

ポータブル硬さ計

DynaPOCKET

DynaMIC

MIC10

MIC20

TIV

アプリケーションガイド



目次

1. はじめに	3
1.1 硬さとは?	3
1.2 どうして硬さ試験を実施するのか?	4
1.3 現場でのポータブル硬さ試験は?	4
2. ASTM A 1038準拠のUCI法 (MIC 10 / MIC 20)	5
2.1 測定方法	5
2.2 適切なUCI法プローブの選択	6
3. ASTM A 956準拠のリバウンド法 (DynaPOCKET / DynaMIC / MIC 20)	7
3.1 測定方法	7
3.2 適切なインパクトデバイスの選択	9
4. 光学くぼみ直視法 (Through-Indenter-Viewing)	9
4.1 TIV法	9
4.2 適切なプローブの選択	12
5. ポータブル硬さ計の種類	13
5.1 DynaPOCKET (リバウンド法)	13
5.2 DynaMIC (リバウンド法)	13
5.3 MIC 10 (UCI法)	13
5.4 MIC 20 (UCI法+リバウンド法)	14
5.5 TIV (光学式)	14
6. 現場におけるUCI法とリバウンド法	15
6.1 試験方法の選択	15
6.2 くぼみの大きさの意味	15
6.3 押し込み深さとコーティングの最小厚さの関係	16
6.4 溶接部 (HAZ) における硬さ試験	17
6.5 試料の質量に関する条件	17
6.6 厚さに関する条件	18
6.7 表面状態	18
6.8 プローブの取扱い方法	19
6.9 校正	19
6.10 ポータブル硬さ計の性能確認	20
7. 適切な試験方法の選択のための概要とアドバイス	21
7.1 UCI法 (MIC 20/ MIC 10)	21
7.2 リバウンド法 (MIC 20/ DynaMIC/ DynaPOCKET)	21
7.3 光学くぼみ直視 (TIV) 法	22
7.4 早見表 ーどのポータブル硬さ計をしますか?ー	23

1. はじめに

ポータブル硬さ計による硬さ測定の技術が発達してきました。コスト削減と品質向上が求められる現在、製造工程に於いて据置き型による硬さ試験を素早く、経済的に補足する手段としてポータブル硬さ計が使用されています。ポータブル硬さ計を使用することで、硬さ測定の適用範囲が広範囲に及び、大型構造物から小さな部品まで、現場にて硬さ測定を実施することができ、またアクセスの悪い場所でも硬さ測定が可能です。

この分野で用いられている物理的測定方法としては、UCI（超音波接触インピーダンス）法、リバウンド法、TIV（くぼみ直視型）法の3種類に分類され、試験対象に応じて採用する測定方法を決定します。弊社のポータブル硬さ計としては、UCI法ポータブル硬さ計、リバウンド法ポータブル硬さ計、TIV法ポータブル硬さ計のDynaPOCKET、DynaMIC、MIC 10、MIC 20、TIVの5種類です。

本アプリケーションガイドでは、溶接による熱影響部（HAZ）の硬さ測定などの実際の試験を例にして、各種測定方法の基本原則を解説し、比較します。また、測定箇所における表面処理や、試料の質量や厚さなど、硬さ測定に影響を及ぼす可能性が高い要因についても説明します。

1.1 硬さとは？

冶金や材料工学の専門家と技術者が金属材料について論じる場合、大いに考慮してきた（今も考慮している）対象は『硬さ』です。そのため、『硬さ』という言葉の定義の幅が広がるのも無理はありません。耐磨耗性や歪み、抗張力、弾性係数、ヤング率などの特質が『硬さ』という言葉に結び付けて考えられます。

測定結果を比較した上で、使用可能な硬さ値を得たい場合は、各測定方法を詳細に説明しなければなりません。測定値が測定方法によって異なる場合、明確に導き出すことができるのは、硬さは物理的な数値ではなく『一つのパラメータにすぎない』ということです。

硬さ試験は、ほぼ非破壊で実施しすると考えられます。ほとんどの場合、複数の材料を区別したり、機械的性質や物理的性質の相関性を知るために使用します。例えば、複数の硬さ値から、その材料の強度特性に関するデータを簡単に得ることができます。

一般的に硬さは、『ある物体（材料）の硬さが、その他の物体（材料）によって変形を与えられようとするときに呈する抵抗の大小を示す尺度である』と理解されます。

つまり、硬さは、材料が基本的に持っている数値ではなく、所定の負荷や試験方法に対する材料の反応です。硬さは、材料が負荷に対して示す反応に基づいて算出されます。

測定方法に応じて、他の数値が決まります。

この数値は

- 圧子の形状や材質
- 試験負荷などの負荷の種類や大きさ

によって異なり、測定方法は2種類に大別できます。



図1：溶接部の熱影響部（HAZ）の硬さ試験。
MIC 20 + MIC 227（テストスタンド）、UCI法プローブを使用



図2：リバウンド式ポータブル硬さ計DynaMICにより、油圧式大型掘削機の駆動ホイールの硬さ試験

a) 静的試験

静的または擬似静的に負荷を与える試験法です。試験荷を取除いた後で、試験荷によって形成されたくぼみの表面または投影面積との比率を硬さ値として定義します（ブリネル、ビッカース、ヌーブ）。ロックウェル硬さ試験では、試験荷によって形成されたくぼみの深さで硬さを定義します。

b) 動的試験

静的試験と異なって、負荷をインパクト（動的）として与え、“圧子が失ったエネルギー”に基づいて硬さを算出します。

異なる尺度を使用して得た複数の硬さ値を併記することが慣例となっていますが、このような併記が必要な場合は少なくありません。

その場合、常に下記のことを考慮してください。

- 硬さ値の換算に関しては、いかなる場合においても適用できる関係式はありません。
- 統計的な裏付けがある比較測定によって得られた換算式がある場合は、換算が可能です。
- 国内規格や国際規格による換算は、限られた範囲で特定の材料グループに適用できます。

MIC (MICRODUR) シリーズのポータブル硬さ計 (MIC 10、MIC 20) やリバウンド法ポータブル硬さ計 (DynaPOCKET、DynaMIC、MIC 20)、くぼみ直視型 TIV 法ポータブル硬さ計には、DIN 50 150 や ASTM E 140 の規格に準拠した換算表が備えられているため、任意の単位を選択して使用することができます。



図3：DynaPOCKETによる、露天掘り用掘削機のキャタピラークさびの硬さ試験



図4：TIV（くぼみ直視型）法による、組立前の最終工程検査として実施

1.2 どうして硬さ試験を実施するのか？

製造ラインや組立ラインでは、主に次の理由から、材料や部品の硬さを試験します。すなわち、材料の特性を調べるため、そして、要求仕様を満足し、品質を保証するためです。

1.3 現場でのポータブル硬さ試験は？

従来のロックウェル硬さ試験機やブリネル硬さ試験機、ビッカース硬さ試験機を使用するときは、試料を硬さ試験機へ持ってくる必要があります。しかし、実際には主に幾何学上の理由から、必ずしも持っていくことができない場合があるため、現場にですぐに硬さ試験を実施することができる、ポータブル硬さ計が開発されました。

ここでは、様々な測定方法が適用されます。実際の現場に於いては、UCI 法ポータブル硬さ計、リバウンド法ポータブル硬さ計、TIV 法ポータブル硬さ計が使用されます。これらのポータブル硬さ計は、ほぼ全て正常に操作することができます。

2. ASTM A 1038準拠のUCI法 (MIC 10 / MIC 20)

2.1 測定方法

ビッカース硬さ試験やブリネル硬さ試験と同様に、超音波接触インピーダンス (UCI : Ultrasonic Contact Impedance) によるビッカース硬さ試験でも、一定の試験荷重を与えた後でビッカースダイヤモンドが試料に形成したくぼみの大きさが問題になります。しかし、従来のようにくぼみの対角線長さを光学的に測定して硬さ値を算出するのではなく、**超音波周波数の変化を測定して、電子的にくぼみの面積を検出します。**

ある小さな実験を想定して UCI 法を説明します。

UCI 法プローブの主な構成要素は、金属棒とその先端に取付けたビッカースダイヤモンド圧子です (図 5)。

圧電素子がこの棒を軸方向に励振します。金属棒 (プローブロッド) の代わりに、大きならせん状のパネの一端を固定し、もう一端が共振周波数 78kHz で振動している状態を想像してください。このパネの先端には、接触板、ビッカースダイヤモンドがあります。ビッカースダイヤモンドが接触した瞬間の試料は、表面に対して垂直方向に並べた小さならせん状のパネの集まりだと考えてください。

1つのパネが2つの原子を結合しています。この「原子のパネ」の1つだけにビッカースダイヤモンドが接触する場合、試料が非常に硬いためダイヤモンドが少ししか押し込まれず、小さなくぼみが残る場合、別のパネ (部分) が大きならせん状のパネに結合されます。このため、共振周波数が変わります。

さらに別のパネが接触する場合、試料の硬さが中程度で、ダイヤモンドがより深く押し込まれ、くぼみが大きくなる場合は、周波数変化がより大きくなります。試料がさらに柔らかくなるとダイヤモンドがより深く押し込まれより大きなくぼみができ、周波数変化が最大になります。

周波数変化は、ビッカースダイヤモンドによるくぼみの大きさに比例します。従って、従来のようにくぼみの対角線を光学的に測定して硬さを得るのではなく、周波数変化を測定することでくぼみの面積を電子的に検出します。この処理はわずか数秒で完了します。

UCI 法による硬さ測定のポイントは、ビッカースダイヤモンドのくぼみが周波数変化に比例するということです。

式 1 は、この基本的な関係をビッカース硬さの定義と比較して表しています。もちろん、この周波数変化は原子パネのパネ定数にも左右されます。試料に対して適用する場合は、ヤング率、すなわち、弾性係数として知られています。

校正を完了すると、弾性係数を示す全ての材料に対して、この UCI 法を使用することができます。プローブは低合金鋼または非合金鋼に合わせて、工場で校正されています。

MIC10 / MIC20 は、試験現場でチタンや銅などの材料に合わせてすばやく校正することも可能です。

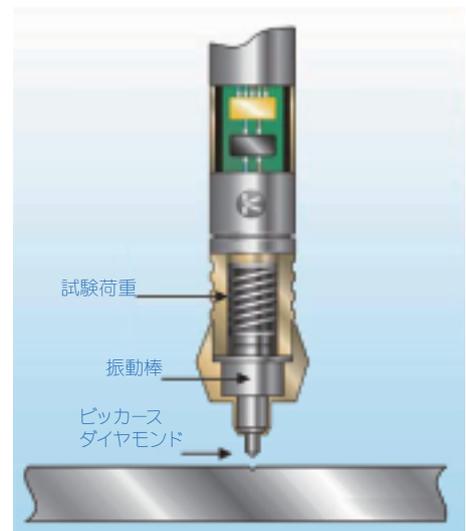


図5 : UCI法の概要 (試験荷重、プローブロッド、ビッカースダイヤモンド、試料)

$$\Delta f \approx E_{\text{elast}} \times \sqrt{A}$$

$$HV = F/A$$

Δf	= 周波数変化
A	= くぼみの面積
E_{elast}	= ヤング率
HV	= ビッカース硬さ値
F	= 試験荷重

式1 : ビッカースダイヤモンド圧子によるくぼみの大きさに比例する周波数変化

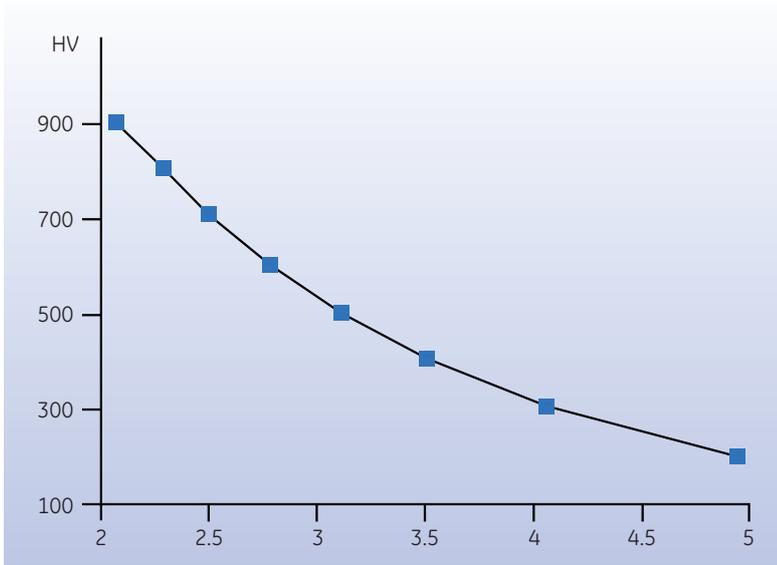


図6: UCI法によるビッカース硬さ値と周波数変化の表



写真1: いろいろなモデルのUCI法プローブ

2.2 適切なUCI法プローブの選択

UCI法による硬さ測定では、プローブロッドの接触側の先端にビッカースダイヤモンド圧子が取付けられているプローブを使用します。複数のセラミックの圧電素子がこのプローブの超音波振動を起こします。バネが負荷を与え、ビッカースダイヤモンドによるくぼみの面積に比例してプローブロッドの周波数が変化します。

据置き型の硬さ試験機のように、くぼみの対角線から硬さを求めるのではなく、周波数の変化を電氣的に数秒で測定して硬さを算出します。このポータブル硬さ計は周波数変化を常時監視して硬さ値を算出し、瞬時に表示します。UCI法は、均質な材料の試験に最適です。UCI法プローブは用途に応じて6種類の異なる負荷と種類を選択して、使用します。

荷重	プローブの種類	利点又は特長	主な用途
98N 10.0Kgf	MIC-2010	くぼみ寸法最大 表面状態の影響を受けにくい 表面処理は最小限で良い	鍛造品 溶接部検査 HAZ など
50N 5.0kgf	MIC-205	一般用途のほとんどのものに適用	高周波又は浸炭機械加工部品 例: 機械部品、カムシャフト など
	MIC-205L	先端部が 30 mm 延長	溝、ギアの側面や谷の測定 など
10N 1.0Kgf	MIC-201	扱いやすい荷重 鋭角部分の測定が容易	スタンプ用イオン窒化ダイス モールド、型、プレス
	MIC-201L	先端部が 30 mm 延長 複雑な形状の測定が容易	ベアリング、ギヤ歯の斜面 肉厚の薄い部分
8N 0.8Kgf	MIC-211 モータープローブ	ウレタン付サポートリングによる プローブホルダー くぼみ深さが比較的浅い	精密部品の完成品、ギア ベアリングのレース
3N 0.3Kgf	MIC-2103 モータープローブ	くぼみ深さが比較的浅い	スチールシリンダ上の銅 クロームメッキ (≥ 40 μm) コーティングや焼入れ (≥ 20 μm)
1N 0.1Kgf	MIC-2101 モータープローブ	くぼみ深さが最も浅い	スチールシリンダ上の銅 クロームメッキ (≥ 40 μm) コーティングや焼入れ (≥ 20 μm)

表1: UCI法プローブの特長と代表的な使用例

3. ASTM A 956準拠のリバウンド法 (DynaPOCKET / DynaMIC / MIC 20)

3.1 測定方法

リバウンド (Leeb (リーブ)) 法ポータブル硬さ計を使用する場合でも、くぼみの面積は試料の硬さによって異なります。ただし、リバウンド法の場合は、いわゆるインパクトボディのエネルギーの損失を測定することで、間接的にくぼみの面積を測定します。図7にリバウンド法硬さ試験の原理を示します。

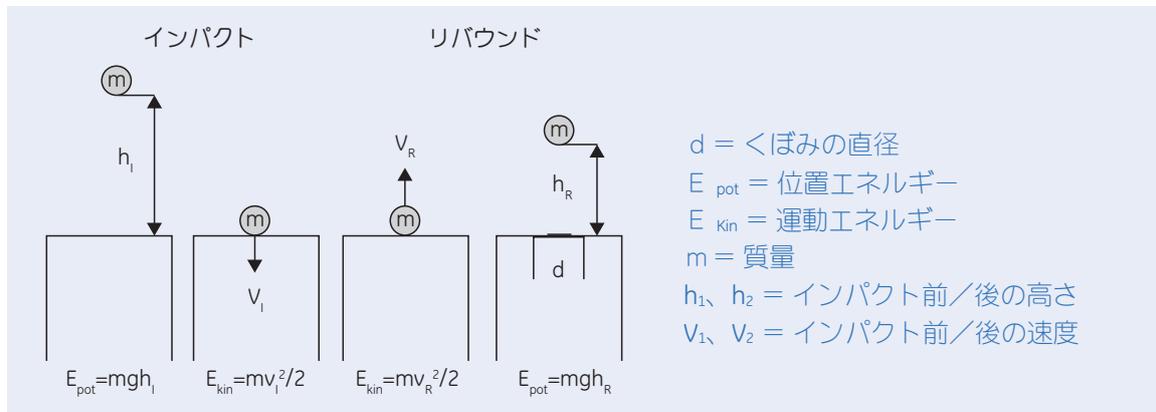


図7：リバウンド法硬さ試験の原理

ここではタングステンカーバイドチップを取付けたインパクトボディをバネの力を利用して、所定の速度で試料表面に当てます。このときのインパクトで表面に塑性変形が生じ、それによって、インパクトボディの元の速度が低下します。すなわち、試料が柔らかければ柔らかいほど、速度の低下が大きくなります。インパクト前とインパクト後の速度は非接触で測定します。インパクトボディに内蔵されている小さな永久磁石 (図8) がコイル内を通るときに、速度に比例する高電圧を生成します (図9)。

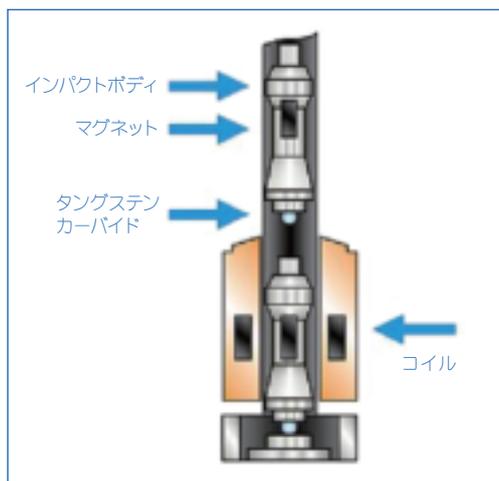


図8：インパクトデバイスの断面

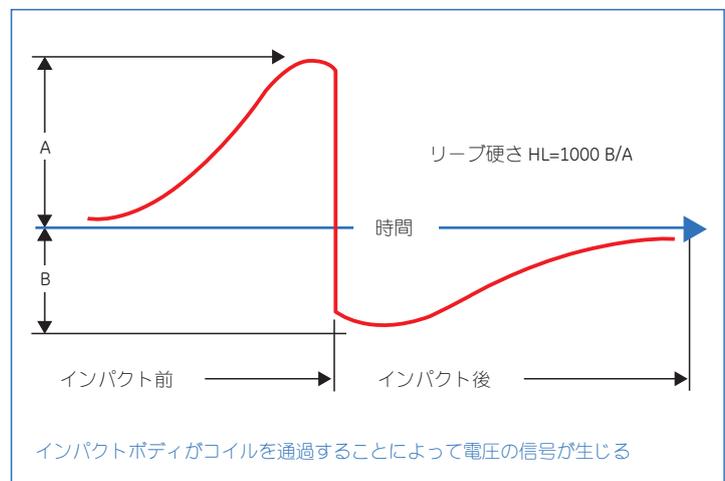


図9：インパクトボディがコイルを通る時に発生させる電圧信号の変化 (VDI Report No. 208, 1978)

リバウンド法を発見した D.Leeb (リーブ) 氏の名を冠した Leeb (リーブ) 硬さ (HL) は、インパクト速度とリバウンド速度の比率から算出します。Leeb (リーブ) 氏は、この硬さを右記のように定義しています。

この Leeb (リーブ) 硬さ試験法をユーザがどの程度受け入れ、使用するのかが問題です。これまでのところ、仕様や試験の合格証に採用された例がいくつか見られるだけです。測定した速度比は、ほとんどの場合、従来の硬さ (HV、HB、HS、HRB、HRC、N/mm²) のいずれかに換算されました。この分野でリバウンド法ポータブル硬さ計が受け入れられるようになったのは、この換算によるものです。

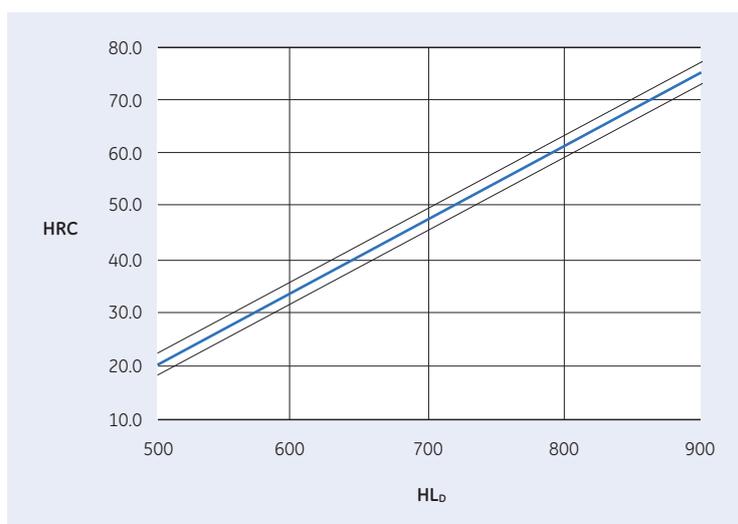
$$HL = \frac{V_R}{V_1} \times 1000$$

式2：Leeb (リーブ) 硬さ

測定した硬さ値を別の硬さ値（全く異なる硬さ試験法による硬さ）に換算したい場合に、使用できる数学的な換算式はありません。いわゆる換算表は、実験を長年繰り返してきたことで経験的に得られたものです。すなわち、異なる試験方法で任意の試料の硬さを測定し、それぞれの硬さの関係を見出してきました（図 10）。信頼性が高い換算を正しく実施するためには、2つの異なる試験法を使用して、対象となる材料を十分に繰り返し測定した結果に基づいて作成された換算表を使用する必要があります。

複数の材料グループを用意している理由としては、主に、弾性係数（ヤング率）がリバウンド法ポータブル硬さ計に影響を及ぼすためです。『真の硬さ』が同一である異なる2つの材料は、ある条件下ではヤング率の違いから異なる Leeb（リープ）硬さ値を示すことがあります。

つまり、リバウンド法による硬さ値（HL）から従来の硬さ値への普遍的な換算式は存在しません。このことを踏まえて、最新のリバウンド法ポータブル硬さ計では9種類の材料グループを用意し（相当する換算表は表示されません）、任意の材料グループを選択できるようになっています（表2参照）。



Code	材料グループ
St	低合金鋼 / 非合金鋼 / 鋳鉄
ASt	工具鋼
SST	ステンレス
GCI	ねずみ鋳鉄 / GG
NCI	球状黒鉛鋳鉄 / GGG
AL	鋳造用アルミニウム合金
BrS	黄銅 / CuZn
BrZ	青銅 / CuAl, CuSn
Cu	鍛造用銅合金

表2：ポータブル硬さ計DynaPOCKET、DynaMIC、MIC 20に保存されている材料グループ

3.2 適切なインパクトデバイスの選択

リバウンド法ポータブル硬さ計には、MIC 20、DynaMIC/DynaMIC DL、小型のDynaPOCKETと3種類のインパクトデバイスがあります。このリバウンド法ポータブル硬さ計では、リバウンド法で測定を実施します。

この方式のインパクトデバイスは、ガイドチューブ内のバネがインパクトボディを試料の方向に押し出す仕組みになっています。インパクトボディが試料に向かうときに、ガイドチューブを取り巻いているコイルの中で、インパクトボディ内の磁石が信号を発生させます。インパクト後、インパクトボディが試料表面から戻る（跳ね返る）ときに、コイル内でもうひとつの信号が発生します。

リバウンド法のポータブル硬さ計は、この2つの信号の電圧比に基づいて硬さ値を算出します。また、各信号の位相を測定して、測定方向の変化を自動的に補正します。

特許取得の信号処理機能によって自動的に測定方向の補正ができるリバウンド法ポータブル硬さ計は、MIC 20とDynaMIC、DynaPOCKETだけです。

リバウンド法ポータブル硬さ計とインパクトデバイスが、使用する用途に適しているかは、求められるインパクトエネルギーと圧子の種類や大きさで決まります。DynaPOCKETには、インパクトデバイスDが内蔵されていますが、MIC 20とDynaMICにはDyna D、Dyna E、Dyna Gの3種類のインパクトデバイスを選択して使用することができます。

型式	デバイス種類	インパクトエネルギー	主な用途
Dyna D	タングステンカーバイトボール (3mm)	12 Nmm	均一な材料の一般的な用途
Dyna E	ダイヤモンド (3mm)	12 Nmm	50 HRC 以上 例：鍛造品、焼入れ圧延ロールなど
Dyna G	タングステンカーバイトボール (5mm)	90 Nmm	650 HB 未満 例：大型鋳造品、鋳造品で表面状態のあまり良くないものなど
DynaPOCKET	タングステンカーバイトボール (3mm)	12 Nmm	リバウンド法小型ポータブル硬さ計

表3：リバウンド法のインパクトデバイスとその特長・用途

4. 光学くぼみ直視法 (Through-Indenter-Viewing)

4.1 TIV (Through-Indenter-Viewing) 法

TIV法では、試験荷重を与えてビッカースダイヤモンド圧子によって形成されたくぼみを光学的に自動測定して、ビッカース硬さ値を自動測定するポータブル硬さ計です (図 11)。CCD カメラを含む光学構造部で、ビッカースダイヤモンドを通してくぼみを直接見ることができます。このTIV法によって初めて、ビッカースダイヤモンドが試料の中に押し込まれる状態を直接見ることができるようになりました。

TIV法では光学的にくぼみを測定するため、異なる材質を測定する場合でも校正をする必要が無く、硬さ試験を実施することができます。また、試験荷重を静的に加えるため、厚さの薄い部分や小物部品、コーティング、ガラス、プラスチックなど今まで硬さ試験を実施することが不可能であった対象物も測定できます。

所定の試験荷重が加わると、くぼみの対角線長さを自動測定し、ビッカース硬さ値に自動換算します。このくぼみの評価方法は、手動でも自動でも実施することができます。



図11：現場でのTIV法ポータブル硬さ計の使用例

TIV 法ポータブル硬さ計には、DIN 50150 と ASTM E 140 に準拠する換算表が備えられています。測定した硬さ値を別の硬さ値に換算する場合に、どちらかの換算表を選択して使用することができます。形成されたくぼみやビッカースダイヤモンドの状態が画像として表示されるため、測定状態と測定値の質を直ちに確認・評価することができます。

また、圧子（ビッカースダイヤモンド）の状態を直接確認することもできます。

TIV 法では光学的に硬さを測定するため、従来のポータブル硬さ計では得ることが不可能であった信頼性の高い測定結果を得ることができ、ポータブル硬さ試験の用途を幅広く実施することが可能になり、新たな可能性を生み出すことができます。

TIV（光学くぼみ直視）法による硬さ試験の特徴は下記の通りです。

- 測定方向に左右されません。
- 異なる材料を測定する場合でも、校正が不要です。
- 薄肉部材や小型軽量部品など今まで硬さ測定が困難であった対象物の硬さ測定が現場で可能です。
- 弾性材料でも硬さ測定が可能です。

TIV 法ポータブル硬さ計は、ビッカースダイヤモンド圧子のくぼみによって形成された対角線長さを自動・手動測定し、試料の硬さを直接測定することができる初めてのポータブル硬さ計です。

TIV（光学くぼみ直視）では、試験荷重が加わっている間に、試料の表面に形成されたビッカースダイヤモンド圧子のくぼみが形成される（大きくなる）過程をリアルタイムで確認し、見ることができます。CCD カメラを含む専用光学レンズの組み合わせによって、くぼみの画像が機器本体上に表示されます。

所定の試験荷重が加わると、くぼみまたはダイヤモンド圧子の画像が TIV 法ポータブル硬さ計に保存され、自動・手動で評価します。

第一段階では、TIV ソフトウェアにて、くぼみの周縁を測定します。ビッカースダイヤモンド圧子（対面角 $136^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ ）によって所定荷重で作られたくぼみの周縁が機器本体の画面に表示され、対角線長さを測定するときの基本表示画面として使用されます。

試験面にくぼみを付けたときの試験荷重とくぼみの対角線長さから求めた表面積とから定義式を用い、ビッカース硬さを自動算出します。この評価は、従来の顕微鏡を用いた測定より速く実行でき、また、ビッカースくぼみの測定時に顕著に現れる、測定者の主観による影響を排除することができます。

図 12 に、くぼみ直視（TIV）法による硬さ測定の結果を示します。硬さ試験の質を信頼性が高い結論として引き出せるのは、圧子の形状を光学的に測定するこの TIV 法です。画面を一目見るだけで、表面状態や材料などの影響を試験結果が受けているかどうかわかります。

この TIV 法ポータブル硬さ計では、自動評価の他にビッカースダイヤモンド圧子によるくぼみの手動評価を実施することもできます。手動評価では、TIV に表示されている画像を拡大表示し、くぼみの周縁を手動で調整することも可能です。手動でくぼみの周縁を調整した場合、対角線長さが自動的に更新され、該当する硬さ値が再度表示されます（図 13 参照）。

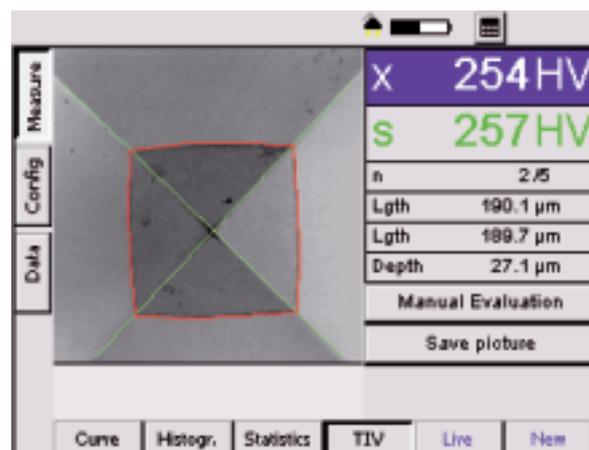


図12：ビッカースダイヤモンドにより形成されたくぼみが画面上に表示され、自動的に評価/硬さ値を算出します。自動評価時は、赤線内の対角線を算出します。

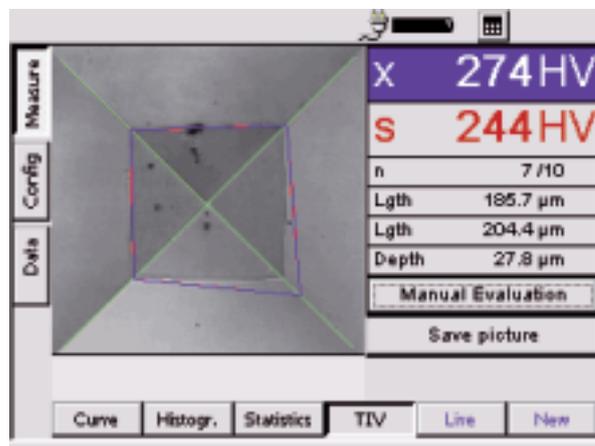


図13：手動評価による画面表示。手動評価を選択すると青線で表示され、画面を拡大し、手動で任意に青線を調整できます。

ビッカースダイヤモンド圧子が表示され、ダイヤモンド圧子の状態を直接確認することもできます。くぼみの周縁の状況やダイヤモンド圧子の状態や欠陥を直ちに確認することができるため、不正な試験状態を試験開始前から防止できます。

一連の試験結果を折れ線グラフや棒グラフとして表示したり、統計データを含む表形式データとして表示したりすることができます（図 14、図 15、図 16 参照）。平均値や個々の測定値、統計データなどの必要なデータは全て、測定中に表示され、順次更新されます。

くぼみ直視（TIV）法の最大の利点は、試験荷重を静的に加えることでビッカースダイヤモンド圧子によってくぼみを直接確認し、対角線長さを自動または手動で測定することによって得られることです。

- ① TIV 法によって異なる材料の硬さ測定を現場で実施する場合でも、再校正する必要がありません。
- ② TIV 法では、静的に試験荷重を加えるため、コイルや板金などの厚さの薄い部品や小型部品の硬さ測定も可能です。
- ③ くぼみ画像、形成状態がリアルタイムで表示されるため、測定の状態とその質をその場で確認、分析することができます。
- ④ TIV 法では、ビッカースダイヤモンド圧子によって形成させたくぼみを自動または手動で評価することができます。つまり、対角線の長さを自動的に直接測定することができます。
- ⑤ ビッカースダイヤモンドの周縁部が画面に表示されるため、圧子の状態を確認できます。

TIV 法によって、従来のポータブル硬さ計では測定が不可能だった様々な分野への応用が新たに切り開かれます。試験位置や方向に左右されないポータブル硬さ計が、さらに、試料の材質や質量、形状にも左右されなくなります。

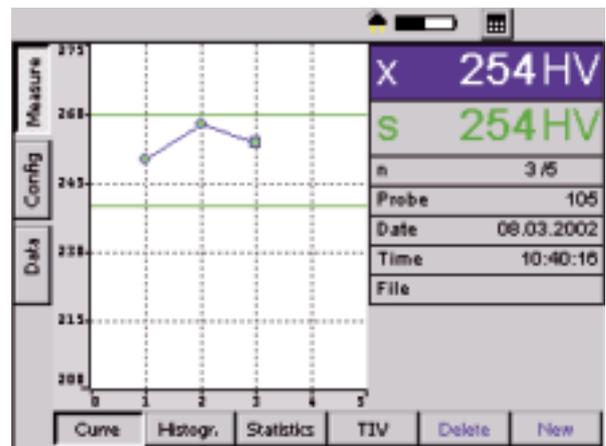


図14：測定結果を折れ線グラフで表示

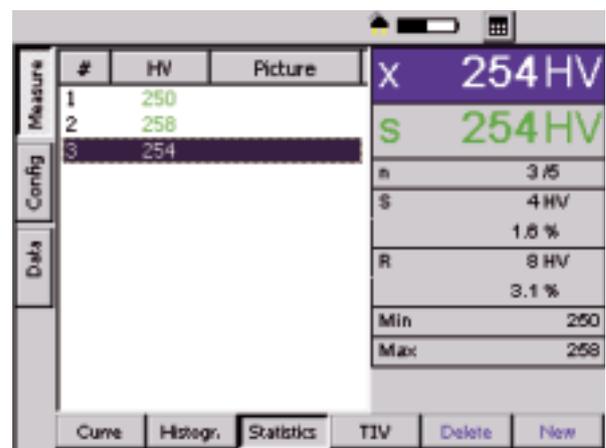


図15：統計データを含む表形式で結果を表示

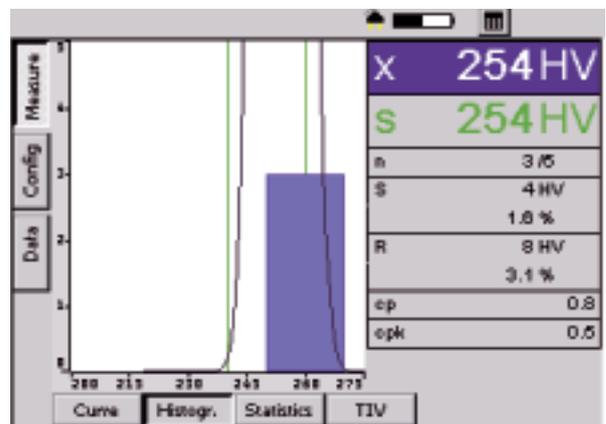
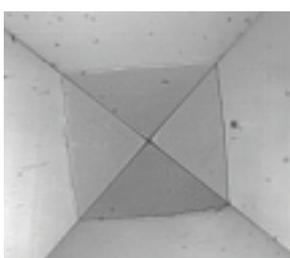
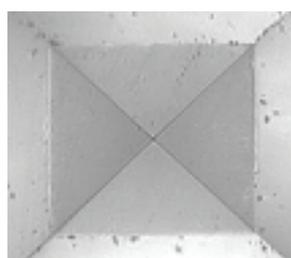


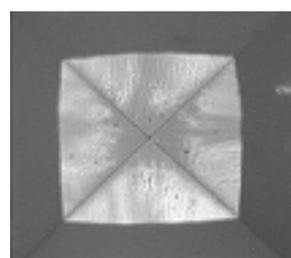
図16：統計データをヒストグラム結果として表示。標準偏差やバラツキなども自動計算されて、表示します。



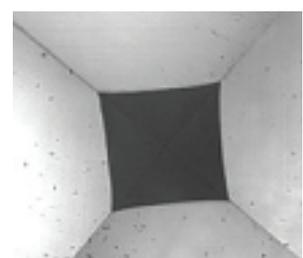
バルク材



コイル材



テフロン



ガラス

図17：TIV法によって実施した各種材料の画面表示

4.2 適切なプローブの選択

TIV 法ポータブル硬さ計には、試験荷重が 10 N/1 kgf と 50 N/5 kgf の 2 種類の手持ちプローブがあります。表 3 に、それぞれのプローブの硬さの測定可能範囲を示します。TIV 法のプローブの硬さ測定可能範囲は主に搭載されている光学構造部によって制限されます。CCD センサの大きさによって、表示できるくぼみの最大寸法が決まります。従って、硬さ値の測定可能範囲の最小値は、光学構造部によってあらかじめ決まります。

硬さ値がより大きい場合、すなわち、くぼみがより小さい場合は、CCD カメラの分解能によって測定可能範囲が限定されます。プローブ TIV 105 を使用して、信頼性と再現性が高い硬さ測定をセラミック試料上で 1500 HV の範囲内で実施することができたとしても、試料の表面状態や試験荷重によって硬さ値が高めに出ることが予想される場合には、硬さ値の上限は、一般的には 1000 HV に設定されます。

型式	試験荷重	硬さ範囲	主な用途
TIV101	10N/1.0Kgf	約 30~500 HV	アルミニウム合金、銅合金などの薄板、コーティングなどの硬さ測定など
TIV105	50N/5.0Kgf	約 100~1000 HV	機械部品や工程検査、表面硬化などの一般的な硬さ測定など

表4：TIV法でのプローブの用途、特長

5. ポータブル硬さ計の種類

－概要－

5.1 DynaPOCKET (リバウンド法)

主な用途：

- 結晶組織が粗大で固いもの
- 表面構造が不均質な鍛造品
- 鋳造品や鍛造品など

付属品など：

- 曲面用アタッチメント
- 硬さ基準試験片



写真2：DynaPOCKETシリーズ

5.2 DynaMIC (リバウンド法)

主な用途：

- 鋼やアルミ鋳造合金製のモータ部品や機械部品など
- 圧延品など製品や鋳造品や鍛造品など
- 製造中の大きな製品など

付属品など：

- インパクトデバイス D / G / E
- 曲面用アタッチメント
- 硬さ基準試験片
- 日本語転送ソフト



写真3：DynaMICシリーズ

* DynaPOCKETとDynaMICは、インパクト方向の補正が必要ありません。

* 特許取得の自動方向補正機能が搭載されています。

5.3 MIC 10 (UCI法)

主な用途：

- 比較的結晶組織が細かい金属材料
- 焼入れ部品や曲面、HAZ など
- めっき、浸炭、窒化層や薄い層など

付属品など：

- MIC222 テストスタンド
- MIC225 カムシャフト用スタンド
- ガイド (プローブアタッチメント)
- 硬さ基準試験片
- 日本語転送ソフト



写真4：MIC10シリーズ

5.4 MIC 20 (UCI法+リバウンド法)

主な用途：

- UCI 法による硬さ測定全般
 - リバウンド法による硬さ測定全般
- *UCI 法&リバウンド法が1台で使用可能

付属品など：

- UCI 法プローブ全種類
- リバウンド法インパクトデバイス全種類
- 支持台 (MIC222 / MIC225 など)
- プローブアタッチメント全種類
- ソフトウェア UltraDAT (英語) など



写真5：MIC20シリーズ

5.5 TIV (光学式)

主な用途：

- 異種材料の硬さ測定でも、校正不要
- 板金、コイルなどの薄板やめっき、浸炭、窒化層や薄い層など
- 今まで困難とされた材料の硬さ測定など

付属品など：

- 支持台 (MIC222 / MIC225 など)
- ガイド (プローブアタッチメント)
- ソフトウェア UltraDAT (英語) など



写真6：TIVシリーズ

6 現場におけるUCI法とリバウンド法

6.1 試験方法の選択

UCI法では、様々な形状・様々な大きさの比較的粒子の細かい材料の試験に適しています。HAZ や鍛造品などのひずみ硬化の過程など、材料の性質や特性を高精度に見極めたい場合に使用します。

リバウンド法では、主に、大きくて結晶組織が粗大な材料や鍛造物、鋳造品や比較的状態の粗い材料などに使用します。インパクトデバイスにある球状のタングステンカーバイドチップによって形成されたくぼみは、ビッカースダイヤモンドのくぼみよりも大きくなります。

逆に、UCI法のプローブによって形成されるくぼみは比較的小さいため、溶接部の中でも特に、熱影響部「HAZ」の硬さ測定が可能です。

UCI法プローブとリバウンド法インパクトデバイスには、試験荷重や圧子の直径が異なるものや形状が異なる種類を多数用意しているため、用途に応じて適切な試験方法やプローブ、インパクトデバイスを選択することができます。たとえば、DynaMIC や MIC 20 に適用できるインパクトデバイスは3種類あります。Dyna D は、ほぼ全ての用途に使用することができます。Dyna G は球状のタングステンカーバイドチップとなり、Dyna D と比べて約9倍のインパクトエネルギーを持ち、鋳造品や鍛造品など、比較的不均質な表面に使用できます。

球状のタングステンカーバイドチップの磨耗を早めるほどの硬い材料（650 HV/56 HRC）には、ダイヤモンドチップ圧子を持つインパクトデバイス Dyna E の使用をお勧めします。

用途	UCI法	リバウンド法
	MIC10/MIC20	DynaPOCKET/DynaMIC/MIC20
金属材料など	○	○
粒子の粗い材料（粗粒鋼）	△	○
鋼またはアルミニウムの鋳造合金	△	○
溶接部の HAZ など *1	○ *1	○ *1
厚さ：20mm 以上	○	○
厚さ：20mm 以下	○	×
不均一な表面状態	△	○
薄いレイヤーなど	○	×
測定のアクセスが困難な場所	△	△

○：適している △：条件による ×：適さない *1：HAZ部の測定間隔による

表5：UCI法による硬さ試験とリバウンド法による硬さ試験の用途

6.2 くぼみの大きさの意味

一般的に、くぼみの表面積が大きくなればなるほど試験結果の精度が高まります。不均一な材料の微細構造や結晶組織が粗大な材料中のばらつきが平均化され、確実な硬さ値を得ることができます。また、くぼみの表面積が大きければ、表面状態の影響が少なくなり表面仕上げに対する要求が小さくなります。

比較すると MIC 20/DynaMIC の各種インパクトデバイスで作成されたくぼみは、UCI法プローブが作るくぼみよりも大きくなります。大きな鋳造品や鍛造品の硬さ測定には、リバウンド法ポータブル硬さ計の使用をお勧めします。

表面焼入れなどを実施した小型部品などの均質な材料に対して硬さ測定を実施する場合は、UCI法プローブによる浅く小さいくぼみが適しています。表 6a と表 6b で、3種類の硬さについて、リバウンド法インパクトデバイスと UCI法プローブによるくぼみの大きさを比較します。

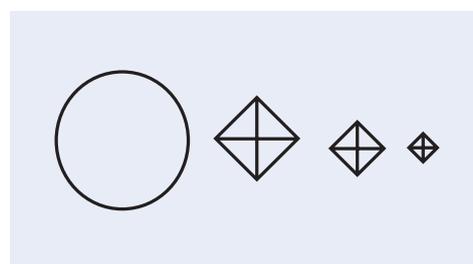


図18：インパクトデバイスDyna DとUCI法プローブMIC 2010、MIC 205、MIC 201によるくぼみの大きさの違い。左側よりDyna D、MIC2010と続きます。

	Dyna G 5mm 90Nmm	Dyna D 3mm 12Nmm	MIC2010 10N (10.0Kgf)	MIC205 5N (5.0Kgf)	MIC201 1N (1.0Kgf)	MIC2103 3N (0.3Kgf)
64 HRC	—	350	152	107	48	25
55 HRC	898	449	175	124	56	28
30 HRC	1030	541	249	175	79	41

表6a：くぼみの表面積（参考）（μm²）

	Dyna G 5mm 90Nmm	Dyna D 3mm 12Nmm	MIC2010 10N (10.0Kgf)	MIC205 5N (5.0Kgf)	MIC201 1N (1.0Kgf)	MIC2103 3N (0.3Kgf)
800 HV	—	16	22	16	7	4
600 HV	63	28	25	20	9	5
300 HV	83	35	35	25	11	6

表6b：くぼみの深さ（参考）（μm）

6.3 押し込み深さとコーティングの最小厚さの関係

ビッカース硬さ試験を実施する場合、鋼スチールロール上のクロムメッキ層などのコーティングや硬化層の厚さと深さは、くぼみと比較して十分な強度と大きさ（厚さ）が必要となります。原則として、くぼみ深さの10倍以上の厚さが必要最小厚さとなります。

プローブの試験荷重とおおよその硬さが判っていれば、式3を使用してビッカースダイヤモンドの押し込み深さを簡単に算出することができます。この公式は、ビッカースダイヤモンドの形状に基づいて得られたものです。従って、ビッカース硬さ試験の場合にのみ使用することができます。なお、10 N = 1 kgf です。

$$d = 0.062 \times \sqrt{\frac{F}{HV}}$$

HV=ビッカース硬さ (HV)
F = 試験荷重 (N)
d = 押し込み深さ (mm)

式3：ビッカースダイヤモンドのくぼみ深さ

最小必要厚さ：

$$s = 10 \times d$$

式4：最小厚さの公式

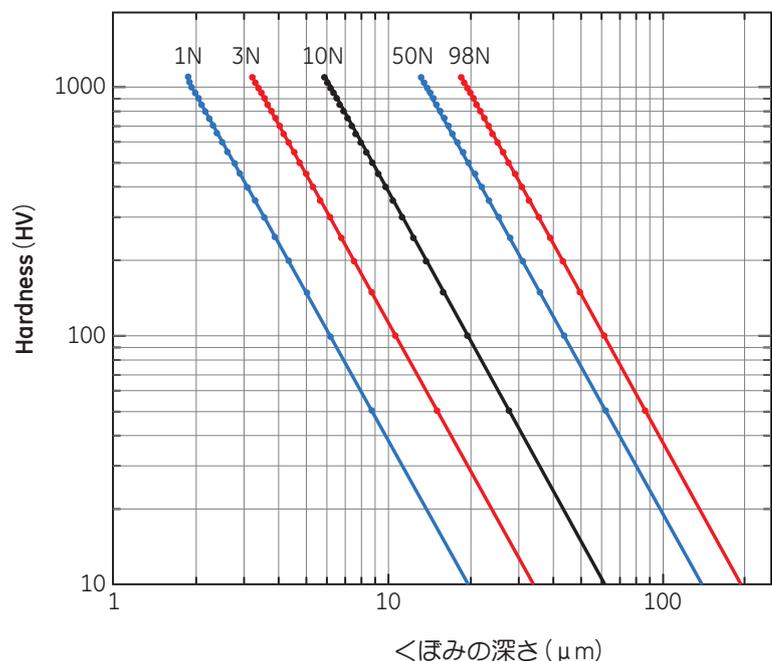


図19：材料の硬さと各種試験荷重によるビッカースダイヤモンドのくぼみの深さ

6.4 溶接部 (HAZ) における硬さ試験

UCI 法プローブによって形成されるくぼみは非常に小さいため溶接部の硬さ、すなわち、熱影響部 (HAZ) の硬さを測定することもできます。硬さ測定の結果によって、その材料が十分に溶接されているかを判断することができます。たとえば、溶接部におけるマルテンサイトの含有量が高すぎる場合は、非常に固い部分が形成され、亀裂が生じる可能性が高くなります。

もちろん、溶接部の HAZ に形成されたくぼみが大き過ぎず、高い信頼性の硬さ試験方法を採用しなければなりません。低試験負荷 (HV5, HV10) によるピッカースダイヤモンドのくぼみは、HAZ の許容範囲内に収まります。

HV30 や HB、リバウンド法による硬さ試験のくぼみ、Poldi ハンマーによる食い込みは、許容範囲内に収まりません。この場合は、溶接部全体の平均値しか得られません。周辺部分の硬さも低めに検出されるため、低めの硬さ値が測定されます。現在でも、溶接検査で Poldi ハンマーを使用します。このくぼみから低めの硬さ値が得られることは明らかであり、HAZ をそれ以上熱処理する必要はないということの意味します。これが賢明な結論かどうかの判断は使用者にゆだねます。

写真 7 では、10 kgf (98 N) の荷重で試験を実施した場合の標準的なピッカース硬さ試験による測定値とインパクトデバイス Dyna D による測定値とを比較しています。



写真7：熱影響部 (HAZ) における硬さ試験

6.5 試料の質量に関する条件

試料の質量も考慮する必要があります。リバウンド法の質量基準は、UCI 法の質量基準よりも大きいことが必要ですが、どちらの方式で試験した結果も試料の質量と厚さの影響を受けます。

リバウンド法では、インパクト時に短時間で大きな力が発生します。厚さの薄い、軽量の試料の場合は、誤測定となります。単純な形状の小型部品などの硬さ測定をしたい場合は、その部品 (試料) の底面形状 (輪郭) に合わせて機械加工された支持台を使用します。支持台がその部品 (試料) を補強するため、部品 (試料) がきちんと安定します。非常に薄い部品 (試料) の測定では、少量のグリスやペーストで部品 (試料) を支持台に貼り付けて固定します。

UCI 法では、周波数変化を測定するため、質量がおよそ 0.3 kg 未満の場合、試料自身が共振して誤測定や不規則になったりする場合があります。上記のように、支持台を使用したり、グリスやペーストで、貼付けたりする方法は小さい部品 (試料) の振動を防止する効果があります。

支持台を使用することができない場合は、試験荷重の小さいプローブを選択し、試料自体の振動を抑えるようにしてください。表 5 に、ホルダと支持台の使用条件を示します。ホルダや支持台の有効性は、試料の底面形状 (輪郭) にどれくらい正確に合致しているかどうかで決まります。

	Dyna D/E	Dyna G	UCI プローブ
支持台なし	> 5Kg	> 15Kg	> 0.3Kg
支持台あり / ホルダあり	2-5 Kg	5-15 Kg	0.1-0.3 Kg
支持台・ホルダあり / ペーストあり	0.05-2 Kg	0.5-5 Kg	0.01-0.1 Kg

表5：試料の質量と支持台の差

6.6 厚さに関する条件

ポータブル硬さ試験において、特にリバウンド法の場合、パイプやパイプライン、バルブなどの厚さが重要な要素となります。たとえば、薄い厚さの試料に対してリバウンド法を適用すると、インパクトボディが衝突した場合に試料が太鼓の皮のように振動し始めることで誤測定となります。

ポータブル硬さ試験による試験方法を選択する場合は、質量（6.5 参照）だけでなく、厚さも重要な要素となります。試料が非常に硬く、数トンもある重いものであっても、厚さによって硬さが左右されることもあります。

インパクトデバイス Dyna D の質量は小さく、インパクトエネルギーが小さいですが、インパクト時に加わる衝撃力は、およそ 900 N (90 kgf) にもなります（参考までに、UCI 法プローブでは最大で 98 N/10 kgf です）。この衝撃力によって、厚さ 20 mm 以下の試料に対しては、ばらつきを生じさせます。これが原因で硬さの誤測定が発生したり、測定値のバラツキが大きくなることがあります。

試料の厚さが 20mm 以下の場合には、リバウンド法ではなく UCI 法を選択してください。

硬さ試験方法	厚さ (mm)
リバウンド法	20mm 以上
UCI 法	2 ~ 3mm

表6：推奨する最小厚さ。試料が小さい場合は、支持台に貼付けて固定すれば、厚さが小さくても測定可能です。

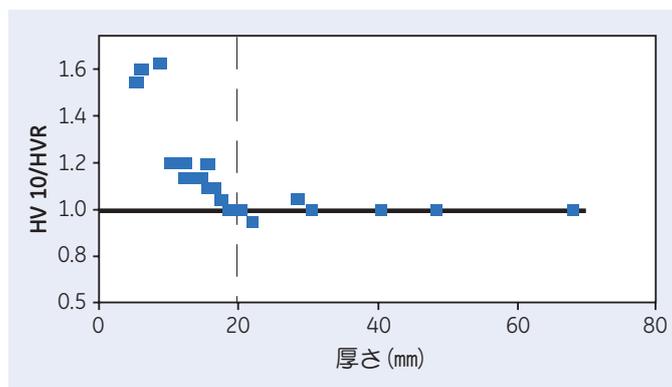


図20：厚さによるビッカース硬さ（HV10）とリバウンド法によるビッカース硬さ（HVR）による硬さ値のばらつき

試料の厚さが 20 mm 以上あれば、どちらの硬さ測定方式でも測定結果はほぼ同じとなります。厚さが 20 mm 以下では、リバウンド法で測定したビッカース硬さは実際の数値よりもばらつき、図で示したグラフの線が水平ではなくなります。

6.7 表面状態

全ての硬さ試験方法を実施する場合、酸化物やコーティング、潤滑剤、油、腐食防止用のプラスチック層、伝導性を良くするための金属層などを取除き、滑らかな表面状態が必要です。

くぼみの深さは表面粗さよりも大きくする必要があります。また、表面処理が必要な場合は、加熱や冷却、ひずみ硬化によって表面硬さに影響を与えないように注意が必要です。

MIC 1060 などのバッテリー駆動のハンドグラインダ (> 12000rpm) を使用し、粒度 #180/#320 等を使用して表面を滑らかにし、鏡面に近い表面処理をすることで、より良い測定結果が得られます。硬さ測定を実施する場合には非常に重要な要素となります。

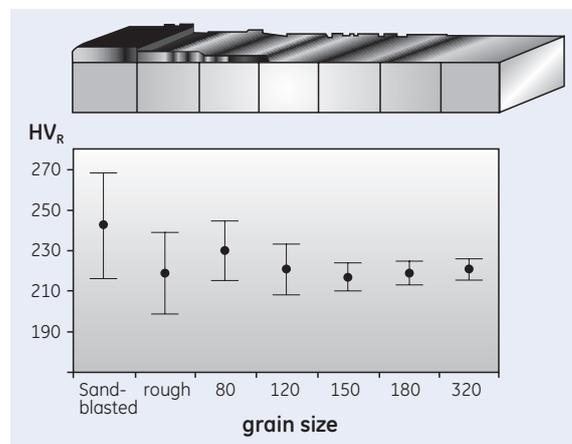


図21：表面処理に対する硬さのばらつき
HVRは、リバウンド法で測定した数値を変換したビッカース硬さです。

6.8 プローブの取扱い方法

UCI 法プローブは、ゆっくりとした一定の速度で試料に対して適用します。プローブは試料の表面に対して直角に当て、垂直軸からのズレは 5 度以内にしてください。プローブを回転させたり、UCI プローブ先端のダイヤモンド圧子に横方向の力を絶対に加えないでください。誤測定の発生原因や故障の原因となります。また、プローブ本体に穴等の追加加工はしないでください。

UCI 法プローブの付属品として、2 種類のサポートアダプタ (MIC 270 と MIC 271) があります。MIC 271 は、半径 3 mm ~ 75 mm の円筒状試料に適用できます。MIC270 は、平面の試料用に設計されていますが、半径 75 mm を超える試料の検査にも使用できます。

リバウンド法のインパクトデバイスは、試料の表面に対して垂直に適用します。垂直軸からのズレは 1 度 ~ 2 度以内にしてください。曲率面などに対しては、インパクトデバイス用の支持リングなどのアタッチメントを使用して、試料に対して正しく配置します。

Dyna D と Dyna E に標準装備されている支持リングは、半径 30 mm を超える凸面や凹面に使用します。Dyna G の標準支持リングの直径はさらに大きいため、半径 50 mm を超える凸面や凹面に使用します。

インパクトデバイス Dyna D と Dyna E 用の支持リングとして、内径または外径 10 mm ~ 30 mm の円筒状のものや球状に適用できる 2 種類のアタッチメント (Dyna 41 (シリンダー状) と Dyna 42 (球状)) があります。また仕様に合わせて支持リングの製作可能です。

6.9 校正

ポータブル硬さ計の校正に影響を及ぼす可能性がある要因は、試料の弾性係数 (ヤング率) です。正確な試験結果を確実に得るためには、ポータブル硬さ計を正しく校正する必要があります。

DynaPOCKET、DynaMIC/MIC 20 でリバウンド方式の硬さ測定を実施する場合、使用者はまず始めに 9 種類の材料グループから硬さ測定を実施する試料に最適な材料グループ (1 つ) を選択して、校正を実施します (表 7 参照)。最適な材料グループを選択することでおよそその校正を装置内で実施し、接続したインパクトデバイスの種類によって換算することが出来る硬さ範囲などが決まります。

硬さ値が判明している試料を使用してポータブル硬さ計の校正を実施することで、その試料に対してさらに正確な校正を実施することができます。

校正時には、試料上でいくつかのデータを取り、平均値を表示し、表示した平均値を実際の硬さ値に合わせます。これで正確な校正が実施され、特定の材料に対する校正オフセット値が得られます。

このオフセット値を使用して、ポータブル硬さ計 (MIC10, DynaMIC, MIC20 のみ) を再校正することができます。

材料グループ	HV	HB	HRB	HRC	HS	N/mm ²
1. 低合金鋼 / 非鉄合金 / 鋳鉄	D/E/G	D/E/G	D/E/G	D/E/G	D/E/G	D/E/G
2. 工具鋼	D/E			D/E		
3. ステンレス	D	D	D	D		
4. ねずみ鋳鉄		D/G				
5. 球状黒鉛鋳鉄		D/G				
6. 鋳造用アルミニウム合金		D	D			
7. 黄銅		D	D			
8. 青銅		D				
9. 銅合金		D				

表7：材料グループと適合インパクトデバイスの適用種類

MIC 10 シリーズと MIC 20 シリーズに使用できる UCI 法プローブは、弾性係数 (ヤング率) が 210,000 MPa の鋼製硬さ基準試験片にて校正されています。非合金鋼や低合金鋼のヤング率はほぼ同程度の弾性係数であるため、硬さ基準試験片で正確な結果を得ることができます。ほとんどの場合、中合金鋼と高合金鋼のヤング率の差は小さいため、その部品の許容範囲内に誤差が収まります。

しかし、非金属材料の場合はヤング率が異なるため、それぞれに校正が必要です。硬さ値が判明している試料上でデータを幾つか取り、校正を実施します。表示された平均値を実際の硬さ値に合わせます。この作業により、校正をされ、その材料に対する校正オフセット値が確立されます。このオフセット値を使用して、ポータブル硬さ計（MIC10, DynaMIC, MIC20 のみ）を再校正することができます。

校正オフセット値は、工場で設定した鋼の数値を基準に設定されます。従って、校正オフセット値は、校正後には正（+）または負（-）の数値になります。表 8 に、一般的な材料を基準とした、おおよその校正値を示します。

材料	校正オフセット値
鋼、低合金鋼	0000
アルミニウム	-8800
クロム	+0250
銅	-5800
鋳鉄	-4800
チタニウム	-6500
300 系ステンレス	-1500
400 系ステンレス	-0900

表8：各材料のUCI法による校正オフセット値の参照

6.10 ポータブル硬さ計の性能確認

基準化されている硬さ基準試験片を使用して、ポータブル硬さ計の性能を定期的に確認します。

リバウンド法のポータブル硬さ計（DynaPOCKET/ DynaMIC/ MIC 20）が正しく機能するかどうかは、Leeb（リープ）硬さ基準試験片上（認定済み）で測定した、5回の測定値の平均値で確認します。この5回の測定値の平均値が、硬さ基準試験片の基準値から±6 HL以内に収まっている必要があります。硬さ基準試験片 MICD62の公称基準硬さ値は765 HLです。この数値をHRCに換算すると、55 HRCに対する許容誤差が±0.5 HRCとなります。

UCI法のポータブル硬さ計（MIC 10/ MIC 20）の測定精度は、ピッカース硬さ基準試験片によって確認します。MIC222（テストスタンド）などの堅牢で安定した支持台やホルダを使用して5回測定した平均値が、硬さ基準試験片の基準値の±3.6%以内に収まっている必要があります。フリーハンドで試験を実施した場合は、最低10回の測定の平均値が、±5%の許容範囲内に収まっている必要があります。上記の許容範囲をHRC値に換算したものを表9に示します。比較のために、ASTM E 18 据置き型のロックウェル硬さ試験機に求められる再現性も表9に併せて示します。

	UCI 法		ロックウェル硬さ計
	テストスタンド/ホルダー (5回測定値の3.6%)	フリーハンド (10回測定値の5.0%)	ASTM E18 準拠
64 HRC	± 1.0 HRC	± 1.5 HRC	± 0.5 HRC
45 HRC	± 1.5 HRC	± 2.0 HRC	± 1.0 HRC
25 HRC	± 1.5 HRC	± 2.0 HRC	± 1.0 HRC

表9：UCI法プローブ基準値に対する一般的な許容範囲

7. 適切な試験方法の選択のための概要とアドバイス

弊社のポータブル硬さ計には、DynaPOCKET、DynaMIC、MIC 10、MIC 20、TIV の 5 種類の製品があります。これらのポータブル硬さ計では、UCI 法、リバウンド法、光学 TIV 法という、物理的に異なる 3 種類の測定方式を採用しています。

それぞれの硬さ測定に最適な試験方法と機器を選択する必要があります。後のセクションで、各試験方法の概要と使用例を説明し、硬さ測定の際に最適な装置を選択する上でのアドバイスをご紹介します。

7.1 UCI法 (MIC 20/ MIC 10)

UCI法では、ビッカースダイヤモンド圧子によって形成されたくぼみの大きさを光学的に測定するのではなく、試験荷重が加わっているときの超音波の周波数変化を測定することで電氣的にくぼみの表面積を検出します。

試料が軟らかい場合、ビッカースダイヤモンド圧子が試料に深く食い込み、比較的大きなくぼみができるため、周波数変化が大きくなります。周波数変化は、ビッカースダイヤモンド圧子によって試料に作られるくぼみの表面積に比例します。UCI 法のポータブル硬さ計は、試料を変えても簡単に校正できます。

■ 代表的な使用例：

熱処理または表面硬化処理を実施した機械部品（カム軸、クランクシャフトなど）、溶接部（HAZ）の硬さ測定、精密部品の熱処理工程検査、ギア、ベアリングのレース、ギヤの歯面、タービンブレード、シリンダ上の銅メッキやクロムメッキなどの薄膜、輪転グラビアシリンダ、コーティング、めっき、浸炭、窒化層など。

■ 適合するポータブル硬さ計：MIC 10/ MIC 10 DL/ MIC 20

■ プローブ：

手持ち式プローブ：

- 10 N/1 kgf： MIC 201-A / MIC201-AL
- 50 N/5 kgf： MIC 205-A / MIC 205-AL
- 98 N/10 kgf： MIC 2010-A

モータプローブ：

- 8.6 N/0.9 kgf： MIC 211-A
- 3 N/0.3 kgf： MIC 2103-A
- 1 N/0.1 kgf： MIC 2101-A

7.2 リバウンド法 (MIC 20/ DynaMIC/ DynaPOCKET)

リバウンド法では、インパクトボディを所定の速度で試料の表面に衝突させます。このときのインパクトで試料の表面に塑性変形が生じ、それによってインパクトボディの速度が低下します。試料が軟らかければ、インパクトボディが作るくぼみが比較的大きくなります。つまり、インパクトボディの速度がほとんど吸収され、低速でリバウンドします。インパクト前とインパクト後の速度は比接触で測定されます。インパクトボディに内蔵されている小さな永久磁石がコイルを通過するときに、速度に比例する高電圧を検出します。リバウンド速度は、試料の硬さの目安となります。

測定方向による角度の補正をする必要が無く、任意の方向に自由自在に使用できます。（自動方向補正機能で特許取得）。

リバウンド法のポータブル硬さ計には、9 つの材料グループが搭載され、さらに、DynaMIC と MIC 20 では、その他の材料に対する校正を簡単に行うことができます。

■ 代表的な使用例：

圧延品のような表面状態、結晶組織が粗大で大きい構造物、モータユニット、鋳造品やアルミ鋳鉄製のモータ部品や機械部品、造船所、圧力容器製作、製鉄関連、バルブ検査や表面状態が不均質な鍛造品、保存されている材料グループの材料、精錬銅合金など。

■ 適合するポータブル硬さ計：DynaPOCKET/ DynaMIC/ DynaMIC DL/ MIC 20

■ インパクトデバイス：

- Dyna D 直径 3 mm、タングステンカーバイドチップ
- Dyna G 直径 5 mm、タングステンカーバイドチップ
- Dyna E ダイヤモンドチップ

7.3 光学くぼみ直視 (TIV) 法

TIV (くぼみ直視) 法では、試験負荷を与えながら CCD カメラを使用する光学構造部でビッカースダイヤモンド圧子を直接通してくぼみを観察し、ビッカースダイヤモンド圧子によるくぼみの大きさ、すなわち、対角線長さを自動・手動にて測定し、硬さ値を表示します。

TIV 法で自動測定した対角線長さが、試験負荷に対するビッカース硬さになります。

ポータブル硬さ計の LCD 画面上でくぼみの画像をリアルタイムで見ることができ、測定の信頼性をその場で直ちに判断することができます。つまり、表示画像を見ながらビッカースダイヤモンドによって形成されたくぼみの質 / ダイヤモンド圧子の状態を確認することができます。

TIV 法では、ビッカースダイヤモンド圧子を通して画像から対角線長さを自動・手動にて測定し、硬さ値を表示するため、あらゆる材料上での硬さ試験を実施する際に、改めて校正する必要がありません。コイルや薄い板金など、薄い部品でも、ポータブル硬さ計で硬さ測定を実施することができます。

■ 代表的な使用例：

研究機関、製鉄会社、熱処理会社 (校正無しで異種材料の硬さ試験)、航空宇宙産業 (小型部品、複数の合金やエンジン部品の検査など)、鉄道施設関連、自動車部品関連、工具製作会社、板金 (コイル、プレス加工後の薄板など)、宝石、シリコン、ガラス、セラミックなど、今までポータブル硬さ計で硬さ試験を実施することが困難であった材料など。

■ ポータブル硬さ計：TIV

■ プローブ：

- TIV 101 (10 N/1 kgf) : 30 ~ 500 HV
- TIV 105 (50 N/5 kgf) : 100 ~ 1000 HV

7.4 早見表 –どのポータブル硬さ計を使いますか？–

7.4.1 アプリケーションでは？

例として	DynaPOCKET	DynaMIC	MIC 10	MIC 20	TIV
プレートなど (t=20mm 以下)	×	×	○	○	○
めっき、浸炭、窒化層など	×	×	○	○	○
表層硬さ測定	×	×	○	○	○
溶接部 (HAZ など)	○ *1	○ *1	○ *1	○ *1	○ *1
異種材料	○ *2	○ *2	○ *2	○ *2	○
鋳造品 / 鍛造品など	○	○	△	○	△
チューブなど	△	△	△	△	△
板金 / コイルなど	×	×	△	△	○

○：適している △：条件による ×：適さない

*1：HAZ 部の測定間隔による

*2：校正または材料グループの選択が必要。ただし、DynaPOCKET は校正機能なし。

7.4.2 材料では？

例として	DynaPOCKET	DynaMIC	MIC 10	MIC 20	TIV
鋼 (合金鋼、SUS など)	○	○	○	○	○
非鉄合金 (AL、Cu など)	○	○	○	○	○
鋳鉄	○	○	△	○	△
AL、Mg 鋳造品など	△	○	△	○	△
セラミック	×	×	△	△	○
ガラス	×	×	×	×	○
プラスチック	△	△	○	○	○

○：適している △：条件による ×：適さない

7.4.3 その他の条件として？

例として	DynaPOCKET	DynaMIC	MIC 10	MIC 20	TIV
データロガ / PC インターフェイス	×	○ DLのみ	○ DLのみ	○	○
メモリ保存数	該当せず	1800 *3	1800 *3	測定値のみ 約 20 万点	測定値のみ 約 20 万点
統計評価 / 処理ソフトウェア	該当せず	○ *4	○ *4	○	○
硬さ換算機能	○	○	○	○	○
自動角度補正機能 (特許)	○	○	○ *5	○ *5	該当せず
厚さ < 20mm	△ *6	△ *6	△	△	○
質量 < 2 Kg	△ *6	△ *6	△	△	○

○：適している △：条件による ×：適さない

*3：メモ리카ード使用

*4：日本語呼び出しソフトウェア

*5：モータプローブを除く

*6：固定した場合

試験対象に応じて、UCI 法、リバウンド法、TIV 法で硬さ試験を実施します。

必ずしも、適切な方法が明確に定義できるとは限りません。従って、現場で試料について正しく答えることができる熟練した技術者が、一番頼りになります。



GEセンシング&インスペクション・テクノロジーズ株式会社
非破壊検査機器営業本部

〒104-6023 東京都中央区晴海1-8-10
晴海アイランド トリトンスクエア オフィスタワーX 23F
Tel:03-6890-4567 Fax:03-6864-1738

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場2-3-2
南船場ハートビル 8F
Tel:06-6260-3106 Fax:06-6260-3107

www.ge-mcs.jp/it
geitjapan-info@ge.com

お問い合わせは...

※すべての仕様および外観は、予告なしに変更されることがありますのでご了承ください。
© 2014 General Electric Company. All Rights Reserved. (14/04) 2014年4月改訂