

鋼中のナノ析出物と介在物サイズ分布測定法の開発

Development of an evaluation method for nano-sized precipitates and inclusions in steels

友田 陽¹⁾, 諸岡 聡, 大沼正人²⁾ 鈴木淳市³⁾

Yo TOMOTA, Satoshi MOROOKA, Masato OHNUMA, Junichi SUZUKI

¹⁾茨城大学 ²⁾物材機構 ³⁾原子力機構

中性子小角散乱法は、鋼中の nm から μm サイズの析出物や介在物のサイズと量を約 2mm 厚さの鋼板を用いてバルク平均として非破壊で測定できる唯一の方法である。基本的測定・解析手法の確立に向けて一連の研究を行っているなかで、今回は伸長した非金属介在物を評価するための基礎実験を行った。また、パーライト鋼中のセメント球状化処理における球状化進展状況の評価を試み、いずれも有望な結果を得た。

キーワード：中性子小角散乱、鉄鋼材料、析出物、介在物、セメント、非破壊測定

1. 目的

鉄鋼材料の高強度化と信頼性向上のためには、ナノからミクロンサイズの析出物や介在物を制御することが重要である。これらは一般に顕微鏡観察結果を定量化処理して利用されているが、バルク平均を得るには多くの視野で観察する必要があり、しかもバルク平均としての精度に問題が残る。ナノサイズの場合は高分解能電子顕微鏡などで存在を同定できても量やサイズ分布を定量測定するのはむづかしい。透過能の高い中性子小角散乱では 10mm 直径、2mm 厚さの実際の鋼板に近い大きなサイズの試験体に対して非破壊でサイズ分布と量、さらに形状に関するバルク平均情報が得られ、測定結果と機械的特性の相関性にきわめて優れている。これまで、このような利用がなされていなかったため、標準測定手法を確立し、より複雑な系の測定を可能にしてゆく必要がある。本研究では基礎となる純度の高い実験鋼から実用鋼にいたる一連の試料を対象に体系化を進めている。

2. 方法

熱間圧延鋼中に存在し疲労破壊はじめ各種破壊の起点となる MnS のサイズ評価を検討するために、圧延により伸長した MnS を含む鋼板について、試料を回転させながら測定する方法を検討した。続いて、板状のセメントを含むパーライト鋼（中・高炭素鋼）は組成加工を容易にするために球状化処理が施されるが、球状化状態を同定する良い手法がなく、中性子小角散乱の利用を検討する。

3. 研究成果

伸長した MnS を含む鋼試料を 1 T の磁場下、常温で、試料を回転しながら小角散乱プロファイルを測定したところ、MnS 形状の影響から組成散乱イメージが試料回転に伴って回転した。次に、パーライト鋼を用いて 973K において種々な時間焼鈍（球状化処理）した試料に対して磁場下、常温で測定した。低 q 領域ではセメント形状を反映した散乱強度 - q 曲線の傾斜の変化および高 q 領域で散乱強度の変化が観察された。ここは、セメント/フェライト界面の総面積が減少すると散乱強度が低下する関係にあり、散乱強度とセメント粒子のアスペクト比（SEM 観察結果より測定）⁽¹⁾ との間、さらには引張性質との間に良い相関がみられた。

4. 結論・考察

中性子小角散乱法は鋼のミクロ組織因子をバルク試料を対象にして定量測定できる有用な非破壊測定ツールである。しかしながら、その適用対象を広げ、測定の信頼性を向上させるには、基礎実験から実用材料の測定を系統的に行って、測定手法の標準化を進める必要がある。

5. 引用(参照)文献等： (1) Inoue et al.: Tetsu-to-Hagane, 61 (1975), 34