

国际 41 届 铸造会议文选

第一机械工业部技术情报所编

第一机械工业部技术情报所

前 言

一九七四年九月在比利时召开的四十一届国际铸造会议上共介绍了二十三篇技术资料，这些资料反映了国外铸造行业的技术动态和成果，对我们有一定的参考价值。遵照毛主席的“洋为中用”的教导，现选择其中的14篇出版，供有关单位参考。由于水平所限，在编译过程中必然会有不少缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

本文选在编辑过程中得到哈尔滨工业大学、山东工学院、大连工学院、太原重机学院、沈阳铸造研究所等单位的共同协作和大力支持，特此表示感谢。

编 者

1976年5月

目 录

前 言

连续运动在制芯中的应用.....	1
砂型铸造铝合金中冒口的研究.....	6
球铁铸件补缩的理论和实践.....	20
金属——非金属体系中非金属相的显微组织.....	31
真空密封造型方法的基本技术.....	40
介绍维康冷却筒及其工作原理.....	52
关于造型材料的质量、铸件形状与适用于高压造型铸件的关系.....	61
电磁搅拌凝固中的钢液对厚壁钢铸件初生组织的影响.....	77
GF法纯镁转包处理工艺多年生产的经验.....	96
造型材料的电物理法处理.....	110
在小实验室模拟铸型——金属反应实验.....	117
球墨铸铁在900°C下的氧化	134
灰铸铁测定无伤测定强度法的验证.....	144
稀土附加物对铝合金机械性能与机械加工性能的影响.....	156

连续运动在制芯中的应用

近十年来,在很多企业中,《连续运动》已经取代了从古老手工业流传下来的断续工艺过程。

这种方法是在连续的运动中转运着加工对象,加工工具始终跟随着这个加工对象,并对它进行加工。因此可以避免断续工艺过程固有的那种当加工对象由一工位转入另一工位时加工工具的减速与加速过程。

本文介绍一种按这种原则工作的制芯机,它专门用于 CO_2 -硅酸盐或冷芯盒法的气硬法制芯。

芯盒放在转运盘上,转运盘将芯盒在整个制造循环中进行转运。一开始,芯盒到达带有二个射头的第一工位的一个射头之下,射芯完成后,装满砂子的芯盒转入另一转运盘,由它将芯盒带至具有四个充气头的第二工位,充气完成后,芯盒转运至最后工位,此处打开芯盒,取出芯子并清扫芯盒、重新关好,再由第三转运盘送入原始工位,开始下一个新的循环。

这种机器生产率高,灵活性好,它能在不停机的情况下更换芯盒。

在比利时已经制成了这种机器的样机。它的生产率为每小时制芯 1200 个,芯盒尺寸为 $450 \times 400 \times 250$ 毫米,12 个芯盒同时工作,它们可以是相同的也可以是完全不同的。

1. 简介

在大量生产的造型、制芯车间,目前人们在下述二种解决方法中进行选择:

- 1) 以很快的节奏用单个模子或芯盒进行生产,亦即一次只做一件;
- 2) 以较慢的节奏用带有若干个模子的装备进行生产。

这二种方法的选择超出本文所讨论的范围。但应着重指出,上述二种方法的节奏均为惯性所限制。实际上,在每一工位上都要对所用的装备进行加速和减速,这就涉及了动能问题,它是质量与速度平方的函数,为此就必须在重量和速度上求得一定的协调。

在一般的技术条件下,除了很小的铸件之外,节奏很难超出 300 拍/时,它随装备尺寸的增大下降很快。

本文对《连续运动》在气体硬化法制芯中的实际应用予以介绍。

2. 连续运动原则

对于一般的形式,连续运动原则可以用图 1 来予以定义和表示。

当对象 O 在工位 P 上加工某一预定工序时(此工序需时间 T ,而必须以节奏 R 来完成)则不论 R 、 T 的数值是多少,人们总是可以找出一种对于工位 P 和对象 O 的连续运动的安排,

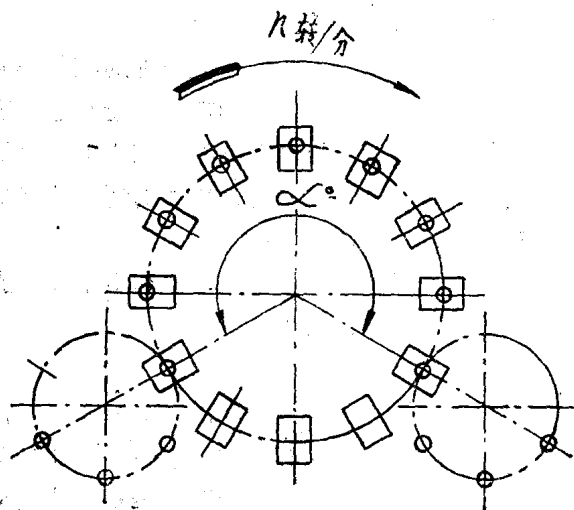


图 1 连续运动原则

□—工位“P”; ○—对象“O”

使之得到节奏 R 。

运动方案的安排一般如下：

1) 在一个以恒定的转速ⁿ/分作连续运动的转台的圆周上设 N 个工位 P 。

2) 迫使对象 O 的运动轨迹 (为圆周一部分, 相当于圆弧 α) 与工位 P 的轨迹一致, O 与 P 的切线速度严格相等。

这种安排的结果是, 在圆弧 α 上的所有各点的相对速度为零。于是人们把对象 O 在工位 P 的圆弧 α 上的走动时间, 安排得相当于加工过程的时间。

在圆弧 α 上的走动时间至少应等于 T 。对于小的弧度 α , 可以得出下式:

$$T = \frac{\alpha}{360} \times \frac{1}{n} \text{ 分}$$

因为 $R = N \times n$, 消去 n 得到:

$$R = \frac{N}{T} \times \frac{\alpha}{360}$$

由此可见, 当一个工位业已为 T 、 n 和 α 所决定时, 则生产效率就直接与转台上的工位数 N 成正比。

如果时间 T 大, 或者由于加工时间的减少而引起工位的增加, 则人们可以增大反比于 T 的转台 n 来提高效率 (保持 N 和 α 不变)。

图 2 的方案代表加工同一种对象、具有六个工序的一个工作循环。此处由一个工位转台配合一个转运转盘轮流地进行工作。

六个工具的合理利用是很显然的: 在快的工序上只有少数的装备 (例如工序 2 和 5 只有 5 个) 而在较慢的工序上则较多 (例如工序 3 有 16)。

在连续运动中, 对于大件和小件的加工都能保持在运动中进行。因此就消除了加速和减速问题, 这个问题在重量小的情况下是容易解决的, 在四十年代就能做到这一点, 但对于材料重量愈来愈大的情况下就变得愈来愈难于解决。

其优点: 生产效率较高; 设备利用率高; 能量消耗少; 很少维修; 减少噪声; 增加规律性, 因而提高质量; 较安全。

3. 制芯机

连续运动适用于铸造车间的大部分工序。作为一例, 我们介绍比利时制成的一种机器, 它专门用于气体硬化制芯, 例如 CO_2 ——硅酸盐法^[12] 或最新的冷芯盒制芯法^[13]。

连续运动中要进行加工的对象是在连续走动的。制芯中的《对象》是由芯盒 (图 3) 制出, 为了能在圆周上走动, 人们把它支承在一个活动的支架上, 实际上是装在带导梢的活动板上。

这块板以恒定的速度在整个制造过程中转运着芯盒。

半个芯盒固定在转运板上, 其上带有机锁紧装置, 另一半芯盒 (只带有此锁紧装置的锁紧梢) 在垂直分型时, 被安放在转运板上; 在水平分型时直接放在固定的半个芯盒之上。

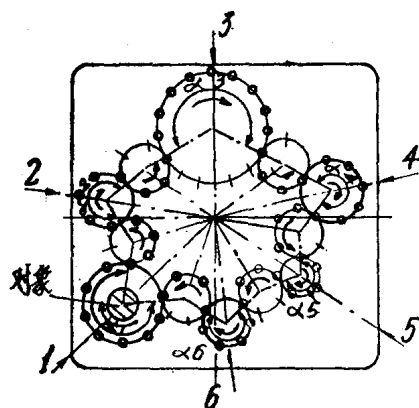


图 2 六个工序的工作循环

1—1~6 是工序数; 2—工序 1 处是对象的布置和把对象引至转运器; 3—工序 6 处取下对象

芯盒在六个转盘或转台上作圆周运动(图4)。

三个是工作转台, 另三个专门用来将芯盒从一个工作转台转运至下一个工作转台。

在三个工作转台上完成下列工序:

第一转台: 射芯;

第二转台: 对芯子充气, 然后用空气清扫;

第三转台: 打开芯盒,

取出芯子,

清理芯盒,

有时上涂料,

关好芯盒。

此装备的整体为一变速马达所驱动, 以便实现预定的程序。马达通过中间传动器和减速器带动所有工作转台和转运转盘, 以保证在整个工作过程中完好的同步性。

芯盒进入A, 处于第一射头之下; 至B, 处于第一转运盘; 至C, 处于充气台, 等等..., 然后重新进入A处于射芯台。芯盒的走动因而是一条封闭线。在取出芯子之后转台的转运使空芯盒重新引入射芯台。

4. 射芯台(图5) 它的转速为10转/分, 带有二个工位, 每一工位均有一10升的射头, 由二个料斗供给砂子, 一个砂斗是固定的, 另一个是转动的。

工作程序如下:

1) ——引入从《上游》转运盘而来的芯盒并使之就位;

2) ——用风动夹具将芯盒垂直地固定住, 使之处于射头之下, (对于垂直分型的芯盒, 其侧面夹具BN在同一运动中完成夹紧工作);

3) ——射芯;

4) ——卸除垂直夹具;

5) ——取下心盒, 放至《下游》转运盘。

5. 充气台(图6)

它的转速为5转/分, 带有4个工位, 每一工位有一充气头, 其上带有一园板使气体通入芯盒。

充气头通过中间旋转塞与硬化气体供应管和清扫软管相连接, 气体在被利用之后, 收集于转台的中央, 此处转动柱身作为释气包。气体吸入柱身底部后, 通过转动阻塞接头经阻尼

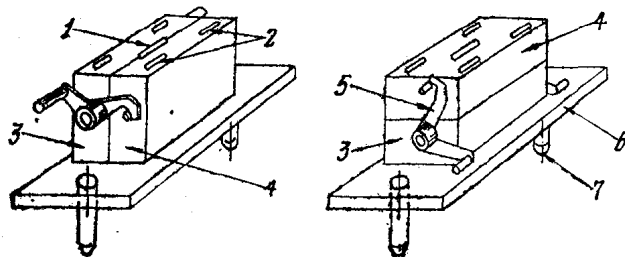


图3 装在转运器上的芯盒

1—射孔; 2—充气孔; 3—固定的半芯盒; 4—活动的半芯盒; 5—机械夹紧装置; 6—板; 7—导销

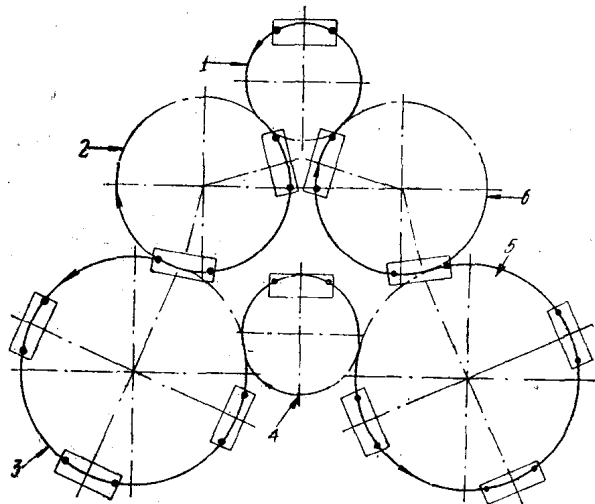


图4 制芯装备示意图

1—射芯台; 2—第一转运盘; 3—充气台; 4—第二转运盘; 5—取出芯子和清理芯盒台; 6—第三转运盘

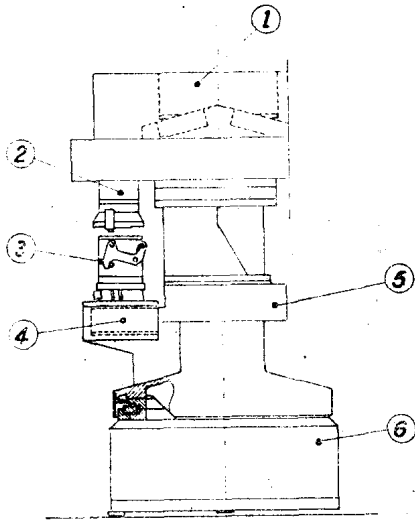


图5 射芯工位

1—砂子供给；2—射头；3—芯盒；4—风动夹具
5—转动部分；6—固定机座

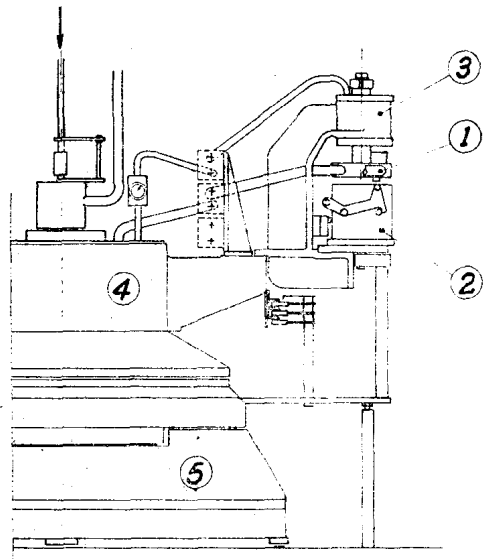


图6 芯子充气工位

1—充气板；2—芯盒；3—夹具；4—转动部分；
5—固定机座

通道排出。

工作程序如下：

- 1) ——引出从《上游》转动盘而来的芯盒并使之就位；
- 2) ——用风动夹具垂直地固定住芯盒，使之处于充气头之下（对于垂直分型的芯盒其侧面夹具在同一运动中完成夹紧工作）；

3) ——将硬化气体通入芯盒（用计时器控制）；

4) ——用压缩空气清扫芯子；

5) ——松开夹具并升起充气头；

6) ——将芯盒取下放在《下游》转运盘上。

6. 取下芯子和清理芯盒台(图7、8、)

它的转速为5转/分，带有四个工位，它们是：

——对于同一类型的芯盒(均为水平或垂直分型)，四个工位是一样的；

——对于不同类型的芯盒，它们是不同的，在直径方向相对的二端，设二个用于垂直分型的芯盒的工位，另二个工位则用于水平分型芯盒；

——对于同一类型的芯盒而其尺寸很不相同时，它们是一样的。

工作程序如下：

1) ——引入从《上游》转运盘而来的芯盒并使之就位；

2) ——松开夹紧机构，打开芯盒；

3) ——将活动半芯盒水平地置于取出带上；

4) ——取下芯子放在带子上；

5) ——用压缩空气清理芯盒，有时须加脱型剂；

6) ——合好芯盒并锁紧；

7) ——将芯盒置于《下游》转运盘上，它就成为射芯台的《上游》转运盘。

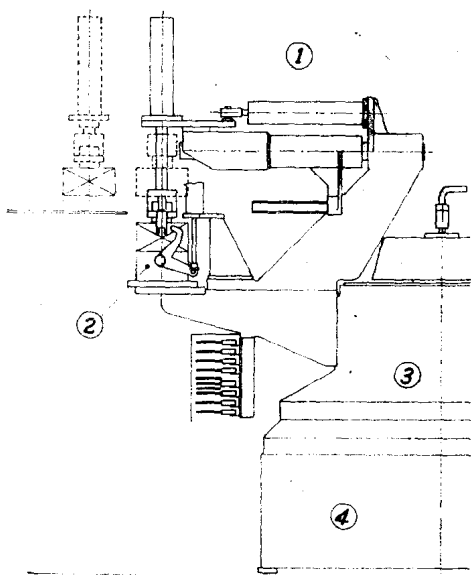


图7 取出芯子工位（水平分型）

1—开启芯盒工位；2—水平分型芯盒；3—转动部分；
4—固定机座

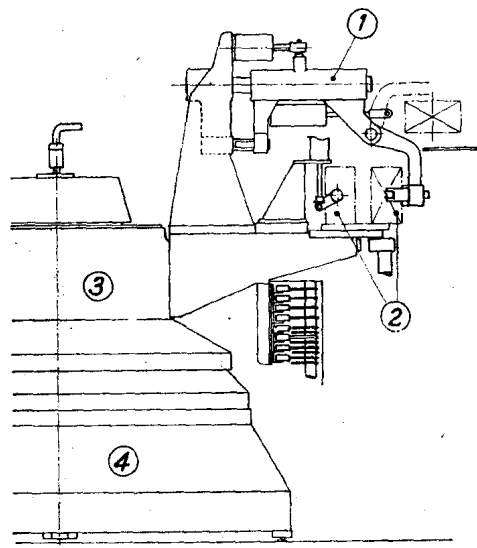


图8 取出芯子工位（垂直分型）

1—开启芯盒工位；2—垂直分型芯盒；3—转动部分；
4—固定基座

7. 附件

根据需要制一扳道，以便取下在工作循环中的芯盒（有时取下损坏的芯盒，或当系列改变时，系统地更换芯盒）。

当在各个工位上芯盒发生问题时，此机器带有安全保护装置。射头与充气头只当有芯盒存在时才工作。在取出工位，当开启或闭合发生故障时，机器自动停止。

8. 优点

相对于断续工作的机器，此机器有下列优点：

- 1) 生产效率较高，每小时可以射芯1200个。
芯合尺寸为：450×400×280毫米；
- 2) 装备利用率高，每一射头每小时射600个芯盒，每次为6秒钟；
- 3) 灵活性好，它可以制造12种不同的芯子。每次更换芯盒，只损失1200次中的一个周期。因此，此机器可应用于批量不大的大型芯子；
- 4) 能量消耗小，因为若一物体业已处于运动状态，则其所需的能量只需维持它的运动状态就足够；
- 5) 减少了保养费用，因为转运均是在相对速度为零的情况下进行的，消除了冲击；
- 6) 噪声小；
- 7) 一个重大的节约是，可以将昂贵的多芯子的大芯盒改为便宜得多的单芯小芯盒，芯子储存可以大大减少；
- 8) 提高了单位作业面积利用率，
- 9) 简化供应和取出，只有砂子供应，电流供应，压缩空气供应，硬化气体供应。只有一个取出芯子的工位。

（山东工学院铸工教研室译校）

砂型铸造铝合金中冒口的研究

1. 简介

对于中小批量的铸件, 迅速地定出其必需而又足够的冒口系统是降低成本的一个重要因素。确定冒口系统的方法有若干种, 我们此处只考虑<铸造工业技术中心>所提出的方法^{〔1〕,〔2〕}。

根据这个方法, 冒口系统的尺寸决定于对下列三个规律的通盘考虑:

1) 作用区域规律

首先把铸件按其所要求的健全程度分为若干部分, 然后将每一部分按作用区域的概念再分为若干单元, 每一单元可分别地设一冒口进行补缩。应用这个规律可以确定冒口的数量及其在铸件上的分布。

2) 模数规律

由前规律确定的每一单元的凝固时间与相应的冒口的凝固时间之间应保持一定的比例关系。我们可以根据冷却模数的概念^{〔3〕}或某一单元的体积与其表面积(原则上是与铸型接触的表面)的比例, 忽略次要的影响因素, 实际上冒口模数 M_m 和某一单元的模数 M_p 之间应符合以下公式:

$$M_m = K \cdot M_p$$

对于液态和凝固期间冷却时只出现收缩现象的合金, 上式的比例系数可取为: $K \leq 1.2$ 。轻金属 $K \leq 1.3$ ^{〔1〕〔4〕}。

3) 收缩规律

可以设计出这样一种冒口, 它虽然符合模数规律, 但并不能对所补缩的单元提供足够的合金。

收缩规律就是用来补充这一点。它用来检定每一冒口的体积 V_m 使之至少等于每一单元的收缩体积 γV_p , 再乘以考虑冒口效率的系数。在完全砂型铸造的条件下, 一般冒口的这一系数为 6, 因此一般每一冒口应按下式来予以检定:

$$V_m \leq 6\gamma V_p,$$

对于轻金属, 体积收缩系数 γ 取 8%, 则

$$V_m \leq 0.5V_p$$

关于铝合金在凝固区间的作用区域问题研究得很少^{〔5〕,〔6〕}, 我们曾研究了一种根据质量要求来确定冒口的方法。前不久文献^{〔7〕}报导了这个研究的初步结果。此处我们介绍最新成果。

2. 质量评定指标

一个补缩能力不足的冒口系统可能导致铸件发生缺陷:

- 内部缺陷: 显微缩松, 其中或多或少掺杂着气体, 致使机械性能降低;
- 外部缺陷: 局部缩沉, 或表面下凹。

为了确定或更好地检定收缩的各种表现, 我们采用了下列方法:

1) X光照像

这是一个很好的检查缺陷的方法。但它不能精确地检查铸件的致密度。因此我们只用它与规范 A、S、T、M、E 155-64^[8] 的 X 光照片进行比较, 作为定性检查。

2) 外观密度

这个方法可以真实地测出内部缺陷*。在我们的研究中, 采用一些小试样, 先在空气中利用十分之一毫克实验天平进行称重, 然后再在水中称重^[9]。如果试样准备和称重时都予以注意, 则其精确度可保证在小数点第三位数字上的误差不超过三个单位, 此时外观密度 d 按下式计算:

$$d = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \delta$$

式中 m_1 为试样在空气中的重量;

m_2 为试样在水中的重量;

δ 为试验温度下水的密度

如果是一个整铸件, 它的重量是几公斤, 则可采用 1/10 克的天平。如果和上述试验一样注意, 则其精度是一样的。

这个测定密度的方法, 在研究工作中可用来检定致密度, 而对于复杂铸件和要求严格的铸件也很有用, 便于在生产这些铸件时进行控制。

附注——A-U₅GT 中铜的反偏析

在铝铜合金例如 A-U₅GT, 将会发生铜的反偏析。因此在快速冷却的区域, 其含铜量将比铸件其它部分为高。以截面 40×40 毫米, 长度为 600 毫米的方形棒为例, 如果有规律地把它一段一段切成薄片并逐个分析其含铜量, 则从一端到另一端的含铜量将急剧地变化, 如图 1 所示。如果正常含铜量为 4.6%, 则快速冷却最早凝固的那一端的含铜量达 5.05%, 而后凝固的部分 (靠近冒口处) 只含 4.19%。

这说明含铜量对密度有重要的影响。因此当碰到高密度时, 应该区分是反偏析引起的富铜含量还是真正的高致密度。据此, 可结合铝铜合金的密度来测定它的含铜量。

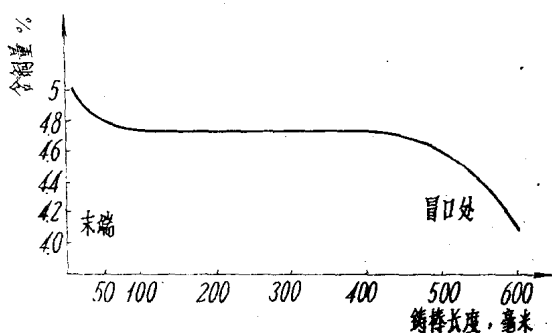


图 1 A-U₅GT 铝铜合金铸棒 (截面 40 毫米见方, 长度 600 毫米) 含铜量的分布

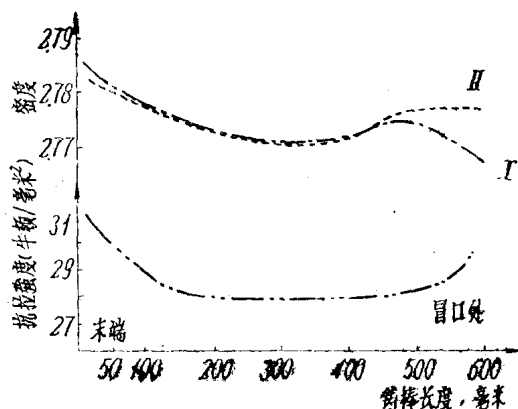


图 2 A-U₅GT 40 毫米见方的铸棒, 未校正与校正后的含铜密度分布。试样负荷断裂值分布的分析

I—未校正; II—校正后

* 原文为 defaults externes, 外部缺陷, 疑有误——译者。

图 2 中的曲线 I 是长度为 600 毫米, 截面为 40×40 毫米铸棒中的密度变化, 它的冒口设在 一端。如果根据相应含铜量而将密度变化加以校正, 则人们得到曲线 II。这条曲线是沿铸棒 整个长度内真正的致密度变化。由曲线可看出, 冒口附近的致密度并非不好, 因为校正曲线 在此处重新上升。在 16 毫米截面的方棒上也得到这样类似的结果。

应该注意到铜的反偏析数量上是不大的, 因而在校正时应十分精细, 而铜含量的分析也 应十分注意。

3) 机械性能

机械性能的数值是在铸棒上切割下来的试样上测出的, 试样尺寸与铸棒的截面成正比。 试样有效长度对直径的比例系数 K 取为 5.65, 试样头部与杆身的交接过渡尺寸很大, 以免在 此处发生应力集中而提早断裂。

4) 厚度测量

铝合金的外部缺陷经常表现为铸件厚大部分表面凹沉(例如冒口尺寸不够时), 而这种缺陷 也可能是局部的。一个评定这种缺陷的简便方法就是沿铸件上下表面中线上各点测定其厚度。

3. 选择试验设备和试验方法

试验利用方形棒, 边长各为 10, 16, 25, 40 毫米, 长度各不相同(为厚度的 5 至 15 倍), 水平浇注, 冒口设在一端, 浇口设在冒口的一边。表 I 是所用铸棒和冒口的尺寸特性, 图 3 作为一例表示了边长 40 毫米方棒的浇注系统示意图。

我们试验了两种在法国用得最多的高强度铝合金: A-U5GT* 和 AS7G*。这是一种凝 固区间很大的合金, A-U5GT 为 115°C , A-S7 为 65°C 。在熔炼这些合金时用钛和硼作为熔剂 进行精炼。A-U5GT 的浇注温度为 750°C , A-S7G 为 710°C , 这相当于过热 100°C 。气体含

表 I 铸棒和冒口的特性尺寸

铸棒长度 (毫米)	铸棒厚度 (毫米)	冒 口					模 数 比 Mm/Mp	体积百分比 Vm/Vp
		号码	形 式	D	H	H/D		
150	10	1	圆柱-球形 暗冒口	15	22.5	1.5	1.25	24
240	16			24	36	1.5		
375	25			37.5	57	1.5		
600	40			60	90	1.5		
150	10	2	圆柱-球形 暗冒口	15	40	2.7	1.35	48
240	16			24	65	2.7		
375	25			37.5	100	2.7		
600	40			60	160	2.7		
150	10	3	圆柱-球形 暗冒口	22	33	1.5	2.10	82
240	16			36	54	1.5		
375	25			56	84	1.5		
600	40			90	135	1.5		
50-100-150	10	4	柱 圆 形 明冒口	15	65	4.3	1.20	100
80-160-240	16			24	65	2.7		51
125-250-375	25			37.5	160	4.3		95
200-400-600	40			60	160	2.7		51

* 法国标准 NFA 57-702。

表 I 合金平均化学成分

合 金	Fe	Si	Cu	Mg	Ti
A-U5GT	0.20	0.11	4.7	0.22	0.20
A-S7G03	0.17	7.2	N	0.38	0.19

量是浇注前取试样在真空下凝固来进行控制，大部分炉次的气体指数是很小的：小于10%。合金的平均化学成分见表 II。

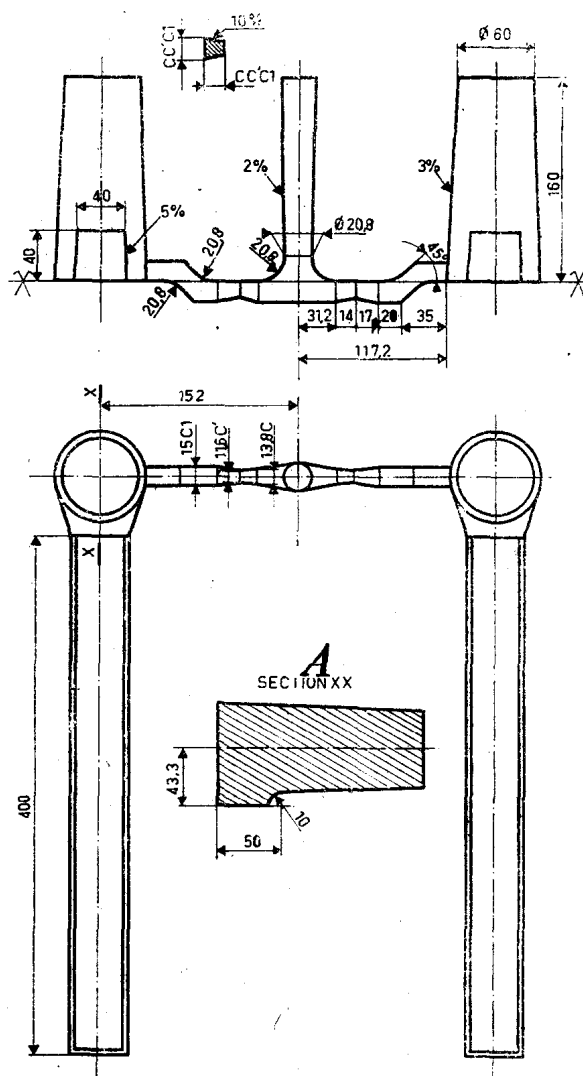


图 3 铸棒及浇注系统的一种形式

A—××截面

- ⑤ 气体指数是利用在空气中凝固的小铸锭的密度和在60毫米水银柱减压下凝固的小铸锭的密度来进行计算的。如果以 d_0 和 d_1 分别代表此二密度值，则气体指数按下式算出：

$$i = \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_0} \right) \times 1000. \quad i \text{ 的数值介于 } 0 \text{ 与 } 10 \text{ 之间相当于气体少, 超过 } 20 \text{ 为中等含气量, 超出 } 50 \text{ 为富含气量.}$$

4. 一个好冒口的必要条件

1) 冒口必需具有足够的尺寸

各种不同尺寸冒口的效率,是在大的长度/厚度比的铸棒上测定的,我们取此比值为 15。铸棒的厚度有 10, 16, 25, 40 毫米,我们改变下列参数进行铸造:

- 加冒口或不加冒口;
- 冒口,模数相同(2号与4号);
- 不同的冒口尺寸。

1号符合于模数规律但不符合于收缩规律;

3号超出模数规律的要求。

图4综合了试验结果。冒口效率的评定,是沿铸棒切下六面体测定其密度;沿铸棒测定其厚度。因为前者涉及内部缺陷,而后者涉及外部缺陷。

a——内部缺陷

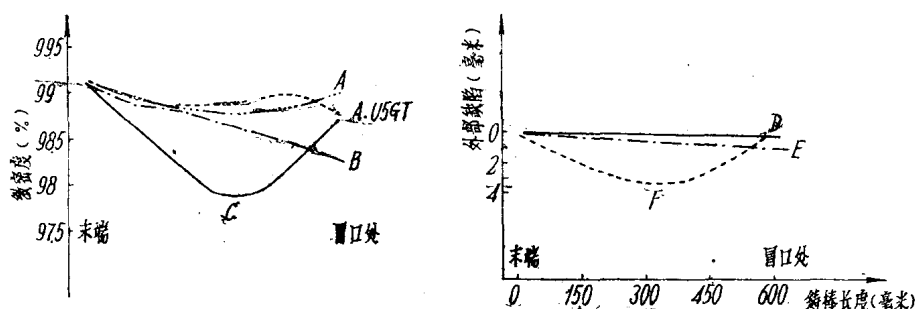


图4 冒口不同时,沿铸棒方向上致密度和外部缺陷的变化

A—铸棒的冒口符合两个规律(模数及收缩); B—铸棒的冒口只符合模数规律;

C—铸棒不加冒口; D—铸棒的冒口符合两个规律(模数及收缩);

E—铸棒的冒口只符合模数规律; F—铸棒不加冒口

曲线(C、F)是铸棒无冒口的情况。可以看出,密度是很低的,特别是中部更低。

如果在顶端加一冒口,而冒口只符合于模数规律而不符合收缩规律,则其情况如曲线(B、E)所示,其密度在任何地方都高于无冒口的铸棒。如果冒口和上述一样仍加在顶端,但它同时符合于模数规律和收缩规律,则其密度曲线(A、D)在前二者之上,健全度得到了进一步的提高,这在A-U5GT和A-S7G03都是如此。

b——外部缺陷

图4表明铸棒各处厚度与无冒口铸棒末端最大厚度比有变化。与内部缺陷一样,曲线在无冒口铸棒成为盆状,在相当的区域内发生下沉(曲线C、F)。当加上符合于模数规律但并不符合收缩规律的冒口时,下沉就少得多(曲线B、E),而加上的冒口不仅符合模数规律,而且也符合收缩规律时,则外部缺陷实际上就消失了(曲线A、D)。

如果把表I中所试验的各种形式的冒口的效率加以比较,则可以看出:

- 冒口同时符合模数规律与收缩规律时对于消除内部与外部缺陷的作用最大;
- 增大冒口模数,改进不明显;
- 明冒口与暗冒口(模数与体积相等时)二者的效率相仿。

图4中的曲线明确地指出,冒口对于提高密度和减少缩沉的作用,不仅出现在冒口附近,

而且也作用到相当远的地方。事实上，加冒口的铸棒，其末端的密度下降不像无冒口铸棒那样迅速，这也就是说，如果铸棒长度等于它的厚度的1倍（原文如此。数字疑有误——译者）时，冒口将在整个长度内起作用。

同样地，我们可以看到最大致密度区域不是在冒口一边而是在冒口对面的末端。这里不是把冒口作用和末端效应加以分开的问题。W.S.Pelljani^[10]对钢所提出的“作用区域”图案，我们此处不采用，而根据冒口的作用采用术语“健实长度”来代替“作用区域”，这在下文将对它作出定义。

附注——金属静压

在铝合金的情况下，冒口看来始终应该有“负荷”。我们用A-U5GT进行了增加金属静压的影响的试验，分两个方面进行：

- 增加冒口高度（见表Ⅲ）；
- 浇注后立即将铸型倾斜20°。

表Ⅲ 金属静压：冒口高度

铸棒厚度 毫米	铸棒长度 毫米	冒口		
		直径	高度	
			一般的	试验的
40	600	60	160	260
25	375	37.5	160	260

得到的密度曲线说明上述两种方法在整个铸棒上有轻度的提高。用倾斜法的结果比增加冒口高度的效果要显著些。文献^[11]曾指出这种效果比冷铁的作用要差得多。而另一方面，比较有效的倾斜铸型法在生产实际上是不便采用的。因此可以说，当冒口中的金属液其高度业已高于铸件所有各处的金属液的高度时，增加金属静压这个因素能够起到一定的积极作用，但这是第二位的。

2) 不存在负的凝固梯度

冒口的作用和控制凝固是分不开的。因而出现在一个方向的凝固梯度。这在浇口位置不合理时看得特别明显。

试验采用方形棒、厚度为25和40毫米，长度等于厚度的15倍。

六支铬若灭（一种Cr-Ni合金——译者）——阿留末（含Ni94%，Al2%的合金——译者）直径为32/100毫米的热电偶沿长度均匀地插入方棒各处，它们的读数利用活动触头记录在电位差计的记录器上。

与此同时，利用测定密度的方法来测定铸棒疏松的分布情况。

按下列方法布置浇口：

- 从冒口浇注；
- 从冒口的对面浇注；
- 沿着铸棒均匀布置浇口。

试验结果表明，均匀布置浇口和从冒口浇注的疏松情况是相似的。

相反，浇口设在冒口对面情况就大不一样。图5说明疏松分布情况，其中包括内部疏松

(密度)和外部缺陷(棒上部的缩沉)。人们可以看出,浇口的热作用导致一个中等的致密度。

可以确认,浇口一侧的“外部”健实度很低,此处出现严重的缩沉,导致铸棒报废。

“内部”健实度部分地与外部健实度相仿。在末端,浇口的一侧,其密度相当高,接着密度突然下降,在浇口与铸棒中部之间的地方通过一最小值,然后靠近冒口时又重新上升。

图6综合了热分析曲线的评定结果。人们可以看到,一般的浇注方法,纵向温度梯度在棒的二端较高,中部较低,但都是正的。与此不同,浇口设在冒口对面的末端,棒的中部区域在大部分金属凝固时,纵向温度梯度却是负的。这种温度梯度的颠倒,即使在绝对值上很小(最大为 $-1.5^{\circ}\text{C}/\text{厘米}$),却导致凝固进程的重大混乱。作为对比,纵向梯度数值相同,但方向相反(见图6,棒中部区域热电偶3~4),则得到了很好的致密度,并且机械性能也符合现行标准。由此可见,金属传热的方向和纵向温度梯度是一致的。

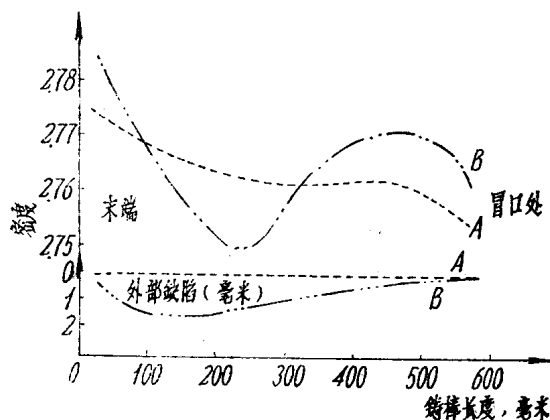


图5 40毫米的A-U5GT铸棒,浇口位置对密度和外部缺陷的影响

A-----铸棒从冒口浇注; B-----铸棒的浇口设在末端

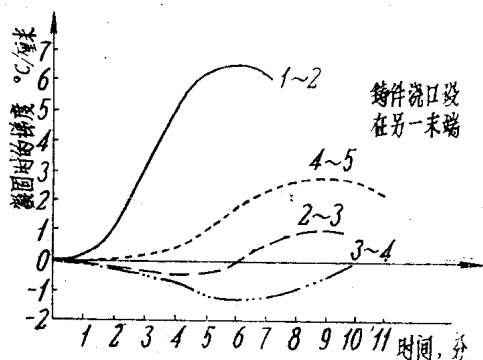
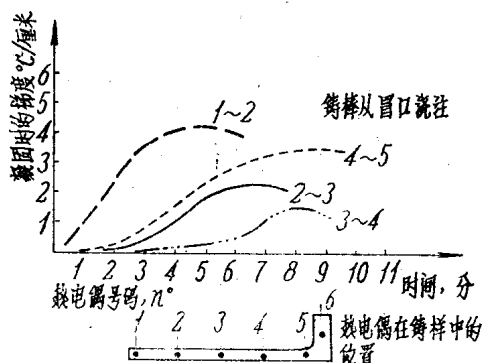


图6 从冒口浇注或浇口设在冒口对面的末端时, A-U5GT铸棒纵向梯度随时间变化而变化

可以确认,无论是A-S7G还是A-U5GT,短铸棒的梯度曲线都高于较长的铸棒的曲线,因而在总体上将提高致密度。由此可见,冒口在短的铸棒上的效率更高,也就是说明保证更高的致密度水平。

这个试验很好地说明了控制凝固的重要性。它证明了铝合金的冒口作用,与铸件的凝固进程或与凝固区域邻近的铸件部分的情况是分不开的;例如在末端效应(铸件的端部,冷铁)、浇口引起的扰乱等。

附注——液相线以上过热的影响

试验用A-U5GT和A-S7Go3厚度为25毫米,长度为375毫米的铸棒进行。过热度为液相线以上 $50\sim 100\sim 150^{\circ}\text{C}$,相应的浇注温度为:

——A-U5GT: $700\sim 750\sim 800^{\circ}\text{C}$

——A-S7Go3: $660\sim 710\sim 760^{\circ}\text{C}$

试验表明: A-S7Go3过热对铸棒密度无影响;

对于A-U5GT, 强烈的过热(150°C)比之于过热50和100°C在密度上有轻度的下降, 但是这种浇注温度(800°C)在铸造车间一般是不主张采用的, 因为它有引起气孔的险危。因此我们可以推论, 在铸造车间常用的浇注温度范围内, 过热对密度的影响不大, 也不致影响冒口的金属液体的补缩。

5. 外部缺陷

试验中当满足下列两个条件时, 将不产生局部缩沉, 既使产生也可以忽略不计:

- 冒口尺寸足够;
- 不存在负的温度梯度。

在铝合金的凝固区间, 遵守上述二条件可以消除外部缺陷。但我们发现这并非都是一样的, 因为它还和内部缺陷以及根据不同质量标准所定出的冒口的作用有关。

6. 内部缺陷——健实长度

1) 健实长度与作用区域

我们发现, W.S.Pellini 对钢所推荐的图案用在铝合金的凝固区间不太合适。图7说明两种合金性能不同。在钢中, 人们可以区别“作用区域”数值 A 和“末端效应”数值 E , 而在铝合金中这二数值无法分开。我们宁可称它为“健实长度” L 。对于钢, A 在数值上和致密度上都是不变的, 它可以是一个长度, 因而铸棒的致密度为 $A + E$ 。相反对铝合金, 一定的健实水平则决定铸棒一长度 L 。长一点的铸棒它在各处的致密度将较低, 短一点的铸棒它的致密度较高。即使二种合金的物理现象不同, 但我们仍可采用 Pellini 的方法来确定冒口在铸件上的分布。

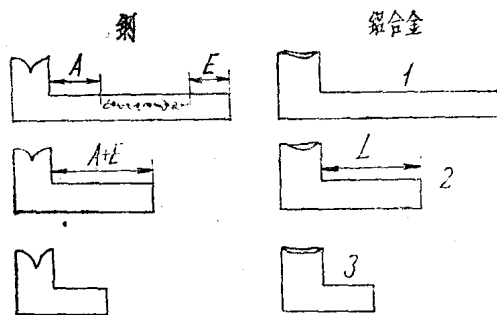


图7 钢和铝合金铸棒凝固后所形成的缩松的分布情况比较图

A—致密度较差; B—健实度符合要求;
C—致密度最高

2) 健实长度与密度

冒口在相当的距离内对于内部缺陷都有作用, 它保证在一定长度和一定厚度内得到一定的致密度, 但不能超出这个范围。如果要想增加铸件的致密度, 则可采用下列方法:

- 减少冒口的补缩长度, 亦即缩短冒口与末端之间的距离或者减少二冒口间的距离;
- 采用冷铁;
- 上述二法兼用。

首先应该注意, 铸棒厚度愈小则致密度愈高, 因此零件厚度对机械性能影响很大。图8是在A-U5GT中这种影响的数值情况。

a 缩小冒口——末端的距离

图9是不同长度的40毫米方棒在纵向上致密度的变化。铸棒的长度为600~400~200毫米(相当于长度为厚度的15, 10及5倍)。

b 减少冒口——冒口间的距离

图10是截面为40×40毫米, 长度为400毫米的铸棒, 在其两端各设一冒口的有关曲线。我们把长度只有它一半, 只在棒的一端设一冒口的铸棒的有关曲线A向此曲线上移, 则可看

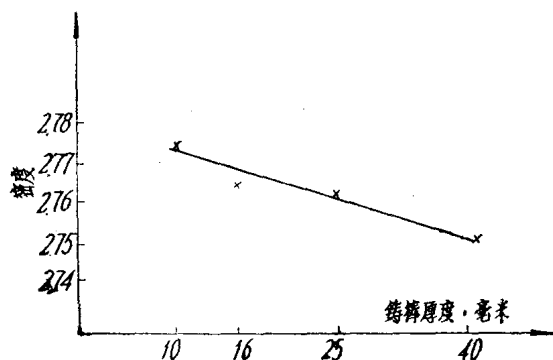


图8 A-U5GT铸棒厚度对最小密度的影响

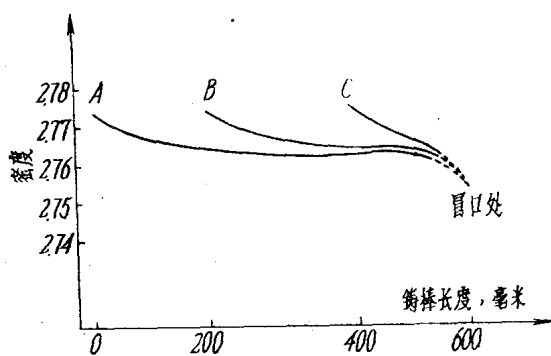


图9 A-U5GT铸棒的密度分布随长度的变化而变化(铸棒厚度40毫米)

A—末端 $L = 600$ 毫米; B—末端 $L = 400$ 毫米;
C—末端 $L = 200$ 毫米

出此二曲线部分地是重合的。如果在图10中画出与曲线A相同,但以长铸棒中心为对称轴的曲线B,则可看出曲线A和曲线B的总和与两端各设一冒口铸棒的曲线是紧靠在一起的。

由此我们可以说,铸棒两端各设一冒口进行补缩的致密度和长度只有它的一半,只在一端设一冒口的铸棒致密度是相仿的。密度的提高归因于冒口的作用。

c 冷铁的作用

在厚度为10~16~25~40毫米的铸棒一端放冷铁,冷铁尺寸见表IV。冷铁A的尺寸和铸棒厚度相同,冷铁B的体积比A大一倍。铸棒切成薄片进行密度测量,其值与不加冷铁的铸

表IV 冷铁尺寸

铸棒厚度 毫米	铸棒长度 毫米	冷铁尺寸	
		A (毫米)	B (毫米)
10	100~150	12×12×10	12×12×24
16	160~240	18×18×18	18×18×36
25	250~375	28×28×25	35×35×35
40	400~600	44×44×40	55×55×55

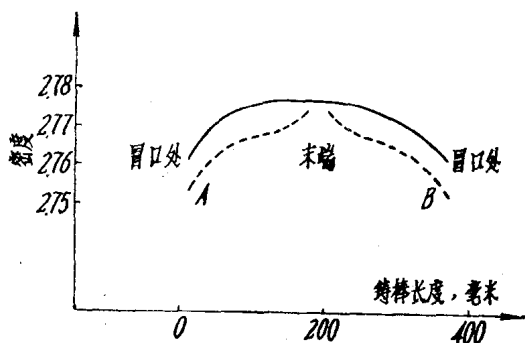


图10 在两端各设一冒口的铸棒与长度只有它的一半,只在一端设一冒口的铸棒,密度分布的比较(A-U5GT—厚度40毫米)

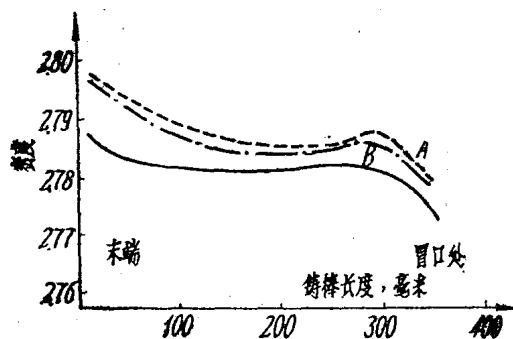


图11 A-U5GT25毫米厚度的铸棒加冷铁和
不加冷铁时的密度分布

——无冷铁; ----冷铁A (厚度=铸棒);
- · - · -冷铁B (体积为A的二倍)