

100 t 转炉-钢包炉精炼-连铸生产 65Mn 弹簧钢的工艺实践

吕瑞国 李京军 阮细保
(新余钢铁有限责任公司, 新余 338001)

摘要 采用 100 t 顶底复吹转炉-100 t 钢包炉(LF)精炼-6 机 6 流 150 mm × 150 mm 方坯连铸机生产 65Mn 弹簧钢。转炉终点 [C] 0.08% ~ 0.12%, [P] ≤ 0.012%, [S] ≤ 0.03%, 增碳剂收得率为 85% ~ 90%。LF 精炼渣碱度 2.5 ~ 3.0, 并喂 Si-Ca 线和吹氩。连铸时中间包钢水温度 1 495 ~ 1 515 °C, 铸速 1.6 ~ 1.8 m/min, 采用结晶器电磁搅拌。20 炉 65Mn 钢质量检验结果表明, 化学成分(%): C 0.63 ~ 0.68, Mn 0.95 ~ 1.07, P 0.009 ~ 0.023, S 0.006 ~ 0.017, 连铸坯断面碳含量偏差 ≤ 0.02% C。65Mn 钢盘条产品符合 GB/T4354-1994 要求。

关键词 100 t 转炉 钢包炉 连铸 65Mn 弹簧钢

Practice of Production of Spring Steel 65Mn by 100 t Converter - Ladle Furnace Refining - Concasting

Lü Ruiguo, Li Jingjun and Ruan Xibao
(Xinyu Iron and Steel Co Ltd, Xinyu 338001)

Abstract The spring steel 65Mn was produced by 100 t top and bottom combined blown converter melting - ladle furnace refining - 6 strand 150 mm × 150 mm billet concasting. The end point [C] was 0.08% ~ 0.12%, [P] ≤ 0.012% and [S] ≤ 0.03%, and the yield of recarburizer was 85% ~ 90%. During refining the basicity of slag was 2.5 ~ 3.0 with feeding Si-Ca wire and argon stirring. During concasting the temperature of liquid steel in tundish was 1 495 ~ 1 515 °C, the casting speed 1.6 ~ 1.8 m/min using mold electromagnetic stirring. The quality experiment results of 20 heats 65Mn steel showed that the analyses of steel were C 0.63 ~ 0.68, Mn 0.95 ~ 1.07, P 0.009 ~ 0.023, S 0.006 ~ 0.017, and the deviation of carbon content at section of casting billet was ≤ 0.02%. The coil products of 65Mn steel met the requirements of standard GB/T4354-1994.

Material Index 100 t Converter, Ladle Furnace, Concasting, Spring Steel 65Mn

新余钢铁有限责任公司(以下简称新钢), 在 100 t 顶底复吹转炉和 115 m/s 高线工程投产后, 于 2003 年 11 月开始采用转炉工艺生产 65Mn 弹簧钢。到 2004 年 11 月累计生产 65Mn 高线盘条 2 万多 t, 产品质量符合 GB/T4354-1994 的要求。

1 生产工艺和质量控制

65Mn 钢化学成分见表 1, 该钢要求 [N] ≤ 40 × 10⁻⁶, T[O] ≤ 50 × 10⁻⁶, 其盘条力学性能要求为: σ_b 950 ~ 1 100 MPa, δ₅ ≥ 10%, ψ ≥ 30%。

65Mn 钢生产工艺流程为:

高炉 → 混铁炉(或脱硫) → 转炉冶炼 → LF 精炼 → 方坯连铸 → 高线轧制 → 集卷 → 包装 → 入库。

主要设备及参数为:

(1) 公称容量 100 t 顶底复吹转炉, 冶炼周期 38 min, 出钢量 110 t;

(2) 100 t 钢包精炼炉, 变压器功率 20 MVA, 升温速度 0 ~ 5 °C/min;

(3) 6 机 6 流全弧形方坯连铸机, 断面 150 mm × 150 mm, 弧形半径 R = 8 m, 带液面自动控制, 结晶器安装电磁搅拌。大包长水口带 Ar 封全

表 1 65Mn 钢的化学成分(20 炉)/%
Table 1 Chemical compositions of steel 65Mn, 20 heats /%

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
国标	0.62 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.90 ~ 1.20	≤ 0.025	≤ 0.020	≤ 0.10	≤ 0.15	≤ 0.20
内控	0.63 ~ 0.68	0.18 ~ 0.35	0.95 ~ 1.10	≤ 0.020	≤ 0.015	≤ 0.10	≤ 0.15	≤ 0.20
成品分析	0.63 ~ 0.68	0.21 ~ 0.34	0.95 ~ 1.07	0.009 ~ 0.023	0.006 ~ 0.017	0.02 ~ 0.05	0.01 ~ 0.02	0.03 ~ 0.05

程保护浇铸,中间包容量 25 t。

1.1 转炉冶炼

65Mn 转炉冶炼的关键是成分控制,在钢水脱磷良好的情况下,要保证增碳的稳定性。由于新钢铁水[P]%较高,为了保证终点[P]%,采用“双渣法、高拉补吹”工艺,补吹不得大于 2 次,严防钢水过氧化,确保 C-T 协调出钢,终点控制为(%): [C] 0.08 ~ 0.12, [P] ≤ 0.012, [S] ≤ 0.03, 温度 1 630 ~ 1 650 °C;挡渣出钢,渣层厚度 ≤ 50 mm;脱氧合金化:采用硅铁 + 锰铁 + 少量铝脱氧,为了避免钢中生成大量脆性 Al₂O₃ 杂质,防止钢丝拉拔脆断,并且保证脱氧良好。

通过严格按工艺操作,增碳剂的收得率稳定在 85% ~ 90%,保证入精炼炉前钢水的碳含量稳定在 0.58% ~ 0.62%。

1.2 LF 精炼

LF 精炼采用石灰,预熔型合成渣,埋弧渣,造还原渣,总渣用量为 12 ~ 15 kg/t。精炼前期采用高电压、短弧操作,使造渣材料尽快熔化,形成泡沫状。精炼渣碱度应控制在 2.5 ~ 3.0 范围内,渣子化好后,应采用低电压、大电流埋弧操作,升温速度在 2 ~ 4 °C/min 的范围内并且保证白渣时间大于 10 min,充分去除夹杂和降低钢中的 T[O] 量;同时向钢包喂 Si-Ca 线,对夹杂物进行变性处理,喂入量 2 m/t。喂线后软吹氩时间不小于 8 min。

1.3 连铸

采用全程保护浇铸,减少外来夹杂物的卷入,保证钢水良好的流动性,防止水口结瘤。同时采用低过热度浇铸技术和电磁搅拌技术,合理控制中间包温度、拉速及二冷配水。

为避免中间包水口结瘤,采取了以下措施:

(1) 采用性能更好的 SiAlBaCa 合金代替 SiAl-Ba 合金作为终脱氧剂;(2) 精炼尽量采用 Si 脱氧,减少 Al 的用量;(3) 对精炼后的钢水喂 Si-Ca,进行钙处理,保证喂丝后的吹氩时间;(4) 做好连铸全程保护浇注,大包长水口 + Ar 封,保证中间包覆盖良好,防止钢水二次氧化;(5) 严格控制增碳剂的质量;(6) 加强中间包烘烤管理,保证中间包烘烤干燥。

经过采取以上措施,中间包连浇炉数不断提高,目前已稳定在 6 ~ 9 炉,避免了水口结瘤。

为避免铸坯中心偏析,采取了以下措施:

(1) 严格控制中间包浇注温度,1 495 ~ 1 515 °C, $\Delta T \leq 40$ °C;

(2) 根据中间包温度合理控制拉速,当中间包温度在 1 495 ~ 1 515 °C,拉速为 1.6 ~ 1.8 m/min;

(3) 采用结晶器电磁搅拌,来减轻中心疏松和偏析,实践证明,采用 EMS, I = 250A, f = 6HZ,铸坯内部组织得到明显改善;

(4) 二冷配水采用弱冷,抑制柱状晶生长,比水量为 0.6 L/kg。

2 65Mn 钢质量

对生产的 65Mn 钢 20 炉化学成分统计列于表 1。铸坯中心缩孔 0.5 级,疏松 0.5 级,中心偏析 1.0 级,无中间裂纹。铸坯断面碳含量偏差 ≤ 0.02% C。

10 炉高线盘条力学性能检验结果为: σ_b 955 ~ 1 080 MPa; δ_5 12% ~ 20%; ψ 33% ~ 47%。

取 65Mn 钢盘条样 10 个做金相组织检验和夹杂物评级,金相组织为索氏体(S) + 珠光体(P) + 断网状铁素体(F),晶粒度一般为 7 ~ 8 级,索氏体化达到 85%;夹杂物评级一般为 0.5 ~ 1.5 级。

高线轧制的盘条在新余特钢公司丝带厂作拉拔试验,拉拔工艺为(mm): $\Phi 6.5 \rightarrow 5.6 \rightarrow 4.0 \rightarrow 2.4 \rightarrow 2.0$ (铅淬火) $\rightarrow 1.0$,在 $\Phi 6.5$ mm $\rightarrow 2.0$ mm 的一次拉拔过程中,几乎不发生断裂。

3 结论

(1) 新钢采用转炉-精炼-连铸工艺生产 65Mn 弹簧钢,通过对全过程实行质量控制,高线盘条产品质量完全能达到 GB/T4354-1994 标准要求。

(2) 合理的转炉冶炼工艺,做好挡渣出钢,是稳定钢水增碳,提高成分命中率的关键。

(3) 合理的脱氧合金化工艺,做好全程保护浇铸,是解决钢水流动性,不易连铸的根本措施。

(4) 65Mn 弹簧钢的质量控制主要是解决夹杂物控制和铸坯内部中心疏松和碳偏析,采用电磁搅拌,控制中间包钢水温度,合理的拉速和二冷配水是获得内部质量良好铸坯的基本保证。

吕瑞国(1966-),男,硕士,高级工程师,北京科技大学毕业。从事钢铁冶金工艺和新产品开发研究。