



工程机械履带链轨销轴用45B钢的研制

戈文英¹,王洪军²,李 泰¹

(1 莱芜钢铁集团有限公司,山东 莱芜 271104;2 山东省冶金设计院股份有限公司,山东 济南 250101)

摘要:为保证使用性能,对45B钢内控成分及生产工艺进行了优化设计,采用电炉—LF精炼—VD真空脱气处理—连铸(电磁搅拌、塞棒控制)—轧制成材工艺及LF出钢前加铝终脱氧、加钛固定氮、VD前加入硼铁的合金化工艺开发了履带链轨销轴用钢。产品实物质量检测表明,生产的45B钢纯净度高,晶粒细小均匀,淬透性能稳定,完全满足用户使用要求。

关键词:履带链轨销轴用钢;45B钢;合金化;淬透性

中图分类号:TF762.3

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2011)04-0005-02

工程机械履带链轨销轴在服役中承受强烈剪切、冲击、弯曲和扭转作用,同时受到摩擦。因此,销轴用钢应具有高的抗剪、抗弯曲和抗断裂强度,同时具有较好的抗冲击、抗疲劳和抗磨损综合力学性能。传统材料采用45钢,热处理后整体性能较低。45B合结钢加入微量硼,显著提高了钢的淬透

性,同时获得优良的综合性能。

1 主要技术要求

根据销轴服役条件和使用特点,用户对钢材提出的主要技术要求如下。

1)化学成分。钢的化学成分应符合表1要求。

表1 45B钢化学成分(熔炼成分)要求(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	B	Cr	Cu	Ni
0.43~0.47	0.17~0.35	0.60~0.80	≤0.025	≤0.020	0.010~0.060	≤0.060	0.0005~0.0030	≤0.20	≤0.20	≤0.20

注:钢材的化学成分允许偏差满足GB/T 222要求。

2)钢材氧含量≤20×10⁻⁶。

3)低倍组织。按照GB/T 1979检验,钢材的横截面酸浸低倍组织试片上不得有目视可见的缩孔、气泡、裂纹、夹杂、翻皮、白点及晶间裂纹。酸浸低倍组织应符合表2的规定。

表2 45B钢酸浸低倍组织要求

项目	一般疏松	中心疏松	偏析	中心偏析	一般点状偏析	边缘点状偏析
级别	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤1.0	≤1.0	≤1.0

4)非金属夹杂物。按照GB/T 10561检验,钢材的非金属夹杂物A类及B类夹杂均≥2.5级;C类及D类夹杂均≥1.5级。

5)末端淬透性。按GB/T 225检验,热处理制度为正火(875℃±10℃,空冷)+端淬(845℃±5℃,水淬)。钢的末端淬透性要求:J1.5(53~63HRC),J6≥45HRC,J11≤45HRC。

6)晶粒度。按照GB/T 6394检验,奥氏体晶粒度级别应≤5级。

7)脱碳层。钢材应检验脱碳层,每边总脱碳层深度(铁素体+过渡层)≥直径的1.0%。

8)发纹。按GB/T 15711检验,钢材发纹极限应同时满足:①发纹总条数≤20条;②发纹最大长度

≤5mm;③发纹总长度≤15mm;④发纹起算长度1mm;⑤同一母线上,间距<2mm的发纹计为1条;⑥不得有连接2个台阶的发纹。

9)确保连铸坯轧制至成品尺寸的压缩比<15。

10)热顶锻。按GB/T 233检验,钢材进行热顶锻试验,顶锻后试样上不得有裂口和裂缝。

2 关键技术设计

45B钢用户直接切削加工使用,对钢材淬透性能(化学成分控制)、洁净度(气体、有害元素、夹杂物)和低倍组织(宏观结构及发纹状况)要求严格。为满足使用性能要求,对钢的内控成分、生产工艺进行了优化设计。

2.1 内控成分优化设计

钢中加入微量的硼能显著提高淬透性,同时还可以获得优良的机械性能。钢中的硼(B_全)可用下式表示: B_全=B_固+B_{Fe3(CB)}+B_{Fe23(CB)6}+B_{BN}+B_{B_{0x}}。从提高淬透性的角度,应提高酸溶硼B_{Fe3(CB)}和B_{Fe23(CB)6},减少酸不溶硼B_{BN}和B_{B_{0x}}。研究表明,应将钢中硼限制在0.0008%~0.002%为宜。钛在硼钢中主要用于固定氮,以保证硼的作用得以发挥。随钛含量增加,酸溶硼占全硼的比例增加,通过钛含量对钢的淬透性和强韧性的作用,钢中钛含量控制在0.020%~0.045%范围最佳。根据1600℃时铝、钛、硼的氧化物和氮化物形成自由能变化,要保证钢中

收稿日期:2011-04-29

作者简介:戈文英,男,1972年生,1995年毕业于山东工业大学金属材料及热处理专业。现为莱钢特钢事业部高级工程师,从事特殊钢品种开发工作。

的钛、硼不被氧化,Al控制在0.015%~0.050%较合适。研究表明^[1],含硼钢厚度超过9 mm硼的作用大大削弱,锰成为影响淬透性的主要因素。根据淬透性要求,锰含量控制在0.70%~0.80%较合适。根据各元素作用及机理,确定化学成分内控范围(见表3)。

2.2 工艺流程及合金化工艺设计

生产工艺流程:50 t电炉冶炼—LF精炼—VD真空处理—连铸(电磁搅拌、塞棒控制)—轧制成材。影响钢中酸溶硼的因素包括钢中氮氧含量及合金元素。

1)钢中氮氧含量对有效硼的影响^[2]。B元素与 N_2 、 O_2 反应: $2B(s)+3/2O_2(g)=B_2O_3(l)$; $B(s)+1/2N_2(g)=BN(s)$ 。在电炉加精炼炉炼钢系统中,B元素可与 N_2 、 O_2 反应形成稳定的夹杂物而失去其有益作用。因此,为保证钢中酸溶硼的含量,应尽量减少

钢中的 N_2 、 O_2 含量。

2)合金元素对硼含量的影响。钛、铝、硼与氮能形成稳定的氮化物,它们的稳定性随温度的下降而增加;并且AlN、TiN较BN更稳定。因此,为保证钢中“有效硼”的含量,应合理地安排各种合金料的加入量及顺序,即采取LF出钢前加铝终脱氧、加钛固定氮、VD前加入硼铁的合金化工艺路线。

3 产品实物质量分析

抽取了按设计成分及工艺生产的45B钢30炉,对产品实物质量指标进行了统计分析。

3.1 化学成分及钢中气体

钢材成分基本控制在内控要求范围内且波动范围较窄,成分稳定(见表3)。氧含量控制在 $(12 \sim 18) \times 10^{-6}$,氮含量控制在 $(61 \sim 81) \times 10^{-6}$ 。

表3 内控及实测45B钢化学成分(质量分数)%

项目	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	B	Cr	Cu	Ni
内控	0.44~0.46	0.25~0.30	0.70~0.80	≤0.025	≤0.020	0.015~0.050	0.020~0.045	0.0008~0.0020	≤0.20	≤0.20	≤0.20
实测	0.43~0.46	0.21~0.27	0.70~0.73	0.009~0.018	0.002~0.013	0.017~0.041	0.027~0.043	0.0015~0.0023	0.02~0.05	0.01~0.07	0.01~0.03

3.2 低倍组织和发纹

钢材的低倍检验结果为一般疏松0.5级,中心疏松0.5~1.0级,偏析0.5级。低倍组织致密、均匀,未发现肉眼可见的缩孔、裂纹、气泡、夹杂、折叠、白点及有害夹杂物,低倍组织和发纹检验结果符合技术要求。

3.3 非金属夹杂物

45B钢非金属夹杂物检验结果见表4。钢中非金属夹杂物满足技术要求,钢的纯净度高。

表4 非金属夹杂物检验结果

项目	A类夹杂		B类夹杂		C类夹杂		D类夹杂	
	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系
标准要求	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤1.5	≤1.5	≤1.5	≤1.5
成品	1.0~1.5	0	0~1.5	0~2.5	0	0	0	0

3.4 末端淬透性及显微组织

检测的45B钢末端淬透性:J1.5(55~60 HRC), J6(45~55 HRC), J11(30~32 HRC)。淬透性能指标较好地满足了技术要求。钢材晶粒度均为7~8

级,脱碳层厚度满足技术要求。

4 结论

采用50 t电炉冶炼—LF精炼—VD真空处理—连铸—轧制成材工艺生产的45B钢纯净度高、晶粒细小均匀、淬透性能稳定。产品经由某工程机械公司使用,用户对钢材复验的结果满足双方协议要求,加工性能良好,零件热处理后整体获得良好的强韧性配合。经用户使用和性能测试证明,采用45B钢制造的工程机械履带链轨销轴,综合性能、疲劳寿命和工艺性能均满足使用要求且达到较好水平,已实现了批量生产。截至目前,莱钢共生产45B钢连铸坯28 597.5 t,合格钢材27 911.2 t,综合成材率97.6%。

参考文献:

- [1] 王荣滨.高强度螺栓选材与热处理工艺研究[J].热处理,2001(1):23-26.
- [2] 黄希枯.钢铁冶金原理[M].北京:冶金工业出版社,1990.

Development of 45B Steel for Caterpillar Track Pin Roll of Construction Machinery

GE Wen-ying¹, WANG Hong-jun², LI Tai¹

(1 Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China;

2 Shandong Province Metallurgical Engineering Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: In order to ensure the usage performances, the internal control composition and the key production process of 45B steel were designed. The steel for caterpillar track pin roll was developed by EAF-LF-VD-CC (electromagnetic stirring, stopper control)-rolling processes and the alloying processes, that is, adding aluminum for deoxygenation and adding titanium for fixing nitrogen before LF tapping and adding ferroboreon before VD. The test results for the product quality showed that the 45B steel with high purity, fine and even grains and stable hardenability met the needs of customers completely.

Key words: steel for caterpillar track pin roll; 45B steel; alloying; hardenability