

24-26

高强度低合金 SA633D 钢的研制

杨海林
(舞阳钢铁公司)

TC1335-52

A

叙述了 SA633D 钢的工业性试制工艺,对 SA633D 钢的组织 and 低温韧性进行了试验研究,测定出钢板晶粒度为 9~11 级,其脆性转变温度为 -52°C 。结果证明,舞钢生产的 SA633D 钢质量已达到美国 ASME SA633 标准中 D 级钢要求。

关键词 中厚板 高强度低合金钢 试制 研制

Research and Development of HSLA Steel SA633D

Yang Hailin
(Wuyang Iron and Steel Co.)

The commercial pilot production process for steel SA633D is described in this paper. The structure and low temperature toughness of steel SA633D have been examined and the brittleness transformation temperature of SA633D steel plate tested with grain size N0. 9 to N0. 11 was -52°C . The Results have proven that the quality of steel SA633D produced by Wuyang Iron and Steel Co. has fully met the requirements for Class D as specified in ASME SA633 Standard.

Materials Index Heavy Plate HSLA Steel Pilot Production

SA633D 系舞阳钢铁公司按美国 ASME SA633 标准中 D 级钢要求生产的高强度低合金结构钢,主要用于焊接、铆接和螺栓连接的结构件,要求该钢具有较高的强度和良好的低温韧性。1992 年舞阳钢铁公司成功地研制了 20~90mm SA633D 钢板 180 余吨,实物

质量已达到或接近美国 ASME SA633 标准中 D 级钢要求。

1. 主要技术要求

钢由电炉冶炼,化学成份应符合表 1 规定,必要时可以添加合金元素。钢板经正火后交货。力学和工艺性能(横向试样)见表 2。

表 1 SA633D 钢板的化学成份, %

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo
≤0.20	0.15~0.50	0.70~1.60	≤0.035	≤0.035	≤0.35	≤0.25	≤0.25	≤0.08

表 2 SA633D 钢板的力学和工艺性能

板厚(mm)	σ_{su} (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	-40°C AKV (J)	冷弯 160° (完好)
≤63	≥345	480~620	≥21	≥27	≤25mm d=2a >25~50mm d=2.5a
>63~100	≥315	450~590			>50~100mm d=3a

注:d 为冷弯直径,a 为试样厚度。

2. 工艺流程

为了获得强度、塑韧性和可焊性俱佳的 SA633D 钢,选择了高纯度冶炼、控制轧制加

正火处理的工艺路线^[1~3]。具体工艺流程如下:

75t 电炉冶炼→钢包吹 Ar→浇注→钢锭堆垛缓

冷→钢锭清理→均热炉加热→开坯→清理、切割→连续炉加热→4200mm(一次成材)→轧机轧制→正火处理→修磨、切割、取样→检验→入库(二次成材)。

3. SA633D 钢生产工艺

3.1 电炉冶炼工艺

选用低 P、S 的优质废钢,配碳量保证氧化期脱[C]量 $\geq 0.25\%$ 。

采用氧化法冶炼,熔氧期注意渣量及渣的流动性。前期要流渣去 P,氧化末期调[Mn] $\geq 0.20\%$ 。

还原期为 SiC 白渣法,出钢温度:1610~1630℃,白渣下出钢。

钢包脱氧 A1 块 0.8kg/t,钢包吹 Ar $\geq 5\text{min}$ 。

3.2 轧制工艺

钢锭、钢坯加热分别按舞钢轧技规 201—91、202—92 规程中 I 组钢规定加热。采用控制轧制,开轧温度:钢锭为 1100~1150℃,钢坯为 1050~1100℃。轧制最后三道次的道次压下率:一次成材 $\geq 10\%$,二次成材 $\geq 20\%$ 。终轧温度:830~880℃。轧后喷水冷却 1~3 次。

3.3 热处理工艺

依据技术要求,钢板应在常化炉内进行正火处理,正火温度 900 ± 10 ℃。

4. SA633D 钢生产结果

舞钢 1992 年共冶炼 3 炉 SA633D 钢,其化学成分见表 3。这 3 炉钢分别轧制成 20、25、38、50、65、90mm 六个规格,钢板经正火处理后交货。检验结果列于表 4。

表 3 3 炉 SA633D 钢的化学成份, %

炉号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	Nb
9210622A	0.16	0.36	1.40	0.012	0.003	0.12	0.08	0.01	0.03	0.03
9210725A	0.16	0.34	1.26	0.013	0.008	0.11	0.04	0.03	0.02	0.03
9210685A	0.13	0.29	1.38	0.014	0.027	0.11	0.07	0.03	0.02	0.03

表 4 3 炉 SA633D 钢的检验结果

炉号	规格(mm)	σ_{su} (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	-40℃ AKV(J)	冷弯 180°(完好)
9210622A	20	415	565	34	91,83,92	d=2a
	25	410	560	33	107,104,105	d=2a
9210725A	38	368	520	36	90,112,90	d=2.5a
	50	405	550	35	48,44,51	d=2.5a
9210685A	65	350	510	30	45,48,49	d=3a
	90	335	510	35	34,37,34	d=3a

由表 3、表 4 可知,舞钢生产的 SA633D 钢其化学成分和钢板的各项性能指标均满足美国 ASME SA633 标准中 D 级钢要求。

5. 组织与性能

5.1 SA633D 钢显微组织

在 20、50、90mm 钢板上取金相样,分别进行显微组织、夹杂物及晶粒度评级,其结果列于表 5。

由表 5 知,经正火处理的 SA633D 钢板的显微组织为铁素体+珠光体,且钢质纯净,晶粒细小,晶粒度为 9~11 级。

表 5 SA633D 钢板的显微组织、夹杂物及晶粒度

批号	规格 mm	夹杂物				晶粒度	显微组织
		A	B	C	D		
C23463	20	0.5	0.5	/	/	11	F+P
CH27987	50	0.5	0.5	/	/	10~11	F+P
CH28635	90	0.5	0.5	/	/	9~11	F+P

注:(1)A 为硫化物,B 为 Al_2O_3 类,C 为硅酸盐类,D 为点状。(2)F 为铁素体,P 为珠光体。

5.2 SA633D 钢的低温韧性

在 20、50mm 两个规格的 SA633D 钢板上截取纵、横向低温冲击试样,分别作

-20℃、-30℃、-40℃纵、横向夏比(V型)冲击试验,结果见表6。

表6 SA633D 钢板的低温冲击试验结果

规格 mm	-20℃AKV(J)		-30℃AKV(J)		-40℃AKV(J)	
	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
20	>147	120	190	105	193	91
	200	115	183	103	166	83
	194	121	238	81	157	92
50	138	70	127	58	95	48
	145	>70	128	56	108	51
	142	70	104	62	96	54

由表6得出:SA633D钢的低温纵、横向冲击功相差较大,纵向冲击功值(平均值)是横向的两倍,且随着钢板厚度的增加,纵、横向冲击值下降。

在20mm厚钢板上取样,作横向低温系列冲击,冲击功与试验温度的关系曲线见图1,冲击断口韧性区面积百分率与试验温度的关系曲线见图2。由图2知,SA633D钢20

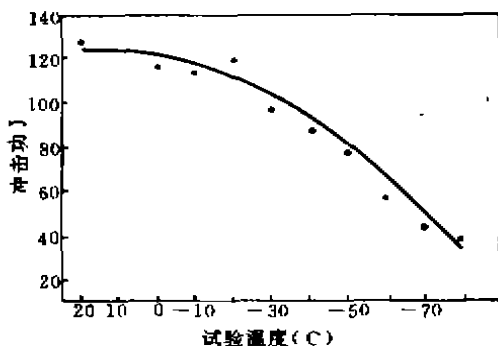


图1 冲击功与试验温度的关系曲线

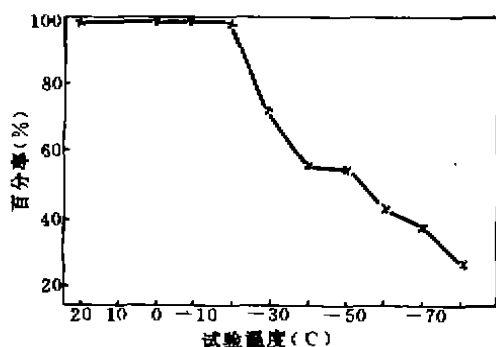


图2 冲击断口韧性区面积百分率与试验温度的关系曲线

毫米厚钢板的脆性转变温度为:FATT50% = -52℃。

6. 讨论

6.1 由表4知,90mm厚钢板的 σ_m 仅为335MPa,接近标准下限(≥ 315 MPa)要求。对照表3可知,9210685A炉的碳含量较低(C=0.13%)。因此,685A炉的化学成份同轧制规格不匹配是造成90mm厚钢板屈服强度接近标准下限值的主要原因。

6.2 由表4知,90mm厚钢板的横向-40℃AKV值为34J、37J、34J,仅高出标准要求(≥ 27 J)7~10J。同其他规格的AKV值相比,韧性值大大下降。对照表3知,除9210685A炉的碳含量较低外,硫含量高达0.027%,接近标准上限值。对低碳钢来说,Mn元素含量的增加,能同时提高钢的低温冲击韧性。因此,此炉钢的Mn含量相对较低,S含量高是造成90mm钢板横向-40℃AKV值偏低的主要原因。

综上所述,90mm钢板机械性能偏下限。主要是由于冶炼成份控制不当造成的。因此,控制好SA633D钢的冶炼成份是确保SA633D钢机械性能,特别是低温冲击韧性满足标准要求的必要条件。

7. 结论

7.1 生产试制证明,采用75t电炉冶炼+4200mm轧机轧制+常化炉正火处理生产SA633D钢的生产工艺是可行的。各项性能指标均满足美国ASME SA633标准中D级钢要求。

7.2 SA633D钢显微组织为铁素体+珠光体,且钢质纯净,晶粒度为9~11级。

7.3 SA633D钢20mm厚钢板脆性转变温度为:FATT50% = -52℃。

参考文献

- 1 60公斤级高强度低合金结构钢WH60的研制. 舞阳技术, 1991, 1, 33~40
- 2 高炉炉壳用钢板的研制. 武钢技术, 1990, 3, 2~6
- 3 郭爱民. 兼Ti焊接结构钢SM53B钢的研制(内部资料)

收稿日期:1993-04-29