TİTREŞİM SEBEPLİ YÜZEY KALİTESİ ÜZERİNDE TAKIM TUTUCU MODİFİKASYONLARININ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Engin Murat BAHAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL 2006
ANKARA

Engin Murat BAHAR tarafından hazırlanan TİTREŞİM SEBEPLİ YÜZEY KALİTESİ ÜZERİNDE, TAKIM TUTUCU MODİFİKASYONLARININ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Abdullah DURAN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Muammer NALBANT

Üye : Prof Dr. Ulvi ŞEKER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdullah DURAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT

Üye : Yrd. Doç. Dr. Oğuz TURGUT

Tarih : 07.09.2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

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

Engin Murat BAHAR

TİTREŞİM SEBEPLİ YÜZEY KALİTESİ ÜZERİNDE TAKIM TUTUCU MODİFİKASYONLARININ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Engin Murat BAHAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2006

ÖZET

Bu çalışmada; torna tezgahında kullanılan MTJNR 2525 M16 takım tutucularda meydana gelen titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Bunun için SAE1040 çelik malzeme ile TAKIMSAŞ firması tarafından üretilmiş üç adet MTJNR 2525 M16 takım tutucu kullanılmıştır. Takım tutuculardan bir tanesinin orijinal hali değiştirilmezken diğer iki tanesi üzerlerinde meydana gelen titreşimi absorbe etmek için, takma ucun bağlandığı bölümün hemen arkasından bir tanesi düşey bir taneside yatay düzlemde olmak üzere tel erozyon tezgahında "Z" profilinde kesilerek arasına alüminyum plaka yerleştirilmiştir. Bu üç farklı takım tutucu ile aynı kesme şartlarında deneyler yapılarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırılmıştır. Deneyler için; kesme hızı (V_c) 100 m/dak, talaş derinliği (a) 1 mm ve ilerleme (s) 0,2 mm/dev seçilmiştir. Deneyler; 50 mm çapında ve 300 mm boyundaki SAE1040 çelik malzemenin üzerinden CNC torna tezgahında her bir işlem için 100mm'lik kısımdan talaş kaldırmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda her bir takım tutucu ile işlenen parçaların, yüzey pürüzlülük değerleri 5,27μm, 5,56μm ve 6,39μm olarak ölçülmüştür. Alüminyum plaka yerleştirilerek hazırlanan takım tutuculardan elde edilen yüzeylerin orijinal katerden elde edilen yüzeyden daha iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca talaş kaldırma esnasında oluşan esas kesme kuvveti (F_c), ilerleme kuvveti (F_f) ve pasif kuvvet (F_p) her üç

kater için ayrı ayrı KİSTLER 9257b marka piezoelektrik dinamometre ile olçülmüştür. Ölçümler sonucunda üzerinde herhagibir değişiklik yapılmayan takım tutucuda $F_{c=}$ 500N, F_f=281N ve F_p= 257,81N'luk kuvvetler ölçülürken; düşey ve yatay düzlemde "Z" profilinde tel erozyonda kesilerek arasına alüminyum plaka yerleştirilen takım tutuculardan 2 nolu katerde (yatay düzlemde kesilen) $F_{c=}$ 552N, F_f= 340N ve F_p= 303N, 3 nolu katerde (düşey düzlemde kesilen) $F_{c=}$ 502N, F_f= 317N ve F_p= 262N' luk maksimum kuvvetler ölçülmüştür.

Bilim Kodu : 708
Anahtar Kelimeler : Titreşim, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri
Sayfa Adedi : 76
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr. Abdullah DURAN

INVESTIGATION OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE EFFECT OF TOOL HOLDER MODIFICATIONS HAVING A VIBRATION CAUSE ON THE SURFACE QUALITY

(M. Sc. Thesis)

Engin Murat BAHAR

GAZİ UNİVERSTY
INSTUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2006

ABSTRACT

In this study; the effect of vibration occured in MTJNR 2525 M16 tool holder, used in lathe workbench, to surface roughness is analysed. For this study three MTJNR 2525 M16 tool holder which is produced by TAKIMSAŞ company with SAE1040 steel material is used. While one of the tool holder is kept original and the others, one of them is vertical and the other is horizontal, cut into as "Z" shape in the wire erosion workbench to absorb the vibration occuring in their upper surface and an aluminium plate has placed between parts. The surface roughness values obtained by doing tests under the same cutting conditions with these three different tool holders are compared. For tests; cutting speed (Vc) 100 m/min, sawdust depth (a) 1 mm, and feeding (s) 0,2 mm/rev is chosen. Tests are effected by removing sawdust from upper surface 100mm part for each process of SAE1040 steel materials, 50mm diameter and 300mm length. After the tests, surface roughness values of parts operated with each tool holder is measured as 5,27μm, 5,56μm and 6,39μm. It was seen that the surface roughness of sample which was turned by modificated sample is better quality. Also during the test the cutting force that occurs while removing sawdust (F_c), feeding force (F_f) and the passive force (F_p) are measured with KISTLER 9257b piesoelectronic dynamometer for each cutter. After measurements when the forces of first (original) sample are measured as; $F_{c=}$ 500N, F_f=281N and F_p=

257N, and the forces of the modificated cutter sample 2 number (horizontal cut) is measured $F_{c=}$ 552N, F_f= 340N and F_p= 303N, 3 number (vertical cut) is measured $F_{c=}$ 502N, F_f= 317N and F_p= 262N.

Science code : 708
Keywords : Vibration, Cutting force ,Surface roughness
Page Number : 76
Adviser : Assist. Prof. Dr. Abdullah DURAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Abdullah DURAN'a, deney katerlerinin hazırlanmasında bana yardımcı olan Dr HAKAN GÜRÜN ve deney çalışmalarım da yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Mustafa Günay'a ayrıca benim bu günlere gelmemde emeği geçen annem Munise BAHAR ve babam Hüseyin BAHAR' a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT vi

TEŞEKKÜR viii

İÇİNDEKİLER ix

ÇİZELGELERİN LİSTESİ xi

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xii

RESİMLERİN LİSTESİ xiv

SİMGELER VE KISALTMALAR xv

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR TARAMASI 4

3. KURAMSAL TEMELLER 7

3.1. Yüzey Pürüzlülüğü 7

3.1.1. Yüzey pürüzlülük parametreleri ve tanımları 8

3.1.2. Pürüzlülük ölçüm teknikleri 13

3.1.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm tekniklerinin seçimi 18

3.1.4. Ölçümlerin filtrelenmesi ve elektriksel filtre tipleri 18

3.1.5. Yüzey pürüzlülüğü standartları 21

3.1.6. Çeşitli teknikler ile elde edilmiş yüzeylerin R_a değerleri 22

3.1.7. İşleme parametrelerinin R_a ile İlişkisi 23

3.1.8. Yüzey kalitesini etkileyen faktörler ve yüzey kalitesinin boyutsal toleransa etkisi 24

3.1.9. Kırılma kabalığı veya talaş yapışması 25

3.2. Titreşim 27

Sayfa

3.3. Takım Geometrisi 28

3.4. Kesme Olayı ve Talaş Tipleri 29

3.5. Kesme Kuvvetleri..... 33

3.5.1. Kesme kuvvetlerini ölçme metotları 36

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR 38

4.1. Meteryal ve Metod 38

4.2. Deneyde Kullanılan 'Z' Profilinde Malzeme Şeçimi..... 40

4.3. Deneyde Kullanılan Kater ve Vibrasyon Damperinin Teknik Özellikleri..... 41

4.4. Deney Düzeneği 42

4.5. Deneyde Kullanılan İş Parçası 44

4.6. Deneylerin Yapılışı 45

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 50

KAYNAKLAR 55

EKLER..... 57

EK-1 Deneyde ölçülen kesme kuvvetleri grafikleri..... 58

EK-2 Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri. 61

EK-3 Türk Standartları Enstitüsü yüzey pürüzlülüğü parametrelerin ölçülmesi için terimler ve tarifler 70

ÖZGEÇMİŞ 76

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm tekniklerinin karşılaştırılması…… 18

Çizelge 3.2. Ulusal yüzey pürüzlülüğü standartları…… 21

Çizelge 3.3. R_{SM} için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları…… 22

Çizelge 3.4. R_a ve R_q için örnekleme ve değerlendirme…….. 22

Çizelge 3.5. R_z , R_t ve R_p için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları…… ……...22

Çizelge 3.6. Çeşitli teknikler ile elde edilmiş yüzeylerin R_a değerleri…… 23

Çizelge 4.1. Alüminyumun teknik özellikleri…….. 41

Çizelge 4.2. Kater ve vibrasyon damperinin teknik özellikleri……... 41

Çizelge 4.3. Deney numunesinin kimyasal bileşimi…….. 44

Çizelge 4.4. İşlenen parçaların ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri……. 45

Çizelge 4.5. İşleme esnasında ölçülen kesme kuvvetleri……. 47

Çizelge 4.6. İşleme esnasında ölçülen kesme kuvvetlerine göre hesaplanan bileşke kuvvetler……..... 51

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. Yüzey profilinin kombinasyonu.....7

Şekil 3.2. Tornalanmış yüzeyde parelel yüzey profilleri..... 8

Şekil 3.3. Örnekleme uzunluğu ve ölçüm uzunluğu.....9

Şekil 3.4. Tepe profili / profil tepe noktası ve vadi profili / vadi dip noktası..... 9

Şekil 3.5. Ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra..... 10

Şekil 3.6. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü, Rq.....11

Şekil 3.7. Profildeki maksimum yükseklik, Ry.....11

Şekil 3.8. Profilin yüksekliği, Rz.....12

Şekil 3.9. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması, RSm 13

Şekil 3.10. Katı yüzeyde oluşan elektromanyetik yansımaların tipleri.....14

Şekil 3.11. Termal komparatör.....15

Şekil 3.12. Detektör uçlu ölçüm aletinin şematik gösterimi.....16

Şekil 3.13. Detektör iğnesinin geometrisi.....17

Şekil 3.14. 2-RC filtre devresi..... 18

Şekil 3.15. Birincil profil.....19

Şekil 3.16. Pürüzlülük profili.....19

Şekil 3.17. 2-RC Filtresi ile yapılan ölçümlerdeki kurs uzunluğu detayı.....20

Şekil 3.18. Finiş takımı modelleri.....24

Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülüğünün oluşumu.....24

Şekil 3.20. Takım yüzeyinde BUE nin oluşumu ve aşamaları.....26

Şekil 3.21. Takım açılarının etkisi.....29

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.22. Kesme işleminde meydana gelen değişik talaş tipleri.....30

Şekil 3.23. Tornalamada kesme kuvvetleri.....33

Şekil 4.1. Takimsaş firması tarafından üretilen MTJNR 2525 M16 takım tutucu (1 Nolu Kater).....38

Şekil 4.2. "Z" Profilinde kesilerek arasına alüminyum plaka konulan MTJNR 2525 M 16 takım tutucu (2 nolu kater).....39

Şekil 4.3. "Z" Profilinde kesilerek arasına alüminyum plaka konulan MTJNR 2525 M16 takım tutucu (3 nolu Kater).....39

Şekil 4.4. Wöhler diyagramları.....40

Şekil 4.5. Deneyde kullanilan katerin katalog bilgileri.....42

Şekil 4.6. 1 numaralı katerle ölçülen kuvvetlerin grafik değerleri.....46

Şekil 4.7. 2 numaralı katerle ölçülen kuvvetlerin grafik değerleri.....46

Şekil 4.8. 3 numaralı katerle ölçülen kuvvetlerin grafik değerleri.....47

Şekil 4.9. Takım tutucu üzerinde oluşan kesme kuvvetleri ve yönleri.....52

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 4.1. KISTLER marka 9257B modeli piezoelektrik dinamometre ve 9403 modeli takım bağlama aparatı…….....42

Resim 4.2. CNC torna tezgahına bağlanmış deney düzeneği……43

Resim 4.3. KISTLER marka 5017B modeli ampfilikatörün ön ve arka görünüşleri…….....43

Resim 4.4. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı…….....45

Resim 4.5. 1 Nolu kater ile iş parçasından kaldırılan talaş numunesi ve 1 nolu kater…….48

Resim 4.6. 2 Nolu kater ile iş parçasından kaldırılan talaş numunesi ve 2 nolu kater……...48

Resim 4.7. 3 Nolu kater ile iş parçasından kaldırılan talaş numunesi ve 3 nolu kater……49

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	**Açıklama**
E	Elastikiyet modülü (N/mm^2)
F	İlerleme(mm/dev)
ϕ	Kayma açısı (^{o})
F_a	İlerleme kuvveti (N)
F_c	Asıl kesme kuvveti (N)
F_{pC}	Pasif kuvvet (N)
G	Kesici takımın kayma modülü
γ	Talaş açısı (^{o})
ν	Poison oranı
σ_k	Malzemenin çekme dayanımı (N/mm^2)
V	Kesme hızı (m/dak)
β	Kama açısı (^{o})

Kısaltmalar	**Açıklama**
FEM	Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Metodu)
TS	Türk Standartları

1. GİRİŞ

Günümüzde özellikle yüksek basınçlarda çalışan makinalar ile makinalarda kullanılan hareketli parça sayısının artması sonucu ile bu makinalarda kullanılacak olan parçaların yüzey kaliteside önem kazanmaktadır. Talaşlı imalat yöntemi ile imal edilen parçalarda, parçanın ölçü ve geometrik toleransları yanında, tatminkar yüzey kaliteside önem kazanmaktadır. Bir makina parçasının gerektiği tarzda çalışması ve mekanik ömrü ile dış etkilere karşı direnci yüzey kalitesine bağlıdır [1].

Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribilojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür.

Talaş kaldırma işleminde, tezgaha girişlerin ve tezgaha dahil diğer önemli işlemlerle birlikte, çıkışların da dikkate alınması gerekir. Bunlar arasında kesici takım malzemeleri, işlenecek iş parçası, tezgahın kinematiği, stabil olması ve ekonomikliği sayılabilir. Bunlara ilaveten, gerekli hassasiyet ve yüzey pürüzlülüğü son amacı belirlediğinden en önemli çıkış parametresidir. İmalatta işlenmiş yüzey hassasiyetinin elde edilmesi her zaman önemli çıkış parametrelerinden biri olmaktadır. Yüzey hassasiyeti pek çok parametreyi içerisine alan bir terim olup, bunlar özetle yüzey bitimi ve çatlaklardan arınma, kimyasal değişme, yanma, dönüşme ve aşırı temperleme şeklinde termal hasar ve kalıcı çekme gerilmesi olarak sayılabilir. Bunlardan ilki yani son bitirme yüzeyi talaş kaldırma işleminde en önemlisi olup diğerleri esas olarak taşlanmış yüzeylerle ilgilidir. Son yüzeylerin çok önemli olduğu yerde, özellikle makina imalatında ve özdeş parçaların imalatında bitirme işlemi tamlığının her zaman dikkatle tasarlanması gereklidir [1].

Talaş kaldırma işleminde amaç, parça yapım resminde gösterilen tolerans hassasiyetine göre parçaların istenilen geometrik ölçü ve yüzey kalitesinde parça imal edilmesidir. Makina parçasının geometresi, boyutu ve yüzey kalitesi işleme kalitesini oluşturur. Ancak parça yapım resminde gösterilen ideal ölçülere göre üretimi tamamlanan parça üzerinde boyut, yüzey kalitesi ve geometrisi yönünden

bazı hatalar ortaya çıkabilir. Bu hatalar "tolerans" olarak adlandırılır ve parçanın kullanıldığı yere göre müsade edilen edilen belli bir değerde tutulduğu takdirde parçanın çalışmasına engel teşkil etmez. Bu toleranslar parçanın hem boyutu hem de yüzey kalitesini meydana getirirler. Ancak hatalar (toleranslar) ne kadar küçük olursa o kadar yüksek yüzey kalitesi elde edilir. Başka bir deyişle, toleranslar ne kadar büyük yani kaba olursa o derece de düşük yüzey kalitesinde parça imal edilir. Kesme maliyeti ile toleranslar arasında ters bir ilişki vardır. Çünkü toleranslar büyüdükçe parça maliyeti büyük oranda azalır. Fakat parçanın fonksiyonunu yerine getirmesi yüzey kalitesi toleranslarının küçülmesi ile artar. Bu nedenle, imalat mühendisliği açısından parçanın kullanılacağı yere göre ekonomiklik de dikkate alınarak parçanın uygun yüzey kalitesinde işlenmesini gerçekleştirecek üretim metodu yanında yüzey kalitesi tolerans ve maliyet arasında bir uzlaşma sağlayacak şekilde belirlenmelidir [1].

Daha yüksek verimlilikte bir üretimle, az maliyetle ve en kısa sürede kabul edilebilir bir yüzey kalitesi elde etmek her tasarımcının arzu ettiği bir husustur. Bu nedenle, yüzey pürüzlülük değerlerini etkileyen işleme parametrelerinin iyi analiz edilmesi önemli bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüzey pürüzlülük değerinin azaltılması; düşük ilerleme ve yüksek kesme hızlarının şeçimi, düşük talaş derinliği, soğutma suyu debisi, kesici takım uç yarıçapı ve talaş açı değerleri gibi bir çok faktöre bağlıdır. Talaş kaldırılan yüzeylerin incelenmesinde, ard arda sıralı, tepe ve çukurlarla dolu bir görünüm ile karşılaştırılmasına rağmen bu durum matematiksel ifadeler ile tanımlanabilmektedir [2].

İş parçasının yüzey kalitesine en çok etki eden sebeplerden bir tanesi titreşimdir. Kesme esnasında titreşime neden olan iki temel unsur mevcuttur. Bunlar; tezgahın genel yapısı ve çalışma ortamının rijitliği ile kesme şartlarına bağlı olarak oluşan kuvvetlerin yarattığı titreşimlerdir.

Titreşimin kesici takım ömrüne ve işlenen yüzey kalitesine, kesici takım ile iş parçası arasında sürekli oluşan bir relatif titreşimin mevcut olması nedeni ile olumsuz etkisi vardır. Talaş kaldırma esnasında, genellikle zorlanmış titreşim ve kendiliğinden

doğan titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkmaktadır. Zorlanmış titreşim, tezgahın mekanik hareketlerinden dolayı ileri gelirken, kendiliğinden doğan titreşim ise talaş kaldırma olayından meydana gelmektedir [1].

Bu çalışmada zorlanmış titreşim ve kendiğinden doğan titreşimi absorbe edecek şekilde tasarlanmış bir takım tutucunun yüzey kalitesine etkisi incelenmiştir. Tezgahtan kaynaklanan titreşimin ve talaş kaldırma esnasında kendiliğinden doğan titreşimin, iş parçasının yüzey kalitesini etkilememesi için torna kateri tasarımı değiştirilerek, kater üzerindeki bahsedilen titreşimler absorbe edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ise bu kater tasarımının iş parçasının yüzey kalitesini arttırdığı tespit edilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

1931 yılında yüzey kalitesi konusunda ilk defa Almanya'da bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda yüzey kaliteleri bir düzenlemeye tabi tutulmuştur. Yüzey kaliteleri belli esaslara bağlanarak DIN 140 normu düzenlenmiştir. O dönemde, yüzeyler 'talaş kaldırılan ve talaş kaldırılmayan yüzeyler' olarak ifade edilirdi. Ayrıca talaş kaldırılarak işlenecek parçaların tanımında el ve göz tespitleri dikkate alınmıştır. Yani yüzeyler elin hissetme, gözün görme kabiliyetine göre tespit edilmiştir. Yüzey kaliteleri kaba, orta, ince ve hassas olmak üzere 4 çeşit olarak belirlenmiştir [3].

1960' lı yıllardan sonra Uluslar arası Standartlar Örgütü (ISO) yüzey kaliteleri konusunda bir çalışma yapmış ve yüzey kaliteleri standartlarını ülkemize tavsiye etmiştir. Türk Standartları Enstitüsü de TS 2040 numaralı standartla yüzey kalitelerini bir esasa bağlamıştır [3].

Pensilvanya üniversitesinde yapılan ve 'Optimum Şartların Tayininde Yüzey Kalitesinin Tayini için Regrasyon Analizi ve Uygulamaları' adı verilen bir çalışmada yüzey pürüzlülüğünün en önemli faktörlerinin kesme hızı, ilerleme, takım uç yarıçapı ve iş parçasının sertliği olduğu dikkate alınarak işleme parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır.

Gronovsky., ilerleme, kesme hızı, takım uç yarıçapı ve takım geometrisi (asıl kesme kenar açısı) parametrelerinin yüzey kalitesi ile ilişkisini gösteren bir nomoğram oluşturmuş ve diğer araştırmacılar da bu nomoğramları kullanmışlardır [4].

Hesegawa, Seireg ve Lindberg, tornalama işlemlerindeki kesme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve yaygın olarak kullanılan yumuşak çeliklerde, yüzey kalitesinin önceden kestirilebilmesi için bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu model istenilen bir yüzey kalitesi için optimal kesme şartlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada deney şartları, deney yöntemi anlatılmış ve bir model geliştirilmiştir.

Bayraktar M., Ç1020, SAE1040 ve 9SMnPb çeliklerinin talaşlı işlemesinde, yüzey pürüzlülüğünün uzman sistemle hesaplanan değerlerinin deneysel değerlerle karşılaştırılmasını yapmıştır [2].

Özses B., sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Deneylerini bilgisayar destekli bir takım tezgahında yapmıştır. Aynı kesme koşullarında, birbirinin aynı olan parçaları işlemiş ve sonuçta ortaya çıkan yüzey kalitelerini karşılaştırmıştır [5].

Güllü A., silindirik taşlamada istenilen yüzey pürüzlülüğüne elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımı ile optimizasyonu konulu bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmayla, gerçek taşlama ortamında sekiz bağımsız değişken kullanılarak, yüzey kalitesinin önemli kriterlerinden olan "Ortalama pürüzlülük" (R_a) ve "Max. pürüzlülük" (R_t) değerleri arasında matematiksel modeller ve grafik ilişkiler kurulmuştur. Ayrıca bulunan matematiksel modellerden yararlanılarak standartlaştırılmış, bilinen ve tecrübeye dayalı taşlama verilen kural tabanı alınarak. bağımsız parametrelerin optimum değerlerini bulan bir bilgisayar programı 'Turbo Paskal" dili kullanılarak yazılmıştır. Önceden bazı parametreler seçilerek yüzeylerin paso sayısı ile R_a ve R_t değerleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur [6].

Güllü A., alın tornalamada, en uygun kesme koşulları için yapılmış deneysel çalışmaların, yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, CNC torna tezgahında alın tornalama ile, işleme faktörlerinin yüzey kalitesine olan etkileri incelenmiştir. Test malzemesi, kesme hızı, ilerleme, kesici uç yarıçapı ve uç tipi işleme faktörleri olarak alınmıştır. UC6010 kalitede kaplamalı karpit ve TNHC kalitede seramik olmak üzere iki tip kesici ucu 0,4 – 0,8 – 1,2 ve 1,6 mm uç yarıçapları ile on sekiz farklı çelik malzeme test edilmiş olup paso derinliği 0,1 mm alınarak, yapılmış deneysel çalışmaların sonuçları incelenmiştir [7].

Özdur Z., CNC tel elektro erezyon tezgahında işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, işleme hızı ve ölçü tamlığına etkilerinin incelenmesi üzerine deneysel bir çalışma yapmıştır. İşleme parametrelerinin etkilerini belirlemek amacıyla kalıp

imalatında yaygın olarak kullanılan SPK 2080 (AISI standardında, D3) yağ çeliği malzemeden, 0,25 mm çapında (CuZn-37, 900 N/mm2) tel ile toplam 78 adet numune kesilerek incelenmiştir. İşleme parametrelerinin etkileri grafikler halinde elde edilmiş ve ileride bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara yardımcı olacak şekilde yorumlanmıştır [8].

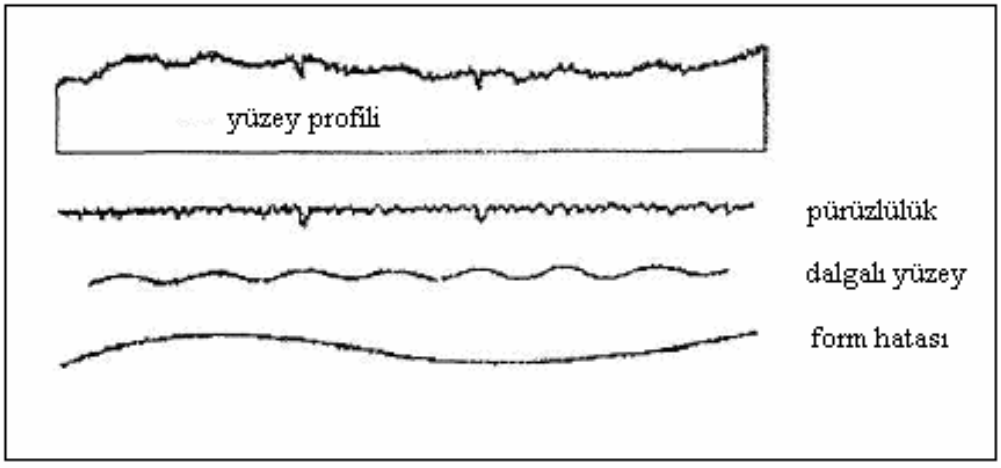
Yapılan çalışmalar incelendiğinde hepsinin amacı yüzey kalitesini arttırmaya yönelik olmasına rağmen, takım tutucularda meydana gelecek titreşimleri apsorbe edecek herhangi bir çalışma yapılmadığından; bu çalışmada titreşim sebepli yüzey kalitesi üzerinde takım tutucu modifikasyonlarının etkisi deneysel olarak araştırılmıştır.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey profili; Şekil 3.1.' de görüldüğü gibi pürüzlü, dalgalı ve form hatası olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Pürüzlülük, tezgâhlardan ziyade işlemede seçilen metoda bağımlıdır. İşleme sırasında pürüzlülüğü etkileyen faktörlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır [9];

- İşleme sırasında malzeme üzerinde oluşan yırtılmalar,
- Kesici takımın ucunda bulunan talaş kırıcının yapısı,
- İşleme esnasında kesici takımın yapısından dolayı işlenmiş yüzey üzerinde oluşan takım izleri,
- Kesici takımın, işlenen parça yüzeyinde bıraktığı izlerin bazı işlemlerde düzenli, bazı işlemlerde düzensiz olması,



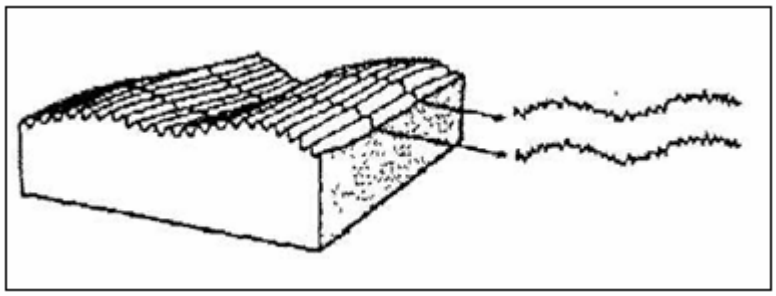
Şekil 3.1. Yüzey profilinin kombinasyonu

Dalgalı yüzey genel olarak makinaların karakteristik özelliklerine bağlıdır. Bu duruma taşlama tezgahındaki taşın balansının bozukluğu, takım ilerlemesindeki düzensizlik, makinanın rijit olmaması vb. teknik aksaklıklar örnek verilebilir.

Form hataları aşağıdaki sebeplerden oluşmaktadır [l0].

- İş parçasının tezgaha rijit olarak bağlanamaması,
- Kesici takımın tutucuya iyi bağlanamaması (sonucunda kesme kuvvetlerinden ötürü işlenmiş yüzey üzerindeki deformasyonlar),
- İş parçasının bağlandığı tablanın hareket ettiği kızaklarda olan doğrusallık hataları,
- Malzemenin veya iş parçasının bir önceki operasyondan ötürü (ısıl işlem vb.) oluşan iç gerilmelerinin yok olması.

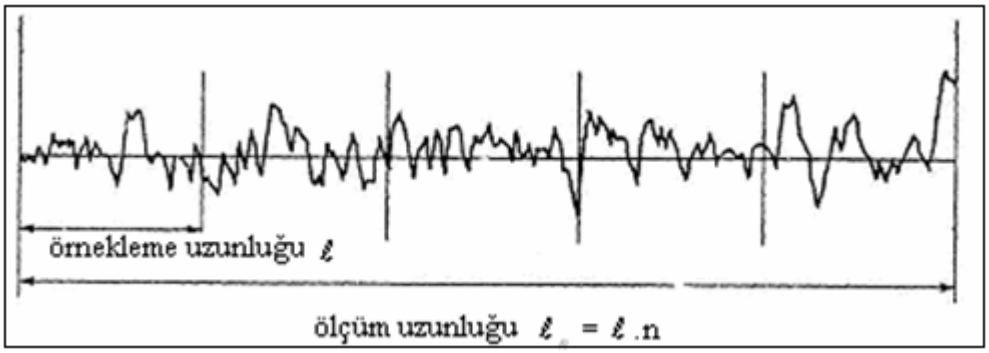
Yüzeyi tamamen işlenmiş olan bir parçanın yüzey yapısı her yerinde aynı özelliği göstermektedir. Eğer bir parçanın yüzeyinde iki paralel bölgede yüzey pürüzlülüğü incelenirse, yüzey yapıları arasında küçük farklılıklar olduğu görülecektir (Şekil 3.2.). Yine de parçanın tüm yüzeyini ölçmeksizin herhangi bir işlenmiş yüzeyini ölçerek değerlendirme yapmak mümkündür [10].



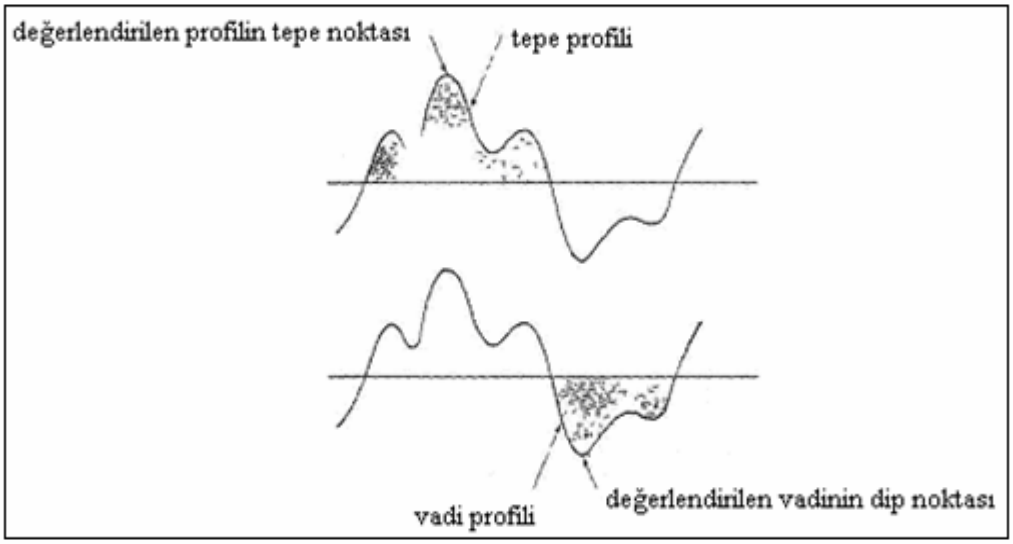
Şekil 3.2. Tornalanmış yüzeyde parelel yüzey profilleri

3.1.1. Yüzey pürüzlülük parametreleri ve tanımları

Şekil 3.3.' de herhangi bir yüzey profil yapısı gösterilmektedir. "ℓ " ile ifade edilen aralık örnekleme uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir araya gelmesi ile de "ℓ_n " ile ifade edilen ölçüm uzunluğu oluşmaktadır. Eğer profil "n"' adet örnekleme uzunluğu içeriyorsa ölçüm uzunluğu Eş.3.1. ile hesaplanmaktadır.



Şekil 3.3. Örnekleme uzunluğu ve ölçüm uzunluğu



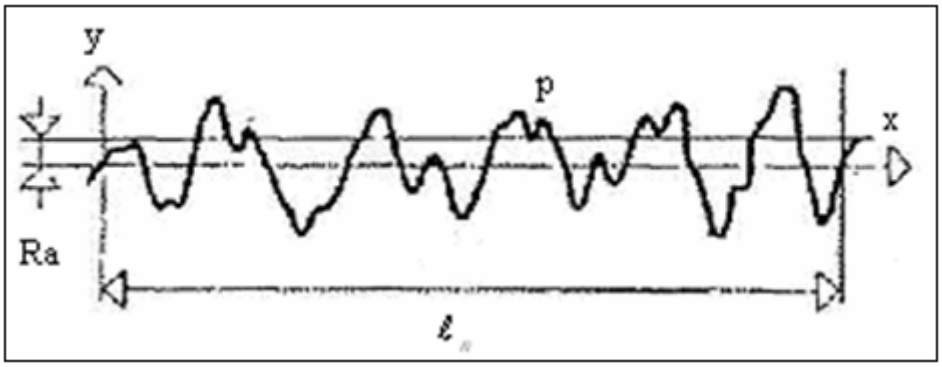
Şekil 3.4. Tepe profili / profil tepe noktası ve vadi profili / vadi dip noktası

$$\ell_n = \ell .n \qquad (3.1.)$$

Şekil 3.4.'de görüldüğü gibi, değerlendirilen profil üzerinde ortalama çizgisinden yukarı doğru olan kısımlara "tepe profili", aşağıya doğru olan kısımlara ise "vadi profili"' denilmektedir. Her profilin en yüksek noktası "tepe noktası", her vadinin en derin noktası ise "dip noktası" diye tanımlanmaktadır. Eğer tepe profili yüksekliği veya vadi profili derinliği, profilin tamamı düşünüldüğünde en yüksek ve en derin iki nokta arasındaki uzunluk değerinin % 10'undan küçük ise, bunlar tepe noktası veya dip noktası olarak nitelendirilmemektedirler.

Ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra

Belirli bir ölçüm uzunluğundaki (ln) ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), merkez çizgisinden ölçüm uzunluğuna kadar olan mesafede ölçülen yükseklik değişimlerinin (yn) mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Eş 3.2.), (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Ortalama yüzey pürüzlülüğü, R_a

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + ... + y_n}{n} \qquad (3.2.)$$

Bazı referanslarda R_a, merkez çizgisi ortalaması veya aritmetik ortalama olarak da belirtilmektedir [9].

Ortalama yüzey pürüzlülüğünün karakteristik özellikleri

- Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için ele alınmış olan ölçüm uzunluğunda hesaplanan "R_a" yüzey pürüzlülüğü ortalamasını ifade etmektedir. Yüzeydeki aşırı yüksek tepelerin veya alçak vadilerin hesaplamalarda R_a değerine etkisi yok denebilecek kadar azdır.
- Yüzey pürüzlülüğü değerlendirilirken ölçüm doğrultusu oldukça önemlidir. Talaşlı imalat yöntemi ve iş parçasının şekli R_a değerini etkilemektedir.
- R_a, yüzeyin çarpıklığı, eğriliği yada düzensizliği ile ilgili bilgi vermemektedir.
- R_a, birim olarak mikrometre (μm) yada mikroinç (μinç) olarak tespit edilir.
- Aynı R_a değeri değişik tipteki yüzeyler üzerinde de ölçülebilir. Dolayısıyla

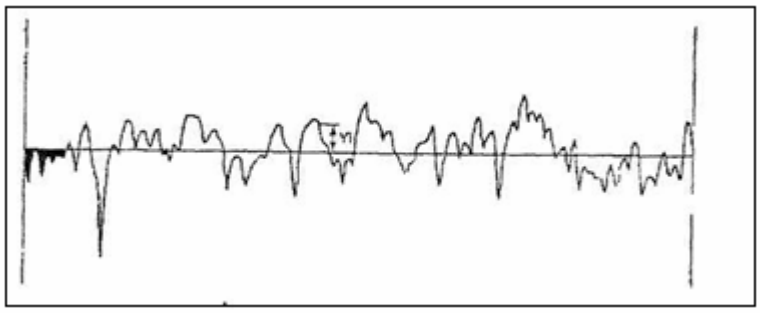
R_{max} değeri de gözönüne alınarak yüzey hakkında daha fazla bilgi edinilir.

- R_a'nın çok düz, yumuşak ve kısa yüzeylerde kullanılması uygun değildir [9].

Profilin karelerinin ortalamasının karekökü, R_q

R_q, profilin ortalama çizgisi ile oluşturduğu yükseklik değişimlerinin (Y_i) karelerinin ortalamasının karekökü olarak tanımlanmaktadır (Eş 3.3.), (Şekil 3.6.).

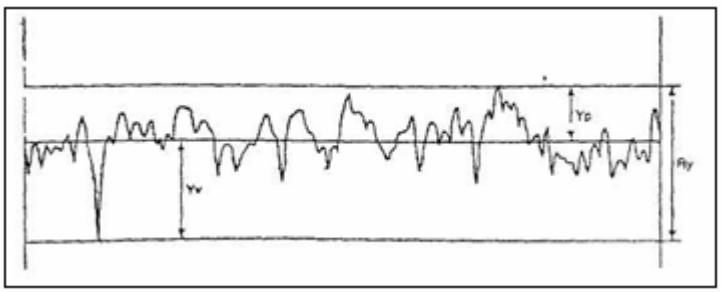
$$R_q = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} Y_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \tag{3.3.}$$



Şekil 3.6. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü, R_q

Profildeki maksimum iki noktanın yüksekliği, R_y

R_y, Şekil 3.7' de de belirtildiği gibi ortalama çizgisine göre üstte kalan en yüksek tepenin yüksekliği olan Y_p ile altta kalan en derin vadinin derinliği olan Y_v'nin toplamıdır (Eş 3.4.), [11].



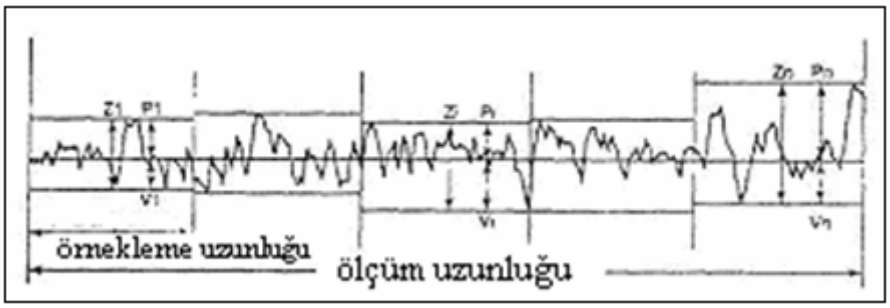
Şekil 3.7. Profildeki maksimum yükseklik, Ry

$$R_y = Y_p + Y_v \tag{3.4.}$$

Profilin maksimum yüksekliği, Rz

R_z, Şekil 3.8.'de ifade edilen profil tepe yüksekliği P_i olan ve vadi derinliği V_i olan Z_i' lerin her örnekleme uzunluğu için değerlerinin toplamının, toplam örnekleme uzunluğu miktarına bölünmesi ile hesaplanır (Eş 3.5.), [11].

$$R_z = \frac{Z_1 + Z_2 + ... + Z_n}{n} \tag{3.5.}$$



Şekil 3.8. Profilin yüksekliği, R_z

Profilin toplam yüksekliği, Rmax

R_{max}, ölçüm uzunluğu boyunca en yüksek tepe noktasının yüksekliği ile en dip noktasının yüksekliğinin toplamı olarak ifade edilmektedir [11].

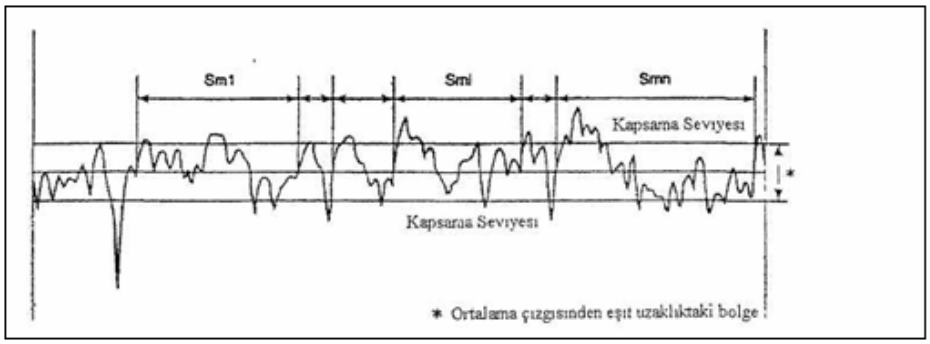
Maksimum tepe profili yüksekliği, R_p

Ortalama çizgisinin üzerinde kalan tüm tepe profillerinin aritmetik ortalamasına R_p denir [11].

Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması, R_{Sm}

Tepe profili ve buna komşu olan vadi profillerine "profil elemanları" denir. Örnekleme uzunluğunda yer alan profil elemanlarının genişliği Sm ile ifade edilmektedir (Eş 3.6.), (Şekil 3.9.).

$$R_{Sm} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} SM_i \tag{3.6}$$



Şekil 3.9. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması, R_{Sm}

Profil elemanlarının tespitinde aşağıdaki hususlara dikkat edilir:

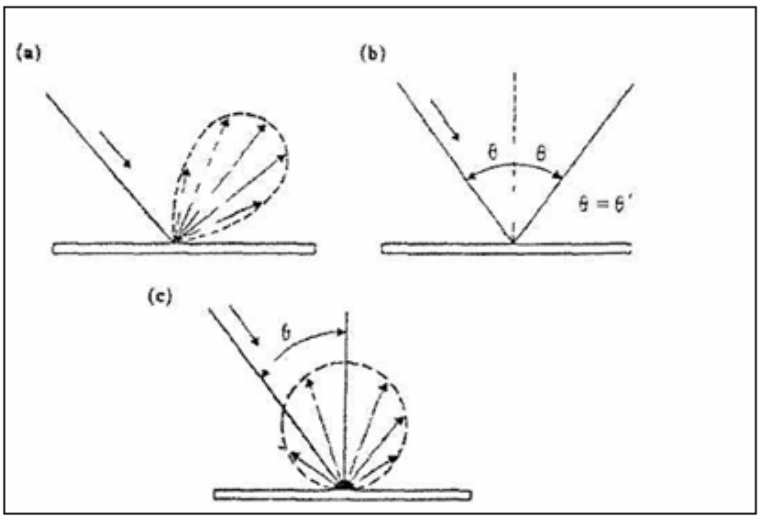
- Ölçülen profil üzerindeki tepe profilleri ve vadi profilleri birbirini takip edecek şekilde değişimli olarak görülmelidir.
- Değerlendirilen profilin, profil elemanından hemen önceki ortalama çizgisini kestiği nokta, başlangıç noktasını ve aynı zamanda bir önceki profil elemanın bitiş noktasını temsil etmelidir.
- Eğer örnekleme uzunluğunun başlangıç noktasında tepe yada vadi profillerinden herhangi biri kayboluyorsa bu bölgede profil elemanı genişliği değerlendirilemez.

3.1.2. Pürüzlülük ölçüm teknikleri

Optik metot

Bir yüzey elektromanyetik radyasyona tabi tutulduğunda yansıma; difüser şekilde, (Şekil 3.10.a.) speküler şekilde (Şekil 3.10.b.) veya her ikisi birden gerçekleşerek (Şekil 3.10.c.) olmaktadır. Eğer yansıma tamamen dağılıyorsa, Lambert kuralına göre yüzeyden yansıyıp geri dönen ışın, yansıtılan ışının, açısının kosinüsü şeklinde yansımaktadır (Şekil 3.10.a.). Dolayısıyla yüzey pürüzlü denilmektedir ve radyasyon birbirinden farklı dalga boylarına sahip olmaktadır. Eğer yansıma tamamen speküler ise Snell kanununa uymaktadır, yani yüzeye yansıtılan ışının açısı yüzeyden yansıyıp

dönen ışnım açısına eşit olmaktadır (Şekil 3.10..b). Dolayısıyla, "yüzey düzgün" denilmektedir ve radyasyon sadece tek dalga boyuna sahip olmaktadır.



Şekil 3.10. Katı yüzeyde oluşan elektromanyetik yansımaların tipleri

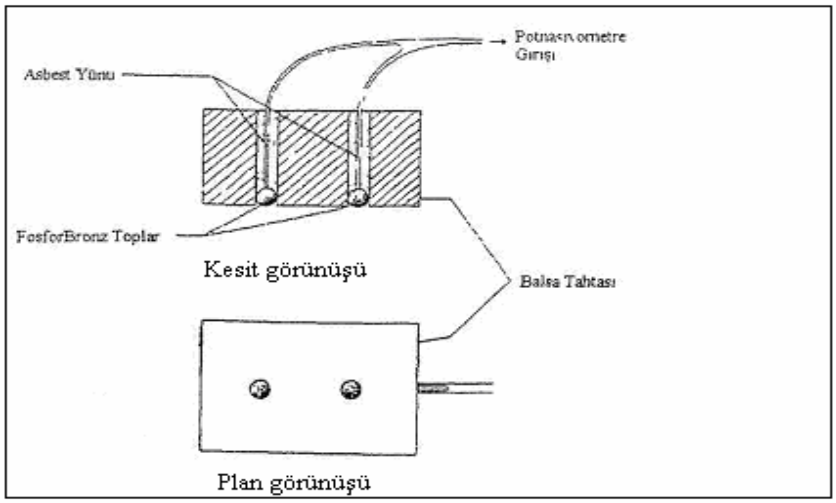
Optik metot ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü geometrik ve fiziksel teknikler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Geometrik teknikte ölçümler optik problar kullanılarak optik olarak yapılmaktadır. Fiziksel metotta ise parlaklık ölçüm cihazları kullanılmaktadır [10].

Temas metodu

Temas metodunda yüzeye dokunma (tactile) testi denilen bir metot uygulanmaktadır. Bu teknikte yüzey üzerinde bir prob dolaştırılarak sürtünme katsayısı daha önceden bilinen yüzeylerde elde edilen neticelerin (benzer imal usulleri ile elde edilmiş) karşılaştırılmasına dayanmaktadır [12].

Termal komparatör metodu

Termal komparatör metodunda yüzey pürüzlülüğü metalden imal edilmiş küresel toplar kullanılarak ölçülmektedir. Burada 16mm çapında 2 adet metal küresel top termal olarak yalıtılmış malzemenin ağzına yerleştirilmektedir (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Termal komparatör

Bu teknikte, küresel toplardan biri hareket ettirilmezken diğeri yavaşça dışarı çıkartılmaktadır. Her iki topa da değişik ısıl çiftler bağlanmıştır. Aparat komple aynı ve sabit sıcaklığa erişinceye kadar fırında bekletildikten sonra yaklaşık 1Nt. değerinde bir kuvvet pürüzlülüğü ölçülecek malzeme üzerine tatbik edilmektedir. Hafif dışarı çıkartılmış olan top pürüzlülüğü ölçülecek olan yüzeyle temas ettiğinden dolayı hızla soğumaya başlayacaktır. Dolayısıyla ısıl çiftlerden alınan sinyaller voltaj değişikliği şeklinde ölçülerek yüzey pürüzlülüğü tespit edilmektedir [10].

Kapasitans ile ölçüm metodu

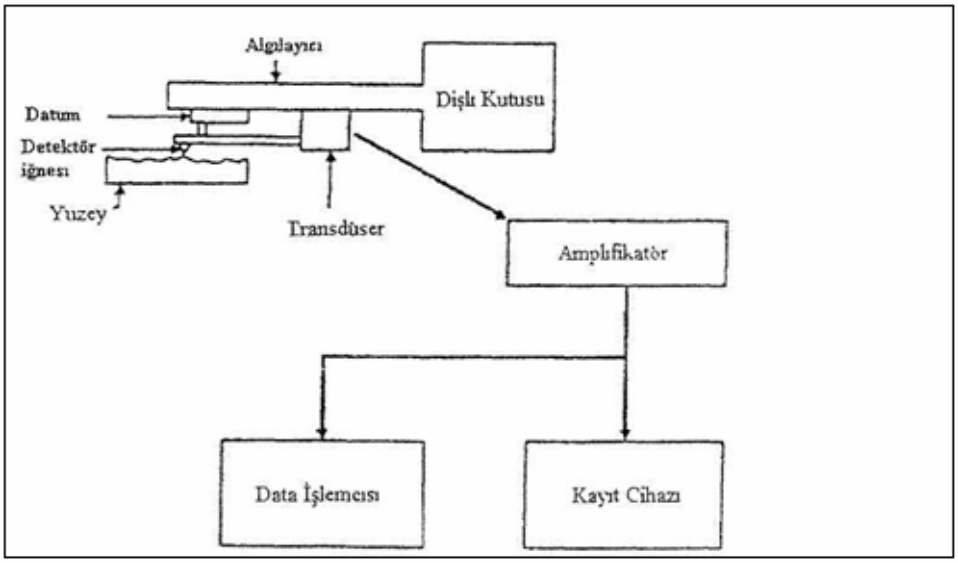
İki iletken malzeme arasındaki kapasitans ortamlardaki dielektrik sabitleri ve alanları ile doğru orantılı olup, birbirleri arasındaki mesafe ile de ters orantılı olmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünün değişik yüksekliklerde küçük eleman alanlarının toplamından oluştuğu düşünülürse bunların birbirleri arasında oluşan efektif kapasitans değerleri direkt olarak yüzey pürüzlülüğünü ortaya koymaktadır [10].

Pnömatik ölçüm metodu

Pürüzlülüğü ölçülecek olan yüzey üzerine yerleştirilen bir ölçüm nozulu vasıtasıyla "P" sabit basıncında hava püskürtülmektedir. Hava ortada bulunan yüzeye bağlı bir çember içerisinde kesit alanı "a" olan bir orifisden geçtikten sonra ölçüm nozulu ve pürüzlü yüzey arasında bulunan efektif alanı "A" olan aralıktan kaçmaktadır Çemberdeki basıncı p' ye düşmektedir. Dolayısıyla "p/P" ve "A/a" şeklinde doğrusal ilişkiler kurulup pürüzlülük değerlendirilir [10].

Detektör iğne (staylus) uçlu ölçme aleti

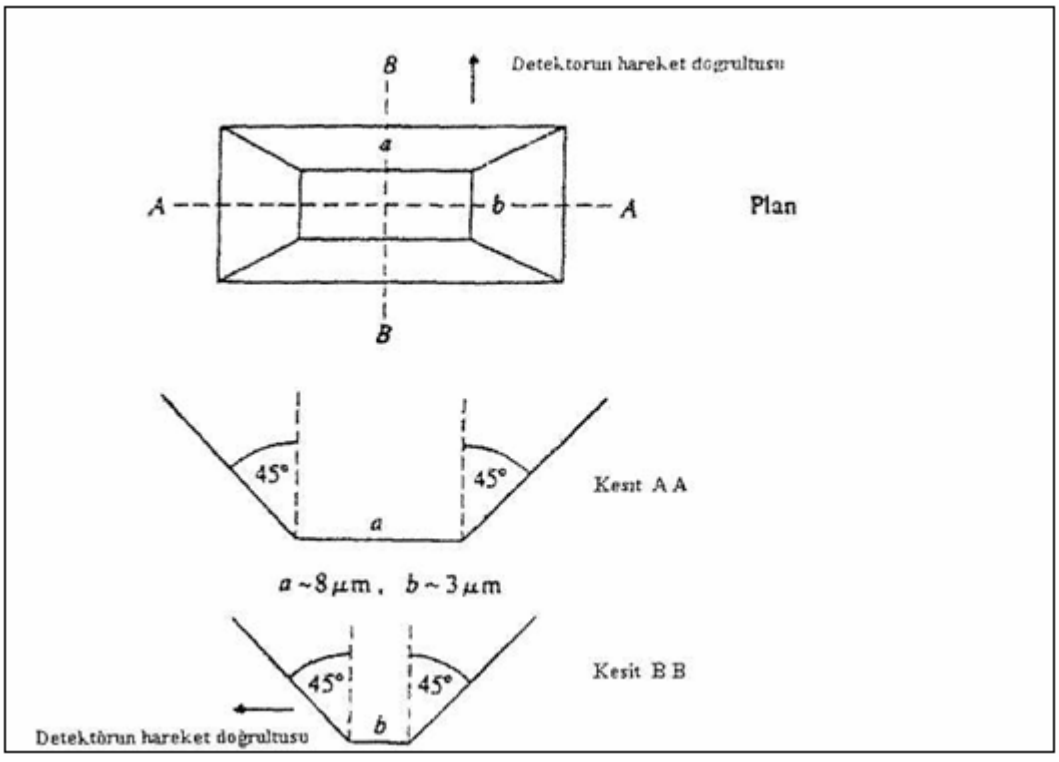
İğne uçlu yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının şematik olarak yapısı Şekil 3.12.'de verilmiştir. Cihaz, ucun yüzey üzerinde sabit hızda ilerlemesini sağlamak için kullanılan dişli kutusu ile sürülen bir algılayıcı (pick up), uç transdüsörü tarafından gönderilen sinyali yükselten elektrik amplifikatörü ve yine sabit hızda sürülen yükseltilmiş sinyalleri kaydetmeye yarayan bir üniteden oluşmaktadır. Geliştirilen elmas detektör iğneleri günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İğnenin düşey doğrultudaki hareket miktarı, transdüsörün kabiliyetine bağlıdır. Bu değer lmm ve üstü olabilir.



Şekil 3.12. Detektör uçlu ölçüm aletinin şematik gösterimi

İğnenin yatay doğrultudaki hareket boyu algılayıcının kurs uzunluğuna göre ayarlanabilmektedir. Yatay kararlılık iğnenin ölçülerine dayanmaktadır. Ölçüler küçüldüğü sürece dayanıklılık da azalmaktadır. İğne uçlu ölçüm aleti, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kullanılan en yaygın metottur. Aynı zamanda tüm ulusal ve uluslararası pürüzlülük standartları iğne uçlu ölçüm sistemine dayalı olarak yapılmıştır.

Genelde iğne olarak 90° uç açılı ve 4-12 μm yarıçapa sahip dik koniler kullanılmaktadır. Fakat en çok kullanılanları Şekil 3.13.'de gösterildiği gibi kesik piramit şeklindedir. Kenarları arasında ki toplam açı 90° dir. Ucundaki dikdörtgen düzlüğün ölçüleri ortalama olarak 3x8 μm olmaktadır.



Şekil 3.13. Detektör iğnesinin geometrisi

Bu ölçülerden daha küçük olduğunda iğne uç yüksek salınımlı olarak anılmaktadır. Kısa kenarı hareket doğrultusuna paralel olmaktadır. 6μm' lik dalga boyundan küçük

olan salınımları algılayamamakta ve en az 8μm genişliğinde dar yüzey şekillerinde çalışmaktadır [l0].

3.1.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm tekniklerinin seçimi

Yüzey pürüzlülüğü ölçüm tekniklerinin birbirleriyle karşılaştırılması Çizelge 3.1'de verilmiştir. Örneğin bir detektör iğnesi ile optik ölçüm metotlarının prensipte birbirine tamamen uyum sağladığını söylemek güçtür. Detektör iğnesi kullanımında efektif örnekleme uzunluğu 2,5mm olarak ayarlanabilirken, optik metotta aydınlatma yüzey alanı en az lmm' ye ayarlanabildiği düşünüldüğünde, bunların aynı yüzey üzerindeki ölçüm değerleri okumaları (1/2,5 = 0,63) gibi bir çarpım faktörü ile değişime uğrayacaktır. Dolayısıyla, hangi metodun seçilmesi gerektiği uygulama alanına dayanmaktadır. Eğer yüzeyler, belirli ulusal standartlara uyacaksa detektör iğnesi en güvenilir seçim olacaktır [10].

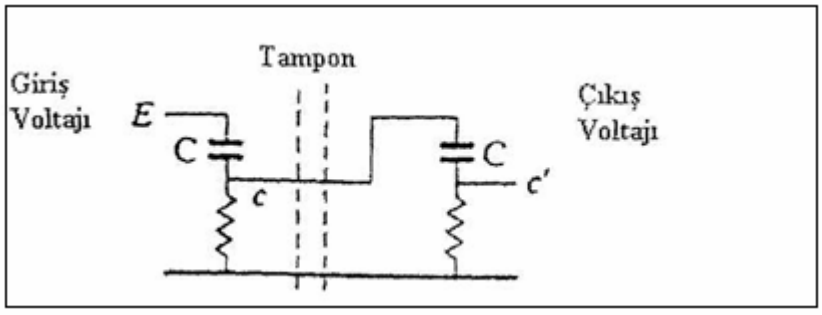
Çizelge 3.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm tekniklerinin karşılaştırılması [10].

Teknik	Yatay Menzil & Salınım (Uzun Dalga Boyu, μm)	Düşey Menzil&Salınım (Uzun Yükseklik,μm)	Staylusa Bağlı Maliyet	Kulanım Kolaylığı
	-2 -1 0 1 2 3 4 5	-2 -1 0 1 2		
Optik Metot			0 3	1
Pnomatik Metot			0.2	1
Temas (Tacktile) Metodu			0 1	0
Termal Metot			0 5	2
Kapasitans ile Ölçüm Metodu			0 5	2
Detektör İğnesi			1	3-5

3.1.4. Ölçümlerin filtrelenmesi ve elektriksel filtre tipleri

Bir çeşit sanal süzgeç yardımı ile, ölçümlerdeki uyumsuzlukları ayırt etme işlemine "filtreleme" denir. Teknik olarak yüzey profilinin şekli tam anlamıyla ölçülüp, algılandıktan sonra seçilen maksimum yükseklik, yüksekliklerin ortalaması, tepelerin eğimi, tepelerin dağılımı, vb. parametrelerin bir veya daha fazlasına göre belirlenen referans çizgisidir. Bu çizgiye göre uyumsuzluk gösteren parametreler ayrılmakta ve grafiksel, elektriksel ve mekanik filtreleme metotları ile işlem görmemektedir.

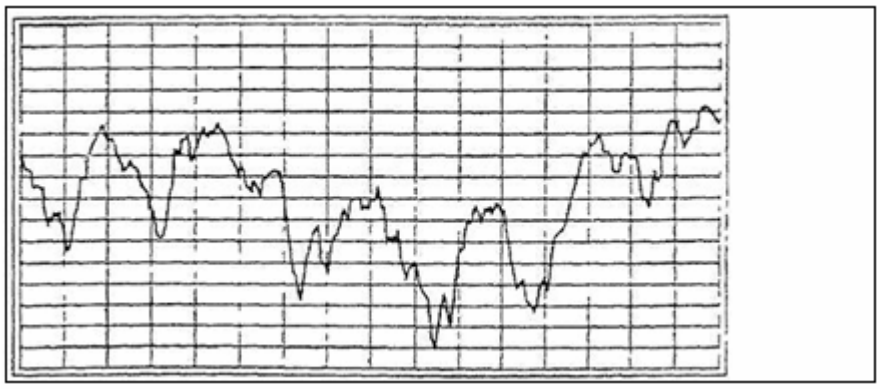
Grafiksel filtrelemede ölçüm uzunluğuna konulan sınır "örnekleme uzunluğu" olarak tanımlanmaktadır. Elektriksel filtreleme, elektrik dalga filtresinden, profili tasvir edebilecek değişimli voltaj geçirilmesi yoluyla yapılmaktadır. Bu filtre, 2-RC olarak standartlaştırılmış ve Şekil 3.14.'de de gösterildiği gibi iki eş zaman sabitli kapasitör-resistör bağlantısıdır. Yaygın olarak kullanılan ticari ölçüm aletlerinde genelde elektriksel filtreleme seçenekleri kullanıcıya sunulmaktadır [10].



Şekil 3.14. 2-RC filtre devresi

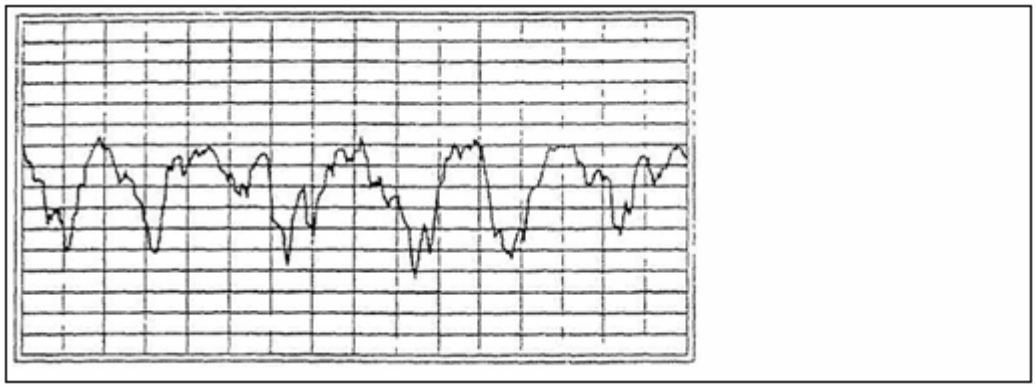
Birincil profil (P) ve pürüzlülük profili (R)

Nominal yüzey ile nominal yüzeye dik bir düzlemin kesiştirilmesi ile elde edilen profile birincil profil denmektedir. Birincil profil P, yüzey pürüzlülüğünü ölçen aletler ile elde edilen gerçek profildir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Birincil profil, P

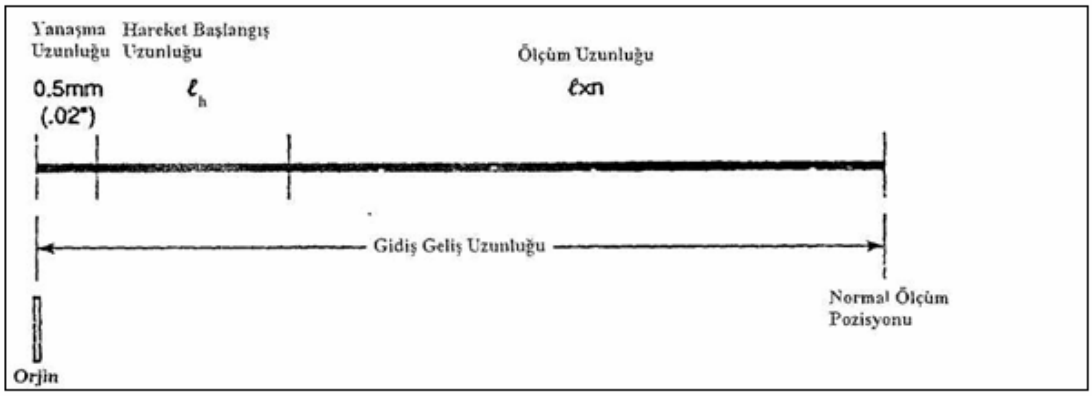
Pürüzlülük profili R, birincil profilde yer alan uzun dalga boylarının filtrelenerek aşırı dalgalı komponentlerin ihmal edilmesi ile elde edilen profildir (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. Pürüzlülük profili, R

Toplam kurs uzunluğu

Toplam kurs uzunluğu, detektör iğneli ölçüm aletlerinde detektör iğnesinin, ölçüm, yanaşma hareket başlangıç ve bitiş uzunluklarının tümünü içermektedir. Hareket başlangıç ve bitiş uzunlukları yüzey pürüzlülük ölçüm cihazında kullanılan filtre tipine göre değişmektedir. Ölçüm tamamlanınca detektör limit pozisyonu olan orijine geri dönmektedir. 2-RC 75 filtresi kullanıldıysa toplam kurs uzunluğu Şekil 3.17' de görülmektedir.



Şekil 3.17. 2-RC Filtresi ile yapılan ölçümlerdeki kurs uzunluğu detayı

3.1.5. Yüzey pürüzlülüğü standartları

Çizelge 3.2.'de, yüzey pürüzlülüğü terimlerinin farklı kullanımdan doğan karışıklıkları ortadan kaldırmak ve standartların birbirleriyle kıyaslamak için bir çizelge verilmiştir.

Çizelge 3.2. Ulusal yüzey pürüzlülüğü standartları

Void Katsayısı	Puruzluluk Averajı	Puruzluluk Olçum Derınlığı	Dayanma Katsayısı	Ortalama Puruzluluk Adımı	Ortalama Dalgalılık Adımı	Maksımumu Puruzluluk Derınlığı	Ortalama Tepe-Vadı Yukseklikleri	Ortalama Dalgalılık Derınlığı	Toplam Puruzluluk Derınlığı	Ulke	Standartlar
kv	hm							k_p		Arjantın	RAM 5065
	Ra	Rp	tp				R_Z			Avusturya	ONORM M1115
	Ra	Rp					R_Z			Belçıka	NBN 863
	Ra						R_Z			Bulgarıstan	BDS 782
	Ra						R_Z			Kuba	UNC 03-04
	Ra	Ru					R_Z		R_{max}	Danımarka	DS 940
	Ra						R_Z			Fınlandaya	SFS 2038
kp	Ra	Rp	$(Tp)_C$	A_R	A_W	R_{max}	R	W	R_t	Fransa	NFE 05-015
	Ra					R_{max}	R_Z			Almanya	TGL 0-4762
Kp	Ra						R_Z		R_{max}	Macarıstan	DIN 4768/1
	Ra						R_Z		R_{max}	Hındıstan	MSZ 4721/2
Kv	Ra	Re					R			Italva	UNI 3963
	Ra						R_Z		R_{max}	Japonya	JIS B0601
	Ra									Hollanda	NEN 630
	Ra						R_Z			Y Zellanda	As UK
	Ra	Rp					R_Z			Norveç	NS 981
	Ra						R_Z			Polonya	PNM-04251
	Ra		$(Tp)_P$	S_R	S_W	R_{max}	R_Z	W_Z	P_{max}	Romanya	STAS 5 730/1
	km						H			Ispanya	UNE 1037
	Ra		tp				R_Z		R_{max}	Isveç	SMS 671
	Ra						R_Z			Turkıye	TS 971
	Ra						R_Z			Ingiltere	BS 1134
	Ra									Amerika	ANSI B46 1
	Ra									Amerika	MIL-STD-IOA
	Ra						R_Z		R_{max}	Internasyonel	ISO R468

JIS B0601-1982, JIS B0601-1994, ANSI, DİN ve ISO gibi oldukça yaygın ulusal standartlarda, örnekleme, ölçüm boyu ve toplam kurs boyu aralıkları tarif edilmiştir. Türkiye'de yaygın olarak kullanılan ISO standartlarına göre değerlendirmeler, Çizelge 3.3. - Çizelge 3.5.' de belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. R_{Sm} için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları

RSm (mm)	Örnekleme Uzunluğu (ℓ) (mm)	Ölçüm Uzunluğu (ℓn) (mm)
0,013 < RSm ≤ 0,04	0,08	0,4
0,04 < RSm ≤ 0,13	0,25	1,25
0.13 < RSm ≤ 0,4	0,8	4
0.4 < RSm ≤ 1,3	2,5	12,5
1,3 < RSm ≤ 4	8	40

Çizelge 3.4. Ra ve Rq için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları

Ra (μm)	Örnekleme Uzunluğu (ℓ) (mm)	Ölçüm Uzunluğu (ℓn) (mm)
0,006 < Ra ≤ 0,02	0,08	0,4
0,02 < Ra ≤ 0,1	0,25	1,25
0,1 < Ra ≤ 2	0,8	4
2 < Ra ≤ 10	2,5	12,5
10 < Ra ≤ 80	8	40

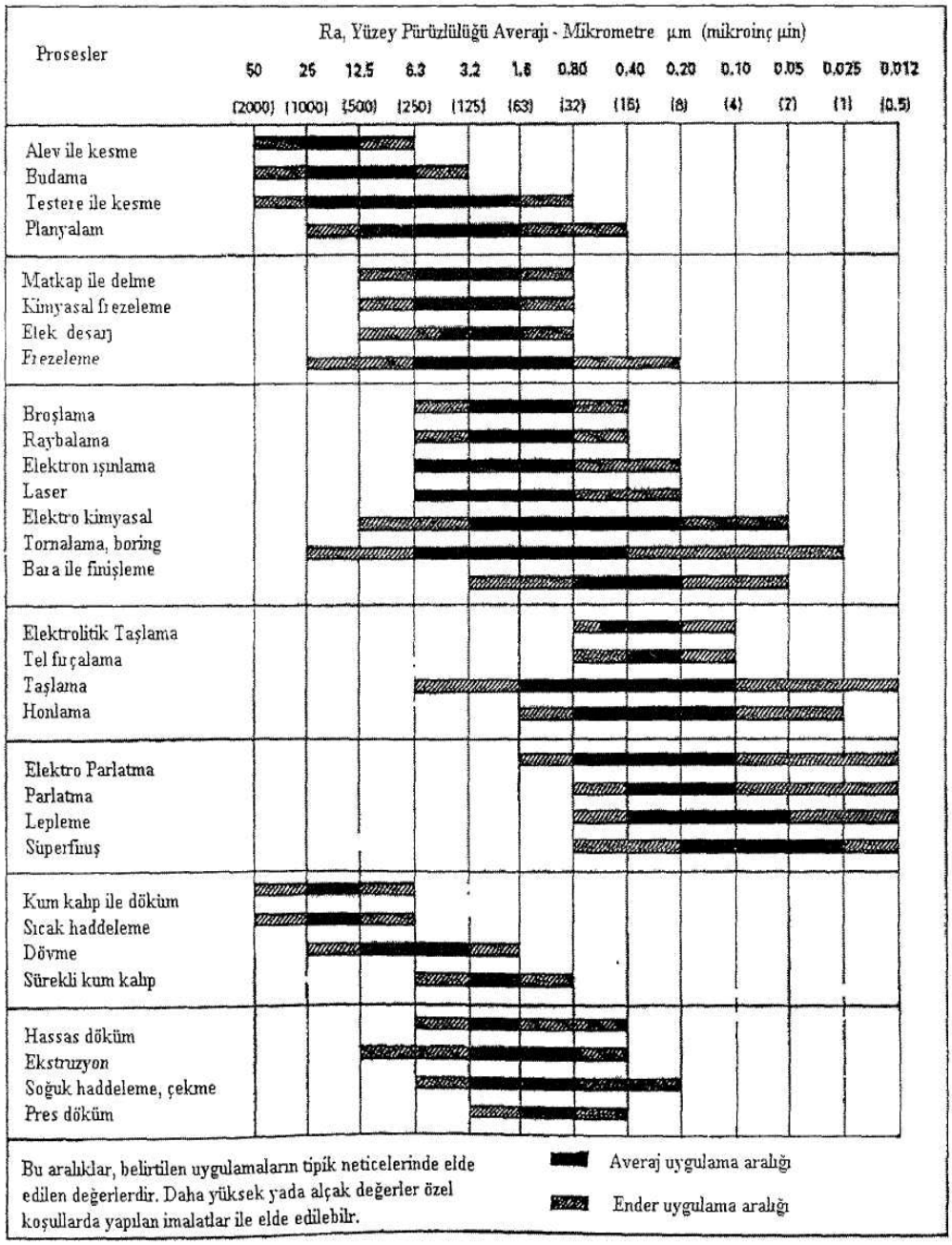
Çizelge 3.5. Rz, Rt ve Rp için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları

Ra (μm)	Örnekleme Uzunluğu (ℓ) (mm)	Ölçüm Uzunluğu (ℓn) (mm)
0,006 < Ra ≤ 0,02	0,08	0,4
0,02 < Ra ≤ 0,1	0,25	1,25
0,1 < Ra ≤ 2	0,8	4
2 < Ra ≤ 10	2,5	12,5
10 < Ra ≤ 80	8	40

3.1.6. Çeşitli teknikler ile elde edilmiş yüzeylerin R_a değerleri

Çeşitli imal usulleri ile elde edilmiş yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü değerleri ve birbirleri ile mukayeseler Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Çeşitli teknikler ile elde edilmiş yüzeylerin R_a değerleri



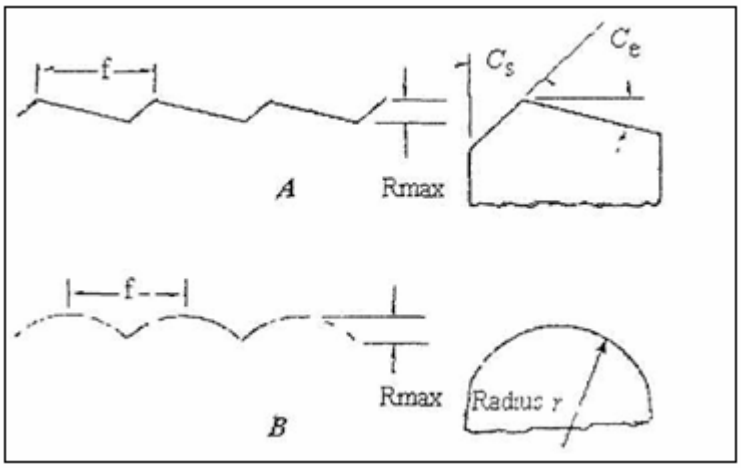
3.1.7. İşleme parametrelerinin R_a ile İlişkisi

Ortalama yüzey pürüzlülüğü R_a, daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere bazı parametrelerinden çok etkilenmektedir. Yapılan çalışmalarda, tornalama operasyonlarında kullanılan kesici kalemlerin özellikleri işleme parametreleri R_a ile

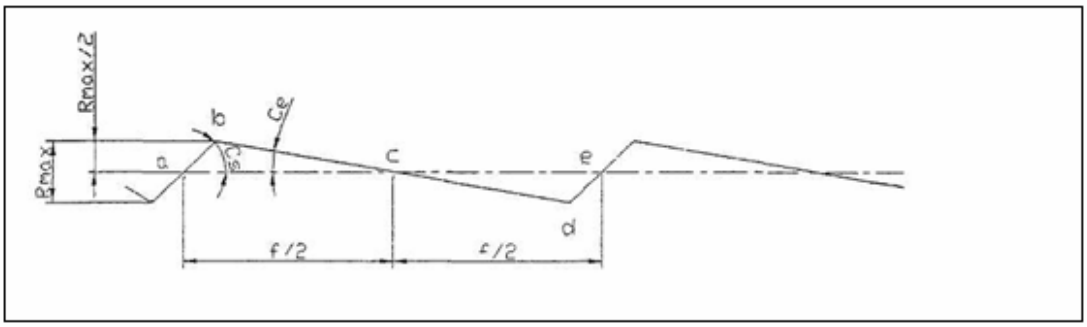
ilişkilendirilmiştir. Çizelge 3.7.'de tanıtılan yüzey bitirme operasyonlarında kullanılan takımlarla elde edilecek teorik yüzey pürüzlülüğü

$$R_a = \frac{(abc)_A + (cde)_A}{f} \tag{3.7.}$$

şeklinde ifade edilir [5]. Şekil 3.18. ve şekil 3.19.' da teorik yüzey pürüzlülüğü gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Finiş takımı modelleri [5]



Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülüğünün oluşumu [5]

3.1.8. Yüzey kalitesini etkileyen faktörler ve yüzey kalitesinin boyutsal toleransa etkisi

Genelde yüzey kalitesine etki eden faktörler şöyle sıralanır:

i. Takım tezgahının yeterli rijitlikte olmaması, tezgahın kinematik

mekanizması,

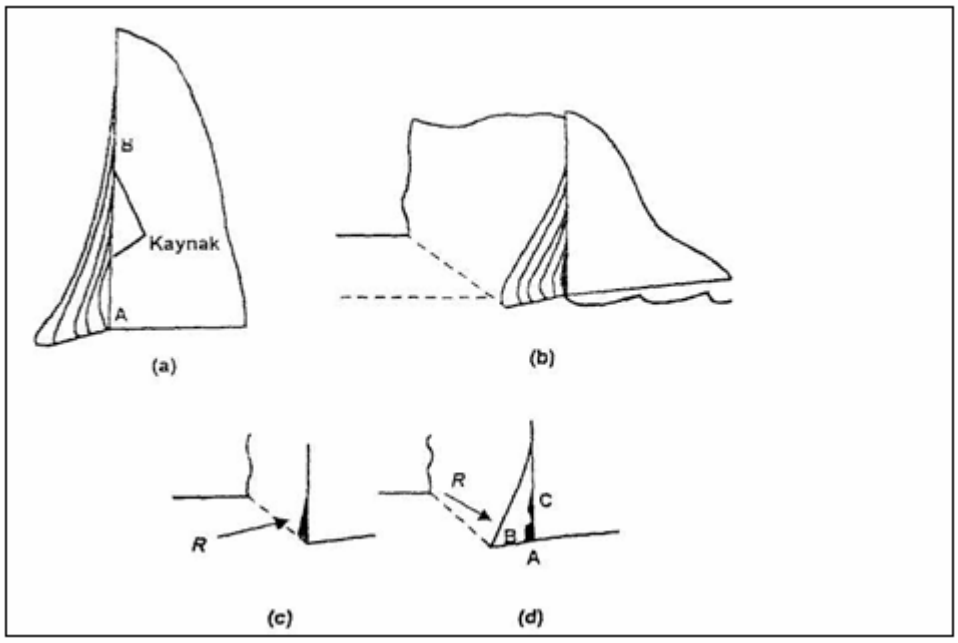
ii. Takım tutucu ve katerin rijit olmaması ve imalat hataları,
iii. Takım konumlama ve bağlama hataları,
iv. Takım aşınmasından kaynaklanan hatalar,
v. Çevrenin etkisi ile oluşabilen hatalar,
vi. Yataklama sisteminden kaynaklanan tezgah hataları.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde boyutsal tanımı yapılan yüzey ile gerçek yüzeyin doğrusal ayrılması gerektiğinden, bir parçanın boyutsal toleransı ve müsaade edilen yüzey pürüzlülüğü arasında direkt bir ilişki vardır. Yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanan sapmalar boyutsal tolerans ile müsaade edilen değerleri geçerse, boyutlar, tolerans dışında bir belirsizliğe maruz kalır. Çoğu yüzeydeki toplam profil yüksekliği, ölçülen ortalama aritmetik pürüzlülüğün 4 katıdır, iş parçası çapının ölçümlerinde ise bu değer 2 kat olmaktadır. Uygun boyutsal kontrollerde çaptaki pürüzlülük değeri, çaptaki boyutsal toleransın 1 / 8' ini geçmelidir. Her uygulama, kendi özelliğinde göre değerlendirilmelidir. Toleransın pratikteki kontrolü iş parçası ölçüsü, işlenecek yüzeyin ölçüsü ve gerekli talaşlı imalatlardan etkilenmektedir.

3.1.9. Kırılma kabalığı veya talaş yapışması

Çok düşük hızlarda çelik işlendiği zaman özel türde bir kabalık alt yüzeyin kırılması nedeniyle sıkça gözlenir. Oda sıcaklığında malzeme kesildiğinde talaş hep periyodik olarak kırılır. Kesme hızı artırıldığında takım/talaş arasındaki sürtünme artmakta, bu takım yüzeyi yakınında bir kayma kırılmasına sebep olacak kafi derecede büyük olduğu zaman bir talaş kaynaması oluşmaktadır. Çok düşük kesme hızlarında talaş yapışması oluşmaz, çünkü talaş yüzeyinde sıcaklık talaş yüzeyinin yeterli derecede yumuşamasına sebep olmaz. Kesme hızında artma ile talaş yuzeyi ile temas halindeki malzeme yumuşar ve bunun sonucunda da plastik akma, takım ve talaş arasında kuvvetli kaynamaların oluşmasma sebep olur Talaş yüzeyindeki ekstra plastik akma, uzama sertleşmesine yol açar ve kesme kuvvetindeki daha fazla artış talaşın takım üzerine yapışmasını sağlar. Takım ve talaş arasında bağlama kuvveti talaş esas gövdesinde metalin kayma dayanımını aştığı zaman takım yüzeyi

yakınında bazı zayıf noktalarda talaş yapışması ve sıvanması (BUE) oluşur. BUE dinamik bir yapı olup tabakalı yapıya sahiptir. Özellikle yüksek gerilim yığılmasının bir noktası BUE dış yüzeyine yaklaştığı zaman yeni bir kayma yüzeyi oluşarak BUE boyutu değişir. Tabakalı yapının kaynağı ve BUE' nin kademeli olarak büyümesi nedeni ile iş parçası içerisinde mükemmel olmayan istatistiki düzenlenmeden kaynaklanmakta olup Şekil 3.20.'de diyagram olarak gösterilmiştir. BUE büyüdüğü zaman genelde aşağıya doğru bir büyüme gösterir ve bitmiş yüzeyin kesilmesine neden olur. Dolayısı ile BUE talaş açısını artırır ki daha sonra takım yüzeyindeki kesme kuvveti büyüklüğünde istenilmeyen bir azalmaya sebep olur [13].



Şekil 3.20. Takım yüzeyinde BUE nin oluşumu ve aşamaları [13]

Birincil kesme kenarlı takım ucu ile elde edilen bitirme yüzeyleri kalitesinin kesici takım kenar ve yan yüzeyinde oluşan sıcaklığa bağlı olduğu açıktır. Çok düşük takım yüzü sıcaklıklarında, takım yüzündeki kaynakla genellikle BUE oluşmaz ve birlikte gittikleri yerde ayrılırlar. Daha yüksek hızlarda takım yüzeyinde sıcaklık yeteri kadar fazla olur ve bu nedenle kuvvetli bağlar meydana gelir. Takım yüzüne yakın talaş/takım malzemesi, maksimum kayma doğrultusuna doğru akmaya başlar ve böylece BUE oluşur. İş parçası ve takım yan kenarı arasındaki yapışma alışılmışın

dışındaki yumuşak demir işlenmesinde daha kuvvetlidir. Bu durumlarda takım boşluk yüzeyinden şerit şeklinde akmaların olduğu gözlenebilmektedir. Bu durumda oluşan mikro-talaş sayısı aşağıdaki faktörler de dahil pek çok faktöre bağımlıdır.

Bunlar :

- Takım yan yüzeyinin pürüzlülüğü ve aşınma alanının büyüklüğü,
- Yeni oluşan yüzeylerin kendiliğinden olan kabalığı,
- İş parçası malzemesinin akma dayanımı, sertliği ve bu değişkenlere sıcaklık değişimlerinin etkisi,
- Temiz, kuru, takım ve iş parçası yüzeylerinin temas ettiği zaman oluşacak kuvvetli bağların ölçülme eğilimi olarak uygunluğu,
- Takım/talaş arasında kaynak oluşumunu önlemek için mevcut olan yağ, atmosfer ve katkı elemanlarıdır.

3.2. Titreşim

Titreşimin kesici takım ömrüne ve işlenen yüzey kalitesine, kesici takım ile iş parçası arasında sürekli oluşan bir relatif titreşimin mevcut olması nedeni ile kötü etkisi vardır. Talaş kaldırma esnasında, genellikle zorlanmış titreşim ve kendiliğinden doğan titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkmaktadır. Zorlanmış titreşim, tezgahın mekanik hareketlerinden dolayı ileri gelirken, kendiliğinden doğan titreşim ise talaş kaldırma olayından meydana gelen titreşimdir. Genelde kendiliğinden doğan titreşim, kesme hızı arttığı zaman kesme kuvvetlerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu titreşimlerin en kötü hali ise, işlenen yüzeyde titreşimden doğan takım izleri bırakacak derecede büyük olan “tırlama” veya “otlama” olarak adlandırılan titreşimin ortaya çıkmasıdır ki bu doğrudan yüzey pürüzlülüğüne olumsuz etki yapar. Herhangi bir kesme işleminde titreşim veya otlama iş parçası yüzeyinde kuvvetli dalgalanmalarla sonuçlanır. Otlama meydana geldiğinde farklı bir ses oluşur. Bu durum herhangi bir operatör tarafından anlaşılabilir. Talaş kaldırma esnasında oluşan bu olayı önlemek için aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır.

1. İş parçası bağlama mesafesi mümkün olduğunca en aza indirilmeli,
2. İş parçası dengeli tespit edilmeli ve kesici takım altına altlıklar konulmalı,
3. Rijit tezgah ve takımlar kullanılmalı,
4. Tezgahın hareket eden elemanları arasındaki boşluklar en aza indirilmeli,
5. Kesme şartları; kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği vb. Optimize edilmeli, kesmede oluşan kuvvetleri azaltmak için talaş derinliği ve ilerleme miktarı azaltılmalı ,
6. Kesme kuvvetini azaltmak için kesici takım tasarımında gerekli değişiklikler yapılmalı ve aşınma kriterine ulaşmış olan, aşınmış bir takımla talaş kaldırma işlemi devam ettirilmemeli,
7. İşletme hızları takım tezgahı kontrol sisteminin doğal frekansına yaklaşılmasına musaade edilmemelidir.

Bunlara ilaveten iş parçası geometrisi de otlama da önemli rol oynar. İnce kesitli parçalarda arttırma eğilimi daha fazladır. Bu şartı iyileştirmek için ilave destekleme ve yataklamaların yapılması olabilir [1].

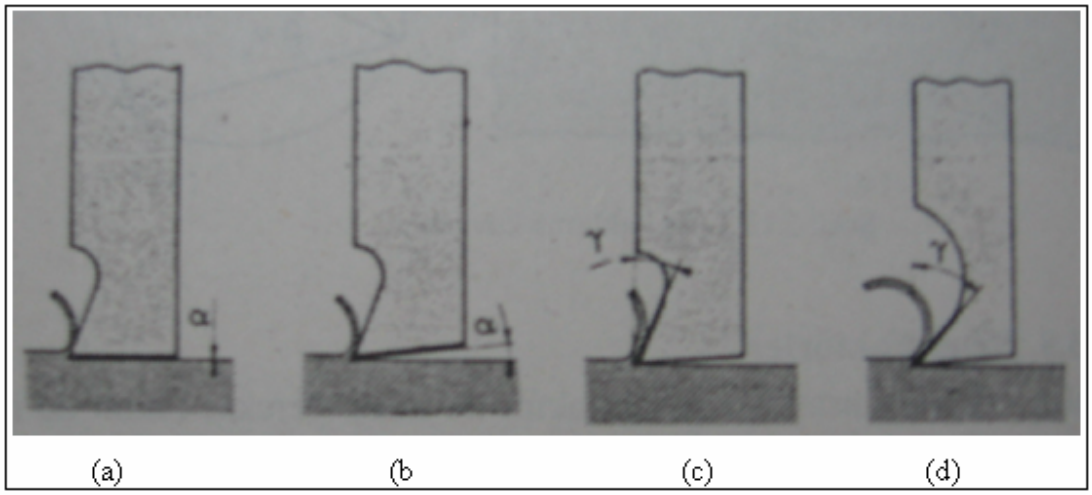
3.3. Takım Geometrisi

Takım geometrisini tayin eden faktörler α, β, γ gibi ana açılar ve takım ucunun "r" yuvarlatma yarıçapıdır. Genellikle talaş açısı γ talaşın parçadan uzaklaşmasını, kama açısı β takımın parçaya nufuz etmesini ve serbest açıda α' da takımın işlenen yüzeye sürtünmemesini sağlar. Şekil 3.21 a, b' de çeşitli α değerleri için takımın durumu gösterilmiştir. Görüldüğü gibi takım ile işlenen yüzey arasında sürtünmeyi önlemek için $\alpha=6^0$ ' lik bir açı yeterlidir. Pratikte α açısı, takım ve parça malzemesine bağlı olarak genellikle $\alpha=3^0 \ldots 7^0$ arasında alınır. Dolayısıyla talaş kaldırma olayını esas olarak γ ve β açıları etkiler. Bu hususta iki durum ortaya çıkar.

- *γ açısı küçük, β açısı büyük* (Şekil 3.21.c.) ise; takımın ucu küt olduğundan

malzemeye nüfuz etmesi zorlaşır, kesme kuvvetleri büyür, ısı oluşumu artar ve takımın ucu kısa zamanda bozulur. Buna karşılık takım kuvvetlere karşı daha dayanıklıdır.

- *γ açısı büyük, β açısı küçük* (Şekil 3.21.d.) ise; takım ucu ince olduğundan malzemeye daha kolay nüfuz eder. Daha düşük kesme kuvvetleri ile talaş kaldırılır, talaş kolaylıkla akar ve takım daha büyük kesme hızlarında kullanılabilir. Ancak uç ince olduğundan, takımın kuvvetlere karşı mukavemeti azalır ve kırılma olasılığı artar.



Şekil 3.21. Takım açılarının etkisi [14]

Yukarıda açıklananlar ışığında genellikle gevrek malzemeler için γ açısı küçük β açısı büyük, sünek malzemeler için γ açısı büyük β açısı küçük şeçilmelidir [14].

3.4. Kesme Olayı ve Talaş Tipleri

Talaşın iş parçasından ayrılması bir mekanik kopmadır. Bu kopma burada makaslama (kesme) şeklinde gerçekleşir. Bilindiği gibi genelde kopma sünek ve gevrek olmak üzere iki çeşittir. Sünek kopmada malzeme kopmadan önce büyük plastik şekil değiştirmeler göstermektedir. Sünek şekilde kopan malzemelere sünek malzemeler denilmektedir. Gevrek kopmada, kopmadan önce çok az veya hiçbir

plastik şekil değiştirmeler meydana gelmez. Bu malzemelere gevrek malzemeler denilmektedir [15].

İşlenen malzemenin cinsine göre talaş kaldırma olayı şu şekilde meydana gelir. Sünek malzemelerde takımın kesme ağzının önünde, bir plastik şekil değiştirme (kesme) bölgesi meydana gelmekte ve bu bölgede malzeme talaş şeklinde sürekli olarak iş parçasından ayrılmakta, ancak zaman zaman talaş akışında bir kopma meydana gelmektedir. Bununla beraber konuyu teorik açıdan basitleştirmek için talaşın ayrılması bir bölge içinde değil, kesme düzlemi denilen bir düzlemde meydana geldiği varsayılır. Gevrek malzemelerde takımın kesme ağzının önünde aşırı plastik şekil değiştirme bölgesi oluşmakta ve malzeme talaş şeklinde hem iş parçasından ayrılmakta, hem de talaş akışından kopmakta yani kesintili bir talaş tipi oluşmaktadır [15].

Torna, freze, veya benzer diğer takım tezgahlarında yapılan talaş kaldırma işlemlerinde farklı şekillerde talaş oluşmaktadır. Meydana gelen değişik talaş çeşitleri Şekil 3.22'de gösterilmiştir. Ancak, genellikle en çok karşılaşılan kesikli talaş, sürekli talaş ve yapışık (sıvanmalı)-sürekli talaş olmak üzere üç tip talaş mevcuttur.

Talaş	Uzun Bant	Karışık Bant	Uzun Sarılmış	Parça Şek. Sarılmış	Spiral	Spiral Parça
Şekil						
Simge	~	×	O	ϖ	6	9
Ct	100	100	60	30	10	3
Uygunluk	Uygun Değil	Uygun Değil	Sınırlı Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Şekil 3.22. Kesme işleminde meydana gelen değişik talaş tipleri

Kesikli talaşlar (spiral); dökme demir ve sert bronz gibi gevrek malzemeler, sünek malzemelerin uygun olmayan kesme şartlarında işlenmesi durumunda, fazla talaş derinliklerinde ve kaba ilerleme miktarında, düşük kesme hızlarında, aşırı tezgah titreşimi ve takım otlaması mevcut olduğunda, düşük hızlarda veya otomat çeliklerinde manganez sülfit artıkları veya grafit lamelli dökme demirler gibi gerilim konsantrasyonu ihtiva eden malzemeler işlenirken oluşmaktadır. Bu durumda kesme nispeten yüksek kayma açısıyla başlar ve kesme devam ettikçe azalır. Talaşta uzama belli bir değere ulaştığında işlem tekrar bunun üzerine devam eder ve sonunda ufak talaş parçacıkları oluşur. Dik kesmede sağlanan konsantre olmuş kaymadan ziyade, çekme-çıkarma işlemine benzer. Dik kesme modeli ve bunun sonucu hesaplamalar kritik talaşla kesme için kötü bir yaklaşım gösterir [1].

Kesici takım uç noktası, malzeme ile temasta olduğu zaman, malzemede basma meydana gelir. Talaş, takım/talaş yüzeyi boyunca akmağa başlar. Kesme hareketiyle gevrek malzemeye daha fazla gerilim uygulandığı zaman metal kırılmanın olduğu noktaya ulaşıncaya kadar basma gerilmesine maruz kalır ve talaş işlenmemiş kısımdan kopar. Bu çevrim, kesme işlemi sırasında kayma düzlemi veya kayma açısı üzerinde oluşan her parçanın kırılmasıyla sınırsız olarak tekrarlanır. Genellikle, bu birbiri ardından kırılmaların sonucu olarak, daha kötü bir iş parçası yüzeyi elde edilmesine neden olur [1].

Sürekli talaş tipinde (parça şeklinde sarılmış), metalin akması takım yüzeyine yakın olduğu, takım/talaş ara yüzeyindeki sürtünme veya talaş sıvanmasıyla daha fazla ertelenmediği zaman oluşur. Sürekli talaşla çok iyi yüzey kalitesi sağlandığından verimli kesme işlemi için ideal olmaktadır. Sünek malzemeler plastik akma, çok sayıdaki kristalografikler kayarak kayma düzlemi üzerinde metalin deformasyona uğramasıyla meydana gelir. Kesikli talaşta olduğu gibi, metalin doğal sünekliği nedeniyle kırılmalar veya parçalanmalar meydana gelmez. Kesici takımın kesme hareketiyle iş parçası basma kuvvetine maruz kalındığında talaş metalden ayrıldığı için sünek malzemelerin kristal yapısının uzadığı görülmektedir. Talaş oluşum işlemi, kesici takımdan işlenmemiş iş parçası yüzeyine uzanan tek bir düzlemde

oluşur. Kristal yapının plastik deformasyona uğradığı ve kaymanın olduğu alan kayma bölgesidir [1].

Kesme işlemi yapılırken kristal yapının deformasyonundan dolayı uzaması ile kesici takım önündeki metal hemen basma kuvvetine maruz kalmaktadır. Bu kristallerin uzaması kayma doğrultusunda meydana gelmez. Bu basma ve uzama işlemi devam ederken kesici uç üzerindeki malzeme talaş/takım ara yüzeyi boyunca zorlanır ve iş parçasından uzaklaşır. Genellikle, imalat çeliği, sinterlenmiş karbür veya yüksek hız çeliği kullanıldığında ve kesme sıvısıyla işlendiğinde, sürekli talaş veya az miktarda sıvanmalı talaş oluşur [1].

Takım/talaş ara yüzeyi boyunca kayarak sürtünen ve basma gerilimine maruz kalan talaşta oluşan gerilimi azaltmak için, takıma uygun bir talaş açısı verilir ve kesme işlemi esnasında soğutma sıvısı kullanılabilir. Bu özellikler, takım/talaş ara yüzeyi boyunca sıkıştırılmış talaşın nispeten daha serbest olarak akmasına imkan sağlar. Sürekli talaşın arkasında parlak bir tabakanın oluşması az dirençle akan talaşın ideal kesme şartını göstermektedir. Sürekli talaş sünek iş parçası, talaş derinliği az olan parça ve nispeten düşük ilerleme miktarı, keskin kesici uçlu takım, büyük talaş açılı kesici uç, yüksek kesme hızları, kesme sıvısı kullanılarak kesici uç ve iş parçasının soğuk tutulması gibi şartlar altında oluşur [1].

Sıvanmalı-sürekli talaş, düşük karbonlu imalat çeliği ve birçok yüksek karbonlu alaşım çelikleri, yüksek hız çeliği (HSS) ile düşük kesme hızlarında ve soğutma sıvısı kullanılmadan işlendiği zaman meydana gelir. Kesici takım önündeki metal, basma gerilimine maruz kalarak sıkıştırılır ve takım/talaş ara yüzeyi boyunca akmağa başlayan talaş tipi oluşturur [1].

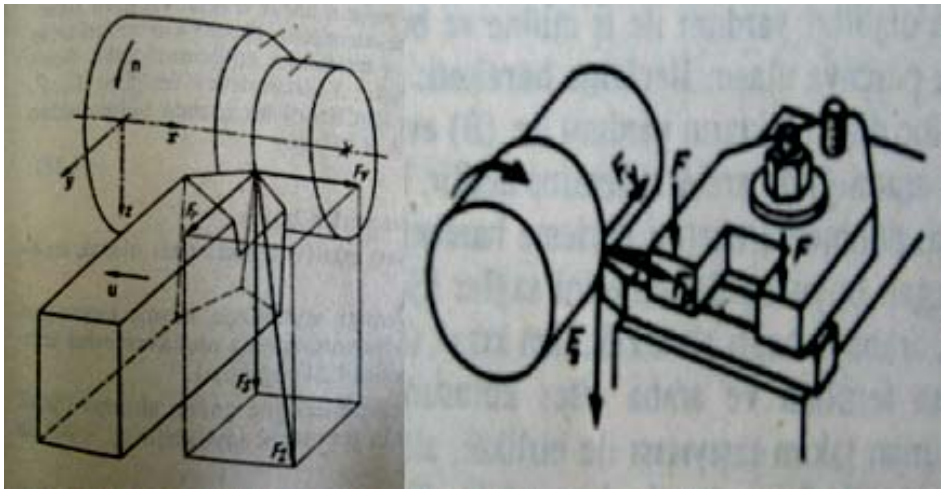
Takım/talaş ara yüzeyi boyunca talaşın akmasına karşı, yüksek sürtünme direnci ve yüksek basınç, yüksek sıcaklıkların sonucu olarak, talaş kayma gerilimine maruz kalarak ayrılırken küçük metal parçacıkları kesici takım ucuna yapışmaya başlar. Kesme işlemi devam ettiği sürece kesici takıma daha fazla parçacıklar yapışır ve daha büyük talaş sıvanmasının oluşması da kesme işlemini etkiler. Talaş yığılma

boyutu büyür ve daha çok kararsız bir yapı ortaya çıkar. Daha sonra bu yığılmış parçalar belirli bir noktaya ulaştığında kopar. Bu kopan ufak parçaların bir kısmı hem talaş hem de iş parçasına yapışır [1].

Talaşın şekli, kesme koşulları ve yüzey kalitesi hakkında fikir veren önemli bir faktördür. Pratikte, yukarıda gösterilen ana talaş çeşitlerinin yanı sıra, kesme hızı , ilerleme hızı, talaş açısı, eğim açısı, kesme derinliği takım geometrisi ve malzemesi gibi kesme koşullarına bağlı olarak Şekil 3.22'de gösterilen çeşitli talaş şekilleri vardır. Burada talaşın şekillerinin değerlendirilmesi; işçi, prodüktivite, tezgah, işlenmiş yüzeyin bozulabilmesi gibi hususlar dikkate alınarak yapılmıştır. Örneğin uzun bir talaş tipi işçi için tehlikeli olmakla birlikte talaşın kaldırılması için gereken zaman bakımından prodüktiviteyi azaltır ve işlenen yüzeyi bozabilir [15].

3.5. Kesme Kuvvetleri

Tornalama işleminde malzeme direncini yenerek talaş kaldıran kuvvet "F_R" bileşke kuvveti, takım ve iş parçasının birbirine göre bağıl hareketleri sonucu "F_c", "F_p" ve "F_a" gibi üç bileşene ayrılır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Tornalamada kesme kuvvetleri

F_c : Esas kesme kuvveti (eksenel), N

F_p : Takım kuvveti veya pasif kuvvet (radyal), N

F_a : İlerleme kuvveti, N

F_R : Bileşke kuveti, N

F_a ve F_p kuvvetlerinin değerleri, F_c esas kesme kuvvetine göre hesaplanır. Taylor'a göre kesici kenar ayar açısı 45^0 olduğunda ;

$F_a \approx 0{,}4.F_c$

$F_p \approx 0{,}2.F_c$ olarak hesaplanabilir.

Bileşke kuvvet;

$$F_R = \sqrt{F_c^{\,2} + F_p^{\,2} + F_a^{\,2}} \qquad (3.8.)$$

olur.

F_c kuvveti; esas kesme kuvveti olduğundan, kesme kuvvetinin hesaplanmasında daima bu kuvvet esas alınır.

Talaş kaldırma işlemlerinin çoğu, gerekli boyut ve şekildeki parçaları üretmek için iş parçasından talaş veya ufak küçük parçacıkların ayrılmasını gerektirir. Talaşın oluşması için; kesici olarak kullanılan bir takımın iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması talaş derinliği ve ilerlemeyle birlikte iş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan kesici uç geometrisine sahip olmasının yanı sıra iş parçası malzemesi direncini yeterli kuvvetle yenmesi için iş parçası ve takım arasında bir kesme hızı ve nispi hareketin oluşmasıdır. Bu şartlar varolduğu sürece işlenecek malzemeden takım talaş yüzeyi aracılığıyla talaş oluşturmak için malzemenin bir kısmı kaldırılacaktır [16].

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

pek çok dinamometre geliştirilmiştir. Kullanılan bütün metotlar yük altında takımın elastik yer değiştirmesinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin, takım-talaş arasındaki temas uzunluğuyla ilgili olduğu bilinmektedir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemeleri işlemede, kesici takım ve talaş arasında daha aza temas uzunluğunun olmasından dolayı çok düşük kuvvetler meydana gelmektedir. Kesme hızının arttırılması, kayma açısını artırdığı, ve daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım/talaş arasındaki temas uzunluğu sınırlandırılarak kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisinden de etkilenir. Örneğin, talaş açısı değerinde artış hem ilerleme hem de kesme kuvvetlerini düşürür. Fakat talaş açısının optimum bir değeri mevcut olup daha fazla artış kesici ucun dayanımını zayıflattığından aşınmayı arttırır. Takım aşındığı zaman yan kenar aşınması artar. Buna bağlı olarak da boşluk yüzeyi temas alanını da arttıracağından takım kuvvetlerini de arttırır.

Tornada, kesme işlemi için üç doğrultudaki kuvvet bileşenleri ölçülebilir. Bunlardan; takım/talaş yüzeyi üzerine etki eden kesme ucuna dik yöndeki kesme kuvveti (F_c) olarak adlandırılır. Kesme hızı vektörü doğrultusunda etkiyen esas kesme kuvveti olup genellikle oluşan kuvvetlerin en büyüğüdür ve kesme işleminde gerekli gücün %99'nu içerir. İlerleme doğrultusuna paralel yönde takım üzerine etkiyen kuvvet bileşeni ilerleme kuvveti (F_a) olup bu kuvvet genelde F_c kuvvetinin yaklaşık %55'ini oluşturur [1]. Fakat ilerleme miktarları kesme hızları ile karşılaştırıldığında çok düşük olduğundan gerekli gücün sadece küçük bir kısmını harcar. Radyal yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan, işlenmiş yüzeye dik etki eden radyal kuvvet (F_p) ise üçüncü bileşendir. İlerleme kuvvetinin yaklaşık %50'si kadar olup, güç gereksinimine katkısı radyal doğrultudaki hız ihmal edilebilir olduğu için çok azdır [1]. Bu kuvvet dik kesmede kuvvetlerin en küçüğü olduğundan basit tornalamada kesme kuvvetlerinin analizinde bu kuvvet genellikle ihmal edilir. Talaş kaldırmada gerekli olan kuvvetler; haddeleme, dövme gibi diğer metal işleme operasyonlarıyla karşılaştırıldığında oldukça küçüktür.

3.5.1. Kesme kuvvetlerini ölçme metotları

Statik ve dinamik kuvvetlerin ölçülmesinde, kuvveti elastik bir makina elemanına uygulayarak bu elastik elemanda oluşan deformasyon miktarının belirlenmesinde dinamometreler veya transdüserler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak deformasyonların küçük olması durumunda gerinim ölçerlerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Normal kesme kuvvetleri sadece katı cisimler mekaniğinde karşılaşılan büyüklükler değildir. Örneğin, talaş kaldırma işlemi ve talaş oluşumu esnasında oluşan kuvvetler göz önüne alınır ve kesici takımın bir ankastre çubuk gibi davrandığı düşünülürse takımda oluşan yatay ve düşey düzlemde eğilme-burulma ve basma-burkulma kuvvetleri hesaplanabilir. Kuvvet ölçme metotları üç kategoride incelenebilir [17].

Bilinen bir yükle dengelenerek kuvvet ölçme

Bu yöntemde, ölçülecek olan kuvvet, kütlesi bilinen bir karşı ağırlık ile dengelenir. Bu dengelemeye göre kuvvet, karşı ağırlığın kütlesinin yerçekimi ivmesiyle çarpılması sonucu hesaplanır. Bu metot yüksek bir hassasiyet sağlamakla birlikte karmaşık bir yapıya sahiptir. Kullanım alanı sınırlı olup, orta büyüklükteki kuvvetlerin ölçümlerinde kullanılmaktadır [18].

Elastik cismin deformasyonu ile kuvvet ölçme

İkinci kategoride yer alan bu metot, dolaylı kuvvet ölçme olarak da isimlendirilmektedir. Bu metotta ise kalibre edilmiş kütleler veya transdüserler kullanılmaktadır.

Yüksek bir hassasiyet elde etmek için, kaliteli bir elastik cisim deformasyonundan kuvvet ölçülebilmektedir. Yük uygulandığında, elastik cisim elastik bölgede kalacak şekilde ölçüm yapılabilmesi için çevre şartlarına göre, uygun boyut ölçme metotlarından birisi kullanılabilir. Kuvvetin doğru ölçülebilmesi için elastik cisimde ortaya çıkan deformasyonun çok hassas olarak ölçülmesi gerekir. Bu metot,

genellikle yüksek hassasiyet sağlar ve tüm yük dönüştürücülerde kullanılabilmektedir [18].

Fiziksel özelliklerin değişimi ile kuvvet ölçme

Malzemelerin fiziksel özelliklerindeki değişiminden yararlanma esasına dayanan bu metodun güvenilirliği diğer iki metoda göre daha azdır. Çünkü fiziksel özelliklerdeki değişim her zaman doğrusal olmamaktadır. Ancak elektriksel olarak değerlendirme yapıldığı için, bilimde ve endüstrideki ölçme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, deformasyonla elektriksel direnç değiştiğinden deformasyon özelliği ile fiziksel özelliklerin birlikte kullanılması da mümkündür [18].

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

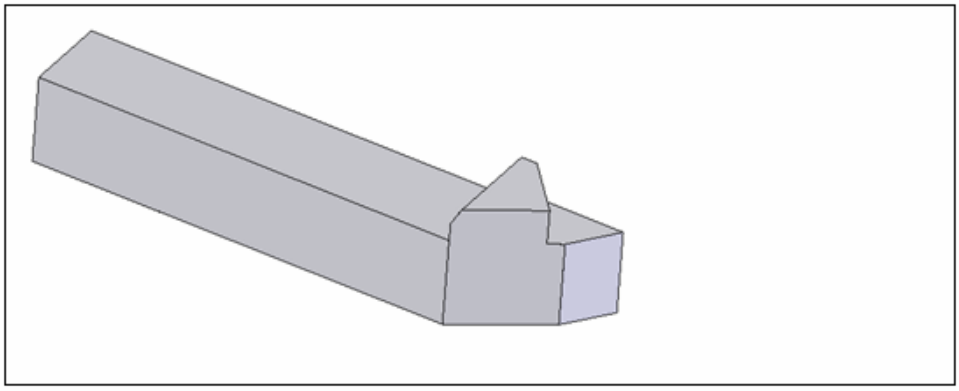
4.1. Meteryal ve Metod

Bu çalışmada; tornalama esnasında takım tutucuda oluşan titreşimin yüzey kalitesine etkisi incelenmiştir. Kesme esnasında titreşime neden olan iki temel unsur mevcuttur.

Bunlar;

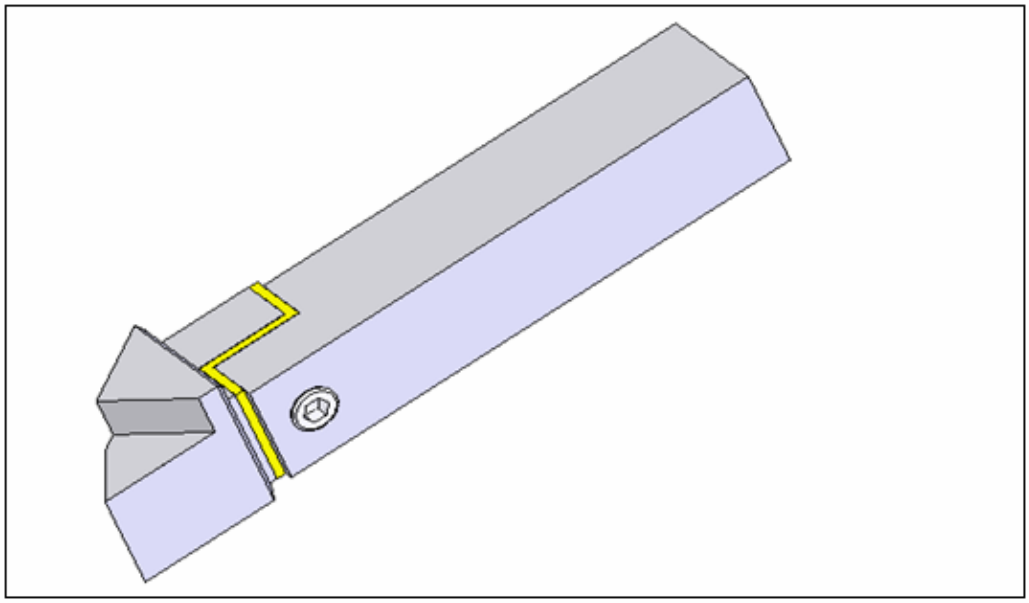
i. Tezgahın genel yapısı ve çalışma ortamının rijitliği.
ii. Kesme şartlarına bağlı olarak oluşan kuvvetlerin yarattığı titreşimlerdir.

Deneylerde, Şekil 4.1' de görüldüğü gibi TAKIMSAŞ firması tarafından üretilmiş üç adet MTJNR 2525 M 16 takım tutucu (kater) ile SAE1040 çelik malzeme kullanılmıştır. Deneyde kullanılan takım tutucular daha önce hiç kullanılmamıştır. Takım tutuculardan bir tanesinin orjinal hali korunurken, diğer iki tanesi yukarıda bahsedilen titreşimlerin absorbe edilmesi için, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi takma ucun bağlandığı bölümün hemen arkasından tel erozyonda "Z" profilinde kesilerek arasına 2 mm kalınlığında alüminyum plaka yerleştirilmiştir. Deneyler için; (V_c) 100 m/min kesme hızı, (a) 1 mm talaş derinliği ve (s) 0,2 mm/dev ilerleme hızı seçilmiştir. Deneyler, 50 mm çapında ve 300 mm boyundaki SAE1040 çelik malzemenin üzerinden CNC torna tezgahında her bir işlem için iş parçasının 100mm'lik kısımdan talaş kaldırmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.

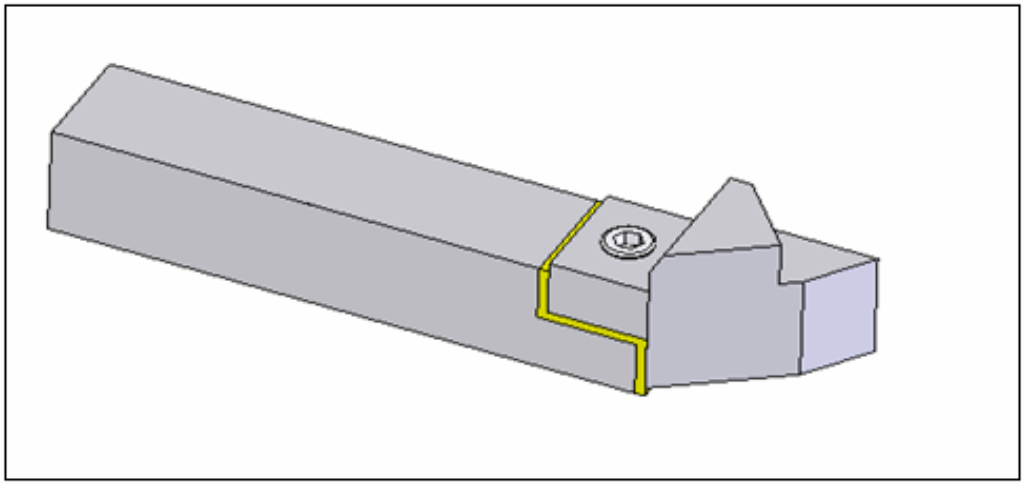


Şekil 4.1. TAKIMSAŞ firması tarafından üretilen MTJNR 2525 M 16 takım tutucu (1 Nolu Kater)

Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.' deki katerlerin hazırlanmasındaki amaç; Resim 4.1'de gösterilen deney düzeneğinde piezoelektrikli KİSTLER 9257b marka dinamometre ile olçülen ve değerleri Çizelge 4.4'de verilen kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği titreşimleri apsorbe ederek, elde edilecek yüzeyin daha düzgün çıkmasını sağlamaktır.



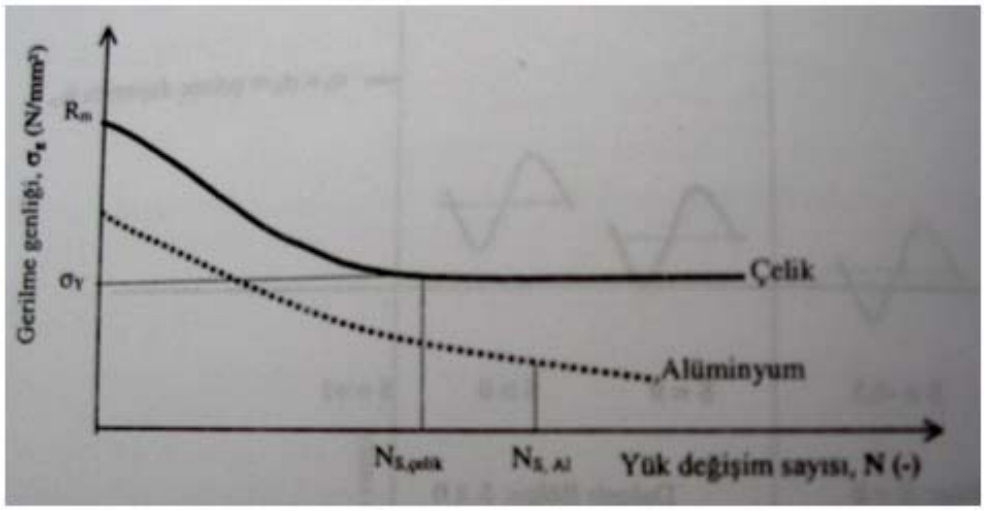
Şekil 4.2. "Z" Profilinde kesilerek arasına alüminyum plaka konulan MTJNR 2525 M 16 takım tutucu (2 nolu Kater)



Şekil 4.3. "Z" Profilinde kesilerek arasına alüminyum plaka konulan MTJNR 2525 M16 takım tutucu (3 nolu Kater)

Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.' deki torna katerinin kesilen bölümüne alüminyum plaka (titreşim damperi) konulurken; titreşim (vibrasyon) damperinin katerin yüzeyine tam oturmasını sağlaya bilmek için kater ve damper freze tezgahında eş merkezli olarak delinmiştir. Katerin ve damperin eş merkezli olması ile damperin katerin kesilen yüzeyine tam oturması sağlanmıştır. Bu durum amacımıza ulaşabilmemiz bakımından çok önemlidir. Ayrıca bu tasarımlara ait parçaların yapım ve montaj resimleri Ek – 2' de verilmiştir. Deney esnasında katerlere gelen yükler ölçülerek; yüklerdeki değişme ve bu yüklerin etkisi incelenmiştir.

4.2. Deneyde Kullanılan 'Z' Profilinde Malzeme Şeçimi



Şekil 4.4. Wöhler diyagramları (N_s=sınır çevrim sayısı).

Alüminyum alaşımlarının titreşimli zorlanmalardaki tutumu, demir esaslılara nazaran farklıdır. Çok yüksek titreşim sayılarında taşınabilecek yük değeri sürekli düşme gösterir. Şekil 4.4.'de alüminyum alaşımları ve çelik için Wöhler eğrisini göstermektedir [19]. Bu tür malzeme gereksinimi olduğu zaman $50x10^6$ yük değişimi esas alınarak kullanılır, fakat testler $100x10^6$ yük değişimi için yapılır. Yüksek yük değişim sahalarında, sertleştirilmiş olanlarda dayanım azalması, sertleşmeyen katı çözeltili alaşımlara nazaran daha fazladır. Alüminyum alaşımının yorulma dayanımı çeliğe nazaran düşük olduğu için belirli zaman aralıklarında değiştirilmeleri gerekebilir [20].

Deneyde kullanılmak üzere vibrasyon damperi olarak alüminyum alaşımlı malzeme şeçilmiştir. Alüminyum malzemenin elastikiyet modülü çeliğe göre oldukça düşüktür (Çizelge 4.1.). Bu özelliğinden dolayı alüminyum malzeme işleme esnasında daha fazla sehim (esneme) yapar. Sehimi fazla olan malzemenin rezilyans enerjisi fazladır. Rezilyans bir malzemenin elastik şekil değişiminde apsorbe ettiği enerjiyi, kuvvet kalktığında geri verme özelliğidir. Bu özelliğinden dolayı alüminyum malzeme bir yay gibi davranarak takımın ucunu sürekli olarak iş parçasına bastıracaktır.

Alüminyum alaşımlarının soğuk şekillendirilebilirlikleri oldukça iyi olduğundan dolayı Z profilinde şekil vermek oldukça kolay olmuştur.

Çizelge 4.1. Alüminyum teknik özellikleri

ELASTİKİYET MODÜLÜ (E)	70.000 Nt/mm^2
POİSSON ORANI (μ)	0,34
ÇEKME/KAYMA MUKAVEMETİ (σ)	270 Nt/mm^2
YOĞUNLUK	2,7 gr/cm^3

4.3. Deneyde Kullanılan Kater ve Vibrasyon Damperinin Teknik Özellikleri

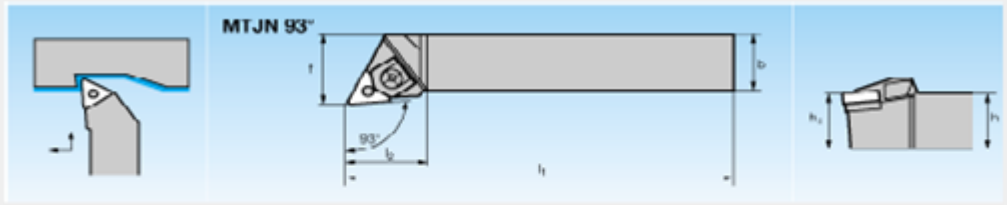
Çizelge 4.2.'de deneyde kullanılan kater ve vibrasyon damperinin teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kater ve vibrasyon damperinin teknik özellikleri

	KATER	**VİBRASYON DAMPERİ**
MARKA	TAKIMSAŞ	----------
TİPİ	MTJNR25 M16	----------
MALZEME	----------	ALÜMİNYUM
ELASTİKİYET MODÜLÜ (E)	210.000 Nt/mm^2	70.000 Nt/mm^2
POİSSON ORANI (μ)	0,3	0,34
ÇEKME/KAYMA MUKAVEMETİ (σ)	850 Nt/mm^2	270 Nt/mm^2
YOĞUNLUK	7,85 gr/cm^3	2,7 gr/cm^3

Şekil 4.5.’ de deneyde kullanılan takımsaş marka MTJNR25 M16 takım tutucunun katalog bilgileri verilmiştir.

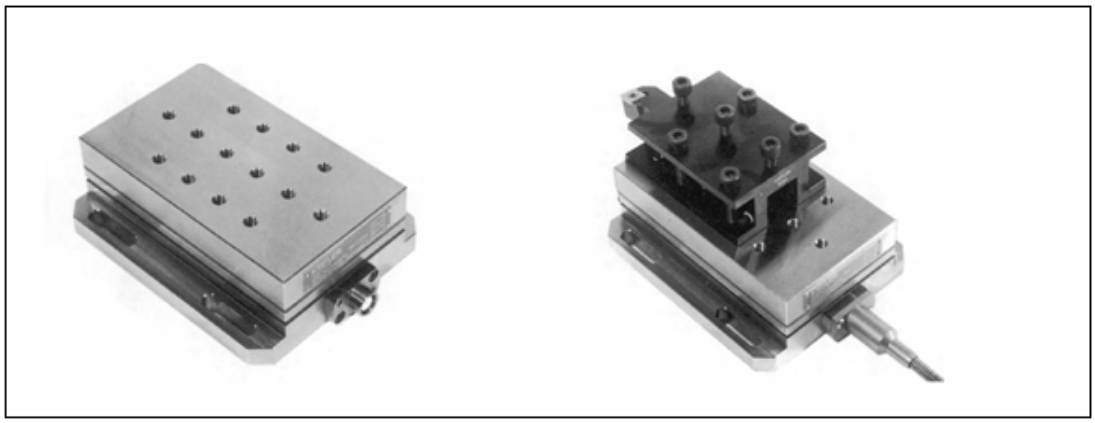
M TIP-Pabuçlu Pimli Dış Torna Kateri



Takım Kod No	Kater Ölçüleri					Fiyatı
	h/h1	b	l_1	l_2	f	
MTJNR/L 20 20 K16T	20	20	125	31	25	
MTJNR/L 25 25 M16T	25	25	150	31	32	47150000
MTJNR/L 32 25 P16T	32	25	170	31	32	
MTJNR/L 25 25 M22T	25	25	150	35	32	48300000
MTJNR/L 32 25 P22T	32	25	170	35	32	
MTJNR/L 32 32 P22T	32	32	170	35	40	

Şekil 4.5. Deneyde kullanılan katerin katalog bilgileri.

4.4. Deney Düzeneği

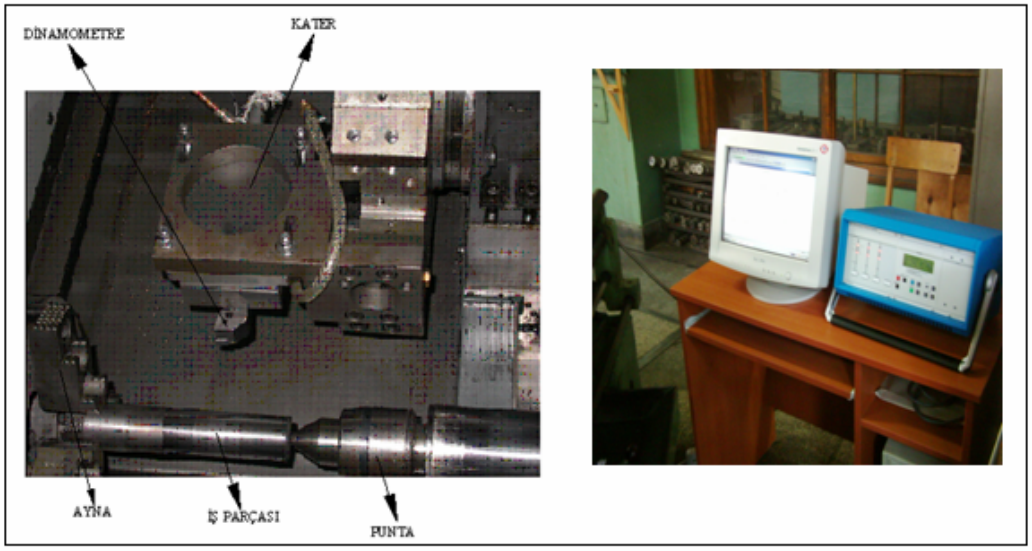


Resim 4.1. KISTLER marka 9257B modeli piezoelektrik dinamometre ve 9403 modeli takım bağlama aparatı

Deneyler, G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Eğitimi Anabilim Dalında sanayi tipi CNC tezgahında yapılmıştır. Daha önceden hazırlanan SAE1040 çelik malzeme, ayna-punta arasına bağlanarak işlenmiştir. İş parçası üzerine 100 mm

aralıklarla kanallar açılmak suretiyle her bir deneyde elde edilecek yüzeyler bir birinden ayrılmıştır. Resim 4.1'de gösterilen CNC tezgahına bağlanan piezoelektrikli KİSTLER 9257b marka dinamometre ile kesme kuvvetleri ölçülmüştür.

Resim 4.2.'de kesme kuvvetlerini ölçmek için oluşturulan deney düzeneği görülmektedir.



Resim 4.2. CNC torna tezgahına bağlanmış deney düzeneği

Resim 4.1' deki KISTLER marka 9257B modeli piezoelektrik dinamometreden alınan sinyallerin yükseltilmesi ve filtre edilerek ihtiyacımız olan gerilim değerlerine dönüştürmesi için KISTLER marka 5017B modeli ampfilikatör kullanılmıştır (Resim 4.3.).



Resim 4.3. KISTLER marka 5017B modeli ampfilikatörün ön ve arka görünüşleri

Kurulan deney düzeneğinde ampfilikatörden bilgisayara gelecek verileri gerilim olarak okuyarak kesme kuvvetlerini ölçme, maksimum minimum ve ortalama kuvvet değerlerini bulma, kuvvet zaman grafiklerini oluşturma amacıyla da KISTLER ürünü olan "DYNO WARE" isimli paket program kullanılmıştır.

4.5. Deneyde Kullanılan İş Parçası

İş parçası olarak; makina imalat sektöründe çok yaygın bir kullanım alanına sahip olması ve malzemenin fiziksel, kimyasal, mekanik, işlenebilirlik vb. özelliklerinin biliniyor olmasından dolayı SAE1040 malzeme seçilmiştir. Bu malzemenin KOSGEB malzeme laboratuarında spektral analizi yaptırılarak, malzemenin kimyasal kompozisyonu belirlenmiş ve doğrulanmıştır. İş parçasının boyutları ϕ50x300 mm olup malzemenin kimyasal bileşeni Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Deney numunesinin kimyasal bileşimi

C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**
%0,41	%0,171	%0,823	%0,00854	%0,0263
Cr	**Mo**	**Ni**	**Al**	**Co**
%0,0499	%0,00762	%0,0769	%0,0181	%0,0261
Cu	**Nb**	**Ti**	**V**	**W**
%0,0601	%0,002	%0,001	%0,001	%0,005
Pb	**Sn**	**Sb**	**Fe**	
%0,002	%0,00563	%0,002	%98,28	

Malzemenin yüzeyi, dış yüzey tabaka sertleşmesi ihtimaline karşılık ve yüzey hassaslığının iyi olması için alınlardan 2,5 mm alın tornalama yapılarak her iki alına punta deliği açılmıştır. Daha sonra iş parçası ayna ve punta arasına alınarak ve 1 mm talaş derinliği verilerek torna tezgahında silindirik tornalama yapılmıştır. Böylece iş parçasının salgısı alınmış ve dış yüzeylerdeki olumsuzluklar giderilmiştir. Daha sonra 100 mm aralıklarla 5 mm derinliğinde kanallar açılmıştır. Deney parçası olarak tek bir parça kullanılmıştır. Parça üzerinde ayrı bölgelerde her işlem için 100mm lik

bir yüzey işlenmiştir. Her işleme esnasında deney parçasından ayrılan talaşlardan numune alınarak bunlar üzerlerinde deney numarası bulunan poşetlere konulmuştur.

4.6. Deneylerin Yapılışı

Üç ayrı kater ile aynı kesme şartlarında, önceden hazırlanan iş parçası üzerinden yeterli miktarda talaş kaldırdıktan sonra her parçanın yüzeyinin pürüzlülük değeri Resim 4.4.'de gösterilen yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile 3'er defa ölçülmüştür. Bu ölçümlerin ortalaması alınarak iş parçasının yüzey pürüzlülük değeri tesbit edilmiştir. Ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

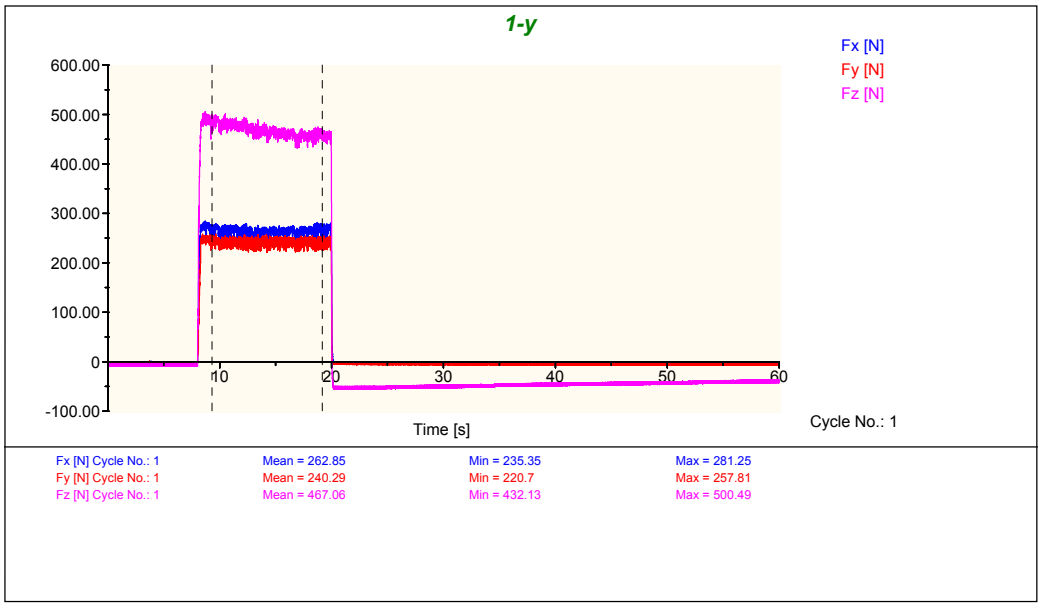
Çizelge 4.4. İşlenen parçaların ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri

Kater No	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	Ortalama Değer
1 Nolu Kater	6,69µm	6,19µm	6,3µm	6,39µm
2 Nolu Kater	5,28µm	5,17µm	5,38µm	5,27µm
3 Nolu Kater	5,3µm	5,78µm	5,61µm	5,56µm

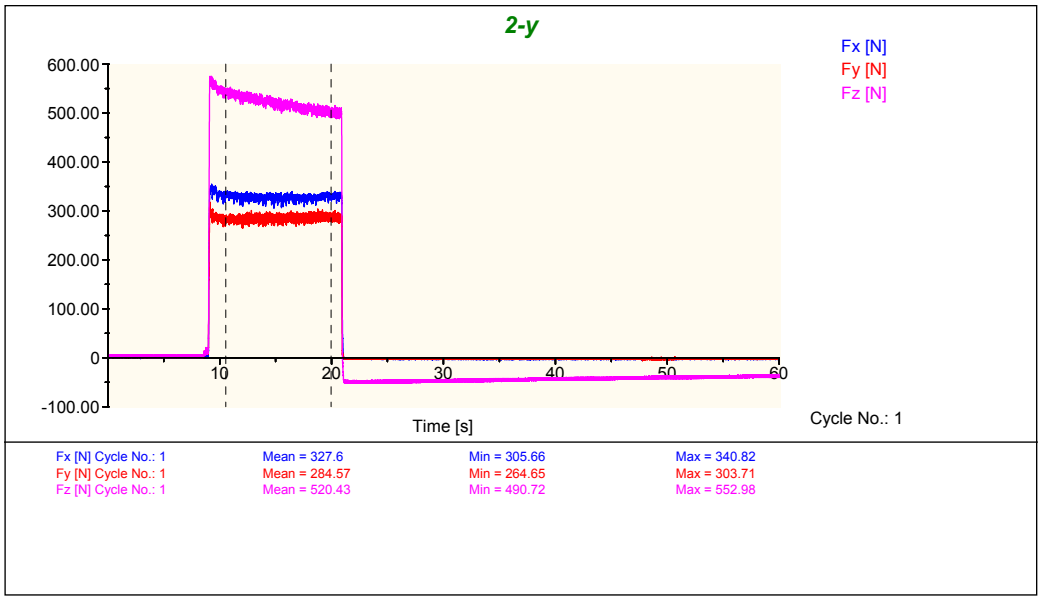


Resim 4.4. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

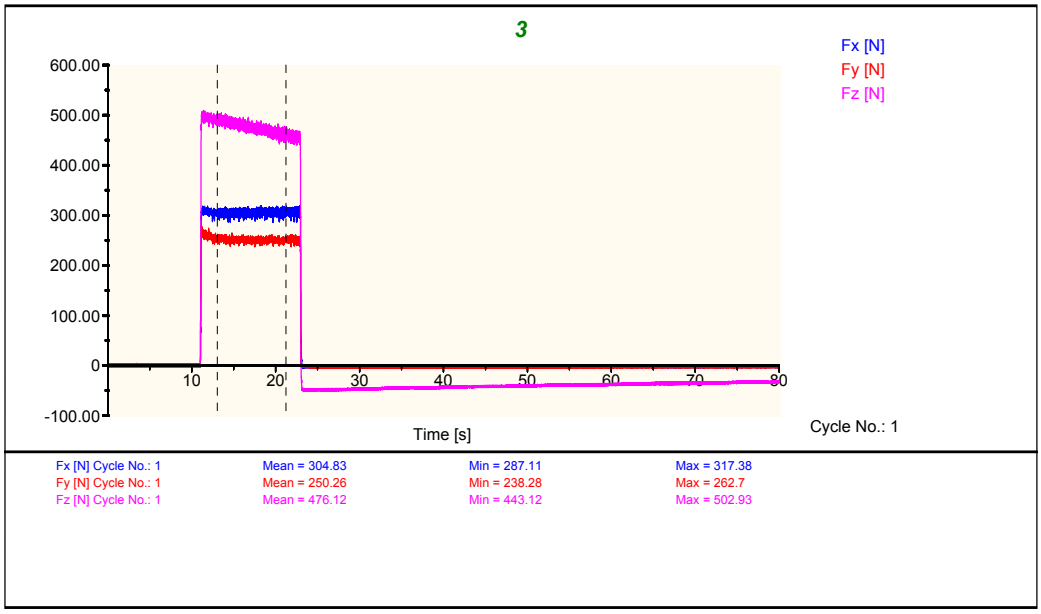
Talaş kaldırma esnasında KISTLER marka 9257B modeli piezoelektrik dinamometre ile her üç kater için ayrı ayrı ölçülen kesme kuvvetlerinin grafik değerleri Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8' de verilmiştir.



Şekil 4.6. 1 numaralı katerle ölçülen kuvvetlerin grafik değerleri



Şekil 4.7. 2 numaralı katerle ölçülen kuvvetlerin grafik değerleri



Şekil 4.8. 3 numaralı katerle ölçülen kuvvetlerin grafik değerleri

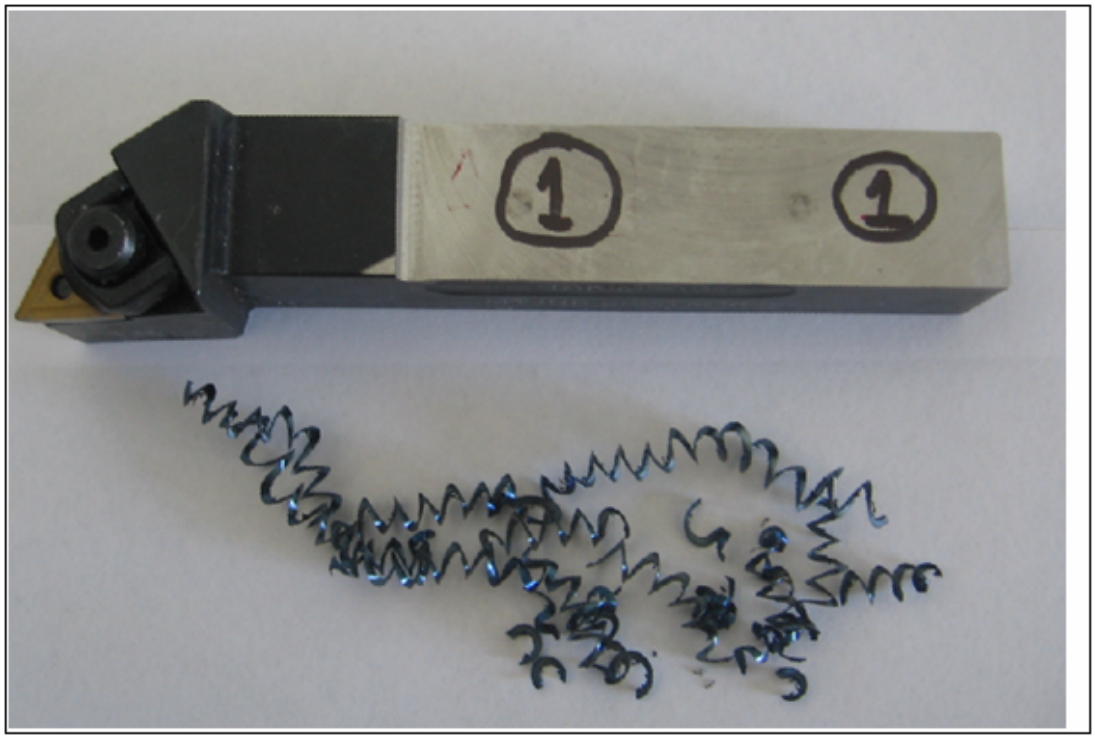
Şekillerde kullanılan $F_x = F_f$ (İlerleme kuvveti)'ni, $F_y = F_p$ (Radyal kuvvet)'i ve $F_z = F_c$ (Esas kesme kuvveti)'ni ifade etmektedir. Ek-1' de bu değerler tam sayfa olarak verilmiştir.

Ölçülen kesme kuvvetlerinin değerleri ise Çizelge 4.5' de tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.5. İşleme esnasında ölçülen kesme kuvvetleri (N)

Kater No	İlerleme Kuvveti F_f			Pasif Kuvvet F_p			Esas Kesme Kuvveti F_c		
	Min	Max	Ortalama	Min	Max	Ortalama	Min	Max	Ortalama
1	235	281	262	220	257	240	432	500	467
2	305	340	327	264	303	284	490	552	520
3	287	317	304	238	262	250	443	502	476

Resim 4.5, Resim 4.6.ve Resim 4.7.'de deneyde kullanılan katerler ve bu katerler ile işlenen iş parçasından kaldırılan talaş tipleri görülmektedir.



Resim 4.5. 1 Nolu kater ile iş parçasından kaldırılan talaş numunesi ve 1 nolu kater



Resim 4.6. 2 Nolu kater ile iş parçasından kaldırılan talaş numunesi ve 2 nolu kater



Resim 4.7. 3 Nolu kater ile iş parçasından kaldırılan talaş numunesi ve 3 nolu kater

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çizelge 4.3'den de görüleceği üzere kesme kuvvetlerinden kaynaklanan titreşimi almak için tasarlanan katerler ile (2 ve 3 numaralı kater) ölçülen yüzey pürüzlülüğünün ortalama değerleri 5.27μm ve 5,56μm olduğu tesbit edilirken, üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmayan (1 numaralı) kater ile elde edilen ortalama pürüzlülük değeri ise 6,39μm olmuştur. Bu da böyle bir tasarımın daha iyi sonuç verebileceğini göstermektedir.

Resim 4.5'de görülen ve 1 nolu kater ile işlenen parçadan kaldırılan talaş numunesi incelendiğinde, talaş yapısının Şekil 3.22'de gösterilen talaş tiplerinden yapışık talaş (parça şeklinde sarılmış talaş) şeklinde olduğu görülmektedir. Bilindiği üzere yapışık talaş; orta kesme hızı ve yüksek ilerleme hızı ile işlenen sünek malzemelerde oluşmaktadır.

Resim 4.6'da görülen ve 2 nolu kater ile işlenen parçadan kaldırılan talaş numunesi incelendiğinde ise, talaşın yapısı Şekil 3.22'de gösterilen talaş tiplerinden spiral talaş tipinde olduğu görülmektedir. Spiral talaş yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme hızı ile işlenen sünek malzemelerde oluşmaktadır. Sünek malzemelerde sürekli talaş tipinin oluşması, kesme koşullarının iyi, işlenen yüzeyin kalitesinin daha iyi olacağını göstermektedir.

Resim 4.7'de görülen ve 3 nolu kater ile işlenen parçadan kaldırılan talaş numunesi incelendiğinde, talaş yapısının Şekil 3.22'de gösterilen talaş tiplerinden yapışık talaş (parça şeklinde sarılmış talaş) şeklinde olduğu görülmektedir. Bilindiği üzere yapışık talaş; orta kesme hızı ve yüksek ilerleme hızı ile işlenen sünek malzemelerde oluşmaktadır.

Talaş tipleri incelenmesine göre 2 nolu kater ile işlenen parçadaki yüzey kalitesinin diğerlerine göre daha iyi olduğu söylenebilir.

Bu sonuçlar, işlenen parçaların yüzey kalitesinin ölçüm cihazı ile ölçülmesi ile de doğrulanmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalarda görüldüğü gibi, kater üzerindeki titreşim apsorbe edilebildiği takdirde işlenen iş parçasının yüzey kalitesi de artmaktadır.

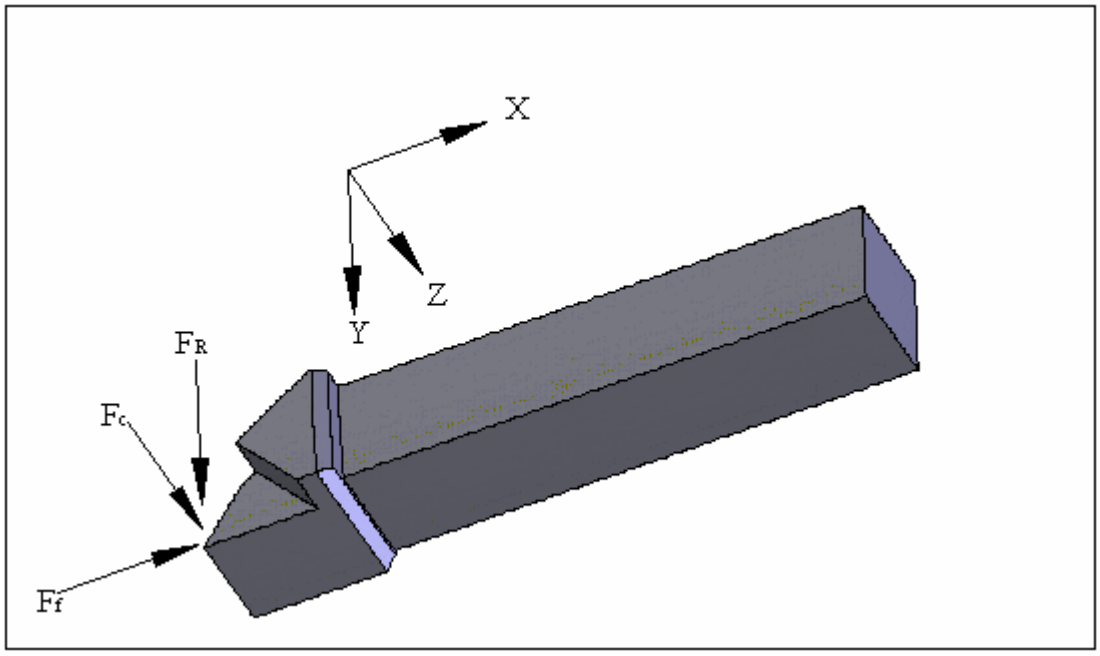
Çizelge 4.5.' deki kesme kuvvetlerinden istifade edilerek, her kater için bileşke kuvvetler Eş 3.8.'e göre hesaplanabilir. Hesaplanan bu kuvvetler Çizelge 4.6.' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. İşleme esnasında ölçülen kesme kuvvetlerine göre hesaplanan bileşke kuvvetler.

KATERLER	BİLEŞKE KUVVET (N)
1 NOLU KATER İÇİN	587
2 NOLU KATER İÇİN	677
3 NOLU KATER İÇİN	618

Kuvvetlerin vibrasyon damperi konulan katerlerde artmış olması; sehimden dolayı meydana gelen kesme açılarının daha fazla değişmiş olmasından veya başka bir ifade ile kesici eksenindeki yer değiştirmenin artışından kaynaklandığı söylenebilir. Şekil 4.9. takım tutucular üzerindeki kuvvetlerin pozisyonunu göstermektedir.

F_c esas kesme kuvvetinin etkisindeki takım tutucular +Z ekseninde sehim yapmaktadır. Bu sehimden dolayı β açısı büyümekte ve takımın iş parçasına nüfuz etmesi güçleşmektedir. Bunun sonucunu olarak esas kesme kuvveti, ilerleme kuvveti ve pasif kuvvet büyümektedir. β açısının sehimden dolayı büyümesi γ açısının küçülmesine sebep olmaktadır. γ açısının küçülmesi talaşın iş parçasından uzaklaştırmasını zorlaştıracağından takım üzerindeki ısı oluşumu artacak ve bunun sonucunda da takım ömrü azalacaktır. Fakat β açısının büyümesi takım ucunun kesitini büyüteceğinden takım daha dayanıklı hale gelecektir.



Şekil 4.9. Takım tutucu üzerinde oluşan kesme kuvvetleri ve yönleri.

1 nolu takım tutucu rijit olduğundan yani arada esnek bir bağlantı olmadığından dolayı en az sehimi yapmakta dolayısı ile 1 nolu takım tutucu üzerindeki kuvvetler en az olmaktadır. 2 ve 3 nolu takım tutucular Z profilinde kesilerek aralarına alüminyum malzemeden vibrasyon damperi konduğu için ve hem alüminyumun elastikiyet modülü düşük olduğundan hemde bağlantıdaki boşluklardan dolayı sehim oluşmaktadır. Oluşan bu sehim 3 nolu takım tutucu da civata ile sınırlandırılmakta 2 nolu takım tutucuda ise civata sehimi sınırlandırmamaktadır. Bundan dolayı en fazla sehim 2 nolu takım tutucuda oluştuğu için en fazla kuvvette bu takım tutucu üzerinde oluşmaktadır.

Deneysel çalışmada kullanılan kater, baş kısmının (takma ucun bağlandığı bölüm) bittiği yerden 20mm mesafede "Z" profilinde kesilerek, araya vibrasyon damperi konulduğundan bağlama uzunluğu takımın ucundan itibaren 60mm olarak alınmıştır. Katerin bağlama uzunluğu ne kadar küçültülürse, katerin uç noktasında meydana gelen sehimde o kadar azalacağından bağlama uzunluğundan kaynaklanan sehimde azalır. Dolayısıyla işlenen parçanın yüzey kalitesi de artar.

Özellikle delik kalemlerinde oluşan ve bağlama uzunluğundan kaynaklanan olumsuzlukları önleyebilmek için bu tasarım delik kalemleri için de yapılabilir. Fakat bu durumda önemli olan kater kesidi olacaktır. Çünkü kesme yükünden kaynaklanan, yer değiştirmeyi almak için kullanılan vibrasyon damperinin sağlıklı biçimde yerleştirilebilmesi önem arz etmektedir. Bunun için daha değişik tasarımlar geliştirilebilir.

Kesilen katerlere konan, alüminyum vibrasyon damperinin dayanma sınırı dikkate alınmalıdır. Talaş kesiti çok faza arttırılırsa, alüminyum vibrasyon damperi ezilmeye başlayacak ve bunun sonucunda bağlatı elemanı da kesme yüküne maruz kalarak kopabilecektir.

H. İnan'ın yaptığı "Takım Tutuculardа Meydana Gelen Gerilmelerin Sonlu Elemanlarla Analizi." adlı yüksek lisans tezinden anlaşılacağı üzere katerin sap bölgesindeki gerilme değerleri önemsiz olduğundan katerin sap kısmında kesit değişikliğine de gidilebilinir. Ancak bu işlem talaşlı imalat yöntemi ile üretilen katerin imalatını da zorlaştırabilir.

Elde edilen bu çalışmalar ışığında, bundan sonra yapılabilecek çalışmalar için aşağıdaki öneriler getirilebilir:

- Katerde oluşan titreşim azaltıldığı takdirde işlenen parçanın yüzey kalitesi de artacaktır.
- Katerde titreşimi azaltmak için, vibrasyon damperi malzemesi olarak alüminyum kullanılırsa, kullanım şartları sınırlı olacağından, daha farklı malzemeler kullanılarak, kullanım şartları genişletilebilinir veya titreşimin daha iyi emilmesi sağlanabilinir.
- Çizelge 4.4.'de görüleceği üzere vibrasyon damperinin 2 nolu katerde olduğu gibi yerleştirilmesi 3 nolu katerdeki tasarıma göre daha iyi sonuç verdiğinden tasarımcılar bu tasarımı dikkate almalıdır.

- Ayrıca yapılan tasarımdaki gerilmelerin analizi sonlu elemanlar yöntemi ile yapılarak, tasarımın optimizasyonu da gerçekleştirilebilinir.

KAYNAKLAR

1. Şahin Y., "Talaş Kaldırma Prensipleri 1", ***Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti***., Ankara, 39 (2000).

2. Bayraktar, M., "Ç1020, SAE1040 ve 9SMnPb çeliklerinin talaşlı işlemesinde, yüzey pürüzlülüğünün uzman sistemle hesaplanan değerlerinin, deneysel değerlerle karşılaştırılması.", Yüksek Lisans Tezi ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*****,** Ankara, 12-49 (2002)

3. Şen Z., Çilingiroğlu N., "Teknik Resim Cilt 1" ***Birsen Yayınevi,*** İstanbul, 42 (1994).

4. Granovsky G. I., Grudov P. P., Kryvoujov V. A., Laryn M. N., Malkyn A., **"Theory of Metal Cutting , Mashqiz",** Moscow, 185 (1954).

5. Özses, B., "Bilgisayar Destekli Takım Tezgahlarında Değişik işleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.", Yüksek Lisans Tezi ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*****,** Ankara, 9-23 (2002)

6. Güllü, A., "Silindirik Taşlamada İstenilen Yüzey Pürüzlülüğüne Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımı İle Optimizasyonu", Doktora Tezi ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 24 (1992).

7. Güllü, A., "Alın tornalamada, en uygun kesme koşulları için yapılmış deneysel çalışmaların, yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 85 (1990).

8. ÖZDUR Z., "CNC Tel Elektro Erezyon Tezgahında İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü, İşleme Hızı Ve Ölçü Tamlığına Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 58 (2002).

9. Kopac J., Bahor M., İnteraction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness of a product, ***Journal of Materials Processing Technology*****,** Vol.1997/213-03, 92-93 (1997).

10. Thomas, T.R., Rough Surface, ***Longman*****,** New York, 25-26 (1982)

11. Surface roughness produced by common production methods, ***ASME*****,** B46.1 New York (1995)

12. Schlesinger G., Surface finish and the function of parts, ***Proc. Instr Mech. Engrs*****,** 151, Vol.44-01, 153-78 (1944)

13. Şahin Y., "Talaş Kaldırma Prensipleri 2", ***Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti***., Ankara, 93 (2000).

14. Akkurt, M., "Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları", ***Birsen yayınevi*****,** İstanbul, 102 (1991).

15. Akkurt, M., "Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları", ***Birsen Yayınevi***, İstanbul, 23-90 (1998).

16. Mıstıkoğlu, S., "Torna Tezgahlarında Kesici Kaleme Gelen Kuvvet ve Gerilmelerin Bilgisayar Desteğiyle Ölçülerek Denetimi, Simülasyonu Ve HSS Kalemlerinin Optimum Profilinin Belirlenmesi", Doktora Tezi ***Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Adana, 76 (1995).

17. Günay, M., "Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 92 (2003).

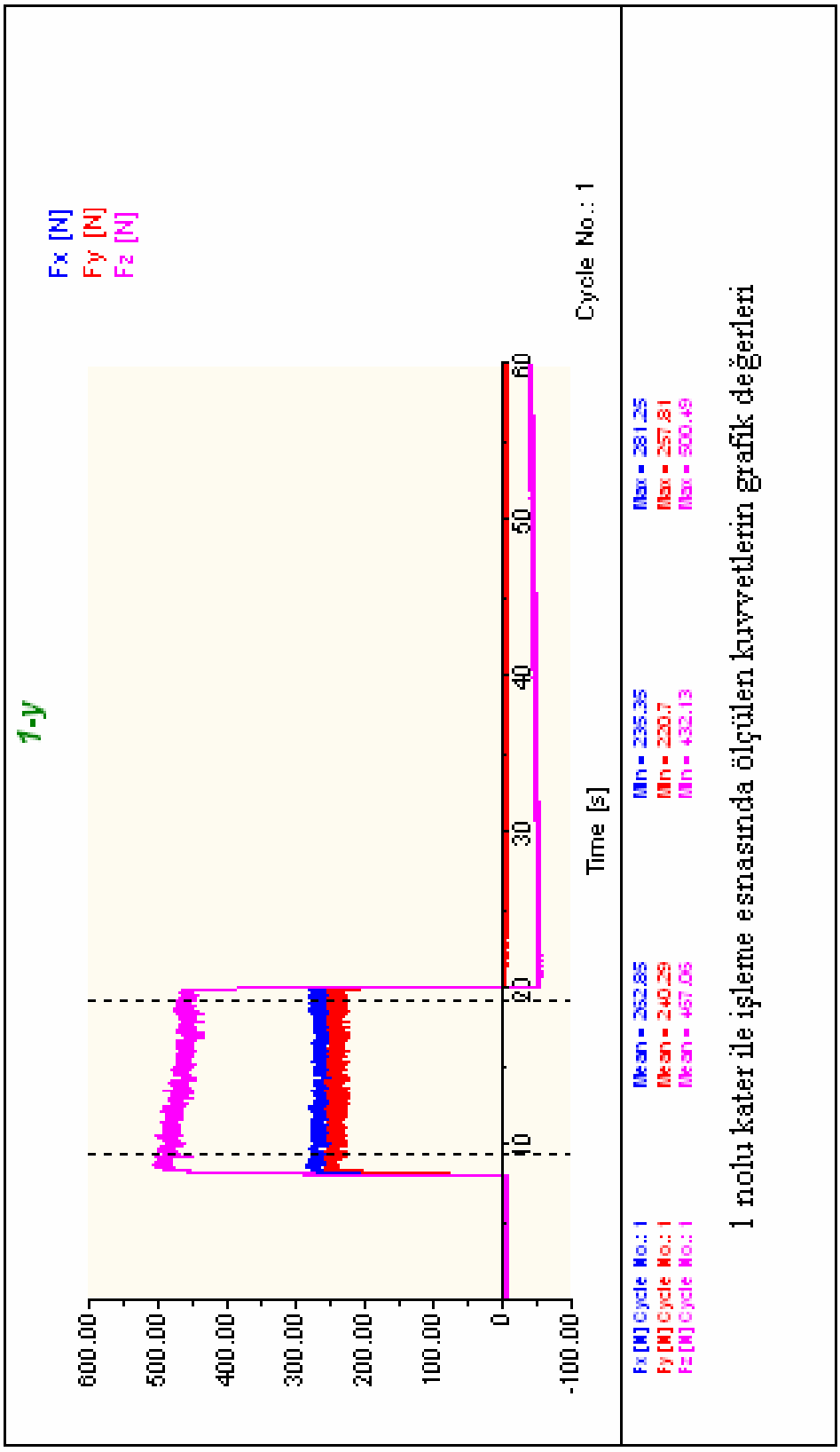
18. Dönertaş, M. A., "Freze Tezgahında Gerilim Ölçme Esaslı, Bilgisayar Bağlantılı Dinamometrenin Tasarımı ve İmalatı", Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 67 (1999).

19. Yüksel, M., "Malzeme bilimleri serisi cilt 1", ***M.M.O. yayınları*****,** yayın No : 2002/271-1, Ankara, 198 (2000).

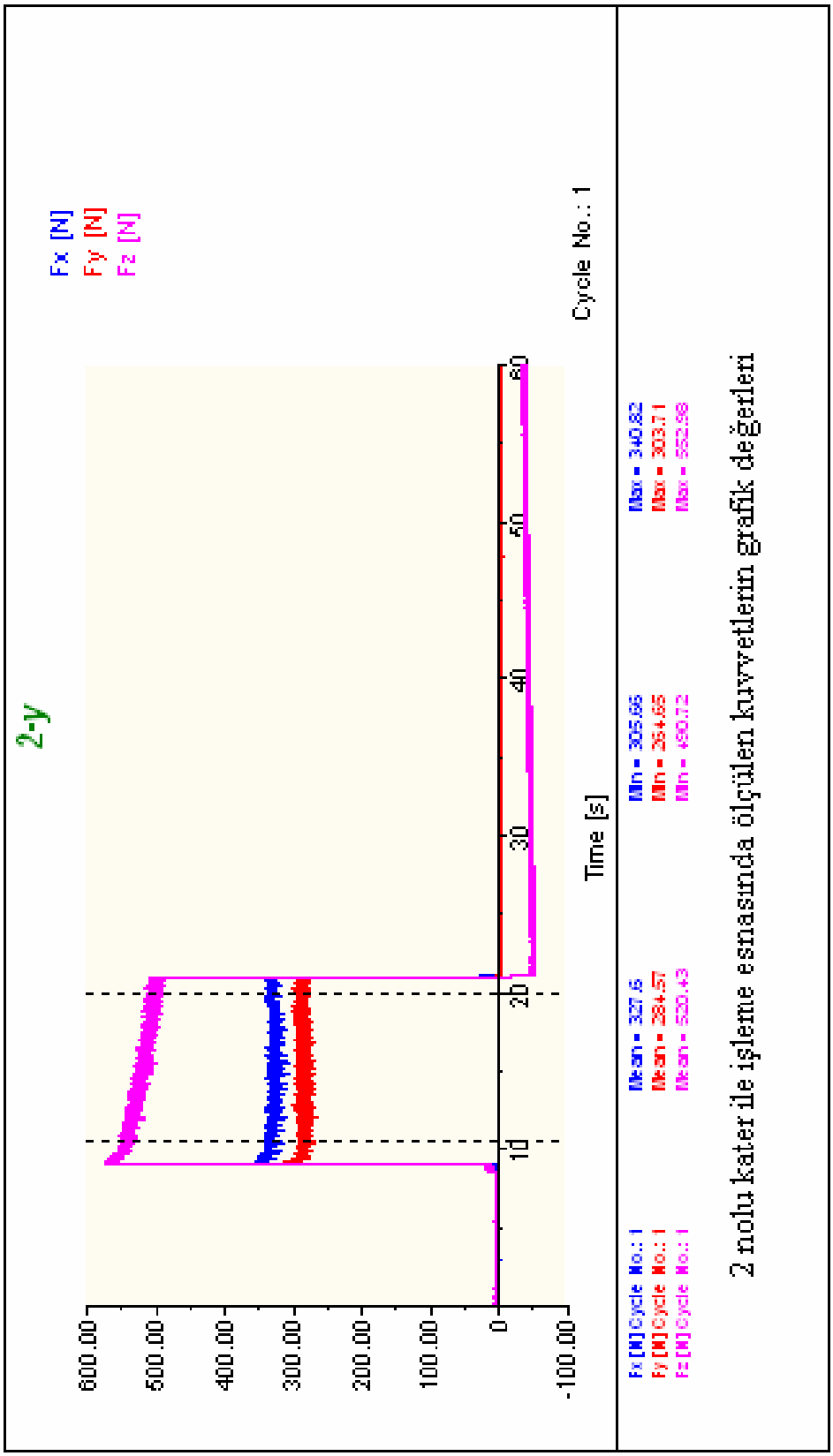
20. Topbaş, M.A., "Endüstri malzemeleri cilt 1", ***Prestij basın yayın hizmetleri***, Yıldız, 99, (1993).

EKLER

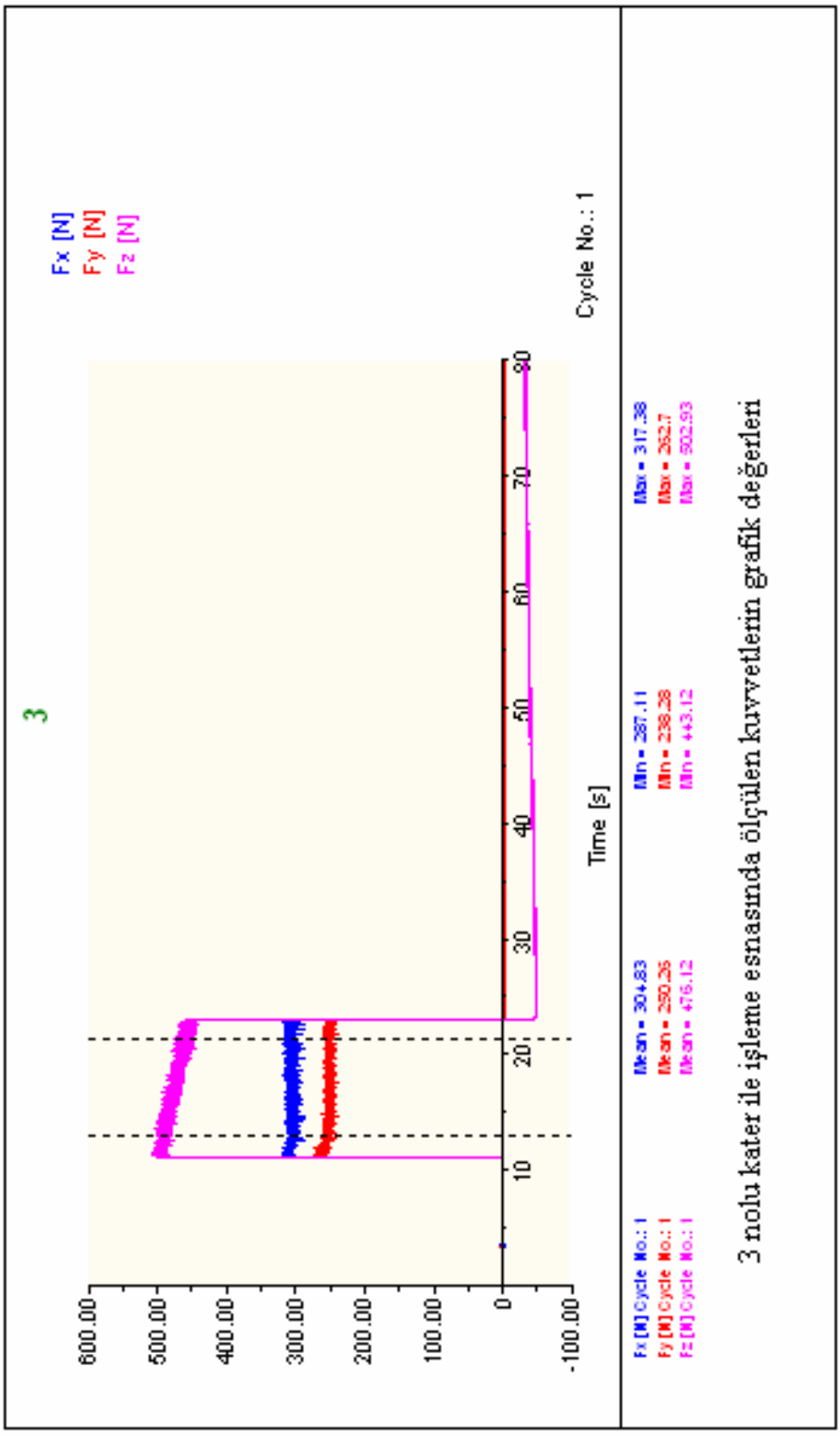
EK-1 Deneyde ölçülen kesme kuvvetleri grafikleri.



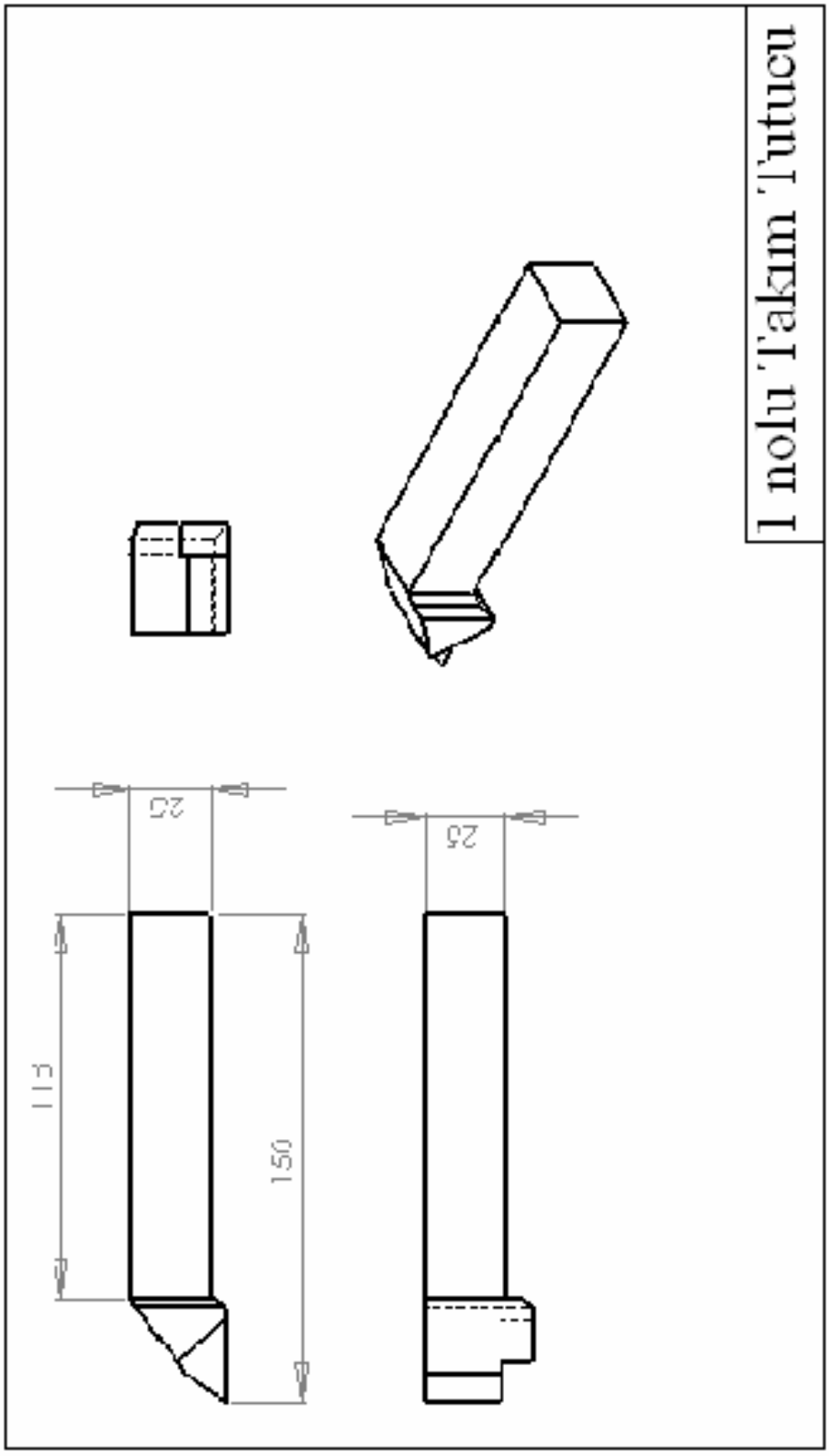
EK-1 (Devam) Deneyde ölçülen kesme kuvvetleri grafikleri.



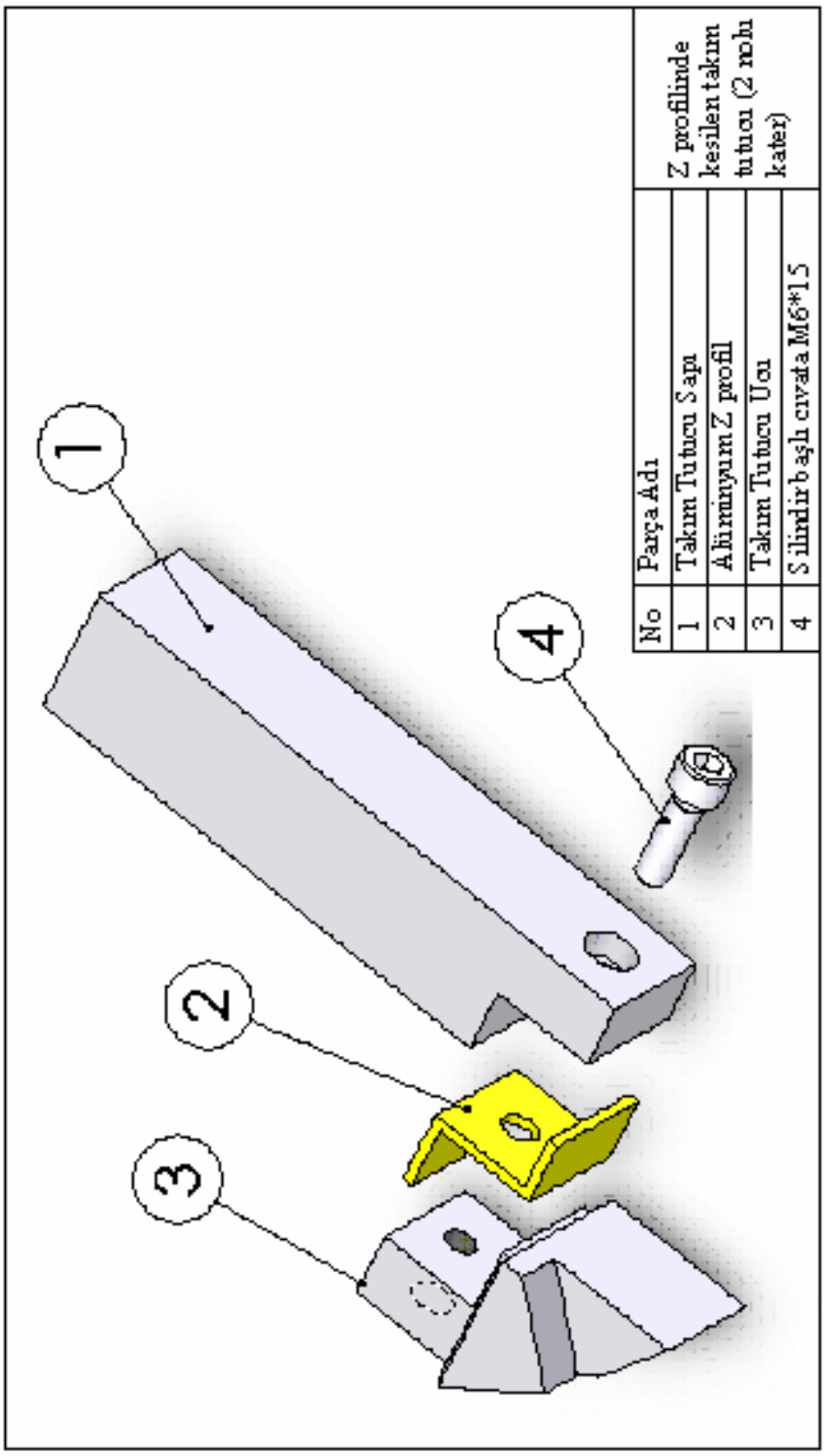
EK-1 (Devam) Deneyde ölçülen kesme kuvvetleri grafikleri.



EK-2 Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.

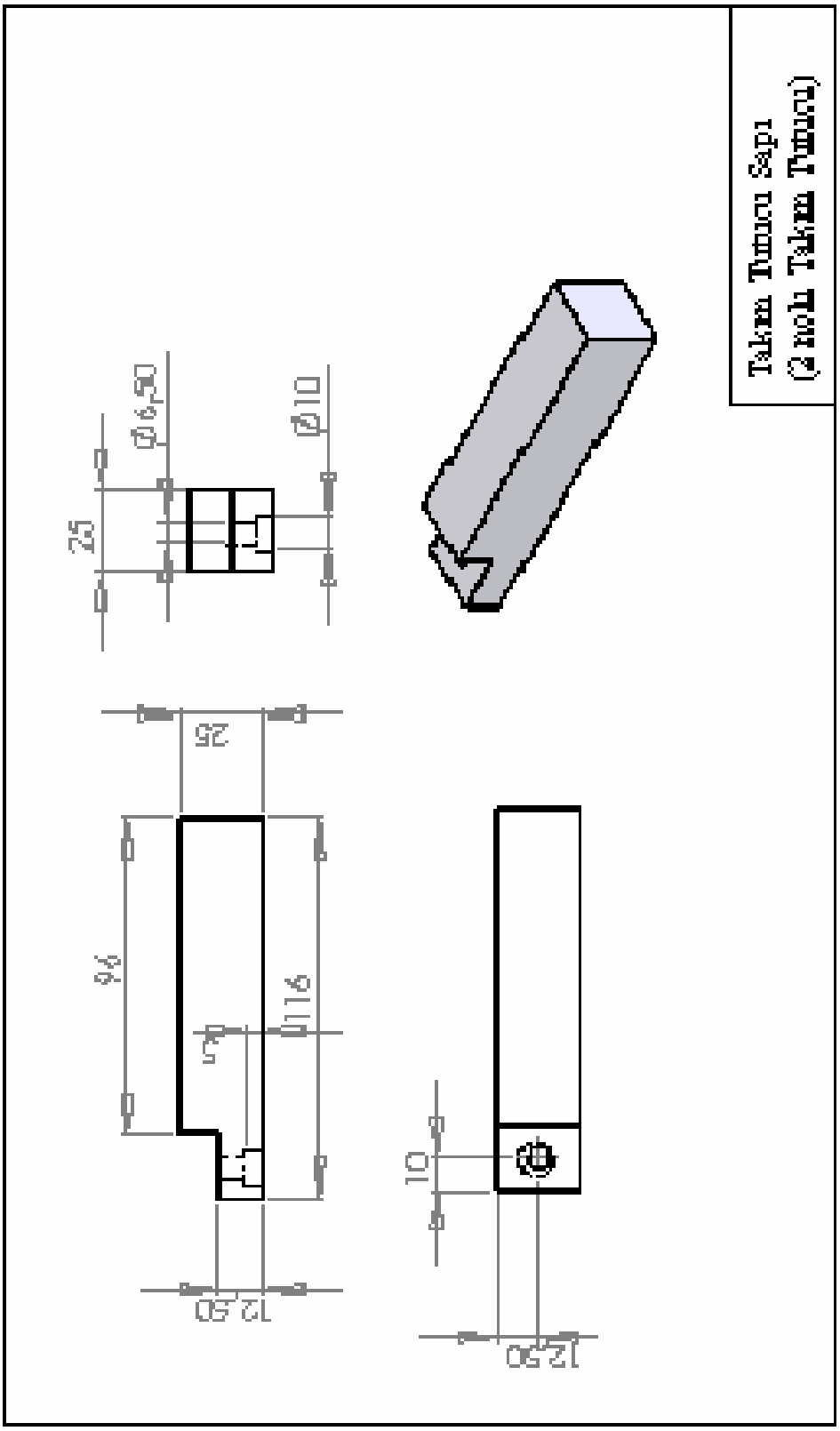


EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.

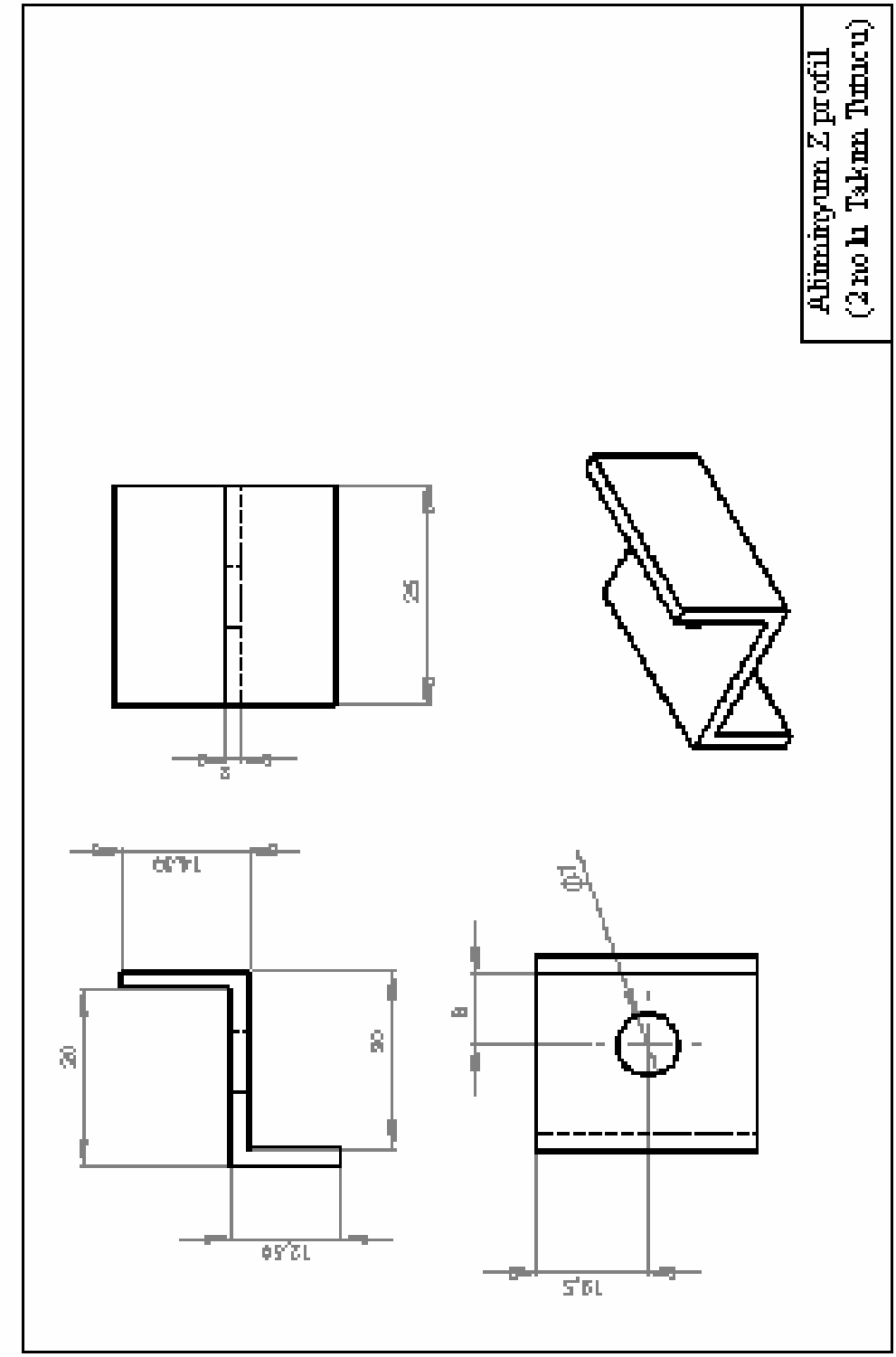


No	Parça Adı	Z profilinde kesilen takım tutucu (2 nolu kater)
1	Takım Tutucu Sapı	
2	Alüminyum Z profil	
3	Takım Tutucu Ucu	
4	Silindir başlı cıvata M6*15	

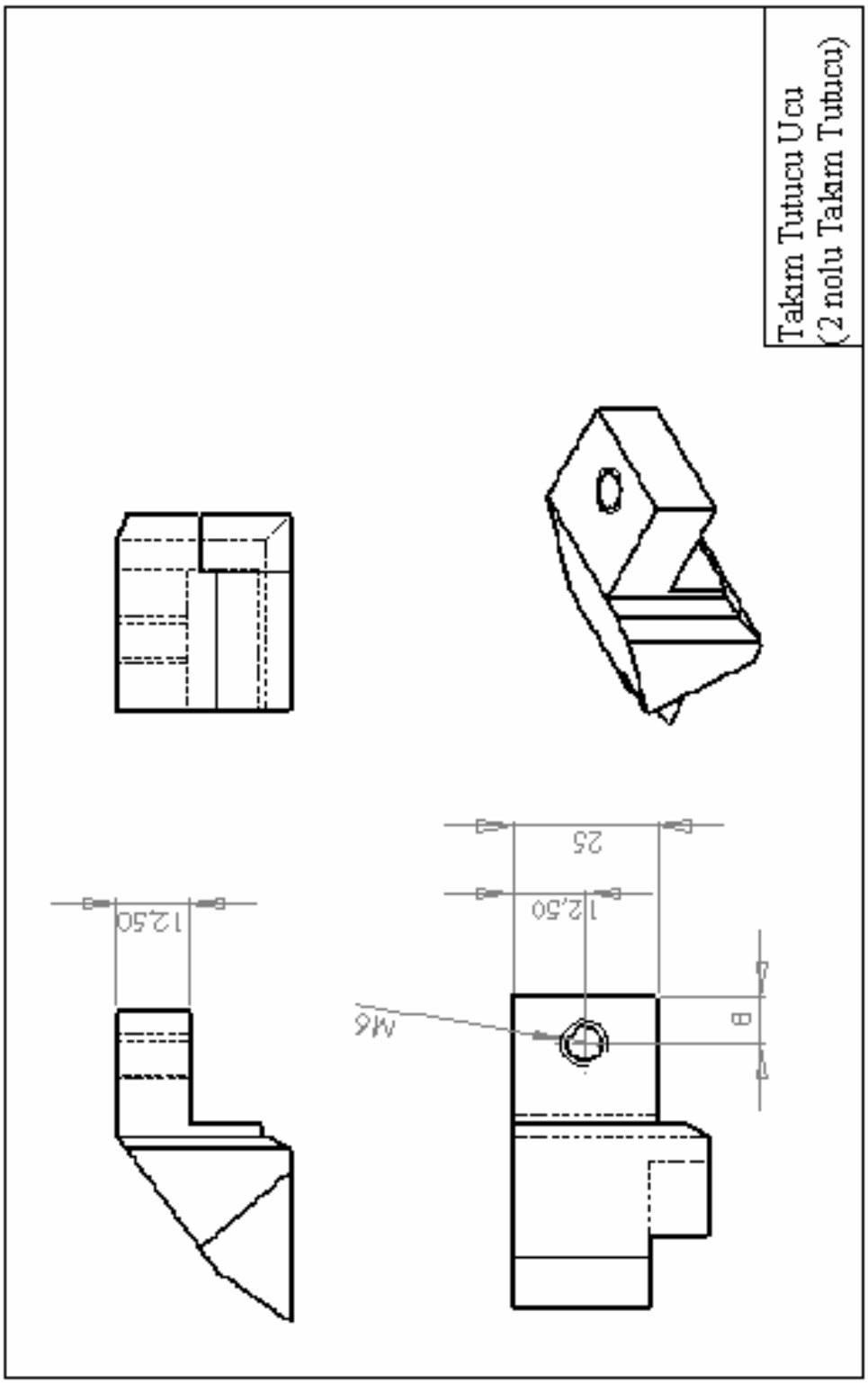
EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.



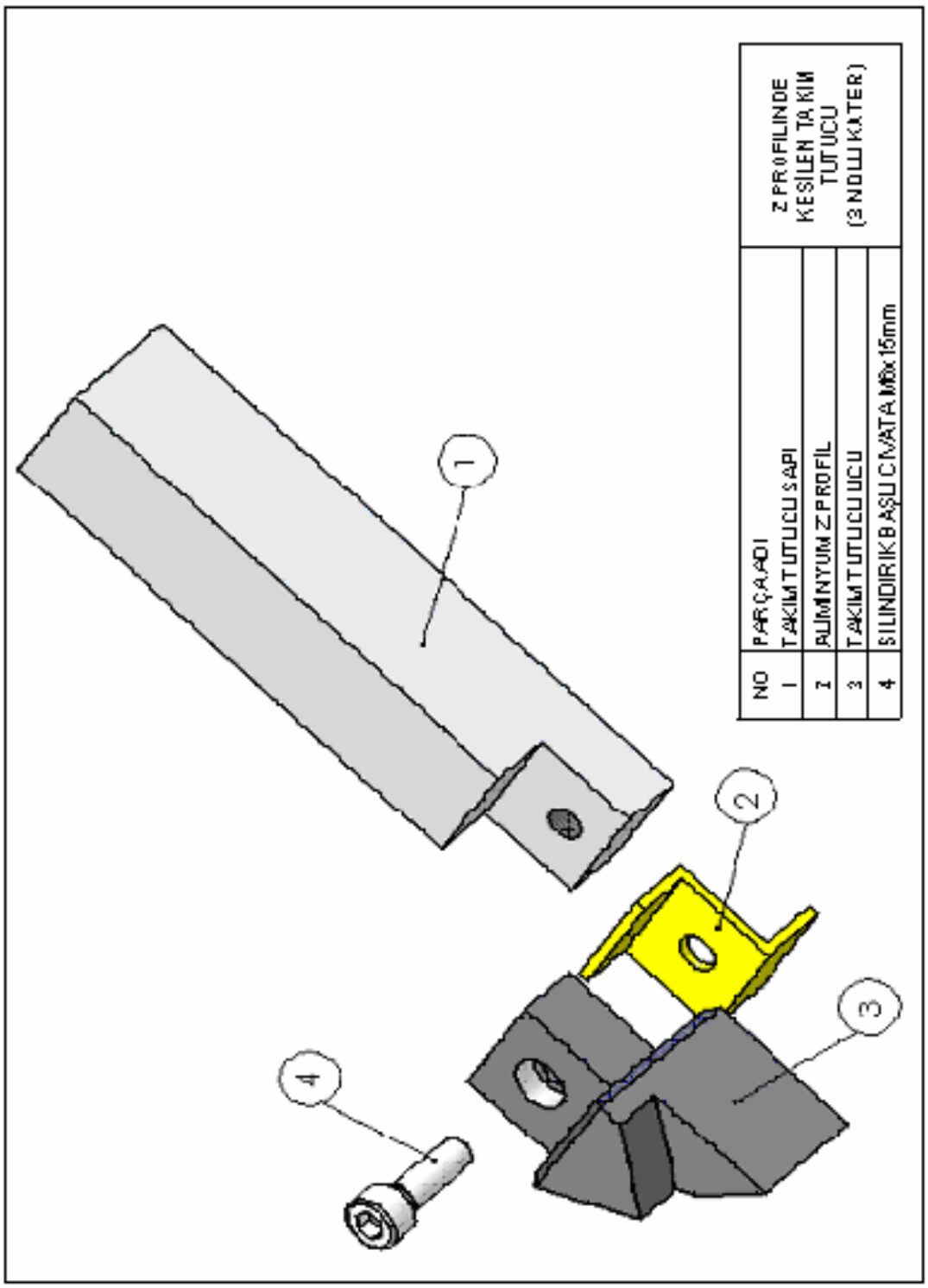
EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.



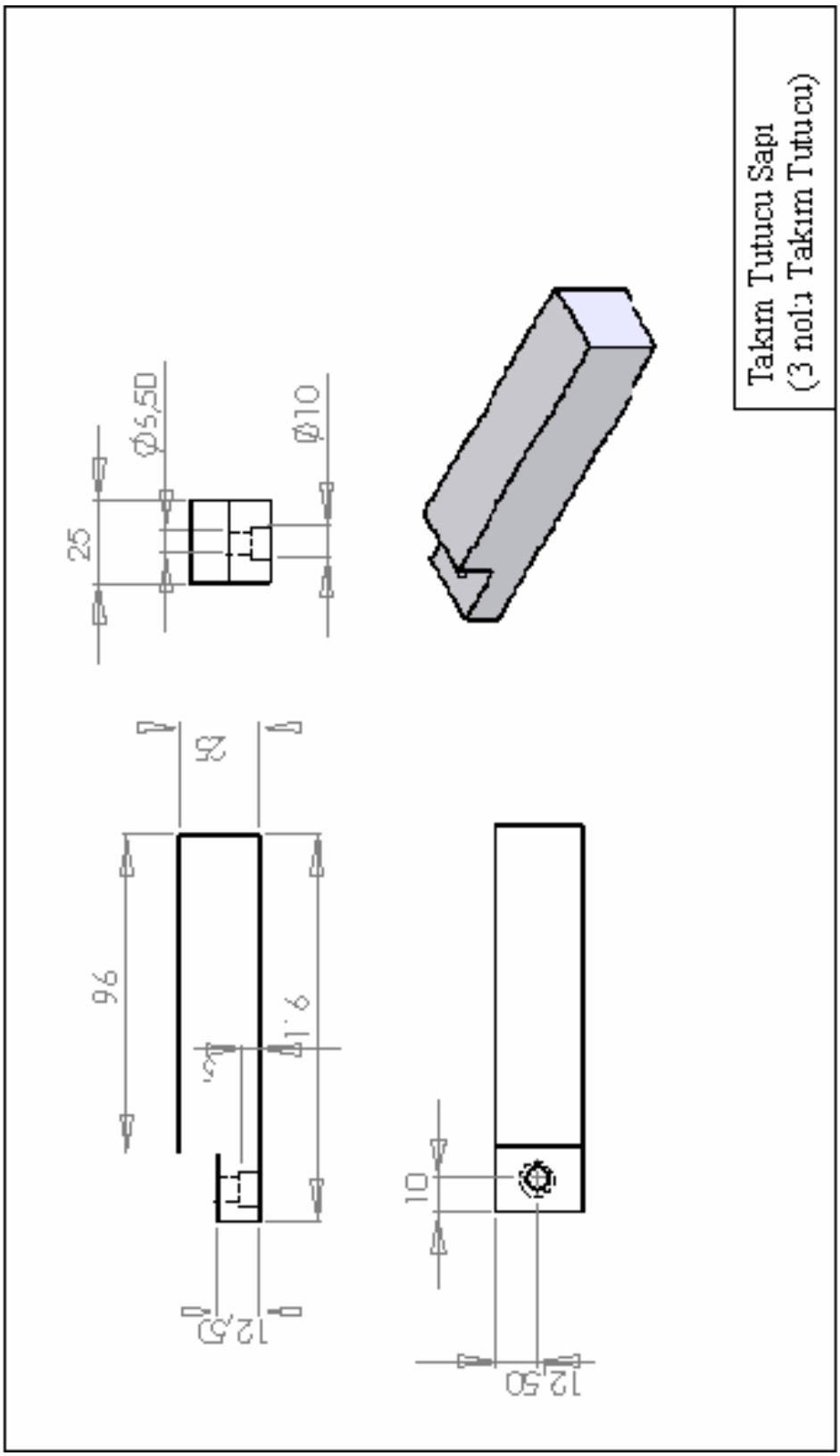
EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.



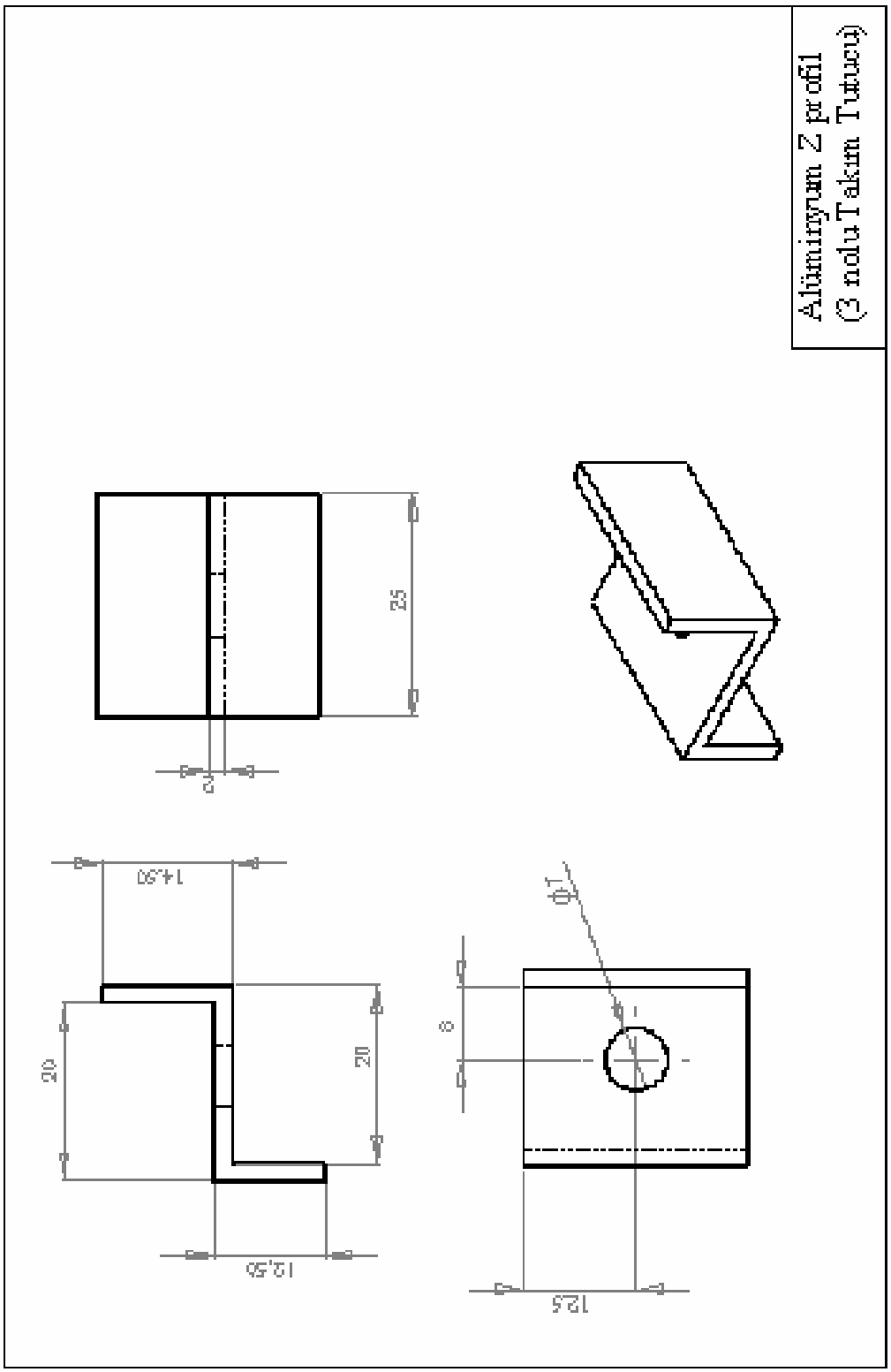
EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.



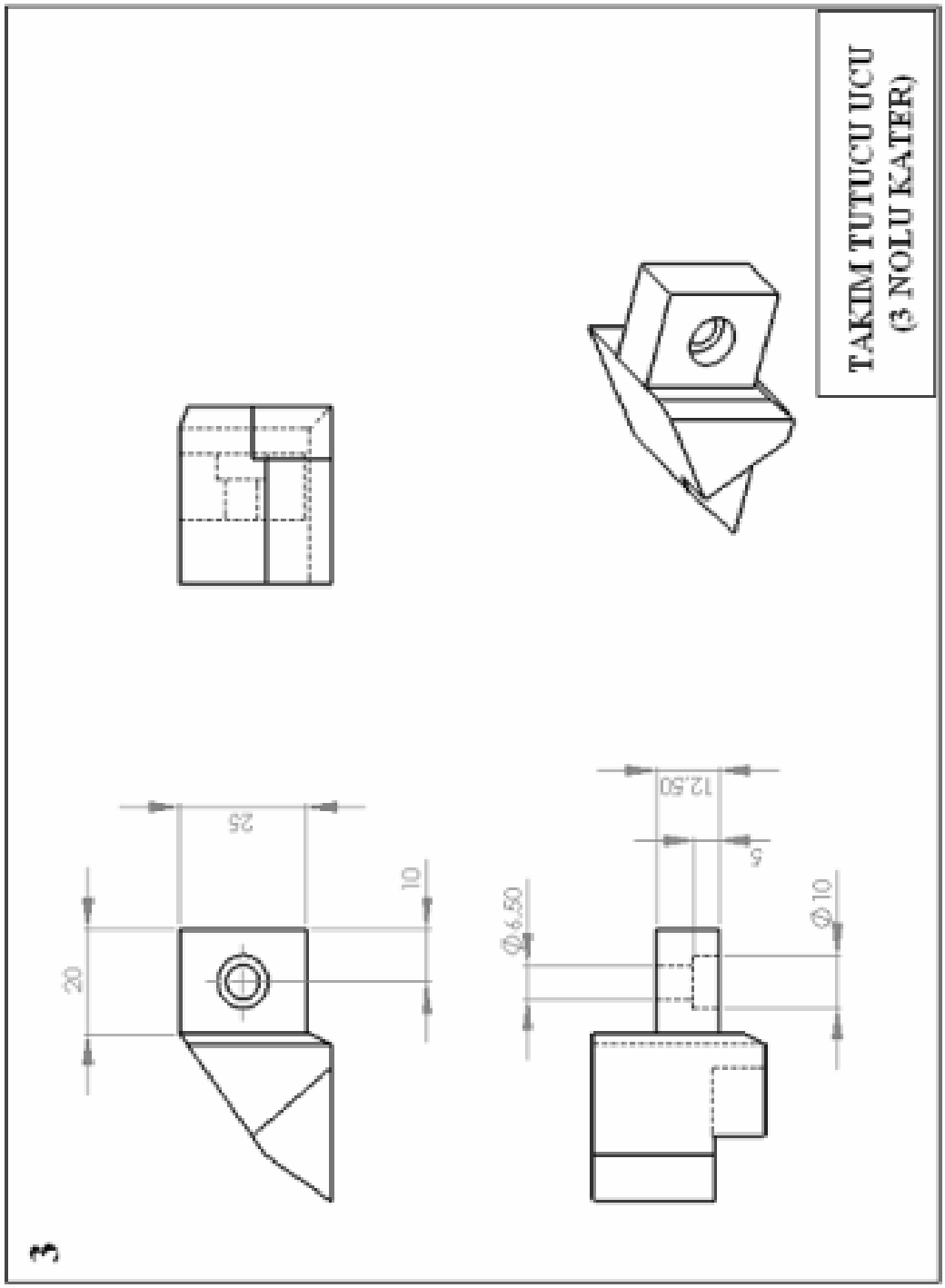
EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.



EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.



EK-2 (Devam) Deneyde kullanılan takım tutucuların teknik resimleri.



EK-3 Türk Standartları Enstitüsü yüzey pürüzlülüğü parametrelerin ölçülmesi için terimler ve tarifler

Profil Değişimi

Profil değişimi, iğneli bir cihazla yapılan tarama, süzme, kayıt vb. gibi ölçme işleminin herhangi bir safhasında bilerek veya bilmeyerek bir profilin değişiminde meydana gelen harekettir.

Değişmiş Profil

Değişmiş profil, değişim neticesi meydana gelen profildir.

İstenerek Yapılan Profil Değişimi

İstenerek yapılan profil değişimi, verilen ölçmelerde belirtilen şartlara göre ölçmeler yapılabilmesi için gerekli olan profil değişimidir.

Örnekler:

1) Elektronik aletlerle ölçme yapabilmek için yüzey profilinin bir elektrik sinyaline dönüştürülmesi durumunda, ölçümün yapılması

2) ölçme esnasında profilin pürüzlülük olarak işlem yapılabilen kısa dalga kısmını ayırt etmek için profil tayfındaki (spektrumundaki) alçak frekanslı harmoniklerin filtrelenerek (süzülerek) tutulması (bastırılması).

İstenmeden Yapılan Profil Değişimi

istenmeden yapılan profil değişimi, ölçme aletinin veya ölçme aleti ile ilgili diğer elemanların kusurundan doğan ve genellikle profil hakkındaki bilginin bozuk olarak görülmesine yol açan profil değişimidir.

Örnek:

Sınırlı uç yarıçapına sahip bir iğne ile taranırken profil hakkındaki bilginin bozulması (distorsyonu)

EK-3 (Devam) Türk Standartları Enstitüsü yüzey pürüzlülüğü parametrelerin ölçülmesi için terimler ve tarifler

İzlenen Profil

izlenen profil, gerçek profili takip eden iğne ucunun merkezinin geometrik yeridir (Şekil 1).

Not: iğnenin merkezi, uç merkezi olarak alınabilir.

Dış Referans çizgili Profil

Dış referans çizgili profil, iğnenin, bir dış referans çizgisine bağımlı bir gerçek profili taradığı sırada iğne merkezinin geometrik yerini temsil eden dönüştürülmüş bir profildir.

Kızak Hareketine Bağımlı Profil

Kızak hareketine bağımlı profil, iğne merkezinin gerçek profili izlediği zaman meydana gelen ve iğneden belirli bir mesafede bulunan belirli bir biçime sahip ve aynı gerçek yüzey üzerinde hareket eden bir kızağın hareketine bağlı olan profildir

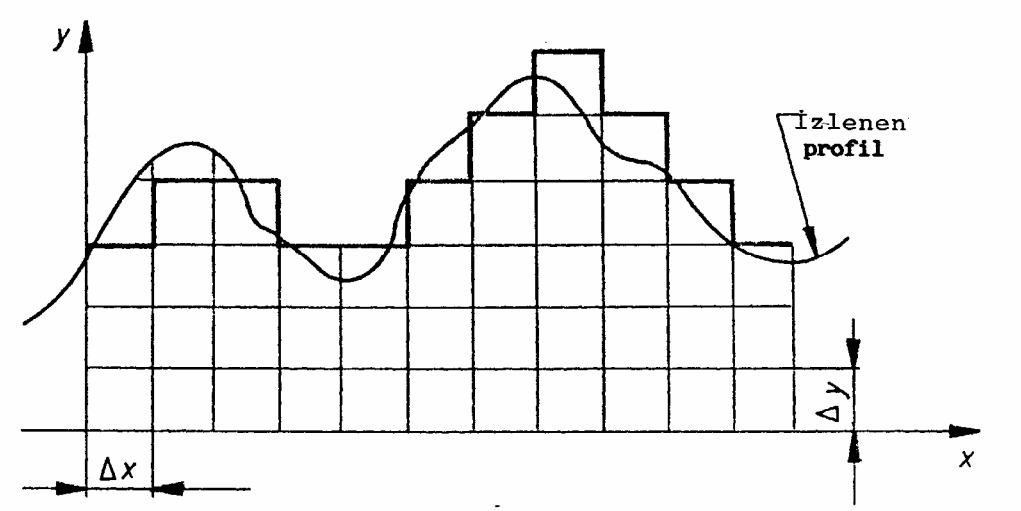
Taranan Uzunluk

Taranan uzunluk, iğnenin ölçülen yüzey boyunca yaptığı ölçme hareketlerinin toplam yol uzunluğudur.

Profil Numune Aralığı (Δx)

Profil numune aralığı, nümerik metodla ölçüldüğünde profilin komşu iki ordinat ekseni arasındaki mesafedir (Şekil 1).

EK-3 (Devam) Türk Standartları Enstitüsü yüzey pürüzlülüğü parametrelerin ölçülmesi için terimler ve tarifler



Şekil 3.1 İzlenen Profil

Profil En Küçük Basamağı (Δy)

Profil en küçük basamağı, her profilin ordinat değeri nümerik (digital) metotla ölçüldüğünde, iki komşu okuma arasındaki mesafedir (Şekil 1).

Not: Bu mesafe nümerik ölçüm cihazının en küçük okuma değerine eşittir. Nümerik ölçüm yapıldığında profil ordinatının değeri, en küçük basamağın tam sayısı olan "n" sayısına yuvarlatılır

Burada;

Yd = Nümerik ölçümlerle bulunan profil ordinatının değeri

Δy = Profil en küçük basamağı

ent = Bütün sayı partilerinin aralığının bir fonksiyonu veya operatörüdür

y = Profil ordinatının gerçek değeridir.

n = En küçük basamağın tam sayısı

dır.

EK-3 (Devam) Türk Standartları Enstitüsü yüzey pürüzlülüğü parametrelerin ölçülmesi için terimler ve tarifler

İdeal Operatör

ideal operatör, yüzey parametreleri veya karekteristiklerinin orjinal, teorik olarak kesin tayinini sağlamayı amaçlayan bir algoritmadır (programdır).

Optimum Operatör

Optimum operatör, kabul edilebilir üretim maliyetleriyle yüzey parametreleri veya karekteristiklerinin pratik olarak belirlenmesini sağlamayı amaçlayan bir aletin algoritmasıdır (Şekil 2).

Gerçek Operatör

Gerçek operatör, optimum operatörün fiilen gerçekleştirilmesidir (Şekil 2).

Not: Bu operatör cihazın üretim hatası veya uzun dönemde karakteristiklerindeki değişim sebebiyle optimum operatörden farklıdır.

Metot Hatası (ΔH)

Metot hatası, yüzey parametresinin gerçek operatöre göre tayin edilen değeri ile optimum operatöre göre tayin edilen değeri arasındaki farktır (Şekil 2).

Metotlar Arasındaki Sapma (ΔMD)

Metotlar arasındaki sapma, verilen bir operatörün aynı değerini tayin etmek için değişik operatörlerin kullanılmasından doğan farktır.

Cihaz Hatası (ΔA)

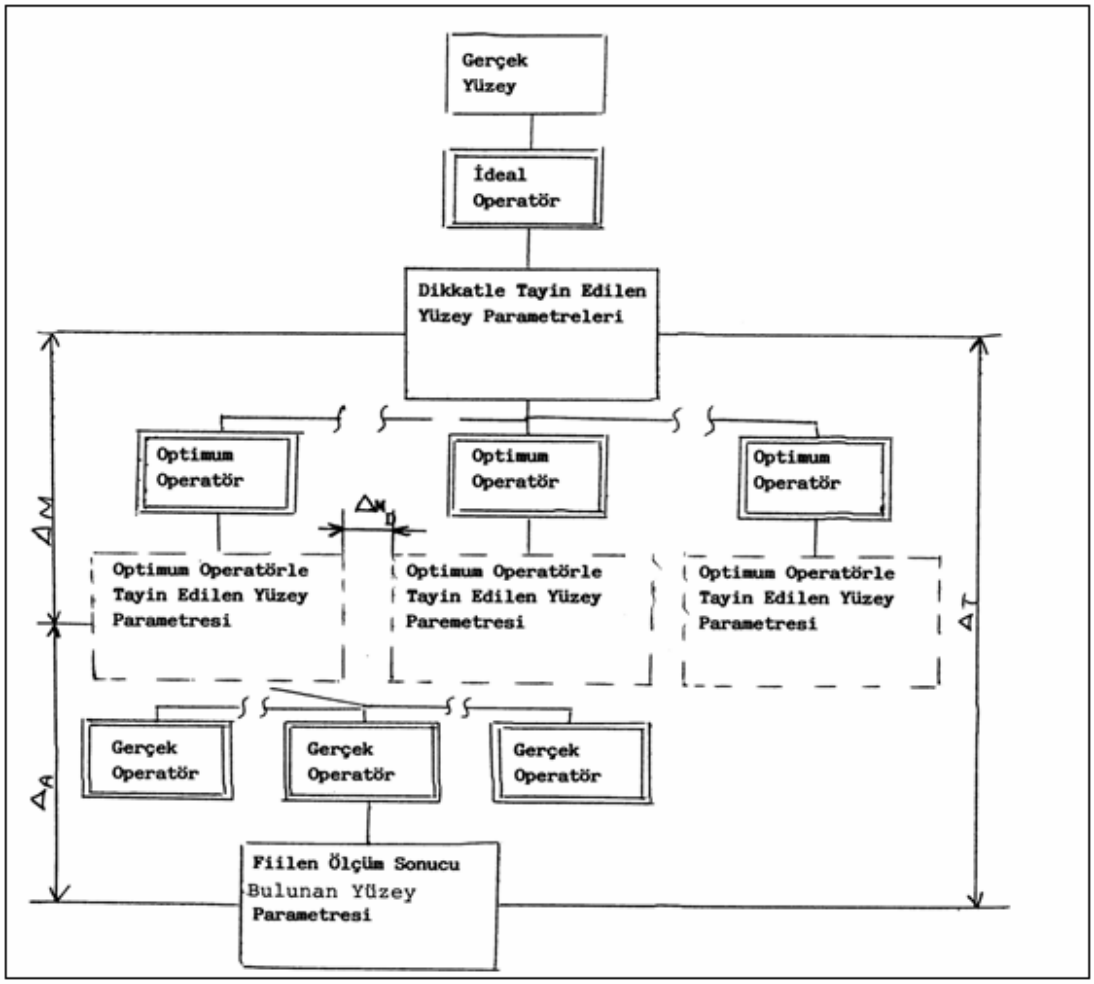
Cihaz hatası, yüzey parametresinin gerçek operatörle tayin edilen değeri ile optimum operatörle tayin edilen değeri arasındaki farktır.

EK-3 (Devam) Türk Standartları Enstitüsü yüzey pürüzlülüğü parametrelerin ölçülmesi için terimler ve tarifler

Toplam Cihaz (ölçme cihazı) Hatası (ΔT)

Toplam cihaz hatası, bir parametrenin gerçek operatör kullanılarak gerçek bir cihazla tayin edilen değeri ile (Mesela; gerçek operatör ile) aynı parametrenin ideal operatör kullanılarak bulunan gerçek değeri arasındaki farktır.

Not: Bu hata metot hatası ile cihaz hatasını ihtiva eder (Şekil 2).



Şekil 3.2 Gerçek Yüzeyle ilgili Operatör ve Parametreler

EK-3 (Devam) Türk Standartları Enstitüsü yüzey pürüzlülüğü parametrelerin ölçülmesi için terimler ve tarifler

ΔM : Metot Hatası

ΔMD : Metotlar Arasındaki Sapma

ΔA : Cihaz Hatası

ΔT : Toplam Cihaz Hatası

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı	: BAHAR, Engin Murat
Uyruğu	: T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri	: 09.03.1975 Ankara
Medeni Hali	: Evli
Telefon	: 0 (312) 317 05 85
Faks	: 0 (312) 354 42 51
e.mail	: ebahartr@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi	1999
Lise	Y. Beyazıt End. Mes. Lis. El. Böl.	1993

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005 – 2006	İleri Makina Ltd. Şti	Proje Mühendisi
2002 – 2005	Park Termik Elektrik A.Ş	Bakım Mühendisi
1999 – 2001	Aydın Makina A.Ş.	İmalat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce (İndermediate)

Hobiler

Bilgisayar, Elektronik, Gitar