

50 t EAF-AOD-LF-VD-CC-轧制高碳不锈钢 9Cr18 盘条的工艺实践

李忠之 杨庆敏 俞亚杰 于全功 聂显飞 周一玲

(东北特殊钢集团有限责任公司特钢研究院,大连 116105)

摘要 采用 50 t EAF-AOD-LF-VD-150 mm × 150 mm 坯连铸-高速线材连轧工艺生产 9Cr18 钢(ω : 0.95C, 0.35Si, 0.37Mn, 0.032P, 0.002S, 17.42Cr, 0.01Mo) Φ 5.5 mm 盘条。通过控制 $[S] \leq 0.008\%$, 添加 0.05% 稀土元素, 连铸坯经 1160 °C 高温扩散处理, Φ 5.5 mm 成品盘条采用 860 °C 球化退火等工艺措施, 检验结果表明, 盘条中心和一般疏松, 以及偏析均 ≤ 1.0 级, 共晶碳化物不均匀度 1.0 ~ 2.0 级, 球化退火组织为球状珠光体 + 块状碳化物, 抗拉强度 750 ~ 780 MPa, 伸长率 20% ~ 26%, 具有良好的冷拔性能。

关键词 9Cr18 不锈钢 150 mm × 150 mm 连铸坯 碳化物 高温扩散处理 Φ 5.5 mm 盘条

Process Practice of Rod Coil of High Carbon Stainless Steel 9Cr18 Produced by 50 t EAF-AOD-LF-VD-CC-Rolling Flow Sheet

Li Zhongzhi, Yang Qingmin, Yu Yajie, Yu Quangong, Nie Xianfei and Zhou Yiling
(Research Institute for Special Steel, Dongbei Special Steel Group Co Ltd, Dalian 116105)

Abstract The Φ 5.5 mm rod coil of steel 9Cr18 (ω : 0.95C, 0.35Si, 0.37Mn, 0.032P, 0.002S, 17.42Cr, 0.01Mo) is produced by 50t EAF-AOD- LF- VD- 150 mm × 150 mm billet concasting- high speed rod rolling process. With using the process measures including controlling $[S] \leq 0.008\%$, adding 0.05% RE elements, concasting billet high-temperature diffusion treating at 1160 °C and Φ 5.5 mm rod coil products spheroidizing annealing at 860 °C, the examination results show that of rod coil the rating of center and general porosity, and segregation are all ≤ 1.0 , the rating of non-uniformity of eutectic carbide is 1.0 ~ 2.0, the spheroidizing annealing structure of rod is spheroidal pearlite + massive carbide, the rod has nice cold-drawing performance with tensile strength 750 ~ 780 MPa and elongation 20% ~ 26%.

Material Index Stainless Steel 9Cr18, 150 mm × 150 mm Concasting Billet, Carbide, High Temperature Diffusion Treatment, Φ 5.5 mm Rod Coil

9Cr18 钢中因含 C、Cr 较高, 具有高硬度、良好的耐磨性能和高的疲劳强度。9Cr18 钢在大气、水以及某些酸类和盐类的水溶液中具有优良的耐蚀性, 因而它被广泛地用于恶劣环境中使用的耐磨零部件。9Cr18 钢主要用于制造轴承内外套圈、轴承滚动物、精密轴、量具、刀具、手术器械及其它不锈钢耐磨件^[1]。9Cr18 属莱氏体钢, 莱氏体是奥氏体和碳化物的共晶混合物。莱氏体中的共晶碳化物在以后的冷却中不再发生变化, 奥氏体要发生共析反应而转变成珠光体, 因此常温下为珠光体和碳化物的混合物^[2]。

由于莱氏体中共晶碳化物硬度高, 塑性极低, 在加工过程中破碎, 几乎不变形。共晶碳化物周围易形成微裂纹, 甚至扩展成宏观裂口。因此 9Cr18 钢塑性较差, 加工生产难度大。

1 试制工艺和过程控制

生产 9Cr18 钢的流程为: 50 t 电弧炉-AOD-LF-VD-150 mm × 150 mm 坯 3 机 3 流连铸-高温扩散-轧钢-步进式加热炉, 高速线材连轧 Φ 5.5 mm 盘条。

1.1 冶炼

9Cr18 钢冶炼过程突出以下几点:

(1) 9Cr18 钢的热塑性差, S 因与 Fe 生产低熔点的 FeS, 增加钢的热脆, 故限制 S 含量 $\leq 0.008\%$ 。

(2) 稀土元素的加入, 能够细化晶粒, 使金属变形时引起的应力集中较小, 开裂的机会减少, 断裂前可承受的塑性变形量也增大, 提高钢的热塑性^[3]。

借鉴和参考模具钢生产的经验, 9Cr18 钢按 0.05% 含量计算加入稀土元素。

(3) 9Cr18 钢对“氢脆”敏感, 采用真空处理有效去氢还可促进夹杂物上浮和被钢渣吸附, 提高钢的纯净度, 改善钢的加工塑性。

1.2 连铸

9Cr18 钢采用 3 机 3 流连铸机生产 150 mm × 150 mm 连铸方坯, 连铸过程借鉴 4Cr13 不锈钢的工艺, 采用相对低的过热度, 大的结晶器水流量, 低的拉速, 大的二冷比水量, 来控制莱氏体中共晶碳化物的偏析, 改善钢的塑性。

1.3 连铸坯高温扩散

为提高 9Cr18 钢的热塑性, 利于后续轧制生产, 连铸坯在轧制前进行高温扩散处理。高温扩散能够改善钢的偏析, 改变莱氏体中共晶碳化物的形态^[4]。

9Cr18 钢连铸 150 mm × 150 mm 方坯采用 1 160 °C 进行高温扩散。

1.4 轧制

9Cr18 钢的塑性温度范围窄, 适宜的热加工温度为 900 ~ 1 050 °C^[1], 轧制过程需严格控制钢的变形温度。9Cr18 钢对张力轧制敏感, 轧制过程进行张力控制^[5], 并匹配合理的轧制速度。

9Cr18 钢连铸坯采用高速线材连轧机生产盘条产品, 主要通过控温、控速、张力控制的轧制方法来保证产品品质。

1.5 成品盘条球化退火

9Cr18 钢的临界点(近似值)分别为 Ac_1 810 ~ 865 °C, Ar_1 665 ~ 765 °C, Ms 170 °C^[6]。为此 9Cr18 盘条采用 860 °C 球化退火, 以获得良好的球化组织和塑性指标, 满足冷拔加工需求。

2 试制结果与分析

2.1 9Cr18 钢化学成分和铸坯组织

试制 9Cr18 钢的化学成分见表 1, S 含量为 0.002%。

150 mm × 150 mm 连铸方坯的角部、边部、边长 1/4 位置和心部分别取样, 铸坯组织见图 1。

9Cr18 钢铸态组织主要为莱氏体, 外形呈骨骼状。连铸坯边部激冷区, 共晶碳化物尚未联结成网, 由外到内共晶碳化物逐渐聚集, 越往心部碳化物网越完整, 至心部共晶碳化物多联结成封闭的大角网状。

2.3 9Cr18 钢连铸坯高温扩散

150 mm × 150 mm 连铸方坯经 1 160 °C 高温扩

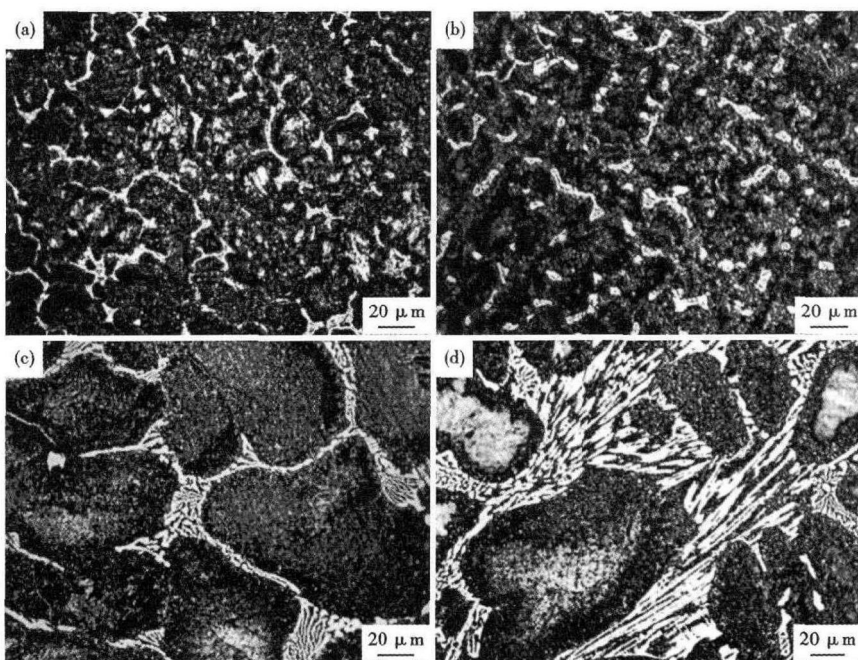


图 1 9Cr18 钢 150 mm × 150 mm 连铸坯角部(a)、边部(b)、径向 1/4 处边长(c)和中心部位(d)的组织形貌, ×500

Fig. 1 Structure morphology at corner (a), edge (b), radial 1/4 (c) and center (d) of 150 mm × 150 mm concasting billet of steel 9Cr18, ×500

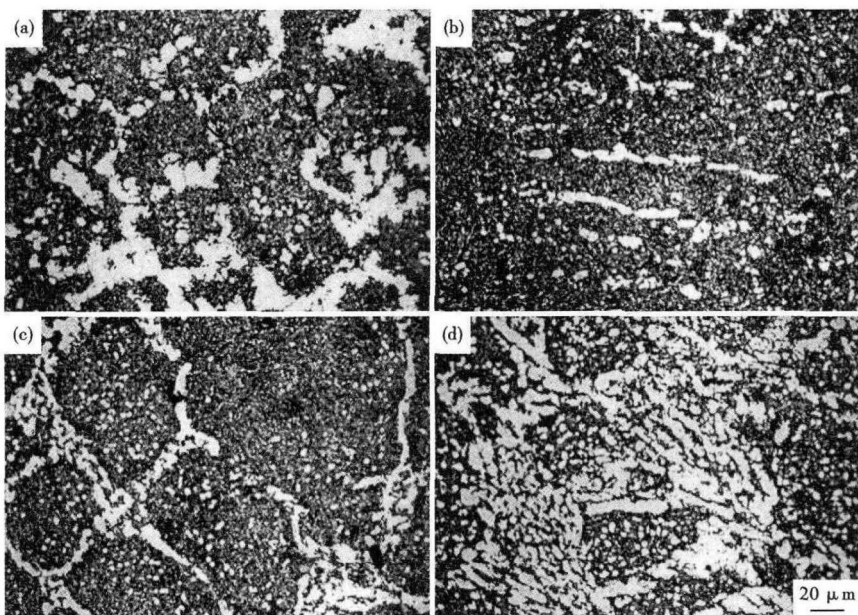


图 2 经 1 160 °C 扩散处理的 9Cr18 钢 150 mm × 150 mm 连铸坯角部(a)、边部(b)、径向 1/4 处边长(c)和中心部位(d)的组织形貌, ×500

Fig. 2 Structure morphology at corner (a), edge (b), radial 1/4 (c) and center (d) of 150 mm × 150 mm concasting billet of steel 9Cr18 diffusion-treated at 1 160 °C, ×500

散后, 在连铸坯的角部、边部、边长 1/4 位置和心部也分别取样观察金相组织, 见图 2。

由图 1 和图 2 可看出, 莱氏体高温扩散后, 共晶碳化物尖角变圆, 长条状的共晶碳化物变短、间距变

表1 9Cr18 钢化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of steel 9Cr18 / %

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	RE
标准	0.90 ~ 1.00	≤ 0.60	≤ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.020	17.00 ~ 19.00	≤ 0.75	
内控	0.93 ~ 0.99	0.30 ~ 0.50	0.30 ~ 0.50	≤ 0.035	≤ 0.008	17.30 ~ 18.00	≤ 0.20	
实际	0.95	0.35	0.37	0.032	0.002	17.42	0.01	0.01

内控标准按 0.05% 计算加入稀土。

大。这有利于共晶碳化物在后续热加工时的破碎,不易因应力集中而产生裂纹,同时也有益于成品碳化物分布均匀。

2.4 9Cr18 钢 Φ5.5 mm 盘条

9Cr18 钢 150 mm × 150 mm 连铸方坯经高温扩散后,采用高速线材轧机进行轧制,生产出表面良好的 Φ5.5 mm 盘条。成品经球化退火,9Cr18 钢连铸盘条各项性能均满足标准要求,产品达到了较高的质量水平。

2.4.1 低倍

钢的酸浸低倍组织的中心疏松、一般疏松、偏析标准要求 ≤ 2.0 级。检验结果显示,9Cr18 钢连铸盘条的一般疏松为 0.5 ~ 1.0 级,中心疏松为 0.5 ~ 1.0 级,偏析为 0.5 ~ 1.0 级,均满足标准要求。

2.4.2 夹杂物和共晶碳化物不均度

9Cr18 钢连铸盘条非金属夹杂物的常规检验结果见表 2。

钢检验共晶碳化物不均度,并按 GB/T14979-1994 第 5 级别图评定,合格级别 ≤ 3.0 级。检验结果显示,9Cr18 钢连铸盘条的共晶碳化物不均度为 1.0 ~ 2.0 级,见图 3。

2.4.3 退火组织

钢的退火组织应为均匀分布的细粒状珠光体,允许存在分散的一次碳化物,不得有孪晶碳化物组织存在。9Cr18 钢连铸盘条经球化退火后,组织为球状珠光体和块状碳化物。

2.4.4 力学性能

球化处理后的 9Cr18 钢连铸盘条,检验力学性能,抗拉强度 750 ~ 780 MPa,伸长率 15% ~ 25%,断

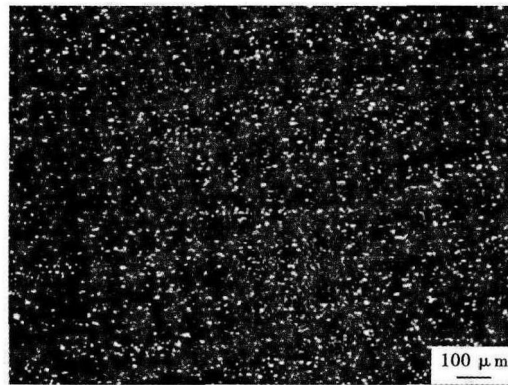


图3 9Cr18 钢 Φ5.5 mm 盘条的组织形貌,纵向, × 100

Fig. 3 Structure morphology of Φ5.5 mm rod coil of steel 9Cr18, longitudinal, × 100

面收缩率 25% ~ 35%,该钢具有较好的强度和塑性配合,冷加工(拉拔)性能良好。

9Cr18 钢连铸盘条交付用户使用,可连续拉拔生产使用,性能指标可与模铸盘条水平相当。

3 结论

(1)采用电弧炉 + AOD + LF + VD + 连铸(150 mm × 150 mm 方坯) + 高速线材连轧机工艺,通过冶炼过程控制 S 含量,添加适量稀土,连铸坯进行高温扩散改善钢的热塑性,采用控制轧制技术,成功生产出高碳不锈钢 9Cr18 连铸盘条。

(2)高碳不锈钢 9Cr18 连铸盘条的各种性能指标都符合标准要求,连铸盘条交付用户使用,组织、性能可达到模铸盘条的水平。

(3)采用连铸新工艺路线生产 9Cr18 钢盘条,与模铸生产方式相比,有明显的成本优势,对开发、开拓这类产品的市场,提高市场竞争力,起到积极作用。

参考文献

[1] 陆世英. 不锈钢[M]. 北京:原子能出版社,1995.
 [2] 黄振东. 钢铁金相图谱[M]. 香港:中国科技文化出版社,2005.
 [3] 李海生. 高碳马氏体不锈钢 9Cr18Mo 生产工艺的改进[J]. 特钢技术,2002,10(2):30-34.
 [4] 邓玉昆. 高速工具钢[M]. 北京:冶金工业出版社,2002.
 [5] 《高速轧机线材生产》编写组. 高速轧机线材生产[M]. 北京:冶金工业出版社,1995.
 [6] 冶金工业部《合金钢种手册》编写组. 合金钢种手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1983.

李忠之(1968-),男,硕士(中南工业大学),副总工程师,1991 年中南工业大学(本科)毕业,特殊钢科研和新产品研制。

收稿日期:2014-04-16

表2 9Cr18 钢 Φ5.5 mm 盘条非金属夹杂物的检验结果
Table 2 Examination Results of non-metallic inclusions in Φ5.5 mm rod coil of steel 9Cr18

项目	A		B		C		D	
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗
标准	≤2.5	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0
实际	0.5 ~ 1.5	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0	0 ~ 0.5	0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0