

ティルト法による溶接鋼材内部の無応力状態格子定数の非破壊測定

Non-destructive measurement of unstressed lattice parameters in welded steel by tilt method

今福 宗行

Muneyuki IMAFUKU

東京都市大学工学部機械システム工学科

〒158-9557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1

(概要)

JRR3-RESAIIにて中性子残留応力解析のための無応力格子定数 d_0 の非破壊決定法の検討を行った。実験では SM41 溶接鋼モデル試験片を用いて、ティルト法による測定解析を試みた。その結果、溶接部から熱影響 (HAZ) 部にかけては母材部よりも d_0 が大きくなる傾向が見られた。本結果は、熱履歴等を受けた材料中での d_0 の分布を非破壊で決定できる可能性を示すものである。

キーワード:

中性子、残留応力、溶接、無応力状態格子定数

1. 目的

結晶材料中の格子ひずみ ε は、測定対象材料の格子面間隔 d とその材料のマクロ応力が解放された状態での格子面間隔 d_0 を用いて $\varepsilon = (d - d_0) / d_0$ と表わされる。中性子残留応力解析では、材料内部の直交三方向に対して測定された格子ひずみをもとに弾性解析を行って材料内部の残留応力を求めるので、基準となる d_0 値を決定する必要がある。ところが、溶接材料や侵炭材料といった実用材料では、その熱履歴や組成分布によって、材料内部で d_0 が一定とは限らないことが知られている。従って、これら材料の中性子残留応力測定では測定対象場所ごとの d_0 を正確に知る必要がある。

この課題の解決方法として、試料中の測定箇所と同等な場所から切り出した基準小片 (クーポン材という) を用いた d_0 決定法⁽¹⁾が提案され、広く用いられるようになった。また、この手法の亜流として試料に基盤の目状の切れ込みをいれたり、櫛状にしてマクロ応力を解放した試料を用いる方法も試みられている。しかしながら、従来のこれら手法は試料を破壊しなければならない、基準試験片作製に手間がかかる、測定試料と同じものが2個必要であるといった欠点を有しており、これら問題点の解決法が待望されている。

そこで、本研究では、試料非破壊 d_0 決定法の提案とその検証を試みることにした。

2. 方法

本実験では、SM41 溶接鋼に深さ 3mm の V 溝を切って溶接線を形成し、溶接線方向を W 方向にとって 100(L)X20(W)X15(D) mm³ に切り出した試験片を用いた。溶接線近傍内部での d_0 値の非破壊測定解析を行った。試験片には従来の中性子残留応力測定法では、散乱ベクトルを直交三方向に向けていたが、本実験では、測定対象試料をそのまま用いて、試料内部での散乱ベクトルを試料面直から ψ 角傾斜させた状態での格子面間隔の測定を合わせて行い (ティルト法と呼ぶ)、以下の式⁽²⁾により d_0 を決定する。

$$d_{c0} = \left(\frac{\nu}{1+\nu} \right) \frac{d_{A\psi} + d_{B\psi} - 2d_c}{\sin^2 \psi} + d_c \quad (1)$$

ここで、A, B, C は試料座標系での直交三方向であり、 ν はポアソン比である。

実験は JRR3-RESAII にてオイラークレドールを用いて実施した。入射側スリットは 2.0 mmX2.0

mm を用いた。Ni パウダーを用いた波長校正の結果、今回の中性子波長 λ は 0.1836 nm であった。測定箇所は試料深さ 2.5mm で溶接線から 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 mm 離れた位置の 4 箇所とした。オイラークレードルの χ 軸を用いて試料を ψ 傾斜しながら L, W2 方向について $\sin^2\psi = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ の時それぞれの $hkl=211$ 指数の回折角を測定し、(1)式を用いて d_0 値の決定を行った。

3. 実験成果

図 1 に解析結果を示す。横軸は溶接線中央からの距離を示す。本図からわかるように、溶接部から熱影響 (HAZ) 部にかけて母材部よりも、 d_0 値が大きくなっていることがわかった。鉄の格子定数から算出すると、 $hkl=211$ の d_0 は 0.11702 nm であり、母材部ではほぼ同等の値が得られた。また、溶接部から熱影響 (HAZ) 部にかけては熱履歴により d_0 値が大きくなった様子が観測されたものと考えられる。

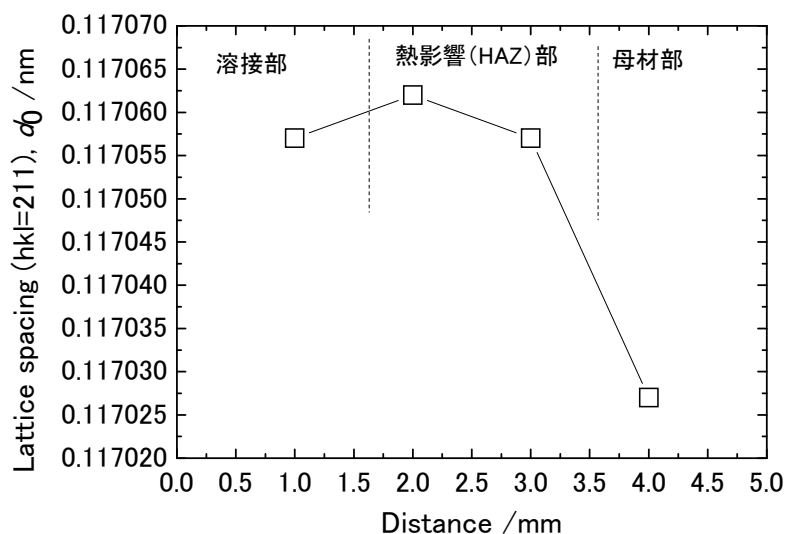


図 1. ティルト法により決定した溶接部近傍の d_0 値の変化。

4. まとめ

非破壊ティルト法により、SM41 溶接鋼の溶接線近傍の d_0 の変化を捉えることができた。本結果は、熱履歴等を受けた材料中での d_0 の分布を非破壊で決定できる可能性を示すものである。今回の実験では 1 種類のみ鋼材を用いた実験であったが、さらなる検証のためには、クーポン材を用いた測定結果との比較、他の鋼材での実験データの積み重ねが必要であると考えられる。

5. 引用(参照)文献等

- 1) A. D. Krawitz et al.: Mater. Sci. Eng. A 185 (1994) 123.
- 2) C. S. Barrett and T. B. Massalski: "Structure of Metals - Crystallographic Methods, Principles, and Data" (3rd revised edition, Pergamon Press, 1980) p. 475.