

——溶接金属の低温割れ発生の限界応力におよぼす溶接金属の  
硬さおよび強度レベルの影響——

大阪大学溶接工学研究所

松田福久 中川博二

○篠崎賢二 調 哲美

東大、阪大名誉教授

木原 博

## 1. 緒言

前報<sup>1)</sup>において溶接金属自身の低温割れ感受性を評価するためにLB-TRC試験法を開発し、その有効性について報告した。そこで本報告ではこの試験法を用いAr+H<sub>2</sub>混合ガスをシールドガスとするTIG溶接でHT60~HT200の各種高張力鋼について低温割れ発生の限界応力(以下 $\sigma_{cr}$ と書く)を求め、 $\sigma_{cr}$ におよぼす拡散性水素量(以下[H<sub>D</sub>]と書く)および予熱の影響について検討を行なった。さらに、この $\sigma_{cr}$ と溶接金属の硬さおよび強度レベルとの関係についても検討を行なった。

## 2. 使用材料および実験方法

使用した母材は表1に示すようにHT60からHT200までの7種類の高張力鋼である。これらの母材に対しTIG溶接によるLB-TRC試験を行なった。用いた溶加材は母材と同一強度レベルであり頭にFなる記号を付けた。溶接条件は、300A, 14V, 120mm/minでシールドガスとしてAr+H<sub>2</sub>混合ガスを用いた。Ar中のH<sub>2</sub>混合量はガス混合器にて、それぞれ0.25, 1.0, 2.0 および3.2%と変化させ、ガス総流量は20l/minとした。また予熱温度は0, 75および125°Cとした。[H<sub>D</sub>]はJIS Z 3113-1975にそとづく手順で測定したが、回収液として水銀を用いた。

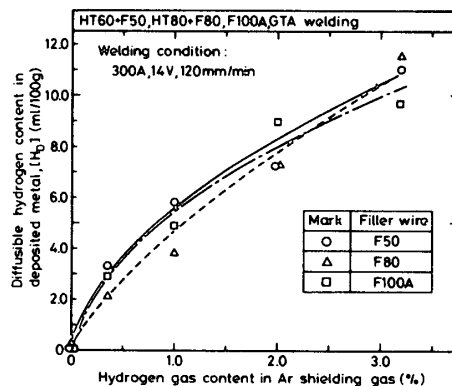
また溶接終了後10日間室温に放置した試験片では遅れ破壊は発生しなかった。そこで本試験法における水素がない場合の $\sigma_{cr}$ は、10日間放置した試験片を引張り破断させ、その破断応力(以下 $\sigma_F^*$ と書く)で表わした。

## 3. 実験結果

図1にHT60+F50, HT80+F80, およびHT80+F100Aについてのシールドガス中の水素量と[H<sub>D</sub>]との関係を示す。これより[H<sub>D</sub>]は同一シールドガスでは材料にかかわらずほぼ同程度になっている。図2は一例としてHT100における[H<sub>D</sub>]と $\sigma_{cr}$ との関係を示したものである。図中の縦軸には $\sigma_F^*$ をプロットしている。図より予熱なしでは極く微量の[H<sub>D</sub>]で $\sigma_{cr}$ は急激に低下し、約3ml/100g以上になるとゆるやかに低下する。また予熱温度を75および125°Cに上昇させると $\sigma_{cr}$ は上昇するが、約4ml/100g以上では予熱125°Cでも溶着金属の公称降伏応力には達し

表1. 使用材料

| Base metal                                                 | Filler wire                               | $\sigma_{y0.2}$<br>(kg/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_B$<br>(kg/mm <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| HT60 (0.2Mo-V)<br>[35mm thickness]                         | F50<br>[1.6mm dia.]                       | 42                                       | 50                                  |
|                                                            | F60 (0.3Mo)<br>[1.6mm dia.]               | 56                                       | 60                                  |
| 9%Ni (8.8Ni)<br>[25mm thickness]                           | F9N (10.5Ni)<br>[1.6mm dia.]              | 69                                       | 70                                  |
| HT70 (2.9Ni-Cr-Mo-V)<br>(HY-90 type)<br>[35mm thickness]   | F70 (2.0Ni-Mo)<br>[1.6mm dia.]            | 67                                       | 70                                  |
| HT80 (1.1Ni-Cr-Mo-V-B)<br>[25mm thickness]                 | F80 (2.6Ni-Mo)<br>[1.6mm dia.]            | 76                                       | 80                                  |
| HT90 (3.9Ni-Cr-Mo-V)<br>(HY-110 type)<br>[35mm thickness]  | F90 (2.4Ni-Cr-Mo)<br>[1.6mm dia.]         | 86                                       | 90                                  |
|                                                            | F100A (2.5Ni-Cr-Mo)<br>[1.6mm dia.]       | 93                                       | 100                                 |
| HT100 (5.2Ni-Cr-Mo-V)<br>(HY-130 type)<br>[35mm thickness] | F100B (5.2Ni-Cr-Mo)<br>[1.6mm dia.]       | -                                        | -                                   |
|                                                            | F100C (3.8Ni-Cr-Mo)<br>[1.6mm dia.]       | -                                        | -                                   |
| HT200 (18Ni-4.4Mo-8.2Co)<br>[16mm thickness]               | F200 (18.6Ni-4.6Mo-8.2Co)<br>[1.6mm dia.] | -                                        | 180                                 |

 $\sigma_{y0.2}$ : Yield stress of deposited metal $\sigma_B$ : Nominal ultimate strength of deposited metal図1. 拡散性水素量[H<sub>D</sub>]とシールドガス中の水素量との関係

ていない。

一般にHAZにおける低温割れ発生の限界応力と硬さとの間には相関関係があるといわれている<sup>2)</sup>。そこで各材料の $\sigma_{cr}$ を溶接金属の平均硬さで整理したものを図3に示す。図より $\sigma_{cr}$ の硬さ依存性はインプラント試験において示されているような<sup>2)</sup>勾配が $[H_R]$ に無関係な直線的減少関係になっていない。次に $\sigma_{cr}$ を各溶着金属の公称降伏応力(以下 $(\sigma_{depo})_y$ と書く)で整理したものを図4に示す。純Arにおいても $\sigma_{cr}$ は $(\sigma_{depo})_y$ の増加とともに減少している。また $[H_R]$ が増加しても同様な傾向を示しており、 $\sigma_{cr}$ は $[H_R]$ に無関係にほぼ強度レベルに依存している。ただし、9%Ni鋼に関しては他と異なる傾向が認められた。またF200の $\sigma_{cr}$ 値がF100Aに比して大きくなっているのは、F200は本来時効硬化型の材料であり、それを初層溶接のままで試験したため実際には公称の強度を満足していなかったためと考えられる。なお、図中の $\sigma_F^*$ 値は、4~5点の平均値を示したものであるが、 $(\sigma_{depo})_y$ が約60 kg/mm<sup>2</sup>以上になると $\sigma_F^*$ は、ほぼ一定となる。

ところで、Boniszewski<sup>3)</sup>

らは丸棒切欠試験による低温割れの評価方法として「水素脆化感受性指数、I」( $I = (NTS - LCS) / NTS$ , NTS: 切欠引張強さ, LCS: F部限界応力)を用いている。そこで、 $\sigma_F^*$ をNTSと同等とみなし各溶接金属のIを求めた。図5は $(\sigma_{depo})_y$ とIとの関係を示したものである。図より $(\sigma_{depo})_y$ の増加とともにIは増大している。なおF200がF100Aに比して割れ感受性が低くなっているのは前述した理由によるものと思われる。

(参考文献)

- 1) 松田 他: 溶接学会全国大会講演概要(1978), 第23集, P.20, 21  
F. Matsuda et al: Trans. JWRI, Vol. 8, No. 1 (1979)
- 2) 伊藤, 中西, 小満: 溶接冶金委員会資料, 昭和54年5月
- 3) T. Boniszewski et al: Brit Weld. J., Vol. 12 (1965), No. 1, PP. 14~35

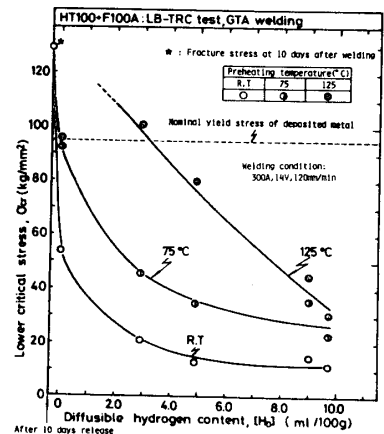


図2. 割れ発生の限界応力におよぼす拡散性水素量の影響 (HT100+F100A)

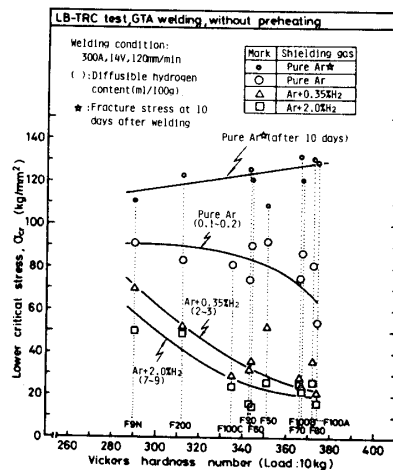


図3. 割れ発生の限界応力におよぼす溶接金属の平均硬さの影響

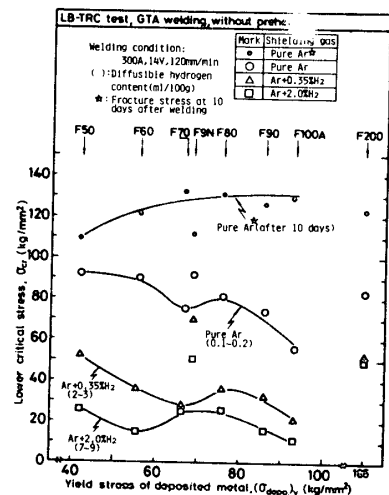


図4. 割れ発生の限界応力におよぼす溶着金属の公称降伏応力の影響

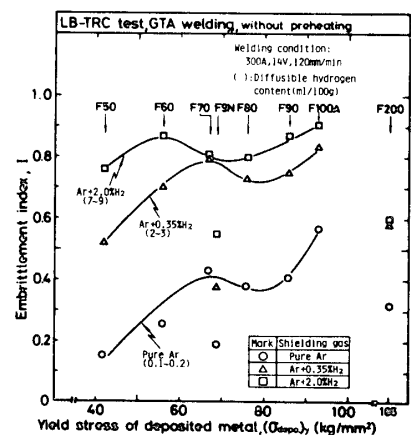


図5. 低温割れ感受性指数Iと溶着金属の公称降伏応力との関係