BT610L 汽车大梁钢的研制*

阮 飞[1,2], 丁 国[1], 张秀飞[3]

(1. 内蒙古科技大学冶金材料学院, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司销售分公司, 内蒙古 包头 014010;
3. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章结合包钢的工艺技术以及2 250 mm热轧生产线的装备条件, 重点研究600 MPa级高强轻量化汽车大梁钢。通过实验室研究、工业化试制和工艺优化, 以低C、Nb、Ti合金化设计, 成功研制出细晶粒、强韧性、成型性能优良的BT610L大梁钢。

关键词: 高强度; 轧制工艺; 合金化设计; 组织性能
中图分类号: TG335.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)01-0029-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.01.008

Development of BT610L Automobile Beam Steel

Ruan Fei[1,2], *Ding Guo*[1], *Zhang Xiu-fei*[3]

(1. *School of Materials and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Sales Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
3. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the 600 MPa high-strength lightweight automobile beam steel is mainly studied combining with the technology and equipment conditions for 2 250 mm hot rolling production line of Baotou Steel. The BT610L beam steel with fine grain, good strength and toughness and formability was successfully developed with the alloying design of low C, Nb and Ti through laboratory research, industrialized trial production and process optimization.

Key words: high strength; rolling process; alloying design; microstructure and properties

随着汽车结构减重和安全性要求的增加, 抗拉强度为600 MPa级以上的大梁钢已经开发成功并应用于某些重型汽车底盘各种梁的制造[1]。这种强度级别的大梁钢一般采用两种技术路线。一是低碳贝氏体路线, 在化学成分上采用低碳高锰复合微合金化; 一是铁素体-珠光体路线, 在化学成分上采用适当的碳锰含量, Nb、V、Ti微合金化, 利用控轧控冷细化晶粒[2]。2 250 mm热轧生产线为常规热连轧生产线, 与CSP生产线生产工艺有所差异, 坯厚、加热能力、轧机能力、钢带宽度控制灵活性大大提高。

* 收稿日期: 2019-11-29
作者简介: 阮 飞(1986-), 男, 山东省济宁市人, 助理工程师, 现从事钢材销售工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本文结合2 250 mm生产线开展汽车大梁用钢610L的技术开发，在实验室研究的基础上，开展工业试制与用户试用。

1 汽车大梁钢BT610L中试试验

1.1 化学成分

采用25 kg中频感应炉炼制BT610L小炉试验钢，试验钢的化学成分控制目标见表1，实验室冶炼成分中Mn成分偏高，根据Mn对强度贡献换算，若降低Mn含量到目标设计值，强度约降低20 MPa。

表1 化学成分(质量分数) %

项目	C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti
目标	0.08	0.10	1.50	0.015	0.006	0.060	0.040
实测	0.07	0.25	1.70	0.018	0.004	0.067	0.038

1.2 轧制工艺

实验室轧制利用热轧实验机组，工艺共进行15道次变形，坯厚200 mm，开轧温度1 180 ℃，轧制8道次至1 030 ℃待温，中间坯厚度33 mm，940 ℃开始轧制7道次，终轧温度控制在840 ℃，轧制钢板厚度6.0 mm。采取前集中冷却模式，进行两种不同的冷却工艺，卷取温度分别控制在570 ℃和670 ℃。

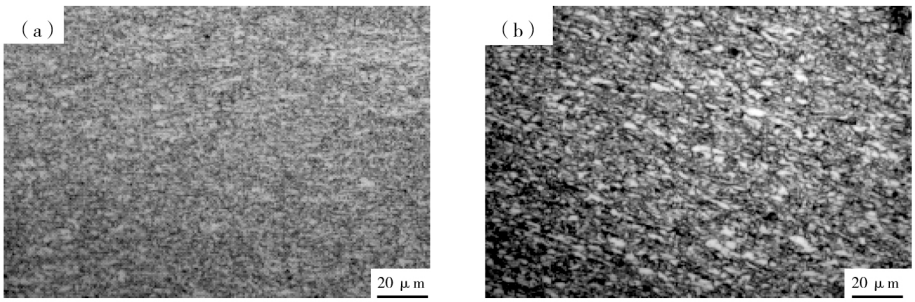
1.3 性能和组织

从数据情况来看，随着温度的升高，强度略有降低，见表2。

表2 BT610L试验钢力学性能要求

卷取温度/℃	R_{eL}/MPa	R_m/MPa	A/%	R_{eL}/R_m
570	585	689	25.0	0.84
	626	677	23.0	0.92
670	552	671	21.0	0.82
	567	650	27.0	0.83

如图1所示，卷取温度570 ℃时，钢板组织主要为铁素体加珠光体，晶粒度约12.5级。卷取温度670 ℃时，钢板组织主要为铁素体、珠光体加贝氏体，晶粒度约12级。



(a)卷取温度570 ℃ (b)卷取温度670 ℃

图1 显微组织

2 汽车大梁钢BT610L工业试制

2.1 技术要求

BT610L化学成分和力学性能的要求分别见表3、表4。化学成分设计的基础是要满足力学性能要求，BT610L选择铁素体+珠光体组织设计，采用低碳、低硫、低磷化学成分，添加微合金元素铌和钛，强化机制以细晶强化为主，另外伴随着析出强化和位错强化，从而获得高强度、高韧性和稳定的冷成形性等优良的综合性能[3]。

表3 BT610L化学成分(质量分数) %

牌号	C	Si	Mn	P	S	Al_t
BT610L	≤0.15	≤0.50	≤1.60	≤0.030	≤0.025	≥0.010

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

试制 BT610L 采用低含量的碳、锰、硅加铌、钛微合金元素。Ti 元素和 N 元素在液态钢水中会部分结合而析出，为下一步 NbC 的析出提供了形核质点，这样能够有效阻止奥氏体晶粒长大，可以使 NbC 的析出更加弥散，提供更多的形核点来促进铁素体的相变，从而更加细化晶粒，提高强度并且获得良好延伸率[4]。

表 4　BT610L 力学性能

BT610L	拉伸试验			180°弯曲试验
	下屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%	
标准	≥500	600～760	≥18	2.0a

2.2　工艺流程

铁水—铁水预处理—转炉顶底复吹冶炼—LF 炉外精炼—板坯连铸—堆冷。

板坯加热—高压水除鳞—定宽压力机—E1R1 粗轧机轧制—E2R2 粗轧机轧制—(保温罩)—飞剪—高压水除鳞—F1－F7 精轧机轧制—加密型层流冷却—卷取—托盘运输系统—取样、检验。

2.3　性能与组织

表 5 为两卷试制产品力学性能，屈服强度为 564 MPa、595 MPa，抗拉强度 646 MPa、660 MPa，延伸率为 23.5%、24%，性能全部满足质量计划要求，且强度余量较大。

表 5　两卷试制产品力学性能

卷号	屈服强度/ MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%
148102792	564	646	23.5
148102791	595	660	24.0
质量计划	≥500	600～670	≥18

注：拉伸试样为横向取样。

轧制分为两个阶段进行，第一阶段为再结晶奥氏体区域轧制。在高温轧制后快速进行再结晶，在此阶段经过反复变形和再结晶，奥氏体晶粒得到细化；第二阶段是未再结晶奥氏体区域轧制。轧制温度降低，奥氏体再结晶将被抑制，此阶段经过轧制，随着压下量的增加，奥氏体晶粒伸长，晶粒产生大量形变带。

BT610L 的显微组织为铁素体＋珠光体＋少量贝氏体，厚规格的钢板精轧累计压下量相对较小，因而晶粒相对较大。为使厚规格的钢卷获得更细的晶粒，确定其终轧温度为相变临界点 860 ℃，此时，碳、锰容易聚集在奥氏体稳定区，产生贫碳、锰奥氏体带，也就是奥氏体不稳定带容易首先转化为铁素体，奥氏体稳定带(富碳、锰奥氏体区)容易生成珠光体，带状组织会更加明显。见图 2。

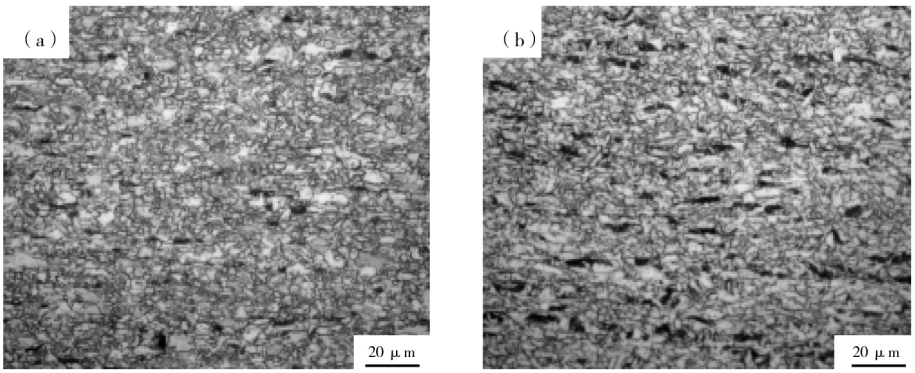


图 2　BT610L 显微组织

对工业生产的 BT610L 抽样进行了更为严格的冷弯检验，d＝0 的 180°宽冷弯和双冷弯试验结果均未发现开裂现象，表明 BT610L 的冷弯性能优异，完全能满足用户 90°直角折弯不开裂的要求。BT610L

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

双冷弯与宽冷弯结果见图3。

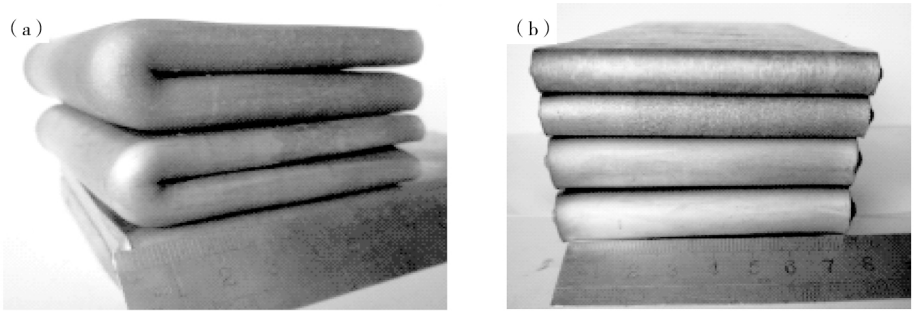


图3 BT610L双冷弯

3 产品应用

汽车大梁钢BT610L主要应用于载重卡车横梁、纵梁的制造，主要用户有日照兴业汽车配件公司、十堰十金汽车部件有限公司、东风汽车。大梁的典型应用见图4。

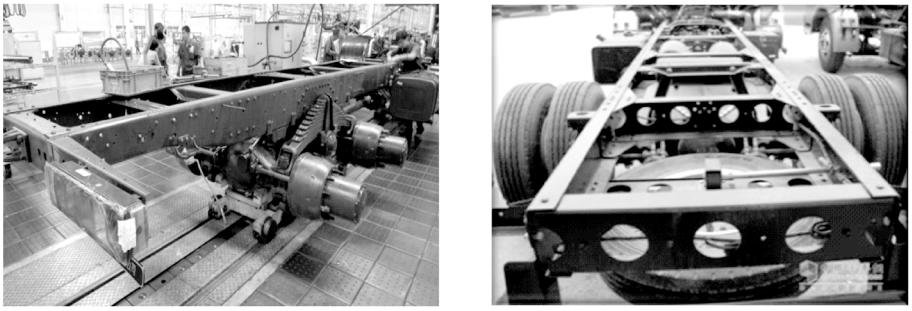


图4 产品应用图片

4 结论

(1) 采用Nb－Ti系进行中试试验的汽车大梁钢BT610L，力学性能均符合要求。从显微组织可以看出，晶粒较为细化，组织较为均匀。

(2) BT610L工业试制过程中，化学成分、铸坯质量符合要求，冶炼工艺、加热工艺、轧制工艺、冷却工艺均能保持顺行且达到工艺设计要求。试制钢带力学性能满足要求，具备优良的成形性能和冲击性能。

参 考 文 献

[1] 樊立华. 高强度汽车大梁钢在商用车轻量化方面的应用[J]. 金属世界，2010，(12)：99.

[2] 张中平. 高强汽车大梁钢微观组织控制与TMCP工艺开发[D]. 沈阳：东北大学，2007.

[3] 于燕，刘相华，王华，等. 汽车用高强度钢板强化机理研究[J]. 汽车工艺与材料，2006，(07)：14－16.

[4] 卢军辉，王晓春，张慧，等. Nb－Ti微合金化610 MPa级汽车大梁钢板工艺研究[J]. 炼钢，2011，27(4)：61－64.

[5] 张继魁，辛莹，张曼曼，等. 汽车大梁用低合金高强度钢板的性能与发展[J]. 汽车工艺与材料，2004，(6)：42－46.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net