

# 铁合金连续铸造结晶器振动参数的选择

吴茹强<sup>1</sup> 刘航<sup>1</sup> 王自东<sup>1</sup> 贾艳华<sup>1</sup> 曾世林<sup>2</sup>

(1 北京科技大学材料学院 北京 中国 100083)

(2 广西八一铁合金(集团)有限责任公司 来宾 中国 546102)

**摘要** 分析了结晶器振动参数对连续铸造的影响。在此基础上,讨论了锰系铁合金连续铸造结晶器振动基本参数的选择。

**关键词** 铁合金 连续铸造 结晶器 振动参数

中图分类号 TF331.3.7 文献标识码 B 文章编号 1001-1943(2006)04-0035-03

## VIBRATOR PARAMETERS' CHOICE OF CONTINUOUS CASTING CRYSTAL FOR FERROALLOYS

Wu Ruqiang<sup>1</sup> Liu hang<sup>1</sup> Wang Zidong<sup>1</sup> Jia Yanhua<sup>1</sup> Zeng Shilin<sup>2</sup>

(1 School of Material of University of Science & Technology Beijing, Beijing China 100083)

(2 Guanxi Bayi Ferroalloy Group Co.,Ltd.,Laibin, China 546102)

**Abstract** It analyzes the continuous casting effects of vibration parameters on mould. Based on it, choice of basic parameters continuous casting mould has been discussed.

**Keywords:** ferroalloy, continues casting, mould, vibration parameter

### 1 前言

铁合金(包括FeSi, FeMn, FeMo等)主要用做炼钢的脱氧剂及合金元素的加入等。目前,国内外铁合金生产的成型方法主要是模铸。经过冶炼-出铁-去渣-浇入铸模-一次破碎-清除杂质-二次破碎-成品,在这些过程中有7%左右的铁合金变成了金属粉末<sup>[1]</sup>,这是一个很大的消耗,也是一个很大的损失。北京科技大学与广西八一铁合金(集团)有限责任公司共同开发锰系铁合金连铸新技术,于2004年8月到2005年6月进行了中试,在实验初期经常出现拉断拉漏现象,在对结晶器振动参数进行调整后能够顺利对铁合金进行连续铸造,连续铸造的铁合金经过破碎,其粉末率只有0.61%,极大的提高了成品率。本文对结晶器振动参数进行了分析,讨论了锰系铁合金连续铸造结晶器振动基本参数的选择。

### 2 设备简介

铁合金连续铸造采用板簧式连铸机结晶器振动装置,其振动机构原理如图1所示。OA为偏心轮和偏心套组成的曲柄;AB为连杆;BCD为振动臂;DE为振动台架;EF为板弹簧(导向臂)。结晶器采用内有石墨衬套的结晶器。

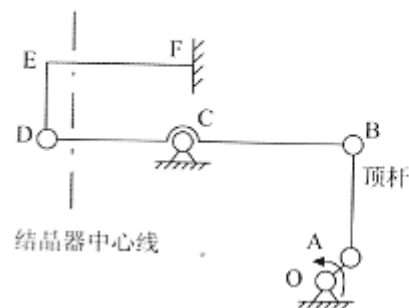


图1 振动原理示意图

Fig.1 Vibrating principal sketch chart

**作者简介** 吴茹强 男,1974年12月出生,2006年毕业于北京科技大学硕士,研究方向是锰系铁合金连续成型技术。  
**收稿日期** 2006-04-01

结晶器振动机构主要参数为:

频率  $f$ : 0 ~ 265 次/min,

振幅  $S$ : 0 ~ ±6 mm,

波形: 正弦

### 3 连铸参数分析和选择

连续铸造参数有铸坯的拉拔速度、结晶器振动参数。正弦振动时结晶器和铸坯之间没有严格速率关系,在拉速一定的情况下,正弦振动只有两个相互独立的振动参数,故其特性决定于振幅和频率。

#### 3.1 拉坯速度分析与选择

根据文献 [1] 振动参数与拉速之间满足一定的匹配关系时,总有

$$\eta V_c^n = k \sqrt{\sigma_0} \quad (1)$$

式中,  $V_c$  - 拉坯速度, mm/min;  $1 < n < 2$ ;  $k$  - 由振动参数取值及其与拉速匹配关系所定的常数;  $\sigma_0$  - 钢种的铸态高温强度;  $\eta$  - 保护渣粘度。

由文献 [2] 可知锰硅铁合金高温强度在 700 °C 时压缩强度最高, 为 127 MPa, 在这里由于没有使用保护渣而是采用在结晶器里内衬石墨, 因此认为保护渣粘度  $\eta$  为定值。锰硅铁合金高温强度低, 塑性差, 因此锰硅铁合金连续铸造必须采用较小的拉拔速度。实验中拉拔速度选取在 0.2 ~ 0.6 m/min。

#### 3.2 振动参数的分析和选择

振动参数可分两种: 一种是基本参数, 包括振幅  $S$ 、频率  $f$ ; 另一种是工艺参数, 包括负滑动时间  $t_N$ 、负滑脱率  $NS$ 、负滑动时间比率  $NSR$  等。工艺参数的取值反映振动的工艺效果, 为基本参数的选取提供依据, 而基本参数的选取是保证工艺参数最佳并得到最佳的振动工艺效果的关键。

##### 3.2.1 结晶器正弦振动的主要参数

结晶器的最大速度  $V_a$ :

$$V_a = 2\pi Sf \quad (2)$$

式中,  $V_a$  - 结晶器的最大速度, mm/min;  $S$  - 结晶器振动的振幅, mm;  $f$  - 结晶器振动的频率, 次/min。

负滑脱时间  $t_N$ :

$$t_N = \frac{60 \cos^{-1} \frac{V_c}{2\pi Sf}}{\pi f} \quad (3)$$

负滑脱时间比率  $NSR$ :

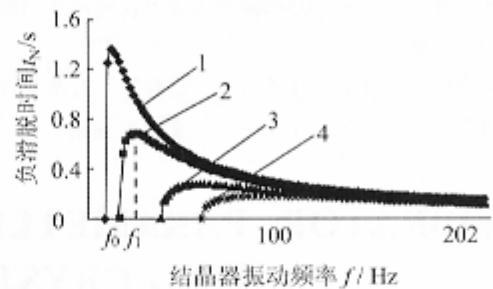
$$NSR = \frac{100(2f t_N)}{60} \quad (4)$$

负滑脱率  $NS$ :

$$NS = \frac{100(V_c - 4Sf)}{V_c} \quad (5)$$

##### 3.2.2 振动参数分析和选择

锰硅铁合金高温强度低, 塑性差, 连续铸造时热应力大, 热裂纹倾向大。因此在锰硅铁合金连续铸造过程中要求尽可能小的摩擦阻力和较好的表面质量, 只有这样才能得到稳定的连续铸造过程。根据式 (3) 及图 2 可以看出振动参数对负滑脱时间的影响。



1-S = 6mm 2-S = 3mm 3-S = 1.25mm 4-S = 0.8mm

图 2 负滑脱时间与振幅及频率的关系曲线

Fig.2 Relation curve among negative slip time, swing and frequency

由图 2 可知, 对于给定的  $S$ 、 $V_c$  有一个最小值  $f_0$ ,  $f < f_0$  时, 不存在负滑移, 为了保证铸坯能够顺利脱模, 频率  $f$  必须大于  $f_0$ 。由式 (3) 推得:

$$f_0 = \frac{V_c}{2\pi S} \quad (6)$$

式 (6) 给出了结晶器振动的最小频率  $f_0$ ,  $f > f_0$  时,  $t_N - f$  曲线分为两部分, 即  $t_N$  极值点  $f_1$  的左侧和右侧。在  $f < f_1$  时,  $t_N$  变化剧烈。拉速或频率的微小变化都会导致负滑脱时间发生很大变化, 甚至为零。因此连铸中, 频率取值范围应  $f > f_1$ 。  $f_1$  是  $S$ 、 $V_c$  为定值时,  $t_N$  取极大值所对应的频率, 即:

$$f_1 = \frac{V_c}{4.082 S}$$

负滑动时间  $t_N$  最佳取值范围为 0.1 ~ 0.25s<sup>[3]</sup>, 由于锰硅铁合金高温强度低, 负滑动时间  $t_N$  取值太大会造成铸坯表面的振痕加深, 降低坯壳的有效受力面积, 降低坯壳对拉坯的承受能力。大量文献 [4, 5] 中认为振痕与负滑脱时间有关, 振痕深度随负滑脱时间增加加深。由此可知减小负滑脱时间可以控制振痕深度, 而由公式 (3) 和图 2 可知减小振幅  $S$ , 增大振动频率  $f$  时, 可使负滑脱时间  $t_N$  缩短。

在结晶器作正弦振动的一个周期内, 铸坯与结晶器之间的摩擦力呈周期变化, 当两者相对速度最大时, 摩擦力取得最大值<sup>[3]</sup>, 即在拉拔速度固定的情

况下,两者相对速度不能太大,否则将产生较大的剪切力,使铸坯易断裂。由公式(2)可知减小振幅和降低频率可使结晶器的最大速度  $V_0$  减小。

根据以上分析,铁合金连铸易采用小振幅,适中的频率可以减小负滑脱时间  $t_N$  和铸坯与结晶器之间的相对速度。

### 3.3 试验论证结晶器振动参数的选择

根据以上分析,笔者对连铸参数进行了选取,选取范围如表1所示。

表1 试验选取连铸参数  
Tab.1 Selected casting parameter of test

拉拔速度 $V_c$ /(m/min)	振动振幅 $S/mm$	振动频率 $f/(次/min)$
0.2~0.6	0.8~6	70~140

在选取的连铸参数范围,分别以拉拔速度  $V_c$ 、振动振幅  $S$ 、振动频率  $f$  为变量进行了大量的实验。振动振幅  $S$  的变化比拉拔速度  $V_c$ 、振动频率  $f$  的变化对锰硅合金连续铸造的影响要大。在大振动振幅  $S$  下,变化拉拔速度  $V_c$  和振动频率  $f$ ,连铸不能正常进行,经常出现拉断、拉漏现象;而在拉拔速度、振动频率范围不变的情况下,逐渐减小振动振幅至 0.8~1.25 mm 时可以正常进行连续铸造,甚至当拉拔速度提高到 0.6 m/min 时也可以拉出铸坯,只是由于经结晶器出来的铸坯温度高强度小,当铸坯经过拉拔辊时变形。

经过大量的实验最后确定锰硅铁合金连续铸造的最优参数如表2所示。

表2 锰硅铁合金连续铸造最优参数  
Tab.2 Best casting parameters of Mn-Si

拉拔速度 $V_c$ /(m/min)	振动振幅 $S/mm$	振动频率 $f/(次/min)$
0.3~0.4	0.8~1.25	80~110

根据锰硅铁合金连续铸造最优参数计算工艺参数,负滑脱时间  $t_N$  为 0.17~0.25 s,负滑脱率  $NS$  为 -6%~-10%,负滑动时间比率  $NSR$  为 60%~80%,锰硅铁合金连续铸造负滑脱率  $NS$  与最佳值为 35%的钢铁连铸  $NS^{[6]}$  有所不同。

## 4 结论

4.1 铁合金连续铸造中结晶器振动参数应采用小振幅,适中的频率。

4.2 锰硅铁合金高温强度低,其在连续铸造时必须采用较小的拉拔速度。

4.3 铁合金连续铸造最优参数与钢铁连铸的最优参数有一定差别。

4.4 结晶器振动参数中振幅的变化比频率变化对铁合金连续铸造影响要大。

### 参考文献

- 1 张洪波,王海之.连铸结晶器振动参数与保护渣物化性能的关系.钢铁,1995(11):17~20
- 2 孙业海.铁合金连铸工艺的研究.北京科技大学,2003年
- 3 卢盛意.连铸坯质量.北京:高等教育出版社出版,2000:158~178.
- 4 程常桂,邓康,任忠鸣.连铸坯振痕的形成机理及控制技术.炼钢,2000(5):55~61
- 5 于勇,陈栋梁,杨文改.连铸结晶器瞬态摩擦阻力的实验研究.钢铁,1999(4):16~19
- 6 许翊鸣.连铸结晶器正弦振动主要参数的合理确定及其应用.上海应用技术学院学报,2002(12):290~294