

非调质钢 48MnV 的研制

谢文新^{1,2} 王新社² 卢明霞² 曹红福² 李芸²

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083;2 江阴兴澄特种钢铁有限公司,江阴 214429)

摘要 用 100 t EAF-LF(VD)-300 mm × 320 mm 连铸-连轧工艺生产的 48MnV 钢(%:0.45~0.51C,0.90~1.20Mn,0.05~0.10V)出现粗大晶粒,经 13 道次轧成的 125 mm × 125 mm 方钢(0.030%~0.050%Ti)的晶粒度为 3~4 级,经 9 道次轧成的 Φ141 mm 圆钢(0.030%~0.053%Ti)的晶粒度为 4~5 级;但通过加 0.018%~0.035%Ti 和 0.021%~0.029%Nb 后,经 9 道次轧制的 Φ141 mm 圆钢的晶粒度达 5.5~6.5 级,显著提高钢的强韧性。

关键词 非调质钢 48MnV 连铸连轧 Ti-Nb 晶粒细化

Research and Production of Non-Quenched-Tempered Steel 48MnV

Xie Wenxin^{1,2}, Wang Xinshe², Lu Mingxia², Cao Hongfu² and Li Yun²

(1 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083;
2 Jiangyin Xingcheng Special Steel Co Ltd, Jiangyin 214429)

Abstract Coarse grains occurred in the non-quenched-tempered steel 48MnV (%:0.45~0.51C,0.90~1.20Mn,0.05~0.10V) produced by 100 t EAF-LF(VD)-300 mm × 320 mm casting-continuous rolling process. As added 0.030%~0.050%Ti in steel, the rating of grain in 125 mm × 125 mm square bar rolled with 13 passes was 3~4; the rating of grain in Φ141 mm round bar (contained 0.030%~0.053%Ti) rolled with 9 passes was 4~5; but as added 0.018%~0.035%Ti and 0.021%~0.029%Nb in steel, the rating of grain in Φ141 mm round bar rolled with 9 passes was 5.5~6.5 in order to obviously increase strength and toughness of steel.

Material Index Non-Quenched-Tempered Steel 48MnV, Continuous Casting and Rolling, Ti-Nb, Grain Refining

国外的一些汽车制造商都是采用非调质钢来制造汽车发动机曲轴^[1,2];目前国内也正在向这种趋势过渡。48MnV 易切削非调质钢,主要用于制造康明斯系列发动机曲轴。

1 实验内容及结果

1.1 方钢的研制

48MnV 钢的主要生产流程为:100 t EAF 熔炼-100 t LF 精炼-100 t VD 真空脱气-5 机 5 流连铸(连铸坯尺寸 300 mm × 320 mm)-连轧。

48MnV 钢为 Mn-V 系铁素体-珠光体型非调质钢,为了获得较好的综合力学性能,在成分控制上,将 C 含量控制在中下限,Mn 含量控制在中上限,并往钢中加入一定量的 N 和 Ti,以提高强度和细化晶粒,钢中加 N 是通过往钢中加入氮化锰来实现的;为了确保氧含量 $\leq 20 \times 10^{-6}$,LF 后,钢水进行 VD 真空脱气处理。

采用箱形孔型加万能轧机进行 13 道次轧制,成品材为 125 mm × 125 mm 正方形。

结果表明,含 0.13%~0.25%Ti 钢的晶粒度为 3 级,含 0.030%~0.050%Ti 钢的晶粒度为 3~4 级,含 0.051%~0.062%Ti 钢的晶粒度为 3~4.5

级。所以要使 48MnV 钢的实际晶粒度达到 5 级以上,仅靠加 Ti 来细化晶粒效果是比较差的,当 Ti 和 N 含量均加得很高时,晶粒仍然很粗大(如图 1a 所示),达不到该钢的技术要求。

1.2 圆钢的试制

1.2.1 轧制圆钢和方钢的异同点

将方钢改为圆钢轧制时,轧钢工艺发生了很大的变化,轧制圆钢和方钢的异同点见表 1。

1.2.2 加 Ti 的 48MnV 圆钢的性能

将 125 mm × 125 mm 方钢改成 Φ141 mm 圆钢进行轧制后(表 2),在化学成分不变的情况下,实际晶粒度大部分达到了 5 级(图 1b),只有少部分晶粒度为 4 级。其力学性能指标也有了明显的提高;但对照标准要求,冲击韧性较低并且波动大。

1.2.3 加 Nb-Ti 圆钢的性能

加 Nb 后钢的强度变化不大,塑性和冲击韧性明显提高,尤其是钢的冲击韧性提高很多并且比较稳定(表 2)。从表 2 和图 1(c)看出,加 Nb 后钢的晶粒明显变细,晶粒度大多为 6 级。

从现场检验 48MnV 圆钢的表面质量来看,钢中加入约 0.025%Nb 后,在钢材的表面出现了许多细小的裂纹。经过试验,通过调整拉速和二冷水的大

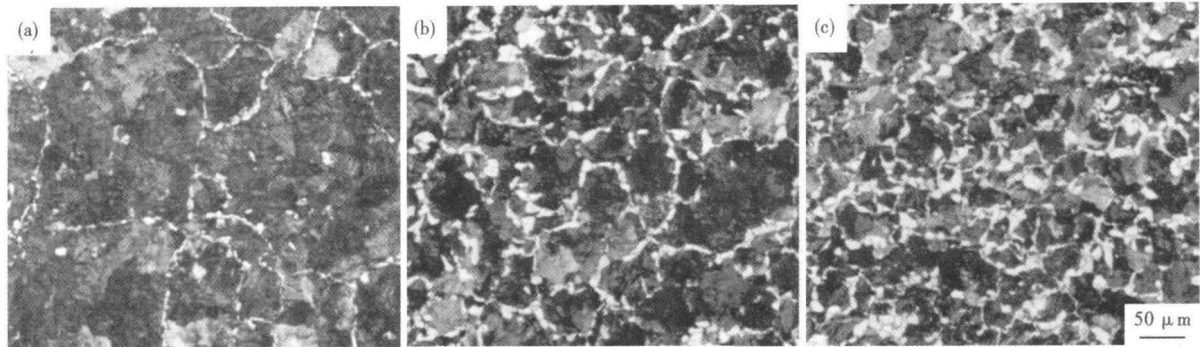


图1 48MnV 钢的晶粒尺寸, ×100: (a) 125 mm × 125 mm 方钢, 0.036% Ti-0.009 3% N; (b) Φ141 mm 圆钢, 0.038% Ti-0.009 2% N; (c) Φ141 mm 圆钢, 0.022% Ti-0.025% Nb-0.009 8% N

Fig. 1 Grain size of steel 48MnV, ×100: (a) 125 mm × 125 mm square bar, 0.036% Ti-0.009 3% N; (b) Φ141 mm round bar, 0.038% Ti-0.009 2% N; (c) Φ141 mm round bar, 0.022% Ti-0.025% Nb-0.009 8% N

表1 125 mm × 125 mm 方钢和 Φ141 mm 圆钢的轧制工艺
Table 1 Rolling process of 125 mm × 125 mm square bar and Φ141 mm round bar

炉数	规格/mm	道次	最后2道次 孔型/mm	末道次孔型 延伸系数	细化晶 粒作用
16	125 × 125 方钢	13	149 × 128 矩形→ 127 × 132 矩形 →125 × 125 方	1.05	小
13	Φ141 圆钢	9	166 × 146 矩形→ 128.5 × 178 椭圆→ Φ141 圆	1.26	大

小可将裂纹减轻到最小,最终钢材经过一道约0.30 mm的砂轮剥皮后即可消除由于加Nb后所产生的表面裂纹。

2 讨论和分析

2.1 形变量对奥氏体晶粒大小的影响

因轧制圆钢的变形量明显要大于轧制方钢的变形量,奥氏体晶粒的变形与破碎程度也明显增大,形

表2 Ti(16炉)和Ti-Nb(13炉)对48MnV Φ141 mm 圆钢晶粒度、力学性能的影响

Table 2 Effect of Ti (16 heats) and Ti-Nb (13 heats) on grain rating and mechanical properties of Φ141 mm round bar of steel 48MnV

工艺	测量值	主要成分/%						晶粒度/ 级	力学性能					
		C	Si	Mn	Ti	Nb	V		N	R_{e1} /MPa	R_m /MPa	A_5 /%	Z/%	A_{KT} /J
加Ti	最小	0.45	0.22	1.05	0.030		0.07	0.007 6	4	470	780	14	28	3
	最大	0.48	0.29	1.16	0.053		0.09	0.011 0	5	555	865	20	41	39
	平均	0.47	0.25	1.10	0.043		0.08	0.009 2	4.8	509	816	17	32	16
加Ti-Nb	最小	0.45	0.22	1.06	0.018	0.021	0.07	0.007 8	5.5	490	785	16	32	26
	最大	0.48	0.29	1.15	0.035	0.029	0.09	0.011 6	6.5	565	850	23	56	46
	平均	0.47	0.26	1.11	0.026	0.025	0.08	0.009 8	6.2	513	815	20.3	43	33.6

变结束后奥氏体再结晶的形核率要远远大于轧制方钢时的形核率。因此圆钢晶粒尺寸明显小于方钢。

2.2 Nb-Ti 对奥氏体晶粒大小的影响

因Nb以固溶原子的拖拽作用较大,所以固溶Nb阻止形变奥氏体再结晶的效果更显著,使得奥氏体再结晶在较低的温度进行,因而晶粒尺寸就会变得很细小;而Ti的效果则较低。

2.3 Nb-Ti 对冲击韧性的影响

当钢中只含Ti时,晶粒比较粗大,所以冲击韧性很低并且波动较大;当钢中加入一定数量的Nb后可显著细化晶粒,因此钢的冲击韧性会明显提高并且稳定。

3 结论

(1) 因为不能有效细化晶粒,原先的方钢轧制

工艺对生产48MnV非调质钢不合理;用圆钢代替方钢轧制可以明显细化48MnV热轧材的晶粒。

(2) 只靠加Ti来细化48MnV热轧材的晶粒是很有限的;加入少量的Ti后再加入少量的Nb可以显著细化晶粒。加入约0.025%Nb可使48MnV热轧圆钢的实际晶粒度稳定保持在5.5级以上,最终能获得较高的综合力学性能。

参考文献

- 1 丁洁. 汽车用微合金非调质钢的应用现状及发展. 金属热处理, 2006(9): 46
- 2 刘瑞宁, 王福明. 汽车用微合金化非调质钢的进展. 特殊钢, 2006, 27(5): 39

谢文新(1967-),男,研究生,高级工程师,主要负责江阴兴澄特种钢铁有限公司的生产管理。

收稿日期:2008-11-21