

105 二相ステンレス鋼溶接金属の高温変態に及ぼす窒素の影響

東北大学大学院 ○佐藤 裕
 東北大学工学部 粉川博之
 東北大学(名誉教授) 桑名 武

Effect of Nitrogen on High Temperature Transformation
 of Duplex Stainless Steel Weld Metal

by Yutaka Sato, Hiroyuki Kokawa and Takeshi Kuwana

1. 緒 言

優れた強度特性、耐孔食性を有する二相ステンレス鋼は、近年石油関連機器に多く使用されているが、溶接熱サイクルや熱処理時によって σ 相を生成しやすいため、工業的に大きな問題となっている。過去に σ 相析出を抑制する方法がいくつか報告されているが、本研究では窒素の添加に注目した。窒素の添加は溶接によって生じる材質劣化を防止し、また他の鋼種において σ 相析出を抑制すると言われている。そこで、本報では窒素量を広範囲に変化させた二相ステンレス鋼溶接金属を高温で熱処理し、 σ 相析出に及ぼす窒素の影響を詳細に検討した。

2. 実験方法

供試材は市販のSUS329J4L型およびSUS329J1型ステンレス鋼で化学組成をTable1に示す。これを $50 \times 150 \times 9$ mmの試験片に切り出し、7-ク長5mm、溶接電流250A、走行速度1.2mm/sの条件で、溶接雰囲気調整装置を用いてAr-N₂混合ガス0.1MPa雰囲気下で窒素分圧を0~0.1MPaの範囲で変化させてGTAマルチ溶接を行った。溶接金属の組織観察は光学顕微鏡、SEM、TEMを用いて行い、窒素量はLECOを用いて測定した。 σ 相の同定はX線回折法および電子線回折法を用い、検出は10N KOH水溶液で着色後、SEMを用いて行った。溶接金属のフェライト量は点算法とフェライトスコープを用い、 σ 相析出量は点算法と画像解析を用いて行った。また、EBSP/OIMを用いて σ 相析出の結晶学的特徴を検討した。また、スモールアングルX線散乱(SAXS)試験法によって σ 脆化に及ぼす窒素の影響を評価した。

3. 実験結果

Fig. 1はSUS329J4L型およびSUS329J1型の σ 相析出のT.T.P.図であるが、ともに母材の方が溶接金属より σ 相析出が早く、かつ溶接金属の σ 相析出時間は窒素含有量によって変化しなかった。EPMAを用いてCr、Moの相分配を調べた結果、フェライト相中のCr量は熱処理時間の増加に伴って増加するが、それらの傾向は溶接金属の窒素量に依らないことが確認された。SUS329J4L型の σ 相析出温度における保持時間の増加に伴う σ 相析出量の変化およびフェライト量の変化をFig. 2およびFig. 3に示す。窒素量によって σ 相析出開始時間は変化しなかったが、長時間熱処理後の σ 相析出量は変化した。また、全ての溶接金属のフェライト量は保持時間の増加とともに減少するが、その減少傾向は窒素量が少ない溶接金属ほど大きい。これは窒素量が減少するにつれて、as-welded状態での $\delta \rightarrow \gamma$ 変態が不完全になるためであると考えられる。EBSP/OIMを用いて σ 相析出の結晶学的特徴を調べた。SEM像と方位マップをFig. 4に示す。その結果、 σ 相は δ 相と γ 相がK-S関係から大きくずれた界面もしくはK-S関係にあっても整合性の低い界面に集中していた。SP試験によって σ 脆化に及ぼす窒素の影響を調べた結果、 σ 相が確認された試料の場合、SPI値は窒素量には依存せず、Fig. 5に示すとおり σ 相析出量によって決定した。

Table 1 Chemical compositions of SUS329J1 and SUS329J4L stainless steel (mass%).

Materials	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	N
SUS329J1	0.019	0.50	0.30	0.003	0.002	4.71	25.05	1.90	-	0.1414
SUS329J4L	0.011	0.44	0.86	0.022	0.001	7.32	25.02	3.17	0.29	0.1709

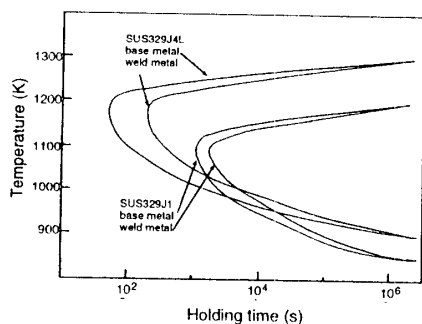


Fig. 1 T.T.P. diagram for sigma phase.

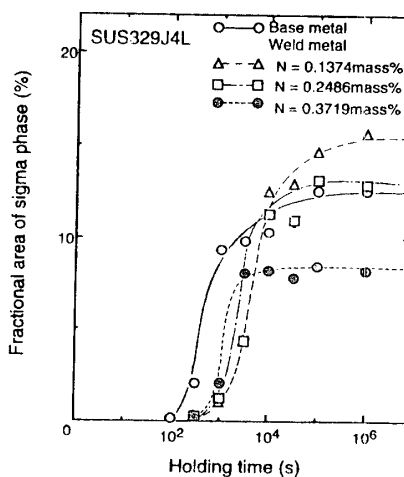


Fig. 2 Relationship between the fractional area of sigma phase and the holding time.

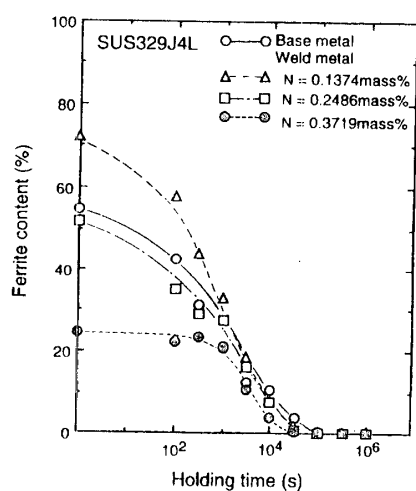


Fig. 3 Relationship between the ferrite content and the holding time.

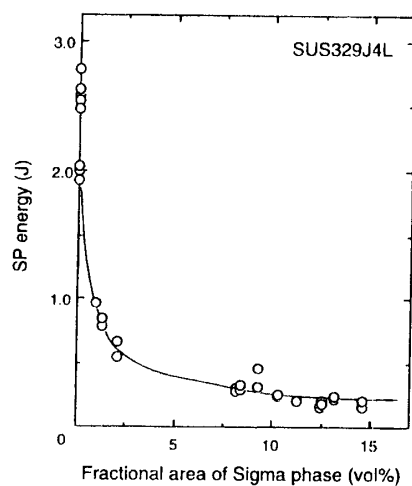


Fig. 5 Relationship between fractional area of sigma phase and SP energy of weld and base metal.

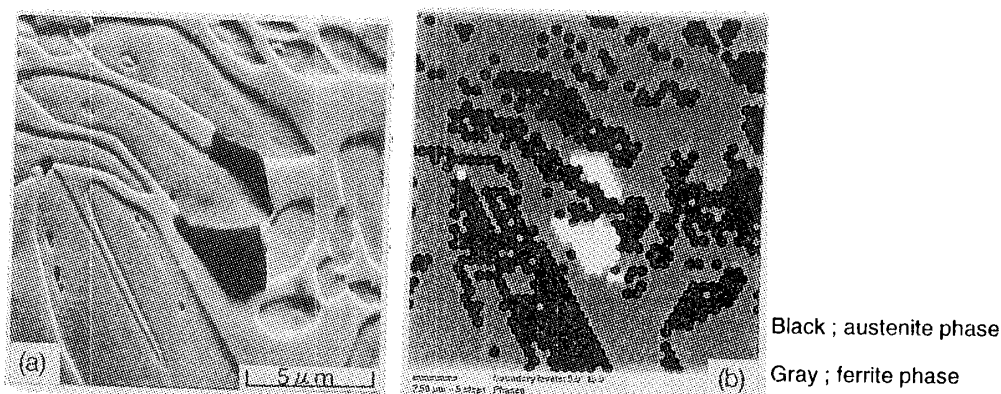


Fig. 4 SEM micrograph (a) and OIM orientation map (b).