

高品质低合金特厚钢板生产工艺优化

Optimization of Production Process for High Quality Low Alloy Extra-thick Steel Plate

谢爱平

Aiping Xie

新余钢铁股份有限公司中厚板厂 中国·江西 新余 338025

Xinyu Iron and Steel Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, 338025, China

摘要: 特厚坯容易出现内部疏松、偏析等问题, 常规加热和轧制工艺难以满足钢板表面质量好, 性能稳定、均匀的要求。文章通过对特厚坯的以往工艺不足进行了研究, 优化并制定了新的加热工艺和轧制工艺, 有效改善了钢板内部组织均匀性, 提高了特厚坯表面质量和力学性能。

Abstract: It is difficult for conventional heating and rolling process to meet the requirements of good surface quality, stable and uniform performance of steel plate. In this paper, the defects of the previous process of the super-thick billet are studied, and the new heating and rolling processes are optimized and formulated, which can effectively improve the internal structure uniformity of the steel plate and the surface quality and mechanical properties of the super-thick billet.

关键词: 特厚坯; 加热工艺; 轧制工艺; 性能

Keywords: extra thick billet; heating process; rolling process; properties

DOI: 10.12346/etr.v4i2.5459

1 引言

随着国家经济的高速发展, 石油、化工、机械、冶金、海洋等领域发展也异常迅速, 对超特厚钢板的要求^[1], 无论是品质上, 还是数量上均有很大的提高, 高品质超特厚钢板的市场前景十分美好^[2,3]。

特厚钢板一般指厚度大于等于 100mm 的钢板, 市场应用广, 对产品质量有严格要求, 为保证特厚板内在质量, 一般要求轧制特厚钢板的压缩比即原料坯(锭)厚度与成品钢板厚度比例大于 3.0^[4]。如压缩比小, 用通常方法生产时会出现钢板内部疏松、偏析清除不够等问题, 因此特厚板坯生产技术亟待突破。

目前常规轧制工艺难以满足钢板表面质量、性能均匀性、稳定性, 为此本项目针对 420mm 厚铸坯生产 250mm 以上低合金高品质钢板轧制工艺及热处理工艺进行了技术过程控制优化, 并进行了生产实践, 成功地解决了特厚钢板表面质量稳定性、性能稳定性和均匀性等问题。通过本项目加

热、轧制工艺及热处理工艺优化, 产品一次命中率由原来的 40% 提高到 97%。促使生产成本大幅度减少。

2 高品质低合金特厚钢板主要技术指标

公司目前生产的高品质低合金需正火处理特厚钢板 ($\geq 260\text{mm}$) 主要包括 S355J2、S355JR 等。

2.1 化学成分要求

化学成分通用规范应符合表 1 的规定。

2.2 机械性能

机械性能应符合表 2.2 的要求。

2.3 交货状态

钢板以正火交货状态

2.4 超声波探伤检查

根据需方要求, 经供需双方协议, 其他钢板也可进行无损检验。

【作者简介】谢爱平(1982-), 男, 中国江西新余人, 在职硕士, 工程师, 从事轧钢工艺研究。

表 1 化学成分 (熔炼成分) 要求 (厚度 100~320mm) (%)

成分 牌号	C	Mn	Si	S	P	Nb	V	Ti	Ni	Cu	Als	CEV
S355J2	0.14-0.18	1.45-1.6	0.2-0.45	≤ 0.005	≤ 0.015	0.015-0.03	0.05-0.08	0.007-0.02	—	—	0.03-0.06	0.44-0.47
S355JR	0.13-0.18	1.4-1.55	0.2-0.4	≤ 0.015	≤ 0.025	0.015-0.03	0.03-0.08	0.007-0.02	—	—	0.006-0.03	≤ 0.45

表 2.2 机械性能 (厚度 ≥ 250mm)

牌号	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 A50%	20℃冲击功 (纵向) AKV J	冷弯 (面弯), d=3a
S355JR	≥ 265	450 ~ 600	≥ 17	≥ 27	合格
牌号	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 A50%	-20℃冲击功 (纵向) AKV J	冷弯 (面弯), d=3a
S355J2	≥ 265	450 ~ 600	≥ 17	≥ 54	合格

3 技术难点及主要研究内容

第一, 大型铸锭和特厚连铸坯质量保证难度大, 轧制时变形也难以渗透到心部, 内部疏松、偏析、气孔、微裂纹难以消除; 特厚钢板轧制时压下过大必然增加轧制力和轧制扭矩, 提高轧机负荷。从目前的生产情况来看, 宽度大于 2800mm 特厚钢板, 探伤结果较差, 其原因是厚板轧机对宽度大于 2800mm 特厚钢板, 其单次压下量小于 20mm, 对钢板心部一些小缺陷无法实现轧合, 而且钢板综合力学性能取决于其组织晶粒均匀性, 因此需要在高温再结晶区执行梯度大压下模型技术, 提高钢板厚度方向性能质量。

第二, 420mm 特厚板坯采用车底式加热炉加热, 钢坯表面生成的厚氧化皮不能及时除鳞干净, 在轧制过程中易压入钢板表面, 造成特厚钢板表面质量难以保证, 特别是成品厚度 ≥ 260mm 以上钢板。

第三, 由于车底式热处理炉烧嘴布置系统与常规热处理炉不一样, 在正火过程中特厚板摆放状态、辅助工装、加热工艺和炉内温度场对钢板组织均匀性、晶粒均匀性及大小控制有重要影响, 且直接影响产品性能。

4 轧制工艺研究

4.1 钢的强化机制

4.1.1 固溶强化

的强度提高, 以及溶质原子与运动位错间的相互作用, 阻碍了位错的运动, 从而使材料的强度提高。在过饱和的固溶体中, 由于 C、N 原子有很好的扩散能力, 可以直接在位错附近和位错中心聚集, 形成柯氏气团, 对运动的位错起到钉扎作用, 使屈服强度、抗拉强度提高。

4.1.2 形变强化

形变强化决定于位错运动受阻。金属的塑性变形意味着在位错运动之外还不断形成新的位错, 因此位错密度值随变形而不断增加, 变形应力也就随之增加, 材料被加工硬化了。强化效应与位错类型、数量、分布, 固溶体的晶型, 合金化情况, 晶粒度和取向以及沉淀颗粒的状况有关。

4.1.3 沉淀强化和弥散强化

在普通低合金钢中加入微量 Nb、V、Ti, 这些元素可以形成碳的化合物、氮的化合物或碳氮化合物, 在轧制中或轧后冷却时它们可以沉淀析出, 起到第二相沉淀强化作用。

4.2 钢的奥氏体形变与再结晶

在热变形条件下, 随着变形量的增加金属内部畸变能不断提高, 达到一定程度后在奥氏体内将发生另一转变, 即动态再结晶。含 Nb 钢中轧制温度的影响大, 随着轧制温度降低, 临界变形量急剧增大, 以致在 950℃ 以下静态再结晶实际上不可能发生。因此粗轧终轧温度通常要求 > 1000℃。

4.3 轧制工艺制定

采用高形状比轧制方法。

形状比 S (也称变形渗透系数), 是指轧辊和材料的接触弧的投影长度与所轧制材料的平均厚度之比, 即

$$S = \frac{\sqrt{R(H-h)}}{(H+h)/2}$$

式中: R 为轧辊半径; H 为轧机入口侧轧件厚度; h 为轧机出口侧轧件厚度。

一般认为: 形状比 S 越大, 轧制过程中特厚板坯中心部位变形渗透越理想。有资料介绍: 为压合微细孔隙而采用大形状比轧制方法。当形状比超过 0.5 时, 板厚内的压缩应力区域即达到 90%, 压下会充分渗透到钢板的内部, 有利于

改善特厚规格钢板综合性能。

4.4 小结

第一，轧制特厚坯 420 mm 时采用高温再结晶区梯度大压下模型技术，满足一定的形状比，减少展宽比，减少轧制道次、增加单道次压下率，可改善钢板中心偏析分布及大小，改善钢板厚度方向组织晶粒均匀性，提高钢板厚度方向低温冲击韧性及 Z 向性能，成功生产出具有良好抗层状撕裂性能和焊接性能钢板，实现了特厚钢板的高强韧匹配。根据用户要求，保探伤钢板最大厚度达 320mm。

第二，在目前车底式加热炉布局及工艺装备条件下，改进炉内垫块使用尺寸，规范出钢操作，优化加热工艺制度，大大降低钢板表面麻点修磨及补焊量，提高钢板表面质量，

缩短钢板交货期。

第三，减少轧制道次，增加单道次压下量，可改善钢板中心偏析分布及大小，提高低温冲击韧性和 Z 向性能。

参考文献

- [1] 袁继恒,李忠波,杨东,等.Q460GJEZ35抗震耐蚀耐火特厚钢板的研发[J].钢结构(中英文),2021,36(3):7.
- [2] 尹卫江,李杰,龙杰,等.临氢化工用200 mm特厚12Cr2Mo1R钢板的研制及应用[J].特殊钢,2020,233(3):55-58.
- [3] 陈代巧,黄微涛,郝小强,等.高韧性Q370qE厚钢板开发及应用[J].重庆钢铁装备与工艺技术,2020,62(2):3.
- [4] 王定武.特厚钢板制造技术的新进展[J].冶金管理,2009(5):56-57.