

(593) 剥離割れにおよぼすステンレス肉盛溶接金属の組織の影響

新日本製鐵(株) 厚板条鋼研究センター ○齊藤俊明, 橋本勝邦, 武田鉄治郎
 溶接研究センター 中田康俊
 特別基礎第三研究センター 宮本勝良 群馬大学 工博 乙黒靖男

1. 緒言

高温高圧水素境下で使用される圧力容器には、母材とオーステナイト系ステンレス鋼肉盛溶接部との境界部に剥離割れが発生することがある。この割れは母材のCr-Mo鋼(α相)中と肉盛溶接金属のステンレス鋼(γ相)中の水素の溶解度、拡散係数が著しく異なるため、運転中に圧力容器壁に吸蔵された水素が運転停止後に境界部に集積することが主因となっている。本報告では剥離割れ防止のため水素の境界部への集積におよぼすステンレス鋼肉盛溶接金属の組織の影響について述べる。

2. 実験方法

母材はTable 1に示す化学組成の市販の2¼Cr-1Mo鋼厚板(130mm)を用いた。ステンレス鋼肉盛溶接金属の組織すなわち成分調整は電極の種類とフラックス中の添加元素量とによって行なった。各肉盛溶接金属の化学成分およびSchaeffler組織図にもとづくδフェライト量をTable 2に示す。PWHTは690°C×21時間で行なった。試験片の水素チャージは水素圧力200Kgf/cm²、温度450°Cのオートクレーブ中に48時間保持して行ない、その後室温まで空冷した。剥離割れ発生は超音波ホログラフで調査し、さらにUST欠陥箇所を切断し、顕微鏡により断面割れ検査を行った。

Table 1 Chemical composition of 2¼Cr-1Mo steel used in the base metal.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al
0.14	0.17	0.57	0.006	0.005	2.39	1.09	0.007

Table 2 Overlay welding materials and chemical Composition and microstructure of the weldment.

Specimen	Hoop Electrode	Amount of added elements to the flux			Chemical composition of overlaid stainless steel					Schaeffler Diagram		
		Cr	Ni	Mn	C	Mn	Ni	Cr	Nb	Ni _{eq}	Cr _{eq}	δ(%)
1	347S	4.7	-	1.2	0.048	1.53	9.48	18.42	0.61	11.7	19.3	4.6
2	308L	-	-	1.2	0.037	1.74	8.81	17.11	-	10.9	17.7	1.8
3	308L	13.0	-	1.1	0.042	1.73	8.35	18.28	-	10.9	18.9	7.6
4	308L	19.9	-	1.0	0.042	1.71	8.42	21.47	-	10.5	22.1	16.8
5	308L	31.1	-	0.9	0.043	1.61	7.94	23.69	-	9.9	24.3	35.0
6	308L	39.0	-	0.8	0.043	1.59	7.87	27.01	-	9.9	27.6	65.5

3. 実験結果

Fig.1にUST欠陥面積率とSchaeffler組織図によるδフェライト量およびフェライトメーターで測定したPWHT後のフェライト量の関係を示す。いずれもよい相関を示し、あるフェライト量を越すと剥離割れを生じなくなる。この臨界値はSchaeffler組織図から判断すれば約35%であり、PWHT後のフェライトメーターによる値からは約18%である。Schaeffler組織図とPWHT後のフェライト量に差があるのは、前者が溶融金属からの急冷であり、状態図的には甚だしく非平衡状態のためである。

フェライト量が増加するとオーステナイト単相ステンレス鋼に比べ剥離割れが軽減されるのは、フェライトがオーステナイト中に分散して肉盛溶接金属全体の平均的水素拡散速度を高めるため境界部への水素の集積が少なくなったためと考えられる。

このことを調べるため、200°C、200Kgf/cm²水素雰囲気中で水素透過速度を測定した。温度200°Cは水素チャージ温度450°Cからの冷却過程での水素逸散を評価するための代表温度として選んだ。溶接したままのフェライト量10%以下と50%以上のものを比較すると前者の水素透過速度は後者の1/10程度となりフェライト相が存在することの効果認められた。

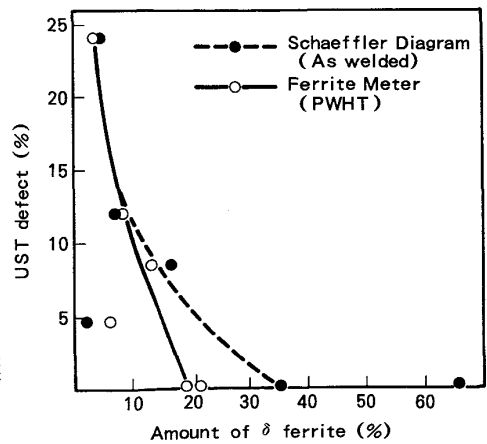


Fig. 1 Relationship between UST defect % in area and amount of δ ferrite