



[苏联] M. B. 沙洛夫主編

铸造生产 工艺问题

国防工业出版社



鑄造生產工藝問題

[苏联] M. B. 沙洛夫主編

苏应龙、熊澤茂合譯

國防工業出版社

1964

內 容 簡 介

在本論文集中闡述了有关輕合金大型薄壁零件的先进鑄造方法，討論了为获得致密的鑄件而对輕合金在液态时的处理方法，并介紹了关于液态鋁及其合金氧化动力学的研究。

本书可供科研机关及工厂企业有关工作者参考，也可做为鑄造专业的教师 and 学生的参考书。

ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОГО
ПРОИЗВОДСТВА
〔苏联〕М. В. Шаров
ОБОРОНГИЗ 1961

*

鑄造生产工艺問題

苏应龙、熊澤茂合譯

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印張 5 $11/16$ 145千字

1964年8月第一版 1964年8月第一次印刷 印数：0,001—4,000册

統一书号：15034·743 定价：(科七)1.00 元

原 序

本論文集是莫斯科航空工艺学院鑄造生产工艺教研室的教师写成的。虽然在論文集中收集了各种不同問題的著作，但它們有一个共同的方向，那就是力求改进成型鑄件的生产工艺过程。

論文集中有两篇論文闡述了輕合金鑄造的新工艺。虽然这两种工艺方法是不同的，但是它們都能用来制造大型薄壁鑄件，而这种鑄件采用现有的鑄造方法是鑄造不出来的。目前，这两种方法已在生产中应用。論文中不仅闡述了工艺方法的实验情况，而且还包括了很大一部分理論研究。

后面的一些論文談了一些其它問題。对这些問題教研室作了多年研究。例如，研究了气体与輕合金的相互作用及制訂防止因此作用而产生缺陷的措施。众所周知，这些缺陷在生产鑄件时是經常出現的。因此，研究气体与輕合金的作用及制訂防止缺陷的方便而有效的措施，具有非常重要的实际意义。

其中有一篇論文敘述了防止鋁合金鑄件形成气孔的方法。这种方法已应用到生产中，并代替了旧的效果差的除气方法。

制訂防止气体与合金的相互作用所造成缺陷的措施仅在对气体与金屬相互作用研究透彻后才有可能。因此，論文集中搜集了闡述鋁、鎂合金和氫及鋁合金同氧相互作用过程的論文。如果說与氧作用会导致鑄件中产生不允許的針孔，那么与氧作用則引起金屬的損耗及形成夹杂，后者是鑄錠生产中常发生的缺陷。

研究合金与氫相互作用問題，需要采用复杂的仪器。为了确定輕合金中的含氫量，教研室进行了制造新仪器及改进旧仪器的工作，論文集中有两篇論文敘述了这方面的研究工作。

作者希望，收集在本論文集集中的材料能够引起成型鑄件生产工作者及研究合金及气体相互作用的人員們的重視。

目 录

原序.....	3
用定向顺序结晶法铸造大型薄壁铸件.....	
..... B. Л. 赫拉莫夫、E. B. 密沙柯夫	5
挤压铸造及其流体动力学原理.....	
..... B. Я. 达鲁金、E. C. 斯捷巴柯夫	24
用六氯乙烷为铝硅合金除气.....	
..... M. B. 沙洛夫、O. И. 尼基沙叶娃	46
液态铝氧化动力学研究.....	
..... A. Я. 拉金	72
液态铝合金氧化动力学研究.....	
..... A. Я. 拉金	99
铝硅合金铸件气孔的形成.....	
..... A. П. 库得钦柯	122
用真空抽气法确定铝合金中的含氢量.....	
..... A. П. 库得钦柯、A. И. 辽昂齐也夫	139
镁中含氢量的确定.....	
..... A. П. 库得钦柯、B. B. 谢列别良柯夫	162
MЛ5合金中的氢.....	
..... M. B. 沙洛夫、B. B. 谢列别良柯夫	173

用定向順序結晶法鑄造大型薄壁鑄件

B. Д. 赫拉莫夫, E. B. 密沙柯夫

在现代机器制造领域中, 需要生产长达3米以上而厚度仅为3~4毫米的鎂合金大型壳体零件。

如此大型薄壁鑄件在鑄造中, 特别是在金屬充填鑄型时, 常会引起一系列缺陷, 其中主要有:

- 1) 澆注不滿;
- 2) 由于金屬渦流运动造成非金屬夹杂;
- 3) 由于順序結晶被破坏而形成縮孔。

大家知道, 鑄造任何形状的零件时都可能形成这些缺陷, 然而特别严重的是对于高大而薄壁鑄件的鑄造。

下面将分析金屬引入鑄型的各种方法, 并闡明鑄造大型薄壁鑄件时, 各种不同澆注方法与形成缺陷之間的关系。

基本上可把金屬引入鑄型的方法分为两类:

a) 利用带有普通澆冒口系統的方法 (包含有直澆口、金屬液受器、橫澆口、內澆口等);

б) 將金屬直接引入鑄型 (有真空吸鑄、低壓鑄造、离心鑄造和挤压鑄造等)。

§1 用普通的澆、冒口系統將 金屬引入鑄型的鑄造法

在这种情况下, 金屬的引入可以用上注法、下注法和垂直縫狀澆注法。

1 利用上注法將金屬引入鑄型 (图1)

这时, 澆包中的金屬从上面进入鑄型, 因此, 在澆注及随后

結晶过程中，鑄件的上部比其下部具有較高的溫度，从而建立了必要的定向順序結晶条件，有利于鑄件內縮孔的消除，这是此种澆注法的最突出优点。

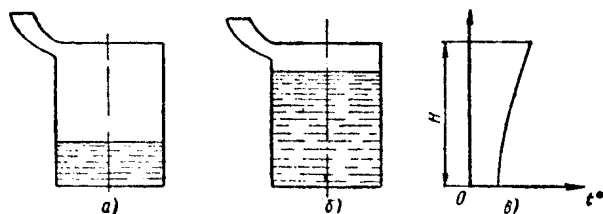


图1 上注法示意图:

a —澆注开始时; b —澆注过程中; c —沿鑄件高度的温度分布。

但是上注法，金屬系由上面冲入鑄型，容易导致金屬的飞溅、卷入空气形成气泡和造成金屬的激烈氧化，致使鑄件內形成非金属夹杂，且当澆注鎂合金时还可能发生燃燒現象。

此法仅能用来鑄造高度低于 150 毫米的鋁合金鑄件，而鎂合金則不能采用这种澆注法。

显然，对于我們感兴趣的大型鎂合金鑄件，則是完全不能采用这种澆注法的。

2 利用下注法将金屬引入鑄型 (图 2)

此法可以保证金屬相当平稳地充滿鑄型，因此，可以避免在鑄件內形成非金属夹杂，这是較上注法优越之处。不过該法仍存在有严重的缺点：

a) 当金屬开始进入鑄型的一瞬间，由于有很大的流体靜压头致使其流速相当大；当內澆口与鑄型壁距离很近时，則液流和型壁发生撞击而造成飞溅現象，并卷入空气和使金屬氧化。如果內澆口与型壁相距較远时，則由于一开始流入型腔的部分金屬液具有很大大速度，致使产生“超前”現象，即此部分液流流的較远，使液流表面发生氧化，而和随后流入的金屬流熔合不到一起，其

結果則在鑄件內形成冷隔現象^①。

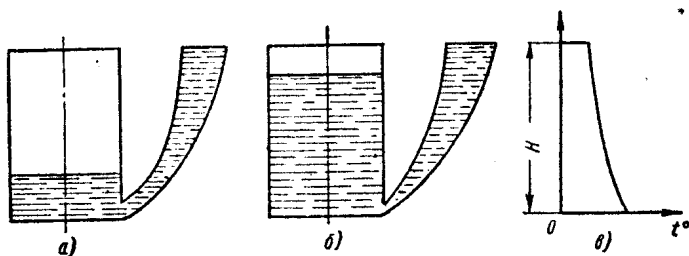


图2 下注法示意图:

a—浇注开始时; b—浇注过程中; B—沿鑄件高度温度的分布。

6) 破坏了必要的热力规范, 因为較热的金屬位于鑄件的下部, 而上部具有較低的溫度 (参看图2 c), 从而使鑄件內形成縮孔。为了避免产生縮孔, 可以将鑄件从下向上加厚, 加厚的部分将做为机械加工余量切除之。然而, 这并不理想, 因为这样会大大地增加了金屬的消耗量, 降低了結晶速度 (特别是鑄件的上部), 致使晶粒粗大, 降低了合金的机械性能。当鑄造鎂合金时, 壁厚的大大增加可能引起燃燒。

这些缺点, 就使得下鑄法不能用来鑄造大型薄壁鎂合金零件。

为了改进上述方法的缺点, 可以从下面引入金屬, 随后将热的金屬注入冒口。然而在鑄造大型薄壁鑄件时, 由于該法将发生上注法和下注法所特有的那些鑄造缺陷, 故仍然不能采用。

在采用垂直縫状澆注系統时, 上注法和下注法的各自的优点可以成功的統一起来。

● Т. И. Орлова, «Исследование скорости течения металла по каналам литейной формы», Труды первого совещания по теории литейных процессов, АН СССР, 1958.

3 具有上注法和下注法综合优点的

金屬引入法——垂直縫狀澆注法(图3)

該法中,从澆口杯到聚渣道(колодец)以前部分,即是通常的下注式澆注系統3。

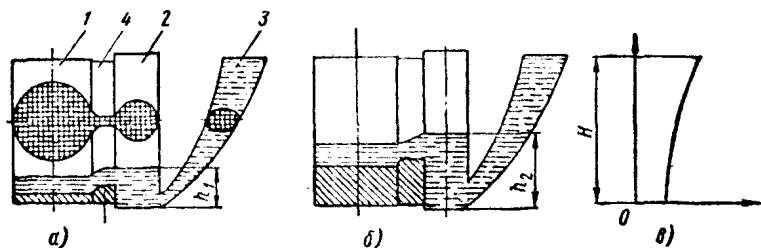


图3 垂直縫狀澆注系統示意图:

α —澆注开始; δ —澆注过程中; θ —沿鑄件高度温度的分布。

1—鑄件; 2—聚渣道; 3—直澆口; 4—垂直縫。

合金进入聚渣道2, 其直径相当大, 以避免在澆注过程中金屬在其中凝固。金屬从聚渣道通过垂直縫4进入型腔形成鑄件1。縫的尺寸要能保证金屬在鑄型内整个上升过程中不先凝固。由于通过垂直縫所流过金屬的水平高度是不断增加的, 在型腔中的金屬每增高一层其温度都比下一层为高, 这样就建立了如同上注法那样的温度場, 从而建立了必要的热规范, 并保证了鑄件的順序結晶。

实际上, 合金在垂直縫内的流动立即就实现其正常情况是有困难的。往往是它有时像上注法, 有时則像下注法。

鑄件越大, 这种不正常現象越严重。在鑄造大尺寸鑄件时, 要消除这种反常現象以及因此而引起的缺陷, 实际上是不可能的。因此, 該法是不能解决我們所提出的任务的。

§2 將液体金屬直接引入鑄型的鑄造法

1 真空吸鑄

此法是当鑄型抽真空时,而使金屬被吸入到鑄型內(图4)●。

从理論上讲, 这种方法是可以用來鑄造高大的鎂合金薄壁鑄件的。其吸入的极限高度 H , 亦即鑄件的极限高度可由下述公式計算:

$$H = \frac{760 \times 13.6}{\gamma_{\text{ж}}} \approx 6000 \text{ 毫米},$$

式中 760——沒有阻力时水銀在管中上升的高度(毫米);

13.6——水銀的比重(克/厘米³);

$\gamma_{\text{ж}}$ ——液态鎂合金的比重(克/厘米³)。

实际上, 由于通过側壁强烈散热而使金屬上升很大高度是有困难的, 当鑄件壁薄时, 不易澆滿, 因此, 由該法获得鑄件的极限高度远低于其理論值。利用增加澆注速度的方法能够避免澆注不滿現象, 然而, 这将形成渦流, 使鑄件內造成非金屬夹杂。利用这种方法, 由于結晶过程是由上向下循序进行的, 故产生縮孔的危險是沒有的。尽管此法具有上述优点, 但仍不能鑄造高达3米的鎂合金鑄件。

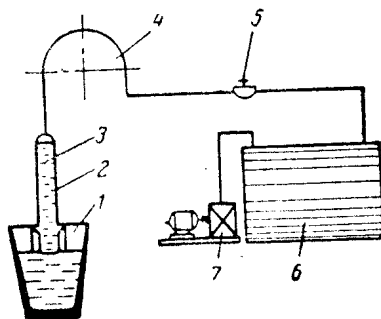


图4 真空吸鑄法原理图:

- 1—坩堝; 2—鑄型; 3—液体金屬; 4—橡皮管; 5—真空度調节閥; 6—真空罐;
7—真空泵。

● П. М. Ксенофонов, Литье методом вакуумного всасывания. Машгиз, 1952.

2 低压鑄造

低压鑄造与其它鑄造方法的区别在于，液体金屬处于密封的坩堝中，在惰性气体或压缩空气的压力下金屬通过鋼质导管进入型腔。坩堝内压力的大小与合金进入型腔中阻力大小成正比。

此法存在的缺点与真空吸鑄法相同，因此，也不能生产大型零件。

因此，用上述方法鑄造高度很高的、壁厚很薄的鑄件，是没有可能的。

大型薄壁鑄件可以用新的鑄造方法——定向順序結晶鑄造法鑄造。它具有上注法和下注法的优点的同时，却无其缺点。

§3 定向順序結晶法

此法的实质是液体金屬通过导管进入鑄型，鑄型下降而导管不动，因此，在整个充填鑄型过程中，热金屬皆在鑄型的上部。

当导管下端沉入液体金屬中 50~100 毫米之后，鑄型开始下降，并在整个澆注过程中保持这个高度不变，亦即金屬在液面下流入导管。

液体金屬由澆口杯通过导管进入金屬液受器中，此后随着液面的增高通过垂直縫状內澆口直接充滿鑄型。金屬液在由导管所形成的固定高度下流动，同下注法比較它消除了金屬的一連串冲击式流出。

此法另外一个突出的优点是，能調节金屬充填鑄型的可能性，因此，可以避免金屬从导管流入鑄型时产生渦流。导管的末端沉在金屬液面之下，保证了金屬平稳地充填鑄型，和获得鑄件并能减少非金屬夹杂。最后，由于液态金屬几乎是由其表面层进入鑄型，并且随着液面高度的增高，金屬进入鑄型的位置也增高，这样，就像上注法一样保证了充填金屬的温度由下向上逐渐升高，从而形成了定向順序結晶。

基于上述优点，該法鑄出的鑄件可以消除縮孔，并且几乎可以不用冒口。最后，由于它是連續不断地將金屬引入鑄型，从而消除了澆注不到的可能性，并可獲得不受高度限制的鑄件。

下面將較詳細地論述定向順序結晶鑄造法。

在砂質或金屬鑄型（图 5）中安置垂直聚渣道 4，并由它沿零件整个高度与厚为 4~7 毫米的垂直縫狀內澆口 3 相通。

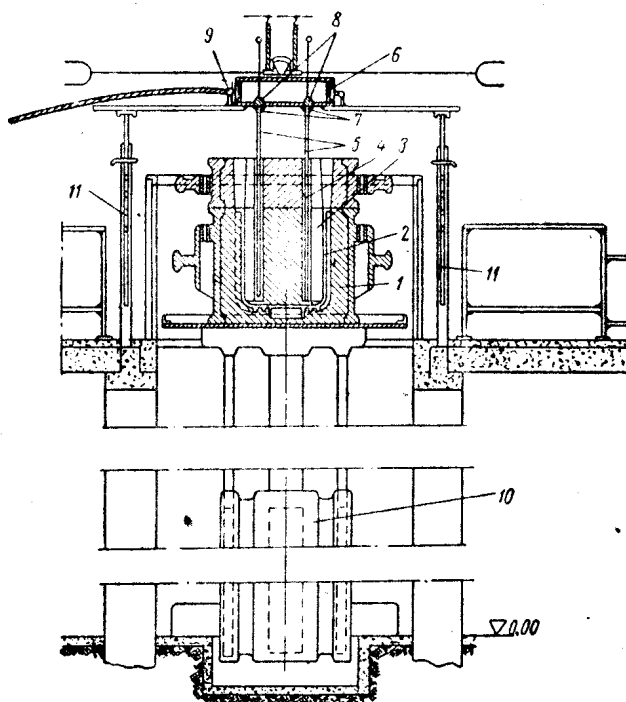


图5 定向順序結晶鑄造法裝置原理图：

- 1—鑄型；2—鑄件；3—縫狀內澆口；4—垂直聚渣道；
5—导管；6—澆口杯；7—澆口杯孔；8—塞子；9—通
气孔；10—拉下机构；11—澆口杯支架。

已装配好的鑄型 1 安装在具有拉下机构 10 的台子上，拉下机构可以用液压的或机械来傳动。

在鑄型专用的架子 11 上安放澆口杯 6（用鋼板焊成的或鑄造

的), 保証其孔和鑄型的聚渣道严格对正。

澆口杯孔 7 做成半球形, 并用球形塞子 8 塞住, 导管下端距聚渣道底 30~50 毫米。

在澆口杯周圍裝有煤氣燃燒器 9, 于澆注前及澆注过程中, 用其來加熱澆口杯。导管也要在爐子中或直接在帶有加熱器的鑄型中加熱。澆注是用梁式吊車吊起坩堝來進行的。

當澆口杯充滿金屬時, 上提球形塞子, 則金屬沿导管進入聚渣道, 而後通過垂直縫狀澆口進入型腔。

在整个系統將要充滿金屬液且导管下端沉在金屬中達 50~100 毫米時, 開動拉下機構使鑄型下降。

鑄型下降速度应当尽可能之小, 在理想情況下, 應等於鑄件沿高度方向的結晶速度。

1 液体金属的导入

金屬導入鑄型可以有幾種方案。

圖 6 a 是用四根导管將金屬直接引入鑄型, 這種導入方法適用於當鑄件壁厚能安放导管的情況下, 圖 6 б 是將金屬通過安置在專門凸起部分的导管引入鑄型, 凸起部分將來去除之。這種導入金屬的方法最成功, 因此, 當鑄件形狀適合時, 就應予採用。在這里的凸起部分將和冒口一樣, 對鑄件上的在導入金屬附近的過熱區進行補縮。

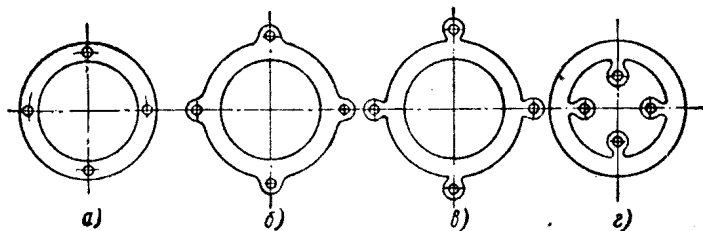


圖6 液体金屬導入鑄型的幾種類型。

图 6 6 是将金属通过专门的聚渣道和外侧垂直缝导入；而图 6 1 所示者与此类似，不过是从内侧导入，它大大地减少了铸型的尺寸，但对于内腔复杂的铸件不能使用。

2 金属液受器——溢流槽

为隔开初期注入的金属液，采用金属液受器或称溢流槽 2，每个溢流槽的体积应等于管中体积 1~2 倍。可以是每一根导管 1 单独有一个溢流槽或总的为一个，后一种方式较好。

当金属液受器放在下型板中时，应将其设计成不致妨碍铸件的自由收缩，和不致引起裂纹。

图 7 a 是不正确的金属液受器，因其与底板 3 是刚性连接，因而，在金属结晶时将妨碍收缩。

图 7 6 是正确的。这里采用砂闸或泥闸状的缓冲器 4，当铸件结晶和收缩时易压溃，并且不致使铸件内形成附加应力及裂纹。

当金属液受器仅和铸型内部吊砂相邻而不在底板上凹下时，则无需特殊的缓冲装置。

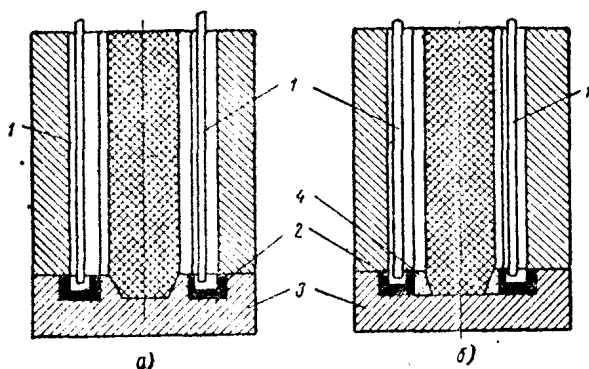


图7 带有金属液受器——溢流槽的铸型。

3 澆注过程中金屬液在导管內的流动

为使金屬液通过导管过程中不預先凝固，应当采用特殊的措施，例如将管子加热到 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。

导管的預热 导管在鑄型外用煤气加热，澆注前直接将导管安置到鑄型中。

如前所述的那样，定向順序結晶法的基本特点就在于安装在拉下机构上的鑄型的下降速度，接近于鑄件沿高度方向的結晶綫速度。

为满足此条件，通过导管的金屬液量不应很大，亦即导管的直徑不应很大（通常是 $12\sim 16$ 毫米）。

由于导管直徑較小，相对來說，其側面积很大，故当金屬液流过时将发生迅速的冷却。例如， MnTi5 合金当澆注温度为 $760\sim 780^{\circ}\text{C}$ 时，金屬在直徑为 12 毫米（預先在煤气加热炉中加热）的管中流过 $500\sim 600$ 毫米时就凝固了；直徑为 14 毫米时，能流 $800\sim 900$ 毫米；直徑为 16 毫米时能流 1500 毫米。

产生这种現象的原因，是由于从煤气加热炉中取出导管后要經過 $3\sim 5$ 分钟的时间方进行澆注，由于其管壁很薄（ $1\sim 1.5$ 毫米），很快就冷却了，使之預热效果很小。

因此，預热导管的方法仅适于鑄造矮小的鑄件。一般說来，已不再用小截面的导管澆注高于 $2000\sim 3000$ 毫米的零件。

采用带有插管的导管 在这种情况下，导管是鋼质的，直徑为 18 、 20 、 22 毫米或更大些，而且零件越高，导管的截面积应越大。

为了調整金屬液的流量，在导管下端长 $10\sim 15$ 毫米处插入带孔的插管。插管的孔徑取决于直澆口中金屬液的单位时间的流量。

由于在插管的上面具有很多的金屬液，同时减少了其相对的冷却表面积，此时，金屬在导管中則不易凝固。

石墨插管在第一次澆注后就紧紧与导管連在一起，如同焊在

上面一样的牢固。在每次澆注之前，要用适当的卡規檢查插管孔的內徑，发现与要求尺寸不符时，則須更換新的。

用电加热的导管 图8为现在生产上应用的两种电热导管的示意图。

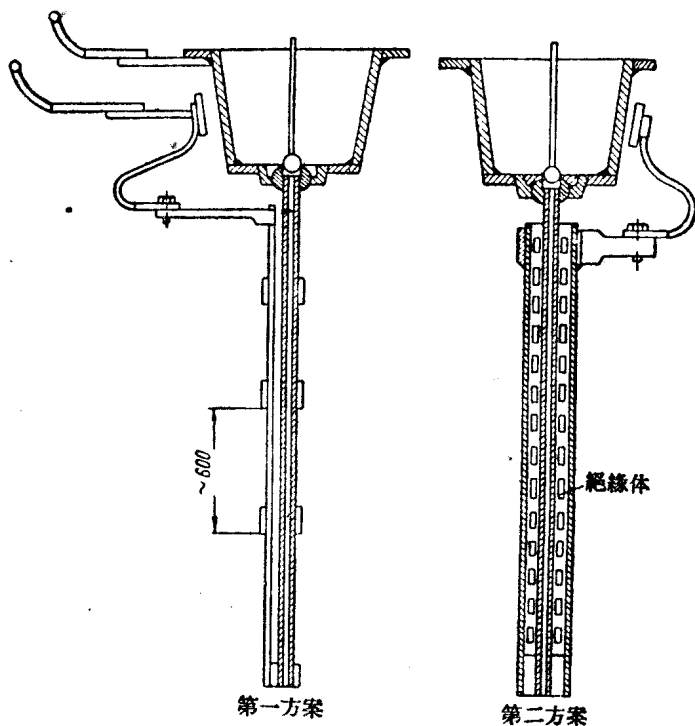


图8 电加热导管示意图。

方案1是由功率为75千瓦、电压为24~30伏、电流强度为200~400安培的降压变压器供給电流的。电流通过鋼质导体由导管的下端导入，而其另一端通过澆口杯壳体。

可移动的鋼芯安在滑动的絕緣器上，且因其不和导管紧固在一起，这样就便于导管加热时膨脹。其結構从图中可以很清楚的看出。

方案2（图8）是把导体做成外管，它和导管之間安裝絕緣

体，其余的加热原则和方案1相同。

类似于示意图的电加热器，曾被试验用于直径为12毫米、高度为3500毫米的导管，证明完全好用。用这种电热器通过1~2分钟就可以将导管加热到750~800℃，能够保证金属液在导管内运动期间具有固定的温度，从而，消除了事先在其中凝固的可能性。

任何牌号的钢材都可做为导管材料。

对于电热器最好采用高电阻的钢材。

§4 新的鑄造方法工艺规程制订的某些

理论基础及实验结果

为了正确制订定向顺序结晶法的工艺过程，必须解决浇注时产生的与热-物理的及流体动力学的现象有关的一系列问题。

对于镁合金应当基于流体动力学进行计算，计算导管中金属的流量及金属沿铸型的上升速度。热力学计算只做为校核用。

不含夹杂的合格铸件，仅在一定的浇注条件下才能获得。

利用导管进行浇注时，金属液流动的流体动力学方式是从比较大的浇口杯进入，而通过比较小的孔来进行的。

这种流动方式符合于流量公式：

$$q = \mu \omega \gamma \sqrt{2gh},$$

式中 q ——液体的流量 (克/秒)；

μ ——流量系数；

ω ——管孔的横截面积 (厘米²)；

γ ——液体合金的比重 (克/厘米³)；

g ——重力加速度 (980厘米/秒²)；

h ——管高 (厘米)。

为了决定流量系数 μ 、单位流量 q ，在电热导管的情况下进行了很多次试验。

试验确定了，在其它条件相同的条件下，流量系数随截面积