

## 高品质低合金特厚钢板正火工艺研究

## Research on Normalizing Process of High Quality Low Alloy Extra-thick Steel Plate

谢爱平

Aiping Xie

新余钢铁股份有限公司中厚板厂 中国·江西 新余 338025

Xinyu Iron and Steel Co., Ltd. Medium Thick Plate Factory, Xinyu, Jiangxi, 338025, China

**摘要:** 常规辊底式和步进梁式因设计问题无法承受现有规格(厚度 $\geq 250$ )特厚坯重量,为满足生产,只能在车底炉进行并设计相应的正火工艺。论文通过实验室试验研究了保温温度、保温时间等不同正火工艺参数对钢板性能的影响。此外,结合生产实际以及黑匣子试验得出必须采用分步等温模式才能确保钢板的保温时间和钢板保温均匀性的结论。

**Abstract:** The conventional roller-hearth and walking-beam can not bear the weight of the existing specifications (thickness  $\geq 250$ ), so the normalizing process can only be carried out in the car-hearth furnace to meet the requirement of production. The paper studied the influence of different ignition process parameters such as insulation temperature and insulation time on the steel plate performance through laboratory test. In addition, according to the production practice and the black box test, it is concluded that the step isothermal mode must be adopted to ensure the heat preservation time and the heat preservation uniformity of the steel plate.

**关键词:** 特厚坯; 车底炉; 正火工艺; 性能

**Keywords:** extra thick billet; car bottom furnace; normalizing process; performance

**DOI:** 10.12346/etr.v4i1.5156

## 1 引言

为了保证特厚高品质低合金钢板优良的综合力学性能,进一步细化晶粒,减小钢板厚度效应影响,轧后钢板需进行正火,由于钢板厚度 $\geq 250$ mm,常规辊底式和步进梁式正火炉因设计能力问题,无法承受特厚板重量,故只能安排在车底式正火炉正火。为确定大生产正火工艺,先行取样在实验室进行正火工艺试验<sup>[1]</sup>。

## 2 正火工艺实验

### 2.1 试验材料

重新选取钢坯,定新轧批号的成分,适当更改加热

工艺。

采用二钢 420mm,其化学成分见表 1。经车底式加热炉加热,均热温度 1200℃~1250℃,在炉时间 8.5~9.5h,开轧温度大于 1050℃,经除鳞后采用高温再结晶轧制,终轧温度大于 1000℃,轧制成厚度 300mm 钢板。

### 2.2 试验方案

根据经验公式计算实验钢的  $A_{c3}$  温度为 875℃。从热轧钢板上取样分别进行 3 种不同正火温度的热处理实验。具体试验方案见表 2。采用 GX71 倒立式金相显微镜对试验钢的微观组织进行观察分析。按照国家标准对热轧态和正火态试样进行拉伸试验和冲击试验。

表 1 试验钢板的化学成分(单位: wt% )

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Als	Nb+V+Ti
0.18	0.31	1.49	0.02	0.002	0.06	0.01	0.03	0.008	0.035	0.078

【作者简介】谢爱平(1982-),男,中国江西新余人,在职硕士,工程师,从事轧钢工艺研究。

表 2 试验钢板热处理工艺方案

工艺号	正火保温温度	正火保温时间	冷却方式
1号	880℃	360min	空冷
2号	900℃	360min	空冷
3号	930℃	360min	空冷
4号	880℃	450min	空冷
5号	880℃	540min	空冷

### 3 实验结果与分析

#### 3.1 正火温度对试验钢组织性能影响

##### 3.1.1 金相组织

试验钢热轧态和1号~3号工艺正火试样厚度1/4处的金相组织和晶粒度如图1和表3所示。

表 3 试验钢热轧态和1号~3号工艺正火试样厚度1/4处晶粒度

正火温度(℃)	热轧	880	900	930
晶粒度	7.5	8.5	7.5	7

从图1和表3可以看出,试验钢热轧态和1号~3号工艺正火态组织均为铁素体+珠光体组织,其中工艺1号试样晶粒最细,组织最均匀,大部分珠光体组织均匀弥散地分布在铁素体晶界。这是因为三种正火工艺中,880℃属最低的

正火温度,且880℃正火时,温度刚过 $Ac_3$ ,一方面,加热过程中试验钢完全奥氏体化速度慢,时间长,奥氏体成分均匀化速度也慢;另一方面,试验钢中热轧态析出的(Nb, V, Ti)(C, N)极大部分还未溶入奥氏体中,这些析出物较均匀地分布在奥氏体晶界和晶内,这部分的析出物在正火保温过程中可有效地抑制奥氏体晶粒的长大,在冷却相变过程中还可以作为新相的形核质点,从而细化了晶粒和组织<sup>[2]</sup>。

##### 3.1.2 力学性能

试验钢热轧态和1号~3号工艺正火态力学性能如表4所示。试验钢热轧态强度最高,塑性、韧性最差。1号~3号工艺正火试样拉力性能相近,冲击性能存在一定差异,其中880℃正火试样冲击性能最高,930℃冲击性能最低,但都比热轧态冲击性能高。

表 4 试验钢热轧态和1号~3号工艺正火态力学性能

钢板状态	Rp0.2(MPa)	Rm(MPa)	A(%)	纵向冲击平均值, kV2(J)	
				20℃	-20℃
				热轧态	343
880℃ 360min	308	510	30.5	177.5	97.1
900℃ 360min	292	507	27.5	125.8	63.7
930℃ 360min	312	503	23.5	89.8	21.3

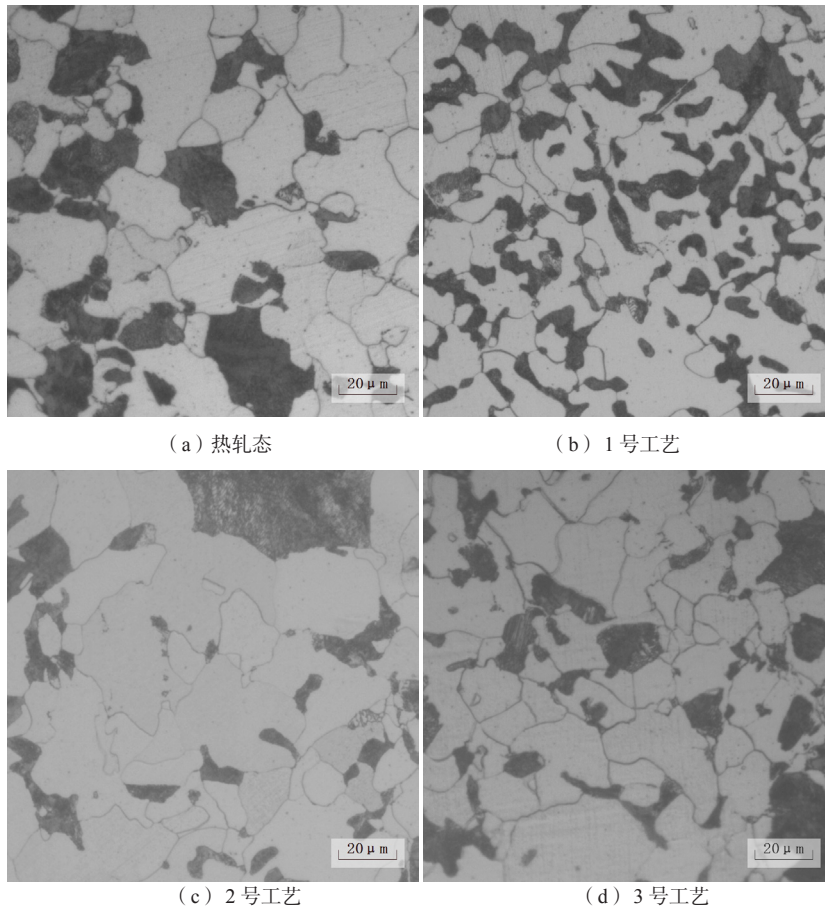


图 1 试验钢热轧态和1号~3号工艺正火试样厚度1/4处的显微组织

### 3.2 大生产正火工艺

在实验室确定了正火保温温度和保温时间之后,结合现场实际情况制定热处理工艺。车底式热处理炉前期进行了黑匣子实验,我们发现必须采用分步等温模式才能确保钢板的保温时间和钢板保温的均匀性<sup>[3]</sup>。

车底式热处理炉黑匣子实验。黑匣子实验工艺如表5所示。

表5 黑匣子实验工艺

实 验 工 艺	第一段		第二段		第三段		第四段	
	第一段 等温 时间 (min)	第二段 等温 时间 (min)	第二段 等温 时间 (min)	第三段 等温 时间 (min)	第三段 等温 时间 (min)	第四段 等温 时间 (min)	第四段 等温 时间 (min)	
1	760℃	1/5H	910℃	1/3H				
2	840℃	1/5H	860℃	1/5H	880℃	1/5H	900℃	2/3H

注:实验钢板厚度300mm,钢种S355J2。

对于厚度越厚的钢板,保温时间过短,易造成钢板因奥氏体化不充分而导致钢板晶粒组织不均匀,从而影响钢板性能稳定性。从图2和图3看出工艺2长度方向温度比较均匀,最高901℃(头部),最低893℃(中部),最大温差 $\Delta T=8^{\circ}\text{C}$ ;升温期间最大温度差 $\Delta T=50^{\circ}\text{C}$ 。坯料保温时间约85min。根据实验室经验数据,特厚板保温时间0.5~0.7Hmin得到的性能最为理想。实验工艺理论保温时间:200/300 $\approx$ 0.6H,实际保温时间换算约0.3H,为达到理想性能,理论保温时间应为1.2H,可确保实际保温时间在0.6H左右。

这与之前实验室结果相符。所以大生产工艺见表6。

表6 车底式热处理炉厚度 $\geq 260\text{mm}$ 大生产工艺

步骤	等温温度(℃)	等温时间(min)	炉气压力(Pa)
1	820 $\pm$ 10	0.2H	15
2	840 $\pm$ 10	0.2H	15
3	860 $\pm$ 10	0.2H	15
4	880 $\pm$ 10	1.2H	15

### 4 结语

①采用接近 $A_{C3}$ 温度对厚度 $\geq 250\text{mm}$ S355J2 + N进行正火,可以得到晶粒更细的室温组织和良好的 $-20^{\circ}\text{C}$ 冲击韧性。

②随着保温时间的延长,钢板组织晶粒越大。实际生产中优先采用1.2H min进行正火,可以缩短热处理周期减少能源消耗。

③车底式热处理炉特厚板大生产正火工艺采用分步等温正火可以保证钢板加热温度均匀性,从而确保钢板组织均匀,力学性能稳定。

### 参考文献

- [1] 陈代巧,黄微涛,郝小强,等.高韧性Q370qE厚钢板开发及应用[J].重庆钢铁装备与工艺技术,2020,62(2):3.
- [2] 王定武.特厚钢板制造技术的新进展[J].冶金管理,2009(5):56-57.
- [3] 尹世友,YIN,Shiyu,等.欧标S355J2+N特厚结构钢板的开发与生产[J].山东冶金,2017,2(369):6-8+11.