

30 t EBT 电弧炉-LF-CC 流程生产 80Mn14 钢的工艺实践

胡支国¹ 潘江^{1,2} 陈敏^{1,2} 杨德斌¹ 尤洪¹

(1 首钢集团贵阳特殊钢有限责任公司, 贵阳 550005; 2 贵州大学材料与冶金学院, 贵阳 550005)

摘要 通过采用电弧炉出钢前在钢包中加入 40% 的锰铁, LF 精炼前期调整成分, 精炼中期和末期控制精炼渣碱度 ≥ 2.5 , 软吹氩搅拌, 控制中间包钢水过热度 ≤ 35 °C, 连铸全程进行保护浇铸等工艺措施, 贵阳特钢一炼钢厂成功进行了 80Mn14 钢 (% : 0.75 ~ 0.96C, 13.00 ~ 15.50Mn, ≤ 0.80 Si, ≤ 0.070 P, ≤ 0.030 S) 的 30 t EBT AF-35 t LF-260 mm \times 300 mm 连铸机流程生产, 产品各项性能均满足标准要求。

关键词 30 t EBT 电弧炉 钢包炉 260 mm \times 300 mm 铸坯 中间包 80Mn14 钢

Practice of Process for Steel 80Mn14 Produced by 30 t EBT Arc Furnace-LF-CC Flow Sheet

Hu Zhiguo¹, Pan Jiang^{1,2}, Chen Ming^{1,2}, Yang Debin¹ and You Hong¹

(1 Guiyang Special Steel Co Ltd, Shougang Group, Guiyang 550005;

2 School of Materials and Metallurgy, Guizhou University, Guiyang 550005)

Abstract With using the process measures including adding 40% of needed ferromanganese amount in ladle before tapping of arc furnace, adjusting analysis of liquid in earlier stage of LF refining, controlling refining slag basicity ≥ 2.5 and soft argon stirring in middle and last stage of refining, controlling overheating of liquid in tundish ≤ 35 °C and whole process shielding casting, the steel 80Mn14 (% : 0.75 ~ 0.96C, 13.00 ~ 15.50Mn, ≤ 0.80 Si, ≤ 0.070 P, ≤ 0.030 S) is successfully produced by 30 t EBT AF-35 t LF-260 mm \times 300 mm caster flow sheet at No1 Steelmaking Works, Guiyang Steel, and all properties of products meet the requirement of standard.

Material Index 30 t EBT Arc Furnace, Ladle Furnace, 260 mm \times 300 mm Casting Bloom, Tundish, Steel 80Mn14

钎钢(Rock drill Steel), 俗称钎子钢, 是指专门制造钎具用的钢材。钎钢有两大类, 即实心钎钢和空心钎钢, 空心钎钢即通常所称的中空钢, 而且钎具中用量最大的是钎杆, 在目前所使用的钎杆中基本上全为中空钎杆, 一个时期以来, 人们把钎钢与中空钢相混淆, 即把中空钢称之为钎钢。我国目前制造中空钢主要的生产方法有: 铸管法、热穿孔-热拔(轧)法、钻孔法, 而贵阳特钢是采用铸管法、钻孔法进行中空钢生产(现在主要采用钻孔法), 在中空钢的生产过程中需要使用锰含量极高的奥氏体高锰钢 80Mn14(表 1) 作为芯材。芯材抽芯成功率的高低,

(1) 在空冷状态下, 高锰芯材必须是单相的奥氏体组织。它应具有强度高、塑性好、热膨胀系数大、冷却过程中芯材和外皮自然分离, 拉拔时全长均匀延伸, 不产生“颈缩”, 易于从本体钢中抽出。

(2) 具有良好的冷热加工塑性, 可热轧成芯材, 可冷拔抽芯。

(3) 具有良好的力学性能, 如足够高的强度和塑性, 以克服抽芯过程中的变形与摩擦阻力。为此, 必须保证芯材钢的组织良好, 无过热组织、晶粒小、无夹杂和缩孔。

(4) 芯材表面应无裂纹、结疤、夹层、折叠及非金属夹杂物等。几何尺寸规整, 椭圆度小。

贵阳特钢进行高锰钢生产的传统工艺流程为: 电弧炉-精炼炉-模铸(700 kg)-精整-650 轧机轧制。采用此传统工艺流程进行生产时, 金属收得率低(炼钢成锭率约 93%, 轧钢成材率约 82%), 生产成本偏高, 并且因为模铸钢锭质量波动较大, 严重影响了产品质量, 在抽芯过程中经常发生芯材断裂和芯材不能顺利抽出的质量事故。为了提高 80Mn14 的成材率, 并稳定 80Mn14 芯材的质量, 降低生产成本, 贵阳特钢一炼钢厂进行了连铸生产 80Mn14 钢

表 1 80Mn14 钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of steel 80Mn14 / %

C	Mn	Si	S	P
0.75 ~ 0.96	13.00 ~ 15.50	≤ 0.80	≤ 0.030	≤ 0.070

是决定中空钢生产的成材率高低的的关键。因此, 奥氏体高锰钢 80Mn14 的生产制作, 是中空钢生产的重要环节。为了保证有较高的抽芯率, 作为芯材高锰钢必须满足以下的技术要求^[1,2]:

的攻关,新工艺流程为:30 t EBT 电弧炉-35 t LF 精炼-连铸-精整入库,经过多次试验,已成功生产出 80Mn14 钢的合格钢坯,连浇炉数 ≥ 3 炉,浇铸断面为 260 mm \times 300 mm。

1 生产主要设备参数和工艺控制要点

主要冶炼设备及参数如表 2、表 3 所示。

表 2 电弧炉和钢包炉(LF)的主要技术参数

Table 2 Main technical parameters of arc furnace and ladle furnace

电弧炉	参数	LF	参数
公称容量/t	30	公称容量/t	35
变压器容量/kVA	20 000	变压器容量/kVA	6 300
座数	1	座数	2
平均每炉出钢量/t	35	升温速度/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$)	3~6
平均冶炼时间/min	100	平均精炼时间/min	80

表 3 连铸机主要技术参数

Table 3 Main technical parameters of caster

项目	参数
机型	柔性引锭杆全弧形连铸机
流数	1
铸机半径/mm	15 000
铸坯规格/(mm \times mm)	260 \times 300
结晶器电磁搅拌频率/Hz	2~10
结晶器电磁搅拌电流强度/A	300~600
拉速/(m \cdot min $^{-1}$)	0.2~1.1
浇铸方式	全程保护浇铸
二冷比水量/(L \cdot kg $^{-1}$)	0.10~0.50
铸机冶金长度/m	27.4

由表 1 可知,80Mn14 钢中 Mn 的含量达到 13.00%~15.50%,在采用 EBT 电弧炉进行冶炼时,因为不宜在 EBT 电弧炉内进行合金化,大部分合金化需在精炼炉完成,导致精炼炉的任务十分繁重;同时因 80Mn14 钢中的 Mn 含量极高,对钢包包衬、连铸中间包工作层和功能件都会产生严重的侵蚀;并且因 Mn 含量极高,钢液流动性较好,在连铸时极易造成漏钢。针对 80Mn14 钢的特点,该厂采取了多种措施进行试生产。

1.1 电弧炉

EAF 炉料的配比:生铁 30%~40%,废钢 60%~70%,配 C 量 $\geq 1.2\%$,不得配入含 W、Mo、Cr 等的废钢,采用两次装料法。在电弧炉的冶炼过程中,采用氧枪吹氧助熔,电弧炉的重要任务之一是脱 P,要求在熔化后期控制好炉中钢液温度,采用较低功率进行供电,以防止升温过快,脱 P 困难,同时必须有流动性良好、碱度适宜和足够量的氧化渣,并且适时进行流渣换渣操作。一旦脱 P 完毕,必须增大

吹氧量,并实现高温沸腾,以有效去除 H₂、N₂ 等有害气体。

采用在 EAF 出钢前将约 40% 的锰铁加入钢包中,以有效缩短 LF 精炼时间,并且从出钢到精炼完毕采用全程吹氩搅拌,此时控制好电弧炉的出钢温度就显得非常重要:既要避免温度低造成出钢不透气,又要避免温度过高造成对电弧炉炉衬严重侵蚀,将出钢温度控制在 1 630~1 670 $^{\circ}\text{C}$,基本能达到预期目的。

根据对冶炼及精炼过程中所需加入的合金中的 C、P、Mn 含量作精确计算,确定出钢条件(因为高 C 锰铁中的 P 含量较高,高 C 锰铁只能在精炼炉中、后期进行微调加入,加入量根据取样分析 C、P 含量后进行计算调整)。所使用的高、中 C 锰铁的主要成分见表 4。

表 4 80Mn14 钢用 FeMn 的主要成分/%

Table 4 Main chemical composition of FeMn for steel 80Mn14 / %

合金	C	Si	Mn	P
高 C 锰铁	7	≤ 3	≥ 65	≤ 0.300
中 C 锰铁	2	≤ 3	≥ 75	≤ 0.200

电弧炉的出钢条件:C $\leq 0.40\%$,P $\leq 0.015\%$,1 630~1 660 $^{\circ}\text{C}$ 。出钢过程中避免将氧化渣带出。

1.2 LF 精炼

对于奥氏体高锰芯材 80Mn14 钢,精炼炉的工作任务较为繁重:既要快速调整钢液的成分、提高钢液纯净高、提高钢液可浇性;而根据连铸生产连续性的要求,为了与连铸匹配,又需要缩短精炼时间,同时为减少 MnO 对包衬的浸蚀,也必须缩短精炼时间,根据生产工艺的要求,约有 60% 的锰铁需要在精炼炉加入,采取必要的措施缩短锰铁的加入时间是 80Mn14 连铸连浇成功的基础,在实际操作中,钢液温度控制在 1 550~1 580 $^{\circ}\text{C}$,尽可能在 30 min 内连续将 55%~60% 的锰铁均匀加入,避免取样分析后再大量补合金。锰铁加入完成后,送电 10~15 min 取样分析,根据分析结果再进行成分微调。

氧的存在将明显降低高锰芯材的高温塑性,因此要加强脱氧操作。在精炼炉送电精炼约 3 min,钢包中精炼渣熔化后,按 2.5 kg/t_钢加入电石进行脱氧操作,再根据渣况使用少量碳化硅进行调渣,精炼渣必须成为白渣。

精炼中、后期,控制渣中碱度 ≥ 2.5 ,调整好氩气流量,进行弱搅拌,以提高钢液洁净度,并调整钢液

表5 80Mn14 钢精炼渣系成分/%

Table 5 Ingredient of refining slag for steel 80Mn14 /%

Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	FeO	MgO	MnO
15~23	48~53	14~19	0.2~0.4	4~7	4~11

温度以利于连铸顺行。精炼渣系成分见表5。

1.3 连铸

80Mn14 钢中 C、Mn 含量较高,钢液具有较好的流动性,在开浇及浇铸过程中极易发生漏钢事故;同时对中间包耐火材料和功能件都有极强的浸蚀性,极易发生中间包漏钢、浸入式水口穿钢或因塞棒浸蚀严重而发生结晶器溢流事故。因此为提高铸坯质量、保证连铸工艺顺行,在连铸中采用相应的工艺措施。

1.3.1 全程保护浇铸

连铸过程中,在钢包-中间包-结晶器之间采用全程保护浇铸技术,其中在钢包-中间包之间采用长水口保护铸流;在钢包下水口与长水口之间采用氩气密封;中间包内加入中间包保护渣和保温剂进行钢水液面保护;在中间包-结晶器之间采用浸入式水口进行铸流保护;结晶器液面采用保护渣进行钢水液面保护。从而实现全程保护浇铸,避免了在浇铸过程中的二次氧化。

1.3.2 开浇操作

起步拉速是开始拉坯时的速度,开浇时的起步拉速应低于工作拉速,大方坯的起步拉速约为工作拉速的 50%~60%,大方坯的起步时间约为 40 s^[1]。因为 80Mn14 的熔点较低、流动性较好,为保证出结晶器时的坯壳有足够厚度,避免开浇漏钢,采用延长开浇的起步时间,增加的时间为 20%~40%,同时调低起步拉速,将起步拉速调整为正常拉速的 45%。

1.3.3 二次冷却水

为减少浇铸过程中的漏钢可能性,将二冷水比水量调高约 20%。如果二冷水分配不良,铸坯表面温度回升会引起凝固前沿的拉应力,促使铸坯裂纹的产生和扩大,因此,在配水中对二冷区各段水量的分配比例进行适当的调整,略微增加二冷一段冷却水量的比例。

1.3.4 过热度

为了保证浇铸能够顺利进行,获得良好铸坯质量,在浇铸过程中,控制中间包内钢水过热度 ≤ 35℃,以提高连铸坯质量,减少铸坯偏析的产生;同时保证连铸顺利进行。

2 试验结果及钢材的力学性能

在生产开发的初期,生产试验只进行 1 炉连浇,经过多次试验,逐渐增加,目前连铸连浇炉数可稳定达到 3 炉连浇的水平,因 80Mn14 钢对中间包耐火材料及功能件的浸蚀较严重,目前最大连浇炉数暂时限定为 3 炉。在近 15 个浇次中,仅有 2 次因设备故障,只连浇 2 炉。成坯(锭)率由模铸的约 93% 增加到连铸的 ≥ 95%。

轧钢厂采用 650 轧机一火成材,轧制成 Φ47 mm 棒材,成材率由模铸钢锭的约 82% 增加到连铸坯的 ≥ 94%。经过随机抽取了 23 炉钢进行力学性能检验,结果全部合格(表6)。

表6 80Mn14 钢 Φ47 mm 棒材的力学性能

Table 6 Mechanical properties of Φ47 mm products of steel 80Mn14

项目	σ _g /MPa	σ _b /MPa	δ/%	ψ/%
标准	≥320	≥750	≥30	≥25
最大值	585	895	45	39
最小值	460	780	33	25
均值	534	851	39	30

长期以来,模铸钢锭的抽芯合格率都比较低,正常水平仅为 85%~90%,且波动较大。而采用连铸坯生产的芯材,抽芯合格率非常稳定,均 ≥ 92%。

3 结语

(1) 采用连铸生产高锰钢 80Mn14,对电弧炉、精炼炉、连铸工艺等进行适当调整,完全能够顺利进行连铸生产。

(2) 经过对二冷配水、拉坯速度等连铸工艺参数进行调整,80Mn14 连铸坯的质量,完全能满足标准要求。

(3) 与模铸相比,80Mn14 连铸在炼钢、轧制及抽芯工序中,生产成本均有所降低,其中在轧制及抽芯工序中成本下降幅度较大。

参考文献

- 1 陈家祥,陶述霞,吴月华,等.连续铸钢手册.北京:冶金工业出版社,1991
- 2 洪达灵,顾太和,徐曙光,等.钎钢与钎具.北京:冶金工业出版社,2000

胡支国(1954-),男,工程师,1986 年贵州大学毕业,特殊钢品种发展和研究。

收稿日期:2011-03-21