

(474) SUS 304 溶接部の水素脆化

新日本製鐵(株)基礎研究所 工博 谷野 満, ○船木秀一
東洋エンジニアリング(株)技術研究所 安斉利男, 篠ヶ谷達司

1. 緒言

化学プラントにおいて、冷間プレス加工を施したSUS304製鏡板が低温ならびに水素を含む環境中で数多く使用されている。たまたまこのうちの一基が使用開始より数ヶ月で溶接部近傍に亀裂が発生した。この稀有な例である亀裂発生についてその要因を明らかにするとともに、亀裂発生メカニズムおよびその防止対策について検討した。

2. 亀裂の発生状況

母材の分析値は0.07% C, 8.6% Ni, 18.1% Cr, 0.011% Nであり、通常成分系のSUS304と考えられる。なお水素量は4~6ppmでかなり高かった。破面形態は溶接ボンド部が粗粒の粒界割れ、熱影響部が細粒の粒界割れと擬劈開割れ、母材は主として擬劈開割れであった。また内面のボンド部に沿って溶接施工時に発生したと思われる微小表面クラックが発見された(写真1)。溶接部および熱影響部には炭化物の粒界析出が起っており、鋭敏化された状態になっている。

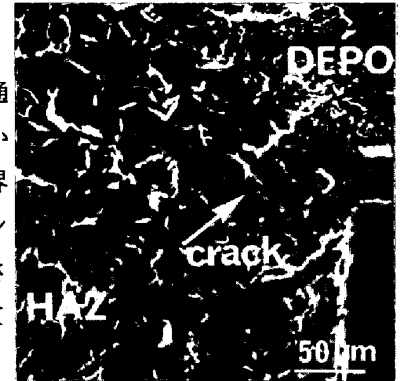


写真1: 亀裂破面の形態

3. SUS 304 の水素脆化感受性評価試験

(1)低温衝撃試験: 鋭敏化処理後に電解水素チャージを行うと靱性劣化が著しい。溶接ままも同様である。また冷間加工によるマルテンサイトの存在は鋭敏化後の水素脆化を助長する。(図1)。

(2)SSRT試験: 大気中では延性破壊であるが、水素ガス中では粒界破壊を主体とした脆性破壊であり、その様相は実機に発生した亀裂の破面に酷似している。水素ガス中における延性は低C化により改善され、擬劈開割れが主体になる(図2)。

4. 亀裂発生メカニズムおよび亀裂防止対策

実機の亀裂部の破面解析結果および水素脆化感受性試験結果から、亀裂の発生原因は溶接施工時に発生した表面クラックが応力集中源として働き、水素ガスを含む環境下において、溶接時に鋭敏化された領域に沿って粒界破壊が進行した水素脆性にあると考えられる。この種の水素脆性を支配する因子として、応力集中源の存在^{(1),(2)}、加工および水素誘起された硬いマルテンサイトの粒界近傍領域での局在^{(1),(2),(3)}が考えられる。

したがって亀裂発生を防止するためには、(1)溶接施工時の管理を十分に行って切欠効果を持つ溶接欠陥の発生を抑えること、また硬いマルテンサイトの存在がこの種の脆化を助長するので、(2)母材のオーステナイト安定度を高めること、(3)低C化してマルテンサイトの延性を高めること、(4)鏡板加工時に温間加工を行うことによって加工誘起マルテンサイトの生成を防ぐこと、などの対策が有効と考えられる。

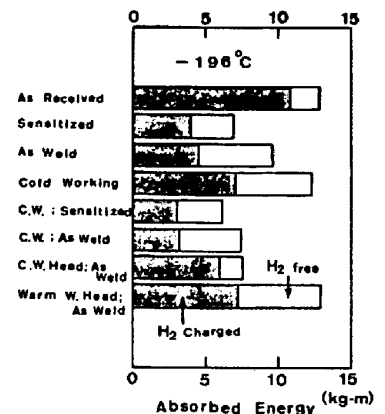


図1: 低温衝撃試験

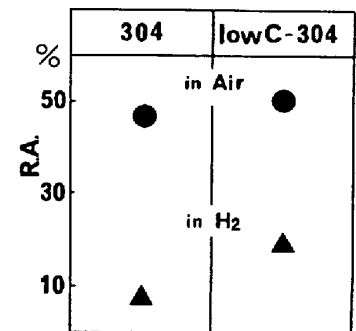


図2: 水素脆化感受性

(1) 谷野 満, 船木秀一: 鉄と鋼, 98(1979), S.1033 (2) 谷野 満, 船木秀一: 鉄と鋼, 99(1980), S. 306 (3) C.L. Briant: Met. Trans.A, 10A(1979), 181-189 (鋭敏化処理材によるノッチつき SSRT)