

SERTLİK ÖLÇME CİHAZLARI KALİBRASYONU

Metin BULUT

BMS Bulut Makina Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
Kocaeli KOBİ OSB, Köseler Mahallesi 6. cadde No: 20/2
Dilovası / KOCAELİ - Turkey
Tel : +90 0 262 502 97 73
+90 0 262 502 97 76
+90 0 262 503 06 51
Web: www.bulutmak.com E-mail: bms@bulutmak.com

Özgeçmiş: Metin Bulut, 1978, YTÜ mezunu Mak. Müh. olup, yurdumuzda, sertlik ölçme cihazını ilk defa 1985 de, dizayn etmiş ve üretmiştir. 1978-1986 arası, özel firmalarda kalite kontrol sorumlusu olarak çalıştıktan sonra, 1985-1991 arasında çalıştığı özel bir firmada, sertlik ölçme cihazları üretimine (hem kendi dizaynı olan, hem de Wolpert / Almanya lisans ile sertlik ölçme cihazları) devam etmiştir. 1991 da kurduğu, BMS BULUT MAKİNA şu ana kadar, birçok tip sertlik ölçme cihazlarını üretmiş olup, sektöründe bir ad olmuştur.

Firma bünyesinde yapılan AR-GE çalışmaları ile değişik tiplerde sertlik ölçme cihazının, araştırma, geliştirme, üretimi, satışı yapılmış olup, şu ana kadar üretilen, 2.000 den fazla cihaz yerli ve yabancı piyasalarda sorunsuz çalışmaktadır

İçindekiler

1.	ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME CİHAZI KALİBRASYONU	3
1.1.1	Giriş:	3
1.1.2	Kapsam:	3
1.1.3	Tanımlar:	3
1.2	KALİBRASYON ÖNCESİ GEREKEN HAZIRLIKLAR	3
1.2.1	Ortam:	3
1.2.2	Cihaz:	3
1.3	KALİBRASYON İŞLEMİ ANINDA TEST SÜRECİNİN DOĞRU UYGULANMASI	4
1.4	DOLAYLI VE DOLAYSIZ UYGULAMALARIN UYGULANMA ŞARTLARI	5
1.4.1	DOLAYSIZ DOĞRULAMA	5
1.4.2	DOLAYLI DOĞRULAMA:	6
1.4.3	KALİBRASYON RAPORLARI ARASINDAKİ SÜRELER:	7
1.4.4	ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ:	7
2	BRINELL SERTLİK ÖLÇME CİHAZI KALİBRASYONU	9
2.1.1	Giriş:	9
2.1.2	Kapsam:	9
2.1.3	Tanımlar:	9
2.1.4	Ortam:	9
2.2	KALİBRASYON İŞLEMİNİN UYGULANMASI	9
2.2.1	DOLAYSIZ DOĞRULAMA	10
2.2.2	DOLAYLI DOĞRULAMA:	10
2.3	KALİBRASYON RAPORLARI ARASINDAKİ SÜRELER:	11
2.3.1	ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ:	11
3	VICKERS SERTLİK ÖLÇME CİHAZI KALİBRASYONU	12
3.1.1	Giriş:	12
3.1.2	Kapsam:	12
3.1.3	Tanımlar:	12
3.1.4	Ortam:	12
3.2	KALİBRASYON İŞLEMİNİN UYGULANMASI:	13
3.2.1	DOLAYSIZ DOĞRULAMA	13
3.2.2	DOLAYLI DOĞRULAMA:	14
3.3	DOĞRULAMA SIKLIĞI:	16
3.3.1	ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ:	16

1. ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME CİHAZI KALİBRASYONU

1.1.1 Giriş:

Bu rehber doküman, Rockwell sertlik ölçme cihazının kalibrasyonu için gerekli ortam, teçhizat ve teknik bilgileri içerir.

1.1.2 Kapsam:

Bu doküman, Rockwell sertlik ölçme cihazlarının kalibrasyonlarında dikkat edilmesi gerekli olan konuları içerir.

1.1.3 Tanımlar:

Rockwell Sertlik ölçme değeri: Ön yük ve toplam yükün uygulanarak, 120° elmas koni uç veya değişik çaplardaki (1/16", 1/8", 1/4", 1/2") bilya uçlar kullanılarak, test malzemesi üzerinde oluşan dalma derinliğinin mikron cinsinden boyutsal olarak ölçme metodudur.

Ölçme saati: Cihazın üzerinde sabitlenmiş, ölçüm değerlerinin Rockwell değerine tekabülünü analog veya dijital olarak gösterir.

Ölçme ucu: Elmas koni veya çeşitli çaplardaki bilya uçlar

Ölçüm aralığı: Değişik Rockwell metodlarına göre ölçülebilecek ölçme değerleri aralıkları

Çözünürlük: Analog veya dijital cihazlardaki en küçük bölüntü değeridir.

1.2 KALİBRASYON ÖNCESİ GEREKEN HAZIRLIKLAR

1.2.1 Ortam:

-Ortam sıcaklığı 23 ± 5 ° C olarak sağlanmalıdır. Bu değerlerin dışında bir doğrulama yapma zorunluluğu olursa, bu doğrulama raporunda belirtilmelidir.

-Kalibrasyon ortamına yakınlarında darbe (eksantrik pres, friksiyon presler gibi) vibrasyon, aşırı tozlu, yağlı, kirli ve sesli bir ortam olmamalıdır.

1.2.2 Cihaz:

-Cihaz, uygun bir masa üzerinde tespitlenmiş olmalıdır. Ölçüm tablası üzerine, bir su terazisi koyarak, cihazın yere göre düzgünlüğü ayarlanmalıdır.(bu işlem, yüklerin, hidrolik, motorlu veya Load cell yardımıyla uygulanan cihazlarda, yüklerin uygulaması anında çok önemli olmasına rağmen, yüklerin yay baskısı ile uygulandığı cihazlarda daha az önemlidir.)

-Ölçme ucunun yerleştirildiği cihaz ölçme mili delik çapı ile ölçme ucunun çapı arasındaki boşluk fazla olmamalıdır. Ayrıca, ölçme ucunun, ölçme miline oturduğu yüzey düzgün, paralel ve temiz olmalıdır.

-Ana mil kovan boşluğu ve kama boşluğu kontrol edilmelidir. Ayrıca ana mil somun boşluğu da kabul edilebilir sınırlarda olmalıdır.

-Ölçme tablasının ana mile giren çapı boşluk toleransı, hem tablanın hem de ana milin birbirlerine değen yüzeylerinin yüzey pürüzlülükleri ve düzlemsellik uygunluğu kesinlikle sağlanmalıdır. Ölçme tablasının, yüzey pürüzlülüğü ve düzlemselliği de çok önemli olup kesinlikle sağlanmalıdır.

-Yük uygulama sistemi kontrol edilmeli, yüklerin düzgün olarak belirlenen zamanda inmesinin sağlandığından emin olunmalıdır.(bkz. test süreci)

-Ölçme saati pozisyonu uygun olmalı ve düzgün çalışmalıdır.

-Referans test bloğunda toz, yağ, mıknatıslanma vb. olmamalı, blok yüzeyleri etil alkolle temizlenip kurulmalıdır. Test yüzeylerine çıplak elle değmemelidir. Ölçme bölgesi, önceden yapılan izlere göre uygun seçilerek, cihazın test tablasına muntazam yerleştirilmelidir.

1.3 KALİBRASYON İŞLEMİ ANINDA TEST SÜRECİNİN DOĞRU UYGULANMASI

Rockwell Test sonucunu direk etkilemesinden dolayı, aşağıda belirtilen 7 hususun kalibrasyon süresince sağlanması gerekir.

1)Sertlik ölçme ucunun test bloğuna değme hızı: Aşırı uygulanan değme hızı, ön yük değerinin artmasına veya ucun kırılmasına neden olur. Dolayısıyla sertlik değerinin değişmesine neden olabilir. Bu hız 1 mm/sn. yi geçmemelidir.

2)Ön yük uygulama hızı: Ucun test bloğuna değdiği noktadan, ön yükün komple uygulandığı ana kadarki hız olup, bu zamanın uzun olması, malzeme sürünme davranışının değişmesine ve sertliğe etkimesine neden olur. Hızın uygulanmasının kesintisiz ve darbesiz olması gerekir.

3)Ön yükleme zamanı: Testler, malzemenin plastik akmasından dolayı, ön yükleme anında ucun deplasmanının devam ettiğini ispatlamıştır. 0 ila 6,5 sn. arasındaki zamanlarda, 25,45 ve 63 HRC referans bloklarında yapılan testlerde, 63 HRC de 1-5,5 sn. arasında hiçbir değer değişimi olmamış sadece, 0-1 sn. arasında 0,05 HRC değer değişimi gözlenmiştir. 45 HRC de ise 1,5 ila 5,5 sn. arasında bir değer değişimi olmamış, 0-1,5 s arasında ise 0,15 HRC değişim gözlenmiştir. Buna rağmen, 25 HRC de ise, bu değişimin bütün zaman dilimlerinde olduğu, hatta 0-1,5 sn. arasında ise, 0,40 HRC ye kadar çıktığı gözlenmiştir. Buda, genel olarak, düşük sertliğin, daha fazla duktilite veya plastik deformasyonu işaret etmesinden dolayıdır. Düşük sertliklerde, ön yükleme zamanının etkisinin daha fazla olduğu tesbit edilmiştir. Sonuç olarak bütün değerlerde, bu zamanın 3 sn.yi geçmemesi tavsiye edilir.

4)Ek yük uygulama hızı: Ön yüke eklenen ek yük (ana yük) uygulanmasındaki uygulama hızının sertlik değerine etkisinin olduğunu ispatlamıştır.

Örneğin, 50 HRC değerindeki bir referans test bloğunda, 10 ila 70 μ m/s hızlar arasında yapılan değerlerde alınan sonuçlar da aşırı bir sapma olmamasına rağmen, 10 μ m/s hızın altındaki hızlarda, değerler sapmasının artmasına neden olduğu gözlenmiştir. Hızın artması değerlerin daha sabit olmasını sağlar. Ek yükün inişinin 3-7 sn. arasında olması tavsiye edilir.

5)Toplam yükün bekleme zamanı: Toplam yük bekleme zamanı, toplam yükün hepsinin uygulandığı zamandır. Testler, ucun penetrasyonunun, bu zaman içinde devam ettiğini göstermiştir. HRC ve HRB testlerinde alınan sonuçlar, ana yükün komple uygulanmasından sonra 5 sn. sonra sürünme davranışını işaret eder. 3) de anlatıldığı üzere kısa ön yük bekleme zamanında olduğu gibi, kısa toplam yük bekleme zamanı da sertlik değerinde daha fazla değişime neden olur.

0-5 sn. arasında, 63,45 ve 25 HRC referans bloklarında yapılan testlerde, 63 HRC de 1-5 sn. arasında sertlikte fazla bir değişim görülmemesine rağmen, 0,5 sn. nin altında bu değişim değeri 0,5 HRC kadar olabilmektedir.

45 HRC de, yine 1-5 sn. arasında sertlikte fazla bir değişim görülmemesine rağmen, 0,5 sn. nin altında bu değişim değeri 0,7 HRC ye kadar artabilmektedir

25 HRC de ise, bu değişim, bütün zaman dilimlerinde olmakta hatta 1 sn. nin altında ise 1,1 HRC ye kadar çıkmaktadır. Bu aynı zamanda plastisitenin de bir etkisidir.

Yine aynı şartlarda 82, 62 ve 42 HRB referans bloklarında yapılan testlerde ise, 1-5 sn. arasında bütün bloklarda, sertlikte fazla bir değişim görülmemesine rağmen, 0-1 sn. arasındaki sertlik değişiminin, 82 HRB de 0,5 HRB; 62 HRB de 1 HRB; 42 HRB de ise 1,3 HRB olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak, HRC ve HRB testinde, toplam yük bekleme zamanının azalması, bütün değerlerde, sertlik değerinin artmasına neden olmakta, bu değer düşük sertlik değerlerinde çok daha fazla olmaktadır. Bundan dolayı, toplam yük bekleme zamanının, 3 - 5 sn. arasında olması tavsiye edilir.

6)Ek yükün kaldırılması: Ek yük kaldırılınca, elastik geri kazanım miktarı dolayısıyla ucun deplasmanı azdır. Ayrıca, 2) deki gibi, bu etki açık olarak incelenememiştir. Buna rağmen, çok yavaş hızlar, (bilhassa yüksek yüklerde) malzemenin sürünmesinin devamına neden olabileceği görülmüştür.

7)Recovery (geriye kazanım) bekleme zamanı: Bu zaman, ek yükün tamamen kaldırılıp, ucun ön yük pozisyonuna dönme zamanıdır. Rockwell değeri ölçümü, bu zaman aralığında yapıldığı için, değeri direkt etkiler. Yine,63,45 ve 25 HRC referans bloklarıyla yapılan testlerde, ön yük ve toplam yük bekleme zamanlarına benzemeksizin, geriye kazanım bekleme zamanının etkisi, yüksek sertlik değerlerinde daha fazla olmaktadır.

0-8 sn. arasında yapılan testlerde,3-8 sn. arasında 25 ve 45 HRC bloklarda bu değişim fazla görülmemesine rağmen, 0-3 sn. arasında artmaktadır. 63 HRC blokta ise değişim her zaman aralığında görülür.

Sonuç olarak, geriye kazanım bekleme zamanı azaldıkça, bütün bloklarda genelde, değerin azalması söz konusudur. Tavsiye edilen zaman 3-5 sn.dir.

8)Ön yükün kaldırılması: Bunun test sonucuna direk etkisi yoktur.

1.4 DOLAYLI VE DOLAYSIZ UYGULAMALARIN UYGULANMA ŞARTLARI

2 tip doğrulama yapılmalıdır.

1.4.1 Dolaysız doğrulama

1.4.2 Dolaylı

1.4.1 DOLAYSIZ DOĞRULAMA

1)Deney kuvvetinin kalibrasyonu

2)Batıcı ucun doğrulanması

3)Ölçme cihazının kalibrasyonu

4)Deney çevriminin doğrulanması

1)Deney kuvvetinin kalibrasyonu: EN-10002-3 ‘ göre uygun olarak sertifikalandırılmış yük kontrol cihazı (proven ring veya Load cell) test tablası üzerine uygun olarak yerleştirilir.

Ön yükleme, en az 3 konumda ve 3 sn. uygulanarak yapılır. Toplam yükün uygulanmasından önceki ve kaldırılmasından sonra ölçülen ön yükün değeri, Fo’ın toleransı $\pm \%2$ olmalıdır.

Daha sonra toplam yük, uygulanır. Her toplam yük için 3 uygulama yapılmalıdır. Toplam yük F toleransı bütün yükler için $\pm \%1$ olmalıdır.

2)Batıcı uçların doğrulanması:

A)Elmas koni uç: Elmas koni uç, kesinlikle akrediteli bir kalibrasyon laboratuvarından sertifikalı olmalı ve sertifikada aşağıda belirtilen hususlar açıkça belirtilmelidir.

Elmas ucun doğrulanması için bir dolaysız birde dolaylı doğrulama yapılmalıdır.

a)Dolaysız doğrulama: Test yüzeyleri yüzeyinde elmas uçun 0,3 mm derinliğe nüfuz etmesi için, test yüzeyleri çok ince polisajla parlatılmalıdır.

b)Ucun şeklinin doğrulanması, en az 4 noktadan, bir ekran üzerine düşürülerek, uygun büyütme sağlanarak yapılmalıdır.

c)Elmas koni açısı $120^\circ \pm 0,35^\circ$ olmalıdır. Ucun konisini oluşturan, küresel uca bitişen çizginin doğrusalıktan sapması 0,40 mm minimum uzunlukta maksimum 0,002 olmalıdır.

d)Elmas koniğin eksenleri ile batıcı uç tutucusunun eksenleri arasındaki açı $0,5^\circ$ yi geçmemelidir.

B)Bilya uçlar: Bilya çapları için toleranslar:

1/16”(1,5875 mm).....+/- 0,0035 mm

1/8” (3,175 mm).....+/- 0,004 mm

Çelik bilyaların sertliği min. 750HV10, sert metal (Tungsten Karbür) bilyaların sertliği ise 1500 HV10 olmalıdır.

3)Derinlik ölçme cihazının kalibrasyonu: Ölçme cihazı, ucun sertliğinin arttığı yönde hareket ettirilmesi anında en düşük ve en yüksek sertliklere karşılık olan derinlikte, en az 3 yerde doğrulanmalıdır

Ölçme cihazının doğrulanmasında kullanılan cihazın hassasiyeti en az 0,0002 mm olmalıdır. Ölçme cihazı, A-K skalalarında $\pm 0,001$ mm, ve T skalalarında $\pm 0,0005$ mm hassasiyetinde, yani bütün skalalarda, $\pm 0,5$ skala birimi hassasiyetinde olmalıdır. Derinlik ölçme cihazının doğrulanması tavsiye edilmesine rağmen, bu işlem pratikte uzun, zor ve sertlik ölçme cihazlarının da değişik dizaynları yüzünden uğraştırıcı bir işlem olduğundan, pratikte bu işlem, referans bloklarla ve referans batıcı uçlarla yapılan deneylerle modifiye edilmiş dolaylı bir doğrulama olarak yapılabilmektedir

1.4.2 DOLAYLI DOĞRULAMA:

ISO EN 6508-3 e göre kalibre edilmiş referans bloklarla yapılmalıdır.

Cihazın ölçüm hatası aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Ölçüm hatası: Hort- H

Hort= Ölçülen 5 değer ortalaması

H = Referans bloğun sertliği

Tekrarlanabilirlik ise ölçülen 5 değer içindeki bulunan en yüksek değerden bulunan en küçük değerin çıkarılması ile bulunur.

Tekrarlanabilirlik=Hmax-Hmin

Sertlik ölçme metodlarına göre, kalibrasyonu yapılan cihazın maksimum hatası ve tekrarlanabilirliği aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Rockwell Sertlik Birimi	Referans blokların sertlik aralığı	Müsaade edilen maksimum hata (Rockwell birimi)	Deney makinasının müsaade edilen tekrarlanabilirliği
A	20 HRA ≤ 75 HRA	± 2 HRA	0,8 Rockwell Birimi
	≥ 75 HRA ≤ 88 HRA	± 1,5 HRA	
B	20 HRB ≤ 45 HRB	± 4 HRB	1,2 Rockwell birimi
	≥ 45 HRB ≤ 80 HRB	± 3 HRB	
	≥ 80 HRB ≤ 100HRB	± 2 HRB	
C	20 HRC ≤ 70 HRC	± 1,5 HRC	0,8 Rockwell birimi
D	40 HRD ≤ 70 HRD	± 2 HRD	0,8 Rockwell birimi
	≥ 70 HRD ≤ 77 HRD	± 1,5 HRD	
E	70 HRE ≤ 90 HRE	± 2,5 HRE	1,2 Rockwell birimi
	≥ 90 HRE ≤ 100 HRE	± 2 HRE	
F	60 HRF ≤ 90 HRF	± 3 HRF	1,2 Rockwell birimi
	≥ 90 HRF ≤ 100 HRF	± 2 HRF	
G	30 HRG ≤ 50 HRG	± 6 HRG	1,2 Rockwell birimi
	≥ 50 HRG ≤ 75 HRG	± 4,5 HRG	
	≥ 75 HRG ≤ 94 HRG	± 3 HRG	
H	80 HRH ≤ 100 HRH	± 2 HRH	1,2 Rockwell birimi
K	40 HRK ≤ 60 HRK	± 4 HRK	1,2 Rockwell birimi
	≥ 60 HRK ≤ 80 HRK	± 3 HRK	
	≥ 80 HRK ≤ 100HRK	± 2 HRK	
N		± 2 HRN	1,2 Rockwell birimi
T		± 3 HRT	2,4 Rockwell birimi

Rockwell test masterları (bütün ölçüm birimleri)	5 yıl (*)
Rockwell elmas koni uç	5 yıl (*)
Rockwell bilya uç tutucuları (1/16",1/8",1/4",1/2")	5 yıl (*)
Rockwell bilyalar (1/16",1/8",1/4",1/2")	Limitsiz

Dolaylı doğrulamada kullanılan kalibrasyon raporlarının geçerlilik süresi:

(*) Bu sadece tavsiye edilen bir süredir. Eğer test masterının ölçüm yüzeyi uygunsa veya ölçme uçlarında bir hata yoksa bu süre uzatılabilir.

Kalibrasyonu yapılacak cihaz, doğrulanacak her Rockwell skalası için en az 3 sertlik aralığında referans bloklar kullanılarak yapılmalıdır.

Aşağıdaki tabloda, ilgili test metodunun kalibrasyonunda da kullanılan blokların değerleri gösterilmiştir.

Test metodu	Blok değeri	Test Metodu	Blok değeri	Test metodu	Blok değeri
HRA	20-40 HRA	HRF	60-75 HRF	30N	42-54 HR30N
	45-75 HRA		80-90 HRF		55-73 HR30N
	80-88 HRA		94-100 HRF		74-80 HR30N
HRB	20-50 HRB	HRG	30-55 HRG	45N	20-31 HR45N
	60-80 HRB		55-75 HRG		32-61 HR45N
	85-100 HRB		80-94 HRG		63-70 HR45N
HRC	20-30 HRC	HRH	80-94 HRH	15T	73-80 HR15T
	35-55 HRC		96-100 HRH		81-87 HR15T
	60-70 HRC	HRK	40-60 HRK		88-93 HR15T
HRD	40-47 HRD		65-80 HRK	30T	43-56 HR30T
	55-63 HRD		85-100 HRK		57-69 HR30T
	70-77 HRD	15N	70-77 HR15N		70-82 HR30T
HRE	70-78 HRE		78-88 HR15N	45T	12-33 HR45T
	84-90 HRE		89-91 HR15N		34-54 HR45T
	93-100 HE				55-72 HR45T

1.4.3 KALİBRASYON RAPORLARI ARASINDAKİ SÜRELER:

Dolaysız doğrulama aşağıdakilerden herhangi birinin olması halinde tekrarlanmalıdır.

- 1) Makine monte edilen bir yerden başka bir yere taşınması durumunda
- 2) Dolaylı doğrulama sonuçları yeterli bulunmadığında
- 3) 12 aydan fazla bir süre içinde dolaylı bir doğrulama yapılmamışsa

1.4.4 ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ:

Belirsizlik hesaplarında, dünyada kabul edilen ana kıstaslar, (GUM=Guide to expression of uncertainty in measurement.1995) de belirtilmiştir.

Sertlik ölçmede 2 ana kıstastan bahsedilebilir.

- 1) EA ‘ da belirtildiği gibi, dolaysız kalibrasyondaki aşağıda belirtilen belirsizlik kaynaklarının tayini,

- Yüklerin kalibrasyonu
- İz ölçme sisteminin kalibrasyonu
- Sertlik ölçme ucunun değerlendirilmesi
- Test sürecinin değerlendirilmesi

- 2) ISO standartları bölüm1 deki gibi, referans bloklarla dolaylı kalibrasyondaki aşağıdaki kaynakların tayinidir.

- Maksimum kabul edilebilir hataya göre standart belirsizlik
- Referans blok sertliklerinin standart belirsizliği
- Sertlik ölçme cihazının referans bloklarla ölçümündeki standart belirsizlik
- Test parçası ölçümündeki standart belirsizlik
- Ölçme sistemindeki ölçüm taksimatından gelen standart belirsizlik

Avrupa Birliği (SMT) test cihazlarındaki belirsizliği hesaplamak için yaklaşık 2000 çalışmayı desteklemiştir. Binder ve Gabauer, Avrupa Birliğinin COP projesinin bir parçası olarak, CRM (Referans Sertlik Blokları) ile yapılan dolaylı doğrulama esas olan belirsizlik hesaplamaları ile ilgili yayın yapmıştır. Ekli tabloda görüleceği üzere, ISO standartlarının basite indirgenerek, sertlik ölçme cihazının sistematik hata bilgisi olmaksızın hatta maksimum kabul edilebilir hatadan daha az olacağı kabul edilmiştir. Maksimum kabul edilebilir hata (u_E) nın, sistematik hatanın bilinmesine gerek olmaksızın, belirsizlik katkısı olarak kullanılmıştır.

$$U = \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_{\bar{H}}^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2} \quad (M1)$$

Formüller ve semboller ekli tabloda gösterilmiştir. Son sütunda ki örnekler UNCERT raporundan, MPA NRW referans blokları kullanılarak alınmıştır.

Alternatif olarak (M2) ile tabloda belirtilen metod kullanılmıştır.

$$U_{corr} = \sqrt{u_{CRM}^2 + u_{\bar{H}}^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2 + u_b^2} \quad (M2)$$

(M1) ve (M2) metodları arasındaki ana fark tabloda ayrıca gösterilmiştir.

Birçok kere (u_E) en önemli belirsizlik faktörü olmasına rağmen, ayrıca mı değerlendirilmeli yoksa değiştirilmeli mi diye düşünülmüştür.

İki metod arasındaki ana fark, (M2) de, (u_E) belirsizliğinin (M1) den, referans blok değerinin (CRM) müşteri cihazındaki ölçülen değeri ile blok kalibrasyon değerinin arasındaki fark olan b nin ölçülen değeri ile yer değiştirmesiyle olmuştur.

U_{corr} , bütün sertlik değerlerinde b ile düzeltilerek bulunmuştur.

M1	Standart belirsizlik (maksimum kabul edilebilir hata=1 e göre)	u_E	$u_E = \frac{u_{E,2r}}{2.8}$	Kabul edilebilir hata $u_{E,2r}$ ISO 6508-2 ye göre	$u_E = \frac{3}{2.8} = 1,07$
2M1M2	Sertifikalı referans mastarının kalibrasyon sertifikasında belirtilen standart belirsizlik (6508-3 e bakınız)	$u_{CRM}, \bar{X}_{CRM}$	$u_{CRM} = \frac{U_{CRM}}{2}$	$U_{CRM}, \bar{X}_{CRM}$ CRM ye göre	$u_{CRM} = \frac{0,56}{2} = 0,28, \bar{X}_{CRM} = 62,08$
3M1M2	Sertifikalı referans mastarın belirtilen ortalama değeri ve standart sapması	$\bar{H}, S_H$	$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}, S_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}$	H_i ISO 6508-2, 5-4 maddesine göre	Tek ölçümler : (1) 62,4-62,6-62,8-62,8-62,6 $\bar{H}_i = 62,64 / S_H = 0,167$ (2) 62,4-62,6-63,0-63, 63,2 $\bar{H}_i = 62,84 / S_H = 0,33$
4M1M2	Sertifikalı referans mastarla ölçümdeki sertlik ölçme cihazının standart belirsizliği	u_H	$u_H = \frac{t \times S_H}{\sqrt{n}}$	n=5 ve ∞ =68,3 için t=1, .15 (öğrenci faktörü)	$u_H = \frac{1,15 \times 0,17}{\sqrt{5}} = 0,09$
5M1M2	Test parçası ölçümündeki ortalama değer ve standart sapma	$\bar{x}, S_x$	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \times S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	x_i :5, test parçası üstünde 5 ölçüm	Tek değerler: 64,4 / 64,8 / 64,9 / 65,1 / 65,3
6M1M2	Test parçası ölçümünde standart belirsizlik	$u_{\bar{x}}$	$u_{\bar{x}} = \frac{t \times s_x}{\sqrt{n}}$	t= 1,15	$x = 64,9 \quad S_x = 0,34 \quad u_x = \frac{1,15 \times 0,34}{\sqrt{5}} = 0,174$
7M2	Ölçme cihazının ölçüm taksimatı standart belirsizliği	u_{ms}	$u_{ms} = \frac{ms}{2 \times \sqrt{3}}$	ms= 0, 2 HRBW	$u_{ms} = \frac{0,2}{2 \times \sqrt{3}} = 0,058$
8M2	Sertlik ölçme cihazının kalibrasyon değerinden sapması	$\bar{b}$	$\bar{b} = \bar{H} - \bar{X}_{CRM}$	2 ve 3 stepler	$b_1 = 62,64 - 62,08 = 0,56$ $b_2 = 62,84 - 62,08 = 0,76$
9M2	b Sapmasının standart sapması	S_{bB}	$\bar{b} = \frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_m} b_i \cdot S_b = \sqrt{\frac{1}{n_m-1} \sum_{i=1}^{n_m} (b_i - \bar{b})^2}$	Ölçüm serisindeki $n_m=2$ için step 8	$\bar{b} = 0,66, S_b = 0,141$
10M2	b nin tayinindeki standart belirsizlik	u_b	$u_b = \frac{t \cdot S_b}{\sqrt{n_m}}$	Step 9, $n_m = 2$ için $t = 1,84$	$u_b = \frac{1,84 \times 0,14}{\sqrt{2}} = 0,18$
11M1	Genişletilmiş belirsizlik tayini	U	$U = \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_{\bar{H}}^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2}$	1 den 7 ye kadar stepler	$U = \sqrt{1,07^2 + 0,28^2 + 0,09^2 + 0,174^2 + 0,058^2} = 1,25$ $U = 2,25 HRBW$
12M1	Ölçüm sonucu	$\bar{X}$	$\bar{X} = \bar{x} \pm U$	5 ve 11. stepler	$\bar{X} = (64,9 \pm 2,25) HRBW (M1)$
13M2	Düzeltilmiş genişletilmiş belirsizliğin tayini	U_{corr}	$U_{corr} = \sqrt{u_{CRM}^2 + u_{\bar{H}}^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2 + u_b^2}$	2 den 7 ve 10 a kadar stepler	$U_{corr} = \sqrt{0,28^2 + 0,09^2 + 0,174^2 + 0,058^2 + 0,18^2} = 0,78$ $U_{corr} = 0,78 HRBW$
14M2	Düzeltilmiş ortalama değer ile ölçüm sonucu	$\bar{X}_{corr}$	$\bar{X}_{corr} = (\bar{x} + \bar{b}) \pm U_{corr}$	5,8 ve 13. stepler	$\bar{X}_{corr} = (64,2 \pm 0,78) HRBW (M2)$

2 BRINELL SERTLİK ÖLÇME CİHAZI KALİBRASYONU

2.1.1 Giriş:

Bu doküman TÜRKAK'tan akredite olacak kalibrasyon laboratuvarların Brinell Sertlik Ölçme Cihazlarının Kalibrasyonu” konusunda rehber olarak kullanabilmeleri ve laboratuvarlar arasındaki farklılıkların gidermek amacı ile hazırlanmıştır.

Bu rehber doküman, Brinell sertlik ölçme cihazının kalibrasyonu için gerekli ortam, teçhizat ve teknik bilgileri içerir.

2.1.2 Kapsam:

Bu doküman, Brinell sertlik ölçme cihazlarının kalibrasyonlarında dikkat edilmesi gerekli olan konuları içerir.

2.1.3 Tanımlar:

Brinell Sertlik ölçme değeri: Belirli çaptaki bilyaların (1;2,5;5;10 mm), belirli malzemeler için kuvvet/çap oranları kullanarak deney kuvvetinin belli bir zaman aralığında test malzemesi üzerinde oluşturduğu izin çapının optik olarak okunması karşılığında bulunur.

Ölçme ekranı: Cihazın üzerinde sabitlenmiş veya portatif olarak kullanılabilen optik mikroskop sistemi,

Ölçme ucu: 1;2,5;5 ve 10 mm çaptaki bilya uçlar

Ölçüm aralığı: Değişik Brinell metodlarındaki ölçülebilecek ölçme değerleri aralıkları

Çözünürlük: Analog veya dijital cihazlardaki en küçük bölüntü değeridir.

Kalibrasyon öncesi sağlanması gerekli hazırlıklar:

2.1.4 Ortam:

-Ortam sıcaklığı 23 ± 5 °C olarak sağlanmalıdır. Bu değerlerin dışında bir doğrulama yapma zorunluluğu olursa, bu doğrulama raporunda belirtilmelidir.

-Kalibrasyon ortamına yakınlarında darbe (eksantrik pres, friksiyon presler gibi) vibrasyon, aşırı tozlu, yağlı, kirli ve sesli bir ortam olmamalıdır.

b)Cihaz:

-Cihaz, uygun bir masa üzerinde tespitlenmiş olmalıdır. Ölçüm tablası üzerine, bir su terazisi koyarak, cihazın yere göre düzgünlüğü ayarlanmalıdır. (bu işlem, yüklerin, hidrolik veya motorla uygulanan cihazlarda, yüklerin uygulaması anında çok önemli olmasına rağmen, yüklerin yay baskısı ile uygulandığı cihazlarda daha az önemlidir.)

-Ölçme ucunun yerleştirildiği cihaz ölçme mili delik çapı ile ölçme ucunun çapı arasındaki boşluk fazla olmamalıdır. Ayrıca, ölçme ucunun, ölçme miline oturduğu yüzey düzgün, paralel ve temiz olmalıdır.

-Ana mil kovan boşluğu ve kama boşluğu kontrol edilmelidir. Ayrıca ana mil somun boşluğu fazla olmamalıdır.

-Ölçme tablasının ana mile giren çapı boşluk toleransı, hem tablanın hem de ana milin birbirlerine değen yüzeylerinin yüzey pürüzlülük ve düzlemsellik uygunluğu kesinlikle sağlanmalıdır. Ölçme tablasının, yüzey pürüzlülüğü ve düzlemselliği de çok önemli olup kesinlikle sağlanmalıdır.

-Yük uygulama sistemi kontrol edilmeli, yüklerin düzgün olarak belirlenen zamanda inmesi sağlandığından emin olunmalıdır.

-Optik mikroskop sisteminin fonksiyonel olarak düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir

2.2 KALİBRASYON İŞLEMİNİN UYGULANMASI

2 tip doğrulama yapılmalıdır.

A)Dolaysız doğrulama

B)Dolaylı

2.2.1 DOLAYSIZ DOĞRULAMA

- 1)Deney kuvvetinin kalibrasyonu
- 2)Batıcı uçun doğrulanması
- 3)Ölçme cihazının kalibrasyonu
- 4)Deney çevriminin doğrulanması
- 1)Deney kuvvetinin doğrulanması

ISO 376 Sınıf 1 ‘ göre uygun olarak sertifikalandırılmış yük kontrol cihazı ,(proven ring veya Load cell) test tablası üzerine uygun olarak yerleştirilir. Her yük için 3 uygulama yapılmalıdır. Yük(F)toleransı bütün yükler için $\pm \%1$ olmalıdır.

Test yükünün uygulamaya başlandığı andan, test yükünün tamamen uygulandığı ana kadar geçen süre 2-8 sn. arasında olmalıdır. Yükün tamamen uygulandığı zamandan itibaren, 10-15 sn. beklemelidir.

2)Batıcı uçların doğrulanması: Bilya uçlar aşağıdaki özellikleri, kalibrasyon sertifikası ile teyit eden akredite bir laboratuvarından temin edilmelidir.

Bilya çapları için toleranslar:

10 mm+/- 0,005 mm

5 mm.....+/- 0,004 mm

2,5 mm.....+/- 0,003 mm

1 mm.....+/- 0,003 mm

Sert metal(Tungsten Karbür) bilyaların sertliği min.1500 HV10 olmalıdır.

Kimyasal özellikleri ise, yoğunluk $14,8 \text{ g/cm}^3 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$, % 5-7 Co, %2 maks. diğer karbürler ve gerisi Wolfram Carbür olmalıdır.

Dolaylı kalibrasyonda kullanılan kalibrasyon raporlarının geçerlilik süresi:

Kalibrasyonu yapan kişinin aşağıdaki tabloya dikkat etmesi gerekir.

Brinell Test Masterları (bütün değerler)	5 yıl (*)
Bilya uç tutucuları (1;2,5;5 ve 10 mm)	5 yıl (*)
Bilyalar (1;2,5;5 ve 10 mm)	Limitsiz

(*) Bu sadece tavsiye edilen bir süredir. Eğer test masterının ölçüm yüzeyi uygunsa veya ölçme uçlarında bir hata yoksa bu süre uzatılabilir.

3)Ölçme cihazının doğrulanması: Ölçme cihazının doğrulanması, akredite bir laboratuvarından alınmış sertifikalı stage mikrometre ile yapılmalıdır. Mikrometrenin min. 5 çizgi arası her bir ölçüm aralığında doğrulanmalı ve maksimum hata %0,5 i geçmemelidir.

2.2.2 DOLAYLI DOĞRULAMA:

EN 6506-3 ‘e göre kalibre edilmiş referans bloklarla yapılmalıdır. Referans test bloğunda toz, yağ, miknatislanma vb. olmamalı, blok yüzeyleri etil alkolle temizlenip kurulanmalıdır. Test yüzeylerine çıplak elle değmemelidir. Ölçme bölgesi, önceden yapılan izlere göre uygun seçilerek, cihazın test tablasına muntazam yerleştirilmelidir.

Cihazın kalibrasyonunda, her bir test yükünde, aşağıdaki tablo esas alınarak min. 2 referans blok kullanılmalıdır.

Her izin çapı birbirine dik iki yönde ölçülerek, aritmetik ortalaması ölçüm değerine esas alınmalıdır.

Referans blok aralık değerleri
$\leq 200 \text{ HBW}$
$300 \leq \text{HBW} \leq 400$
$\leq 500 \text{ HBW}$

Her referans blok üzerinde, EN ISO 6506-1’e göre beş iz yapılarak çapları ölçülür.

Cihazın ölçüm hatası aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Ölçüm hatası: Hort- H

Hort= Ölçülen 5 Brinell sertlik değerinin ortalaması

$$H1 + H2 + H3 + H4 + H5$$

$$\text{Hort} = \frac{\text{H1} + \text{H2} + \text{H3} + \text{H4} + \text{H5}}{5}$$

(Burada H1,H2,H3,H4 ve H5 değerleri d1,d2,d3,d4 ve d5 iz çapı değerlerine karşılık gelen Brinell sertlik değerleridir.)

H = Referans bloğun sertliği

Tekrarlanabilirlik: Ölçülen 5 iz çap değeri (d) içindeki, bulunan en yüksek değerden en küçük değer çıkarılması ile bulunur.

Tekrarlanabilirlik=dmax-dmin

Sertlik ölçme metodlarına göre, kalibrasyonu yapılan cihazın maksimum hatası ve tekrarlanabilirliği aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Referans blokun sertliği (HBW)	Deney cihazının kabul edilebilir tekrarlanabilirliği (mm) maks.	Deney cihazının kabul edilebilir hatası (% H)
≤ 125	0,030 dort	3
125 ≤ HBW ≤ 225	0,025 dort	2,5
≥ 225	0,020 dort	2

2.3 KALİBRASYON RAPORLARI ARASINDAKİ SÜRELER:

Dolaysız doğrulama aşağıdakilerden herhangi birinin olması halinde tekrarlanmalıdır.

- 1)Makine monte edilen bir yerden başka bir yere taşınması durumunda
- 2)Dolaylı doğrulama sonuçları yeterli bulunmadığında
- 3)12 aydan fazla bir süre içinde dolaylı bir doğrulama yapılmamışsa

2.3.1 ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ:

Belirsizlik hesaplarında, dünyada kabul edilen ana kıstaslar, (GUM=Guide to expression of uncertainty in measurement.1995) de belirtilmiştir.

Sertlik ölçmede 2 ana kıstastan bahsedilebilir.

- 1)EA ' da belirtildiği gibi, dolaysız kalibrasyondaki aşağıda belirtilen belirsizlik kaynaklarının tayini,

- Yüklerin kalibrasyonu
- İz ölçme sisteminin kalibrasyonu
- Sertlik ölçme ucunun değerlendirilmesi
- Test sürecinin değerlendirilmesi

- 2)ISO standartları bölüm1 deki gibi, referans bloklarla dolaylı kalibrasyondaki aşağıdaki kaynakların tayinidir.

- Maksimum kabul edilebilir hataya göre standart belirsizlik
- Referans blok sertliklerinin standart belirsizliği
- Sertlik ölçme cihazının referans bloklarla ölçümündeki standart belirsizlik
- Test parçası ölçümündeki standart belirsizlik
- Ölçme sistemindeki ölçüm taksimatından gelen standart belirsizlik

Avrupa Birliği (SMT) test cihazlarındaki belirsizliği hesaplamak için yaklaşık 2000 çalışmayı desteklemiştir. Binder ve Gabauer Avrupa Birliğinin COP projesinin bir parçası olarak, CRM (Referans Sertlik Blokları) ile yapılan dolaylı doğrulama esas olan belirsizlik hesaplamaları ile ilgili yayın yapmıştır.

Ekli tabloda görüleceği üzere, ISO standartlarının basite indirgenerek, sertlik ölçme cihazının sistematik hata bilgisi olmaksızın hatta maksimum kabul edilebilir hatadan daha az olacağı kabul edilmiştir. Maksimum kabul edilebilir hata (u_E) nın, sistematik hatanın bilinmesine gerek olmaksızın, belirsizlik katkısı olarak kullanılmıştır.

$$U = \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_{\bar{H}}^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2} \quad (M1)$$

Formüller ve semboller ekli tabloda gösterilmiştir. Son sütunda ki örnekler UNCERT raporundan, MPA NRW referans blokları kullanılarak alınmıştır.

Alternatif olarak (M2) ile tabloda belirtilen metod kullanılmıştır.

$$U_{corr} = \sqrt{u_{CRM}^2 + u_{\bar{H}}^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2 + u_b^2} \quad (M2)$$

(M1) ve (M2) metodları arasındaki ana fark tabloda ayrıca gösterilmiştir.

Birçok kere (u_E) en önemli belirsizlik faktörü olmasına rağmen, ayrıca mı değerlendirilmeli yoksa değiştirilmeli mi diye düşünülmüştür.

İki metod arasındaki ana fark, (M2) de , (u_E) belirsizliğinin (M1) den, referans blok değerinin (CRM) müşteri cihazındaki ölçülen değeri ile blok kalibrasyon değerinin arasındaki fark olan b nin ölçülen değeri ile yer değiştirmesiyle olmuştur.

U_{corr} , bütün sertlik değerlerinde b ile düzeltilerek bulunmuştur.

Belirsizlik hesaplamaları, Rockwell testinde belirtildiği gibi yapılabilir.

3 VICKERS SERTLİK ÖLÇME CİHAZI KALİBRASYONU

3.1.1 Giriş:

Bu doküman TÜRKAK'tan akredite olacak kalibrasyon laboratuvarların Vickers Sertlik Ölçme Cihazlarının Kalibrasyonu” konusunda rehber olarak kullanabilmeleri ve laboratuvarlar arasındaki farklılıkların gidermek amacı ile hazırlanmıştır.

Bu rehber doküman, Vickers sertlik ölçme cihazının kalibrasyonu için gerekli ortam, teçhizat ve teknik bilgileri içerir.

3.1.2 Kapsam:

Bu doküman, Vickers sertlik ölçme cihazlarının kalibrasyonlarında dikkat edilmesi gerekli olan konuları içerir.

3.1.3 Tanımlar:

Vickers Sertlik ölçme değeri: 136 ° elmas piramid ucun, belirli malzemeler için kuvvet/çap oranları kullanarak deney kuvvetinin belli bir zaman aralığında test malzemesi üzerinde oluşturduğu izin ebadının optik olarak okunması karşılığında bulunur.

Ölçme ekranı: Cihazın üzerinde sabitlenmiş veya portatif olarak kullanılabilen optik mikroskop sistemi,

Ölçme ucu: 136 ° elmas piramid uç

Ölçüm aralığı: Değişik Vickers metodlarındaki ölçülebilecek ölçme değerleri aralıkları

Çözünürlük: Analog veya dijital cihazlardaki en küçük bölüntü değeridir.

Kalibrasyon öncesi sağlanması gerekli hazırlıklar:

3.1.4 Ortam:

-Ortam sıcaklığı 23 C ± ° C olarak sağlanmalıdır. Bu değerlerin dışında bir doğrulama yapma zorunluluğu olursa, bu doğrulama raporunda belirtilmelidir.

-Kalibrasyon ortamına yakınlarında darbe (eksantrik pres, friksiyon presler gibi) vibrasyon, aşırı tozlu, yağlı, kirli ve sesli bir ortam olmamalıdır.

b)Cihaz:

-Cihaz, uygun bir masa üzerinde tespitlenmiş olmalıdır. Ölçüm tablası üzerine, bir su terazisi koyarak, cihazın yere göre düzgünlüğü ayarlanmalıdır.(bu işlem, yüklerin, hidrolik veya motorla uygulanan cihazlarda, yüklerin uygulaması anında çok önemli olmasına rağmen, yüklerin yay baskısı ile uygulandığı cihazlarda daha az önemlidir.)

-Ölçme ucunun yerleştirildiği cihaz ölçme mili delik çapı ile ölçme ucunun çapı arasındaki boşluk fazla olmamalıdır. Ayrıca, ölçme ucunun, ölçme miline oturduğu yüzey düzgün, paralel ve temiz olmalıdır.

-Ana mil kovan boşluğu ve kama boşluğu kontrol edilmelidir. Ayrıca ana mil somun boşluğu fazla olmamalıdır.

-Ölçme tablasının ana mile giren çapı boşluk toleransı, hem tablanın hem de ana milin birbirlerine değen yüzeylerinin yüzey pürüzlülük ve düzlemsellik uygunluğu kesinlikle sağlanmalıdır. Ölçme tablasının, yüzey pürüzlülüğü ve düzlemselliği de çok önemli olup kesinlikle sağlanmalıdır.

-Yük uygulama sistemi kontrol edilmeli, yüklerin düzgün olarak belirlenen zamanda inmesi sağlandığından emin olunmalıdır.

-Optik mikroskop sisteminin fonksiyonel olarak düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir.

3.2 KALİBRASYON İŞLEMİNİN UYGULANMASI:

2 tip doğrulama yapılmalıdır.

A)Dolaysız doğrulama

B)Dolaylı “

3.2.1 DOLAYSIZ DOĞRULAMA

1)Deney kuvvetinin kalibrasyonu

2)Batıcı uçun doğrulanması

3)Ölçme cihazının kalibrasyonu

4)Deney çevriminin doğrulanması

1)Deney kuvvetinin doğrulanması: ISO 376 Sınıf 1 ‘ göre uygun yük kontrol cihazı (proven ring veya Load cell) test tablası üzerine uygun olarak yerleştirilir. Her yük için 3 uygulama yapılmalıdır. Her kuvvet ölçümü aşağıdaki tablodaki tolerans değeri içinde olmalıdır.

F Deney Kuvveti aralığı (N)	Toleranslar (%)
$F \leq 1,961$	$\pm 1,0$
$0,09807 \leq F < 1,961$	$\pm 1,5$

Deney kuvvetinin uygulaması 2-8 sn. arasında olmalıdır.(Düşük yük veya Mikro sertlik deneylerinde bu süre 10 sn. yi aşmamalıdır.)

Düşük yük veya Mikro sertlik deneylerinde test uygulama hızı 0,2 mm/sn. yi geçmemelidir.

Deney kuvvetinin uygulama süresi (yükün tamamıyla uygulandığı andan itibaren geçen süre) 10-15 sn. olmalıdır.

2)Batıcı uçların doğrulanması: Vickers piramid uç kesinlikle kalibrasyon sertifikası ile teyit edilen akredite bir laboratuvardan temin edilmelidir. Kalibrasyon sertifikasında aşağıdaki hususlar açıklıkla belirtilmelidir.

-Elmas piramid ucun dört yüzeyi parlatılmış ve kusursuz olmalıdır.

-Batıcı ucun şeklinin doğrulanması doğrudan ölçmek suretiyle veya bir optik ekranda iz düşümünün ölçülmesiyle yapılabilir.

-Elmas piramidin tepe noktasında, karşılıklı yüzeyler arasındaki açı $136^\circ \pm 0,5^\circ$ olmalıdır.

-Elmas piramidin eksenini ile batıcı uç tutan mekanizma eksenini arasındaki açı $\pm 0,5^\circ$ den az olmalıdır.

Karşılıklı kenarların birleşmesinden doğan çizginin kabul edilebilir en büyük değeri için ekli tablo esas alınmalıdır.

F Deney kuvveti aralığı (N)	Kabul edilebilir en fazla birleşme hattı uzunluğu(genişliği) (a) mm
$F \geq 49,03$	0,002
$1,961 \leq F < 1,961$	0,001
$0,09807 \leq F < 1,961$	0,0005

Dolaylı kalibrasyonda kullanılan uçların ve blokların geçerlilik süresi

Kalibrasyonu yapan kişinin aşağıdaki tabloya dikkat etmesi gerekir.

Vickers test mastarları (bütün ölçüm aralıkları)	5 yıl (*)
Vickers piramid elmas uç	2 yıl (*)

(*) Bu sadece tavsiye edilen bir süredir. Eğer test mastarının ölçüm yüzeyi uygunsa veya ölçme uçlarında bir hata yoksa bu süre uzatılabilir.

3)Ölçme cihazının doğrulanması: Ölçme cihazının doğrulanması, akredite bir laboratuvardan alınmış sertifikalı stage mikrometre ile yapılmalıdır.

Ölçme cihazı skalası, aşağıdaki çizelgedeki hesaplama uygun olarak taksimatlandırılmış olmalıdır.

Diagonal uzunluk (mm)	Ölçme cihazının ölçüm kabiliyeti	Kabul edilebilir en fazla hata
$d \leq 0,040$	0,0002 mm	0,0004 mm
$d > 0,040$	d'nin % 0,5 ' i	d'nin % 1 ' i

-Sert metallerin Vickers deneyi için, ölçme cihazının ölçme kabiliyeti ISO 3878 de belirtilmiştir.

-Ölçme cihazı, stage mikrometre ile her çalışma aralığında en az beş noktada yapılan ölçüm ile doğrulanmalıdır.

3.2.2 DOLAYLI DOĞRULAMA:

EN 6507-3 'e göre kalibre edilmiş referans bloklarla, $23 \pm 5 ^\circ \text{C}$ de yapılmalıdır.

Doğrulama eğer bu sıcaklık aralığı dışında yapılıyor ise, kalibrasyon raporunda bu belirtilmelidir.

Kalibrasyon anında referans blokların ölçüm ve alt yüzeylerinde yağ, toz, korozyon vb. olmamalıdır.

Cihazın kalibrasyonunda, en az 2 test yükü seçilmelidir. Kuvvetlerden birisi en sıklıkla kullanılan deney kuvveti olmalıdır. Seçilen her deney yükü için, aşağıdaki tablodaki farklı sertlik aralıklarından en az iki değer seçilmelidir.

Referans blok aralık değerleri
$\leq 225 \text{ HV}$
400HV -600 HV
$> 700 \text{ HV}$

-Sadece bir tek deney yükünün kullanıldığı doğrulama yapılırken, her biri yukarıdaki tabloda belirtilen aralıklardan olmak kaydı ile üç referans blok seçilmelidir.

-Her referans blok üzerinde, EN ISO 6507-1'e göre beş iz yapılarak ölçülür.

-Her referans blok için, d1,d2,d3,d4 ve d5 izlerinin ölçülen diyagonal ebatları ortalaması alınır.

-Ölçülen 5 diyagonal iz değeri (d) içindeki, bulunan en yüksek değerden en küçük değerin çıkarılması ile bulunur.

-Deney cihazının tekrarlanabilirliği dmax-dmin olarak belirlenir.

Cihazın ölçüm hatası aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Ölçüm hatası: Hort- H

Hort= Ölçülen 5 Vickers sertlik değerinin ortalaması

$$H1 + H2 + H3 + H4 + H5$$

$$\text{Hort} = \frac{\text{H1} + \text{H2} + \text{H3} + \text{H4} + \text{H5}}{5}$$

(Burada H1,H2,H3,H4 ve H5 değerleri d1,d2,d3,d4 ve d5 değerlerine karşılık gelen Vickers sertlik değerleridir.)

H = Referans bloğun sertliği

Kalibrasyonu yapılan cihazın maksimum hatası, referans bloğun sertlik değerinin % si olarak ifade edilir. İlgili tabloda bu değerler belirtilmiştir

Sertlik Değeri	KALİBRASYONU YAPILAN CİHAZIN YÜZDE OLARAK KABUL EDİLEBİLİR MAK. HATASI (%)															
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1500
HV 0,01																
HV 0,015	10															
HV 0,02	8															
HV 0,025	8	10														
HV 0,05	6	8	9	10												
HV 0,1	5	6	7	8	8	9	10	10	11							
HV 0,2		4		6		8		9		10	11	11	12	12		
HV 0,3		4		5		6		7		8	9	10	10	11	11	
HV 0,5		3		5		5		6		6	7	7	8	8	9	11
HV 1		3		4		4		4		5	5	5	6	6	6	8
HV 2		3		3		3		4		4	4	4	4	5	5	6
HV 3		3		3		3		3		3	4	4	4	4	4	5
HV 5		3		3		3		3		3	3	3	3	3	4	4
HV 10		3		3		3		3		3	3	3	3	3	3	3
HV 20		3		3		3		3		3	3	3	3	3	3	3
HV 30		3		3		2		2		2	2	2	2	2	2	2
HV 50		3		3		2		2		2	2	2	2	2	2	2
HV 100				3		2		2		2	2	2	2	2	2	2

Referans blokun sertlik değeri	DENEY CİHAZININ TEKRARLANABİLİRLİĞİ (MAKS.)						
	d			HV			
	HV5- HV100	HV0,2 < HV5	< HV 0,2	HV 5 - HV 100		HV 0,2 - HV 5	
				Referans bloğun sertliği	HV	Referans bloğun sertliği	HV
≤ 225 HV	0,03 d	0,06 d	0,06 d	100	6	100	12
				200	12	200	24
> 225 HV	00,2 d	0,04 d	0,05 d	250	10	250	20
				350	14	350	28
				600	24	600	48
				750	30	750	60

3.3 DOĞRULAMA SIKLIĞI:

Dolaysız doğrulama:

Dolaysız doğrulama aşağıdakilerden herhangi birinin olması halinde tekrarlanmalıdır.

- 1) Makine kurulduğunda veya yeniden montaj yapıldığında ya da bir yerden bir yere taşınması durumunda
 - 2) Dolaylı doğrulama sonuçları yeterli bulunmadığında
 - 3) 12 aydan fazla bir süre içinde dolaylı bir doğrulama yapılmamışsa
- Her dolaysız doğrulamadan sonra, dolaylı doğrulama yapılmalıdır.

Dolaylı doğrulama:

Dolaylı doğrulama sıklığı, cihazın bakım standardına ve kullanım sıklığına bağlı olarak değişebilir. Bu hiçbir zaman 12 ayı aşmamalıdır.

3.3.1 ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ:

Belirsizlik hesaplarında, dünyada kabul edilen ana kıstaslar, (GUM=Guide to expression of uncertainty in measurement.1995) de belirtilmiştir.

Sertlik ölçmede 2 ana kıstastan bahsedilebilir.

1) EA ' da belirtildiği gibi, dolaysız kalibrasyondaki aşağıda belirtilen belirsizlik kaynaklarının tayini,

- Yüklerin kalibrasyonu
- İz ölçme sisteminin kalibrasyonu
- Sertlik ölçme ucunun değerlendirilmesi
- Test sürecinin değerlendirilmesi

2) ISO standartları bölüm1 deki gibi, referans bloklarla dolaylı kalibrasyondaki aşağıdaki kaynakların tayinidir.

- Maksimum kabul edilebilir hataya göre standart belirsizlik
- Referans blok sertliklerinin standart belirsizliği
- Sertlik ölçme cihazının referans bloklarla ölçümündeki standart belirsizlik
- Test parçası ölçümündeki standart belirsizlik
- Ölçme sistemindeki ölçüm taksimatından gelen standart belirsizlik

Avrupa Birliği (SMT) test cihazlarındaki belirsizliği hesaplamak için yaklaşık 2000 çalışmayı desteklemiştir. Binder ve Gabauer, Avrupa Birliğinin COP projesinin bir parçası olarak, CRM (Referans Sertlik Blokları) ile yapılan dolaylı doğrulama esas olan belirsizlik hesaplamaları ile ilgili yayın yapmıştır. Ekli tabloda görüleceği üzere, ISO standartlarının basite indirgenerek, sertlik ölçme cihazının sistematik hata bilgisi olmaksızın hatta maksimum kabul edilebilir hatadan daha az olacağı kabul edilmiştir. Maksimum kabul edilebilir hata (u_E) nın, sistematik hatanın bilinmesine gerek olmaksızın, belirsizlik katkısı olarak kullanılmıştır.

$$U = \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_H^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2} \quad (M1)$$

Formüller ve semboller ekli tabloda gösterilmiştir. Son sütunda ki örnekler UNCERT raporundan, MPA NRW referans blokları kullanılarak alınmıştır.

Alternatif olarak (M2) ile tabloda belirtilen metod kullanılmıştır.

$$U_{corr} = \sqrt{u_{CRM}^2 + u_H^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2 + u_b^2} \quad (M2)$$

(M1) ve (M2) metodları arasındaki ana fark tabloda ayrıca gösterilmiştir.

Birçok kere (u_E) en önemli belirsizlik faktörü olmasına rağmen, ayrıca mı değerlendirilmeli yoksa değiştirilmeli mi diye düşünülmüştür.

İki metod arasındaki ana fark, (M2) de , (u_E) belirsizliğinin (M1) den, referans blok değerinin (CRM) müşteri cihazındaki ölçülen değeri ile blok kalibrasyon değerinin arasındaki fark olan b nin ölçülen değeri ile yer değiştirmesiyle olmuştur.

U_{corr} , bütün sertlik değerlerinde b ile düzeltilerek bulunmuştur.

Ölçüm belirsizliği hesaplamaları, Rockwell metodunda gibi yapılabilir.