

30 t EAF-40 t LF 冶炼 35MnVS 易切削钢的工艺实践

李 艾 刘光辉 朱志欣 王秀兰

(东北特钢集团北满特殊钢有限责任公司, 齐齐哈尔 161041)

摘 要 采用 30 t EBT EAF-40 t LF(喂线)-3.15 t 铸锭工艺生产 35MnVS 易切削钢(%) : 0.33 ~ 0.40C, 0.30 ~ 0.60Si, 1.00 ~ 1.40Mn, 0.06 ~ 0.12V, $\leq 0.035P$, 0.035 ~ 0.075S。30 炉 35MnVS 钢的生产结果表明, LF 精炼时, 喂硫磺粉线前钢中的硫含量为 0.007% ~ 0.032%, 喂硫磺粉线后钢中硫含量为 0.040% ~ 0.071%, 喂丝硫的回收率为 50% ~ 80%。喂硫线后, 再喂入 0.3 kg/t 的铝线, 细化钢的晶粒。35MnVS 易切削钢成品材的晶粒度为 6 ~ 7 级, 钢的机械性能和高、低倍组织均满足标准要求。

关键词 35MnVS 易切削钢 LF 精炼 喂线

Practice of Free Cutting Steel 35MnVS Steelmaking by 30 t EAF - 40 t LF

Li Ai, Liu Guanghui, Zhu Zhixin and Wang Xiulan

(Beiman Special Steel Co Ltd, Dongbei Special Steel Group, Qiqihaer 161041)

Abstract The free cutting steel 35MnVS - 0.33 ~ 0.40C, 0.30 ~ 0.60Si, 1.00 ~ 1.40Mn, 0.06 ~ 0.12V, $\leq 0.035P$, 0.035 ~ 0.075S was produced by 30 t EBT EAF- 40t LF (wire feeding)- 3.15 t ingot casting process. The production results of 30 heats steel 35MnVS showed that the sulphur content in steel after sulphur powder wire feeding was 0.040% ~ 0.071%, while before feeding that was 0.007% ~ 0.032%; and the sulphur yield of wire feeding was 50% ~ 80%. The 0.3 kg/t aluminum wire was feeding after sulphur wire feeding to fine the grain size of steel. The grain size rating of 35MnVS products was 6 ~ 7, and the mechanical properties, micro- and macro- structure met the standard requirements.

Material Index Free Cutting Steel 35MnVS, LF Refining, Wire Feeding

易切削钢按易切削元素可分为硫系、铅系、钙系及复合易切削钢, 北满特钢公司近几年开发了硫系易切削钢 35MnVS。

1 35MnVS 易切削钢的生产

35MnVS 易切削钢的生产工艺流程为: EBT 电弧炉初炼 → LF 精炼 → 钢锭浇注 → 热送 → 均热 → 开坯 → 钢坯缓冷 → 钢坯酸洗清理 → 钢坯加热 → 轧材 → 钢材矫直 → 酸洗、清理 → 检验、入库。

1.1 电弧炉冶炼

冶炼采用的 8[#] (EBT) 电弧炉的公称容量为 30 t, 变压器额定容量 12 500 kVA, 1 炉钢水处理时间需 60 ~ 100 min, 电极直径 400 mm。在冶炼 35MnVS 钢时采用泡沫渣埋弧工艺, 脱 C 量必须 $\geq 0.30\%$, 以保证熔池良好沸腾, 有利于夹杂物上浮和气体逸出, 从而减少低倍缺陷和非金属夹杂。当 $[P] \leq 0.015\%$, $[C]$ 含量合适, 温度达 1 600 ℃, 留钢留渣 10% ~ 15% 时出钢。

1.2 LF 精炼

LF 钢水处理量 40 t, 变压器额定容量 8 000 kVA, 钢包上直径 2 935 mm, 下直径 2 650 mm, 电极直径 350 mm, 升温速度 4 ~ 5 ℃/min, 1 炉钢水处理时间 40 ~ 50 min。

钢包到 LF 精炼位, 全程吹氩搅拌, 通电加热, 按规程加入造渣材料(石灰、萤石、脱氧剂)造白渣, 形成还原气氛, 待渣白后, 微调成分。由于 35MnVS 易切削钢对钢在热轧状态下的机械性能要求严格, 为保证钢材力学性能要求, 要求精炼生产执行化学成分内控标准, C、Mn、V 按内控成分进行控制(表 1)。

喂 S 线操作是生产 35MnVS 易切削钢的关键

表 1 35MnVS 钢化学成分/%
Table 1 Chemical compositions of steel 35MnVS /%

项目	C	Si	Mn	P	S	V
标准	0.33 ~ 0.40	0.30 ~ 0.60	1.0 ~ 1.4	≤ 0.035	0.035 ~ 0.075	0.06 ~ 0.12
内控	0.35 ~ 0.40	0.30 ~ 0.60	1.1 ~ 1.4	≤ 0.035	0.035 ~ 0.075	0.08 ~ 0.12

性操作,以往生产含[S]钢多采用炉中造中性渣,再用硫铁矿或硫磺粉进行调整,这既延长冶炼时间,降低炉衬使用寿命,污染了环境,同时钢中硫的控制范围波动也较大,回收率为 10%~70%,平均回收率为 33.3%。本次 35MnVS 易切削钢的生产,采用哈尔滨冶金研究所制造的喂线机进行调[S]操作,硫的回收率为 50%~80%,平均回收率为 68.2%,喂线机的技术参数如下。

喂线方式	单、双侧喂线均可
芯线规格/mm	Φ6~13
喂线速度/m·min ⁻¹	0~100

生产中当[C]、[Mn]、[V]达到内控成分范围后开始喂线操作,喂入硫磺粉线。硫磺粉线的规格为 13 mm×7 mm 的矩形线,硫磺粉线纯度为 99.9%,硫磺粉线重 120 g/m,喂线速度控制在 60~100 m/min,喂线时钢包平均温降以 3 °C/min 计算,利用 $T_{喂线} = T_{吊包} + L \cdot 3/V$ (式中:L-喂入合金长度;V-喂线速度)来确定喂线温度。

喂线结束后,再以 0.3 kg/t (200 g/m) 喂入铝线,进行终脱[O],温度达 1 550~1 570 °C 吊包浇注成 3.15 t 钢锭。另外浇注时控制好注温注速,浇注锭身 4~6 min,帽口 1.5~3 min。精炼前后(喂线前后)钢中 P、S 含量的统计数据见表 2。

表 2 精炼和喂线前后[P]、[S]含量的变化(30 炉)/%
Table 2 Change of [P] and [S] before and after refining and wire feeding (30 heats) /%

工艺位	[P]	[S]
8# 偏心炉出钢	0.007~0.015	未测
到精炼位	未测	0.021~0.032
喂线前	未测	0.007~0.032
喂线后	未测	0.040~0.071
成品	0.010~0.025	0.036~0.070

1.3 35MnVS 易切削钢轧制加热工艺控制

钢锭能否顺利轧制成材关键在于所采用的加热工艺制度,根据 35MnVS 易切削钢含 Mn、V、S 的特点,生产中开坯前加热温度为 1 280 °C。

2 35MnVS 易切削钢质量

35MnVS 易切削钢的生产通过以上几个关键步骤,其化学成分都满足标准要求,其它检验结果见表 3、表 4。表中分母为波动范围,分子为平均值,共检验 48 炉次。

从表 3 可以看出,工艺路线、实施的化学成分

表 3 35MnVS 钢机械性能

Table 3 Mechanical properties of steel 35MnVS

项目	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ /%	ψ /%	a_k /J·cm ⁻²
标准	720~920	≥440	≥15	≥35	≥39
检验	762	524	19	42	71
	720~860	460~620	15~26	35~59	46~100

表 4 35MnVS 钢的组织和非金属夹杂物检验结果/级
Table 4 Structure and non-metallic inclusion examination results of steel 35MnVS /class

项目	晶粒度	氧化物	硫化物	一般疏松	中心疏松	偏析
标准	≥5	≤2.5	≤3.5	≤3	≤3	≤3
检验	6~7	0.9	2.6	0.05	0.52	0.58
	6~7	0.5~2.5	1.5~3.5	0~0.5	0~1	0~1.5

内控、各工艺操作规程合理准确,使 35MnVS 钢材的综合机械性能均能满足技术指标要求。

从表 4 可见:采用喂铝线、加钒铁,使钒、铝化合物在钢中以细小弥散质分布于晶界,阻止了晶粒长大,达到了细化晶粒的目的,使晶粒级别大于技术要求,稳定在 6~7 级;通过冶炼过程中加大脱碳量、留钢留渣操作,精炼全程吹氩,控制注温注速等措施,使 35MnVS 钢的非金属夹杂物级别得到稳定控制,低倍达到了标准要求。

在生产过程中,通过喂 S 线操作,提高了 S 的合金化程度,实现 S 成分的稳定控制,S 的回收率由原来平均 33.3% 提高到了现在的平均 68.2%。

3 结论

(1) 通过生产实践证明,35MnVS 钢生产工艺路线合理、技术措施得当,喂线使 S 的命中率提高,易切削性得以实现,且完全满足了用户对机械性能、晶粒度、非金属夹杂物及低倍的要求,下一步可进行 35MnVS 易切削钢的规模化生产。

(2) 北满特钢公司从 1993 年~2004 年共生产 35MnVS 易切削钢 1 195.4 t,产值 478 万元,综合成材率 82.81%,经用户复验,产品冶金质量稳定,各项检验指标均符合技术条件要求。

参考文献

- 王忠英,刘来君,庞永春,等.60 t 钢包炉喂线工艺的开发应用.特殊钢,1997,18(2):30
- 李联生,朱荣,郭汉杰,等.含锡易切削钢的冶炼和性能研究.特殊钢,2004,25(6):10

李艾(1966-),女,工程师,从事科技管理与推广工作。

收稿日期:2005-02-16