



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KİMYA-METALÜRJİ FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KALİBRASYON LABORATUVARI

Doküman No: TL-235

İlk Yayın Tarihi: 03.09.2015

Rev.Tarihi/No: -/00

Sayfa No: 1 / 7

MIKROMETRE KALİBRASYON TALIMATI

1- AMAÇ

Bu belgede, mikrometrelerin kalibrasyonunun açıklanması ve ölçüm belirsizliğinin hesaplanması amaçlanmıştır.

2- KAPSAM

Bu belge, hassasiyeti 0,001–0,01 mm ve ölçme sahası 25 mm'ye kadar olan mekanik ve dijital mikrometrelerinin kalibrasyonunu ve ölçüm belirsizliğinin hesaplanmasını kapsar.

3- DENEY/KALİBRASYON METODU

Yapılan kalibrasyonda DIN 863-1 ve VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1'de bulunan standart ve talimatlara göre karşılaştırmalı ölçüm metodu kullanılmaktadır.

Mikrometre referans paralel blok masterlar l_R ile mikrometre göstergesinde okunan değer l_{okunan} arasındaki matematiksel ilişki aşağıdaki model fonksiyon ile tarif edilmiştir;

$$Ex = l_{okunan} - l_R + \delta l_{drift} + \delta l_{sis} + \delta l_{bir} + L_S \cdot \alpha \cdot \Delta t + \delta l_{\text{çöz}} + \delta l_{düz} + \delta l_{tekrar}$$

l_{okunan} - Mikrometre göstergesinde okunan değer,

l_R - Kullanılan referans masterın boyu,

δl_{drift} - Masterın yıllık drifti,

δl_{sis} - Masterın sistematik sapması,

δl_{bir} - Masterların birleştirilme hatası,

L_S - Kullanılan referans masterın nominal boyu,

α - Mikrometrenin ve blok masterın ortalama ısıl genleşme katsayısı,

Δt - Mikrometrenin ve blok master arasındaki sıcaklık farkı,

$\delta l_{\text{çöz}}$ - Mikrometrenin çözünürlük belirsizliği,

$\delta l_{düz}$ - Mikrometrenin düzlemsellik hatası

δl_{tekrar} - Mikrometrenin tekrarlanabilirlik hatası

4- NUMUNE/CİHAZ TANIMI

Kalibre edilecek mikrometreler, hassasiyeti 0,001–0,01 mm ve ölçme sahası 25 mm'ye kadar olan mekanik ve dijital mikrometreler işlevsel kontrolü yapıldıktan sonra kabul edilir.

5- ÖLÇÜLEN DEĞİŞKEN, BİRİMİ ve ÖLÇÜM ARALIĞI

Boyut, mm., 0-25mm.

6- KULLANILAN CİHAZ ve DONANIMLAR

KMC-312 no lu Ölçme ve Kalibrasyon Laboratuvarında bulunan referans master ve donanımları, sabitleme tablası, optik cam, kuvvet için gerekli ağırlık.

7- REFERANS STANDARLAR ve MALZEMELER

DIN 863, VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1

8- ÇEVRE ve ORTAM ŞARTLARI

20 ±2°C sıcaklık, %50 ±25 nem

9- ÖLÇÜMÜ ETKİLEYEN GİRİŞİMLER

- Sıcaklık
- Ölçüm aletinin işlevselliği
- Referans masterların güvenilirliği



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KİMYA-METALÜRJİ FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KALİBRASYON LABORATUVARI

Doküman No: TL-235

İlk Yayın Tarihi: 03.09.2015

Rev.Tarihi/No: -/00

Sayfa No: 2 / 7

MIKROMETRE KALİBRASYON TALIMATI

10- ÇALIŞMAYA BAŞLAMADAN ÖNCE YAPILMASI GEREKEN HAZIRLIKLAR

10.1.1.Tanımlama

Üretici seri numarası,kullanıcı kodu veya tanım numarası olmalıdır.Gerekirse müşteri onayı alınarak cihaz tanım numarası verilir.

10.1.2.Temizlik

Etil alkollü yumuşak bezle temizlik yapılır.Varisa üretici talimatları dikkate alınır.Plastik yüzeylere alkol sürülmez,kuru bezle temizlenir.

10.1.3Görsel Kontrol

-Hasar veya korozyon olmamalı

Skala Tamburu ve Kovan,

-Skala işaretleri okunaklı olmalı

-Skala bölüntü değeri verilmiş olmalı

-Bölüm çizgileri doğru,keskin kenarlı ve eşit genişlikte olmalı

Dijitaller için,

-Dijitler eksiksiz olmalı(Test etmek için hareketli çene ölçme aralığı boyunca yavaşça hareket ettirilerek gösterge izlenir.Tüm dijitler 8 veya 0 ve 2 yapılarak gözlenir.)

-Ölçme birimi verilmiş olmalı

-Düğmeler çalışıyor olmalı

-Pil kontrol edilmeli

Saatliler için,

-İbre ucu düzgün olmalı

-Numaralar okunaklı olmalı

-Bölüntü değeri verilmiş olmalı

10.1.4.Tashi/Ayrırma

Mikrometrenin ölçme yüzeylerinde hasar, keskin kenar, çapak olup olmadığı kontrol edilir.Bu kontrollerde yukarıdaki durumlardan biri gözlenirse gaztaşı, arkansas taşı ve parlatma lastiği ile giderilmeye çalışılır. Fonksiyonel çalışmayı etkileyen ve giderilemeyen hasar durumunda kalibrasyon yapılmaz.

10.1.5 Dokümantasyon

Kalibrasyon esnasında kalibrasyon talimatı veya ilgili standartlar (DIN 863-1 vb.) hazır bulundurulur.

10.2.Ön Testler

10.2.1.Fonksiyon Kontrolü

-Ölçme aralığında mikrometrenin rahat çalışması gerekir.

-Yatak boşluğu kontrol edilir.

-Kilitleme vidası söküldüğünde gösterge değeri değişmemelidir. Dijital göstergeliler için bir dijitten fazla değişmemelidir.

-Ölçme kuvvetinin min 5 N maks 10 N arasında olup olmadığı, ölçme kuvveti test aleti ile kontrol edilir.

10.2.2. Sıcaklık Ayarı

Mikrometreler ortam sıcaklığına uyum sağlaması amacıyla kalibrasyon laboratuvarında 20°C'de en az 5 saat bekletilir.



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KİMYA-METALÜRJİ FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KALİBRASYON LABORATUVARI

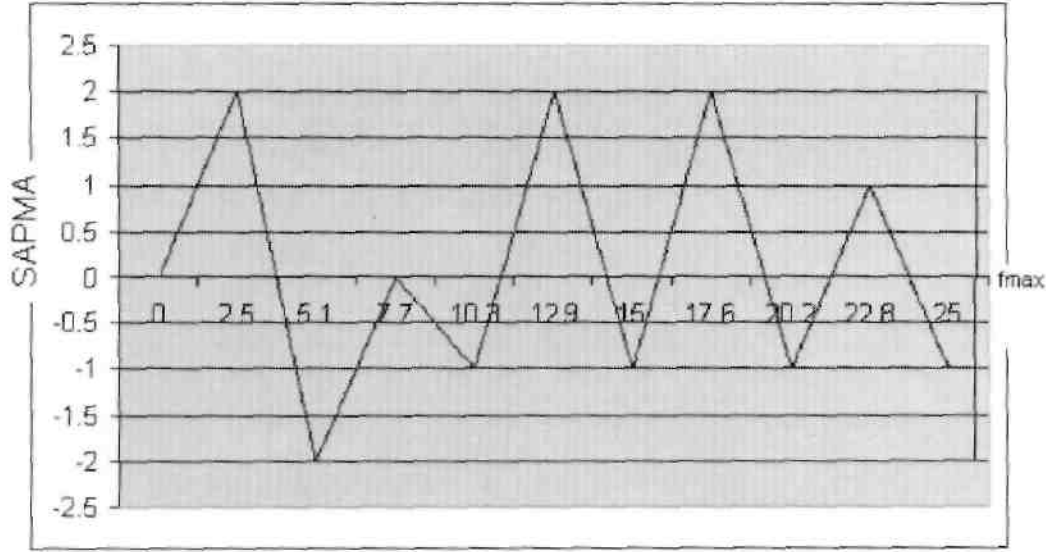
Doküman No: TL-235

İlk Yayın Tarihi: 03.09.2015

Rev.Tarihi/No: -/00

Sayfa No: 3 / 7

MIKROMETRE KALİBRASYON TALIMATI



Fmax en büyük ve en küçük sapma değerinin toplamı

11- DENEY/KALİBRASYON İŞLEMİNİN YAPILIŞI

- Kalibrasyon Kapsamı
- Ölçme yüzeylerinin düzlemsellik hatası
- Ölçme yüzeylerinin paralellik hatası
- Ölçme hataları belirlenir.

Eğer mikrometrenin değiştirilebilen parçaları varsa, her bir bağımsız eleman için paralellik hatası ve ilk başlangıç değeri kontrol edilir.

11.1 Ölçme yüzeylerinin düzlemsellik hataları

Kontrol işlemi optik düz cam veya kıl gönye vasıtasıyla yapılır. Optik düz cam her iki yüzeye de ayrı ayrı yerleştirilir. Optik cam üzerinde interferans bantları/halkaları minimum sayıda belirene kadar hareket ettirilir ve oluşan interferans bantları/halkaları sayısına bakılır. Bu test sırasında ölçüm yüzeylerinin kenarlarından 0.4 mm.lik bölge dikkate alınmaz.

Kullanılmış mikrometreler veya yüzeylerinde oluşan kararmadan dolayı optik düz cam altında interferans halkaları gözükmeyen mikrometrelerde kıl gönyeyle kontrol yapılır. Düzlemden sapma bir çok ekseninde aradaki boşluktan ışığın sızıp sızmamasına göre test edilir (bu metotla ancak $>2\mu\text{m}$ sapmalar belirlenebilir) Yine bu test sırasında da ölçüm yüzeylerinin kenarlarından 0.4 mm.lik bir kısım değerlendirmeye alınmaz.

11.2 Ölçme yüzeylerinin paralellik hatası

Optik paralel camlar vasıtasıyla maksimum 100 mm ölçüm aralığına sahip mikrometrelere kontrol işlemi uygulanır. Bu test işleminde 3 veya 4 tane değişik kalınlıkta optik paralel cam kullanılır. Bunun amacı ölçü milinin 1 tam turunda 4 değişik yerde paralellik kontrolü yapmaktır. Önce optik paralel cam , mikrometrenin ölçüm yüzeylerinin arasına yerleştirilir ve mikrometrenin tamburu sıkılır. Optik paralel cam bu yüzeyler arasında dikkatlice hareket ettirilerek interferans bantları/halkalarının sayısı her iki yüzeyde de en aza indirilmeye çalışılır ve her iki yüzeydeki interferans bant/halka sayıları toplanır. Bu arada ölçüm yüzeylerinin 0.4 mm.lik kenar bölgeleri dikkate alınmaz.

Bilyalar, küresel master bloklar, test problemleri vb. araçlar kullanarak ölçme yüzeyinde 4 farklı noktadan, 90° çevirerek ve kenardan maksimum 1 mm boşluk bırakılarak değerler arasındaki farklar belirlenir. Paralellik hatasının belirlenmesi tamburun 2 farklı açılarda pozisyonunda (180° farklı) yapılır. Değerlerde belirgin bir fark varsa 90° ve 120° açılarda da ölçümler gereklidir.

11.3 Başlangıç değerinin kontrolü



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KİMYA-METALÜRJİ FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KALİBRASYON LABORATUVARI

Doküman No: TL-235

İlk Yayın Tarihi: 03.09.2015

Rev.Tarihi/No: -/00

Sayfa No: 4 / 7

MIKROMETRE KALİBRASYON TALIMATI

Başlangıç değeri kontrol edilir ve gerekliyse ayarlanır. Başlangıç değeri >0 mikrometreler için ayar mastarı kullanılır. Ölçümler bittikten sonra sıfır tekrarı için başlangıç noktasına gelinerek değer alınır. Bu değer belirsizlik hesabında kullanılır.

11.4 Maksimum sapmanın belirlenmesi

Gösterge sapması en az alt ve üst değerlerde ve ara değerler için örneğin 5 mm artımlarla paralel blok master kullanılarak belirlenir. Skalanın farklı aç pozisyonları için ara değerler seçilir. 0-25 mm ölçüm kapasitesine sahip olan bir mikrometre için örnek ölçüm aralıkları (0 - 5,1 mm . 10,3 mm - 15,0 mm - 20,2 mm -25 mm) şeklinde olabilir.Bütün ölçümler mümkün mertebe aynı ölçme kuvveti uygulanarak yapılmalıdır.

11.5 Kalibrasyonun Durdurulması ve Yeniden Başlatılması

Herhangi bir nedenden dolayı kalibrasyonun durdurulması gerektiğinde kalibrasyon şartlarının homojenitesi önemli olduğu için her bir cihaz için gerekli laboratuvar şartları oluştuğunda kalibrasyona yeniden başlanır.

12- HESAPLAMALAR ve ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ

12.1 A-TİPİ BELİRSİZLİK HESAPLAMA YÖNTEMİ:

Ölçümün ortalamasına ($\bar{X}$) ölçüm belirsizliği (S_x) hesaplanır. X_i her bir ölçümde ölçme aletinden elde edilen sonuç olduğu varsayılırsa; Belirsizlik hesabında ortalama değer;

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

olup, burada n toplam ölçüm sayısıdır. Bu ölçümlerin standart sapması;

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(x_i - \bar{X} \right)^2}$$

formülünden bulunur. Bu S_x değeri, A tipi belirsizliği vermektedir.

12.2 B-TİPİ BELİRSİZLİK HESAPLAMA YÖNTEMİ:

12.2.1 Referans Blok Masterların Belirsizliği

Kalibrasyonunda kullanılan referans paralel blok masterların uzunlukları ile ilgili ölçüm belirsizlikleri kalibrasyon sertifikasından alınır.

Genellikle kalibrasyonda 1. ve 2. sınıf karışık kullanıldığından doğal olarak 2. sınıf masterların belirsizlikleri ve sapmaları daha büyük olduğundan 2. sınıf masterların dikkatte almamız yeterli olur.

$$U_{R.} = \frac{U_{Ref}}{2}$$

12.2.2 Referans Blok Masterların Kaymasından Gelen Belirsizlik

DIN 861 göre mastardaki yıllık kayma (değişim) miktarı 1. ve 2. sınıfa göre denklemi:



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KİMYA-METALÜRJİ FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KALİBRASYON LABORATUVARI

Doküman No: TL-235

İlk Yayın Tarihi: 03.09.2015

Rev.Tarihi/No: -/00

Sayfa No: 5 / 7

MIKROMETRE KALİBRASYON TALIMATI

$Drift \pm (0,05L)\mu m$, bu denklem kullanılırsa;

$$U_{drift} = \frac{(0,05 + L)}{\sqrt{3}}$$

maksimum kayma belirsizlikleri elde edilir. (L, metre cinsinden yazılmalıdır.)

12.2.3 Referans Blok Masterların Sistemik Hatasından Gelen Belirsizlik

Kalibrasyonunda birleştirilerek kullanılabilecek kombinasyonlar göz önüne alınır ve birleştirilen masterların belirsizlikleri aritmetik olarak toplanır;

$$mastarsapması = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n,$$

$$\square U_{sist} = \frac{mastarsapması}{\sqrt{3}}$$

12.2.4 Referans Paralel Blok Masterların Birleştirilmesinden Kaynaklanan Hata

Masterların birleştirilmesinden kaynaklanan belirsizliği her birleştirme yüzeyi için $\pm 1\mu m$ olarak tahmin edilirse; örneğin 3 masterın birleştirildiği durumda iki birleştirme yüzeyi için $\pm 2\mu m$ 'luk bir belirsizlik verilir.

$$U_{bir} = \frac{birlestirmeyuzey sayısı \times 1\mu m}{\sqrt{3}}$$

12.2.5 Mikrometre ve Masterların Ortalama Isıl Genleşmesi

Kalibrasyon laboratuvarlarının ortam şartı: $20^\circ C \pm 2^\circ C$ ise, bu şartlara aynı zamanda operatörün referansa teması dolayısıyla oluşan sıcaklık artışını katmak mümkündür. Ancak yapılan gözlemlerde operatörün referansa minimum olarak temas etmesi ve ölçümlerin masada yapıldığı durumlarda maksimum $\pm 2^\circ C$ 'lik bir oynama oluşmakta ve bu sıcaklıkta masterın Ortalama Isıl Genleşme Katsayısı $\alpha = 11,5 \times 10^{-6} K^{-1}$ ve $\Delta T = 2^\circ C$ olarak tahmin edilirse

$$U_{\Delta T} = \frac{\alpha \cdot \Delta T \cdot L}{\sqrt{3}} = \frac{11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 2L}{\sqrt{3}} = 4L\mu m$$

12.2.6 Mikrometrenin Çözünürlük Belirsizliği

Analog cihazlarda okumadan gelen belirsizlik

$$U_{\xi\ddot{o}z} = \frac{\left(\frac{B\ddot{o}l\ddot{u}nt\ddot{u}}{G\ddot{o}zleb\ddot{o}l\ddot{u}nebilmeSayısı} \right)}{\sqrt{3}}$$

Gözle bölünebilme sayısı veya katsayısı bölüntü değerini, çizgi kalınlığını göz önüne alarak iki çizgi arası en fazla kaç bölünebileceğini gösteren bir sayıdır ve (1, 2, 4, 5, 10) gibi değere sahip olur ancak dijital, cihazlarda 2 alınır. Örneğin;

$$0,01 \text{ mm.'lik göstergeye sahip dijital bir cihaz için } U_{\xi\ddot{o}z} = \left(\frac{\frac{10\mu m}{2}}{\sqrt{3}} \right) = 2,87\mu m \text{ olur.}$$



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KİMYA-METALÜRJİ FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KALİBRASYON LABORATUVARI**

Doküman No: TL-235

İlk Yayın Tarihi: 03.09.2015

Rev.Tarihi/No: -/00

Sayfa No: 6 / 7

MIKROMETRE KALİBRASYON TALIMATI

12.2.7 Mikrometrenin Ölçme Yüzeylerinden Gelen Belirsizlik

Optik camlarla yapılan düzlemsellik ve paralellik kontrollerindeki sapmalardan sadece düzlemsellik sapmaları göz önüne alınır.

$$Y_{Düz} = \frac{(Y_{Örs} + Y_{Mil} + Y_{REF})}{2} \Rightarrow U_{Düz} = \frac{Y_{Düz}}{\sqrt{3}}$$

Düzlemsellik kontrolünde en ideal durumda ölçme yüzeyleri, optik cam ile yapılan kontrolde herhangi bir bant gözlenmemiş ise ayrıca optik camlardan kaynaklanan maksimum yanılmayı ve belirsizliği ve sapmaları da göz önüne alınırsa $Y_{Düz} = 0,5\mu m$ varsayılır.

Düzlemsellik kontrolü, ideal olmayan durumda ölçme yüzeyleri kılıç gönye ile bakılır. Bu durumda referanstan kaynaklanan maksimum yanılmayı yani belirsizliği ve sapmaları da göz önüne alınırsa $Y_{Düz} = 4\mu m$ varsayılır.

12.2.8 Tekrarlanabilirlik Testinden Gelen Belirsizlik

Test cihazının her defasında sıfır noktasında yapılan ayar nedeniyle meydana gelen belirsizlik sıfırdan farklı olur. ($U_{Tekrar}(0) \neq 0$) Bu belirsizlik değeri $U_{Çöz}$ ile eşit olur.

Tablo : En İyi Belirsizlik Bütçesi

Belirsizlik Kaynağı	Büyüklik X_i	Tipi	Tahmini Değer x_i	Olasılık Dağılımı	Bölen	Standart Belirsizlik (u_x)
Referans Mastarın Sertifika Belirsizliği	l_R	B	0,1 μm	Normal	2	0,05
Sistematik Sapma	Δl_{Sis}	B	0,29 μm	Dikdörtgen	$\sqrt{3}$	0,17
Birleştirme Hatası	Δl_{Bir}	B	0,05 μm	Dikdörtgen	$\sqrt{3}$	0,03
Çözünürlük	$\Delta l_{Çöz}$	B	0,5 μm	Dikdörtgen	$\sqrt{3}$	0,29
Ölçme Yüzeylerinden Gelen Belirsizlik	Δl_{Para}	B	0,25 μm	Dikdörtgen	$\sqrt{3}$	0,14
Tekrarlanabilirlik	Δl_{Tekrar}	B	0,6 μm	Dikdörtgen	$\sqrt{3}$	0,35
Referansın Kayması	Δl_{Drift}	B	6,7 L μm	Dikdörtgen	$\sqrt{3}$	3,87 L
Ortam Şartları	ΔT	B	4 L μm	Dikdörtgen	$\sqrt{3}$	2,31 L
Toplam Varyans					$\pm$	0,50 + 4,50 L
Genişletilmiş Belirsizlik(k=2)					$\pm$	1,00 + 9,00 L

Beyan edilen belirsizlik $U = \pm 1 + 9L \mu m$

12.2.9 Genişletilmiş Belirsizlik

Genişletilmiş belirsizlik, A ve B tipi belirsizliklerin bir k kapsam faktörü ile çarpılarak şu formülle elde edilir.

$$\text{Genişletilmiş Belirsizlik} = k\sqrt{A^2 + B^2}$$



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KİMYA-METALÜRJİ FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KALİBRASYON LABORATUVARI

Doküman No: TL-235

İlk Yayın Tarihi: 03.09.2015

Rev.Tarihi/No: -/00

Sayfa No: 7 / 7

MIKROMETRE KALİBRASYON TALIMATI

Kapsam faktörü, k, güvenilirlik düzeyini göstermekte ve genellikle ticari olarak k=2 (%95 güvenilirlik) olarak kullanılmaktadır.

Güvenilirlik Düzeyi	Kapsam Faktörü
p (%)	kp
68.27	1
90	1.645
95	1.960
99	2.576
100	3

13- KALİBRASYON SERTİFİKASININ HAZIRLANMASI

Kalibrasyon sertifikası, TB-10-01-07 TÜRKA Markalı Deney Raporları ve Kalibrasyon Sertifikalarına İlişkin Şartlar Hakkında Tebliğ ve raporlama prosedürüne göre hazırlanır.

14- REFERANS DOKÜMANLAR

Verification of geometrical parameters - Micrometers - Part 1: Standard design micrometer callipers for external measurement; concepts, requirements, testing
DIN 863-1,

Inspection of measuring and test equipments - Test instructions for micrometers VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1