

雙相不銹鋼鐸材

包藥鐸線型 實心鐸線型 電鐸條型

SFC-2209	SMG-2209	SS-2209
SFC-2594	SMG-2594	SS-2594
	STG-2209	SS-2595
	STG-2594	

雙相不銹鋼

是指不銹鋼中既有沃斯田鐵相又有肥粒體相的鋼種，實際應用中雙相不銹鋼多以沃斯田鐵為基體，含有不少於30%的肥粒體，最常見的是兩相各占約50%。

雙相不銹鋼具有優異的抗應力腐蝕性能，優異的抗點腐蝕性能，高韌性，高強度與優良的鐸接性。

雙相不銹鋼鐸材

雙相不銹鋼特性

1. 耐點蝕性、耐應力腐蝕性佳，強度高並具有良好的塑性與韌性，PREN $\approx$ 35。
2. 含有比沃斯田鐵不銹鋼更高的肥粒鐵成分，所以有高的鐵磁性、高熱傳導性及低的線膨脹係數。
3. 鐸接性良好，熱裂傾向小，一般鐸前不需預熱，鐸後不需熱處理，可與18-8沃斯田鐵不銹鋼或碳鋼等異材鐸接。

超級雙相不銹鋼特性

1. PREN>40耐點蝕性、耐應力腐蝕性、機械性能更優於雙相不銹鋼。

PREN(耐點蝕當量): $\text{Cr}\% + 3.3 \times (\text{Mo}\% + 0.5 \times \text{W}\%) + 16 \times \text{N}\%$

雙相不銹鋼鍍材

應用領域



排煙脫硫系統

脫硫塔、吸收塔、再加熱器、煙道進口擋板、風扇（潮濕）及煙道。



石化工業

如聚氯乙烯(PVC)汽提塔及熱交換器，氯乙烯生產裝置，甲醇合成反應器，羰基合成醇環形反應器，醋酸等有機酸的生產裝置，化學工業用輸送管道。



造紙行業

連續式硫酸蒸煮裝置，間歇式蒸煮器，二氧化氯漂白液筒，造紙壓力滾筒機。



海洋運輸

貨艙及其管路系統。



近海工業

海水淡化廠的熱交換器及其管路系統。



食品工業

人造奶油冷卻器的盤管，植物油熱交換器，發酵罐的加熱/冷卻盤管，製藥蒸餾塔。



首銳雙相不銹鋼電鐸條-

「SS-2209、SS-2594、SS-2595」

電鐸條型		AWS	PREN
雙相不銹鋼	SS-2209	A5.4 E2209-16	35
	特性：腐蝕性優於SS-316L。		
超級雙相不銹鋼	SS-2594	A5.4 E2594-16	42
	特性：添加微量W，腐蝕性優於SS-2209。		
超級雙相不銹鋼	SS-2595	A5.4 E2595-16	43
	特性：添加微量的Cu及W，耐腐蝕性更佳，優於SS-2594。		



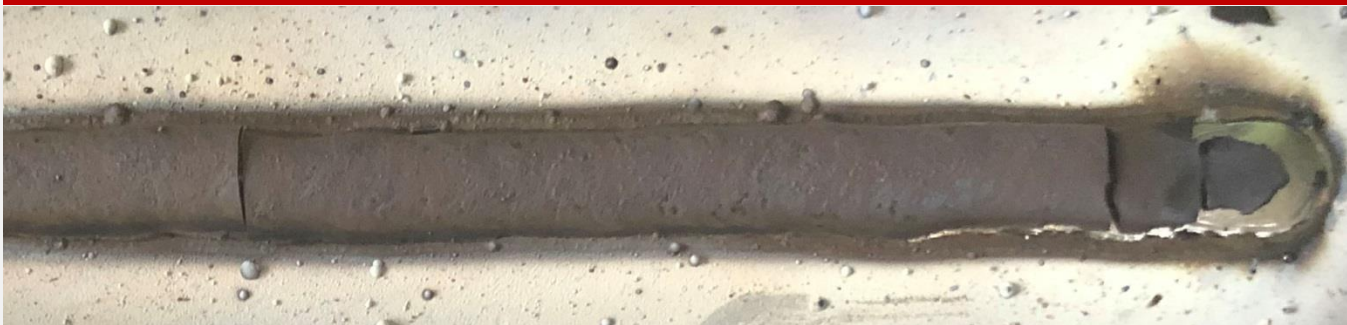
Chemical Composition	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	W	N
A5.4 E2209-16	≤0.04	0.5~2.0	≤1.0	21.5~23.5	8.5~10.5	2.5~3.5	≤0.75	--	0.08~0.2
SS-2209	0.035	0.99	0.74	23.09	8.88	2.86	0.117	0.003	0.147
A5.4 E2594-16	≤0.04	0.5~2.0	≤1.0	24~27	8.0~10.5	3.5~4.5	≤0.75	--	0.2~0.3
SS-2594	0.024	0.69	0.81	25.2	9.144	3.81	0.06	0.38	0.25
A5.4 E2595-16	≤0.04	≤2.5	≤1.2	24~27	8.0~10.5	2.5~4.5	0.4~1.5	0.4~1	0.2~0.3
SS-2595	0.027	0.73	0.89	24.98	9.07	3.90	0.64	0.75	0.252

Tension Test :	TS(MPa)	EL(%)
A5.4 E2209-16	≥ 690	≥ 20
SS-2209	808	26
A5.4 E2594-16	≥ 760	≥ 15
SS-2594	958	26
A5.4 E2595-16	≥ 760	≥ 15
SS-2595	909	28

GB/T4334-2008E 晶間腐蝕彎曲		試驗結果
試驗溶液： $H_2SO_4/CuSO_4$	SS-2209	試樣皆未斷裂 及無裂紋
溶液溫度：沸騰	SS-2594	
試驗溫度：16h	SS-2595	

ASTM G48A法 腐蝕試驗		試驗結果
試驗溶液： Fe_2Cl_3	SS-2594	腐蝕平均值：1.8
溶液溫度：40°C		
試驗溫度：24h	SS-2595	腐蝕平均值：1.3

SS-2594 平鐸-脫渣前



SS-2594 平鐸-脫渣後



SS-2594 平角鐸-脫渣前

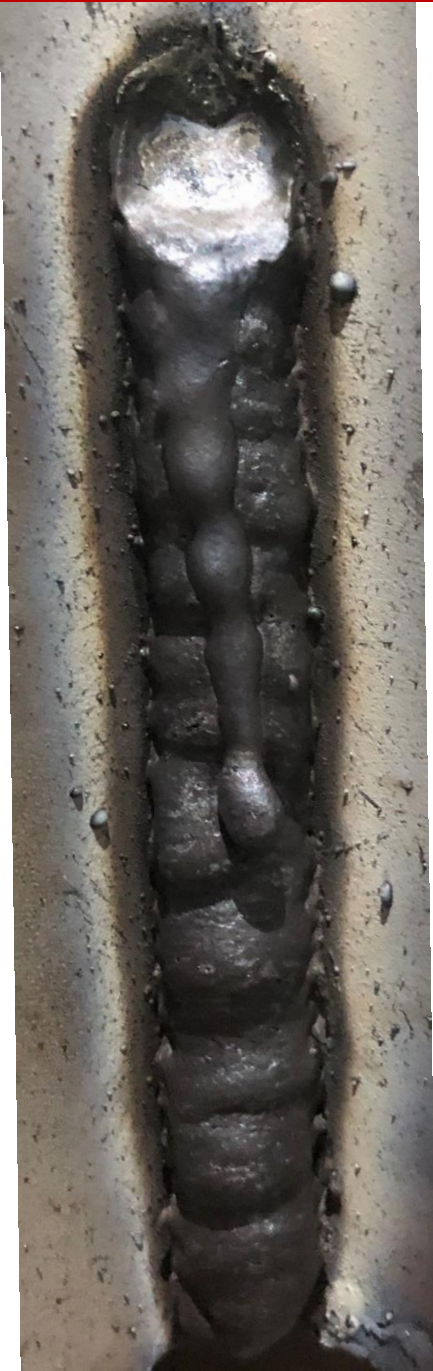


SS-2594 平角鐸-脫渣後



SS-2594-立上鐸

脫渣前



脫渣後



SS-2595 平鐸-脫渣前



SS-2595 平鐸-脫渣後



SS-2595 平角鐸-脫渣前



SS-2595 平角鐸-脫渣後



SS-2595-立上鐸

脫渣前



脫渣後



首銳雙相不銹鋼實心鐳線-

「SMG-2209、STG-2209」

「SMG-2594、STG-2594」

實心鐳線型

STG-2209 SMG-2209	AWS	A5.9 ER2209
	EN	ISO 14343-A G/W 22 9 3 N L
STG-2594 SMG-2594	AWS	A5.9 ER2594
	EN	ISO 14343-A G/W 25 9 4 N L



雙相不銹鋼實心鐳線

鐳接注意事項

清潔	鐳前對鐳接部位進行前處理，避免氧化物或硫化物引起的脆性龜裂。
溫度	道溫控制在 $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。
入熱量	盡量降低入熱量，雙相不銹鋼控制在 $5\text{-}25\text{ KJ/cm}$ ，超級雙相不銹鋼控制在 $5\text{-}15\text{ KJ/cm}$ 。
變形量	不銹鋼比碳鋼有較高之熱膨脹係數，鐳接時收縮量大，需對稱鐳以避免工件變形過大。
操控	起弧及收弧位置需控制，避免鐳道的溶坑龜裂。
汙染控制	需防止鐵粉顆粒汙染所造成的腐蝕。

SMG-2209 ; STG-2209鐳道化學成分

Chemical Composition	C	Mn	Si	P	S
AWS A5.4 ER2209	≤ 0.03	0.50-2.00	≤ 0.90	≤ 0.03	≤ 0.03
SMG-2209 STG-2209	0.01	1.44	0.4	0.017	0.001

Chemical Composition	Cr	Ni	Mo	Cu	N
AWS A5.4 ER2209	21.5-23.5	7.5-9.5	2.5-3.5	≤ 0.75	0.08-0.20
SMG-2209 STG-2209	23.14	8.63	3.29	0.04	0.16

SMG-2209 ; STG-2209全鐳道機械性能

試驗項目	拉伸試驗			衝擊試驗	
	降伏強度	抗拉強度	延伸率	試驗溫度	衝擊值
AWS A5.4 E2209-XX	--	$\geq 690\text{MPa}$	$\geq 20\%$	--	--
SMG-2209 (98%Ar+2%O ₂)	620MPa	760Mpa	31%	-40℃	95 J
STG-2209 (100%Ar)	650MPa	790Mpa	34%	-40℃	200 J

SMG-2594 ; STG-2594鐳道化學成分

Chemical Composition	C	Mn	Si	P	S	Cr
AWS A5.4 ER2594	≤ 0.03	≤ 2.5	≤ 1.0	≤ 0.03	≤ 0.02	24.0-27.0
SMG-2594 STG-2594	0.01	0.58	0.42	0.019	0.001	25.12

Chemical Composition	Ni	Mo	Cu	N	W
AWS A5.9 E2594	8.0-10.5	2.5-4.5	≤ 1.5	0.20-0.30	≤ 1.0
SMG-2594 STG-2594	9.26	4.02	0.08	0.24	<0.01

SMG-2594 ; STG-2594全鐳道機械性能

試驗項目	拉伸試驗			衝擊試驗	
	降伏強度	抗拉強度	延伸率	試驗溫度	衝擊值
AWS A5.4 E2594	--	$\geq 760\text{MPa}$	$\geq 15\%$	--	--
SMG-2594 (98%Ar+2%O2)	650MPa	840Mpa	24%	-40°C	70 J
STG-2594 (100%Ar)	680MPa	860Mpa	28%	-40°C	120 J

MIG銲接參數建議

銲線尺寸	電流	電壓	保護氣體
0.9mm	120~220A	18~25V	98%Ar+2%O ₂
1.2mm	160~240A	19~26V	
1.6mm	200~300A	24~30V	

TIG銲接參數建議

銲線尺寸	電流	電壓	保護氣體
1.6mm	90~120A	9~13V	100%Ar
2.0mm	100~130A	14~16V	
2.4mm	120~170	16~18V	
3.2mm	180~250	18~20V	

首銳雙相不銹鋼包藥鋁線- 「SFC-2209」

包藥鋁線型

SFC-2209

AWS A5.22 E2209T1-1

JIS Z3323 TS2209-FC1

EN ISO 17633-A T 22 9 3 N L P C/M 2

GB T17853 E2209T1-1



雙相不銹概述

雙相不銹鋼 (不含Mo合金化 程度較低)	特性說明	PREN值較低，不能用於腐蝕性較強的環境中。
	典型鋼種	SAF2304
	名義成分	23%Cr、4%Ni、0.1%N
	匹配鐸材 (公司品名)	--
標準雙相 不銹鋼	特性說明	PREN值較高，耐蝕性相對SAF2304改善很多。
	典型鋼種	SAF2205
	名義成分	22%Cr、5%Ni、3%Mo、0.17%N
	匹配鐸材 (公司品名)	SFC-2209
超級雙相 不銹鋼	特性說明	PREN值高達40，具有極強的耐氯化物應力腐蝕、點蝕等性能。
	典型鋼種	SAF2507
	名義成分	25%Cr、7%Ni、4%Mo、0.2~0.3%N
	匹配鐸材 (公司品名)	SFC-2594

雙相不銹鋼合金化原理

Cr

- ①肥粒鐵形成元素。
- ②含量大於10.5 % 時能在金屬表面形成穩定氧化膜，具備耐蝕性，含量越高，耐蝕性越強；同時提高抗高溫氧化能力。
- ③含量過高時促使鋼中形成金屬間相。

Ni

- ①沃斯田鐵形成元素。
- ②提高鋼的韌性。
- ③減緩鋼中有害金屬間相的形成，但不及氮的作用強烈。

Mo

- ①肥粒鐵形成元素。
- ②提高鋼的耐點蝕以及耐縫隙腐蝕能力。
- ③增加鋼中形成有害金屬間相傾向。

N

- ①沃斯田鐵形成元素，強烈的固溶強化能力。
- ②顯著提高鋼的耐點蝕以及耐縫隙腐蝕能力。
- ③延緩鋼中形成有害金屬間相。
- ④通過增加沃斯田鐵量和減緩形成有害金屬間相來提高鋼的韌性。

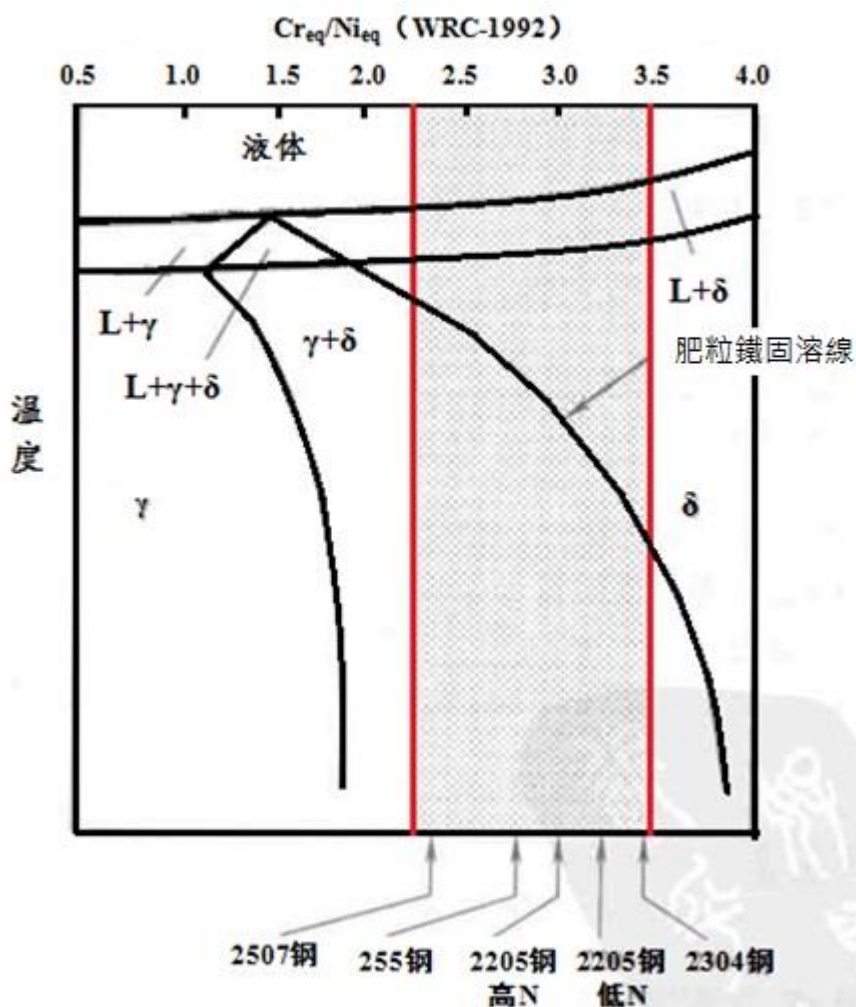
相圖

相變序列： $L \rightarrow L+F \rightarrow F \rightarrow F+A$

① F凝固模式, 抗裂性極強。

② 典型雙相鋼 C_{req}/N_{req} 一般為 2.25~3.5。

③ 固態相變 $F \rightarrow A$ 。



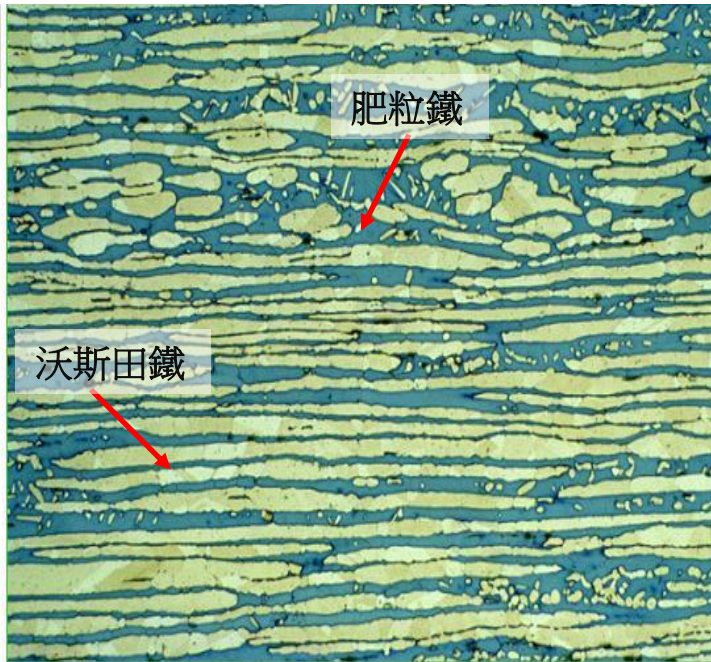
雙相不銹鋼成分範圍內的偽二元相圖中的高溫區域陰影部分，代表商業用鋼的成分範圍

組織及相平衡

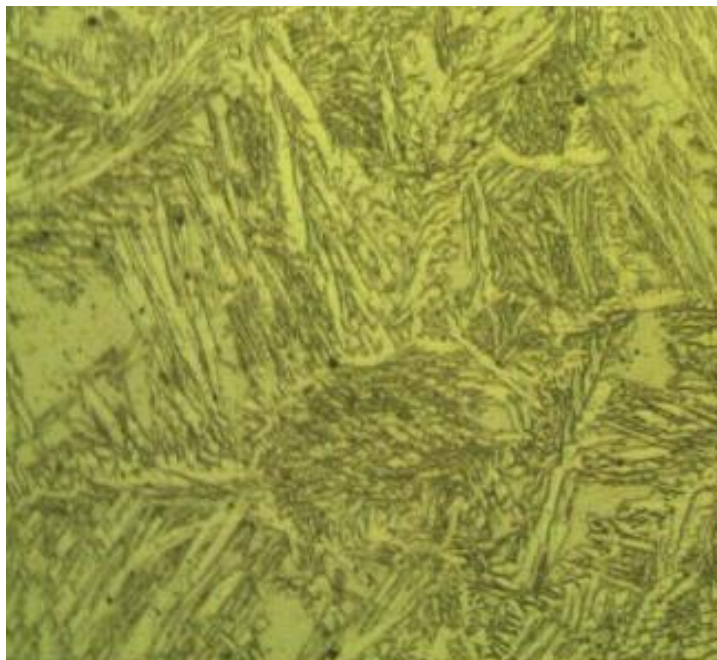
1.金相

F+A雙相組織

母材



鐸道



組織及相平衡

2. 肥粒鐵含量對鐸道金屬性能的影響

>70%	<25%
氫致裂紋傾向增加	應力腐蝕傾向增加
韌性降低	強度降低
點蝕傾向增加	

3. 合理的肥粒鐵含量及其優勢

實驗研究表明，鐸道中含有35%~65%的肥粒鐵，則具有優異的耐蝕性和機械性能，其優勢如下。

- 1 可有效防止Cr的C、N化合物和二次沃斯田鐵的析出，提高韌性和耐蝕性。
- 2 能有效防止 σ 相析出，對耐蝕性有利。
- 3 細化晶粒，由於大部分肥粒鐵在冷卻時要轉化為沃斯田鐵，從而形成較細的兩相組織，提高鐸道韌性和抗裂性。
- 4 沃斯田鐵佔優勢，使得合金元素Cr、Ni、Mo等在兩相中的分配比例適當，避免兩相成分差異過大。

性能

1.力學性能

雙相不銹鋼中以SAF2205應用最為廣泛，現將其與304L、316L進行力學性能對比，資料如下：

材料	降伏強度MPa	降伏強度MPa	延伸率%
2205	510	750	35
304L	280	580	55
316L	280	570	55

優勢：強度較高，如降伏強度→減小工件尺寸及自重(經濟節能)

2.耐蝕性能

相對於沃斯田鐵不銹鋼，具有以下特色：

- 1 同等甚至更高的耐常規腐蝕性能。
- 2 更好的耐點蝕和縫隙腐蝕性能。
- 3 更高的耐應力腐蝕性能。
- 4 良好的耐晶間腐蝕性能。
- 5 在含氫環境中耐蝕性能下降。

性能

3.物理性能

相比沃斯田鐵不銹鋼，雙相不銹鋼具有更小的銲接變形，這一點在銲接薄板時尤為顯著。

材料	熱導率W/m*°C	熱膨脹係數X10 ⁻⁶ /°C
低碳鋼	47	12
Cr-Ni不銹鋼	15	16
雙相不銹鋼	15	13

4.銲接性能

1.與沃斯田鐵/肥粒鐵不銹鋼相比，其銲接性能優勢如下：

- A.** 相對於沃斯田鐵不銹鋼：熱裂敏感性低。
- B.** 相對於肥粒鐵不銹鋼：塑性提高及冷裂傾向小。

2.影響肥粒鐵含量的因素：

影響因素

銲縫金屬化學成分	銲接接頭冷卻速度
1.銲材成分	1.熱輸入(銲接方法及工藝參數)
2.母材稀釋率(銲接方法及工藝參數)	2.母材厚度及接頭形式
	3.道間及層間溫度

性能

5.加熱對組織和性能的影響

當雙相不銹鋼處在下列溫度時，易導致脆性相及碳、氮化物的析出，造成機械性能及耐蝕性能的惡化。

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1 | 475°C: α' 析出。 |
| 2 | 550-900 °C: 碳、氮化物析出。 |
| 3 | 600-1000 °C: σ , χ 析出。 |

因此雙相不銹鋼具有以下使用特性：

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 | 使用溫度範圍的上限為不超過300 °C。 |
| 2 | 避免採用鐸後熱處理，必要時建議採用較高溫度的固溶處理。 |

SFC-2209產品介紹

1.全位置鐸道成型示例(雙氣體)



100%CO₂ FA 220A/32V



80%Ar+20%CO₂ FA 220A/30V

SFC-2209產品介紹

1.全位置鐸道成型示例(雙氣體)

100%CO₂

VU 140-150A/25V



80%Ar+20%CO₂

VU 140-150A/24V



SFC-2209產品介紹

1.全位置鐸道成型示例(雙氣體)



100%CO2 OH 160-170A/27V



80%Ar+20%CO2 OH 160-170A/26V

SFC-2209產品介紹

1.全位置鐸道成型示例(雙氣體)



100%CO₂ F 220A/32V(脫渣前)



100%CO₂ F 220A/32V(脫渣後)

SFC-2209產品介紹

1.全位置鐸道成型示例(雙氣體)



80%Ar+20%CO² F 220A/30V(脫渣前)



80%Ar+20%CO² F 220A/30V(脫渣後)

熔敷金屬化學成分 (雙氣體)

Chemical Composition	C	Mn	Si	P	S
GB/T 標準	0.04	0.5-2.0	1.0	0.04	0.03
AWS 標準	0.04	0.5-2.0	1.0	0.04	0.03
100%CO ₂	0.037	1.04	0.53	0.026	0.005
80%Ar+ 20%CO ₂	0.032	1.12	0.58	0.024	0.003

Chemical Composition	Ni	Cr	Mo	N	PREn
GB/T 標準	7.5-10.0	21.0-24.0	2.5-4.0	0.08-0.20	-
AWS 標準	7.5-10.0	21.0-24.0	2.5-4.0	0.08-0.20	-
100%CO ₂	8.72	22.674	3.38	0.118	35.7
80%Ar+ 20%CO ₂	8.65	22.45	3.41	0.12	35.6

注：耐點蝕當量(PRE_N)= Cr + 3.3Mo + 16N
(式中元素符號代表熔敷金屬中該元素所占的品質分數。)

肥粒鐵含量 (雙氣體)

保護氣體	Schaeffler(%F)	WRC-1992(FN)	實測(FN)	實測(%F)
100%CO ₂	49.4	57.6	44.4	35.4
80%Ar+20%CO ₂	56.2	66.7	54.8	42.9

熔敷金屬力學性能(雙氣體)

機械性能	降伏強度MPa	抗拉強度MPa	伸長率%	衝擊值(J/°C)	射線探傷
GB/T 標準	-	690	20	-	II
AWS 標準	-	690	20	-	-
100%CO ₂	645	781	28.0	43/-40	I
80%Ar+20%CO ₂	645	796	24.5	40/-40	I

熔敷金屬耐蝕性能(雙氣體)

保護氣體	點腐蝕試驗		
	試驗方法	溶液溫度	試驗結果
100%CO ₂	ASTM G48 A法	25°C	3.86g/m ² *h
80%Ar+20%CO ₂			3.94g/m ² *h
100%CO ₂	ASTM G48 C法	21°C	無點蝕
		25°C	有點蝕

①船廠客戶要求ASTM G48A法 25°C*24hr腐蝕率 < 4g/m²。

②K社2209腐蝕試驗結果:25°C*24hr無點腐蝕;我司採用的G48 C法試驗週期72hr。

熔敷金屬耐蝕性能(雙氣體)

保護氣體	晶間腐蝕試驗	
	試驗方法	試驗結果
100%CO ₂	GB/T 4334 E法	合格，無晶間腐蝕裂紋
80%Ar+ 20%CO ₂		合格，無晶間腐蝕裂紋
100%CO ₂	ISO 3651-2 B法	合格，無晶間腐蝕裂紋
80%Ar+ 20%CO ₂		合格，無晶間腐蝕裂紋

①GB/T 4334.E法為不銹鋼硫酸-硫酸銅晶間腐蝕試驗，試樣彎曲180°，用10倍放大鏡觀察試樣外表面有無裂紋產生。

②ISO 3651-2 B法為品質分數35%硫酸-硫酸銅晶間腐蝕試驗。

SFC-2209 銲接工藝評定試驗

按照客戶擬定的銲接工藝對我司SFC-2209進行銲接工藝評定
客戶的技術要求及試驗結果如下：

成分	肥粒鐵含量	耐點蝕當量	衝擊(銲道中心、熔合線及熔合線+2mm)
Mo:3.0~4.0	FN(實測) ≥35	PREN ≥34	-20℃ 衝擊≥40J

注：工藝評定試驗用保護氣體: 100%CO2

熔敷金屬化學成分

Chemical Composition	C	Mn	Si	P	S
AWS標準	0.04	0.5-2.0	1.0	0.04	0.03
客戶要求	-	-	-	-	-
試驗結果	0.027	0.96	0.56	0.016	0.001
Chemical Composition	Ni	Cr	Mo	N	PREn
AWS標準	7.5-10.0	21.0-24.0	2.5-4.0	0.08-0.20	-
客戶要求	-	-	3.0-4.0	-	34
試驗結果	8.7	22.8	3.45	0.126	34.4

SFC-2209 銲接工藝評定試驗

對接頭肥粒鐵含量

檢測區域	銲道	熱影響區
肥粒鐵FN(實測)	38.9	67.2

對接接頭力學性能

客戶要求	橫向拉伸		衝擊		硬度		側彎4T 180°
	抗拉強度/MPa	斷裂位置	-20°C衝擊值/J	取樣位置	硬度HB	取樣位置	
	-	-	≥40	-	-	-	無裂紋
試驗結果	778	母材	41	銲道中心	220	銲道	OK
	773	母材	59	熔合線	229	熱影響區	
	-	-	89	熔合線+2mm	228	母材	

SFC-2209 銲接工藝評定試驗



橫向拉伸x2



橫向側彎x4

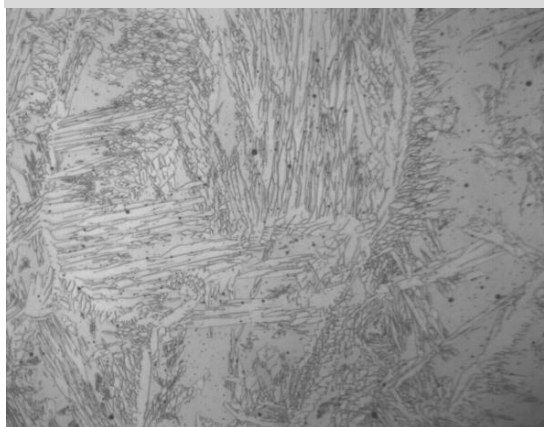
對接接頭金相組織(銲道+熱影響區)



銲道金屬 X200



熱影響區 X200

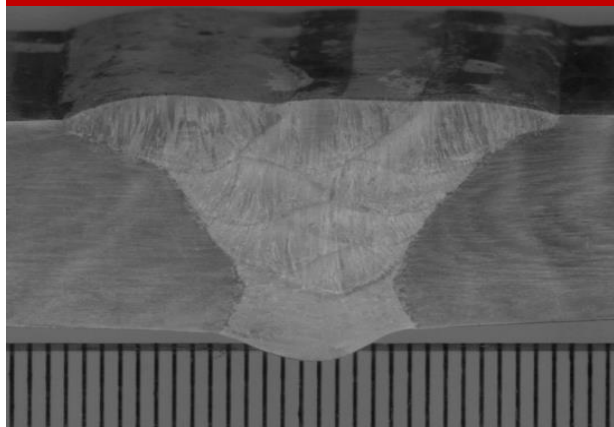


銲道金屬 X500



熱影響區 X500

對接接頭斷面宏觀



無任何銲接缺陷
(夾渣、未熔合等)

雙相不銹鋼化學品船的銲接

銲接工藝及技巧

預熱

通常不需預熱，僅當環境比較潮濕時可做低溫加熱以除去開槽內的水分 ($\leq 40^{\circ}\text{C}$ ，用電加熱，不能火焰加熱)。

層溫

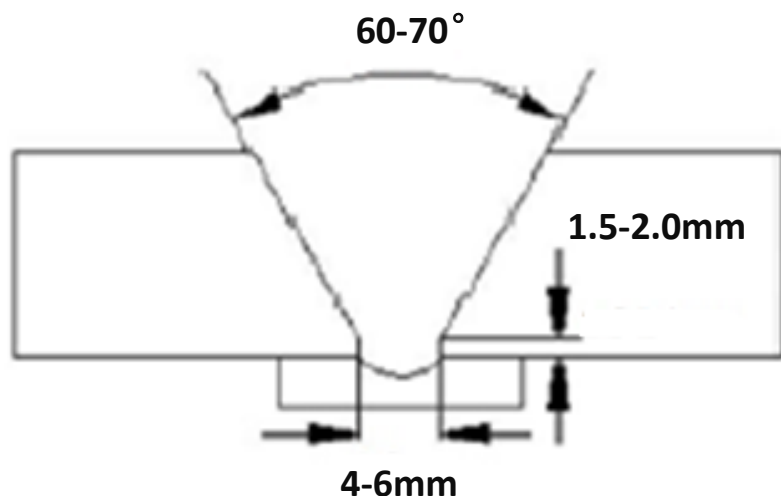
控制層間溫度小於 150°C (最好小於 100°C)。

銲後熱處理

不進行銲後熱處理。

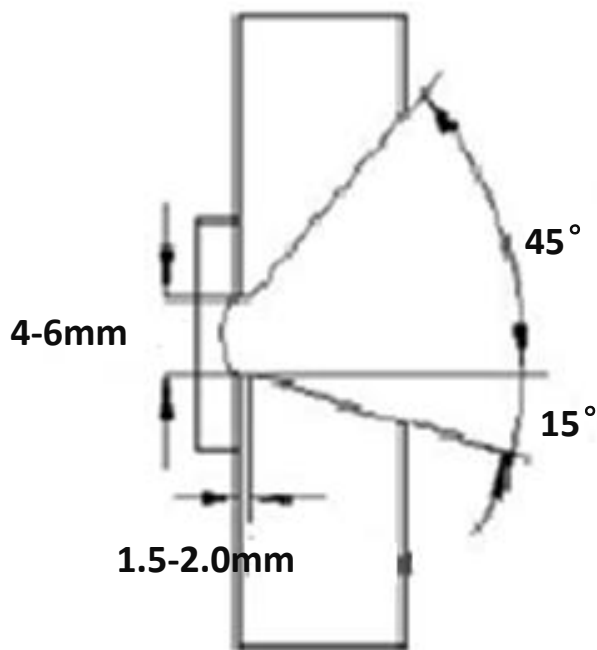
不建議熱矯形，更不得使用火焰加熱，以免金屬增碳。

厚度	接頭	銲接位置	銲接方法	銲接材料
8-15mm	V	PA,PF	FCAW	SFC-2209
備註	PA:平銲;PF:立向上銲			

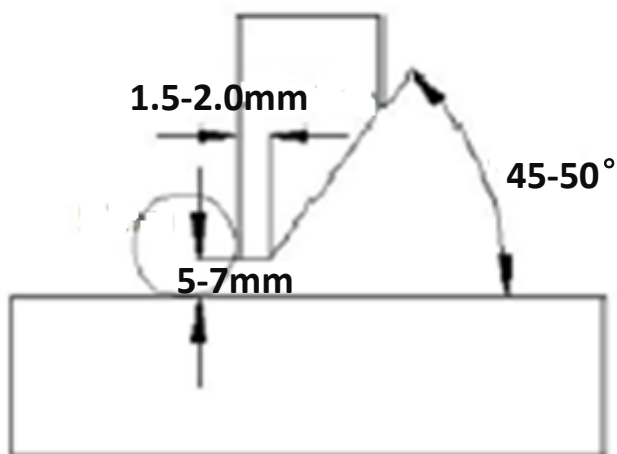


雙相不銹鋼化學品船的銲接

厚度	8-15mm
接頭	V
銲接位置	PC
銲接方法	FCAW
銲接材料	SFC-2209
備註	PC:橫銲



厚度	接頭	銲接位置	銲接方法	銲接材料
8-15mm	半K	PB,PD,PF	FCAW	SFC-2209
備註	PB:平角銲; PD:仰角銲; PF:立向上銲			



銲接順序

- 1 選擇正確的順序施銲，以降低銲接應力，減小銲接變形。
- 2 絕對不允許在銲道交叉位置起弧或收弧。

銲接技巧

異材銲接

銲槍位置向不銹鋼一側偏移或偏轉，以減少碳鋼稀釋率。

根部銲道

確保熔透，無其他銲接缺陷，單面銲時背面採用陶瓷襯墊。

填充銲道

確保無缺陷前提下高效率銲接。

蓋面銲道

確保良好的銲道成型和外觀，最低限度的銲後清理。

銲道打磨

過凸銲道的銲趾處需打磨，續銲時打磨前一銲道收弧處。

控制變形

合適的組配定位；合理的施銲順序；合適的銲接方法
臨時工裝夾具及壓重塊。

矯正變形

可採用冷作方法矯正變形，但不得採用熱矯形方法。

銲接注意事項

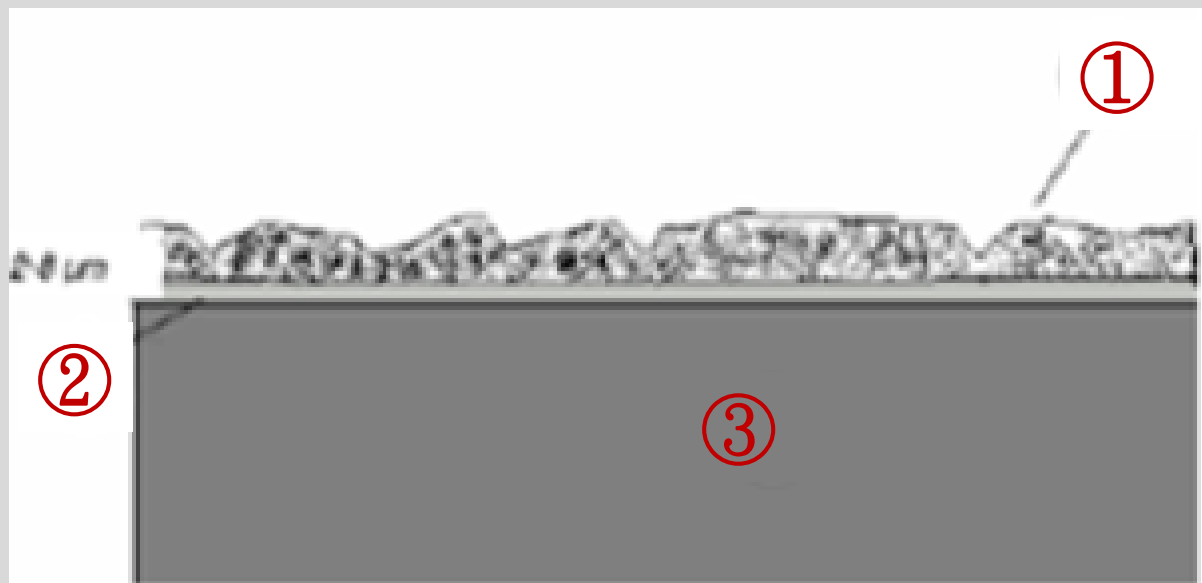
- 1 **合適的開槽角度和間隙**：由於雙相不銹鋼液態金屬的流動性不如碳鋼，熔深也淺，因此要避免過窄的間隙和過小的開槽角度，以防止產生熔合不良或夾渣。
- 2 避免因接頭安排不良而產生熱裂紋。
- 3 避免因吸濕或保護不良而產生的氣孔。
- 4 銲疤、擦傷、不合適的打磨等會降低耐蝕性，需要進行銲接修補。

銲接檢測及缺陷修補

- 1 銲接參數控制(電流、電壓、銲接速度、保護氣流量、層間溫度等)。
- 2 銲金屬肥粒鐵含量(磁性法、查圖法、金相法)。
- 3 無損檢測(目視、著色、超聲波、射線等)。
- 4
 - ①用打磨或等離子弧清除乾淨缺陷。
 - ②保護需修補區域周圍，防止飛濺。
 - ③採用合適的方法進行銲補。
 - ④檢查確認完全修復。
 - ⑤在母材不受影響的前提下可多次銲補。

銲後表面處理

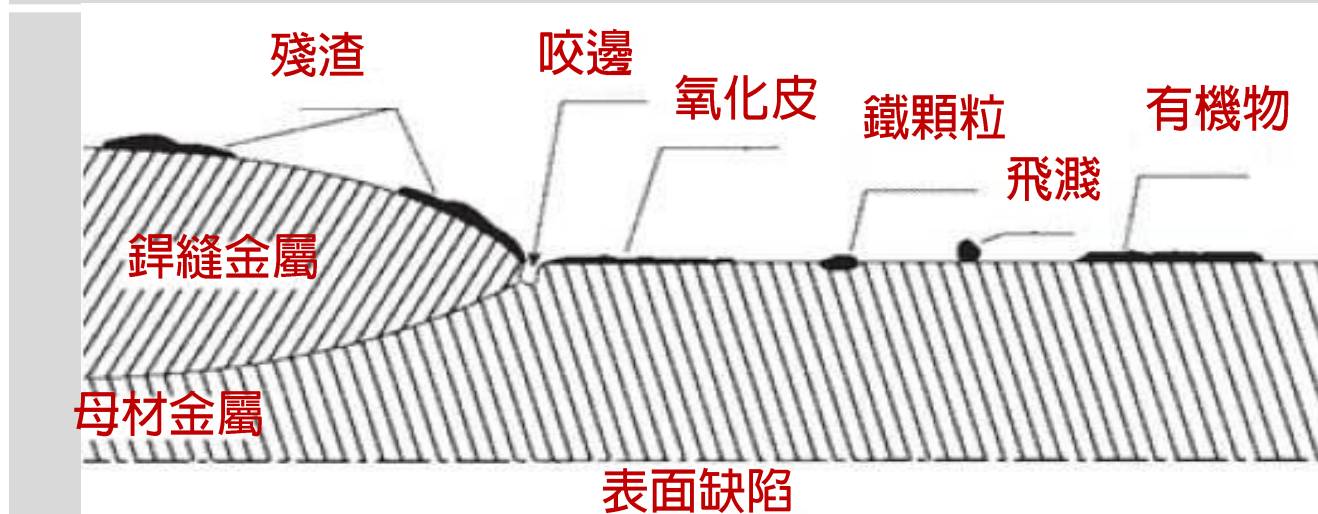
熱影響區表層



從外到內依次為：

①氧化皮50-60%Cr → ②貧Cr層 < 10%Cr → ③母材 > 18%Cr
*氧化皮與貧Cr層銲後必須去除

接頭區域各種表面缺陷



表面處理：①不銹鋼刷、②打磨、拋光、③酸洗/鈍化
*其中以酸洗/鈍化效果最佳