

# “铝电磁流槽自动输送装置”的研制

上海电器科学研究所、中国科学院力学研究所

梅振乾 执笔

## 一、前言

目前,我国冶金和铸造行业的浇注作业,包括熔融金属的输送、计量、控流等工序,多为繁重的手工操作和半机械操作。西德、日本、从1972年以来,已陆续研制成功用电磁原理来实现自动定量输送装置,并提供用户使用。1974年我国压铸考察团赴西德考察,发现他们在许多大型的压铸机前都配有电磁流槽式自动输送装置。

为了改变浇注作业的落后面貌,我们于1978年初提出此课题。由于这在国内是第一次研制,资料匮乏,而结构和设计亦需摸索,所以一开始没有直接接触用户,而是根据一般要求,提出样机的基本技术指标。经过一年多的努力,样机全部达到预定的技术指标,试验室的试制工作告一段落。1979年10月通过鉴定后,现样机正在北京铝制品厂使用,效果良好。

## 二、基本原理

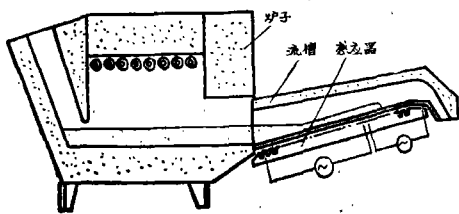


图1 电磁流槽结构示意图

图1是电磁流槽的结构示意图,关键部分是感应器和流槽,炉子是配套用的保温炉或熔化炉。

### (1) 基本原理

感应器由二部分组成:开有矩形槽的用砂钢片

造成的铁心,以及嵌放在槽中的三相分布绕组。工作原理相当于一个直流异步电机。感应器绕组相当于电机的定子,绕组通三相交流电流时产生行波磁场。行波磁场的方向和流槽的纵向(即 $x$ 方向)一致。磁通垂直地通过流槽底部(即 $z$ 方向)。液态金属相当于电机的转子,交变的磁通通往流槽底部,穿过液态金属,在液态金属中感应出电流,电流方向如图2b。 $y$ 方向的电流和 $z$ 方向的磁通产生平行于 $x$ 方向的推力,推动液态铝克服重力沿流槽倾斜地向上运动。

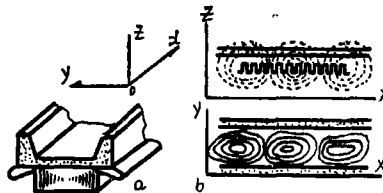


图2 电磁流槽工作原理示意图

a-感应器磁场

b-液态金属中感应电流

### (2) 感应器绕组采用二套绕组布置的原因

感应器绕组沿 $x$ 方向分二套布置。这是由定量和浇注工艺的要求所决定的。

第一套绕组的一个作用是把液态铝在流槽内提升到一定的高度超过I绕组区,送到离浇注口较近的位置。这个提升高度是由流槽里的电磁力,即I绕组的电流所决定的。由于电磁力和磁场强度的平方成正比,所以提高一点高度,需要明显的增加电流。由于电磁力较大,所以当炉子中的液面随着输送而逐步降低时,对提升高度的影响甚微,使浇注时有尽可能相同的起点和金属层厚度,保证了定量的精度。I绕组的第二个作用是使提升到一定高度的液态金属在流槽中往复循环,使流槽中的液态铝保持和炉中熔液相同的温度,不致因输送而降低。另

外,由于使液态铝保持在离浇铸口较近的位置,致使浇铸比较稳定。

Ⅱ绕组的作用是进行浇铸和方便地调整流量。只要合上Ⅱ绕组的开关,就能使液态铝通过浇口输出。只要Ⅱ绕组的电流小于Ⅰ绕组,即Ⅰ绕组提供的液态铝大于Ⅱ绕组的输出即可。调整Ⅱ绕组的电压(即电流)就可达到调整流量的目的。

### 三、样机的基本技术指标

考虑到一般的情况,样机的技术指标如下:

1. 运行温度 700℃~750℃;
2. 流量 2 公斤/秒;
3. 定量精度 ± 5 %;
4. 消耗功率 5 千瓦以下。

试验的结果达到了原定的技术指标,消耗功率在2.5千瓦左右,流量调节范围为0.6~2.0公斤/秒。

### 四、关于结构及设计的几点说明

#### (1) 流槽材料

流槽是本装置的关键设备,材质要求为非磁性、热稳定性好、在尽可能小的厚度下,有一定的强度、不粘铝、不被铝腐蚀等等。我们曾用包括不锈钢、钛合金在内的多种金属做过试验,发现熔融态铝液对这些材料的腐蚀,都相当强。特别是不锈钢,5 mm厚的一块样片放在铝液中几小时就几乎腐蚀殆尽。说明到目前为止,金属材料是不适用的。后来就试用了多种非金属材料做静态试验,其中氮化硅和可塑耐火材料比较合适。并就这二种材料进行了负载试验、分析对比。表明可塑耐火材料较经济,达到了技术要求。

#### (2) 感应器绕组形式

考虑到绕组的铜耗产生的热量,和流槽中700℃以上的铝液对绕组温度的影响,绕组采用空心铜管水内冷结构。并配上二台低压大电流降压变压器。

#### (3) 炉子

为了简化设备,保温炉和熔化炉合为一体,加冷铝锭直接熔化,容量为200公斤,加热元件用0号铬铝铁电工合金,电源为三相,功率为45千瓦,△接法。

#### (4) 流槽倾角

流槽倾角太小,则同样的保温炉能容纳的铝就少;流槽倾角太大,则消耗功率太大,流动也不稳定。参考国外的经验,我们初步选定倾角是15°,也对倾角为17.4°的流槽进行了对比试验。

#### (5) 流槽的宽度、铁心的宽度、极距和气隙的比例

取流槽的宽度等于铁心的宽度。

气隙:极距:宽度=1:3.3:3.5——可塑耐火材料。

气隙:极距:宽度=1:4.0:4.4——氮化硅材料。

### 五、空载试验

空载试验即在流槽中不加铝的情况下,对感应器性能进行测试,以判断其性能。其中包括纵向磁场分布曲线的测量、磁通的测量、电流、电压、功率的测量等等。

#### (1) Ⅰ绕组对Ⅰ绕组在不同的相位条件下,纵向磁场分布的测量

- i) 超前60°, ii) 落后60°, iii) 相差180°, iv) 同相位, v) 落后120°, vi) 超前120°。

实验结果表明:在同相和超前60°时纵向磁场分布最为均匀,两绕组的交接处无明显下凹点。

#### (2) 用整距线圈测量磁通

在铁心的直线部分测得。每一对极测量6个位置,共测18个位置,求得中线圈的平均电势,

$$E_{cp}=0.214\text{伏。}$$

磁场强度的平均值  $B_{cp}$  实测=822高斯。

由额定电流计算得的磁场强度的平均值为,  $B_{cp}$  计算=830高斯,二者之值基本接近。在磁场分布均匀,磁场强度值和设计接近的情况下,可以进行负载试验。

### 六、负载试验情况及分析

负载试验时,用称重量和计时法测得流量,电气测量用三电表-二功率表法测得三相功率、三相电流、电压等,并计算出功率因素。流槽材料分别采用氮化硅及可塑耐火材料进行试验,并做了流槽倾角为17.4°试验。

同相和Ⅰ绕组超前60°的情况相比,Ⅰ绕组超前

60°的情况较好,这和空载试验时稍有区别。从理论上说, I、II绕组同相位,负载情况应该最好,但由于纵向端部效应及电流、电压不同相等原因,出现以上所说的情况,这有待于今后在理论和实践上予以解决。以下的数据都是在 II 绕组电压相位超前60°的情况下得出的。

### (1) 试验的 B—Q 曲线和设计值的对比

从图 3 可见,理论计算值和实测值比较接近,趋势也一致。

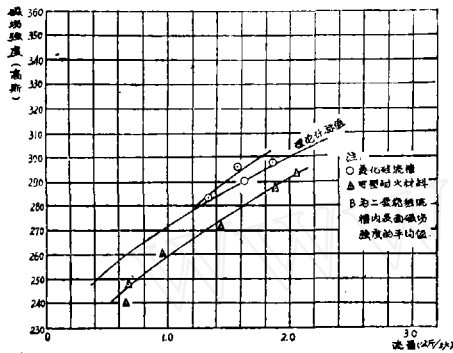


图 3

### (2) 定量精度试验

定量精度与温度的波动、电源电压的波动、流槽表面粗糙度等许多因素有关,二种材料流槽各取一组具有代表性的数据。

#### 氮化硅流槽

流量(公斤/秒)	平均流量(公斤/秒)	精度(%)
1.55	1.54	+0.65
1.54		0
1.54		0
1.55		+0.65
1.50		-2.60

#### 可塑耐火材料流槽

流量(公斤/秒)	平均流量(公斤/秒)	精度(%)	备注
2.08	2.03	+2.46	由于制造时,模具设计不当,流槽内表面(有用表面)粗糙,外表面光滑,影响精度
2.12		+4.90	
2.14		+5.90	
2.00		-1.48	
1.86		-8.40	
1.95		-3.95	

以上数据表明,在氮化硅流槽中,由于表面较光滑、气隙:极距:宽度的比例较合适,精度较高。可塑耐火材料,基本上在±5%之内,个别点偏高。

### (3) 电气性能

二种材料各取一组数据:

氮化硅材料(在流量为1.84公斤/秒时)

I 绕组:线电压  $V_1=20.8$  伏;线电流  $I_1=143$  安;功率  $p_1=1.04$  千瓦,功率因素  $\cos\varphi_1=0.202$ 。

II 绕组:  $V_2=8.2$  伏;  $I_2=140$  安;  $p_2=0.69$  千瓦;  $\cos\varphi_2=0.348$ 。

总功率  $p_w=1.73$  千瓦。

可塑耐火材料(在流量为2.03公斤/秒时)

I 绕组:线电压  $V_1=23.8$  伏;线电流  $I_1=193$  安;功率  $p_1=1.68$  千瓦;功率因素  $\cos\varphi_1=0.211$ 。

II 绕组:  $V_2=8.6$  伏;  $I_2=143$  安;  $p_2=0.66$  千瓦;  $\cos\varphi_2=0.31$ 。

总功率  $p_w=2.34$  千瓦。

### (4) 流槽对水平面的倾角为 17.4° 时的负载

#### 试验

$V_1$ (伏)	$I_1$ (安)	$V_2$ (伏)	$I_2$ (安)	$P_s$ (伏安)	$P_w$ (瓦)	$\cos\varphi$	$Q_{cp}$ (公斤/秒)
22.0	159.0	8.6	148.5	8260	2100	0.254	1.45
定量精度(%)	+2.07	-1.72	+1.38	+1.04	+1.04	-2.11	

上表为氮化硅材料时的一次试验数据。可以看出,在同样的流量下与15°倾角相比,功率较大,定量精度较高。

### (5) 几点结论

i) 氮化硅流槽由于气隙、极距、宽度的比例较合适,加上内表面光滑,定量精度较高(在±5%之内),流量在1.84公斤/秒时,消耗功率为1.73千瓦;流量达2公斤/秒时;消耗功率<<5千瓦,缺点是材料热稳定性差,价格贵,目前暂无推广价值。

ii) 可塑耐火材料流槽由于厚度较氮化硅厚,所以气隙较大。气隙、极距和宽度的比例,也因和氮化硅流槽同装置而受到限制,加上表面光洁度较差,故定量精度稍差,个别点超出±5%,功率消耗比用氮化硅时稍大,但比预期的小得多。优点是热稳定性好,价格低廉,具有推广价值。以上不足之处是可以致力加以改善的。

iii) 进一步采取措施,提高定量精度及稳定性,考虑增加控制设备。

# 铝合金半凝固压铸

国营武汉中原机械厂 陈启冰

近几年来,国外特别是美国麻省理工学院等研究成功了“半固态压铸”的方法即 Thixocasting (触熔铸造) 和 Rheocasting (流变铸造)。但因其设备复杂,工艺控制较难,实际生产应用时受到一定的限制。笔者经过多年的压铸生产实践,其中包括 100 多种铝合金铸件的压铸,生产近 30 多万件的产品,铸件重量有从几克的螺母至 4~5 公斤的面板,铸件壁厚由 1mm 左右的七联基架至壁厚 6~8 mm 的壳体,铸件几何形状由简单的平板至型壁纵横交错复杂的格形机架等,为半凝固压铸法提供了可贵的经验。

## 一、半凝固合金液的制备

生产上用于半凝固压铸法的铝合金牌号主要是 ZL101,其化学成分: 6~8%Si、0.2~0.4%Mg、余量 Al、杂质 Fe<1.5%。铝合金锭料系南京铁合金厂供给,合金料采用工频炉熔化和精炼,电阻炉保温浇注,压铸机 P900、P2255、J1512。

铝合金锭料、回炉料按一般铝合金熔炼工艺规程在工频炉内进行熔化操作。当合金的温度升至 720~740℃ 时,用占炉料重量 0.2~0.3% 的六氯乙烷进行精炼处理后,至少

## 七、电磁流槽的优点和应用展望

通过此次样机的试制,我们感到电磁流槽自动定量装置具有如下优点:

- i) 设备简单,无机械传动部分,运行可靠。
- ii) 纯电气操作,易于自动化和远距离控制,为浇注的高速化创造了条件。
- iii) 可通过调节外加电压,连续调节流量,调节范围宽。
- iv) 定量精度高。
- v) 由于渣不导电,无电磁力作用,不向上输送,能起除渣作用。
- vi) 改善合金成分,感应电流产生焦耳热,补偿输送过程中的热损失,且电磁力作用在每个金属单元上,使成分均匀,晶粒细化,改进合金性能。

存在的缺点:

- i) 气隙较大,故磁场衰减快,效率和功率因素较低,增加了电耗。
- ii) 此种电磁流槽对小工件的浇注不太合适。适合于工件较大的砂型,钢模浇注流水线 and 较大容量的压铸机。
- iii) 对于精密压铸,还需进一步提高定量精度。

本装置是电磁流槽在定量分配方面的应用。很清楚,电磁流槽应用在熔融金属的输送方面是完全不成问题的。另外,可以相信,电磁流槽一定会在其它方面,如搅拌、除渣、脱硫等方面找到新的用途。