

314 凝固割れに及ぼす凝固形態及び δ フェライトの影響

-ステンレス鋼のレーザ溶接における凝固割れに関する研究(第2報)-

名古屋大学 工学研究科 沓名 宗春 愛知製鋼(株)第一開発部 マハリ アブラハム
 同上 同上 ○早川 尚幸

Effect of solidification mode and δ -ferrite content

-Study on solidification cracking in laser welding of stainless steels (Report 2)-

by Muneharu KUTSUNA, Naoyuki HAYAKAWA, and Mehari Abraham

1. 緒言

一般に、オーステナイト系ステンレス鋼の溶接金属中に一定量のフェライトが含まれと凝固割れが防止されると言われているが、著者の1人は凝固形態の影響に着目し、アーク溶接において初晶凝固形態が凝固割れに大きな影響を与えることを明らかにした¹⁾。前報においてレーザ溶接の凝固割れ感受性を評価したところレーザ溶接においても初晶凝固形態が凝固割れに顕著に影響を与えることが分かった。本報ではレーザ溶接及びTIG溶接における凝固割れ感受性を更に比較、検討した。

2. 実験方法

供試材はTable.1に示すS含有量を約0.1wt%で一定としCr及びNi含有量を異にする3シリーズのステンレス鋼15種類であり、それぞれを機械加工し円周溝溶接割れ試験に用いた。レーザ溶接及びTIG溶接における凝固割れ試験はTable.2に示す条件で行った。これら条件でV型円周溝に沿って円周ビードを置いた。溶接後、X線検査により割れの発生状況、顕微鏡組織観察及び点算法による δ フェライト量測定、組織のEPMA分析を行った。高温割れ感受性の評価は円周ビードの中央部で発生した凝固割れの中心角の総計から評価した。

3. 実験結果及び考察

各試験片についてシェフラー組織図から推定される δ フェライト量、点算法により求めたレーザ溶接及びTIG溶接における δ フェライト量をまとめてTable.1に示す。各シリーズの試験片で割れの発生状況に大きな違いが見られた。TIG溶接ではシェフラー組織図上から推定される δ フェライト量と比較的一致したものであったがレーザ溶接においてはほとんど一致は見られなかった。各試験片のレーザ溶接及びTIG溶接の凝固割れ試験結果をFig.1に示す。レーザ溶接ではTIG溶接にくらべ凝固割れ感受性は高いものであり、TIG溶接において凝固割れが発生しない試験片でもレーザ溶接では凝固割れの発生が見られた。シェフラー組織図上に凝固割れ発生の有無をプロットしたものをFig.2に示す。割れの発生状況は直接 δ フェライト量と関係なく、アーク溶接と同様に凝固形態に依存しておりレーザ溶接では凝固割れ発生領域は拡大したものとなった。

レーザ溶接及びTIG溶接とも凝固割れの発生が見られる溶接金属の組織は初晶オーステナイト凝固しFig.3aに示すようなセル状組織又はセル状デンドライト組織であり、結晶粒界でS、Pの偏析が顕著であった。一方、初晶フェライト凝固し凝固割れの発生が防止されている顕微鏡組織はS、Pの偏析は低いものであった。レーザ溶接とTIG溶接では異なった組織形態を示した。TIG溶接部ではバーミキュラ δ フェライト組織(Fig.3c)が観察されるのに対し、レーザ溶接部ではそれとは異なる形態のフェライト組織(Fig.3b)であった。

参考文献 1)沓名他 溶接学会誌、第41巻(1972)第11号 pp.1306-1314

Table.1 Chemical composition and measurement of δ -ferrite contents of stainless steels.

	Element (wt%)								Cr eq	Ni eq	δ ferrite content fs	δ ferrite content fin	
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni				Laser	TIG
A1	0.06	0.35	1.04	0.030	0.106	0.20	17.05	12.29	17.575	14.610	0	0	0
A2	0.06	0.34	1.01	0.030	0.098	0.20	17.86	11.25	18.370	13.555	0	0	0
A3	0.06	0.36	1.03	0.029	0.099	0.20	18.83	10.54	19.390	12.855	3	0	1
A4	0.06	0.37	1.00	0.028	0.096	0.20	19.81	9.48	20.365	11.780	7	5	12
A5	0.06	0.34	1.02	0.028	0.094	0.20	20.81	8.24	21.320	10.550	16	12	18
B1	0.06	0.34	1.05	0.029	0.101	0.18	20.01	15.82	20.520	18.145	0	0	0
B2	0.06	0.36	1.08	0.027	0.112	0.18	20.97	14.48	21.510	16.820	0	0	0
B3	0.06	0.34	1.05	0.030	0.106	0.18	21.82	13.78	22.330	16.105	3	0	4
B4	0.06	0.35	1.26	0.027	0.107	0.18	23.08	12.20	23.605	14.630	8	13	14
B5	0.06	0.33	1.02	0.026	0.088	0.17	24.19	11.30	24.685	13.610	17	45	21
C1	0.06	0.37	1.04	0.026	0.094	0.16	23.77	19.20	24.325	21.520	0	0	0
C2	0.06	0.38	1.11	0.026	0.093	0.16	25.66	18.02	26.230	20.375	3	0	0
C3	0.06	0.34	1.10	0.022	0.100	0.14	26.84	16.67	27.350	19.020	7	2	3
C4	0.06	0.35	1.08	0.022	0.104	0.14	27.68	15.69	28.205	18.030	11	22	15
C5	0.06	0.36	1.09	0.022	0.102	0.15	28.50	14.59	29.040	16.935	15	32	18

fs : Ferrite content estimated from Schaeffer diagram.

fin : Ferrite content measured by point counting method.

Cr eq $\%Cr - \%Mo - 1.5 \times \%Si - 0.5 \times \%Nb$ Ni eq $\%Ni - 30 \times \%C - 0.5 \times \%Mn$

Table.2 Welding condition

CO ₂ laser welding		TIG welding	
Laser power	2.0kW	Tungsten electrode	
Defocusing distance	-2mm	Diameter 3.2mm, Tip angle 60°	
Shield gas flow	15l/min	Electrode negative, DC 80A	
Welding speed	1m/min	Shield gas flow 15l/min	
		Welding speed 0.1m/min	

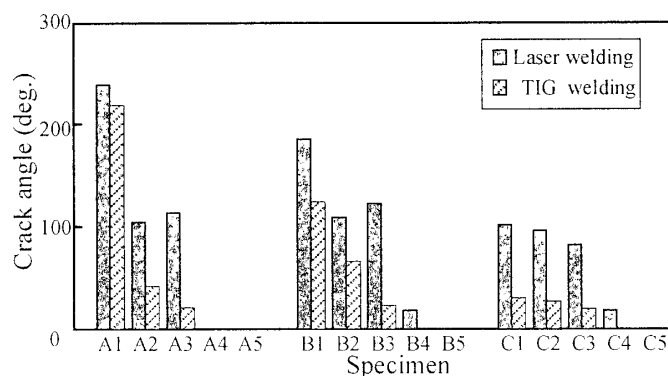


Fig.1 Hot cracking susceptibility of different stainless steels welded by TIG and LBW.

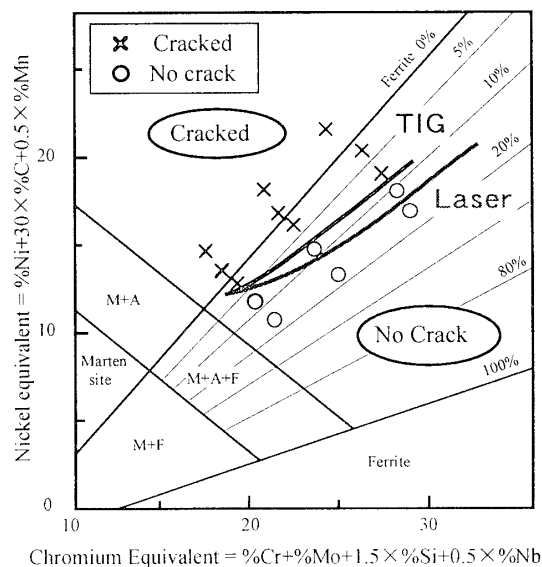
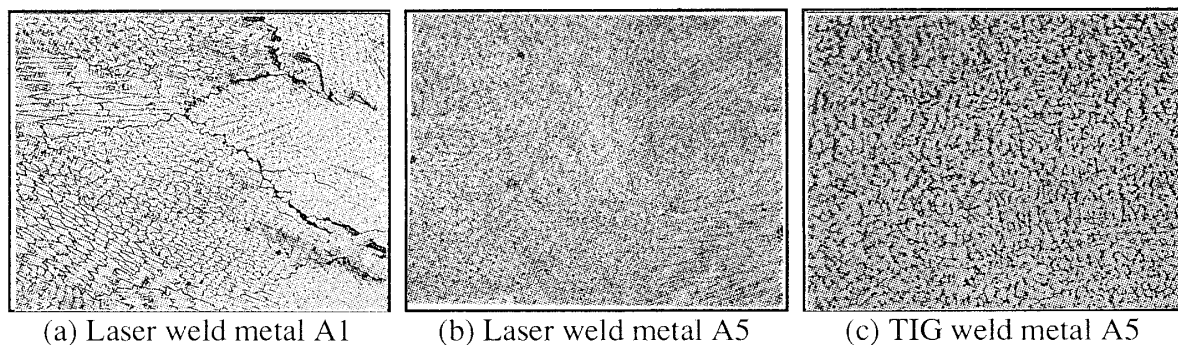


Fig.2 Crack zone and no crack zone on Schaeffer diagram.



(a) Laser weld metal A1

(b) Laser weld metal A5

(c) TIG weld metal A5

Fig.3 Microstructures of laser and TIG weld metal.

50 μ m