

· 组织和性能 ·

热处理工艺对 SAE8620H 低碳齿轮钢带状组织的影响

谢文新^{1,2} 李国忠^{1,2} 曹红福¹

(1 江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江阴 214429; 2 北京科技大学冶金与生态工程学院, 北京 100083)

摘要 试验了由 300 mm × 340 mm 连铸坯生产的 SAE8620H 齿轮钢(0.19C、0.48Cr、0.48Ni、0.18Mo、0.032Al)Φ100 mm 轧材在热轧、完全退火(930 ℃ 1 h 炉冷至 650 ℃ 1 h 空冷)以及等温退火(930 ℃ 1 h 出炉快冷至 650 ℃ 1 h 空冷)3 种状态下的带状组织。结果表明,完全退火后轧材带状级别较热轧态高;因 930 ~ 650 ℃ 快冷抑制先共析铁素体的析出,等温退火轧材带状级别较热轧态低 1.0 ~ 1.5,显著改善了钢的带状组织。

关键词 低碳齿轮钢 等温退火 带状组织

Effect of Heat Treatment Process on Banding Structure of Low Carbon Gear Steel SAE8620H

Xie Wenxin^{1,2}, Li Guozhong^{1,2} and Cao Hongfu¹

(1 Xingcheng Special Steel Co Ltd, Jiangyin 214429; 2 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract Banding structure of Φ100 mm rolled products produced by 300 mm × 340 mm cast bloom of gear steel SAE8620H (0.19C, 0.48Cr, 0.48Ni, 0.18Mo, 0.032Al) with 3 process conditions- hot rolled, completed annealed treatment-heating at 930 ℃ 1 h furnace cooling to 650 ℃ 1 h air cooling, and isothermal annealed treatment-heating at 930 ℃ 1 h outside furnace quick cooling to 650 ℃ 1 h air cooling has been tested. Results showed that the rating of banding structure of completed annealed rolled-products was higher than that of hot rolled; and the rating of banding structure of isothermal annealed rolled-products was lower than that of hot rolled by 1.0 ~ 1.5, due to quick cooling from 930 ℃ to 650 ℃ to inhibit proeutectoid ferrite precipitation that obviously improved the banding structure of steel.

Material Index Low Carbon Gear Steel, Isothermal Annealing, Banding Structure

1 试验材料和方法

SAE8620H 钢(表 1)Φ100 mm 轧材由 300 mm × 340 mm 铸坯轧成。带状组织试样加工成 1/4 直径长度。

表 1 SAE8620H 试验钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test steel SAE8620H /%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
0.19	0.22	0.76	0.011	0.023	0.48	0.48	0.18	0.032

带状组织试样是轧制同一炉同一规格的情况下,按不同的热处理制度进行处理,对试样沿轧制方向抛光、腐蚀,用 Nikon 金相显微镜观察并拍摄 100 倍的照片。

2 试验结果及分析

2.1 热轧状态下的带状组织

分别从热轧材边部、1/2 半径至中心部位观察带状组织如图 1(a₁, a₂, a₃)所示。由图 1(a₁, a₂, a₃)可见,从钢材的边缘至中心部位带状组织有加重的趋

势。由于 SAE8620H 钢在轧制后不易产生贝氏体组织,在热轧状态下能获得平衡的铁素体和珠光体组织,带状组织的评级边部为 1 ~ 1.5 级、1/2 半径处为 2 ~ 2.5 级、心部为 3 ~ 3.5 级。

在 Ar₃ ~ Ar₁ 温度区间轧制时,由于铁素体和奥氏体同时变形,形成带状,铁素体带更为严重细小,在温度低于 Ar₁ 后,奥氏体转变为珠光体,而铁素体仍保持为带状。同时由于钢材中的 MnS 等夹杂物沿主要伸长方向分布,冷却时铁素体在被拉长的 Mn 杂质上优先形核析出,排列成行,珠光体也随之成行析出,形成带状组织。

合金元素对带状组织级别也有不同的影响。生产实践表明,Cr-Mo 系和 Cr-Ni-Mo 系齿轮钢材的带状组织比 Cr 系、Cr-Mn-Ti 系、Mn-Cr 齿轮钢的带状组织较严重,这主要是因为 Ni 和 Mo 元素是强碳化物形成元素,能促进钢的热轧组织向贝氏体组织转变,形成合金碳化物,而更易于促进贫碳的铁素体组织的形成。

根据金属的凝固理论^[1],连铸坯在凝固过程中形成的初生坯壳,组织致密成分均匀,偏析较小,随

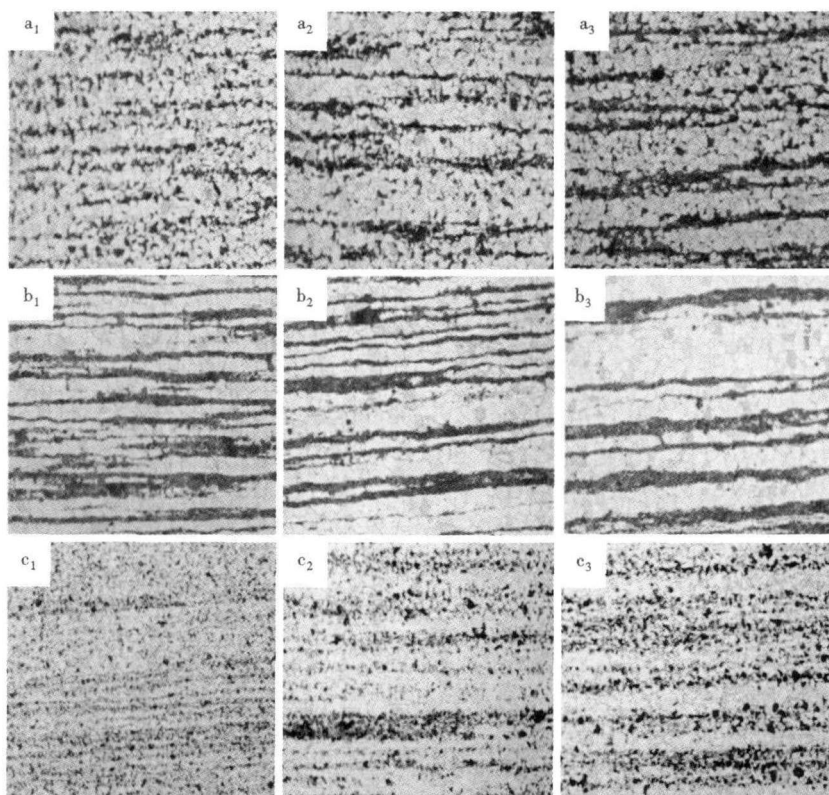


图1 不同状态SAE8620H钢 $\Phi 100$ mm轧材的带状组织, $\times 100$: (a_1, a_2, a_3) 热轧; (b_1, b_2, b_3) 完全退火; (c_1, c_2, c_3) 等温退火; a_1, b_1, c_1 -边缘; a_2, b_2, c_2 -半径1/2处; a_3, b_3, c_3 -中心

Fig.1 Banding structure of steel SAE8620H $\Phi 100$ mm rolled-products with different process conditions, $\times 100$: (a_1, a_2, a_3) hot rolled; (b_1, b_2, b_3) completed annealed; (c_1, c_2, c_3) isothermal annealed; a_1, b_1, c_1 - at edge; a_2, b_2, c_2 - at 1/2 radius; a_3, b_3, c_3 - at center

着结晶的进行,从边部到中心产生较大的温度梯度,形成了柱状晶,在枝晶间富集了杂质,并加大了元素的偏析,在最后凝固部分由于液相穴的固液交界面的树枝晶被液体的对流运动而折断,形成粗大等轴晶,富集有大量的合金元素及杂质。因此对应轧材的带状组织从边部至中心逐渐加重,理论分析与实际结果也是一致的。

2.2 完全退火状态对带状组织的影响

图1(b_1, b_2, b_3)是试样在 $930\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下保温1 h,随炉缓冷至 $650\text{ }^\circ\text{C}$ 保温1 h,再出炉空冷后不同部位的带状组织。

从图1(b_1, b_2, b_3)看出,观察试样对应不同部位的带状组织均比热轧状态下的严重,评级高0.5~1.5级。由于试样进行完全退火,冷速很慢,先共析铁素体充分地以条带状沿轧制方向析出,因而带状组织也严重。

2.3 等温退火对带状组织的影响

所谓齿轮毛坯的等温退火是在高温下保持一定

时间后,快速冷却至珠光体的转变温度再保温一段时间的退火工艺。本试验的目的是模拟齿轮毛坯在等温退火工艺下的带状组织级别。图1(c_1, c_2, c_3)是试样在 $930\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下保温1 h,出炉快冷至 $660\sim 680\text{ }^\circ\text{C}$ 并置于珠光体的转变温度 $650\text{ }^\circ\text{C}$ 保温炉内1 h,再出炉空冷后的等温退火状态下不同部位的带状组织。

等温退火后的带状组织比完全退火带状组织级别要好,由于奥氏体化后采用快冷方式冷却至珠光体的转变温度,可抑制先共析铁素体的析出,铁素体带状不明显,所以其评级也较低,比退火状态下的带状组织级别低1~1.5级。

文献[2]认为,高温轧制快速冷却可减轻带状组织。较高的终轧温度及较大的道次变形量易于破碎枝晶,轧后形成均匀的奥氏体组织,随着终轧温度降低,轧后逐渐形成未再结晶奥氏体组织,而轧后快冷可抑制碳的不均匀性,使之形成较均匀的先共析铁素体和珠光体,能有效控制带状组织形成。

3 结论

SAE8620H低碳齿轮钢 $\Phi 100$ mm热轧材经 $930\text{ }^\circ\text{C}$ 完全退火后的带状级别较热轧材高0.5~1.5级;但热轧材经 $930\text{ }^\circ\text{C}$ 加热后出炉快冷、至 $660\sim 680\text{ }^\circ\text{C}$ 并在 $650\text{ }^\circ\text{C}$ 等温1 h的等温退火后,其带状组织级别较热轧材低1~1.5级,可满足工艺和技术要求。

参考文献

- 1 蔡开科,程上富.连续铸钢原理与工艺.北京:冶金工业出版社,1994
- 2 冯光宏.在未结晶区大压下后加速冷却工艺对钢板带状组织的影响.钢铁研究学报,1999,11(60):14

谢文新(1966-),男,高级工程师,1989年上海大学毕业,炼钢生产技术管理。

收稿日期:2008-07-16