



400系热轧铁素体不锈钢酸洗技术

李 锋

(山东泰山钢铁集团有限公司, 山东 莱芜 271100)

摘 要:针对400系热轧铁素体不锈钢连续酸洗技术,分析了钢带表面氧化皮特征和组成、破鳞机延伸率、抛丸机电流和磨料以及酸洗过程控制对成品白皮卷表面质量的影响。通过设备改进和生产工艺优化,提出了“大破鳞、中抛丸、轻酸洗”的方法,有效去除了钢带表面的氧化皮,白皮卷一级品率达到98%以上。

关键词:铁素体不锈钢;酸洗;氧化皮;破鳞机;抛丸机

中图分类号: TG142.71

文献标识码: B

文章编号: 1004-4620(2017)05-0017-02

1 前 言

400系热轧铁素体不锈钢广泛应用于冶金设备、餐具、制造等行业。某厂利用“炉卷+连轧”生产工艺轧制400系热轧不锈钢,其表面的氧化成分较碳钢复杂,且比较致密,氧化皮在冷轧或直接使用前一般需要通过酸洗除掉,其酸洗效果直接影响到冷轧及后续高附加值产品的表面质量^[1]。通过对破鳞、抛丸、酸洗等设备与工艺制度的完善改进,使酸洗后的钢带表面质量得到提升,一级品率达到98%以上。

2 主要工艺设备

2.1 破鳞机

破鳞机由弯曲矫直辊组、机架装置、摆动装置、导向辊装置、喷吹装置、换辊装置等组成。矫直辊组由上、下矫直辊组成。下矫直辊固定。上矫直辊由摆动装置通过原装进口阿托斯带内置传感器的油缸带动,进行矫直位置的伺服控制,对带材进行弯曲矫直。拉伸段张力最大可达500 kN,矫直钢带厚度2~6 mm,伸长率0~1.5%。

2.2 抛丸机

抛丸机采用辊道式结构输送工件。在辊道上、下对称布置抛丸器,满幕帘流幕式丸渣分离器可提高丸渣分离质量、分离效率,使800~1600 mm宽的带钢一次通过,清除其表面氧化铁皮。抛丸器共计32台,每台功率90 kW,分4个单元,2用2备,钢丸抛射速度55~90 m/s(变频可调)。

2.3 酸洗设备

酸洗系统采用预清洗+硫酸酸洗+混酸酸洗(HNO₃-HF)+清洗吹干的工艺方法。硫酸槽和混酸

槽都是采用水平、浅槽式的布置,槽体采用均聚聚丙烯(PPH)制成。硫酸酸洗槽体长度19 m,混酸酸洗槽体长度25 m,槽体内宽度2.4 m,在槽体的进口及出口处各设有1对挤干辊。每个酸洗槽都配有单独的循环罐,酸液的加热靠外部换热器,钢带在酸洗槽内的温度是自动监控的,自动化系统可以改变这些参数的设定值。硫酸最后一段酸洗和混合酸酸洗后,钢带出口部位各设两套双辊刷洗机组,有效去除带钢表面松动的氧化皮颗粒,同时喷淋水去除表面的废酸。为避免环境污染,该酸洗系统同时配置NO_x废气处理系统、瑞典SCANCON废酸回收系统、废酸废水处理系统各1套。

3 不锈钢酸洗表面质量影响因素分析

3.1 氧化皮特征及组成

400系铁素体不锈钢采用“炉卷+连轧”工艺生产,在轧制过程中形成的氧化皮随钢带一同卷曲并保留到室温状态。在卷曲后的冷却过程中,由于环境中存在氧气,氧化皮会继续生长,其结构也随之发生改变^[2],因此,钢带表面最终氧化皮的状态已经明显不同于高温下形成的氧化皮。氧化皮厚度一般在19~25 μm,靠近钢带表面处较为疏松,越靠近基体越致密,疏松的氧化皮有明显的分层。能谱分析表明,表层氧化物主要为Fe的氧化物,而靠近基体部位则为Cr的氧化物及Fe-Cr氧化物,氧化皮成分、结构不同会给后序的酸洗带来一定的影响。

3.2 破鳞机延伸率

在实际生产过程中受现有设备的制约,当张力增大时(>210 kN),破鳞机工作辊轴承易烧坏。张力无法提升,致使延伸率低于0.5%,除鳞效果差,达不到大延伸率破鳞的生产工艺的要求,严重影响钢带的酸洗效果及外在板形质量的提高。

3.3 抛丸机电流及磨料

在生产400系不锈钢时,由于钢带不适合连续

收稿日期:2016-12-14

作者简介:李锋,男,1977年生,2002年毕业于黑龙江科技学院化工工艺专业。现为泰钢不锈钢轧钢厂工程师,从事不锈钢热轧、退火酸洗技术和产品质量管理工作。

退火炉退火,所以未经退火的钢带表面的氧化铁皮在厚度、成分、疏密程度上与300系、200系相比有较大的不同。原来抛丸机使用的钢丸S110、及S110与S170的混合磨料已不能满足400系铁素体不锈钢的除鳞要求。同时,操作过程中抛丸器电流偏小、分布不均匀,磨料对钢带表面的打击力度不够,钢带上下表面除鳞不均匀、除鳞效果差,造成酸洗过程中铁离子升高过快,酸耗增加,出现色差、氧化皮残留的缺陷。而电流过大会造成板面粗糙度 $>3.0\ \mu\text{m}$,成材率降低,酸洗时出现过酸洗现象。

3.4 酸洗过程

实际生产表明,400系热轧铁素体不锈钢酸洗时的硫酸消耗量是200系、300系的2~3倍,说明硫酸对于该类不锈钢的酸洗起到非常大的作用。当混酸酸液温度超过 $60\ ^\circ\text{C}$ 时,钢带与酸反应剧烈,放热明显,会产生大量的酸雾,如果在SCR废气处理炉不能彻底反应,会造成冒黄烟现象而污染环境。同时,氢氟酸浓度过高,容易造成过钢带板面发红、过酸洗、表面粗糙等缺陷。另外,刷辊、挤干辊、吹边烘干等设备使用不当也会造成钢带表面刷辊印、划伤、污染等缺陷。

4 质量控制措施

4.1 破鳞机改造

针对破鳞机工作辊轴承易烧坏、延伸率低于0.5%、除鳞效果差的问题,结合生产实际,对破鳞机工作辊两端轴承实施改型,并对轴承布局方式进行调整。选用单列角接触球轴承及双列角接触球轴承替代原有轴承,可有效减少轴承烧坏。同时,通过移动入、出口转向辊距离,使破鳞机工作辊与钢带之间的包角角度增大 $3^\circ\sim 5^\circ$,可提高破鳞机的延伸率。破鳞机压下油缸的压下量对延伸率的提高起着至关重要的作用。通过对破鳞机油缸的压下数据进行测量、统计,并重新标定了范围。在HMI画面增加压下量、延伸率、张力的关联画面,操作人员会根据不同钢种规格延伸率的技术需求来适当调节油缸的压下量,保证破鳞机延伸率的稳定。对于400系热轧铁素体不锈钢的生产,大的延伸率对氧化皮的疏松、去除非常有效,所以要求弯曲辊压下量 $\leq 65\ \text{mm}$,矫直辊压下量 $\leq 70\ \text{mm}$,出口张力 $>420\ \text{kN}$,延伸率 $>1.5\%$ 。

4.2 控制抛丸电流

抛丸机采用钢丸与钢砂混合的磨料,粒径 $0.3\sim 0.5\ \text{mm}$,比例约4:6。生产过程中,抛丸机开两个单元,抛头电流控制为 $110\sim 120\ \text{A}$ 。抛丸后钢带表面氧化皮去除率高,均匀性较好,如果抛头电流过大会造

成钢带表面粗糙度增加,所以采用中度抛丸除鳞。

4.3 优化酸洗工艺参数

4.3.1 硫酸酸洗

硫酸的主要作用是去除钢带表面的铁基氧化物。实际生产中,硫酸浓度在 $200\sim 300\ \text{g/L}$,金属离子浓度在 $60\ \text{g/L}$ 以下。温度在 $60\sim 90\ ^\circ\text{C}$ 时,酸液中的活性酸离子最高,酸洗效果最好。但当硫酸浓度达到一定数值后,提高硫酸溶液的温度比增加它的浓度可以起更大的作用,因此硫酸浓度不宜过高,温度一般按上限控制。

4.3.2 混酸酸洗

混酸酸洗的主要目的是去除硫酸段没有反应完的铁基氧化物和铬基氧化物,同时也可以进一步形成和完善钢带表面的钝化膜,提高耐腐蚀能力。实际生产中,混酸I段酸液中硝酸浓度在 $50\sim 100\ \text{g/L}$,氢氟酸在 $10\ \text{g/L}$ 以下,金属离子浓度在 $50\ \text{g/L}$ 以下,温度在 $35\sim 50\ ^\circ\text{C}$;混酸II段酸液中硝酸浓度在 $15\sim 50\ \text{g/L}$,氢氟酸在 $5\ \text{g/L}$ 以下,金属离子浓度在 $40\ \text{g/L}$ 以下,温度在 $35\sim 45\ ^\circ\text{C}$ 时,酸液中的活性酸离子最高,酸洗效果最好。为避免冒黄烟、过酸洗、表面粗糙等现象及缺陷,在保证除鳞良好的前提下,酸洗段应保持钢带轻度酸洗状态。

4.3.3 其他工艺参数

为保证带钢经过酸洗后表面的附着物能够进行有效地清除,钢带表面色泽均匀、无色差,预清洗刷辊电流保持在轻刷 $20\sim 30\ \text{A}$ 即可。在生产中,会发现中间刷洗水含有大量的污泥,这说明中间刷洗作用很大,因此中间刷洗刷辊采用重刷,刷辊电流应保持在 $40\sim 50\ \text{A}$,转速 $>1\ 000\ \text{r/min}$ 。最终刷洗辊的电流不能过大,以防止出现刷辊印、划伤等缺陷,电流控制在 $30\sim 40\ \text{A}$,以达到最好的刷洗效果。同时,做好酸洗槽入、出口挤干辊的维护清洁保养,确保烘干温度不低于 $120\ ^\circ\text{C}$ 。

5 结语

对400系热轧铁素体不锈钢的酸洗采用“大破鳞、中抛丸、轻酸洗”的工艺方法。大延伸率破鳞解决氧化皮疏松程度差,中抛丸解决氧化皮清除不均匀、表面粗糙,轻酸洗解决色差、污染、过酸洗等造成的重洗及降级品的出现。酸洗白皮卷合格率、一级品率分别达到99.6%、98%以上,粗糙度 $\leq 3.0\ \mu\text{m}$ 以下,产品表面质量满足客户要求,得到市场认可。

参考文献:

- [1] 刘洋,韩斌,谭文,等.提高热轧带钢酸洗效果的探讨[J].武汉工程职业技术学院学报,2013,25(3):7-10.
- [2] 夏伶俐.430不锈钢表面氧化皮组成与界面结合强度的研究[D].太原:太原理工大学,2010. (下转第20页)

高的淬火温度,从而加速 Mn、Cr 等合金元素和碳化物重新溶入奥氏体,增大奥氏体中含碳量和合金元素含量,提高过冷奥氏体的稳定性,淬火后全厚度钢板均能够淬透。基于大生产经验,确定钢板的淬火温度为 930 ℃,冷却介质为水。

回火工艺主要目的是均匀组织、提高钢板的综合力学性能,并且消除淬火过程中产生的应力,根据如图 1 所示的试验结果,淬火态试样在 500~600 ℃回火,随回火温度的升高,钢板强度降低,塑性提高;钢板在 550 ℃回火,有较好的强韧性匹配。因此,对热轧后淬火的钢板进行热处理的回火温度选择 550 ℃。

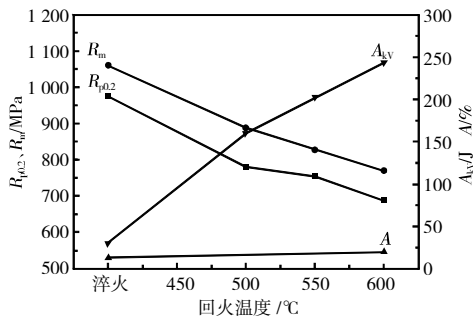


图 1 实验室调质处理后钢板性能

3 钢板的力学性能和组织

从 10 块 60 mm 厚钢板的板厚 1/4 处取横向拉伸试样和纵向冲击试样测试力学性能,钢板的屈服强度在 730~750 MPa,抗拉强度在 820~840 MPa,伸长率均在 17%~18%, -20 ℃冲击功都高于 220 J,同时还在钢板的心部取样进行冲击试验,心部冲击功约 180 J,稍低于板厚 1/4 处的冲击功,高于 GB/T

16270—2009 标准的性能要求。

60 mm 厚钢板板厚 1/4 处和心部的金相组织如图 2 所示,从金相组织来看,两个部位的组织没有明显区别,均为回火马氏体和贝氏体组织,只是心部由于淬火时冷却稍慢,晶粒稍大于板厚 1/4 处。原奥氏体晶界明显,在原奥氏体晶粒内部不同方向的板条束交错排列,将原奥氏体晶粒分割成若干区域,从而保证了钢板的具有高强度和高韧性的匹配。

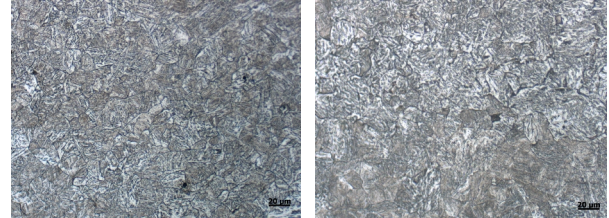


图 2 60 mm 厚钢板金相组织

4 结论

4.1 按照调质高强钢的成分设计理念,武钢开发了 800 MPa 级调质高强钢,生产的厚 60 mm、宽 3 800 mm、成品单重约 20 t 钢板板形和性能都满足生产交货要求。

4.2 钢板的组织为回火马氏体和贝氏体,其不同方向的板条束交错排列,将原奥氏体晶粒分割成若干区域,从而保证了钢板具有较好的强韧性匹配。

参考文献:

- [1] 罗毅. 800 MPa 级低合金高强钢板的开发生产 [J]. 钢铁研究, 2013, 41(Z2): 63-65.
- [2] 康健, 王昭东, 王国栋, 等. 低成本工程机械用 Q690E 级高强钢的热处理工艺与工业化 [J]. 钢铁 2011, 46(6): 86-90.

Development of 800 MPa Grade Quenched and Tempered Wide and Heavy Steel Plate

LUO Yi¹, BAO Haiyan²

(1 Research and Development Center of Wuhan Iron and Steel (Group) Company, Wuhan 430080, China;

2 Echeng Iron and Steel Co., Ltd., Wuhan Iron and Steel Group, Ezhou 436002, China)

Abstract: The article introduces development of 800 MPa grade quenched and tempered wide and heavy steel plate. The steel plates with thickness of 60 mm, width of 3 800 mm, and weight of about 20 tons are designed by C-Mn-Cr-Mo and micro-alloyed such as Nb, V, Ti, etc., and produced by hot rolling and quenched and tempered processing. Their qualities satisfy the requirements of the delivery, and their microstructure was the tempered martensite and bainite observed by the optical microscope. The results show that original austenite grains are divided into martensite and bainite packets with different direction, thus ensuring the high strength and high toughness of the steel plate.

Key words: 800 MPa grade high-strength steel; wide and heavy plate; quenched and tempered; microstructure

(上接第 18 页)

Pickling Technology of 400 Series Hot Rolled Ferritic Stainless Steel

LI Feng

(Shandong Taishan Iron and Steel Group Co., Ltd., Laiwu 271100, China)

Abstract: For the continuous pickling technology of the 400 series hot rolled ferritic stainless steel, the characteristics and composition of oxide coating on steel strip surface, elongation of scale breaker, the current and abrasives of shot blaster and influence of pickling process control on the surface quality of finished white rolls were analyzed. By means of the equipment improvement and production process optimization, the method of severe descale, moderate shot blasting and mild pickling is put forward. It can effectively remove the oxide coating on the surface of steel strip. The grade I products rate of the white rolls can be reached more than 98%.

Key words: ferritic stainless steel; pickling; oxide coating; scale breaker; shot blaster