



他
 三 举 三 一
 中 21 三 不
 万 三
 30 (VLCC) (LNG)



1 一
 一 三 不 举
 于 一 一
 一 不 但一
 一 不 一 举
 不 一 一

(LNG) — —

(LNG)

— 中 举

举 LNG

于 — —

但— 9 Ni C-Mn — Ni —

举 LNG

亚 于

(LGN)

340L 316L 但— 于

1

304L 316L — — 万

-196 但 但 —

2

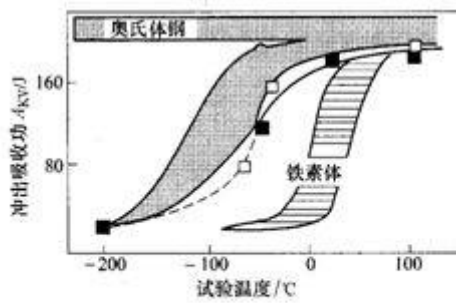


图2 三类不锈钢的韧性与试验温度的关系曲线对比

(LGN) — — —

亚 (CCS)

但— -196 (1)

但—

CCS CCS

亚 — () Rm

-196 V . 万 (代)

-196 V -196

V 2 8h 24h

表1 不锈钢焊接材料熔敷金属的力学性能

焊接材料级别	奥氏体不锈钢		奥氏体-铁素体双相不锈钢		
	304L	304LN	2205	2550	2750
规定非比例延伸强度 /MPa	$R_{p0.2}$	≥ 270	≥ 290	≥ 450	≥ 550
	$R_{p1.0}^{\text{①}}$	≥ 10	≥ 330	≥ 490	≥ 590
抗拉强度 R_m /MPa	≥ 500	≥ 550	≥ 620	≥ 690	≥ 790
伸长率 A_5 (%)	≥ 25	≥ 22	≥ 25	≥ 15	≥ 15
夏比V形缺口冲击试验	试验温度/°C	-20/-196 ^②		-20	
	平均冲击功/J	≥ 29			

注：①表中规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 值，除另有协议外，一般不作验收数据。

②奥氏体不锈钢应在-20℃条件下进行冲击试验；当奥氏体不锈钢用于深冷条件时，应在-196℃条件下进行冲击试验。当协议有要求时，也可按协议的规定进行冲击试验。

表2 试样在液氮中放置时间对-196℃冲击韧度的影响

焊材分类	-196℃冲击功平均值/J	
	8h	24h
THA102(E308-16)	34	29
THA022(E316L-16)	47	35

2 LNG

但一

-196

V

29J

—

TIG MIG

于 中

LNG

亚

(

)

但

3

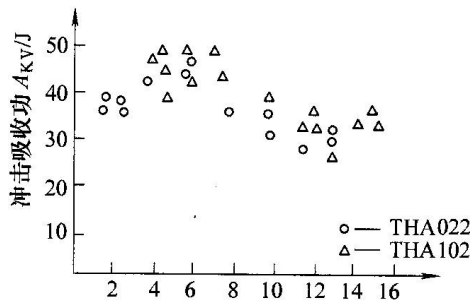
THA022

THA102

但

-196

举



焊缝金属中铁素体数
图3 焊缝金属中铁素体数与-196℃
冲击功的关系

3

但

8FN -196

但 一 但 利
 5FN Creq Nieq LGN 一 但 3中 LNG
 THA102 THA022

表3 THA102、THA022焊条熔敷金属典型力学性能

焊条牌号	非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	伸长率 A_5 (%)	夏比V形缺口冲击试验	
				试验温度/°C	平均吸收功/J
CCS规范	≥ 270	≥ 500	≥ 25.0	-20 -196	≥ 29
THA102 (E308-16)	471	620	41.0	-20 -196	60、62、68/63.3 36、38、36/36.7
THA022 (E316L-16)	393	571	36.0	-20 -196	92、102、84/92.7 40、40、34/38

1 一 于 一
 但 但 50% 利 一
 Cr Mo Ni

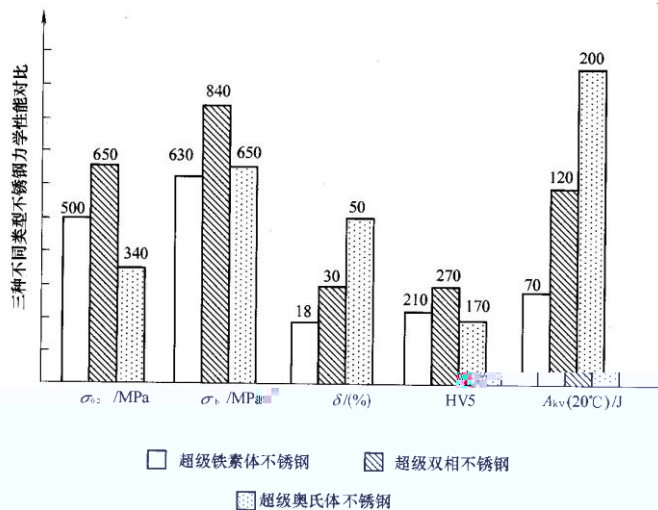


图4三类高合金超级不锈钢的力学性能对比

—				PREN	2205	—	PREN
中 30	36						
		—	但一			—	丝
					不	—	他
316L	317L	但一	中		2205	—	
				不	—		
50%			但				于亚
					亚		
2	—						
	—			—			
						Ar	Ar+2 N2 中 但
					利		利
						—	
	2205	—					
		中		HAZ		但	
0.5	2.5kJ/mm			150			但
	丝						
					中		
				HAZ	但		但
					利		
3	—						
	SAF2205			—			
						但	但
30%	40%			H00Cr22Ni8Mo3N	309MoL		E2209 E309MoL
	4	SAF2205		5	SAF2205		6
	FHAF2209			7	THAF2209		

表4 SAF2205钢化学成分 (质量分数) (%)

钢号	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N
SAF2205	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.02	≤0.03	22	5.5	3.2	0.18

表5 SAF2205钢用焊接材料化学成分 (质量分数) (%)

牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	焊缝铁素体
22.8.3L (焊丝)	≤0.02	0.5	1.6	≤0.020	≤0.015	22.5	8	3.0	0.14	30~40
22.9.3LR (钛型焊条)	≤0.03	1.0	0.8	≤0.030	≤0.025	22	9	3.0	0.14	30~40
22.9.3LB (碱性焊条)	≤0.04	<0.9	0.8	≤0.030	≤0.025	22	9	3.0	0.15	30~40

表6 大桥牌THAF2209焊条熔敷金属化学成分例值 (质量分数) (%)

焊条分类	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N	Cu
AWSA5.4:2006 E2209- × ×	≤0.04	21.5~23.5	8.5~10.5	2.5~3.5	0.5~2.0	≤1.00	≤0.04	≤0.03	0.08~0.20	≤0.75
THAF2209	0.02	23.30	9.10	3.06	0.99	0.78	0.021	0.010	0.14	0.25

表7 大桥牌THAF2209焊条熔敷金属力学性能例值

焊条分类	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A_5 (%)
AWSA5.4:2006 E2209- × ×	≥690	—	≥20
THAF2209	815	549	26

—
亚

不

—

—