ショアかたさ基準片について*

関 谷 三 郎**

On Shore Hardness Standard Blocks

by

Saburo SEKIYA

(Faculty of Engineering University of Tokyo, Tokyo)

ショアかたさ試験機は、取り扱いが簡便で、測定値が容易に得られるため、現在工業界で、素材の材質チェックはもちろんのこと、大寸法、大重量の工業部品の品質管理と品質保証に盛んに利用されている。しかし、ショアかたさ測定値が工業的に比較可能な数値として、取り扱えるのは、共析鋼製ショアかたさ基準片を用いて、試験機の管理、調整を行なって、はじめて信頼性の高い数値が得られるのである。しかし基準片に記入されている基準値は、試験機の構造上、および耐用度の点からショアかたさ試験機を用いて求められたものでなく、ビッカースかたさのような静的な測定結果より、換算によって求められたものである。したがって、静的なかたさとショアのような動的なかたさの関係を調べることは、ショアかたさ測定値の信頼性向上の上から必要なことである。

本研究では、焼入れ、焼もどしなどの熱処理によって製作された基準片を試料とし、その中央部を切断し、切断前後の試料表面の精密なかたさ測定の結果から、巨視的な残留応力の一部解放された場合、静的、動的なかたさ試験において、その試験方法の相違により、かたさ測定値がどのように影響を受けるかを調べ、また、共析鋼製試料の表面および内部の顕微鏡組織とかたさ分布、かたさのばらつきの関係を調べ、あわせて焼入れの深度などを検討した。

1 緒 言

ショアかたさ基準片は、かたさ基準の保持ならびに測定値の信頼性向上を図るうに、必要欠くべからざるものである。現在ショアかたさ測定値が工業的に比較可能な数値として、広く一般に利用されているのは、このかたさ基準片を用いて、試験機の管理、調整が行なわれるからである。ショアかたさ基準片には通常基準片の表面にかたさ基準値が記入されている。しかし、この数値は、直接ショアかたさ試験機を用いて決定されたものではない。ショアかたさ試験機は、その機能、構造および耐用度などの制約から、標準的な試験機を製作することが困難なため、静的なビッカースかたさの測定値より、JISの規定に基づいて換算し、動的なショアかたさの基準値としているものである。

ショアかたさ基準片は、共析鋼製鋼板を機械加工し、焼入れ、サブゼロ処理、焼もどしなどの熱処理を行なって製作されるので、表面部または内部に巨視的な応力が残留して、かたさの測定値に影響を与えることが考えられる。しかし一般に行なわれているかたさ試験法、すなわち、ブリネルかたさ試験法、ビッカースか

たさ試験法、ロックウェルかたさ試験法、ショアかたさ試験法などは、定義、試験方法、試験条件などそれぞれ異なっている。したがって残留応力のある試料のかたさ測定を行なう場合、測定値への影響の程度が異なるものと考えられる。そこで一例として、共析鋼製の高硬度ショアかたさ基準片を試料とし、その試料中央部の切断を行なって、巨視的な残留応力の一部を解放し、切断前後のビッカースかたさ、ロックウェルかたさ、ショアかたさの精密な測定を行なって、応力除去とかたさ測定値の関係を検討した。その結果、ビッカースかたさでは試料の応力の一部が除去されても、測定値にはあまり影響がみられず、ロックウェルかたさ、ショアかたさでは応力の一部除去により、測定値が若干の影響を受けるとの結論を得た。

また、この際試料断面のビッカースかたさの分布を求め、焼入れの深度、中心部のかたさ、および表面より中心部に至る顕微鏡組織の変化との関係を調べた。

2 試 料

試料には共析鋼製ショアかたさ基準片を用いた。この試料の材質はJIS炭素鋼工具鋼5種で、圧延率を25以上に取り、厚さ 20 ± 1 mm、幅約75 mmの鋼板を素材とした。結晶組織の調整および内部応力除去のため、

* 原稿受理 昭和41年10月12日

** 正 会 員 東京大学工学部 東京都文京区本郷7

740℃⇒728℃ 6 時間保持後、350℃まで約 5 時間徐冷して、焼なましを行なった。機械加工は直径約 64mm に仕上げ、上下面を同量切削して、厚さ約 16mm に仕上げた。焼入れは図 1 に示すように行ない、試料のかた

図 1 試料の焼入温度と時間

さ H_s 約 95 は 100℃, H_s 約 90 は 140℃ ともに 30 分間保った後、空冷して焼もどしを行なった。

この種のかたさの試料は、焼もどし温度が低いため、試料の表裏面および内部に巨視的な応力が残留してあると考えられる。

3 試料の切断およびかたさの測定方法

前項の手順で製作された、共析鋼製かたさ基準片、 H_s 約 95 を 5 個、 H_s 約 90 を 5 個、計 10 個を試料とした。

切断は熱的な影響によって、試料が焼なまされないように、自家製の RCL 回路放電加工機を用い、図 2 に示すように、試料の中央部を切断した。

図 2 試料の切断とかたさ測定箇所

かたさの測定は、切断前に前もって、切断予定線と平行に両側に 10 点 (切断後の端面より約 2 mm の位置)、切断予定線と直角方向に約 5 mm 間隔で 8 点、および周辺部 4 点、総計 22 点のピッカースかたさ (50 kg 荷重使用)、ロックウェルかたさ (C スケール使用)、ショアかたさ (D 型試験機使用) の測定を行ない、切断後は

前の測定位置のきわめて近傍について、同様な測定を行なった。なお、測定開始前と終了後に、別にチェック用基準片 3 個を用意して、試験機および測定者によるかたさ測定値に狂いの生じていないことを確かめた。また、D 型ショアかたさ試験機のフレームは、全重量 27 kg 特製機²⁾ (一体アンビルでプラグの打込みなし) を使用したので機わくによるトラブルは避けられたものと思う。

試料断面のかたさ分布測定は、かたさ値に影響がないように切断面を充分注意しながら冷却し、鏡面仕上げした。ピッカースかたさの測定は、微小硬度計 (1 kg 荷重使用) を用いて、図 2 に示すように切断面中央部を試料深さ方向に約 1 mm 間隔で 5 点ずつ測定し、表面部より裏面までのかたさ分布を求めた。

図 3 各種かたさ試験法における試料切断前と切断後のかたさの変化率

4 測定結果

図 3 は、 H_s 約 90 の試料 5 個 (No. 1, 2, 3, 4, 5), H_s 約 95 の試料 5 個 (No. 6, 7, 8, 9, 10) について切断前後の測定結果 (切断両側 10 点および全表面 22 点) から、変化率 (%) を次のように定義して図示した。

$$\text{変化率}(\%) = [(\bar{X}_a - \bar{X}_b) / \bar{X}_a] \times 100$$

ただし、 $\bar{X}_a$: 切断後のかたさの平均値

$\bar{X}_b$: 切断前のかたさの平均値

図 4 は、 H_s 約 90 の試料 5 個および H_s 約 95 の試料 5 個の切断面の鏡面仕上げを行ない、端面より中心部へと厚さ方向へピッカースかたさ (1 kg 荷重使用) 5 点測定し、その平均値と表面からの距離の関係を図示したものである。5 個の試料で表面近くのかたさ値はあまり相違がなくとも、心部のかたさ値は相当の相違があることがわかる。

図 5 は、上記 2 種類の試料の表面のかたさ値を 100

図4 試料切断面のピッカースかたさの分布

%とした場合、表面より内部および裏面へとかたさ値の変化を示してある。これによると、試料の心部のかたさ値は表面のかたさ値の約70%程度であることがわかる。また同一ロットで製作された試料でも、内部のかたさ値には相当の差違のあることがわかる。

図6は、切断面について、表面よりの距離とかたさのばらつき σ (5点測定標準偏差) の関係を示す。内部はかたさむらが非常に大きいことを示している。

図7は、試料 H_S 95 No. 6 の表面および表面より厚み方向2.5, 6, 7.5mmの位置の切断面の顕微鏡組織を示す。試料表面はマルテンサイト組織であるが、漸次内部に至るにしたがって、トルースタイ組織が現われ

図5 表面のかたさを100%とした場合、試料断面のかたさの変化率

図6 試料断面のかたさのばらつき (H_T 荷重 1 kg 使用 5 点測定) 図7 H_S 約95の試料 (No. 6) の内部組織 ($\times 1/2$)

て、中央部（表面より7.5mmの位置）になると、これらの混合組織になっている。したがって表面より内部に至るに従って、かたさ値も低下し、またばらつき σ の値も大きくなっていく。

5 考 察

焼入れサブゼロ処理、焼もどしなどの熱処理によって製作される共析鋼製かたさ基準片、特に高硬度基準片を試料として、試料中央部の切断を行ない、その前後のかたさの精密な測定結果から次の推論を行なった。^{3)~5)}

(1) 一般に応力とかたさの関係は、試料に圧縮力が加わるとかたさ値は高めに、引張力が加わるとかたさ値は低めの値を示す。したがって共析鋼製かたさ基準片の表面に残留するといわれる応力は圧縮である。

(2) 圧縮力が試料表面に存在すると、圧子の圧入に対する抵抗が影響され、除荷後のくぼみの変形にも影響が加わる。図3に示すように、ショアかたさおよびロックウェルCかたさの測定結果は、試料切断前と切断後で変化する。つまり圧縮応力の一部が除去されるとかたさ値は低下する。

(3) ただし、図3に示すビッカースかたさの結果では前述の結論を見いだすことができなかった。これはビッカースかたさの場合、応力の一部解放に基づく対角線長の変化の少ないこととともに、測定精度（本実験ではくぼみ対角線の長さ $\pm 0.5\mu$ の変化がビッカースかたさ ± 2.5 に相当する）や試料自体のかたさのばらつきを考えると、量的に小さい応力変化に対して、かたさの変化が現われなかったものと思われる。

(4) ショアかたさは、ハンマが試料に圧入された後、くぼみの持つ弾性エネルギーによって、かたさ値が指示されるので、試料表面の圧縮応力のいかんは、弾性エネルギーに影響を与えることが考えられる。実験結果も、0.2~0.5%の変化率を示している。

(5) ロックウェルCかたさは、試験荷重を除いた後、残留くぼみの深さで測定値が得られるので、ショアか

たさ同様、その測定値は応力の大小によって影響を受ける。実験結果も約0.5%の率化率を示している。

(6) 共析鋼製かたさ基準片の焼入れの深度は断面かたさ分布の図4、5に示すように、表面よりほぼ2mm程度と考えてよい。しかし、心部のかたさは同一ロット、同一条件で製作された試料でも、相当の差異があり、またかたさのばらつきも図6に示すように大 σ のきいことがわかる。

6 結 言

共析鋼製かたさ基準片はショアかたさ基準片ばかりでなく、ロックウェルかたさ基準片、ビッカースかたさ基準片にも使用されている。その表面に残留する圧縮応力は、量的には小さい量と推定されるが、かたさ試験法によってその測定値への影響の程度が異なる。つまり応力に対する敏感の度合いは、ロックウェルかたさが大きく、次いでショアかたさであり、ビッカースかたさは小さいといえる。したがってビッカースかたさより換算してショアかたさを求める場合や、各種かたさ基準片を用いて、それぞれのかたさの長期管理を行なう場合、くぼみ数の増加、経年変化その他による基準片表面の巨視的な応力変化に注意する必要がある。

終わりに本研究について、直接ご指導をいただいた東京大学 吉沢教授、ならびに試料の製作にご協力いただきました ㈱山本科学工具研究社 山本普氏に深く感謝いたします。

(昭和40年5月18日、41年5月18日 日本材料学会第14、15期総会議事会にて講演)

参 考 文 献

- 1) ショアカタサ基準片, JIS B 7731 (1964).
- 2) 吉沢武男, 関谷三郎, 材料, **13**, 129 (1964).
- 3) 大和久重雄, 宮下春好, カタサ研究会資料, 32-36 (1957).
- 4) 平修二, 吉岡靖夫, 材料試験, **11**, 386 (1962).
- 5) 青山咸恒, 並川宏彦, 材料, **13**, 999 (1964).