

## 70 t Consteel EAF-LF-CC 生产耐热螺杆用钢 B7 的工艺实践

王建明

(湖北鄂钢股份有限公司技术部, 鄂州 436002)

**摘要** 鄂钢股份有限公司采用 70 t Consteel 超高功率电弧炉-70 t 钢包精炼炉-4 流 150 mm × 150 mm 方坯连铸-连轧工艺生产耐热螺杆高强度标准件用钢 B7(40CrMnMo)。电弧炉炉料为 30% 生铁 + 70% 优质废钢, 废钢预热温度 ≥ 600 °C。生产结果表明, 该钢成品化学成分可稳定控制(%) : 0.39 ~ 0.42C, 0.86 ~ 0.91Mn, 0.22 ~ 0.31Si, 0.013 ~ 0.018P, 0.005 ~ 0.013S, 0.85 ~ 0.94Cr, 0.16 ~ 0.18Mo, 0.019 ~ 0.028Als, 偏析与疏松级别为 0.5 ~ 1.0, 夹杂物 0.5 ~ 2.0 级, Φ18 ~ Φ50 mm 钢材晶粒度 8.5 ~ 9 级, 满足耐热螺杆标准件的使用要求。

**关键词** Consteel 电弧炉 钢包炉 耐热螺杆用钢 工艺实践

## Technology Practice of Production of Steel B7 for Heat-Resisting Standardized Piece

Wang Jianming

(Technology Department, Hubei Egang Co Ltd, Ezhou 436002)

**Abstract** The steel B7 (40CrMnMo) for high strength heat-resisting bolts is produced by 70 t Consteel UHP arc furnace - 70 t ladle refining furnace - 4 strand 150 mm × 150 mm concasting - continuous rolling process at Egang. The charge of arc furnace is 30% pig iron + 70% quality scrap, of which the preheating temperature is no less than 600 °C. The examination shows that the chemical compositions of products are controlled in range of 0.39 ~ 0.42C, 0.86 ~ 0.91Mn, 0.22 ~ 0.31Si, 0.013 ~ 0.018P, 0.005 ~ 0.013S, 0.85 ~ 0.94Cr, 0.16 ~ 0.18Mo, 0.019 ~ 0.028Als, the ratings of segregation and porosity are 0.5 ~ 1.0, the ratings of inclusion are 0.5 ~ 2.0 and the grain size of Φ18 ~ Φ50 mm products are 8.5 ~ 9 which satisfy the using requirement of heat-resisting standardized piece bolts.

**Material Index** Consteel Arc Furnace, Ladle Furnace, Steel for Heat-Resisting Bolt, Technology Practice

B7 钢是耐热螺杆高强度标准件用钢, 广泛用于油田和炼油厂内输油、输气管道法兰连接螺栓, 由于在易燃易爆区域作业, 因此要求钢材具有耐热、高强度、高冲击韧性等特点。鄂钢冶炼 B7 钢为 Consteel 70 t 超高功率电弧炉, 废钢预热温度可达到 600 °C 以上, 最大出钢量 100 t, 变压器容量 45 MVA, 冶炼电耗 400 kWh/t, 平均冶炼周期 52 min, 有较高生产效率。

### 1 生产工艺

生产 B7 钢的工艺路线为: 30% 生铁 + 70% 优质废钢 → 70 t EAF 初炼 → LF 精炼 → R10 m 4 机 4 流合金钢连铸机连铸 → 钢坯精整 → 检验 → 步进式加热炉加热 → 7 架初轧机 → 6 架平立交替中轧机 → 6 架平立交替精轧机 → 控制冷却 → 剪切 → 精整 → 检验、打包 → 入库。

B7 钢的化学成分见表 1。

为保证钢的晶粒度、韧性及防止时效, 增加对

表 1 B7 钢的化学成分/%

Table 1 Chemical compositions of steel B7 / %

项目	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Als
标准	0.37 ~ 0.65	0.15 ~ 0.49	0.35	≤ 0.035	≤ 0.040	0.75 ~ 1.20	0.15 ~ 0.25	-
内控	0.39 ~ 0.42	0.80 ~ 1.10	0.15 ~ 0.35	≤ 0.020	≤ 0.015	0.85 ~ 1.10	0.17 ~ 0.22	≥ 0.015

酸溶铝的要求; 钢中 [O] 含量要求 ≤ 20 × 10<sup>-6</sup>, [N] 含量要求 ≤ 60 × 10<sup>-6</sup>, 以提高零件的疲劳寿命。

#### 1.1 冶炼与浇铸

(1) 配料时注意搭配, 生铁均匀分布在废钢中, 并在前 80% 的时间内均匀加入, 重废钢在前 50% 的时间内均匀加入, 保证生铁块的加入量。

(2) 全程泡沫渣操作, 保证电极埋弧冶炼, 终点 C 控制在 0.10% ~ 0.25%, 以不使钢水过氧化为原则, 出钢时 [P] 含量小于 0.015%。做好留钢留渣操作, 严禁下氧化渣; 边出钢边吹氧, 出钢过

程中加入根据理论计算所需要的高碳锰铁、高碳铬铁、钼铁、活性石灰、萤石、硅铁。出钢温度控制在1 640~1 660 ℃。

(3) 至精炼炉,加入活性石灰、萤石,用 Fe-Si 粉进行扩散脱氧及成分微调,同时根据钢水含氧情况,喂入适量的铝线,LF 精炼时间必须保证在40 min 以上,同时精炼结束前根据 Si 的含量,喂入一定量的硅钙线,以改变夹杂物的性质。精炼结束后保证一定的静搅拌时间。

(4) 连铸时严格控制拉速,150 mm 方坯拉速小于2.4 m/min。中间包钢水过热度严格控制在40 ℃内,钢包加盖保温盖。钢包到中间包采用长水口,并接 Ar 封保护浇铸。连铸采用合适的电磁搅拌参数,连铸结晶器保护渣采用专用保护渣,合理控制过热度、拉速和一、二冷配水量。

## 1.2 轧制

(1) 认真检查钢坯的表面质量,有缺陷的坯应进行清理,确定合理的加热制度,保证钢坯加热均匀,严格控制预热段、加热段、均热段三段的温度,B7 钢为裂纹敏感性钢,预热段温度 $\leq 800$  ℃。

(2) 严格控制钢材的表面质量,产品尺寸精度+0.1~0.4 mm,不圆度不大于0.3 mm。

(3) 孔型要有充足的冷却水,各道次孔型不超吨位使用,成品孔型使用新孔型,以确保成品材表面光滑。控制好轧制节奏,确保工序顺畅。

(4) 钢材按用户要求的特殊定尺长度进行剪切、包装。

## 2 B7 钢的冶金质量

通过70 t Consteel EAF-LF-CC 工艺路线生产的耐热螺杆用钢 B7 的成分、性能检验结果和使用效果如下:

(1) B7 钢化学成分符合设计要求(表2)。

(2) B7 钢  $A_{c3}$  点约为780 ℃,因此确定该钢正常淬火温度为840~860 ℃,B7 热轧圆钢经850 ℃保温30 min 油淬、600 ℃保温1 h 回火的热处理工艺后制成标准试样的力学性能见表3。

(3) 对该钢进行低倍检验及非金属夹杂物检验,低倍检验主要为偏析、一般疏松、中心疏松,级别在0.5~1.0 级之间。A、B、C、D 4 种夹杂物按 GB/T10561 标准 JK 评级图,评定级别在0.5~2.0 级之间,非金属夹杂物控制较为理想。钢材晶粒

表2 Consteel 电弧炉钢包精炼试生产 B7 钢化学成分/%

Table 2 Analyses results of chemical compositions of steel B7 steelmaking by arc furnace - ladle refining /%

炉号	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Als
31-0549	0.40	0.88	0.31	0.013	0.010	0.85	0.164	0.023
31-0552	0.39	0.88	0.24	0.015	0.009	0.87	0.181	0.029
31-0553	0.39	0.90	0.24	0.013	0.005	0.91	0.170	0.019
31-0554	0.42	0.91	0.25	0.016	0.009	0.94	0.160	0.020
31-0550	0.39	0.90	0.25	0.015	0.011	0.88	0.166	0.025
31-0551	0.42	0.91	0.28	0.017	0.011	0.90	0.167	0.027
31-2278	0.40	0.87	0.23	0.013	0.011	0.87	0.167	0.021
31-2279	0.39	0.86	0.22	0.018	0.015	0.89	0.171	0.024
31-2280	0.41	0.90	0.23	0.013	0.013	0.91	0.174	0.028
平均值	0.40	0.89	0.25	0.015	0.010	0.89	0.169	0.024
偏差	0.013	0.018	0.028	0.002	0.003	0.027	0.006	0.004

表3 B7 钢力学性能

Table 3 Mechanical properties of steel B7

规格 /mm	炉号	$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ /%	$\psi$ /%	硬度 (HRC)
Φ18	31-0549	830,880	1 000,1 050	18,18	59,59	28,31
Φ18	31-0552	930,955	1 100,1 130	19,18	59,59	31,31
Φ18	31-0553	905,855	1 080,1 030	18,18	59,59	30,29
Φ15	31-0554	890,880	1 100,1 090	18,19	58,58	28,29
Φ15	31-0550	890,855	1 100,1 070	18,19	56,58	28,29
Φ15	31-0551	840,865	1 040,1 080	18,19	63,58	28,29
Φ50	31-2278	840,850	1 040,1 050	21,20	61,57	26,27
Φ50	31-2279	850,840	1 050,1 040	19,22	61,30	26,25
Φ21	31-2280	865,905	1 070,1 110	18,18	59,58	31,30
用户要求		$\geq 725$	$\geq 900$	$\geq 18$	$\geq 55$	$\leq 31$
平均值		873.6	1 068.3	18.8	58.4	28.8
偏差		33.9	33.2	1.1	2.3	1.9

度8.5~9 级,为细晶粒钢。

(4) 该产品试生产成功后,供标准件厂使用,该厂工艺流程:原料→拉拔→车丝→感应淬火→回火→热镀锌→检验包装。该厂共使用1 000 t,产品质量稳定,使用效果良好。

## 3 结语

(1) 鄂钢 Consteel 电弧炉-连铸-连轧工艺生产 B7 高温标准件钢工艺稳定。具备成熟生产工艺技术和条件。

(2) 钢材的化学成分、力学性能均较好地满足了用户的要求,从试生产及批量生产和客户反馈意见来看,该产品符合设计要求。

王建明(1965-),男,高级工程师,1987 年武汉科技大学毕业,从事新产品开发。