

# X線による金属材料硬さの非接触小型評価装置の開発

機械金属部 ○鷹合滋樹, 安井治之, 中島明哉

## 1. 目的

金属材料の硬さ試験は機械部品の重要な検査項目として、品質管理のために広く利用されている。硬さ試験は、ロックウェル硬さに代表されるように、圧子を試料に押し付けた時に形成される圧痕の大きさを評価する破壊・接触試験が主流である。一方で、製品の検査工程における全数検査、複雑形状物への対応等から検査の非破壊・非接触化への要望が高まっている。硬さを非接触で評価する手法では、電磁気的方法が実用化されているが、コイル形状によって測定領域が決定されることから、材質や表面の形状に測定値が左右されやすいという課題をもつ。これに対し今回提案するX線法は、表面形状の影響を受けにくく、表面近傍に特化した硬さ評価を行うことができる。これまでにX線回折半価幅データと硬さの相関についてはいくつかの報告例があるが、実用化には達していない。その原因として、X線装置は大型かつ高コストであり、X線データから硬さに変換する手法が複雑であることが考えられる。

そこで本研究では、まず種々の鋼種についての硬さとX線データの関係の検量線を求め、その有効性について調べた。そして、低電力かつ空冷式の小型X線管球を利用した硬さ評価装置の開発を行い、本装置の有効性について検討した。

## 2. 内容

### 2. 1 材料について

試験片には鉄鋼材料のSUJ2, S45C, SCM435, SCM420を選択した。これらに対し、焼入れ、焼戻し温度を調整することで、硬さの異なる試験片を得た。表面はすべてバフ研磨仕上げとした。今回提案のX線法との比較として、従来から用いられているロックウェル硬さ試験を行った。

### 2. 2 鉄鋼材料の硬さとX線半価幅の関係

図1に硬さとX線半価幅の関係を示す。X線半価幅は、硬さとともに増加し、変曲点を有した相関性を持つことがわかる。この変曲点以下の領域では、フェライトが混合した組織となっている。その結果、変曲点として出現したものと考えられる。変曲点は35~45HRCに存在し、炭素量の増加に伴い大きくなる。ここでは、それらを境界として、硬さと半価幅の関係を1次関数で近似して検量線を作成した。

### 2. 3 検量線からの硬さの推定

図2は、硬さ基準片(SUJ2)から作成した検量線を利用し、X線半価幅データから算出した硬さ(X線硬さ)

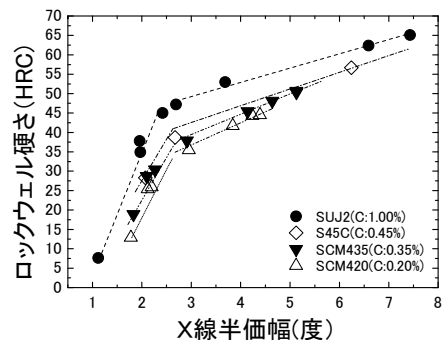


図1 硬さとX線半価幅の関係

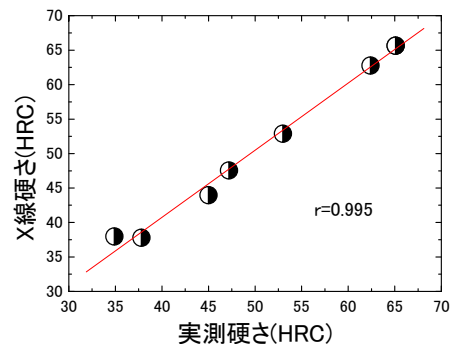


図2 X線硬さと実測の硬さとの関係

と、ロックウェル硬さ（実測硬さ）との比較を示した。それらは高い相関性(相関係数 $r=0.995$ )を示しており、本手法を利用することで、表面硬さをX線から推定できることがわかった。

#### 2. 4 空冷式X線を使った小型評価装置の開発

本手法を生産現場で利用しやすくするために、ポータブルな小型X線評価装置の開発を行った。その装置の外観を図3に示す。X線には、Crをターゲットとするセラミックスタンプの管球を用いた。電圧は30kV、電流は0.4mAと比較的低電力であるため、冷却は空冷で対応できる。X線検出器には浜松ホトニクス製のCCD素子を使用し、検出窓はBe箔およびAl蒸着マイラー膜を組み合わせることで、可視光などのノイズ侵入を抑えた。

開発した装置の評価を行うために、2 $\theta$ が156度付近のFe(211)回折強度を測定した。用いた試験片は硬さ30~60HRCに調整したSK85 (C:0.85%)である。その結果を図4に示す。最大と最小の強度差が約5000カウントと十分な信号が得られることがわかる。回折プロファイルに対して半価幅を求め、硬さとの関係を表したのが図5である。その結果、大型の汎用X線装置と同様の相関性が本装置でも確認できた。

### 3. 結果

本研究による成果をまとめると次の通りである。

- (1)鉄鋼材料の硬さとX線半価幅は変曲点を有する相関性をもち、変曲点位置は炭素量に依存する。
- (2)硬さとX線半価幅の関係は変曲点を境界とした検量線(1次式)を作成することで、硬さを求めることができる。その値は実測値とよく一致した。
- (3)試作した小型X線硬さ評価装置においても、硬さとX線半価幅の相関性が得られた。これにより製造ライン等への応用が期待できる。

最後に、本装置による硬さの非接触評価方法の適用範囲を表1に示した。

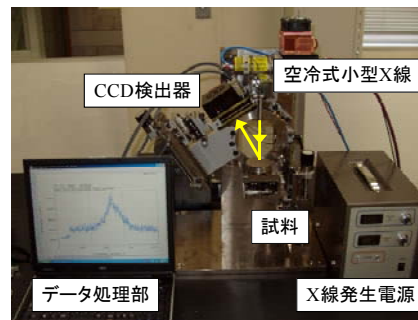


図3 開発した装置の外観

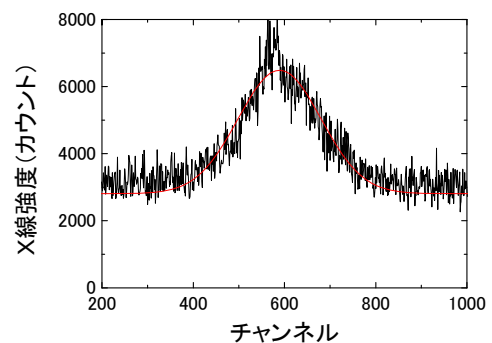


図4 X線回折プロファイル

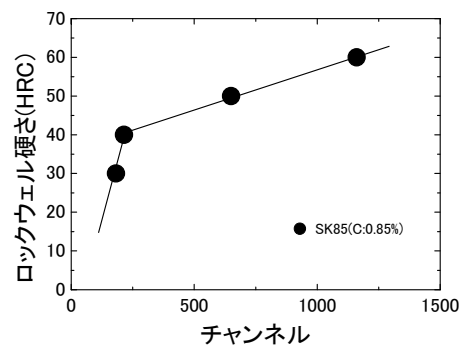


図5 硬さと半価幅の関係

表1 X線による硬さ評価方法の適用範囲

対象材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄鋼材料</li> <li>・一般熱処理</li> <li>・ステンレス</li> </ul>
硬さ範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロックウェル硬さ</li> <li>・ピッカース硬さ</li> </ul>
表面状態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研磨、機械加工</li> <li>・酸化スケールがあっても可能</li> </ul>
試料の形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平面および円筒</li> </ul>
測定領域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深さ：0. 0 1 mm×面積</li> </ul>
測定時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・5～30秒</li> </ul>