

低合金高强钢 HC500LA 的生产实践

刘 毅, 刘 野, 宋冉臣

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章阐述了汽车结构用冷轧连退低合金高强钢 HC500LA 的性能特征和强化机理, 得到了包括化学成分、热轧工艺、冷轧工艺、退火工艺的 HC500LA 完整生产工艺方案, 通过生产实践和汽车生产厂家的批量试用, 表明包钢 HC500LA 产品综合机械性能良好, 生产工艺稳定且成熟, 具备批量供货能力。

关键词: 冷轧; 热轧; 低合金高强钢

中图分类号: TG142.33

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)02-0046-03

Production Practices on Low Alloy High Strength Steel HC500LA

Liu Yi, Liu Ye, Song Ran - chen

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

Abstract: In this paper, it is elaborated the performance characteristics and strengthening mechanism of cold rolled continuous annealed low alloy high strength steel HC500LA for automobile structure as well as the whole production process plan including chemical composition, hot rolling, cold rolling and continuous annealing processes. The production practices and batch trial of automobile manufacturer showed that the HC500LA products of Baotou Steel was with good comprehensive mechanical properties as well as stable and mature production process so that it was with batch supply capacity.

Key words: cold rolling; hot rolling; low alloy high strength steel

近年来,为满足当代汽车制造业追求安全、节能、减重的需要,具备生产冷轧高强度钢带能力的国内外钢铁企业均在加块对汽车用冷轧低合金高强钢的研制进度^[1]。在汽车装备制造中,底盘、后备箱地板总成、座椅系统、发动机舱总成及其他较高强度要求的结构件或加强件均需要良好的抗变形能力,即要求较高的屈服强度配合适当的屈强比^[2]。因此为满足汽车制造业对于原材料的需求,包钢开展了汽车用冷轧连退低合金高强钢 HC500LA 的研制工作。

1 产品特点 and 强韧化机理

冷轧低合金高强钢是一种针对汽车结构件和加强件开发的高强钢系列产品,按照强度级别划分产品系列。其特有的强韧化机理为:在低碳铁素体钢种中加入少量 Nb 或 Ti 等强碳化物形成元素,通过恰当的轧制和退火工艺使其形成碳化物或氮化物,并在铁素体基体上沉淀析出,阻碍形变过程中的位错运动,在保留部分韧性的基础上提高钢的强度^[3-4]。该系列产品中常用最高级别牌号为 HC500LA,其力学性能要求如表 1 所示。

表1 HC500LA 的力学性能要求

牌号	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断后延伸率 A_{80} /%
HC500LA	500 ~ 520	560 ~ 700	≥13

2 生产工艺

包钢冷轧低合金高强钢 HC500LA 生产工艺流

表2 包钢生产的 HC500LA 化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Al ₁	Ti + Nb
≤0.10	≤0.15	≤1.60	≤0.020	≤0.005	≥0.020	0.005 ~ 0.150

2.2 热轧工艺

HC500LA 连铸板坯的加热温度设定值为不低于 1 250 °C,一方面较高的加热温度可以在一定程度上改善板坯中的偏析问题,另一方面可以使连铸过程中析出的粗大碳氮化物重新溶解。终轧温度根据热轧卷厚度不同目标值设置为 850 ~ 950 °C。包钢 2 250 mm 热轧生产线配有层流冷却系统,轧后快速冷却,根据厚度不同,卷取温度目标值设置为 500 ~ 700 °C(如图 1 所示),以保证 Nb、Ti 的碳氮化物弥散析出,同时获得细小的铁素体晶粒^[5],为冷轧退火做好准备。

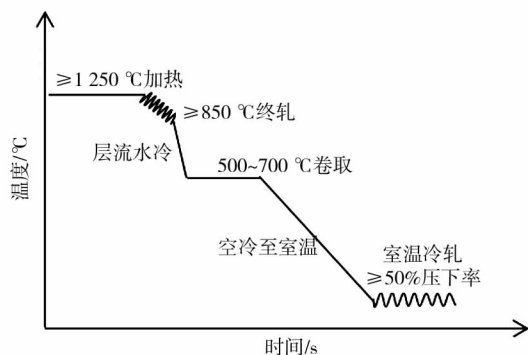


图1 HC500LA 轧制工艺流程

2.3 冷轧工艺

冷轧压下率参数对于产品组织影响如下,压下率越大,冷轧变形过程中金属储能越高,再结晶的驱动力越强,则退火再结晶过程中的形核位置越多,易于获得更加细小的退火组织。考虑到冷轧机组能力并结合包钢自身生产经验,针对不同厚度规格产品

程为炼铁→炼钢→连铸→板坯加热→热轧→冷轧→连续退火。

2.1 化学成分

包钢 HC500LA 化学成分设计基于碳锰钢,通过添加微量强碳化物元素 Nb、Ti 进行合金化。通过冷轧工艺实现细晶强化、沉淀强化和保留少量冷轧工序的形变强化,以多种强化机制复合作用保证材料的强度。包钢 HC500LA 化学成分如表 2 所示。

将 HC500LA 产品冷轧压下率目标值设置为 50% ~ 70%。

2.4 退火工艺

冷轧后产品退火温度段位于再结晶退火区,在消除冷轧加工硬化的同时,保证冷变形后的产品晶粒形态基本转变为等轴晶,充分消除内应力,提高产品加工成形性能,获得较高的综合力学性能^[6]。微合金化元素 Nb、Ti 的加入会影响低合金高强钢退火再结晶温度,针对不同规格产品将退火目标温度设置为不低于 750 °C^[7] 的系列温度(如图 2 所示)。

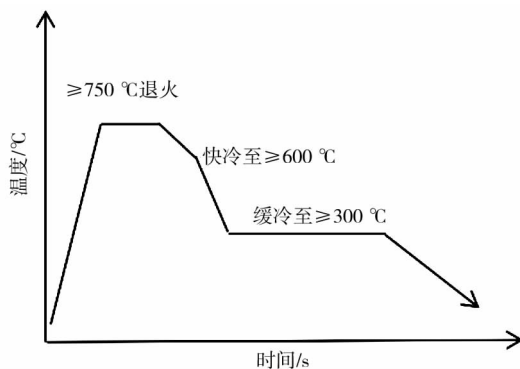


图2 HC500LA 退火工艺流程

3 产品性能和应用情况

3.1 力学性能情况

经试制,包钢 HC500LA 性能符合要求,部分规格产品实际检测力学性能如表 3 所示。

表 3 HC500LA 产品实际力学性能

产品编号	产品厚度 /mm	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断后延伸率 A_{80} /%
技术要求		500 ~ 520	560 ~ 700	≥13
21B107921	1.0	548	622	16.0
21B107952	2.0	551	645	15.5
21B110629	1.6	558	634	15.5
21B107941	1.3	564	645	15.5

3.2 金相组织

对冷轧低合金高强钢 HC500LA 热轧态和退火

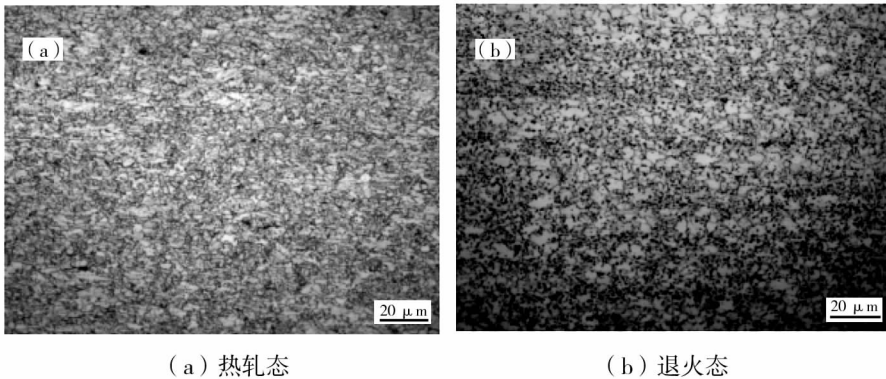


图 3 HC500LA 显微组织

3.3 应用情况

目前包钢汽车用 HC500LA 已在多家主机厂及配套厂进行使用,产品表面质量及力学性能等指标均符合相关技术要求,满足客户使用需求。产品实际用于靠背骨架左/右侧侧边板、靠背骨架中竖梁、卷收器安装支架、地板上横梁(右)、顶盖内侧加强件(右/左)、副驾左/右侧板本体、驾驶座框左/右侧板、中立柱加强件(右/左)、前门防撞横梁前/后支架(左/右)等结构件和加强件,实际供货厚度规格覆盖 1.0 ~ 2.0 mm,宽度规格覆盖 1 000 ~ 1 500 mm。

4 结论

(1)包钢汽车用 HC500LA 通过添加适量微合金化元素 Nb、Ti,利用复合强化机制,通过终轧温度 800 ~ 900 °C、卷取温度 500 ~ 700 °C、冷轧压下率 50 ~ 70%、退火温度不低于 750 °C 等一系列工艺控制,使产品性能满足设计要求。

(2)包钢汽车用 HC500LA 目前已在多家主机厂及配套厂进行使用,产品力学性能等指标均符合相关技术要求,满足客户使用需求。

态产品进行金相组织检验。热轧态产品金相组织为铁素铁 F + 少量珠光体 P + 析出物,晶粒度为 12 级。退火态产品金相组织为铁素铁 F + 析出物,晶粒度为 12 级。在热轧态组织基础上,经冷轧不低于 50% 大压下率的轧制,及后续再结晶退火,产品组织进一步细化,碳化物分布更为弥散,热轧态组织于晶界处析出的三角状珠光体基本消除,综合性能进一步提高,达到更强的强韧性匹配。图 3 为冷轧低合金高强钢 HC500LA 热轧态和退火态显微组织。

参 考 文 献

- [1] 孙玉磊. 汽车用钢市场现状与分析[J]. 山东冶金, 2020, 42(2): 23 - 24, 27.
- [2] 刘清梅, 封娇洁. 汽车轻量化条件下先进高强钢的发展及现状[J]. 轧钢, 2020, 37(4): 65 - 70, 90.
- [3] 马图鸣. 先进汽车用钢[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [4] 雍岐龙. 钢铁材料中的第二相[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006.
- [5] J. K. Patel, B. Wilshire. The Challenge to Produce Consistent Mechanical Properties in Nb - HSLA Strip Steels [J]. Journal of Materials Processing Technology. 2002, 120: 316 - 321.
- [6] 傅作宝. 冷轧薄钢板生产[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005.
- [7] 付威际, 古兵平, 单凯军, 等. 退火温度对 CSP 基板冷轧冲压板再结晶温度和组织的影响[J]. 热加工工艺, 2008, 37(8): 42 - 43.