

(519) 低炭素347鋼の溶接割れ感受性に及ぼす成分元素の影響

(沸騰水型原子炉配管用347鋼管の研究-3)

住友金属工業(株) 中央技術研究所 三浦 実

I 緒言

Nb含有347鋼は溶接施工時に、Nb炭化物の低融点共晶を形成し、溶接金属に高温割れが発生しやすく、304鋼に比べて施工管理を厳しく行なう必要がある。原子力用材料としては、安全性の観点から、少しでも溶接欠陥の発生がしにくい成分設計を行なう必要があり、BWR配管用347鋼として、特に高温割れが発生しやすい初層溶接部の割れ感受性低減を目的として母材成分の検討を行なった。また低炭素溶接材料についても検討したので併せて報告する。

II 実験方法

供試材は高周波溶解炉にて溶解し、熱間鍛造・圧延を行ない15mm厚の鋼板とし、1050℃にて固溶化熱処理を施したものをを用いた。高温割れ感受性の評価法として、溶接中に歪を加えて割れ長さで割れ感受性を評価するバレストレイン試験及びY形拘束割れ試験を溶加材を用いないTIG溶接法で行なった。

III 結果

- (1) 高温割れ感受性を高める元素としては、Nb, Si, Pなどがあり、Nbについては0.3%以上で拘束割れ試験でビード割れを発生する。
- (2) Si, Pは溶接割れ性から低減することが好ましいが、実用鋼レベルのP量では顕著な影響は認められない。
- (3) これに対してNi, Cr量のバランス調整によってTIG溶接金属にδフェライトを含有することで、割れ感受性は低減する。δフェライト2%以上の含有によりバレストレイン試験での割れはなくなり、他の成分元素の影響はなくなる。(Fig. 1)
- (4) δフェライト量の推定はNiバランス式の導入により可能であり、初層溶接部の割れ感受性低減には母材成分としてNiバランスを-0.6~-2.0%に調整するのが有効である。

$$\begin{aligned} \text{Niバランス} &= 30 \times (C+N) + 0.5Mn + Ni + 11.6 \\ &= 1.36 \times (1.5 \times Si + Cr + Mo + 0.5 \times Nb) \quad (\%) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TIG溶接金属中} \delta \text{フェライト量} &= -2.5 \times (\text{Niバランス}) \\ &\quad + 1.5 \quad (\%) \end{aligned}$$

- (5) 低炭素溶接材料としてTIG溶接棒、被覆アーク溶接棒、サブアーク溶接ワイヤ及びフラックス、インサートリングを試作し、機械的性質が規格値を満足し、高い耐食性を有することを確認した。

Table 1. Range of chemical composition investigated (wt %)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Nb	N
0.007	0.19	1.25	≤	≤	11.0	16.6	≤	0.005
/	/	/	0.020	0.015	/	18.3	0.5	/
0.030	0.41	1.74						0.20

Table 2. Test condition of Vareststraint test

Test plate thickness (mm)	Augmented strain (%)	Weld heat input (J/cm)	Filler metal	Shield gas
12	2.0	12,000	none	pure Ar

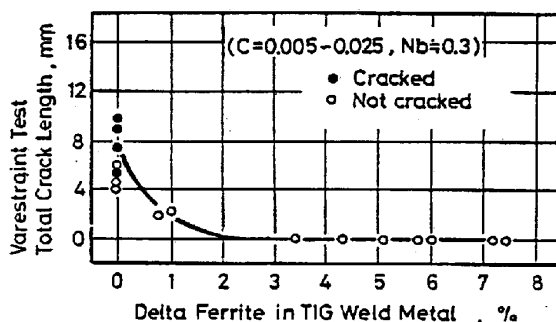


Fig. 1. Effect of δ ferrite on weld hot cracking

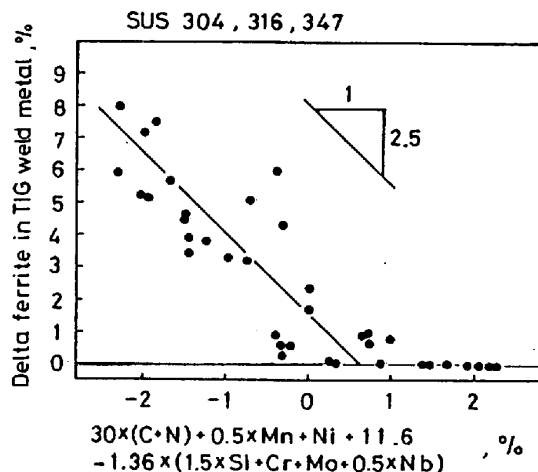


Fig. 2. Effect of chemical composition on δ ferrite content in TIG remelted weld metal