屈服强度355 MPa级热轧汽车桥壳用卷板开发*

郭冬青,张秀飞,刘德勤

(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: 文章采用中碳、高硅的成分设计及控轧控冷工艺在包钢2 250 mm热连轧生产线已成功开发出屈服强度355 MPa级热轧汽车桥壳用卷板,该钢强韧性匹配良好,具有良好的冷弯性能,能够满足汽车桥壳生产厂家的使用,实现了包钢桥壳用卷板产品的小批量生产和供货,为后续更高强度级别钢种的开发奠定基础。

关键词: 热轧卷板;晶粒细化;力学性能;冲击韧性

中图分类号: TG335.11 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)02-0042-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.013

Development of Coil Plate for Hot Rolling Automobile Axle Housing with Yield Strength of 355 MPa

Guo Dong-qing, Zhang Xiu-fei, Liu De-qin

(*Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is introduced the coil plate for hot rolling automobile axle housing with yield strength of 355 MPa has been developed with the component design of medium carbon and high silicon, controlled rolling and controlled cooling process as well as 2 250 mm hot continuous rolling production line of Baotou Steel. It is with good matching of strength and toughness as well as cold bending property to satisfy the use of manufacturers for automobile axle housing so that the small batch production and supply of coil plate products for automobile axle housing by Baotou Steel are realized, which lay the foundation for the subsequent development of steel grades with higher strength levels.

Key words: hot rolled coil plate; grain refinement; mechanical properties; impact toughness

随着运输消费水平的提高与市场对中重型车产品需求向多层次、多品种方向发展。根据市场需求预测,未来市场对中重型载货车的需求稳步上升,从而带动了热轧汽车用高强钢的需求。随着中、重型卡车车桥制造技术的发展和汽车节能减重的需要,特别是对于支撑车架和后驱动桥,已大量使用热轧钢板制作冲焊桥壳体,取代了制作工艺复杂、生产效率偏低、笨重、成本较高的铸造桥壳体[1-2]。桥壳是汽车行驶系统的主要构件之一,在使用过程是重要的承载部件,壳体冲压成型时要承受很大的弯曲和膨胀塑性变形,冲压成型后的壳体需要经过焊接组合成桥[3]。中、重型卡车市场对包括驱动桥在内的各总成的要求也相应提高,汽车驱动桥壳用钢要求产品有足够的强度、刚度和良好的冷弯及拉延成型性,以及优异的焊接性能。虽然国内各大钢厂开发高强汽车钢板的思路基本相同,但钢种的成分和工艺仍存在一定差别,因此本文将以包钢稀土钢板材厂生产的屈服强度355 MPa级热轧桥壳卷板为例对该级别的热轧高强带钢的成分、工艺,为后续更高强度级别钢种的开发奠定基础。

* 收稿日期:2019-11-13

作者简介:郭冬青(1988-),女,内蒙古乌兰察布市人,硕士,工程师,现从事板带材新产品研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

1　化学成分和生产工艺

屈服强度 355 MPa 级汽车桥壳用卷板的强度是通过 C – Si – Mn 成分设计以及控轧控冷工艺来实现，其生产工艺流程为：铁水预处理→转炉冶炼→LF 精炼→板坯连铸→加热炉→粗轧→精轧→层流冷却→卷取→取样、检验→包装→入库。

1.1　化学成分

为了获得良好的焊接性能和冲压性能，碳质量分数控制在 0.20% 以下，为了满足冷冲压成型后材料强度的要求，考虑降低成本不加入微合金元素，同时与 Q345B 混浇，将 w[C] 控制在 0.16% ~ 0.18%；Mn 具有固溶强化的作用，可以提高钢的强度，扩大奥氏体相区，降低过冷奥氏体的相变温度，有利于细化铁素体晶粒[4]，w[Mn] 控制在 1.45% ~1.60%；从降低成本考虑不加入微合金元素，同时补充强度考虑硅含量略高些；对于汽车桥壳用钢来讲，控制钢水的洁净度十分重要，S、P 含量必须严格控制，改善钢材的冷弯和冲击性能。表 1 列出了 355 MPa 热轧卷板的化学成分。

表 1　355 MPa 热轧卷板化学成分（质量分数）　%

C	Si	Mn	P	S	Al_t
0.16 ~ 0.20	0.35 ~ 0.45	1.45 ~ 1.60	≤0.017	≤0.005	0.020 ~ 0.050

1.2　热轧轧制工艺

热轧采用包钢 2 250 mm 热连生产线进行生产，2 250 mm 机组具有钢板温度、板形、尺寸等自动控制系统。热轧工艺采用了控轧控冷的热机械处理技术，其中包括板坯的加热温度的控制、形变奥氏体再结晶区粗轧阶段的道次压下和道次分配、形变奥氏体非再结晶区精轧阶段道次压下和道次分配、层流冷却的控制和卷板卷取温度的控制。通过合理的成分和工艺进行最终产品的组织控制，以获得具有细晶粒铁素体组织 + 少量珠光体。

根据汽车桥壳用卷板 355 MPa 的性能要求，结合生产线的设备能力和生产条件，主要加热轧制冷却工艺见表 2。终轧温度和卷取温度是热轧带钢控制轧制和控制冷却的主要参数，精轧终轧温度范围为 860 ~882 ℃，层冷模式为前段冷却，卷取温度范围为 586 ~638 ℃，工艺较稳定，为批量生产具有指导意义。

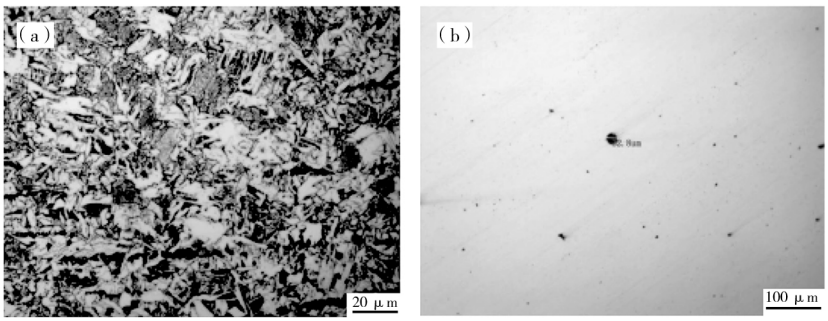
表 2　主要加热轧制冷却工艺

板坯厚度/mm	出炉温度/℃	均热时间/min	在炉时间/min	终轧温度/℃	冷却方式	卷取温度/℃
230	1 160	30 ~ 60	180 ~240	870 ± 15	前段冷却	600 ± 20

2　355 MPa 热轧板组织与性能

2.1　组织分析

对 355 MPa 热轧汽车桥壳用钢热轧板进行组织观察，如图 1（a）所示，其组织以铁素体和珠光体为主，存在轻微带状组织，与中碳成分设计有关，晶粒度按 GB/T 10561 标准评级，晶粒度为 10 ~ 11 级。为了保证优良的疲劳性能，桥壳用钢的冶炼都进行深脱硫、软吹、钙处理等措施，钢质纯净，磷、硫等有害元素的含量控制极低。夹杂物经过变质处理并充分上浮，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，夹杂物照片见图 1（b），钢中非金属夹杂物按 GB/T 10561 标准评级，夹杂物为 Ds 类（单颗粒球状类）2.0 级。



（a）金相组织　　（b）夹杂物

图 1　金相组织和夹杂物

中国知网　https://www.cnki.net

2.2 力学性能分析

对所生产的355 MPa汽车桥壳用钢热轧板在WAW－600C拉伸试验机进行力学性能检测，表3列出了力学性能范围，屈服强度378～423 MPa，抗拉强度553～592 MPa，延伸率25.0%～29.0%，强韧性匹配良好，但延伸率富余量不高与中碳成分设计有关，热轧卷板性能满足标准及用户要求。

表3 355 MPa热轧卷板力学性能控制水平(横向)

指标	R_{el}/MPa	R_m/MPa	A/%
热轧板	378～423	553～592	25.0～29.0
标准要求	≥355	510～630	≥24

2.3 冷弯性能及冲击韧性

弯曲试验规定值适用于横向试样，在板宽1/4处取一个矩形试样，试样宽度30 mm，180°冷弯，d＝a，a为试样厚度，冷弯合格，冷弯试样照片如图2所示，弯曲处试样无开裂现象。

为保证热轧汽车桥壳用钢355 MPa能够在低温环境下服役，沿板宽1/4处取纵向试样，加工成10.0 mm×10.0 mm×5.0 mm的V型缺口半尺寸试样，在NI750冲击试验机进行20 ℃、0 ℃、－20 ℃、－40 ℃、－60 ℃系列冲击试验，系列温度冲击韧性如图3所示，可以看出韧脆转变温度要低于－40 ℃，低温冲击韧性良好。

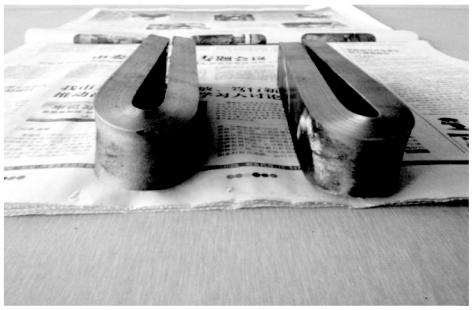


图2 冷弯照片

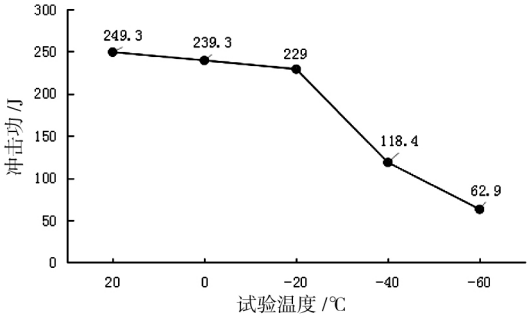


图3 热轧板系列温度冲击韧性

3 355 MPa热轧桥壳卷板用户试用

355 MPa小批量试制后发往用户，质量满足用户要求，前期经疲劳测试后，结果基本满足客户要求，供用户后续具体的工序为：开卷—分条—分切—冲压成型，如图4所示。



(a) 分条 (b) 分切 (c) 冲压成型

图4 分条—分切—冲压成型工艺

4 结束语

采用中碳、高硅成分设计及控轧控冷工艺在包钢2 250 mm热连轧生产线生产的屈服强度355 MPa级热轧汽车桥壳用卷板，其化学成分和轧制工艺设计合理，强韧性匹配良好，具有良好的的冷弯性能及好的耐低温冲击韧性，能够满足汽车桥壳生产厂家

(下转第48页)

中国知网 https://www.cnki.net

由轧态显微组织照片中珠光体组织为等轴状多边形或者是球状，中心贝氏体偏析带较窄，所以其心部组织的冲击韧性肯定差。

在相对较短的时间内，正火对带状组织偏析及其中的硫化物夹杂的整体状况不会有太大的改善。但是还是可以看到在较高温度正火后，贝氏体带中有很多粒状贝氏体转变成铁素体和珠光体组织，使得贝氏体带中不再是完全的粒状贝氏体组织，还有铁素体和珠光体组织。铁素体组织的存在可以很好地改善贝氏体带给轧板冲击性能带来的有害作用。

本次试验过程中，此厚度正火后得到的是铁素体+等轴状的珠光体组织，其冲击韧性很好，并且在不同的正火温度下均表现出稳定的冲击韧性，说明它受正火温度和正火时间的影响较小，由于正火能使贝氏体带中的粒状贝氏体部分转变为铁素体+珠光体组织，从而大大的降低了贝氏体带对冲击韧性的损害，提高了材料的韧性。

4 结论

(1)本次试验中，利用Nb、V、Ti等微合金元素强化铁素体基体，采用控轧控冷可获得屈服强度525 MPa、抗拉强度705 MPa、延伸率23.5%的钢材产品。

(2)采用正火热处理工艺，能使轧制后的试验钢达到DH40船体结构用钢的标准性能，解决了DH40钢板轧制后-20 ℃低温冲击不满足标准的问题。

(3)试验中DH40钢板显微组织中心偏析问题，还需继续探索各阶段工艺，以达到消除带状组织的目标。

参 考 文 献

[1] 高珊，张才毅，章传国. 高强度高韧性TMCP般板的研制[J]. 世界钢铁，2009，(5)：14-17.

[2] 姚海涛. 高强度船板DH40的生产工艺研究[J]. 宽厚板，2006，(3)：27-29.

(上接第44页)

的使用，实现了包钢桥壳卷板产品的批量生产和供货。

参 考 文 献

[1] 刘东升，宋丹，王国栋. 汽车桥壳用热连轧微合金高强钢板的研究[J]. 钢铁，2000，35(2)：41-46.

[2] 宋振官. 60 kg级冲压桥壳钢600QK的生产实践和应用[J]. 宽厚板，2014，20(4)：28-31.

[3] 初元璋，祁鹏，狄丽华. 热轧冲压桥壳用钢板的研制开发[J]. 北京科技大学报，1999，21(4)：342-348.

[4] 孟延军. 轧钢基础知识[M]. 北京：冶金工业出版社，2005.

中国知网 https://www.cnki.net