

热连轧中间辊道保温工艺对低碳钢相变和组织的影响

徐远军¹ 赵刚¹ 温盾² 魏钢城²

(1 武汉科技大学材料与冶金学院, 武汉 430081; 2 武汉钢铁公司, 武汉 430083)

摘要 利用膨胀法在 Thermecmaster-Z 热模拟实验机上测定了低碳钢 Q235 (0.15C, 0.005B) 1 050 ℃ 30% 变形后经 10, 40, 90 s 保温冷却至 1 000 ℃ 30% 变形, 5 ℃/s 冷却至 880 ℃, 然后以 1, 5, 15, 25 ℃/s 速度冷却的连续冷却转变 (CCT) 曲线。随中间辊道保温时间的延长, 连续冷却相变开始和结束曲线均向右下方移动, 并且钢的室温晶粒逐渐变大。

关键词 Q235 钢 热连轧 中间辊道 保温 CCT 曲线 组织

Effect of Holding Technology at Intermediate Roll Table in Hot Continuous Rolling on Phase Transformation and Structure of Low Carbon Steel

Xu Yuanjun¹, Zhao Gang¹, Wen Dun² and Wei Gangcheng²

(1 Materials and Metallurgy College, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081;
2 Wuhan Iron and Steel Corp., Wuhan 430083)

Abstract The continuous cooling transformation (CCT) curves of low carbon steel Q235 (0.15C, 0.005B) with 1 050 ℃ 30% deformation, holding 10, 40, 90 s and cooling to 1 000 ℃ 30% deformation then cooling with 5 ℃/s to 880 ℃ and cooling with 1, 5, 15 and 25 ℃/s have been measured using dilatometry by Thermecmaster-Z thermal simulation machine. With prolonging holding time at intermediate roll table, the CCT phase transformation beginning and finishing curves moved down to right and grain size of steel at ambient gradually enlarged.

Material Index Steel Q235, Hot Continuous Rolling, Intermediate Roll Table, Holding, CCT Curves, Structure

采用 Thermecmaster-Z 热模拟实验机对 Q235 钢连续冷却转变 (CCT) 曲线进行测定, 并讨论了保温时间对 CCT 曲线的影响, 观测了不同保温时间和不同保温温度转变产物的显微组织。

1 试验材料与方法

试样用 Q235 钢, 在第 1 架精轧机前取出试样, 加工成圆柱试样, 其化学成分如表 1。热连轧主要设备有 2 架粗轧机和 7 架精轧机, 在第 2 架粗轧机和第 1 架精轧机之间是带有保温罩的中间辊道。第 1 架粗轧机是两辊不可逆轧机, 第 2 架是带立辊 4 辊可逆轧机。精轧机组都具有 VCV 辊型。保温罩有 18 个, 每个长 4.5 m, 每两个保温罩之间间隔 50 mm。钢坯原始尺寸宽度 800 ~ 2 150 mm, 厚度 230 ~ 250 mm, 精轧入口钢坯宽度 1 189 ~ 1 215 mm, 厚度 38 ~ 40 mm。成品厚度 1.2 ~ 25.4 mm, 宽度为

700 ~ 2 130 mm。精轧开轧温度为 970 ~ 1 010 ℃。卷取温度为 500 ~ 730 ℃。

连续冷却实验在 Thermecmaster-Z 热模拟实验机上进行, 将试样加热至 1 200 ℃, 保温 5 min 后冷却至 1 050 ℃, 进行第 1 次变形, 变形量为 30%; 分别经过 10, 40, 90 s 的保温后冷却至 1 000 ℃, 进行第 2 次变形, 变形量为 30%; 最后冷却至 880 ℃ 分别以 1, 5, 15, 25 ℃/s 不同的冷却速度进行冷却, 测出不同冷却速度下的膨胀曲线。确定膨胀曲线上的相变温度, 并用 excel 计算机软件绘制 Q235 钢的连续冷却转变图。用金相显微镜分析转变后的组织。

2 试验结果与分析

2.1 CCT 曲线

根据不同冷却速度膨胀曲线上的拐点, 可以确定相变温度。将各相变点标到温度-时间坐标上, 横坐标取对数刻度^[1]。用连线法将各物理意义相同的点连接起来即可绘出 CCT 曲线。3 组 CCT 曲线如图 1 所示。

在不同的保温时间下, 分别有 4 个不同的冷却时间, 对应应有 4 组连续冷却的相变开始温度和相变

表 1 Q235 钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of steel Q235 / %

C	Si	P	S	Cr	Ni	B	Cu
0.15	0.21	0.019	0.021	0.02	0.02	0.005	0.15

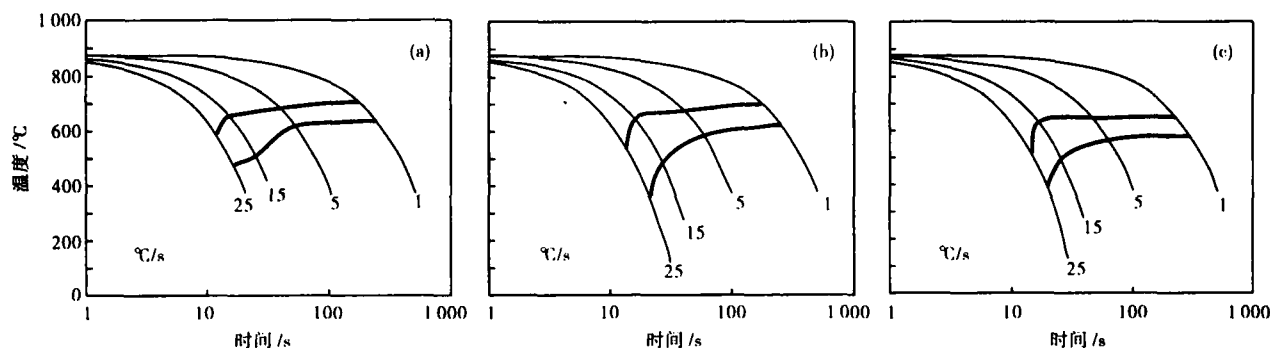


图 1 Q235 钢不同保温时间的 CCT 曲线:(a) 10 s; (b) 40 s; (c) 90 s

Fig. 1 CCT curves of steel Q235 with different holding time: (a) 10 s; (b) 40 s; (c) 90 s

表 2 不同保温时间和冷却速度下的 Q235 钢相变开始与结束温度/℃

Table 2 Phase transformation beginning and finishing temperature of steel Q235 with different holding time and cooling rate /℃

冷却速度/ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$)	保温时间/s					
	10		40		90	
	开始	结束	开始	结束	开始	结束
1	710	641	707	630	652	581
5	682	622	676	592	649	569
15	659	519	659	496	636	496
25	593	480	544	363	523	403

结束温度(表 2)。

为了便于比较,把不同保温时间的 3 组 CCT 曲线的相变开始线和相变结束线用 excel 软件分别绘制在同一个温度-时间图中,横坐标取对数刻度(图 2)。

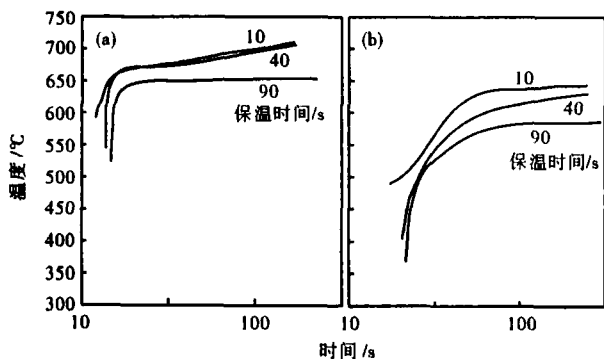


图 2 Q235 钢不同保温时间相变开始(a)和结束(b)曲线

Fig. 2 Phase transformation beginning (a) and finishing (b) curves of steel Q235 with different holding time

由图 2(a)、(b)可以比较出随着保温时间的延长,连续冷却相变开始线和相变结束线都向右下方移动^[2]。向右移动是由于保温时间愈长,碳化物溶解愈完全,奥氏体成分愈均匀,奥氏体晶粒愈粗大,这些均降低奥氏体分解的形核率,延长转变的孕育期,同时温度向空气中散失,从而使奥氏体开始转变

温度降低,所以相变开始线与结束线也向下移。另外,冷却速度越大,过冷度越大,使相变易于进行,相变开始需要的时间越短,其对应相变开始温度越低。

2.2 金相组织

2.2.1 不同保温时间的组织

将试样加热至 1 200 $^{\circ}\text{C}$,保温 5 min 后分别以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却至 1 050 $^{\circ}\text{C}$ 进行第 1 次变形,变形量为 30%;再分别缓冷 10, 40, 90 s 至 1 000 $^{\circ}\text{C}$,进行第 2 次变形,变形量为 30%;再分别以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 冷却至 880 $^{\circ}\text{C}$ 。对于不同保温时间下的试样进行了金相观察,部分试样的金相组织如图 3 所示。

通过观察显微组织可以清晰发现,试样的室温组织基本为铁素体和珠光体,对于同样的变形条件,随保温时间的延长,晶粒明显变大^[2]。这是由于随着保温时间的延长,碳化物溶解完全,奥氏体晶粒逐渐长大,使奥氏体转变后的晶粒尺寸也逐渐变大。

2.2.2 高温下奥氏体组织

将试样加热至 1 200 $^{\circ}\text{C}$,保温 5 min 后,分别以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却至 1 050 $^{\circ}\text{C}$ 进行第 1 次变形,变形量为 30%,再分别缓冷 40 s 至 950, 1 000, 1 050 $^{\circ}\text{C}$ 后淬火。部分不同温度淬火组织如图 4。

高温下淬火主要目的是保留高温下奥氏体组织。淬火后组织基本为马氏体,其尺寸即为高温奥氏体晶粒尺寸。此实验结果是通过实验室仪器测出常温下晶粒平均尺寸,在 950 $^{\circ}\text{C}$ 淬火时的常温下晶粒平均尺寸为 82.026 μm ,在 1 000 $^{\circ}\text{C}$ 淬火时的常温下晶粒平均尺寸为 91.169 μm ,而在 1 050 $^{\circ}\text{C}$ 淬火时的常温下晶粒尺寸为 107.976 μm 。通过比较得知,保温温度越高,高温奥氏体组织的晶粒尺寸越大,这说明保温温度对高温奥氏体晶粒大小有较大影响,奥氏体随着加热温度的升高,晶粒急剧长大。由于晶粒长大是通过原子扩散进行的,而扩散的速度随温度的升高呈指数关系增加。这种奥氏体晶粒的大

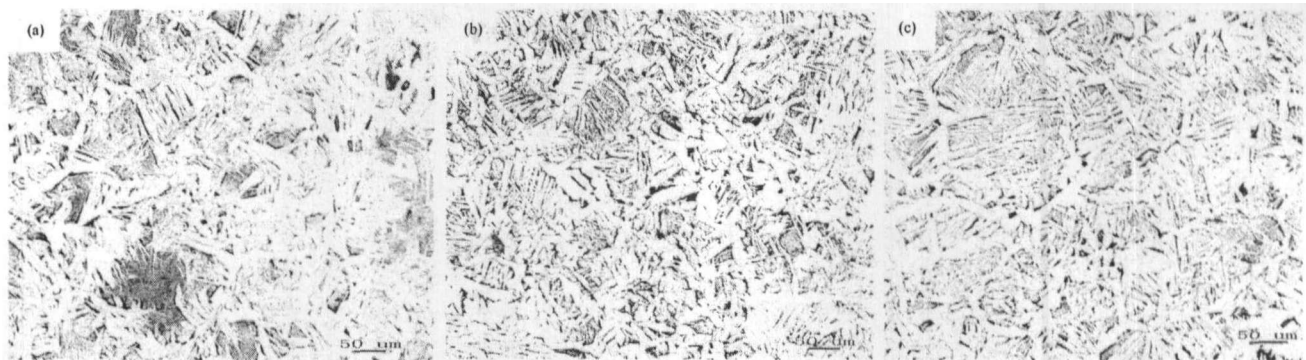


图3 Q235 钢的显微组织 $\times 200$:保温时间-(a) 10 s; (b) 40 s; (c) 90 s
Fig. 3 Structure of steel Q235, $\times 200$: holding time (a) 10 s; (b) 40 s; (c) 90 s



图4 Q235 钢奥氏体组织形貌 $\times 500$:淬火温度-(a) 950 °C; (b) 1000 °C; (c) 1050 °C
Fig. 4 Morphology of structure of austenite in steel Q235, $\times 500$: quenching at (a) 950 °C; (b) 1000 °C; (c) 1050 °C

小会影响到轧后的最终组织结构及性能。

3 结论

(1) 利用膨胀法绘制出 Q235 钢 CCT 曲线, 为此钢种热连轧中间辊道保温轧制工艺提供了依据。

(2) 随着保温时间的延长, 连续冷却相变开始线和相变结束线都向右下方移动, 并且室温下晶粒尺寸逐渐变大。

(3) 保温温度越高对高温奥氏体晶粒影响越大。

参考文献

- 1 张世中. 钢的过冷奥氏体转变曲线图集. 北京: 冶金工业出版社, 1982
- 2 宋维锡. 金属学. 北京: 冶金工业出版社, 1988

徐远军(1981-), 男, 硕士研究生, 2004 年武汉科技大学材料成型与控制专业毕业, 从事轧制过程组织演变和计算机模拟控制研究。

收稿日期: 2006-11-15

下 期 要 目

44Si2CrV 钢弹簧的室温蠕变	刘德富
基于氧化物冶金技术的管线钢凝固脱氧热力学	薛正良等
GCr15 轴承钢高温力学性能的研究	朱立光等
板坯连铸结晶器钢液流场的数值模拟和优化	贾凌锋等
130 t 钢包底吹氩喷嘴布置模式优化的水模型试验	辛 伟等
合金碳化物对剪板机刀具钢 HMB 的组织 and 性能的影响	鲁 松等
GCr15 轴承钢轧件内部应力的有限元分析	陈红卫等