硬さ基準片について

On The Standard Blocks of Hardness

硬さ基準片とは、現場の硬さ試験機の管理に不可欠の標準試験片であつて、その特性は硬さ均一性が優れ、経年変化がなく、また基準値は普遍的公正な事が必要である。本稿では、その特性、製造および有効な使用方法についてのべた。

山 本 普*

Hiroshi Yamamoto

1. はじめに

一般に硬さとは、圧子によって加えられる外力に対して、材料の示す抵抗の度合といわれている。従つて、各種の工業的硬さ試験に当っては、関連する諸要因、すなわちそれぞれの試験方法毎に、圧子、荷重（静的および動的）、くぼみ計測および試料の表面状態等について吟味することが必要とされている。

硬さ基準片は、上記の複雑な諸要因について測定現場で、総合的にかつ、明確に現示する標準試験片である。従つて、その特性としては、まず第一に、硬さ均一性が優れ、また、硬さの経時変化はなく、できれば、実用材料と同じ材料特性を持つことなどが強く要求される。

我が国では、関係者の深い理解と努力によつて、戦前から研究と生産が進められ、特に戦後は、関連諸規格が確立され、また、専門

メーカーによる生産の進展により、現在年間25,000個の各種基準片が工業界の各方面で活用されている（表1参照）。特に金属の微小硬さ試験の普及に伴つて、硬さ基準片による硬さ試験の管理が重要視されつつある。

本稿では、硬さ基準片について、その特性ならびに硬さ管理との関連について述べる。

2. 硬さ基準片の特性

2-1 材料および製法

現用の硬さ基準片について、その種類および使用材料を示せば表1に示す通りであつて、いずれの場合でも、それぞれの試験法に最も適合した高い硬さ均一性が得られるよう慎重に原材料を選択する。一般に、材料の中央偏析の影響をさけるため平板を使用する。

次いで、入念な熱処理によつて、所要の組織を得て、均一かつ、安定な所要の硬さを現出する。

* (株)山本科学工具研究社 社長
〒273 船橋市栄町2-15-4
☎0474 (31) 7451

* Yamamoto Scientific Tools Lab., Co
15-4, Sakae-cho 2-chome, Funabashi-Shi 273

この場合特に、我が国独自の規格である H_V 換算によるショア硬さ基準片では、特に厳重な材料および熱処理の管理により厳密に一定の換算関係が得られる。

熱処理完了後、測定精度向上の目的で、研削、ラッピングおよび湿式バフなど適当な方法により、必要にして十分な仕上げを行う。この場合材質への影響には特に配慮を要すると共に、必要に応じ顕微鏡組織を検査する。

2-2 基準片の硬さ測定

熱処理および仕上加工の完了した硬さ基準片はロットごとに、それぞれ硬さ試験を行うことにより硬さのバラツキを確かめ、同時に信頼できる基準による基準値の決定が行われる。この測定結果は誤ちを防ぐため、電子的に計算され刻字表や検査票が同時にプリントされる。そして、その集計結果は硬さ測定段階を含む工程管理に役立っている。

2-2-1 試験機および試験条件

硬さ基準値およびそのバラツキの決定に使

用される硬さ試験機は、JIS あるいは ISO 規格にも明らかなとおり、一般の試験機に比して諸元の許容誤差は、おおむね 1/2 に制約されている。しかもなお、微小の誤差とその変動を確認するため、信頼しうる硬さ基準片により管理および補正を行うことが必要である。図 1 はその一例を示したものである。

また試験条件についても、安定条件を確立し、比較精度を高めることが必要である。

2-2-2 測定点数

硬さ基準片の製造検査時における測定点数および測定位置の選定は、ブロックの測定面全面にわたるバラツキの推定を行い、従って基準値の信頼性にも影響を及ぼすので極めて重要といえる。すなわち個々の硬さ基準片の硬さバラツキの信頼限界を完全に近く保証するためには、少なくとも 25 回の測定点数が統計的に必要とされている。しかし、このように多数の測定を行うことは、商業製品としては不可能な事柄に属する。むしろ硬さ基準片

表 1 一般に用いられる硬さ基準片の材料

硬 さ 基 準 片 の 種 類	硬 さ 範 囲	材 料	主 要 成 分
シ ョ ア 硬さ基準片	H_s 97~28	S K 5	共析鋼 C 0.8~0.85
ロックウェル "C" //	$H_R C$ 67~60	S K S 3	ゲージ用不収縮鋼
ロックウェル "C" //	$H_R C$ 60~20(10)	S K 5	共析鋼
ロックウェル "C" //	$H_R C$ 64~60	S U J 2	軸受鋼
ロックウェル "A" //	$H_R A$ 87~56	S K 5	共析鋼
ロックウェル スーパーフィシャル 30-N //	H_R 30-N 83~35	S K 5	共析鋼
ビ ッ カ ース //	H_V 900~200	S K 5	共析鋼
微小ビッカース //	H_V 900~200	S K 5	共析鋼
プ リ ネ ル //	H_B 450~200	S K 5	共析鋼
ロックウェル "B" //	$H_R B$ 100~90	S K 5	共析鋼
ロックウェル "B" //	$H_R B$ 80~30	C2600 P	7/3 黄銅 (特殊級)
ロックウェル スーパーフィシャル 30-T //	H_R 30-T 80~32	C2600 P	7/3 黄銅 (特殊級)
ビ ッ カ ース //	H_V 100	C2600 P	7/3 黄銅 (特殊級)
	H_V 150	S20 C	低炭素鋼
高硬度ショア //	H_s 100	S K 2	高炭素工具鋼
低硬度ショア //	H_s 20	S20 C	低炭素鋼
低硬度ビッカース //	H_V 40	C1020 P	無酸素銅板
ロックウェル "R", "M", "L"	—	C1020 P	無酸素銅板

の製造状態が統計管理状態にあることが最も望ましく、その総合的基準から個々の基準片のバラツキを推定することが可能である。現在小社ではロックウェルおよびショアとも、 $n=10$ の測定が実施されている。また、その測定位置は当社において、図2に示すとおりである。

2-3 測定方式

硬さ基準値の決定は、信頼性が高く、かつ普遍性のある試験機および原基基準片について測定の前後および中間に数回測定を行い、試験の安定性を確認している。さらに極めてまれな偶発的変動、あるいは通常の管理測定では検出不可能な微小変動を検知し、より高度の試験精度を確保する目的で、試験を前後2回に分けて行うダブルチェックシステムを励行し、いちじるしい好結果を得ている。

また1ロット中より同時製作のすくなくと

も1個の管理用基準片を選定し測定原簿と共に2年間保存し、次後の照合保証を実施している。

2-4 製造検査時における硬さバラツキ

上記説明のと通りの製作条件にしたがい、当社において製造する硬さ基準片の製造検査時での硬さバラツキについて総括した結果は表2に示すとおりであった（調査時期：1973年後半）。表中の一部に参考としてJISとの関係についても示した。

2-5 硬さ試験種別とバラツキとの関係

前表の調査結果について、それぞれ H_V 値に換算し比較した結果は図3に示すとおりであって、硬さ基準片のバラツキとその硬さ段階との間には、それぞれ硬さ種別によりほぼ一定の比例関係が認められた。

すなわち硬さ基準片のバラツキは、たとえば H_{RC} 硬さ基準片の場合約0.5% (H_V 換算

図1 ロックウェル試験機管理状態の一例

ORK (B) 試験機日間測定、ブロック No. 421—945 ($n=5$)

表2 H_{RC} 硬さ基準片のバラツキ

H_{RC}	67	64	62	60	55	50	46	40	30	20
測定個数	80	240	320	1200	120	400	260	400	1200	260
$\bar{R}$ ($n=10$)	0.18	0.13	0.13	0.13	0.17	0.19	0.17	0.19	0.24	0.24
$D_4 \bar{R}$	0.32	0.23	0.23	0.23	0.30	0.34	0.30	0.34	0.43	0.43
JIS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6

図2 当社製造検査時における
硬さ測定位置 (n=10)

図3 試験荷重とバラツキとの関係

図4 硬さ試験種別とバラツキとの関係

値) また H_S 硬さ基準片の基準値決定時の H_V 値のバラツキは約 1% と見られる。

また以上の調査結果から硬さ試験荷重の硬さバラツキとの関係について整理すれば図4に示すとおりであって、試験荷重の減小に伴

って硬さバラツキが増加する傾向が明らかに認められる。

2-6 基準値およびバラツキの許容限界

硬さ基準片の製造検査時における基準値の信頼限界とバラツキの許容値については JIS

表3. 硬さ基準片の基準値の信頼限界および許容バラツキ (JISおよびISO)

硬さ種別および規格	硬さ範囲	硬さ基準規格 (硬さ基準値検査時の値)			硬さ試験機規格 (総合精度検査許容値)		
		<i>n</i>	基準値の 信頼限界	バラツキ	<i>n</i>	基準値と平均 値との許容差	バラツキ の許容差
ロックウェル硬さ試験機規格 (JIS B 7726)	H_{RA} 60以上	(10)	±0.6	0.5	—	—	—
	H_{RB} 60以上	(10)	±0.8	1.0	±1.2	1.5	1.5
ロックウェル硬さ基準片規格 (JIS B 7730)	H_{Rb} 60未満	(10)	±0.9	1.4	±2.0	2.0	2.0
	H_{RC} 40以上	(10)	±0.6	0.5	±0.8	0.8	0.8
	H_{RC} 40未満	(10)	±0.6	0.6	±1.2	1.0	1.0
	H_{R30N} 43以上	(10)	±1.0	1.0	±1.5	1.5	1.5
	H_{R30T} 36以上	(10)	±1.3	1.5	±1.5	1.5	1.5
ショア硬さ試験機規格 (JIS B 7727)	呼び硬さ H_s 80以上	10	$\sqrt{H_s}$ H_s ±0.5 ±0.8	1.5	10	±1.5	2.0
ショア硬さ基準片規格 (JIS B 7731)	H_s 70以下	10	±0.4 ±0.6	1.2	10	±1.5	1.5
ビッカース (JIS 1981制定予定)	H_v 100~800 ($P=0.2\text{kgf}$)	(3×2)	±3.9~±5.4%	9%	3	± 7%	9.0%
	H_v 100~800 ($P=1\text{kgf}$)	(3×2)	±1.8~±2.5%	5%	3	± 4%	5.0%
	H_v 100~800 ($P=10\text{kgf}$)	(10)	±0.9~±1.2%	2.2%	3	±2.5%	2.2%
	H_v 100~800 ($P=30\text{kgf}$)	(10)	±0.6~±0.8%	1.5%	3	± 2%	1.5%
ブリネル (JIS 案)	$H_B \leq 225$	(3×2)	± 2%	4%	3	(± 3%)	(8%)
	$H_B \leq 225$	(3×2)	±1.3%	2%	3	(± 3%)	(4%)

注1. それぞれの数値は硬さ基準片, 硬さ試験機に関する JIS および ISO 規格に準拠した。

2. JIS または ISO に規定が明らかな部分の数値は, 当社試験値である。

3. 硬さ基準片検査時の基準値の信頼限界は, 当社製 BL の硬さ基準片間の比較試験を行った場合, 同上の値を超えることは異常と考えられる。

4. 硬さ試験機総合精度検査時の, 基準値と平均値との差およびバラツキが許容値を超える場合, その試験機は直接精度検査を行う必要があると考えられる。

あるいは ISO の硬さ基準片規格に示めされている。

一方, 硬さ試験機について総合精度検査を行った際の基準値と測定平均値との差および許容バラツキについては, それぞれ JIS あるいは ISO の硬さ試験機規格に規定されている。それらの規格値について総括すれば表3に示すとおりである。

3. 基準片の使用法

3-1 硬さ基準片の選定

硬さ試験機の総合精度検査には, 試験機の公称使用範囲に亘って少くとも3段階(例えば H_{RC} では60, 50, 30)できれば多段階(例

えば H_s では10とび)の硬さ基準片により検査を行なう。日常または定期的に管理を行なう場合には, 前項か, または使用頻度の高い基準片を選ぶ。

さらに要求精度の高い場合には, 同一硬さについて2個以上の硬さ基準片を使用する。実態調査など多数の試験機の検査には, 同一基準片による比較測定を行なう。逆に多数の試験機の基準値管理には, 同一製作ロットの硬さ基準片によることがよい。

3-2 一般的注意事項

(1) 硬さ試験機は適当な検査規格(たとえば JIS)によって, その諸元(圧子, 荷重, 計測装置など)が正確であることを確認する。

- (2) ついで硬さ基準片の製造 No. および基準刻字値について添付の検査票と照合する。また基準片に異常のないことを確認する。裏面の疵や圧痕、付着物、再加工、加熱などは測定値に影響を及ぼすので保管には十分注意が必要である。
- (3) 試験条件は適正で、かつ一定であることが必要で、また日常使用条件と同一条件で検査することが望ましい（負荷速度、負荷時間、押付力、温度など）。また、試験機製造メーカーの指定条件についても同様である。
- (4) 測定点数は少くも $n=3$ 、一般には $n=5$ 更に所要精度に応じて $n=10$ (9)とし、 $\bar{X}$, R を求める。但しブリネル硬さ基準片では $n=1$ で管理することも止むを得ない場合もあるが、当然精度は劣る。
- (5) この際測定位置は常に測定面の全面の硬さを代表できるよう十分配慮することが望ましい。
- (6) 前述の測定を多数回か、または、長期間にわたって行い、 $\bar{X}-R$ 管理用法を実施すれば、管理精度はさらに良好となる。
- (7) 例えば H_v くぼみの計測個人差を小さくするため、測定者の視度調整に当って、標線間隔を数 μm に狭め厳密に調整することが個人差の防止に特に有効である。さらに複数の測定者または、計測系で一定くぼみによる比較測定を行えば好結果が得られる。
- (8) 試験機の補正については表 3 の一般試験機の許容誤差を超えた場合は補正すべきでない。むしろ直接精度検査（荷重、圧子、計測装置につき）により誤差原因を発見し修理すべきである。
- また、基準片の基準値の信頼限度以内での補正は、特別の場合以外は有効ではない。いずれにせよ試験機や試験条件の

定義や規格を逸脱した調整は一般的とは言えない。

- (9) また、硬さ基準片の一部は、公共検定機関の公式証明を受ける場合がある。その数は全体の 2% 以下と少ないが、基準値のクロスチェックの重要な目的を達している。
- (10) 更に、諸団体による硬さ基準片の定期的共同購入が行なわれている。

4. 基準値およびバラツキの許容限界

硬さ基準片の製造時における基準値の信頼限界とバラツキの許容値については JIS あるいは ISO の硬さ試験機規格に定められている。

一方、硬さ試験機について総合精度検査を行なった際の基準値と測定平均値との差および許容バラツキについての規定は、それぞれ JIS あるいは ISO の硬さ試験機規格に規定されている。（表 3 参照）

5. 硬さ基準片の耐用度

硬さ基準片はその種別に拘らず、十分な熱処理によって、硬さの経時変化はない。しかし、押圧による圧痕周辺部の加工硬化により、その耐用度には自ら限界がある。JIS のかたさ試験法では圧痕間隔等について $4d$ （ d は圧痕径）と規定されている。従って硬さ基準片の耐用度 N （許容クボミ数）は近似的に次式により求められる。

$$N = S/s \quad S: \text{硬さ基準片の有効面積} \\ s: \text{圧痕による専用面積} \\ = (4d)^2$$

また圧痕の専用面積 s は、硬さ試験法、荷重、試料の硬さによって変る。

これらの関係につき例示すれば表 4 に示す

とおりである。但しSは弊社製硬さ基準片の有効面積。

実際に押圧した場合の資料、すなわちカタサ研究会第14分科会(硬さ基準片の耐用度調査分科会)の調査結果とよく一致することが判る。

以上のとおり硬さ基準片の耐用度は自ら限界があるので、その有効利用を計るため圧痕の密集度にムラがないようにすることが望ましい。この目的のために使用面を分割することが推奨されている。

この区画法も管理測定の数によって種々考えられるが、 $n=5$ の場合には、図5による方法が考えられる。(区画線は油性の細いマジックインクが適当である)。

また耐用限界内であっても、前半を精密測定用、後半を一般測定に級別する場合もある。

6. ま と め

硬さ試験は、材料試験中特異な存在として古くから利用され、工業材料の発展と共に更にその高度な発展が期待されつつある。硬さ基準片は、この硬さ試験の基盤として、また、その精度を維持向上する上に必要不可欠の標準工具として発展しつつある。

関係各位による深い御理解と御熱援に深謝する次第である。

文 献

- 1) 山本普; 硬さ基準片の現状
材料試験技術 Vol. 29, No. 3
- 2) 山本普; 硬さ基準片の硬さバラツキの現状について

表 4.1 硬さ基準片耐用度 (計算)

硬 さ	d mm(大略)	$\beta=(4d)^2$	S mm ²	$N(=S/\beta)$
H_B				
400	3.05	144.9	7,850	55
200	4.26	289.0	"	27
$H_V(30)$				
700	0.28	1.35	2,290	1,700
300	0.43	2.96	"	775
$H_R C$				
60	0.50	4.00	"	573
30	0.78	9.73	"	235
$H_R B$				
90	0.82	10.76	"	213
60	1.02	16.65	"	138
H_S				
90	0.31	1.54	"	1,490 (4dとして)
30	0.42	2.62	"	875 (")
$H_R T$				
80			"	約700
50			"	約350

表 4.2 カタサ研究会第14分科会の総合結果

硬 さ	$H_R C60$	$H_R C30$	$H_R B90$	$H_R B60$
耐用度	約 500	約 260	約 250	約 200
(多少使用回数を増加することが出来る)

図5 測定面分割区画線の例 ($n=5$)

熱処理 Vol. 19, No. 2

- 3) 吉沢武男編; 硬さ試験とその応用
裳華房