

二相ステンレス鋼の溶接熱影響部における 孔食発生メカニズム

接合科学研究所 接合評価研究部門

助教 Hou, Yuyang

Researchmap <https://researchmap.jp/houyujwri>



研究の概要

高能率埋もれアーク溶接による二相ステンレス鋼溶接部の耐孔食性を検討したところ、孔食は主に最高到達温度がフェライト単相域まで上昇する高温熱影響部 (HT-HAZ) で発生し、そのほとんどは、フェライト相の (Ti,Cr) N 近傍から発生することがわかりました。母材となる二相ステンレス鋼のチタン含有量が 50 ppm 以下であるにも関わらず、(Ti,Cr) N が析出し、この周囲に明確な Cr 欠乏層は認められないものの、(Ti,Cr) N 表面に不動態皮膜がほとんど形成されていないことが確認されました。以上のことから、孔食は Cr 窒化物周囲に形成される Cr 欠乏層だけでなく、(Ti,Cr) N 表面の不動態皮膜の欠如によって引き起こされると考えられました。

研究の背景と結果

二相ステンレス鋼は、フェライトとオーステナイトの体積比が約 1:1 となるマイクロ組織形態を呈し、耐食性、機械的性質、加工性、溶接性に優れています。そのため、海洋構造物、さまざまな化学プラントなど、重要な分野で数多くの用途があります。二相ステンレス鋼製品の製造において溶接は非常に重要な技術です。しかし、二相ステンレス鋼溶接部の熱影響部 (HAZ) では、冷却速度が速いためフェライトが過剰となり、耐孔食性が低下しやすくなることが知られています。これまで、二相ステンレス鋼の溶接部における孔食発生は、溶接特有の急峻な熱サイクル過程に伴う複雑な組織変化等に起因するため、その詳細は明らかになっていません。また、孔食の起点として析出物を対象とする解析はほとんどなく、析出物と耐孔食性の関係はいまだ不明確です。本研究では、高能率埋もれアーク溶接による二相ステンレス鋼の HAZ に着目し、孔食発生起点近傍の濃度分布の詳細な測定により孔食の発生メカニズムを検討しました。その結果、二相ステンレス鋼中に含まれる微量のチタンが、HAZ の高温側でチタンを含有する窒化物の析出を引き起こすことが明らかになりました。また、このようなチタンを含有する窒化物の表面では、不動態皮膜が欠乏しやすい傾向が認められました。この不動態皮膜の欠乏が、耐孔食性の劣化を誘発することが示唆されました。

研究の意義と将来展望

この研究により、二相ステンレス鋼溶接部の熱影響部における析出物が原因となる孔食発生の新たなメカニズムが明らかになりました。この結果は、より高い耐孔食性を有する二相ステンレス鋼の成分設計および製造プロセスに関する新たな展望を与えると考えられます。また、この研究は、二相ステンレス鋼製品の安全性の確保はもとより、より良い環境保護と省エネルギーへの貢献すると期待されます。

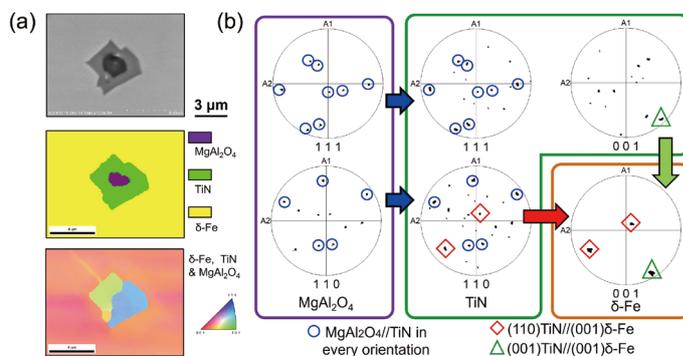


図1 ステンレス鋼溶接金属部の機械的特性を向上させる δ フェライト核生成のための TiN 形成を促進する酸化物の同定
(a) 核生成サイトの特性、(b) 結晶方位関係と核生成機構

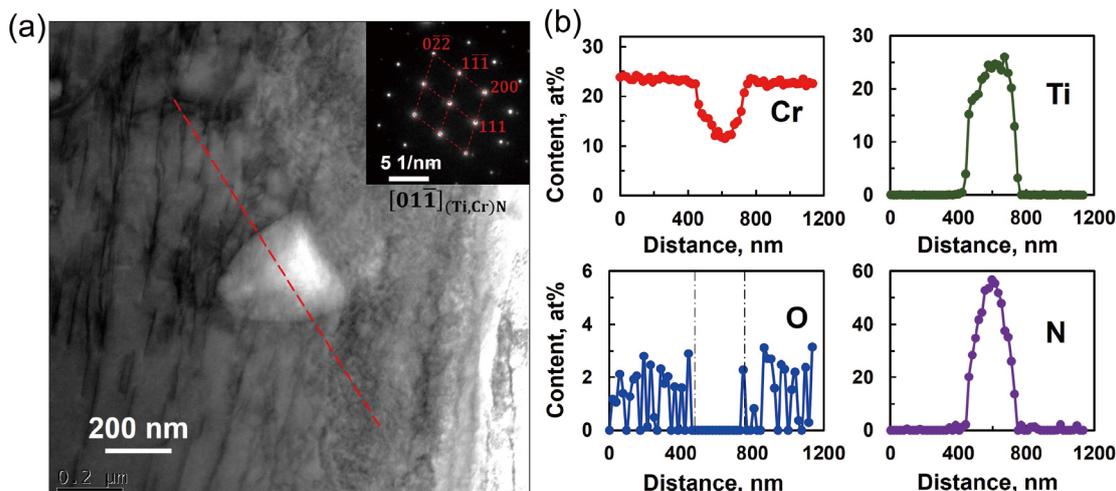


図2 二相ステンレス鋼溶接部の HT-HAZ (熱影響部高温側) における孔食発生起点の解析
(a) (Cr,Ti)N の相同定、(b) (Cr,Ti)N 上の不動態皮膜の脆弱性と欠如 ((Cr,Ti)N 近傍の EDS 線分析)

特許

Hou, Yuyang; Nakamori, Yudai; Kadoi, Kota et al. Initiation mechanism of pitting corrosion in weld heat affected zone of duplex stainless steel. Corrosion Science. 2022, 201, 110278. doi: 10.1016/j.corsci.2022.110278

Hou, Yuyang; Kadoi, Kota. Nucleation of equiaxed δ -ferrite by accelerating TiN formation controlled by oxide during welding of ferritic stainless steel. Materials Characterization. 2023, 204, 113212. doi: 10.1016/j.matchar.2023.113212

参考URL

キーワード 溶接・接合、冶金、マイクロ組織、腐食、欠陥