

从工艺参数的科学性看大铝锭铸造生产线的可行性

刘雅锋

(沈阳铝镁设计研究院, 辽宁 沈阳 110001)

摘要: 随着电解铝厂产能的增加, 小铝锭铸造机已经不能满足生产的需求, 开发和研制大铝锭铸造生产线势在必行。本文从理论上绘制了 650kg 铝锭的冷却凝固曲线, 通过三次模拟浇铸试验找出了工艺参数的具体数值, 为大铝锭铸造生产线的开发和研制提供了科学的依据。

关键词: 大铝锭; 冷却时间; 流量; 压强; 比热容; 对流

中图分类号: TF801 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1752(2006)05-0034-03

Feasibility of aluminum sow production line from the science of process parameters

LIU Ya-feng

(Shenyang Aluminum and Magnesium Engineering and Research Institute, Shenyang, Liaoning 110001)

Abstract: It is necessity to develop and research the aluminum sow production line along with the capacity increase of aluminum smelter. The paper plots the cooling condensed curve of 650kg aluminum sow from the theoretical point of view and gives out the specific process parameters through tertiary simulation casting tests, which could be available for the development and research of the aluminum sow production line.

Key words: aluminum sow; cooling time; flow rate; tension; specific heat capacity; convection

1 问题的提出

随着大型电解槽的发展, 小型铝锭铸造机已经不能适应高产能的生产需要, 以年产 185kt 的电解铝厂用 20kg 铝锭铸造机铸造原铝, 则需要 4 台设备生产; 而电解铝厂在铝锭铸造过程中大约损失铝量的 0.4%~0.5%^[1], 即铸造小铝锭所消耗的原铝要大于大铝锭的消耗; 小铝锭运输时需要包装所占空间又大, 所需成本加大, 因此研究 650kg 以上的大铝锭铸造生产线势在必行。

要设计出这样的生产线对于工艺专业来说要科学地提出主要的工艺参数。即 650kg 铝锭满足什么样的几何尺寸时其散热效果最快; 铝液经多大流量(Q)和多大压强(P)的喷淋冷却水在多少时间(t)内能形成固体; 多大的产能适合生产需要? 如冷却时间 t 过长则圆盘直径加大, 见(图 1)。设备的占地面积大, 造价高。以年产 185kt 的电解铝厂例, 其铸造车间的投资一般控制在总投资的 7.87% 左右^[2]。另外圆盘直径加大还会增加设备制造和安装的难度, 不易保证转盘在旋转过程中的精度要求, 造成铝液在结晶过程中产生振动使其表面产生过大的波

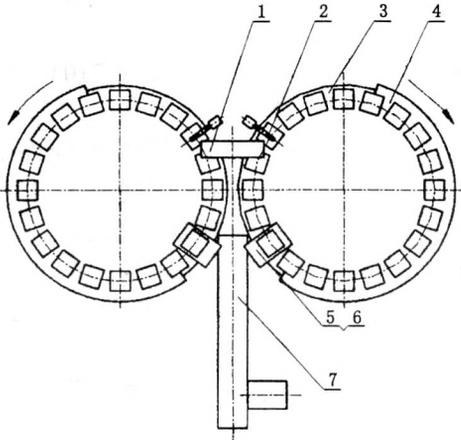
纹。如冷却时间(t)过短或喷淋冷却水的流量(Q)和压强(P)过小则会造成铝锭在排出工位没有形成固体, 无法排出。而增大 Q 和 P 则使铝锭结晶质量不好, 同时也造成资源的浪费。可见工艺参数的科学性和准确性是此生产线成败的关键。

2 铸造生产线的组成和原理

目前国内尚无大铝锭的铸造生产线, 无成熟的经验可借鉴, 而有关铸造方面的文献又很少, 因此我们参照有色行业的铸铜锭的生产设备^[3]来研究 650kg 铝锭的生产线。设备示意图如(图 1)。这种浇铸生产线具有产能大, 运转平稳, 结构紧凑占地面积小, 投资少等优点。该铸造生产线由浇铸工位、冷却工位、排出工位三部分组成。浇铸工位有计量器, 铝液分配器, 打渣机构组成; 冷却工位有回转圆盘及喷淋冷却组成, 它是该生产线的主要部分; 排出工位有顶起脱模机构, 取锭机构和冷却输送机组成。

其工作原理是: 从混合炉经流槽流出的铝液经过计量后分别浇至左右两个圆盘上的 650kg 铝锭的铸模内, 浇注后转盘旋转一个模位。与此同时, 铝液继续浇注下一个铸模, 这样周而复始地完成铸机的

浇铸作业。铝液经自然冷却后,进入喷淋冷却,形成固体的铝锭经顶起顶起脱模后,由取锭机构取出铝锭,放至输送机上继续冷却并输送出去。转盘上的喷淋冷却是使铝液形成固体,输送机上的冷却是为了铝锭在输送时不至于烫伤工人。



1—铝液分配器;2—打渣机构;3—回转圆盘;4—喷淋冷却;5—铝锭顶起装置;6—取锭装置;7—输送机。

图1 大铝锭铸造生产线示意图

Fig. 1 Sketch of aluminum sow production line

3 工艺参数的理论探讨和经验借鉴

从热传递的三种不同的方式看,导热、对流和辐射均与铝锭的表面积成正比例,铝液浇注到铸模后,除上平面外其余五个面主要是以导热和对流的方式散热。从设备的结构和散热的角度考虑将铝锭的厚度设计为350mm,为了减小铝锭和铸模之间的亲和力即保证脱模顺利将其铸模的锥角设计为 $\beta \leq 75^\circ$ ^[4]。

从铝液的结晶角度看,液态铝冷却至常温固体铝锭的最佳凝固等温曲线如图2所示。因此在调整工艺参数时尽量使凝固等温曲线靠近此图,以使结晶冷却效果最好。

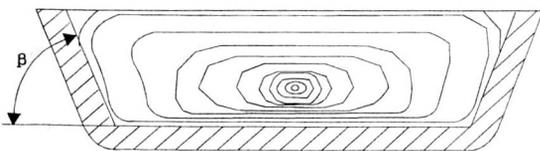


图2 大铝锭凝固等温曲线示意图

Fig. 2 Condensed isothermal sketch of aluminum sow

铝锭进入喷淋冷却阶段后,其散热的主要方式

是对流。铝锭温度的变化规律如以下函数关系^[5]。

$$T = (T_0 - T_f)e^{-\varphi t} + T_f \quad (1)$$

式中: T ——铝锭的温度, $^\circ\text{C}$;

t_0 ——铝锭进入喷淋时的温度, $^\circ\text{C}$;

T_f ——喷淋冷却水的温度, $^\circ\text{C}$ 。

$$\varphi = \frac{\alpha_A + \alpha_2 A_2 + \alpha_3 A_3 + \alpha_4 A_4 + \alpha_5 A_5 + \alpha_6 A_6}{\rho c_p V_0} \quad (2)$$

对流系数 它是表面的几何形状、流体的速度和流体性质的一个复杂的函数。

A ——铝锭各个面的面积, cm^2 ;

ρ ——液态铝的密度 $\rho = 2.371\text{g}/\text{cm}^3$ ^[6]

c_p ——铝锭的比热容 $c_p = 902\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ^[7]

V_0 ——铝锭的体积, cm^3 。

将(1)的函数绘成图象以便更加直观地看出铝锭的温度变化与时间的关系,如图3所示。

如果 φ 值一定的话,铝锭的温度只是以时间 t 为函数的关系式。从图三可以看出在喷淋冷却后铝锭的温度急聚下降,这会使铝锭的体积迅速缩小。一般来说铝锭从液体到固体直至冷却到室温,共分三个阶段,分别为液态收缩,凝固收缩,固态收缩。铝液从浇注到凝固,在最后凝固的地方会产生集中缩孔和分散缩孔。产生这两种缩孔的原因是液态收缩和凝固收缩大于固态收缩。因此急速地喷冷却水或冷却水的流量过大,对铝锭的质量不利。从其他浇铸机的实际经验看,铸造重熔铝凝固范围越小越易形成集中缩孔,凝固范围越大越易形成分散性缩孔^[8]。

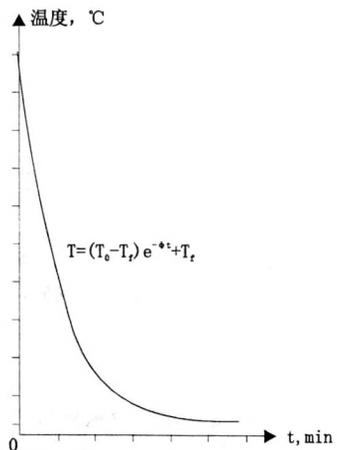


图3 铝锭的温度变化与时间的关系图象

Fig. 3 Relation between variation of temperature and time of aluminum sow

从(1)式可以看出如果改变冷却水的温度固然可以改变铝锭的温度 T ,但这显然是不可行的。这

样只能从参数 φ 上考虑。当铝锭的几何尺寸确定后参数 φ 只与 α 有关。而 α 又是与冷却水的压力 P 和流量 Q 有关, 即 $\alpha = \alpha(P, Q)$ 且具体的函数关系很复杂^[5]。因此在不同的冷却时间内改变不同的喷淋面的冷却水流量, 即改变 α 进而改变 φ , 使冷却曲线变得缓慢。

铸造温度的确定。根据国家标准的规定, 成品铝锭的表面要求整洁, 美观。要达到这些要求, 首先要保证的是铸造温度。在温度偏高时, 由于液体铝中吸收的气体(主要是氢气)多, 在铸锭冷凝的过程中, 这些气体被赶出来, 所以铸造表面的气孔多, 影响美观。一级品以上的铝锭要求结晶清晰、无渣、无氧化皮和无过大裂纹。而温度偏低又容易造成结晶不致密、疏松裂纹等。参照目前较大规格的圆锭和板锭的铸造参数取铸造温度为 $715 \sim 730^\circ\text{C}$ ^[2]。

4 工艺参数的实验

实验的目的 根据(1)和(2)可知, 在不同的冷却时间段内改变冷却水的流量即可使铝锭的结晶效果

好又可减少铝锭的冷却时间。因此要找出不同时间段内的不同冷却水的流量。

实验的手段 按要求制造一个铝锭铸模, 浇注 650kg 的铝液, 待自然冷却 6min 后, 从上部和下部喷淋不同流量的冷却水, 时间后用热电偶测量铝锭的温度; 改变上部和下部的流量经过时间后测量铝锭的温度, 并记录。以此模拟铝锭铸造生产线的冷却方式。

实验环境; 铝液的浇注温度 710°C 室内温度 28°C 冷却水温度 20°C

为了减少实验的次数依据经验每吨成品铝锭大约消耗 $8 \sim 10\text{t}$ 冷却水^[9], 将冷却水的流量大概按此分布。另外受实验手段的限制不易改变冷却水的压强因此参照[2]将冷却水的压强定在 0.08MPa 。

实验分析 第一次实验 铝液没有完全凝固, 不可取。

第二次实验 铝锭表面结晶效果好。

上部流量 $Q_{\text{上}} = 22.3\text{m}^3/\text{h}$

下部流量 $Q_{\text{下}} = 23.6\text{m}^3/\text{h}$

第三次实验 铝锭表面产生裂纹, 不可取。

表 1 实验数据

Tab. 1 Experimental data

冷却时间 min	冷却水压强, MPa 实验次数	上部冷却水流量, m^3/h			下部冷却水流量, m^3/h			铝锭温度, $^\circ\text{C}$		
		—	二	三	—	二	三	—	二	三
6	0.08	2	5	32	3	6	43	680	670	650
8	0.08	3	8	97	4	9	130	630	570	460
10	0.08	5	25	162	6	24	270	570	380	160

5 结论

将铝锭的厚度设计为 350mm , 铸模锥角 65° 时有利于散热和脱模。

铝锭进入喷淋冷却阶段后, 分三段从上下面给出不同流量的冷却水, 其凝固结晶效果好, 散热快且省水。

表 2 冷却水的流量分布

Tab. 2 Flow distribution of cooling water

第一段冷却时间 6min 流量, m^3/h		第二段冷却时间 8min 流量, m^3/h		第三段冷却时间 10min 流量, m^3/h	
上部	下部	上部	下部	上部	下部
30	35	50	60	150	160

从第二次实验计算满足铸造生产线的产能 $40\text{t}/\text{h}$ 时, 转盘处的喷淋冷却水的压强为 0.08MPa , 将 $485\text{m}^3/\text{h}$ 流量的冷却水分布如表 2。

我院已按此工艺参数设计开发出 650kg 大铝锭铸造生产线, 即将用于生产。

参考文献:

- [1] 邱竹贤. 预焙槽炼铝(第三版)[M]. 冶金工业出版社, 2005.
- [2] 霍庆发. 电解铝工业技术与装备[M]. 辽海出版社, 2002.
- [3] 有色金属冶炼设备[M]. 冶金工业出版社, 1994.
- [4] 沈阳铝镁设计研究院(内部资料). 铝锭铸造机的研究报告[Z]. 1994.
- [5] 美·杰姆斯·苏赛克. 传热学[M]. 人民教育出版社, 1981.
- [6] 马柏祥. 纯铝密度的数值计算研究[J]. 轻金属, 2005, 1.
- [7] 成大先. 机械设计手册[Z]. 化学工业出版社, 2003.
- [8] 党步军. 铸造铝合金工艺性的研究[J]. 铝镁通讯, 2003, 3.
- [9] 青铜峡铝厂. 铝电解生产[M].

(责任编辑 郝文儒)