

## 低温钢

- 手工焊条
- 气保焊材料
  - 药芯焊丝
  - 实心焊丝
- TIG焊材料
- 气电立焊材料
- 埋弧焊材料
- 9%镍钢用焊接材料

5

# 低温钢用材料

## 1.材料的种类和选择方法

下表所示为各材料的适用温度范围。一般施工条件下，满足平均27J以上的吸收功为前提的温度范围。根据热处理的有无，化学成分要求，板厚和允许线能量的不同，也有难以匹配的可能。请在分别参考使用特性和操作要点的基础上，选定合适的施工方法和材料。

### 1) 手工焊条的适用温度区域

适用温度 °C	全位置	刊载 页码	平焊・平角焊	刊载 页码	向下立焊	刊载 页码
-30	NB-1	214	—	—	LB-26V Z-6V	46 60
-50					—	—
-60	LB-52NS NB-2	211 214	—	—	—	—
-80	NB-1SJ	212	—	—	—	—
-101	NB-3J	213				
-196	NI-C70S NI-C1S	236 236				

## 2) 气保焊材料的适用温度区域

适用温度 °C	MAG焊 (CO <sub>2</sub> )	刊载 页码	MAG焊 (Ar+CO <sub>2</sub> )	刊载 页码	TIG焊	刊载 页码
-30	DW-55E	216	MG-S50	106	TG-S50	111
-40			DW-A55L DW-A55LSR MG-S50LT MG-T1NS MG-S1N	220	TG-S1N	224
-60	DW-55L DW-55LSR MX-55LF	222				
-101	—	—		222		
-196	—	—	DW-N70S DW-N709SP	236 236	TG-S709S TG-S9N	236 224

## 3) 埋弧焊材料的适用温度区域

适用温度 °C	平 焊				横 焊	刊载 页码
	多层焊	刊载 页码	双面单层	刊载 页码		
-30	MF-38/US-36	127	PF-H55S/ US-255	232	PF-100H/ US-36LT	232
-40	MF-38/US-49A	226				
-50	PF-H55S/US-49A	228				
-60	PF-H55LT/US-36	227				
-80	—	—	—	—	—	—
-101	PF-H203/US-203E	229	—	—	—	—
-196	PF-N3/US-709S	236	—	—	PF-N4/US-709S	236

## 按强度·韧性划分焊接材料明细

抗拉强度 (MPa) min.	490	520	550
屈服强度 (MPa) min.	350	400	420
吸收功 (J) min.	35	40	42
手工焊条			
-20°C	LB-52 (SR) LB-52A	LB-57	LB-62UL LB-62 (SR)
-40°C	LB-7018-1 (DCEP)	LB-52NS (AC) NB-1SJ (SR)	NB-1SJ (AC, SR) LB-62L (SR)
-60°C	NB-1SJ (SR) LB-52NS (SR)		
气保焊材料			
-20°C	DW-100E (CO <sub>2</sub> ) MG-S50 (Ar + 20% CO <sub>2</sub> , SR)	DW-55L (CO <sub>2</sub> )	DW-55L (CO <sub>2</sub> ) DW-A62LSR (Ar + 20% CO <sub>2</sub> , SR)
-30°C	DW-55E (CO <sub>2</sub> )		
-40°C			
-50°C		DW-55LSR (CO <sub>2</sub> , SR) DW-A55L (Ar + 20% CO <sub>2</sub> )	DW-A81Ni1 (Ar + 20% CO <sub>2</sub> )
-60°C	DW-55L (CO <sub>2</sub> ) DW-A55L (Ar + 20% CO <sub>2</sub> ) MG-S50LT (同, SR)	DW-A55LSR (同, SR) MG-S50LT (同) MX-A55Ni1 (同)	DW-55LSR (CO <sub>2</sub> ) DW-A55L (Ar + 20% CO <sub>2</sub> ) DW-A55LSR (同) MX-A55Ni1 (同)
TIG焊材料			
-20°C	TG-S50 (SR)	TG-S62 (SR)	
-30°C	TG-S51T (SR)	TG-S60A (SR)	
-40°C	TG-S1N		
-60°C			
埋弧焊材料			
-20°C	MF-38/US-36 (AC, SR) AF-490E/US-29 (DCEP)	MF-38/US-49A (AC, SR)	
-40°C	AF-490AS/US-36 (DCEP, SR)	PF-H55S/US-49A (AC, SR)	PF-H55S/US-49A (AC, SR) PF-H80AK/US-56B (DCEP)
-60°C	PF-H55LT/US-36 (AC, SR) PF-H55AS/US-36J (DCEP, SR) AF-490L/US-29HK (DCEP, SR)	PF-H55LT/US-36 (AC) PF-H55LT/US-36J (同, SR) PF-H55AS/US-36J (DCEP)	PF-H55LT/US-36J (AC)

### 使用注意事项

- 在使用产品前, 请确认焊接是否满足要求的性能。
- 吸收功取的是平均值 (N=3)。屈服强度表示屈服点和屈服强度。

	610 500 50	670 550 55	770 690 69
	LB-62UL LB-62 (SR)	LB-106	LB-80UL (AC) LB-116 (AC)
	LB-62L (AC, SR) LB-65L (DCEP, SR) LB-67L (同)	LB-70L (DCEP) LB-Y75 (AC)	LB-88LT (AC) LB-80L (DCEP)
	DW-A65L (Ar + 20% CO <sub>2</sub> ) MG-T1NS (同) DW-A65Ni1 (同)	MG-S70 (Ar + 20% CO <sub>2</sub> ) DW-A70L (Ar + 20% CO <sub>2</sub> )	MG-S80 (Ar + 20% CO <sub>2</sub> ) DW-A80L (Ar + 20% CO <sub>2</sub> )
	DW-62L (CO <sub>2</sub> ) DW-A62L (同) DW-A62LSR (同) MX-A62L (同)	—	MG-S88A (Ar + 20% CO <sub>2</sub> ) MX-A80L (同)
		TG-S80AM (SR)	TG-S80AM
	MF-38/US-40 (AC)	PF-H80AS/US-255 (DCEP)	PF-H80AK/US-80LT (AC) PF-H80AS/US-80LT (DCEP)
	PF-H55S/US-40 (AC) PF-H80AK/US-56B		
	PF-H80AK/US-56B (AC) PF-H55S/US-2N (AC, SR) PF-H62AS/US-2N (DCEP) PF-H62AK/US-2N (AC, SR)	PF-H80AK/US-255 (AC) PF-H78AC/US-2N (同)	

- 牌号名称后的 ( ) 表示的是电源极性以及保护气体的种类。另外牌号后面有 (SR) 的表示AW及SR均可使用。其他则表示只能使用AW。
- 请务必阅读210页的工艺要点。

## ①埋弧焊用焊剂

牌 号	类型	标准: JIS	用途·使用特性	粒径 (粒度)
MF-38	熔炼	Z 3352 SFCS1	适用于与各种焊丝组合的单层、多层焊。	212 $\mu$ m~1.40mm (12 $\times$ 65) 75 $\mu$ m~850 $\mu$ m (20 $\times$ 200) 0 $\mu$ m~850 $\mu$ m (20 $\times$ D)
PF-H55S	烧结	Z 3352 SACG1	适用于与各种焊丝组合的单层、多层焊。	300 $\mu$ m~1.70mm (10 $\times$ 48)
PF-H55LT	烧结	Z 3352 SACG1	与US-36组合使用, 在多层焊接上可以得到高韧性的焊缝金属。	300 $\mu$ m~1.70mm (10 $\times$ 48)
PF-H203	烧结	Z 3352 SACG1	与US-203E组合使用, 在3.5% Ni钢的多层焊接上可以得到高韧性的焊缝金属。	300 $\mu$ m~1.70mm (10 $\times$ 48)
PF-100H	烧结	Z 3352 SACG1	与US-36LT组合使用, 在横焊上可以得到高韧性的焊缝金属。	300 $\mu$ m~1.70mm (10 $\times$ 48)
PF-I50LT	烧结	Z 3352 SACB-I1	与US-255组合, 在单面单层焊(FCB <sup>TM</sup> 法、RF <sup>TM</sup> 法)可以得到高韧性的焊缝金属。	300 $\mu$ m~1.70mm (10 $\times$ 48)
PF-N3	烧结	Z 3333 FS9Ni-F	与US-709S组合使用, 适用于9% Ni钢的平焊, 有着优异的抗裂纹性, 能得到力学性能优异的焊缝金属。	212 $\mu$ m~1.40mm (12 $\times$ 65)
PF-N4	烧结	Z 3333 FS9Ni-H	与US-709S组合使用, 适用于9% Ni钢的横焊, 脱渣性良好, 可以得到抗裂纹性、力学性能优异的焊缝金属。	212 $\mu$ m~1.40mm (12 $\times$ 65)

## ②埋弧焊焊丝

牌 号	标 准	JIS	焊丝化学成分一例 %						主要直径 mm
		AWS	C	Si	Mn	Ni	Mo	其他	
ⅠUS-36	Z 3351 YS-S6	A5.17 EH14	0.12	0.03	1.95	—	—	—	3.2, 4.0, 4.8
ⅡUS-36LT	Z 3351 YS-S6	相当于A5.17 EH14	0.13	0.04	1.80	—	—	Ti: 0.13	2.4, 3.2, 4.0
ⅢUS-49A	Z 3351 YS-M1	A5.17 EH14	0.12	0.02	1.99	—	0.24	—	2.4, 3.2, 4.0, 4.8
ⅣUS-40	Z 3351 YS-M5	A5.23 EA3	0.13	0.02	1.80	—	0.52	—	2.4, 3.2, 4.0, 4.8
ⅤUS-255	Z 3351 YS-NM6	相当于A5.23 EG	0.10	0.03	1.65	2.40	0.50	—	3.2, 4.0, 4.8, 6.4
ⅥUS-203E	Z 3351 YS-N2	A5.23 ENi3	0.06	0.18	0.98	3.48	—	—	4.0
ⅦUS-709S	Z 3333 YS9Ni	相当于 A5.14 ERNiMo-8	0.02	0.01	0.01	余	19.1	Cr: 2.0 W: 2.9 Fe: 5.5	1.6, 2.4, 3.2

## 2. 工艺要点

### 1) 综述

- ①请根据目标性能来选定焊接条件及材料。
- ②材料性能随电源极性发生变化。因此交流用的材料在直流电源上焊接，或者相反情况下，焊缝金属的性能和操作性会下降。
- ③请按照适当的预热、层间温度来进行施工。
- ④手工焊条及埋弧焊材料有可以用于AC及DC（+）二种电源。但是，使用DC（+）时强度和韧性有所下降，因此事先应加以确认。
- ⑤为了保证目标性能（韧性），焊接后有需要热处理的和不可以热处理的材料。

### 2) 手工焊条

- ①如果超过合适的电流范围焊接，熔敷金属化学成分会产生变化，性能会下降。
- ②如果药皮保护效果下降，韧性会变差，也是产生气孔的原因。焊接时电弧长度尽可能保持短些，必要时需采取防风措施。

### 3) 气保焊材料

- ①熔敷金属性能会随着保护气体的组成发生很大的变化。请使用最合适的保护气体。
- ②如果保护效果下降，含氮量会增加，韧性变差，同时也是产生气孔的原因。另外，氢含量也会增加，请做好万全的防风措施。

### 4) 埋弧焊材料

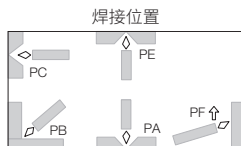
- ①焊接时母材稀释率大，随着钢材成分的变化，焊接部性能也会有变化。特别是稀释率在60%的双面单层焊接，焊接部容易受到影响。所以事前请进行充分的考量，选择合适的钢材和材料。
- ②双面单层焊热影响区的韧性可能会下降。请事前充分考量来选择相应的钢材。



# TRUSTARC™ LB-52NS

400~490MPa级钢用

JIS Z 3211 E4916-N1 AP L      AWS A5.5 E7016-G



## 用 途

LPG船、LPG储罐、海洋结构件等的焊接。

## 使用特性

全位置焊接时操作性良好，使用广泛。  
-30°C的CTOD特性和-60°C的韧性优良。

## 工艺要点

- ①线能量过大会导致韧性下降。请使用合适的线能量来焊接。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。
- ③使用前将焊条在350~400°C烘干约1小时。
- ④起弧时，要采用起弧返回法或使用引弧板引弧。
- ⑤请参照210页。

### ○ 熔敷金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Ti	B
0.06	0.36	1.38	0.012	0.007	0.46	0.019	0.0027

### ○ 熔敷金属力学性能一例

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J -60°C	热处理	接头焊缝金属CTOD值				
					钢种	板厚 mm	线能量 kJ/cm	临界CTOD值 mm-10°C	热处理
490	580	27	130	焊态	BS4360 50D	63 (X坡口)	40	1.38	焊态
470	570	29	120	620°C×1hr				1.39	600°C×5hr

### ○ 主要尺寸及电流推荐范围 AC、DC (+)

直 径 mm		3.2	4.0	5.0	6.0
长 度 mm		350	400	450	450
电 流 范 围 A	平 焊	90~130	130~180	180~240	250~310
	立 仰 焊 焊	80~120	110~170	150~200	—

尾部着色/白色      二次着色/绿色

船级认证/NK, ABS, LR, DNV·GL, BV

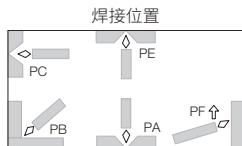
**TRUSTARC™**

# NB-1SJ

490~550MPa级钢用

JIS Z 3211 E5516-3N3 AP L

AWS A5.5 E8016-G



## 用途

海洋结构件、LPG储罐等焊接。

## 使用特性

-45°C的CTOD特性和-80°C的韧性优良。

## 工艺要点

- ①线能量过大会导致韧性下降。请使用合适的线能量来焊接。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。
- ③使用前将焊条在350~400°C烘干约1小时。
- ④起弧时，要采用起弧返回法或使用引弧板引弧。
- ⑤550MPa级钢使用交流电源比较合适。
- ⑥请参照210页。

### ○ 熔敷金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Ti	B
0.07	0.43	1.36	0.007	0.004	1.37	0.021	0.0035

### ○ 熔敷金属力学性能一例 AC

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J -80°C	热处理	接头焊缝金属CTOD值				
					钢种	板厚 mm	线能量 kJ/cm	临界CTOD值 mm-45°C	热处理
520	610	26	127	焊态 620°C×1hr	ASTM A537 Class2	32	37 (立焊)	0.69 1.20	焊态
490	580	26	130						

### ○ 主要尺寸及电流推荐范围 AC、DC (+)

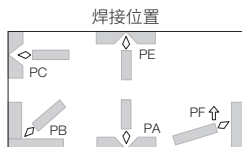
直径 mm		3.2	4.0	5.0
长度 mm		350	400	450
电流 范围 A	平焊	90~130	130~180	180~240
	立仰 焊	80~120	110~170	150~200

尾部着色/白色 二次着色/茶色

船级认证/NK, ABS, LR, DNV·GL, BV

**TRUSTARC™**

# NB-3J

**3.5%Ni钢用****JIS Z 3211 E4916-N7 AP L      AWS A5.5 E7016-C2L**

## 用 途

乙烯制造装置等3.5%Ni钢的焊接。

## 使用特性

可以得到与3.5%Ni钢相同的Ni量、抗拉强度的接头。

焊态时在-80℃, 575~625℃的热处理后在-100℃的低温韧性良好。

## 工艺要点

- ①线能量过大会导致韧性下降。请使用合适的线能量来焊接。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别, 请进行50~100℃的预热。
- ③使用前将焊条在350~400℃烘干约1小时。
- ④起弧时, 要采用起弧返回法或使用引弧板引弧。
- ⑤请参照210页。

### ○ 熔敷金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni
0.05	0.36	0.73	0.006	0.003	3.50

### ○ 熔敷金属力学性能一例 AC

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J		热处理
			-100℃	-85℃	
470	560	28	—	170	焊态
440	530	30	140	170	620℃×1hr

### ○ 主要尺寸及电流推荐范围 AC

直 径 mm		3.2	4.0
长 度 mm		350	400
电流 范围 A	平 焊	90~130	130~170
	立 仰 焊	80~120	110~150

尾部着色/黄绿色      二次着色/银灰色

# 手工焊条

牌 号	标 准	JIS	用 途 · 使 用 特 性	主要 直径 mm		
		AWS			C	
E NB-1	Z 3211		400~490MPa级钢用。-40~-50°C的韧性良好。	2.6 3.2 4.0 5.0	0.06	
	E5516-G AP					
	A5.5 E8016-G					
E NB-2	Z 3211		400~490MPa级钢和2.5%Ni钢用。-60°C的韧性良好。	2.6 3.2 4.0 5.0	0.06	
	E5516-N5 AP L					
	相当于A5.5 E8016-C1					

熔敷金属化学成分一例 %							熔敷金属力学性能一例 *				鉴别色		船级认证
Si	Mn	P	S	Ni	其他	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J	尾部着色	二次着色		
0.58	1.12	0.010	0.006	1.60	—	530	620	27	-45°C 100	茶 色	银 灰 色	—	
						500	600	28	-45°C 110				
0.45	0.89	0.010	0.006	2.41	—	500	610	27	-60°C 120	茶 色	黑 色	—	
						470	560	29	-60°C 130				

※下段是620°C×1hr热处理后的数值

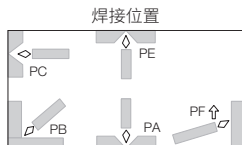
**TRUSTARC™**

# DW-55E

400~550MPa级钢用

JIS Z 3313 T 49 4 T1-1 C A-U (旧 YFL-C504R)

AWS A5.20 E71T1-9C-J



## 用 途

海洋结构件、造船、桥梁等的对接焊及角焊。

## 使用特性

-40°C的低温韧性优良。

全位置焊接时操作性良好，效率高。

## 工艺要点

- ①线能量过大会导致韧性下降。请使用合适的线能量来焊接。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。
- ③单面焊请参照411、413页。
- ④请参照210页。

低温钢  
(药芯焊丝)

### ○ 熔敷金属化学成分一例 (%)、CO<sub>2</sub>

C	Si	Mn	P	S	Ni
0.05	0.38	1.42	0.012	0.010	0.35

### ○ 熔敷金属力学性能一例、CO<sub>2</sub>

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J
			-40°C
520	570	26	80

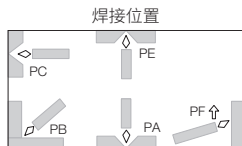
### ○ 主要尺寸及电流推荐范围 DC (+)

焊丝直径 mm		1.2	1.4
电流 范围 A	平 焊	150~300	150~400
	向 上 立 焊	150~250	150~250
	横 焊	150~280	150~300
	平 角 焊	150~300	150~350

船级认证/NK, ABS, LR, DNV·GL, BV, CR, CCS

**TRUSTARC™**

# DW-55L

**400~550MPa级钢用****JIS Z 3313 T 55 6 T1-1 C A-N3 (旧 YFL-C506R)****AWS A5.29 E81T1-K2C**

## 用 途

海洋结构件、LNG及LPG船、LPG储罐等的焊接。

## 使用特性

-60°C的低温韧性优良。

全位置焊接时操作性良好，效率高。

## 工艺要点

- ①线能量过大会导致韧性下降。请使用合适的线能量来焊接。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。
- ③单面焊请参照411、413页。
- ④请参照210页。

### ○ 熔敷金属化学成分一例 (%)、CO<sub>2</sub>

C	Si	Mn	P	S	Ni
0.04	0.38	1.32	0.010	0.008	1.51

### ○ 熔敷金属力学性能一例、CO<sub>2</sub>

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J
			-60°C
540	600	25	85

### ○ 主要尺寸及电流推荐范围 DC (+)

焊丝直径 mm			1.2	1.4
电 流 范 围 A	平	焊	120~300	150~400
	向 上 立	焊 焊	120~250	150~250
	横	焊	120~280	150~320
	平 角	焊	120~300	150~350

船级认证/NK, ABS, LR, DNV·GL, BV, KR, CCS

**TRUSTARC™**

# DW-55LSR

400~550MPa级钢用

JIS Z 3313 T 55 6 T1-1 C A-N3 (旧 YFL-C506R)

AWS A5.29 E81T1-K2C

## 用 途

海洋结构件、储罐等焊接。

## 使用特性

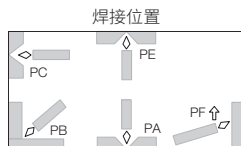
-60°C的低温韧性优良。

由于设计上控制了因热处理导致的韧性下降，所以热处理后变为400~490MPa级。

全位置焊接时操作性良好，效率高。

## 工艺要点

- ①线能量过大会导致韧性下降。请使用合适的线能量来焊接。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。
- ③单面焊请参照411、413页。
- ④请参照210页。



### ○ 熔敷金属化学成分一例 (%)、CO<sub>2</sub>

C	Si	Mn	P	S	Ni
0.06	0.29	1.21	0.008	0.007	1.56

### ○ 熔敷金属力学性能一例、CO<sub>2</sub>

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J	热处理
			-60°C	
480	565	26	115	焊态
440	530	28	100	620°C×1hr

### ○ 主要尺寸及电流推荐范围 DC (+)

焊丝直径 mm		1.2
电流范围 A	平 焊	120~300
	向 上 立 焊	120~250
	横 焊	120~280
	平 角 焊	120~300

船级认证/NK, ABS, LR, DNV·GL, BV



# TRUSTARC™ DW-460L

YP47级钢用

AWS -

用 途

船体用结构钢板的焊接。

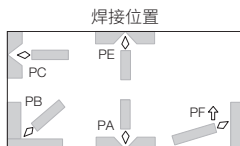
使用特性

—60°C低温下的冲击值优良。

全位置焊接时操作性良好，效率高。

工艺要点

- ①线能量过大会导致韧性下降。请使用合适的线能量来焊接。
- ②由于板厚的不同有所差别，请进行100~150°C的预热。
- ③单面焊请参照411、413页。
- ④请参照210页。



## ○ 焊缝金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni
0.04	0.43	1.53	0.009	0.007	1.56

## ○ 焊缝金属力学性能一例

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J
			-20°C
580	650	25	140

## ○ 主要尺寸及电流推荐范围 DC (+)

焊丝直径 mm			1.2
电流范围 A	平	焊	150~300
	向 仰	上 立 焊 焊	150~250
	横	焊	150~280
	平	角 焊	150~300

## ○ 船级认证

NK	ABS	LR	DNV-GL	BV	KR	CCS
KSW5Y46G (C) H5 KSW63Y47G (C) H5	5YQ460H5	5Y46S H5 3Y47S H5	VY46MSH5	SA3Y47MH5 SA5Y46MH5	5Y46SMG (C1) H5	For YP47 Steel Plate

# 气保焊材料/药芯焊丝

牌 号	标 准	JIS	用 途 · 使 用 特 性	主要直径 mm
		AWS		
FDW-A55ESR	— A5.20 E71T-12M-J		用于400~490MPa级钢。焊态与热处理后，-46°C以上具有良好的低温冲击韧性。可用于全位置焊接，适用于海洋结构物，造船，桥梁等的对接焊及角焊。	1.2 1.6
TMX-55LF	— 相当于 A5.20 E70T-9C-J		400~490MPa级钢角焊用。-60°C的低温韧性良好。适用于海洋结构件、造船的平焊及平角焊，在底漆涂层钢板上有良好的耐气孔性。	1.2 1.4 1.6
TDW-A55L	— A5.29 E81T1-K2M		低温400~550MPa级钢用。-60°C的低温韧性良好。可以全位置焊接，适用于海洋结构件、造船、桥梁等的对接焊及角焊。	1.2
TDW-A55LSR	— A5.29 E81T1-Ni1M		低温400~550MPa级钢用。焊态和焊接后热处理（SR）后，-60°C的低温韧性良好。可以全位置焊接，适用于海洋结构件、造船、桥梁等的对接焊及角焊。	1.2

熔敷金属化学成分一例 %						熔敷金属力学性能一例				保护气体 · 热处理	船级 认证
C	Si	Mn	P	S	Ni	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J		
0.05	0.50	1.40	0.013	0.007	0.40	500	580	30	-46°C 100	80%Ar +20%CO <sub>2</sub> 焊态	ABS CWB
						470	560	31	-46°C 60	80%Ar +20%CO <sub>2</sub> 620°C×3hr	
0.05	0.44	1.42	0.010	0.010	0.34	540	590	24	-60°C 60	CO <sub>2</sub> 焊态	*NK ABS LR DNV·GL BV
0.06	0.32	1.17	0.008	0.008	1.53	560	630	29	-60°C 95	Ar+ 20%CO <sub>2</sub> 焊态	ABS LR DNV·GL BV CCS
0.07	0.31	1.37	0.008	0.008	0.93	510	570	29	-60°C 120	Ar+ 20%CO <sub>2</sub> 焊态	ABS LR DNV·GL BV CCS
						450	530	32	-60°C 70	Ar+ 20%CO <sub>2</sub> 620°C×2hr	

※单丝焊的详情请参照560页。

# 气保焊材料/实心焊丝

牌 号	标 准	JIS	保护 气体	用 途 · 使 用 特 性	主要 直径 mm
		AWS			
ⅡMG-S50LT	Z 3312 G 49 AP 6 M 17 A5.18 ER70S-G		Ar+ 20% CO <sub>2</sub>	400~490MPa级钢用。-60℃的韧性、 -30℃的CTOD特性优良。配合脉冲电源 可适用于全位置焊接。	1.2
ⅡMG-T1NS	Z 3312 G 55 A 6 M N2M1T 相当于 A5.28 ER80S-G		Ar+ 20% CO <sub>2</sub>	490~550MPa级钢用。-60℃的韧性良 好。	1.2
ⅡMG-S1N	Z 3312 G 49 P 6 M N3 A5.28 ER70S-G		Ar+ 5~20% CO <sub>2</sub>	400~450MPa级钢用。热处理后-60℃ 的韧性良好。	1.2
ⅡMG-S3N	Z 3312 G 49 P 10 G N9 相当于 A5.28 ER70S-G		Ar+ 5~20% CO <sub>2</sub>	3.5%Ni钢用。热处理后-100℃的韧性良 好。保护气体中CO <sub>2</sub> 越少对韧性越好。	1.2

熔敷金属化学成分一例 %							熔敷金属力学性能一例				备 注	船级 认证
C	Si	Mn	P	S	Ni	其他	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J		
0.07	0.24	1.41	0.007	0.008	—	Ti: 0.022	470	540	28	-60°C 110	Ar+ 20%CO <sub>2</sub> 焊态	NK ABS LR DNV·GL
						B: 0.0030	440	510	30	-60°C 90	Ar+ 20%CO <sub>2</sub> 620°C×1hr	
0.04	0.31	1.22	0.007	0.009	1.22	Mo: 0.32	590	650	21	-60°C 55	Ar+ 20%CO <sub>2</sub> 焊态	NK LR DNV·GL
0.04	0.24	0.85	0.008	0.007	1.55	Mo: 0.21	410	520	29	-60°C 140	Ar+ 20%CO <sub>2</sub> 620°C×1hr	—
0.03	0.26	1.18	0.004	0.006	4.08	Mo: 0.20	470	570	29	-100°C 130	Ar+ 5%CO <sub>2</sub> 620°C×1hr	—

# TIG焊材料

牌 号	标 准	JIS	保护 气体	用 途 · 使 用 特 性	主要 直径 mm		
		AWS				C	
㊦TG-S1N	Z 3316 W 49 A 6 N1 A5.28 ER70S-G	Ar	400~450MPa级钢用。-60°C的低温韧性优良。	1.2 1.6 2.0 2.4 3.2	0.05		
㊦TG-S3N	Z 3316 W 49 A 10 N7 A5.28 ER70S-G	Ar	3.5%Ni钢用。-100°C的低温韧性优良。	1.2 1.6 2.0 2.4 3.2	0.03		
㊦TG-S9N	— —	Ar	是按照9%Ni钢相同成分设计。-196°C也有优秀的韧性。与高Ni合金比起来，强度更高。	1.2 1.6 2.0 2.4	0.02		
㊦TG-S60A	Z 3316 W 59 A 6 0 A5.28 ER80S-G	Ar	550~610MPa级钢用。适用于储罐、压力管道等焊接。与焊接装置TIL组合，可以实现全位置自动焊接。	1.2 1.6 2.0 2.4	0.06		

# 气电立焊材料

牌 号	标 准	JIS	用 途 · 使 用 特 性	主要 直径 mm			
		AWS			C		
㊦DW-S1LG	— —		气电立焊焊丝。-60°C的低温韧性优良。使用SEGARC™法，可以实现简单的高效率立向焊接。	1.6	0.05		

※DW-S1LG 船级认证：请参照574页。

熔敷金属化学成分一例 %							熔敷金属力学性能一例				备 注	鉴别色	船级认证
Si	Mn	P	S	Ni	Mo	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J				
0.30	1.07	0.010	0.009	0.79	0.12	460	540	31	-60°C 200	焊态	黑色	NK ABS LR DNV·GL BV	
						390	450	33	-60°C 250				620°C×1hr
0.29	0.70	0.004	0.008	3.50	0.16	510	580	28	-101°C 70	焊态	黄绿色	—	
						490	570	29	-101°C 80				620°C×1hr
0.01	0.38	0.002	0.005	11.1	—	640	720	24	-196°C 240	—	粉红色	—	
0.04	1.23	0.007	0.009	0.92	0.62	590	670	28	-60°C 270	焊态	橙色	ABS LR DNV·GL	

焊缝金属化学成分一例 %							焊缝金属力学性能一例				保护气体 (流量) (ℓ/min)	船级认证
Si	Mn	P	S	Ni	Mo	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J			
0.25	1.60	0.009	0.007	1.40	0.13	500	615	26	-60°C 100	CO <sub>2</sub> (30)	* NK ABS LR DNV·GL BV	

# MF-38 / US-49A

400~550MPa级钢用

AWS 相当于A5.17 F7A6-EH14, A5.17 F7P6-EH14

## 用 途

LPG储罐、低温规格设备/结构件等对接焊。

## 使用特性

-40°C左右的低温韧性良好。

## 工艺要点

- ①为了得到良好的韧性，线能量控制在35kJ/cm以下为宜。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。层间温度在100~200°C为宜。
- ③焊剂根据需要请在150~350°C烘干约1小时。
- ④直流会使性能下降，请使用交流焊接。
- ⑤请参照210页。

### ○焊缝金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	备 注	
						钢 种	板厚 mm
0.09	0.40	1.63	0.019	0.013	0.21	SLA325B	25

### ○焊缝金属力学性能一例

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J		备 注		
			-30°C	-46°C	钢 种	板厚 mm	热处理
540	630	26	75	55	SLA325B	25	焊态
460	590	28	70	50	SLA325B	25	620°C×1hr

### ○焊接条件一例 AC

板厚 mm	焊丝直径 mm	坡口形状	道次	电流 A	电压 V	速度 cm/min	备 注
25	4.8		1	550	33	35	多 层 焊 接
			2~7	600	33	40	
			8 (背面)	600	33	30	



# PF-H55LT / US-36

400~490MPa级钢用

AWS 相当于A5.17 F7A8-EH14, A5.17 F7P8-EH14

## 用途

海洋结构件、低温规格设备/结构件等对接焊。

## 使用特性

-60°C的韧性，-50°C的CTOD特性优良。

PF-H55LT为低氢型，抗裂纹性优良，也适用于厚板。

## 工艺要点

- ①焊剂在使用前请在200~300°C烘干约1小时。
- ②坡口内第一道焊缝为了防止高温裂纹和确保脱渣性，应采用 $\phi 4.0$ mm焊丝，500~550A电流，25~28V电压，30~35cm/min焊接速度为宜。
- ③线能量从操作性和性能考虑，25~50kJ/cm为宜。
- ④由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。
- ⑤直流会使性能下降，请使用交流焊接。
- ⑥请参照210页。

### ○焊缝金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ti	B	备注	
							钢种	板厚 mm
0.09	0.14	1.41	0.012	0.005	0.015	0.0030	BS4360 50D	70

### ○焊缝金属力学性能一例

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J				临界CTOD mm	备注		
			-45°C	-60°C	-75°C	-50°C		钢种	板厚 mm	热处理
490	560	31	180	170	130	1.6	BS4360 50D	70	焊态	
420	510	36	200	170	100	0.8			620°C ×9hr	

### ○焊接条件一例 AC

板厚 mm	焊丝直径 mm	坡口形状	道次	电流 A	电压 V	速度 cm/min	备注
70	4.0		1	500	26	30	先焊面
			2~16	600	32	30	
			17	500	26	30	后焊面
			18	550	30	30	
			19~27	600	32	30	

船级认证/NK, ABS, LR, DNV·GL, BV (单丝焊)

船级认证：请参照570页。

# PF-H55S / US-49A

400~550MPa级钢用

AWS 相当于A5.17 F7A6-EH14, A5.17 F7P6-EH14

## 用途

低温设备、寒冷地区结构件等对接焊。

## 使用特性

-45℃的韧性良好。

PF-H55S为低氢型，抗裂纹性优良，操作性良好。

## 工艺要点

- ①焊剂在使用前请在200~300℃烘干约1小时。
- ②坡口内第一道焊缝为了防止高温裂纹和确保脱渣性，应采用φ4.0mm焊丝，500~550A电流，25~28V电压，30~35cm/min焊接速度为宜。
- ③线能量从操作性和性能考虑，25~45kJ/cm为宜。
- ④由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100℃的预热。
- ⑤直流会使性能下降，请使用交流焊接。
- ⑥请参照210页。

### ○焊缝金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	备注	
						钢种	板厚 mm
0.08	0.23	1.58	0.013	0.005	0.22	A537 Class 2	50

### ○焊缝金属力学性能一例

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J		备注		
			-45℃	-60℃	钢种	板厚 mm	热处理
510	600	26	170	110	A537 Class 2	50	焊态
490	590	27	160	70			590℃×4hr

### ○焊接条件一例 AC

板厚 mm	焊丝直径 mm	坡口形状	道次	电流 A	电压 V	速度 cm/min	备注			
50	4.0		1	500	26	30	先焊面			
			2	600	30	30				
			3~10	600	32	30				
						11	500	26	30	后焊面
						12	550	28	30	
						13~16	600	32	30	

# PF-H203 / US-203E

3.5%Ni钢用

AWS 相当于A5.23 F7P15-ENi3-Ni3

## 用 途

乙烯制造装置、低温设备等的对接焊。

## 使用特性

热处理后-100℃的低温韧性优秀。

PF-H203是超低氢材料，有出色的抗裂纹性，适合厚板焊接。

## 工艺要点

- ①焊剂在使用前请在200~300℃烘干约1小时。
- ②由于钢种、板厚的不同有所差别，请进行50~100℃的预热。
- ③从操作性和焊丝性能来看，应采用φ4.0mm焊丝，350~420A电流，30~34V电压，30~35cm/min焊接速度为宜。
- ④热处理温度控制在550~625℃为宜。
- ⑤直流会使性能下降，请使用交流焊接。
- ⑥请参照210页。

### ○ 焊缝金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	备 注	
						钢 种	板厚 mm
0.05	0.24	0.73	0.008	0.005	3.54	A203D	40

### ○ 焊缝金属力学性能一例

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J		备 注		
			-85℃	-101℃	钢 种	板厚 mm	热处理
450	540	30	140	90	A203D	40	575℃×2hr

### ○ 焊接条件一例 AC

板厚 mm	焊丝直径 mm	坡口形状	道次	电流 A	电压 V	速度 cm/min	备 注
40	4.0		1, 2	400	30	30	先焊面
			3~14	400	34	30	
			15, 16	400	30	30	后焊面
			17~24	400	34	30	

# PF-H55AS/US-36J

400~490MPa级钢

AWS 相当于 A5.17 F7A8-EH14, A5.17 F7P8-EH14

## 用途

海洋结构件、低温规格设备/结构件等对接焊。

## 使用特性

可使用直流电源焊接。

-60°C以上的冲击性较好，-20°C以上具有优异的CTOD性能。

PF-H55AS 为低氢系焊剂，耐裂纹，并适用于厚板。

## 工艺要点

- ①焊剂在使用前请在200~300°C下进行约1小时烘干。
- ②坡口内第一道焊缝为了防止高温裂纹和确保脱渣性，应采用φ4.0焊丝，500~550A电流，25~28V电压，30~35cm/min焊接速度为宜。
- ③线能量从工艺性和性能考虑，25~50kJ/cm为宜。
- ④由于钢种，板厚的不同有所差别，请进行50~100°C的预热。
- ⑤请参照210页。

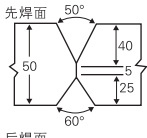
### ○焊缝金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ti	B	备注	
							钢种	板厚 mm
0.08	0.23	1.55	0.009	0.006	0.019	0.0041	BS4360 50D	70

### ○焊缝金属力学性能一例

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J			临界 CToD mm	备注		
			-45°C	-60°C	-75°C		-20°C	钢种	板厚 mm
538	596	30	178	141	126	1.1	BS4360 50D	70	焊态 620°C×3hr
462	566	32	171	137	117	1.3			

### ○焊接条件一例 DC (+)

板厚 mm	焊丝直径 mm	坡口形状	道次	电流 A	电压 V	速度 cm/min	备注
70	4.0		1	575	23	30	先焊面
			2~12	575~600	26~31	30~35	
			13	575	23	30	后焊面
			14~24	575~600	26~31	30~35	

船级认证/NK, ABS, LR, DNV·GL, BV

# AF-490L/US-29HK

400~490MPa级钢用

AWS A5.17 F7A8-EH12K, A5.17 F7P8-EH12K

## 用途

中厚板和特厚板的多层对接焊。

## 使用特性

可使用直流电源焊接。

-60℃以上的冲击性较好，不易产生麻点。

坡口内的脱渣性良好。

## 工艺要点

- ①使用前请在200℃~300℃烘干1小时。
- ②请注意焊剂散布高度以免焊道外观变差。
- ③请控制厚板焊接第一层的电流和速度尽可能低，并适当保持预热、层间温度（例如100~150℃）以免出现高温和低温裂纹。
- ④请控制薄板焊接的层间温度尽可能低，以保持良好的力学性能。
- ⑤请根据用途和目的选择适当等级的母材。
- ⑥请更换循环使用5次以上的焊剂。
- ⑦请参照210页。

### ○ 焊丝化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S	Cu
0.08	0.29	1.73	0.012	0.008	0.08

### ○ 焊缝熔敷金属化学成分一例 (%)

C	Si	Mn	P	S
0.05	0.26	1.45	0.022	0.004

### ○ 焊缝金属力学性能一例 (%)

屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J	热处理
			-62℃	
479	553	32	126	焊态
421	521	36	153	620℃ × 1hr

# 埋弧焊材料

牌 号	标 准	AWS	用 途 · 使 用 特 性	极 性	焊缝金属	
					C	Si
㉑PF-H55S /㉑US-255	相当于 A5.23 F9A5-EG-G F8P5-EG-G		400~610MPa级钢用。双面1~2层焊接的-45℃的低温韧性良好。	AC	0.06	0.17
㉑PF-100H /㉑US-36LT	相当于 A5.17 F7A8-EH14		用于400~490MPa级钢的横焊。 -60℃的韧性，-50℃的CTOD特性优良。	DC (+)	0.06	0.26

化学成分一例 % <sup>*</sup>						焊缝金属力学性能一例 <sup>*</sup>				热处理	船级认证
Mn	P S	Ni	Mo	其他	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J			
1.35	0.014 0.007	1.63	0.40	—	540	670	27	-40°C 130	焊态	—	
					550	640	30	-40°C 130	620°C× 1.5hr		
1.40	0.009 0.003	—	—	Ti: 0.035 B: 0.0040	520	570	30	-60°C 180	焊态	—	

※ PF-H55S/US-255为板厚15mm的双面双层焊接例  
PF-100H/US-36LT为板厚35mm的横焊焊接例

# 9%镍钢用焊接材料

## 1. 特点

适用于LNG储罐等的9%Ni钢用的高Ni合金系材料，有手工焊条、埋弧焊材料、TIG焊材料（主要用于自动焊）和药芯焊丝。

## 2. 焊接工艺要点

### 1) 概述

- ①坡口内的锈蚀、污垢请彻底清除干净。
- ②不需要预热，层间温度控制在150℃以下。
- ③由于容易产生高温裂纹，需注意控制焊接电流和速度。
- ④9%Ni钢容易被磁化，所以需避开使用磁力吊车。
- ⑤单层焊接由于母材稀释强度会下降，因此推荐多层焊接。

### 2) 手工焊条

- ①使用前将焊条在200~250℃烘干30~60分钟。
- ②尽可能保持短弧施焊。

#### 手工焊条的主要直径以及电流范围 AC

牌 号		NI-C70S			NI-C1S		
		3.2	4.0	5.0	3.2	4.0	5.0
直 径 mm		3.2	4.0	5.0	3.2	4.0	5.0
长 度 mm		300	350	350	300	350	350
电 流 范 围 A	平 焊	70 ~115	95 ~145	115 ~180	70 ~115	100 ~145	130 ~200
	立 仰 焊	65 ~110	85 ~135	—	65 ~110	85 ~135	—

### 3) 气保焊材料/药芯焊丝

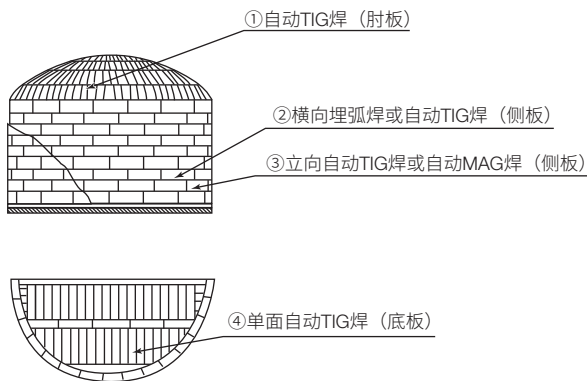
- ①保护气体  
请使用Ar+20%CO<sub>2</sub>混合气体，流量控制在20~25ℓ/min左右。
- ②一般注意事项  
与不锈钢焊丝相同。请参照305页。

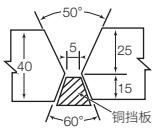
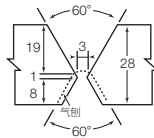
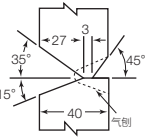
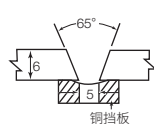
### 4) 埋弧焊材料

- ①焊剂在使用前请在200~300℃烘干约1小时。
- ②与PF-N3配合，请使用交流或直流反接施焊。与PF-N4配合，请使用直流反接施焊。



### 3.LNG储罐的自动焊接例（高Ni合金系材料）



编号 (位置)	焊接材料	焊丝直径 mm	坡口形状	道数	电流 A	电压 V	速度 cm/min	极性
①, ③ (倾斜) (立焊)	TG-S709S	1.2 1.6		14	220 ~350	10~12	5~8 (填充量) 15~40 (g/min)	DC(-)
③ (立焊)	DW-N709SP	1.2		11	150 ~180	25~28	10~20	DC(+)
② (横焊)	PF-N4 US-709S	2.4		18	300 ~360	26~28	30~55	DC(+)
④ (平焊)	TG-S709S	1.2 1.6		2	250 ~300	9~12	8~12 (填充量) 35~40 (g/min)	DC(-)

# 9%镍钢用焊接材料

焊接方法	牌 号	标 准	JIS	用 途 · 使 用 特 性	主要直径 mm			
			AWS			C	Si	
手工焊条	®NI-C70S	Z 3225 D9Ni-1 A5.11 ENiCrFe-9		茵科镍系手工焊条。焊道外观、形状以及脱渣性优良，抗裂纹性及X射线性能良好。	3.2 4.0 5.0	0.10	0.23	
手工焊条	®NI-C1S	Z 3225 D9Ni-2 A5.11 ENiMo-8		哈斯特劳伊系手工焊条。抗裂纹性优良，适用于自动焊前后的定位焊、打底焊、修补等。	3.2 4.0 5.0	0.03	0.50	
TIG焊材料	®TG-S709S	Z 3332 YGT9Ni-2 A5.14 ERNiMo-8		哈斯特劳伊系焊丝。焊道表面几乎没有焊渣，可以得到美观的焊缝金属。	1.2 1.6 2.0 2.4	0.03	0.06	
药芯焊丝	®DW-N70S	Z 3335 TNi6456-BM0 —		茵科镍系焊丝。适用于平焊、平角焊，焊道美观及脱渣性优良。	1.2	0.04	0.19	
药芯焊丝	®DW-N709SP	Z 3335 TNi1013-PB1 A5.34 ENiMo13T1-1 T1-4		哈斯特劳伊系焊丝。脱渣性、抗裂纹性优良。适用于平焊、平角焊、立焊焊接。	1.2	0.01	0.30	
埋弧焊材料	®PF-N3/ ®US-709S	Z 3333 FS9Ni-F/YS9Ni 相当于 A5.14 ERNiMo-8 (US-709S)		哈斯特劳伊系材料。平焊时脱渣性及焊道外观优秀，抗裂纹性能良好。	1.6 2.4	0.04	0.08	
埋弧焊材料	®PF-N4/ ®US-709S	Z 3333 FS9Ni-H/YS9Ni 相当于 A5.14 ERNiMo-8 (US-709S)		哈斯特劳伊系材料。适用于横焊、平角焊，脱渣性及焊道外观优秀，X射线性能良好。	1.6 2.4	0.03	0.67	

\*茵科镍为Special Metals Corporation的注册商标。

\*哈斯特劳伊为Haynes International, Inc.公司的注册商标。

熔敷金属化学成分一例 %*								熔敷金属力学性能一例				鉴别色
Mn	P S	Ni	Cr	Mo	W	其他	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	吸收功 J		
2.20	0.003 0.002	63.1	16.6	5.2	0.7	Fe: 10.4 Nb: 1.2	450	703	43	-196°C 63	尾部着色: 银灰色 二次着色: 粉红色	
0.28	0.002 0.001	68.9	1.8	18.5	2.8	Fe: 6.9	473	750	46	-196°C 92	尾部着色: 黄色 二次着色: 绿色	
0.01	0.001 <0.001	69.3	2.1	18.8	3.0	Fe: 6.5	467	731	51	-196°C 200	橙色	
5.40	0.003 0.004	63.4	17.0	10.4	—	Fe: 1.1 Nb: 2.1	435	725	48	-196°C 88	—	
2.30	0.011 0.003	63.8	6.6	17.7	2.5	Fe: 6.4	457	711	47	-196°C 85	—	
2.89	0.006 0.002	67.9	1.8	18.6	2.8	Fe: 5.6	458	720	43	-196°C 90	—	
0.32	0.002 <0.001	66.2	1.8	17.9	2.8	Fe: 10.0	434	712	53	-196°C 88	—	

※ TG-S709S: 焊丝或填充焊丝的化学成分。  
船级认证: 请参照556~557, 560~561, 570~571页。