

预硬化塑料模具钢 718 厚板的开发

王生朝 孙斌

(湖南工业大学冶金工程学院, 株洲 412000)

摘要 开发的模具钢 718 ($\% : 0.32 \sim 0.40\text{C}, 0.30 \sim 0.50\text{Si}, 1.00 \sim 1.50\text{Mn}, \leq 0.016\text{P}, \leq 0.005\text{S}, 1.50 \sim 2.00\text{Cr}, 0.40 \sim 0.50\text{Mo}, 0.80 \sim 1.20\text{Ni}, 0.020 \sim 0.045\text{Al}$) 198 ~ 308 mm 厚板的生产工艺流程为 90 ~ 100 t EAF-LF-VD-40 t 电渣重熔(950 mm × 2 000 mm 板坯)-轧制(控冷)-热处理。检验结果表明, 钢中的 P 为 0.009% ~ 0.012%, S 为 0.001% ~ 0.003%, 钢中气体含量为 $(45 \sim 60) \times 10^{-6}[\text{N}]$, $1.5 \times 10^{-6}[\text{H}]$, $(13 \sim 18) \times 10^{-6}[\text{O}]$; 钢板平均 HB 值为 317 ~ 352, 其组织为回火贝氏体 + 少量回火索氏体, 满足各类模具的加工和表面质量要求。

关键词 模具钢 718 厚板 生产工艺 组织 硬度

Development of Heavy Plate of Pre-hardened Plastic Die Steel 718

Wang Shengzhao and Sun Bin

(School of Metallurgical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412000)

Abstract The production process flow sheet for 198 ~ 308 mm heavy plate of developed die steel 718 ($\% : 0.32 \sim 0.40\text{C}, 0.30 \sim 0.50\text{Si}, 1.00 \sim 1.50\text{Mn}, \leq 0.016\text{P}, \leq 0.005\text{S}, 1.50 \sim 2.00\text{Cr}, 0.40 \sim 0.50\text{Mo}, 0.80 \sim 1.20\text{Ni}, 0.020 \sim 0.045\text{Al}$) is 90 ~ 100 t EAF-LF-VD-40 t ESR (950 mm × 2 000 mm slab)-rolling (control cooling)-heat treatment. Examination results show that the P content in steel is 0.009% ~ 0.012%, the S content is 0.001% ~ 0.003%, and the gases contents are $(45 \sim 60) \times 10^{-6}[\text{N}]$, $1.5 \times 10^{-6}[\text{H}]$ and $(13 \sim 18) \times 10^{-6}[\text{O}]$; the average value of HB hardness is 317 ~ 352 with structure of tempered bainite + minor tempered sorbite to meet the requirement of workability and surface quality for various dies.

Material Index Die Steel 718, Heavy Plate, Production Process, Structure, Hardness

ASSAB-718 模具钢材(我国牌号 3Cr2NiMo)是在 ASTM-P20(我国牌号 3Cr2Mo)的基础上发展起来的 P20 改进型钢号, 品质上有较大改进, 适用于制造大、中型(模具厚度可大于 400 mm)长寿命热塑性塑胶注塑模具、挤压模具、吹塑模及低熔点合金(如铅、锌、铝合金)压铸模, 如家用电器、电脑外壳及冰箱外壳等光洁度要求较高的塑料模具^[1]。本文介绍了我国大规模预硬化塑料模具钢 718 钢板的开发与生产工艺情况。

1 成分设计和生产工艺

该钢因加入 1% 左右的 Ni, 其淬透性优于 P20 (3Cr2Mo) 钢, 抗张强度高于 P20 钢。在调质状态下冲击韧性高于 P20 钢。718 模具钢的熔炼成分与 P20 (3Cr2Mo) 钢的对比及工业生产内控成分设计见表 1^[2]。

718 钢生产采用 90 t 或 100 t 电弧炉冶炼; 40 t 大型板坯式电渣重熔设备, 最大锭重 40 t, 最大断面尺寸: 950 mm × 2 000 mm; 4 100 mm 四辊可逆式轧机轧制, 轧制力 86 000 kN; ACC (Accelerated Cooling Control) 冷却系统; 冷却速率可达 10 ~ 40 °C/s。

生产工艺流程为: 90 ~ 100 t 电弧炉 → LF → 真空处理 → 模铸(连铸) → 40 t 电渣重熔 → 锭(坯)清理 → 锭(坯)加热 → 轧制 → ACC → 钢板矫直 → 正火加回火处理。钢板的熔炼成分控制符合表 1 的规定。

1.1 连铸

中间包过热度在钢的液相线温度以上 20 ~ 30 °C。同时, 结合铸坯厚度和铸机状况, 拉坯速度通常选择比低碳低合金钢种系列降低 0.05 m/min。铸坯堆垛缓冷, 减少铸坯内部应力。

1.2 轧制

表 1 模具钢 718 和 P20 的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of die steels 718 and P20 / %

钢种	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	
718	标准	0.32 ~ 0.40	0.30 ~ 0.50	1.00 ~ 1.50	≤0.016	≤0.005	1.50 ~ 2.00	0.40 ~ 0.50	0.80 ~ 1.20	-	≤0.22
	内控	0.35 ~ 0.38	0.35 ~ 0.45	1.15 ~ 1.40	≤0.015	≤0.005	1.70 ~ 1.90	0.40 ~ 0.50	1.10 ~ 1.20	0.020 ~ 0.045	≤0.22
P20		0.28 ~ 0.40	0.20 ~ 0.80	0.60 ~ 1.00	≤0.030	≤0.030	1.40 ~ 2.00	0.30 ~ 0.55			

最高加热温度 $\leq 1280\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，“均热段”的时间选择 $6\sim 8\text{ min/cm}$ ，总时间 $9\sim 12\text{ min/cm}$ ；充分保证合金强化元素在奥氏体中的固溶效果。

钢板轧制工艺采取 II 型控制轧制，其工艺为开轧温度 $\geq 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在不超过轧机负荷的条件下，尽量加大道次压下量，II 阶段开轧温度 $\leq 940\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，终轧温度 $850\sim 910\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，适当增加平整道次。钢板轧制后，及时经 ACC 加速冷却处理，其返红温度控制分别为板厚 $\leq 40\text{ mm}$ 钢板不水冷；板厚 $>40\text{ mm}$ 厚钢板的返红温度控制在 $550\sim 630\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，规格越厚返红温度按下限。

1.3 钢板热处理工艺

该钢常规热处理工艺为轧后缓冷 + 高温奥氏体缓冷退火 + 奥氏体淬火 + 高温回火，生产实践中通过控制轧控冷，将热处理改为正火加回火。正火温度 $(880\pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；保温 2 min/mm 。正火出炉后放冷却台架风冷，下表冷却水打开，待温度降至 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时方可堆垛，不得在其上堆放热钢板。由文献[3]可知，回火温度与硬度呈非线性关系，其关系式为：

$$y = a + b \ln x$$

式中： y - 回火硬度 (HRC)； x - 回火温度/ $^{\circ}\text{C}$ ； a 、 b - 均为常数。随回火温度的升高，硬度明显降低，当回火温度超过 $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后，洛氏硬度急剧下降。所以回火工艺定为：回火温度 $550\sim 565\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温系数 3 min/mm ，依据钢种特性，对钢温及时间的控制：夏季回火温度控制下限，冬季温度控制上限；薄板温度控制上限，厚板温度控制下限^[4,5]。

2 产品实物质量检验

2.1 钢板纯净度

杂质含量可达 $0.009\% \sim 0.012\% \text{ P}$ 、 $0.001\% \sim 0.003\% \text{ S}$ ；钢中气体含量为： $(45\sim 60) \times 10^{-6} [\text{N}]$ 、

表 2 回火 718 模具钢板 HB 硬度检验结果

Table 2 Examination results of HB hardness value of tempered die steel 718 plate

钢种	规格/ mm	钢板长 度方向	表面	上 表层	上 1/4 处	1/2 处	下 1/4 处	下 表层	ΔHB
SM718 (M)	262	头部	317	317	317	321	317	318	4
		尾部	319	319	315	315	321	318	6
SM718 (H)	250	头部	347	352	352	354	354	352	7
		尾部	347	350	347	350	347	348	3

注：“M”级为 $280\sim 340\text{ HB}$ ；“H”级为 $320\sim 370\text{ HB}$ 。

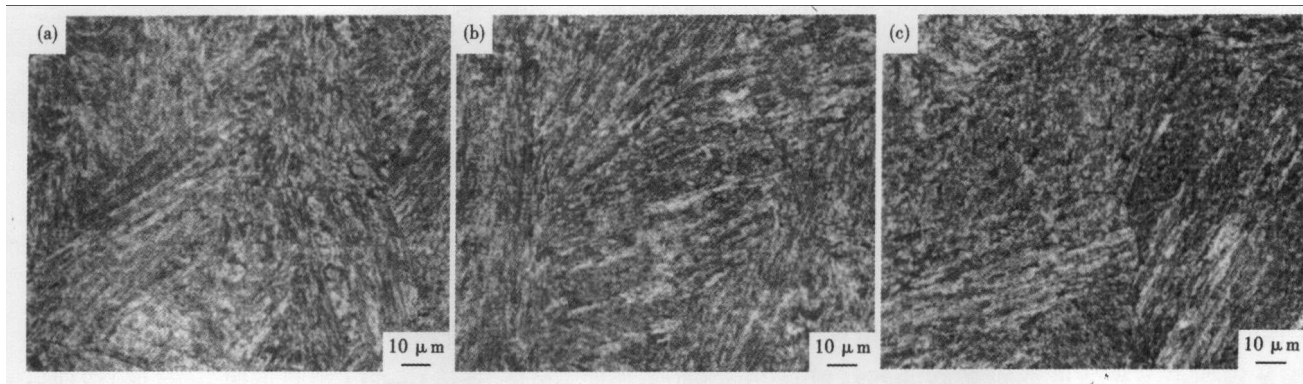


图 1 718 模具钢 305 mm 板表面(a)、厚度1/4(b)、厚度1/2(c)处的组织形貌(870~890 $^{\circ}\text{C}$ 正火+550~565 $^{\circ}\text{C}$ 回火)

Fig. 1 Structure morphology of 305mm plate of die steel 718 at surface (a), 1/4 thickness (b) and 1/2 thickness (c), normalized at 870~890 $^{\circ}\text{C}$ + tempered at 550~565 $^{\circ}\text{C}$

$1.5 \times 10^{-6} [\text{H}]$ 、 $(13\sim 18) \times 10^{-6} [\text{O}]$ 。

2.2 钢板硬度和组织

钢板硬度检验见表 2。198 mm 和 308 mm 钢板组织为回火 B(贝氏体)和少量回火 S(索氏体)，表面、1/4 处及 1/2 处组织保持均匀一致(见图 1)。

3 结语

开发研制的 718 模具钢经热处理后，综合力学性能好，淬透性高，可以使较大截面获得较均匀的硬度，具有很好的抛光性能，平均布氏硬度 (HB) 值 $317\sim 352$ ，各项性能检验指标均达到标准要求。

参考文献

- 1 杨俊秋. 塑料模具新型材料的种类与发展动向. 模具技术, 2007 (3): 59
- 2 刘大恩. ASSAB718 镜面模具钢的工艺开发研制. 特钢技术, 2008 (1): 69
- 3 张海, 姚凤臣, 刘德富, 等. 塑料模具钢的预硬化处理工艺研究. 物理测试, 2009, 27(1): 15
- 4 赵新. P20 钢预硬化热处理工艺的研究. 材料热处理技术, 2009, 38(14): 130
- 5 宋义全, 于健, 刘宗昌. P20 塑料模具钢的回火组织与硬度. 包头钢铁学院学报, 2003, 21(3): 43

王生朝(1970-), 男, 副教授, 材料加工研究。

收稿日期: 2010-05-19