



硬さ基準片の検査。硬さのばらつきがきわめて少ない基準片は、実質上の世界標準として各国で使用されている。



MANUFACTURING
POWER OF JAPAN

世界標準を作る技

製造現場に不可欠な「硬さのモノサシ」

「硬さ」は、材料の力学的強さを量る重要な特性であるが、長さのmや重さのgのような物理的尺度ではない。硬さは、硬さ試験によって初めて得られる工業的尺度である。一般的なブリネル硬さ試験、ピッカース硬さ試験、ロックウェル硬さ試験などでは、鋼球または四角錐などの先端を、所定の荷重で試料に押し当て、試料にできたくぼみの面積や深さを測定し、それらを元に硬さを評価する。

そこで大切なのは、いかに正確に硬さを評価できるか、である。そのためには硬さ試験装置での測定値が常に正しい値を示すべく、日々の確認が不可欠である。硬さ試験で使われる「硬さ基準片」は、硬さ試験装置の日常点検のための、仮の標準、いわばモノサシであり、品質の良い硬さ基準片を使うことによって初めて、測定値の信頼性が確保される。

日本では1939年に硬さ基準片の国産化に成功し、戦後、カタサ研究会（現・日本材料試験技術協会）の指導のもとに硬さ基準片の研究が進められた。戦後、鉄鋼、造船、機械などの製造業の進歩とともに、硬さ試験の必要性が高まり、硬さ基準片の品質は向上した。現在、硬さ試験の種類や“呼び硬さ（Nominal hardness）”により、多くの種類の硬さ基準片があり、日本で使用されている硬さ基準片の種類は140種類、その数は約10万個に及ぶ。

世界中で高い評価を得ている硬さ基準片を製作しているのが、

（株）山本科学工具研究社である。世界的には硬さ基準片は硬さ試験機メーカーが製作するが多いが、国際規格の検討の場では、専門メーカーである同社の硬さ基準片がデファクトスタンダードになっている。

丹念な熱処理で硬さばらつきゼロを目指す

硬さ基準片に要求される特性は、①硬さ基準片表面の硬さが均一でばらつきがないこと、②硬さ測定値（刻印されている値）が正確であること、③硬さの経時変化がないこと、である。

このうち①の均一性を高めるため、材料（工具鋼など）には、特注の高純度材料が使用される。これに加えて熱処理効果の均一性を確保するため、全ての基準片の形状は円盤形に統一されている。加工の手間を考えれば丸棒から切出す方法も考えられるが、材料取りでも経験的に高い品質が確保できる方法にこだわり、平板材料から円盤形状を切出して使用している（写真A）。

その後が、熱処理工程である。焼入れでは、材料を1つずつ手作業で熱処理炉に入れ、所定時間後に炉から取り出して急冷する。これによりマルテンサイト単相組織とする。焼割れや焼入れ欠陥組織（微細パーライトなど）の混入を防ぐため、この間の作業時間は各種基準片ごとに10分の1秒単位で決まっており、厳しい温度管理も必要であるなど、品質確保のために最も重要な工程である（写真B）。

次はサブゼロ処理で、材料を焼入れ後直ちに液体窒素中に冷却して、未変態の残留オーステナイトをマルテンサイト変態させ



(A) 材料切断。円盤形の基準片用素材を、高品位の専用平板材から切出す。



(B) 焼入れ工程。処理時間は10分の1秒単位で管理する。



(C) サブゼロ処理の後、焼戻しにより、所定の硬さに調整する。



(D) ピッカース硬さ試験のくぼみの測定。

硬さ基準片の
製造工程

材料
切断

機械
加工

焼
入

サブ
ゼロ
処理

焼
戻

仕
上
げ
加
工

基準
値
決
定
試
験

出
荷

日本には数多くのものづくり中小企業があり、独創的な技術で国内、海外から高い評価を得ている企業も多い。このような世界に誇る技術力と、ものづくりへのこだわりが、日本のものづくり力の新時代を拓く原動力となる。第1回として紹介するのは「硬さ基準片」。鉄鋼製品をはじめ多くの製品の製造現場で使われる硬さ試験の基準片は、どうやって高い信頼性を確保しているのだろうか。

硬さ基準片

することで、硬さの経時変化がない、いっそう均一なマルテンサイト組織を得ることができる。その後、焼き戻し処理を行って所定の硬さに調整する(写真C)。

熱処理が終わると、次は表面を研削する。1ロット20個のうち1個取り出して研削し、硬さの均一性を試験・確認したうえで残りを研削する。こうしてできた製品は全品検査^{*1}を実施して信頼性を十分に確認し、その検査の情報は常に製造現場にフィードバックされている(写真D)。これだけの工程を経ることにより作製された基準片の均一性を硬さ値の標準偏差で表せば、標準偏差(σ) $\leq 0.03\text{HRC}$ (60HRC基準片の場合)ときわめて小さい。

また全ロットから保証用サンプルを抜き取り、検査データとともに3年間保管しているが、実際は3年を経過しても、現状の試験方法で検出できるほどの硬さの変化は見られない。以上のような製造工程はほとんどが手作業で行われるため、生産量は1日100個程度だという。

ナノの世界の硬さ基準片を開発

最近では、ナノインデンテーション用超微小硬さ基準片の開発も進められている。

ナノインデンテーションも圧子を試料に押し込む硬さ試験方法だが、押し込み深さが $1\mu\text{m}$ 以下と非常に浅く、微細な組織ごとの硬さの評価が可能である。しかし試験では、微細な圧子先端の、わずかな形状の違いの影響を受けやすいため基準片が不可欠であった。

このために開発されたのが、従来の多結晶金属製に比べ、特にナノレベルでの均一性が高いタングステン単結晶の硬さ基準片^{*2}であり、面内角度に対する依存性や個々の試験片ごとのばらつきが少ないという特長がある。この硬さ基準片は、 $1\mu\text{m}$ 以下の領域を対象とした世界初のナノ硬さ基準片であり、電子デバイス、ナノテクノロジー等の信頼性向上に大きく役立つものと期待される。



世界で初めて開発されたナノインデンテーション用超微小硬さ基準片(φ25mm、硬さ約400HV)、中央のφ9mmの部分タングステン単結晶

●文 杉山香里

ものづくりの魅力



硬さのばらつきをできるかぎりなくするため、材料でも熱処理でも原理原則に徹底的にこだわってきました。硬さ試験の研究は奥が深く、どこまで行っても新たなクエスチョンが湧いてくる。チャレンジすべき新しい分野もある。だからこそ面白いのです。(山本卓社長)

株式会社山本科学工具研究社(千葉県船橋市)
1952年設立。現在、硬さ基準片の日本国内シェアほぼ100%、海外でも30%以上を占める。 <http://www.ystl.jp>

*1 JIS及びISO基準片規格に定められた高精度基準試験機による硬さ試験

*2 (独)物質・材料研究機構(NIMS)の指導、科学技術振興機構(JST)の後援により製品化