

降低 ML08Al 低碳冷镦钢盘条热轧强度的工艺优化

石 敏, 祝俊飞, 罗贻正, 余 剑
(方大特钢科技股份有限公司, 江西 南昌 330012)

摘 要:由于 ML08Al 冷镦钢盘条强度偏高,导致用户加工困难,进行了原因分析及试验研究。通过降低碳、硅、锰元素的含量,并提高 RSM 温度和吐丝温度,经少量和批量生产验证,ML08Al 的强度满足了用户的要求。

关键词:ML08Al;冷镦钢;盘条;强度;成分;温度

中图分类号:TG335.11

文献标识码:A

文章编号:1672-1152(2018)06-0021-02

ML08Al 盘条属于 GB/T 6478—2015 中的非热处理型低碳铝镇静冷镦钢。冷镦钢的用户加工工艺一般为:酸洗—磷化—(退火)—拉拔—冷镦—(热处理)—(电镀/发黑)。由于该钢种碳、硅含量极低,塑性非常高,因此具有非常优异的冷镦性能。可以不需要退火直接进行 1/3 以上的冷镦成型,成型后也不需经过热处理来改善强度,一般用于制造 4.8 级以下螺栓、螺帽、音响的 TFe 等强度要求低但变形量大的紧固件。

在该钢种开发前期接到用户反馈,产品的强度偏高,导致拉拔模具损耗大,冷镦成型困难,加工成本高,用户要求 ML08Al 的抗拉强度需不大于 390 MPa。本文针对该问题进行分析研究,并通过试验进行成分和工艺的优化,使产品的强度符合用户要求。

1 现状及原因分析

通过对生产数据的统计分析,ML08Al 抗拉强度基本上都控制在 370~440 MPa 之间,大部分都高出了用户“不大于 390 MPa”的要求。通过进一步的分析发现,强度偏高的规格基本上都集中在 6.5~10.0 mm 规格。因此重点是解决 6.5~10.0 mm 规格的抗拉强度偏高的问题。

对于影响钢材的强度基本原理,目前钢铁行业已经有相关的研究。而对于低碳钢盘条而言,影响其强度的主要因素:

1) 化学成分的影响。通过对低碳钢的化学成分和力学性能建立回归方程分析,碳、硅、锰三种元素

的含量与钢材的力学性能之间均为正影响关系,其中碳含量影响最大,其次是锰和硅元素^[1,2]。而对于 ML08Al 盘条,其本身的化学成分要求就是低碳、低硅,因此碳和硅元素优化空间不大,主要从锰元素上进行优化。

2) 轧制工艺的影响。对于低碳钢线材轧制工艺强化的本质原因有两种:铁素体晶粒太细小或铁素体中的碳元素过饱和;反之,铁素体晶粒变粗大,使铁素体中的碳不饱和就可以降低强度。为得到较粗大的铁素体晶粒,首先需要得到较粗大的奥氏体晶粒,这方面可以通过较高的吐丝温度和缓慢的冷却速度来获得^[3]。铁素体中的过饱和碳主要以两种形式存在,一种是固溶在铁素体中起到固溶强化作用,另一种是从铁素体中析出起到沉淀强化作用^[4]。相比较而言,低碳钢的沉淀强化作用很小,只需要将固溶于铁素体中的过饱和碳沉淀出来即可,这方面可以通过轧后缓慢冷却来实现^[5]。因此轧钢工艺方面的优化方向主要:提高吐丝温度和降低斯太尔摩冷却线的辊道速度延长保温时间,以获粗大的铁素体晶粒和更少的固溶碳。

3) 轧制规格的影响。一般而言,在同样的条件下,规格越小则轧制的压缩比越大,钢材的致密程度越高,晶粒度越细小,并且由于直径小轧后冷却速度会更快,从而导致产品的热轧强度也高。为避免规格的影响,本文均是采用强度最高的 6.5 mm 规格进行试验。

2 试验方法

2.1 化学成分试验

开发前期,考虑到用户对 ML08Al 的强度有一定需求,因此碳、锰、硅元素基本上是按照国标要求的上限进行控制,这是导致产品强度偏高的主要

收稿日期:2018-11-03

第一作者简介:石敏(1987—),男,学士学位,毕业于安徽工业大学,工程师,从事棒线材产品开发。

原因。因此,第一步是针对三种主要的强化元素进行优化,降低碳、硅两个元素的上限,同时将锰元素按国标下限要求进行控制。

根据以上原则,冶炼了 2 炉不同成分的坯料,其中方案 1-1 是原成分坯料,方案 1-2 为新成分坯料,见表 1。为摸索极限条件下的影响,方案 1-1 钢坯主要的碳、硅、锰三个元素,均按所设计的内控成分的上限进行控制。采用相同的原轧制工艺各试验了 10

支钢,为排除取样部位的影响,在盘卷靠近中部的相同位置进行取样,每支钢各取 8 个样品检测力学性能和 1/3 冷顶锻性能,每组方案样品总数为 80 个。经检测,抗拉强度大幅度下降,平均下降了 23 MPa,抗拉强度不大于 390 MPa 样本比例由 33% 提高到 66%,并且经 1/3 冷顶锻检测冷镦性能全部合格,成分优化效果明显,见表 1。

2.2 轧制工艺试验

表 1 ML08AL 两种成分及对抗拉强度的影响

试验方案	$w(C)/\%$	$w(Mn)/\%$	$w(Si)/\%$	$w(Al)/\%$	样本量/个	R_m 平均值/MPa	$R_m \leq 390$ MPa 所占比例 /%	1/3 冷顶锻
方案 1-1(原成分)	0.09	0.58	0.08	0.030	80	406	33	合格
方案 1-2(新成分)	0.08	0.43	0.06	0.030	80	383	66	合格

成分优化后,ML08AL 抗拉强度超 390 MPa 的比例大幅度减少,但仍有部分样品会超出该要求,无法完全满足要求。因此需要在新成分的基础上进一步优化轧制工艺。

通过前面的分析,可采用提高吐丝温度的方法来获得粗大的奥氏体晶粒,通过降低辊道速度延长保温时间的方法来减少固溶碳。需要注意的是吐丝温度不宜提的太高,需要控制氧化铁皮的含量,否则氧化铁皮太厚且不易去除,反而影响表面质量,且增加用户酸洗难度。为了更为直观的了解两种方式对强度的影响,设计了两种新的轧制工艺,采用表 1 中方案 1-2 的坯料进行对比试验,见表 2。方案 2-1 在原工艺的基础上,对进 RSM 温度和吐丝温度进行上调,其中进 RSM 温度上调了 100 °C,吐丝温度上调了 100 °C,其他的工艺不进行变动。方案 2-2 在原工艺的基础上,只对辊道速度进行下调,由“0.30 m/s+ $\Delta 0.2$ m/s”调整为目前可实现的最慢辊道速度“0.20

m/s+ $\Delta 0.1$ m/s”,以最大限度的减缓其轧后冷却速度。

用两种工艺分别轧制 10 支钢进行试验。为排除取样部位的影响,在盘卷靠近中部的相同位置取样,检测力学性能和 1/3 冷顶锻性能,并与采用“新成分+原工艺”的方案 1-2 进行对比。经 1/3 冷顶锻检测,两组的方案的冷镦性能全部合格,冷镦性能上均能满足要求。经力学性能检测,方案 2-1 比方案 1-2 的抗拉强度平均降低了 25 MPa,并且抗拉强度不大于 390 MPa 的比例由 66% 提高到了 100%,全部满足用户的要求,强度降低效果明显;方案 2-2 比方案 1-2 的抗拉强度平均降低了 8 MPa,抗拉强度不大于 390 MPa 的比例只达到了 75%,强度降低的效果不明显,并且该方案由于摩线辊道速度太慢,容易出现摩线卡钢、挂钢等事故,影响生产,因此不宜采用。综合分析,认为方案 2-1 能满足要求,且对生产无太大的影响,属于较优的方案。

3 工艺改进及批量验证

表 2 ML08AL 三种轧制工艺对抗拉强度的影响

试验方案	进 RSM 温度/°C	吐丝温度/°C	辊道速度/(m·s ⁻¹)	样本量/个	R_m 平均值/MPa	$R_m \leq 390$ MPa 比例 /%	1/3 冷顶锻
方案 1-2(原工艺)	850±25	800±25	0.30+ $\Delta 0.2$	80	383	66	合格
方案 2-1(新工艺)	950±25	900±25	0.30+ $\Delta 0.2$	80	358	100	合格
方案 2-2(新工艺)	850±25	800±25	0.20+ $\Delta 0.1$	80	375	75	合格

通过少量试验,新的化学成分和轧制工艺可满足用户的要求,因此针对 ML08AL 的化学成分和轧制工艺进行重新设计。其中碳和硅含量均对上限进行了下调,锰含量由原来的按国标上限控制调整为按国标下限控制,并且提高了进 RSM 温度和吐丝温度,见表 3。

表 3 ML08AL 成分及工艺的优化对比

	$w(C)/\%$	$w(Mn)/\%$	$w(Si)/\%$	进 RSM 温度/°C	吐丝温度/°C	辊道速度/(m·s ⁻¹)
GB/T 6478-2015	0.05~0.10	0.30~0.60	≤ 0.10	—	—	—
原成分工艺	0.05~0.10	0.50~0.60	≤ 0.10	850±25	800±25	0.30+ $\Delta 0.2$
新成分工艺	0.05~0.09	0.35~0.45	≤ 0.09	950±25	900±25	0.30+ $\Delta 0.2$

(下转第 33 页)

- [3] 王双全.处理线中张力辊负荷平衡计算方法的研究[J].机械与电子,2014(7):10.
- [4] 罗里荣,徐成华.高速连续退火机组张力辊设计研究[J].轧钢,2012(4):3.
- [5] 黄海生.张力辊组及其控制[J].柳钢科技,2009(2):2.
- [6] 徐蕾.拉矫机前后张力辊组的设计与计算[J].轧钢,2014(10):5.
- [7] 李建军,徐晓艳,张学军.酸轧连轧机组张力辊设计[J].河北冶金,2010(3):7.
- [8] 莫一.连续酸洗机组张力辊组的设计与张力控制分析[J].制造业自动化,2015(2):2.
- [9] 翁崇滨.张力辊组打滑现象分析及解决措施[J].有色金属,2014(2):10.
- [10] 张春青,肖至勇.不锈钢冷退机组工艺段张力辊异常打滑的分析[J].宝钢技术,2015(1):9.

(编辑:苗运平)

Design and Control Principle of Bridle Rolls for Cold Rolling Mill

Jin Lin

(Cold Metal Department, Shougang Jingtang United Iron and Steel Company, Tangshan Heibei 063200)

Abstract: The design principle, load balance principle and torque compensation method of the bridle roller are introduced in this paper. The diameter of the bridle roller depends on the elastic modulus, yield limit and thickness of the strip. The relative position of each roller is determined mainly by the maximum angle of the strip cladding, but the minimum spacing in the process of the strip wrapping should be ensured to prevent the surface from contacting each other when the strip is vibrating. The bridle roller can balance the load by integral sharing. At the same time, speed accuracy and response time of bridle roller are improved by torque compensation.

Key words: bridle rolls; working principle; load balancing; torque compensation

(上接第22页)

采用新成分和新工艺进行批量生产验证,经过2 000多t批量生产,ML08AL未再出现抗拉强度大于390 MPa的现象,工艺的优化取得成功。

4 结论

1) ML08Al抗拉强度不宜太高,会增加用户模具损耗,且影响冷镦性能,控制在不大于390 MPa较为适宜。

2) ML08Al抗拉强度偏高的主要原因:锰含量偏高,提高了强度;同时进RSM温度和吐丝温度偏低,导致晶粒过于细小,反而不利于用户加工。

3) 通过将锰、碳和硅含量控制在国标下限,同时

上调进RSM温度和吐丝温度,ML08Al抗拉强度可控制在390 MPa以下,并且1/3冷镦性能合格。

参考文献

- [1] 余宗森,袁泽喜,李定秀,等.鞍钢钢材成分与其力学性能的定量关系[J].北京科技大学学报,1997(5):510-515.
- [2] 王瑞晶.钢材力学性能定量预报[J].河北冶金,2007(1):8-13.
- [3] 帅习元.控冷工艺对冷镦钢力学性能和显微组织的影响[J].武钢技术,2008(1):25-28;55.
- [4] 刘靖,赵辉,鹿守理.低碳钢组织—力学性能关系模型[J].钢铁,2001(3):52-55.
- [5] 任安超,袁泽喜.SWRCH8A盘条轧制工艺的研究[J].武钢技术,2007(5):28-32.

(编辑:苗运平)

Process Optimization for Reducing Hot Rolling Strength of ML08Al Low Carbon Cold Heading Steel Wire Rod

Shi Min, Zhu Junfei, Luo Yizheng, Yu Jian

(Fangda Special Steel Technology Co., Ltd., Nanchang Jiangxi 330012)

Abstract: The reason analysis and experimental study on the high strength of ML08Al cold heading steel wire rod, which results in difficult processing for users, are carried out. By reducing the content of C, Si and Mn, and increasing the RSM temperature and spinning temperature, the strength of ML08Al can meet the requirements of users through a small amount and batch production.

Key words: ML08Al; cold heading steel; wire rod; strength; composition; temperature