

GCr15 轴承钢 300 mm × 400 mm 连铸坯 1 180 ~ 1 260 °C 加热时间对 Φ60 mm 材带状组织的影响

余雷^{1,2} 田浩^{1,2} 李博鹏^{1,2}

(1 大冶特殊钢股份有限公司棒材研究所; 2 高品质特殊钢湖北省重点实验室, 黄石 435001)

摘要 GCr15 轴承钢(∕% : 0.95 ~ 1.05C, 0.20 ~ 0.30Si, 0.30 ~ 0.40Mn, 1.40 ~ 1.50Cr) 300 mm × 400 mm 连铸坯的生产流程为 120 t BOF-LF-RH-CC-连轧至 Φ60 mm 材。生产试验了连铸坯 1 180 ~ 1 260 °C 高温扩散时间 4.5 ~ 24 h 对 Φ60 mm 热轧材碳化物带状的影响。结果表明, 随保温时间的增加, 热轧材带状级别降低, 当保温时间为 4.5 ~ 6.5 h、6.5 ~ 10 h 和 ≥ 13 h 时, Φ60 mm 材的带状级别分别达 2.5 级、2.0 级和 1.5 级。可根据不同带状级别要求, 设定相应的保温时间。

关键词 GCr15 轴承钢 300 mm × 400 mm 连铸坯 高温扩散 碳化物带状

Effect of Heating Time of Bearing Steel GCr15 300 mm × 400 mm Casting Bloom at 1 180 ~ 1 260 °C on Banded Structure of Φ60 mm Bar

Yu Lei^{1,2}, Tian Hao^{1,2} and Li Bopeng^{1,2}

(1 Bar Products Research Institute; 2 Hubei Province Key Laboratory for High Quality Special Steel, Daye Steel Special Co Ltd, Huangshi 435001)

Abstract The production flowsheet of 300 mm × 400 mm casting bloom of bearing steel GCr15(∕% : 0.95 ~ 1.05C, 0.20 ~ 0.30Si, 0.30 ~ 0.40Mn, 1.40 ~ 1.50Cr) is 120 t BOF-LF-RH-CC-continuous rolling to Φ60 mm products. The effect of high-temperature diffusion time 4.5 ~ 24 h of casting bloom at 1 180 ~ 1 260 °C on carbide banded structure of Φ60 mm hot-rolled products has been tested. Results show that with increasing holding time the rating of banded structure of hot-rolled products decreases, and with holding time 4.5 ~ 6.5 h, 6.5 ~ 10 h and ≥ 13 h the rating of banded structure of Φ60 mm products is respectively 2.5, 2.0 and 1.5. It is available based on the requirement on different rating of banded structure to define the corresponding holding time.

Material Index Bearing Steel GCr15, 300 mm × 400 mm Casting Bloom, High-Temperature Diffusion, Carbide Banded Structure

轴承是机械行业的重要基础部件, 在工作时承受着极大的压力和摩擦力, 所以要求轴承钢有高而均匀的硬度和耐磨性。对轴承钢的化学成分的均匀性、非金属夹杂物含量和分布、碳化物分布等要求都十分严格。对高碳铬轴承钢来讲, 主要是提高钢材的洁净度和钢中碳化物的充分均匀化。碳化物偏析是反映轴承钢均匀性的重要指标, 通常用碳化物液析、碳化物带状、碳化物网状级别来表示偏析的严重程度^[1]。碳化物液析通常通过高温保温可以消除, 碳化物网状可以通过控轧控冷进行有效改善, 碳化物带状在一般的热处理过程中是不能消除的^[2], 仅能靠高温扩散工艺来减轻, 根据轴承材料使用环境、用途不同, 对带状要求也不同。在 GB/T18254-2016 中就将轴承钢进行了分级, 特级优质钢的带状较优质钢加严了 0.5 级, 有的客户在签署协议时提出了更高的要求。本文主要研究在实际工业生产过程

中, 不同轧制加热工艺对轴承钢碳化物带状的影响, 对实际生产过程有一定的借鉴作用。

1 试验过程

具体的生产工艺为: 120 t 转炉 → LF → RH → 300 mm × 400 mm 连铸加热炉加热 → 连轧, 轧制 Φ60 mm。选取的钢坯主要化学成分见表 1。

连铸坯采取 1 180 ~ 1 260 °C 高温扩散, 分别高温扩散 2.5 ~ 4.5 h、4.5 ~ 6.5 h、6.5 ~ 10.5 h 后进行轧制 Φ60 mm 棒材, 取样进行检验, 检验位置按 GB/T18254-2016 套圈用料执行, 检验除去心部 1/3 的其余全截面。

表 1 GCr15 轴承钢主要化学成分/∕%

Table 1 Main chemical composition of bearing steel GCr15 / ∕%

C	Si	Mn	Cr
0.95 ~ 1.05	0.20 ~ 0.30	0.30 ~ 0.40	1.40 ~ 1.50

1.1 检验结果

轴承钢棒材评定级别见表 2, 代表性碳化物带状见图 1。

通过试验可以看出延长高温扩散时间对碳化物带状有明显的改善作用, 保温 2.5 ~ 4.5 h 可满足 GB/T18254-2016 标准要求, 保温 4.5 ~ 6.5 h 可基本满足特级优质钢, 如需要更高要求则需采取 6.5 ~ 10.5 h 或更长的保温时间。

1.2 结果分析

表 2 铸坯 1 180 ~ 1 260 °C 高温扩散时间对 GCr15 钢 Φ50 mm 成品材的碳化物带状级别的影响/级

Table 2 Effect of high-temperature diffusion time of casting bloom at 1 180 ~ 1 260 °C on rating of banded structure of steel GCr15 Φ50 mm finished products /rating

试样号	保温时间 /h		
	2.5 ~ 4.5	4.5 ~ 6.5	6.5 ~ 10.5
1	3.0	2.5	1.5
2	2.5	2.0	1.5
3	2.5	2.0	1.5
4	2.5	2.0	1.5
5	2.0	2.0	1.5

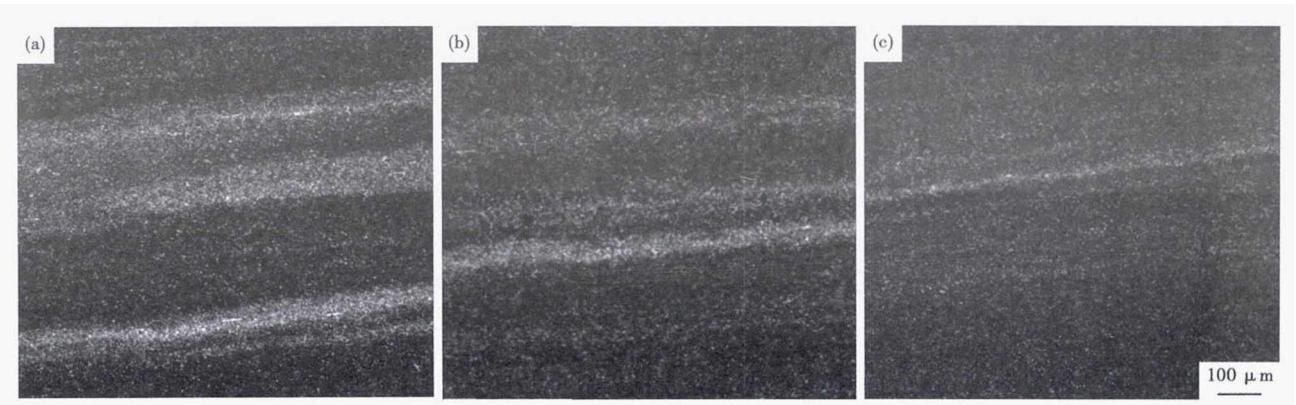


图 1 连铸坯 1 180 ~ 1 260 °C 高温扩散 2.5 ~ 4.5 h (a), 4.5 ~ 6.5 h (b) 和 6.5 ~ 10.5 h (c) GCr15 轴承钢热轧材的带状组织
Fig. 1 Banded structure of hot-rolled products of bearing steel GCr15, casting bloom high-temperature diffusion at 1 180 ~ 1 260 °C for 2.5 ~ 4.5 h (a), 4.5 ~ 6.5 h (b) and 6.5 ~ 10.5 h (c)

碳化物带状是钢液在凝固过程中形成的晶间偏析, 轧制延伸后, 冷却过程中高浓度区域析出大量过剩的二次碳化物, 从而形成黑白 (高低碳) 相间的碳化物条带组织^[3]。高低碳带之间的显微硬度差加大, 接触疲劳寿命下降^[4], 冷却过程中碳化物析出的总量和分布状态主要取决于原始偏析程度。加热时连铸坯中的渗碳体、珠光体转变为奥氏体, 原渗碳体区域含碳量较高, 通过延长保温时间, 碳原子扩散获得均匀化的奥氏体, 进而减轻坯料中碳化物聚集程度, 有效的减轻带状级别。

高温扩散的主要影响因素是加热温度与保温时间, 通常情况下, 加热温度越高, 保温时间越长, 则高温扩散效果越好。连铸坯加热时间取决于扩散系数, 扩散系数受加热温度的影响较大, 加热温度越高, 扩散系数越大, 扩散效果越好。加热温度从 1 180 °C 增至 1 260 °C 时, 扩散系数增加近 1 倍^[5]。因此确定合理的加热温度和保温时间是保证连铸坯充分扩散的必要保证。

本次选择冶炼工艺、连铸工艺相同, 成分相近的连铸坯进行试验, 一定程度上消除了原始连铸坯料对带状影响的差异。保温温度为 1 180 ~ 1 260 °C 某

一目标温度进行保温, 消除了高温保温温度差异的影响, 仅分析加热时间对带状级别的影响, 通过不同时间的高温保温可明显看出保温时间越长, 碳化物带状级别越低。

3 生产验证

通过试验确定要保证带状达到 GB/T18254-2016 级别要求需要至少 2.5 h 保温, 要达到特级优质钢则需要 4.5 h 以上, 故在生产过程中特别要求进行少批量延长保温时间的试验, 轧制 Φ50 ~ 60 mm 规格材, 采取保温温度为 1 180 ~ 1 260 °C 某一目标温度, 采取保温时间为 4.5 ~ 25 h 不等, 共连续试制 40 批次, 每批次检验 5 块试样, 对其碳化物带状按 GB/T18254-2016 套圈用料进行检验, 得出每批次平均带状级别、最高带状级别与加热关系见图 2。

可见保温时间在 6.5 ~ 13.0 h 时, 碳化物带状级别有明显降低趋势, 随着保温时间的延长, 在 13 ~ 24 h, 带状没有明显改善, 可见随着保温时间延长高温扩散效果是逐渐减弱的。在 10 h 以下时碳化物带状基本达到 2 级要求, 但个别批次会出现 2.5 级, 完全满足 GB/T18254-2016 特级优质钢的要求; 当保温时间大于 13 h 时, 带状级别多数可达到 1.5

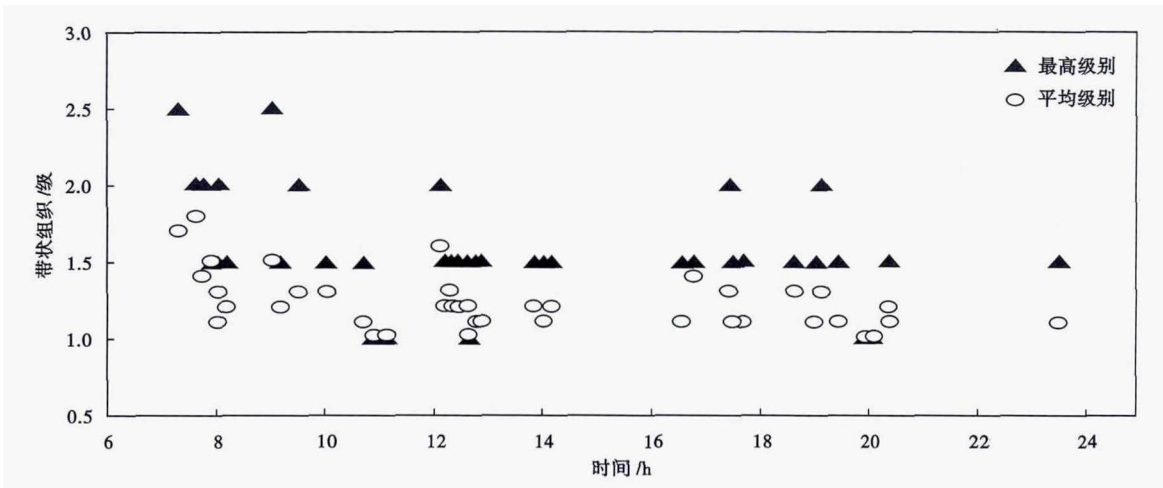


图2 连铸坯1 180~1 260 ℃加热时间对 GCr15 轴承钢热轧材带状组织级别的影响

Fig. 2 Effect of holding time of casing bloom at 1 180~1 260 ℃ on rating of banded structure of hot-rolled products of bearing steel GCr15

级,但不能完全满足 1.5 级标准,再经长时间保温带状级别变化不大。故在生产时应按照客户需求采取不同的加热制度降低成本,且不宜无限制的延长高温扩散时间进行改善带状。

4 结论

GCr15 钢 300 mm×400 mm 连铸坯 1 180~1 260 ℃高温扩散为 6.5~13.0 h 时,延长保温时间可降低带状级别,当保温时间为 4.5~6.5 h、6.5~10 h 和 ≥13 h 时,Φ60 mm 材的带状级别分别达 2.5 级、2 级和 1.5 级。可根据不同带状级别要求,设定相应的保温时间。

参考文献

- [1] 余 雷,徐海霞. 两火材生产 GCr15 热轧轴承钢碳化物的控制[J]. 黑龙江冶金,2013,33(3):14-16.
- [2] 班 君,罗 燕,王金玲等. 轴承钢带状碳化物评定[J]. 哈尔滨轴承,2005,26(1):87-90.
- [3] 刘 靖,韩静涛,席军良,等. GCr15 轴承钢加热温度与碳化物的溶解扩散[J]. 金属热处理,2008,33(10):87-90.
- [4] 梁启华,黄 涛,宋满堂,等. 轴承钢退火工艺对带状组织的影响[J]. 中国冶金,2014,24(9):26-28,38.
- [5] 董中奇,陈 敏,陈 锐,等. 高温扩散工艺制度对 GCr15 钢碳化物析出的影响[J]. 轴承,2011(7):25-28.

余 雷(1985-),男,工程师,2008 年辽宁工程技术大学(本科)毕业,轴承钢研发。E-mail:397582423@qq.com

收稿日期:2017-12-28

欢迎订阅 2018 年《特殊钢》杂志

全国各地邮局均可订阅(可破订)

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

邮编:435001

地址:湖北省黄石市黄石大道316号新冶钢-大冶特殊钢股份有限公司《特殊钢》杂志社