包钢 5 ~ 10 mm BY500 钢板淬火板形控制研究*

吴鹏飞,李 浩,高 军

(内蒙古包钢钢联股份有限薄板坯连铸连轧厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: BY500 高强度耐磨板,广泛应用于矿山、电力等行业,目前存在的主要问题是薄规格淬火后板形不良,通过合理的成分设计以及合理控制淬火水量、辊道速度、淬火水压等参数,钢板的性能和板形满足客户需求。

关键词: BY500; 淬火; 板形

中图分类号: TG156.33 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2017)05 - 0060 - 03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.05.017

Research on Quenching Shape Control of 5 ~ 10 mm BY500 Steel Plate in Baotou Steel

WU Peng - fei, LI Hao, GAO Jun

(*CSP Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: BY500 high strength wear - resisting plate is widely used in mining, power and other industries, and the main problem at present is the thin gauge plate after quenching with poor plate shape. Through reasonable composition design and reasonable control of quenching water quantity, roller speed, quenching water pressure and other parameters, the steel plate performance and plate shape can meet customer requirements.

Key words: BY500; quenching; plate shape

目前,煤机行业、汽车行业、工程机械等行业都在向轻量化发展,轻量化发展是在保证使用安全的前提下开展的,要安全就必须有足够的强度,其中对薄规格钢板的淬火技术的应用就能极大提高钢材的强度和硬度,再配合相应的回火就能得到强度和韧性匹配良好的钢材,具有比较显著的经济和社会效益; 减重减薄可以大大减低金属材料的消耗,不但节约了材料,同时降低了环境污染,因此薄规格耐磨钢板代替厚规格耐磨钢板的发展趋势势在必行,在保证性能的前提下,必须向高硬度、高强度发展,才能在一定程度上满足使用需求。

1 研究思路设计

本试验通过对热处理工艺和淬火配方的研究,使中碳低合金薄规格钢板 BY500 的性能达到协议要求,同时使 5 ~ 10 mm 薄规格钢板的淬火板形达到用户使用要求,试验研究包括以下内容:

(1) 找出淬火水压、淬火辊道速度和变形量之间的关系。

(2) 分析影响淬火板形的影响因素。

(3) 薄规格板形满足客户使用要求。

* 收稿日期: 2017 - 06 - 30

作者简介: 吴鹏飞(1974 -),男,内蒙古包头市人,工程师,现从事热处理技术管理工作。

2　方案设计

2.1　影响钢板淬火后变形因素的关系

淬火变形有尺寸变化和变形两种。尺寸变化是指由于淬火相变引起的膨胀或收缩造成的钢板尺寸改变，如：钢板伸长、缩短、变薄、变厚等便是属于这种尺寸变化。变形则是由于自重引起的塌陷和热应力引起的形状变化，如：部分钢板的翘曲、弯曲等属于这一变形情况。

淬火变形主要发生在以下三种情况：加热过程中内应力消除时钢板可能会发生变形；保温过程时间过长由自重可能引起的塌陷而产生的变形；冷却时由于相变而引起的钢板变形。只要加热均匀，淬火工艺正确就能保持炉内钢板的平直度而使其不变形，因此大多数情况钢板变形都发生在冷却阶段。

淬火过程中钢板体积产生变化的原因有两个：热胀冷缩和组织转变[1]。热胀冷缩一般在无相变条件下起主导作用，如果有相变存在，相变是钢板淬火变形的主导因素，变形的主要原因是由于热应力、相变应力和残余应力存在造成的。钢板在高温出炉遇水急冷后，奥氏体迅速向马氏体转变，瞬间使马氏体增多，残余奥氏体减少。马氏体转变是新相马氏体在母相特定的晶面上产生的晶格切变过程，在切变过程中完成晶格重组，由面心立方晶格变成体心立方晶格，此时钢板发生体积膨胀导致钢板变长、变宽、变薄。根据淬火机的布置方式，高压段为大水量，低压段为小水量，因此钢板在高压段完成组织转变，在低压段完成降温过程[2]。表 1 列出了淬火水压、淬火辊道速度和变形量的关系。

表 1　淬火水压、淬火辊道速度和变形量的关系

钢种	长度 /mm	宽度 /mm	厚度 /mm	淬火水压 /MPa	辊道速度 /(m·min^{-1})	长度变化 /mm	宽度变化 /mm	厚度变化 /mm
薄规格	4 600	1 800	8	8	40	+22	+9	−0.05

由表 1 可以看出，薄规格钢板在淬火后规格发生了明显的变化：长度变长，宽度变宽，厚度减薄。这是因为奥氏体向马氏体转变过程中，发生了体积膨胀的结果。

2.2　辊缝大小和速度对板形影响

淬火机辊道对淬火变形板有一种反作用力，可部分抵消钢板淬火过程中产生的热应力和组织应力，减少了淬火板的变形量。因此，淬火机辊缝过大易产生大的淬火变形量，一般辊缝压下量设定值为 0 ~ 1 mm，钢板愈薄，压下量愈大。

表 2 列出了板厚和淬火辊道速度的关系。由表 2 可以看出，淬火厚度随淬火辊道速度增加而减小，这是由于淬火板在淬火机上下辊道间停留时间延长，受辊道反作用力的时间增加，钢板淬火过程中产生的热应力、组织应力被抵消量增多，因而淬火变形量减少。

表 2　板厚和淬火辊道速度的关系

序号	板厚/ mm	辊道速度/(m·min^{-1})
1	5	40
2	6	35
3	8	25

由上可知，淬火机辊缝大小及淬火辊道速度是薄规格淬火板形控制的重要因素。

2.3　控制水量对薄钢板变形的影响

在淬火过程中，薄规格钢板的板形难于控制，因此一般选用中、小水量淬火，因为大水量淬火，相变后尺寸变化比较剧烈，板形较难控制。因此，薄规格钢板同厚规格钢板一样，都要采用高合金设计原则，区别是厚规格钢板淬透性差，要靠成分提高淬透性；而薄规格钢板一般用中、小水量淬火，因此也要靠成分提高淬透性。

在淬火过程中，钢板的上、下水量设计也必须不一致。因为水自身重量的缘故，同样上喷嘴的水量导致钢板上表面相变比下表面相变剧烈，由钢板上下表面组织分布的差异得到钢板上下表面冷却速度的差异，因此在实际设计过程中，为了提高钢板冷却均匀性和冷却效率，总是下水量大于上水量。

只有钢板的上下水量控制得当，并且配合合适的速度，薄规格钢板的板形就有可能得到良好的控制。钢板出现上凸度，说明上部水量大，需要减少上部水量或增加下部水量；反之，钢板出现下凸度，说明下部水量大，需要减少下部水量或增加上部水量。

2.4　淬火 + 回火对性能和组织的影响

淬火是指将钢加热到临界温度以上，保温后以

大于临界冷却速度的冷速冷却，使奥氏体转变为马氏体的热处理工艺。因此，淬火的目的就是为了获得马氏体，并与适当的回火工艺相配合，以提高钢的力学性能。淬火、回火是钢的最重要的强化方法，也是应用最广的热处理工艺之一。

亚共析钢淬火加热温度为 A_{c3} 以上 30～50 ℃；共析、过共析钢淬火加热温度为 A_{c1} 以上 30～50 ℃。

亚共析碳钢在上述淬火温度加热，是为了获得晶粒细小的奥氏体，淬火后可获得细小的马氏体组织。若加热温度过高，则引起奥氏体晶粒粗化，淬火后得到的马氏体组织也粗大，从而使钢的性能严重脆化。若加热温度过低，如在 A_{c1} ～ A_{c3} 之间，则加热时组织为奥氏体 + 铁素体；淬火后，奥氏体转变为马氏体，而铁素体被保留下来，此时的淬火组织为马氏体 + 铁素体（ + 残余奥氏体），这样就造成了淬火 HBW 硬度的不足。

根据协议要求和钢板厚度规格，淬火温度定为 880 ℃，回火工艺定为 200 ℃。通过对淬火水量、辊缝和淬火速度的分析，淬火 + 回火后组织见图 1，淬火 + 回火后 HBW 硬度见图 2。

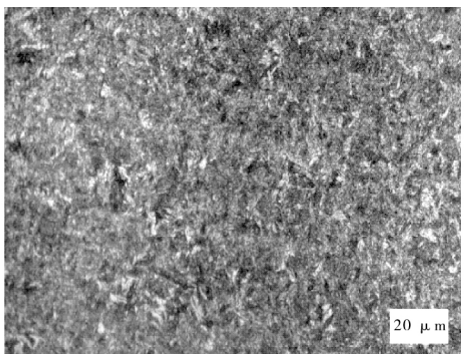


图 1　淬火 + 回火后组织

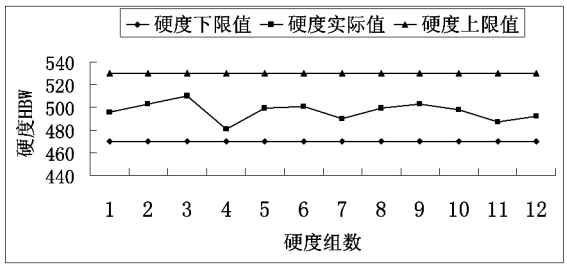


图 2　淬火 + 回火后硬度

由图 1 的淬火 + 回火后的组织可以看出，组织出现凸凹不平现象，这是淬火 + 回火后得到的马氏体造成的，图片上组织细小、分布均匀。

由图 2 的淬火 + 回火后的 HBW 硬度可以看出，HBW 硬度值基本在 500 上下波动，上限不超过 10，下限不低于 20，分布基本均匀。

由以上分析可以得知：根据以上工艺进行处理，薄规格钢板性能满足协议要求。

3　应用效果

图 3 是 5 mmBY500 钢板板形，图 3（a）是入炉前板形，（b）图是淬火 + 回火后板形。从图中可以看出，入炉前板形头部翘曲，中间出现大鼓包，淬火 + 回火后钢板基本平直，这是因为钢板入炉前矫直力没有完全过屈服点，应力没有得到完全释放导致的，淬火的奥氏体化阶段使钢板的应力得到释放，淬火时合理的水量调节配合适宜的淬火辊道速度，使钢板上、下表面组织应力均匀，因此淬火后板形基本平直，满足客户使用要求。



（a）入炉前板形



（b）淬火 + 回火后板形

图 3　5 mmBY500 钢板板形

（下转第 72 页）

施工费用。同时解决了断轴问题，具有缓冲作用的弹性垫减缓了来自转盘的频繁冲击，保护了减速机内部齿轮，防止减速机打齿。

6 结论

(1) 技改过程中，使用的材料备件价格低廉、方案实施简便，既解决了原始设计的缺陷，又不增加过多的技改成本。

(2) 设变前布料器主轴频繁损坏，每年至少更换5个主轴，每件备件费用3 000元，全年节约15 000元，因更换主轴损坏的轴承座，全年可节约备件费用15 000元。共带来经济效益45 000元。

(3) 设变前更换布料器主轴需要将布料器整体拆卸后才能完成作业，需要2 h以上的作业时间，设变后可以分体拆卸电机驱动或布料盘，只需0.5 h就可完成备件更换，极大缩短了事故时间及减少了劳动作业强度。

参 考 文 献

[1] 成大先. 机械设计手册(第四版) [M]. 北京: 化学工业出版社，2002.

[2] 王海文. 轧钢机械设计 [M]. 北京: 机械工业出版社，1983.

(上接第62页)

淬火钢板长度4～9 m，宽度1.6～2.5 m，厚度分5 mm、6 mm、8 mm和10 mm 4个规格，表3列出了5～10 mm厚薄规格钢板产量。

表3 5～10 mm厚薄规格钢板产量

序号	厚度/mm	产量/t
1	5	766.827
2	6	27.181
3	8	16.921
4	10	12.213
总计		823.142

从表3可以看出，5～10 mm厚薄规格钢板共生产823.142 t，其中5 mm厚钢板占总产量的93.15%，6～10 mm厚钢板占总产量的6.85%，薄规格淬火钢板以5 mm厚为主，完成了交货任务。

4 结论

(1) 定量找出薄规格钢板淬火水压、淬火辊道速度和变形量之间的关系，淬火时钢板长度变长，宽度变宽，厚度减薄，这是因为奥氏体向马氏体转变过程中，发生了体积膨胀的结果。

(2) 发现淬火机辊缝大小和淬火辊道速度与淬火板形的关系，淬火机辊缝过大易产生大的淬火变形量，淬火厚度随淬火辊道速度增加而减小。

(3) 得到水量与薄钢板变形的关系，钢板出现上凸度，说明上部水量大，需要减少上部水量或增加下部水量；反之，钢板出现下凸度，说明下部水量大，需要减少下部水量或增加上部水量。

(4) 调整相关工艺参数，5～10 mm薄规格BY500钢板淬火板形满足客户要求。

参 考 文 献

[1] 彭宾. 淬火工艺对耐磨钢板尺寸的影响 [J]. 金属热处理，2016，41(7)：118－120.

[2] 崔忠圻. 金属学与热处理 [M]. 北京: 机械工业出版社，1997.