

节能减排

MULPIC 条件下水电钢低成本生产工艺开发

李复磊

(山钢股份济南分公司 宽厚板厂, 山东 济南 250101)

摘要:通过分析钢的成分及性能要求,设计了低碳Nb、V、Ti微合金化成分,制定了两阶段轧制工艺,在高温区大压下量轧制,低温区大压缩比轧制,配合“在线淬火+离线回火”工艺,以针状铁素体和贝氏体为主,实现了610 MPa及以上级别水电钢的低成本生产工艺。该工艺生产出的钢板厚度方向组织均匀,性能良好,初验合格率≥97.00%,降低工序成本200元/t。

关键词:水电钢;在线淬火;组织均匀;微合金化

中图分类号:TC335.5

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2016)01-0052-02

1 前言

610 MPa及以上级别水电钢已得到广泛应用,价格相对较高,是宽厚板厂双高产品之一。山钢股份济南分公司宽厚板厂装备有MULPIC(Multi-Purpose Interrupt Cooling)系统,通过优化轧制、水冷及后续热处理工艺,实现此系列钢种的低成本生产。

2 水电钢生产工艺开发

2.1 化学成分设计

610 MPa水电钢对碳当量及P_{cm}值都有明确限制,对影响焊接性能的C、Mn等强化元素都有范围标定,水电钢化学成分(质量分数)要求见表1。

表1 水电钢化学成分(质量分数)要求 %

钢种	C	Si	Mn	P	S	V	Ni	Cu	Mo	Cr	B	Ceq	Pcm
JH610CFD	≤0.09	0.15~0.40	1.20~1.60	≤0.02	≤0.010	0.02~0.06	≤0.40	≤0.25	0.10~0.30	≤0.30	≤0.002	≤0.42	≤0.20

成分设计时考虑加入合金Nb,固溶于基体的微合金元素Nb及沉淀析出的Nb(C/N)碳氮化物,通过溶液拖拽效应和钉扎作用可以提高试验钢的再结晶温度,从而扩大未再结晶区轧制区间,有利于实现未再结晶区的大压下轧制,同时对碳当量、P/S含量等做了限制,保证了钢板的焊接性能。

2.2 工艺设计

2.2.1 加热制度

610 MPa水电钢设计成分时加入了Mn、V等合金元素,为保证合金元素的充分溶解,确定钢板均热段炉内氛围温度为1 150~1 200 ℃;为保证坯料加热的均匀性及合金元素溶解的均匀性,确定250 mm坯料在炉时间为4~5 h,加热系数为10~11 min/cm。同时,为避免因在炉时间过长引起的奥氏体晶粒长大严重,需要制定合理的排产计划,避免因检修等因素一起的坯料在炉时间过长。

2.2.2 粗轧工艺

此过程涉及的主要工艺控制点为粗轧终轧温度、压下率及中间坯厚度设定。粗轧阶段全部在结晶区轧制,终轧温度设定为1 000~1 030 ℃;为细化再结晶区晶粒,可以通过提高顺轧阶段的道次压下

率来实现,确保顺轧阶段至少1道次压下率≥20%;精轧阶段的总体压下量直接影响到钢板成品的晶粒度、强度、塑性等指标,为保证性能,中间坯厚度设定为≥2.5×钢板成品厚度。

2.2.3 精轧工艺

精轧阶段涉及的主要工艺控制点为精轧终轧温度。JH610CFD钢的动态CCT曲线见图1。

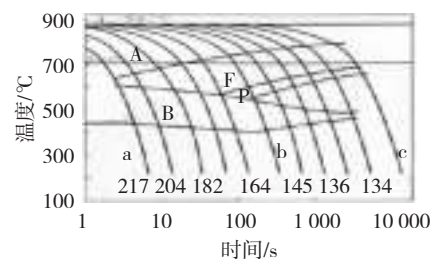


图1 JH610CFD钢的动态CCT曲线

该钢种要求调质状态交货,精轧为未再结晶区轧制,控温后通过开轧温度控制再结晶温度,终轧温度控制再A_{cs}温度以上。奥氏体完全再结晶温度的理论计算公式:

$$A_{cs} = 900 - 203[C] - 15[Ni] - 30[Mn] - 11[Cr] - 20[Cu] + 45[Si] + 104[V] + 32[Mo] + 13[W] + 700[P],$$

$$A_{c1} = 723 + 25[Si] + 15[Cr] + 30[W] + 40[Mo] + 50[V] - 7[Mn] - 15[Ni]^{[1]}.$$

计算出的JH610CFD钢铁素体完全转变温度在860 ℃左右,实际控制终轧温度设定在890 ℃。

收稿日期:2015-10-21

作者简介:李复磊,男,1987年生,2010年毕业于东北大学材料成型及控制工程专业。现为山钢股份济南分公司宽厚板厂助理工程师,从事中厚板轧钢生产及工艺开发工作。

2.2.4 在线淬火

淬火钢的终冷温度设定以常温为主,但是实际相变结束温度在400℃左右,为了保证完全淬透,实际终冷温度设定考虑厚度因素,设定20 mm以下薄规格终冷温度为200℃,20 mm以上规格终冷温度为150℃;冷却速度按照厚度进行确定,其中20 mm以下薄规格采用ACC模式冷却,冷却速度20℃/s,20 mm以上规格采用DQ模式冷却,冷却速度12~15℃/s,随着钢板厚度的增加,冷却速度逐渐减小,这是设备冷却能力决定的,厚度到达34 mm时,实际冷却速度12℃/s。

2.2.5 回火温度

经600~670℃的系列回火试验,保温时间为69 min,钢板的屈服强度、抗拉强度、冲击性能随回火温度均有变化:钢板的屈服强度、抗拉强度都随回火温度的提高而降低;钢板的屈服强度比随回火温度的升高,先升高,再降低,在640℃左右出现峰值;冲击韧性随回火温度的升高而提高。最终工业生产选择665℃回火,钢板的各项性能指标都符合要求,且有一定富余量,适合批量生产。

3 钢板金相组织分析

对钢板在厚度不同位置取样进行金相分析,钢板金相组织见图2。

淬火态钢板表面至心部组织有一定差异,表面为针状铁素体+贝氏体+少量马氏体(见图2a);厚度1/2处为针状铁素体+上贝氏体+珠光体(见图2b)。

回火后钢板的金相组织见图2c、图2d。钢板在650℃下回火后空冷,碳元素等偏聚于界面,使得界面容易腐蚀,在界面和晶内出现较大的衬度,其表面回火组织为针状铁素体+上贝氏体+珠光体(见图2c),且彼此呈大角度交叉分布,保证钢板具有较好的低温韧性。

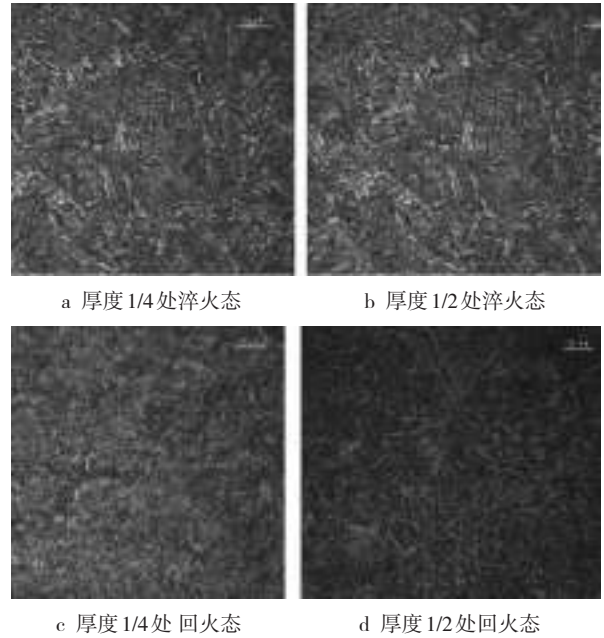


图2 JH610CFD钢板沿钢板厚度不同位置金相组织

4 结语

经过多次生产,“在线淬火+离线回火”工艺生产的JH610CFD水电钢性能初验合格率≥97.00%,初验屈服强度全部合格,均值为620.71 MPa;初验抗拉强度出现个别批次超上限情况,均值为685.64 MPa,复验后合格;初验伸长率全部合格,均值为21.66%;初验冲击全部合格,均值为234.06 J。

结合济钢4300产线MULPIC使用情况,通过合理的成分、工艺设计最终实现了610 MPa及以上级别水电钢的“在线淬火+离线回火”工艺生产,生产过程控制稳定,性能合格率高,降低工序成本200元/t,该工艺可拓展至其他调质型钢板的生产。

参考文献:

- [1] 于庆波. 控轧控冷钢的显微组织形貌及分析[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

Low Cost Technology Development for Hydro Steel with MULPIC Process

LI Fulei

(The Heavy Plate Plant of Jinan Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: Based on analysis of the composition and properties requirements of steel, the low-carbon with Nb, V, Ti microalloyed elements content and the two-phase rolling technology is designed. The steel plate is rolled at high temperature with big pressure in roughing mill, and rolled at low temperature with large compression ratio in Finishing mill. After that, the plate can be online quenching and tempering. At last, the good properties with the main composition of ferrite and bainite and the uniform microstructure along the plate thickness direction can be obtain. The hydro steel (610 MPa) has been produced with low cost. Thanks to this technology, the steel initial inspection qualified rate has been reached 97.00% and the 200 Yuan/t of the process cost can be reduced.

Key words: hydro steel; online quenching; uniform organization; micro alloying

