

退火温度对刃具钢 6CrW2Si 组织和硬度的影响

刘向艳¹ 杨建华² 康 浩¹ 翟 军¹ 刘桂江³ 马群革¹ 穆立峰¹

(1 抚顺特殊钢股份有限公司连轧厂,抚顺 113001;2 抚顺特殊钢股份有限公司初轧厂,抚顺 113001;

3 抚顺特殊钢股份有限公司技术处,抚顺 113001)

摘要 为满足用户加工硬度的特殊需求(硬度 $\leq 210\text{HBW}$),降低 6CrW2Si 钢硬度,本文利用连轧厂实际辊底式退火炉进行了不同退火温度的退火试验,并借助金相显微镜对不同退火温度下的组织进行了分析,以确定最佳的退火温度。结果表明:6CrW2Si 的退火硬度与退火温度有关,随着退火温度的升高,硬度先下降后上升,当退火温度为 810℃ 时,钢材平均硬度值最低(193 HBW 左右),球化组织为均匀的球化珠光体组织。

关键词 退火温度 球化 组织 硬度 6CrW2Si 钢

Effect of Annealing Temperature on Microstructure and Hardness of Cutting Steel 6CrW2Si

Liu Xiangyan¹, Yang Jianhua², Kang Tian¹, Zhai Jun¹, Liu Guijiang², Ma Qunge¹ and Mu Lifeng¹

(1 Continuous Rolling Plant of Fushun Special Steel Co., Ltd. Fushun 113001;

2 Blooming Plant of Fushun Special Steel Co., Ltd. Fushun 113001;

3 Technical Department of Fushun Special Steel Co., Ltd., Fushun 113001)

Abstract Tests were annealed under different temperature, for purchasers word-hardness ($\leq 210\text{HBW}$) special requirements satisfaction to determine the optimal annealing process with the help of metalloscope to analyze annealing shape of 6CrW2Si under different temperature. The result showed that 6CrW2Si annealing hardness was connected with temperature, with the increase of annealing temperature, the hardness decreases first and then increases. When annealing temperature is 810℃, the average hardness of steel products is the lowest(adout 193 HBW) and the structure is uniform spheroidized pearlite.

Material Index Annealing Temperature, Spheroidization, Structure, Hardness, Steel 6CrW2Si

6CrW2Si 钢是铬钨硅系刀片材料的一种,是在铬硅钢的基础上加入了一定量的钨而形成的钢种,普遍用作各类长剪刀、大中型重载圆剪刀、成型剪刀、形成厚钢板冲孔及和落料模的生产,被誉为高级剪刀钢^[1]。该类钢的耐磨性好,强韧性高,回火稳定性高,淬火硬度较高,而且有一定的高温强度^[2]。随着用户加工要求的提高,市场竞争的加剧,特殊钢用户提出了降低钢材硬度保证球化组织的要求,本文结合抚顺特钢连轧厂 6CrW2Si 钢热轧材硬度偏高,退火后 HBW 硬度值可达到 230~289,不能满足用户要求的情况,进行了一系列退火温度对组织及硬度影响分析,找到了该钢种可获得最佳球化组织和最小退火硬度的退火温度,保证了用户后续热加工处理的要求。

材,其生产工艺为:坯料验收-加热-轧制-切断-冷却-退火-矫直-精整-入库,热轧棒材直径为 $\Phi 28\text{ mm}$,其主要化学成分见表 1。

1.2 试验方法

将直径为 $\Phi 28\text{ mm}$ 的 6CrW2Si 钢棒切割成 1 m 的试样若干,利用连轧厂实际辊底式退火炉随炉生产,根据 6CrW2Si 钢的 A_{c1} 温度为 775℃^[2],设定试验温度,将试验钢材分批分别加热到 710、730、750、780、810、840℃,保温时间 5.5 h,按辊速度 5.5 m/h 炉冷至 500℃,出炉空冷。退火后切割成若干厚度为 20 mm 的试样,采用 THBS-3000DB 布氏硬度计对退火前、后试样进行硬度检测,采用 DIM ZEISS 型号金相显微镜对试样进行金相组织观察。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验用 6CrW2Si 钢为抚顺特钢连轧厂生产的热轧棒

表 1 试验用 6CrW2Si 钢化学成分 /%

Table 1 Chemical composition of test steel 6CrW2Si /%

牌号	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	W	V	Mo	Al	Cu
6CrW2Si	0.576	0.29	0.63	0.002	0.014	0.09	1.21	2.44	0.005	0.04	0.02	0.06
标准	0.55~ 0.65	\leq 0.40	0.50~ 0.80	-	-	-	1.10~ 1.30	2.20~ 2.70	-	-	-	-

2 试验结果与讨论

2.1 退火温度对硬度的影响

6CrW2Si 钢轧后组织为贝氏体、马氏体以及 Mo、Cr、W、V、Fe 的碳化物的混合组织,硬度较高,退火加热温度应略高于 A_{c1} ,能够得到成分不均匀的奥氏体及保留未溶的碳化物核心,在冷却时,过冷奥氏体以这些未溶碳化物为新相形核的基础,可获得球化组织而降低钢的硬度^[3],退火显微组织为球状珠光体,碳化物分别以球状及点状分布在铁素体基体上,不同退火温度下的硬度检测结果如图 1 所示。随着退火温度的升高,当达到 6CrW2Si 钢的 A_{c1} 温度以上时,渗碳体逐渐溶入到奥氏体中,硬度呈先下降后上升的趋势,到达 810 °C 出现硬度最低点,是碳化物溶解到奥氏体中形成球化组织的最佳溶解温度,试样边界、1/2处和中心处硬度存在不均匀性,这是由于试样边界、1/2处和中心处的碳化物溶解到奥氏体中形成球化组织的程度不同。基于连轧厂 6CrW2Si 钢的用户使用反馈,这样程度的差异不会影响使用性能。同时,从图 1 可以看出,当退火温度为 810 °C 时,试样的表面边界、1/2处和中心 HBW 硬度均值分别为 194、189、196,均可以满足用户的特殊硬度要求,因此在退火温度的工艺制定上,选择 810 °C 为最佳退火温度。

2.2 退火温度对金相组织的影响

影响珠光体球化的因素除材料的化学成分及原始组织外,加热温度对球化组织也有较大影响^[4]。图 2 为退火前金相组织和 730、750、780、810、840 °C 曲线下的退火组织金相图片,当加热温度为 730 ~ 780 °C 时,金相组织为片状珠光体 + 球(粒)状珠光

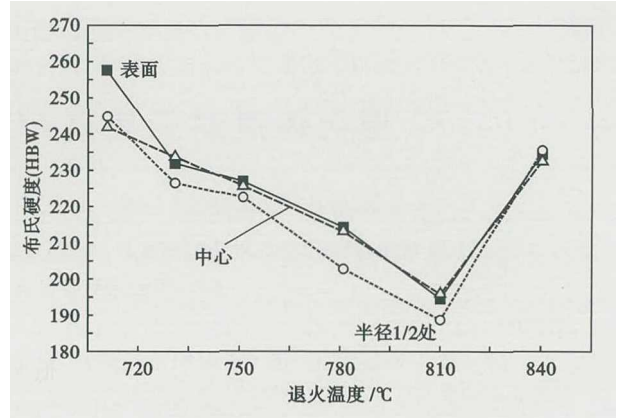


图 1 6CrW2Si 钢退火温度与硬度的关系

Fig. 1 Relationship between annealing temperature and hardness of steel 6CrW2Si

体 + 铁素体,随着温度的升高,部分珠光体发生了球化转变,但仍存在大量的片状珠光体,未达到球化的目的。当采用 810 °C 加热时,片状珠光体完全消失,金相组织为铁素体 + 球状碳化物有机结合的整合组织,碳化物以球状均匀存在于铁素体基体上,形成了球状珠光体组织,球化效果较好。当采用 840 °C 加热时,金相组织为球状珠光体 + 片状珠光体,组织均匀性降低,又重新出现片状珠光体,组织性能明显下降。文献[5]指出,球(粒)状珠光体较片状珠光体硬度低,强度低,塑性较好,随着温度的升高,片状珠光体的出现-消失-再次出现,是导致硬度先下降后上升的主要原因。810 °C 曲线退火后片状珠光体消失,全部为球状珠光体,此时硬度最低。同时,试验中兼做了对不同温度下退火组织的珠光体评级,730、750、780 °C 评级为 As15 ~ As18 级,810 °C 评级为 As8 ~ As9 级,840 °C 评级为 As18 级,810 °C 曲线下的球化水平最好。

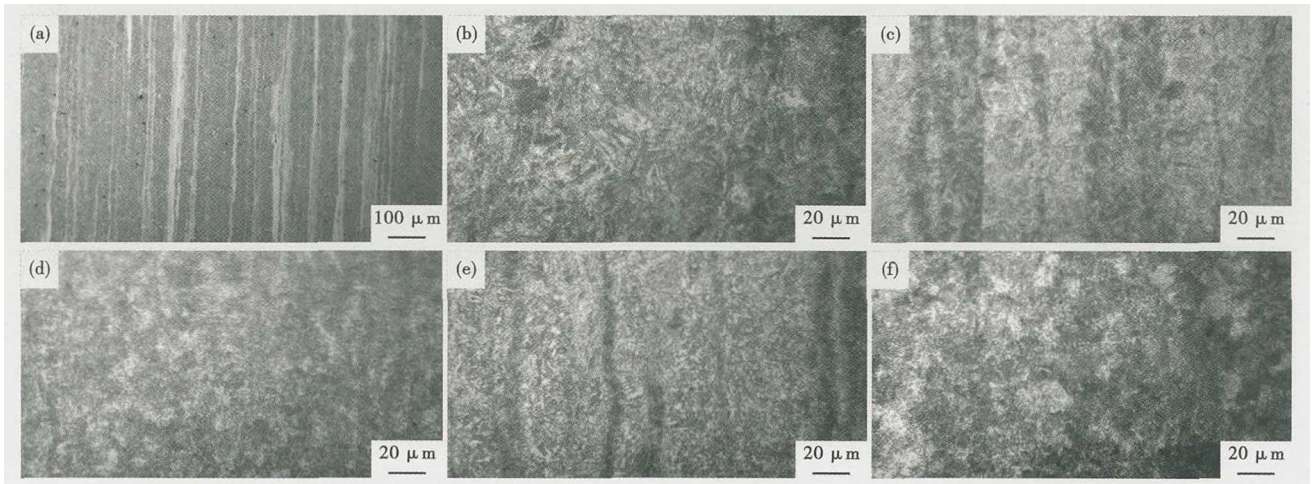


图 2 6CrW2Si 钢不同退火温度处理后的球化组织:(a)退火前;(b)730 °C;(c)750 °C;(d)780 °C;(e)810 °C;(f)840 °C

Fig. 2 Spheroidized microstructure at different annealing temperature of steel 6CrW2Si: (a) before annealing; (b) 730 °C; (c) 750 °C; (d) 780 °C; (e) 810 °C; (f) 840 °C

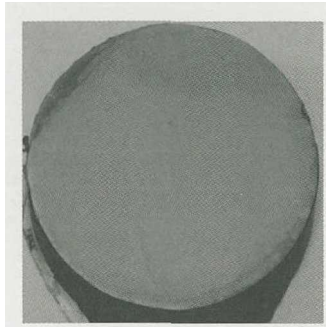


图3 6CrW2Si 钢退火后的低倍组织

Fig. 3 Macrostructure of annealed sample of steel 6CrW2Si

2.3 退火后低倍组织

图3显示退火温度为810℃、保温时间为5.5h、辊速5.5m/h的生产工艺下6CrW2Si钢的退火态低倍组织,结果显示钢材无锭型偏析及一般疏松等缺陷,低倍组织合格,图3中的低倍组织符合北美压铸协会NADCA#207

评级中的合格要求。

2.4 结果分析

球化退火的目的是为了得到均匀分布的球化珠光体组织,这种球化组织可使钢的退火硬度降低,从而改善钢的切削性能,并提高钢的塑性和韧性,减少最终热处理时的淬火变形和开裂倾向^[6]。化学成分、原始组织、加热温度、保温时间、冷却速度及形变等均能影响球化程度,但对于给定成分和原始组织的6CrW2Si钢来讲,保温时间、冷却速度一定的条件下,加热温度因素显得尤为重要^[7],过低或过高的加热温度均不能形成良好的球化珠光体组织,如果加热温度过低,碳化物在奥氏体中固溶度降低,同时原组织中的片状珠光体也不能完全溶解^[8],达不到良好的奥氏体化效果,最终所获得的球状组织很少,仍存在大量未溶的片状珠光体。但如果加热温度过高,未溶解碳化物质点较少,有碳化物质点存在的区域自组织形核长大,没有质点存在的区域将按照正常的片状珠光体形成机制完成珠光体转变^[9],退火温度过高也可能产生肥厚的二次碳化物网,其晶界碳化物粗肥,晶内组织球化不良,甚至不球化,或者形成片状珠光体和球粒状珠光体的混合体^[2]。这也会对组织性能产生不利影响。

试验中由于6CrW2Si的 A_{c1} 为775℃,当采用 A_{c1} 温度及以下温度(730~780℃)进行奥氏体加热保温时,这个加热温度显然过低,最终热处理结束的组织为片状珠光体+球状珠光体,存在大量未溶解的片状珠光体,球状珠光体很少,且分布不均匀,导致退火硬度的偏高,HBW值不能满足 ≤ 210 的要求。当加热温度为810℃时,球化效果较好,全部为球状珠光体组织,珠光体组织均匀,弥散分布,退火后HBW平均硬度值达到193。而当加热温度为840℃时,组织中又重新出现了片状珠光体,而且局部组

织还聚集成团状,组织性能严重恶化,退火HBW硬度值上升到236,这是奥氏体化温度过高造成的。这种变化来自于退火组织的改变,取决于组织的球化珠光体奥氏体化的程度,相对于相同成分的钢,退火状态下,粒状(或球状)珠光体比片状珠光体具有较小的相界面积,使系统的总能量降低,球状颗粒的碳化物对位错运动的阻力也小,铁素体呈现较连续的分布状态,由此形成粒状珠光体比片状珠光体的硬度、强度较低,塑性较高^[5]。同时验证了本实验所得的硬度测试结果与这一结论相符,从硬度结果及金相组织综合比较表明,采用810℃曲线下的退火工艺所得的球化效果最好,硬度最低。

3 结论

(1) 退火温度对6CrW2Si钢材的退火硬度有直接影响,随着退火温度的提高,硬度先下降后上升,出现了硬度的最低点。

(2) 退火温度对6CrW2Si钢材球化效果有很大影响,过高或过低的退火温度都不利于球化组织的形成,因此需要选择合理的退火温度。

(3) 对于6CrW2Si钢材,其退火加热温度以810℃为宜,所得的球化组织为均匀分布的球状珠光体组织,球化效果良好,HBW退火后硬度值达到193,满足用户的使用要求。

参考文献

- [1] 袁丽娟. 硅钢切边圆盘剪刀片用钢设计制造与应用研究[D]. 武汉:武汉轻工大学,2014:15-16.
- [2] 姚艳书,唐殿福. 工具钢及其热处理[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2009:379.
- [3] 任慧平,李文学. H13钢软化退火工艺的研究[J]. 热加工工艺,1996(6):36-37.
- [4] 郭强,牛伟,孙大利,等. 退火温度对9CrWMn钢组织及硬度的影响[J]. 物理测试,2015,33(6):15-16.
- [5] 刘宗昌. 珠光体转变与退火[M]. 北京:化学工业出版社,2007:19.
- [6] 陈再枝,蓝德年. 模具钢手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2002.
- [7] 任福东,田增芬,赵润娟,等. 20CrMnTi钢等温球化退火工艺研究[J]. 天津冶金,1994(3):37-39.
- [8] 王丽人. 9SiCr钢球化退火组织的高、低级别特征鉴定[J]. 青海科技,2000(4):15-17.
- [9] 杨仁山. 40Cr钢的快速循环球化退火的研究[J]. 热加工工艺,1993(3):5-7.

刘向艳(1985-),女,硕士(2011年内蒙古工业大学),工程师,2008年内蒙古工业大学(本科)毕业,材料成型和热处理工艺研究。E-mail:315000793@qq.com

收稿日期:2018-02-28