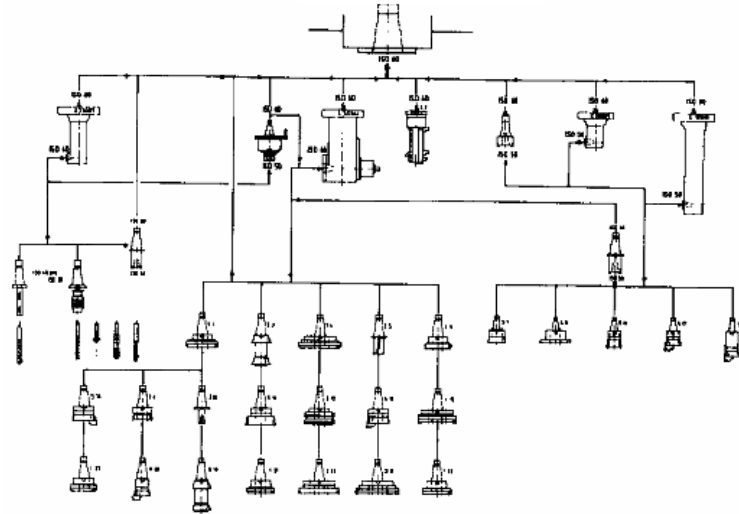
Tutma topuzları, değişik biçim ve büyüklüklerde yapılır. Bunların birbiri yerine değiştirilebilir olması gerekli değildir. Sadece, takım tezgâhı imalatçısı tarafından belirtilen tutma topuzları kullanılmalıdır.



Şekil 3.3. Tutma topuzu [Çömlekoğlu, 1992].

3.4. Adaptörler

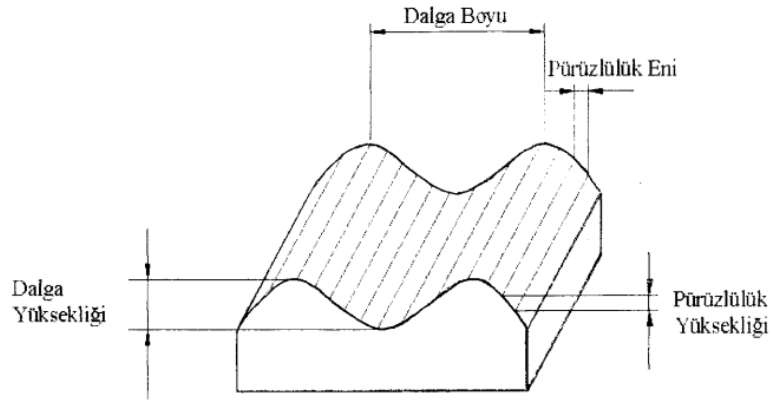
Adaptörler, farklı tip ve büyüklükteki kesici takımları tutabilmesi için değişik özelliklerde tasarlanır. Takım tutucular, genellikle kendi adaptör tipine göre adlandırılırlar. Çoğunlukla kullanılan adaptörler; parmak freze tutucuları, alın freze tutucuları, kılavuz tutucuları, pense tutucular, mors koni tutucular, jacob koni tutucular ve adi sap tutuculardır. Şekil 3.4'te takım tutucu seçim kartı gösterilmektedir. Adaptör konfigürasyonu ve büyüklüğünü belirten kabul edilmiş standart yoktur.



Şekil 3.4. Freze tezgahları için takımlama sistemi [Çömlekoğlu, 1992].

4. YÜZEY KALİTESİ VE ÖLÇÜMÜ

İmalat teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak sadece boyutsal özelliklerin ölçülmesi yeterli olmayıp, birbiri ile ilişkili olmayan yüzeylerin pürüzlülüklerinin de ölçülmesine ihtiyaç duyulmuştur. Talaş kaldırmanın amacı; sadece şekil vermek değil, aynı zamanda parçanın boyut ve yüzey özellikleri bakımından belirli bir doğruluk derecesine göre imalat edilmesini sağlamaktır. Bu olaya genel olarak işleme kalitesi denir. İşleme kalitesi; boyut, geometrik ve yüzey kalitesinden meydana gelir. Bir takım tezgahında, üretilen parçanın kalitesi, tezgahın kararlılık derecesinin ölçüsüdür. Zira herhangi bir talaşlı imalat sisteminin çıktısı işlenmiş yüzeylerdir. Bir yüzey yapısının kontrolünde üç önemli faktör vardır bunlar sırasıyla; yorulma ömrü, yataklık etme özelliği ve aşınmadır. Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki tür yüzey sapması meydana gelir. Dalgalılık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Şekil 4.1’de dalga boyu, pürüzlülük ve dalga yüksekliği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri [Akkurt, 2004]

Yüzey kalitesini etkileyen birçok değişik faktör vardır. Parçanın işlenmesi sırasında takım hatalarına ve kesme sırasında meydana gelen titreşimlere bağlı olarak iş parçasında geometrik hatalar meydana gelir. Kesici takım hataları; takımın hatalı olarak yerleştirilmesi, kesici takımın kesme esnasında kesme kuvveti etkisiyle şekil değiştirmesi ve takım aşınması olarak karşımıza çıkar.

Yüzey pürüzlülüğü standartlara göre yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profili olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olarak belirlenir. Düz bir yüzey denildiğinde dalgasız, pürüzsüz denildiğinde dalgalı, fakat gözle bakıldığında veya tırnakla kontrol edildiğinde, pürüzlülükleri fark edilmeyen yüzeyler anlatılmak istenir. Dalgalılık, genellikle yüzey geometrisini tanımlayan bir ifadedir. Doğrultu, yüzey pürüzlerinin referans alınan bir alın yüzeyine göre durumunu belirler. Yüzey geometrileri, işleme metoduna bağlı olarak değişir. TS 2040'a göre işleme izleri; izdüşümü düzlemine paralel, dik, her iki yönde çapraz, çok yönlü dairesel ve radyal olarak sınıflandırılmıştır.

Pürüzlülük, işlenen yüzeyde örnek uzunluk boyunca ölçülen, küçük alanlı mikro düzensizliklerdir. Yüzey yapısı esas itibariyle işleme metoduna, titreşimlere, tezgah yapısındaki hatalara, takımın tip ve durumuna, kesme parametrelerine, iş malzemesi ve toplam tezgah kararlılığına bağlı olarak değişir. Takım ucunun yuvarlatılması, talaş kesitinin bombeli teşekkülüne sebep olur. Bu durumda gerçek talaş kesiti, teorik talaş kesitinden daha küçük olur ve aradaki fark kadar parça üzerinde artık talaş kalır. Bu kaldırılmamış talaş kesiti, yüzey pürüzlülüğünü meydana getirir [Akkurt, 2004].

4.1. Yüzey Kalitesinin Ölçüm Metotları

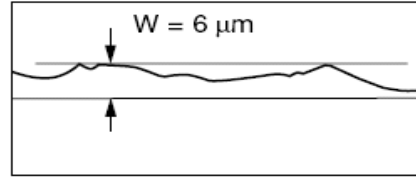
Yüzey kalitesi ölçümlerinde dalgalılık ve yüzey pürüzlülüğü olmak üzere iki yüzey özelliği ile karşılaşmaktadır. Talaşlı imalat teknolojisinde yapılan çalışmalarda yüzey sonuçları araştırılırken yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Bu iki yüzey durumunu kısaca inceleyelim.

4.1.1. Dalgalılık

Biçim titreşimi veya dalgalılık (W) yüzeyin makro yapısıdır (Şekil 4.2.). Kabul edilemeyen dalgalılık aşağıdaki sebeplerden oluşur;

- Hassas olmayan freze veya fener mili,
- Kesici uçların aksenal hareketi.

Dalga tepesi arasındaki mesafe genellikle devir başına ilerleme ile çıkarılır [Sandvik Coromant, 2003].



Şekil 4.2. Dalgalılığın şematik gösterimi [Öktem,2004].

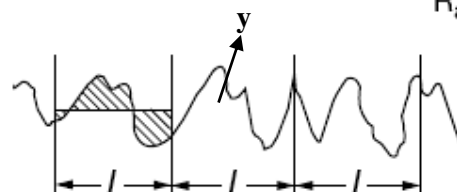
4.1.2. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey düzensizliği veya pürüzlülüğü kesme kenar kalitesine bağlıdır, yani talaş yığılması veya iş parçasının malzeme kalitesi, kesme parametreleri ve yukarıda bahsedilen diğer nedenler [Akkurt, 2004. Öktem, 2004]. Pürüzlülük yüzeyin mikro yapısıdır. Profilmetre denilen bir cihazla ölçülür. R_t değerlendirilen uzunluk boyunca maksimum tepe-çukur değeridir, yani L örnekleme uzunluğu, R_{max} bir L örnekleme uzunluğundaki yüksekliktir [Sandvik Coromant, 2003].

Yüzey düzensizlikleri, dalgalılık üzerinde yüzey pürüzlülüğü olarak uygulanır ve $W+R_{max}$ grafiği gerçek yüzey kalitesini gösterir [Sandvik Coromant, 2003].

A. R_a , R_q (Ortalama çizgi sistemi)

R_a bir pürüzlülük parametresidir. Profilin orta çizgisinden ayrılmalarının aritmetik ortalamasıdır ve Şekil 4.3.'ün incelenmesi ile görüleceği üzere birbiri ardına gelen birkaç L örnekleme uzunluk boyunca meydana gelen tepe ve çukurların oluşturduğu alanların ortalamasının sonucu olarak belirlenir. Grafikteki R_a değerleri yüzey kalitesinin yetersiz göstergeleridir, yalnızca ortalama sapmayı gösterir ve dalgalılığı içermez.



The diagram shows a wavy line representing a surface profile. A horizontal line represents the mean line. The area between the profile and the mean line is divided into three segments, each of length L . The areas above and below the mean line are shaded. A vertical arrow labeled y indicates the deviation from the mean line.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx \approx 0.2 R_t \quad [3.1]$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L y^2 dx} \approx 1.1 R_a \quad [3.2]$$

Şekil 4.3. Ortalama çizgi sistemi (R_a , R_q).

Ortalama çizgi tepe ve çukurlar boyunca merkezi olarak devam eder. Ortalama çizgi, matematiksel olarak çizginin alt ve üstünde yer alan tepe ile çukurları birbirinden alansal olarak ikiye ayırır [Sandvik Coromant, 2003].

R_q bilimsel ölçüm ve istatistiklerde kullanılan ortalama alanı hesaplamasının diğer bir yöntemidir ve ortalama alanların kareleri toplamının karekökünü almak şeklinde ifade edilir.

$$R_a = \frac{a + b + c + d}{4} \quad [3.3]$$

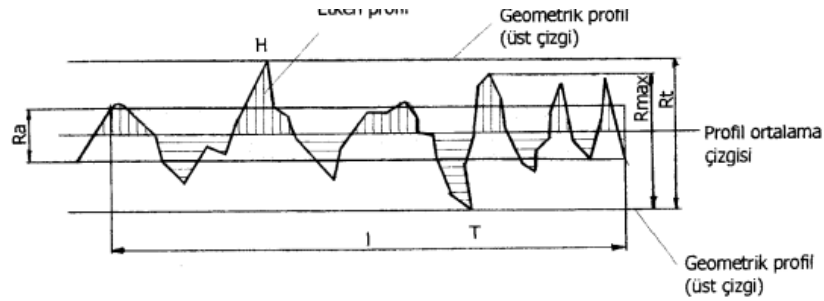
ve

$$R_q = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}{4}} \quad [3.4]$$

R_a değerini profilden kaydederek grafiksel olarak belirlemek daha kolaydır. R_a değeri, pürüzlülük ölçüm cihazları genel kullanımda yaygınlaşmadan önce kullanılmaya başlanmıştır. Pürüzlülük parametresi aletsel olarak belirlendiği zaman R_q değeri elektriksel filtrelerdeki faz etkisinin önemsiz olmasından dolayı basitlik avantajına sahiptir. Ayrıca istatistikî çalışmalar için R_q değerleri, R_a değerlerinden daha önemlidir [Öktem, 2004]. Şekil 4.4'te yüzey kalitesi parametreleri şematik olarak verilmiştir.

$$Ra = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{L} = \frac{\sum A}{L} \quad [3.5]$$

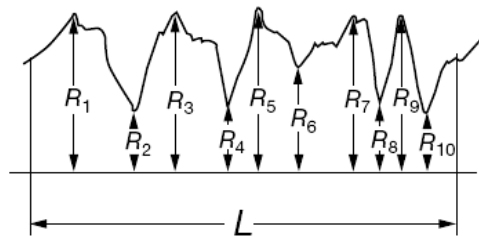
$$Ra = \frac{\sum A}{L} \times \frac{10^3}{m_v} \quad [3.6]$$



Şekil 4.4. Yüzey kalitesi parametreleri [Kurt.1997]

B. Rz (On-nokta Yüksekliği)

R_z aynı örnekleme uzunluğunda Şekil 4.5.'de gösterildiği gibi en yüksek beş tepe ve en derin beş çukur arasındaki ortalama mesafedir [Sandvik Coromant, 2003].



$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$

Şekil 4.5. Rz'nin hesaplanmasındaki kullanılacak çukurların şematik gösterimi [Öktem,2004].

4.2. Yüzey Hatalarının İncelenmesinde Genel Kurallar

İşlenmiş bir yüzey üç-boyutlu bir uzaya sahip olduğundan, bir yüzeyin hatasız kabul edilen başka bir yüzeye göre incelenmesi, üç-boyutlu bir geometri problemidir [Anon.1989]. Ancak yüzeye dik alınan bir kesit düzlemi üzerinde hata profillerinin incelenmesiyle problem iki boyuta indirgenebilir. Bu durumda pürüzlülüğün derecesi, seçilen bu düzlemin konumuna bağlıdır. Eğer pürüz doğrultusunda ölçüm yapılırsa, elde edilen pürüzlülük değerinin, pürüzler doğrultusuna dik yapılan ölçümle elde edilene göre daha az olması tabiidir. Bu tek doğrultulu pürüzlü yüzeyler için doğrudur. Çok yönlü karmaşık izlerde, iki ayrı yönde yapılan ölçüm sonuçları arasında fark daha az olur. Tek yönlü izlerin olduğu yüzeylerde, herhangi bir yön belirtilmemişse, ölçümler iz doğrultusuna dik yapılmalıdır. Çok yönlü izlerde ise birkaç değişik yönde yapılan ölçümlerin ortalaması alınmalıdır. Tatmin edici bir değer vermesi için esas pürüzlülük izlerinin dalga boyu ne kadar büyük ise, numune uzunluğu o kadar uzun olmalıdır. Yüzey kalitesini etkileyen faktörler arasında aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

Tornalama için;

$$R_t = \frac{f^2}{8r} \quad [3.3]$$

ve frezeleme için;

$$R_t = \frac{f \cdot r^2 \cdot 1000}{4D} \quad [3.4]$$

bağıntısı yazılabilir [Sandvik Coromant,1996].

4.3. Yüzey Kalitesinin Değerlendirilmesi

Endüstride yüzey kalitesi genellikle R_p veya R_a değerleri ile ifade edilmektedir. Parça imalat resimleri üzerine bu değerlerden birisi yazılır. R_a değerleri ISO sistemine göre standartlaştırılarak μm ve μin olarak veya N harfi ile sembolize edilmiştir. Tabloda tespit edilen R_a değerleri ve buna karşılık gelen ters üçgenli daha önce kullanılan yüzey işleme kaliteleri verilmiştir.

Tablo 4.1. R_a değerleri ve yüzey kalite işaretleri [Özçilingir ve Şen]

Pürüzlülük Derecesi	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
R_a (μm)	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
CLA (μin)												
Sembol	▼▼▼▼			▼▼▼			▼▼			▼		

4.4. Yüzey Kalitesi Gereksinimleri

Yüzey kalitesi en iyi şekilde pürüzlülük ve dalgalılıkla tarif edilir. İyi bir yüzey kalitesi elde etmenin yolu, düz siliciye sahip kesicilerin kullanılmasıdır. Silici diğer kesici uçlardan yaklaşık 0.05 mm aşağıda bulunur. Silicinin bulunduğu kenar temel olarak radyal yönde kesme yapar. Kademesiz bir yüzey için f_n (devir başına ilerleme) paralel yüzeyin %60 ile sınırlandırılmalıdır [Öktem, 2004]. İşleme sırasında ilerleme hızının artışı, iş parçasının ortalama yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır. Ayrıca yüksek ilerleme değerleri kesme kuvvetlerini artırdığından, takımda sapmalar meydana gelecek ve yüksek yüzey pürüzlükleri meydana gelecektir [Rahman, 2003].

4.5. Stylus Cihazları ve Stylus Cihazının Çalışma Prensibi

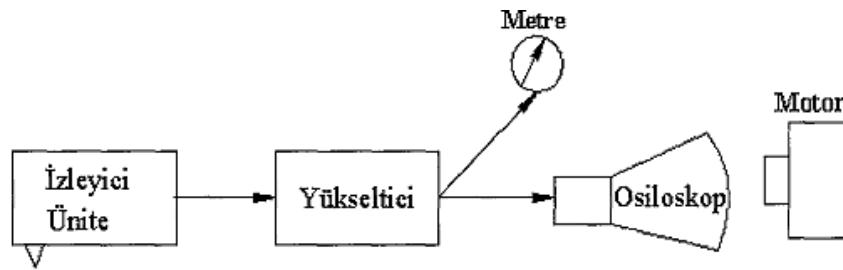
Stylus cihazları, yüzey pürüzlülük ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan cihazlardır ve bir çok ölçüm ortamında kolaylıkla bulunabilirler. Stylus cihazlarının geçmişten bu yana ve günümüze en yaygın olarak kullanılan tipleri, şunlardır;

1) Schmaltz Kaydedci 2) Kontrgraph 3) Tomlinson Yüzey Kaydedici 4) Profilometre 5) Talysurf. Fakat, bu bölümde sadece günümüzde yaygın olarak kullanıldığı için, Talysurf ve Profilometre tipi stylus cihazları anlatılmıştır.

4.5.1. Profilometre

Yüzey dokusunun değerlendirilmesi için bir elektrikli transdüktör kullanma prensibi, 1931 yılında REW. Harrison yardımıyla tanımlanmıştır.[Dagnal, 1986]. Ticari amaçlı olarak Amerika'da, E. J. Abbott tarafından dizayn edilmiştir. Profilometre, elle yüzeyin bir ucundan diğer bir ucuna doğru hareket ettirilerek çalıştırılır ve profil katot ışınli bir tüpün ekranına gösterilir. Bu tip bir cihaz, kalıcı kayıt sağlama özeliğine sahiptir ve dikey büyötmeler, 500000X civarındadır.

Bir AC voltmetre yükselticiden elde edilen çıkışı ölçer ve profilin dalgaboyu RMS değerinin okumasını sağlar. Şekil 4.6.'de profilometrenin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.6. Bir profilometrenin şematik dyagramı [Öktem,2004].

4.5.2. Talysurf

1935 yılında, Taylor ile Habson tarafından yüzey dokusunun ölçülmesi ve büyük bir araştırma için yapılmıştır. Taylor tarafından geometrik standartlar ve ölçümlerin cihazla kontrolü için matematiksel temeller araştırılmıştır. Sonuç uzun sürmüştür, fakat çoğu ölçüm amaçları için kullanılmıştır. Talysurf cihazı, hem ulusal hem de uluslar arası olarak yüzey dokusunun ölçülmesinde standartlaşma yönünden önemli katkı sağlamıştır.

4.5.3. Stylus Cihazlarının Yapısı

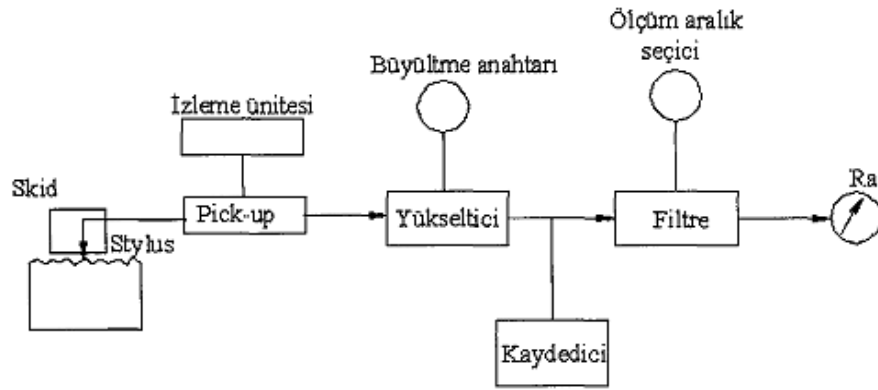
Bu cihazlar, uç kısımda yer alan temas iğnesinden isimlerini alırlar. Stylus, yüzeyin bir ucundan diğer ucuna hareket ettirilir ce pick-up (dokunarak toplama) stylus dikey hareketlerini bir elektrik sinyaline dönüştürülür. Bu sinyal yükseltilir ve bir kaydediciyi harekete geçirmek için kullanılır. Filtrelenmiş bir sinyalden çıkarılan R_a değeri, ya bir pointerle (işaret edici-göstergeç) yada dijital tip bir metreyle gösterilir. Daha küçük cihazlar, kaydediciyle kullanılmazlar ve sadece R_a değerinin okunmasını sağlarlar.

Stylus cihazlarında kullanılan metoda göre iki ölçekli profil kesitinde stylus cihazının izleme hareketiyle yüzeyin yapısının araştırması “ Stylus Metod” olarak adlandırılır [Öktem,2004].

Yüzey düzensizliklerinin değerlendirilmesinde, genellikle elmas tip bir stylusla donatılmış bir toplayıcı (pick-up) kullanılır. Stylus, kayma hareketinden oluşan sürtünmeye karşı bir pick-up’a takılır. Pick-up, kayıcı üniteyle yüzey boyunca hareket ettirildiği zaman, stylus yüzeyin düzensizliklerini doğru olarak takip eder. Profil tepe ve çukurları, dikey stylus hareket etmesine neden olur. Bu yer değiştirmeler, ölçmeye ve değişim bilgisayarına beslenen elektrik sinyallerine elektro-mekanik bir dönüştürücüyle çevrilir [Öktem,2006].

Bir stylus cihazı aşağıdaki elemanlardan oluşur. Bir stylus cihazının temel bileşenleri, Şekil 4.7’da gösterilmiştir.

- Stylus
- Pick-up
- Skid
- Hareket Ünitesi
- Yükseltici
- Filtreler
- Ölçüm Bilgisayarı
- Kaydedici



Şekil 4.7. Bir stylus cihazının şematik yapısı

Şekil 4.9’da stylus cihazını oluşturan bileşenlerin fonksiyonel özellikleri ve işlevsel özelliklerini kısaca açıklayalım.

- *Stylus (uç)* : Ölçüm cihazı ile yüzey arasında aktif teması sağlar. Bundan dolayı; sistemin çok önemli parçasıdır. Stylusun ölçüsü ile şekli, yüzeyden elde edilebilen pick-up’ın bilgisinde önemli bir etkiye sahiptir. 1 μm ’lik bir uç yarıçapına sahip stylusla dahi,yüzey üzerinde meydana gelen çizikleri görmek mümkündür. Buna rağmen; R_a değeri ortalama bir parametre olduğundan, en iyi yüzey dokusun ihmal edilmesi elde edilen değere önemli bir etki yapmaz. Bir dizi test sonucu elde edile R_a değeri için, iiki farklı uçta (1.25 μm ve 10 μm) stylus kullanılmıştır. Her iki stylusla elde edilen değerler, 4.5 ile 3.25 μm , 8

ile 7.5 μm , 11 ile 10 μm ve 26 ile 25 μm arasında değişmektedir. Burada; değerlerinin farklı olmasının sebebi, bir ucun diğerinin 8 kat daha büyük olmasından kaynaklanır. Şekil 4.8. stylus ucunun düz bir yüzey üzerinde izleme hareketini göstermektedir.



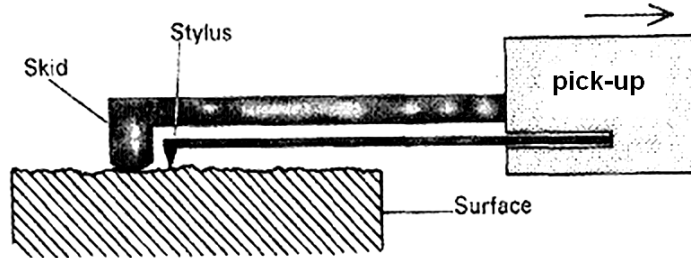
Şekil 4.8. Bir stylus ucunun gerçek iş parçası üzerinde izleme yapması

- *Pick-up (toplayıcı)*: Pick-up, stylus cihazının en önemli parçalarından birisidir. Bir pick-up, yüzeyi tara ve yüzeyindeki düzensizlikleri elektrik sinyaline dönüştürür. Pick-up'larda hassasiyet gerekli olduğundan, 0.01 μm veya daha az stylus hareketini sağlayan pick-up olmalıdır.

Elektrik sinyali çok küçük olup ve stylus hareketinden 50000 veya 100000 kat daha büyük bir kalem hareketi gerekli olduğundan gözle görülebilir bir büyümeye tabi tutulmalıdır [Sender,1991].

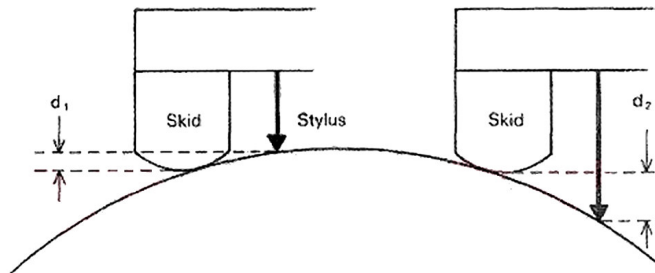
Pick-up'lar operasyon tipine bağlı olarak, Konum hassasiyetli ve Hareket hassasiyetli olmak üzere ikiye ayrılır. Konum hassasiyetli pick-up'lar, stylus durağan olduğu zaman dahi, yer değiştirmeye orantılı olan bir sinyal verirler. Çıkış değeri, yer değiştiren stylusun hızından bağımsızdır ve stylusun dikey hareket aralığı içindeki pozisyonuyla ilişkilidir. Hareket hassasiyeti pick-up'lar; stylus hareket etmesi durumunda, bir çıkış verirler. Stylus yer değiştirdikçe, hızla ilişkili olan çıkış pick-up durgun hadliğinde "0" olur. Yer değiştirme çok yavaş olduğu zaman, çıkış

oldukça küçüktür ve pratik uygulamalar için "0" dır. Bunun anlamı; dalgalılık ve form değişimleri profilden çıkarılmıştır. Bundan dolayı; bu tip pick-up'lar en yaygın kullanılan cihazlardır. Stylus ve pick-up'ın kayıcı destek mekanizmasıyla bir yüzey üzerinde birlikte kullanılması Şekil 4.9'de gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Stylus, skid ve pick-up'ın gösterilmesi [Dagnal, 1986]

- *Kayıcı Destek (Skid)*: Pick-up, bir kayıcı destek mekanizması yardımıyla bir ucundan ve izleme hareket koluna ise, diğer bir ucundan takılır. Burada; skid, stylusun önünde bir kayıcı görevi yapar. Aynı zamanda; pick-up'ın durmakta zorladığı parça yüzeylerine iç bükü ve dış bükü şekilleriyle kullanılabilir. Skid yarıçapı, yüzeydeki tepe ve çukurların yarıçapından büyük olabilir. Skid uçları, yüzeyin şekline göre seçildiği için uygun bir biçimde olması ölçümün o derece hassas olmasını sağlar. Şekil 4.10., kayıcı destek mekanizmasının dış bükü bir yüzeyinin iki noktasındaki konumunu göstermektedir.



Şekil 4.10. Stylusun destek mekanizmalarıyla eğrisel yüzey üzerinde izleme yapması [Dagnal, 1986].

- *İzleme Ünitesi (Hareket Ünitesi)* : Bu birim, ölçülen yüzeyin bir ucundan diğer ucuna doğru düz bir hat boyunca sabit hızda izleme sistemi çizer. Eğer izleme ünitesi kayıcı destekle donatılmışsa, büyük ölçekli yüzey düzensizlikleri kolaylıkla elde edilebilir. Hareket etme hızı, normalde 0.1 veya 0.5mm/s'dir.

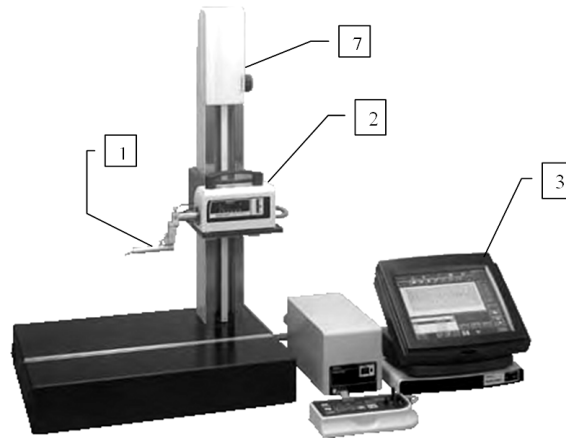
Parametre ölçümleri ve profil grafikleri, genellikle izleme yönünde yapılır. Fakat, son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu elde edilen yüzeyler için üç tür izleme yönü belirlenmiştir. Herhangi bir üretim işleminde kullanılan kesme yönüne göre, bu kesme yönünün tersi yönünde ve kesme sonucu oluşan izlere dik yönde hareket etme yönleri oluşturulmuştur. Böylelikle; yüzey dokusunun düzensizlikleri, pürüzlülük yönünden geniş bir biçimde incelenmiştir.[Dagnal,1986].

- *Yükseltici* : Stylus dikey yer değiştirmeleri, son derece muntazamdır ve pick-up çıkışı $\times 100000$ 'e yakın büyütme vermek amacıyla önemli ölçüde arttırılmalıdır. Bilinmeyen etkilerle karşılaşmaksızın, bu yüksek oranı elde etmek için yüksek kalitede elektronik parçalar ve devre dizaynı gereklidir. Elektronik ekipmanlardaki gürültü; sesi tarif etmez, fakat parça içindeki elektron hareketi ve ıl etkilere yol açan değişken voltaj ile elektrik sinyali sesi oluşturur. Yüzey dokusunun ölçülmesinde kullanılan yükselticilerin bir dezavantajı, güvenilebilir olarak ölçülen R_a değerini sınırlamasıdır. Yükseltici, bir anahtarla seçilen büyütmelemlerin bir dizisini birleştirir [Sender,1991].
- *Filtreler* : elektriksel bir cihazda, pürüzlülük parametreleri için ölçüm aralığı (cutt-off),dalga boyunun en düşük frekanslarını sıkıştıran bir filtreyle belirlenir. Filtre karakteristiği, seçilen ölçüm aralığında sert değişmelidir. Fakat bahsedilen bu filtre pratikte ekonomik olarak elde edilemez. Bunun için; filtre ölçüm aralığı, % 75'e yakın bir dönüşüm vermek amacıyla standartlaştırılmıştır. Bunun anlamı; ölçüm aralığına eşit olan bir boşluğa sahip düzensizliklerin şiddetleri,bu boşluk değerlerinin %75'i kadar azalacaktır.

Filtreler, genellikle parametrelerin saptanması için gerekli olan sinyaller üzerinde kullanılırlar. Birçok kayıt, pick-up'la elde edilebilen yüzey bilgisinin hepsini kapsar.

- Kaydedici (Kayıt Ünitesi): Kaydedici, tarana yüzey profilinden elde edilen en ayrıntılı bir grafik çıkışı verir. Genelde, bir profil kadedici aşağıdaki profil tiplerinin gösterilmesine izin verir.

Kaydedicinin frekans cevabı, profildeki en iyi detayın nasıl kaydedilebileceğinin saptanması için oldukça önemlidir. Aynı zamanda pick-up'ın yüksek hızda hareket etmesini saptayan en önemli sınırlama faktörüdür. Şekil 4.11 bir stylus cihazında yer alan tüm elemanların gerçek resmini göstermektedir.



Şekil 4.11 Gelişmiş bir stylus cihazının bileşenleri

- (1) Pick-up
- (2) İşleme Ünitesi
- (3) Yüzey ölçme cihazı(kaydetme ünitesi, Elektriksel filtre, Ölçme işlemcisi)
- (7) Ölçme Standı

4.5.4. Stylus Cihazlarının avantajları ve Dezavantajları

- Güncel olarak, bir stylus cihazı standartlaşmamış yüzey parametrelerini gösterir.
- Stylus cihazı, 1000 μm 'lik profil düzensizliklerinin incelenmesini sağlar.
- Stylus cihazı, sadece yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için kullanılamaz, aynı zamanda dalgalılık ve form hatalarının tespit edilmesini de sağlar. Herhangi bir yüzeye yapılan kaplamanın kalınlığının ölçülmesini de sağlar.
- Stylus cihazları, yüzeyde üç ölçekli doku bulunmasına rağmen; iki ölçekli yüzey profilinin kesitinden elde edilen parametre değerini değerlendirirler.
- Yüzey parametrelerinin belirlenmesinde gerekli olan ölçme uzunlukları, kullanılan parametre ile oyuk boşluğuna bağlı olan 0.4 ile 40 mm arasındaki değerleri dikkate alır. Bunun anlamı; bir yüzeyin tamamını izlemez.
- Stylus ucunun geometrisi, ölçülen profil düzensizliklerinin en küçük profil büyüklüklerini de belirler (radyus tipi ve konik açısı).
- Pick-up'ın hassasiyeti ve 15 sn'lik ölçüm süresinden dolayı; otomatik gözleme yapılamaz.

5. TAKIM AŞINMASI ve ÇEŞİTLERİ

Takım hasarı; aşınma, plastik deformasyon ve kırılma nedeniyle meydana gelir [Özdemir ve Erten, 2003]. Takım aşınması, takımın iş parçasıyla ve talaşla temas halinde olan yüzeylerinde meydana gelen bozukluk durumuna veya aşınmayı meydana getiren fiziksel mekanizmaya göre sınıflandırılabilir. Aşınma mekanizmaları; takım malzemesi, iş parçası malzemesi, kesme parametreleri, talaş kaldırma yöntemi ve takım geometrisine büyük ölçüde bağlıdır [Şahin, 2001. Aslan, 2005]. Takım aşınma tipleri, iş parçası ve takım arasındaki malzemenin uyumluluk değişkenlerinden dolayı farklılık gösterir. Takım aşınmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda baskın olarak gözlenen bozukluk mekanizmaları; serbest yüzey aşınması, krater aşınması, çentik, çatlama ve kırılma olmaktadır. Talaş kaldırmayla ilgili çalışmalarda ki temel amaç, göz önüne alınan takım hasar mekanizmasından takım ömrünü tespit edecek yöntemler geliştirmektir [Aslan, 2005; Dursun, 2007].

Kesici takımlarda meydana gelen hasar mekanizmaları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

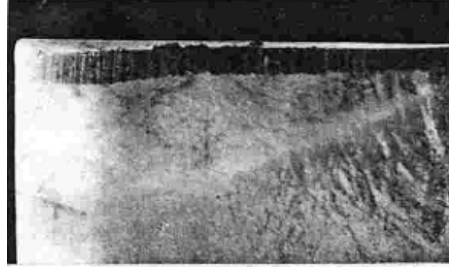
5.1.Takım Aşınması Türleri

Kesici takımlar maruz kaldıkları kuvvet oranlarına, kimyasal ve fiziksel özelliklerine, kullanıldıkları şartlara göre farklı aşınma türleriyle karşı karşıya kalırlar.

5.1.1. Serbest Yüzey Aşınması

Takımın işlenmiş iş parçası yüzeyi ile temas halinde olan yan kenar yüzeyinin sürtünmesinden dolayı oluşan aşınma biçimidir. Sürtünmeden dolayı takım yan kenarında oluşan aşınma bölgesinin genişliği, serbest yüzey aşınmasının miktarı olarak alınır. Serbest yüzey aşınması belirli bir değere ulaştığında, takım kesme işlemini yerine getiremez ve titreşimlere neden olur. Bu titreşimler iş parçasının yüzey kalitesini olumsuz etkiler. Ayrıca aşınmadan dolayı meydana gelen

sürtünmeden dolayı yüksek ısı açığa çıkar. Kesme kenarında, sıcaklığın yükselmesi takımda meydana gelen deformasyonu hızlandıracaktır. Serbest yüzey aşınmasının oluşma nedeni abrazyon aşınmasıdır. Serbest yüzey aşınma bölgesi Şekil 5.1’de görüldüğü gibi genellikle üniform genişliktedir ve kenara yakın bölgede oluşur [Özdemir ve Erten, 2003.; Şahin, 2001].



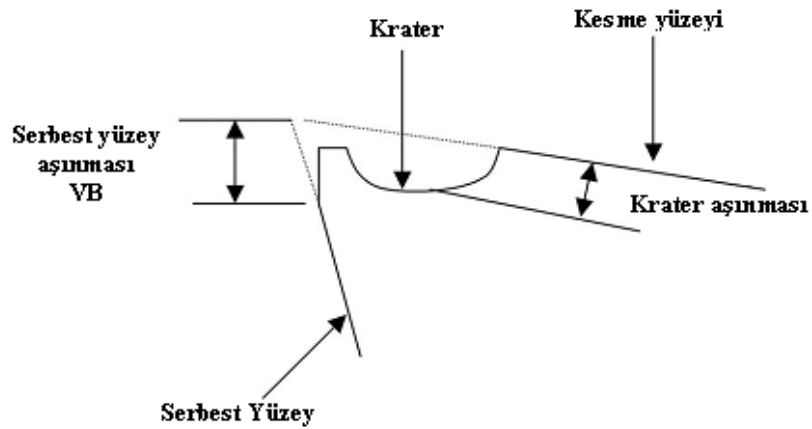
Şekil 5.1. Serbest yüzey aşınması.

5.1.2. Krater Aşınması

Krater aşınması, takım – talaş ara yüzeyinde, talaşın takım ile temasta olduğu alanda ortaya çıkan talaş yüzeyi aşınmasıdır. Krater aşınması, iş parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinden kayarken temasta bulunduğu alanda oluşturduğu baskıyla ve/veya talaş altındaki aşırı kazıma ile oluşmaktadır. Talaş yüzeyinde aşınma sonucunda oluşan krater Şekil 5.2. ve Şekil 5.3.’de görüldüğü gibi takımın kesici kenarının bir miktar gerisinde oluşmaktadır. Krater aşınmasının küçük değerleri takım ömrünü sınırlamaz fakat krater aşınmasının ilerlemesi ile aşınma bölgesi, takım kesme kenarına yaklaşacağı için kesme kenarlarında zayıflama görülmesine ve takımda hızlı bir şekilde kırılma olayı gerçekleşmesine sebep olur. Krater aşınması takım bozukluk durumunun oluşma nedeni abrazyon, difüzyon veya kimyasal aşınmalardır [Mustafa Dursun, 2007]. Bu aşınmaların oluşmasında; takım – talaş ara yüzeyindeki yüksek sıcaklıklar önemli rol oynamaktadır [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].



Şekil 5.2. Krater aşınması.



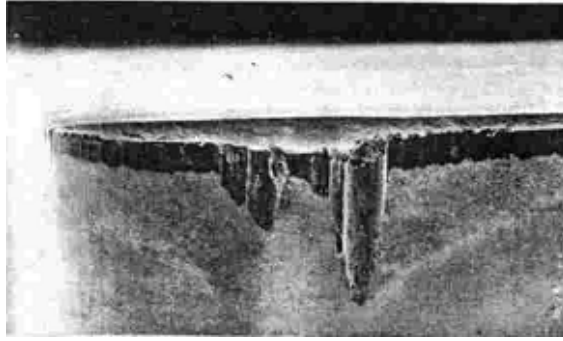
Şekil 5.3. Serbest yüzey aşınması ve krater aşınmasının iki boyutlu çizimi.

5.1.3. Çentik Aşınması

Çentik aşınması, takım kesme kenarlarından küçük parçaların kırılmasıdır. Çentik aşınması, metal kesme işlemi sırasında, takım ile iş parçasının temas ettiği kesme derinliği mesafesinin bitimine yakın bölgelerde, takım üzerinde oluşur. Şekil 5.4.'de çentik aşınması gösterilmektedir. Çentik aşınması, takımın talaş ve yan kenar yüzeyini aynı zamanda etkiler. Çentik aşınması takım bozukluk durumunun oluşma nedenleri; mekanik gerilmeler, ısı gerilmeler ve iş parçasının sert bir yüzey tabakasına sahip olması veya işlenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan talaşın özelliklerinden kaynaklanan abrazyon aşınmasıdır. Çentik aşınması, takım

malzemesinin yüksek sıcaklık sertliği ve gerilmelere karşı deformasyon direncini arttırılarak, azaltılabilir.

Çentik aşınması seramik gibi gevrek takımlarla yapılan metal kesme işlemlerinde veya sert ya da abraziv parçacıklar içeren metal matrisli kompozitler gibi malzemelerin işlenmesi durumunda sıklıkla görülür. Kesme sırasında oluşan değişken kesme kuvvetleri veya sistem rijitliğinin düzgün olmaması nedeniyle meydana gelen titreşimler de kenar çentiklemesine neden olur [Özdemir ve Erten, 2003; şahin, 2001].

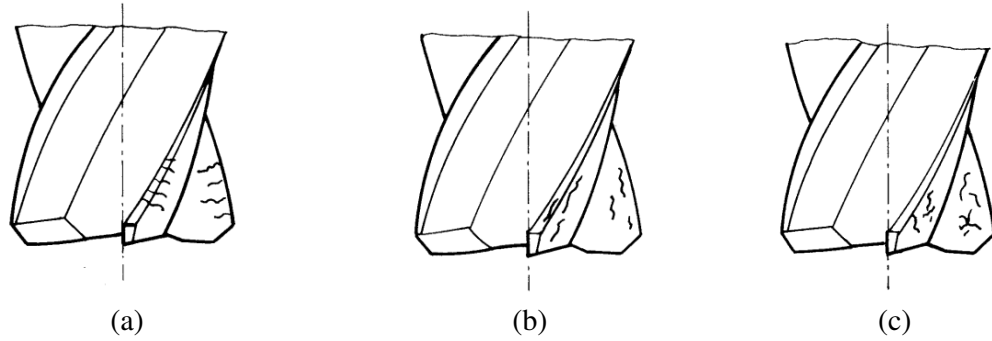


şekil 5.4. Çentik aşınması.

5.1.4. Isıl ve Mekanik Çatlaklar

Mekanik çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan değişken kesme kuvvetlerinin, kesici takım üzerinde oluşturduğu takım bozukluk durumudur. Mekanik çatlaklar, takım üzerinde malzeme kaybına yol açmaz ancak takım kırılmasını hızlandırırlar. Isıl çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan yüksek takım–talaş sıcaklıkları nedeni ile takımın genleşmesi ve kesici takım soğuduğunda takımda meydana gelen büzülme etkisiyle oluşur. Çatlak oluşumu takımın hızlı bir şekilde hasara uğramasına neden olur [Özdemir ve Erten, 2003; şahin, 2001].

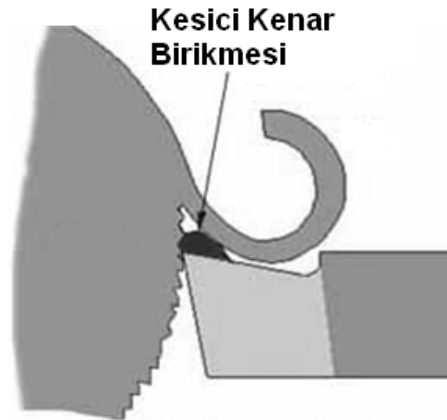
Sekil 5.5.' te tarak dişi şeklinde, Paralel ve Düzensiz Çatlaklar şeklinde üç çeşit olan ısı ve mekanik çatlaklar görünmektedir.



Şekil 5.5. a) Tarak Dişi Şeklinde Çatlaklar,b) Paralel Çatlaklar,c) Düzensiz Çatlaklar [TS ISO 8688-2].

5.1.5. Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)

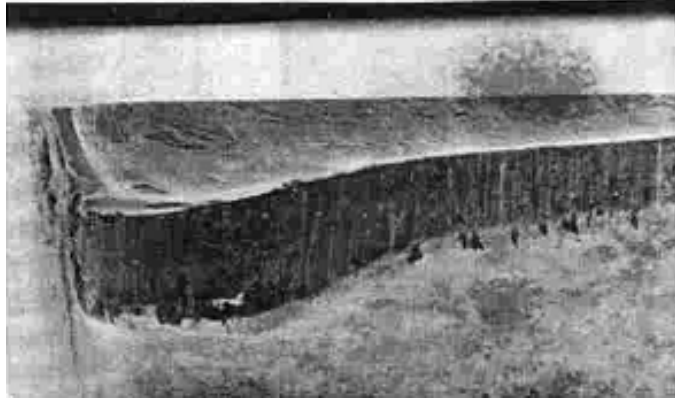
İř parçası malzemesinin, kesici takımın kesme kenarına yapışması sonucu oluşan takım bozukluk durumudur (Şekil 5.6.). Ağız birikimi oluşumu takım bozukluk durumunun oluşma nedeni adhezyon aşınmasıdır. Ağız birikimi oluşumu genellikle düşük kesme ve ilerleme hızları ile yumuşak malzemelerin işlenmesi sonucu oluşur. Takım kesme kenarına yapışan talaşın, işleme sırasında ayrılması, beraberinde takım malzemesinden de küçük zerrecikler uzaklaştırır ve aşınmaya sebep olur [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].



Şekil 5.6. Ağız birikimi oluşumu.

5.1.6. Plastik Deformasyon

Metal kesme işlemi sırasında, takım - talaş ara yüzeyinde, takım ve talaşın birbirine temas ettiği alan üzerinde, basma gerilmelerinden dolayı takımın deforme olmasıdır (Şekil 5.7.). Plastik deformasyon, takım bozukluk durumunun oluşma nedeni yüksek mekanik gerilmeler ve yüksek sıcaklıklardır. Genellikle yüksek kesme kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme değerlerinde ve işleme sırasında yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olan ve sıcaklığa bağlı olarak da takımın sertliğini kaybetmesine sebep olan yüksek kesme hızı değerlerinde, takımın kesme kenarlarında deformasyon oluşur ve talaş kaldırma işlemi sınırlanır [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].



Şekil 5.7. Plastik deformasyon.

5.1.7. Takım Kırılması

Kesici takımın kesme ucunun veya bozukluk mekanizmalarına bağlı olarak kesme kenarlarının kırılması, takım kırılması olarak adlandırılır. Takım kırılması genellikle seramik esaslı takımlarda, takım bozukluk mekanizmalarının çok fazla etkisi olmadan gerçekleşir. Çünkü yüksek sertliğe sahip takımlar, yüksek sertliklerinden dolayı süneklikleri az olmakla birlikte gevreklerdir. Takım kırılması hasarını önlemek ve takım ömrünü yükseltmek için kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijid takım tertibatlarının kullanılması ve kırılma tokluğu arttırılmış takımların kullanılması gereklidir [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

5.2. Takım Bozukluk Mekanizmalarının Oluşma Nedenleri

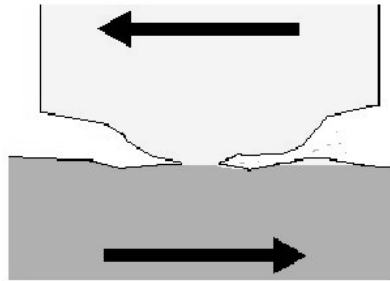
Kesici takım üzerinde oluşan takım bozukluk mekanizmalarına yaygın olarak neden olan aşınma mekanizmaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

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

Bu aşınma mekanizmaları hakkında gerekli bilgiler alt bölümler verilmiştir.

5.2.1. Adhezyon (yapışma) Aşınması

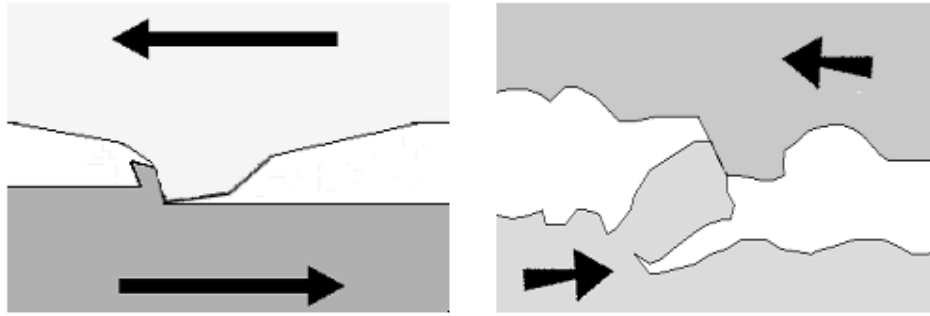
Kesici takım kenarları üzerinde meydana gelen yapışma aşınması, kesici takım ve iş parçasının temas noktalarında oluşan mikro-kaynakların, kesicinin hareketi nedeniyle kırılması sonucu oluşur. Mikro-kaynaklar, takım ve iş parçasının temas bölgelerinde oluşan yüksek basınçlar ve sıcaklıklar nedeni ile metallerin akma sınırına gelmesi ile oluşur [Aslan, 2005; Dursun, 2007]. Adhezyon aşınmasına kesme sırasında oluşan talaşın veya küçük parçacıkların, kesme takımına yapışması da neden olur. Şekil 5.8.'de adhezyon aşınmasının meydana gelişi gösterilmektedir.



Şekil 5.8. Adhezyon aşınmasının meydana gelişi.

5.2.2. Abrazyon (sürtünme) Aşınması

Sürtünme aşınması diğer bir deyişle abrazyon aşınması, talaş altındaki sert parçacıkların takım yüzeyi ve iş parçası arasında taşlamaya neden olarak kesicide oluşturduğu aşınma veya iki yumuşak yüzey arasına sert parçacıkların girmesi ile sürtünmeden dolayı oluşan aşınmadır (Şekil 5.9.). Abrazyon aşınmasına sebep olan sert parçacıklar iş parçasında bulunurlar ve kesme işleminde talaşla birlikte takım yüzeyiyle etkili olurlar. Abrasiv aşınma, çoğu zaman takım ömrünü kriteri olarak kullanılan serbest yüzey aşınmasının, çentik aşınmasının ve burun yarıçapı aşınmasının kaynağıdır [Özdemir ve Erten, 2003; Şahin, 2001].

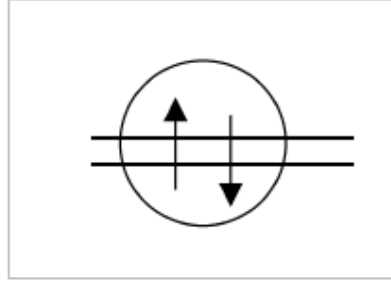


Şekil 5.9. Abrazyon aşınmasının meydana gelişini.

5.2.3. Difüzyon Aşınması

İşleme sırasında, takım ve iş parçasının birbirine temas eden yüzeylerinin, işleme sırasında oluşan sıcaklık ve basıncın etkisi sonucu kimyasal reaksiyonla birbirini aşındırması ile difüzyon aşınma mekanizması oluşmaktadır [Aslan, 2005; Dursun, 2007]. İşleme sırasındaki yüksek sıcaklıklardan ve basınçtan dolayı, takım ve iş parçası malzemesinin atomları karşılıklı olarak birbirleri üzerine nüfuz eder (Şekil 5.10.) veya talaş malzemesiyle katı bir çözelti oluşturur. Bu işlem, iki malzeme arasında ara yüzeyde ya iş parçasının atomlarının difüzyona uğraması ya da takımın yüzey katmanıyla reaksiyon bölgesinde meydana gelerek takım yüzeyini zayıflatır ve takımın talaş yüzeyi üzerinde bir krater aşınması oluşturur [Şahin, 2001]. Difüzyon aşınma hızı, takım malzemesinin iş parçası içinde çözülme kabiliyetine ve yüksek sıcaklıkta takım ile talaş arasındaki temas süresine bağlıdır.

Difüzyon aşınma hızı, kesme hızına bağlı olarak artan kesme sıcaklığının, üssü olarak artar [Özdemir ve Erten, 2003].



Şekil 5.10. Difüzyon aşınması

5.2.4. Oksidasyon Aşınması

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

5.2.5. Yorulma

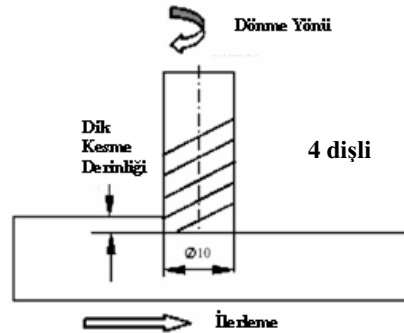
Yorulma, kesme takımında ısının dalgalanması ve kesme kuvvetlerinin değişimiyle meydana gelir. Yorulma sonucunda takımda kırılmalar gözlenir [Dursun, 2007].

6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ve TAKIM AŞINMASI DENEYLERİ

Belirlenen takım tutucuların talaşlı imalat esnasındaki performanslarının karşılaştırılması, kesme parametrelerine bağlı olarak takımda meydana gelebilecek aşınmaları ve işleme sonucunda iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek amacıyla araştırmamızda deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kesme işlemini gerçekleştirmek için kullanılan kesme takımı ve malzeme cinsine göre, kesme parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen kesme parametrelerine bağlı deney tasarımı Taguchi L9 ortogonal matrisine göre oluşturulmuştur. Tablo 6.1.'de oluşturulan matris gösterilmiştir. Deneysel çalışmalarda her bir takım tutucu için aynı şartlarda deneyler yapılmış üç takım tutucuda da aynı tür kesici (parmak freze) takım kullanılmış ve kesme işlemi, aynı yönlü işleme tekniğiyle (Şekil 6.1.), kuru şartlar altında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 6.1.Takım tutuculara ayrı ayrı uygulanan deney düzeneği

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	mm/dk	mm	mm
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1



Şekil 6.1. Kesme işlemi için işleme tekniği.

Her talaş kaldırmanın sonunda iş parçası tezgâhtan sökölmeden yüzey pürüzlölüğü ölçölmmüş ve kesici takım takım tutucudan sökölmeden aşınma değeri ölçölmmüştür.

Kesici takım, takım tutucular, iş parçası özellikleri, kesme parametreleri ve deney tasarımlarıyla ilgili bilgiler diğeri başlıklarda, deney düzeneklerinde kullanılan teçhizatla ilgili açıklamalar ise alt başlıklarda açıklanmıştır.

6.1. Takım Tezgâhı

Kesme deneyleri Kocaeli Anadolu Teknik, Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi CAD / CAM laboratuvarında bulunan TAKSAN TMC-500V üç eksen CNC işleme merkezi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.2.) Takım tezgâhına ait teknik özellikler Ek A'da belirtilmiştir.



Şekil 6.2. Deneysel çalışmada kullanılan takım tezgâhı.

6.2. Yüzey Pürüzlölüğü Ölçüm Aleti

Araştırmada, gerçekleştirilen deneyler sonucunda ortaya çıkan işlenmiş yüzeylerin ölçümü, Mitutoyo SJ 301 tipi (Şekil 6.3.) portatif yüzey pürüzlölük ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmadaki yüzey pürüzlölüğü ölçümlerinde kullanılan cihaza ait teknik özellikler aşağıda Tablo 5.2.'de verilmiştir.

Tablo 6.2. Yüzey pürüzlülüğü cihazına ait teknik özellikler.

Ölçme prensibi	Stylus metodu
İzleyici uç yarıçapı	5µm
Ölçme kuvveti	4 mN (0,4 gf)
Standart	ISO 1997
Filtre	Gauss
Tarama hızı	0,5 mm/s



Şekil 6.3. Mitutoyo SJ 301 Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı

6.3. Optik Mikroskop

Çalışmamızda gerçekleştirdiğimiz deneylerden sonra, takımda meydana gelen aşınmaları belirlemek için NIKON - Eclipse L150A tipi optik mikroskop kullanılmıştır (Şekil 6. 4.). Mikroskop en büyük 100X büyütme özelliğine sahiptir.



Şekil 6.4. Takım aşınmasının tespitinde kullanılan optik mikroskop.

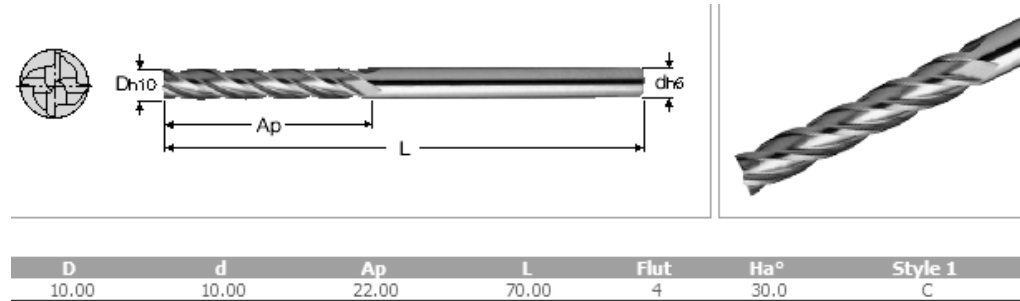
6.4. Kesici Takım ve İş Parçası

Aşağıdaki bölümlerde deneysel çalışmada AISI D2 Soğuk iş takım çeliği iş parçasının işlenmesinde kullanılan kesici takımın ve takım tutucuların özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

6.4.1. Kesici Takım

Çalışmada İscar firmasına ait yekpare karbür parmak freze takımı (EC-A4 10-22C10E70 IC900) kullanılmıştır. Kesme takımının dört kesme kenarından ikisi radyal ve eksenel yönlerde keserken geri kalan ikisi temel olarak radyal yönde keser. Kesme takımında iki silici kenar vardır.

Araştırmada kullanılan ve Şekil 6.5.'de şekilleri verilen karbür parmak freze ait fiziksel özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.5. Kesici takım, takımın geometrisi.

Yekpare Karbür Parmak Freze

Dönme yönü: Sağ

Kesici kenar sayısı (z_n): 4 adet

Freze çapı (D_c) : 10 mm

Takım uzunluğu (l_2) : 70 mm

Helis açısı: 30°

Köşe radyüsü (r_e): 1mm

Sap tipi: silindirik

Sap uzunluğu: kısa

Maksimum talaş derinliği (a_p): 14mm

Kesme kenarı: düz

Kesme açısı (γ_o): $10^\circ 30'$

Helis redüksiyon açısı (γ_p): $13^\circ 30'$

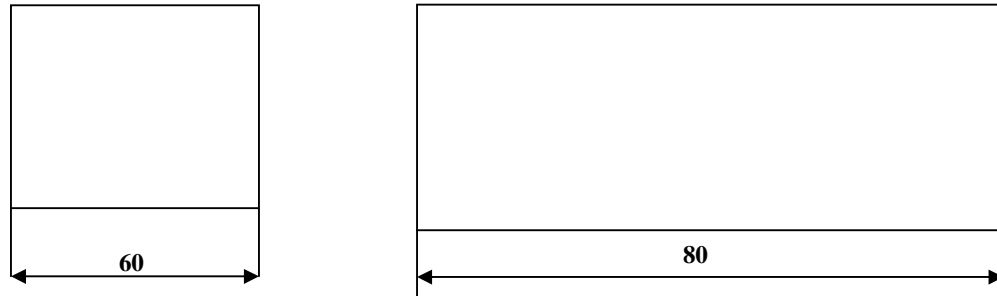
Silici uç kesme genişliği (b_s): 4 mm

6.4.2. İş Parçası

Deneyisel çalışmada kullanılan 29 HRc sertliğe sahip AISI D2 Soğuk iş takım çeliğine ait, spektrometre cihazı ile belirlenmiş malzeme kimyasal bileşim değerleri Tablo 6.3.'de fiziksel özellikleri de Tablo 6.4'da verilmektedir. İş parçasından işlenen yüzeyin boyutları Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 6.3. AISI D2 Soğut iş takım çeliği kimyasal bileşimi.

Element	%	Element	%	Element	%
C	1.520	Mo	0.710	Ti	<0.0010
Si	0,270	Ni	0.240	V	0,940
Mn	0.235	Al	0,005	W	0,037
P	0.017	Co	0,015	Sn	0.046
S	0.067	Cu	0,144	Mg	0,009
Cr	11.330	Nb	0.009	Fe	84.500



Şekil 6.6. İş parçasından işlenen yüzeyin boyutları .

Tablo 6.4. AISI D2 Soğut iş takım çeliği fiziksel özellikleri

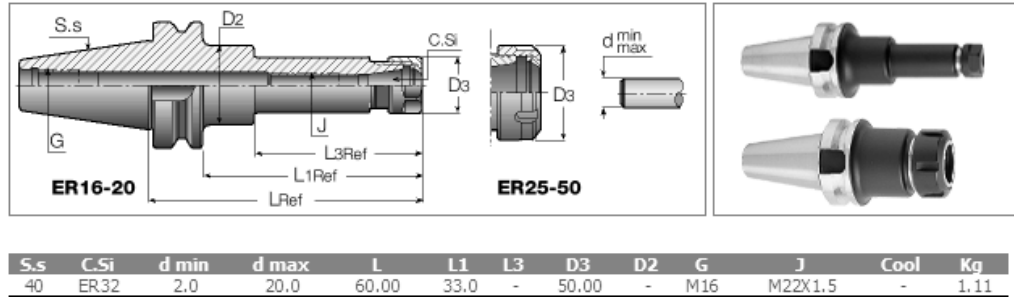
Yoğunluk, g/cm ³	7.67
Isıl İletkenlik, W/m°C	20.0
Elastisite Modülü, Mpa	210.0

6.5. Takım Tutucular

Deneylerde fiziksel ve işlevsel olarak birbirinden farklı olarak üç farklı takım tutucu kullanılmıştır. Bu takım tutucular İscar firmasının ürettiği ER-Pens, Weldon ve Shrink takım tutucularıdır. Deneylerde kullanılan bu takım tutucuların fiziksel özellikleri ve işlevsel farklılıkları ilerleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanmıştır.

6.5.1. Er-Pens Takım Tutucu

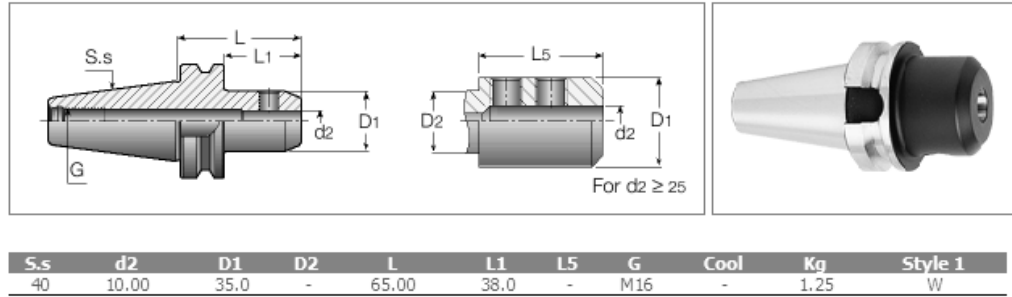
Deneyisel çalışmada kullanılan takım tutuculardan birisi İscar firmasının ürettiği BT 40 ER 32x60 pens takım tutucusudur. Takım tutucuya ait fiziksel özellikler Şekil 6.7’de verilmiştir.



Şekil 6.7. BT 40 ER 32x60 pens takım tutucusu fiziksel özellikleri

6.5.2. Weldon Takım Tutucu

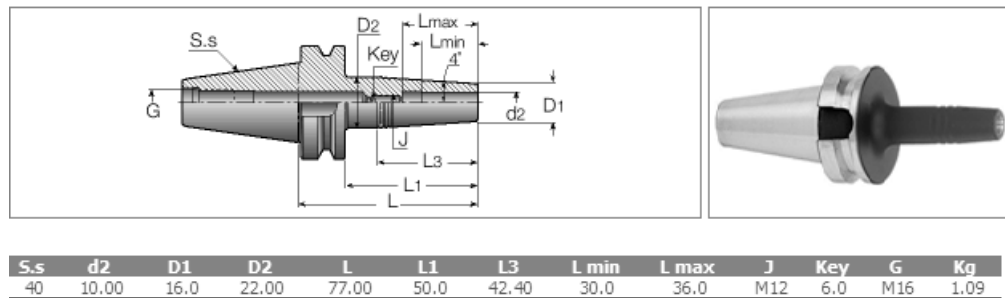
Deneysel çalışmada kullanılan takım tutuculardan bir diğeri İscar firmasının ürettiği BT 40 EM 10x65 weldon takım tutucusudur. Takım tutucuya ait fiziksel özellikler Şekil 6.8’de verilmiştir.



Şekil 6.8. BT 40 EM 10x65 weldon takım tutucusu fiziksel özellikleri

6.5.3. Shrink Takım Tutucu

Deneysel çalışmalarda kullanılan takım tutuculardan sonuncusu İscar firmasının ürettiği BT 40 SRK 10x50 shrink takım tutucusudur. Takım tutucuya ait fiziksel özellikler Şekil 6.9’da verilmiştir

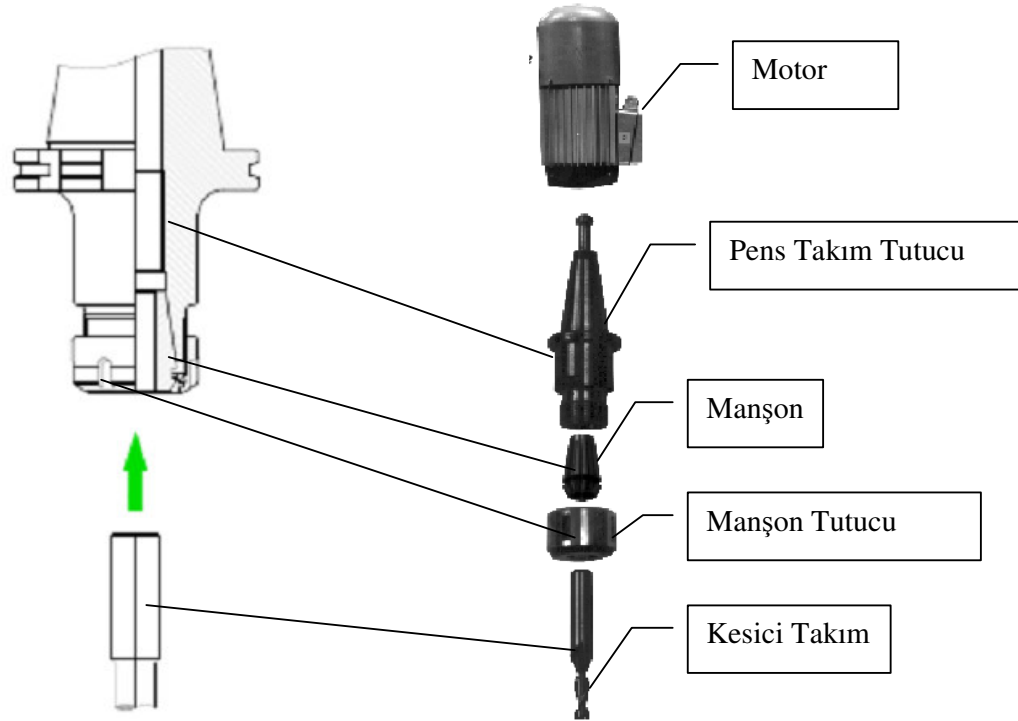


Şekil 6.9. BT 40 SRK 10x50 shrink takım tutucusu fiziksel özellikleri

6.6. Takım Tutucuların Fonksiyonel Farklılıkları

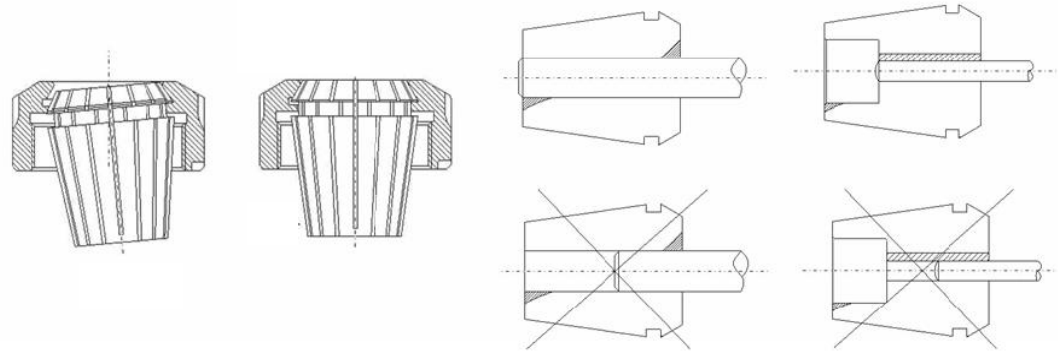
Deneylerde kullanılan üç takım tutucusunun birbirlerine göre hem işleyiş hem de konstrüksiyon özellikleri olarak farklılıkları vardır. Bunları sırasıyla inceleyelim

Öncelikle kesici takımın takım tutucuya montaj işlemleri bakımından inceleyelim. Pens takım tutucuda takım tutucuya kesiciye montajında Şekil 6.10 da görüldüğü gibi kesici takım ile takım tutucuyu birbirine bağlayan manşon koni şeklinde bir aparat kullanılır.



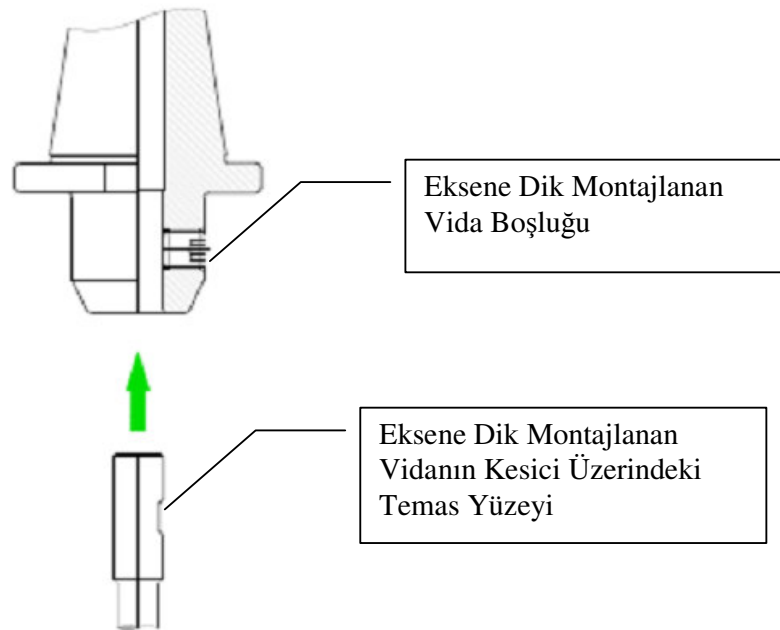
Şekil 6.10. Pens Tipi Takım Tutucu

Bu anlatılan montaj işleminde yapılan en ufak yanlışlık tüm talaş kaldırma işlemini olumsuz yönde etkileyecektir. Şekil 6.11’de manşon koninin ve kesici takımın takım tutucuya doğru montaj ve yanlış montaj halleri gösterilmiştir.



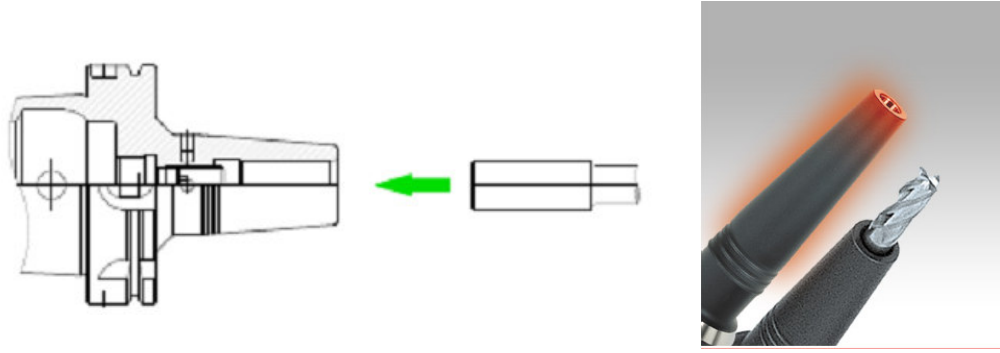
Şekil 6.11. Pens Takım Tutucu Kesici Montaj Hatası

Deneylerde kullandığımız bir diğer takım tutucu Weldon takım tutucuda ise kesici takım takım tutucuya vida kullanılarak montaj edilir. Şekil 6.12’de görüldüğü gibi takım tutucu eksenine dik olarak vidalı bir sistemle kesici takım tutucuya montaj edilerek sabitlenir.



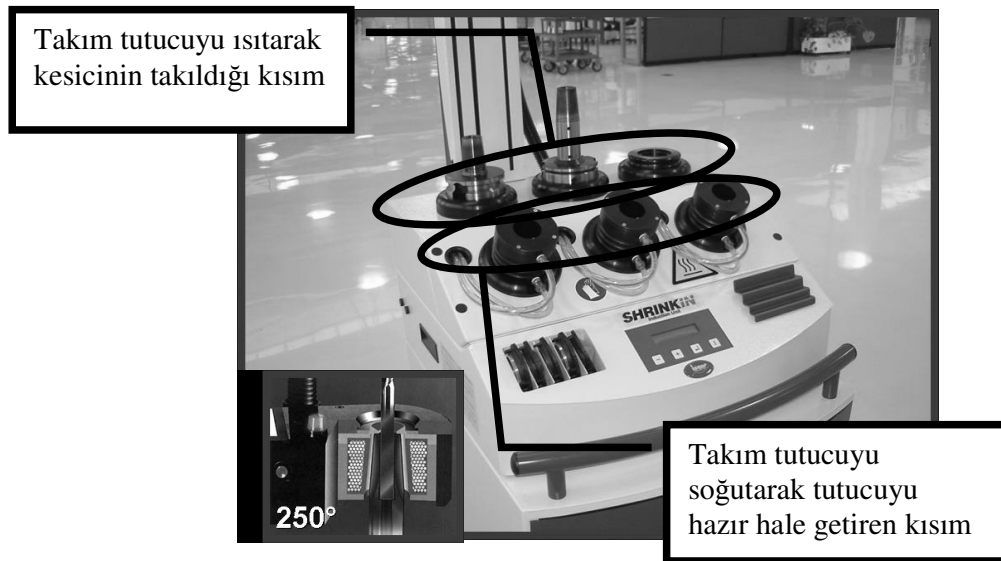
Şekil 6.12. Weldon Tipi Takım Tutucu

Üçüncü ve son takım tutucumuz Shrink tipi takım tutucudur. Bu takım tutucu cinsinde kesici takımın montajı hızlı bir şekilde ısıtılıp ve soğutulma tekniğiyle sıkı geçme özelliği taşıyan montaj şekliyle kesici takımın takım tutucuya sabitlenmesiyle oluşur. Şekil 6.13’de Shrink takım tutucu ve kesici takımın montajı görülmektedir.



Şekil 6.13. Shrink Tipi Takım Tutucu

Bu takım tutucuya kesici takımın montaj edilmesi için özel sistemler geliştirilmiştir. Şekil 6.14'teki sistemde iki kısım mevcuttur. Birincisi takım tutucuyu hızla ısıtan kısım, ikinci kısım ise kesici tutucuya tutturulduktan sonra hızla soğutulmasını sağlayan kısımdır.

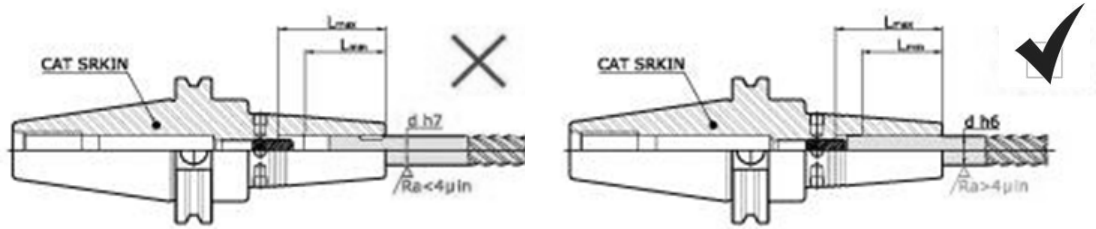


Şekil 6.14 Shrink Takım Tutucu Kesici Montaj Sistemi

Shrink takım tutucu kendi yapısına uygun olan birinci kısımda uygun yere yerleştirdikten sonra sistem 250 °C' ye kadar takım tutucuyu ısıtır. Bu ısınmanın etkisiyle kesici takımın takıldığı kısmın çapı genişler ve kesici tutucuya tutturulur. Daha sonra takım tutucunun takıldığı birinci kısmın hemen karşısında ikinci kısımda

bulunan aparatla hızla soğutulur. Tüm bu işlemler sonunda takım tutucu kullanılmaya hazırdır.

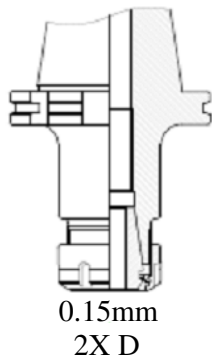
Bu anlatılan montaj işleminde yapılan en ufak yanlışlık tüm talaş kaldırma işlemini olumsuz yönde etkileyecektir. Şekil 6.15’de bu takım tutucuda doğru montaj ve yanlış montaj halleri gösterilmiştir.



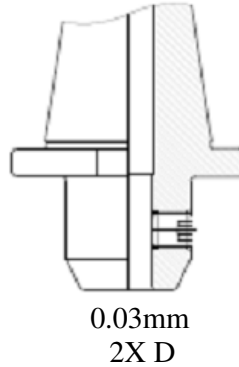
Şekil 6.15. Shrink Takım Tutucu Kesici Montaj Hatası

Kesici takımın tutucuya bağlanmasındaki farklılıklar ek olarak diğer bir farklılık talaş kaldırma esnasında kesici takımın yüksek hızlarda çalışması sebebiyle takımda meydana gelen salınımdır. Bu salınım değeri üç takım tutucuda da farklılıklar gösterir. Talaşlı imalat yapan tezgahlarda bu salınım istenmeyen bir durumdur. Şekil 6.16’de üç takım tutucudaki salınım değerleri verilmiştir.

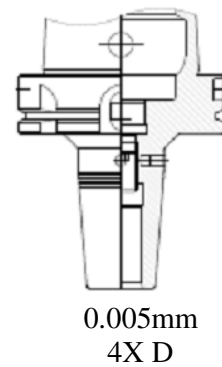
Pens Takım Tutucu



Weldon Takım Tutucu

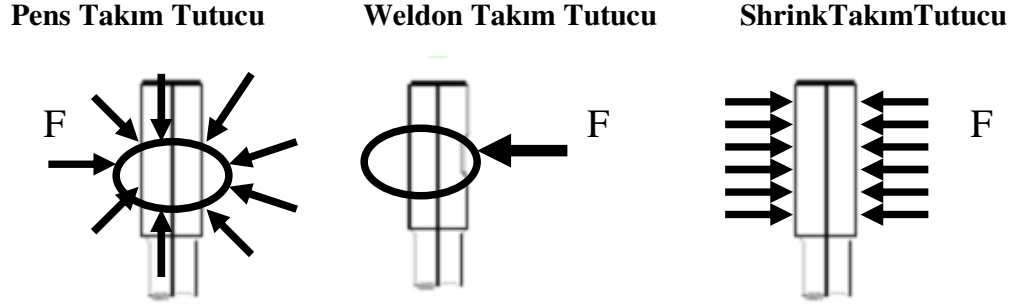


Shrink Takım Tutucu



Şekil 6.16. Takım tutuculardaki salınım değerleri .[İscar, 2006].

Görüldüğü üzere işlem sırasında oluşan salınımı en çok olan pens takım tutucu ve sırasıyla weldon ve shrink şeklidir. Bu salınımın ana sebebi takım tutucunun kesici takımı kavrama yüzeyidir. Üç takım tutucuda da kavrama yüzeyleri farklıdır. Şekil 6.17’de takım tutucuların kavrama yüzeyleri gösterilmiştir.



Şekil 6.17. Takım Tutucuların Kesici Takımları kavrama Yüzeyleri

Şekil 6.17’de de gözüktüğü gibi pens takım tutucuda kavrama manşonun en ucundaki çap ekseni şeklindedir. Bir çember şekline benzemektedir. Weldon takım tutucuda vidanın ekseninde meydana getirdiği yüzey kadardır. Bir diğer deyişle eksene dik tek bir kuvvet vektörü rijitliği sağlamaktadır. Shrink takım tutucuda görülen ise kesicinin takım tutucu içinde kalan kısmı boyunca bir kuvvetle rijitliği sağlamaktadır [İscar, 2006].

Takım tutuculardaki gerek meydana gelen salınımlarda gerekse kesici takımın montajında oluşan farklılıklardan kaynaklanan kesici takım rijitlik farklılıkları talaşlı imalattaki performanslarını farklı etkileyecektir.

6.7. Deney Düzenegi ve Deney Planı

Frezeleme deneyleri için dört faktör, üç bölüm ve 9 deneyden Tablo 6.1.'de gösterilen deney matrisi oluşturulmuştu. Matrislerdeki 1 ve 3 değerleri faktörlerin en düşük ve en yüksek bölümlerini ifade etmektedir. Tablo 6.5'de belirlenen kesme parametreleri planlanan matrise yerleştirilmiş halde gösterilmiştir.

Oluşturulan deney matrisi, üç farklı deney tasarımında da kullanılmıştır. Önceden deneylerde kullanılmak üzere kesici takım ve malzemeye göre belirlenmiş kesme parametrelerinin en düşük, orta ve en yüksek bölümleri Tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.5. Deneyler için oluşturulan deney matrisi.

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	mm/dk	mm	mm
1	100 (3184 dev/dak)	0.1	0,3	1
2	100 (3184 dev/dak)	0.2	0,5	2
3	100 (3184 dev/dak)	0.3	0.7	3
4	140 (4458 dev/dak)	0.1	0.5	3
5	140 (4458 dev/dak)	0.2	0.7	1
6	140 (4458 dev/dak)	0.3	0,3	2
7	180 (5732 dev/dak)	0.1	0.7	2
8	180 (5732 dev/dak)	0.2	0,3	3
9	180 (5732 dev/dak)	0.3	0.5	1

Tablo 6.6. Deney tasarımındaki parametre değerleri

	1	2	3
A	100 (3184 dev/dak)	140 (4458 dev/dak)	180 (5732 dev/dak)
B	0.1	0.2	0.3
C	0,3	0.5	0.7
D	1	2	3

6.8. Takım Tutuculara Uygulanan Deney Tasarımları

Shrink takım tutucu, Weldon takım tutucu ve Pens takım tutucunun parmak freze kullanılarak düzlem yüzey frezelemede performansları karşılaştırılması planlanan çalışmada kullanılan üç takım tutucu da İscar firmasının ürettiği takım tutuculardır. Tüm takım tutucularda yine İscar firmasının ürettiği karbür parmak freze takımı (EC-A4 10-22C10E70 IC900) kullanılmıştır. İş parçası olarak 29 HRC sertliğe sahip AISI D2 soğuk iş takım çeliği kullanılmıştır. Kesme işlemini gerçekleştirmek için kullanılan kesme takımı ve malzeme cinsine göre, kesme parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen kesme parametrelerine bağlı deney tasarımı Taguchi L9 ortogonal matrisine göre oluşturulmuştur. Her takım tutucu için 9 deney tasarımı planlanmıştır.

6.8.1. Deney Tasarımı 1

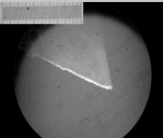
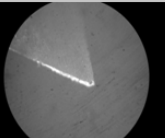
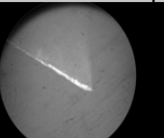
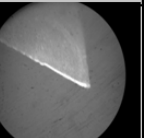
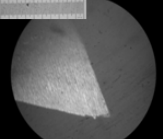
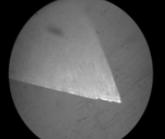
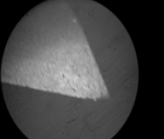
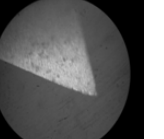
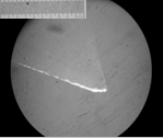
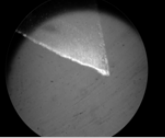
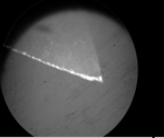
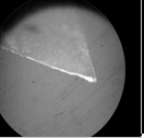
Tablo 6.7’de görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.18’de verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.8’de verilmiştir.

Tablo 6.7. Deney tasarımı 1 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
1	100 (3184 dev/dak)	0.1	0,3	1

Tablo 6.8. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 0.38 \mu\text{m}$
Weldon takım tutucu için	$R_a = 0.28 \mu\text{m}$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.23 \mu\text{m}$

DENEY 1	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	VB=0.18	VB=0.22	VB=0.17	VB=0.20
WELDOM				
AŞINMA	VB=0.13	VB=0.15	VB=0.12	VB=0.16
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.09	VB=0.10	VB=0.12	VB=0.11

Şekil 6.18. 1 nolu deneyin üç takım tutucu için akım aşınması durumları

6.8.2. Deney Tasarımı 2

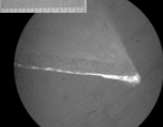
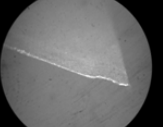
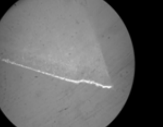
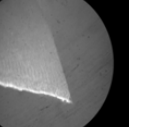
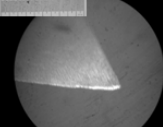
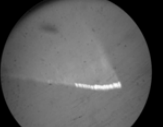
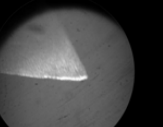
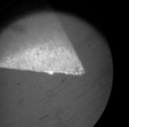
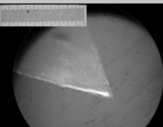
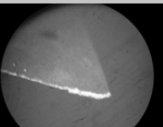
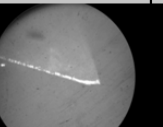
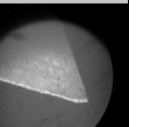
Tablo 6.9’da görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.19’da verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.10’da verilmiştir.

Tablo 6.9. Deney tasarımı 2 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
2	100 (3184 dev/dak)	0.2	0,5	2

Tablo 6.10. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 0.54 \mu m$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 0.30 \mu m$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.58 \mu m$

DENEY 2	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	VB=0.24	VB=0.28	VB=0.26	Çentik aşınması
WELDOM				
AŞINMA	VB=0.20	VB=0.23	VB=0.22	VB=0.23
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.11	VB=0.14	VB=0.15	VB=0.14

Şekil 6.19. 2 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

6.8.3 Deney Tasarımı 3

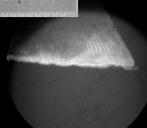
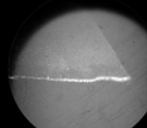
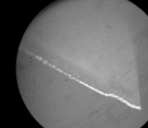
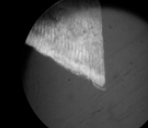
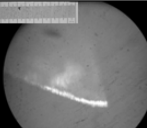
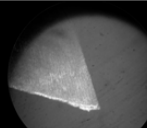
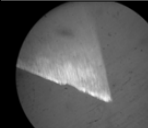
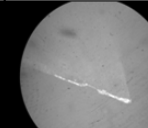
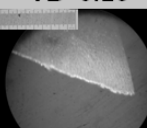
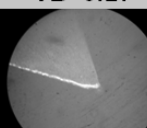
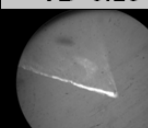
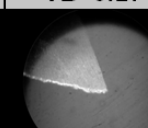
Tablo 6.11’de görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.20’da verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.11. Deney tasarımı 3 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
3	100 (3184 dev/dak)	0.3	0.7	3

Tablo 6.12. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 1.34 \mu\text{m}$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 1 \mu\text{m}$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 1.22 \mu\text{m}$

DENEY 3	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	Çentik aşınması	VB=0.30	VB=0.29	Çentik aşınması
WELDOM				
AŞINMA	VB=0.25	VB=0.27	VB=0.28	VB=0.27
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.21	VB=0.21	VB=0.19	VB=0.22

Şekil 6.20. 3 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

6.8.4. Deney Tasarımı 4

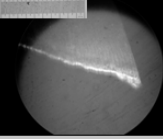
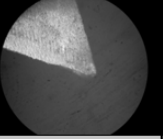
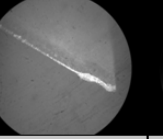
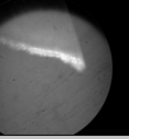
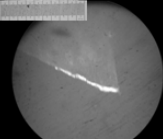
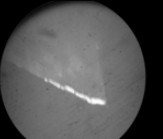
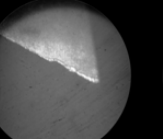
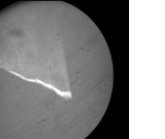
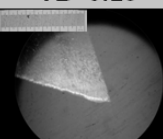
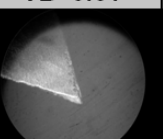
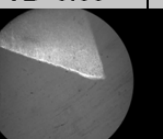
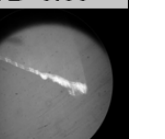
Tablo 6.13’de görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.21’da verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.14’da verilmiştir.

Tablo 6.13. Deney tasarımı 4 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
4	140 (4458 dev/dak)	0.1	0.5	3

Tablo 6.14. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 1 \mu m$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 0.4 \mu m$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.53 \mu m$

DENEY 4	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	Plastik Deformasyon	VB=0.34	VB=0.35	Plastik Deformasyon
WELDOM				
AŞINMA	VB=0.29	VB=0.31	VB=0.33	VB=0.30
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.25	VB=0.23	VB=0.25	VB=0.24

Şekil 6.21. 4 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

6.8.5. Deney Tasarımı 5

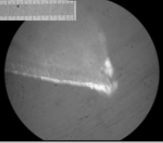
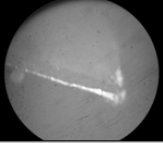
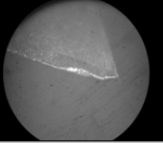
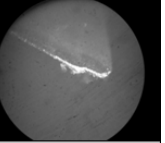
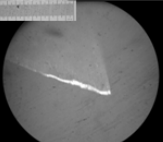
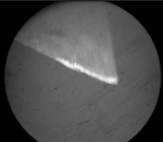
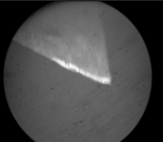
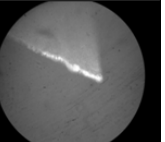
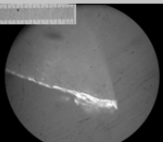
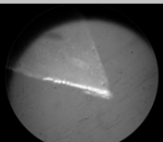
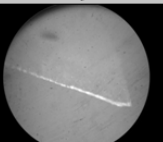
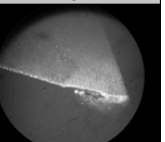
Tablo 6.15’de görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.22’da verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.16’de verilmiştir.

Tablo 6.15. Deney tasarımı 5 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
5	140 (4458 dev/dak)	0.2	0.7	1

Tablo 6.16. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 0.36 \mu m$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 0.67 \mu m$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.50 \mu m$

DENEY 5	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	<i>Tam Bozunma</i>	<i>Tam Bozunma</i>	VB=0.44	<i>Tam Bozunma</i>
WELDOM				
AŞINMA	VB=0.36	VB=0.38	<i>Çentik Aşınması</i>	<i>Çentik Aşınması</i>
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.33	VB=0.34	VB=0.32	VB=0.33

Şekil 6.22. 5 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

6.8.6. Deney Tasarımı 6

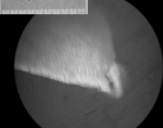
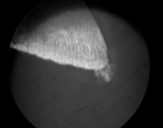
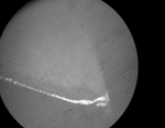
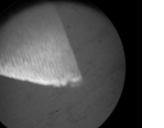
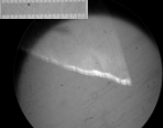
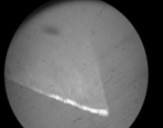
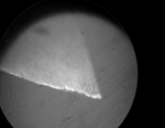
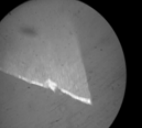
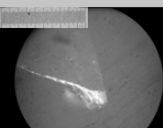
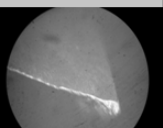
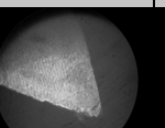
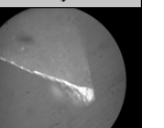
Tablo 6.17’de görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.23’da verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.18’de verilmiştir.

Tablo 6.17. Deney tasarımı 6 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
6	140 (4458 dev/dak)	0.3	0,3	2

Tablo 6.18. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 0.62 \mu m$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 0.54 \mu m$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.64 \mu m$

DENEY 6	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	<i>Kenar birikmesi</i>	<i>Tam Bozunma</i>	VB=0.57	<i>Tam Bozunma</i>
WELDOM				
AŞINMA	VB=0.47	VB=0.48	VB=0.49	<i>Tam Bozunma</i>
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.39	VB=0.42	VB=0.45	VB=0.43

Şekil 6.23. 6 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

6.8.7. Deney Tasarımı 7

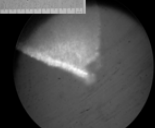
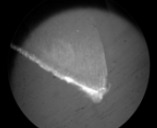
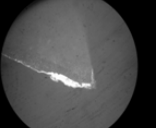
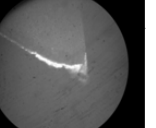
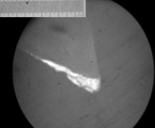
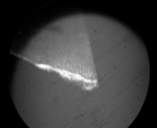
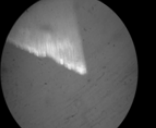
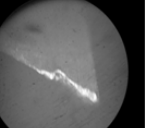
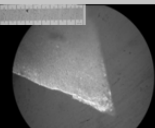
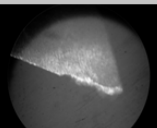
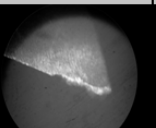
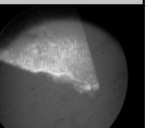
Tablo 6.18’de görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.24’de verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.19’de verilmiştir.

Tablo 6.18. Deney tasarımı 7 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
7	180 (5732 dev/dak)	0.1	0.7	2

Tablo 6.19. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 0.62 \mu m$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 0.51 \mu m$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.33 \mu m$

DENEY 7	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	Tam Boşunma	Tam Boşunma	Tam Boşunma	Tam Boşunma
WELDOM				
AŞINMA	Tam Boşunma	Tam Boşunma	Tam Boşunma	Tam Boşunma
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.49	VB=0.50	VB=51	VB=52

Şekil 6.24. 7 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

6.8.8. Deney Tasarımı 8

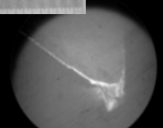
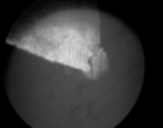
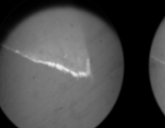
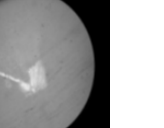
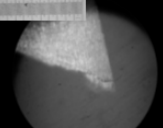
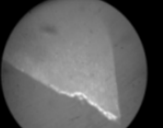
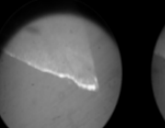
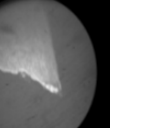
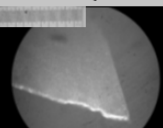
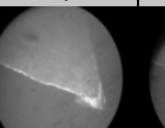
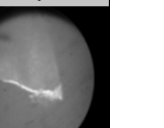
Tablo 6.19’da görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.25’de verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.20’de verilmiştir.

Tablo 6.20. Deney tasarımı 8 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
8	180 (5732 dev/dak)	0.2	0,3	3

Tablo 6.21. Ortalama R_a değerleri

Pens takım tutucu için	$R_a = 2.42 \mu m$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 0.69 \mu m$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.78 \mu m$

DENEY 8	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	Tam Bozunma	Tam Bozunma	Tam Bozunma	Tam Bozunma
WELDOM				
AŞINMA	Tam Bozunma	Tam Bozunma	Tam Bozunma	Tam Bozunma
SHRINK				
AŞINMA	VB=0.53	VB=0.55	VB=0.58	VB=0.58

Şekil 6.25. 8 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

6.8.9. Deney Tasarımı 9

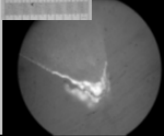
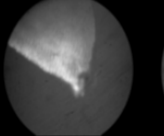
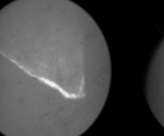
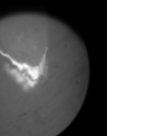
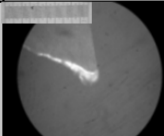
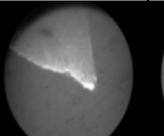
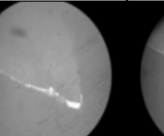
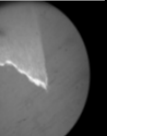
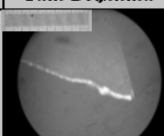
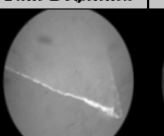
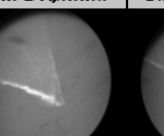
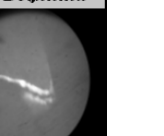
Tablo 6.21’da görülen kesme parametre değerleri üç takım tutucuya da uygulanmıştır. İşlem bittikten sonra takım aşınması kesici takım takım tutucudan sökülmeden mikroskop ile 4 kesici ağızda ayrı ayrı ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ise iş parçası tezgâhtan sökülmeden beş ayrı noktadan ölçülerek kaydedilmiştir. Üç ayrı takım tutucu için mikroskopla ölçülen aşınmalar Şekil 6.26’da verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.22’de verilmiştir.

Tablo 6.22. Deney tasarımı 9 için kesme parametreleri

	A	B	C	D
	(KESME HIZI)	(İLERLEME MİKTARI)	(TALAŞ DERİNLİĞİ)	(YANA KAYMAMESAFESİ)
	m/dk	m/dk	mm	mm
9	180 (5732 dev/dak)	0.3	0.5	1

Tablo 6.23. Ortalama R_a değerleri

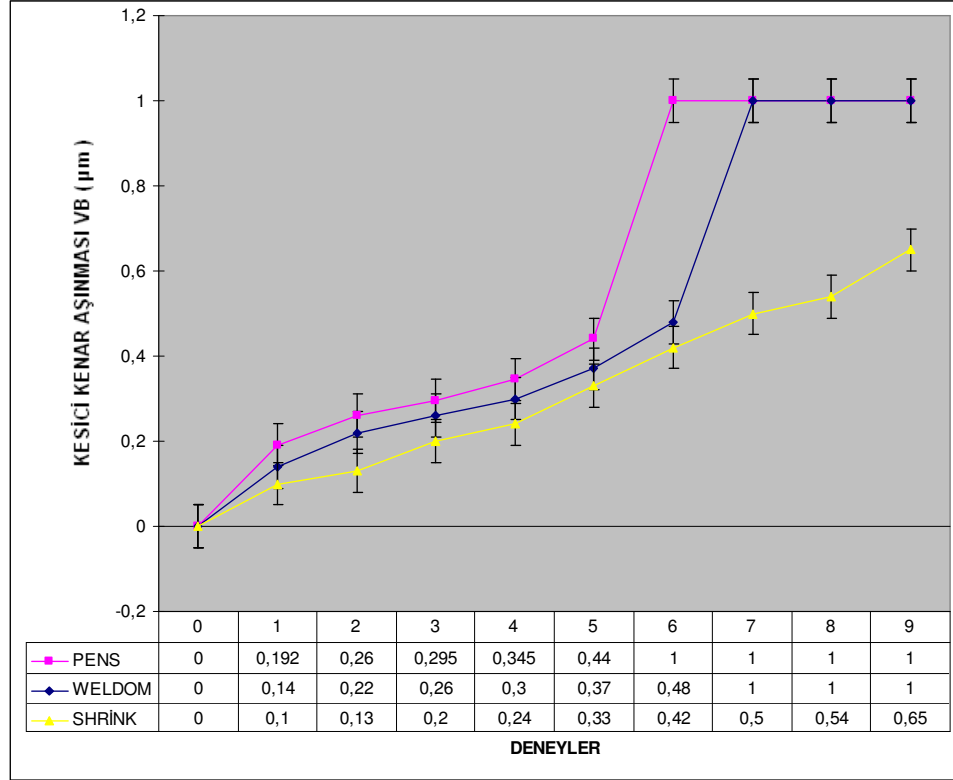
Pens takım tutucu için	$R_a = 0.63 \mu m$
Weldom takım tutucu için	$R_a = 0.50 \mu m$
Shrink takım tutucu için	$R_a = 0.61 \mu m$

DENEY 9	1. KENAR	2.KENAR	3.KENAR	4.KENAR
PENS				
AŞINMA	<i>Tam Bozunma</i>	<i>Tam Bozunma</i>	<i>Tam Bozunma</i>	<i>Tam Bozunma</i>
WELDOM				
AŞINMA	<i>Tam Bozunma</i>	<i>Tam Bozunma</i>	<i>Tam Bozunma</i>	<i>Tam Bozunma</i>
SHRINK				
AŞINMA	<i>VB=0.65</i>	<i>VB=0.63</i>	<i>VB=0.65</i>	<i>VB=0.67</i>

Şekil 6.26. 8 nolu deneyin üç takım tutucu için takım aşınması durumları

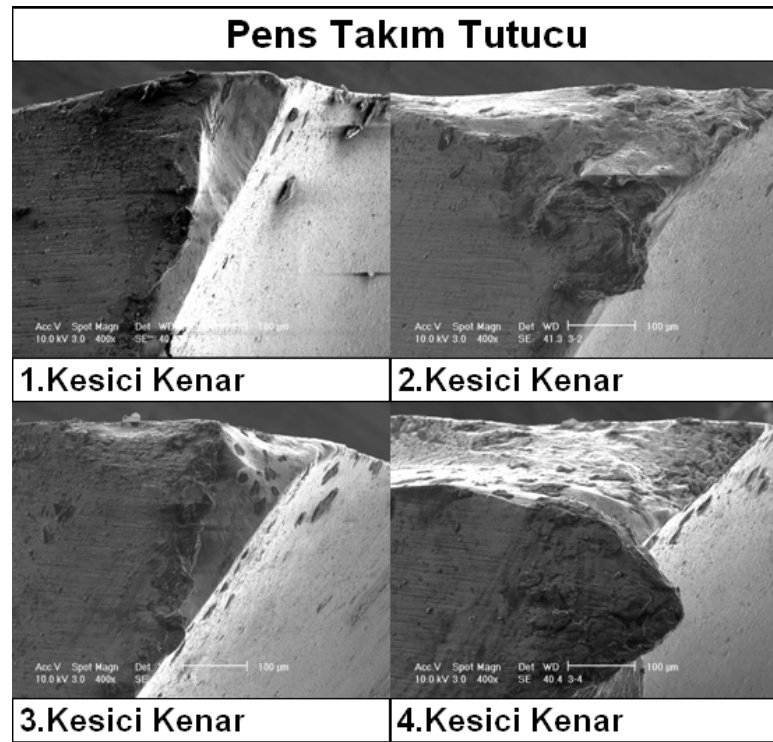
7. SONUÇLAR

Tüm bu deney sonuçlarının takım aşınması sayısal verileri Şekil 7.1’de grafik olarak düzenlenmiştir.



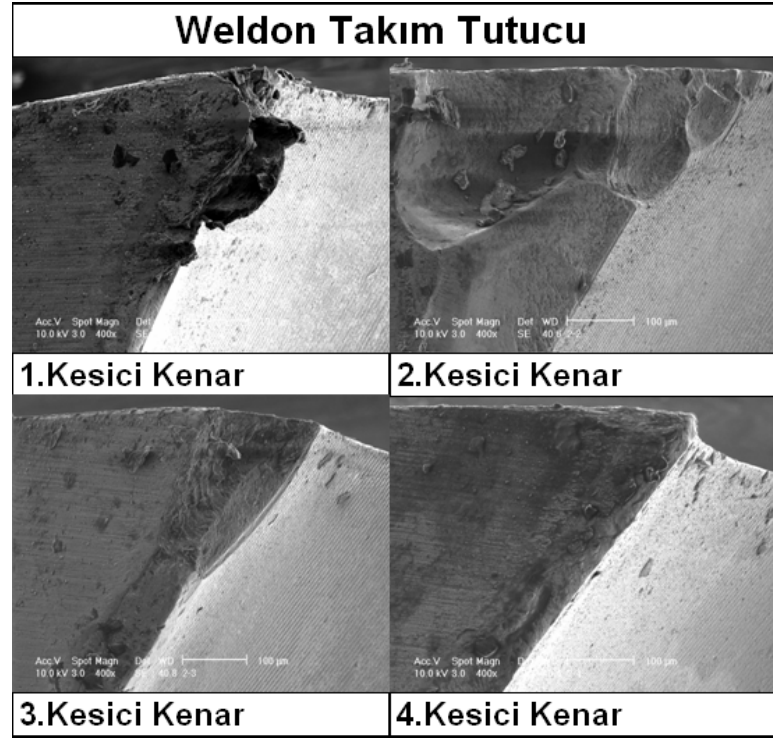
Şekil 7.1. Takım aşınması değerleri karşılaştırılması

Grafikte doğruyun eğimleri birbirlerine benzer özellikler taşımaktadır. Shrink takım tutucuda meydana gelen aşınma Weldon takım tutucudan daha iyidir. Grafikte de görüldüğü üzere en kötü aşınma değeri Pens takım tutucuda gözükmemektedir. Bir diğer dikkat çeken nokta pens takım tutucu 6. deneyden sonra artık tam bozunma hali gösterirken, weldon takım tutucu 7. deneyde tam bozunmuş ve son olarak shrink takım tutucu tam bozunma hali göstermemiştir. Tüm bu deneyler tamamlandıktan sonra üç ayrı takım tutucuya kullanılan kesici takımların kesici ağızları tek tek SEM analizinde incelenmiştir. SEM analizi sonuçlarına bakıldığında kesici takımlardaki hasar durumu daha açık olarak gözükmemektedir. Şekil 7.2’ Pens takım tutucuda kullanılan kesici takımın, Şekil 7.3’de Weldon ve Şekil 7.4.’de ise Shrink takım tutucuda kullanılan kesici takımın SEM analizi sonuçları gösterilmiştir.



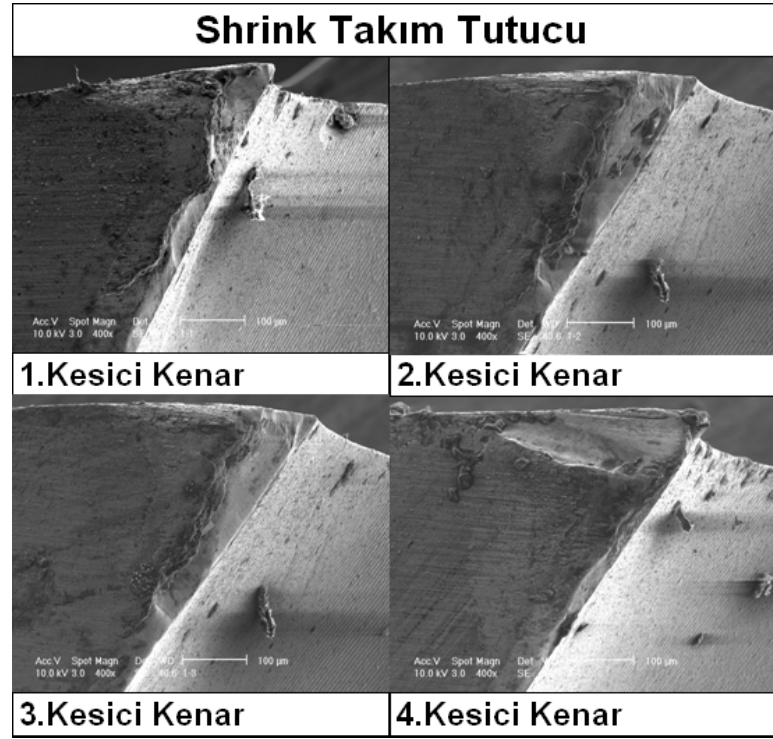
Şekil 7.2. Pens takım tutucunun kesici takımının SEM analizi sonuçları

Pens takım tutucu SEM analizi sonuçlarında da görüldüğü gibi aşınmanın en büyük olduğu kesici kenarlar 2. kesici kenar ve 4. kesici kenardır. 1. ve 3. kesici kenarlarda aşınma kesici kenar boyunca olurken 2. ve 4. kesici ağızlarda aşınma kesicide parça kopması boyutundadır. Takım tutucuların fonksiyonel özelliklerinden bahsederken pens takım tutucuda meydana gelen salınımın çok oluşu ve buna bağlı olarak da titreşimlerin daha fazla olmasından dolayı aşınma Pens takım tutucuda diğer takım tutuculara göre daha fazla olmuştur. Buna ek olarak kesici takımın takım tutucuya bağlanma şekli ve Pens takım tutucunun kesici takımı tutuma şekli meydana gelen aşınmayı artırıcı etki göstermiştir.



Şekil 7.3. Weldon takım tutucunun kesici takımının SEM analizi sonuçları

Weldon takım tutucu SEM analizi sonuçlarını incelediğimizde en belirgin aşınmanın 2. kesici kenarda olduğu gözükmemektedir. Pens takım tutucuyla karşılaştırdığımızda aşınmanın kesici kenarda kopmadan ziyade daha çok aşınma şeklinde olduğu gözükmemektedir. Kesici kenarlardaki aşınma incelendiğinde aşınmanın kesici kenar boyunca meydana geldiği sadece 2. kesici kenarda kesici kenar ucunda derin bir aşınma olduğu gözükmemektedir. Yapılan ölçümlerde göstermiştir ki Weldon takım tutucuda meydana gelen aşınma değeri Pens takım tutucuda meydana gelen aşınma değerinden daha azdır. Bunun sebebi takım tutucuların fonksiyonel farklılıklarıdır. Aynı zamanda Weldon takım tutucuda meydana gelen sınımlı değeri Pens takım tutucudan daha azdır. Buna bağlı olarak titreşim değeri de daha düşük değerlerde olacaktır.



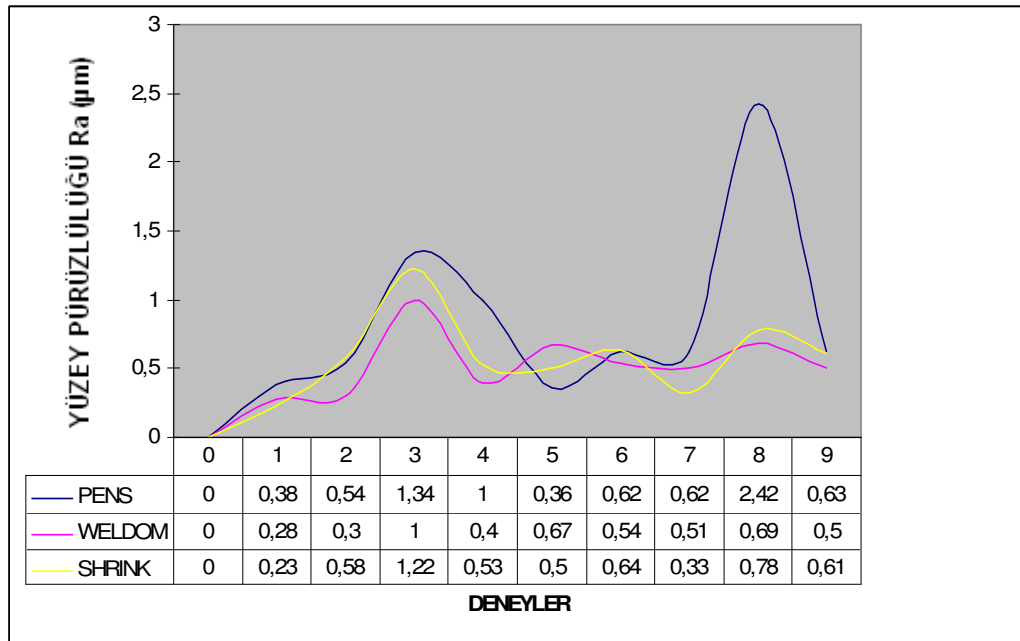
Şekil 7.4. Shrink takım tutucunun kesici takımının SEM analizi sonuçları

Deneylerde kullanılan takım tutuculardan en son teknoloji takım tutucu Shrink takım tutucudur. Diğer takım tutuculardan en önemli farkı kesici takımın takım tutucuya bağlanma şeklidir. Kesici takımın takım tutucu içerisinde kalan kısmı tüm takım boyunca takım tutucu tarafından tamamiyle kavamasıdır. Bu özelliği işlem sırasında kesici takımda meydana gelen salınımı ve titreşimi daha azaltmaya yöneliktir. Analiz sonuçları incelendiğinde Shrink takım tutucuda meydana gelen aşınmanın kesici kenar boyunca olduğu ve diğer takım tutuculardaki aşınma değerlerinden daha az olduğu gözükmemektedir. Bu özelliklerinin yanında ilave sistem gereksinimleri sebebiyle Shrink takım tutucular diğer takım tutuculara göre daha maliyetli sistemlerdir. Özellikle yüksek devirlerde kullanılmak üzere tasarlanmış takım tutuculardır.

Yapılan deneyler sonucunda kesicilerin son durumları incelendiğinde shrink takım tutucuda meydana gelen aşınma performansı diğer takım tutucularda meydana aşınmalardan çok çok daha üstündür. Aynı kesme şartları ve aynı malzemede yapılan deneylerin sonucunda takım tutucuların farklı oluşu sebebiyle aşınmalar farklı olmuştur. Weldon takım tutucu değerleri incelendiğinde aşınma değeri pens

takım tutucudan daha iyi fakat shrink takım tutucudan daha kötüdür. Fakat ortalama aşınmalar değerlendirildiğinde performansı shrink takım tutucu aşınma değerine daha yakın olduğu analiz resimlerinde de gözükmemektedir. Pens takım tutucu aşınmalarını incelersek kesici takımın kesici kenarının artık koptuğunu ve aşınmanın büyük tespit edilmiştir. Bu durum pens takım tutucuda kullanılan kesicinin 2 ve 4 nolu kesici kenarında açıkça gözükmemektedir.

İşlem sonrası performans kriteri olarak yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Yapılan ortalama R_a ölçümleri Şekil 7.5 de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 7.5. Yüzey pürüzlülüğü değerleri karşılaştırılması

Yüzey pürüzlülük değerleri ölçümlerine baktığımızda 1. deney sonucunda shrink takım tutucunun performansının daha iyi olduğunu fakat diğer deneylerde Weldon takım tutucunun performansının diğer takım tutuculara göre daha iyi olduğu görülmektedir. Takım aşınması sonuçlarında Shrink takım tutucu ile Weldon takım tutucu arasındaki fark azdı. Shrink takım tutucu daha iyi performans göstermişti. Yüzey pürüzlülük değerlerine bakıldığında bu fark yine gözükmemekte fakat bu sefer Weldon takım tutucu daha iyi performans göstermektedir. Buradan şu anlaşılabılır; Weldon takım tutucuda işlem sırasında oluşan titreşim Shrink takım tutucudakinden daha azdır. Bu sebeple yüzey kalitesi Weldon takım tutucuda daha iyidir. Tüm

sonuçları bir arada yorumlanırsa takım ömrü ve yüzey kalitesi olarak ilk tercihimiz Shrink takım tutucu olabilir. Fakat maliyet açısından değerlendirmek istersek Shrink takım tutucu için ek ilave sistemlere ihtiyaç duyulduğu için (kesici takım montajı için ilave sistem gerekli ve Shrink takım tutucu ile performansları arasındaki farkın çok çok fazla olmaması sebebiyle Weldon takım tutucu tercih edilmelidir. Eğer çalışmada çok çok hassas yüzey sonuçları istenmiyorsa ve çok sert malzemeler kullanılmayacaksa maliyetin de az olacağı göz önünde bulundurulması sonucu Pens takım tutucu tercih edilmelidir.

8. ÖNERİLER

- Takım tutuculardaki bu konstrüksiyon farklılıkları daha yüksek devirlerde takım aşınması ve yüzü pürüzlülük değerlerini nasıl etkilediği araştırılabilir.
- Farklı takım tutucularda kesici takıma gelen kuvvetlerde ne gibi farklılıklar olduğu araştırılabilir.
- Daha sert ve farklı malzemelerde takım tutucuların performansı karşılaştırılabilir.
- Farklı takım tutucuların birbirinden farklı takım yolları belirlenerek hangi takım tutucu için hangi takım yolu daha uygun olduğu araştırılabilir.
- Birbirinden farklı takım tutucularda işlem yaparken meydana gelen titreşim değerleri karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Akkurt M. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları. Birsen Yayınevi, 2004.
2. Akkurt, M., “Takım Tezgahları,Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi”, Birsen Yayınevi, 1985.
3. Alauddin M., Mazid M.A., El Baradi M.A., Hashmi M.S.J. Cutting forces in the end milling of Inconel 718. Journal of Materials Proccesing Technology 153–159, 1998.
4. Anon., “Machining”,Metal Handbook, Vol.16, 1989.
5. Aslan E. “Experimental investigation of cutting tool performance in high speed cutting of hardened X210 Cr12 cold-work tool steel 62 HRC.” Materials and Design 26 21–27, 2005.
6. Boothroyd, G., Knight W.A., “Fundamentals of Machining And Machine Tools”, Second Edition, Marcel Dekker Inc., 1989.
7. Budak E.. “Analytical models for high performance milling Part I: Cutting forces, structural deformations and tolerance integrity”. International Journal of Machine Tools and Manufacture 4612–18 1478/488, 2006.
8. Cao Y.,Altintas Y., “Modelling of Spindle-bearing and Machine tool Systemm for Virtual Smulation of Milling Operations”, International Jounarnal of Tools and Manufacture vol 47, 1342-1350, 2007.

9. Choundhry, S.K., Batarya, G., “Role of Temperature and Surface Finish in Prediction Tool Wear Using Neural Network and Design of Experiments”, International Journal of Tools and Manufacture, vol.43, 747-753, 2003.
10. Coğun, C., Özses, B., “Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak Dergisi, Cilt.17, 59-75, 2002.
11. Dagnal., M.A, “Exploring Surface Texture, Rank Taylor Hobson Limited”, England, 1986.
12. Dagnal.,M.A,“Exploring Surface Texture, Rank Taylor Hobson Limited”,England, 1986.
13. Dusun M. “Titanyum ve conel 718 malzemelerin frezelenmesinde takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün araştırılması”,Y.Lisans Tezi, GYTE, 2007.
14. Ertürk A., Budak E., Güven H.N., “İşleme Merkezlerinde İş Mili – Takım Tutucu – Takım Sisteminin Modellenmesi”, 12. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu UMTS, 2005.
15. Güllü A., Özdemir A., “Prizmatik Parçaların Frezelenmesinde Kesme Parametreleri ile Yüzey Pürüzlülüğü Arasındaki İlişkilerin Deneysel Olarak Bulunması”, Gazi Üniv.Fen Bilimleri Dergisi,Cilt 16, 127-134, 2003.
16. Gülmez S. “Bor Alaşımlı Çeliklerin Alın Frezelenmesinde Kesme Kuvvetlerinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi”. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2003.
17. Habbeb H.H., Abou-El-Hosseini, Mohammad B., Kadrigama K., “Effect of tool holder geometry and cutting condition when milling nickel-based alloy 242”, Journal of materials processing technology , 2008 .

18. Iqbal Asif, Ning He, Liang Li, Dar Naeem Ullah. “A fuzzy expert system for optimizing parameters and predicting performance measures in hard-milling process”. Expert Systems with Applications, 2006.
19. Işık Y., Çakır M.Ç., “Takım Çeliklerinin Talaşlı İmalatında Kesme Kuvvetleri İle Takım Ömrü Arasındaki İlişkinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, Uluslar arası Makine Tasarımı ve İmalatı kongresi, 2006.
20. Kuo Chun-Pao, Ling Cheng-Chang, Chen Shao-Hsien, Chang Chih-Wei. “The prediction of cutting force in milling Inconel-718”. International Journal of Machine Tools and Manufacture 27: 655–660, 2006.
21. Kurt A., Şeker U., “Kesici Takım Gerilmelerinin Sonlu Elemanlar Metodu Kullanılarak İncelenmesi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 20, No 4, 491 – 497, 2005.
22. Liu X. W., Cheng K., Webb D., Luo X. C. “Prediction of cutting force distribution and its influence on dimensional accuracy in peripheral milling”. International Journal of Machine Tools & Manufacture 42 791–800, 2002.
23. Lou, M.S., Chen, J.C., Li, C.M., “Surface Roughness Prediction Techniques for CNC End-Milling”, International Journal of Machine Tools and Manufacture”, 1-7, 1999.
24. Mamsour, A., Abdalla, H., “Surface Raughness Model for End Milling: A Semi-Free Cutting Carbon Casehardening Steel EN 32 in Dry Condition”, International Journal of Materials Processing Technology, vol.124, pp. 181–191, 2002.
25. Nalbant M., Altın A., Gökkaya H. “The effect of cutting speed and cutting tool geometry on machinability properties of nickel-base Inconel 718 super alloys”. Materials and Design, 2006.

26. Namazi M., Altintas Y., Abe T. And Rajapakse N., “ Modelling and identification of tool holder-spindle interface dynamics”, International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol 47, 1333–1341, 2007.
27. Öktem H. CNC tezgâhlarda 3 ve 5 eksenle işlenen yüzeylerin pürüzlülüğünün yapay sinir ağlarıyla tahmin edilmesi. GYTE. Y. Lisans Tezi, 2004.
28. Özçelik B., Öktem H., Kurtaran H. “Optimum surface roughness in end milling Inconel 718 by coupling neural network model genetic algorithm”. ”. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2005.
29. Özdemir U., Erten M. “Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarlarını Azaltma Yöntemleri”. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi Cilt1 Sayı 1 37–50, 2003.
30. Rahman M., Kumar A. Senthil, Manzoor-UI-Salam and Ling M. S. “Effect of Chilled Air on Machining Performance in End Milling”. ”. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2003.
31. Sağlam H., “Frezeleme Kesme Parametreleri İle Kesme Kuvvetlerinin Değişimi ve Bunların Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin Deneysel İncelenmesi”, Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Selçuk-Teknik Online Dergisi , 1302- 6178, , 2001.
32. Sakarya N., Güloğlu C., “Taguchi Yöntemi İle İşlemede Kullanılan Takım Yolu Hareketlerinin ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin Belirlenmesi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 21, No 4, 603-611, 2006.
33. Sandvik Coromant. Frezeleme Takımları. Sandvik Coromant, Sandviken, Sweden, 2003.

34. Sandvik Coromant. Titanium alloys – High Speed Machining Page 66–67. Sandvik Coromant, Sandviken, Sweden, 2003.
35. Savaşkan M., Taptık Y., Ürgen M., “Deney Tasarımı Yöntemi İle Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu”, İTÜ Dergisi / mühendislik cilt:3, sayı: 6, 117-128, 2004.
36. Schmitz T.L., Kelvin P., Won D., Duncan G.S., Sawyer W.G., Ziegert J.C., “Shrink fit tool holder connection stiffness/damping modeling for frequency response prediction in milling, ”. International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 47, 1368–1380, 2007.
37. Sender M., “A practical Guide to the Assessment of Surface Texture”, Germany, 1991.
38. Şahin Y. “Talaş Kaldırma Prensipleri 1”. Nobel Yayın Dağıtım, 2000.
39. Şahin Y. “Talaş Kaldırma Prensipleri 2”. Nobel Yayın Dağıtım, 2001.
40. Toh C.K. “Static and dynamic cutting force analysis when high speed rough milling hardened steel”. Materials and Design 25 41–50, 2004
41. TS ISO 8688-2, Türk Standartları Enstitüsü , 2006
42. TSE. Frezelemede Takım Ömrü Deneyi – Bölüm 1: Yüzey Frezeleme, TS ISO 8688–1. Ankara, 2006.
43. TSE. Frezelemede Takım Ömrü Deneyi – Bölüm 2: Parmak Frezeleme, TS ISO 8688–1. Ankara, 2006.
44. Wang J. J. Junz, Zheng M. Y. On the machining characteristics of H13 tool steel in different hardness states in ball end milling. Int J Adv Manuf Technol 22: 855–863. 2003.

45. Wang Z. G., Wong Y. S., Rahman M.. High-speed milling of titanium alloys using binderless CBN tools. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 45 105–114, 2005.

46. www.iscar.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Alpaslan SERT 07.01.1982 yılında Erzurum’da doğmuştur. Balıkesir Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden 2005 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başlamıştır ve devam etmektedir. İngilizce bilmektedir.

EKLER

A. Deneylerde Kullanılan CNC Tezgâhın Teknik Özellikleri

HAREKETLER	TMC 500/1
X/Y/Z EKSEN HAREKETLERİ	500/410/400 mm
İŞ MİLİ BURNU TABLA ARASI MESAFE	100-500 mm
İŞ MİLİ EKSENİNDEN SÜTUNA OLAN MESAFE	465 mm
TABLA	
TABLA EBADI	750400x mm
ÇALIŞMA ALANI	650400x mm
TABLA YÜKÜ	400 kg
T-KANALI GENİŞLİK x ADET x ARALIK	18x3x100 mm
TABLA YÜZEYİNİN YERDEN YÜKSEKLİĞİ	850 mm
İŞ MİLİ	
DEVİR ARALIĞI	60-6000 dev./dak.(rpm)
İŞ MİLİ KONİĞİ	ISO 40
MAX.TORK	7.2 kgm
YAĞLAMA SİSTEMİ	GRES (SONSUZ ÖMÜR)
İLERLEMELER	
HIZLI İLERLEME X,Y,Z	30 m/dak. (m/min.)
KESME İLERLEMESİ	1-10.000 mm/dak.(mm/min.)
ELLE İLERLEME	1-1260 mm/dak.(mm/min.)
BİLYALI MİLLER X,Y,Z (C3)	Ø40x10
TAKIM MAGAZİN	
TİPİ	TAMBUR(DRUM)
KAPASİTESİ	16
TAKIM UCU TİPİ VE SEÇME YÖNTEMİ	MAS BT40, ÇİFT YÖNLÜ,SIRASIZ
MAX.TAKIM ÇAPI/BOYU/AĞIRLIĞI	80 mm/250 mm/7 kg
TAKIM DEĞİŞTİRME ZAMANI (TAKIMDAN TAKIMA)	3 saniye(sec)
TAKIM DEĞİŞTİRME ZAMANI (TALAŞTAN TALAŞA)	6 saniye(sec)
MOTOR	
İŞ MİLİ MOTORU (SİEMENS-FANUC)	5/7 KW-3.7/5.5 KW
X&Y EKSEN (SİEMENS-FANUC)	1.4 KW
Z EKSEN MOTORU (SİEMENS-FANUC)	2.8 KW
SOĞUTMA POMPASI	0.63 KW
ATC MOTORU	40 watt,110V
YAĞLAMA MOTORU	4 watt,220V
ELEKTRİK VE HAVA İHTİYACI	
ELEKTRİK İHTİYACI	15 KW
HAVA İHTİYACI	6 atü
SOĞUTMA DONANIMI	
TANK KAPASİTESİ	120 L
POMPA KAPASİTESİ (lt/dak./2m)(lt/m/2m)	60
AĞIRLIK VE BOYUTLAR	
AĞIRLIK	3000 kg
ÇALIŞMA ALANI	2900X3400 mm
AMBALAJLAMA ÖLÇÜLERİ (DENİZASIRI)(BxExY)	2950x2250x2880 mm