

## 电渣连铸小方坯表面质量的影响因素

臧喜民 黄晓颖 姜周华 龚伟 梁连科

(东北大学材料与冶金学院, 沈阳 110004)

**摘要** 实验研究了成分(%)为0.16C、0.25Si、0.40Mn、0.05P、0.03S Q235钢90 mm×90 mm电渣重熔连铸坯表面质量的影响因素。结果表明, 高电压(53.4 V)和合宜电流(2 400 A)熔炼; 用低熔化温度和电导率的渣系; 大填充比; 良好的结晶器状况和供电方式均有利于钢坯获得良好的表面质量。

**关键词** 电渣连铸 小方坯 表面质量

## Effect Factors on Surface Quality of Electroslag Concasting Billet

Zang Ximin, Huang Xiaoying, Jiang Zhouhua, Gong Wei and Liang Lianke

(School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110004)

**Abstract** The effect factors on surface quality of 90 mm×90 mm electroslag continuous casting (ESCC) billet of steel Q235 - 0.16C, 0.25Si, 0.40Mn, 0.05P, 0.03S have been tested and investigated. The results showed that it was favourable for surface quality of billet melted with higher voltage (53.4 V) and available current (2 400 A), flux of lower melting point and lower electro-conductibility, higher filling ratio and good mold status and power supply mode.

**Material Index** Electroslag Continuous Casting, Billet, Surface Quality

### 1 供电制度的影响

#### 1.1 电流和电压

电渣连铸示意图见图1。有两个尺寸来表征金属熔池形状: 金属熔池深度  $H_m$  和方形段部分的高度  $H_{ms}$ 。金属熔池上部圆柱形段的高度  $H_{ms} =$

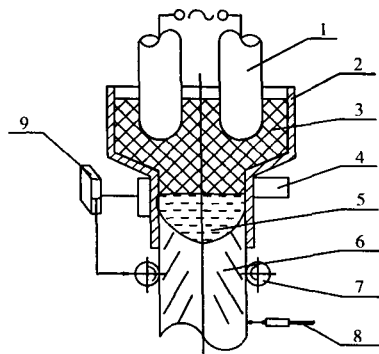


图1 电渣连铸示意图: 1-电极; 2-结晶器; 3-渣池; 4-金属液面检测装置; 5-金属熔池; 6-重熔方坯; 7-拉坯机构; 8-切割装置; 9-控制系统

Fig. 1 Schematic of ESCC: 1- electrode; 2- mold; 3- slag pool; 4- measure device for metal surface level; 5- metal bath; 6- remelted billet; 7- withdrawal device; 8- cutting; 9- control system

10 mm, 以保证钢锭的表面光洁<sup>[1]</sup>。

电流对表面现象的影响是复杂的<sup>[2]</sup>, 一般认为电流、电压过低, 熔渣温度降低, 渣皮过厚造成钢锭表面凸凹不平。在实验室条件下, 电极均为Q235钢, 其成分(%)为0.16C、0.25Si、0.40Mn、0.05P、0.03S、0.02Cu。电极断面尺寸为60 mm×120 mm, 重熔后的小方坯断面尺寸为90 mm×90 mm, 采用同一渣系进行电渣连铸实验时, 电压分别为47 V、53.4 V、电流为2 400 A时钢坯表面质量见图2。

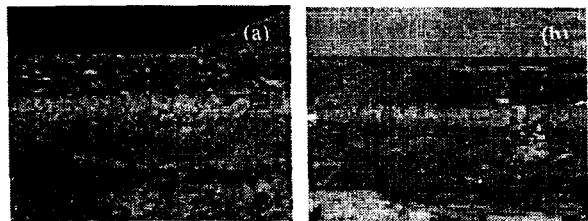


图2 不同电压下钢坯的表面质量: (a) 47V, 2400A; (b) 53.4V, 2400A

Fig. 2 Surface quality of billet with different voltage: (a) 47V, 2400A; (b) 53.4V, 2400A

## 1.2 导电回路方式

采用结晶器和钢坯同时导电,其大部分电流通过镶嵌在结晶器上的导电块与电极形成回路,部分电流通过钢坯与电极形成回路。由于钢坯有电流通过,可以产生一定的热量,有利于金属熔池上部圆柱段的形成。而国内采用的双极串联,大部分电流通过电极-渣-电极形成回路,大部分热量是在电极之间区域析出,此处渣的温度最高,金属熔池处温度较低,对钢坯的表面质量有较大影响。

## 2 渣系对钢坯质量的影响

在本实验中炉渣既要起到精炼的作用又要起到润滑的功能,采用低熔化温度、低粘度的高氟渣(ANF-6)冶炼效果并不理想,出现明显的渣沟和结瘤(图3)。这主要原因有:(1)实践表明 ANF-6 渣系的强度不够高,不能满足电渣连铸生产的需要。(2)在冶炼过程中,渣金界面的波动引起渣金界面温度波动较大,ANF-6 属于短渣,其粘度在 1 500 ℃左右变化很大。(3)熔池的输入功率不足,导致渣池温度偏低。在二次电压不变的条件下,单纯提高电流,钢坯的表面质量不能得到很好的改善。



图3 钢坯表面渣沟和结瘤

Fig. 3 Slag ditch and scaffolding at surface of billet

基于以上三点考虑,可选用粘度随温度变化较小,电导率较低,含  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  较高的  $\text{CAF}_3$  (% :  $\text{CaF}_2$ 30- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 35- $\text{CaO}$ 35)、 $\text{CAF}_4$  (% :  $\text{CaF}_2$ 40- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 30- $\text{CaO}$ 30)系进行实验,取得较好效果。实验中还发现,适当添加  $\text{SiO}_2$  可以显著提高  $\text{CaF}_2$ - $\text{CaO}$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  渣系的塑性<sup>[3]</sup>。表 1 是渣系部分物性参数<sup>[1,4]</sup>。

## 3 充填比和结晶器的状况对钢坯质量的影响

与传统的电渣重熔一样,在其它条件(如供

表 1 渣系物理性能参数

Table 1 Parameters of physical properties of fluxes

渣系	熔点/ ℃	电导率/ ( $\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ )	粘度/ ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )	表面张力/ ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ )
		1 600 ℃	1 600 ℃	1 500 ℃
ANF-6	<1 350	3.5	0.3	330
$\text{CAF}_3$	<1 350	2.0	0.6	370 ~ 397
$\text{CAF}_4$	<1 350	2.5	0.7	357

电制度)基本不变的情况下,大充填比重熔,电极末端的形状由圆锥形向平面(甚至凹面)转变。由于渣面辐射热损失减少,在渣池中向电极的传热比例增加,再加上渣池电流分布和温度分布的均匀化,在相同熔速下,熔池上部圆柱段高度明显增加,熔池形状变得浅平,有利于表面质量和结晶质量的改善。

对于方形结晶器,沿结晶器高度水缝不均匀,造成结晶器角部冷却不良,容易产生角部裂纹。结晶器锥度太大或太小都容易产生角部裂纹。结晶器圆角半径太小,角部温度梯度增大,热应力增加,使坯壳角部应力集中,超过极限就易发生裂纹。结晶器表面划伤严重,会造成铸坯传热不均匀,摩擦阻力增大,容易产生横裂。

## 4 结论

(1)供电制度对钢坯表面质量影响较大,采用高电压、一定的大电流所生产的方坯表面比较光滑。

(2)在电渣连铸过程中,低熔化温度、粘度随温度变化小、较低电导率且硬度适中的渣系有利于钢坯表面质量的提高。

(3)大的填充比、良好的结晶器状况,都有利于钢坯获得良好的表面质量。

## 参考文献

- 姜周华. 电渣冶金的物理化学及传输现象. 沈阳: 东北大学出版社, 2000: 3
- Medovar B I. Thermal Processes in ESR. Kiev: Naukova Dumka, 1978
- Alghisi D, Milano M, Paziienza L. The Electroslag Rapid Remelting Process under Protective Atmosphere of 145 mm Billets. Medovar BI, eds. Medovar Memorial Symposium. Kiev: E O Paton Electric Welding Institute, 2001: 97
- Verein Deutscher Eisenhüttenleute. Slag Atlas, Verlag Stahleisen GmbH, 1995: 362

臧喜民(1978-),男,东北大学钢铁冶金专业在读博士研究生,从事电渣连铸设备及工艺的研究。

收稿日期: 2006-03-23