

控轧控冷和冷床保温工艺对 42CrMo 钢 $\Phi 50$ mm 轧材力学性能的影响

金启邦¹ 孙世平¹ 王青海² 年国恩¹ 鲜奋强³

(西宁特殊钢集团有限责任公司 1 精品小棒线分厂; 2 股份公司; 3 技术中心, 西宁 810005)

摘要 根据棒材线在生产 42CrMo 钢 $\Phi 50$ mm 轧材容易造成硬度偏高, 不能满足协议要求。通过控轧控冷结合冷床保温措施, 终轧温度由原 967 ~ 970 °C 降到 860 °C, 冷却速率由原 0.35 °C/s 降低到 0.17 °C/s, 金相组织从之前的非平衡态组织贝氏体 + 铁素体 + 珠光体优化为铁素体 + 珠光体, 使 HB 硬度值由原 317 降至 252。由此工艺生产的 $\Phi 50$ mm 轧材具有良好的综合力学性能。

关键词 42CrMo 钢 控轧控冷 冷床保温 力学性能

Effect of Controlled Rolling and Controlled Cooling and Cooling Bed Heat Preservation Process on Mechanical Properties of 42CrMo Steel $\Phi 50$ mm Rolled Bar

Jin Qibang¹, Sun Shiping¹, Wang Qinghai², Nian Guoen¹ and Xian Fenqiang²

(1 High-quality Small Bar Rolling Factory, 2 Limited Company, 3 Technology Center, Xining Special Steel Group Co Ltd, Xining 810005)

Abstract According to the bar line in hardness value of steel 42CrMo $\Phi 50$ mm rolled bar too large can not meet the requirements of agreement, through controlled rolling and controlled cooling combined with cooling bed heat preservation measures to decrease the finishing rolling temperature from original 967 ~ 970 °C to 860 °C, and reduce the cooling rate from original 0.35 °C/s to 0.17 °C/s, and optimize the metallographic structure from the previous non-equilibrium phase bainite + ferrite + pearlite to ferrite + pearlite, the HB hardness value of steel decreases from original 317 to 252. Therefrom, the $\Phi 50$ mm rolled bar produced by this process has good comprehensive mechanical properties.

Material Index 42CrMo Steel, Controlled Rolling and Controlled Cooling, Cooling Bed Heat Preservation, Mechanical Properties

42CrMo 钢淬透性好^[1], 强度高, 受力性能强, 具有优异的综合力学性能, 其广泛应用于盾构机零件^[2]、汽车机械零件、航空航天等多方面领域^[3]。近年来, 为了方便剪切下料, 厂家对 42CrMo 钢的硬度控制制定了更高的标准, 目前协议要求 HBW 硬度值一般需要小于 270^[4]。部分厂家^[5]采用快床高温锯切后保温的方式来控制棒材硬度, 虽然效果显著, 但过程繁琐。

本文通过控轧控冷工艺结合冷床保温来降低 42CrMo 钢的硬度, 研究了此工艺对钢材力学性能的影响, 探索了冷床保温时保温罩的预热影响以及控轧控冷工艺结合保温工艺的有效性。

1 实验方案与材料

实验用 $\Phi 50$ mm 42CrMo 钢棒材的化学成分如表 1 所示, 轧制坯料规格为 250 mm × 280 mm, 通过法孚斯坦因步进梁加热炉对钢坯进行加热, 其加热一段 1 130 ~ 1 120 °C, 加热二段 1 140 ~ 1 200 °C, 均

热段 1 160 ~ 1 210 °C。通过高压水除鳞然后经过 8 架平立粗轧机, 5 架平立一中轧机, 轧制时利用水环控制过程温度和终轧温度, 具体工艺参数见表 2。工艺 1 采用常规轧制, 工艺 2 为常规轧制钢材刚上冷床后放下保温罩进行保温冷却, 工艺 3 为常规轧制后保温罩被烘烤 1 h 进行保温冷却, 工艺 4 为控轧控冷工艺结合烘烤后保温罩冷却。

2 结果分析与讨论

表 2 为 42CrMo 钢加热工艺与终轧温度。通过 8 架水环及一中轧机水环上线, 控制棒材终轧温度, 前三种工艺均未采用控轧控冷工艺, 故终轧温度为 967 ~ 970 °C, 工艺 4 终轧温度为 860 °C。轧件的过程温度控制如表 3 所示, 前三种工艺上床温度为

表 1 42CrMo 钢的化学成分/%

Table 1 Chemical component of 42CrMo steel/%

C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	Mo
0.42	0.27	0.77	1.10	0.012	0.0017	0.02	0.22

表 2 42CrMo 钢的加热工艺与终轧温度

Table 2 Heating process and finishing rolling temperature of 42CrMo steel

工艺	加热一段/℃	加热二段/℃	均热段/℃	终轧温度/℃
1				
2	1 030 ~ 1 120	1 140 ~ 1 200	1 160 ~ 1 210	967 ~ 970
3				
4				860

表 3 42CrMo 钢的过程温度、金相组织和 HB 硬度值

Table 3 Process temperature, metallographic microstructure and HB hardness value of 42CrMo steel

工艺	上冷床温度/℃	保温开始/℃	保温结束/℃	冷却速率/(℃·s ⁻¹)	组织	HB 硬度值
1		空冷	空冷	0.35	B + F + P	317
2	947 ~ 953		645	0.33	B + F + P	303
3		920	690	0.28	B + F + P	273
4	833	810	452	0.17	F + P	252

947 ~ 953 ℃, 工艺 4 上冷床温度为 833 ℃。通过控制加热炉出钢节奏, 延缓冷床间隔上钢时间, 控制工艺 4 的开始保温温度, 较前三种工艺低 110 ℃, 此措施是为了保证棒材的保温开始温度接近于高温相变温度^[6]。通过控制冷床运动时间, 棒材出保温罩时的温度为 452 ℃, 冷却速率低至 0.17 ℃/s, 远远小于前三种工艺。工艺 2 跟工艺 3 均采用常规轧制工艺, 加热炉出钢节奏、终轧温度、开始保温温度与冷床运动速度均一致, 但是工艺 3 的保温结束温度高于工艺 2, 冷却速率低于工艺 2, 说明预热后的保温罩保温效果优于未预热状态。

从表 3 可以看出, 随着冷却速率的降低, 样品的硬度值降低。由于工艺 1 采用常规轧制加空冷的工艺, 冷却速率高达 0.35 ℃/s, 相应的, 平均 HB 硬度值高达 317, 工艺 2 和工艺 3 HB 硬度值为 303、273, 工艺 4 冷却速率为 0.17 ℃/s, HB 硬度值为 252, 能够看出控轧控冷结合冷床保温可以有效控制 42CrMo 钢棒材的硬度。

工艺 2 跟工艺 3 均采用常规轧制加冷床保温工艺, 但硬度值却有很大的差异, 工艺 2 的平均硬度值接近工艺 1, 工艺 3 的硬度值明显低于工艺 2。造成这种结果的主要原因是工艺 2 在保温时, 保温罩温度是处于室温状态, 而工艺 3 在保温时其保温罩已被烘烤 1 h, 故工艺 2 的保温效果完全不如工艺 3, 造成硬度结果差异较大。从图 1 可以看出, 工艺 2 的外层硬度明显高于工艺 3。此外, 对工艺 2 横截面的两个半圆部位进行硬度测试, 其靠近未预热保温罩的一侧硬度较冷床矫正棚一侧要高, 这是由于冷床矫正棚已被预热。结合冷却速率的不同, 证明了保温效果的差异是造成硬度差异的主要问题。

图 2(a, b) 分别是两种工艺二分之一半径处的金相组织, 图 2(c, d) 为两种工艺的中间部位。常规轧制加空冷工艺使棒材表面出现了大量的贝氏体组

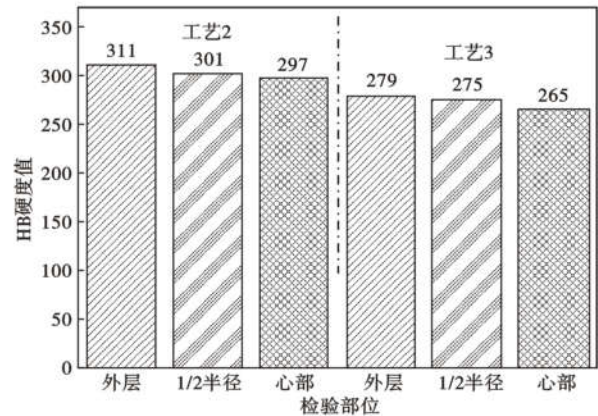


图 1 工艺 2 和工艺 3 轧材不同位置的 HB 硬度值
Fig. 1 HB hardness value at different positions at rolled product produced by process No2 and process No3

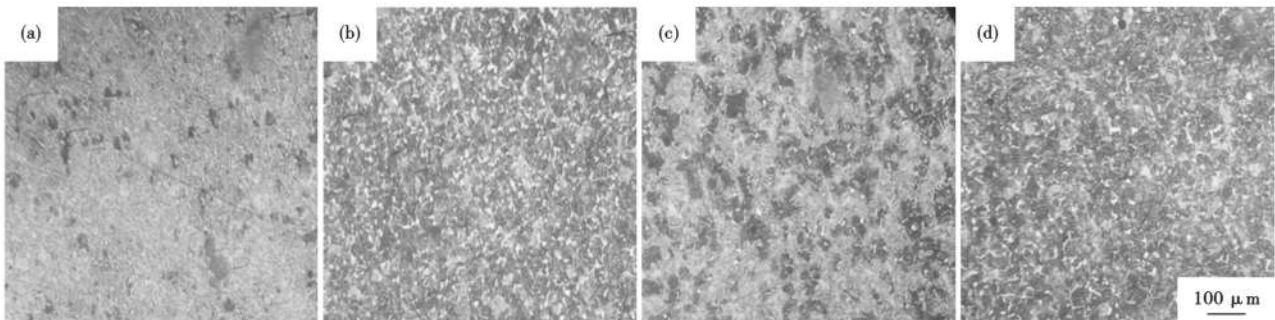


图 2 工艺 1(a, c) 和工艺 4(b, d) 轧材金相照片: (a) 和 (b) 1/2 半径; (c) 和 (d) 中心

Fig. 2 Metallographic microstructure photos of rolled bar of process No 1 (a, c) and process No 4 (b, d): (a) and (b) 1/2R; (c) and (d) center

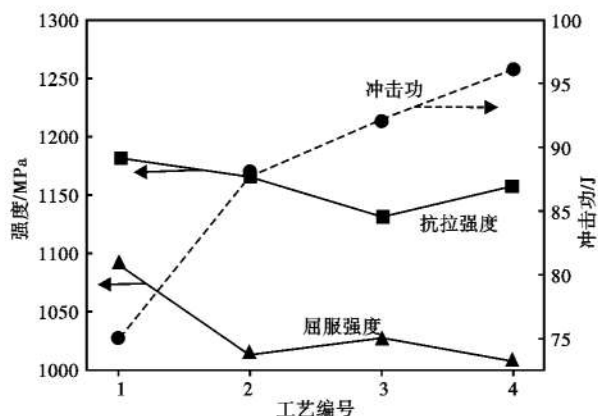


图3 轧制工艺对42CrMo钢的力学性能的影响

Fig. 3 Effect of rolling process on mechanical properties of 42CrMo steel

表4 42CrMo钢各轧制工艺轧材的A和Z

Table 4 A and Z of each rolling process of 42CrMo steel rolled bar

工艺	断后伸长率(A)/%	断面收缩率(Z)/%
1	14.0	47
2	14.5	50
3	14.5	55
4	15.5	57

织,棒材心部的珠光体与铁素体组织很少,心部也存在大量的贝氏体组织。控轧控冷结合冷床保温的工艺所生产的工艺4的棒材,其半径部位与棒材心部金相组织基本相同且均匀,组织为珠光体加铁素体,不存在贝氏体组织。通过查阅文献可知,常规轧制时,过冷奥氏体状态稳定,铁素体与珠光体出现的比率小,贝氏体出现的机会多。通过水环上线控制终轧温度,降低终轧温度,使终轧奥氏体产生形变诱导效应,相对于常规轧制工艺,过冷奥氏体的状态不稳定,在高温相变冷却时容易相变为珠光体和铁素体组织^[7]。此外,预热后的保温罩以及结合出钢节奏与冷床速度有效降低了棒材的冷却速度,得到了珠光体加铁素体的平衡组织。

图3及表4分别为四种工艺的力学性能与拉伸性能结果,综合比较可知工艺4的综合力学性能最好,其抗拉强度达到1157 MPa,屈服强度达到1007 MPa,相对于工艺1,抗拉强度及屈服强度略有下降,但冲击功有所增加。断后伸长率及断面收缩率较工艺1分别增加1.5个百分点和10个百分点。

3 工艺优化

从实验结果中可以看出,保温罩预热之后才有良好的保温效果。所以在生产重点钢种时,保温罩应提前进行预热,才能有效发挥保温罩的保温效果。

此外,棒材的开始保温温度也是一个需要重点关注的要点,如果开始保温的温度过高,保温罩就丧失了高温相变区间控制冷速的作用,保温结束后棒材或许还未降到高温相变温度区间,严重的情况是保温结束后刚好到达中温相变区间,则棒材组织中容易出现大量的贝氏体组织。经目前从现场统计的数据结果来看,开始保温温度在810℃附近最为合适。加热炉出钢节奏和冷床运行速度在控制棒材硬度方面也有很大的影响,合适的出钢节奏和冷床运行速度将有助于保温罩的功能有效发挥。

4 结论

(1)控轧控冷结合冷床保温工艺能够有效降低Φ50 mm 42CrMo钢棒材的硬度,HB硬度值从317降低到252,冷却速率从0.35℃/s降到0.17℃/s,金相组织从之前的贝氏体+少量珠光体+微量的铁素体组织变为铁素体+珠光体。

(2)保温罩的良好预热对控制硬度有着重要的影响,生产重点钢种时应提前预热保温罩,方可有效发挥保温罩的保温效果。棒材的开始保温温度在810℃附近最为合适,从而可以有效控制高温相变区间的冷速,获得珠光体加铁素体的组织。

(3)工艺4抗拉强度达1157 MPa,屈服强度达1007 MPa,工艺4断后伸长率及断面收缩率较工艺1,2,3常规轧制工艺有明显增加。

(4)工艺4一方面能够满足目前下游市场的需求,另一方面降低生产成本,缩短生产周期,提高棒材质量,在提质增效方面有显著作用。

参考文献

- [1]席志伟,罗红梅,孙国栋. 预备热处理对A-F区亚温淬火-回火的42CrMo钢组织和性能的影响[J]. 特殊钢,2019,40(4):47-51.
- [2]郑禹,姜培扬,张豪臻,等. 盾构机轴承套圈用钢连续加热奥氏体晶粒长大模型[J]. 特殊钢,2014,35(6):57-59.
- [3]王刘涛. 高强螺栓用42CrMo钢轧制工艺研究[D]. 马鞍山:安徽工业大学,2016.
- [4]袁付春,叶校瑛,张丹,等. 42CrMo钢轧材组织和硬度控制[J]. 金属热处理,2018,43(11):49-52.
- [5]王玉峰,郑国显,阎岩,等. 降低42CrMo钢轧态硬度的工艺改进[J]. 河北冶金,2010(4):45-46,61.
- [6]刘泽亚,吴俊雄,陈煜海. 降低CrMo钢硬度的研究及改进措施[J]. 金属材料与冶金工程,2018,46(1):29-33.
- [7]李小龙,周敦世,周立新,等. 42CrMo钢轧制工艺优化[J]. 锻压技术,2017,42(1):71-74.

金启邦(1973-),男,工程师,1997年重庆科技学院(本科)毕业,特殊钢棒材生产技术及质量管理。
E-mail:1697192341@qq.com

收稿日期:2021-02-02