

硬さ試験による鋼組織評価のための基礎実験

Fundamental Experiment for Evaluation of Steel Microstructure by Hardness Test

○望月 皆門(東京電大), 八高隆雄(東京電大), 福田勝己(東京電大) ◎五味 健二(東京電大)

Minato MOCHIZUKI, Tokyo Denki University 5 Senjyu-asahi-cho, Adachi-ku, Tokyo 120-8551

Takao YAKOU, Tokyo Denki University 5 Senjyu-asahi-cho, Adachi-ku, Tokyo 120-8551

Katsumi FUKUDA, Tokyo Denki University 5 Senjyu-asahi-cho, Adachi-ku, Tokyo 120-8551

Kenji GOMI, Department of Mechanical Engineering, Tokyo Denki University 5 Senjyu-asahi-cho, Adachi-ku, Tokyo 120-8551

1. 序論および目的

加工硬化が金属組織の粒内、粒界等でどのように進行するかを実験的に求めた研究はなく、これが分かれば材料内での加工硬化の分担が明らかになる。そこで、試みにフェライトおよびパーライト相の硬さの変化を捉える為、S45Cの各組織の硬さを調べる実験を行った。

2. 基礎理論

S45C はフェライトとパーライトが析出する⁽¹⁾。フェライト部のビッカース硬さは約 100 HV となり、パーライト部のビッカース硬さは約 250 HV となる⁽²⁾。

ビッカース硬さ試験機で硬さを測定する。測定方法は以下の通りである。試料に荷重を図1のようにワーク表面上に角錐形のダイヤモンドの圧子を接触させる。圧子に上から 1 gf~20 kgf の力で押しつけて図2のような正方形のくぼみをつける。できたくぼみを真上から顕微鏡で見て、対角線の長さを測定して硬さ値を計算・表示する。くぼみの対角線を約20 μmになるように荷重の大きさを設定する。くぼみはとて小さいため、その小さなくぼみの大きさを正確に測定するには、測定面をほぼ鏡面に研磨しておく必要がある。

ビッカース硬さは次式で求めることができる。

$$HV = \frac{\text{Applied load [kg]}}{\text{Contact area of indenter [mm}^2\text{]}}$$

$$= \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} \times 1000$$

$$= 1854.37 \frac{P}{d^2}$$

Hv: Vickers hardness number [kgf/mm²]

P: Applied load [gf]

θ: Angle between opposite faces [136°]

d: Diagonal of indentation [μm]

3. 実験装置

顕微鏡のレボルバー部分に顕微鏡用超微小硬度計 (MHT-4, Anton Paar) を取り付けた。また、PC のモニターで試料を観察できるように顕微鏡カメラ (DM-5800, 株式会社 佐藤商事) を取り付けた。

4. 試験片および実験方法

4.1. 試験片

使用した S45C の成分表を表 1 に示す。図 3 で示すように φ19×1900 mm の S45C の棒のおおむね真ん中から 300mm の棒を 6 本切り出した。そのうちの図 3 で示す 3 本目を使

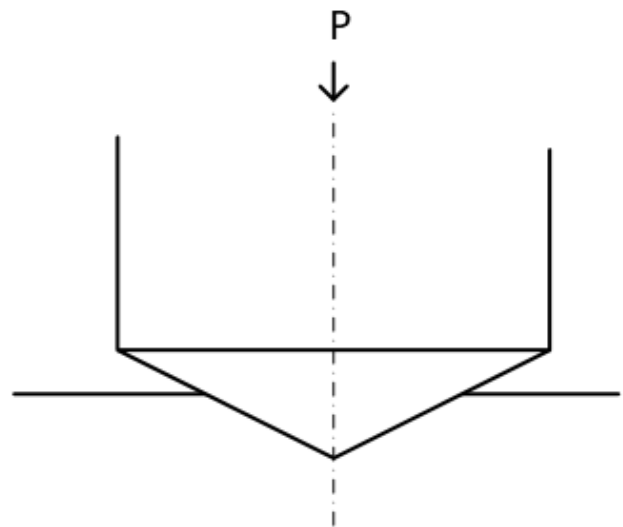


図 1. ビッカース圧子

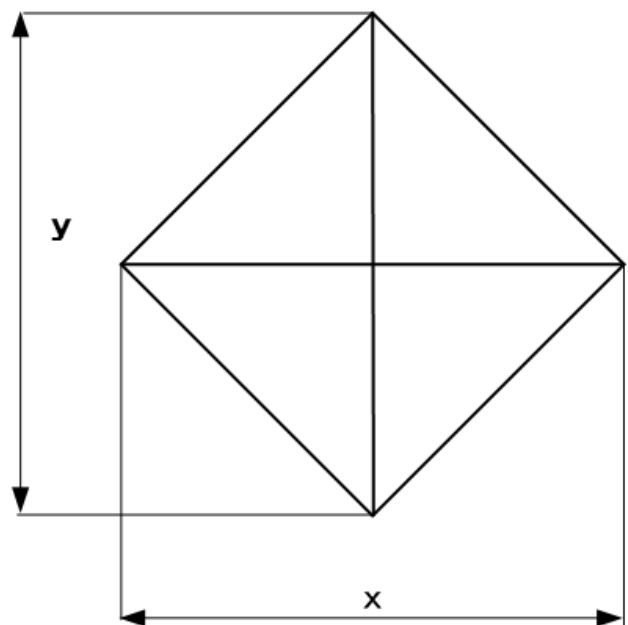


図 2. ビッカース硬さくぼみ

用した。切り出した 3 本目の棒の 4 本目側から 10 mm を切断廃棄してそこから 20 mm の長さにファインカッタで切断

表 1. S45C 成分表

化学成分 %							
C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0.44	0.24	0.74	0.013	0.019	0.11	0.04	0.12

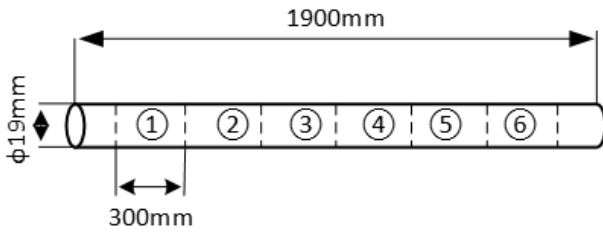


図 3. S45C の棒

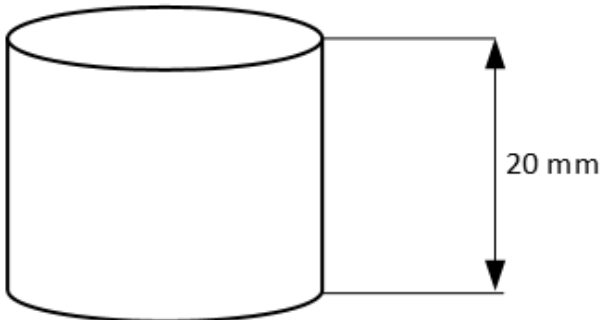


図 4. 試験片

し、図 4 のような試験片を作成した。測定する面を #120, 180, 240, 320, 500, 700, 1000, 1500, 2000, 5000 の耐水ペーパーで順に研磨した。その後、バフに研磨剤 (MetaDi MONOCRYSTALLINE DAIAMOND SUSPENSION 3 μm , BUEHLER) を滴下し鏡面に仕上げた。作成した試験片には錆防止のために油を吹きかけた。実験の際には油をアセトンで拭き取り、実験終了後に再び油を吹きかけた。

4.2. 実験方法

正しい荷重を加えられるように荷重校正を毎日実験前に行った。くぼみは必ずしも視野の中心に来ない。そのため、目的の位置にくぼみを打てるようにずれを把握する。この作業を毎日実験前に行った。

試験片を硬さ試験機にセットして倍率 40 倍でピントを合わせた。硬さ試験機に荷重 N , 保持時間 s , 荷重勾配 N/s , を設定した。その後圧子を下に向けてくぼみを打った。倍率 40 倍で見てくぼみを視野の真ん中に移動した。倍率 125 倍に変更して対角線の長さ $x \mu\text{m}$, $y \mu\text{m}$ (図 2) を測定して、対角線の長さの算術平均値 $d \mu\text{m}$ を求めた。求めた対角線の長さより硬さ HV を求めた。隣接するくぼみの距離は加工硬化することを考慮して、 $3d$ 以上離れた位置に打つ。

まず硬さ 208 HV の標準試験片を用いて誤差率を求めた。この時の硬さ試験機の設定は荷重 0.431 N , 保持時間 15 s , 荷重勾配 0.04 N/s と設定した。この値は JIS Z 2244 を参考に対角線の長さが約 20 μm になるように設定した。この測定を 3 回行い、3 回の誤差率の算術平均値を求めた。この作業を毎日実験前に行った。

その後作成した試験片を用いて測定を行った。この時の硬さ試験機の設定は荷重 0.598 N , 保持時間 15 s , 荷重勾配 0.04 N/s と設定した。この値は JIS Z 2244 を参考に対角線

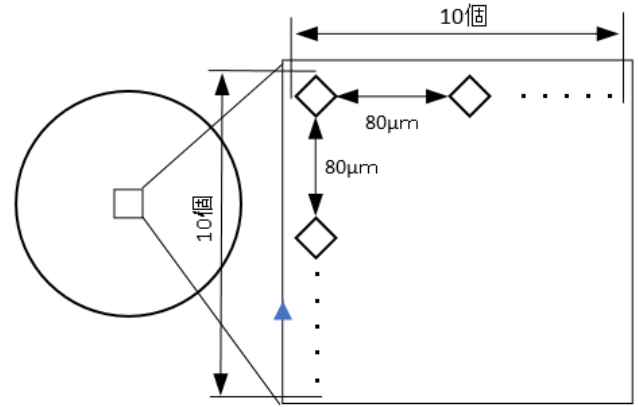


図 5. くぼみ位置

の長さが約 20 μm になるように設定した。加工硬化を考慮すると隣接するくぼみとの距離を 80 μm 以上離す必要があるため図 5 のように 100 個のくぼみを打った。

5. 実験結果および考察

フェライト体積率 f_α とパーライト体積率 f_β は次式で与えられる⁽²⁾。

$$f_\alpha = (0.77 - 0.02 - C) / (0.77 - 0.02)$$

$$f_\beta = C / (0.77 - 0.02)$$

C は試験片の炭素量の質量%である。定数 0.77 は Fe-C 系状態図の A1 変態点 (727°C) における共析点の炭素濃度 % である。A1 変態点とはオーステナイトからフェライトとセメンタイトが共析するときにおきる変態である。定数 0.02 は Fe-C 系状態図の α 固溶体の炭素最大固溶限の炭素濃度 % である。使用した試験片の炭素量は表 1 より 0.44% である。よってフェライト体積率は 0.413 となり、パーライト体積率は 0.586 となる。

硬さ試験によって求めたピッカース硬さを表 1 に示す。また、求めたピッカース硬さの度数分布表を図 6 に示す。図 5 から、ピッカース硬さが最も多く分布するのは 230 HV 付近であると考えられる。この値はより多くの実験を行うことでより正確な値を測定できると考えられる。また、この値は基礎理論で示したパーライトのピッカース硬さ 250 HV とは一致していない。さらに、フェライトのピッカース硬さである、100 HV 付近の値は全く測定できていない。今回の実験では、くぼみ対角線が平均 22.13 μm に対して、フェライトおよびパーライトの粒径がそれより十分小さく、分離出来ずに両者の硬さをまとめて測定していた可能性が考えられる。

6. 結論

S45C の各組織の硬さの測定を硬さ試験機を用いて行った。その結果、今回使用した S45C の試験片はピッカース硬さ 230 HV 付近に多く分布することが分かった。しかしこの値はフェライトとパーライトのどちらの硬さとも当てはまらなかった。今回の実験ではフェライトとパーライトの粒径より大きなくぼみだったため、分離出来ずに両者の硬さをまとめて測定していた可能性が考えられる。そのため今後の実験では硬さ測定時の荷重の設定を下げ、くぼみの大きさがフェライトとパーライトの粒径以下になるようにする必要がある。

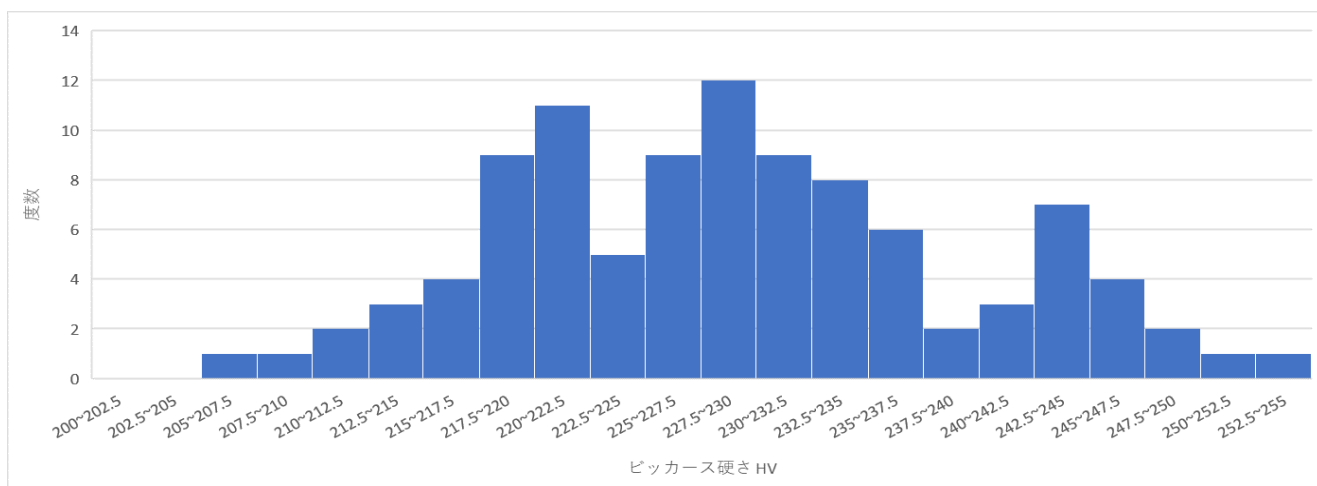


図 6. 度数分布表

参考文献

- (1) 小原嗣朗. 基礎から学ぶ金属材料. 株式会社朝倉書店, 2012, 198-204
- (2) 蛭川寿, 松岡三郎, フェライト/パーライト鋼のナノ強度解析, 日本機械学会論文集(A編), 68巻 671号(2002-7)