低成本420 MPa级酸洗高强汽车结构用钢的开发*

徐 龙, 刘德勤, 宿 成, 张智刚, 贾国良

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了酸洗高强汽车结构用钢QStE420TM的低成本工业生产方案, 通过重新设计化学成分、在冶炼过程中加入价格较低的钛铁合金代替一部分价格较高的铌铁合金, 对轧制工艺进行优化, 保证产品性能满足标准要求的同时达到节约合金成本的目的, 为其他系列产品降低合金成本提供了思路。

关键词: 微合金化; 高强汽车钢; 低成本化; 机械性能

中图分类号: TG335.5^{+5}; U465.1 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2021)05-0041-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.05.011

Development of Low-cost 420 MPa Grade Pickling High Strength Automobile Structural Steel

Xu Long, Liu De-qin, Su Cheng, Zhang Zhi-gang, Jia Guo-liang

(*Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this article, the low cost industrial production plan of pickling high strength automobile structural steel QStE420TM is introduced. The product performances are guaranteed to meet the standard requirements as well as the goal of saving alloy cost is achieved by redesigning the chemical composition, adding the ferro-titanium with lower price to replace part of the ferro-niobium with higher price in the smelting process as well as optimizing the rolling process, which provide the ideas for reducing alloy costs of other series of products.

Key words: microalloying; high strength automobile steel; low cost; mechanical properties

受"新冠"疫情影响, 2020年一季度国内钢材市场价格低迷, 各大钢企产量受到严重制约, 纷纷打出"降本增效"组合拳, 从采购、生产、研发等多层面系统性降低生产成本。包钢稀土钢板材公司作为西部地区最大汽车钢生产基地, 深挖潜力, 积极从多维度开展低成本化生产, 进而提高产品盈利能力。本文重点介绍从产品研发角度出发, 通过优化化学成分及热轧生产工艺, 成功开发出420 MPa级低成本酸洗高强汽车结构用钢。

1 技术条件与生产工艺流程

1.1 技术条件

由于酸洗QStE420TM具有较高强度、良好的成型性能和优良的表面质量, 被广泛应用于汽车底盘

* **收稿日期**: 2021-08-17

作者简介: 徐 龙(1988-), 内蒙古包头市人, 硕士, 工程师, 现从事汽车钢新产品开发及相关技术工作。

中国知网 https://www.cnki.net

及座椅结构部件。特别是近年来随着汽车轻量化技术的发展,高强钢在汽车领域的应用范畴逐渐增加。

根据相关标准和使用行业要求[1],QStE420TM酸洗钢带的成分要求见表1,力学性能要求见表2。

表1 QStE420TM化学成分要求(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti
≤0.12	≤0.05	≤1.50	≤0.030	≤0.025	≤0.09	≤0.15

表2 QStE420TM力学性能要求

上屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率* A/%		180°弯曲试验弯心直径
		厚度<3.0 mm	厚度≥3.0 mm	
≥420	480~620	≥16	≥21	d = 0.5a

注:L_0 = 80 mm,b = 20 mm,$L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$

1.2 生产工艺流程

根据产品特殊性能及行业使用要求,结合包钢稀土钢板材公司产线装备特点,酸洗汽车结构用QStE420TM钢带的生产工艺流程为:KR脱硫→转炉冶炼→LF精炼→板坯连铸→加热炉→高压水除鳞→定宽压力机→粗轧机→精轧机→层流冷却→卷取→运输→酸洗→漂洗→卷取→包装→发货。

2 试验方案

2.1 成分设计

低成本QStE420TM的成分设计思路为“降Nb加Ti”,采用更经济的钛铁合金替代一部分铌铁合金,在实现降低成本的同时既能保证产品的性能要求,也可以改善由加Nb微合金化细晶强化引起的屈强比升高现象[2],具体方案见表3。

表3 成分设计方案(质量分数) %

方案	C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti
原成分设计	<0.08	≤0.05	≤1.00	≤0.020	≤0.015	0.020~0.050	
方案一	<0.08	≤0.05	≤1.00	≤0.020	≤0.015	0.005~0.035	0.020~0.050
方案二	<0.08	≤0.05	≤1.00	≤0.020	≤0.015	0.010~0.040	0.010~0.040
方案三	<0.08	≤0.05	≤1.00	≤0.020	≤0.015	0.015~0.045	0.010~0.040

2.2 热轧工艺设计

相关理论文献指出,Nb、Ti微合金钢在加热到1 240 ℃时,Nb与Ti达到最大程度的固溶[2]。再结合产品成分设计及性能要求,热轧层流冷却段采用前分散冷却模式,带钢快速冷却,在卷取过程中确保第二相析出,细化铁素体晶粒,充分发挥复合强化作用。基于以上理论基础,对热轧工艺按规格组距进行了优化,具体方案见表4。

表4 热轧温度及冷却模式控制

产品厚度/mm	加热温度/℃	终轧温度/℃	卷取温度/℃	冷却模式
2.0~3.0	1 200~1 280	850~950	550~650	前分散
3.0~5.0	1 180~1 260	840~940	530~630	前分散
5.0~8.0	1 180~1 260	830~930	520~620	前分散

2.3 酸洗工艺控制

酸洗工序的主要目的是通过去除热轧带钢表面氧化铁皮保证良好的表面质量,控制卷重以及成品宽度,关键工艺控制点包括拉矫机延伸率、酸液温度、酸液浓度、切边质量、涂油量等。

3 试验结果与分析

3.1 力学性能

按照3种成分设计方案各完成一炉全工序生产,生产规格为2.0~6.0 mm,酸洗后取带钢中部试

中国知网 https://www.cnki.net

样进行力学性能检验。性能结果及分布情况见表 5、图 1、图 2、图 3。从图表中数据可以看出，各试制方案对应产品力学性能均满足标准要求，达到了多种强化机制结合的预期性能水平。方案一成分设计产品强度富余量较大，但相同成分下生产的薄规格产品与厚规格产品性能偏差较大，主要是由于 Ti 含量较高的钢种对化学成分和工艺参数非常敏感，同时 Ti 作为易氧化元素控制难度较大，因此含 Ti 钢性能波动大。

表 5　不同成分方案对应产品力学性能

方案	规格/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
标准要求		≥420	480 ~ 620	≥21
方案一	2.5 ~ 6.0	464 ~ 550	548 ~ 600	21.0 ~ 31.0
方案二	2.5 ~ 6.0	427 ~ 453	529 ~ 555	29.5 ~ 31.0
方案三	2.0 ~ 6.0	459 ~ 476	550 ~ 577	21.0 ~ 30.0

方案二成分设计产品强度富余量较小，部分产品屈服强度贴近标准要求下限，一方面对于该级别产品来说强化元素略有不足，另一方面还是受到 Ti 元素强化不稳定影响，个别薄规格产品强度低于厚规格产品。方案三成分设计产品强度富余量适中，规格从薄到厚强度呈降低趋势，符合客观规律，各项指标均达到了预期设计效果。

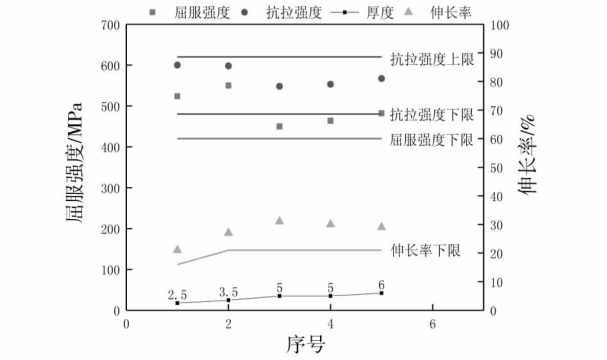


图 1　方案一产品性能分布

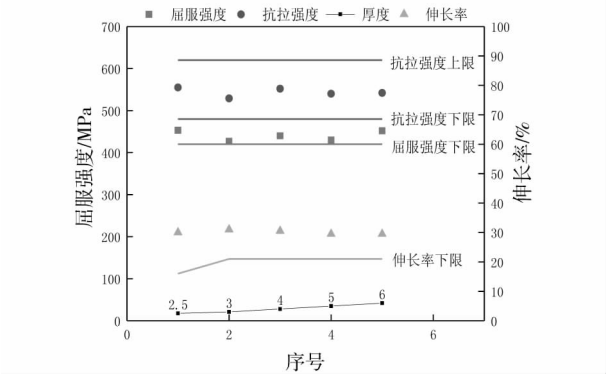


图 2　方案二产品性能分布图

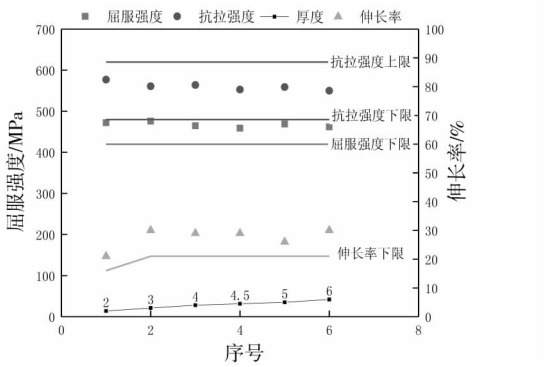


图 3　方案三产品性能分布

3.2　金相组织

图 4 为 QStE420TM 不同成分系金相组织。金相组织显示，QStE420TM 的组织为铁素体 + 少量珠光体，组织晶粒度评级在 11 ~ 12 级，组织均匀细小。低成本成分设计较原成分设计的晶粒度尺寸未见明显粗化，原因是钢中仍保留一定量的 Nb，同时 Nb、Ti 复合添加，有利于 Nb 在奥氏体中的固溶，从而更好的发挥 Nb 对奥氏体晶粒的细化作用[3]。

3.3　产品应用

图 5 为使用 QStE420TM 加工的汽车座椅零件，目前包钢稀土钢板材公司生产的 Nb - Ti 成分 QStE420TM 主要供华东地区汽车配套企业用于制作底盘及座椅零部件，年节约成本 80 万元以上。在实现低成本化生产同时保证了产品性能的的稳定，表面质量良好，受到用户好评。

中国知网　https://www.cnki.net

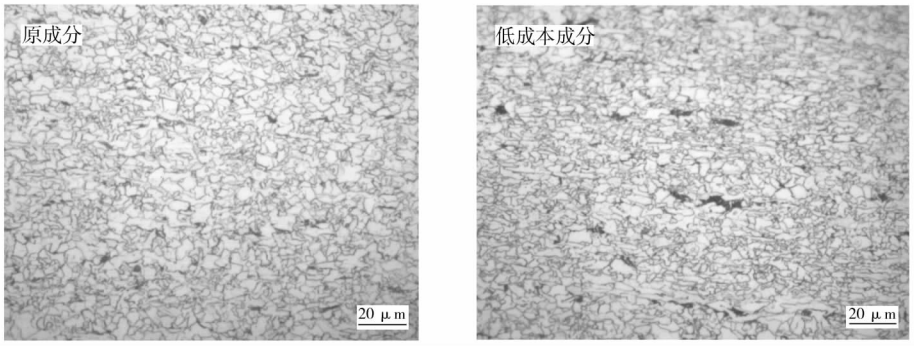


图4 QStE420TM不同成分金相组织



图5 汽车座椅零件

4 结论

(1) 采用添加Nb、Ti复合强化替代纯Nb强化的成分设计,也可以获得较细小的组织晶粒度和稳定的产品性能,用户使用效果良好。

(2) 包钢稀土钢板材公司低成本QStE420TM的成功开发,每年可节约成本80万元以上,为酸洗低合金高强钢系列其他级别产品,提供了降低合金成本思路。

参 考 文 献

[1] Q/BG 560—2021,汽车结构用热连轧钢带和钢板[S].

[2] 李晓林,肖宝亮,崔阳,等. Nb、Ti微合金钢中碳氮化物固溶与再析出的研究[J]. 材料研究,2017,31(1):105-111.

[3] 王旭生,詹恒科,陈宇. 低成本S500MC热轧卷板的研制[J]. 金属世界,2014,(6):71-73.

中国知网 https://www.cnki.net