

中性子を利用した肉盛溶接硬化層内部の結晶構造およびひずみ解析

利用者 安井 治之、鷹合 滋樹
所属 石川県工業試験場

1. はじめに

肉盛溶接技術は、機械部品の修繕や部材における耐熱性・摩耗性向上のために多く利用されている。本技術は、肉盛材料を高温により溶融させ、冷却するという熱履歴と対象材料の希釈による影響および機械的性質のミスフィットにより多くの場合、熱ひずみが生じる。こういった問題に対し、同一形状によるテストピースによる確認などを事前に行っているが、実験的な手法により明らかにすることが必要になっている。ひずみを実験的に評価する技術としてX線による回折方法があるが侵入深さが約0.01mm以下ということで、数mmとされる膜の非破壊検査を行うには不十分と思われる。そこで本研究では侵入深さがX線に比べると数千倍とされる中性子を利用し、肉盛溶接層のひずみ解析を試みた。

2. 実験目的

耐熱性、耐摩耗性および補修技術である肉盛溶接技術は、多くの産業分野に活用されている。本技術は金属あるいはセラミックスを溶融し、非処理材料にコーティングする技術であるが、コーティングと母材間に生じる熱ひずみの解明が必要となっている。ひずみの評価手法として一般に利用されるX線法は表層から約0.01mm以下の表面であり、肉盛層の評価を十分に行うことができない。そこで、本研究では中性子を利用した内部のひずみおよび熱履歴による結晶構造の変化を検討することが目的である。

3. 実験方法

試料の肉盛溶接材料は金属とセラミックスから成る材料であり、処理前の粉末と肉盛層を作製し、その硬質膜部分のみを切り出した材料を比較として選択した。ひずみはJRR-3炉室内の高解像度中性子粉末計HRPDを使用した。装置の外観を図1に示す。



図1 HRPD 測定の外観（左：中性子入射、中央：回転試料台、奥：検出器群、右：ビームストッパ（B4C））

4. 研究成果

得られた中性子回折スペクトルを図2に示す。多くのピークが測定範囲に見られており、結晶構造を評価することは難しくなっている。しかし、本課題の目的であるひずみに影響するピークシフトに着目したところ、 $2\theta = 150$ 度付近において、ピークシフトが認められた（印）。これは溶接による熱履歴により内部の残留応力が変化していることを示している。また、波形の全体をみると、いくつかのピークが溶接後に生成されている傾向があり、熱履歴により新たな結晶構造が生成されていることがわかる。こういった新たな化合物の生成が溶接後における機械的性質の変化、残留応力の発生に寄与していることが予想される。以上の検討により、中性子を利用することで内部の結晶構造を測定することができ、本試料内部のひずみ結晶構造を評価することができた。また、同様の測定をX線により行ったが回折プロファイルは数個のピークしか得られなかった。この事の原因は今のところ不明ではあるが、本肉盛層の構造評価に中性子が適していることが示唆される。

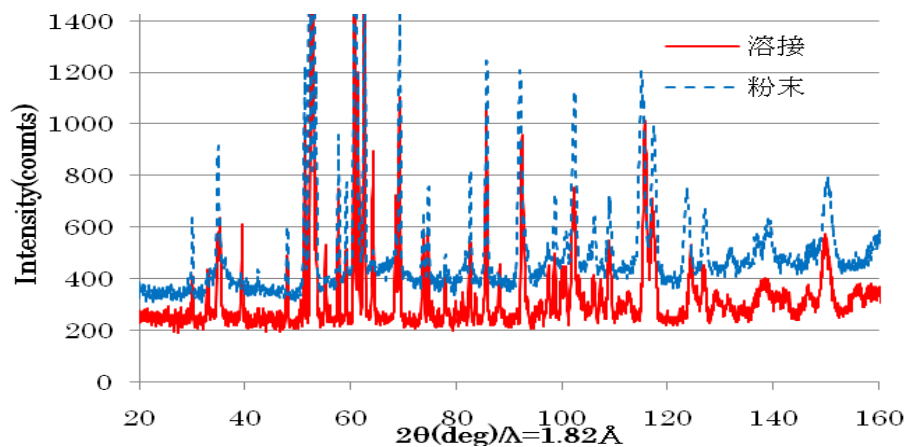


図2 中性子回折プロファイル

5. 結論・考察

溶接試料と粉末による格子面間隔 d をそれぞれ求め、それらの差から格子ひずみを算出することができる。溶接後のピークは低角側にシフトしており、これにより格子面間隔 d は増加し、引張の残留応力が発生していることが予想される。溶接後による残留応力は一般的には引張とされており、これらの抑制は製品の疲労強度や耐食性などに優位にはたらくことが予想される。今後は種々の製造工程の調整（応力除去熱処理、予熱等）の効果を定量的かつ全体的に評価していくことが中性子法に期待される。今後は、ピークシフトに着目した系統的な実験が望まれる。