

240 介在物がHAZ中に有る場合とDepo.中に有る場合の溶接低温割れに及ぼす影響

九州工業大学

材料工学科

○秋山 哲也

シ

大学院

泉 真吾

シ

材料工学科

寺崎 俊夫

1. 緒言 溶接低温割れ感受性が非金属介在物の存在で改善され、それらが水素のトラップサイトとして働いていると考えられているようだ。トラップサイトとしての働きは、溶接直後水素が既に多く存在しているDepo.においては、Depo.中から外への水素の拡散を遅らせる傾向にあり、溶接後水素が拡散してくるHAZにおいては、地の水素濃度を低く保つ傾向にあると定性的に考えられる。非金属介在物は割れが発生するHAZだけでなくDepo.にも存在している。したがって、Depo.中に存在する介在物によって大きな改善効果が得られるかどうかということとは工業的に溶接棒だけの改良で低温割れを抑制できるかどうかという興味ある問題である。

そこで本研究ではHAZとDepo.の材料を変えることができるようにした試験片を用いてインプラント試験を行い、低温割れに及ぼすHAZの影響とDepo.の影響を明らかにし、水素濃度との関係を検討した。

2. 実験 表1に供試材の化学成分を示す。供試材はSM50を基本材としてTiおよびSをArガス雰囲気中で添加溶製した1kgのインゴットを熱間鍛造後試験片に加工することによって得た。また低温割れ感受性の高いCr-Mo鋼(SA387-11-2)も用いた。図1にインプラント試験片のノッチ部形状を示す。外径 8ϕ 、ノッチ部 4ϕ レ型ノッチ付である。また、ノッチ上部をPart A、Part Bの2つの部分に分け、Part Aは主にDepo.を形成し、Part Bは主にHAZを形成するようにした。溶接はTIG溶融法を使ってArシールドガス中の水素分圧を変えることで溶接部の水素濃度を変化させた。荷重はCA熱電対で測定し、溶接部温度が 150°C になった時死荷重を負荷した。ボント部近傍最高硬さは1kgfビッカースマイクロ硬度計で測定し、初期水素濃度の測定は水銀法を用いた。

3. 結果および考察 図1に示す形状の試験片を用いてインプラント試験を行う時、Part AとPart Bが十分溶融接合されていること、Depo.中に溶けるPart Bを極力少なくすること、試験片形状の変化が限界応力(σ_{Imp})_{cr}に影響を与えないことが要求される。これらは多くの予備実験の結果、Nd Bを1mm、Nd Aを2.5mmにすることで満足された。図2にその時のPart AとPart Bの境界を示す。十分に接合し、ノッチ先端からき裂が発生していることがわかる。図3はこの条件でPart A、Part B共にSA387-11-2材の場合と、継ぎ目のない同じ材料の試験片を用いた場合の応力-破断時間曲線の比較である。全く等しい限界応力値を示している。したがって本報の試験片形状と実験方法は適切であると言える。表2に限界応力(σ_{Imp})_{cr}とボント部近傍最高硬さHvの関係を示す。Hvはそれぞれのシリーズについて435~465の間であり、硬度差はほとんどない。水素濃度が1.6ppmの場合、Part BがSA387-11-2材の時(σ_{Imp})_{cr}は330~388MPa、Ti材で454~527MPa、S材で445~502MPaであり、Part Bの材質でそれぞれよく似た限界応力値を示している。このことから、溶接低温割れに対し、Depo.よりHAZの方が大きく影響していることが分かる。図4は、種

々の条件における限界応力値を初期水素濃度で整理したものである。Part BにTiを添加したシリーズでは添加元素を加えていないシリーズ(SM50)より、低水素側では限界応力が高くなっているが、水素濃度が5.5ppmと多くなるとHAZの影響もなくなってしまうことが分かる。S添加材についても全く同様の結果が得られた。前述のDepo.がHAZより影響が小さい理由は、Depo.はHAZより元来水素濃度が高いためと考えると説明できる。

4. 結論

- 1) 水素濃度が低い場合、介在物を含むHAZとDepo.では、HAZの方が溶接低温割れ限界応力($\sigma_{imp}cr$)の改善に大きく影響する。
- 2) 水素濃度が増加するに従い、HAZの効果は減少し、高い水素量では本報の介在物の影響はなくなった。
- 3) 一般的な溶接方法で溶解される水素量(数PPM以上)では、Depo.に介在物を作るよう改良した溶接棒を用いてもあまり低温割れは改善できない。

表1 化学成分

| No | Material | C | Si | Mn | Mo | Ni | Cr | Cu | V | Nb | Ti | B | Al | P | S | N | Pcm |
|----|------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1 | SM50 | 0.18 | 0.24 | 1.11 | 0.06 | 0.33 | 0.15 | 0.05 | 0.001 | 0.01 | 0.005 | 0.0015 | 0.026 | 0.005 | 0.001 | 0.01 | 0.217 |
| 2 | SA387-11-2 | 0.17 | 0.65 | 0.57 | 0.57 | 0.03 | 1.35 | 0.02 | - | - | - | - | 0.029 | 0.012 | 0.004 | - | 0.327 |
| 3 | Ti-1 | 0.18 | 0.24 | 1.11 | 0.06 | 0.33 | 0.15 | 0.05 | 0.001 | 0.01 | 0.033 | 0.0015 | 0.026 | 0.005 | 0.001 | 0.01 | - |
| 4 | Ti-2 | 0.18 | 0.24 | 1.11 | 0.06 | 0.33 | 0.15 | 0.05 | 0.001 | 0.01 | 0.034 | 0.0015 | 0.026 | 0.005 | 0.001 | 0.01 | - |
| 5 | Ti-3 | 0.18 | 0.24 | 1.11 | 0.06 | 0.33 | 0.15 | 0.05 | 0.001 | 0.01 | 0.033 | 0.0015 | 0.026 | 0.005 | 0.001 | 0.01 | - |
| 6 | S-1 | 0.18 | 0.24 | 1.11 | 0.06 | 0.33 | 0.15 | 0.05 | 0.001 | 0.01 | 0.005 | 0.0015 | 0.026 | 0.005 | 0.009 | 0.01 | - |
| 7 | S-2 | 0.18 | 0.24 | 1.11 | 0.06 | 0.33 | 0.15 | 0.05 | 0.001 | 0.01 | 0.005 | 0.0015 | 0.026 | 0.005 | 0.011 | 0.01 | - |

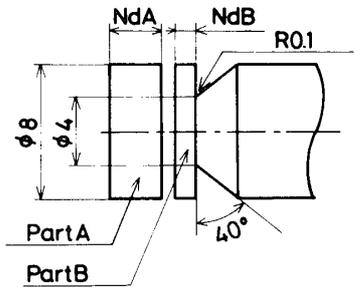


図1 試験片形状

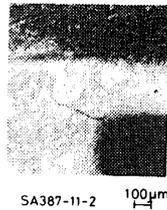


図2 接合されたPart Aと Part Bの境界

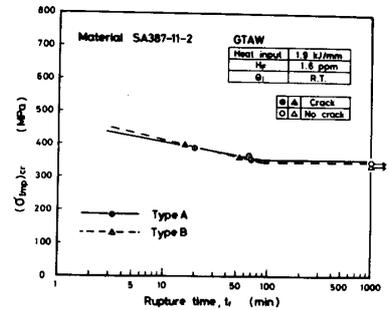


図3 継ぎ目のある試験片とない試験片の限界応力値

表2 実験結果

| No | Material | | H ₂ (ppm) | J (kJ/mm) | $\sigma_{imp}cr$ (MPa) | Hv (max) |
|----|------------|------------|----------------------|-----------|------------------------|----------|
| | Part A | Part B | | | | |
| 1 | SA387-11-2 | SA387-11-2 | 1.6 | 1.9 | 356.7 | 450 |
| 2 | SM50 | SA387-11-2 | 1.6 | 1.9 | 330.3 | 450 |
| 3 | Ti | SA387-11-2 | 1.6 | 1.9 | 378.3 | 450 |
| 4 | Ti | SA387-11-2 | 1.6 | 1.9 | 388.1 | 455 |
| 5 | SA387-11-2 | SM50 | 1.6 | 1.9 | 387.1 | 465 |
| 6 | SA387-11-2 | Ti | 1.6 | 1.9 | 503.7 | 435 |
| 7 | SA387-11-2 | Ti | 1.6 | 1.9 | 454.7 | 445 |
| 8 | Ti | Ti | 1.6 | 1.9 | 527.2 | 443 |
| 9 | SA387-11-2 | SM50 | 5.5 | 1.9 | 269.5 | 440 |
| 10 | SA387-11-2 | Ti | 5.5 | 1.9 | 267.6 | 430 |
| 11 | SA387-11-2 | S | 1.6 | 1.9 | 445.9 | 445 |
| 12 | S | S | 1.6 | 1.9 | 501.8 | 450 |
| 13 | SA387-11-2 | S | 5.5 | 1.9 | 281.0 | 455 |
| 14 | SA387-11-2 | SM50 | 0 | 1.9 | 1614.1 | - |
| 15 | SA387-11-2 | Ti | 0 | 1.9 | 1360.3 | - |
| 16 | SA387-11-2 | S | 0 | 1.9 | 1513.8 | - |
| 17 | SA387-11-2 | SA387-11-2 | 0 | 1.9 | 1614.4 | - |

* D.B.N. : Distance from bond to notch.

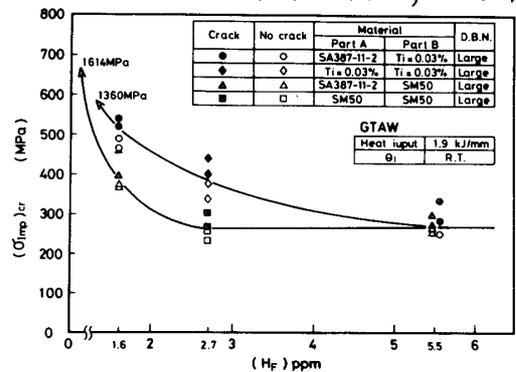


図4 初期水素濃度と限界応力値