

(468) Invar(36% Ni)鋼の溶接高温割れに及ぼす不純物元素、 清浄度及び工程条件の影響

川崎製鉄㈱ 技術研究所

○野原清彦 小野 寛

大橋延夫

1. 緒言：エネルギー源多様化の一環として天然ガスの需要が増大している。その輸送と貯蔵は液化状態 (LNG) で行われる。LNG 船及び陸上タンクともに規模の大型化に伴いメムレン方式に移行する傾向にある。このメムレン材料として極低温で低熱膨張率を有する Invar (36% Ni) 鋼が多用されつつあるが、本鋼は溶接高温割れを生じやすく、リークの原因となるばかりか、疲労破壊に結びつく恐れもある点が問題点の1つとなっている。このような観点から、本鋼の溶接高温割れに及ぼす不純物元素、清浄度及び工程条件の影響について検討した。

2. 方法：高周波真空溶解炉にて50 kg 実験鋼塊を溶製した。基本成分はC 0.03%, Si 0.2%, Mn 0.35%, Ni 36.0% である。成分としてP, S, Q など、及び清浄度を变化させ、工程条件として仕上圧延及び仕上焼鈍条件を制御した。溶接高温割れ性の判定は「十字バレストレイン試験」によった。すなわち、あらかじめTIG溶接でビードを置き、ついでこれと直角方向にlongi-varestraint試験を施した。その結果、第1ビード上に再加熱割れが、また第2ビード上に凝固割れが発生する。試験後の外観を写真1に示す。光顕、SEM、XMA観察及び高温延性試験を行った。

3. 結果：(1)溶接高温割れにはP, S, Qなどの不純物元素及び清浄度が大きく寄与することが分った。Q及び清浄度を低値に保持した場合、P及びSとも0.001%まで低減させると本実験条件では凝固割れも再加熱割れも発生しなくなる。(2)図1はS=0.001%に保持したときのP含有量の影響、図2はP=0.001%に保持したときのS含有量の影響を示す。これらから、本鋼の溶接高温割れにはPよりもSがより大きな感受性をもつことが分る。

実用的には、 $[P]+3[S] \leq 9 \times 10^{-3}$ の場合、良好な耐溶接高温割れ性を示す。(3)工程条件は溶接高温割れに殆んど寄与しない。(4)割れは、凝固時及び再加熱時ともビード上の樹枝状晶の境界に沿って発生・伝播している。この割れ部にはSやQが存在していることがXMA観察で確かめられた。(5)高温割れ及び高温延性の試験結果の間に有意な関係が認められた。

4. 結言：Invar 鋼の溶接高温割れに及ぼす minor elements の影響を調べ、材料面での割れ回避のための条件を明らかにした。

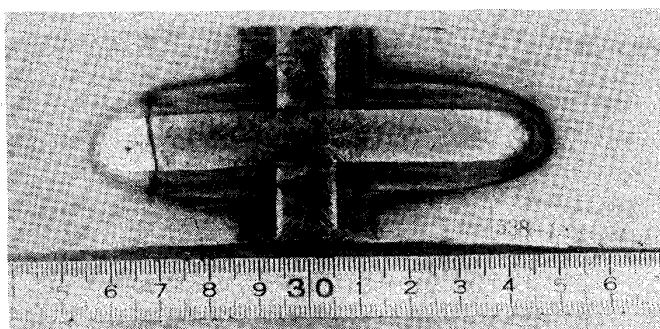


写真1. 「十字バレストレイン試験」後の外観。

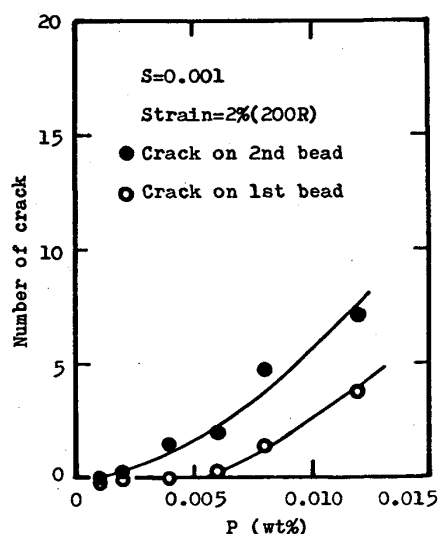


図1. 溶接割れとP量の関係。

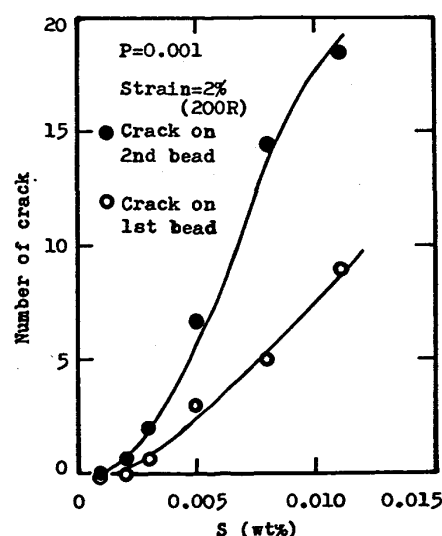


図2. 溶接割れとS量の関係。