

热处理和热变形对 M2 高速钢铸带中碳化物的影响

张彩东 丁培道 周守则 杨春楮
(重庆大学材料科学与工程学院, 重庆 400044)

摘要 用定量金相法研究了 Gleeble 1500D 自动热模拟机 1 200 °C 热处理和 1 050 ~ 950 °C 40% ~ 60% 热变形对 3 mm M2 (W6Mo5Cr4V2) 高速钢铸带中碳化物直径, 体积分数的影响。研究表明, 高温热处理和热变形可细化 M2 钢铸带中的碳化物尺寸, 改善碳化物分布; 1 200 °C 40 min 热处理 + 50% 热变形可得到较细的碳化物 (0.96 μm) 和均匀的分布。

关键词 M2 高速钢 双辊薄带连铸 热处理 热变形 碳化物

Effect of Heat Treatment and Hot Deformation on Carbide in High Speed Steel M2 Cast-Strip

Zhang Caidong, Ding Peidao, Zhou Shouze and Yang Chunmei
(College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044)

Abstract The effect of 1 200 °C heat treatment and 40% ~ 60% hot deformation at 1 050 ~ 950 °C on diameters and volume fraction of carbide in 3 mm cast-strip of high speed steel M2 (W6Mo5Cr4V2) using Gleeble 1500D auto thermo-simulation machine have been studied by quantitative metallographic examination. The studied results showed that the carbide size in steel M2 was fined and distribution of carbide was improved in cast-strip by high temperature heat treatment and hot deformation, and 1 200 °C 40 min heat treatment + 50% hot deformation was available to get fine carbide (0.96 μm) and homogeneous distribution.

Material Index M2 High Speed Steel, Twin-Roll Casting Strip, Heat Treatment, Hot Deformation, Carbide

结合 M2 (W6Mo5Cr4V2) 高速钢工业铸带后续处理的实际需要, 利用 M₂C 碳化物的高温分解特性^[1], 探讨了高温热处理和热变形不同处理工艺、工序对铸带组织中碳化物的影响。

1 实验内容和方法

1.1 工业机组浇铸实验

实验用 M2 高速钢(表 1) 在工业双辊薄带连铸机上进行连铸, 铸机的铸辊直径为 1 200 mm, 辊面宽度为 380 mm, 铸辊转速 0 ~ 80 m/min。浇铸温度为 1 480 ~ 1 540 °C, 启铸辊速为 15 ~ 25 m/min, 工作辊速为 25 ~ 65 m/min, 冷却水压力 8 MPa, 冷却水流量 168 m³/h。本实验以最高 63 m/min 的铸速成功铸出了 60 m 长, 380 mm 宽, 3 mm 厚的高速钢工业铸带。

1.2 高温热处理和热变形实验

表 1 实验用 M2 高速钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test high speed steel M2 /%

C	W	Mo	Cr	V
0.82 ~ 0.88	5.85 ~ 6.10	4.80 ~ 5.20	3.75 ~ 4.15	1.84 ~ 2.10

高温热处理试样表面用还原铁粉保护, 处理温度为 1 200 °C, 保温 20 ~ 60 min, 空冷。在 Gleeble 1500D 自动热模拟实验机上进行热变形实验: 将试样升温至 1 050 °C, 保温 2 min 后进行第 1 道热变形; 然后降温至 1 000 °C 进行第 2 道热变形; 降温至 950 °C 时进行最后 1 道热变形。试样总压下率分别为 40%、50% 和 60% (表 2)。

2 实验结果

2.1 高温热处理-热变形铸带的组织

由图 1 可见, 在相同热处理温度下, 保温时间较短、变形量较小时碳化物不能充分的分解和破碎, 碳化物网断开情况并不明显 (HR01); 保温时间较短、变形量较大时, 部分未分解的碳化物更易团聚成块状 (HR07); 保温时间较长、变形量较小时, 碳化物有长大、球化的趋势, 部分长大了的碳化物因变形量不够而不能实现较好的破碎 (HR03); 只有在保温时间适当、变形量较大的 (HR05、HR08) 铸带中的碳化物既能实现较大程度的分解, 又能在进一步的热变形条件下得以较好的破碎。

2.2 热变形-高温热处理铸带的组织

表 2 M2 高速钢的热处理和热变形及碳化物特征参数
Table 2 Heat treatment, hot deformation and carbide feature parameters of high speed steel M2

试样编号	处理条件	碳化物体积分数/ %	碳化物的直径/ μm	单位体积内碳化物的个数/ ($\text{个} \cdot \text{mm}^{-3}$)	备注
HR01	1 200 °C 20 min + 40%	10.5	1.35	27 370	处理条件中 1 200 °C 20 min + 40% 指 试样先经 1 200 °C 20 min 热 处理后,再进 行总压下率 40% 的热变 形;其余相同。
HR02	1 200 °C 40 min + 40%	14.4	1.45	32 520	
HR03	1 200 °C 60 min + 40%	11.9	1.37	31 870	
HR04	1 200 °C 20 min + 50%	15.4	1.04	66 810	
HR05	1 200 °C 40 min + 50%	18.1	0.96	91 800	
HR06	1 200 °C 60 min + 50%	11.6	1.32	31 450	
HR07	1 200 °C 20 min + 60%	10.0	1.08	40 380	
HR08	1 200 °C 40 min + 60%	11.3	1.05	48 300	
HR09	1 200 °C 60 min + 60%	14.6	0.85	10 143	
RH01	40% + 1 200 °C 20 min	14.2	1.01	68 960	40% + 1 200 °C 20 min 指 试样先进行总 压下率 40% 的 热变形后,再 经 1 200 °C 20 min 热处理; 其余相同。
RH02	40% + 1 200 °C 40 min	12.6	0.95	69 220	
RH03	40% + 1 200 °C 60 min	18.1	1.87	37 550	
RH04	50% + 1 200 °C 20 min	10.3	1.05	54 320	
RH05	50% + 1 200 °C 40 min	17.6	0.96	75 890	
RH06	50% + 1 200 °C 60 min	12.0	1.37	46 980	
RH07	60% + 1 200 °C 20 min	18.4	1.10	76 120	
RH08	60% + 1 200 °C 40 min	15.2	1.42	37 680	
RH09	60% + 1 200 °C 60 min	11.6	1.04	53 510	

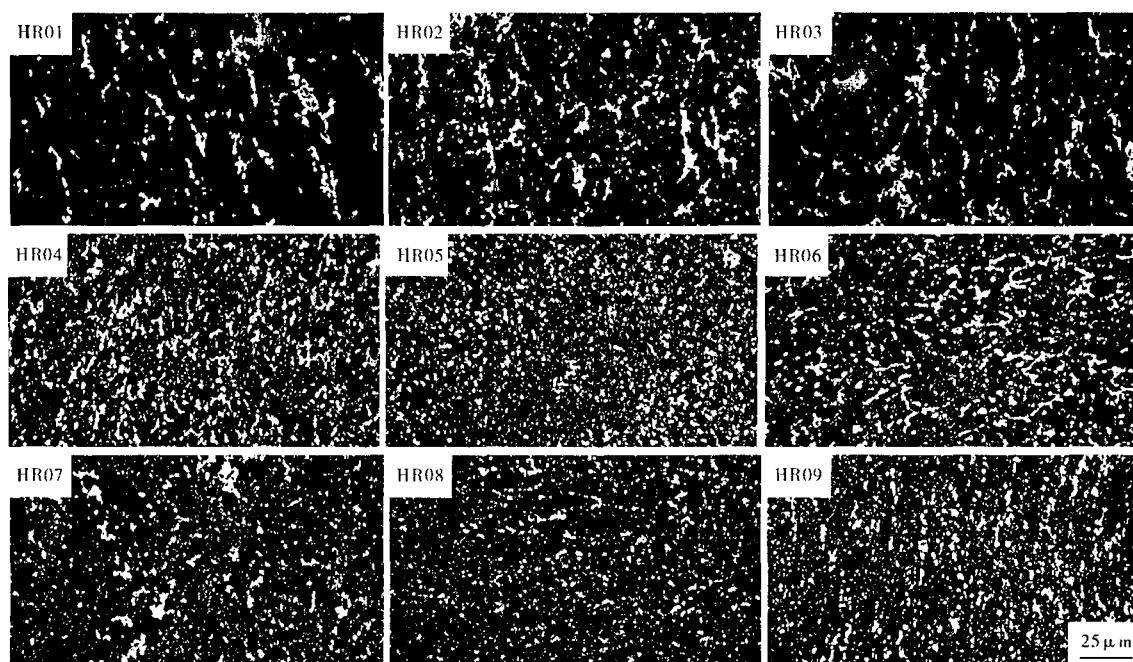


图 1 1 200 °C 热处理 + 40% ~ 60% 热变形 (HR) 的 M2 钢铸带的碳化物形貌

Fig. 1 Carbide morphology in steel M2 cast-strip with 1 200 °C heat treatment + 40% ~ 60% hot deformation (HR)

由图 2 可见,变形量较小、保温时间较短时碳化物不能破碎和分解,碳化物网断开情况并不明显 (RH01);变形量较小、保温时间较长时,较小的变形量不足以破碎共晶碳化物网,碳化物则因保温时间长而长大和团聚 (RH03);变形量较大、保温时间较短时,试样中依然存在一些未分解的块状碳化物 (RH07);只有在变形量较大、保温时间适当的情况下, (RH05) 铸带中的碳化物才既能实现较大程度

的破碎,又能在高温热处理时进一步分解。

显微镜观察可见,经过后续处理的试样中,除了白亮色的 M_6C 和暗灰色的 MC 外,还发现了两种混合碳化物: $M_6C + MC$ 和 $M_6C + MC + M_2C$,它们是亚稳相 M_2C 分解的特殊产物。这些混合碳化物主要是由于 M_2C 碳化物分解后生成的 MC 颗粒存在于 M_6C 之中,在热变形时很难将它们破碎分开,所以试样中就产生了 $M_6C + MC$ “混合物”颗粒,就好

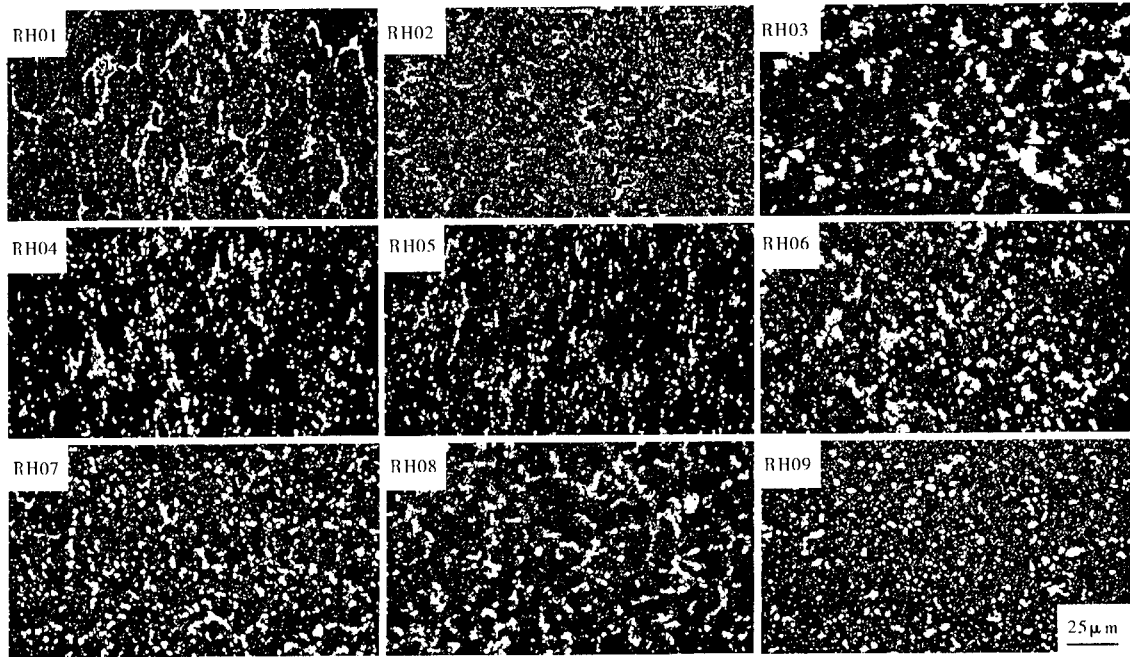


图 2 40% ~60% 热变形 +1 200 °C 热处理 (RH) 的 M2 钢铸带的碳化物形貌

Fig. 2 Carbide morphology in steel M2 cast-strip with 40% ~60% hot deformation + 1 200 °C heat treatment (RH)

像在 M_6C “基体” 上分布着 “第二相” 颗粒 MC。当 M_2C 分解反应不完全时, M_2C 就保留在心部, 于是就有 $M_6C + MC + M_2C$ “混合物” 颗粒存在于试样中。

3 分析与讨论

采用定量金相分析法^[2], 对经不同热处理、热变形工艺、工序处理后的试样进行统计分析, 测量和计算碳化物的体积分数 V_v , 碳化物的直径 D , 单位体积内碳化物的个数 N_v , 结果见表 2。

先进行热处理后再进行热变形时, 保温 20 min、总压下率 50% 的试样 (RH04), 碳化物体积分数较大, 碳化物的直径较小, 单位体积内碳化物的个数较多; 保温 40 min、总压下率 50% 的试样 (RH05) 碳化物体积分数较大, 碳化物直径较为细小, 单位体积内碳化物的个数较多; 保温 60 min、总压下率 60% 的试样 (RH09), 碳化物体积分数较大, 碳化物直径较为细小, 单位体积内碳化物的个数较多。相比而言, 在该工序条件下, 先进行 1 200 °C 保温 40 min 高温热处理后, 再进行总压下率为 50% 的热变形的处理, 工艺较为合理。

先进行热变形后再进行热处理时, 总压下率 40%, 保温 60 min 的试样 (RH03), 可以获得较多的碳化物体积分数; 保温 40 min 的试样 (RH02), 可以获得较小的碳化物直径和较多的碳化物个数; 总压下率 50%、保温 40 min 的试样 (RH05), 可以获得较

多的碳化物体积分数, 较小的碳化物直径和较多的碳化物个数; 总压下率 60%、保温 20 min 的试样 (RH07), 可以获得较多的碳化物体积分数, 较多的碳化物个数; 保温 60 min 的试样 (RH09) 可以获得较小的碳化物直径。相比而言, 先进行总压下率为 50% 的热变形, 再进行 1 200 °C 保温 40 min 高温热处理的工艺较为合理。

4 结论

(1) 高温热处理和热变形工艺可以细化 M2 高速钢工业铸带中碳化物的尺寸, 改善碳化物的分布。

(2) 1 200 °C 40 min 的高温热处理工艺和总压下率为 50% 的热变形工艺对 M2 高速钢工业铸带较为合理。

(3) M2 高速钢工业铸带先进行高温热处理后再进行热变形的处理工序较为合理。

高校博士基金 (教技发中心函 [2001] 156 号) 和重庆市科委重点资助基金项目 (2000-6539)

参考文献

- 1 丁培道, 周守则, 潘复生. 低合金高速钢中碳化物相的研究. 机械工程材料, 1986(4): 43
- 2 秦国友. 定量金相. 成都: 四川科学技术出版社, 1987

张彩东 (1979-), 男, 博士研究生, 重庆大学毕业, 双辊薄带连铸高速钢技术研究。

收稿日期: 2006-05-16