高强度汽车大梁钢800L组织和性能研究*

白海瑞[1],刘智光[2],张秀飞[3],黄 利[1]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010;
2. 包头钢铁(集团)有限责任公司纪委,内蒙古 包头 014010;
3. 内蒙古包钢金属制造有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 采用低碳、铌钒钛微合金化成分设计及控轧控冷工艺在实验室进行了汽车大梁钢800L研制,研究了化学成分、加热保温温度和轧制及冷却工艺,进行了力学性能测试和显微组织分析。结果表明,试制的800L经1 250 ℃保温后进行两阶段轧制,设定终轧温度860 ℃,轧后进行层流冷却,终冷温度600 ℃,得到力学性能优良的800L汽车大梁钢,其屈服强度、抗拉强度、断后伸长率分别为753 MPa、845 MPa、18.5%,180°弯曲试验合格。

关键词: 高强度; 大梁钢; 组织; 力学性能
中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)02-0049-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.02.013

Study on Microstructure and Properties of High Strength Beam Steel 800L

Bai Hai-rui[1], *Liu Zhi-guang*[2], *Zhang Xiu-fei*[3], *Huang Li*[1]

(1. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Discipline Inspection Commission of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
3. *Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The development of beam steel 800L with the composition design of low carbon, microalloying of niobium, vanadium and titanium as well as controlled rolling and cooling process is carried out in the lab. Moreover, the chemical composition, heating and holding temperatures, rolling and cooling technologies are studied as well as the mechanical properties are tested and microstructure is analyzed. The results showed that the trial-produced 800L steel was with two-stage rolling after held at 1 250 ℃ and finishing temperature was set at 860 ℃, laminar cooling was carried out after rolling and finish cooling temperature was 600 ℃ so that the beam steel 800L with good mechanical properties was obtained as well as its yield strength, tensile strength and percentage elongation after fracture were 753 MPa, 845 MPa and 18.5% respectively as well as the 180° bending test was qualified.

Key words: high strength; beam steel; microstructure; mechanical properties

---

* **收稿日期:** 2020-10-19
作者简介: 白海瑞(1986-),男,内蒙古土默特左旗人,硕士,工程师,现从事板带材产品研发工作。

中国已稳居全球第一大汽车生产国和最大新车销售市场，但我国汽车的千人拥有量还很低，车市的刚性需求依然存在，汽车产销量的扩大带动了汽车零部件行业和用钢量的快速增长。汽车底盘是汽车最重要的结构件，汽车底盘上纵梁、横梁、悬置梁、前后桥等零件一般都采用大梁钢来制造。由于汽车在行驶过程中受到各种冲击、扭转等复杂应力的作用，而且超载现象屡禁不止，作为汽车的“脊梁”，车架的服役条件相当苛刻，因此对制造材料的要求十分严格。这种制造材料不仅需要很高的强度，而且还要求有良好的塑性、韧性和冷弯成形性。同时随着汽车轻量化的不断推行，更高强度级别的大梁钢成为“新宠”，属于典型高附加值产品，具有良好的市场前景。本文将以低碳、铌钒钛微合金化的成分设计及控轧控冷工艺在实验室进行汽车大梁钢800L（以下简称800L）的研制，为工业化生产提供数据支持。

1 试验材料与方法

1.1 化学成分设计

在25 kg真空感应炉中进行试验钢冶炼，采用低碳、铌钒钛微合金化成分体系，化学成分见表1。碳是最基本的化学元素，对于钢板的强度起决定性作用，但碳含量不易过高，为了获得良好的冷弯性能和焊接性能，碳的质量分数控制在0.10%以下[1]；硅元素可以起到固溶强化的效果，但硅元素含量过高易导致钢板表面质量恶化，一般控制在0.10%～0.20%之间；锰元素可扩大奥氏体相区，降低过冷奥氏体相的转变温度，有利于相变组织的细化，同时锰元素是有效固溶强化元素，但锰元素含量过高会使钢板芯部形成带状组织，恶化钢材的性能，钢板的锰含量控制在不大于2.0%；铌是一种较强的细化晶粒元素，适量的铌加入钢中既能提高产品的强度，又能保证产品的韧性，同时适量的铌元素可以推迟奥氏体再结晶，提高再结晶温度，减小轧机负荷，节约能源[2]，铌含量控制在不大于0.06%；钛是一种相对铌较为廉价的合金元素，在钢中加入钛，主要是利用Ti与C、N很好的亲和性，形成TiC、TiN以去除基体中的C、N间隙原子，从而改善钢的塑性或韧性。同时，钛也会产生沉淀强化作用，而且随着钛含量增加，沉淀强化的效果增加；同时在焊接过程中抑制晶粒粗大，改善焊接性能，钛元素含量控制在不大于0.10%；钒的强化机理是一方面由于钒的碳氮化物的沉淀强化作用，即这些超显微的沉淀析出物，阻碍了变形时位错的滑移，增加了晶粒内位错的摩擦阻力，从而起到了强化的效果，另一方面是由于它的沉淀析出阻滞了奥氏体晶粒的再结晶，同时也起到了作为铁素体晶核的作用，提高了铁素体的形核率，从而细化铁素体晶粒，对钢塑性和韧性的提高有利[3]。对于高强度汽车大梁钢800L来讲，控制钢水的洁净度十分重要，S、P含量必须严格控制，改善钢材的冷弯性能和低温冲击性能。

表1 800L化学成分（质量分数） %

C	Si	Mn	P	S	Al_t	Nb	Ti	V
≤0.10	0.10～0.20	≤2.0	≤0.015	≤0.005	0.020～0.050	≤0.06	≤0.10	≤0.05

1.2 加热、轧制及冷却工艺

板坯加热温度影响钢中Nb、Ti、V微合金元素的固溶程度和奥氏体晶粒的大小，从而影响变形过程中奥氏体再结晶的状态、变形后奥氏体晶粒尺寸、碳氮化物的析出状态和数量。因此，板坯在加热过程中要避免奥氏体晶粒过分长大，还要保证钢中Nb、Ti、V合金元素化合物充分固溶，并且过高的加热温度还会造成氧化铁皮生成，800L的加热温度设定范围是1 230～1 270 ℃。

轧制分为两个阶段进行，第一阶段为奥氏体再结晶区域轧制，奥氏体在高温轧制后进行再结晶，通过此阶段的反复变形和再结晶，奥氏体晶粒得到细化；第二阶段是奥氏体未再结晶区域轧制，轧制温度降低，奥氏体再结晶将被抑制，随着累计压下量的增加，奥氏体晶粒伸长，晶粒产生大量形变带。A→F相变时，在A晶界和形变带上优先产生F晶核，使F的形核点增多，致使F晶粒进一步细化。

精轧开轧温度是以保证终轧温度为依据设定，终轧温度和终冷温度是热轧带钢控制轧制和控制冷却的主要参数。800L精轧开轧温度设定为1 030～1 070 ℃，精轧终轧温度范围为840～880 ℃，冷却模式为层流冷却，终冷温度范围为580～620 ℃。实验

室研制 800L 主要的加热、轧制及冷却工艺参数见表 2，该工艺容易实现，且控制稳定，对工业化生产具有重大的指导意义。

表 2　主要加热、轧制及冷却工艺参数

钢锭厚度/mm	出炉温度/℃	在炉时间/min	终轧温度/℃	冷却方式	终冷温度/℃
130	1 250 ± 20	180 ~ 240	860 ± 20	层流冷却	600 ± 20

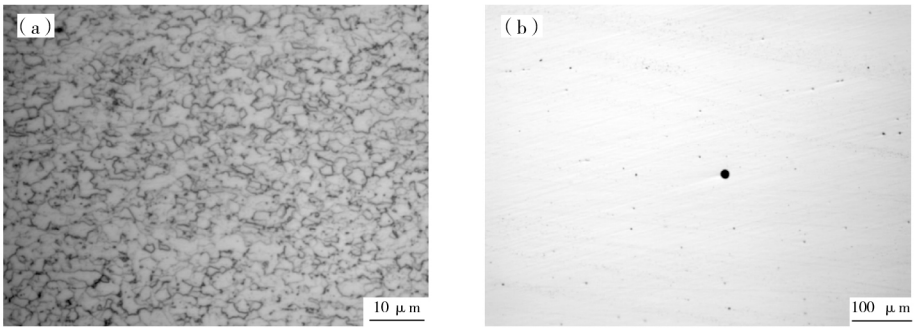
1.3　组织性能检测

将轧后层流冷却的 800L 制成标准拉伸试样（开肩）和弯曲试样，在 MTS810 试验机上进行力学性能测试。同时在钢板上切取金相试样，经 4% 的硝酸酒精溶液腐蚀后，在光学显微镜下观察试样的非金属夹杂物和金相组织。

2　试验结果与分析

2.1　显微组织

对实验室研制的 800L 显微组织进行观察，如图 1（a）所示，其组织为细晶铁素体 + 珠光体（少量） + 贝氏体 + 析出物，晶粒细小均匀，晶粒度按 GB/T 6394—2017 标准评级[4]，晶粒度为 13 ~ 14 级；夹杂物照片见图 1（b），可见钢内基本消除了长条形夹杂，仅含有少量危害性较小的球形夹杂物。夹杂物主要为 Ds 类（单颗粒球状类），按 GB/T 10561—2005 标准评级[5]，可评为 1.0 级。



（a）金相组织　　（b）夹杂物

图 1　显微组织和夹杂物

2.2　力学性能

对实验室研制的 800L 力学性能检测（横向取样），结果见表 3。由表 3 可知：屈服强度为 753 MPa，抗拉强度为 845 MPa，延伸率为 18.5%。180°弯曲试验（横向取样）要求 D = 2a（D 为弯心直径，a 为试样厚度），经检测试样弯曲处无开裂现象，冷弯性能合格，冷弯试样照片如图 2 所示。可见，800L 强韧性匹配良好，力学性能和冷弯性能均满足国家标准 GB/T 3273—2015[6] 的要求。

表 3　800L 力学性能

指标	R_{eL}/ MPa	R_m/ MPa	A/%	180 ℃冷弯试验（D = 2a）
800L	753	845	18.5	合格
GB/T 3273—2015[6]	≥700	800 ~ 1 000	≥12	拉伸面不得出现任何裂纹、裂缝和断裂

（下转第 84 页）

实现了远程一键抓放料的全流程智慧吊运工艺，协同效应明显，生产效率稳步提升。本项目在抓斗吊车上采用先通过激光扫描仪获取料堆轮廓点云数据，再基于点云数据计算利用智能边缘控制器计算最佳抓取点，人工智能化的取料策略来解决无人抓斗吊车易空抓、易斜抓的难题，有效提高干煤棚吊车作业效率及连续运行稳定率，大大降低岗位人员的劳动强度，同时，吊车司机远离高粉尘防爆区域，从本质上保证了职工的职业健康，避免了设备、人员的安全隐患，项目不仅解决了多年制约高炉生产的效率问题，还解决了防爆区域职工职业健康及安全生产问题，避免了环境伤害及危险因素，效果明显，意义重大，属国内首例实现高粉尘浓度下多台套大型散料生产用抓斗吊车协同调度作业的智能无人化控制系统，具有很大的实用价值及大范围推广价值。

参 考 文 献

[1] 檀润华. TRIZ 及应用：技术创新过程与方法[M]. 北京：高等教育出版社，2014.

[2] 许景波. 高斯滤波器逼近理论与应用研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，2007.

[3] 莫晓琴. 基于最小二乘法的线性与非线性拟合[J]. 无线互联科技，2019，(4)：128－129.

[4] 张珍铭. 基于 Delaunuay 三角化的三维散乱点云曲面重塑算法研究[D]. 南京：南京航空航天大学，2016.

[5] 倪俊. 长撑杆双颚板散货抓斗挖掘过程计算机模拟[J]. 上海海运学院学报，1994，(15)：7－13.

[6] 吴天昌. 四绳抓斗抓取过程仿真[J]. 起重运输机械，1996，(9)：9－11.

(上接第51页)

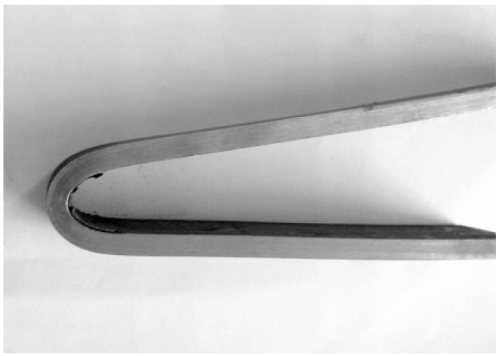


图2 冷弯照片

3 结束语

采用低碳、铌钒钛微合金化成分设计，合理的控轧控冷工艺，在实验室成功研制出高强度汽车大梁钢800L，该试验钢强韧性匹配良好，力学性能和弯曲性能均满足国家标准 GB/T 3273—2015[6] 要求，为800L工业化试制生产提供技术支持。

参 考 文 献

[1] 赵培林，路峰，王建景. 700 MPa 级超高强度汽车大梁用钢研究与开发[J]. 轧钢，2011，28(2)：12－16.

[2] 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.

[3] 韩斌，时晓光，董毅. 超高强汽车大梁钢 700L 的开发研制[J]. 鞍钢技术，2012，(5)：10－13.

[4] GB/T 6394—2017，金属平均晶粒度测定方法[S].

[5] GB/T 10561—2005，钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检测法[S].

[6] GB/T 3273—2015，汽车大梁用热轧钢板和钢带[S].