

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	04. 12. 1974	
Doğum yeri	Ankara	
Lise	1986- 1993	Ankara Özel Yükseliş II Koleji.
Lisans	1993- 1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü.
Yüksek lisans	1997-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Rölöve – Restorasyon Programı
Çalıştığı Kurum	1998-	Restoreks Restorasyon İnşaat Tic. A. Ş.



# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	ii
KISALTMA LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GEOMETRİK ÜRÜN SPESİFİKASYONU.....	4
2.1 Bazı Temel Terim ve Tanımlamalar.....	5
2.1.1 Metroloji ve muayene.....	5
2.1.2 Koordinat metrolojisi.....	8
2.2 Koordinat Ölçme Cihazları.....	9
2.2.1 Koordinat ölçme cihazları türleri.....	10
2.2.2 Ölçme sistemi.....	11
2.2.3 Dokunma sistemi ve dokunma ile ölçme.....	11
3. KOORDİNAT ÖLÇME TEKNİĞİ, KOORDİNAT ÖLÇME CİHAZLARI VE CAQ ENTEGRASYONU.....	16
3.1 Koordinat Ölçme Tekniği.....	16
3.2 Koordinat Metrolojisinde Yazılım Sisteminin Gerekliği.....	19
3.3 Performans Değerlendirme.....	21
3.4 Koordinat Ölçme Cihazlarındaki Ölçme Belirsizlikleri.....	23
3.5 Koordinat Ölçme Cihazı ve CAQ Entegrasyonu.....	26
3.6 Otomatik Ölçme.....	27
4. ENDÜSTRİDE YÜZEY VE GEOMETRİSİ.....	29
4.1 Yüzey Yapılışı ve Özellikleri Hakkında Genel Bilgiler.....	30
4.2 Endüstride Yüzeyler ve Yüzey Kesitleri.....	30
4.3 Yüzey Profili.....	32
4.4 Analitik Sınıflandırma.....	32
4.5 Makina Parçalarındaki Yüzeylerin Ölçme Tekniği ile Bağlantısı.....	33
4.6 Konstrüksiyon ve İmalat.....	33
4.7 Mikro ve Makro Geometri Kavramları.....	34
4.8 Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçülmesi.....	35
4.8.1 Yüzey pürüzlülüğünün tanımı.....	35
4.8.2 Mukayese metodları ile yüzey kontrolü.....	36
4.8.2.1 Standart örnek yüzeyler.....	36
4.8.2.2 Mukayese mikroskobu.....	37

4.8.2.3	Işık Bantlı mikroskop.....	38
4.8.2.4	Interferans mikroskop.....	39
4.8.3	Profilometreler.....	41
4.8.3.1	Yaylı tip profilometre.....	41
4.8.3.2	Elektrikle çalışan profilometre.....	42
4.8.3.3	Örnek profilometreler.....	44
4.9	Yüzey Karakteristikleri.....	45
4.9.1	Referans çizgisi, ölçme uzunluğu, değerlendirme çizgisi.....	45
4.9.2	Profil sapması.....	46
4.9.3	Ortalama çizgi sistemi.....	46
4.9.4	Pürüzlülük parametresi, aritmetik ortalama sapma, Ra.....	47
4.9.5	Ortalama pürüzlülük değeri, Rz (On nokta Metodu).....	48
4.9.6	Ortalama pürüzlülük değeri, Rz (Beş Kısmi Ölçme Uzaklığı Metodu).....	48
4.9.7	Pürüz yüksekliği (Rt).....	49
4.9.8	Yüzey bozukluğunun maximum yüksekliği, Rmax.....	49
4.9.9	Konstrüksiyonda yüzey pürüzlülüğü.....	49
4.9.10	İlave işlemler.....	50
4.9.11	Çizimlerin değerlendirilmesi.....	52
4.10	Şekil ve Konum Sapmaları.....	52
4.10.1	Şekil toleransları.....	52
4.10.2	Konum toleransları.....	52
4.10.3	İlave semboller.....	53
4.10.4	Referans elemanı.....	54
4.10.5	Sapmalar ve meydana geliş nedenleri.....	54
5.	<b>KOMPRESÖR PARÇALARININ GEOMETRİK ÜRÜN SPESİFİKASYONU STANDARTLARINA GÖRE KONTROLÜ VE ANALİZLERİ.....</b>	<b>56</b>
5.1	Kompresörlerin Sınıflandırılması.....	56
5.2	Geometrik Ürün Spesifikasyonu Standartlarına Göre Kompresör Hareket Elemanlarının Analizleri.....	57
5.3	Sonuçlar ve Genel Değerlendirme.....	60
	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>62</b>
	<b>EKLER.....</b>	<b>65</b>
Ek 1	Kompresör parçalarının GPS'e göre geometrik toleranslarını içeren CAD çizimleri ve fonksiyonlarına yönelik olarak geometrik boyutlarının ölçülendirilmesi.....	66
EK 2	Zeiss UMM 500 modelindeki Koordinat Ölçme Cihazında kompresör parçalarının ölçme protokollerinden örnekler.....	73
Ek 3	Tüm kompresör parçalarının Talysurf, yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazındaki, ölçüm neticelerinden örnekler.....	86
Ek 4	Tüm kompresör parçalarının Koordinat Ölçme Cihazındaki ölçüm neticeleri, ortalamaları ve standart sapmalarının tablo halinde gösterilmesi....	94

Ek 5	Tüm kompresör parçalarının Talysurf, yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazındaki, ölçüm neticeleri (Ra ve Rz değerleri), ortalamaları ve standart sapmalarının tablo halinde gösterilmesi.....	101
Ek 6a	CNC – Ölçme Akışı – Prob Düzeni Raporu.....	108
Ek 6b	CNC – Ölçme Akışı – İş parçası Yerleştiriliş Düzeni Raporu .....	110
Ek 7	Tüm kompresör parçalarının yüzey pürüzlülüğü durumlarının, üç boyutlu grafik gösterimlerinden örnekler ile yüzey bilgilerinin verilmesi.....	112
ÖZGEÇMİŞ	.....	119



## SİMGE LİSTESİ

$R_a$	Aritmetik ortalama pürüzlülük değeri
$R_t$	Ortalama pürüz yüksekliği
$I_i$	Ölçme mesafesi
$I_n$	Değerlendirme uzunluğu
$y$	Gözlenen ölçme uzaklığı içerisinde sapmaların absolut değerleri
$R_{y\max}$	Yüzey pürüzlülüğünün max. yüksekliği
$F_i$	En yüksek girinti ya da çıkıntı kesit alanı
$m$	Regresyon çizgisi ve aritmetik ortalama çizgi



## **KISALTMA LİSTESİ**

AFM	Atomic Force Microscope
CAD	Computer Aided Drawing
CAQ	Computer Aided Quality
CIPM	International Committee for Weights and Measures
CMM	Coordinate Measuring Machine
CNC	Computer Numeric Control
DCC	Direct Computer Control
DMIS	Dimensional Measurement Interface Specials
ISO	International Standard Organisation
LAN	Local Area Network
NC	Numeric Control
NIST	National Institute of Standardisation and Technology
PC	Programmable Control
SPC	Statistical Process Control
TC	Technical Committee
WG	Working Group



## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.1 Ölçme aleti  
Şekil 1.2a Mil veya iç parça  
Şekil 1.2b Delik veya dış parça  
Şekil 1.2c Tolerans  
Şekil 1.3a Tolerans – imalat süresi ilişkisi  
Şekil 1.3b Tolerans – maliyet ilişkisi  
Şekil 2.1 Koordinat metrolojisinin doğası  
Şekil 2.2 Koordinat ölçme cihazı sistem komponentleri  
Şekil 2.3 Koordinat ölçme cihazlarının konstrüktif komponentleri  
Şekil 2.4 Şalterli dokunma sistemi  
Şekil 2.5 Ölçen dokunma sistemi  
Şekil 2.6 Bir CMM'in sistem komponentleri  
Şekil 2.7 Kalibrasyon gereçleri  
Şekil 2.9 İş parçasının koordinat sistemi  
Şekil 3.1 Konvansiyonel yöntem ile ve CMM ile bir deliğin ölçülmesi  
Şekil 3.2 İdeal geometri, reel geometri ve yedek geometri  
Şekil 3.3 Ölçme belirsizliği ve ölçme hatası arasındaki fark  
Şekil 3.4 CMM çalışma bölgesindeki birkaç noktanın koordinatlar içindeki üç boyutlu belirsizliğinin şematik gösterimi  
Şekil 3.5 CMM ile veri alışverişi  
Şekil 3.6 Katı model  
Şekil 3.7 Serbest yüzeyler  
Şekil 4.1 Yüzey bozukluğunun fonksiyonu olarak üretim maliyetleri  
Şekil 4.2 Geometrik yüzey ve gerçek yüzey  
Şekil 4.3 Yüzey kesitinin farklı ölçeklerde gösterilmesi  
Şekil 4.4 Yüzey kesitleri çeşitleri  
Şekil 4.5 Geometrik profil ve gerçek profil  
Şekil 4.6 Yüzey muayene usulleri ve muayene cihazları  
Şekil 4.7 Standart örnek yüzeyler  
Şekil 4.8 Mukayese mikroskobu  
Şekil 4.9 Yüzey pürüzlülüğünün okülerdeki görüntüsü  
Şekil 4.10 İnterferans mikroskobu ile üzerinde V kanalı bulunan bir yüzeyin incelenişi  
Şekil 4.11 Yaylı tip profilometre örnekleri  
Şekil 4.12 Başlık, iğne uç ve destek  
Şekil 4.13 Örnek profilometreler  
Şekil 4.14 Referans çizgisi  
Şekil 4.15 Profil sapmaları  
Şekil 4.16 Regresyon çizgisi ve aritmetik ortalama çizgisi  
Şekil 4.17 Aritmetik ortalama sapma  $R_a$   
Şekil 4.18  $R_z$  (On nokta metodu)  
Şekil 4.19  $R_z$  (Beş kısmi ölçme uzaklığı metodu)  
Şekil 4.20 Temel sembollerin üç değişik türü  
Şekil 4.21 Pürüzlülük değerinin resim üzerinde gösterilmesi  
Şekil 4.22 İşaretleme bölgeleri  
Şekil 4.23 Oluk istikametlerini gösteren semboller  
Şekil 4.24 Şekil ve konum toleransları sembolleri  
Şekil 4.25 İlave semboller  
Şekil 5.1 CMM ile yüzey tarama  
Şekil 5.2 Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı

## **ÇİZELGE LİSTESİ**

- Çizelge 2.1 Koordinat ölçme cihazlarında kullanılan ölçme sistemleri  
Çizelge 2.2 Konvansiyonel metroloji – Koordinat metrolojisi



## **ÖNSÖZ**

Yüksek Lisans tezimi hazırlarken her aşamada göstermiş oldukları desteklerden dolayı sayın danışmanlarım, Viyana Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Numan DURAKBAŞA ve Prof. Mehmet Emin YURCI'ye ayrıca Viyana Teknik Üniversitesi 'Üretim ve Ölçme Tekniği' Departmanı, Hassas Ölçme Labratuarı'nda pratik uygulamaları yapma fırsatını tanıdıkları ve her türlü desteği esirgemedikleri için Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Peter H. OSANNA'ya teşekkür ederim.

Mak.Müh. Anıl NOMAK  
Haziran, 2000



## ÖZET

Günümüz modern ve ekonomik seri üretim yöntemlerinin en önemli şartlarından biri makina parçalarının 'değiştirilebilirlik' özelliğine sahip olarak üretilmeleridir. Üretilen parça veya makinaların ve özellikle birlikte çalışacak hareketli parçaların fonksiyonlarını tam olarak yerine getirmeleri bakımından, boyut, şekil, konum ve istikametleri için tesbit edilmiş belirli düzenlemeler, şartlar ve özellikle toleranslar değerleri olmalıdır. Bu kavramların izlenmeleri ve kontrolü, ölçme tekniği veya üretim ölçme tekniği cihazları ile metodları tarafından gerçekleştirilmektedir.

Ayrıca, teknolojinin bugünkü gelişmeleri paralelinde, makina parçalarının yüzey durumları, ölçme tekniği ve mühendislik için önemli bir diğer konudur. Bugün bir parçanın talep edilen tolerans değerleriyle ve beraber çalışacak parçaların belirli boşluk veya sıklık gereksinimleriyle üretilmeleri sözkonusu olduğunda, makina parçalarının yüzeylerinin durumları arzu edilen tüm tolerans değerleri kadar önemlidir ve yine aynı cihazlar ve metodlar tarafından izlenmeli ve kontrol edilmelidir.

Bu tezde, bir buzdolabı kompresörünün beraber çalışacak hareketli parçalarının üç boyutlu koordinat ölçme cihazında boyut, biçim, konum ve istikamet toleransları; yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazında ise yüzey durumları ölçülmüş, ortalama değerler ile standart sapma değerleri hesaplanmış ve ölçülen değerler kompresör parçalarının teknik resimlerindeki nominal değerlerle karşılaştırılarak sonuçlar ortaya konmuştur. Günümüzde sıkça sözü edilen 'Yeniden Tasarım Mühendisliği' uygulamaları kapsamında, kontrol edilen bu modellerin gerçekte sahip olduğu ölçülere göre teknik resimleri yeniden çizilmiş, şekil elemanları fonksiyonlarına göre yeniden toleranslandırılmıştır.

Kompresörlerin, ürün ve üretim kalitesine uygun bir şekilde yeniden üretime hazırlanması için yapılan tüm ölçüm ve yeniden toleranslandırma işlemleri sırasında Geometrik Ürün Spesifikasyonu (GPS) standartları esas alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Geometrik ürün spesifikasyonu, ölçme tekniği, tolerans, değiştirilebilirlik, yeniden tasarım mühendisliği.

## **ABSTRACT**

**One of the most important conditions of the today's modern and economic mass-production procedures is to produce the machine parts by having 'interchangeability' specification. To supply the functions of the machines, machine parts and especially movement parts that work completely together, it is need to have dimension, form, direction and location tolerances. The following and controlling of these concepts is to be realized by measurement techniques or production measurement techniques, tools and methods.**

**In addition, by considering technological improvements, the surface roughness of the machine parts is another important subject for the technology and the engineering. In these days, the production of a machine part with required tolerances need better surface conditions as tolerances and also following and controlling by the same tools and methods that discussed above.**

**In this thesis, not only the dimension, form and location tolerances are measured at 3D coordinate measuring machines but also the surface roughness is measured at one of the most technological surface roughness machine. Average and standard deviation values are calculated and the results are achieved by comparing the nominal results and the measurement results. In the 're-engineering' applications concept that has become popular in the last decade, technical drawings of controlled parts, which are taken from production process, are recreated according to their nominal measures. Moreover, the geometric form elements of the parts are re-tolerated according to their functions.**

**During all measurements and re-tolerance works, for re-preparing the compressors to the production at an appropriate position on the product and production quality, the Geometrical Product Specification (GPS) standards are based on.**

**Keywords: Geometrical product specifications, measurement technique, tolerances, interchangeability, re-engineering.**

## 1. GİRİŞ

Ölçme günlük yaşamımızın ayrılmaz bir parçasıdır. Ölçmenin gelişim zamanlarına baktığımızda, bunun direkt olarak insan zekasının ilerlemesiyle ilgili olduğunu görmekteyiz. Piramitlerin ilk kez inşa edildiği dönemlerde, temel ölçme standartlarının ve aletlerinin gerekliliği görülmüştür. Arazilerin sahiplenilmesi ve tarımcılığın başlamasıyla, ölçme mesafeleri anlamı ihtiyaç kazanmıştır. Gemi seferlerinin dünyanın dört bir yanına yayılmasıyla, rotalarının büyük bir doğruluk derecesi ile belirlenmesi gerekmiştir.

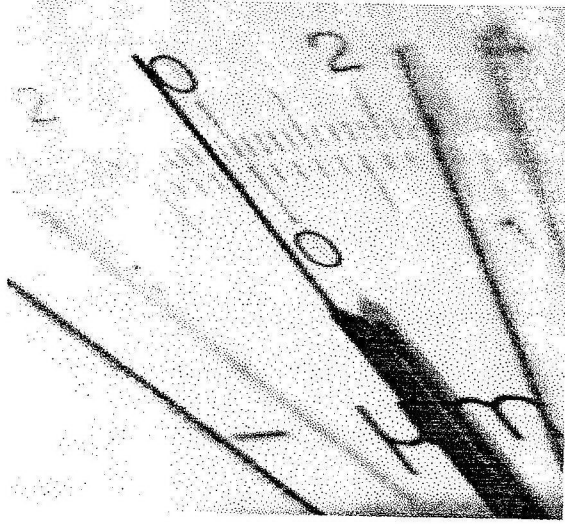
Üretimdeki ölçme ihtiyaçları fonksiyonel ölçümlerle ölçme bloklarında büyük artışa neden olmuştur. Parçaların belirli standartlar içinde üretilmelerinin gerekliliği, seri imalatı gözde hale gelmiştir. Bu ihtiyaçtan dolayı, işletmelerde ölçü operatörleri geniş bir şekilde kullanılmaya ve yeni ölçü teknikleri geliştirilmeye başlanmıştır. Makina parçalarının imalat prosesinin otomasyonu, daha esnek ve hızlı ölçme metotlarını gerektirmiştir. Söz konusu ihtiyaç bu alandaki bir yeniliğin; üç boyutlu ölçme aletleri endüstrisinin doğmasına neden olmuştur. Son zamanlarda, kalite geliştirme amacıyla istatistiksel proses kontrolü üzerinde daha kesin ve hızlı ölçüm sonuçlarının da elde edilmesi yönündeki baskılar ivmelenerek artmıştır. Bu alanda artan ihtiyaçlar karşısında koordinat ölçme cihazları gelişim göstererek giderek daha kullanışlı hale getirilmişlerdir.

Endüstrinin çeşitli alanlarında kullanılan bütün parçaların boyutları, açıları ve benzeri büyüklükleri standart ölçü ve kontrol aletleriyle ölçülmektedir. Boyutsal ölçüler, aynı zamanda geometrik özellikleri bilinen temel kurullarla da belirlenebilmektedir.

Üretimi içeren boyutsal ölçülerdeki temel prensip, üretimin tasarlanan değerler içerisinde kalıp kalmadığının kontrolüdür. Bu nedenle, endüstrinin her alanında seri imalatı geliştirmek, maliyetleri düşürmek ve kaliteyi iyileştirmek ancak ölçme ve kalite kontrolünün uygulanmasıyla gerçekleşmektedir. Böylece hedeflediği en ekonomik üretim sistemiyle çalışan endüstri kuruluşları standart ölçme sistemine bağlı kaldığı sürece ayakta durabilmektedir.

Kuruluşlar arasındaki ölçü birliğini sağlamak, tasarımcı mühendis ve teknisyenleri hazırlamak ve gerçek ölçü büyüklüklerini olduğu gibi yansıtmak amacıyla, endüstride standart ölçü

birimleri geniş çapta uygulanmaktadır. Çünkü, standart ölçü birimlerine yaklaşılabildiği oranda üretimin etkinliği ve kabul edilebilirliği de artmaktadır.



Şekil 1.1 Ölçme aleti

Endüstrinin her alanında faaliyet gösteren mühendislik üniteleri, ölçü kavramını içeren büyüklüklerle uğraşmaktadır. Örneğin, üretim tasarımcılığı, üretim mühendisliği, takım ve master yapımıcılığı, kalite kontrol uzmanlığı ve benzeri üniteler standart ölçme sistemi ve ölçü aletleriyle çalışmak zorundadırlar. Üretim kaliteleri, işletmelerde, genellikle proseslerle ilgili detaylı bilgi sahibi olmakla sağlanabilmektedir ve bu durum ölçme tekniği ve kalite yönetimi sistemlerinin temelini oluşturmaktadır (Durakbaşı, 1994a).

Standart ölçme sisteminin ve ölçü aletlerinin endüstride kullanılmasının önemini şu şekilde açıklayabiliriz;

- İdeal ölçülerde yarımamüller imalata yönlendirilmekte ve artık malzeme kaybı önlenmektedir.
- Üretilen parçaların bir kısmında veya tamamındaki ölçü büyüklüğünün detaylı yollardan kontrolünü en az düzeye indirmektedir.
- Hassasiyeti fazla olan dişli, rulman, yatak ve benzerleri parçaların ölçü kontrolünde operatöre azami kolaylığı sağlamaktadır.
- Otomatik olarak ayarlanması gereken işlemlerde arzu edilen ölçü sınırları içerisinde kalmasını sağlamaktadır.
- İmal edilen parçaların standartlara uygun olması nedeniyle uluslararası platformdaki, güvenliği artmaktadır.
- İşletmelerde kalite yönetimi ve kalite güvenliği sistemleri kurulmakta ve işlemektedir.

Modern, ekonomik ve seri imalatın en önemli şartlarından birisi, üretilen makina parçalarının **değiştirilebilirlik** özelliğine sahip olmalarıdır.

Bu özelliğe sahip olan üretim tarzlarında üretilen parçalar ve gruplarının birbirlerinden bağımsız olarak üretilmeleri ve bu süreçten sonra da ilave işlemler yapılmaksızın, birbirlerine ait olan parçaların monte edilmeleri sağlanmaktadır (Durakbaşı, 1998). Bu üretim tarzının problemsiz olarak gerçekleştirilebilmesi ise, ancak üretim yöntemi ve parçalar için belirli düzenlemeler ve şartların oluşturulmaları ile mümkün olabilmektedir. Bu şartların, üretilen parça veya makinaların fonksiyonlarını tam olarak yapmaları bakımından, yerine getirilmelerinin izlenmesi ve kontrolü, ölçme tekniği veya üretim ölçme tekniği cihazları, metodları ve yöntemleri tarafından gerçekleştirilmektedir (Durakbaşı, 1999).

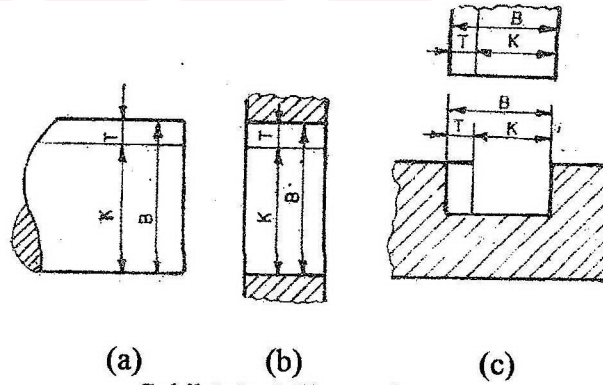
Parçaların teknik resimlerinde, boyutların tek bir ölçü ile belirlenememesi halinde, iki limit ölçüyü içermesi gerekmektedir (Tükel, 1982). Dolayısıyla, bu limit ölçülerden birisi alabileceği en büyük, diğeri ise en küçük ölçüyü ifade etmektedir. İmalattan sonra parçanın bitmiş ölçüsünün bu iki değer arasında kalması temel koşuldur. Bu iki limit değer arasındaki farka da **tolerans** denmektedir (Şekil 1.2). Buna göre tolerans;

$$T = B - K$$

olmaktadır.

B: Üst sınır

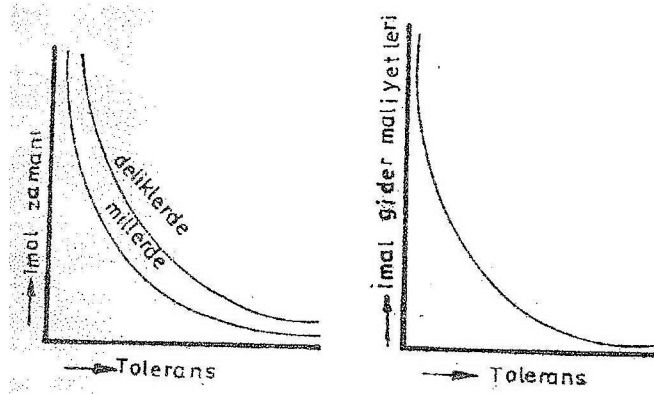
K: Alt sınır



Şekil 1.2a Mil veya iç parça  
b Delik veya dış parça  
c Tolerans (Tükel, 1982).

Ekonomi ve verim imalatın temel koşullarından olduğuna göre, değiştirilebilirlik özelliğine sahip imalat türünde tolerans değerinin seçilmesi çok önemlidir. Zira gerek imalat süresi ve gerekse bu süreye paralel imalat giderleri ile tolerans değerleri birbiriyle yakından ilişkilidir. Dar tolerans, bilhassa parça boyutları da büyüdükçe, parçanın hassas imal edileceğini

göstermektedir. Belirli bir tolerans değerini, giderek artan parça boyutlarına uyguladığımızda, imalat hassasiyeti de giderek arttırılmış olmaktadır (Tükel, 1982). Bu durum ise imalat süresi ile maliyetini de arttırmaktadır. Tolerans ile imalat süresi veya maliyeti arasındaki bağıntılar Şekil 1.2’de belirtilmiştir.



(a) (b)  
Şekil 1.3a Tolerans-imalat süresi ilişkisi  
b Tolerans-maliyet ilişkisi (Tükel, 1982).

Modern imalat tekniklerinin kullanıldığı üretim tarzlarında konstrüktörlerden, toleransların gereksinimlere göre ve olanaklar ölçüsünde büyük, aynı zamanda çalışma koşullarına uygun olacak yeter değerde seçimi beklenmektedir. Bu tolerans değerlerinin belirlenmesinde de tabii bir parçanın tek başına durumu değil, tersine beraber çalışacak iki parçanın birlikte çalışma durumu çok önemlidir.

İşletme koşulları sağlanmış ve belirli bir durumda beraber çalışacak iki parçanın oluşturacağı topluluğa da *alıştırma* adı verilir.

Söz konusu koşullu çalışmalara bir düzenleme getirmek amacıyla, gelişmiş endüstrilere sahip ülkelerde oluşturulan çeşitli sistemlere *alıştırma sistemleri* adı verilmiştir. Bunlar da, Uluslararası Standartlar Organizasyonu ISO esas alınarak hazırlanmıştır.

## 2. GEOMETRİK ÜRÜN SPESİFİKASYONU

Uluslararası Standartlar Organizasyonu ISO, 1996 yılında ISO/TC 213 “Geometrical Product Specifications and Verification” Teknik Komitesini, 1992’den beri aynı isim altında çalışmalar yapan CEN/TC 290 Teknik Komitesinin ait olduğu Avrupa Standartları Birliği’nin bir inisiyatifi sonucu oluşturmuştur. Bu teknik komitenin görevi, teknik ürünlerin spesifikasyonu, tanımı ve muayenesi sahalarında etraflı ve tutarlı uluslararası standartların hazırlanması şeklinde belirlenmiştir.

Tasarım ve konstrüksiyon, üretim için ön veriler, kontrol ve elde edilen ölçme değerlerinin izlenebilirliği, üretim ve iş parçalarının yaşam süreçlerinin önemli devreleri olarak kabul edilirler. Çalışmaların önemli hedefi, bu önemli devrelerin tanımlarının mümkün olduğunca etraflı bir şekilde yapılmasını sağlamaktır. Bu hedefe de, standartlar zinciri olarak adlandırılan ve bir dizi uluslararası standarttan oluşan bir standartlar paketinin hazırlanması suretiyle ulaşılmış olacaktır. Bu standartlar zincirinin bir bölümü mevcut standartların yeniden çıkarılması, diğer bölümü ise yeni standartların hazırlanması şeklinde olacaktır.

## **2. 1 Bazı Terim ve Tanımlamalar**

Bu bölümde, ölçme ile ilgili bir bilim dalı olan metroloji ve muayene terimleri ile koordinat metrolojisi kavramları açıklanmaktadır.

### **2.1.1 Metroloji ve muayene**

Metroloji ve muayene, kontrol fonksiyonuna, “uygunluk kalitesi” ile “tasarım kalitesi” terimlerini de katarak hizmet etmektedir. Üretim prosesinin başlarında eksikliklerin rapor edilmesini sağlamak, ürünün sahip olduğu özelliklerin talepleri ve kalite gereksinimlerini sağlayıp sağlayamadığını tayin etmek muayene fonksiyonunun ana amaçlarındandır. Kalite kararları muayene ve ölçümleri temel aldığından, bu tür görevler uygun birer biçimde sağlanmadıkça kaçınılmaz olumsuz sonuçlarla karşılaşılabilir.

Muayene prosesi, bir ürünün güvenilirliğine, sahip olduğu ve üretici tarafından sağlanan kalite özelliklerine göre karar vermektedir. Osanna'ya (1999) göre muayene, endüstriyel devrimden bu yana, imalatın daima hayati bir parçası olmuş; ancak yıllar sonra bu rol dramatik bir şekilde değişmiştir. Endüstriyel devrimden önce, muayene üretimin ayrı bir parçası olarak görülmemekte; ustalar da, muayeneyi yapan kişiler gibi tümüyle ürünlerin kalitesinden sorumlu tutulmaktadırlar. Seri üretim ve parçaların değiştirilebilirliği muayeneyi gerekli kılmıştır. Muayene yapan kişiler için endüstride apayrı bir iş kolu oluşmuş ve yaygınlaşmıştır. Muayene departmanının görevi, üretimdeki hatalı parçaları ayırmak ve geri gönderilen mallar arasına koymak olarak tanımlanmaktadır. Herkesin bildiği gibi, muayene, iyi ürünleri ayırmaktan ibaret olan basit bir iş olarak algılanmaktadır . Çünkü yönetimin isteği, kaliteyi sağlamaktan ziyade çıktıları görmektir. Muayene yapan kişiler, hem yasaları çiğneyenleri yakalayan birer polis hem de ucuz kaliteye göz yuman görevliler haline gelmişlerdir.

Geleneksel muayenelere pratikte, hammaddeler ve son ürünler için de, proses hattının dışında uygulanan bir takım ağır muayene denetimleri getirilmiştir. Üreticiler hammaddelerin ve parçaların kabul edilmesiyle, özelliklerin uygunluğu için muayene edilmiş bazı modelleri yerleştirecek bir bölge aramaya yönelmişlerdir. Müşterilerin, tedarikçilere ödediklerinin karşılığını verebileceğine dair tedarikçilere güvenleri yoktur. Ayrıca, Laboratuvar masraflarının, iyileştirici önlemlerin ve düzeltici ilavelerin ürün değerine hiçbir katkısı olmuyordu. Muayene eden kişinin görevi kötü ürünleri, iyi ürünlerden ayırmaktır. Kötü ürün ya yeniden işlenmekte ya da ıskartaya bırakılmaktadır. Her iki durumda da gereksiz masraflar ortaya çıkmaktadır.

Yeniden işleme, ürün akışını kesintiye uğratacak bir operasyondur. Ayrıca, bu durumda ürün kontrol aktivitesinde gereksiz karışıklıklar meydana getirebilecektir.

Üretim prosesi sırasında, periyodik olarak, bazı parçalar toplanıp, biraraya getirilmekte ve bunlar kontrol edilmek üzere muayene birimine götürülüp getirilerek bir çevrim oluşturulmaktadır.

Her bir ölçme işleminin ve değiştirilebilir parça üretiminin –interchangeable manufacturing– en önemli şartı gerekli büyüklüklere göre tam olarak tanımlanan birimlerin mevcudiyeti ve bu birimlerin tespit edilen uluslararası kurallara uygun olarak belirlenmiş olmasıdır.

### ***Ölçme***

Kalite değerini belirlemeye yönelik bir eğilime sahip olarak, gerekli operasyonları kurmaktır.

### ***Ölçülebilir Büyüklük***

Bir fenomenin, bir maddenin veya varlığın kalitatif tanımlama ve kantitatif belirlenebilmesi özelliğidir. Büyüklük, genel anlamda da kullanıldığı gibi, örneğin uzunluk, zaman, kütle, ısı vb. özel büyüklüklerle de ilgili olabilmektedir (Durakbaşı, 1999).

### ***Standardizasyon***

Herhangi bir işlemle ilgili bir problem sık sık ortaya çıkıyorsa, böyle bir durumda problemin bir defa çözülmesi yeterli olmaktadır. Böylece, bir yandan rasyonelleşme sağlanacak, diğer yandan da vida, ampul gibi üretim parçalarının daha iyi değiştirilebilme imkanı doğacaktır.

Ayrıca, standardizasyon köprü, buhar kazanları ve bunun gibi hesaplarda hesaplama ve muhakeme hatalarını da ortadan kalkacağından, güvencenin artırılmasında büyük ölçüde payı olacaktır (Durakbaşı, 1999). Standartların, anlaşma veya kanuni düzenlemelere dayanan yaptırım özelliği vardır.

### ***Uluslararası Standartlar***

Uluslararası standartların amacı, herşeyden önce teknik problemleri dünyanın mümkün olduğunca fazla sahasında tümüyle aynı şekilde anlaşılır hale getirmektir. Böylece, farklı özellikler gösteren ülkeler arasındaki ticaret, dokümantasyon materyali ve hatta ticari malzemenin her ülkeye göre uyarlanma mecburiyeti olmaksızın arzına olanak tanınmaktadır.

### ***Metroloji***

Ölçme ile ilgili bilim alanıdır. Metroloji, doğruluk dereceleri, bilim alanları ya da teknolojileri ne olursa olsun, yapılan ölçümlere göre pratik ve teorik görüşlerin her ikisini de içermektedir.

### ***Statik Ölçme***

Değeri, tüm ölçme boyunca devamlı kontrol edilebilen bir kalite ölçümüdür.

### ***Dinamik Ölçme***

Kalitenin ani değerini ve nerede uygun olduğunu ve zamanla gösterdiği çeşitliliği belirlemek için yapılan ölçüm işlemidir.

### ***Ölçme Metodu***

Genel dönemlerde, verilen bir prensibe göre, teorik ve pratik başlıca operasyonların kurularak, ölçme performansının belirlenmesidir.

### ***Ölçme Prosedürü***

Verilen bir metoda göre, belirli dönemlerde, başlıca teorik ve pratik operasyonların kurulması, ölçme performansının geliştirilmesidir.

### ***Ölçme Prosesi***

Tüm bilgiler, aletler ve operasyonlar verilen ölçmeye uygundur. Bu görüş, ölçmenin kalitesi ve performansı ile ilgili diğer tüm görüşleri benimsemektedir. Örneğin, verilen metod, prosedür, etkili miktardaki değerleri ve ölçme standartlarını içerir.

### ***Ürün Metrolojisi ile İlgili Terimler:***

Ürün metrolojisi ile ilgili terimleri aşağıda tanımlanan, iş parçası, özellikleri, toleransları ve boyutsal ölçme ekipmanları oluşturmaktadır.

#### ***İş Parçası***

Muayene edilecek üretilmiş parça ya da nesnedir.

#### ***Özellikler***

İş parçası yüzeyi üzerindeki, karakteristik olarak tanımlanan ve refere edilen bir nokta ya da noktalar grubudur. Genellikle özellikler; çizgiler, yüzeyler, daireler, silindirler, koniler, küreler ve toriler gibi parçaların basit geometrik elemanlarıdır.

#### ***Tolerans***

Ölçülerin, nominal değerlerinden sapma miktarlarını göstermektedir. İş parçaları toleransları uluslararası standartlardan yararlanarak tanımlanmaktadır.

#### ***Boyutsal Ölçme Ekipmanı***

Parçaları muayene etmek ve boyutlar ile toleransları yaratmak için kullanılan bir ekipman sınıfıdır. Boyutsal ölçme ekipmanları koordinat ölçme makinalarını, optoelektronik ölçme aletlerini, optik komparatörleri, robotik ölçme cihazlarını, theodolitleri, video muayene ekipmanlarını, fhotogrammetriyi ve laserli ölçme cihazlarını içermekte fakat bunlarla da sınırlı kalmamaktadır (Osanna, 1999)

#### ***Koordinat Ölçme Cihazları***

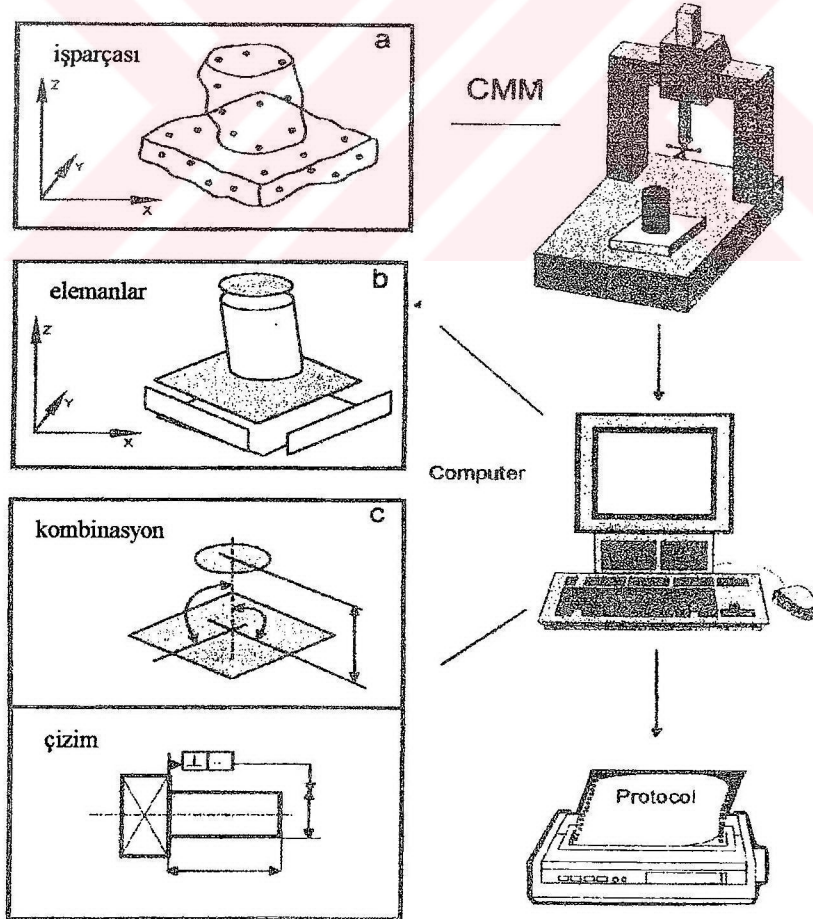
Ölçülen nokta bilgilerini biraraya toplayan ve boyutlar ile toleranslarını analiz edebilen bilgisayar destekli bir muayene cihazıdır. Ölçme bilgisi, genellikle bir dokunma ucu veya tarayıcı bir probun bir sensör gibi iş parçası üzerindeki hareketiyle elde edilmektedir.

### **2.1.2 Koordinat metrolojisi**

Koordinat metrolojisinin temel fonksiyonları iş parçasının gerçek şeklini tayin etmek, tasarlanan şekliyle karşılaştırmak, metrolojik bilgiyi değerlendirmek, boyut, biçim, konum ve istikamet gibi toleransları belirlemektir.

İş parçasının gerçek şekli, probun farklı ölçme noktaları üzerindeki hareketiyle elde edilmektedir. Her bir ölçme noktası, ölçülmüş koordinatlara dayanarak tarif edilmektedir. Fakat, iş parçasının parametrelerini, direkt olarak ölçüm noktaları koordinatları vasıtasıyla tayin etmek mümkün değildir (çap, uzaklık, açı). Bununla beraber, iş parçasının bir analitik modeli parametreleri tayin edebilmektedir. Bu model genellikle bir ideal geometrik elemanı içermektedir. Bu tür elemanlar uygun geometrik bir elemana atfedilerek belirlenebilir. Şekil 2.1, iş parçası geometrisinin basite indirgenerek modelize edildiği bir örneği göstermektedir. Koordinat metrolojisinin özü Ni ve Waeldele'ye (1998) göre aşağıdaki şekillerde tanımlanmaktadır;

- CMM ile gerçek iş parçası üzerinde noktadan noktaya ölçümlerle data setleri yaratmak (Şekil 2.1.a).
- Boyut, biçim, konum ve istikamet olarak verilen parametrelere dayanarak uygun ideal geometrik elemanın hesaplanması (Şekil 2.1.b).
- İhtiyaç duyulan iş parçası şekillerini tayin etmek. Örneğin; ideal elemanları birleştirerek ve çizim boyutları ile toleransları kıyaslayarak (Şekil 2.1.c).



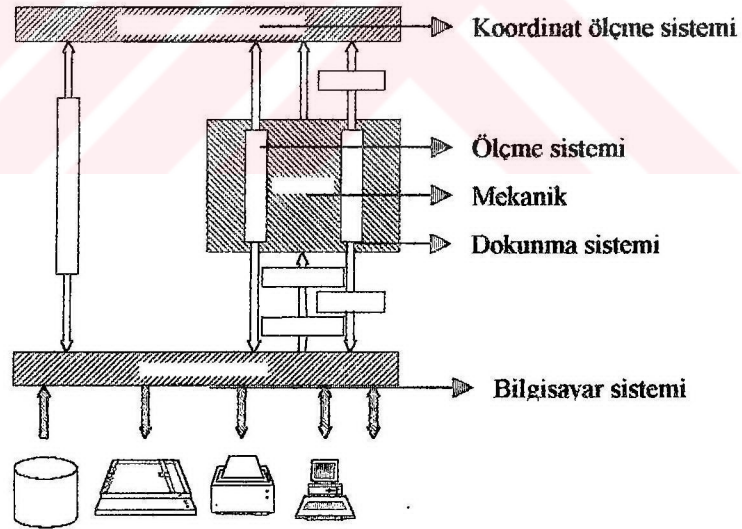
Şekil 2.1 Koordinat metrolojisinin doğası (Ni ve Waeldele, 1998).

## 2.2 Koordinat Ölçme Cihazları

En güçlü metrolojik cihazlardan birisi olarak koordinat ölçme cihazları büyük ve küçük bir çok üretim hattında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. CMM ile boyutları ölçülemeyecek hemen hemen hiçbir iş parçası yoktur. Esneklikteki gelişim ve doğruluk zamanla artmakta ve ölçümlerin maliyeti endüstriyel metroloji için halen kabul edilebilir bir değerde kalmaktadır. CMM'ler üç boyutlu bir istikamette fiziksel sunum veren kartezyen koordinat sistemlerinin yerine kullanılmaktadır (Pegss, 1997). Ölçme makinalarının aynı koordinat ölçme sonuçlarını veren ancak bir istikamette hareket eden eksenleri olmayan türleri de vardır.

Bir koordinat ölçme cihazı, Şekil 2.2'de de görülebilecek şu kısımlardan oluşur;

- Mekanik
- Hareket sistemi
- Kontrol
- Ölçme sistemi
- Dokunma sistemi
- Bilgisayar

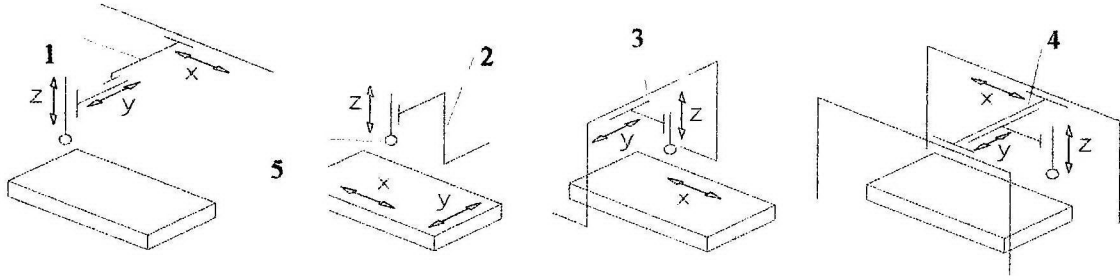


Şekil 2.2 Koordinat Ölçme Cihazı Sistem Komponentleri (Osanna vd; 1995).

### 2.2.1 Koordinat ölçme cihazları türleri

Koordinat ölçme cihazlarının konstrüktif yapıları, birbirlerine dik üç koordinat istikametinde x, y, ve z, gerçekleştirilen hareketlerin ne şekilde olacağına bağlı olarak farklılıklar gösterir.

Üretim tekniğinde de olduğu gibi mümkün olan ve tezgahı meydana getiren kısımlar Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Koordinat ölçme cihazlarının konstrüktif komponentleri (Osanna, 1995).

### 2.2.2 Ölçme sistemi

Koordinat ölçme cihazlarında, ölçme sistemi olarak yaygın bir şekilde lineer inkremental çalışan fotoelektrik taramalı ölçme sistemleri kullanılır. Çizelge 2.1 koordinat ölçme cihazlarında kullanılan ölçme sistemlerini göstermektedir.

Uzunluk ölçü gereci	Tarama	Ölçme çözülümü ( $\mu\text{m}$ )
Dişli çubuklar	Elektromekanik	10
Mil	döner verici	0,1
Cetvel	optik inkremental	0,1
Induktosyn	Elektrik	1
Işık dalga boyu (LASER)	Optoelektronik	0,01

Çizelge 2.1 Koordinat ölçme cihazlarında kullanılan ölçme sistemleri

### 2.2.3 Dokunma sistemi ve dokunma ile ölçme

Dokunma sistemleri esas olarak;

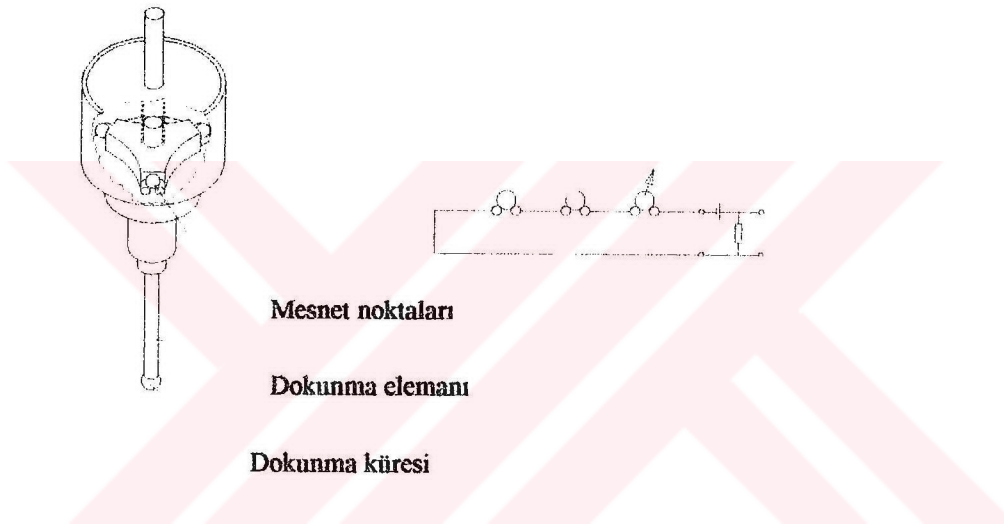
- dokunma ile ölçme
- optik dokunma (dokunmasız ölçme)

şeklinde ayrılırlar.

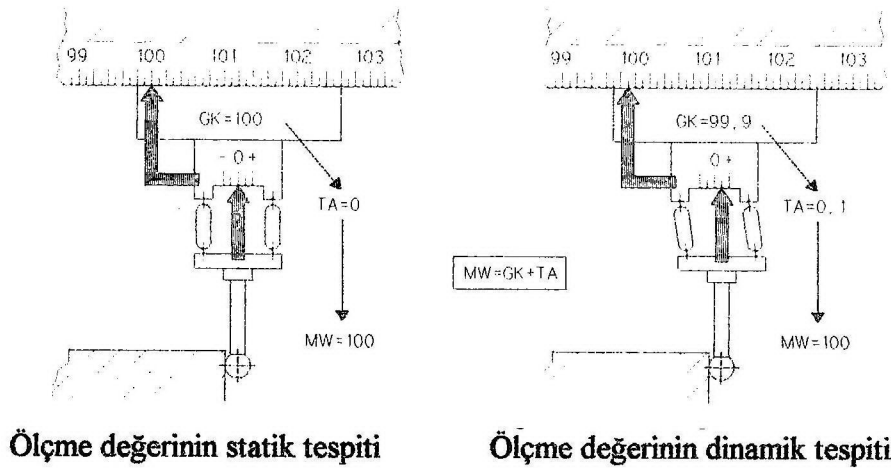
Dokunmayla ölçmede, ölçülen obje bir prob\* yardımıyla temas edilmektedir. Dokunma ucu yüksek derecede tamlıkta imal edilen bir geometrik, rubin veya keramik küre şeklindedir. Kompleks parçaların ölçümlerinde istenilen her pozisyonun dokunma ucu ile ölçülebilmesi tek bir dokunma ucu ile mümkün olmaması halinde, birden fazla dokunma ucunun birarada monte edildiği dokunma ucu kombinasyonu kullanılmaktadır. Modern koordinat ölçme cihazlarında, otomatik manüplatörler yardımıyla ölçme işlemi esnasında dokunma uçları otomatik olarak değiştirilebilmektedir.

Dokunma ile ölçme iki farklı metotla gerçekleştirilir.

- Şalterli dokunma sistemi (Şekil 2.4).
- Ölçen dokunma sistemi (Şekil 2.5).



Şekil 2.4 Şalterli dokunma sistemi (Osanna, 1995)

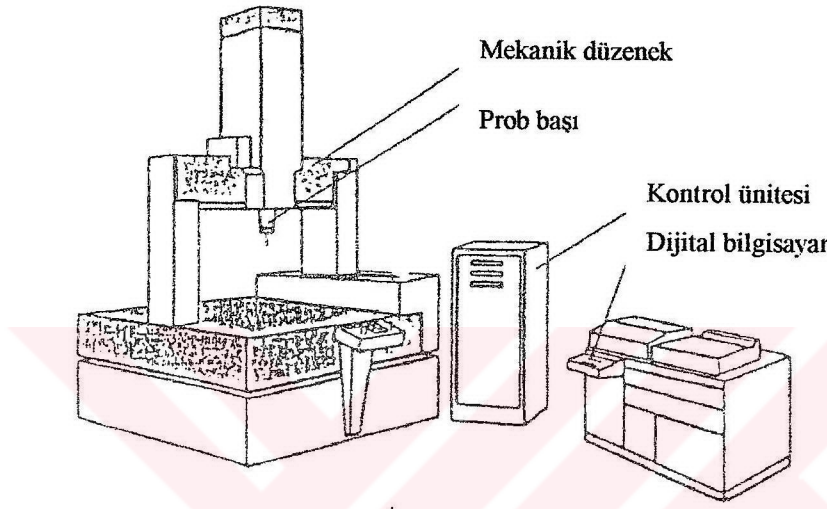


Şekil 2.5 Ölçen dokunma sistemi (Osanna, 1995).

\* dokunma ucu

Ölçme sistemi, Ni ve Waeldele'ye (1998) göre koordinat ölçme teknolojisinin esasları ile tanımlanmaktadır. Ayrıca aşağıdaki temel sistem bileşenlerini de içermektedir (Şekil 2.6).

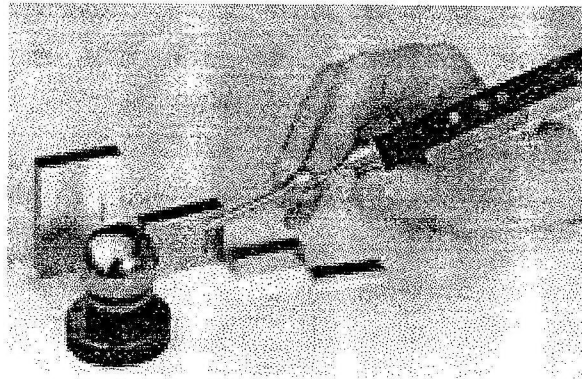
- Üç eksenli ve deplasman miktarı ölçümlü mekanik bir donatım,
- İş parçalarını tüm doğrultularda ölçebilen bir prob,
- Opsiyonel uzaktan kumanda ünitesi,
- Yazıcı ve çiziciye sahip dijital bilgisayar ve sonuçları hesaplamaya ve göstermeye yarayan yazılım.



Şekil 2.6 Bir CMM'in sistem bileşenleri (Ni ve Waeldele, 1998).

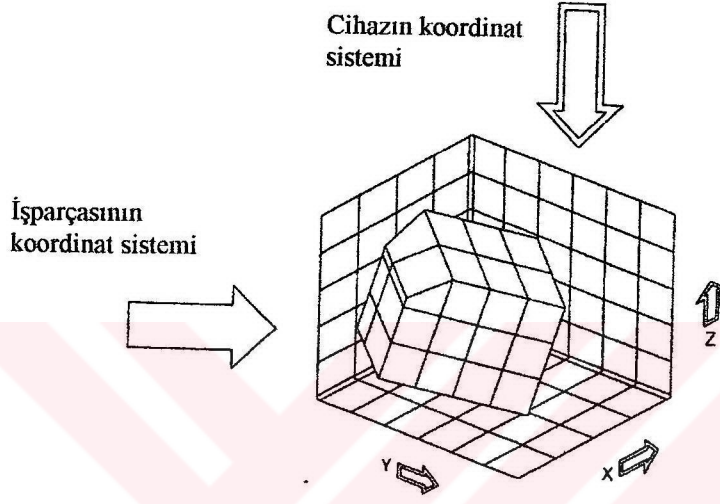
CMM kartezyen koordinat sisteminde, prob başı üç yönde hareket edebilmektedir. Ni ve Waeldele'ye göre (1998) bir CMM ile ölçüm işlemi daima aşağıdaki adımları içermektedir.

- Prob başını, kalibreli bir top başını referans noktası olarak kullanarak, kalibre etmek. Elektromekanik 3D prob başı kullanarak yapılan bir kalibrasyon örneği Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Kalibrasyon gereçleri

- İş parçası pozisyonunun, ölçme noktasının ilişkili olduğu koordinat sisteminde metrolojik olarak belirlenmesi. İş parçasının ilişkili olduğu koordinat sistemi ( $X_w$ ,  $Y_w$ ,  $Z_w$ ) Şekil 2.8’de gösterilmiştir.
- İş parçası üzerindeki yüzey noktalarının,  $X_w$ ,  $Y_w$ ,  $Z_w$ , ölçme noktası ile ilişkili koordinat sisteminde ölçülmesi,
- İş parçasının geometrik parametrelerinin değerlendirilmesi,
- İş parçasının ilişkili olduğu koordinat sistemine koordinat transformasyonundan sonra ölçme sonuçlarının sunumu.



Şekil 2.8 İş parçasının kordinat sistemi (Osanna, 1995).

Koordinat metrolojisi CMM'lere sunduğu önemli avantajlar Ni ve Waeldele'ye (1998) göre aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Koordinat metrolojisinde iki ya da daha fazla koordinat sistemi kullanmak, ölçme süresinin azalmasına yol açacağından iş parçasının makina eksenine oturtulması gözardı edilmiştir.
- Düzeltme elemanları gibi yardımcı gereçlere olan ihtiyaç artabilmektedir.
- Üç boyutlu koordinat sistemi, büyüklük, form, pozisyon ve sapma gibi durumları bir ölçme makinasında ve bir referans sistemi kullanarak cihazı bir kuruşta belirleme olanağına sahiptir. Bunun bir sonucu olarakda, konvansiyonel metrolojide kişisel hatalar baş göstermemektedir.

Konvansiyonel metrolojide, geometrik elemanlar genelde birbirinden bağımsız olarak ölçülmekte, farklı referans sistemlerinde farklı hazırlık zamanlarına sahip, farklı ölçme elemanları; örneğin, uzunluk ölçme komparatörü, dişliler için derinlik ve açısız ölçme ekipmanları, form ölçme cihazları, açı ölçme cihazları vb. kullanılmaktadır.

Konvansiyonel metroloji ile, ölçme blokları ile yapılmış ölçmeler, dairesel ölçümler ya da düz çizgi ölçümleri referans ölçümler olarak alınmaktadır. Koordinat metrolojisinde, geometrik elemanlar, matematiksel nümerik modellerle karşılaştırılmaktadır. Çizelge 2.2'de konvansiyonel metroloji ile koordinat metrolojileri arasındaki fark ortaya konmaktadır.

<b>KONVANSİYONEL METROLOJİ</b>	<b>KOORDİNAT METROLOJİSİ</b>
<i>İş parçasının el ile zaman kaybettirici yerleşimi</i>	<i>İş parçası dizimine gerek olmayışı</i>
<i>Tek amaç ve birçok nokta ölçümü için kullanılacak ölçme ekipmanının değişen ölçme görevlerine adaptasyon zorluğu</i>	<i>Software sayesinde ölçme görevlerine kolay adaptasyon</i>
<i>Ölçümlerin kinematik standartlar ya da ölçme blokları gibi materyallerle karşılaştırılması</i>	<i>Ölçmelerin matematiksel ve nümerik modellerle kıyaslanabilme olanağı</i>
<i>Farklı makinalarda boyut, biçim, konum toleranslarının ve sapmaların ayrı ayrı belirlenmesi</i>	<i>Bir referans sisteminde bir set-up kullanarak boyut, biçim, konum toleranslarının ve sapmaların belirlenmesi</i>

Çizelge 2.2 Konvansiyonel metroloji – Koordinat metrolojisi

### 3. KOORDİNAT ÖLÇME TEKNİĞİ, KOORDİNAT ÖLÇME CİHAZLARI VE CAQ ENTEGRASYONU

#### 3.1 Koordinat Ölçme Tekniği

NC daha sonra CNC tezgahlarının 1950'li yıllarda başlayan süratli gelişmelerinden günümüze kadar, otomatik üretimde önemli ölçüde ilerlemeler katedilmiştir. Bu gelişmelerle herşeyden önce, karmaşık iş parçalarının yüksek bir doğruluk derecesi ile ekonomik olarak üretilmeleri imkanı sağlanmıştır.

Bilgisayar destekli koordinatlar ölçme tekniğinin gelişmesi ise, 1970'li yılların ilk zamanlarında başlamıştır. Günümüzde de bilgisayar destekli koordinat ölçme cihazları modern üretim teknolojisinin en önemli parçalarından birini oluşturmaktadır (Durakbaşı, 1994a). Yakın zamana kadar yalnızca ölçme laboratuvarlarında sınırlı olarak kullanılan koordinat ölçme cihazları , modern üretimin gereksinimleri doğrultusunda doğrudan üretime entegre edilmek suretiyle, modern üretim sistemlerinin denetim devrelerinde tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. Bilgisayar sistemlerinin süratle gelişmeleri ile bir yandan ölçme cihazlarının otomasyonunda, diğer yandan da modern üretime entegrasyonunda büyük ölçüde ilerlemeler kaydedilmektedir. Koordinat ölçme cihazlarının, yüksek ölçme hassasiyeti, güvenilirliği ve çok yönlü kullanılma özelliklerinin yanısıra, dokunma elemanlarının ve iş parçalarının otomatik olarak değiştirilmeleri ve üretimle bütünleşik hale getirilmeleriyle, denetleme bilgileri ile üretim arasındaki reaksiyon zamanları büyük ölçüde azaltılarak ekonomik olarak çalışmaları sağlanmaktadır. Bu amaca uygun olarak üretilen koordinat ölçme cihazlarının, modern üretim sistemleri ile bütünleşik, gereken hassasiyette ve verimlilikte kullanımları için detaylı entegrasyonları gerekmektedir (Durakbaşı, 1994b).

Parçaların şekil hataları, yüzeylerinin makro yada mikrogeometri analizlerinin yapılmalarına göre standartlarda ve bilimsel literatürde, farklı derecelerde şekil sapmaları olarak aralarında ayrılmaktadırlar. Hemen hemen bütün pratik uygulamalarda kısa dalga boylu geometrik sapmaların 3 ve daha yüksek dereceli olanları birarada yüzey pürüzlülüğü olarak kabul edilir ve uluslararası standartlarda tespit edilen parametreler bazında değerlendirilirler. Yüzey pürüzlülüğü dışında parçaların şekil ve konum sapmalarının ölçümlerinde de yaygın olarak çok koordinatlı ölçme tekniği kullanımı hatalar arasındaki bağıntılarla ilgili bilgilerin derinleşmesini sağlamıştır.

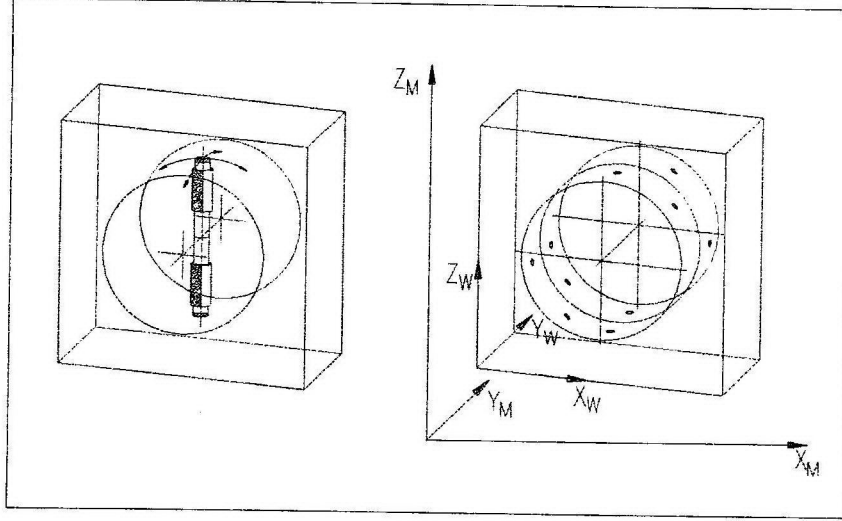
Ölçme cihazlarının seçiminde olabilecek sapmaların nedenlerinin bilinmesinin şartının yanısıra, cihazların boyut ve şekil ölçümlerini yapabilecek özelliklerde olmalarına dikkat edilmelidir. Bu sahada sadece çok koordinatlı ölçme tezgahları, boyut, şekil ve konum sapmalarını çok hassas olarak aynı sistemde ölçebilen cihazlardır. Cihaz hassasiyeti, ölçme güvensizliği ve ölçülecek parçaların adedi, ölçme cihazlarının seçiminde önemli rol oynarlar. Özellikle üretim parçalarının talep edilen hassasiyetleri IT5 (örneğin; 500 mm uzunluğunda bir işparçası yüzeyinde Ra değerinin  $1\mu\text{m}$ 'nin altında talep edildiği anlamına gelir) tolerans derecesinden daha hassas olmalarını gerektiriyorsa ve büyük seri ölçümleri yapılması halinde çok koordinatlı tezgahların kullanılmaları kaçınılmazdır.

Konvansiyonel ölçme tekniği ile çok koordinatlı ölçme tekniği arasındaki fark Şekil 3.1' deki delik örneğinde belirgin bir şekilde gösterilmektedir. Deliğin çapı konvansiyonel metotlar kullanıldığında iki ölçme noktası arasındaki uzaklık olarak tespit edilmektedir. Ölçme noktaları arasındaki mesafenin çap olarak elde edilebilmesi için, deliğin eksenine dik istikamette maksimum değerinin; eksenin istikametinde ise minimum değerinin bulunması gerekmektedir. Deliğin çapı bu durumda elde edilen her iki çap değerinin birbirlerine eşit değerlerde olma şartıyla belirlenmektedir.

Çok koordinatlı ölçme cihazının temel çalışma prensibi Durakbaşa (1999) tarafından şu şekilde tanımlanır:

- Üretim parçalarının geometrik elemanları, çok koordinatlı ölçme cihazında bir çok değişik noktada dokunmak suretiyle ölçülmektedir.
- Çok koordinatlı ölçme tezgahının bilgisayarı yardımıyla ölçme noktalarının koordinatları, üretim parçalarının geometrilerinin matematiksel hesaplanmalarında kullanılmaktadır.

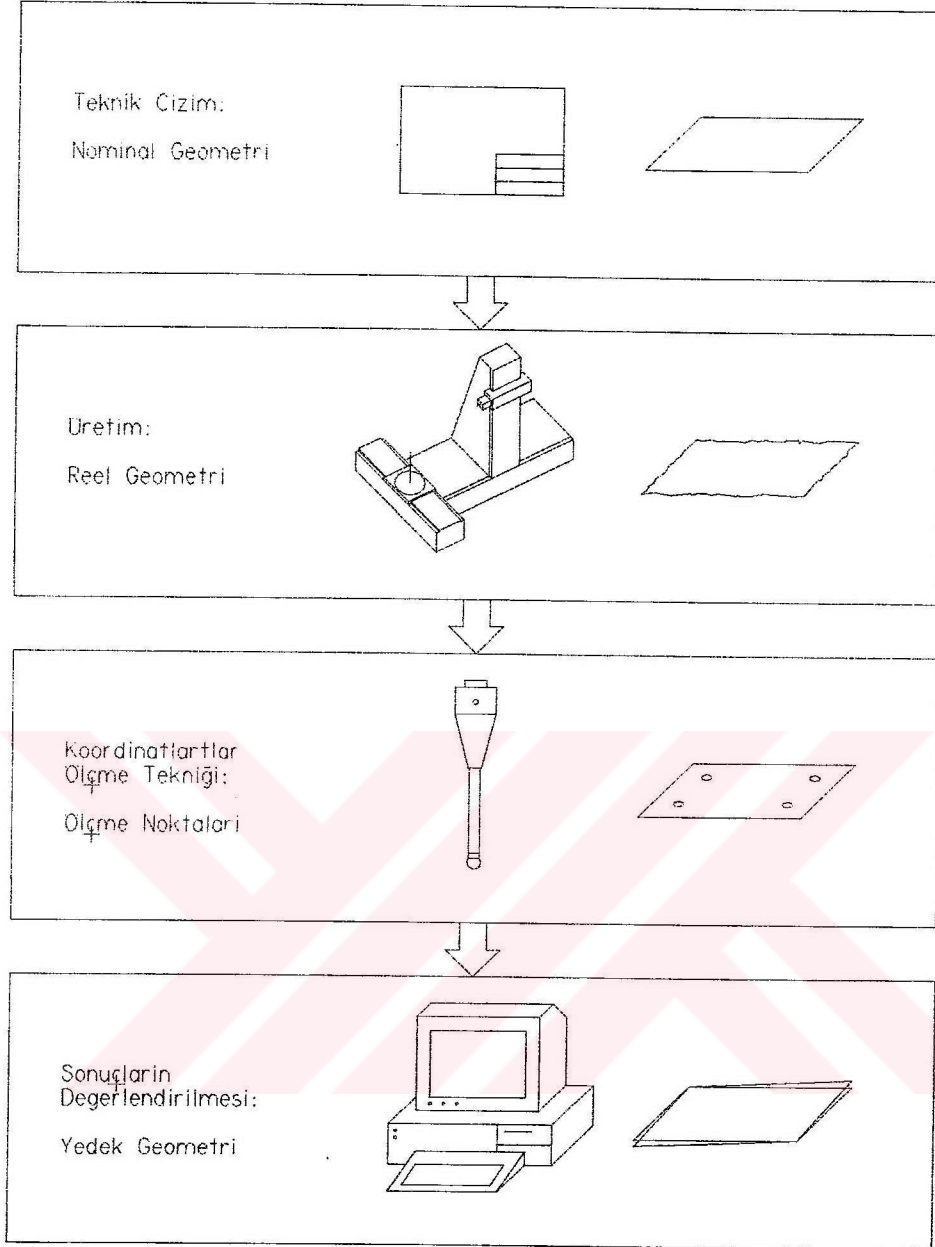
Çok koordinatlı ölçme tekniğinde deliğin çapı yüzeyinde bir çok noktada cihazın dokunma ucuyla dokunmak suretiyle (geometrik eleman silindir olarak hesaplanacağı için en az beş ölçme noktası olmalıdır) tespit edilir (Şekil 3.1). Ölçme noktalarının asgari sayıdan fazla olduğu durumlarda ölçme neticelerinin değerlendirilmeleri için regresyon metodu uygulanmaktadır (Gauss, Tschebyshev v.b). Ölçülen parçanın boyutsal değerlerine ilaveten parçanın ideal şeklinden farklı olan sapmaları ve parçanın referans olarak belirlenen koordinatlar sisteminde geometrik elemanları arasındaki konum hataları ile ilgili değerler de koordinatlar ölçme tekniği kullanımıyla elde edilmektedirler.



Şekil 3.1 Konvansiyonel yöntem ile ve CMM ile bir deliğin ölçülmesi (Osanna, 1999).

Koordinatlar ölçme tekniğinde üretim parçalarının ölçülmesi ve ölçme değerlerinin hesaplanması ile ilgili olarak geometrik elemanlar nominal reel ve yedek geometri olarak ayrılırlar. Üretim parçalarının mikrogeometrileriyle karşılaştırıldığında benzer şekilde bir ayırım olduğu görülmektedir. Şekil 3.2'de üretim süreci içerisinde konstrüksiyondan başlayarak üretim ve kalite denetimine kadar izlenen yol gösterilmektedir.

Günümüzde çok koordinatlı ölçme tekniği, çeşitli üretim metrolojisi problemlerinin çözümünde özellikle de yüksek derecede otomasyon ve hassasiyet talep edilen esnek üretimde çok önemli bir yer edinmiştir (Osanna vd., 1994a).



Şekil 3.2 İdeal geometri, reel geometri ve yedek geometri (Durakbaşı, 1999).

### 3.2 Koordinat Metrolojisinde Yazılım Sisteminin Gerekliği

Ölçmenin gelişimine göz atıldığında, bilgisayar sistemlerinin sağladığı yararları gözardı etmenin olanaksız hale geldiği görülmektedir. İlk CMM'ler ana problemlerinin merkez noktalarının bulunabilmesi için basit bir dijital okuyucuya sahiptirler. Okuyucular kullanılarak uzunluk ölçümleri rahatlıkla yapılabilmektedir. Bu basit makinalarda aynı zamanda, koordinat metrolojisinin her fonksiyonunun hesaplanabilme kapasitesi vardır. Geometrik karakteristik gelişmelerini içine alan bu fonksiyonların başlıcaları; CMM'lerin otomasyonu, bölgesel

programlama, ısı dengeleme, geometrik veri düzeltici, veri analizleri ve sistem bütünleştirme için yaratılan networklerdir (Krejci, 1998).

Bilgisayarın CMM'lere ilk ilave edildiği zamanlardaki ana amaç, prob kaymalarını (offsets) dengelemek ve kendi veri noktalarından geometrik özellikleri hesaplamaktır. Bugün, prob kalibrasyonu her CMM kullanıcısı tarafından iyi bir şekilde bilinmekte ve geometrik özelliklerin oranı otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

CMM'lerde direkt bilgisayar kontrolünün (DCC) gelişmesiyle, bölgesel programlama ve makina kontrolü için yazılım sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Şüphesiz, yüzey hesaplamının gereğinden doğan daha da gelişmiş bilgisayar dilleri de makinaya adapte edilmiştir. CMM kullanıcıları kendi bölgesel programlamalarını yaptıkları için CAD sistemleriyle ortak bir arayüz oluşturmak imkansız hale gelmiştir. Tüm endüstri çevrelerinin çabası, özel boyutsal ölçme arayüzlerinin (DMIS) gelişmesiyle sonuçlanmıştır. Bu özellik, CAD sistemleriyle boyutsal ölçüm aletleri arasında nötr bir değişim formatı sağlamıştır. Bugün, bölgesel programlama birçok kullanıcı tarafından otomasyonun farklı seviyelerinde kullanılan hayli gelişmiş bir prosestir. Kapasitesinin genişliği, interaktif temel programcılardan full otomatik muayene ve deney yapımalarına kadar yayılmıştır (Durakbaşa vd., 1996)

Yazılım temelli geometrik hata düzelticinin skala uzunluğu için ilk gerçekleştirilişi basit bir deneme niteliğindedir. Ulusal standartlar laboratuvarında kullanılan ölçme makinaları geometrik hataları düzeltmek için kullanılan birer öncü proses haline gelmişlerdir. Bu proses zaman kaybettirici ve kayda değer bir bilgisayar hafıza kapasitesi gerektiren bir prosestir. 1980'lerin ortalarında, günümüzde geniş bir kullanım alanı bulan daha etkili parametrik dengeleyici bir prosedür geliştirilmiştir. Koordinat metrolojisine büyük bir avantaj sunmakta olan bu durum aynı zamanda CMM'lerin kullanılabilirlik alanlarını arttırarak, önemi giderek artan hassasiyet disiplini sağlamaktaydı. Geometrik hata düzeltici gibi, sıcaklık dengeleyici de sürekli gelişmekte olan bir model olmuştur. Bir çok kullanıcı değişen sıcaklık durumları altında makinaların performanslarını formüle edebilmek için çalışmışlar ve dengeleme için bir algoritma geliştirmişlerdir.

Bilgisayarların performansları, proses ölçme datalarına istatistiksel metodlar gibi bazı analiz tekniklerinde eklenmesiyle arttırılmaya çalışılmıştır. Günümüzün üç boyutlu veri analiz periyodikleri, CMM'ler için, dişliler ve uçak kanatları gibi özel formların ölçüm ve analizlerini mümkün kılmıştır. Ölçme makinalarını diğer fabrika sistemlerine entegre etmek,

parça taşıma sistemleri, makina parçaları, kalite görüntüleme sistemleri ve mühendislik veritabanlarını sağlayabilecek ağ sistemlerini gerektirmektedir. Zamanla bu sistemler donanım sistemleri kadar önemli hale gelmiş ve boyutsal metroloji için gelecek yenilikleri sağlayabilecek en büyük olanak olmuştur (Krejci, 1998).

### 3.3 Performans Değerlendirme

Koordinat ölçüm cihazlarının performanslarının değerlendirilmesi konusu geniş ve çok yönlü bir başlıktır. Bu kısmın teması aslında, “izlenebilirlik” kavramının merkezini oluşturan CMM ölçüm belirsizliğinin değerlendirilmesidir. Belirsizlik, ISO tarafından tavsiye edilen CIPM (International Committee for Weights and Measures) ve NIST (Uluslararası Standartlar ve Teknoloji Enstitüsündeki) uluslararası laboratuvarları tarafından gerçekleştirilen bir terimle tanımlanmıştır.

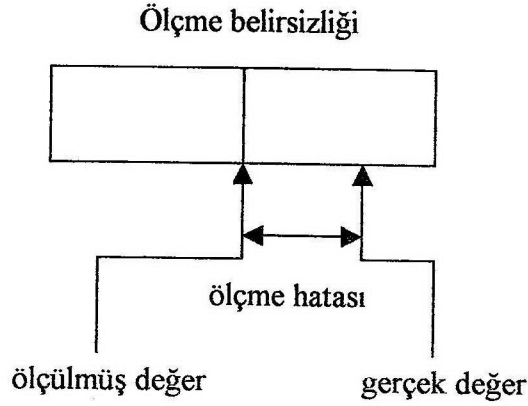
Bu bölüm belirsizliğin kaynaklarını açıklamakta ve CMM performansının nasıl belirleneceğine dair metotlar geliştirmeyi tartışmaya açmaktadır. Ayrıca, CIPM formülasyonu kullanılırken CMM ölçüm belirsizliklerinin ortaya çıkması durumlarında, kullanıcının göz önünde bulundurması gerekli metotları gözönüne sermektedir.

**Ölçme Hataları ve Belirsizlik;** Phillips’e (1998) göre CMM ölçümlerini etkileyen faktörleri tartışmadan önce, bazı temel kavramlara göz atmak gerekmektedir. Şekil 3.3’de “ölçme hatası” ve “ölçme belirsizliği” arasındaki önemli farkı ortaya koymaktadır. “Ölçme hatası” kavramı “gerçek değer” ile ölçme sonucu bulunan değer arasındaki fark anlamına gelir. Çoğu ölçüm için, özellikle CMM ölçümlerinde, “gerçek değer” ve bu yüzden de “ölçme hatası” bilinmemektedir. Zaten gerçek değerın bilinmesi gibi bir durum söz konusu olsaydı, ölçme işleminin gerekliliği ortadan kalkardı.

CMM performansının değerlendirilmesinde, ölçme blokları gibi, iyi kalibreli insan yapımı bazı cihazların kullanılmasıyla, kalibreli ölçüm cihazının belirsizliği kafi derecede küçültülerek, kalibre edilmiş değer “gerçek değer” olarak kabul edilebilmektedir. Bu yüzden, CMM ölçümü ile kalibre edilmiş değer arasındaki fark “ölçme hatası” olarak hesaba katılabilir. Bu bir ölçme felsefesi olarak ölçüm toleransının; örneğin, < %10, ihmal edilebildiği bir değerdir. Bu durum ölçme hatasının ölçülmüş ve kalibre edilmiş iki değer arasındaki fark olarak direkt ölçümüne izin vermektedir.

Özetle bir çok ulusal ve uluslararası standart, önemsenmeyen cihaz kalibrasyon belirsizliğine izin vererek, CMM alanında kullanılan cihazların belirsizliği üzerine sınırlayıcı bir faktör olmuştur.

Dikkati çekmesi gereken önemli bir diğer konuda, iyi kalibre edilmiş cihazlar kullanılırken, tekrar eden CMM ölçüm serilerinin farklı sonuçlar verebilmesi ve böylece farklı ölçüm hatalarının oluşumudur. Philips'e göre (1998) mümkün olabilecek tüm ölçme hatalarının toplamı ölçme belirsizliği ile tarif edilebilir.



Şekil 3.3 Ölçme belirsizliği ve ölçme hatası arasındaki fark (Phillips, 1998).

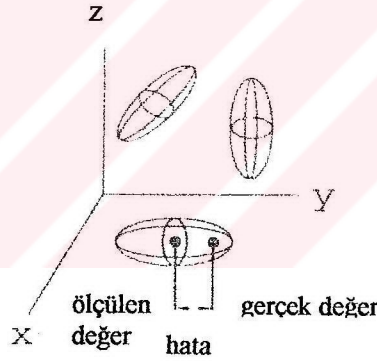
Ölçmenin belirsizliği, sonuçları etkileyen bir çok faktörü içermektedir. Belirsizliğin kaynaklarının büyüklüğünü ve ölçme sonuçları üzerine etkilerini tahmin etmek gerekmektedir. Bu proses, tekrar eden ölçümlerin analizlerinde, kalibrasyon raporlarına bilgi sağlamada, kitaplardan alınan referans bilgilerinin belirsizliklerinin tahmin edilmesinde, üreticilerin özelliklerinde ve ilgili malzeme ve cihazların yararları ve genel davranış bilgilerinin edinilmesi gibi birçok bilgi kaynağında kullanılabilir. Bir bloğun uzunluğu veya bir dairenin çapı gibi bir çok ölçme işleminin sonucu, tek bir sayıyla açıklanabilir. Bu gibi durumlarda, Şekil 3.3'de gösterilen bir boyutlu belirsizlik bölgesi; ölçme belirsizliğini yeterli bir şekilde açıklamaktadır.

Bazı ölçme sonuçlarını belirtebilmek ise birçok değeri gerektirmektedir. Örneğin uzayda bir nokta için  $(x,y,z)$  koordinatlarının belirtilmesi gibi. Örnekte; ölçülen nokta koordinatı çevresinde üç boyutlu bir belirsizlik bölgesi vardır. Bu örnek, CMM'lerin ölçüm hacmi ile her bir noktanın koordinatlarının belirsizliğini içererek genişletilebilir. Bundan dolayı, ölçüm hacmindeki her nokta bir "belirsizlik bulutu" ile birleştirilmiş olarak kabul edilebilir. Bu bulutun şekli ve büyüklüğü CMM'lerin hata kaynakları tarafından belirlenir. Genelde bu belirsizlik bulutları küre şeklinde değildir. Örneğin, bazı belirsizlik kaynakları, CMM'lerin, özel bir eksenle birleştirilebilir.

Basitçe, bulutun büyüklüğü, standart bir sapma değeri ile karakterize edilen, ölçüm bölgesi içinde noktadan noktaya çeşitlilik gösterebilmektedir. Bu belirsizlik bulutlarının hassas bir modeli, “Şekil 3.4”de gösterildiği gibi, elips şeklinde olabilmektedir.

Bir ölçme noktası kaydedildiğinde, özel bir hata vektörü buluttan ayrılır. Bu hata vektörü, bir ölçüm noktasında CMM’in kaydettiği koordinatlarla, kusursuz bir koordinat sistemindeki gerçek koordinat değerleri arasındaki farka eşittir. Eğer aynı noktanın ölçümü tekrar ederse, önemsiz derecedeki farklı bir (x,y,z) koordinatı daima kaydedilecektir. Bu yüzden farklı data vektörü buluttan ayrılacaktır.

Gerçek konum, henüz tartışıldığı üzere statik bulut örneğinden daha komplekstir. Belirsizlik bulutunun büyüklüğü zamanla CMM’lerdeki, yapısal sapmalar ve diğer zararlı etkiler olarak genişlemeye devam etmektedir. İlaveten belirsizlik sadece, CMM’lerin geometrisine değil aynı zamanda probun yaklaşım yönü, hızı ve problama kuvveti gibi bir çok özel ölçme faktörünü de içeren benzeri statik hatalara da bağlıdır. Bundan dolayı, kullanıcı gerçekten ölçümün tüm detaylarını belirtmedikten sonra, bir noktanın koordinat belirsizliği bile tam olarak sınırlanamamaktadır.



Şekil 3.4 CMM çalışma bölgesindeki birkaç noktanın koordinatları içindeki üç boyutlu belirsizliğin şematik gösterimi (Phillips, 1998).

### 3.4 Koordinat Ölçme Cihazlarındaki Ölçme Belirsizlikleri

Koordinat ölçme cihazları, ölçme belirsizliğine yol açabilecek ve bu sebeple acil olarak kontrole ihtiyaç duyan bazı alt sistemlere sahiptirler. Buna ilaveten ölçülen iş parçası, çevre ve ölçmenin yer aldığı mekan da, ölçme belirsizliğinin önemli nedenlerindedir (Knapp, 1998). Koordinat ölçme cihazlarının kabul edilebilir testlerle ilgili standartları, ölçme belirsizliği hakkında kabaca bir fikir verir. Daha iyi bir belirleme için, çevre ve operatörün de iş parçası üzerindeki etkileri hesaba katılmalıdır.

***Bir koordinat ölçme cihazının, ölçme belirsizliğine yol açabilecek mümkün alt sistemlerini Knapp'a (1998) göre aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;***

**Koordinat ölçme cihazının geometrisi:**

Cihazın lineer ve döner eksenleriyle belirlenen geometrisi, makinanın statik ve dinamik sağlamlığı ile uzun vadeli stabilitesini de ortaya koyar. Geometrinin kontrolü referans alınan bazı parçalar üzerinden yapılmaktadır.

**Koordinat ölçme cihazının prob sistemi:**

Cihazın mekanik prob sistemi, boyut ve iğnenin malzemesi, dokunma kuvveti, yaklaşım hızı ve yaklaşım yönü gibi ölçme belirsizlikleri doğurabilecek faktörlerin göz önüne alınmasından sonra mevcut seçenekler arasından seçilmelidir.

**Değerlendirme yazılımı:**

Probun yüzeye temas noktalarını boyutlarıyla beraber kombine eden, biçim sapmalarını ve iş parçasının diğer yüzeylerinin konumlarını saptayabilen bir yazılımdır. Bu yazılımın doğruluğunu ve hassasiyetini kontrol etmek zor bir görevdir. Referans bilgi ve sonuçları kullanmak ya da tasdiklenmiş yazılımlara güvenmek varolan iki yoldur.

***Ölçme belirsizliği üzerine iş parçasının etkisi üç ana başlık altında incelenebilir;***

**Form sapmaları:**

Koordinat ölçme cihazları ile hemen hemen hiç bir hassas parçada form sapması net bir şekilde ölçülememiştir. Kesin karakteristikleri hesaplayabilmek için Gaussian ve Tchebzev gibi farklı metotlar kullanılmalı, her yüzey için ölçme noktası sayısı artırılmalıdır. Farklı metotlar mevcut elemanı tanımlamada boyut ve form sapmaları hakkında farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu yüzden ölçme raporunun kullanılan metotlar hakkında kesin bir tanımlama vermesi gerekmektedir.

İş parçasındaki form sapması, eğer ölçme noktaları sayısı az tutulmuş ya da yüzeyin küçük bir parçasına yayılmışsa, ölçme belirsizliğinin oluşmasına önemli bir katkıda bulunabilir. Daha fazla ölçme noktası ve bunların toplam yüzeyde yayılma göstermeleri bu etkiyi azaltmaktadır.

Ölçme noktalarının sayısı ve dağılımları olarak da adlandırabileceğimiz ölçme stratejisinin kontrolü, tercihen ölçme cihazının bir başka operatörü ile yapılabilecek ve bir çok ölçme noktası gerektiren ikinci bir ölçüme ihtiyaç duymaktadır.

### **Kısmi ulaşılabilir yüzeyler:**

Makinanın geometrisi, ölçme sistemi ve yazılımı mükemmel olmadığından her ölçme noktası, bir ölçme belirsizliği içermektedir. Tek bir ölçme noktasının belirsizliği, form sapmaları gibi ölçme belirsizliği üzerinde aynı olumsuz etkiyi yapar. Yani, ölçme noktalarının sayısı az ve iş parçası üzerindeki dağılım alanları küçükse, belirsizlik üzerindeki etkisi büyüktür. İş parçasının bazı problemlili yüzeylerinde ölçme noktalarının dağılımlarını arttırmak mümkün değildir. İş parçasındaki form sapmaları, cihazın geometrisi ve prob sistemi gibi etkenlere bağlı olarak ölçme belirsizliği artmaktadır. Bu gibi durumlarda ölçme belirsizliğini azaltmak Gaussian gibi, bazı özel algoritmaların kullanılmasıyla sağlanabilmektedir.

### **Sıkıştırma ve iş parçasının elastik deformasyonu:**

İş parçasını ve referans nesneyi koordinat ölçme cihazı üzerinde sıkıştırmak, ölçmenin belirsizliği üzerine yeni bir faktöre neden olmaktadır. Basit iş parçaları ve referans parçalar üzerinde yapılan araştırmalar, farklı sıkıştırma metotlarının, derecesi ölçülemez de iş parçası üzerinde belirli bir etki yapmasının ölçme belirsizliğine yol açtığı doğrultusundadır. Etkilerin sonuçları henüz kesin olmamakla birlikte, ilk araştırmalar kesinlikle basit iş parçaları ve referans modeller üzerinde gerçekleştirilmiştir.

### **Çevrenin etkileri:**

Laboratuvar ortamında oluşabilecek sıcaklık, titreşimler, hava akımı, elektrik akımı, rutubet ve bunun gibi nedenler koordinat ölçme cihazını, iş parçasını ya da referans elemanı etkileyebilir. Temel etki, sıcaklık, ISO / TC 231 / WG 3 ile ilişkilendirilmiş, belirsizlik durumları formüle edilmiştir. Örneğin, ISO 1 numaralı standardında referans sıcaklığı 20°C olarak verilmiştir.

İş parçasında olduğu gibi koordinat ölçme cihazında da sıcaklık değişimlerinden dolayı bazı termal genleşme ve belirsizlikler meydana gelmektedir. Sıcaklık her ne kadar unutulmuş bir etken olsa da, ölçme belirsizliği üzerindeki en önemli etkidir. Sıcaklık sapmaları için daha sıkı toleransların gerekliliği belki aşağıdaki örnekle daha kolay anlaşılabilir.

Knapp (1998) çalışmaları sonucunda, 1000 mm'lik bir parçada koordinat ölçme cihazı ile 0.0007 mm'lik bir ölçme belirsizliği uzunluğuna erişmek için, ortam sıcaklığı 0.05°C tutulması gerektiğini belirtmiştir.

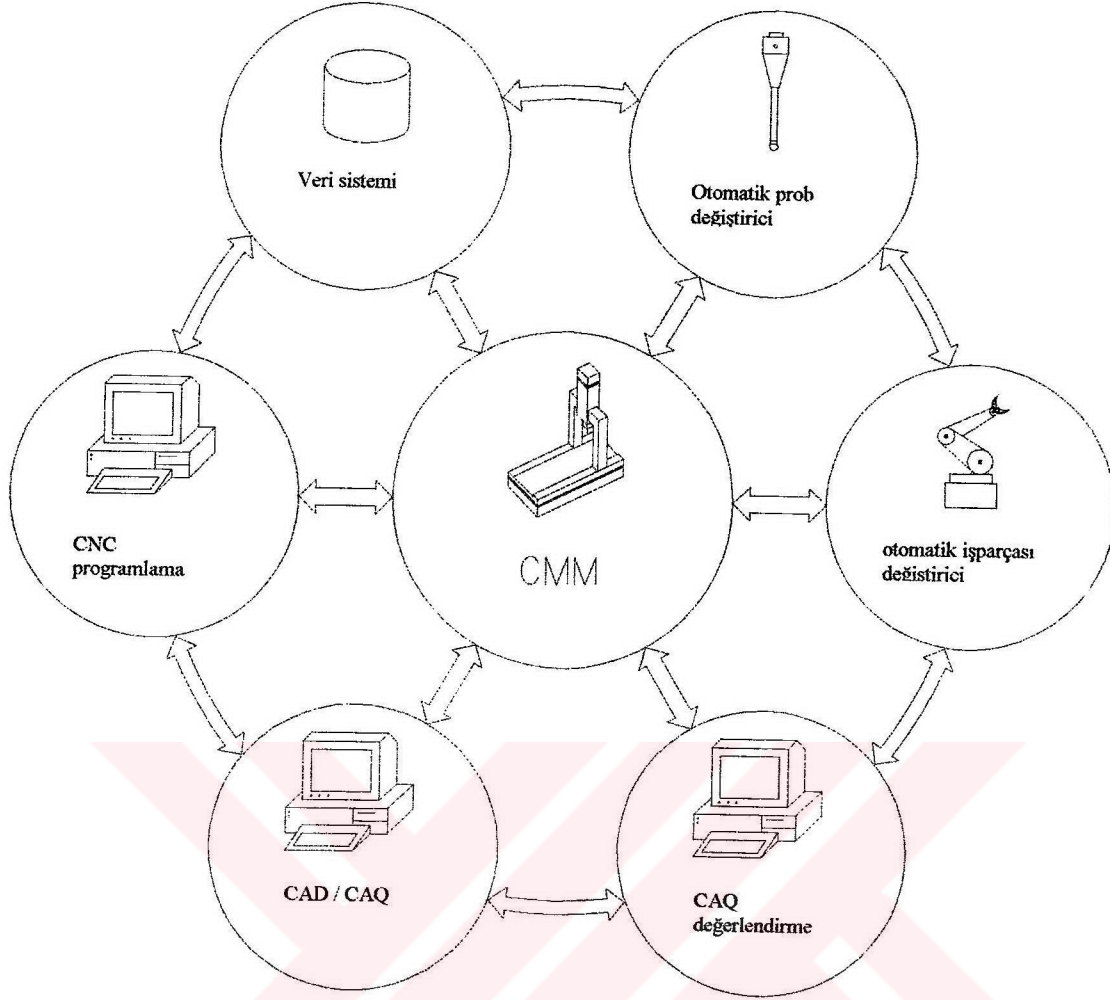
### 3.5 Koordinat Ölçme Cihazı ve CAQ Entegrasyonu

Durakbaşı (1999) tarafından bildirildiğine göre, ölçme robotu olarak da adlandırılan CNC kontrollü koordinat ölçme cihazı kullanımıyla üretimle tümleşik proses ve kalite kontrolü için, yüksek otomasyona sahip, esnek bir denetleme sistemi kurmak mümkündür. Koordinat ölçme cihazının modern üretime entegrasyonunun başlıca nedenini , çabuk ve hassas ölçme kabiliyeti, esneklik, geniş alanlı ve ekonomik kullanım gibi özelliklere sahip olması teşkil etmektedir.

Koordinat ölçme cihazının üretime entegrasyonu ilk olarak, üretimde materyal ve bilgi akışının ayrı bir komponenti anlamına gelmektedir. Bu tür bir entegrasyonun hedeflerini, ürün işleme sürecinin analiz edilmesiyle üretimde iyi ve kaliteli ürün oranının artırılması, iskarta üretimin sebeplerinin zamanında teşhis ve tespit edilip gereken düzeltmelerin yapılmasının sağlanması ve üretim sistemleri ile ölçme tekniği arasındaki kalite kontrol devresi halkasının kapanması oluşturmaktadır (Durakbaşı, 1994b).

Koordinat ölçme cihazının modern üretime entegrasyonu , iş parçalarının palet transport sistemleri yardımıyla işleme ünitelerine gönderilmelerinde olduğu gibi, otomatik parça akışına bağlanması ve tüm üretim sisteminin zamanlamasına ayak uydurabilecek şekilde ölçme hızının ayarlanması amacıyla, sistem komponentlerinin konstrüktif olarak şekillendirilmesini gerektirir. Ölçme cihazı, materyal akışına ve manipulatörlere bağlanabilmesi için programlanabilen kontrol sistemleri (SPC veya PC: Programmable Control) ile iletişimi gerçekleştirecek şekilde hazırlanmalıdır (Osanna vd; 1994a).

Koordinat ölçme cihazının bilgisayarı, verilerin transferi ve komut alışverişini sağlamak üzere bir master computere bağlanmaktadır. Modern üretimde idare ve kumanda merkezi, tüm fonksiyon akışının kontrol, koordinasyon ve denetlemelerinin yapıldığı yerdir. Koordinat ölçme cihazının bilgisayarında iki birimden oluşan bir bilgisayar bağlantı programı yerleştirilmektedir. Bu sayede format değiştirici yardımıyla verilerin bilgisayar tarafından kullanabileceği şekilde formatların değiştirilmeleri gerçekleştirileceği gibi terminal emulâtörü ile de veri transferi sağlanır. Veri transferi genellikle seriel arabirim vasıtasıyla (V-24, RS - 232) tokalaşma metoduyla (handshake) veya LAN üzerinden yapılmaktadır (Durakbaşı, 1997).



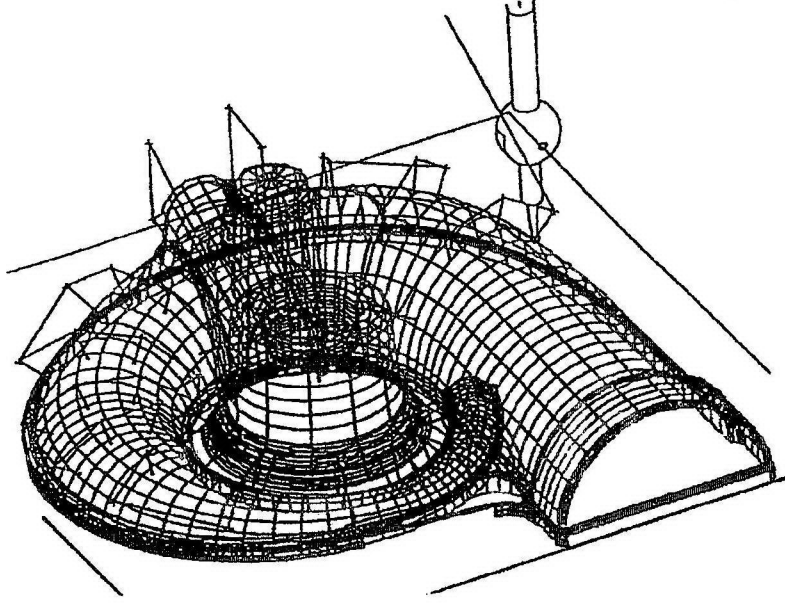
Şekil 3.5 CMM veri alışverişi (Durakbaşı, 1998).

### 3.6 Otomatik Ölçme

Bilgisayar yardımıyla parçaların otomatik olarak ölçülmeleri, koordinat ölçme cihazının bilgisayarında, ayrı bir terminalde ya da CAD sistemlerinde programlanmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Otomatik ölçme için programlama, koordinat ölçme cihazını programlama süresince bloke etmesinin üretim sürecine negatif etkisinden dolayı ayrı bir terminalde ölçme cihazından bağımsız olarak hazırlanır (Off-line programming). Bunun dışında geliştirilen parametre tekniği de ölçme işlemlerinin hızlı bir şekilde programlanmasını sağlamaktadır (Durakbaşı, 1999).

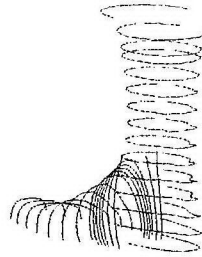
Durakbaşı vd. (1994) tarafından bildirildiğine göre, semi ve %100 kontrolun yapıldığı ölçümlerde, ölçülen parçaların otomatik olarak değiştirilebilmesi ile problemlerin ölçme işleminin aralıksız olarak sürdürülmesi böylece CMM'in otomasyon derecesini arttırmak amacıyla, manipulatörler cihazlara entegre edilmektedirler.

Son gelişmelerle, bilgisayar ağı bünyesinde otomatik ölçümler CAD sisteminde programlanabilmektedir. CAD-CAM sistemleri konstrüksiyonu yapılmış parçaların detaylı olarak modellerini kapsar (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Katı Model (Krejci, 1998)

Bu tür detaylı modeller NC-üretim tezgahlarında ve robotların programlanmasında ve koordinat ölçme tekniğinde de otomatik ölçmenin programlanması için kullanılmaktadırlar. Bilgisayar kontrollü koordinat ölçme cihazlarının CAD sistemlerinde programlanabilmesi için, CAD sisteminde çalışan bir software ile koordinat ölçme cihazı ile veri transferi için bağlantısı olması gerekmektedir (Durakbaşa, 1996). Ölçme programı için gerekli veri, CAD sisteminde konstrüksiyon safhasında iken hazırlanan geometri verilerinden alınmaktadır. Bilgisayar bağlantısı yardımıyla koordinat ölçme cihazı CAD/CAM sisteminin monitöründe interaktif programlanır (Durakbaşa vd; 1996). Ayrıca CAD/CAM sistemi ile koordinat ölçme cihazı arasında ölçme neticeleri ve nominal değerlerin değiş tokuş edilmeleriyle, profillerin ve üç boyutlu eğri yüzeylerin ölçümleri de mümkün kılınmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Serbest yüzeyler (Osanna vd; 1995).

#### 4. ENDÜSTRİDE YÜZEY VE GEOMETRİSİ

Teknolojinin bugünkü gelişmeleri paralelinde yüzey durumu teknik ve mühendisler için en önemli konulardan biri haline gelmiştir.

Fizikçiler tarafından çok uzun yıllardan beri önemi açıklanmaya çalışılmış sınır yüzeyleri, mühendislikte esasta çok geç ele alınmıştır. Gerek imalatta işleme tekniği ile elde edilen yüzeyler ve gerekse parçaların beraberce çalışmalarında ya da işlenmiş ve hazırlanmış bir yüzeyin diğer bir malzeme ile beraber çalışması durumlarında oluşan problemler, konunun önemini arttırmıştır.

Tükel'e (1982) göre, bugün bir parçanın istenen toleranslarla ve beraber çalışacak parçaların belirli boşluk veya sıklık toleranslarıyla imal edilebilmesi çeşitli istekler karşısında mümkün değildir. Bu koşulların yanında söz konusu parça ve parçaların yüzeylerinin durumu da aynı değerde önemlidir.

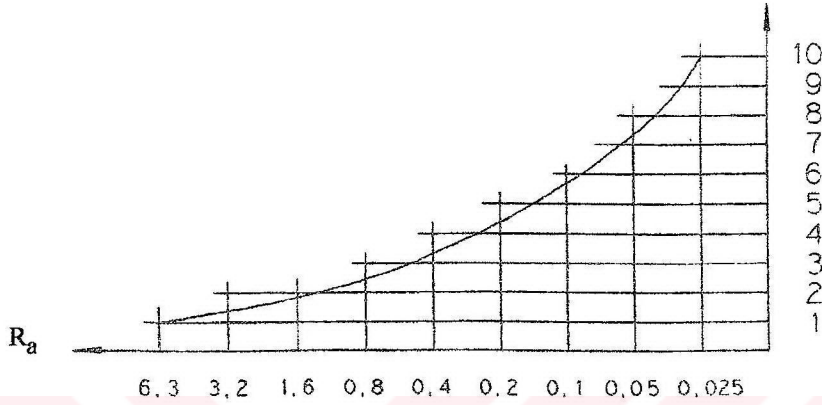
Yüzey konusunun başlangıçtan itibaren daha iyi anlaşılabilmesi için hangi bölümleri içereceğinin belirtilmesinde fayda bulunmaktadır. Bu bölümlerin bir kısmı ileri kademelerdeki mühendis adaylarını, bir kısmı genç mühendisleri ve diğer kısımları da sırasıyla konstrüksiyon veya işletme mühendislerini ve bir kısmı da araştırma mühendislerini ilgilendirmektedir.

İş parçalarının yüzeylerinin pürüzlülüğü sürtünmeyi, aşınma mukavemetini, yorulma dayanıklılığını ve montaj parçalarının ve agregatların görüntülerini belirler. Buna rağmen çoğu zaman yeteri kadar tam ve doğru olarak tespit edilmez. Ayrıca zor muayene şartlarında veya yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilemediği durumlarda yüzeylerin çok kere gereksiz yere daha düzgün olması için çalışılmaktadır.

Üretim teknolojisindeki gelişmeler günümüzde, submikrometre ve subnanometre mertebelerindeki yüzey pürüzlülüğünü öngören teknik parçaların üretimine olanak tanımaktadır. Bu tür yüzeylerin mikro yapıları subnanometre düzeyinde, Atom tünel mikroskobu (AFM) ve elektron mikroskopları gibi cihazlar yardımıyla ölçülebilmektedir (Osanna ve Durakbaşı, 1998) .

Standartlara uygun veriler ve uygun muayene metotlarının kullanımı ile gereksiz üretim sarfiyatı önleneceği gibi, kaliteyi düşürmeden ve işletme güvenliğini tehlikeye atmadan önemli ölçüde üretim maliyetinden tasarruf edilmiş olacaktır (Durakbaşı, 1995) . Şekil 4.1'de yüzey pürüzlülüğünün yüzey maliyeti ile ilişkisi gösterilmektedir.

Teknik yüzeylerin pürüzlülüğünü tanımlayabilmek için uluslararası tespit edilmiş olan pürüzlülük parametrelerinden faydalanılır.



Şekil 4.1 Yüzey bozukluğunun fonksiyonu olarak üretim maliyetleri (Osanna ve Durakbaşı; 1998).

#### 4.1 Yüzey Yapılışı ve Özellikleri Hakkında Genel Bilgiler

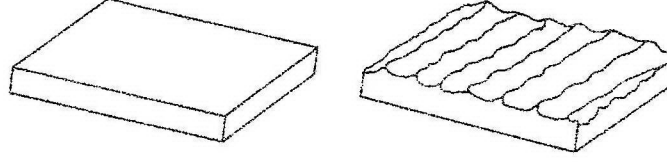
Konunun esasını teknikte kullanılan elemanları sınırlayan yüzeyler oluşturmaktadır. Dolayısıyla eleştirilerin esası da geometrik, fiziksel ve teknolojiktir. Bu durumda, bir yüzeyin yalnız şeklen etüdü yeterli olamamaktadır. Fiziksel ve teknolojik özelliklerinin de belirtilmesi gerekmektedir.

Yüzey yapısından genelde, bir yüzeyin, ideal geometrik bir yüzeye göre durumu anlaşılmaktadır. Yani var olan yüzeyin ideal yüzeye göre farklı yapılışı hakkında bir bilgi verilmektedir. Yüzey özelliği ise malzeme cinsini, çeşitli yerlerdeki ince yapısını, teknolojik maksatlara göre var olan farklılıklarını ve olasılık durumunu, tek tek her hal için düşünebilecek tüm yönleri içermektedir. Ancak bu özellikler sayısal değerlerle belirtilemez.

#### 4.2 Endüstride Yüzeyler ve Yüzey Kesitleri

**Geometrik ve Gerçek Yüzey;** Geometrik yüzey, teknik resimde gösterildiği gibi ideal bir yüzeydir. Pratikte gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Projelerde ve/veya diğer teknik belgelerde anma biçimi olarak da tarif edilen ideal yüzeydir (TS 971, 1998). Gerçek yüzey ise

üretim prosesinde oluşan yüzey olup, üretim parçasını çevresindeki ortamdan ayırır (Şekil 4.2).



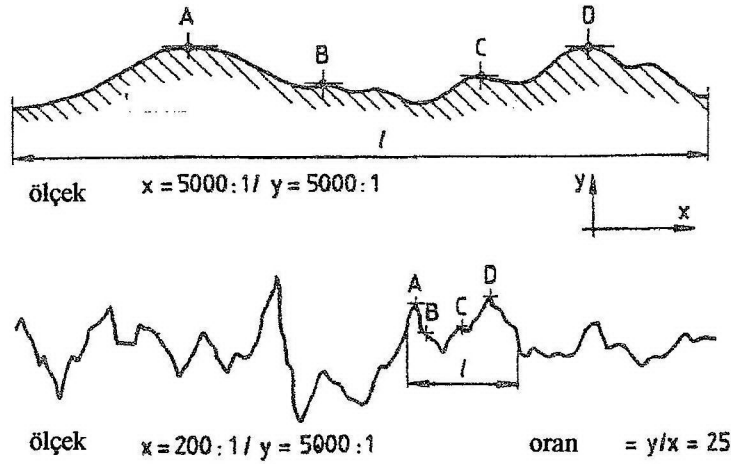
Şekil 4.2 Geometrik yüzey ve gerçek yüzey

**Referans Yüzeyi;** Referans yüzeyi kavramı pürüzlülük terimlerini tanımlayabilmek ve referans edebilmek için belirlenmiş bir kavramdır. Referans yüzeyinin şekli geometrik yüzeyin şekli ile aynı olup, konumu gerçek yüzeyin konumu ile çakışır. Matematiksel olarak “en küçük mesafe kareleri toplamı” metoduyla hesaplanabilmektedir. Yüzeylerin profil analizleri uygun sanal kesitler yardımıyla yapılabilmektedir.

**Ölçülen Yüzey;** Ölçme tekniği ile değerlendirilen yüzeydir. Genel olarak bu yüzey gerçek yüzeyle aynıdır. Ancak sonuçlar ölçme yöntemlerine göre değişiklikler göstermektedir.

**İstenen Yüzey;** Teknik resimde belli işaretlerle ve sembollerle saptanan ve parçayı sınırlayacak yüzeydir.

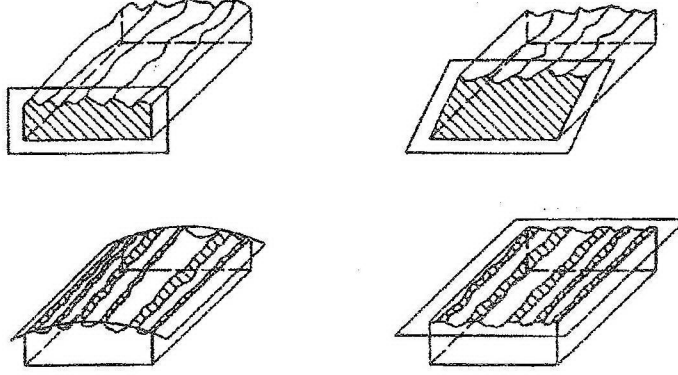
Değmeli aletlerle kaydedilen profillerin değerlendirilmelerinde, çoğu kez hazırlanan grafiklerin, büyük oranda ölçekle büyütüldüğüne fazla dikkat edilmemektedir. Düşey büyültme ölçeği yatay büyültme ölçeğinden genellikle 10 veya 100 katı daha büyük olarak seçilmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Yüzey kesitinin farklı ölçeklerde gösterilmesi

Şekil 4.4'de TS 971'de (1988) tanımlanan yüzey kesit çeşitleri gösterilmektedir.

- Dik kesit
- Eğik kesit
- Tanjant kesit
- Eş aralıklı kesit

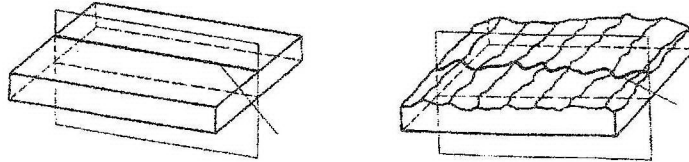


Şekil 4.4 Yüzey kesitleri çeşitleri

### 4.3 Yüzey Profili

Yüzey profili, bir yüzeyin bir düzlemlle kesişmesiyle meydana gelmektedir.

**Geometrik Profil ve Gerçek Profil;** Geometrik profil, geometrik yüzeyin bir düzlemlle kesişmesiyle meydana gelen profildir. Gerçek yüzeyin bir düzlemlle kesişmesiyle de gerçek profil elde edilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Geometrik profil ve gerçek profil

### 4.4 Analitik Sınıflandırma

Profilleri analitik açıdan iki sınıfta incelenmektedir;

- periyodik profil
- stohastik (rasgele) profil

Periyodik profiller, tornalama suretiyle imal edilen bir profil gibi periyodik bir fonksiyonla yaklaşık olarak tarif edilen profillerdir. Stohastik profil ise rasgele bir fonksiyonla tanımlanan periyodik olmayan profillerdir. Taşlama ve kumlama ile elde edilen profiller rastgele profillere örnek teşkil etmektedirler (TS 971, 1988). Esas olarak yüzey işlemlerinde her iki profilde oluşur. Geometrik tanımlanmış torna ve planya gibi kesicilerle yapılan işlemlerde daha ziyade periyodik profil; taşlama işleminde ise daha fazla rasgele profil meydana gelmektedir.

#### **4.5 Makina Parçalarındaki Yüzeylerin Ölçme Tekniği ile Bağıntısı**

İmal edilmiş makina parçalarını kaplayan yani sınırlandıran yüzeylerin formları gerçekte karışıktır. Gerek bunların tamamı ve gerekse küçük bir kısmı ideal geometrik formlarından farklılıklar göstermektedirler. Bu farkların matematik yünden çözümlenmesi de tam olarak mümkün olamamaktadır. Yani belirli bir fonksiyonla ifade edilememektedirler. Ölçme tekniğinde nasıl kontrol cihazı ölçüsüne göre ölçülen parçada saptanan boyut farkı hata olarak gösteriliyorsa, burada da imal edilmiş elemanın ideal geometrik formuna göre gerek tamamında gerekse küçük bir kısmında mevcut farklar hata olarak belirtilmektedir. Aslında küçük bir alanda saptanan hata ile toplam alanda saptanan hata arasında bir bağıntı bulunmamaktadır. Her iki tür hatalar doğal olarak birbirinden farklıdır. Mesela bir silindirin çapının ölçülmesinde gerek ölçü aleti ve gerekse ölçülen parça yüzeyi, ideal geometrik formdaymış gibi kabul edilerek bir değer saptanmaktadır.

#### **4.6 Konstrüksiyon ve İmalat**

Bilindiği üzere imalat önceden hazırlanmış teknik resimlere göre yapılmaktadır. Teknik resimlerde çok kez yüzey durumları hakkında yeterli bilgi verilmemektedir. Bugün gerek parçada, konstrüksiyon elemanlarında yüzeylerin, gerek tamamı ve gerekse küçük kısımları hakkında da yeterli bilgilerin teknik resimlerde verilmesine çalışılmaktadır.

Teknik resimlerin pek çoğunda veya pek çok yerlerinde ideal geometrik formdan farklar meydana gelmektedir. Diğer bir deyişle, resimlerle istenen ideal parça formu arasında fark oluşmaktadır. Bu da daha konstrüksiyona resimden itibaren hata ile başladığını göstermektedir. İmalat koşullarındaki çeşitli faktörlerden doğacak farklarda göz önünde tutulursa istenen formdan gerek bütün alanda gerekse küçük alanlarda ne kadar değişik farklılıkların meydana gelebileceği düşünülebilir.

Teknik resimlerde bir parçanın saptanması için verilen ölçü boyutları verilen toleranslar dahilinde mümkün kılınsa dahi, konstrüksiyonun müşterek çalışacak parçaları arasında uygun çalışma şartlarını sağlayabileceği iddia edilememektedir. Zira yukarıda açıklananlardan anlaşılacağı şekilde bu boyutların yanında gerek parçanın teknik resme göre ve gerekse yüzey farkları sonuç üzerine önemli derecede etki gösterecek durumdadır. Bu etkilerinde tıpkı ölçülerde olduğu gibi sınırlandırılmaları gerekmektedir. Yani teknik resimlerde de bu yöne ait yeter derecede bilgiler bulunmalı imalden sonra parça yalnız boyutlar bakımından değil aynı zamanda bu yönden de kontrole alınabilmelidir (Durakbaşı, 1999).

Sonuç olarak parçaların çiziminde, imalatında ve kontrolünde aşağıdaki dört esası birbirinden ayrı olarak göz önünde bulundurmak gerekir, bunlar;

- a) Parçayı saptayan esas ölçüler
- b) Parçanın formu
- c) Parçayı sınırlayan yüzeyin durumu
- d) Toplam yüzeyin belirli küçük alanındaki durumudur.

a ve b maddelerini birçok hallerde belki beraberce ele almak doğru olabilir. Bunlar ister beraberce ister ayrı ele alınsınlar makrogeometrik grupta, c ve d maddeleri de belirtilen hususta mikrogeometrik grupta eleştirilir.

#### 4.7 Mikro ve Makro Geometri Kavramları:

Yüzeylerde bugün artık gerek mikrogeometri ve gerekse makrogeometri tabirleri pek kullanılmamaktadır. Ancak iki terim arasındaki farklarında ne şekilde belirtileceği üzerinde henüz ortak bir anlaşmaya varılamamıştır. Kısa açıklamalarla bu kavramların anlamı belirtilecektir.

**Mikrogeometri;** İlk yüzey araştırmaları ve uygulamalarında yüzeyin tamamının içinden 1 mm<sup>2</sup>'lik alanlarda yapılacak araştırmaların ve değerlendirmelerinin mikrogeometriyi ilgilendirmesi ve bunların ölçülendirmelerinde 10<sup>-6</sup> m'nin limit hassasiyet sınırı olarak kabul edilmesi önerilmiştir (Osanna ve Durakbaşı, 1998).

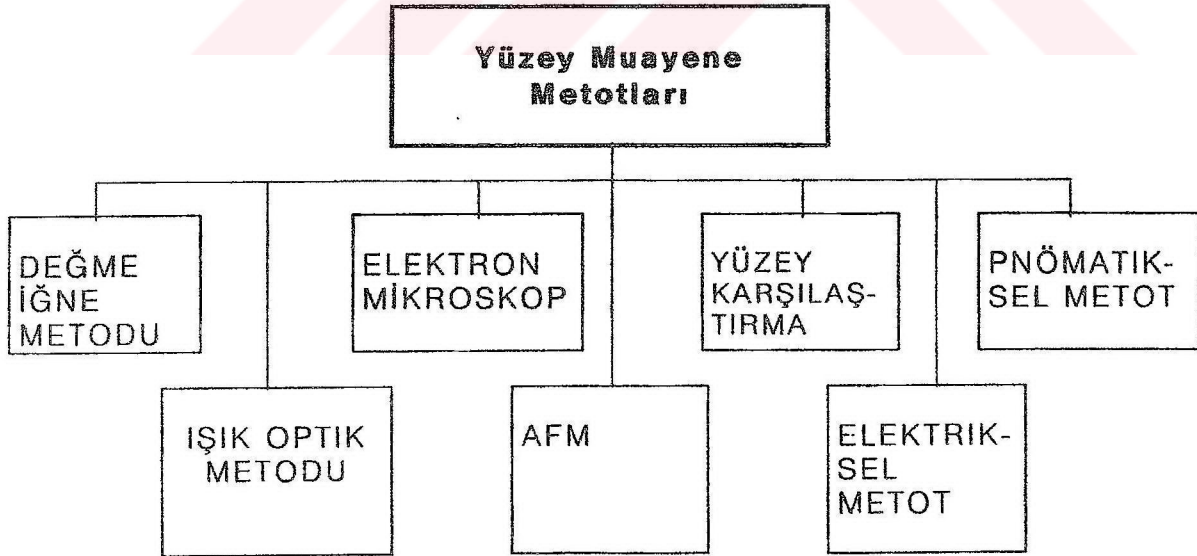
Yüzeyleri gerçekten genel olarak tetkik edersek iki özelliği birbirinden ayırmak önemlidir. Bunlardan biri parçayı sınırlayan toplam yüzey, diğeri de bu yüzeyin kısımlarındaki belirli

özellikler yani “durum”dur. Örneğin bir parçanın taşlanmasıyla elde edilen yüzeyin toplam görünüşü ve şeklinin yanında, taşlama ile meydana gelmiş küçük izlerin ve bunların belirli yerlerdeki derinlikleri veya dolgunluklarının durumu mikrogeometri kavramı altında incelenmektedir.

**Makrogeometri;** Esas itibarıyla yukarıda sözü edilen esaslardan da anlaşılacağı gibi yüzeylerin tamamını kapsayacak etüd ve değerlendirmeler makrogeometrik konulardır. Mikrogeometrinin toplam olarak meydana getirdiği durum makrogeometri olacaktır. Buna göre yuvarlak, oval, silindirik, koni vb. terimleri makrogeometrik olduğu gibi mikrogeometrideki iz derinliklerine göre meydana gelmiş çeşitli yüzey karakteristikleri, düz, kaba, parlak, düz olmayan, hem kaba hem düz olmayan yüzeyler ise makrogeometri kavramı kapsamında incelenmektedir.

#### 4.8 Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçülmesi

Günümüzde yüzeylerin veya yüzey pürüzlülüğünün kontrolünde daha ziyade iğneli değme cihazlar kullanılmaktadır. Bunun yanında daha başka yüzey bozukluğu muayene metotları da mevcuttur. Bunlar daha az tanınmakla beraber, kullanımları bazı durumlarda önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Şekil 4.6’da çeşitli yüzey muayene usulleri ile muayene cihazları gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Yüzey muayene usulleri ve muayene cihazları

En çok kullanılan yüzey muayene metodlarından; mukayese metodlarıyla, iğneli değme metodu cihazları profilometreler ileleyen maddelerde tanıtılmaktadır.

#### 4.8.1 Yüzey pürüzlülüğünün tanımı

Bir yüzeyin elde edilmesinde görünüşü, rengi, paslanma ve aşınma direnci, sertliği, emme hareketi, yağlama ve toleransları gibi pek çok önemli nokta rol oynar. Bunlardan bazıları doğrudan yüzey kalitesiyle bağlantılıdır. Yüzey hassasiyeti üretimde uygulanan işleme metotlarına göre değişmektedir. Taşlama, frezeleme, planyalama ve diğer metotlarla işlenmiş bir malzeme yüzeyi, sayısız küçük pürüzlerin birleşmesiyle olmaktadır. Yüzeyi tamamen kaplayan bu pürüzler, o yüzeyin görünüşünü, kalitesini ve uygunluğunu belirtir. Daha iyi bir yüzey elde etmek için, önceden işlenmiş yüzeylerdeki pürüzler mümkün olduğu kadar yok edilmeye çalışılır. Bu amaçla taşlama, honlama, lepleme ve süper ince işleme metotları uygulanmaktadır (Bağcı ve Erişkin, 1988).

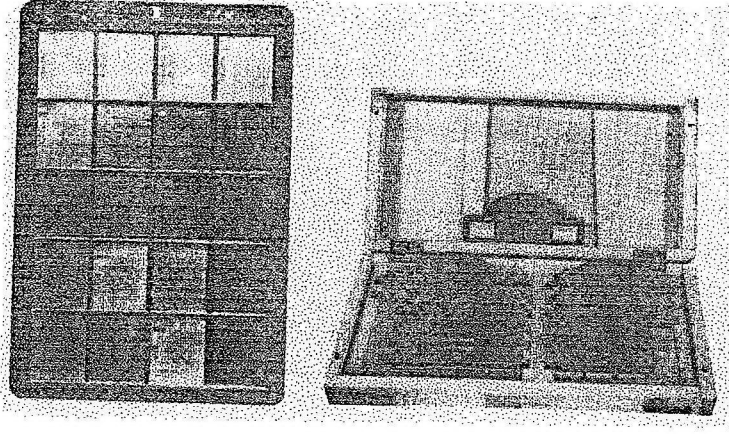
Yüzey kalitesini belirten pürüzlülük değeri, pürüz yüksekliği  $R_t$  veya aritmetik ortalama pürüzlülük değeri  $R_a$  ile belirtilir.  $R_a$  ve  $R_t$  pürüzlülük değerleri standartlaştırılmıştır.  $R_t$  değerleri Alman standardıdır ve diğer ülkeler tarafından pek kullanılmaz.  $R_a$  değeri ise dünya çapında en çok kullanılan standarttır. TSE  $R_a$  değerini TS 971 ve diğerlerinde tespit etmiştir.

#### 4.8.2 Mukayese metodları ile yüzey kontrolü

Bu bölümde, mukayese yöntemi ile yüzey pürüzlülüğü kontrol metodlarından olan standart örnek yüzeyler, mukayese mikroskobu, ışık bantlı mikroskop, interferans mikroskop ve profilometreler tanıtılmış ve çalışma prensiplerine değinilmiştir.

##### 4.8.2.1 Standart örnek yüzeyler

Bu yöntemde, standart örnek yüzeylere göre, iş parçasını yüzey kalitesi mukayese edilmektedir. Bu uygulama üretim atelyelerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Standart örnek yüzeyler çeşitli firmalar tarafından üretilmektedir. Şekil 4.7'de görülen örnek yüzeyler, siyah plastikten yapılmış bir gövde üzerine birleştirilmiş ve bu yüzeylerin üzerine talaş kaldırma metodu ve  $R_a$  ve  $R_t$  pürüzlülük değerleri yazılmıştır. Şekil 4.7'de görülen örnek yüzeyler çelik veya dökme demirden 30x20 mm yüzey ölçüsünde bir vida ile çerçeveye bağlanabilecek şekilde yapılmıştır. Bir çerçeveye, tornalama gibi, bir işleme metoduyla ilgili yüzey pürüzlülüğünü gösteren örnek yüzeyler bağlanmıştır.



Şekil 4.7 Standart örnek yüzeyler

Örnek yüzeyler  $R_a$  ve  $R_t$  değerlerine göre düz veya silindirik olarak değişik talaş kaldırma metotlarıyla belirli hızlar ve ilerlemede işlenir.

İşlenen bir parçanın yüzey pürüzlülüğü, aynı malzemenen yapılmış ve aynı metotla işlenmiş uygun bir örnek yüzeyle mukayese edilerek kontrol edilmektedir. Mukayese işlemi gözle bakılarak veya yüzey üzerine tırnakla hafifçe temas ettirilerek yapılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünün etkili bir şekilde değerlendirilmesi, geniş çapta işçinin becerisine ve ortamdaki ışık durumuna bağlıdır.

#### 4.8.2.2 Mukayese mikroskobu

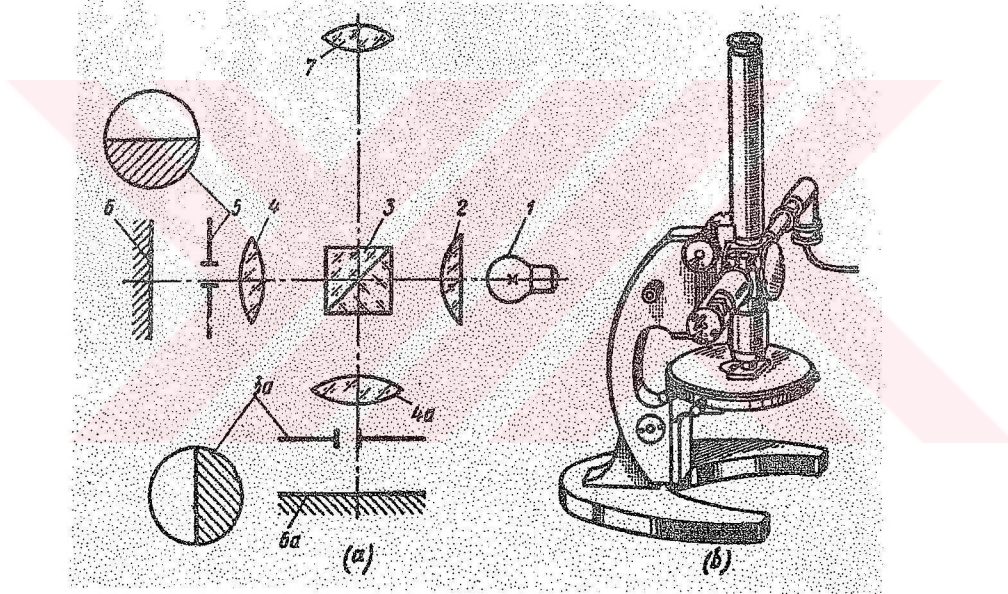
Mukayese hassasiyeti, özel mukayese mikroskopları yardımıyla oldukça yükseltilebilir. Kontrol edilecek parça yüzeyi ile standart örnek yüzeyi, mukayese mikroskobu altında aynı ışık konumu ve aynı oranda büyütme ile aynı zamanda yan yana getirilerek mukayese edilmektedir (Bağcı ve Erişkin, 1988)

Şekil 4.8'de lambalardan (1) gelen ışık hüzmesi kondansatörden (2) geçerek, hüzmeleri ikiye bölen küpe (3) gelir. Hüzmelerin bir yarısı yön değiştirmeden objektif (4) ve diyaframdan (5) geçerek standart örnek yüzeye gelir. Buradan yansıyan hüzmeler tekrar küpe (3) gelir ve okülere (7) doğru yön değiştirir. Hüzmelerin diğer yarısı küpten (3) yansıyarak objektif (4a) ve diyaframdan (5a) geçerek kontrol edilecek yüzeye (6a) gelir. Buradan yansıyan hüzmeler geriye doğru diyaframdan (5a), objektiften (4a) ve küpten (3) geçerek okülere (7) gelir. Diyaframlar öyle yerleştirilmiştir ki; görüş sahasının biri sağda, diğeri de solda olmak üzere yan yana oluşur. Böylece, kontrol edilen yüzey ile standart örnek yüzey yan yana oküler içinde gözlenerek yüzeylerin mukayesesi kolayca yapılabilir.

Mikroskop kontrol edilecek yüzey ve örnek yüzey üzerinde sabit olarak ayarlanır. Örnek yüzey, mikroskop üzerindeki belirli yuvasına bir civata ile tespit edilmektedir. Objektif tüpü, kontrol edilecek yüzeye temas ettirilir. Sabit ayarlama için ölçme oldukça basitleştirilebilmektedir.

Mukayese mikroskobu portatif olarak da kullanılabilir. Bunun için mikroskop sehpadan sökülür ve objektif tüpü kontrol edilecek yüzeye temas ettirilerek uygulanır. Lambaya gelen güç, flaş bataryasından elde edilebilir.

Mukayese mikroskoplarının pek çok tipi vardır. Bazılarında büyütme oranı ve görüş sahası sabittir. Bazılarında ise, büyütme oranları 15X – 200X arasında değerler verecek şekilde objektifleri ve oküleri değiştirilebilir.



Şekil 4.8 Mukayese mikroskobu

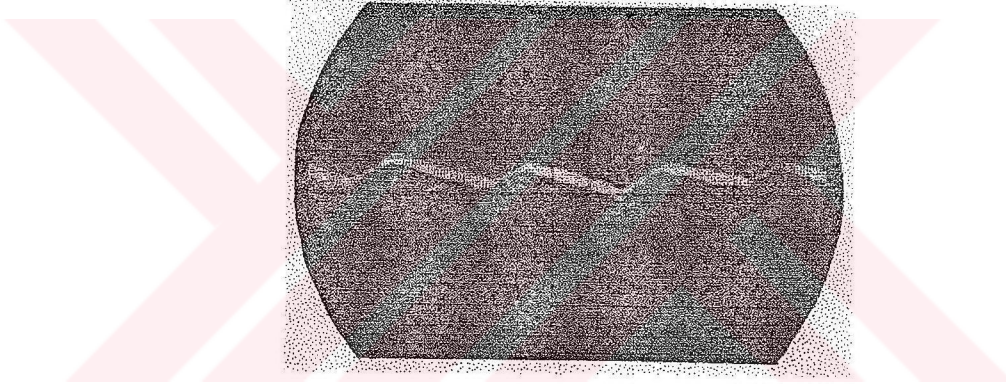
#### 4.8.2.3 Işık bantlı mikroskop

Işık bantlı mikroskop yaklaşık 1 mikron yüksekliğindeki yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilmesinde kullanılabilir. Bu mikroskoplarla kontrol edilecek yüzeye dokunmadan ve zarar vermeden büyük bir hassasiyetle basit bir işlemle ölçme yapılabilir. Burada uygulanan metotla, kontrol edilecek yüzeye eğimli olarak gönderilen düz ışık hüzmeleri yüzey üzerinde dar bir ışık bandı oluşmaktadır. Bu ışık bandı, yüzey ile ışık bandı hüzmesi düzleminin arakesit izini belirtir. Kontrol edilen yüzey üzerindeki pürüzlülüğü oluşturan girinti ve çıkıntılar arakesit izi üzerinde kертikli çizgi olarak görünür. Işık bandı, belirli bir açı altında

gözlenerak yüzey pürüzlülük değeri oküler içinde görünen doğru çizgilere göre belirlenmektedir (Bağcı ve Erişkin, 1988).

Şekil 4.9'da bir ışık bantlı mikroskop ve çalışma prensibi gösterilmektedir. Lambalardan (La) gelen ışık hüzmesi objektiften (O1) geçerek yüzey üzerinde ince bir ışık bandı meydana getirir. Bu bant, O1 objektifi ile aynı büyütme oranına sahip O2 objektifi bulunan bir mikroskopla gözlenir (Şekil 4.8.b). Aydınlatma mikroskobu ile gözetleme mikroskobu birbiriyle  $90^{\circ}$  lik, iş parçası yüzeyi ile  $45^{\circ}$  lik açı yapacak şekilde gövdeye tespit edilmiştir. Oküler içinde gözüken çizgili ağ (M) ölçme tamburunun görüş sahası içinde ayarlanabilmekte ve ölçülecek değerler doğrudan ölçme tamburunda mikron ( $\mu$ ) olarak okunabilmektedir.

Objektifler ve oküler bir set halinde değiştirilebilmektedir. Ölçülecek düz parça doğrudan tabla üzerine, silindirik parçalar özel V blokları içine yerleştirilir. Hataları önlemek için çapı 30 mm'den küçük olan silindirler ışık bantlı mikroskoplarda ölçülmemelidir.



Şekil 4.9 Yüzey pürüzlülüğünün okülerdeki görüntüsü (Bağcı ve Erişkin, 1988)

#### 4.8.2.4 İnterferans mikroskop

İnterferans ölçme metodu son yıllarda süper ince işlenmiş yüzeyleri ölçmek ve kontrol etmek bakımından büyük önem kazanmıştır. Bu yöntemde yüzeye herhangi bir temas olmadığından yüzey zarar görmemektedir. Mikroskoplar, ölçme laboratuvarında ve üretim atelyelerinde kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Bunlarla yüzey pürüzlülüğü 0.03 ile 2 mikron olan yüzeyler ölçülebilmektedir.

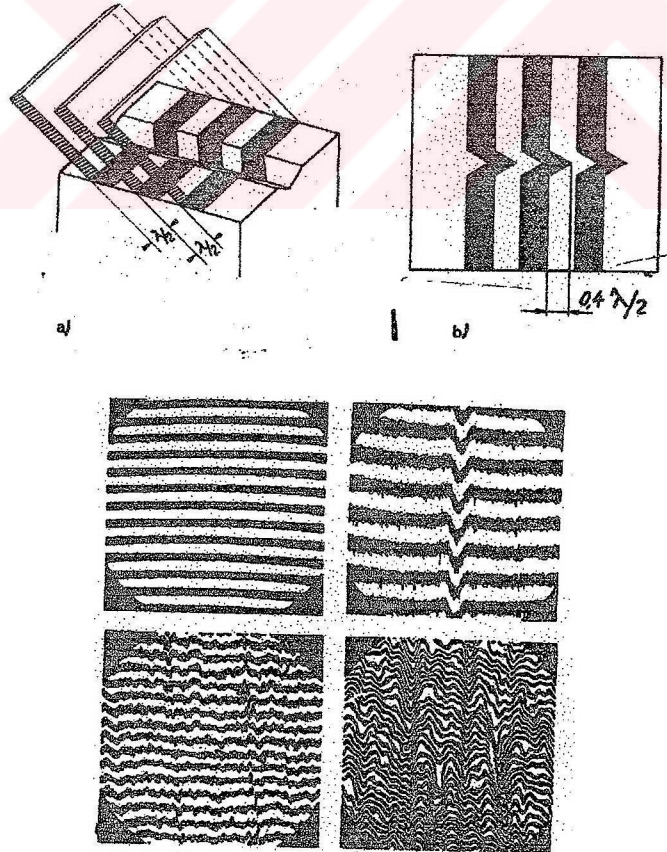
Kontrol edilen yüzeyin pürüzlülük durumu, mikroskobun büyütülmüş görüntüsü içinde birbirine paralel parlak siyah bantlar halinde görünür. Düz yüzeylerde bu bantların aralıkları birbirine eşittir. Küresel ve silindirik yüzeylerde bu bantların aralıkları muntazam bir şekilde

azalarak dağılırlar. Gözlenen yüzeyin yükseklik değişimleri siyah bandın çevre sınıрыyla temsil edilir ve yükseklikler bant birimleriyle veya kısımlarıyla ölçülendirilir.

Bant aralığı, tek renkli filtre içinden geçen veya direkt emisyon yoluyla üretilen ışık dalga boyunun yarısına eşittir. Örnek olarak, bir talyum lambasının yaydığı tek renkli ışığın dalga boyu  $\lambda = 0.54$  mikrondur ve böylece iki siyah bant aralığı 0.27 mikron değerindeki bir yüksekliği gösterir. İnterferans mikroskobunda bölüntülü göstergeye ihtiyaç bulunmamakta, çünkü değişmeyen ışık dalga boyu, bir ölçme birimi olarak kullanılmaktadır.

Şekil 4.10'da interferans mikroskobu ile üzerinde V kanalı bulunan bir yüzeyin nasıl incelendiği gösterilmektedir. Burada örnek yüzey üzerinde gözüken bantlar arasındaki aralık yarım dalga boyu ve eğimli parlak paralel siyah düzlemler tarafından meydana gelmektedir (Şekil 4.10.a). Mikroskop içindeki görüntü şekil 4.10.b'deki gibidir. Yüzey değişiklikleri ideal yüzey pürüzlülüğüne bantları saptıracaktır. Bu sapma değerleri doğrudan bant aralık birimleri içinde mikron olarak ölçülebilir.

Şekil 4.10'de, düz yerlere ait değişik yüzey pürüzlülükleri ve hataları interferans mikroskopta çekilmiş fotoğraflarla gösterilmektedir.



Şekil 4.10 İnterferans mikroskobu ile üzerinde V kanalı bulunan bir yüzeyin incelenişi

### 4.8.3 Profilmetreler

Profilometreler, iğne uçlarla yüzeye temas ederek yüzey pürüzlülüğünü doğrudan ölçen aletlerdir. Pek çok tipte yapılmışlardır. Bunlardan en çok kullanılanları tanıtılmaktadır.

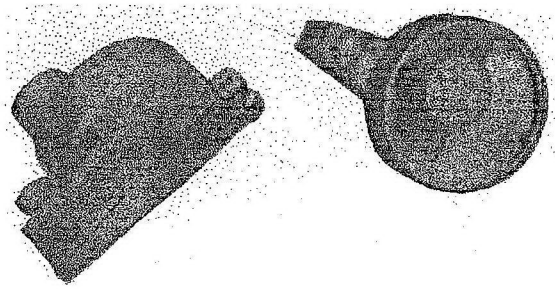
#### 4.8.3.1 Yaylı tip profilometre

Şekil 4.11.a'da interferans mikroskobu ile üzerinde V kanalı bulunan bir yüzeyin nasıl incelendiği ve endikatör prensibine göre yapılmış mekanik olarak çalışan bir yüzey pürüzlülüğü ölçme profilometresi görülmektedir. Hafif ağırlıkta ve küçük ölçüler içinde yapılmış olan alet üzerinde üç adet küresel sert metal destek vardır. Elmas uçlu iğne, desteklerden birine açılan delik içine yerleştirilmiştir. Alet, kontrol edilecek yüzey üzerinden çapraz olarak yavaşça geçirildiği zaman, yüzey pürüzlülüğü saat üzerindeki göstergeden okunur. Gösterge üzerindeki bölüntüler  $R_a$  ve  $R_t$  pürüzlülük değerlerine göre yapılmıştır.

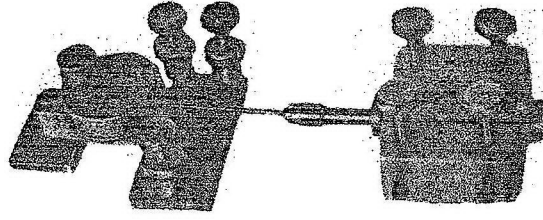
Küçük, hafif ve sağlam bir yapıya sahip olduğu için bu alet genellikle üretim atelyelerinde, ölçme odaları ve laboratuvarlarında değişik biçim ve boyutlardaki iş parçalarının kontrol edilmesinde kullanılabilir.

Bu aletlere takılan elmas uçlu iğnenin uç açısı  $60^\circ$  ve uç kavis yarıçapı 0.01 mm veya 0.005 mm'dir. Ölçme baskısı normal olarak 1 gramdır.

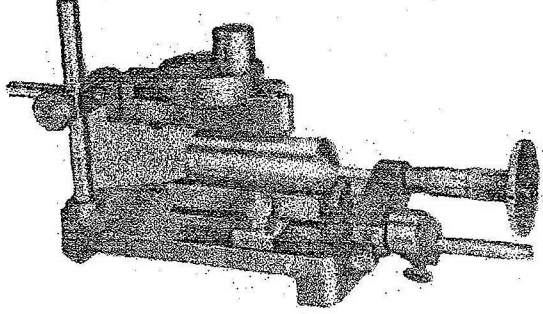
Şekil 4.11.b'de mekanik sistemle çalışan yaylı profilometre ile taşlanmış bir yüzeyin yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi gösterilmektedir. Düz yüzeylerin, silindirik düz yüzeylerin ve deliklerin kontrol edilebilmesi için aletle birlikte ve set halinde yardımcı elemanlar bulunur. Aletle birlikte mikrometresi bulunan sehpa ve dayama ile dar yüzeylerin nasıl ölçüldüğü de gösterilmektedir. Burada alet, mikrometre ucuna bağlanmakta ve iş parçası üzerindeki hareketi mikrometre ile verilmektedir. İğne uç iş parçası üzerine temas ederken diğer iki destek dayama sehpasını üzerine oturmaktadır. Şekil 4.11.c'de ise, kısa boydaki dış ve iç silindirik yüzeylerin pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılan bir sehpa gösterilmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.11 Yaylı tip profilometre örnekleri

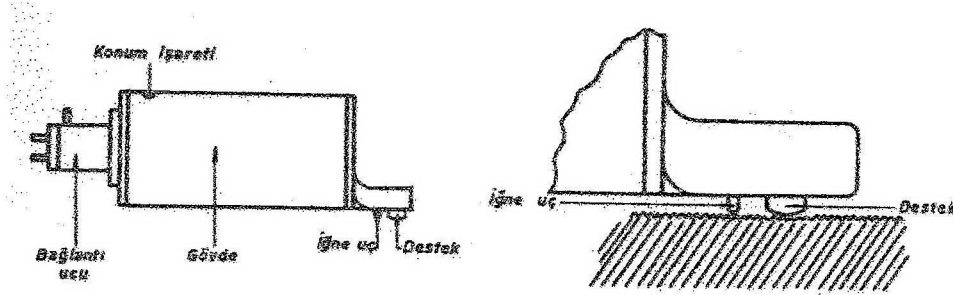
#### 4.8.3.2 Elektrikle çalışan profilometreler

Bu aletin çalışma prensibi, yüzey üzerindeki pürüzlere göre düşey olarak hareket eden ve bu hareketleri elektrik sinyallerine dönüştüren elmas uçlu iğnelere dayalıdır. İğne uç, bir başlığa (detektör) bağlıdır ve başlık iş parçası yüzeyine kontrol edilebilir bir seviyede tutularak iğne ucun fiziksel olarak yüzeyi yakından izlemesi sağlanmaktadır. İğne ucun parça yüzeyi boyunca tarama hareketi esnasında oluşan mekanik sapmalar, başlık tarafından elektrik sinyallerine dönüşür. Bu sinyaller elektronik olarak yükseltilir ve ibreli göstere ve sayısal okuma ünitelerinde ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde okunur veya kaydetme ünitelerinde yüzey pürüzlülüğü büyütülmüş olarak milimetrik kağıtlara kaydedilmektedir.

Genellikle elektrikle çalışan iğne uçlu yüzey pürüzlülüğü ölçme aletleri üç ana kısımdan oluşmaktadır;

- İğne uçlu başlık ve hareket ünitesi: Başlık, yüzey üzerinde ileri-geri hareket etmekte ve yüzey pürüzlülüğünü eşdeğer elektrik voltajına dönüştürmektedir (Şekil 4.12).
- Amplifikatör: Başlığın çıkardığı voltaj ve iç direnci yükseltmektedir.
- İbreli göstere veya sayısal okuma ünitesi veya kayıt ünitesi: Bu ünite yükseltilmiş voltaja cevap vermektedir.

İğne uç, yüzey pürüzlerini belirleyecek özellikte olmalıdır. Uç kısım sert metalden  $60^{\circ}$  ve  $90^{\circ}$  lik koni biçiminde ve tepesi küresel olarak yapılmakta, küre yarıçapı genellikle 0.01 mm boyutunda kullanılmaktadır. İnce işlenmiş kontrolü için bu değer 0.002 mm'ye kadar küçümetedir. İğnenin yüzeye devamlı temasını sağlamak için bir baskı kuvveti uygulanmaktadır. Bu kuvvet en fazla 2.5 gramdır.



Şekil 4.12 Başlık, iğne uç ve destek

Başlık, piezoelektrik, elektro-magnetik, v.b. sistemlerden biriyle çalışır. Bugün yapılan pek çok profilometrede iğne ucun gezintisiyle orantılı birtakım elektrik sinyalleri üreten, duyarlı başlıklar kullanılmaktadır. Başlık bir destek elemanına bağlıdır ve bu elemanın doğrusal ileri-geri hareket içinde iş yüzeyi boyunca devamlı temas ederek kaymaktadır. Başlık, iş yüzeyine bir destek ayak üzerinde dayanmaktadır (Şekil 4.12). Destek, kavisli bir dayanma elemanıdır ve başlığın alt tarafında iğne ucun yanında bulunur. Destek kavisinin yarıçapı pürüzlülük dalga boyundan çok küçük olmalıdır. Çeşitli tipte ve ölçüde destek yapılmaktadır.

Başlığın belirli bir konumda ve seviyede tutulması ve hareket ünitesine bağlanması için aletin tipine göre çeşitli yardımcı elemanlar kullanılır.

Hareket ünitesi; başlığın, dış yüzeyine paralel bir düzlem boyunca hareket etmesini sağlamaktadır. Bünyesinde bir elektrik motoru, bir dişli kutusu, bir hareket vidası ve bir sürgü bulunmaktadır. İleri-geri hareketinin hızı ve kursu ayarlanarak kontrol edilmektedir. Genellikle hız değeri 2.5 ile 30 mm/s arasındadır. İnce işlenmiş yüzeylerde küçük çaplı iğne kullanılarak hassas ölçme yapmak gerektiğinde 0.125 ile 1 mm/s'lik düşük hızlar tercih edilir. Ayarlanabilir kurs uzunluğu genellikle 1.5 ile 25 mm arasındadır. Bazı aletlerde küçük boyutlar için bu değerler daha küçük; örneğin, 0.25 mm alınmaktadır.

Amplifikatör, başlığın dışındaki diğer tüm elektronik kısımları bünyesinde bulunduracak şekilde bir kutu içine yerleştirilmiştir. Amplifikatör bir elektrik kablosu ve adaptörle başlığa bağlı konumdadır.

Pek çok yüzey pürüzlülüğü ölçme amplifikatörlerinde çift konumlu birkaç anahtar bulunmaktadır. Bu anahtarlar uygun  $R_a$  ve  $R_t$  değerlerini, devre kesme uzunluklarını, pürüzlük değerlerini ve hız değerlerini seçmek için kullanılır. Devre kesme uzunluğu genellikle 0.25 mm, 0.76 mm ve 2054 mm olarak üç değerde seçilmektedir. Bu değerler başlığın ileri-geri hızına bağlıdır.

İbrelî gösterge, genellikle amplifikatör ünitesi ile birlikte önceden gözlenecek şekilde bir kutuya yerleştirilmektedir. Pek çok gösterge, ortalama yüzey pürüzlülüğünü göstermek üzere bölünmüş durumdadır.

Çok çeşitli tipte profilometreler yapılmaktadır. Aşağıda birkaç örnek profilometre ele alınmaktadır.

#### 4.8.3.3 Örnek profilometreler

Elle tutularak çalıştırılan profilometre tipinde, başlık elle tutulmakta ve bir doğru çizgi boyunca yüzey üzerinde hareket ettirilmektedir. Ucuz ve kullanışlı bu alet sayesinde iş parçasının ve aletin konuma getirilme ve ayarlama gibi ilave işlemleri ortadan kaldırılmıştır. Üretim atelyelerinde, çabuk kontrollerde, takım tezgahında bağlı olan iş parçalarının kontrol edilmesinde rahatlıkla kullanılmaktadır.

Düz yüzeylerle silindirik iç ve dış yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir. Bu amaçla kutu içinde çeşitli iğne uçlar ve destekleri diğer yardımcı elemanlarla birlikte verilmektedir.  $R_a$  değerlerine göre ölçme yapmak üzere 0.25 ile 7.6 mikron değerleri arasında dört kademesi bulunmakta ve bir batarya ile çalışmaktadır.

Genel tipte yapılmış bir yüzey pürüzlülüğü ölçme profilometresi Şekil 4.13.a'da gösterilmektedir. Bu tip profilometreler üretim atelyelerinde rahatlıkla kullanılabilir. Amplifikatörler ve ibrelî gösterge bir kutu içerisinde birlikte bulunmaktadır. İş parçasına temas eden iğne uçlu başlık, ayarlanabilen bir ara mülle tutulmakta ve ileri-geri hareketini de bir motordan almaktadır.

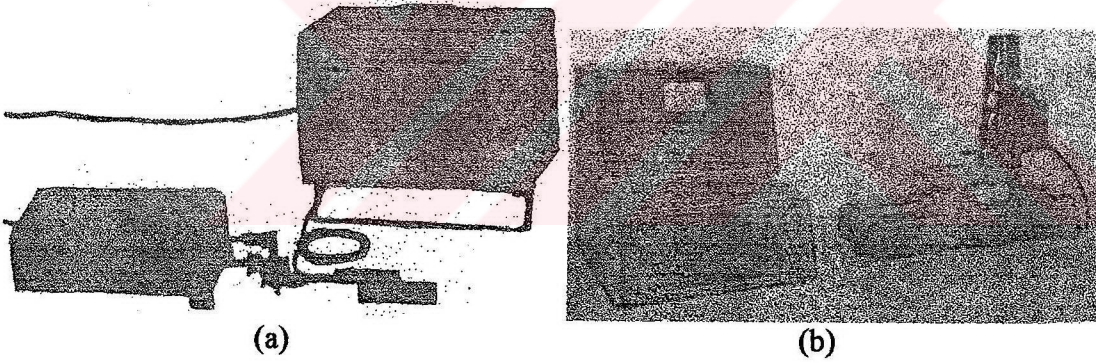
Amplifikatörler tekrar şarj edilebilen bir batarya ile çalışmaktadır. İbrelî gösterge  $R_a$  ve  $R_t$  değerlerini göstermektedir. İki bölüntü 0-10 ve 0-30 aralıklarında yapılmıştır. Yedi yüzey pürüzlülük parametresi bulunmaktadır.

Başlık magnetik sistemle çalışır ve elmas iğne ucun yarıçapı  $60^0$  dir. İğne ucun baskı kuvveti 1.5 gramdan azdır. Tek destek vardır ve yarıçapı 30 mm'dir. Hareket ünitesi ileri-geri hareketlidir. Tarama hızı 2mm/s ve 6mm/s'dir. Hareket kutusu 2 ile 50 mm arasında ayarlanabilmektedir.

Masa tipi bir profilometre Şekil 4.13.b'de gösterilmektedir. Bu alet endüstride kritik önemi bulunan yüzeylerin kontrol edilmesinde kullanıldığı kadar, araştırma ve geliştirme laboratuvarlarında da tercih edilir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini  $R_a$  olarak göstermektedir.

Bu aletin çalışma prensibi ve diğer özellikleri yukarıda bahsedilenle aynıdır. Ancak ilave olarak bir kayıt cihazı mevcuttur. Pürüzlülük değerleri bu kayıt cihazı ile 50X ile 100000X defa büyütülerek milimetrik kağıtlara kaydedilebilmektedir.

Çeşitli iç ve dış yüzeylerde ileri-geri hareketin sağlanması için, değişebilen farklı destekleri bulunan iğne uçlarla donatılmış başlıklar ve başlık sütunları bulunmaktadır.



Şekil 4.13 Örnek Profilometreler

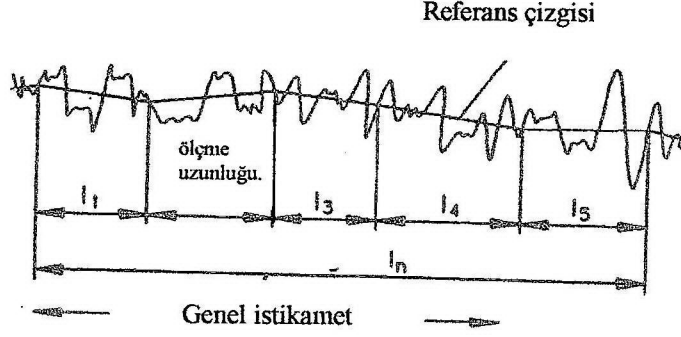
#### 4.9 Yüzey Karakteristikleri

Kullanılan pürüzlülük parametreleri ile ilgili olarak, halen geçerli standartlara göre bugüne kadar uygulanmakta olan parametrelerle ve yeni geliştirilen uluslararası standartlarda önerilen parametreler arasında farklılıklar bulunmaktadır (Durakbaşı, 1998).

##### 4.9.1 Referans çizgisi, ölçme uzunluğu, değerlendirme çizgisi

Referans çizgisi, pürüzlülük parametrelerine göre tesbit edilen bir çizgidir (TS 971, 1988). Durakbaşı'ya (1998) göre referans çizgisi, profilin pürüzlülüğünü kantitatif olarak

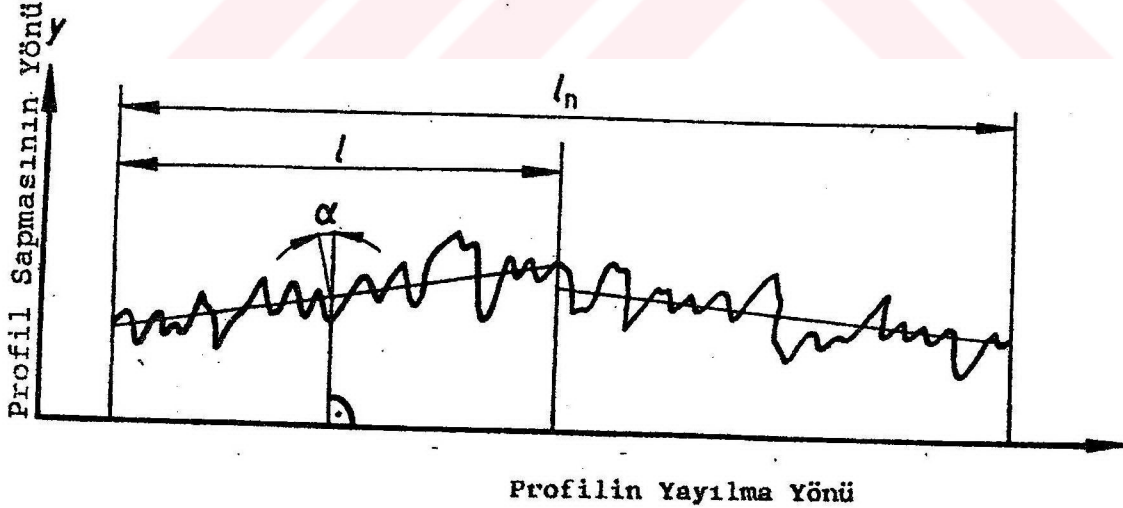
değerlendirmekte kullanılan, belirli şekilde seçilmiş bir çizgidir. Bu çizgi Şekil 4.14'de görüldüğü gibi iki tarafa doğru sınırlandırıldığında profilin genel istikametinin ölçme uzunluğu  $l_i$  olarak tanımlanır. Değerlendirme çizgisi  $l_n$  üzerinde yüzey pürüzlülüğü parametre değerlerinin hesaplanmasında esas alınan uzunluklardır. Bu uzunluklar bir veya birkaç numune uzunluğunu ihtiva edebilirler (TS 971, 1988).



Şekil 4.14 Referans çizgisi (Durakbaşa, 1998).

#### 4.9.2 Profil sapması (y)

Profil sapması profilin üzerinde gözlenen bir nokta ile seçilen referans çizgisi arasındaki mesafe olarak tanımlanmaktadır. Profil sapmaları, referans çizgisi ile apsis arasındaki açının çok küçük olması nedeniyle daima ordinat yönünde ölçülmektedir.

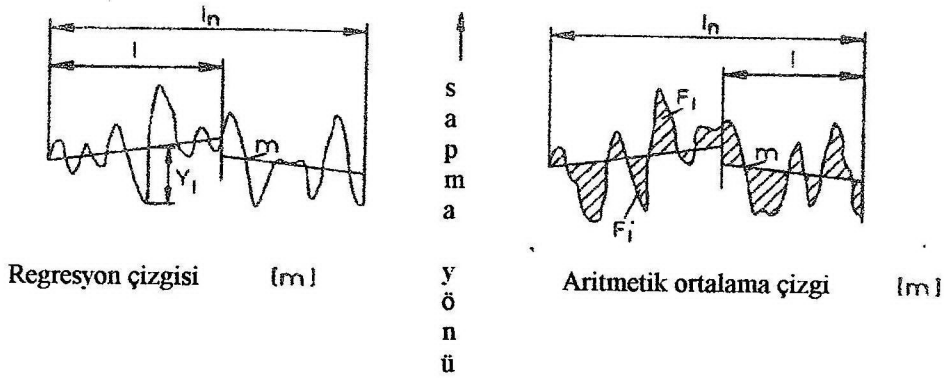


Şekil 4.15 Profil sapmaları (TS 6956, 1989)

#### 4.9.3 Ortalama çizgi sistemi

Profili değerlendirmek üzere bir ortalama çizgi, referans çizgisi olarak kullanılır. Bu ortalama çizgi bir profilin en çok göze batan bozuklukları arasındaki ortalama uzaklıktır. Ortalama

çizginin belirlenmesinde sık kullanılan iki metot; regresyon çizgisi (en küçük kareler ortalaması çizgisi) ve aritmetik ortalama çizgisi yöntemleridir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Regresyon çizgisi ve aritmetik ortalama çizgisi

**Regresyon Çizgisi;** Ortalama çizgi ile profil üzerindeki noktalar arasında bulunan ordinatları karelerinin toplamını en az değerde kılacak şekilde, profili kesen çizgidir.

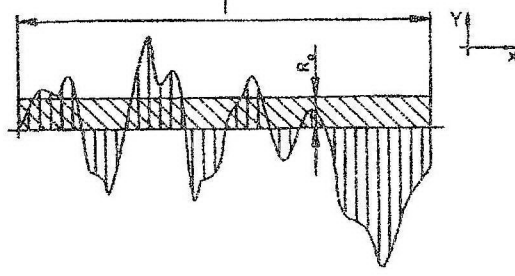
**Aritmetik Ortalama Çizgisi;** Aritmetik ortalama çizgisi bir profilin, ölçme uzunluğu dahilinde, üst ve alt kısmında kalan yüzeylerin alanları toplamının birbirlerine eşit olacak şekilde bölünmesiyle elde edilmektedir. Aritmetik ortalama çizgisinin istikameti profilin genel istikametiyle aynıdır.

#### 4.9.4 Pürüzlülük parametresi, aritmetik ortalama sapma, $R_a$

Aritmetik ortalama  $R_a$ , (4.1) eşitliği yardımıyla hesaplanan, gözlenen ölçme uzaklığı içerisinde sapmaların ( $y$ ) absolut değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 4.17). Pratik olarak  $R_a$  değeri birkaç numune uzunluğundan meydana gelen değerlendirme uzunluğu içerisinde hesaplanmaktadır (TS 971, 1988).

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

(4.1)

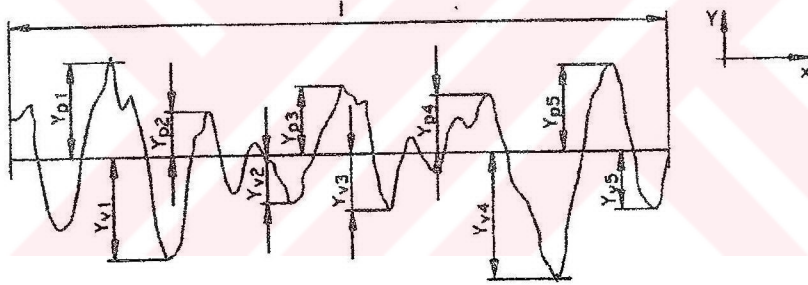


Şekil 4.17 Aritmetik Ortalama Sapma  $R_a$

#### 4.9.5 Ortalama pürüzlülük derinliği, $R_z$ (On nokta metodu)

Ortalama çizgiye paralel olup, profili kesmeyen bir doğrudan örnek boyu içinde ölçülen beş en yüksek çıkıntı ile beş en derin girinti arasındaki ortalama uzaklık olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.18). (4.2) denklemi yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \right) \quad (4.2)$$



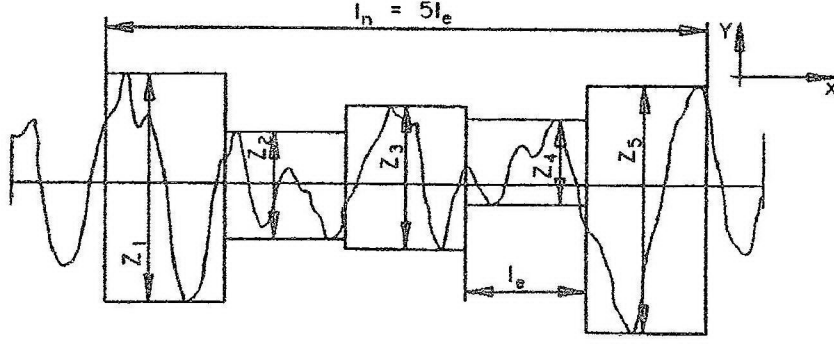
Şekil 4.18  $R_z$  (On nokta metodu)

#### 4.9.6 Ortalama pürüzlülük derinliği, $R_z$ ( Beş kısmi ölçme uzaklığı metodu)

Ölçme uzaklığı, beş eşit aralıklı kısmi uzaklığa ( $le$ ) ayrılır. Her kısımda maksimum profil yüksekliği  $Z_i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) belirlenir. Tespit edilen beş  $Z_i$  değerden aritmetik ortalama alınarak (4.3) denklemi yardımıyla  $R_z$  hesaplanmaktadır (Şekil 4.19).

$$R_z = 1/5 ( Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 )$$

(4.3)



Şekil 4.19  $R_z$  (Beş kısmi ölçme uzaklığı metodu)

#### 4.9.7 Pürüz yüksekliği, $R_t$

Numune ölçme uzunluğu ( $l$ ) içerisindeki profil tepesinin en yüksek noktası ile profil regresyon çizgisi ( $m$ ) arasındaki mesafedir (TS 6956, 1989).

#### 4.9.8 Yüzey bozukluğunun maksimum yüksekliği, $R_{max}$

Numune uzunluğu ( $l$ ) içerisindeki profilin en alçak ve en yüksek noktalarına teğet olan ve ortalama çizgiye paralel iki çizgi arasındaki uzaklıktır. Ölçülen değerlerin hiçbirisinin çizimde belirtilen değeri aşmaması talep edildiğinde “max” ifadesi ilave edilir.  $R_{y_{max}} = 6.3 \mu m$  gibi.

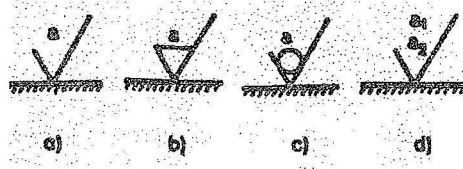
#### 4.9.9 Konstrüksiyonda yüzey pürüzlülüğü

Üretim parçasının yüzeyinin nasıl olması ve teknik resimlerde ne şekilde gösterilmesi gerektiği uluslararası standartlardan, ISO 1302: 1997’de, belirlenmiştir (Şekil 4.20). Yüzey işaretleri olarak adlandırılan eski semboller bundan böyle standartlara uygun çizimlerde yer alamayacaklardır.

	belli işleme metodu yok	a
	talaşlı işleme	b
	talaşsız işleme	c

Şekil 4.20 Temel sembollerin üç değişik türü

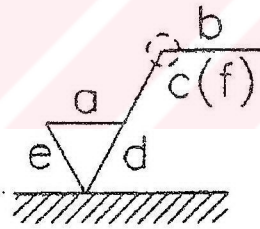
Şekil 4.21'de görüldüğü gibi yapım resimleri üzerine yüzey kalitesini belirten semboller ve  $R_a$  pürüzlülük değerleri konmaktadır. Şekilde gösterilen  $a$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  harflerinin yerine  $R_a$  değerleri  $\mu m$  olarak veya  $N_1$  .....  $N_{12}$  gibi sınıf numaraları yazılır. Şekil 4.21.a'da gelişigüzel yapım metodu ile elde edilen bir yüzey kalitesi durumu, Şekil 4.21.b'de talaş kaldırmak sureti ile elde edilen bir yüzey kalitesi durumu, Şekil 4.21.c'de ise talaş kaldırmaksızın elde edilen bir yüzey kalitesi durumu gösterilmektedir. Burada  $a$  pürüzlülük değeri, kabul edilen en büyük değeri göstermektedir. En küçük ve en büyük pürüzlülük değerleri gösterilirken Şekil 4.20.d'de görüldüğü gibi en büyük değer ( $a_1$ ), en küçük değer ( $a_2$ ) üzerine gelecek şekilde yazılmaktadır.



Şekil 4.21 Pürüzlülük değerlerinin resim üzerinde gösterilmesi

#### 4.9.10 İlave işlemler

İstenilen yüzey pürüzlülüğü öncelikle uygun sayısal değerlerle şekilde görüldüğü gibi gösterilmektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 İşaretleme bölgeleri

**a Bölümü:** Bu bölüme istenilen pürüzlülük değeri,  $R_a$  veya diğerleri,  $\mu m$  olarak ait olduğu kısaltılmış işaretlemeyle yazılmaktadır. Konstrüksiyona göre üst ve alt sınırlar talep ediliyorsa, bu durumda aynı yere üst üste yazılan sayısal değerlerle sınırlanmaktadır. Yukarıdaki değer üst, aşağıdaki değer alt sınırı ifade etmektedir.

**b Bölümü:** Bu bölümde talep edilen üretim metodu yazı ile belirlenmektedir. Çoğunluğu işlenmemiş yüzeylerden oluşan üretim parçalarında bu veriler, eğer kullanılmakta olan üretim metodu yüzeyin son durumunda yeterli olacak pürüzlülüğü garanti ediyorsa, gösterilmek

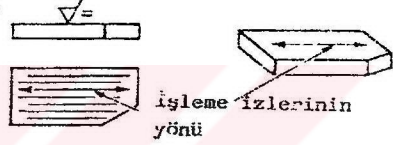
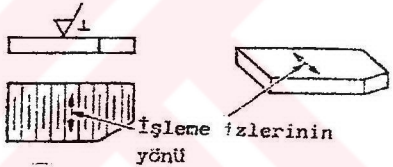
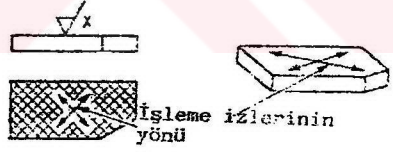
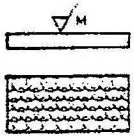

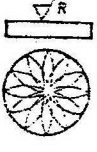
durumunda değildir. Böyle bir durumda temel sembol 'işlenmemiş' ibaresi ile de ifade edilebilir.

c Bölümü: Bu bölümde dalga derinliği ( $\mu\text{m}$ ) veya ölçme çizgisi uzunluğu (mm) gösterilmektedir.

d Bölümü: Bazı parçaların fonksiyon yeteneği için işleme oluklarının istikametinin tam olarak tespit edilmesi gerekmektedir.

e Bölümü: Bu bölümde genelde ilave işleme payı (mm) gösterilmektedir.

f Bölümü: Bu bölümde  $R_a$ 'dan başka yüzey bozukluğu değeri gösterilmektedir.

Sembol	Açıklaması
=	Sembolün uygulandığı görünüşün izdüşüm düzlemine paralel izler 
⊥	Sembolün uygulandığı görünüşün izdüşüm düzlemine dik izler 
X	Sembolün uygulandığı görünüşün izdüşüm düzlemine göre her iki yönde eğik çapraz izler 
M	Çok yönlü izler 
C	Sembolün üzerine konulduğu yüzeyin merkezine göre yaklaşık olarak dairesel izler 
R	Sembolün üzerine konulduğu yüzeyin merkezine göre yaklaşık olarak radyal izler 

Şekil 4.23 Oluk istikametlerini gösteren semboller

#### 4.9.11 Çizimlerin değerlendirilmesi

Çizimlerde belirlenen pürüzlülük verileri standartlara uygun olarak genelde Gauss normal dağılımı gibi standart normal dağılıma göre interprete edilmektedirler. Ölçümlerin tekrarında, münferit ölçü değerleri teknik resimde belirlenen değeri aşabilmektedir. Aksini belirten bir ifade olmadıkça, veriler enine profil için geçerlidir. Teknik resimde yalnızca bir değer gösterildiğinde, kabul edilir değer olarak ( $\mu + k\sigma$ ) ya göre değerlendirileceği anlamına gelir.  $k=1$  olarak verildiğinde ölçülen pürüzlülük değerlerinin %84'ünün teknik resimde belirlenen değer altında çıkması veya % 16 kadarının üzerinde olması beklenir. Başka bir ifade ile çizimde belirtilen pürüzlülük değerinin %84'lük bir güvence ile tutturulduğu anlamına gelir.

#### 4.10 Şekil ve Konum Sapmaları

Üretim parçalarının yüzeyi tek tek şekil elemanlarından oluşmaktadır. Üretim parçalarının şekil elemanları ideal şekillerinden ve konumlarından sapmalar gösterdikleri için geometrik ideal parçaların üretimi mümkün değildir. Üretimden kaynaklanan şekil ve konum sapmaları üretim parçalarının fonksiyonunu önemli ölçüde etkilemektedir.

##### 4.10.1 Şekil toleransları

Şekil toleransları bir elemanın geometrik ideal şeklinden kabul edilir sapmaların sınırlarını tayin etmektedir. Bu toleranslar, elemanın içinde bulunması gereken tolerans kuşağını belirlemektedir. Şekil toleranslarının referansları genellikle şekil elemanlarıdır.

##### 4.10.2 Konum toleransları

Konum toleransları Şekil 4.24'de görüldüğü gibi istikamet, yer ve koşma toleransları olarak üç ana gruba ayrılırlar (ISO / FDIS 1101, 1998). Konum toleransları iki veya daha fazla elemanın birbirleri arasındaki geometrik ideal konumdan, kabul edilir sapmalarını sınırlamaktadır. Bu elemanlardan en az bir tanesi referans elemanı olarak belirlenmektedir. Gerektiği takdirde daha fazla referans belirlenebilir, örneğin; millerin mesnet yerleri gibi. Geometrik bir elemanın konum toleransı, tolere edilen elemanın içinde bulunması gereken

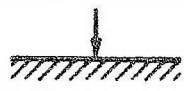
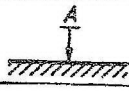








tolerans sınırlarını belirlemektedir. Bu eleman şekil toleransı talep edilmediği durumlarda herhangi bir şekilde olabilmektedir.

Tolerans		Tolere edilen özellik	Sembol
<b>Şekil Toleransları</b>		DOĞRULUK	—
		DÜZLEMLİK	□
		YUVARLAKLIK (ÇEMBER)	○
		SİLİNDİR	∅
		HERHANGİ BİR ÇİZGİ PROFİLİ	⌒
		HERHANGİ BİR YÜZEY PROFİLİ	∩
<b>Konum Toleransları</b>	İstikamet Toleransları	PARALELLİK	//
		DİK AÇILIK	⊥
		EĞİM	∠
	Yer Toleransları	POZİSYON	⊕
		KONSENTRİKLİK	◎
		KOAKSİYELLİK	◎
		SİMETRİ	≡
	Koşma Toleransı	KOŞMA	↗
		TOPLAM KOŞMA	↗↘

Şekil 4.24 Şekil ve Konum toleransları sembolleri

#### 4.10.3 İlave semboller

İlave semboller Şekil 4.25’de gösterilmektedir (ISO / FDIS 1101, 1998).

AÇIKLAMA		SEMBOL
TOLERE EDİLEN ELEMANNIN BELİRTİLMESİ	DOĞRUDAN	
	HARFLE	
REFERANS ELEMANNININ BELİRTİLMESİ		
REFERANS YERİ		
TEORİK TAM ÖLÇÜ		
PROJEKTION EDİLMİŞ TOLERANS KUŞAĞI		
ŞEKLİ STABİL OLMAYAN PARÇA		
SARMA ŞARTI		
MAXİMUM MATERYAL PRENSİBİ		
MİNİMUM MATERYAL PRENSİBİ		

Şekil 4.25 İlave semboller

#### 4.10.4 Referans elemanı

Konum toleransının kullanıldığı durumda referans olarak belirlenen elemandır. Referans elemanı olarak, mümkün olduğunca parçada gereken fonksiyonu yapan eleman seçilmelidir. Referans elemanının şekil sapması yeterince az olmalıdır ve gerekirse şekil toleransı yazılmalıdır.

#### 4.10.5 Sapmalar ve meydana geliş nedenleri

Şekil sapmalarının meydana gelmesindeki etkenler şunlardır:

- Gerilimler
- Üretim parçasının tespiti
- Kesme baskısı

- Titreşimler
- Üretim parçasının sonradan eksilmesi

#### Aks Dikey Şekil Sapmaları

- Ovalite ( Elips şekli)
- Relaeux Üçgeni

#### Aks Kesiti

- Koni şekli
- Çift çan şekli
- Varil şekli
- Eğrilme
- Burulma

#### Tolerans Bölgesi

- Daire içi alanı
- İki konsantrik daire arasındaki alan
- İki eşit aralıklı çizgi arası veya iki paralel doğru arasındaki alan
- Küre içi sahası
- Silindir içi sahası veya iki koaksiyel silindir arası
- İki eşit aralıklı yüzey veya paralel düzlem arası
- Paralelepiped arası

## 5. KOMPRESÖR PARÇALARININ GEOMETRİK ÜRÜN SPESİFİKASYONU STANDARTLARINA GÖRE KONTROLU VE ANALİZLERİ

### 5.1 Kompresörlerin Sınıflandırılması

#### *Deplasmanlı (Yer değiştirmeli) Kompresörler*

Statik basınç yükselmesinin, kapalı bir hacimdeki gazın, hareketli bir parça yardımıyla, bu hacim içine emilmesi ve basılması şeklinde bir yerdeğiştirme ile sağlandığı makinadır. Sıkıştırma, içte olabilir veya olmayabilir. İçte ise, basınç oranı sabit veya değişken olabilir (TS 7765:1990).

#### **Pistonlu kompresör:**

Sıkıştırmanın, pistonun içinde öteleme hareketi ile sağlandığı deplasmanlı tip kompresördür.

#### **Döner kompresör:**

Bir gövde içinde çalışan bir veya birden fazla rotor elemanı bulunan ve deplasmanın (yer değiştirmenin) palet, dişli hareketi veya rotorun kendi yerdeğiştirmesi ile elde edildiğı kompresördür.

#### *Dinamik Kompresör*

Akışkandaki basınç yükselmesinin, giriş ve çıkış arasındaki devamlı akış sonucunda, kinetik enerjinin potansiyel enerjiye dönüşümü ile elde edildiğı kompresördür. 9934: 1992'de iki grupta incelenmektedirler.

#### **Türbo kompresör**

Döner kanatlı veya çarklı dinamik kompresördür.

- Aksenal akışlı türbo kompresör,
- Radyal Akışlı (santrifüj) Türbo kompresör olarak ikiye ayrılır.

#### **Enjektörlü kompresör**

Sıkıştırmanın bir yardımcı akışkanın kinetik enerjisinin aktarılması ile sağlandığı, hareketli parçası olmayan dinamik kompresördür.

## 5.2 Geometrik Ürün Spesifikasyonu Standartlarına Göre Kompresör Hareket Elemanlarının Analizleri

Viyana Teknik Üniversitesi “Üretim ve Ölçme Tekniği” departmanı ‘Hassas Ölçme’ laboratuvarında; bir pistonlu soğutucu kompresörün hareketli parçalarının, fonksiyonlarını tam olarak yerine getirebilmeleri böylece üretim ve kullanım sırasında kalite güvencesinin tam olarak sağlanabilmesi için gerekli bazı ölçümler yapılmıştır.

İlk önce hareketli şekil elemanları için muayene metodları geliştirilmiştir. Karşılıklı etkileşimlerinin sonuçlarını tam olarak tesbit edebilmek için, üç boyutlu koordinat ölçüm cihazında, boyut, şekil ve konum toleranslarının, yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazında ise yüzey durumlarının tesbit edilmesine karar verilmiştir. Bir işletmeden alınan numune kompresörün sözkonusu cihazlarda ölçümlerinden sonra ölçüler değerler, mevcut teknik resimlerdeki nominal değerler ile karşılaştırılarak üretim safhalarında meydana gelen hatalardan doğan farklı ölçüm neticeleri ortaya konmuştur.

Günümüzde sıkça sözü edilen “re-engineering” uygulamaları kapsamında, kontrol edilen bu modelin yeni teknik resmi gerçekten sahip olduğu ölçülere göre çizilmiş, şekil elemanları fonksiyonlarına göre yeniden toleranslandırılmıştır (Ek 1).

Kompresörlerin, ürün ve üretim kalitesine uygun bir şekilde yeniden üretime hazırlanması için yapılan tüm ölçüm ve yeniden toleranslandırma işlemleri sırasında (GPS) Geometrik ürün spesifikasyonu standartları esas alınmıştır.

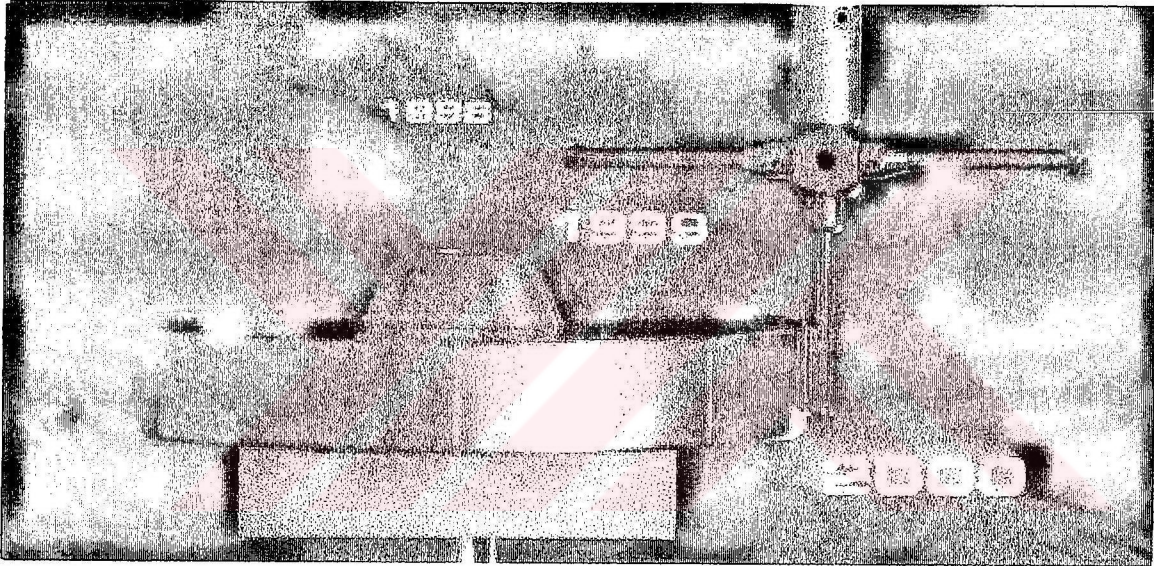
Kompresör hareketli elemanları 6 ayrı parçaya ayrılarak, Koordinat Ölçme Cihazı ve Yüzey Pürüzlülüğü ölçme profilometresinde ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sıralarına göre parçalar;

1. Biyel kepi
2. Biyel kolu
3. Krank mili
4. Gövde
5. Dış yatak
6. Piston

tanımları altında işlem görmüşlerdir.

Koordinat ölçme cihazında, sözkonusu hareketli parçaların boyutsal, şekilsel ve konumsal sapmaları, profilometrede ise yüzey pürüzlülüğü sapmaları kontrol edilmiştir.

Ölçüm işleminde kullanılan CMM, “Zeiss” markasının 1950’li yıllarda koordinat metrolojisine ilave edilen UMM 500 isimli modelidir. Carl Zeiss kendi adını taşıyan ilk üç boyutlu ölçme probuna sahip universal koordinat ölçme cihazını 1973 yılında üretmiştir (Bosch, 1998). Ölçüm işlemlerinde kullanılan UMM 500 modeli nokta ölçümleri sayesinde iş parçasının boyutlarını ölçebilen, toleranslarını analiz edebilen ve yüzeylerin ve/veya eksenlerin birbirlerine göre konumlarını hesaplayabilen bilgisayar donanımlı bir muayene cihazıdır. Bu Zeiss modeli aynı zamanda yüzeyleri sürekli tarama işlemi (scanning) gerçekleştirip, veri transferini bilgisayara son haliyle aktarabilmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 CMM ile yüzey tarama

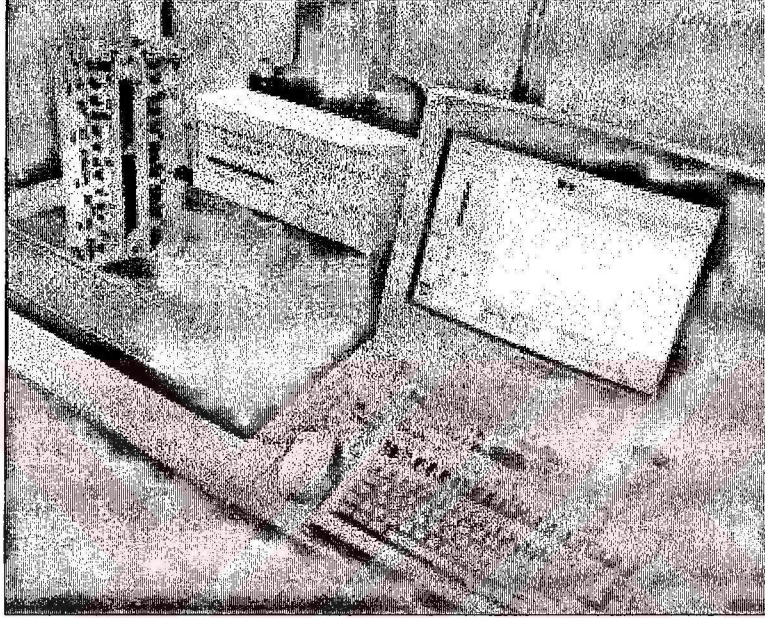
Cihaz 500x200x300 mm ölçme mesafeleri ile 0,1 µm mertebesinde çözülüm hassasiyetine sahiptir. Bulunduğu laboratuvar sıcaklığı ISO 1’de de belirtildiği üzere 20<sup>0</sup> C’dir.

UMM 500 modelinden sonra, hızla gelişen teknoloji Zeiss’in 1987’de dokunma tetkik problu ve bir piezo-elektrik sensör içeren CMM icadıyla devam etmiştir (WMM 850). 1982 yılında ZMC 550 modelindeki CMM’in icadı ile dişliler ve vites aktarma organları üretim ihtiyaçları karşılanmaya ve geleneksel dişli muayeneleri süratle gelişmeye başlanmıştır (Bosch, 1998).

1985’lerde Carl Zeiss ve Sheffield hata düzeltici software sistemleriyle dolu CMM’lerin ilk üreticileri haline gelmişlerdir. Sheffield bu tekniği “Microprocessor-Enhanced Accuracy” (MEA) diye adlandırana kadar bu Zeiss prosesi “Computed Aided Accuracy” (CAA) diye geçmektedir. Bu teknik CMM’lerin performanslarında temel bir adım teşkil etmektedir.

1989'da Carl Zeiss değişen sıcaklık koşulları altında stabiliteyi sağlamak için bir örnek yol geliştirmek üzere "Coated Aging Resistant Aluminum Technology" (CARAT)'ı koordinat metrolojisine kazandırmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü ölçüm işlemlerinde kullanılan cihaz "Taylor Hobson" firmasının "Form Talysurf Series 2" isimli modelidir (Şekil 5.2). Cihaz 1mm ölçme alanında 16 nanometre çözölüme sahiptir.



Şekil 5.2 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Cihazı

Şekil 5.2'de de görüldüğü gibi cihaz; motorize edilmiş joystik kumandalı bir ana kolon, ona çapraz bir mesafe gösterge ünitesi, veri toplayıcı uç, elektronik arayüz ünitesi, bilgisayar ve bir termal yazıcıdan oluşmaktadır. Cihaz ile ölçülebilecek parametreler aşağıda örneklendiği gibidir.

Pürüzlülük;  $R_a$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ,  $R_t$  gibi 28 yüzey pürüzlülük parametresi ile, malzeme oranları ( $R_{mT}$ ) ve genişlik dağılımlarının grafiksel parametreleri.

Dalgalanma;  $W_a$ ,  $W_q$ ,  $W_t$ ,  $W_v$  gibi 21 yüzey dalgalanma parametresi ile malzeme oranları ve genişlik dağılımlarının grafiksel parametreleri.

Profil parametreleri;  $P_a$ ,  $P_q$ ,  $P_t$ ,  $P_v$  gibi 19 parametre ile malzeme oranları ve genişlik dağılımlarının grafiksel parametreleri.

Tüm bu parametrelerin ölçme mesafelerine ve ölçülecek forma göre değişiklik gösteren ince hassasiyet değerlerinde ölçümlerinin yanısıra form hataları tesbiti, boyut, çap ve açı ölçümleri

de kolaylıkla gayet hassas değerlerde tayin edilebilmektedir. Diklik, düzlensellik, paralellik, silindiriklik, koaksiyellik, konsentriklik cihazın sahip olduğu ölçme programlarına örnekler teşkil etmektedirler.

Cihazla aynı zamanda yüzeylerin belirli mm<sup>2</sup> değerlerinde taranmasıyla; yüzeylerin üç boyutlu (3D) görünüşleri elde edilebilmektedir. Ek 7'de kompresör parçalarının yüzey pürüzlülüğü durumlarının, üç boyutlu grafik gösterimlerinden örnekler ile yüzey bilgileri verilmektedir.

## 5.2 Sonuçlar ve Değerlendirme

Ek 2'de 'Zeiss UMM 500' modelindeki koordinat ölçme cihazında, Ek 3'de ise 'Taylor Hobson Talysurf 2' modelindeki yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazında kompresör parçalarının kontrol edilen ölçülerinin protokollerinden örnekler verilmektedir.

Tüm kompresör parçalarının Koordinat ölçme cihazındaki ölçüm neticeleri, ortalamaları ve standart sapma değerlerinin tablo halindeki gösterimi Ek 4'de; yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazındaki ölçüm neticeleri, R<sub>a</sub> ve R<sub>z</sub> değerleri, ortalamaları ve standart sapma değerlerinin tablo halinde sunumu ise Ek 5'de verilmektedir.

Koordinat ölçme cihazında yapılan ölçümler sırasında Viyana Teknik Üniversitesi, Üretim ve Ölçme Tekniği departmanı tarafından hazırlanan 'CNC Ölçme Akış Protokolleri' mutlaka doldurulmaktadır. Ek 6a'da bir örneği görülen, Prob Düzen Raporu'nda; kullanılan prob kombinasyonu, problemlerin uzunlukları, bağlantı elemanlarının çapı ve boyu ile pozisyonu belirtilirken, Ek 6b'de İşparçası ve Yerleştiriliş Düzeni raporunda ise prob kombinasyonunun yansıması, programı, pozisyonları ve ilave bilgiler yer almaktadır.

Bir üretim parçasının, üretiminden önce hazırlanan teknik resminde verilmiş, talep edilen boyutlara ve tolerans değerlerine sahip olması gerektiği bilinmektedir. Üretim safhalarında, operatörler, kullanılan makina, tezgah ve teçhizatlar, çevre koşulları ve bunun gibi birçok etken dolayısıyla, üretim sonunda yapılan kontrollerde aslında parçaların talep edilen bu ölçü ve tolerans değerlerine sahip olmadıkları görülebilmektedir. İşte bu aşamada ortaya çıkan ve günümüzde popüler bir mühendislik dalı haline gelmiş olan 'Yeniden Tasarım Mühendisliği', elde edilen hatalı ürünü direkt ıskartaya göndermek yerine incelemeye alarak, hata sebeplerini araştırıp yeniden kazanabilmeyi, zaman, malzeme ve insan gücünden tasarruf sağlayarak

Üretim maliyetlerini azaltmayı hedef almaktadır. Kısacası, talep edilen kalite değeri açısından bir iyileştirmeye gidilmesi öngörülmektedir (Durakbaşa vd; 2000).

Bu alışma çerçevesinde, Viyana Teknik Üniversitesi, Hassas lme Laboratuvarında yürütülen kompresör parçalarının geometrik ürün spesifikasyonu ve verifikasyonuna göre incelenmesi çalışmalarının sonuçları, ürün ve üretim kalitesine yönelik olarak değerlendirilerek tasarım verileri belirlenmiştir. rn ve üretim kalitesini geliştirme ve rasyonel üretim amacıyla uygulanan re-engineering uygulamaları ile, doğrudan reel iş parçaları üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar ve analizler sonucu elde edilen bu bilgiler işığında, geometrik ürün spesifikasyonuna göre parçalar tasarımları yeniden yapılarak üretime hazır hale getirilmişlerdir. İş parçalarının geometrik sapmalarının bilgisayar destekli üç boyutlu otomatik ölçülmeleri ve kalite denetimi için lme programları hazırlanmıştır. Kompresör hareketli elemanlarının, geometrik ürün spesifikasyonu ve verifikasyonu standartları taleplerine uygun olarak, ürünlerin yaşam döngüsünün en önemli safhalarını teşkil eden tasarım, geliştirme, üretime hazırlama ve kontrol süreçleri detaylı bir şekilde tanımlanmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Bağcı, M. ve Erişkin, Y., (1988), Ölçme Bilgisi ve Kontrol, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.
- Bosch, A.J., (1998), "Evolution of Measurement", Coordinate Measuring Machines and Systems, United States.
- Durakbaşa, M.N., Sargül, E., Osanna, P.H., Prostednik, D., (1994), "Zur Problematik des Tasterwechsels in der rechnergestützten Koordinatenmeßtechnik", Jemná Mechanika a Optika (International Society for Optical Engineering) 6/1994, Kabelikova, PL, pp.162-167.
- Durakbaşa, M.N., (1994a), "QS und computerunterstützte Meßtechnik", Internationaler Sommerkurs 1994 QS/QM für Klein- und Mittelbetriebe. Hrsg.: Osanna, P.H., Heiss, C.P., Wien und Krems, 1994, S. 6.1/6.16.
- Durakbaşa, M.N., (1994b), "CAQ als Schwerpunkt im CIM", Proceedings 12th International Conference BIAM '94, Juni 1994a, Zagreb, Kroatien, S. G1/G6.
- Durakbaşa, M.N., (1995) "Total Quality Management (TQM) und Präzisionsmeßtechnik in der rechnerintegrierten Produktion", Tagungsband: Nanotechnologie - Nanometrologie. Herausgeber: Technische Universität Brno, April 1995, S. 31/36.
- Durakbaşa, M.N., (1996), "Datenaustausch zwischen den Systemen im Umfeld von Koordinatenmeßgeräten", Proceedings of 7<sup>th</sup> International DAAAM Symposium "Intelligence Manufacturing Systems", ISBN 3-901509-02-X, Wien, 1996, S. 109/110.
- Durakbaşa, M.N., Osanna, P.H., Prostednik, D., (1996), "Koordinatenmeßtechnik und Datenkommunikation", Mai 1996, Brno CZ, S. 111/118.
- Durakbaşa, M.N., (1997), "Produktdatenaustausch mit Koordinatenmeßgeräten in der intelligenten Fertigungsumgebung", e & i (Elektrotechnik und Informationstechnik), 114. Jg. 1997, H.4, S. 200/202.
- Durakbaşa, M.N., (1999), Yıldız Teknik Üniversitesi, Ölçme Tekniği ve Kalite Yönetimi, Bahar Dönemi Ders Notları.
- Durakbaşa, M.N., Osanna, P.H., A. Afjehi-Sadat., (2000), "A General Approach to Workpiece Characterization in the Frame of GPS", Metrology & Properties of Engineering Surfaces 8<sup>th</sup> International Conference Proceedings, April 2000, University of Huddersfield.
- ISO/TC/213., (1999), "Dimensional and Geometrical Product Specification and Verification".
- ISO/FDIS 1101., (1998), "GPS Geometrical Tolerancing – Tolerancing of form, orientation, location and run-out".
- ISO 10209-1., (1992), "Technical Product Documentation Vocabulary".
- ISO/DIS 12180-1., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Cylindricity – Part 1: Vocabulary".

- ISO/DIS 12180-2., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Cylindricity – Part 1: Specification operators".
- ISO/DIS 12181-1., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Roundness – Part 2: Vocabulary".
- ISO/DIS 12181-2., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Roundness – Part 2: Specification operators".
- ISO/DIS 12780-1., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Straightness – Part 1: Vocabulary".
- ISO/DIS 12780-2., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Straightness – Part 1: Specification operators".
- ISO/DIS 12781-1., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Flatness – Part 1: Vocabulary".
- ISO/DIS 12781-2., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Flatness – Part 1: Specification operators".
- ISO 3650., (1998), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Length standards - Gauge blocks".
- ISO/DIS 1302., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Indication of surface texture in technical product documentation".
- ISO 5458., (1998), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Positional tolerancing".
- ISO/DIS 14660-1., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical features - Part 1: General terms and definitions".
- ISO/DIS 14660-2., (1999), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical features - Part 2: Extracted median line of a cylinder and a cone, extracted median surface, local size of an extracted feature".
- ISO 4287., (1997), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method Terms, definitions and surface texture parameters".
- ISO 8785., (1998), "Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface imperfections - Terms, definitions and surface texture parameters".
- Knapp, W., (1998), "Measurement Uncertainty on CMM's", 6th IMEKO Symposium, Metrology for Quality Control in Production, 8-10 September, 1998, Vienna.
- Krejci, J.V., (1998), "Application Software", Coordinate Measuring Machines and Systems, United States.
- Lee, G., Mou, J., ve Shen, Y., (1997), "Sampling Strategy Design for Dimensional Measurement of Geometric Features Using Coordinate Measuring Machines", International Journal of Machine Tools and Manufacture v 37 n7 July 1997, p 917-934.

Ni, J., (1998), "Accessory Elements", Coordinate Measuring Machines and Systems, United States.

Ni, J. ve Wäldele, F., (1998), "Coordinate Measuring Machines", Coordinate Measuring Machines and Systems, United States.

Osanna, P.H., Durakbasa, M.N., Oberländer, R., (1994a), "Low Cost Solutions for Quality Management in Flexible Automated Production Systems", Manufacturing Systems, 1994, (23): 77/81.

Osanna, P.H., Heiss, C.P., Sarıgül, E., Durakbaşı, M.N., Prostednik, D., (1994b), "Qualitätsmanagement im Rahmen von CIM zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Umweltfreundlichkeit von Produkten und Anlagen", Internationale Konferenz über Rechnerintegrierte Fertigungssysteme, Zakopane, Polen, 1994.

Osanna, P.H., Yücel, Y.H., Durakbaşı, M.N., (1995), Koordinatenmesstechnik für das Qualitätsmanagement im Produktionsbetrieb, Wien, Austria.

Osanna, P.H. ve Durakbaşı, M.N., (1998), Nanotechnologie – von der Mikrotechnologie zur Pikotechnologie, Sammelheft.

Osanna, P.H., Starcevic, G., Durakbaşı, M.N., (1998), "The Problematics of the Removal Outliers in Co-ordinate Measurement Data", Scientific Bulletin of Lodz Technical University, Bielsko-Biala, IIIrd International Scientific Conference "Coordinate Measuring Technique", 44: 109/114, 1998.

Osanna, P.H., (1999), Basic Quality Management and Metrology, Kış Dönemi Ders Notları, Viyana, Avusturya.

Peggs, G.N., (1997), "CMMs in the Quality Environment", Proceedings of the 1997 IEE Colloquium Control of Dimensional Variation, 04 November 1997, London, UK, 5/1-5/5.

Phillips, S.D., (1998), "Performance Evaluations", Coordinate Measuring Machines and Systems, United States.

Tükel, N., (1982), Tolerans ve Alıştırma Bilgisi, Çağaloğlu, İstanbul.

TS 971., (1988), "Yüzey pürüzlülüğü –Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları".

TS 6956., (1989), "Yüzey Pürüzlülüğü – Terimler – Yüzey ve Yüzey Parametreleri İçin".

TS 9934., (1992), "Kompresörler – Sınıflandırma".

TS 7765., (1990), "Deplasmanlı Kompresörler – Kabul deneyleri".

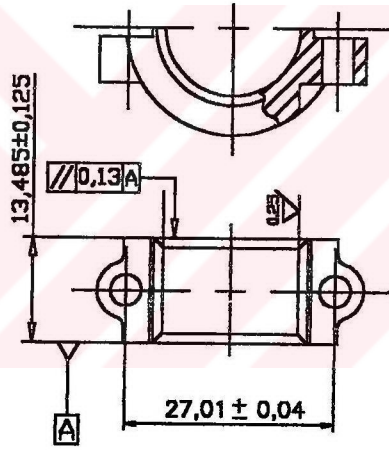
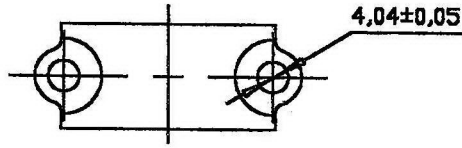
**EKLER**

- EK 1 Kompresör parçalarının GPS'e göre geometrik toleranslarını içeren CAD çizimleri ve fonksiyonlarına yönelik olarak geometrik boyutlarının ölçülendirilmesi.
- EK 2 Zeiss UMM 500 modelindeki Koordinat Ölçme Cihazında kompresör parçalarının ölçme protokollerinden örnekler.
- EK 3 Tüm kompresör parçalarının Talysurf, yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazındaki, ölçüm neticelerinden örnekler.
- EK 4 Tüm kompresör parçalarının Koordinat Ölçme Cihazındaki ölçüm neticeleri, ortalamaları ve standart sapmalarının tablo halinde gösterilmesi.
- EK 5 Tüm kompresör parçalarının Talysurf, yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazındaki, ölçüm neticeleri (Ra ve Rz değerleri), ortalamaları ve standart sapmalarının tablo halinde gösterilmesi.
- EK 6a CNC – Ölçme Akışı – Prob Düzeni Raporu
- EK 6b CNC – Ölçme Akışı – İş parçası Yerleştiriliş Düzeni Raporu
- EK 7 Tüm kompresör parçalarının yüzey pürüzlülüğü durumlarının, üç boyutlu grafik gösterimlerinden örnekler ile yüzey bilgilerinin verilmesi.

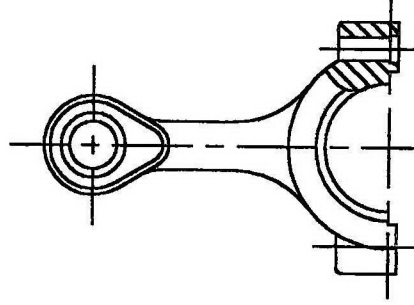
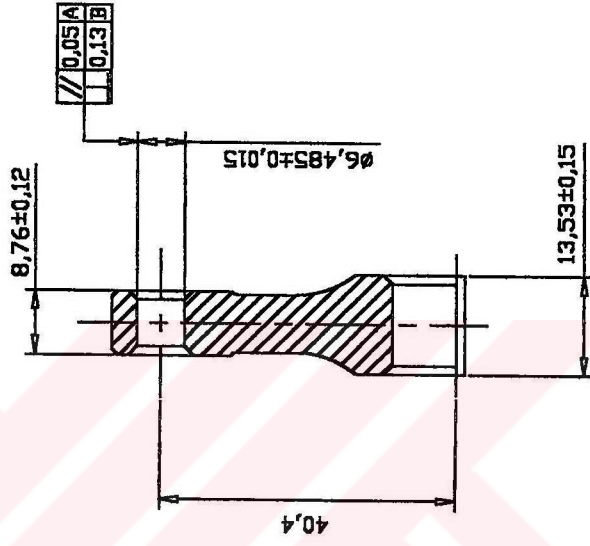
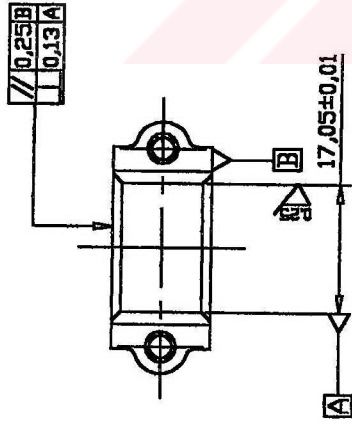




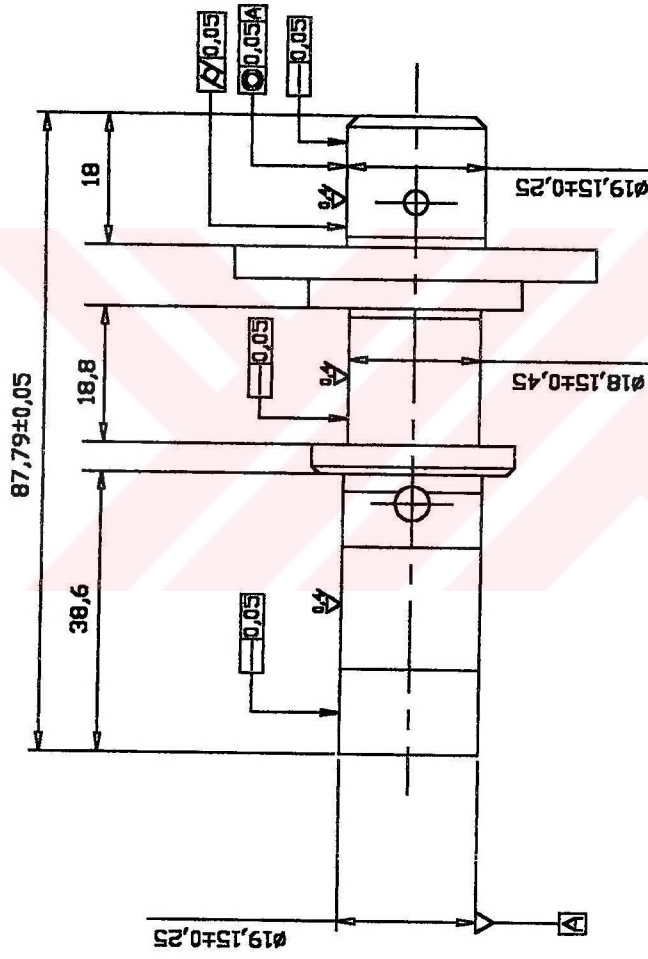
**EK 1**



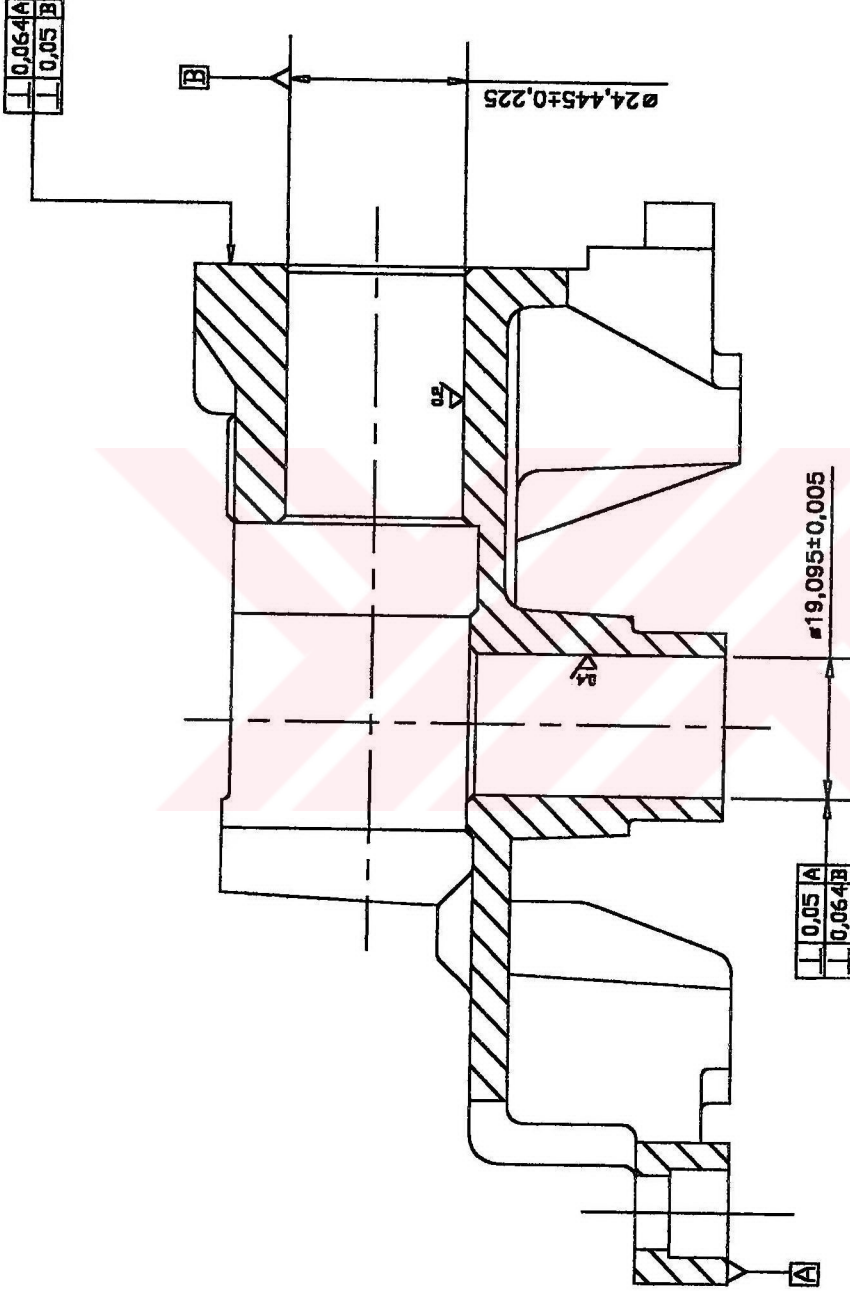
Olcek		İsim-İmza	Resim Adı	Yıldız Teknik Uni. Makine Fakültesi Mak.Muh. Bölümü
1/1	Cizen	Mak.Muh. Anil NOMAK	Biyel Kepi	
	Kontrol	Prof.Dr.M.Numan DURAKBASA	Resim No	
	Malzeme	Alüminyum	01-001	



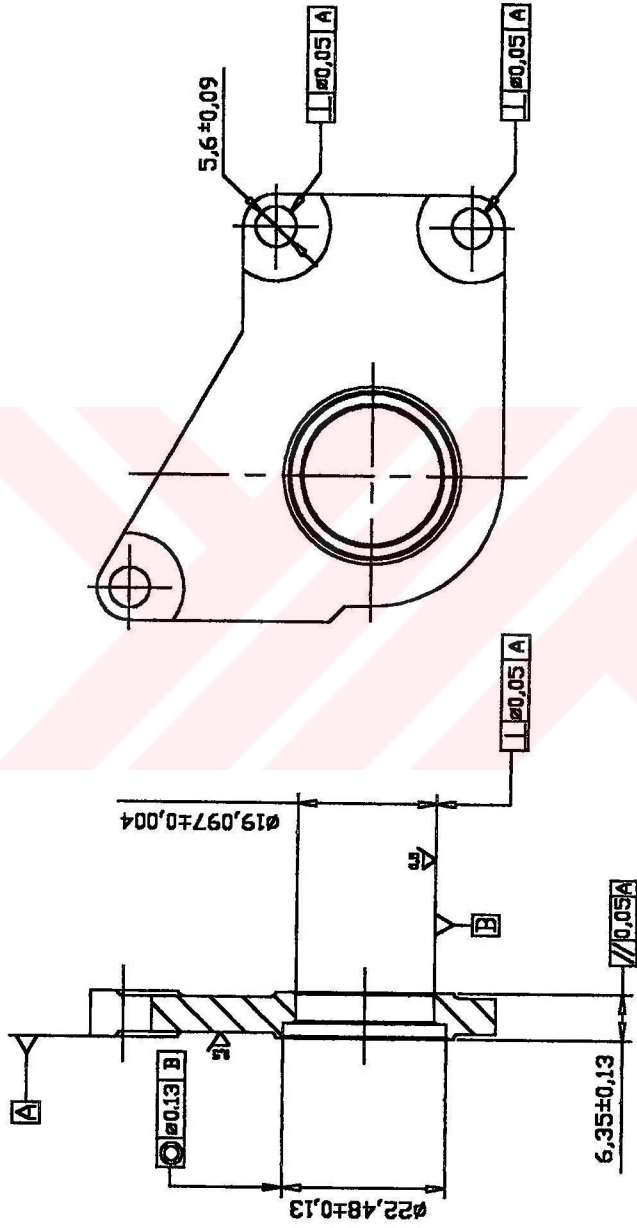
Olcek	Isim-Imza	Resim Adi	Yildiz Teknik Uni. Makine Fakultesi Mak.Muh. Bolumu
1/1	Mak.Muh. Anil NOMAK	Biyel Kolu	
1/1	Prof.Dr.M.Numan DURAKBASA	Resim No	01-002
	Malzeme	Aluminyum	



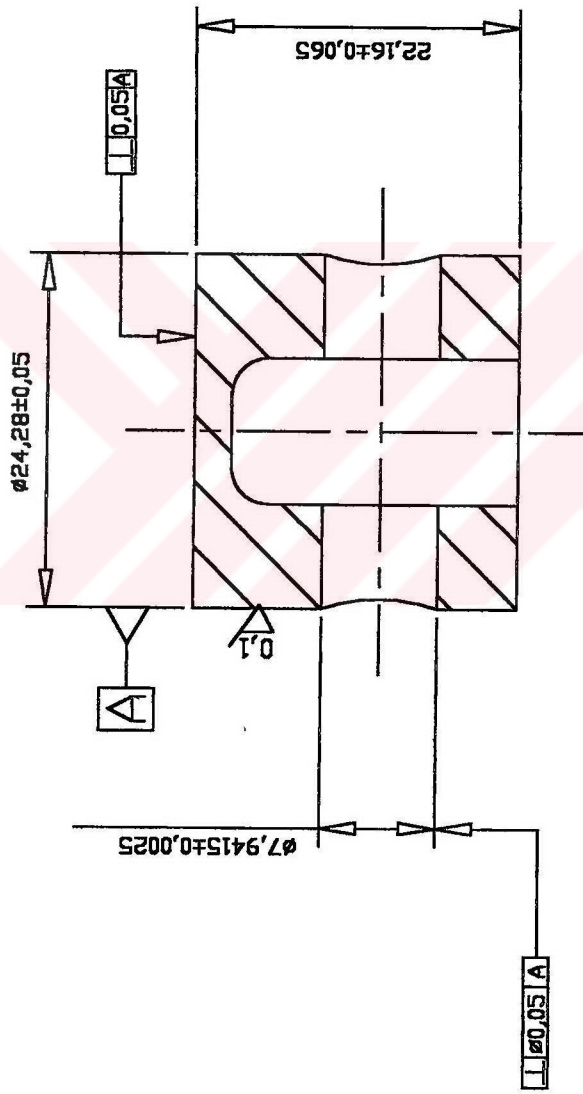
Olcek	Isim-Imza	Resim Adi	Yildiz Teknik Uni. Makine Fakultesi Mak.Muh. Bolumu
1/1	Mak.Muh. Anil NOMAK	Krank Mili	
	Prof.Dr.M.Numan DURAKBASA	Resim No	
	Dakme Demir	01-003	



Olcek	Isim-Imza	Resim Adı	Yildiz Teknik Uni.
1/1	Mak.Muh. Anil NOMAK	Govde	Makine Fakultesi
	Prof.Dr.M.Numan DURAKBASA	Resim No	Mak.Muh. Bolurnu
	Dakme Demir	01-004	



Olcek	Isim-Imza	Resim Adi	Yildiz Teknik Uni.
1/1	Mak.Muh. Anil NOMAK	Dis Yatak	Makine Fakultesi
	Prof.Dr.M.Numan DURAKBASA	Resim No	Mak.Muh. Bolurmu
	Dokme Demir	01-005	



Olcek	Isim-Imza	Resim Adi	Yildiz Teknik Uni. Makine Fakultesi Mak.Muh. Bolumu
2/1	Mak.Muh. Anil NOMAK	Piston	
	Prof.Dr.M.Nurman DURAKBASA	Resim No	
	Dokme Demir	01-006	



MESSPROTOKOLL ZEISS UMESS

Biyel Kepi

MANUELLE MESSUNG

ZEICHNUNGS NR	AUFTRAGS NR	LIEFERANT/KUNDE	ARBEITSGANG
		TU-WIEN/YTU	KONTROLLE
PRUEFER	DATUM	TEIL-NR	
NOMAK	1999-12-23	1	

ADRIRKF	AUFGABE	BEZ	ISY	ISTMASS	NENNMASS	O.TOL	U.TOL	ABW	UEB
---------	---------	-----	-----	---------	----------	-------	-------	-----	-----

1	FLAECHE	Y	-71.6850						
	Z/Y	W1	-0.1814						
	X/Y	W2	-0.6139						
	6P S/MIN/MAX		0.0093	(4)	-0.0105	(5)	0.0085		
2	DREHEN RAUM	W	0.6402						
3	NULL-P	Y	-71.6805						
4	FLAECHE	Z	-218.2231						
	X/Z	W1	-0.0155						
	Y/Z	W2	-0.1308						
	6P S/MIN/MAX		0.0037	(2)	-0.0042	(1)	0.0026		
5	DREHEN EBENE	W	0.0155		UM RAUM-ACHSE Y				
6	NULL-P	Z	-218.2231						
7	PUNKT	X	147.0299						
8	PUNKT	X	129.2274						
9	SY-P	X	138.1287						
10	NULL-P	X	138.1287						

1. KONTROL

11	FLAECHE EB//A	Y	13.4440	13.4850	0.1250	-0.1250	-0.0410	--
	Z/Y	W1	0.1227					
	X/Y	W2	-0.0794					
	6P S/MIN/MAX		0.0033	(4)	-0.0025	(3)	0.0039	
12	DIN-PAR //→A	t	0.0721	0.1300				+++

Silindir 1: 0 4 mm

13	ZYL I	X	-13.3082					
		Y	6.6685					
		D	4.0071					
	X/Z	W1	0.2591					
	Y/Z	W2	-1.8873					
	8P S/MIN/MAX		0.0264	(7)	-0.0246	(1)	0.0196	

14	13* ZYL. I	X	-13.3082					
		Y	6.6685					
		D	4.0071	4.0400	0.0500	-0.0500	-0.0329	---
	X/Z	W1	0.2591					
	Y/Z	W2	-1.8873					

Silindir 2: 0 4 mm

15	ZYL I	X	13.5956					
		Y	6.6385					
		D	4.0131					
	X/Z	W1	-0.7272					
	Y/Z	W2	-0.0009					
	8P S/MIN/MAX		0.0261	(6)	-0.0237	(3)	0.0217	

16	15* ZYL. I	X	13.5956					
		Y	6.6385					
		D	4.0131	4.0400	0.0500	-0.0500	-0.0269	---
	X/Z	W1	-0.7272					
	Y/Z	W2	-0.0009					

17	13* ZYL. I	X	-13.3082					
		Y	6.6685					
		D	4.0071					
	X/Z	W1	0.2591					
	Y/Z	W2	-1.8873					

18	17 DIST 16	X	26.9038					
		Y	0.0300					
19	POLAR	R	26.9038					
	Y/X	W1	179.9361					
20	* GERADE	Y	6.6537					
		Z	0.0000					
	Y/X	W1	-0.0639					
	Z/X	W2	0.0000					
21	20* GERADE dist.	Y	6.6537	6.7300	0.1000	-0.1000	-0.0763	----
		Z	0.0000					
	Y/X	W1	-0.0639					
	Z/X	W2	0.0000					

2. KONTROL

22	FLAECHE	Y	0.0053					
	Z/Y	W1	-0.0331					
	X/Y	W2	-0.0176					
	6P S/MIN/MAX		0.0089	(1)	-0.0084	(6)	0.0078	
23	DREHEN RAUM	W	0.6669					
24	NULL-P	Y	0.0053					
25	FLAECHE	Z	-0.0028					
	X/Z	W1	-0.0140					
	Y/Z	W2	-0.1833					
	6P S/MIN/MAX		0.0044	(4)	-0.0049	(5)	0.0052	

2. KONTROL

26	10* KOORD. SYSTEM WIE BEI ADR. 10							
27	FLAECHE	Y	13.4434					
	Z/Y	W1	0.1595					
	X/Y	W2	-0.0749					
	6P S/MIN/MAX		0.0036	(1)	-0.0032	(6)	0.0035	
28	27* FLAECHE EB4A	Y	13.4434	13.4850	0.1250	-0.1250	-0.0416	--
	Z/Y	W1	0.1595					
	X/Y	W2	-0.0749					
29	DIN-PAR //→A t	t	0.0865	0.1300				***

Silindir 1: 0 4 mm

30	ZYL I	X	-13.3069					
		Y	6.6574					
		D	4.0081					
	X/Z	W1	0.2626					
	Y/Z	W2	-1.8938					
	8P S/MIN/MAX		0.0248	(7)	-0.0233	(3)	0.0192	
31	30* ZYL. I	X	-13.3069					
		Y	6.6574					
		D	4.0081	4.0400	0.0500	-0.0500	-0.0319	---
	X/Z	W1	0.2626					
	Y/Z	W2	-1.8938					

Silindir 2: 0 4 mm

32	ZYL I	X	13.6386					
		Y	6.6305					
		D	4.0088	4.0400	0.0500	-0.0500	-0.0312	---
	X/Z	W1	-0.2358					
	Y/Z	W2	-0.1234					
	8P S/MIN/MAX		0.0310	(5)	-0.0275	(3)	0.0254	
33	30* ZYL. I	X	-13.3069					
		Y	6.6574					
		D	4.0081					
	X/Z	W1	0.2626					
	Y/Z	W2	-1.8938					

34	33 DIST 32	X	26.9456					
		Y	0.0268					

35	POLAR	R	26.9456				
	Y/X	W1	179.9429				
36	* GERADE	Y	6.6441				
		Z	0.0000				
	Y/X	W1	-0.0571				
	Z/X	W2	0.0000				
37	36* GERADE dist.	Y	6.6441	6.7300	0.1000	-0.1000	-0.0859
		Z	0.0000				
	Y/X	W1	-0.0571				
	Z/X	W2	0.0000				

3. KONTROL

38	FLAECHE	Y	13.4409				
	Z/Y	W1	0.1869				
	X/Y	W2	-0.0692				
	6P S/MIN/MAX		0.0041	(4)	-0.0030	(3)	0.0048
39	38* FLAECHE EB4A	Y	13.4409	13.4850	0.1250	-0.1250	-0.0441
	Z/Y	W1	0.1869				
	X/Y	W2	-0.0692				
40	DIN-PAR //→A	t	0.0978	0.1300			****

Silindir 1: 0 4 mm

41	ZYL I	X	-13.2833				
		Y	6.6712				
		D	3.9996				
	X/Z	W1	0.4985				
	Y/Z	W2	-1.7111				
	8P S/MIN/MAX		0.0236	(8)	-0.0189	(4)	0.0177
42	41* ZYL. I	X	-13.2833				
		Y	6.6712				
		D	3.9996	4.0400	0.0500	-0.0500	-0.0404
	X/Z	W1	0.4985				
	Y/Z	W2	-1.7111				

Silindir 2: 0 4 mm

43	ZYL I	X	13.6514				
		Y	6.6309				
		D	4.0035	4.0400	0.0500	-0.0500	-0.0365
	X/Z	W1	0.1745				
	Y/Z	W2	-0.2185				
	8P S/MIN/MAX		0.0360	(5)	-0.0313	(3)	0.0310
44	42* ZYL. I	X	-13.2833				
		Y	6.6712				
		D	3.9996				
	X/Z	W1	0.4985				
	Y/Z	W2	-1.7111				

45	44 DIST 43	X	26.9348				
		Y	0.0402				
46	POLAR	R	26.9348				
	Y/X	W1	179.9144				
47	* GERADE	Y	6.6513				
		Z	0.0000				
	Y/X	W1	-0.0856				
	Z/X	W2	0.0000				
48	47* GERADE dist.	Y	6.6513	6.7300	0.1000	-0.1000	-0.0787
		Z	0.0000				
	Y/X	W1	-0.0856				
	Z/X	W2	0.0000				

MESSPROTOKOLL ZEISS UMESS

Biyel

MANUELLE MESSUNG

ZEICHNUNGS NR	AUFTRAGS NR	LIEFERANT/KUNDE TU-WIEN/YTU	ARBEITSGANG KONTROLLE
PRUEFER NOMAK	DATUM 1999-12-24	TEIL-NR 3	

ADIRKF | AUFGABE | BEZ | SY | ISTMASS | NENNMASS | D.TOL | U.TOL | ABW | UEB

1	ZYL I	X	147.8834						
		Y	-68.1000						
		D	18.1642						
	X/Z	W1	-0.5991						
	Y/Z	W2	0.4713						
	12P S/MIN/MAX		0.0098			(8) -0.0134	(10) 0.0110		
2	DREHEN RAUM	W	0.7623						
3	NULL-P	X	147.8753						
		Y	-68.0850						
4	FLAECHE	Z	-218.9905						
	X/Z	W1	0.2338						
	Y/Z	W2	-0.3886						
	8P S/MIN/MAX		0.0614			(3) -0.0661	(4) 0.0697		
5	NULL-P	Z	-218.9905						
6	DIN REC A EB+A	L= t	27.0000 0.3812	27.0000 0.1300					0.2312
7	ZYL I	X	1.4618						
		Y	-40.4461						
		D	7.9381						
	X/Z	W1	-0.0956						
	Y/Z	W2	-0.2983						
	8P S/MIN/MAX		0.0105			(5) -0.0100	(7) 0.0088		
8	DIN-PAR K+B	tD	0.0487	0.2500					
9	FLAECHE	Z	-2.3287						
	X/Z	W1	-0.1565						
	Y/Z	W2	-0.2656						
	4P S/MIN/MAX		0.0101			(2) -0.0053	(4) 0.0052		
10	7* ZYL. I	X	1.4618						
		Y	-40.4461						
		D	7.9381						
	X/Z	W1	-0.0956						
	Y/Z	W2	-0.2983						
11	DREHEN RAUM	W	0.7160						
12	NULL-P	X	1.4623						
		Y	-40.4455						
13	9! FLAECHE	Z	-2.3040						
	X/Z	W1	-0.0608						
	Y/Z	W2	0.3327						
14	NULL-P	Z	-2.3040						
15	9! FLAECHE	Z	-0.0000						
	X/Z	W1	-0.0608						
	Y/Z	W2	0.3327						
16	DIN REC A EB+K	L= t	14.0000 0.0281	14.0000 0.1300					
17	FLAECHE	Z	-0.3262						
	X/Z	W1	0.2755						
	Y/Z	W2	0.2125						
	4P S/MIN/MAX		0.0105			(2) -0.0058	(3) 0.0067		
18	DIN REC A EB+K	L= t	14.0000 0.1255	14.0000 0.1300					++++
19	FLAECHE	Z	-11.2578						
	X/Z	W1	0.4739						
	Y/Z	W2	-0.1545						
	5P S/MIN/MAX		0.0819			(1) -0.0683	(2) 0.0707		

20	4!	FLAECHE	Z	2.2318					
		X/Z	W1	0.3294					
		Y/Z	W2	-0.0903					
21		DREHEN RAUM	W	0.3746					
22		NULL-P	Z	2.2318					
23	1!	ZYL. I	X	-1.4748					
			Y	40.4491					
			D	18.1642					
		X/Z	W1	-0.2337					
		Y/Z	W2	0.3886					
24		NULL-P	X	-1.4748					
			Y	40.4491					
25	19!	FLAECHE	Z	-13.4401					
		X/Z	W1	0.1445					
		Y/Z	W2	-0.0642					
26	19!	FLAECHE 13.53	Z	-13.4401	13.5300	0.1500	-0.1500	-0.0899	---
		X/Z	W1	0.1445					
		Y/Z	W2	-0.0642					
27		DIN-PAR //+A	t	0.1082	0.2500				++
28	9!	FLAECHE	Z	-2.3287					
		X/Z	W1	-0.3202					
		Y/Z	W2	0.1230					
29		DREHEN RAUM	W	0.7831					
30		NULL-P	Z	-2.3286					
31	7!	ZYL. I	X	1.4600					
			Y	-40.4442					
			D	7.9381					
		X/Z	W1	0.0608					
		Y/Z	W2	-0.0327					
32		NULL-P	X	1.4600					
			Y	-40.4442					
33	17!	FLAECHE	Z	-8.6969					
		X/Z	W1	0.3364					
		Y/Z	W2	0.1798					
34	17!	FLAECHE 8.76	Z	-8.6969	8.7600	0.1200	-0.1200	-0.0631	---
		X/Z	W1	0.3364					
		Y/Z	W2	0.1798					
35		DIN-PAR //+E	t	0.0994	0.2500				++

Krank Mili

MANUELLE MESSUNG

ZEICHNUNGS NR	AUFTRAGS NR	LIEFERANT/KUNDE TU-WIEN/YTU	ARBEITSGANG KONTROLLE
PRUEFER NOMAK	DATUM 1999-12-27	TEIL-NR 2	

=====

ADRIRKF	AUFGABE	BEZ	ISYI	ISTMASS	NENNMASS	O.TOL	U.TOL	ABW	UEB
---------	---------	-----	------	---------	----------	-------	-------	-----	-----

=====

Silindir 1:

1	ZYL A	Y	-92.6298						
		Z	-216.3439						
		D	19.0702						
	Y/X	W1	-0.0525						
	Z/X	W2	-0.1962						
	6P S/MIN/MAX		0.0002			(1) -0.0001	(4) 0.0001		
2	DREHEN RAUM	W	0.2031						
3	NULL-P	Y	-92.6297						
		Z	-216.3423						
4	FLAECHE	X	139.8193						
	Y/X	W1	0.0900						
	Z/X	W2	0.4293						
	4P S/MIN/MAX		0.0009			(4) -0.0005	(1) 0.0004		
5	NULL-P	X	139.8193						
6	DIN REC	L=	20.0000	20.0000					
	A EB+A	t	0.1817	0.0500					0.1317

Silindir 2:

7	ZYL A	Y	-1.2301						
		Z	8.5091						
		D	18.1322						
	Y/X	W1	-0.0082						
	Z/X	W2	-0.0025						
	6P S/MIN/MAX		0.0015			(4) -0.0007	(1) 0.0008		
8	7* ZYL. A	Y	-1.2301						
		Z	8.5091						
		D	18.1322	18.1500	0.4500	-0.4500	-0.0178		-
	Y/X	W1	-0.0082						
	Z/X	W2	-0.0025						
9	DIN-PAR A2+A	tD	0.0029	0.0500					*

Silindir 3:

10	ZYL A	Y	-0.0000						
		Z	0.0022						
		D	19.0706						
	Y/X	W1	0.0005						
	Z/X	W2	-0.0034						
	6P S/MIN/MAX		0.0002			(6) -0.0001	(3) 0.0001		
11	10* ZYL. A	Y	-0.0000						
		Z	0.0022						
		D	19.0706	19.1500	0.2500	-0.2500	-0.0794		--
	Y/X	W1	0.0005						
	Z/X	W2	-0.0034						
12	DIN KOA A3+A	Y	0.0008	0.0000				0.0008	
		Z	-0.0029	0.0000				-0.0029	
	A3+A	tD	0.0060	0.0500					*
13	GERADE	Y	-0.0015						
		Z	9.5372						
	Y/X	W1	-0.0002						
	Z/X	W2	-0.0035						
	7P S/MIN/MAX		0.0005			(6) 0.0000	(4) 0.0006		
14	DIN-GER Duz	tY	0.0007	0.0500					*
15	GERADE	Y	-0.0352						
		Z	-0.0025						
	Y/X	W1	0.0002						
	Z/X	W2	0.0002						
	7P S/MIN/MAX		0.0007			(5) 0.0002	(2) 0.0010		

16	DIN-GER Duz2	tY	0.0017	0.0500					+
17	GERADE	Y	9.5358						
		Z	-0.0021						
	Y/X	W1	0.0006						
	Z/X	W2	-0.0001						
	9P S/MIN/MAX		0.0004		(9)	0.0001	(4)	0.0005	
18	DIN-GER Duz3	tY	0.0009	0.0500					+
19	GERADE	Y	-0.0013						
		Z	-9.5333						
	Y/X	W1	-0.0006						
	Z/X	W2	-0.0021						
	5P S/MIN/MAX		0.0004		(3)	0.0002	(4)	0.0003	
20	DIN-GER Duz4	tZ	0.0005	0.0500					+
21	KUGEL A	X	66.4244						
		Y	0.1127						
		Z	-0.0273						
		D	42.6222						
	10P S/MIN/MAX		0.0480		(10)	-0.0669	(1)	0.0636	
22	Passanin Uzunluğu: PUNKT	X	97.8046						
23	Yuzey a: FLAECHE	X	38.5956						
	Y/X	W1	0.0209						
	Z/X	W2	-0.0033						
	5P S/MIN/MAX		0.0010		(5)	-0.0007	(4)	0.0011	
24	Yuzey b: FLAECHE	X	42.7209						
	Y/X	W1	-0.2563						
	Z/X	W2	0.6075						
	5P S/MIN/MAX		0.0303		(5)	-0.0229	(3)	0.0226	
25	PUNKT	X	61.5697						
26	Yuzey c: FLAECHE	X	61.5485						
	Y/X	W1	0.2295						
	Z/X	W2	-0.2978						
	6P S/MIN/MAX		0.0141		(1)	-0.0162	(3)	0.0165	
27	Yuzey d: FLAECHE	X	69.6136						
	Y/X	W1	-0.0457						
	Z/X	W2	-0.0440						
	7P S/MIN/MAX		0.0131		(5)	-0.0175	(1)	0.0119	

MESSPROTOKOLL ZEISS UMESS

Govde

MANUELLE MESSUNG

ZEICHNUNGS NR | AUFTRAGS NR | LIEFERANT/KUNDE | ARBEITSGANG |  
 | | TU-WIEN/YTU | KONTROLLE

PRUEFER | DATUM | TEIL-NR |  
 NOMAK | 1999-12-28 | 1

ADIRKF | AUFGABE | BEZ | SY | ISTMASS | NENNMASS | O.TOL | U.TOL | ABW | UEB

1	FLAECHE	Z	-148.9494						
	X/Z	W1	0.2211						
	Y/Z	W2	-0.2330						
	8P S/MIN/MAX		0.0204		(5)	-0.0207	(6)	0.0312	
2	DREHEN RAUM	W	0.3212						
3	NULL-P	Z	-148.9471						
4	ZYL I	X	266.1617						
		Y	-117.0328						
		D	19.1002						
	X/Z	W1	0.0821						
	Y/Z	W2	0.0420						
	12P S/MIN/MAX		0.0006		(7)	-0.0009	(2)	0.0007	
5	NULL-P	X	266.1617						
		Y	-117.0328						
6	4) ZYL. I	X	-0.0000						
		Y	0.0000						
		D	19.1002						
	X/Z	W1	0.0821						
	Y/Z	W2	0.0420						
7	DIN REC	L=	0.0000	36.0000					
	A	AM+UY tD	0.0579	0.0500					0.0079
8	4) ZYL. I	X	-0.0000						
		Y	0.0000						
		D	19.1002						
	19.09	W1	0.0821	19.0950	0.0050	-0.0050	0.0052	0.0002	
	X/Z	W1	0.0821						
	Y/Z	W2	0.0420						
9	FLAECHE	Y	-61.4660						
	Y/X	W1	0.1544						
	Z/X	W2	-0.0451						
	8P S/MIN/MAX		0.0045		(5)	-0.0039	(6)	0.0065	
10	DIN REC	L=	50.0000	50.0000					
	A	YY+UY t	0.1793	0.0640					0.1153
11	ZYL I	Y	0.0412						
		Z	-49.1979						
	23.82	D	24.2852	23.8250	0.2250	-0.2250	0.4602	0.2352	
	Y/X	W1	0.1545						
	Z/X	W2	-0.0618						
	12P S/MIN/MAX		0.0011		(5)	-0.0011	(12)	0.0015	
12	DREHEN RAUM	W	0.3219						
13	NULL-P	Y	0.2417						
		Z	-49.1973						
14	9) FLAECHE	Y	-61.4513						
	Y/X	W1	-0.0002						
	Z/X	W2	0.0168						
15	NULL-P	X	-61.4513						
16	DIN REC	L=	50.0000	50.0000					
	A	YM+YY t	0.0200	0.0500					++
17	4) ZYL. I	X	61.4338						
		Y	-0.0770						
		D	19.1002						
	X/Z	W1	0.0204						
	Y/Z	W2	-0.1918						
18	DREHEN RAUM	W	0.3583						

=====  
 DATUM: 1999-12-28 W-NAME: Govde TEIL-NR: 1 - 2 -  
 ADIRKFAUFGABE BEZ ISYI ISTMASS NENMASS O.TOL U.TOL ABW UEB  
 =====

19	NULL-P	X	61.4338			
		Y	0.0890			
20	1! FLAECH	Z	49.2197			
	X/Z	W1	-0.0821			
	Y/Z	W2	-0.0420			
21	NULL-P	Z	49.2197			
22	11! ZYL. 1	Y	0.0770			
		Z	-49.1978			
		D	24.2852			
	Y/X	W1	0.1549			
	Z/X	W2	0.0204			
23	DIN REC	L=	0.0000	34.1650		
	A AM+YM tD		0.0931	0.0640		0.0291



MESSPROTOKOLL ZEISS UMESS

Dis Yatak

MANUELLE MESSUNG

ZEICHNUNGS NR	AUFTRAGS NR	LIEFERANT/KUNDE TU-WIEN/YTU	ARBEITSGANG KONTROLLE
PRUEFER NOMAK	DATUM 1999-12-28	TEIL-NR 3	

ADRIKFK | AUFGABE | BEZ | SY1 | ISTMASS | NENNMASS | D,TOL | U.TOL | ABW | UEB

1	FLAECHE	Z	-160.9157						
	X/Z	W1	-0.0038						
	Y/Z	W2	-0.0596						
	6P S/MIN/MAX		0.0008	(6)	-0.0009	(4)	0.0008		
2	DREHEN RAUM	W	0.0597						
3	NULL-P	Z	-160.9157						
4	ZYL I	X	284.0850						
		Y	-72.5963						
		D	19.0955						
	X/Z	W1	-0.0046						
	Y/Z	W2	0.2381						
	8P S/MIN/MAX		0.0057	(2)	-0.0058	(7)	0.0039		
5	NULL-P	X	284.0850						
		Y	-72.5963						
6	41 ZYL. I	X	-0.0000						
		Y	0.0000						
	19.09	D	19.0955	19.0970	0.0040	-0.0040	-0.0015		--
	X/Z	W1	-0.0046						
	Y/Z	W2	0.2381						
7	DIN_REC	L=	0.0000	6.3500					
	A	S11+A tD	0.0264	0.0500					+++
8	KREIS I	X	-0.0274						
		Y	0.0468						
		D	22.4952						
	4P S/MIN/MAX		0.0094	(3)	-0.0052	(2)	0.0048		
9	8* KREIS I	X	-0.0274						
		Y	0.0468						
	22.48	D	22.4952	22.4800	0.1300	-0.1300	0.0152		+
10	DIN KON S+K	X	-0.0274	0.0000			-0.0274		
		Y	0.0468	0.0000			0.0468		
	S+K	tD	0.1085	0.1300					++++
11	FLAECHE	Z	-6.4430						
	X/Z	W1	0.0062						
	Y/Z	W2	0.0198						
	6P S/MIN/MAX		0.0067	(1)	-0.0042	(5)	0.0099		
12	11* FLAECHE	Z	-6.4430	6.3500	0.1300	-0.1300	0.0930		+++
	X/Z	W1	0.0062						
	Y/Z	W2	0.0198						
13	DIN-PAR //+A	t	0.0252	0.0500					+++
14	ZYL I	X	33.2522						
		Y	15.5710						
	a 5.6	D	5.6165	5.6000	0.0900	-0.0900	0.0165		+
	X/Z	W1	0.5770						
	Y/Z	W2	0.1105						
	8P S/MIN/MAX		0.0130	(5)	-0.0109	(3)	0.0110		
15	DIN_REC	L=	0.0000	6.3500					
	A	Dik+A tD	0.0651	0.0500					0.0151
16	ZYL I	X	13.4661						
		Y	-34.2064						
	b 5.6	D	5.6381	5.6000	0.0900	-0.0900	0.0381		++
	X/Z	W1	0.3328						
	Y/Z	W2	-0.1508						
	8P S/MIN/MAX		0.0055	(6)	-0.0043	(2)	0.0047		
17	DIN_REC	L=	0.0000	6.3500					
	A	Dik+A tD	0.0405	0.0500					++++

18	ZYL	I	X	-13.5168						
			Y	-34.0976						
		c 5.6	D	5.6305	5.6000	0.0900	-0.0900	0.0305	++	
		X/Z	W1	-0.5881						
		Y/Z	W2	-0.6100						
	8P	S/MIN/MAX		0.0033	(8)	-0.0025	(4)	0.0024		
19	DIN REC		L=	0.0000	6.3500					
	A	Dik+A	TD	0.0939	0.0500					0.0439



MESSPROTOKOLL ZEISS UMESS

Piston

MANUELLE MESSUNG

ZEICHNUNGS NR | AUFTRAGS NR | LIEFERANT/KUNDE | ARBEITSGANG |  
 | | TU-WIEN/YTU | KONTROLLE |

PRUEFER | DATUM | TEIL-NR |  
 NOMAK | 1999-12-29 | 1 |

ADRIRKF | AUFGABE | BEZ | SY | ISTMASS | NENNMASS | O.TOL | U.TOL | ABW | UEB

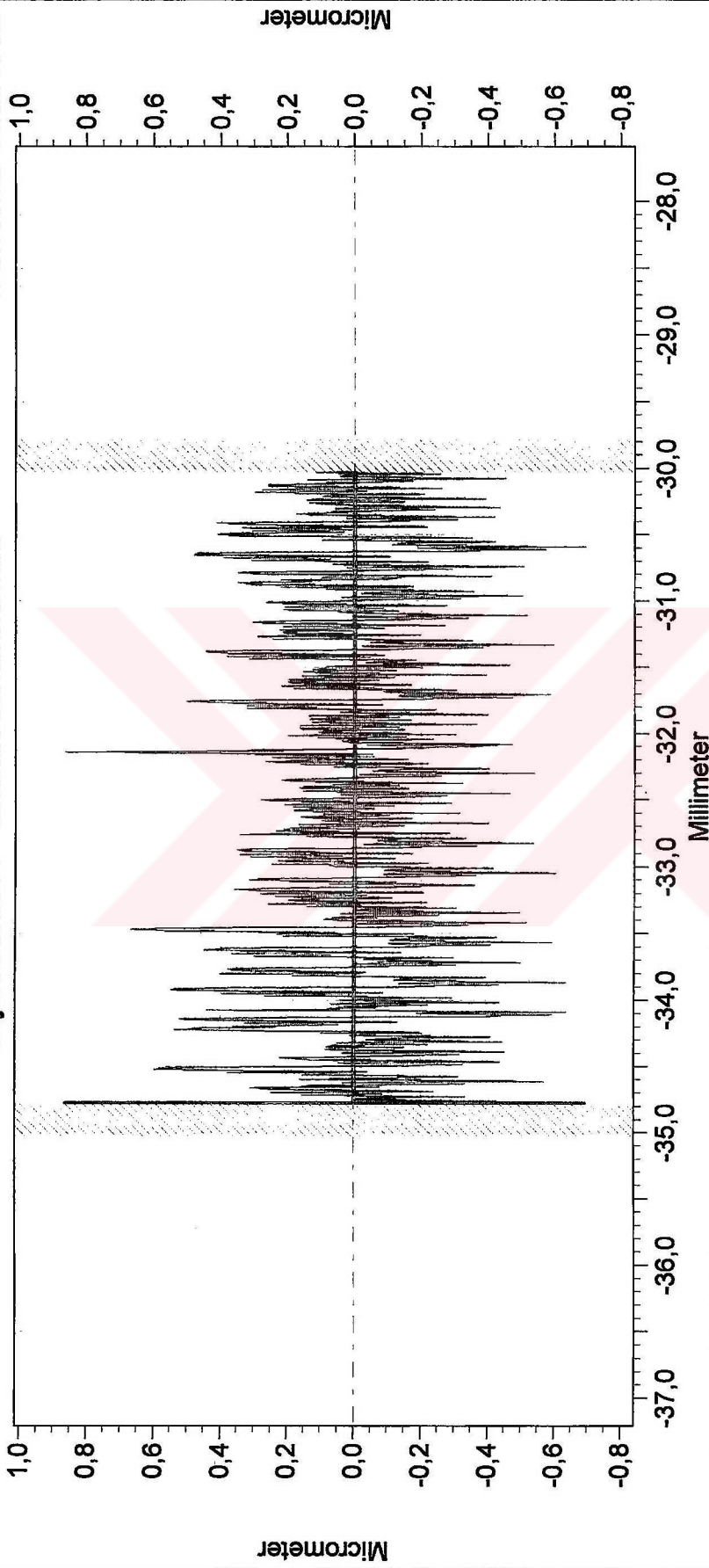
1	ZYL A	X	271.3963						
		Y	-106.2702						
	24.28	D	24.2735	24.2800	0.0500	-0.0500	-0.0065	-	
	X/Z	W1	-0.0406						
	Y/Z	W2	0.2585						
	8P S/MIN/MAX		0.0004	(2)	-0.0003	(7)	0.0003		
2	DREHEN RAUM	W	0.2617						
3	NULL-P	X	271.3962						
		Y	-106.2683						
4	FLAECHE	Z	-170.5699						
	X/Z	W1	0.0079						
	Y/Z	W2	0.0062						
	8P S/MIN/MAX		0.0037	(6)	-0.0038	(3)	0.0054		
5	NULL-P	Z	-170.5699						
6	DIN REC	L=	24.2800	24.2800					
	A UY+S	t	0.0106	0.0500					+
7	ZYL I	Y	0.0002						
		Z	-12.7290						
	7.94	D	7.9473	7.9415	0.0025	-0.0025	0.0058	0.0033	
	Y/X	W1	0.1055						
	Z/X	W2	-0.0225						
	8P S/MIN/MAX		0.0037	(5)	-0.0024	(3)	0.0033		
8	DIN REC	L=	0.0000	24.2800					
	A S+S	tD	0.0457	0.0500					++++
9	FLAECHE	Z	-21.9665	22.1600	0.0650	-0.0650	-0.1935	-0.1285	
	X/Z	W1	-0.0364						
	Y/Z	W2	-0.1538						
	4P S/MIN/MAX		0.0093	(4)	-0.0047	(3)	0.0057		





# Taylor Hobson

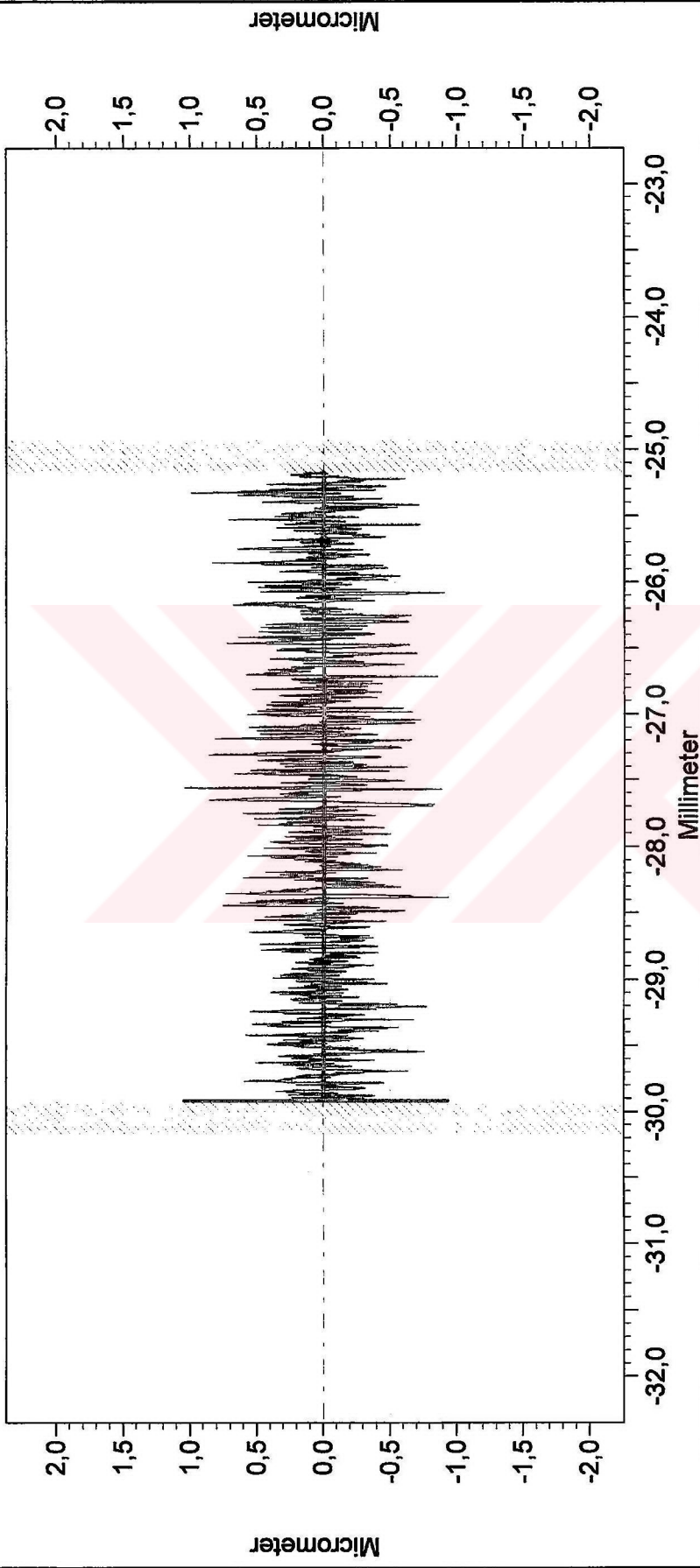
Berechnetes Profil    Berechnetes Profil 2 - R/19x0.25mm/G/100/LS Linie    12.01.00 10:35:35  
 Bijel Kolu 2 - 5mm/Admin/Metro    12.01.00 10:34:48



Ra	0,1710 µm	Steigung	-1,006 °
Rp	0,4541 µm	Rv	0,5338 µm
		Rt	1,5564 µm
		Rz	0,9879 µm

# Taylor Hobson

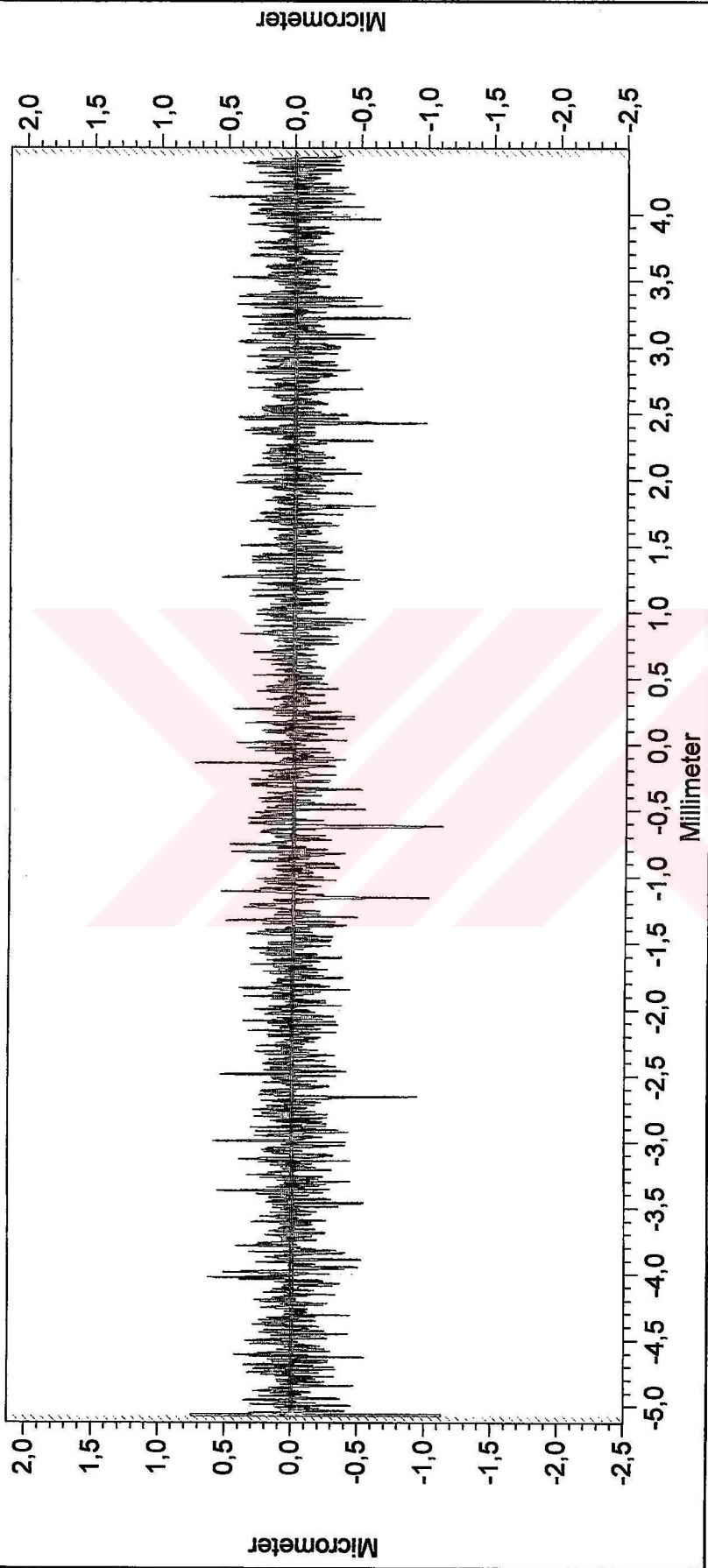
Berechnetes Profil    Berechnetes Profil 2 - R/19x0.25mm/G/100/LS Linie    12.01.00 10:14:17  
 Krank a - 5mm/Admin/Metro    12.01.00 10:13:29



Ra	0,2251 µm	Steigung	-0,414 °
Rp	0,6800 µm	Rv	0,6948 µm
		Rt	1,9815 µm
		Rz	1,3749 µm

# Taylor Hobson

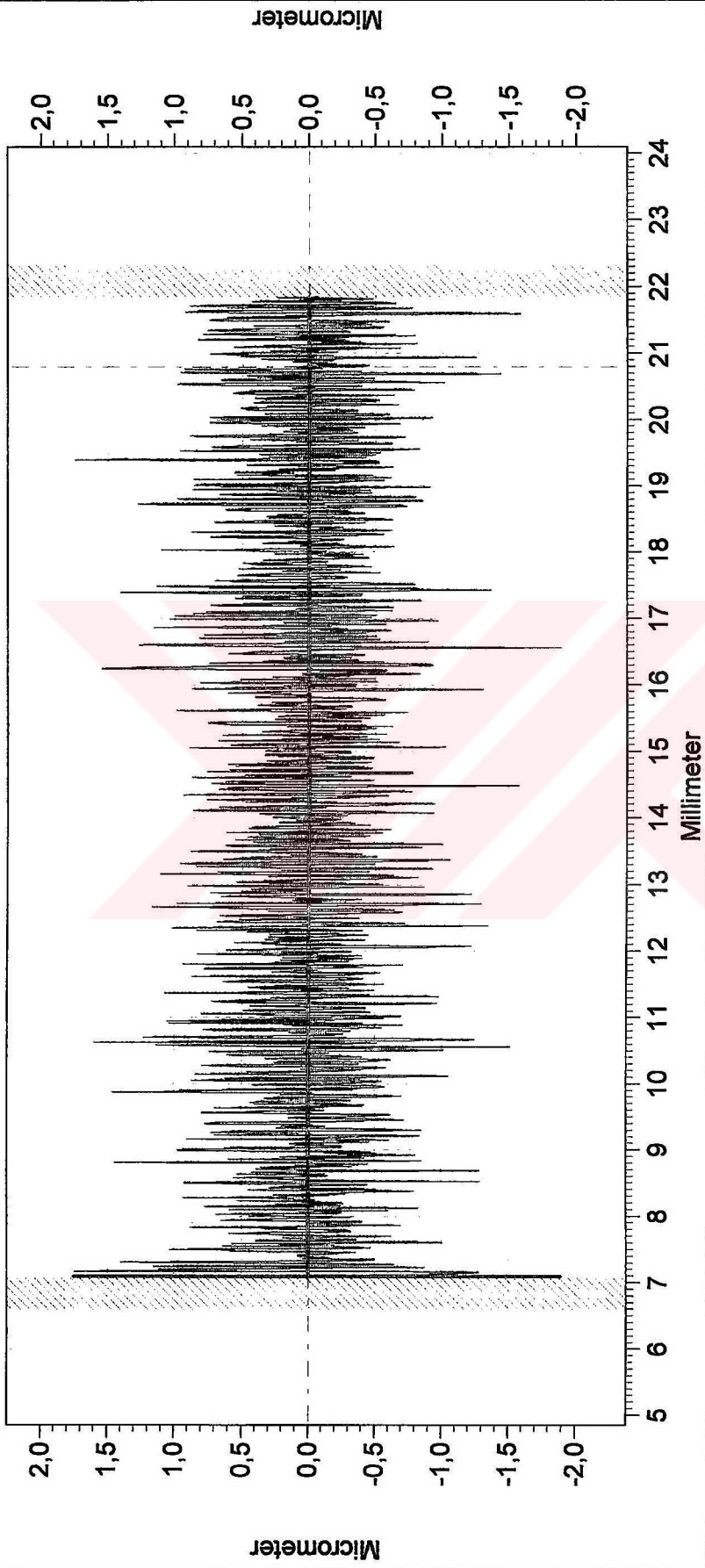
Berechnetes Profil    Berechnetes Profil 2 - R/38x0.25mm/G/100/LS Radius    05.01.00 16:58:41  
 Glas PI - 10mm/Admin/Metro    05.01.00 16:57:01



Radius	6982,022 mm		
Ra	0,1375 μm		
Rt	1,8664 μm		
Rz	0,9531 μm		

# Taylor Hobson

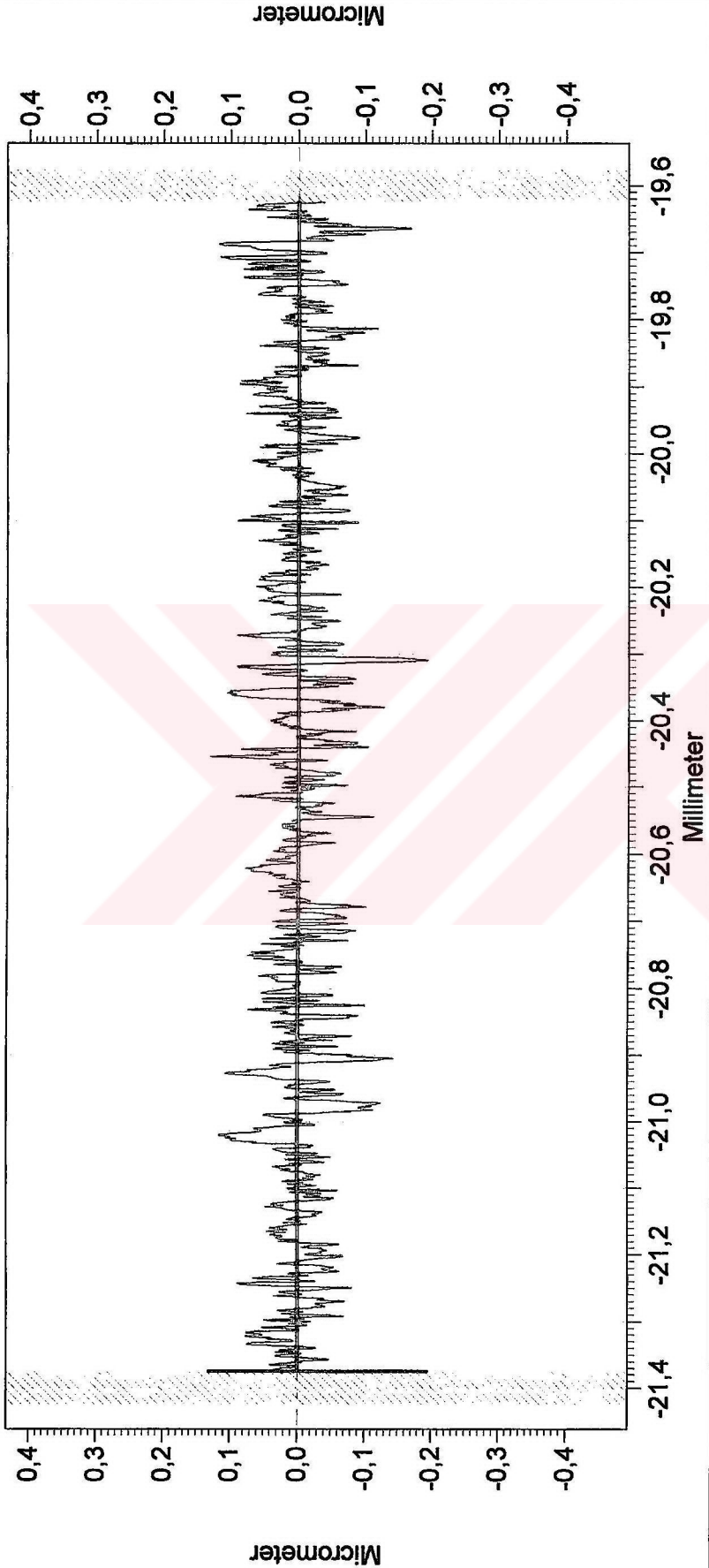
Berechnetes Profil Berechnetes Profil 2 - R/59x0.25mm/G/100/LS Radius 10.01.00 13:36:20  
 Ana Muylu 3 - 15mm/Admin/Metro 10.01.00 13:35:07



Radius	3076,674 mm		
Ra	0,3459 µm		
Rt	3,6376 µm		
Rz	1,9237 µm		

# Taylor Hobson

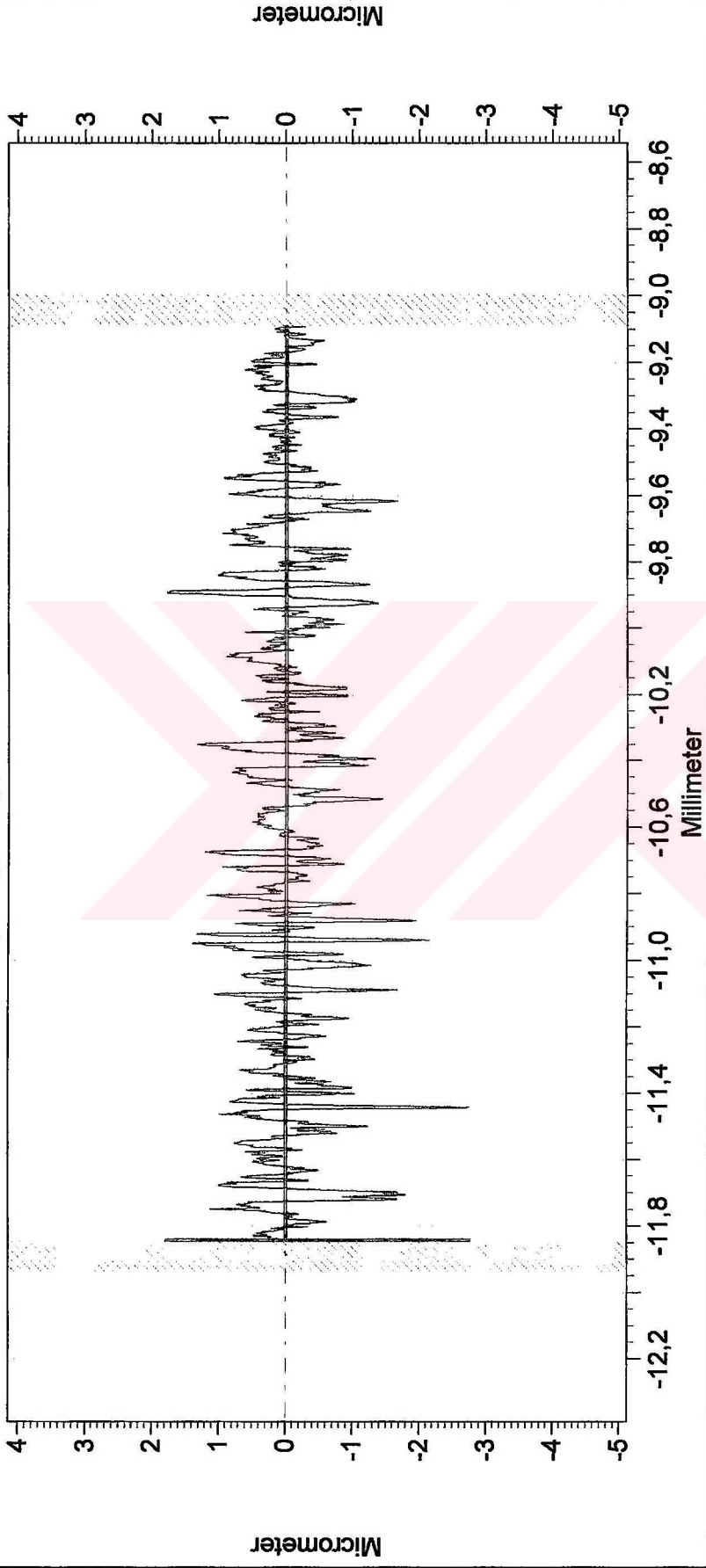
Berechnetes Profil    Berechnetes Profil 2 - R/7x0.25mm/G/100/LS Linie    12.01.00 11:22:41  
 Piston a - 2mm/Admin/Metro    12.01.00 11:21:49



Ra	0,0339 μm	Steigung	-0,182 °
Rp	0,1043 μm	Rv	0,1296 μm
		Rt	0,3251 μm
		Rz	0,2338 μm

# Taylor Hobson

Berechnetes Profil    Berechnetes Profil 1 - R/11x0.25mm/G/100/LS Linie    13.01.00 13:23:02  
 Dis Yatak 4(ust yuzey) - 3mm/Admin/Metro    13.01.00 13:22:35



Ra	0,4327 μm	Steigung	-0,115 °
Rp	1,1048 μm	Rv	1,4604 μm
		Rt	4,5342 μm
		Rz	2,5652 μm



## BİYEL KEPİ

	<i>NOMİNAL DEĞER</i>	<i>1. ÖLÇÜM</i>	<i>2. ÖLÇÜM</i>	<i>3. ÖLÇÜM</i>	<i>ORTALAMA</i>	<i>STANDART SAPMA</i>
<b>KALINLIK</b> yüzey A & yüzey B	13,485 (-0,125, +0,125)	13,444	13,4434	13,4409	13,4427	0,0016
<b>PARALEL- LİK</b> A & B	0,13	0,0721	0,0865	0,0978	0,0854	0,0128
$\phi$ I	4,04 (-0,05,+0,05)	4,0071	4,0081	3,9996	4,0049	0,0046
$\phi$ II	4,04 (-0,05,+0,05)	4,0131	4,0088	4,0035	4,0084	0,0048
<b>MESAFE</b> I & II	27,01 (-0,04,+0,04)	26,9038	26,9456	26,9348	26,928	0,0216
<b>MESAFE</b> eksen & yan yüzey	6,73 (-0,1,+0,1)	6,6537	6,6441	6,6513	6,6497	0,0049

## BİYEL KOLU

	<i>NOMİNAL DEĞER</i>	<i>1. ÖLÇÜM</i>	<i>2. ÖLÇÜM</i>	<i>3. ÖLÇÜM</i>	<i>ORTALAMA</i>	<i>STANDART SAPMA</i>
<b>DİKLİK üst yüzey &amp; B</b>	0,13	0,4377	0,4338	0,3612	0,4109	0,0430
<b>PARALELLİK K &amp; B</b>	0,25	0,0504	0,0552	0,0487	0,0514	0,0033
<b>DİKLİK üst yüzey &amp; K</b>	0,13	0,0115	0,0531	0,0281	0,0309	0,0209
<b>DİKLİK alt yüzey &amp; K</b>	0,13	0,1098	0,0919	0,1255	0,1090	0,0168
<b>MESAFE üst yüzey &amp; alt yüzey</b>	13,485 (-0,125, +0,125)	13,4618	13,4664	13,4401	13,4561	0,0018
<b>PARALELLİK üst yüzey &amp; alt yüzey</b>	0,25	0,0991	0,1083	0,1082	0,1052	0,0052
<b>KALINLIK X (mm)</b>	8,76 (-0,12,+0,12)	8,7199	8,7309	8,6969	8,7159	0,0173
<b>PARALELLİK → yüzey</b>	0,25	0,099	0,0745	0,0994	0,0909	0,0142

## KRANK MİLİ

	<b>NOMİNAL DEĞER</b>	<b>1. ÖLÇÜM</b>	<b>2. ÖLÇÜM</b>	<b>3. ÖLÇÜM</b>	<b>ORTALAMA</b>	<b>STANDART SAPMA</b>
$\phi$ D1	19,15 (-0,25,+0,25)	19,0706	19,0702	19,0705	19,0704	0,0002
$\phi$ D2	18,15 (-0,45,+0,45)	18,1334	18,1322	18,1326	18,1327	0,0006
$\phi$ D3	19,15 (-0,25,+0,25)	19,0689	19,0706	19,0692	19,0695	0,0009
KOAKSİYALİTE D3 & D1	0,05	0,0045	0,006	0,0066	0,0057	0,0010
DÜZLEMSELLİK Düz	0,05	0,0005	0,0007	0,0006	0,0006	0,0001
Düz2	0,05	0,0014	0,0017	0,0018	0,0016	0,0002
Düz3	0,05	0,0012	0,0009	0,0013	0,0011	0,0002
Düz4	0,05	0,0013	0,0005	0,0004	0,0007	0,0004
PARÇANIN UZUNLUĞU L (mm)	87,79 (-0,05,+0,05)	87,7988	87,8046	87,7952	87,7995	0,0031

## GÖVDE

	<i>NOMİNAL DEĞER</i>	<i>1. ÖLÇÜM</i>	<i>2. ÖLÇÜM</i>	<i>3. ÖLÇÜM</i>	<i>ORTALAMA</i>	<i>STANDART SAPMA</i>
$\phi$ Ana Muylu	19,095 (-0,005, +0,005)	19,1002	19,1001	19,1003	19,1002	0,0001
<b>DİKLİK</b> üst yüzey & ana muylu	0,05	0,059	0,058	0,058	0,0585	0,0005
<b>DİKLİK</b> yan yüzey & üst yüzey	0,064	0,1885	0,1793	0,1911	0,1863	0,0062
$\phi$ Yan Muylu	24,445 (-0,225, +0,225)	24,2846	24,2852	24,2852	24,285	0,0003
<b>DİKLİK</b> yan yüzey & yan muylu	0,05	0,031	0,02	0,048	0,033	0,0141
<b>DİKLİK</b> ana muylu & yan muylu	0,064	0,0899	0,0931	0,0907	0,0912	0,0016

## DIŞ YATAK

	<i>NOMİNAL DEĞER</i>	<i>1. ÖLÇÜM</i>	<i>2. ÖLÇÜM</i>	<i>3. ÖLÇÜM</i>	<i>ORTALAMA</i>	<i>STANDART SAPMA</i>
$\phi A$	19,097 (-0,004, +0,004)	19,1005	19,1067	19,0955	19,1009	0,0056
<b>DİKLİK</b> üst yüzey & A	0,05	0,0022	0,005	0,264	0,0904	0,1503
$\phi$ DAİRE	22,48 (-0,13,+0,13)	22,5601	22,5366	22,4952	22,5306	0,0328
<b>KOAKSİYALİTE</b> A & DAİRE	0,13	0,1278	0,1395	0,1085	0,1252	0,0156
<b>KALINLIK</b> X (mm)	6,35 (-0,13,+0,13)	6,4409	6,4416	6,4430	6,4418	0,0010
<b>PARALELLİK</b> üst yüzey & alt yüzey	0,05	0,0179	0,0202	0,0252	0,0211	0,0037
$\phi a$	5,6 (-0,09,+0,09)	5,6195	5,6206	5,6165	5,6188	0,0021
<b>DİKLİK</b> a & yüzey	0,05	0,0668	0,0698	0,0651	0,0672	0,0023
$\phi b$	5,6 (-0,09,+0,09)	5,64	5,6389	5,6381	5,639	0,0009
<b>DİKLİK</b> b & yüzey	0,05	0,0211	0,0227	0,0405	0,0281	0,0107
$\phi c$	5,6 (-0,09,+0,09)	5,6254	5,6283	5,6305	5,628	0,0025
<b>DİKLİK</b> c & yüzey	0,05	0,0517	0,0474	0,0939	0,0643	0,0256

## PİSTON

	<i>NOMİNAL DEĞER</i>	<i>1. ÖLÇÜM</i>	<i>2. ÖLÇÜM</i>	<i>3. ÖLÇÜM</i>	<i>ORTALAMA</i>	<i>STANDART SAPMA</i>
$\phi$ A	24,28 (-0,05,+0,05)	24,2735	24,2733	24,2727	24,2731	0,0004
<b>DİKLİK üst yüzey &amp; A</b>	0,05	0,0106	0,0113	0,0133	0,0117	0,0014
$\phi$ B	7,9415 (-0,0025, 0,0025)	7,9473	7,9533	7,9470	7,9492	0,0035
<b>DİKLİK A &amp; B</b>	0,05	0,0457	0,0470	0,0522	0,0483	0,0034
<b>UZUNLUK L (mm)</b>	22,16 (-0,065, +0,065)	21,9665	21,9550	21,9793	21,9669	0,0067



## ***BİYEL KEPI***

<b>ÖLÇÜM SONUÇLARI</b>	<b>Ra (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Rz (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
1. ÖLÇÜM (10 mm)	0,1743	0,9736
2. ÖLÇÜM (10 mm)	0,1538	0,8325
3. ÖLÇÜM (10 mm)	0,1782	0,9893
4. ÖLÇÜM (10 mm)	0,1555	0,8628
5. ÖLÇÜM (10 mm)	0,1640	0,9520
ORTALAMA	0,1651	0,9220
NOMİNAL DEĞER	0,25	1
STANDART SAPMA	0,0109	0,0700

## ***BİYEL KOLU***

<b>ÖLÇÜM SONUÇLARI</b>	<b>Ra (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Rz (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
1. ÖLÇÜM (5 mm)	0,2399	1,2974
2. ÖLÇÜM (5 mm)	0,1710	0,9879
3. ÖLÇÜM (5 mm)	0,2036	1,0989
ORTALAMA	0,2048	1,1280
NOMİNAL DEĞER	0,25	1
STANDART SAPMA	0,0344	0,1567



## ***KRANK MİLİ***

<b>ÖLÇÜM SONUÇLARI</b>	<b>Ra (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Rz (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
1. ÖLÇÜM (5 mm) (Bölüm a)	0,2251	1,3749
2. ÖLÇÜM (5 mm) (Bölüm b)	0,2839	1,8959
3. ÖLÇÜM (5 mm) (Bölüm c1)	0,1468	0,9732
3. ÖLÇÜM (5 mm) (Bölüm c2)	0,1359	0,8665
ORTALAMA	0,1979	1,2770
NOMİNAL DEĞER	0,4	1,5
STANDART SAPMA	0,0697	0,4666

## GÖVDE

ÖLÇÜM SONUÇLARI	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
<b>Yan Muylu</b>	(10 mm)	(10 mm)
1. ÖLÇÜM	0,1375	0,9531
2. ÖLÇÜM	0,1560	0,9527
3. ÖLÇÜM	0,1347	0,9452
ORTALAMA	0,1427	0,9503
NOMİNAL DEĞER	0,2	1
STANDART SAPMA	0,0115	0,0044
<b>Ana Muylu</b>	(15 mm)	(15 mm)
1. ÖLÇÜM	0,3457	1,9153
2. ÖLÇÜM	0,3422	1,9113
3. ÖLÇÜM	0,3459	1,9237
ORTALAMA	0,3446	1,9167
NOMİNAL DEĞER	0,4	2
STANDART SAPMA	0,0020	0,0063

## DIŞ YATAK

ÖLÇÜM SONUÇLARI	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
Üst Yüzey	(3 mm)	(3 mm)
1. ÖLÇÜM	0,4571	2,6060
2. ÖLÇÜM	0,4453	2,6590
3. ÖLÇÜM	0,3905	2,4357
4. ÖLÇÜM	0,4327	2,5652
5. ÖLÇÜM	0,5020	3,0953
ORTALAMA	0,4455	2,6722
NOMİNAL DEĞER	0,5	4
STANDART SAPMA	0,0403	0,2504
Delik	(2 mm)	(2 mm)
1. ÖLÇÜM	0,3074	2,3360
2. ÖLÇÜM	0,2681	1,7543
3. ÖLÇÜM	0,3960	1,9261
ORTALAMA	0,3238	2,0054
NOMİNAL DEĞER	0,5	2,5
STANDART SAPMA	0,0655	0,2988

## PİSTON

ÖLÇÜM SONUÇLARI	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
1. ÖLÇÜM (2 mm) (Bölüm a)	0,0339	0,2338
2. ÖLÇÜM (2 mm) (Bölüm a)	0,0500	0,4258
ORTALAMA a	0,0419	0,3298
NOMİNAL DEĞER a	0,08	0,58
STANDART SAPMA a	0,0113	0,1357
1. ÖLÇÜM (2 mm) (Bölüm b)	0,0772	0,5220
2. ÖLÇÜM (2 mm) (Bölüm b)	0,0839	0,6489
ORTALAMA b	0,0805	0,5854
NOMİNAL DEĞER b	0,1	0,63
STANDART SAPMA b	0,0047	0,0897
1. ÖLÇÜM (2 mm) (Bölüm c)	0,0594	0,4753
2. ÖLÇÜM (2 mm) (Bölüm c)	0,0997	0,6255
ORTALAMA c	0,0795	0,5504
NOMİNAL DEĞER c	0,08	0,58
STANDART SAPMA c	0,0284	0,1062



**EK 6a**

VİYANA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

**TU**

CNC – ÖLÇME AKIŞI  
İŞ PARÇASININ YERLEŞTİRİLİŞ DÜZENİ

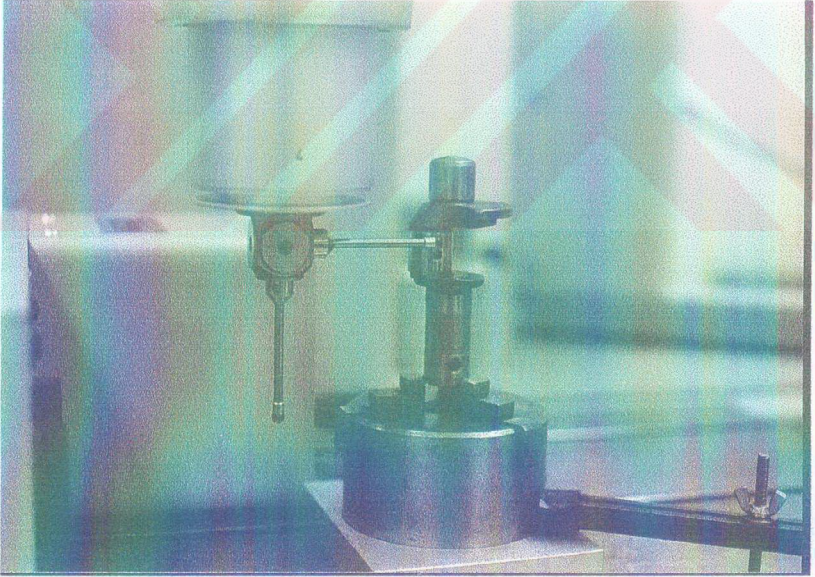
İŞ PARÇASININ ADI:

DOSYA NUMARASI:

TEKNİK RESİM NUMARASI:

TAST-KOMB	TAST-NO	ADRES	PROGRAM	POZİSYON	İLAVE BİLGİLER
1	1			1	Parça No: 1,2,3,4,5 içindir.
1	3			2	Parça No: 1,2,3,4,5 içindir.
2	1			1	Parça No: 6 içindir.
2	3			2	Parça No: 6 içindir.

Parça no: 3





**EK 6b**

İŞ PARÇASININ ADI:

DOSYA NUMARASI:

TEKNİK RESİM NUMARASI:

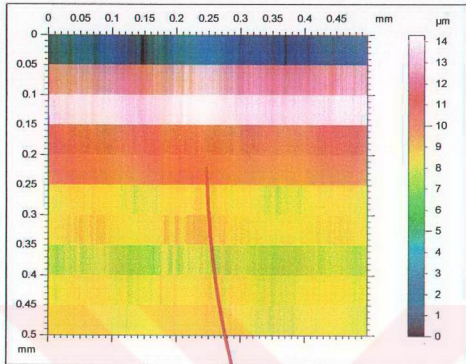
UMM



TAST-KOMB	TAST-NO	dk	TAST-UZUNLUĞU (mm)	BAĞLANTI ELEMANI $\Phi$ / L (mm)	POZİSYON
1	1	3 mm	33	-	1
1	3	8 mm	63,5	11 / 40	2
2	1	3 mm	33	-	1
2	1	5 mm	54	11 / 20	2



**EK 7**



**Oberflächen Information :**

Name: Nomak-LS2 > Ausgerichtet  
 Measured by: Admin  
 Created on: 21.12.99 11:37:27  
 Mesure duration: 1 m 10 s

**Achse: X**

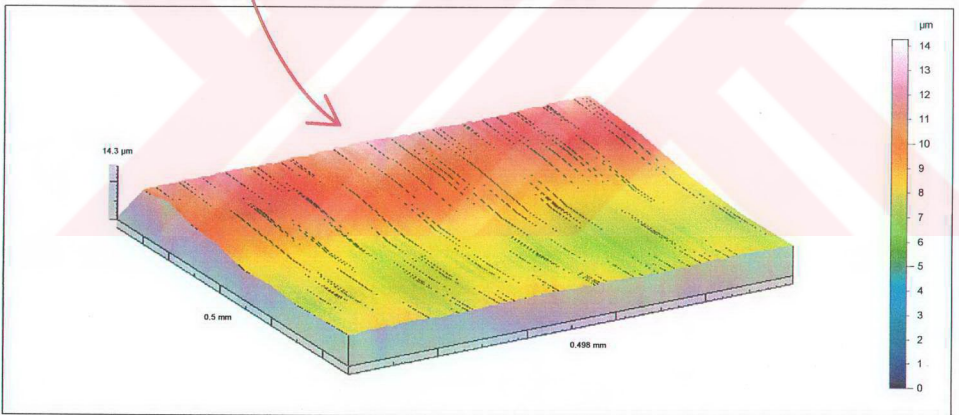
Länge: 0.498 mm  
 Größe: 4000 Punkte  
 Zeilen-Abstand: 0.125 µm

**Achse: Y**

Länge: 0.5 mm  
 Größe: 10 Punkte  
 Zeilen-Abstand: 55.6 µm

**Achse: Z**

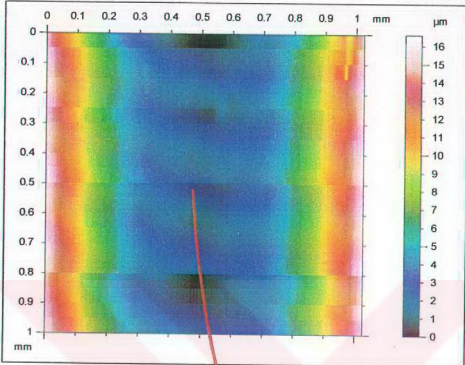
Länge: 14.3 µm  
 Größe: 893 Auflösung  
 Zeilen-Abstand: 16 nm



**Demo Version, nicht zum Verkauf !**

Gestaltet mit Mountains Technologie

**BIYEL KOLU 3D OLCUM**  
**12.01.2000**



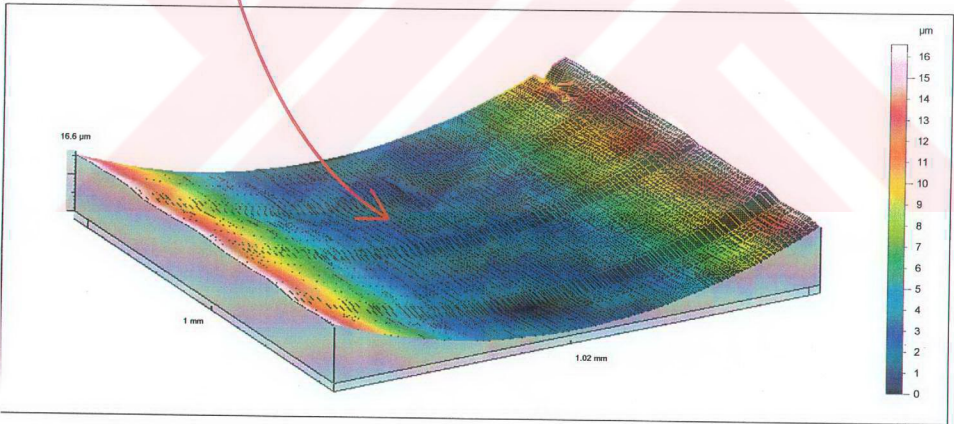
**Oberflächen Information :**

Name: Biyel Kolu 3D > **Ausgerichtet**  
Measured by: Admin  
Created on: 12.01.00 10:59:44  
Measure duration: 2 m 26 s

**Achse: X**  
Länge: 1.02 mm  
Größe: 400 Punkte  
Zeilen-Abstand: 2.57 µm

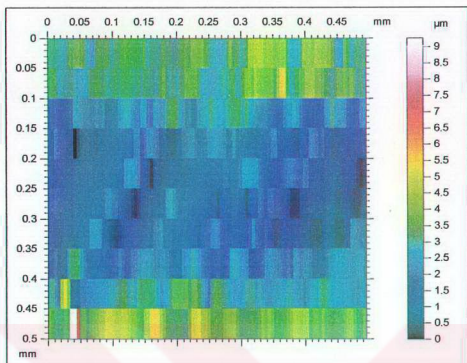
**Achse: Y**  
Länge: 1 mm  
Größe: 20 Punkte  
Zeilen-Abstand: 52.6 µm

**Achse: Z**  
Länge: 16.6 µm  
Größe: 1037 Auflösung  
Zeilen-Abstand: 16 mm



**Demo Version, nicht zum Verkauf !**

GOVDE ANA MUYLU 3D OLCUM  
10.01.2000



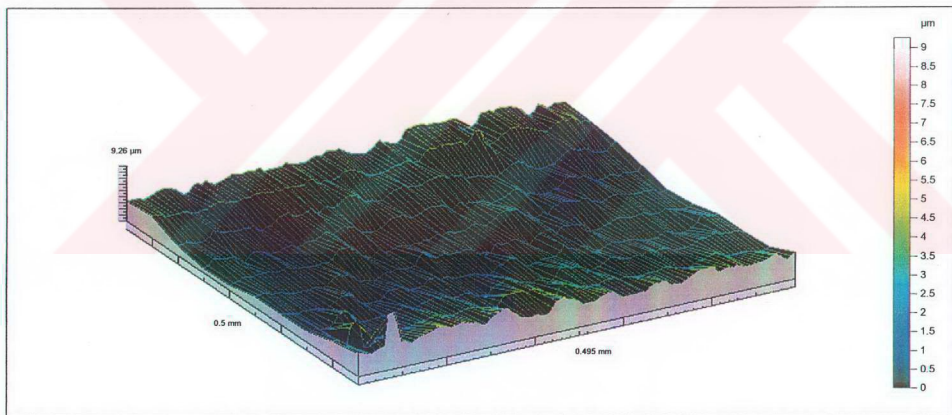
Oberflächen Information :

Name: NomakAM1 > Ausgerichtet  
Measured by: Admin  
Created on: 10.01.00 14:24:56  
Measure duration: 1 m 6 s

**Achse: X**  
Länge: 0.495 mm  
Größe: 100 Punkte  
Zeilen-Abstand: 5 µm

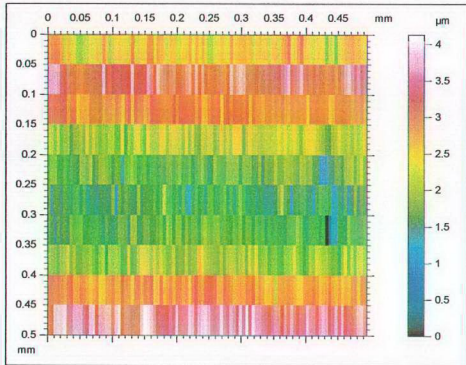
**Achse: Y**  
Länge: 0.5 mm  
Größe: 10 Punkte  
Zeilen-Abstand: 55.6 µm

**Achse: Z**  
Länge: 9.26 µm  
Größe: 579 Auflösung  
Zeilen-Abstand: 16 nm



**Demo Version, nicht zum Verkauf !**

**GOVDE YAN MUYLU 3D OLCUM**  
**10.01.2000**



**Oberflächen Information :**

Name: NomakYM1 > **Ausgerichtet**

Measured by: Admin

Created on: 10.01.00 14:56:20

Mesure duration: 1 m 9 s

**Achse: X**

Länge: 0.495 mm

Größe: 100 Punkte

Zeilen-Abstand: 5 µm

**Achse: Y**

Länge: 0.5 mm

Größe: 10 Punkte

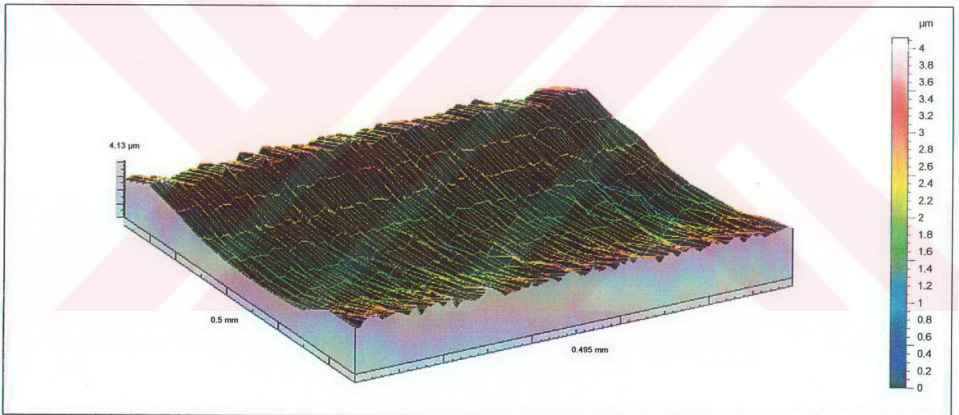
Zeilen-Abstand: 55.6 µm

**Achse: Z**

Länge: 4.13 µm

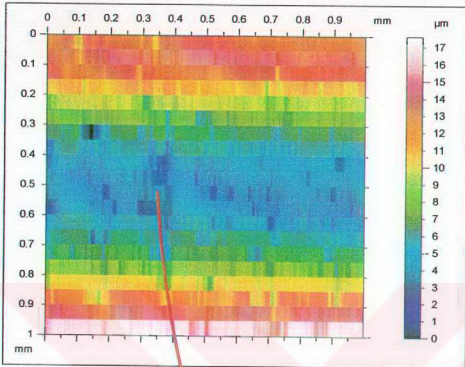
Größe: 258 Auflösung

Zeilen-Abstand: 16 nm



**Demo Version, nicht zum Verkauf !**

DIS YATAK 3D OLCUM  
14.01.2000



Oberflächen Information :

Name: Dis Yatak 3D > **Ausgerichtet**

Mesured by: Admin

Created on: 14.01.00 14:01:08

Mesure duration: 2 m 26 s

Achse: X

Länge: 0.997 mm

Größe: 400 Punkte

Zeilen-Abstand: 2.5 µm

Achse: Y

Länge: 1 mm

Größe: 20 Punkte

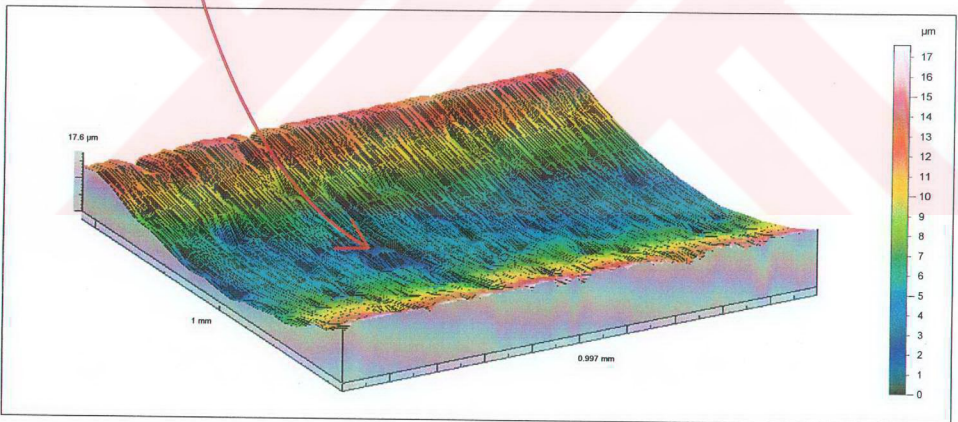
Zeilen-Abstand: 52.6 µm

Achse: Z

Länge: 17.6 µm

Größe: 1100 Auflösung

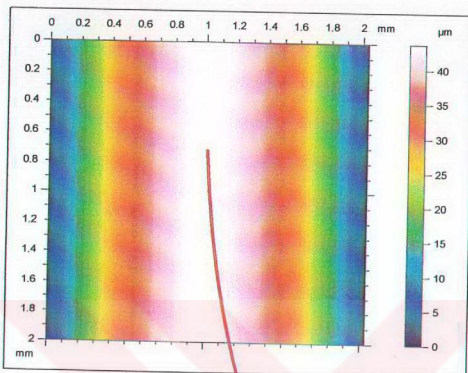
Zeilen-Abstand: 16 nm



Demo Version, nicht zum Verkauf !

Gestaltet mit Mountains Technologie

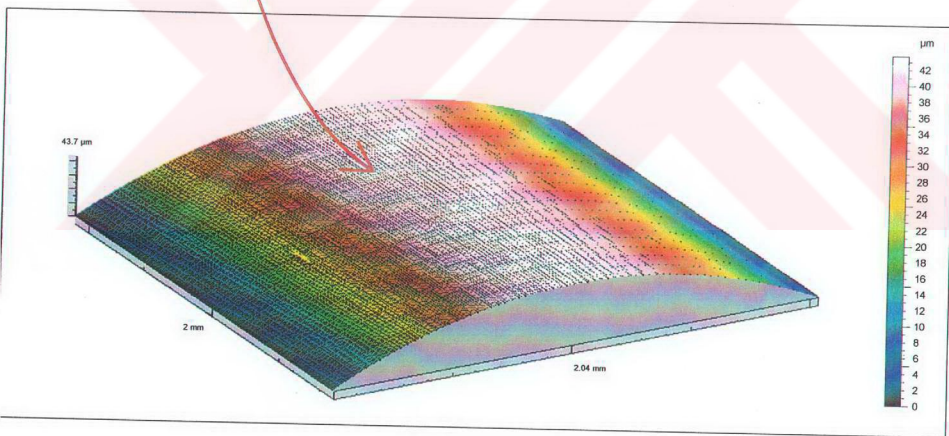
**PISTON 3D OLCUM**  
12.01.2000



**Oberflächen Information :**

Name: Piston 3D > **Ausgerichtet**  
Measured by: Admin  
Created on: 12.01.00 11:54:14  
Mesure duration: 3 m 15 s

**Achse: X**  
Länge: 2.04 mm  
Größe: 400 Punkte  
Zeilen-Abstand: 5.1  $\mu\text{m}$   
**Achse: Y**  
Länge: 2 mm  
Größe: 20 Punkte  
Zeilen-Abstand: 105  $\mu\text{m}$   
**Achse: Z**  
Länge: 43.7  $\mu\text{m}$   
Größe: 2731 Auflösung  
Zeilen-Abstand: 16 nm



**Demo Version, nicht zum Verkauf !**

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum Tarihi	28.03.1976	
Doğum Yeri	Antalya	
Lise	1989-1992	Antalya Merkez Gazi Lisesi
Lisans	1992-1996	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1996-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

**Çalıştığı kurum(lar)**

1997-Devam ediyor YTÜ Makina Fakültesi  
Makina Malzemesi ve İmalat Teknolojisi  
Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi