

Ni-Cr系厚肉高強度溶接金属の 残留応力分布解析

利用者 石川 信行、末吉 仁

所属 JFEスチール株式会社 スチール研究所

1. はじめに

高強度溶接金属の低温割れ限界条件の解明のため、低温変態を呈するNi-Cr系高強度溶接継手の残留応力分布を測定した。溶接金属内部の残留応力は低い引張残留応力または圧縮残留応力であることが明らかになり、Ni-Cr系溶接金属が残留応力低減に有効であることが確認できた。

2. 実験目的

溶接構造物の高強度化に伴い溶接方法の高性能化や高強度溶接材料の開発が進められているが、高強度溶接金属では低温割れの発生が懸念される。高強度溶接金属の低温割れは溶接時の水素侵入による脆化と凝固収縮による引張残留応力が原因とされており、低温割れ現象の解明のためには割れ発生時の水素量とともに溶接金属内部の応力状態を把握することが重要である。前回、RESA-1で共金系の980MPa級厚肉溶接継手の残留応力分布測定を行い、溶接金属内部で1000MPaを超える高い引張残留応力が発生していることを明らかにすることができ、非接触・非破壊で物質内部の残留応力を測定できる中性子回折法の有効性を確認した。今回、低温割れ抑制のために開発が進められている、低温変態を呈するNi-Cr系高強度溶接金属の内部応力状態を中性子回折により解析した。

3. 実験方法

残留応力測定に供した試験体は、板厚25mmの980MPa級鋼板による溶接試験体であり、中央のY型のスリット部に1パスのMIG溶接を行ったものである。溶接入熱は20kJ/cmであり、低温変態を呈するNi-Cr系の溶接材料を用いた。同一条件の溶接試験体を、溶接後48時間以上経過した後に溶接部を切断し、低温割れが発生していない事を確認している。中性子回折装置は日本原子力研究開発機構の残留応力解析用装置RESA-1を用いた。図1に試験体の設置状況を示す。利用した中性子線の波長は1.594 Åであり、N方向が(211)反射、T方向とL方向が(211)透過の回折線を用いた。溶接継手の中央部断面において、図2に示す位置で測定を行った。T方向は図中に示す全点において測定し、溶接金属中心部の板厚方向と板幅方向のみ応力分布を解析するためN方向とL方向も測定した。また、基準となる無歪(D0)サンプルは、溶接部を切り出し、ワイヤカットにより3mmピッチでスリットを導入したものをを用いた。

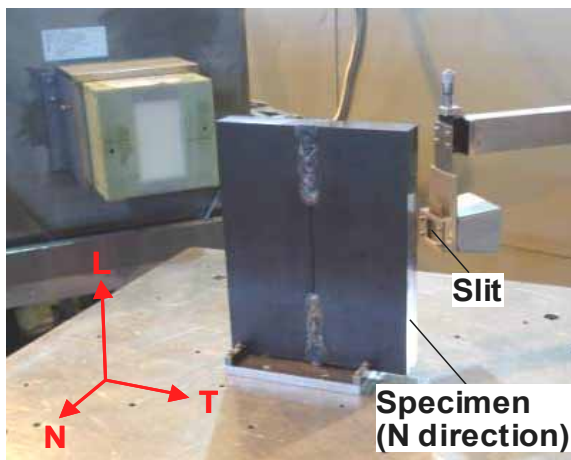


図1 中性子線回折状況

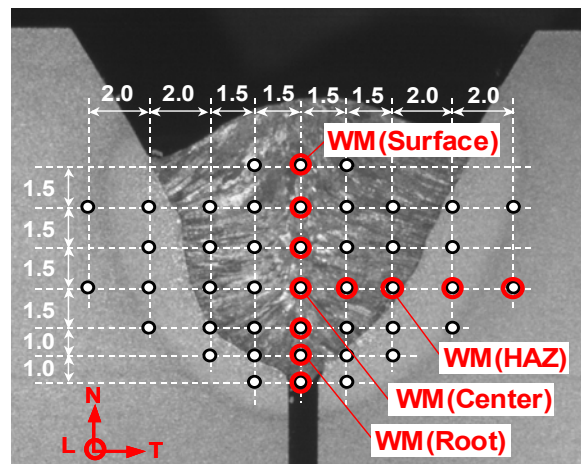


図2 残留応力測定位置

4. 研究成果

図3(a)に溶接金属の表層部と下端部(Root部)近傍および図3(b)に溶接金属の幅方向中央部と溶接熱影響部(HAZ)側でのT方向の回折曲線を示す。無歪状態のD0サンプルに対して、表層近傍とRoot部近傍ともに回折角が低角度側へシフトして格子間隔が広がっているが、表層部とRoot部でそれほど大きな差は見られない。一方、溶接金属の幅方向中央部の回折角は低角度側に变化し、HAZ側では高角度側に变化している。このような回折角度の変化からT方向の格子歪を求めマップにしたものを図4に示す。Root部近傍が最も歪が大きく、0.2%以上の引張歪を示している。HAZ近傍の一部では圧縮を示している。ただし、溶接金属形状が非対称である影響もあり、残留応力分布に左右に不均一性が見られる。溶接金属中央部の板厚方向および板幅方向については、T、L、Nの3方向の回折を測定し、各方向の格子歪から残留応力を求めた。図5に溶接金属中央部の板厚方向および板幅方向での残留応力分布を示す。板厚方向では、T方向の残留応力が最も高いが、表層部からRoot部近傍にかけて大きな残留応力分布は生じておらず、最大でもRoot部の342MPaであり総じて残留応力は低い。また、L方向およびN方向では圧縮残留応力が発生している。一方、板幅方向では、溶接金属はいずれの方向もHAZ側近傍で圧縮残留応力が発生している。

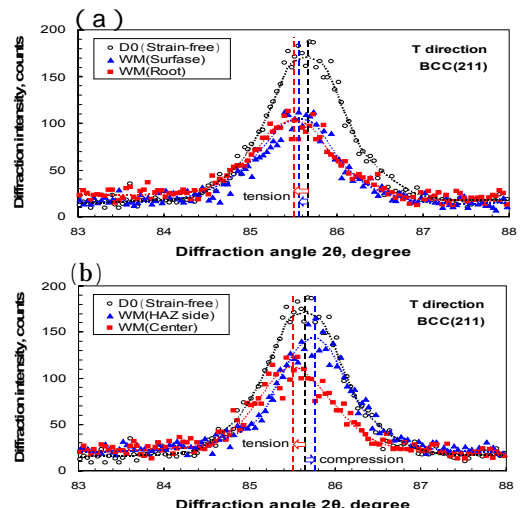


図3 (a)溶接金属表層部とRoot部および (b)溶接金属中央部とHAZ側における回折曲線

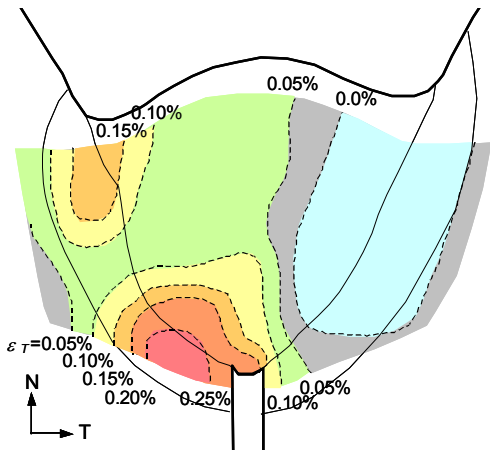


図4 溶接継手部のT方向格子歪分布

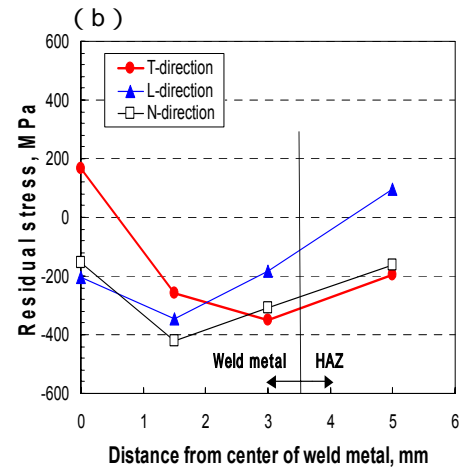
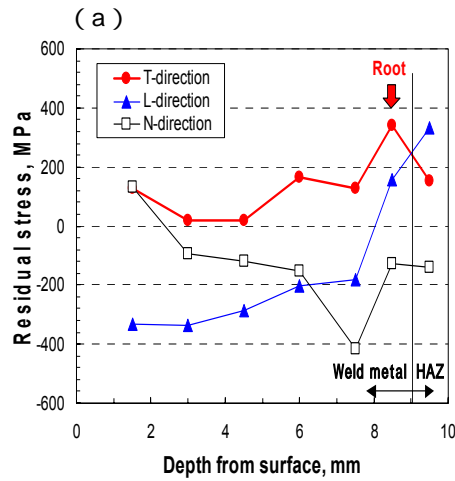


図5 溶接金属中央部の板厚方向(a)および板幅方向(b)での残留応力分布

5. 結論・考察

中性子回折によりNi-Cr系高強度溶接金属内部の残留応力状態を測定することができた。今回用いたNi-Cr系高強度溶接継手は低い引張残留応力または圧縮残留応力を呈していた。Root部近傍でも残留応力は低く、低温割れ抑制に効果的であると考えられる。これはNi-Cr系溶接金属が低温でマルテンサイト変態することで圧縮残留応力が導入されたことによると考えられ、Ni-Cr系溶接金属が残留応力の低減に有効であることが確認された。低温割れの解明には、残留応力分布とともにそれに伴う水素の拡散集積の解析が重要であり、応力と水素の相互作用に関する検討が今後必要である。また、低温割れに及ぼすNi-Cr系溶接金属中の残留 の影響解明も今後の課題である。

6. 引用(参照)文献等

なし