

铸锭加热和锻后热处理工艺对 18CrNiMo7-6 钢 $\Phi 540$ mm 棒材带状的影响

刘金鑫 赵敏 冯桂萍 赵智刚 程丽杰 于忠洋

(抚顺特殊钢股份有限公司技术中心, 抚顺 113001)

摘要 试验 18CrNiMo7-6 重型齿轮钢 (/% : 0.165C, 0.59Mn, 0.24Si, 0.006S, 0.008P, 1.56Ni, 1.71Cr, 0.28Mo, 0.034Al, 0.0129N) 的生产流程为 60 t UHP EAF-LF-VD-12.5 t 铸锭工艺。试验研究了钢锭加热工艺 (1 200 ~ 1 220 $^{\circ}\text{C}$, 7-8 h ~ 13-15 h), 锻材完全退火 (900 $^{\circ}\text{C}$ 12 h, ≤ 80 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 至 650 $^{\circ}\text{C}$ 50 h, 空冷)、等温退火 (900 $^{\circ}\text{C}$ 12 h, 空冷至 650 $^{\circ}\text{C}$ 50 h, 空冷) 和正火 (900 $^{\circ}\text{C}$ 12 h, 空冷) 工艺对 $\Phi 540$ mm 锻材带状组织的影响。结果表明, 钢锭 1 200 ~ 1 220 $^{\circ}\text{C}$ 7-8 h 加热, 锻材经完全退火、等温退火或正火处理后其带状级别分别为 4.0、3.5 和 3.0, 钢锭经 1 200 ~ 1 220 $^{\circ}\text{C}$ 13-15 h 加热, 锻材经正火处理后其带状级别为 2.5, 为最佳工艺。

关键词 18CrNiMo7-6 齿轮钢 $\Phi 540$ mm 锻材 铸锭高温扩散 正火 退火 带状组织

Effect of Ingot Heating and Forged Products Heat Treatment Process on Banded-Structure of $\Phi 540$ mm Bar of Steel 18CrNiMo7-6

Liu Jinxin, Zhao Min, Feng Guiping, Zhao Zhigang, Cheng Lijie and Yu Zhongyang
(R&D Center, Fushun Special Steel Co Ltd, Fushun 113001)

Abstract Process flowsheet of test heavy gear steel 18CrNiMo7-6 (/% : 0.165C, 0.59Mn, 0.24Si, 0.006S, 0.008P, 1.56Ni, 1.71Cr, 0.28Mo, 0.034Al, 0.0129N) is 60 t UHP EAF-LF-VD-12.5 t ingot casting process. The effect of ingot heating process (1 200 ~ 1 220 $^{\circ}\text{C}$, 7-8 ~ 13-15 h), forged product complete annealing (900 $^{\circ}\text{C}$ 12 h, with ≤ 80 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ slow cooling to 650 $^{\circ}\text{C}$ 50 h, air cooling), isothermal annealing (900 $^{\circ}\text{C}$ 12 h, air cooling to 650 $^{\circ}\text{C}$ 50 h, air cooling) and normalizing (900 $^{\circ}\text{C}$ 12 h, air cooling) process on banded structure of $\Phi 540$ mm forged bar has been tested and studied. Results show that as ingot heating at 1 200 ~ 1 220 $^{\circ}\text{C}$ for 7-8 h, the rating of banded-structure of forged bar by complete annealing, isothermal annealing or normalizing process is respectively 4.0, 3.5 and 3.0, while as ingot heating at 1 200 ~ 1 220 $^{\circ}\text{C}$ for 13-15 h, then normalized, the rating of banded-structure of forged bar is 2.5, it is an optimum process.

Material Index Gear Steel 18CrNiMo7-6, $\Phi 540$ mm Forged Bar, Ingot High Temperature Diffusion Process, Normalizing, Annealing, Banded-Structure

渗碳齿轮用 18CrNiMo7-6 钢, 广泛用于风电、减速机、机车等行业的大型齿轮, 特别是重型卡车和沿海机械传动齿轮, 当前也用于中国新的电力机车传动系统齿轮^[1-3]。钢中带状组织容易引起变速箱噪音大、齿轮维氏硬度不均, 且影响齿轮使用寿命, 因此, 基本要求带状组织 ≤ 3.0 级。目前关于带状组织的研究, 主要是 20CrMnTi、8620 系列等汽车用小型齿轮钢^[4-5]。本文对大型齿轮用 18CrNiMo7-6 钢的带状组织进行研究, 对于大型锻件, 钢中 Cr、Ni、Mo 合金元素和碳的偏析较重, 经一般退火后存在比较严重的带状组织^[6], 因此, 必须在锻后热处理过程中控制带状组织级别。

1 试验材料和方法

试验 18CrNiMo7-6 钢的化学成分见表 1。采用公称容量 60 t 的超高功率电弧炉冶炼, LF 精炼, VD 真空脱气, 模铸 12.5 t 钢锭, 浇注温度 1580 $^{\circ}\text{C}$; 钢锭采用 60 t 煤气炉加热,

加热温度 1 200 ~ 1 220 $^{\circ}\text{C}$, 保温 12 h; 3150 t 快锻机锻造后成材 $\Phi 540$ mm 规格, 一锭一材; 采用 60 t 煤气炉加热到 860 $^{\circ}\text{C}$, 保温 8 h 后出炉采用水-空交替淬火冷却方法^[7] 进行淬火处理, 总冷却时间 55 min, 钢材出水空冷 20 min 温度在 150 ~ 190 $^{\circ}\text{C}$; 采用公称容量 15 t 电炉单支进行不同的热处理工艺试验。按表 2 中热处理制度进行热处理后, 在成品钢材上半径 1/2 处切取楔形样品, 按照 GB/T13299-1991 标准, 使用蔡司金相显微镜检验带状组织。

2 试验结果与分析

钢材加热到 A_{c3} 温度 856 $^{\circ}\text{C}$ 以上 30 ~ 50 $^{\circ}\text{C}$, 充分奥氏体化后以不同的冷却速度进行固态相变将会得到不同的组织。18CrNiMo7-6 钢中含 Cr、Ni、Mo 等

表 1 18CrNiMo7-6 试验钢的化学成分 / %
Table 1 Analysis of test steel 18CrNiMo7-6 / %

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	N
0.165	0.59	0.24	0.006	0.008	1.56	1.71	0.28	0.034	0.15	0.0129

表2 钢锭加热和钢材热处理制度及带状组织级别

Table 2 Ingot heating and forged bar heat treatment schedule and rating of banded-structure

代号	锻造前钢锭加热参数		钢材热处理参数	带状/级
	温度/℃	保温时间/h		
1	1 200 ~ 1 220	7-8	完全退火(900 ℃ 12 h, ≤80 ℃/h 缓冷至 650 ℃ 50 h, 空冷)	4.0
2	1 200 ~ 1 220	7-8	等温退火(900 ℃ 12 h, 空冷至 650 ℃ 50 h, 空冷)	3.5
3	1 200 ~ 1 220	7-8	正火(900 ℃ 12 h, 空冷)	3.0
4	1 200 ~ 1 220	13-15	正火(900 ℃ 12 h, 空冷)	2.5

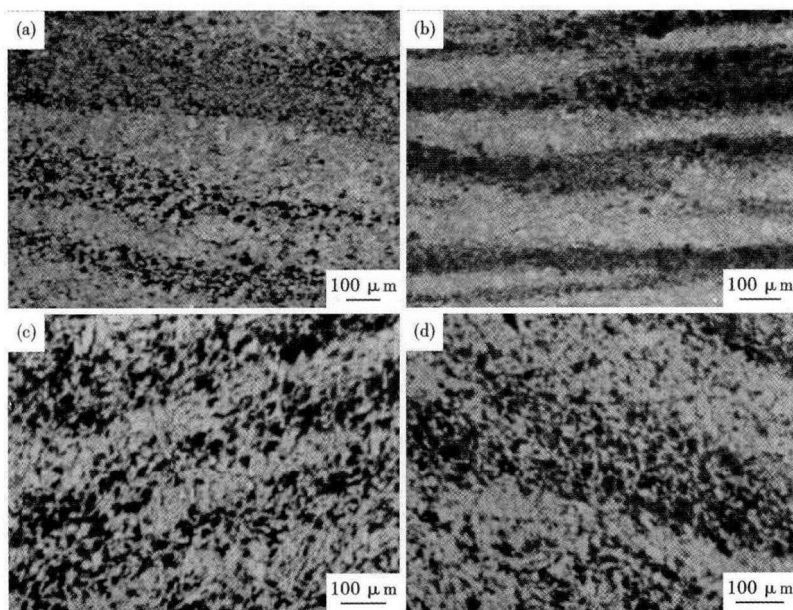


图1 (Φ540 mm 锻材)的带状组织形貌:钢锭1 200 ~ 1 220 ℃ 7-8 h 加热-(a)完全退火;(b)等温退火;(c)正火;钢锭1 200 ~ 1 220 ℃ 13-15 h 加热-(d)正火

Fig. 1 Morphology of banded-structure in Φ540 mm forged bar, ingot heating at 1 200 ~ 1 220 ℃ for 7-8 h: (a) complete annealing; (b) isothermal annealing; (c) normalizing; ingot heating at 1 200 ~ 1 220 ℃ for 13-15 h; (d) normalizing

元素,这些元素均能显著增加过冷奥氏体在珠光体区的稳定性,相变孕育期增长,珠光体形成速度减慢。当从高温状态下冷却时,先共析铁素体优先在相当于较纯的原枝晶干部位的奥氏体晶界析出,同时碳向周围的奥氏体区扩散,温度越高、冷却速度越慢,碳扩散越充分,扩散距离越远,所以形成的铁素体条带明显^[8]。

由试验结果(表2)和显微组织照片(图1)可以看出,钢材完全退火后,带状组织最严重;钢锭经高温扩散、钢材经正火后带状组织最轻;钢材经等温退火或正火处理,带状组织介于前两者之间。主要原因是钢材经完全退火,即奥氏体化后缓慢冷却到650 ℃后进行保温,先共析铁素体得到充分转变与析出,因此,铁素体和珠光体条带状明显且宽,即带状组织最严重;钢材经等温退火,即奥氏体化后空冷

至650 ℃后进行保温,部分抑制了先共析铁素体的形成,因此,带状组织比完全退火轻;钢材直接正火,即奥氏体化后空冷,与等温/完全退火相比,最大部分的抑制先共析铁素体的形成,因此,比等温/完全退火带状组织都轻;钢材高温扩散、钢材正火处理,其带状组织级别最轻,主要原因是钢锭经高温扩散后,原来偏析较重的合金元素Cr、Ni、Mo得到一定的均匀化,一定程度上破坏了带状组织形成的基础,钢材再正火处理,最大部分的抑制先共析铁素体的形成,因此,带状组织最轻。

3 结论

(1)钢中带状组织的严重与否取决于钢材奥氏体化后的冷却方式,抑制先共析铁素体的析出是控制带状组织的有效方法。

(2)钢锭加热和锻造工艺相同时,钢材正火处理比完全退火和等温退火带状组织降低0.5~1.0级。

(3)钢材正火处理前,钢锭高温扩散比不经高温扩散带状组织降低0.5级。

参考文献

- [1] Zhao Ya-ping, Wang Mao-qiu, Yuan Ji-guo. The Effect of V-Nb on the Growth of Austenite Grains in 17CrNiMo6 Gear Steel [J]. Baosteel Technical Research, 2008, 2(2): 46-50.
- [2] 王爱香,高金柱,顾敏. 新型高合金齿轮渗碳钢17CrNiMo6的热处理[J]. 金属热处理, 2010, 35(10): 82-86.
- [3] 肖国华,董翰,王毛球,等. 钙硫比对18CrNiMo7-6钢中硫化物热变形性能的影响[J]. 机械工程材料, 2010, 34(11): 14-17.
- [4] 赵德寅. 20CrMnTi钢带状偏析对渗碳后组织的影响[J]. 吉林工学院学报, 1995, 16(3): 53-55.
- [5] 谢文新,李国忠,曹红福. 热处理工艺对SAF8620H低碳齿轮钢带状组织的影响[J]. 特殊钢, 2009, 30(1): 58-59.
- [6] 华公平,晁国强,侍继香. 20CrNi2Mo钢带状组织的形成与消除[J]. 试验研究, 2003, 10(5): 7-10.
- [7] 陈乃录,左训伟,徐骏,等. 数字化控时淬冷工艺及设备的研究与应用[J]. 金属热处理, 2009, 34(3): 37-41.
- [8] 陈锋. 汽车齿轮钢带状组织与热处理[J]. 上海钢研, 2006(2): 44-49.

刘金鑫(1978-),男,硕士(辽宁科技大学),工程师,结构钢工艺技术及研发。E-mail: jinxinliu19780609@126.com

收稿日期:2014-10-08