稀土钢板材厂集约化生产技术研究[*1]

郭 靖[1,2], 董 方[1], 陈金峰[2]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院, 内蒙古 包头 014040;
2. 内蒙古包钢稀土钢板材厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 根据稀土钢板材厂ERP系统的设计理念, 充分发挥钢种GA、GK、GE成分管控的优势, 成功实现了Q235A、Q235B、SS400的有效融合, 归并后三个钢种采用一种成分设计, 通过运用TMCP(热机械控制)技术, 即轧制与冷却工艺的调整, 实现了Q235A、Q235B、SS400的柔性化轧制, 从实验的角度验证了集约化生产技术的可行性, 并通过柔性化轧制技术很大程度上简化了冶炼的难度, 有效控制了炼钢成分的波动性。

关键词: 钢种归并; 集约化生产; 柔性化生产
中图分类号: TG113.25 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2017)06-0051-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.06.018

Research on Intensive Production Technology in Rare Earth Steel Plate Plant

GUO Jing[1,2], *DONG Fang*[1], *CHEN Jin-feng*[2]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, Chin*;
2. *Rare Earth Steel Plate Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: Based on the design philosophy of ERP system in Rare Earth Steel Plate plant, giving full play to the advantages of steel GA, GK and GE composition control, successfully achieving the effective combination of steel grade Q235A, Q235B and SS400, after the merger, the three steel grades are designed with one component by using TMCP (thermomechanical control) technology, that is, the rolling and cooling process adjustments, which achieves flexible rolling of Q235A, Q235B and SS400. From the experimental point of view, the feasibility of intensive production technology is verified. By means of flexible rolling technology, the difficulty of smelting is largely simplified, and the fluctuation of steelmaking components is effectively controlled.

Key words: steel grade merger; intensive production; flexible production

因受到传统观念和行业习惯及标准的限制, 力学性能的调整主要是通过其成分的改变来实现, 导致性能相近的材料采用不同的化学成分, 钢种种类繁多。一方面对炼钢组织生产不利, 加大了人力资源的消耗; 另一方面未能充分利用钢铁材料的细晶化、复相化等强化机理, 未能充分发挥钢铁材料性能

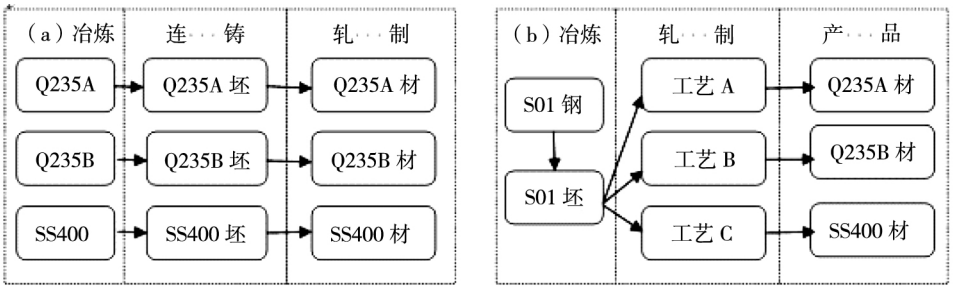
* **收稿日期**: 2017-10-20
作者简介: 郭 靖(1985-), 男, 内蒙古包头市人, 在读硕士, 工程师, 现主要从事质量管理等工作。

中国知网 https://www.cnki.net

的内在潜力。为了适应当前客户需求的多样性，首先从钢铁产品标准着手，考虑具有相同或相近力学性能钢铁牌号的归并，通过对轧制与冷却工艺的调整实现具有减量化成分坯料的柔性化升降级轧制，实现“一钢多能”的集约化生产目的，具有重要的理论与实际意义。

1 简介

图1对传统生产方式和柔性轧制技术进行了对比。对比结果表明，柔性化轧制技术很大程度上简化了冶炼的难度，有效控制了炼钢成分的波动性[1]。



（a）传统生产方式　　（b）柔性轧制技术

图1　集约化生产技术示意图

2 理论支持

根据 Hall — Petch 公式可知屈服强度与晶粒尺寸间的定量关系[2]

$$\sigma_s = \sigma_0 + k \cdot d^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中：d 为晶粒的平均直径，σ_0 为其它强化方式作用项，k 为钢种常数。由式(1)可知，当把晶粒尺寸由 15～20 μm 控制到 3～5 μm，材料的屈服强度就能增加一倍。在研制细晶粒普碳钢时，利用 Q235B 的成分，已成功生产出屈服强度为 400 MPa 的产品[3]。

3 Q235A、Q235B、SS400 归并分析

3.1 内控成分

企业在实际生产时也有相对于国家的具体标准，此标准一般会在国家标准的范围内，如表1所示。从表1可以看出，Q235A、Q235B 和 SS400 对应的三个钢种的成分具体要求虽有不同但差别很小，主要是 C 和 Mn 含量的差别。

表1　Q235A、Q235B、SS400 化学成分(质量分数)　%

钢种	元素	C	Si	Mn	P	S	Al_t	Al_s
Q235A	目标值	0.13	0.2	0.4	0.022	0.02	0	0
	范围	0.095～0.185	0.115～0.305	0.3～0.7	0～0.025	0～0.254	0～9.999	0～9.999
Q235B	目标值	0.15	0.2	0.5	0	0	0	0
	范围	0.115～0.185	0～0.305	0.4～0.7	0～0.035	0～0.354	0～9.999	0～9.999
SS400	目标值	0.13	0.2	0.5	0	0	0.02	0
	范围	0.115～0.185	0.146～0.305	0.3～0.7	0～0.03	0～0.031	0.01～9.999	0～9.999

对厂内前期三者生产数据进行收集，并利用过程能力指数 C_{pk} 分析实际生产数据，说明生产中对三者成分的控制能力，表2即为计算结果。

中国知网 https://www.cnki.net

表 2　Q235A、Q235B、SS400 化学成分指标(质量分数)　　%

钢种	元素	C	Si	Mn	P	S	Al_t	Al_s
Q235A	C_{pk}	1.54	2.38	1.95	0.90	1.18	1.25	1.08
	平均值/%	0.133 9	0.194 6	0.426 9	0.018 4	0.015 4	0.019 4	0.015 9
	合格率/%	99.41	100.00	99.41	91.52	97.83	100.00	100.00
Q235B	C_{pk}	1.53	3.63	1.84	3.81	3.18	1.51	1.29
	平均值/%	0.151 7	0.194 6	0.498 2	0.016 4	0.009 1	0.017 1	0.013 8
	合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
SS400	C_{pk}	1.64	2.0	2.94	2.12	2.57	1.75	
	平均值/%	0.144	0.204	0.453	0.018	0.015	0.032	
	合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.41	

分析以上 C_{pk} 值,Q235A 的 C、Si、Mn 的控制能力充足,S、Al_t、Al_s 的控制水平一般,而且 P 的控制水平较差,应该加强后四者的控制; Q235B 和 SS400 各元素成分的控制水平均较高,控制能力充足。而且它们的合格率都很高。归并时调整 C、Si 和 Mn 的含量时,三者的炼钢控制能力均可以满足。由于 Q235A 对 P 和 S 的成分范围及目标值要求相对较高,而且其控制能力相对较弱,在不影响性能、签署的技术协议以及客户的使用前提下可以考虑适当放宽对它们要求,Q235B 和 SS400 的 P 和 Si 的范围及目标值与前者有差别,但其控制能力过剩,因此在调整它们时相对容易实现。同时对于表格中 C_{pk} 值大于 2.0 的可以考虑降低其控制难度以节约成本。

3.2　力学性能 C_{pk} 分析

对于三者在力学性能的控制能力通过对 C_{pk}、平均值和合格率的计算结果见表 3。可以看出它们对屈服强度的控制能力均有过剩,而对抗拉强度和伸长率的控制相对较差,能力一般,因此考虑适当降低 Q235A 碳含量和提高 Q235B 锰含量。

表 3　Q235A、Q235B、SS400 性能指标

钢种	元素	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
Q235A	C_{pk}	2.45	1.09	1.30
	平均值	338.4	454.6	35.5
	合格率/%	100	100	99.01
	评价	能力过剩	能力尚可	能力尚可
Q235B	C_{pk}	2.81	1.04	0.79
	平均值	327.2	465.1	30.3
	合格率/%	100	100	96.02
	评价	能力过剩	能力尚可	能力不足
SS400	Cpk	2.53	1.15	1.28
	平均值	344.3	466.8	27.9
	合格率/%	100	98.02	98.41
	评价	能力过剩	能力尚可	能力尚可

3.3　归并后的成分设计

因所分析 Q235A、Q235B、SS400 的成分、性能比较接近,并结合理论支持可以将三者成分进行归并,统一为 S01 一个钢种,其成分设计见表 4。

表 4　S01 成分设计(质量分数)　　%

元素	C	Si	Mn	P	S	Al_t	Al_s
目标值	0.130	0.200	0.5	0.022	0.020 0	0.020	0
最小值	0.115	0.115	0.4	0	0	0.010	0
最大值	0.185	0.305	0.7	0.025	0.025 4	9.999	9.999

将以上成分设计作为 ERP 系统中的 GE 进行连铸生产,待板坯产出后根据三者的不同的 GK 代码系统自动区分三个钢种,为后期分钢种轧制做准备。三者的轧制工艺见表 5。

中国知网　https://www.cnki.net

表5 Q235A/Q235B、SS400轧制工艺

序号	厚度/mm	Q235A/Q235B			SS400		
		精轧终轧温度/℃	卷取温度/℃	冷却模式	精轧终轧温度/℃	卷取温度/℃	冷却模式
1	>1.2~3.0	880±15	670±15		860±15	670±15	前、分散
2	>3.0~6.0				660±15		
3	>6.0~9.0				640±15		
4	>9.0~12.0	870±15	660±15	前、集中	850±15		
5	>12.0~16.0					630±15	前、集中
6	>16.0~20.0						
7	>20.0~25.4	870±15	650±15			620±15	

三者按照以上工艺轧制后的性能见表6。

表6 Q235A/Q235B、SS400力学性能指标

钢种		屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
Q235A/Q235B	C_{pk}	2.01	1.87	1.53
	平均值	326.8	470.6	36.8
	合格率/%	100.00	99.83	99.79
	评价	能力尚可	能力尚可	能力尚可
SS400	C_{pk}	2.01	1.87	1.53
	平均值	330.5	476.4	35.8
	合格率/%	100.00	99.73	99.62
	评价	能力尚可	能力尚可	能力尚可

对于三者在性能方面的控制能力通过对 C_{pk}、平均值和合格率的计算见表6。可以看出它们对屈服强度、抗拉强度和伸长率的控制相对较高，能力较强。合格率完全满足生产要求。

4 结束语

采用集约化的化学成分坯料，通过柔性轧制策略生产出不同强度级别的产品，最终实现“一钢多能”的目的。这样可以简化炼钢和连铸的操作和管理，有利于炼钢和连铸工艺的持续稳定生产，使炼钢、连铸、板坯库、加热炉之间衔接便捷、管理简化、复杂程度降低，满足企业大规模生产的要求。同时，通过优化热轧、轧后冷却相关生产工艺来生产出不同性能水平的产品来满足用户的不同使用要求，最大程度地发挥钢材产品的性能潜力，这种技术的优点是显而易见的。

参 考 文 献

[1] 周世春，丁建华，陈超. 全球化市场背景下我国钢铁企业生产模式的探讨[J]，冶金经济与管理，2004，(1)：20－23.

[2] 王占学. 塑性加工金属学[M]. 北京：冶金工业出版社，2006.

[3] 王国栋，刘相华，李伟娟，等. 超级Super－SS400钢的工业轧制实验[J]. 钢铁，2001，36(5)：39－43.

中国知网 https://www.cnki.net