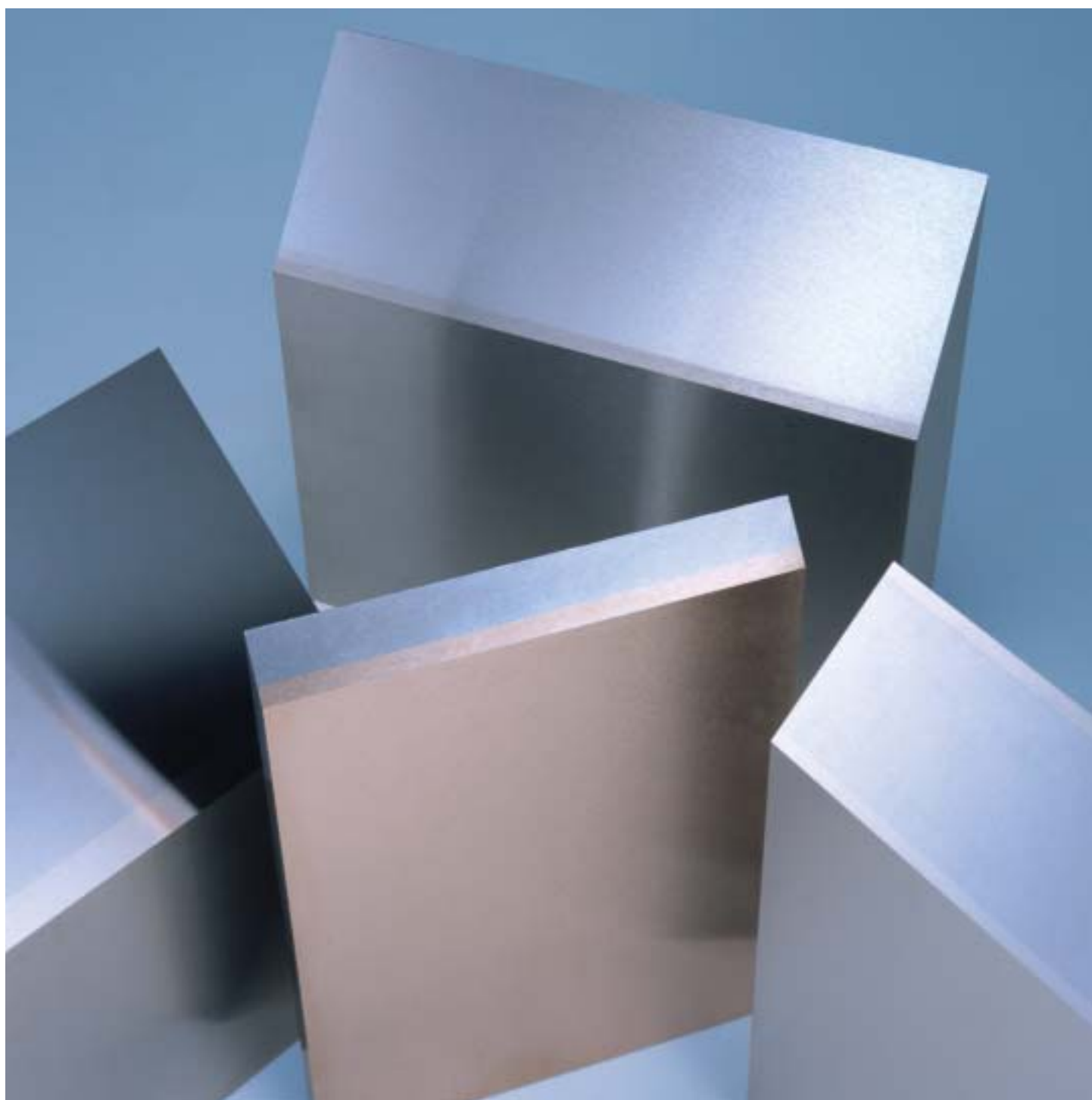




复合厚钢板



JFE 钢铁株式会社

前 言	1
生产过程	2
制造钢种	6
(1) 复合钢板的适用标准	6
(2) 母材	6
(3) 复合材料	7
最大产品尺寸	8
用途例	14
质 量	16
(1) 尺寸精度	16
(2) 接合界面	16
(3) 剪切强度	17
(4) 可焊性	17
(5) 可加工性	18
(6) 耐蚀性	21
制造·检查等的要领	23
使用注意事项	24
(1) 切断	24
(2) 成形加工	24
(3) 焊接	24
订货、询问须知	25

前 言

复合厚钢板，是在碳素钢或低合金的钢板（母材）单面或双面，与不锈钢板等（复合材料）接合的复合钢板。

因此，复合厚钢板作为结构部材料具有必要的强度，同时（母材部分）还兼备耐熟性、耐蚀性等功能（复合材料部分）。而且与母材部分也以复合材料同一材质生产的产品相比，具有价格低廉的优势特长。

因而，复合厚钢板被压力容器、造船、海水淡化化装置等各种产业领域所使用。

本公司，基于迄今为止高级厚钢板的生产技术，利用研究开发的成果，从1983年起开始进行复合钢板的营业生产。

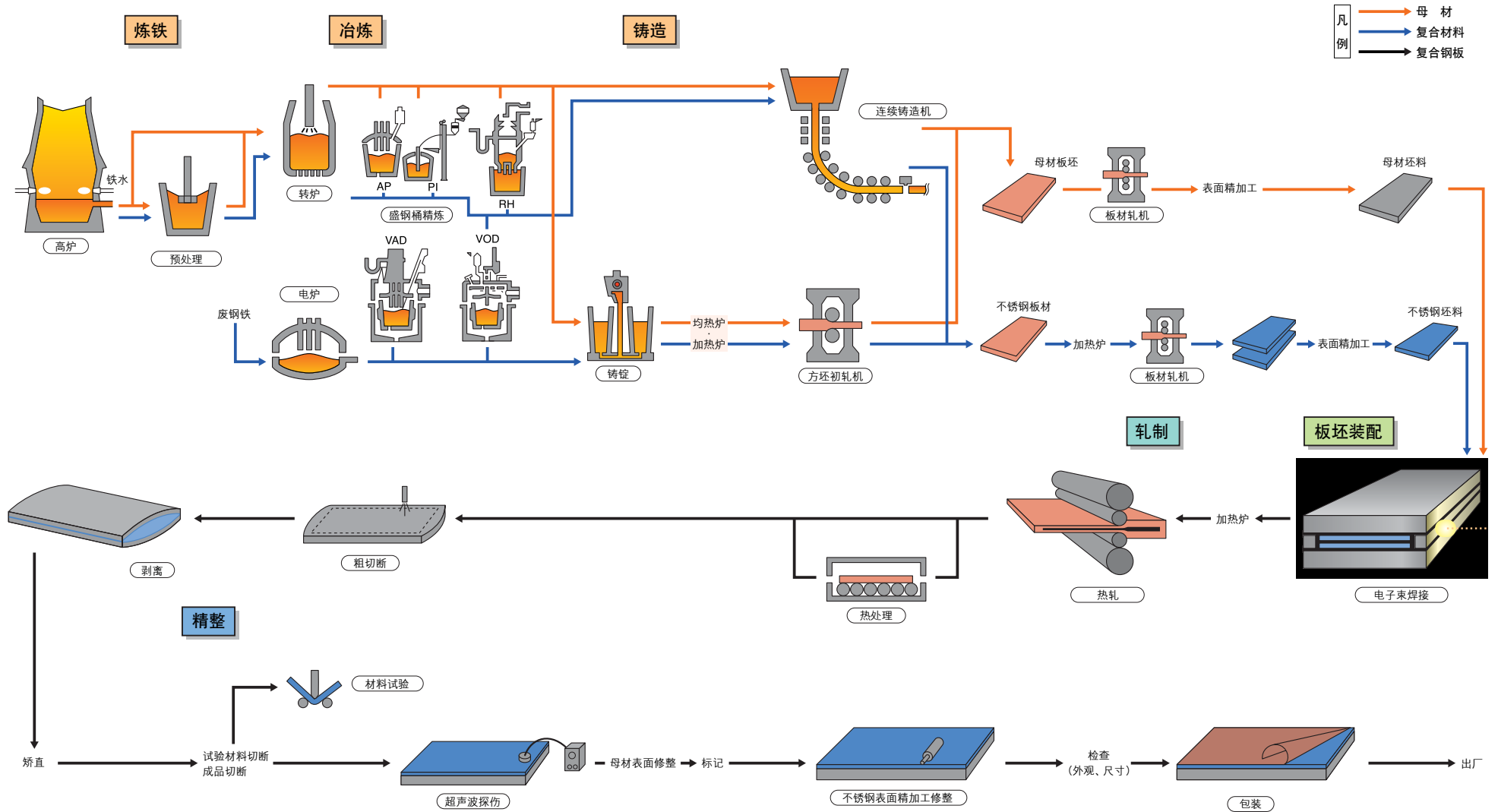
复合钢板有多种生产方法，本公司是以轧制方式生产，因为具有下列特长，自营业生产开始以来，在各种领域产生了广泛需求，备受好评。

- （1）优异的接合特性
- （2）稳定的性能
- （3）可生产宽幅、长幅钢板
- （4）优异的尺寸精度
- （5）迅速、可靠的交货期对应

感谢您利用JFE钢铁公司的复合钢板。

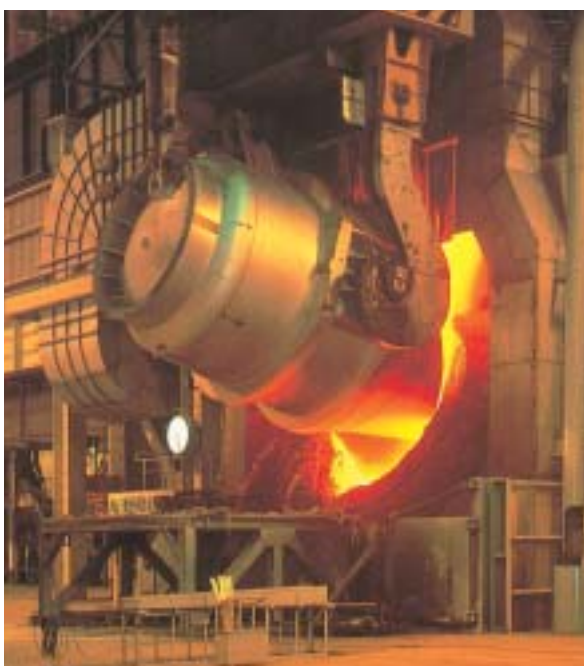
生产过程

下面介绍不锈钢复合钢板生产过程的例子。

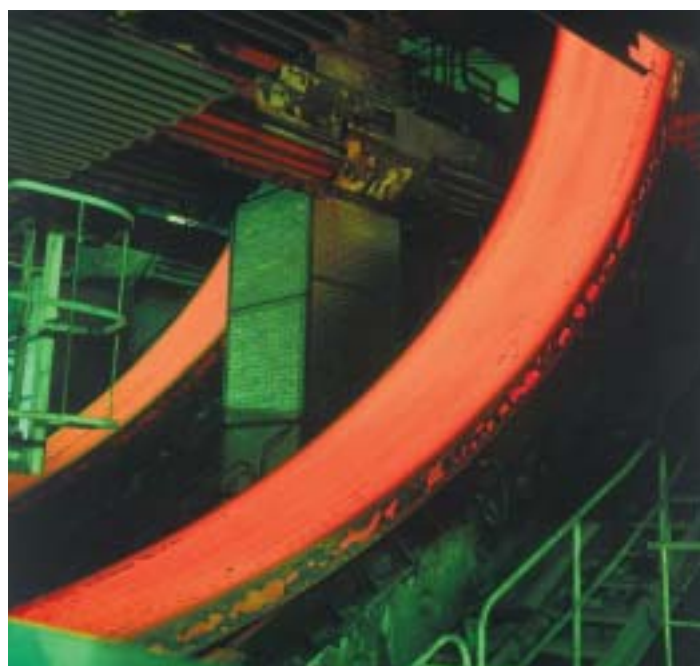




高炉



转炉



连续铸造



板材轧机



表面精加工



复合厚钢板



板厚测定



剪切强度试验

(1) 复合钢板的适用标准

适用标准原则上如下所示：

JIS G 3601	“不锈钢复合钢”
JIS G 3602	“镍和镍合金复合钢”
JIS G 3603	“钛复合钢”
JIS G 3604	“铜和铜合金复合钢”
ASTM A263 (ASME SA-263)	“Standard specification for Corrosion-Resisting Chromium Steel Clad Plate, Sheet and Strip”
ASTM A264 (ASME SA-264)	“Standard specification for Stainless Chromium-Nickel Steel Clad Plate, Sheet and Strip”
ASTM A265 (ASME SA-265)	“Standard specification for Nickel and Nickel-Base Alloy Clad Steel Plate”
ASTM B432	“Standard specification for Copper and Copper Alloy Clad Steel Plate”

(2) 母材

JIS标准

G3101	“一般结构用轧制钢材” (SS400)
G3106	“焊接结构用轧制钢材” (SM400、490、490Y、520)
G3103	“锅炉及压力容器用碳钢和钼钢钢板”
□	(SB410、450、480、450M、480M)
G3115	“压力容器用钢板” (SPV235、315、355)
G3118	“中·高温压力容器用碳钢钢板” (SGV410、450、480)
G4109	“锅炉及压力容器用铬钼钢钢板” (SCMV2、3、4)
G3126	“低温压力容器用碳钢钢板” (SLA235、325)

ASTM (ASME) 标准

结构用碳钢钢板 A36、A283等
压力容器用碳钢钢板 (S) A516、(S) A285等
压力容器用低合金钢钢板 (S) A204、(S) A387等

其他，还适用BS标准、各船级标准、JFE产品标准等应用于本公司制造厚钢板的标准。

(3) 复合材料

不锈钢

分类	JIS标准 (G4304)	化 学 成 分 (%)											最大 产品 尺寸
		C (max.)	Si (max.)	Mn (max.)	P (max.)	S (max.)	Ni	Cr	Mo	N	Ti	其 他	
铁氧体系	SUS410L	0.030	1.00	1.00	0.040	0.030	(≤0.60)	11.00 ~13.50	-	-	-		表1 表2
	SUS430	0.12	0.75	1.00	0.040	0.030	(≤0.60)	16.00 ~18.00	-	-	-		
马氏体系	SUS410S	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	(≤0.60)	11.50 ~13.50	-	-	-		表1 表2
奥氏体系	SUS304	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	8.00 ~10.50	18.00 ~20.00	-	-	-		表1 表2
	SUS304L	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	9.00 ~13.00	18.00 ~20.00	-	-	-		
	SUS316	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	10.00 ~14.00	16.00 ~18.00	2.00 ~3.00	-	-		
	SUS316L	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	12.00 ~15.00	16.00 ~18.00	2.00 ~3.00	-	-		
	SUS316LN	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	10.50 ~14.50	16.50 ~18.50	2.00 ~3.00	0.12 ~0.22	-		
	SUS317	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	11.00 ~15.00	18.00 ~20.00	3.00 ~4.00	-	-		
	SUS317L	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	11.00 ~15.00	18.00 ~20.00	3.00 ~4.00	-	-		
	SUS321	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	9.00 ~13.00	17.00 ~19.00	-	-	≥5×C		
SUS347	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	9.00 ~13.00	17.00 ~19.00	-	-	-	Nb≥10×C%		

(注) 亦可制造相当于上述标准的ASTM、ASME、船级标准以及上述之外的标准。

铜及铜合金

JIS标准 (H3100)	化 学 成 分 (%)								备 注	最大 产品 尺寸
	Cu	Pb	Fe	Zn	Mn	Ni	P	Cu+Ni+ Fe+Mn		
C1020P	≥99.96	-	-	-	-	-	-	-	无氧铜	表3
C7060P	-	≤0.05	1.0 ~1.8	≤0.50	0.20 ~1.0	9.0 ~11.0	-	≥99.5	白铜 (9/1)	
C7150P	-	≤0.05	0.40 ~1.0	≤0.50	0.20 ~1.0	29.0 ~33.0	-	≥99.5	白铜 (7/3)	
C6161P	83.0 ~90.0	-	2.0 ~4.0	-	0.50 ~2.0	0.50 ~2.0	Al 7.0 ~10.0	标准+Al ≥99.5	铝青铜	

(注) 亦可制造相当于上述标准的ASTM标准。

镍及镍铜合金

JIS标准	化 学 成 分 (%)								备 注	最大 产品 尺寸
	Ni	Cu	Fe	Mn	C	Si	S			
H4551	NW2200	≥99.0	≤0.2	≤0.4	≤0.3	≤0.15	≤0.3	≤0.010	普通碳镍	表4
	NW2201	≥99.0	≤0.2	≤0.4	≤0.3	≤0.02	≤0.3	≤0.010	低碳镍	
	NW4400	≥63.0	28.0 ~34.0	≤25	≤2.0	≤0.30	≤0.5	≤0.025	镍铜合金	

(注) 亦可制造相当于上述标准的ASTM标准。

钛

JIS标准 (H4600)	化 学 成 分 (%)							备 注	最大 产品 尺寸
	C	H	O	N	Fe	Pd	Ti		
TP270H	≤0.08	≤0.013	≤0.15	≤0.03	≤0.20	-	剩余部分	1种	表5
TP340H	≤0.08	≤0.013	≤0.20	≤0.03	≤0.25	-	剩余部分	2种	
TP270PdH	≤0.08	≤0.013	≤0.15	≤0.03	≤0.20	0.12 ~0.25	剩余部分	11种	
TP340PdH	≤0.08	≤0.013	≤0.20	≤0.03	≤0.25	0.12 ~0.25	剩余部分	12种	

(注) 亦可制造相当于上述标准的ASTM标准。

最大产品尺寸

● 不锈钢复合钢板

表1 奥氏体系、铁氧体系不锈钢，单面复合钢板的最大产品尺寸表

(数字为最大长度m)

厚度 (mm) 宽度 (mm)	1000 ~ 1500	1501 ~ 1800	1801 ~ 2000	2001 ~ 2200	2201 ~ 2400	2401 ~ 2600	2601 ~ 2800	2801 ~ 3000	3001 ~ 3200	3201 ~ 3400	3401 ~ 3600	3601 ~ 3800	3801 ~ 4000	4001 ~ 4200	4201 ~ 5000				
6.0 ~ 8.0	13																		
8.1 ~ 10.0	15																		
10.1 ~ 16.0													16	15	恰商对象范围				
16.1 ~ 18.0												16	15						
18.1 ~ 20.0											17	16	15						
20.1 ~ 22.0										16	15								
22.1 ~ 24.0									16	15									
24.1 ~ 26.0								16	15										
26.1 ~ 28.0							15												
28.1 ~ 30.0						16													
30.1 ~ 32.0					16	15													
32.1 ~ 34.0				15				14											
34.1 ~ 36.0																			
36.1 ~ 38.0																			
38.1 ~ 40.0																			
40.1 ~ 50.0												13	12	11					
50.1 ~ 60.0											13	12	11	10		9.5	9		
60.1 ~ 70.0										13	12	11	10	9.5		9	8.5	8	7.5
70.1 ~ 80.0									13	12	11	10	9.5	9		8	7	6.5	
80.1 ~ 90.0								12	11	10	9.5	9	8	7	6.5	6			
90.1 ~ 100.0							12	11	10	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	
100.1 ~ 120.0	11	10.5	9.5	8.5	8	7	6.5	6	5.5	5	4.5								
120.1 ~ 150.0	恰商对象范围																		

- (注) 1. 厚度为合计厚度(母材+复合材料)。
 2. 复合材料的厚度如表6所示。
 3. 最小尺寸为宽1m×长3m。
 4. 关于恰商对象范围，交货期，数量有限制。
 5. 关于热处理材料，部分有尺寸限制。

表2 双面复合钢板的最大产品尺寸表

(数字为最大长度m)

厚度 (mm) \ 宽度 (mm)	1000 ~1500	1501 ~2000	2001 ~2500	2501 ~3000	3001 ~3500	3501 ~4000	4001 ~4500					
10.1~12.0						恰商对象范围						
12.1~16.0						恰商对象范围						
16.1~18.0												
18.1~20.0									13			
20.1~22.0									12			
22.1~24.0									13	11		
24.1~26.0									12	11		
26.1~28.0									13	11	10	
28.1~30.0									12	10	9	
30.1~35.0									13	11	9	8
35.1~40.0									12	10	8	7
40.1~60.0	恰商对象范围											

- (注) 1. 厚度为合计厚度 (母材+复合材料)。
 2. 复合材料的厚度如表6所示。
 3. 最小尺寸为宽1m×长3m。
 4. 复合材料仅适用于奥氏体系不锈钢和SUS 430、SUS 410S。

●铜及铜合金复合钢板

表3 铜及铜合金复合钢板的最大产品尺寸表

(数字为最大长度m)

厚度 (mm) \ 宽度 (mm)	1000 ~2000	2001 ~2200	2201 ~2400	2401 ~2600	2601 ~2800	2801 ~3000	3001 ~3200	3201 ~3400	3401 ~3500			
6.0 ~ 8.0	13						恰商对象范围					
8.1 ~ 10.0												
10.1 ~ 16.0												
16.1 ~ 18.0												
18.1 ~ 20.0												
20.1 ~ 22.0												
22.1 ~ 24.0							恰商对象范围					
24.1 ~ 26.0	14											
26.1 ~ 28.0												
28.1 ~ 30.0												
30.1 ~ 32.0												
32.1 ~ 34.0										13		
34.1 ~ 44.0										13	12	11
44.1 ~ 50.0	13											

- (注) 1. 厚度为合计厚度 (母材+复合材料)。
 2. 复合材料的厚度如表6所示。
 3. 最小尺寸为宽1m×长3m。
 4. 复合材料为外部采购产品, 因此依复合材料厚度会有尺寸限制。

●镍及镍铜合金复合钢板

表4 镍及镍铜合金复合钢板的最大产品尺寸表

(数字为最大长度m)

厚度 (mm) 宽度 (mm)	1000 ~2000	2001 ~2500	2501 ~3000	3001 ~3500	3501 ~4000	4501 ~4200	
6.0 ~ 8.0	14			13			
8.1 ~ 10.0							
10.1 ~ 16.0				12			
16.1 ~ 18.0							
18.1 ~ 20.0				13			
20.1 ~ 22.0				12			
22.1 ~ 24.0				13		11	
24.1 ~ 26.0				12		10	
26.1 ~ 28.0				13		9	
28.1 ~ 30.0				12		8	
30.1 ~ 35.0				13		7	
35.1 ~ 40.0				12		6	
40.1 ~ 50.0				11		5	
50.1 ~ 60.0				10		4	
60.1 ~ 70.0	9		4				

- (注) 1. 厚度为合计厚度 (母材+复合材料)。
 2. 复合材料的厚度如表6所示。
 3. 最小尺寸为宽1m×长3m。
 4. 复合材料为外部采购产品, 因此依复合材料厚度会有尺寸限制。



● 钛复合钢板

表5-1 最大产品尺寸表（用途：管板）

（数字为最大长度m）

厚度 (mm) 宽度 (mm)	1000 ~2000	2001 ~2500	2501 ~3000	3001 ~3200	3201 ~3400	3401 ~3600	3601 ~3800	3801 ~3900
6.0~ 8.0	10							
8.1~ 10.0			9					
10.1~ 12.0	11							
26.1~ 16.0							9	9
16.1~ 20.0								7
20.1~ 24.0					9	7	6	
24.1~ 28.0	10		9		8	5		
28.1~ 30.0					7.5	6		
30.1~ 32.0								
32.1~ 34.0			9	8		6		
34.1~ 36.0								
36.1~ 38.0							5.5	
38.1~ 40.0					7.5			
40.1~ 42.0					6	5		
42.1~ 44.0	7							
44.1~ 46.0								
46.1~ 48.0								
48.1~ 50.0								
50.1~ 52.0								
52.1~ 54.0	6							
54.1~ 56.0								
56.1~ 58.0								
58.1~ 60.0								
60.1~ 62.0								
62.1~ 64.0	5		4					
64.1~ 66.0								
66.1~ 68.0								
68.1~ 70.0								
70.1~ 72.0	4		3					

- （注）1. 厚度为合计厚度（母材+复合材料）。
 2. 最小尺寸为宽1m×长3m。
 3. 复合材料的厚度如表6所示。

表5-2 最大产品尺寸表（用途：锅炉炉体钢板）

(数字为最大长度m)

厚度 (mm) 宽度 (mm)	1000 ~2000	2001 ~2500	2501 ~3000	3001 ~3200	3201 ~3400	3401 ~3600	3601 ~3800
6.0 ~ 8.0	10						
8.1 ~ 10.0				9			
10.1 ~ 12.0	11						
12.1 ~ 16.0							9
16.1 ~ 20.0							
20.1 ~ 24.0							9
24.1 ~ 28.0				9	8		7
28.1 ~ 30.0	10					7.5	6
30.1 ~ 32.0				8			
32.1 ~ 34.0				9	6		5.5
34.1 ~ 36.0							
36.1 ~ 38.0						5.5	
38.1 ~ 40.0				7.5			

(注) 1. 厚度为合计厚度（母材+复合材料）。

2. 最小尺寸为宽1m×长3m。

3. 复合材料的厚度如表6所示。

表5-3 最大产品尺寸表（用途：耐海水腐蚀用衬板）

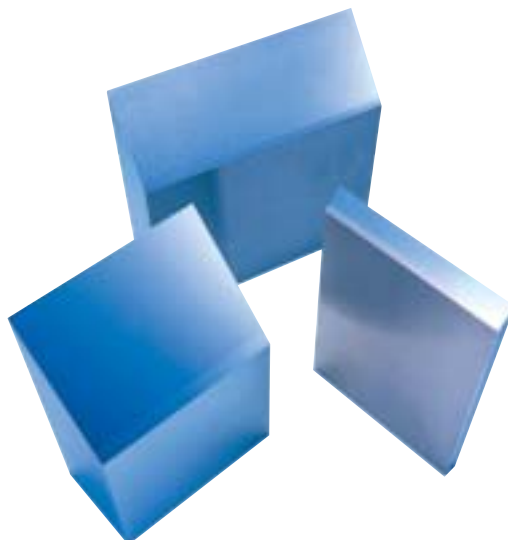
(数字为最大长度m)

厚度 (mm) 宽度 (mm)	1000 ~2000	2001 ~2500	2501 ~3000	3001 ~3200	3201 ~3400
6.0 ~ 8.0	10				
8.1 ~ 10.0					
10.1 ~ 12.0	11		9		
12.1 ~ 16.0			10		

(注) 1. 厚度为合计厚度（母材+复合材料）。

2. 最小尺寸为宽1m×长3m。

3. 复合材料的厚度如表6所示。



● 复合材料

表6 复合材料的最大厚度

(mm)

全厚 (mm)	单面不锈钢 复合钢		双面不锈钢 复合钢*		镍、镍合金 复合钢		铜、铜合金复合钢				钛复合钢	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	铜 (7/3、9/1)		无氧铜·铝青铜			
							最小	最大	最小	最大		
6.0 ~ 8.0	1.5	3.0			1.5	3.0	1.5	2.5	1.5	2.5	1.5	2.5
8.1 ~ 10.0	1.5	4.0	1.5**	2.0**	2.0	4.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
10.1 ~ 12.0	1.5	5.0	1.5	2.5	2.0	5.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	3.0
12.1 ~ 14.0	1.5	6.0	1.5	3.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	4.0	2.0	4.0
14.1 ~ 16.0	1.5	6.0	1.5	3.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	4.0	2.0	4.0
16.1 ~ 18.0	2.0	6.0	2.0	3.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	4.0	2.0	5.0
18.1 ~ 20.0	2.0	6.0	2.0	3.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	4.0	2.0	5.0
20.1 ~ 22.0	2.0	6.0	2.0	3.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	5.0	2.0	5.0
22.1 ~ 24.0	2.0	6.0	2.0	3.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	5.0	2.0	5.0
24.1 ~ 26.0	2.0	7.0	2.0	3.5	2.0	7.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	6.0
26.1 ~ 28.0	2.0	7.0	2.0	3.5	2.0	7.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	6.0
28.1 ~ 30.0	2.0	7.0	2.0	3.5	2.0	7.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	6.0
30.1 ~ 32.0	2.0	8.0	2.0	4.0	2.0	8.0	2.0	6.0	2.0	5.0	2.0	6.0
32.1 ~ 34.0	2.0	8.0	2.0	4.0	2.0	8.0	2.0	7.0	2.0	5.0	2.0	6.5
34.1 ~ 36.0	2.0	8.0	2.0	4.0	2.0	8.0	2.0	7.0	2.0	5.0	2.0	6.5
36.1 ~ 38.0	2.0	8.0	2.0	4.0	2.0	8.0	2.0	7.0	2.0	5.0	2.5	7.0
38.1 ~ 40.0	2.5	8.0	2.0	4.0	2.0	8.0	2.0	7.0	2.0	5.0	2.5	7.0
40.1 ~ 50.0	3.0	8.0	3.0	4.0	2.0	8.0	3.0	7.0	3.0	5.0	3.0	7.0
50.1 ~ 60.0	3.0	9.0	3.0	5.0	2.0	10.0					3.0	7.0
60.1 ~ 70.0	3.0	10.0			2.0	10.0					3.0	7.0
70.1 ~ 80.0	3.5	11.0									3.0***	7.0
80.1 ~ 90.0	4.0	12.0										
90.1 ~ 100.0	4.0	12.0										
100.1 ~ 125.0	4.0	12.0										
125.1 ~ 150.0	4.0	12.0										

(注) * : 表示单面的复合材料厚度范围。

** : 仅适用于板厚10mm。

*** : 适用于直至75mm为止的板厚。

用途例



压力容器



海水淡化设备





化学品槽船



封头

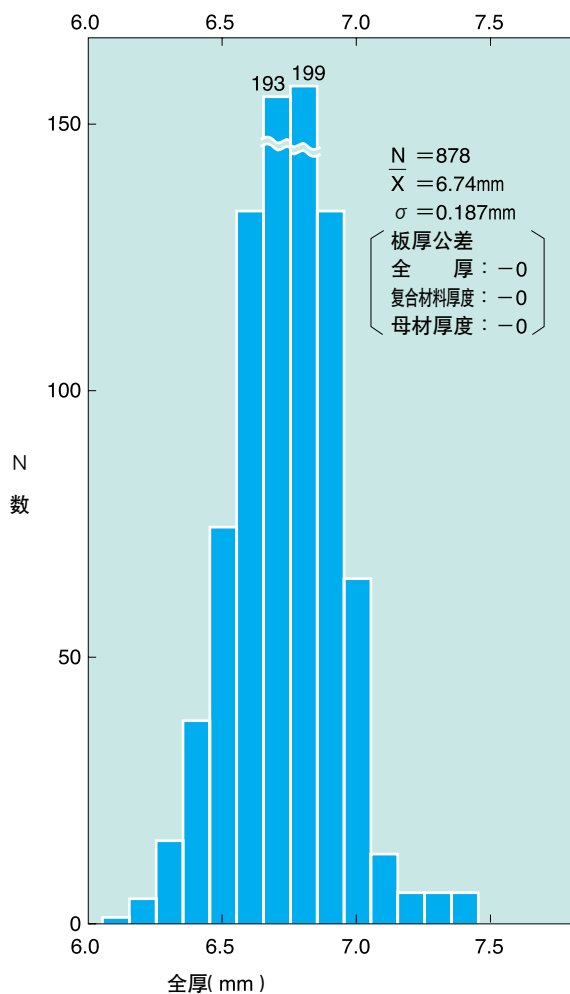


造纸设备

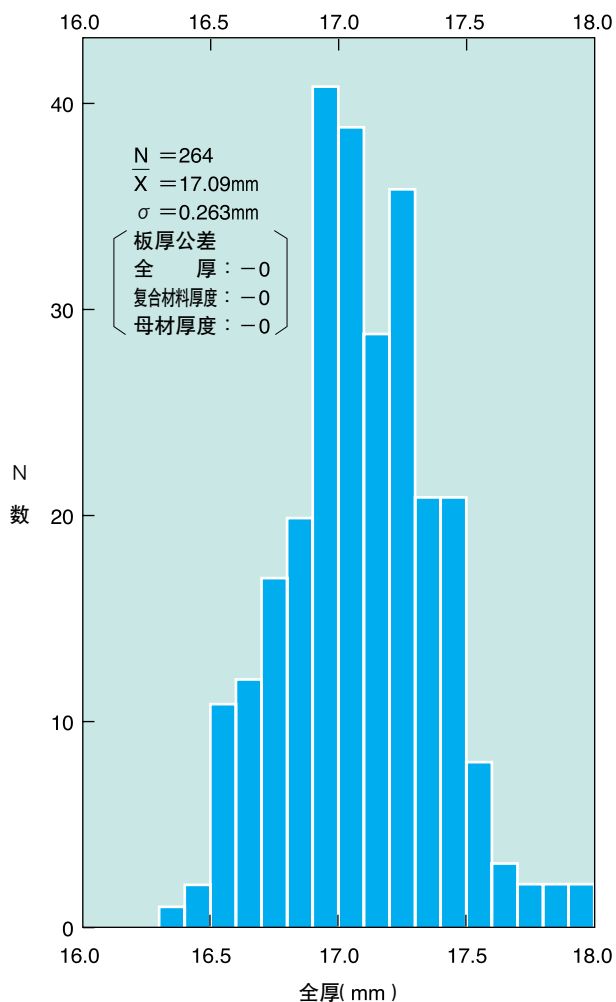
(1) 尺寸精度

下面介绍不锈钢复合钢板板厚精度的一个例子。

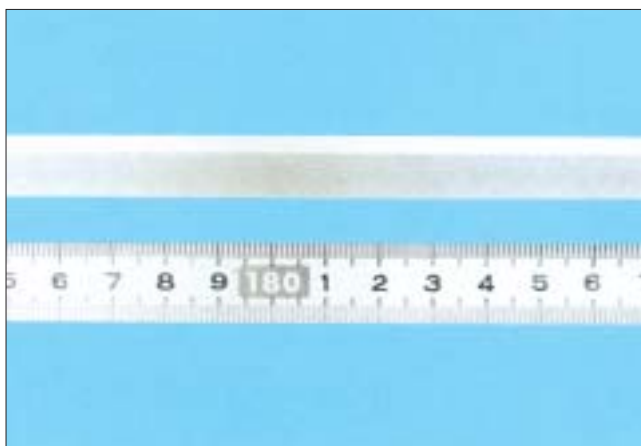
板厚实际测定值的直方图（全厚6mm）



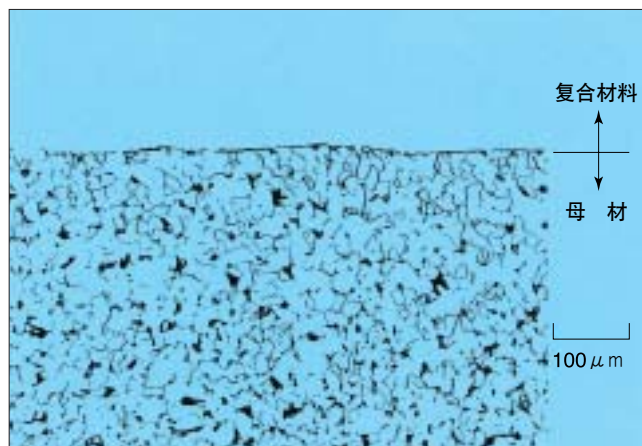
板厚实际测定值的直方图（全厚16mm）



(2) 接合界面



宏观组织



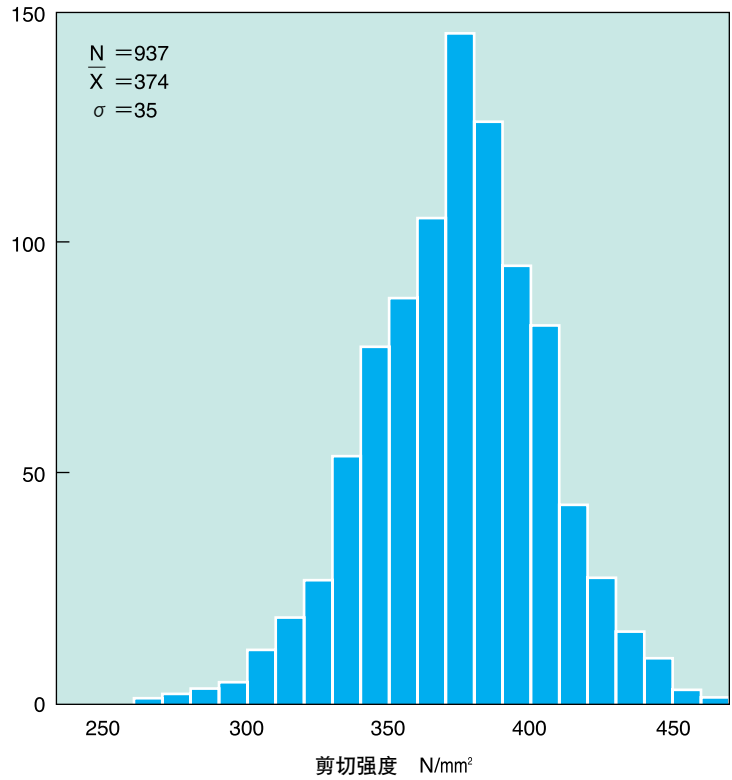
显微组织

(3) 剪切强度

用直方图介绍不锈钢复合钢板剪切强度的实绩例。

剪切强度的直方图

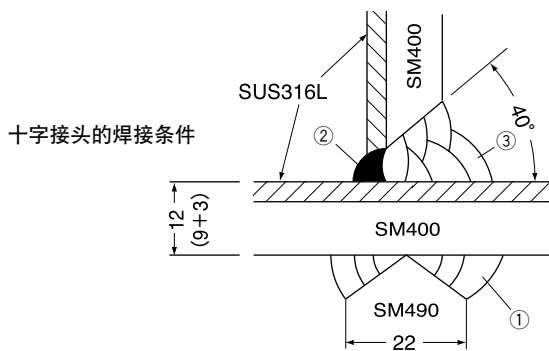
试验方法
JIS G 0601
标准数值
200N/mm² 以上



(4) 可焊性

十字接头焊接试验结果如下所示。通过角焊，确认到复合材料不会剥离。

接头形状



SM400B+SUS316L的十字接头断面宏观照片

十字接头的焊接条件

	1	② (根部焊道)	③
焊接方法	SMAW	GTAW	SMAW
焊接材料	LBM-52 4.0 φ	TGS-309L 2.4 φ	NC-39L 4.0 φ
预热温度	室温 (25℃)	室温 (25℃)	室温 (25℃)
层间温度	≤ 250℃	—	≤ 150℃
焊接位置	平焊位置	平焊位置	平焊位置
条件		保护气体·正反面 Ar 20 ℓ/min 110A·12V	140Amp·24V 15cm/min

(5) 可加工性

为调查加工复合钢板造成的剥离，或剪切强度的变化，进行了被认为加工最苛刻的封头的实物成形试验。结果如下所示，确认到既完全没有剥离，也没有剪切强度的劣化。

● 不锈钢复合钢板的封头冷加工成形试验

封头的形式和尺寸

符号	材 质	板 厚 (mm)	加工方法	形 式	内 径 (mm)	凸缘部长度 (mm)	高 度 (mm)
A1	SS400 +SUS304	12 (10+2)	冷冲压	正半椭圆	900	38	263
A2	"	"	冷旋压	"	"	"	"
B1	SM400B+ SUS316	16 (13+3)	冷冲压	"	"	"	"

A2
SS400
+SUS304
12 (10+2) mm
冷旋压



封头成形后的外观

封头各部的剪切强度N/mm²和超声波探伤结果

符号	加工方法	加工前	加 工 后			超声波探伤结果 (JIS G 0601)
			中凸部	关节部	凸缘部	
A1	冷加工	338	340	365	366	良 好
A2	冷冲压旋压	338	363	368	373	良 好
B1	冷冲压	352	357	364	372	良 好

● 镍铜合金复合钢板的封头冷加工成形试验

封头的形式和尺寸

材 质	板 厚 (mm)	加工方法	形 式	内 径 (mm)	凸缘部长度 (mm)	高 度 (mm)
SS400 + NW4400	13 + 2	冷冲压	正半椭圆	1,100	38.0	318



封头成形后的外观

封头各部的剪切强度N/mm²

位置 每个平均	加工前	加 工 后			
		中心部	中凸部	关节部	凸缘部
每 个	290	277	302	320	342
	296				
	282				
平 均	289	277	305	324	342

● 不锈钢复合钢板的封头热加工成形试验

封头的形式和尺寸

材 质	板 厚 (mm)	加工方法	形 式	内 径 (mm)	凸缘部长度 (mm)	高 度 (mm)
A516-65+Type316L	13 (10+3)	热旋压	正半椭圆	3,260	38	853



封头的成形情况

封头各部的剪切强度 N/mm^2

加工前	加 工 后			
	中心部	中凸部	关节部	凸缘部
337	350 365	345 356	330 358	330 352

(6) 耐蚀性

● 不锈钢复合钢板

比较不锈钢复合钢的耐蚀性与进行固溶化处理的不锈钢板进行了试验。结果，确认到两者大致同等。

SM400B + SUS316L 12 (9 + 3) mm复合材料的不锈钢部耐蚀性

试验项目及条件	试验结果	
	复合材料	比较材料 (固溶化热处理材料)
点腐蚀试验 (JIS G 0578) 氯化铁浸渍 10%FeCl ₃ · 6H ₂ O + 1/20NHCl 50°C、 24h (g/m ² · h)	25.63 (27.14、 24.11)	24.44 (23.48、 25.39)
晶间腐蚀试验 (JIS G 0575) 斯特劳斯晶间腐蚀检验 沸腾H ₂ SO ₄ - CuSO ₄ 溶液 16h浸渍后 1t弯曲	无 裂 纹	无 裂 纹
SCC试验 U形弯曲法 沸腾20% NaCl溶液 500h浸渍、 8R弯曲	无 裂 纹	无 裂 纹

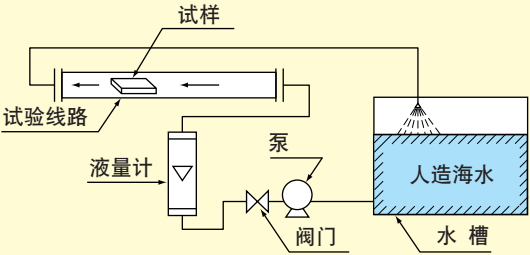


SCC试验后的外观

●铜镍复合钢板

①浸渍（流动水）腐蚀试验

试验条件

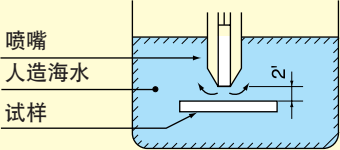
项目	条件
溶液	人造海水（ASTM-D-1141-52）
试验温度	25°C
试验装置	<p>通水试验机</p>  <p>※流水 2m/sec</p>

试验结果

试样	腐蚀速度（mm/年）
复合材料（表面）	0.024
焊接部	
V形坡口、三层堆焊（表面）	0.024
（表面下0.5mm）	0.024
X形坡口、二层堆焊（表面）	0.024
（表面下0.5mm）	0.024
X形坡口、三层堆焊（表面）	0.024
（表面下0.5mm）	0.024

②喷流腐蚀试验

试验条件

项目	条件
溶液	人造海水（3% NaCl）
试验温度	25°C
试验装置	<p>BNF喷射试验机</p>  <p>喷嘴：口径……2φ 喷射液：8.5m/sec（3%空气吸入）</p>

试验结果

试样	腐蚀速度（mm/年）
复合材料（表面）	0.012
焊接部	
V形坡口、三层堆焊（表面）	0.012
（表面下0.5mm）	0.012
X形坡口、二层堆焊（表面）	0.012
（表面下0.5mm）	0.012
X形坡口、三层堆焊（表面）	0.012
（表面下0.5mm）	0.012

(1) 生产钢种

6~7页的母材及复合材料的组合。

(2) 可生产尺寸

8~13页的最大产品尺寸表的范围。

(3) 热处理

原则上根据产品的规格或母材的规格，进行适合钢种、适合复合材料或母材性能的热处理。

(4) 复合材料表面加工

无特别指定时，进行相当于#80的全面研磨加工，可以根据希望加工到#120。

(5) 母材表面

无特别指定时，为轧制或热处理后原样的表面。

(6) 尺寸容许差

无特别指定时，如下所示。

●板厚

复合材料： - 侧 一侧 复合材料公称厚的10%（公称厚5mm以下）
0.5mm（公称厚超过5mm）

+ 侧 无规定

母 材： - 侧 根据母材规定

+ 侧 无规定

全 厚： - 侧 母材的（-）容许差+复合材料的（-）容许差

+ 侧 以全厚为公称厚时的母材规格（3）容许差3追加厚度
（9~:uu）

●宽度及长度：根据母材规格。

●变形：根据JIS G3193。

(7) 试验及检查

●化学成分：母材及复合材料的溶钢分析。

●机械试验：根据各规格实施试验。

●超声波探伤试验：按产品分别实施。

●尺寸测定：全厚、宽度、长度按产品分别测定。

(8) 标示

母材上以蜡纸及刻印标示着规格、尺寸、板号、公司章等。

(9) 包装

无特别指定时，以耐水性瓦楞纸保护复合材料面，予以发货。

使用之际

(1) 切断

- 复合钢板的切断，可以通过剪切、冲孔等剪断、利用刨床等切削剪断、气割、等离子切割等进行热切割。
- 剪断可适用板厚12mm以内，请不要伤及复合材料，将复合材料置于上面切断。
- 等离子切割时，通常是将复合材料置于上面切割。
- 为了提高切断精度，气割、等离子切割都应利用自动切断。

(2) 成形加工

- 复合钢板的成形加工，可通过滚子弯曲加工、冲压加工以及旋压加工进行。
- 为了发挥复合材料的特性，希望尽可能利用冷轧加工。板厚较厚时、复合材料是铬系不锈钢时或母材因高强度钢、Cr-Mo钢其弯曲延展性劣化时，需要根据加工度，进行热加工或温热加工。
- 加工之际，需要注意不要伤及复合材料表面。

① 冷加工

- 一般而论，不锈钢复合钢比低碳素钢的变形阻力、回弹都要大，加工时需要较大的力度。因而加工度较大时，应使用延展性、韧性优异的母材，同时应根据需要，在加工前进行适当的热处理。
- 冲压加工、旋压加工时作为润滑材料使用的油类，在焊接和热处理时，会带来渗碳作用，损害复合材料的耐蚀性，加工后请完全将其去除。
- 如果伤及复合材料表面，会使耐蚀性降低，因而滚筒、模具等应使用充分平滑、清净的物品，进而，利用乙烯树脂薄板等被覆保护复合材料，也是有效的。
- 加工度较大时，为了恢复延展性和韧性，有时在成形加工过程中需要进行热处理。热处理条件如下所示。

热处理条件

	复合材料	母材	温度℃
不 锈 钢	铬系(系)	低碳素钢 非调质高强度钢	625±25
	奥氏系(稳定化, 低C)		575±25
	奥氏系(上記以外)		525±25
	奥氏系(系)	Cr-Mo钢	620~700
	镍铜合金	低碳素钢	520±50
	铜镍合金(90/10)	低碳素钢	600~850
	铜镍合金(70/30)		650~815

② 热加工

- 加热前请充分去除油以及其他附着物。
(希望为硫黄含量0.01%以下的LPG、LNG、煤油)
- 热加工的适性温度范围如下所示。

热加工的温度范围

复合材料	母材	温度℃
铬系不锈钢	低碳素钢	850±50
奥氏系不锈钢	非调质高强度钢 Cr-Mo钢	880±50
镍铜合金	低碳素钢	820±50
铜镍合金	低碳素钢	825±50

- 以奥氏系不锈钢为复合材料的复合钢热加工时，请使用敏化较低的低碳素钢(例如SUS314L、SUS316L)或稳定化钢(例如SUS321、SUS347)。请尽可能回避利用SUS304、SUS316为复合材料的复合钢的热加工。

(3) 焊接

① 坡口加工

- 坡口加工原则上利用机械切割为好，也可利用气割、等离子切割等进行。这时坡口内的鳞屑以及其他异物需要利用砂轮机充分去除，不得有异物存在。
- 坡口形状根据板厚、焊接方法选定适当的形状，作为代表事例，对焊接接头的坡口形状如下所示。

坡口形状

分类	外面坡口	内面坡口
无裁剪的坡口		
附有裁剪的坡口		

② 预热

- 母材以及边界部焊接时的预热温度，应根据焊接方法、母材种类、板厚等选定适当的条件。复合材料焊接时的预热，使用铬系不锈钢焊接材料时，原则上为100~300℃，使用奥氏系不锈钢、高镍合金系以及铜镍合金系焊接材料时，原则上不需要。

③ 焊接及焊接材料

母材方面的焊接

- 复合钢原则上是在母材焊接后焊接复合材料。母材方面的焊接材料，根据其材质，板厚等，应选定符合焊接接头要求特性的材料，焊接之际，特别要注意不要将复合材料焊入母材方面的焊接金属。

④ 复合材料的焊接

- 复合材料方面的焊接接头，要求具有与复合材料同等、或同等以上的耐蚀性。因而焊接材料原则上应使用和复合材料同等以上的焊接金属。
- 复合材料方面第一层，考虑到母材的稀释，应使用Cr、Ni等合金成分含量较高的焊接材料。
- 铬系不锈钢复合时，从省略后热处理的目的出发，也可使用奥氏系不锈钢焊接材料。
- 代表性的焊接材料组合如下表所示。
- 复合材料和母材的边界部的焊接，需要注意应尽量降低电流，减少母材的稀释。

⑤ 焊接后的热处理

- 碳素钢、低合金钢一般在焊接后，为了去除应力，例如以600~650℃进行热处理。而复合材料为奥氏系不锈钢时，

代表性的复合钢 复合材料和适用焊接材料

复合材料的种类	第一层	第二层以后
SUS304	D309、D309L	D308、D308L
SUS304L	D309、D309L	D308L
SUS316	D309、D309L、 D309Mo	D316、D316L
SUS316L	同上	D316L
SUS317	同上	D317、D317L
SUS317L	同上	D317L
SUS321 SUS347	D309、D309L、 D309+Nb	D347
SUS410S	同上	同上
镍铜合金	Ni-Cu合金、Ni	Ni-Cu合金
铜镍合金 (90/10)	Ni-Cu合金、Ni	90/10铜镍合金
铜镍合金 (70/30)	同上	70/30铜镍合金

其温度域的 σ 相析出、Cr碳化物析出等脆化现象，耐腐蚀性的劣化等都成为问题。

因此，奥氏系不锈钢复合时，希望尽可能省略焊接后热处理，或进行后热处理时，适用低碳素型或稳定化型的不锈钢。

复合材料为铬系不锈钢时，通过焊接后热处理，一般会恢复性能。

⑥ 保管、装卸

- 严禁雨天操作，防止雨湿。

订货、照会之际的注意事项

为了根据使用目的提供适用产品，敬请在订货、照会之际，就下列项目赐予通知。

- | | |
|---|-------------|
| (1) 规格（母材及复合材料） | (4) 用途、使用条件 |
| (2) 尺寸、数量 | (5) 加工方法 |
| (3) 有无特殊规格
化学成分、尺寸容许差、
热处理表面加工、包装等。 | (6) 交货期 |

JFE Steel Corporation

TOKYO HEAD OFFICE	Hibiya Kokusai Building, 2-3 Uchisaiwaicho 2-chome, Chiyodaku, Tokyo 100-0011, Japan Phone : (81)3-3597-3111 Fax : (81)3-3597-4860
NEW YORK OFFICE	350 Park Avenue, 27th Fl., New York, NY 10022, U.S.A. Phone : (1)212-310-9320 Fax : (1)212-308-9292
HOUSTON OFFICE	10777 Westheimer, Suite 1010 Houston, TX 77042, U.S.A. Phone : (1)713-532-0052 Fax : (1)713-532-0062
VANCOUVER OFFICE	P.O. Box 49168, Three Bentall Centre, 453-595, Burrard Street, Vancouver, B.C. V7X 1J1, CANADA Phone : (1)604-687-0091 Fax : (1)604-688-7020
SYDNEY OFFICE	Suite 3A, Level 33, Colonial Centre, 52 Martin Place, Sydney, NSW 2000, Australia Phone : (61)2-9221-2082 Fax : (61)2-9221-2083
RIO DE JANEIRO OFFICE	Praia de Botafogo 228 Setor B Salas 508 & 509, CEP 22359-900, Botafogo, Rio de Janeiro-R.J., BRAZIL Phone : (55)21-2553-1132 Fax : (55)21-2553-3430
LONDON OFFICE	8th Floor, International Press Centre, 76 Shoe Lane, London EC4A 3JB, U.K. Phone : (44)20-7583-1133 Fax : (44)20-7583-1144
SINGAPORE OFFICE	16 Raffles Quay, No. 15-03, Hong Leong Building, Singapore 048581 Phone : (65)6220-1174 Fax : (65)6224-8357
MALAYSIA OFFICE	Unit C-13A-5, Block-C, Megan Avenue II, 12, Jalan Yap Kwan Seng 50450, Kuala Lumpur, Malaysia Phone : (60)3-2164-6618 Fax : (60)3-2164-6695
BANGKOK OFFICE	22nd Floor, Abdulrahim Place 990, Rama IV Road, Bangkok 10500, Thailand Phone : (66)2-636-1886 Fax : (66)2-636-1891
JAKARTA OFFICE	15th Floor Summitas II, Jl Jendral Sudirman Kav. 61-62, Jakarta 12190, Indonesia Phone : (62)21-522-6405 Fax : (62)21-522-6408
MANILA OFFICE	23rd Floor 6788 Ayala Avenue, Oledan Square, Makati City, Metro Manila, Philippines Phone : (63)2-886-7432 Fax : (63)2-886-7315
SEOUL OFFICE	13th Floor, Donghwa Bldg., 58-7 Seosomun-dong, Chung-ku, Seoul 100-110, Korea Phone : (82)2-779-8248 Fax : (82)2-779-8958
BEIJING OFFICE 北京办事处	1720, Beijing Fortune Building, Chaoyang District, Beijing 100004, People's Republic of China 100004 中华人民共和国北京市朝阳区北京发展大厦1720室 Phone : (86)10-6590-9051 Fax : (86)10-6590-9056
SHANGHAI OFFICE 上海办事处	Room No.2112, Lippo Plaza, 222 Huai Hai Road(M), Shanghai 200021, People's Republic of China 200021 中华人民共和国上海市淮海中路222号力宝中心2112室 Phone : (86)21-5396-5610 Fax : (86)21-5396-5611
GUANGZHOU OFFICE 广州办事处	Room2001, Citic Plaza 233, Tian He North Road, Guangzhou 510613, People's Republic of China 510613 中华人民共和国广州市天河区北路233号中信广场2001室 Phone : (86)20-3891-2467 Fax : (86)20-3891-2469
HONG KONG OFFICE	2904, 1Exchange Square, 8 Connaught Place, Central, Hong Kong SAR Phone : (85)2-2537-2176 Fax : (85)2-2537-5339

Notice

While every effort has been made to ensure the accuracy of the information contained within this publication, the use of the information is at the reader's risk and no warranty is implied or expressed by JFE Steel Corporation with respect to the use of information contained herein. The information in this publication is subject to change or modification without notice. Please contact the JFE Steel office for the latest information.