

1. 制定/改正の別

改正

2. 産業標準案の番号及び名称

規格番号 JIS Z 2251-1

規格名称 ヌープ硬さ試験—第1部：試験方法

3. 主務大臣

経済産業大臣

4. 制定・改正の内容等に関する事項

(1) 制定改正の必要性及び期待効果

【必要性】

Z 2251-1は、試験力範囲が0.009 807 N～19.613 Nの金属材料のヌープ硬さ試験方法について規定したものである。対応国際規格であるISO 4545-1:2023（金属材料—ヌープ硬さ試験—第1部：試験方法）では、ISO 4516:2002（金属及びその他の無機質皮膜—微小ビッカース硬さ及び微小ヌープ硬さ試験）をAnnexとして取り込み改訂された。そこで、対応国際規格と整合を図ることを主目的として、今回改正を行う。

【期待効果】

試験の信頼性の向上が期待され、円滑な取引を促進すること、規格利用者の利便性の向上などが期待できる。

(2) 制定の場合は規定する項目を、改正の場合は改正点

主な改正項目は次のとおり。

1) 適用範囲（箇条1）において

- ・ 対応国際規格では対角線長さが0.020 mm未満を適用範囲としていないことから、“受渡当事者間の協定によって、くぼみの対角線長さが0.020 mm未満のヌープ硬さ試験を行う場合がある。”を削除した。
- ・ 金属皮膜及びその他無機皮膜の硬さの測定に適用可能であることを追加した。そのため“金属めっきのヌープ試験に対する特別な事項は、ISO 4516に規定されている。”を削除した。

2) 記号及び硬さの表示（箇条4）

- ・ 対応国際規格に整合させ、箇条5から箇条4に移動した。

3) 原理（箇条5）

- ・ 対応国際規格に整合させ、箇条4から箇条5に移動した。

4) くぼみ測定装置（細分箇条6.3）

- ・ 対応国際規格に整合させ、規格の文章を注記とした。

5) 金属皮膜及びその他無機皮膜の硬さ試験方法（細分箇条8.11）

- ・ 細分箇条8.11金属皮膜及びその他無機皮膜の硬さ試験方法をとして追加した。

6) 試験報告書（箇条10）

- ・ 試験規格共通の試験報告書の規定に修正した。

7) ヌープ硬さ測定の特雷サビリティ（附属書C）

- ・ “計量特雷サビリティ”を“計量計測特雷サビリティ”に用語を修正した。

8) 金属皮膜及びその他無機皮膜のヌープ硬さの決定（附属書F）

- ・ 金属皮膜及びその他無機皮膜のヌープ硬さの決定を附属書Fとして追加した。

10) JISと対応国際規格との対比表

- ・ 金属皮膜及びその他無機皮膜の硬さの測定に関する規定を追加したことを中心に、対比表を修正した。

(3) 制定・改正の主旨

① 利点がある場合にその項目（コード等一覧参照）

ア、イ

② 欠点があるとする項目に該当しないことを確認（コード等一覧参照）

確認

③ 国が主体的に取り組む分野に該当しているか、又は市場適合性を有しているか。

国が主体的に取り組む分野

④ 国が主体的に取り組む分野に該当する場合の内容

幅広い関係者が活用する統一的な方法を定める規格

⑤ 市場適合性を有している場合の内容

⑥ 市場適合性を明らかにする根拠、理由等（定量的なデータ等） ※⑤で「国際標準をJIS化するもの」とした場合は記入不要

コード等一覧

産業標準化の利点があると認める場合

- ア. 品質の改善若しくは明確化、生産性の向上又は産業の合理化に寄与する。
- イ. 取引の単純公正化又は使用若しくは消費の合理化に寄与する。
- ウ. 相互理解の促進、互換性の確保に寄与する。
- エ. 効率的な産業活動又は研究開発活動の基盤形成に特に寄与する。
- オ. 技術の普及発達又は国際産業競争力強化に寄与する。
- カ. 消費者保護、環境保全、安全確保、高齢者福祉その他社会的ニーズの充足に寄与する。
- キ. 国際貿易の円滑化又は国際協力の促進に寄与する。
- ク. 中小企業の振興に寄与する。
- ケ. 基準認証分野等における規制緩和の推進に寄与する。
- コ. その他、部会又は専門委員会が認める工業標準化の利点

産業標準化の欠点があると認める場合

- ア. 著しく用途が限定されるもの又は著しく限られた関係者間で生産若しくは取引されるものに係るものである。
- イ. 技術の陳腐化、代替技術の開発、需要構造の変化等によってその利用が縮小しているか、又はその縮小が見込まれる。
- ウ. 標準化すべき内容及び目的に照らし、必要十分な規定内容を含んでいない。また、含んでいる場合であっても、その規定内容が現在の知見からみて妥当な水準となっていない。
- エ. 当該案の内容及び既存のJISとの間で著しい重複又は矛盾がある。
- オ. 対応する国際規格が存在する場合又はその仕上がりが目前である場合であって、当該国際規格等との整合化について、適切な考慮が行われていない。
- カ. 対応する国際規格が存在しない場合、当該JISの制定又は改正の輸入への悪影響について、適切な考慮が行われていない。
- キ. 原案中に特許権等を含む場合であって、特許権者等による非差別的かつ合理的条件での実施許諾を得ることが明らかに困難である。
- ク. 原案が海外規格(ISO及びIECが制定した国際規格を除く)その他他者の著作物を基礎とした場合、著作権に関する著作権者との調整が行われていない。
- ケ. 技術が未成熟等の理由で、JISとすることが新たな技術開発を著しく阻害する恐れがある。
- コ. 強制法規技術基準・公共調達基準との関係について、適切な考慮が行われていない。
- サ. 工業標準化法の趣旨に反すると認められるとき。

国が主体的に取り組む分野に該当する場合

1. 基礎的・基盤的な分野
2. 消費者保護の観点から必要な分野
3. 強制法規技術基準、公共調達基準等に引用される規格
4. 国の関与する標準化戦略等に基づき国際規格提案を目的としている規格

市場適合性を有している場合

1. 国際標準をJIS化するなどの場合
2. 関連する生産統計等によって、市場におけるニーズが確認できる場合、又は将来において新たな市場獲得が予想される場合
3. 民間における第三者認証制度に活用されることが明らかな場合
4. 各グループ [生産者等及び使用・消費者又はグループを特定しにくいJIS(単位、用語、製図、基本的試験方法等)にあっては中立者] の利便性の向上が図られる場合

目 次

ページ

序文	1
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	2
4 記号及び硬さの表示	2
4.1 記号及び内容	2
4.2 硬さの表示	2
5 原理	3
6 試験装置	4
6.1 試験機	4
6.2 圧子	4
6.3 くぼみ測定装置	4
7 試験片	4
7.1 試験面	4
7.2 前処理	5
7.3 厚さ	5
7.4 不安定な試験片の支持	5
8 試験方法	5
8.1 試験温度	5
8.2 試験力	5
8.3 定期点検	6
8.4 試験片の支持	6
8.5 試験面の顕微鏡焦点	6
8.6 試験力の付与	6
8.7 衝撃及び振動の影響防止	7
8.8 隣接するくぼみ間の最小距離	7
8.9 対角線長さの測定	7
8.10 硬さ値の計算	8
8.11 金属皮膜及びその他無機皮膜の硬さ試験方法	8
9 測定結果の不確かさ	8
10 試験報告書	8
附属書 A (規定) 使用者による試験機, くぼみ測定装置及び圧子の定期点検	10
附属書 B (参考) 硬さ値測定の不確かさ	12
附属書 C (参考) ヌープ硬さ測定のトレーサビリティ	18
附属書 D (参考) CCM-硬さワーキンググループ	22

附属書 E（参考）ケーラー照明システムの調整 23

附属書 F（規定）金属皮膜及びその他無機皮膜のヌープ硬さの決定 24

附属書 JA（参考）JIS と対応国際規格との対比表 29

JIS DRAFT 2024/07/24

まえがき

この規格は、産業標準化法第 16 条において準用する同法第 14 条第 1 項の規定に基づき、認定産業標準作成機関である一般社団法人日本鉄鋼連盟（JISF）から、産業標準の案を添えて日本産業規格を改正すべきとの申出があり、経済産業大臣が改正した日本産業規格である。これによって、JIS Z 2251-1:2020 は改正され、この規格に置き換えられた。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

JIS Z 2251 規格群（ヌープ硬さ試験）は、次に示す部で構成する。

JIS Z 2251-1 第 1 部：試験方法

JIS Z 2251-2 第 2 部：硬さ値表

ヌープ硬さ試験—第 1 部：試験方法

Knoop hardness test—Part 1: Test method

序文

この規格は、2023 年に第 3 版として発行された ISO 4545-1 を基とし、技術的内容を変更して作成した日本産業規格である。

なお、この規格で側線又は点線の下線を施してある箇所は、対応国際規格を変更している事項である。技術的差異の一覧表にその説明を付けて、附属書 JA に示す。

1 適用範囲

この規格は、試験力範囲が 0.009 807 N～19.613 N の金属材料のヌープ硬さ試験方法について規定する。

この規格で規定するヌープ硬さ試験は、くぼみの対角線長さ 0.020 mm 以上に適用する。

本規格で規定されるヌープ硬さは、電着皮膜、無電解皮膜、溶射皮膜、及びアルミニウムの陽極酸化皮膜を含む金属皮膜及びその他無機皮膜に対しても適用することが可能である。

皮膜の状態（平滑性、厚さなど）によって、くぼみの対角線を正確に読み取ることが可能である場合、この規格を皮膜表面の垂直方向の測定及び断面の測定に適用することが可能である。皮膜表面を垂直に測定する場合、この規格を 0.007 mm 以上の厚さの皮膜に適用する。皮膜断面を測定する場合、この規格を 0.020 mm 以上の厚さの皮膜に適用する。より小さなくぼみから硬さを判定するために、ISO 14577-1 を用いることが可能である。

この規格は、使用する試験機の使用者による定期的な点検方法についても規定している。

注記 1 くぼみの対角線長さが 0.020 mm 未満の試験では、測定の不確かさが大きくなるおそれがある。

注記 2 この規格の対応国際規格及びその対応の程度を表す記号を、次に示す。

ISO 4545-1:2023, Metallic materials—Knoop hardness test—Part 1: Test method (MOD)

なお、対応の程度を表す記号“MOD”は、ISO/IEC Guide 21-1 に基づき、“修正している”ことを示す。

2 引用規格

次に掲げる引用規格は、この規格に引用されることによって、その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS B 7734 ヌープ硬さ試験—試験機の検証及び校正

JIS G 0202 鉄鋼用語（試験）

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、JIS G 0202による。

4 記号及び硬さの表示

4.1 記号及び内容

記号及びその内容は、表 1、図 1 及び図 2 による。

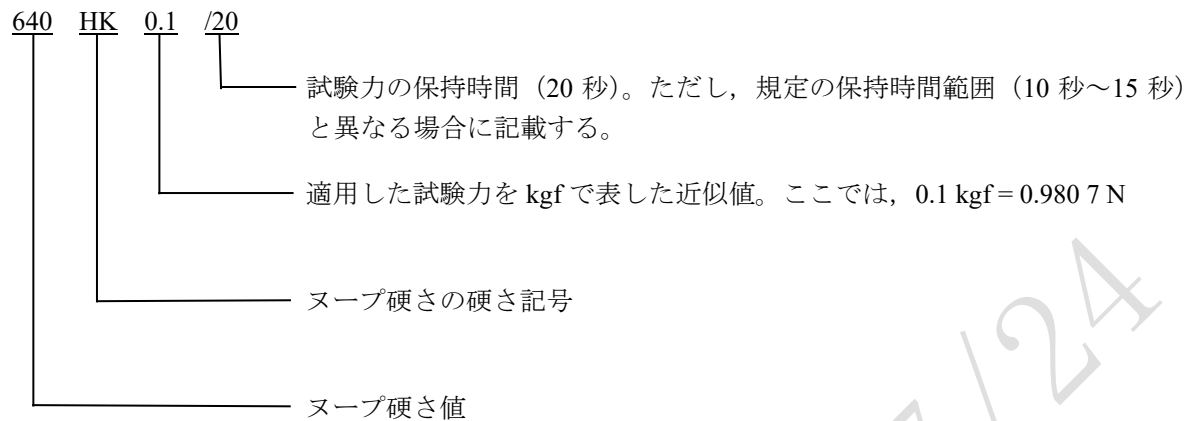
表 1—記号及びその内容

記号	内容
F	試験力 (N)
d	くぼみの長い方の対角線長さ (mm)
d_s	くぼみの短い方の対角線長さ (mm)
α	ダイヤモンド四角すい圧子頂点のくぼみ対角線の長い方の対りょう角 (呼称角度 172.5°) (図 1 参照)
β	ダイヤモンド四角すい圧子頂点のくぼみ対角線の短い方の対りょう角 (呼称角度 130°) (図 1 参照)
V	測定装置の拡大率
c	くぼみの投影面積と長い方の対角線長さの二乗との関係である, 圧子定数 $c = \frac{\tan \frac{\beta}{2}}{2 \tan \frac{\alpha}{2}} \approx 0.070\,28$
HK	ヌープ硬さの硬さ記号 ヌープ硬さ $= \frac{\text{試験力 (kgf)}}{\text{くぼみの投影面積 (mm}^2\text{)}}$ $= \frac{1}{g_n} \times \frac{\text{試験力 (N)}}{\text{くぼみの投影面積 (mm}^2\text{)}}$ $= \frac{1}{g_n} \times \frac{F}{cd^2}$ 呼称圧子定数 $c \approx 0.070\,28$ 標準重力加速度 $g_n = 9.806\,65\text{ m/s}^2$ ヌープ硬さ $\approx 1.451 \times \frac{F}{d^2}$ 不確かさを少なくするため、圧子の実角度 α 及び β を用いてヌープ硬さを計算することが可能である。 注記 標準重力加速度は、kgf から N への換算係数である。

4.2 硬さの表示

ヌープ硬さは、次の例のように表示する。

例



5 原理

対りょう（稜）角（ α 及び β ）が 172.5° 及び 130° で、底面がひし形（菱形）のダイヤモンド圧子を、試験片の表面に押し込み、その試験力 F を解除した後、表面に残ったくぼみの長い方の対角線長さ d を測定する（図 1 及び図 2 参照）。

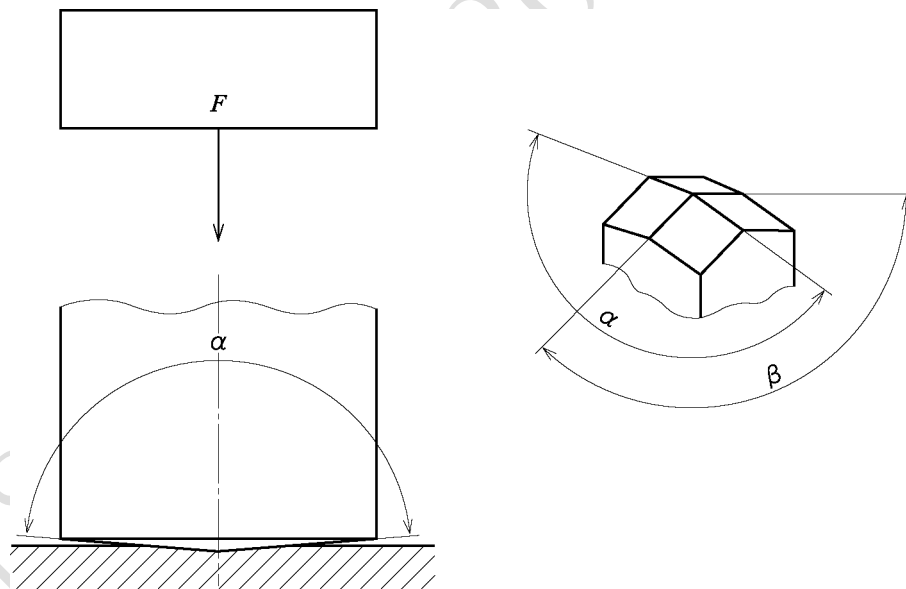


図 1－試験の原理及び圧子の形状

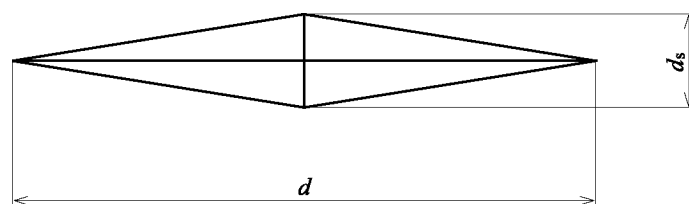


図 2－ヌープくぼみ

ヌーブ硬さは、試験力を、底面がひし形で頂点の対りょう角が圧子と同じと仮定したくぼみの投影面積で除して得られる値に比例する。

注記 この規格は、適用可能な場合には、国際度量衡委員会（CIPM）の質量関連量諮問委員会（CCM）の枠組みの下で、硬さワーキンググループ（CCM-WGH）が定めた硬さ試験パラメータを採用した（**附属書 D** 参照）。

6 試験装置

6.1 試験機

試験機は、**JIS B 7734**に従って、所定の試験力又は規定された範囲の試験力を付与できなければならない。

6.2 圧子

圧子は、**JIS B 7734**に規定された底面がひし形の四角すい形状のダイヤモンドでなければならない。

6.3 くぼみ測定装置

くぼみ測定装置は、**JIS B 7734**の規定を満たさなければならない。

顕微鏡の倍率は、くぼみの対角線が最大視野の 25 %を超え、75 %未満に拡大可能なように設定することが望ましい。多くの対物レンズは、視野の端部においてゆがみが生じるからである。

注記 測定にカメラを用いるくぼみ測定装置が光学系視野限界の領域を考慮して設計されている場合は、カメラの視野の 100 %を用いることが可能である。

くぼみ測定装置に要求される分解能は、測定する最も小さいくぼみによって決まり、**表 2**による。測定装置の分解能を決定するには、光学顕微鏡の分解能、スケールのデジタル分解能及び全ての可動支持台の刻み幅を該当する場合に応じて考慮することが望ましい。

表 2—測定装置の分解能 ^{a)}

くぼみの対角線 d mm	測定装置の分解能
$0.020 \leq d < 0.080$	0.000 4 mm
$0.080 \leq d$	d の 0.5 %
注 ^{a)} 対角線長さ 0.020 mm 未満のくぼみを測定する場合の分解能は、受渡当事者間の協定による。	

7 試験片

7.1 試験面

試験面は、特に材料規格で規定がない限り、平滑で、酸化物膜（スケール）及び異物がなく、潤滑油を除去した状態とし、表面は、くぼみの対角線長さを正確に測定可能なように仕上げる。

7.2 前処理

試験片の前処理は、試験面の損傷、過熱、冷間加工などによる表面硬さの変化ができるだけ生じないような方法で行わなければならない。

ヌーブ硬さのくぼみは浅いので、試験片の仕上げには、特に注意する。測定する材料の特性に適した研磨、又は電解研磨方法を用いるのがよい。

7.3 厚さ

測定を行う試験片又は試験対象層の厚さは、くぼみの長い方の対角線長さの少なくとも $1/3$ 以上とする。試験後の試験片の裏面には、変形が認められてはならない。

注記 くぼみの深さは、長い方の対角線長さのおよそ $1/30$ ($0.033d$) である。

7.4 不安定な試験片の支持

断面が小さいとき又は不規則な形のときには、試験片に試験力が加えられている間、試験片が動かないように専用支持台を用いるか、又はマイクロ組織試験と同様に適切な素材に埋め込み、適切に支持することが望ましい。

注記 試験片を樹脂に埋め込む場合には、樹脂の硬化に伴う発熱、プレス成形の際の圧力、温度などが試験片の硬さに影響することがある。

8 試験方法

8.1 試験温度

試験温度は、通常、 10°C ～ 35°C の範囲内とする。この範囲以外で試験した場合は、試験報告書に記載しなければならない。厳格な管理条件下で試験を行う場合には、 $(23\pm5)^{\circ}\text{C}$ で行う。

8.2 試験力

試験力の代表値を表 3 に示す。他の試験力を適用してもよい。受渡当事者間の協定がない限り、長い方の対角線が 0.020 mm より長くなる試験力を選択しなければならない。

表 3—試験力の代表値

硬さ記号	試験力 F	
	N	kgf ^{a)} で表した近似値
HK 0.001	0.009 807	0.001
HK 0.002	0.019 61	0.002
HK 0.005	0.049 03	0.005
HK 0.01	0.098 07	0.010
HK 0.02	0.196 1	0.020
HK 0.025	0.245 2	0.025
HK 0.05	0.490 3	0.050
HK 0.1	0.980 7	0.100
HK 0.2	1.961	0.200
HK 0.3	2.942	0.300
HK 0.5	4.903	0.500
HK 1	9.807	1.000
HK 2	19.613	2.000
注 a) SI 単位ではない。		

8.3 定期点検

どの試験力に対しても試験を行う前の 1 週間以内に**附属書 A** による定期点検を実施する。ただし、試験日に実施することが望ましい。試験力を変更した場合には、定期点検を実施することが望ましい。圧子を交換したときには、定期点検を実施しなければならない。

8.4 試験片の支持

試験片は、堅固な支持台の上に載せ、支持台の表面は、異物（スケール、油、汚れなど）のない状態にしておく。試験片は、試験中に試験結果に影響するずれが起こらないように、支持台上にしっかり固定しておくことが重要である。

8.5 試験面の顕微鏡焦点

試験面及び目的の試験位置が観察可能なように、くぼみ測定装置の顕微鏡の焦点を合わせる。

注記 顕微鏡の焦点を試験面に合わせる必要が不要な試験機もある。

8.6 試験力の付与

圧子を試験面に接触させた後、試験面に対して垂直の方向に試験力を加える。そのとき、衝撃、振動又は過負荷のないようにして、規定の試験力に到達させる。規定の試験力に到達するまでの所要時間は、 7^{+1}_{-5} 秒とする。

注記 1 時間の許容幅は、非対称となっている。例えば、 7^{+1}_{-5} 秒は、7 秒が公称時間で、2 秒（7 秒－5 秒と計算する。）以上、8 秒（7 秒＋1 秒と計算する。）以下が許容範囲である。

圧子の押込み速度は、70 $\mu\text{m/s}$ 以下とする。

試験力の保持時間は、 14^{+1}_{-4} 秒とする。ただし、保持時間に依存して硬さに変化する材料で、この範囲が不適切なものを除く。この規定時間の範囲を外れる試験の場合は、保持時間を、硬さの表示に明記しなけ

ればならない (4.2 参照)。

注記 2 ひずみ速度に敏感で、それによって耐力値が変化する材料がある。押し込み終了時に、この効果で硬さ値が変化する可能性がある。

8.7 衝撃及び振動の影響防止

試験中、試験機は、衝撃及び振動を受けないようにする。

8.8 隣接するくぼみ間の最小距離

くぼみの中心間の距離及びくぼみの中心から試験片の縁までの距離の最小値は、図 3 による。

試験片の縁と試験片の縁に平行なくぼみの中心の間の最小距離は、くぼみの短い方の対角線長さの少なくとも 3.5 倍でなければならない。試験片の縁と試験片の縁に直角なくぼみの中心との間の最小距離は、くぼみの長い方の対角線長さの少なくとも 1 倍でなければならない。

短い方の対角線方向に並んだ隣り合うくぼみの中心間の距離は、短い方の対角線の少なくとも 3.5 倍でなければならない。長い方の対角線方向に並んだ隣り合うくぼみの中心間の距離は、長い方の対角線の少なくとも 2 倍でなければならない。二つのくぼみの大きさが異なる場合には、くぼみの長い方の対角線を基準とする。

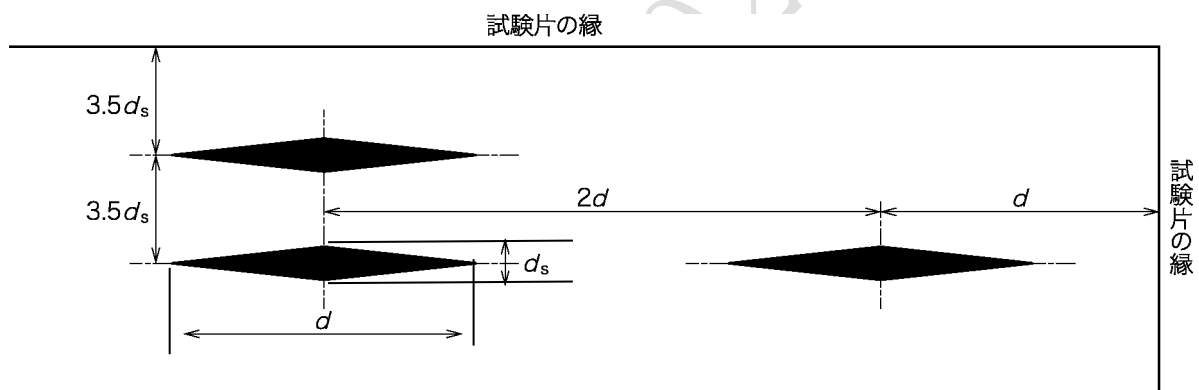


図 3—ヌープくぼみの最小間隔

8.9 対角線長さの測定

くぼみの長い方の対角線の長さを測定して、その値から、ヌープ硬さを計算する。全ての試験において、くぼみの外側の境界は、顕微鏡の視野の中で明瞭な輪郭とならなければならない。

顕微鏡の倍率は、対角線長さが視野の 25 %を超え、75 %未満になるようにするのがよい (6.3 参照)。

注記 1 通常、試験力が小さくなると、測定結果のばらつきが大きくなる。長い方の対角線長さの測定精度は、 $\pm 0.001 \text{ mm}$ よりよくなることはない。

注記 2 ケーラー照明を用いた光学システムの調整に関わる有用な技術は、附属書 E 参照。

くぼみ形状が対称でない場合は、長い方の対角線を短い方の対角線との交点で 2 分割し、分割された長さの差が長い方の 5 %を超える場合には、支持台の面と試験片の測定面との平行を点検し、最終的には、試験片に対する圧子のアラインメントを点検する。差が 5 %を超えている試験結果は、採用しないことが

望ましい。

8.10 硬さ値の計算

硬さ値は、表 1 の式によって求める。JIS Z 2251-2 の表を用いて求めることも可能である。

8.11 金属皮膜及びその他無機皮膜の硬さ試験方法

金属皮膜及びその他無機皮膜のヌーブ硬さ試験を行う場合は、追加の手順及び要求事項を規定した附属書 F、皮膜に関する規格又は受渡当事者間の協定のいずれかによる。

9 測定結果の不確かさ

不確かさの完全な評価は、JCGM 100:2008 に従って行うことが望ましい。

要因のタイプには関係なく、硬さの不確かさの評価は、次の二つの方法によって行うことが可能である。

- 一つは、直接検証に関わる全ての要因の評価を基にする方法である。EURAMET ガイドラインが、利用可能である。
- もう一つは、硬さ基準片〔認証標準物質（CRM）〕を使用した間接検証を基にする方法である。附属書 B にガイドラインを示す。

不確かさに対する全ての寄与を定量化することは、必ずしも可能ではないかもしれない。このようなときには、試験片に繰り返して付けたくぼみの統計解析によって、タイプ A の標準不確かさが評価可能なこともある。タイプ A 及びタイプ B の標準不確かさが集約された場合は、寄与を重複して評価しないように注意することが望ましい（JCGM 100:2008 の箇条 4 参照）。

注記 タイプ A 評価は、定義された測定条件下で得られる測定された量の値の統計解析による測定不確かさの成分の評価である。タイプ B 評価は、測定不確かさのタイプ A 評価以外の方法で決定される測定不確かさの成分の評価である（ISO/IEC Guide 99 参照）。

10 試験報告書

試験報告書は、必要な場合に提出する。試験報告書に次の項目を記載する。ただし、受渡当事者間の協定によって、次のうちから選択してもよい。

- a) この規格によって試験した旨の表示、すなわち、JIS Z 2251-1
- b) 試験片の識別に必要な全ての情報
- c) 試験日
- d) ヌーブ硬さの測定結果（HK すなわち、4.2 の様式で報告する。）
- e) この規格に規定されていない全ての作業、又は任意とみなされている全ての作業
- f) 結果に影響を及ぼした環境条件の詳細
- g) 試験の温度（8.1 に規定した範囲外の場合）
- h) 異なる硬さに換算した場合、その換算の基準及び方法についても報告する。

ヌーブ硬さを他の硬さ及び引張強さに正確に換算する一般的な方法はないので、そのような換算は、比較試験によって信頼可能な換算基準が得られない限り避けることが望ましい（ISO 18265 も参照）。

注記 硬さ値の厳密な比較は、同一の試験力を用いる場合にだけ可能である。

JIS DRAFT 2024/07/24

附属書 A (規定)

使用者による試験機、くぼみ測定装置及び圧子の定期点検

A.1 定期点検

定期点検に使用する圧子は、試験に使用するものを用いなければならない。硬さ基準片は、試験機での使用が想定される試験力及び想定される硬さレベルで、JIS B 7734に従って校正されたものを選択しなければならない。

定期点検を実施する前に、くぼみ測定装置については、校正された硬さ基準片の参照くぼみを使用して間接検証をしなければならない。測定した値と硬さ基準片の認証値との差異は、0.001 mm 又は 1.25 % の大きい方以内であることが望ましい。くぼみ測定装置がこの試験に合格しない場合は、2 番目の参照くぼみを測定してもよい。この 2 番目の試験にも合格しない場合は、くぼみ測定装置を調整又は修理し、JIS B 7734に従って直接検証及び間接検証することが望ましい。定期点検において、偏りが許容範囲を超えない場合は、参照くぼみの検証を省略してよい。

定期点検は、硬さ基準片の校正された面を用いて、少なくとも 2 点の硬さを測定しなければならない。くぼみは、硬さ基準片の表面上に均一に分散させなければならない。読取値に対して、偏りの百分率 b_{rel} の値がプラス方向、マイナス方向共に表 A.1 の許容値を超えなければ、試験機を合格とみなす。

偏りの百分率は、式(A.1)による。

$$b_{rel} = 100 \times \frac{\bar{H} - H_{CRM}}{H_{CRM}} \quad \text{..... (A.1)}$$

ここで、 $\bar{H}$: 次の式(A.2)によって求める平均硬さ値
 H_{CRM} : 硬さ基準片の認証硬さ値

$$\bar{H} = \frac{H_1 + \dots + H_n}{n} \quad \text{..... (A.2)}$$

ここで、 $H_1, \dots, H_n$: 個々の測定硬さ
 n : くぼみの数

試験機がこの試験に合格しない場合には、圧子及び試験機が正常に作動することを検証し、定期点検を繰り返す。試験機の定期点検で再度不合格が継続する場合には、JIS B 7734に従って間接検証を実施しなければならない。定期点検の結果の記録は、一定の期間保持し、再現性の測定及び試験機ドリフトの監視に使用することが望ましい。

表 A.1—HK の偏りの最大許容値

対角線の平均長さ $\bar{d}$ mm	試験機の HK 偏り (b_{rel}) の 最大許容百分率 ±%HK
$0.02 \leq \bar{d} < 0.06$	$0.24/\bar{d}$
$0.06 \leq \bar{d}$	4

注記 この規格で規定された試験機の性能に関する許容値は、長年をかけて開発され、見直された値である。試験機の特定の許容値を決める場合には、測定機器及び／又は硬さ基準片を用いることに

よる不確かさも含まれていることになる。それゆえ、この不確かさを更に考慮に入れる、例えば、硬さ測定の不確かさで測定の許容差を狭めることは、不適切である。このことは、試験機の定期点検を実施する際に、全ての測定に適用される。

A.2 圧子の点検

経験上、初期に合格した圧子でも、比較的短期間の使用で欠点が生じるものが見られる。これは、圧子表面の小さな割れ、くぼみ又はその他のきずが原因である。そのような不具合が見つかったときには、再研磨によって再生してもよい。そうでないと、表面の小さな欠点で、圧子を急激に劣化させ、使用できなくなる。したがって、次による。

- 試験機が使われる日ごとに、硬さ基準片のくぼみの状態を目視で確認して、圧子の状態を管理するのがよい。
- 圧子に欠点が見つかった場合、その時点でその圧子の点検は、不合格である。前回点検以降の試験値の有効性を確認するのがよい。
- 圧子の再研磨及び他の補修は、**JIS B 7734**を満足しなければならない。

附属書 B

(参考)

硬さ値測定の不確かさ

B.1 一般

測定の不確かさ分析は、誤差要因を特定し、試験結果の差を理解するのに役立つツールである。この附属書では、不確かさを見積もる指針を提供するが、顧客が具体的に指示しない限り、その方法は、参考扱いである。

ほとんどの製品規格には、長年をかけて得られた許容範囲がある。それらは、主に製品要求事項、そして一部は、硬さを測定するのに用いる試験機の性能に基づいている。それゆえ、これらの許容値には硬さの測定の不確かさによる寄与を包含しており、この不確かさを更に考慮に入れる、例えば、硬さの測定の不確かさで規定の許容差を狭めることは、不適切である。言い換えれば、製品規格において、硬さがある値以上又は以下と定められている場合、特に製品仕様で別に定められていなければ、単に計算された硬さ値がこの要求事項を満たさなければならないと解釈されることが望ましい。しかしながら、測定不確かさを許容範囲から差し引くのが適切であるような特別の状況がある可能性があるが、これは、当事者間による協定に限定して行われることが望ましい。

この附属書では、不確かさの決定方法は、硬さ基準片（CRM）に関する試験機の総合的な性能に関連する不確かさだけを扱っている。この性能の不確かさは、要素ごとの不確かさ（間接検証）を全て統合した結果である。このような手順であるため、個々の試験機の構成部品をそれぞれの許容範囲内で使用することが大切である。この手順は、直接検証に合格してから最長 1 年の間に適用することを強く推奨する。

附属書 C では、硬さ基準を定義し、普及させるために必要な校正の連鎖の 4 階層のレベルを示している。それは、国際的に相互比較するために、様々な硬さ基準の国際的定義を用いた国際レベルを頂点としている。国家レベルの一次硬さ標準試験機によって、校正レベルの一次硬さ基準片が作られる。当然、その試験機の直接校正及び直接検証は、達成可能な最高精度であることが望ましい。

B.2 一般的な手順

計算は、表 B.1 に示す各項の二乗和の平方根（RSS）によって合成不確かさ u_H を求める。拡張不確かさ U は、 u_H に包含係数 $k=2$ を乗じて求める。表 B.1 に全ての記号及び内容を示している。

次の値の差から求める試験機の偏り b （誤差ともいう。）は、不確かさを決定するために、様々な方法を適用することが可能である（JIS B 7734 参照）。

- 用いた硬さ基準片の認証校正值
- 試験機の校正時に上記の硬さ基準片に打った 5 点のくぼみから求めた硬さの平均値

硬さ測定の不確かさ決定には、二つの方法が用いられる。

- 方法 M1 は、異なる二つの方法で試験機の体系的な偏りが説明される。一つは、体系的な偏りから不確かさの寄与を算術的に加算する方法で、もう一つは、体系的な偏りを補完するために測定結果を補正する方法である。
- 方法 M2 は、体系的な偏りの大きさを考慮する必要がない不確かさを決定する方法である。

硬さの不確かさに関わる追加情報は、参考文献に示す。

注記 1 ドリフトは、前回校正からそれほど大きくないと仮定されるので、ここで示す不確かさを求める計算手順では、前回校正後の試験機性能上起こり得るドリフトは、考慮に入れていない。したがって、ここで示した分析は、多くの場合、試験機の校正直後に実施され、その結果が試験機の校正証明に記載されている。

注記 2 この附属書では、CRM という略称は、認証標準物質を表している。硬さ試験規格においては、認証標準物質とは、硬さ基準片、すなわち、認証値及び付随する不確かさの付いた基準片に相当する。

B.3 不確かさの計算手順：硬さ測定値

B.3.1 偏りを考慮した手順（方法 M1）

測定の不確かさを求める方法 M1 の手順を表 B.1 に示す。試験機の測定の偏り b は、体系的な影響因子となり得る。JCGM 100:2008 では、補正は、体系的な影響因子を補完するために用い、これを M1 の基礎とするのが望ましいとしている。この方法を適用すると、全ての測定された硬さ値 x を b だけ小さくするか、又は拡張不確かさ U を b だけ大きくするといういずれかの結果になる。 U_{M1} を決定する手順を表 B.1 に示す。

一つの硬さ測定値 x に対する複合拡張測定不確かさは、式(B.1)による。

$$U_{M1} = k \times \sqrt{u_H^2 + 2 \times u_{ms}^2 + u_{HTM}^2} \dots \dots \dots (B.1)$$

ここで、
 u_H : 試験機の測定繰り返し性の不足による測定不確かさ。
 u_{ms} : 試験機の分解能による測定不確かさ。これには、長さ測定器の分解能及び測定顕微鏡の分解能の両方を考慮しなければならない。多くの場合、測定装置全体の分解能による不確かさは、対角線の両端を確認するため、 U_{M1} を計算するときに 2 回取り込むのがよい。
 u_{HTM} : 試験機がもっている測定の偏り b の不確かさ（この値は、JIS B 7734 で定められた間接検証の結果として報告される。）による測定不確かさで、次の式(B.2)によって求める。

$$u_{HTM} = \sqrt{u_{CRM}^2 + u_{HCRM}^2 + 2 \times u_{ms}^2} \dots \dots \dots (B.2)$$

ここで、
 u_{CRM} : $k=1$ に対する校正証明書による CRM の認証値の校正不確かさに起因した測定不確かさの寄与。
 u_{HCRM} : 次の 2 要素を複合した測定不確かさへの寄与。一つは、試験機の測定繰り返し性の不足によるもの。もう一つは、CRM の硬さ不均一性によるもので、CRM を測定したときの硬さ測定値の平均に対する標準偏差として計算される。
 u_{ms} : CRM を測定するときの試験機の分解能に起因する測定不確かさへの寄与。

測定の結果は、二つの方法で報告される。

— X_{cor} : 測定値 x を次の式(B.3)に従って、測定の偏り b によって補正した値。

$$X_{\text{corr}} = (x - b) \pm U_{\text{M1}} \cdots \cdots \cdots \text{(B.3)}$$

- － X_{ucorr} ：測定値 x を測定偏り b によって補正せず、式(B.4)に従って、拡張不確かさ U に偏りの絶対値を加えた値。

$$X_{\text{ucorr}} = x \pm (U_{\text{M1}} + |b|) \cdots \cdots \cdots \text{(B.4)}$$

方法 M1 を適用する場合には、採用した b 値に関連する不確かさの関与を RSS の項に加えるのが適切である。これは、次のようなケースがある。

- － 測定された硬さが、試験機を校正したときに用いた CRM の硬さレベルと明らかに異なっているとき。
- － 試験機の偏りが、校正範囲で明らかに変化しているとき。
- － 測定する素材が試験機の校正時に使用した硬さ基準片の素材と異なっているとき。
- － 試験機の日々の性能（再現性）が明らかに変化しているとき。

測定不確かさに追加するこれらの寄与の計算については、ここでは述べていない。全ての状況で、 b と関連付ける不確かさの評価に対しては、ロバスト法を用いなければならない。

B.3.2 偏りを用いない方法（方法 M2）

方法 M1 の代替法として、ある場合において方法 M2 を用いることが可能である。当該試験機の偏りが最大許容偏差（JIS B.7734 参照）に適合していることを確かめる際に、偏り b 値だけではなく、 $|b| + U_{\text{HTM}}$ を用いて、JIS B.7734 に従った間接検証に合格した場合に、方法 M2 が有効となる。方法 M2 では、最大許容偏り b_E （試験機の読み値が硬さ基準片と異なることが許容された正の値）は、JIS B.7734 の表 5（繰返し性 r_{rel} の許容値）に規定されており、不確かさの一要素 u_E を定めるために用いられる。偏りの許容値に対して硬さ値の補正は、ない。 U_{M2} を決定する手順を表 B.1 に示す。

一つの硬さ測定に対する複合拡張測定不確かさは、式(B.5)による。

$$U_{\text{M2}} = k \times \sqrt{u_{\text{H}}^2 + 2 \times u_{\text{ms}}^2 + u_{\text{E}}^2} \cdots \cdots \cdots \text{(B.5)}$$

ここで、

- u_{H} ：試験機の測定繰返し性不足による測定不確かさ。
- u_{ms} ：試験機の分解能による測定不確かさ。これには、長さ測定器の分解能及び測定顕微鏡の分解能の両方を考慮しなければならない。多くの場合、測定装置全体の分解能による不確かさは、対角線の両端を確認するため、 U_{M2} を計算するときに 2 回取り込むのがよい。
- u_{E} ：偏りの最大許容偏差による測定不確かさ [く（矩）形分布]（表 B.1 参照）。ここで、 b_E は、JIS B.7734 で規定される繰返し性 r_{rel} の許容値である。

測定の結果は、次の式(B.6)によって求める。

$$X = x \pm U_{\text{M2}} \cdots \cdots \cdots \text{(B.6)}$$

B.4 測定結果の表現の例

一台の試験機で、一つの試験片に対してヌーブ硬さを 1 点測定する。

硬さ測定値 x : $x = 810 \text{ HK 1}$

対角線長さ d : $d = 0.132 5 \text{ mm}$

対角線長さ測定装置の分解能は、式(B.7)によって求める。

$$\delta_{\text{ms}} = \sqrt{\delta_{\text{OR}}^2 + \delta_{\text{IR}}^2} \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

$$\delta_{\text{ms}} = 0.000 51 \text{ mm}$$

ここで、

δ_{ms} : 対角線長さ測定装置の分解能

δ_{OR} : 顕微鏡対物レンズの光学分解能で、 $0.000 5 \text{ mm}$

δ_{IR} : 測定装置の表示の分解能で、 $0.000 1 \text{ mm}$

前回の試験機の間接検証では、 $\bar{H}_{\text{CRM}} = 802.7 \text{ HK 1}$ の CRM を用いて、偏りの不確かさ U_{HTM} と偏り b とを測定した。この CRM は、間接検証に用いる硬さ基準片の中で試験片の硬さに最も近いものであった。

試験機の測定偏り b : $b = 1.0 \text{ HK 1}$

試験機の測定偏りの不確かさ U_{HTM} : $U_{\text{HTM}} = 12.7 \text{ HK 1}$

試験機の測定繰り返し性不足を測定するために、試験所で試験片と同じくらいの硬さの CRM を HK 1 で 5 点測定した。試験片の不均一性の影響を減らすために、要求事項を満たしながら、隣り合った点で 5 点 H_i 測定した。

測定値の 5 点, $H_i = 806.5 \text{ HK 1}, 803.0 \text{ HK 1}, 800.9 \text{ HK 1}, 803.4 \text{ HK 1}, 797.5 \text{ HK 1}$

測定値の平均 $\bar{H}$: $\bar{H} = 802.3 \text{ HK 1}$

測定値の標準偏差 s_H : $s_H = 3.3 \text{ HK 1}$

JIS B 7734 に基づいた前回の間接検証の測定値による s_H の値を上記の繰り返し性に代えてもよい。しかし、この標準偏差は、CRM の不均一性も含んでいるので、通常、測定繰り返し不確かさ不足の影響を過大評価している。

例えば、

$$|b| + U_{\text{HTM}} = 1.0 + 12.7 = 13.7 \text{ HK 1}$$

$$b_E = 810 \text{ HK 1 の } 4\% = 32.4 \text{ HK 1}$$

試験機の偏り及び偏りを決定するときの拡張不確かさの合計 $(|b| + U_{\text{HTM}})$ は、偏りの最大許容値 b_E の範囲内なので、方法 M1 又は方法 M2 のいずれかを用いてよい。

表 B.1－方法 M1 及び方法 M2 による拡張不確かさの決定

段階	不確かさの要素	記号	式	説明／出典，証明など	例
1 M1, M2	測定値	x	—	—	$x = 810 \text{ HK 1}$
2 M1	偏り値 b 及び間接検証から得られた試験機の偏りの不確かさ U_{HTM}	b U_{HTM} u_{HTM}	$u_{\text{HTM}} = \frac{U_{\text{HTM}}}{2}$	$\bar{H}_{\text{CRM}} = 802.7 \text{ HK 1}$ の CRM を用いた間接検証に従った b 及び U_{HTM} (注記 1 参照)	$b = 1.0 \text{ HK 1}$ $U_{\text{HTM}} = 12.7 \text{ HK 1}$ $u_{\text{HTM}} = \frac{12.7}{2} = 6.35 \text{ HK 1}$
3 M2	偏りの最大許容偏差	b_E	$b_E = \text{許容偏りの正の最大値}$	JIS B 7734 の表 5 による許容偏り	$b_E = 4 \%$ $b_E = \frac{4 \times 810}{100} = 32.4 \text{ HK 1}$
4 M2	偏りの最大許容偏差に起因した測定不確かさ	u_E	$u_E = b_E / \sqrt{3}$	く形分布	$u_E = \frac{32.4}{\sqrt{3}} = 18.7 \text{ HK 1}$
5 M1, M2	繰返し性測定の標準偏差	s_H	$s_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}$	試験片と類似した硬さの CRM を試験所で 5 点測定する	$s_H = 3.3 \text{ HK 1}$
6 M1, M2	繰返し性に起因する測定不確かさ	u_H	$u_H = t \times s_H$	$n = 5$ に対して $t = 1.14$ (JCGM 100:2008 参照)	$u_H = 1.14 \times 3.3 = 3.8 \text{ HK 1}$
7 M1, M2	硬さ値表示の分解能による標準不確かさ	u_{ms}	$u_{\text{ms}} = -\frac{2x}{d} \times \frac{\delta_{\text{ms}}}{2\sqrt{3}}$	$\delta_{\text{ms}} = 0.000 51 \text{ mm}$ $x = 810 \text{ HK 1}$ $d = 0.133 \text{ mm}$ (注記 2 参照)	$u_{\text{ms}} = -\frac{2 \times 810.0}{0.133} \times \frac{0.000 51}{2 \times \sqrt{3}} = -1.80 \text{ HK 1}$
8 M1	拡張不確かさの決定	U_{M1}	$U_{\text{M1}} = k \times \sqrt{u_H^2 + 2 \times u_{\text{ms}}^2 + u_{\text{HTM}}^2}$	段階 2, 6 及び 7 $k = 2$	$U_{\text{M1}} = 15.6 \text{ HK 1}$ $x = 810 \text{ HK 1}$
9 M1	修正硬さを用いた場合の測定値	X_{corr}	$X_{\text{corr}} = (x - b) \pm U_{\text{M1}}$	段階 1, 2 及び 8	$X_{\text{corr}} = (809 \pm 16) \text{ HK 1}$
10 M1	修正不確かさを用いた場合の測定値	X_{ucorr}	$X_{\text{ucorr}} = x \pm (U_{\text{M1}} + b)$	段階 1, 2 及び 8	$x = 810 \text{ HK 1}$ $X_{\text{ucorr}} = (810 \pm 17) \text{ HK 1}$
11 M2	拡張不確かさの決定	U_{M2}	$U_{\text{M2}} = k \times \sqrt{u_H^2 + 2 \times u_{\text{ms}}^2 + u_E^2}$	段階 4, 6 及び 7 $k = 2$	$U_{\text{M2}} = 38.5 \text{ HK 1}$ $x = 810 \text{ HK 1}$
12 M2	測定結果	X	$X = x \pm U_{\text{M2}}$	段階 1 及び 11	$X = (810 \pm 39) \text{ HK 1}$

表 B.1—方法 M1 及び方法 M2 による拡張不確かさの決定（続き）

JIS B.7734 による前回の間接検証の測定に基づいた s_H の値を用いることが可能である。しかし、この標準偏差は、CRM の不均一性を含んでいるので、通常、繰返し性不足による測定不確かさの影響を過大評価している。一つの試験片で測定した複数の硬さ値の平均を報告するときに段階 5 の s_H は、試験片で測定した複数の硬さ値の標準偏差を硬さ測定数の平方根で割った値に置き換えるのが望ましい。また、段階 6 の t 値が、 n 点の測定に対して適切であることが望ましい。（ $u_H = t \times s_H / \sqrt{n}$ ）計算された u_H も、試験片の不均一性を包含しているものとなる。

注記 1 $0.8b_E < b < 1.0b_E$ のときは、CRM と試験片との硬さの関係を検討することが可能である。

注記 2 感受性係数 $-2x/d$ は、mm 単位の対角線長さの不確かさを HK の不確かさに換算するための $\partial x / \partial d$ から得られる。

附属書 C

(参考)

ヌープ硬さ測定の特レーサビリティ

C.1 トレーサビリティの定義

ヌープ硬さ測定の特レーサビリティの連鎖は、長さ又は温度のような他の多くの測定量とは異なっている。これは、もともとヌープ硬さ測定などが、試験機を用いて、定められた試験手順に従って、試験中に力、長さ、時間などの異なる複数のパラメータを測定しているからである。これらの個々の測定値は、試験の他のパラメータと同様に、硬さの結果に影響を及ぼす。

国際計量計測用語（The International Vocabulary of Metrology/VIM3, 2012）では、計量計測特レーサビリティを次のように定義している。

計量計測特レーサビリティ 個々の校正が測定不確かさに寄与する、文書化された切れ目のない校正の連鎖を通じて、測定結果を計量参照に関連付けることが可能な測定結果の性質。

この定義によれば、測定結果が特レーサビリティをもつためには、二つの事柄が必要である。

- a) 測定の不確かさに寄与する切れ目のない校正の連鎖
- b) トレーサビリティが明らかな硬さ基準片

これらは、計量計測特レーサビリティ連鎖と定義される。

C.2 校正の連鎖

JIS B 7734 では、校正及び検証に要求される手順を規定して、この規格で使用するよい試験機であることを明らかにしている。校正手順には、使用する硬さ範囲の硬さ基準片の硬さ測定に加えて、試験力、圧子形状、くぼみ測定装置などの試験機の性能に影響する様々な要素の直接測定が規定されている。個々の校正測定には、試験機が検証に合格するために必要な許容差が規定されている。歴史的に試験機の構成部品の校正及び検証は、直接検証、また、硬さ基準片による試験機の校正及び検証は、間接検証と呼ばれてきた。

JIS B 7734 では、試験機の間接検証に用いられる硬さ基準片の校正に要求される手順、並びにこの硬さ基準片の校正に用いられる試験機の校正及び検証に要求される手順を規定している。試験機の測定特レーサビリティの条件となる“切れ目のない校正の連鎖”を考慮すると、試験の特レーサビリティは、直接検証又は間接検証のいずれかによって成立していることが明らかである。

直接検証では、試験機の個々の構成部品について、それぞれの測定が校正連鎖を経由して、国家計量標準機関（NMI）に認められた国際単位系（SI）に特レーサビリティをもつことが要求されている。この校正連鎖は、**図 C.1** の右側に示されている。総合的に、これらの校正連鎖は、試験機に対する潜在的な特レーサビリティ連鎖を形成している。

図 C.1 の左側では、国家レベル、校正レベル、使用者レベルなどの校正の階層としての各レベルにおける個別の校正連鎖によって特レーサビリティ連鎖の構成を図示している。また、硬さ基準片の校正及びそれに続く試験機の間接検証を含んでいる。一次（国家レベル）硬さ標準試験機で一次硬さ基準片を校正し、

これを用いて硬さ校正用試験機（校正レベル）を校正する。試験機（使用者レベル）を校正するために使用される硬さ基準片をこの試験機で校正する。

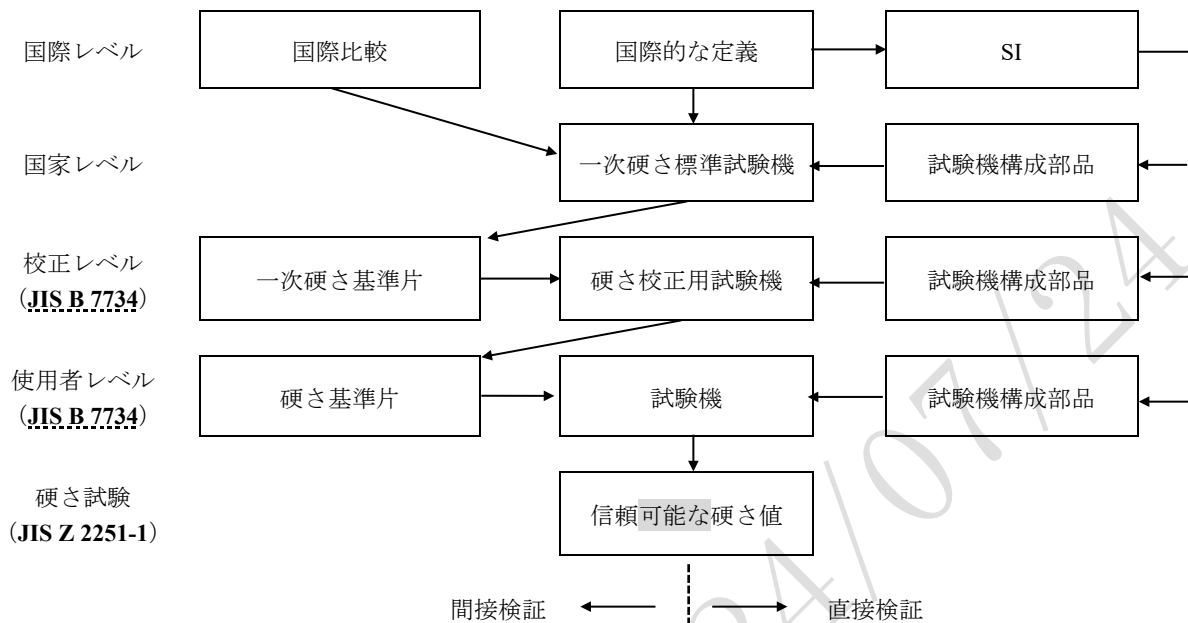


図 C.1—校正の連鎖

C.3 ヌープ硬さ基準

トレーサビリティ実現のためのもう一つ必要なものは、トレーサビリティが確立した硬さ基準片である。ヌープ硬さは、材料の基礎物性ではなく、定義された試験方法で求められる順序尺度量（ordinal quantity）である。理想的には、ヌープ硬さ測定に対する最上位の基準は、この測定方法の全ての試験パラメータを含めて国際的に合意された方法として定義することが望ましい。硬さのトレーサビリティは、この定義を試験所が完全に満たすか、又は定義を実際に具現することであり、その具現の正しさは、試験所の測定不確かさに反映され、国際比較によって確認される。国際的に合意された基準は、硬さの CCM 作業グループ（CCM-WGH）で開発され（**附属書 D** 参照）、ヌープ硬さを標準化した NMI によって示される。このとき、CCM-WGH は、ヌープ硬さの基準を示してはいない。最上位の基準は、通常、NMI が選択した試験の定義に基づいたヌープ硬さを示したものである。NMI がヌープ硬さの硬さ基準片を校正しない場合、国内レベルの最上位の基準は、校正レベルの試験所がヌープ硬さの基準を示すこととしてもよい。

C.4 実用上の問題点

図 C.1（左側及び右側）に示している校正連鎖のいずれかによって、理論的には適切なヌープ硬さ基準のトレーサビリティが提供可能である。しかし、両者に考慮しなければならない実上の問題がある。**図 C.1** の右側に示しているヌープ直接検証の連鎖では、硬さ測定値に影響する可能性がある全てのパラメータに対して、特定し、測定し、必要であれば補正するという事は極めて難しい。試験機が直接検証に合格したとしても、明らかに影響を及ぼすパラメータが一つでも管理できていない場合には、トレーサビリティとはみなさない。このことは、しばしば起こり、校正の下位の階層で更に問題となる。

図 C.1 の左側に示している間接検証の校正連鎖でも、考慮すべき問題が存在する。複数の構成部品からなる試験機を用いた場合、硬さ測定中に、測定に関わる一つの構成部品の誤差が他の構成部品の誤差によ

って補完されたり、相殺されたりする可能性がある。この場合、間接検証で試験した特定硬さレベルの材料に対しては、結果として正確な硬さ測定ができてしまうことがある。しかし、別の硬さレベル又は材料の試験では、誤差が拡大する可能性がある。試験機の個々の校正部品の誤差が大きく影響する場合には、トレーサビリティとはみなされないかもしれない。

C.5 ヌープ硬さ測定のトレーサビリティ

C.5.1 一般

C.4 のことから、ヌープ硬さ測定のトレーサビリティを実現するためには、一般的に、両方のトレーサビリティ連鎖が必要であると分かる。しかし、測定プロセスを念入りに調査し評価すれば、トレーサビリティは、二つの連鎖のうち、一方に基づくだけで実現の可能性がある。例えば、国家レベルにおいては、NMI の一次硬さ標準試験機のトレーサビリティは、更に上位の認められた硬さ基準片が存在しないので、直接検証によって実現される。NMI は、通常、所有する測定装置を徹底的に評価することができ、不確かさのレベルを他の NMI と国際的に比較可能であるので、この連鎖によるトレーサビリティが可能となる。一方で、何十年にも及ぶヌープ硬さ測定の経験から、校正の下位の階層に対しては、トレーサビリティを確保し、不確かさを求める上では、間接検証の連鎖が最も実用的とされている。しかし、試験機の個々の構成部品の定量数値も重要である。このトレーサビリティのスキームによって、工業的にヌープ硬さ測定が適切であると示されている。

C.5.2 校正レベルのトレーサビリティ

校正レベルのトレーサビリティは、国家レベルの NMI で校正された一次硬さ基準片を用いた間接検証の校正連鎖によって、最も適切に確立される。この連鎖は、測定不確かさを決定するのにも用いることが望ましい。しかし、同時に、構成部品を相殺する誤差が小さいことを確認するために、硬さ校正用試験機の各構成部品を頻繁に校正することが望ましい。硬さのトレーサビリティは、ヌープ硬さの CCM-WGH の定義を NMI が具現化することが望ましい。又は CCM-WGH の定義がない場合は、NMI が自らの定義を決めて実現することが望ましい。NMI が硬さ基準片を供給しないか、又は校正試験所との比較測定を実施しない場合、及び他の NMI の硬さ基準片を用いることが現実的でない場合、トレーサビリティが宣言された硬さ基準片には、この規格によって定義されたような国際的な試験方法に基づいたヌープ硬さを実現する校正試験所が必要となるかもしれない。この場合には、校正試験所の測定のトレーサビリティは、合意された硬さ基準片を用いた間接検証、又は相互比較によって確認された直接検証としてもよい。

C.5.3 使用者レベルのトレーサビリティ

使用者レベルの測定のトレーサビリティは、校正レベル又は国家レベルで校正された硬さ基準片を用いた間接検証の校正連鎖によって得るのが最適である。校正レベルのトレーサビリティと同様に、この方法は、最も実用的で、測定不確かさを決定するためにも用いられることが望ましい。試験機の構成部品を定期的に直接検証して、相殺された誤差が小さいことを確認することも要求されている。しかし、産業界では、通常、試験機を製造又は補修したときにだけ、このような測定をすることをこの規格で最低限の要求としてしている。

注記 この附属書で用いられている次の用語は、VIM3 に従っている。

- calibration : 校正
- calibration hierarchy : 校正の階層
- metrological traceability : 計量計測トレーサビリティ

- metrological traceability chain : 計量計測トレーサビリティ連鎖
- ordinal quantity : 順序尺度量
- verification : 検証

JIS DRAFT 2024/07/24

附属書 D

(参考)

CCM－硬さワーキンググループ

1999 年第 88 回国際度量衡委員会（CIPM）において、質量関連量諮問委員会（CCM）委員長は、“硬さの定義は、独自に選択した式を用いるという意味で、確かに慣用的なものである。しかし、その試験方法は、SI 単位によって表される物理的な数値の組合せで定義されている。硬さの基準は、ほとんどが国家計量標準機関（NMI）で確立され維持されており、その基準へのトレーサビリティは、産業界及びその他の業界から強く要求されている。”と述べた。引き続き議論で、硬さの基準は、相互承認協定（MRA）のために国際基幹比較データベース（KCDB）に含まれることが望ましいという結論になり、CCM の枠組みの中で、硬さワーキンググループ（CCM-WGH）が設立された。

CCM-WGH の設立によって、最上位の国家レベルにおける、測定の違いを少なくするための技術外交的な枠組みが提供された。この枠組みの中で、硬さに影響するパラメータについて検討し、NMI が用いる硬さ試験の国際的な定義を確立することが可能となった。国際的な合意が必要であるので、CCM-WGH は、硬さの適切な普及を着実にを行うために、**ISO/TC 164**（金属の機械試験）/**SC 3**（硬さ試験）との密接な連携を保っている。CCM-WGH での定義の最も意味ある改善点は、硬さ試験のパラメータが、この試験方法で規定されているような許容値ではなく、特定の値を規定したことである。可能な場合、この規格では、CCM-WGH が定めた硬さ試験のパラメータを適用している。

CCM-WGH の定義は、<https://www.bipm.org> で公開されている。

附属書 E

(参考)

ケーラー照明システムの調整

E.1 一般

光学系は、調整ができないように設定されているものと、軽微な調整が可能になっているものがある。分解能が最大となるように、次の調整をすると有効な場合がある。

E.2 ケーラー照明

画像を鮮明にするために、平面に研磨した試験片表面にピントを合わせる。

光源を中心に合わせる。

視野の中心と開口部の絞りの中心とをそろ（揃）える。

視野からちょうど消えるように絞りを開く。

接眼レンズを外し、対物レンズの後側の焦点面を観察する。全ての部品が定位置にあれば、光源及び絞りでピントは、鮮明になる。

最大解像力に対しては、解放絞りが望ましい。ぎらつきが過度な場合は、絞る。ただし、分解能が落ちて、回折現象によって測定に支障を来すおそれがあるので、開放の 3/4 より小さくしてはならない。

観察するのに光が強すぎる場合は、適切な減光フィルター又は抵抗器を使って強度を低減させる。

附属書 F (規定)

金属皮膜及びその他無機皮膜のヌープ硬さの決定

F.1 一般

この附属書は、この規格を金属皮膜及びその他無機皮膜のヌープ硬さの決定に適用する場合の追加の手順及び要求事項を規定する。通常、皮膜の硬さ測定においては、小さなくぼみが要求される。この規格の適用範囲よりも小さなくぼみを用いる硬さ試験の場合は、ISO 14577-1 及び ISO 14577-4 に適合して実施することが可能である。技術的に皮膜の硬さ試験においては、可能な限り最大のくぼみのサイズを選定することが望ましい。

F.2 試験片

F.2.1 表面粗さ

試験片の表面が粗い場合、くぼみの対角線長さの正確な測定が不可能な場合がある。このため、通常、HK 0.5 以下の試験力で皮膜断面は、測定される。試験片は、化学的に、電気化学的に、または、機械的に研磨してもよい。研磨を行う場合は、硬さ測定値を変化させるような局所的な熱又は加工硬化を最小限とするように実施する。

金属溶射皮膜のくぼみの測定は、金属溶射皮膜のその表面が粗いため、通常、断面に対して行う。断面を滑らかに研磨して測定を行うことが望ましい。試験面の表面粗さは、報告項目である。(F.4 参照。)加工硬化しやすい皮膜は、金属組織試験片の調整方法によって常にある程度影響を受けるため、この影響が最小になるように注意する必要がある。

表面粗さは、算術平均粗さ Ra 0.3 μm 未満が推奨される。 Ra について可能であれば最大押込み深さの 5 % 未満が望ましいが、最大押込み深さの 5 % 以上の場合、試験報告書に記載することが望ましい (F.4 参照)。

F.2.2 皮膜厚さ測定

硬さ試験の前に皮膜厚さを適切な方法、例えば ISO 1463 に規定されている顕微鏡観察方法を用いて測定する。皮膜厚さを試験報告書に記載する (F.4 参照)。

F.2.3 断面測定のための試験片

皮膜断面の試験では、測定表面を正しく設置し (F.3.2 参照)、くぼみの対角線の一辺が皮膜と基材の境界に直角となるような (F.3.4 参照) 場合に、皮膜の厚さは、測定に問題のないくぼみを生成するに十分な大きさでなければならない。試験片の皮膜厚さは、0.020 mm 以上でなければならない。ただし、受渡当事者間の協定によって 0.020 mm 未満の皮膜を測定してもよい。

断面方向の試験片に対して適切な方法、例えば ISO 1463 に規定されている顕微鏡観察方法を用いて、埋め込み、研磨及びエッチングを行う。加工硬化を最小とする (F.2.1 参照)。可能な限り、エッチングされた表面を試験することを避ける。

F.2.4 代用試験片 (test coupons)

代用試験は、実際の試験片の代用として特別に準備された同等の試験片である。適切な文書によって規

定されている場合、代用試験片を用いてもよい。また、製品が硬さ試験として適さない形状の場合、代用試験片を用いてもよい。試験片が製品と同一又は最も類似した製造方法によって作られた場合、代用試験は、有効である。めっき皮膜部品の場合、特に金めっきのような、めっき溶液の組成、そしてあらゆる電気めっきの変動要因に対して硬さが影響を受けやすい場合は、代用試験片を電解液の制御の有用な手段として用いてよい。

代用試験用の電気めっき条件、すなわち電流密度、温度、かくはん（攪拌）および溶液組成は、試験される製品の電気めっき条件にできるだけ近いものとする。

F.3 試験方法

F.3.1 試験温度

試験温度は、 (23 ± 5) °Cで実施する。この範囲以外で試験した場合は、試験報告書（F.4 参照）に記載しなければならない。

F.3.2 試験面の傾き

試験面に対して圧子の軸が垂直でない場合、測定値が有効でない可能性がある。垂直に対する誤差が 0.5° 未満の場合、正確な結果となる。等方性の材料において対角線の長さが顕著に異なる場合、垂直性が確保されていない可能性がある。

F.3.3 くぼみの位置

硬さの値は、皮膜よりも母材の影響を受ける可能性がある。例えば、くぼみが基材に近接し、かつ基材が皮膜より柔らかい場合、得られる測定値は、かなり低い可能性がある。材料に析出物又は介在物を含む場合、金属組織の不均一部の近傍でくぼみは、形がひずむ可能性がある。このような無効なくぼみは、正常な形でなくくぼみによって検出することが可能である。

傾斜構造の皮膜の場合、皮膜厚さに従って皮膜の硬さは、変化することがある。くぼみの位置は、受渡当事者間で協定することが望ましい。

F.3.4 皮膜断面の測定時のくぼみの向き及び間隔

皮膜の断面を試験する際に、くぼみの向きは、長い対角線が、皮膜基材に対して平行にならなければならない。くぼみの中心と試験片の端部との境界の間隔は、くぼみの短い対角線長さの少なくとも3.5倍以上でなければならない。積層状の材料を試験する際のくぼみの間隔を決定するためには、接着表面を境界とみなす。

F.3.5 振動の排除

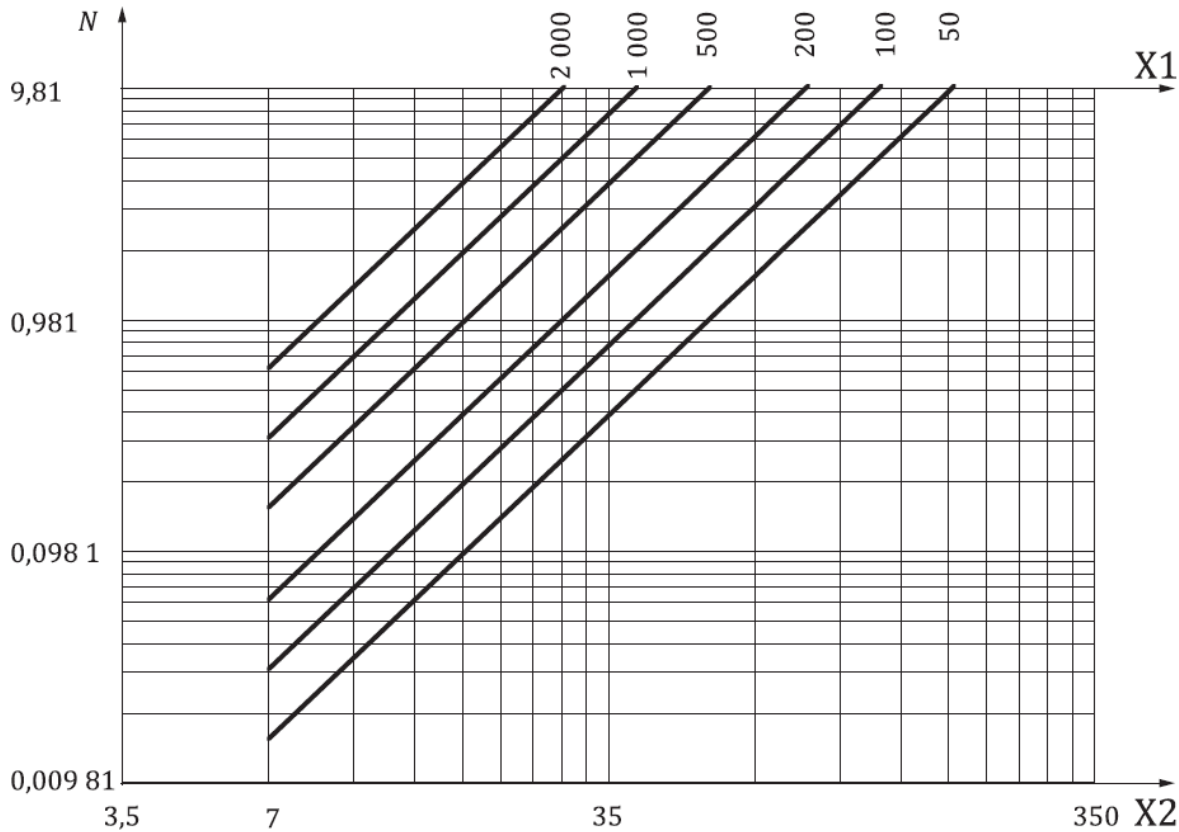
振動の排除は、特に低試験力における小さなくぼみに対して重要である。振動は、適用された試験力にかかわらず重大な誤差の原因であるが、低試験力においてその影響は、一層顕著である。一般に、振動によって硬さは、低下する。誤差の原因は、既知の硬さをもつ試験片、例えば、JIS B 7734に適合し、校正された硬さ基準片を測定し、硬さ値を比較することによって検出することが可能である。防振対策した支持台に置くなど試験機に適切な防振対策を行うことで、振動の影響を減少させることが可能である。

F.3.6 試験力の選択

正確な皮膜硬さを得るために、皮膜の厚さに適した最大試験力を用いる（図 F.1 及び F.2.3 参照）。試験

力が同じ場合は、試験結果が比較可能である。

皮膜の表面に対して垂直方向に試験を行う場合、皮膜の厚さがくぼみの長い方の対角線長さの 1/3 倍以上となるように試験力を選択する。



記号説明

- X1 : 硬さ値
- X2 : 最小皮膜厚さ (μm)
- N : 試験力 (N)

図 F.1—皮膜表面に対して垂直方向に試験するときの最小皮膜厚さと試験力及び硬さとの関係

F.3.7 測定と比較

皮膜試験の硬さ値は、9.807 N を超える試験力で行う硬さ試験よりも、試験力に影響される程度が大きい。皮膜内の異なる 2 か所の硬さを測定し比較する場合、又は試験箇所と（基準片を用いた）参照箇所との硬さを比較する場合は、比較可能な硬さ値を得るために最初の試験及び参照試験で使用する同じ標準試験力（1 %以内）及び負荷時間を用いて試験を行う。

非等方性を含む多くの要因があるので、試験片には、最初の試験及び参照試験を行った点をマーキングし、試験の位置を試験報告書に記録しなければならない（F.4 参照）。

F.3.8 硬さの計算

平均硬さ値 $\bar{H}$ は、それぞれの試験片における試験対象の表面に定められた代表する場所において最少 5 点のくぼみを測定し、この測定群の平均硬さを計算することで求める。

平均硬さ値 $\bar{H}$ を計算するため、 n 点（5 点以上）の測定された硬さ値 $H_1, H_2, \dots, H_n$ を大きい順に並べる。式(F.1)に従って $\bar{H}$ を計算する。

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式(F.2)に従って硬さ測定の変動係数（相対標準偏差） C_v を求め、百分率で表す。

$$C_v = \frac{100 \times s}{\bar{H}} \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

ここで、

s : $\bar{H}$ を求めるために測定した n 個の硬さ測定値の標準偏差であり、式(F.3)によって求める。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{H} - H_i)^2} \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

変動係数（相対標準偏差）は、通常 5 % 未満と期待されるが、5 % を超えた値が得られた場合、試験報告書に記載する（F.4 参照）。最大値と最小値の差を測定結果の範囲として試験報告書に記載してもよい。

F.3.9 ゼい（脆）性皮膜材料

押込み中にクラックが発生した場合は、有効な硬さ値は得られない。この場合は、押込み速度又は試験力を低下させることによって解決してもよい。しかし、低試験力では、不確かさが大きくなる可能性がある。

F.4 試験報告書

試験報告書は、必要な場合に提出する。試験報告書に**箇条 10**に加えて次の項目を記載する。ただし、受渡当事者間の協定によって、次のうちから選択してもよい。

- 測定（例えば、断面又は表面に垂直）の位置及び参照領域
- 表面粗さ（F.2.1 の条件から外れていた場合）
- 試験温度（F.3.1 の条件から外れていた場合）
- 変動係数（相対標準偏差）
- 皮膜厚さ

参考文献

- [1] **ISO 1463**, Metallic and oxide coatings — Measurement of coating thickness — Microscopical method
- [2] **ISO 4545-4**, Metallic materials — Knoop hardness test — Part 4: Table of hardness values
- [3] **ISO 14577-1**, Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 1: Test method
- [4] **ISO 14577-2**, Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 2: Verification and calibration of testing machines
- [5] **ISO 14577-3**, Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 3: Calibration of reference blocks
- [6] **ISO 14577-4**, Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 4: Test method for metallic and non-metallic coatings
- [7] **ISO 18265**, Metallic materials — Conversion of hardness values
- [8] **JCGM 100:2008** (GUM 1995 with minor corrections), Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. BIPM/IEC/IFCC/ILAC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML, 2008
- [9] Hardmeko report 2010, Tassanai Sanponpute Apichaya Meesaplak, Vibration effect on Vickers hardness measurement
- [10] EURAMET cg-16 Ver. 2.0, Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurements, 2011
- [11] GABAUER, W. Manual of Codes of Practice for the Determination of Uncertainties in Mechanical Tests on Metallic Materials, The Estimation of Uncertainties in Hardness Measurements, Project, No. SMT4-CT97-2165, UNCERT COP 14:2000
- [12] GABAUER, W., BINDER O. Abschätzung der Messunsicherheit in der Härteprüfung unter Verwendung der indirekten Kalibriermethode, DVM Werkstoffprüfung, Tagungsband 2000, S. pp. 255-261
- [13] POLZIN, T., SCHWENK, D. Estimation of Uncertainty of Hardness Testing; PC file for the determination, Materialprüfung, 3, 2002 (44), pp. 64-71
- [14] VIM, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms, VIM, 3rd edition (2008 version with minor corrections), JCGM 200:2012 available via <http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>
- [15] IIZUKA K. Worldwide Activities Around Hardness Measurement — Activities in CCM/CIPM, IMEKO/TC5, OIML/TC10 and ISO/TC164 in Proceedings HARDMEKO 2007, Tsukuba, Japan, 2007, 1-4
- [16] **JIS Z 2251-2** スープ硬さ試験—第2部：硬さ値表
- [17] **ISO/IEC Guide 99**, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)

附属書 JA
(参考)
JIS と対応国際規格との対比表

JIS Z 2251-1		ISO 4545-1:2020 (MOD)		
a) JIS の箇条番号	b) 対応国際規格の対応する箇条番号	c) 箇条ごとの評価	d) JIS と対応国際規格との技術的差異の内容及び理由	e) JIS と対応国際規格との技術的差異に対する今後の対策
1	1	変更	対応国際規格では、“0.007 mm 未満の厚さの皮膜には適用しない”と規定しているが、JIS では、“0.007 mm 以上の厚さの皮膜に適用する。”に変更した。技術的に差異はない。	—
1	1	変更	皮膜断面を測定する場合、対応国際規格では、“0.020 mm 未満の厚さの皮膜には適用しない”と規定しているが、JIS では、“0.020 mm 以上の厚さの皮膜に適用する。”とした。技術的に差異はない。	—
1	1	追加	測定精度への注意として注記として“くぼみの対角線長さが 0.020 mm 未満の試験では、測定の不確かさが大きくなるおそれがある。”を追加した。技術的に差異はない。	—
6.3	6.3	追加	0.020 mm 未満のヌーブ硬さ試験を想定し注として“対角線長さ 0.020 mm 未満のくぼみを測定する場合の分解能は、受渡当事者間の協定による。”を追加した。	日本独自の規定である。 ISO への提案をせず、そのまま維持する。
7.4	7.4	追加	試験片を樹脂に埋め込む場合の注意事項を注記として追加した。技術的に差異はない。	—
8.2	8.2	追加	硬さ測定の実態を反映し受渡当事者間の協定で長い方の対角線長さが 0.020 mm 以下となる試験力を許容するため、“受渡当事者間の協定がない限り、長い方の対角線が 0.020 mm より長くなる試験力を選択しなければならない。”とした。	日本独自の規定である。 ISO への提案をせず、そのまま維持する。
8.11	7.5	変更	対応国際規格では、7.5 に記載しているが、試験方法に関する規定のため、JIS では、箇条 8 に移動した。	ISO への提案を検討する。
8.11	7.5	追加	対応国際規格では、細分箇条の題名が“金属皮膜及びその他無機皮膜”であるが、JIS では、題名に“硬さの試験方法”を追加した。	ISO への提案を検討する。
8.11	7.5	追加	国内事情に合わせて“皮膜に関する規格又は受渡当事者間の協定”を追加した。技術的に差異はない。	—
9	9	追加	タイプ A 評価及びタイプ B 評価に対する説明を追加した。技術的な差異はない。	—

a) JIS の箇条番号	b) 対応国際規格の対応する箇条番号	c) 箇条ごとの評価	d) JIS と対応国際規格との技術的差異の内容及び理由	e) JIS と対応国際規格との技術的差異に対する今後の対策
10	10	変更	国内事情に合わせて、“試験報告書は、必要な場合に提出する。試験報告書には次の項目を報告する。ただし、受渡当事者間の協定によって、次のうちから選択してもよい。”に変更した。技術的に差異はない。	日本独自の規定である。 ISO への提案をせず、そのまま維持する。
A.1	A.1	変更	硬さ基準片の校正は、JIS B 7734 の中で規定されている。技術的に差異はない。	—
		変更	ブリネル硬さの規定に合わせて国内で運用されている内容とし、測定した値と硬さ基準片の認証値との差異を満足することが“望ましい”とした。	日本独自の規定である。 ISO への提案をせず、そのまま維持する。
		変更	試験機の検証の要求事項に合わせ、くぼみ測定装置の点検は、偏りが許容範囲を超えない場合は、省略が可能にすることにした。	ISO への提案を検討する。
		変更	国内事情に合わせて偏りの算出式(A.1)は、硬さ測定値は、個々値ではなく、平均値とCRMの硬さの差とした。	ISO への提案を検討する。
		追加	平均値の計算方法として算出式(A.2)を追加した。	ISO への提案を検討する。
A.2	A.2	追加	対応国際規格では、圧子が不合格であった場合の処置の規定がないので、遡及処置を推奨事項として追加した。	ISO への提案を検討する。
B.4	B.4	追加	JIS では δms の説明として“ δms ：対角線長さ測定装置の分解能”を加えた。技術的に差異はない。	—
附属書 D	Annex D	追加	対応国際規格では、NMI とだけ記載し、略語の説明がなかったが、JIS では他の略語と同様に正式名称を追加し国家計量標準機関(NMI)とした。技術的な差異はない。	—
F.2	F.2	追加	国内事情に合わせて、受渡当事者間の協定によって0.020 mm以下の皮膜を測定してもよいとした。	日本独自の規定である。 ISO への提案をせず、そのまま維持する。
F3	F.3	変更	硬さ基準片の校正は、JIS B 7734 の中で規定されている。技術的に差異はない。	—
F3	F3	追加	対応国際規格では、“同じ試験力”であったが、“標準”が欠落していると考えられるため“同じ標準試験力”とした。	ISO への提案を検討する。
F.4	F.4	追加	国内事情に合わせて、受渡当事者間の協定によって選択してもよいとした。	日本独自の規定である。 ISO への提案をせず、そのまま維持する。
注記 1 箇条ごとの評価欄の用語の意味を、次に示す。 — 追加：対応国際規格にない規定項目又は規定内容を追加している。 — 変更：対応国際規格の規定内容又は構成を変更している。 注記 2 JIS と対応国際規格との対応の程度の全体評価の記号の意味を、次に示す。 — MOD：対応国際規格を修正している。				