

鑄造工藝學

(下 册)

西北工业大学403教研組編

1962.1.

前 言

各种特种鑄造方法在我国日益得到广泛的应用和发展，尤其是在航空制造工业上用的最多，这主要是航空产品要求质量高，并且应用价格昂贵的合金，而这些合金中有的机械加工又比較困难，能够获得更高内部质量和尺寸精度表面光洁度的鑄件的各种特种鑄造方法在航空鑄造工业中占有巨大的比重。

我們为了适应这方面的要求在1958年讲述特种鑄造这门课时就大大加重了这部分的内容，并且在讲授时力求反应航空鑄造生产的特点。1960年教学改革时我們就把砂型鑄造和各种特种鑄造方法合併成为一门“鑄造工艺”课程，砂型鑄造算这门课程中的一章。

根据新的“鑄造工艺”课程教学大纲全部内容共分为三篇讲授，第一編造型材料，第二編一次型鑄造与半永久型鑄造，第三編永久型鑄造，并且将鑄造设备（砂型鑄造设备和特种鑄造中的硬型，压鑄、熔模精密鑄造，壳型鑄造），全部划归“鑄造生产机械化与自动化”这门课程来讲授，不再包括本課程中。

这次我們的鑄造工艺“讲义編为上下两册，上册为造型材料与砂型鑄造，下册为特种鑄造，其中編、章、节的按排是根据鑄造工艺教学大纲进行的。

本册为特种鑄造部分讲义，其中熔模精密鑄造課堂讲授14学时，另有2学时的課堂作业，壳型鑄造課堂讲授10学时，石膏型鑄造2学时，其它一次型半永久型鑄造方法3学时，硬型鑄造課堂讲授17学时另有2学时課堂作业，压力鑄造16学时（包括半液体模压与挤压鑄造），离心鑄造8学时。課堂讲授总学时为70。

讲义的篇幅大致根据学时数来編写的，其中有些章节写的多了些。这主要表现在“其它一次型和半永久型鑄造”一章中，因为这章内容很多不成熟，虽然綜合了些資料由于沒有足够实际經驗，所以只能做为教学中的参考。

其它象連續鑄造（鋁及鋁合金鑄錠在有色合金熔鑄这门課讲授），鑄管、冷硬鑄造、真空吸鑄等鑄造方法在目前航空工业中用的不多或不用，故这部分内容从略。

这部份讲义虽然力求能反映出航空鑄造工艺的一些特点但由于編写讲义的同志水平有限，这方面实际知識又很貧乏，又由于時間緊促，所以这些特点反映的还很不够；讲义中的錯誤和缺点也在所难免。好在做为我校内部应用的教材，主要是解决我校鑄造专业教学讲义問題，等試用一个时期后再根据同学和教师的反应重新修訂。

本部份讲义由李希傑和郑来苏二同志編写，由工艺教学小組討論最后由周尧和同志审阅。

西北工业大学鑄工教研組

1961年12月

鑄造工藝學

下冊目錄

前言

第六章 熔模精密鑄造	(1)
前言.....	(1)
第一節 壓型的構造和製造方法.....	(2)
第二節 模料.....	(9)
第三節 塗料.....	(20)
第四節 鑄型的烘干與焙燒.....	(31)
第五節 金屬的熔化和澆注.....	(35)
第六節 清理和落砂.....	(35)
第七章 壳型鑄造	(37)
第一節 概論.....	(37)
第二節 造型材料.....	(39)
第三節 壳型鑄造工藝.....	(46)
第四節 壳型鑄造工藝設計特點及模板的設計.....	(57)
第八章 石膏型鑄造	(62)
第一節 概述.....	(62)
第二節 石膏造型材料.....	(63)
第三節 石膏型的鑄造工藝.....	(64)
第九章 其它半永久型方法的鑄造	(68)
第一節 陶瓷型鑄造.....	(68)
第二節 玻璃型.....	(72)
第三節 石墨型鑄造.....	(74)
第四節 泥型鑄造.....	(76)

第三編 永久型鑄造

第十章 硬型鑄造	(83)
-----------------------	--------

第一节	概論	(83)
第二节	硬型設計	(86)
第三节	硬型鑄造工艺	(117)
第四节	硬型的制造、試鑄和調整	(127)
第五节	特种硬型	(132)
第十一章	压力鑄造	(135)
第一节	概論	(135)
第二节	压鑄过程的基本参数	(141)
第三节	金属的流入和在鑄型中的运动	(145)
第四节	压鑄时物理与工艺因素对鑄件质量的影响	(149)
第五节	鑄鑄法	(158)
第六节	压鑄合金	(162)
第七节	真空压鑄	(167)
第八节	压鑄型的設計与制造	(174)
第九节	液体金属冲压	(185)
第十节	挤压鑄造	(190)
第十二章	离心鑄造	(193)
第一节	离心鑄造的理論基础	(194)
第二节	离心鑄造工艺及設備	(209)

第六章 熔模精密鑄造

前 言

凡联接尺寸的公差达到3—5級，表面光洁度达到 ∇_3 — ∇_6 的鑄件称为精密鑄件，有色金属鑄件一直以压鑄件最为精确，金属型次之，砂型最差，金属型为6—8級，砂型7—9級。

由于现代机械制造工业的发展，在鑄造工作者的面前提出愈来愈复杂的任务，尤其在航空工业上喷气式发动机的进展，首先提出来要制造很难以机械加工或完全不能机械加工的耐热合金而尺寸和形状又很精确的零件，这些零件，首先是喷气渦輪叶片，它要在900—950°C的高温下工作，为解决这项問題鑄造工作者找到了远在3000年以前发明的，近百年失傳的熔模精密鑄造法，这种方法是牙科医生保存下来的。

熔模精鑄是由易熔的材料（蜡或塑料）制成的整体模，在模上塗上一层特制的耐火塗料，干燥之后放在砂箱中，并在四周填以填充砂制成型。将型烘干，模熔化由澆注系統流出，然后經過高温焙燒，焙燒之后将金属澆入鑄型内冷却，而后得到鑄件。由此可见熔模精鑄具有以下之特点：

1. 使用一次模，因此可以制造无分型面之型芯和鑄型如用永久模时则需要拔模和合型，有分型面之型和芯即使操作非常小心也难免发生誤差，因此尺寸容易不准确。

2. 使用特制的耐火塗料很好的和模塗掛表面很光滑。

3. 使用热型澆注，因此可以澆注很薄之鑄件。

熔模精鑄具有下列之优点：

1. 可以制造各种合金鑄件，包括耐热合金在内。

2. 可以制造出形状非常复杂之零件，因为模可以分别制造然后粘合起来，而鑄造后得到的是整体鑄件。

3. 鑄件的精度高，通常为4—5級，个别达3級表面光洁度也高，达4級至6級，因此加工裕量小，有时沒有加工裕量，复杂件0.4—0.7毫米简单件0.2—0.4毫米。

4. 可以鑄出很薄之零件，鑄鋼件壁厚可达0.3毫米。

现将鑄造后再經机械加工制得渦輪叶片之成本与使用熔模精鑄制造之渦輪叶片做一比較。（表6—1）

表 6—1 鍛造的渦輪叶片和熔模精密鑄造的渦輪叶片比較

用鍛造法制造的毛胚		用精鑄法制造之鑄件	
1. 鑄件重量	28公斤	清理后鑄件重量	7公斤
2. 鍛造用鑄錠重量	50公斤	带澆冒口的鑄件重量	10公斤
3. 机械加工工时消耗	56小时	机械加工工时消耗	2小时
4. 成本	977芦布	成本	256芦布
5. 制造所需时间	8个月	制造所需时间	2周

但是熔模精密鑄造方法也有一些缺点，在选择鑄造方法时不可忽视：

1. 限制了鑄件之尺寸，一般鑄件重量在50—1000克之間，个别可达50公斤，其外廓尺寸一般到200毫米，个别达400毫米。

2. 工艺复杂，生产周期长达5—7天，不能与压鑄相比。

3. 使用贵重的造型材料和輔助材料。

4. 工艺过程机械化程度不高，很多工序要用手工操作。

上边优缺点的对比决定了熔模精鑄方法应用之范围，只有在下列先决条件下，使用熔模精鑄才是合理的。

1. 对于不能或难于机械加工的合金鑄件。

2. 要求机械加工量很小之零件。

3. 对于形状特别复杂用其他方法不能制造之零件。鋁鎂合金很少采用熔模精密鑄造方法。近几年来生产实际經驗証明无论在大量或大批甚至小批生产的条件下，都很有成效的采用这种方法。目前用于飞机和发动机制造，汽車、拖拉机、摩托車，鋤探机械，計算机，各种仪表，切削工具，鍛模、压鑄模、射击武器零件，特别是渦輪叶片及計量用的磁鋼等等，此外这种方法还应用于艺术鑄造上。在很多情况下，成功的代替了鍛造和模鍛。

应当指出这种鑄造方法的优点和使用的可能性日益扩大，尤其在我們国家自58年以来各个工厂使用日益广泛，但也应当指出这种鑄造方法还很不完善，有很多应当鑄造出来之零件还没有鑄造出来，有的工厂质量尚不够稳定；今后应该在造型材料造型工艺以及机械化自动化方面进行研究，使它的应用范围日益扩大，鑄件质量日益提高。

熔模精密鑄造工艺过程很复杂，可用下列示意图表示：（图6—1）

第一节 压型的构造和制造方法

§1. 压型的设计

熔模鑄件的质量在很大程度上决定于模的质量，而模的质量除模的性能外，主要决定于压型，此外压型的成本对鑄件的成本也有很大的影响。

压型的设计方法和基本原则和硬型压鑄型的设计相类似（在第十、十一章讲）。但具体问题的处理必须考虑熔模精密鑄造的特点。

压型型腔尺寸的确定比较复杂，除合金的收缩外，还要考虑模料的收缩和壳的膨胀（一般在高温浇注），确定压型尺寸时可按下式计算：

$$l_{\text{压型}} = l_{\text{鑄件}} \left(1 + \frac{\epsilon}{100} \right) + \frac{1}{2} \delta_0 + \delta'$$

式中 l —压型和鑄件上相应的尺寸

ϵ —总收缩率%

δ_0 —鑄件尺寸的公差

δ' —压型制造公差

总收缩率 $\epsilon = \epsilon_{\text{模料}} - \epsilon_{\text{壳}} + \epsilon_{\text{合金}}$ 。随塗料模料及合金种类，浇注温度和方法，鑄件的形状和尺寸等等因素而定，并且各个方向不尽相同，必须用实验方法来确定。设计时可参考有关

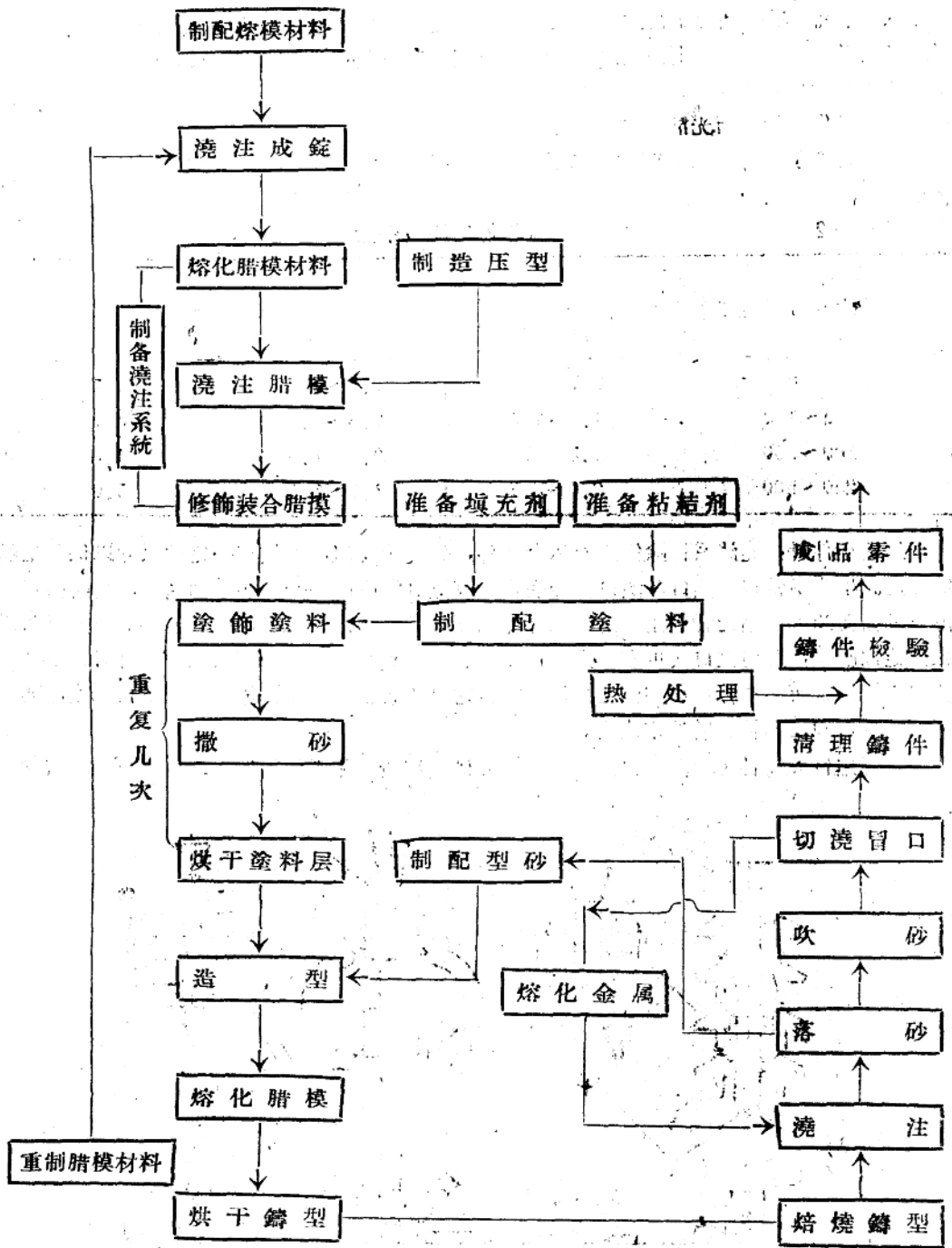


图6-1 熔模精密鑄造程图流

生产經驗及文献資料，并考虑到压型修整的可節。

式中 $\frac{1}{2}\delta_0$ 一項，是为了得到平均尺寸，而不是标名尺寸，設計时必须注意 δ_0 的符号，如果正負公差相等即为 $\pm\delta_0$ 則上式此項为零。压型制造公差 δ' ，对于重要尺寸可取为 $\frac{1}{3}\delta_0$ ，对于不重要尺寸可取为 $\frac{1}{2}\delta_0$ 。

压型工作面的表面光洁度应不低于 $\nabla\nabla\nabla_0$ 。

在鑄件必須加工（尺寸精确度高于5級表面光洁度高于 $\nabla\nabla_0$ 时，加工序量可参考表6-2。

表 6-2

熔模鑄件的加工裕量

鑄件最大尺寸,(毫米)	加工裕量(毫米)		
	切削加工	磨 削	澆 冒 口 下
<40	0.7~1.0	0.3~0.5	2.0
40~100	1.0~1.5	0.5~0.7	3.0
100~250	1.5~2	0.7~1.0	4.0
250~500	2.0~3.0	1.0~1.5	5.0

鑄造小件时，澆注系統除供应液体金属外，还支撑模組，故須有一定的尺寸以保証足够的强度。生产中常将直澆口及澆口杯标准化。直澆口的直徑一般为20—60毫米，其断面远較澆鑄的需要为大，因此常利用直澆口来补縮，而不另設冒口，这样就应从鑄件的厚处澆入以保証定向凝固，且內澆口（可看为是冒口頸）应尽量短，一般在10毫米以下，有时为了在直澆口周圍按排更多鑄件，可在直澆口与內澆口之間設盘状和环状聚流器；內澆口和聚流器的断面积的计算应从补縮的要求出发。

在制造較大鑄件时，澆冒口的設置与一般砂型鑄造中相类似鑄造5公斤以下的鋼鑄件时

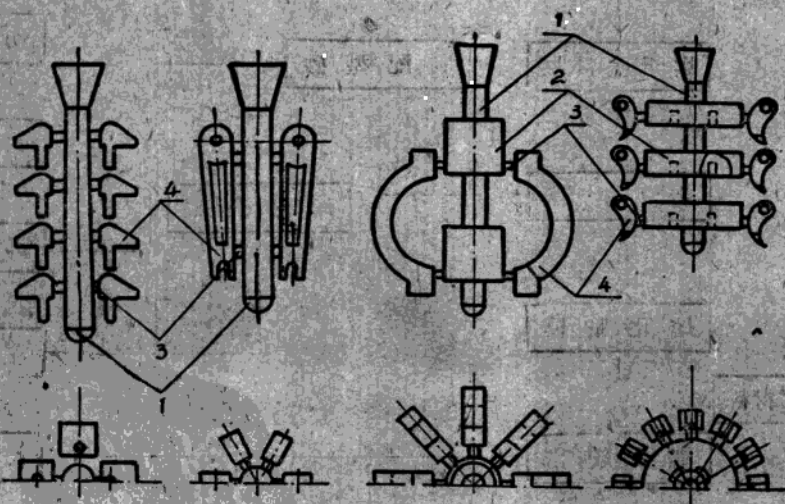


图 6-2 熔模精密鑄造常用的澆注方式

1—直澆口 2—聚流器 3—內澆口 4—鑄件。

可用下式計算澆注系統：

$$\delta_{內} = 2 \frac{\sqrt{Z^3 Q} \sqrt{l_{內}}}{\delta_{直}}$$

式中 Z ——鑄件熱節的當量厚度。即體積與表面積之比。

Q ——鑄件的重量，克。

$l_{內}$ ——內澆口之長度。毫米。

$\delta_{內}$ ——內澆口之當量厚度。即斷面積與周邊的比。

$\delta_{直}$ ——直澆口之當量厚度。

澆注方式有如图 6—2 所示几种。

鑄件最高點至澆口杯頂面之距離，即最小壓力頭應不小於 60 毫米。

在選擇了直澆口的直徑和內澆口長度後即可計算內澆口為了計算方便，根據上式作出了圖表如图 6—3 所示。

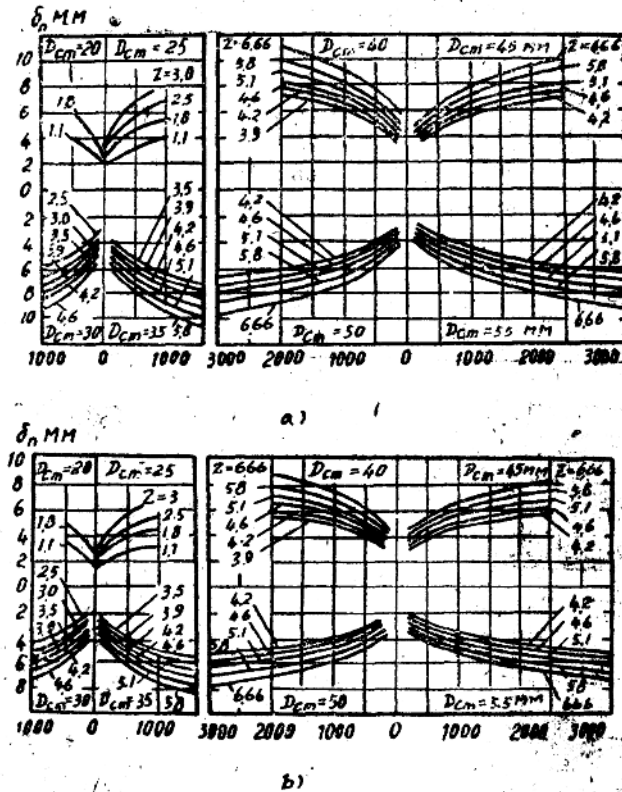


图 6—3 熔模精密鑄造銅鑄件澆注系統圖表

a. 內澆口長度 = 4 毫米 b. 內澆口長度 = 8 毫米

§2. 金属压型

当对铸件的表面光洁度和尺寸精确度要求高，并且生产批量大时，压型多采用锻钢的毛坯经机械加工制成。压型的构造在很多地方与硬型和压铸型相似，但一般壁厚较小较轻。压型的夹紧装置应可靠而且操作方便，常用铰链，螺栓及偏心卡等，压型应有通气装置定位销及顶出蜡模的顶杆装置。

钢制压型的使用寿命很高（可达20万次），但制造困难，费时长，成本高，故只用于复杂铸件或大量生产中，在批量很小时亦可用铝合金制造压型，但为了减少机械加工，进一步缩短生产周期降低成本常用铸造压型。

铸造压型一般用易熔合金其熔点低，使用方便，并且收缩率很小，因而容易保证尺寸的精确度，常用的几种易熔合金之成份及熔化温度见表6—3。

表6—3 铸造压型用的熔易合金

序号	成份 (%)				熔化温度 (°C)
	S ₁	Pb	Bi	Sn	
1	42	—	58	—	139
2	33	56	—	11	315
3	35	30	35	—	140
4	15	70	15	—	140
5	—	87	—	13	247

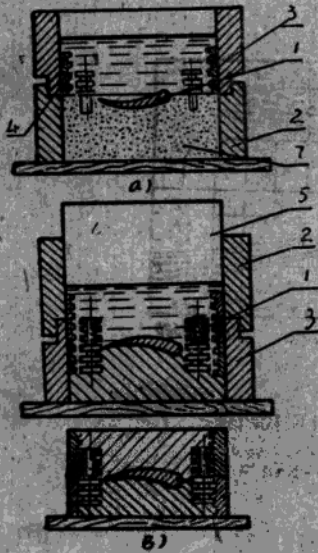


图6—4 压型铸造方法示意图

1—母模 2、3—套箱 4—假箱
5—柱塞 6—定位销 7—套框。

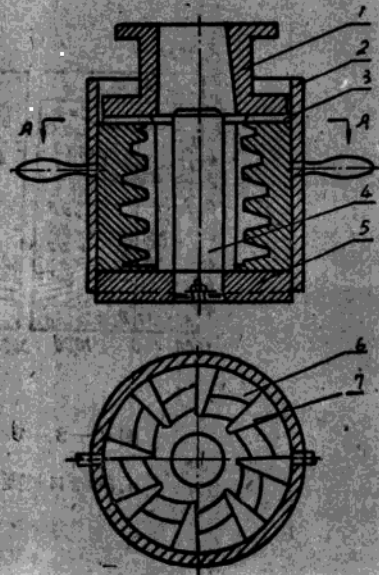


图6—5 滚铁刀的铸造压型

1—浇口杯，2—套框，3—隔片
4—芯子，5—底板，6、7—活块

图6—4示压型之鑄造方法，其步骤如下：

a. 制造一个铜合金“母模”，其形状及尺寸与压型的型腔相同，其表面光洁度要求达到7级（▽▽▽₇）以上，公差为鑄件公差的1/3。

b. 在一套箱2中澆滿快干水泥，將母模1压入水泥中至分型面处，同时在水泥中插入二个定位銷，这个水泥箱相当于造型用的假箱，亦可用石膏或細粒的肥砂（石英砂75%，粘土25%）制造，烘干后使用。

c. 水泥干燥硬化后，在套箱2上加另一套箱3，为了加强压型还可以在套箱內加一鋼制套框7，然后在其中澆滿易熔合金，使其表面略高于套框（图6—4a），为了得到准确的压型，在易熔合金凝固的过程中，可用一个柱塞5加压（3—5公斤/厘米²）保持20—30分钟，（图6—4b）。

d. 易熔合金凝固后，將分型面仔細拋光，將背面多余之合金刨去就得到了一半压型，然后可在此一半压型上以同样方法澆鑄压型的另一半（用灯烟或細石英粉水玻璃塗料的分型剂）。

e. 在一半压型上鉆出澆入模料用的澆口。

图6—5示为一滾銑刀的鑄造压型，首先制一个圓柱形母模，有內孔可穿在芯子4上，并且外部尺寸和斜度与套框2配合，在此母模上先加工出軸和凹槽，按图示組裝起来（此时不加澆口杯和圓片3），在凹槽中澆入易熔合金得活块7，活块的頂端加工平整后应編號，然后将压型打开。

將母模螺旋槽及外圓加工成所需尺寸后，即可將各部分再組裝起来，在剩余空間內澆入易熔合金即得活块6，活块6亦应加工平整和編號。

澆口杯1形成直澆口，亦即冒口，对分割片3上有小孔，形成內澆口亦即易割冒口的頸。

用易熔合金制压型时，母模应預热到比合金熔点低50—60℃的温度。

易熔合金压型制造容易，成本低，有很好的精确度，但强度和硬度皆不高，因而使用寿命短，只适于小批生产和試制工作。

鋅合金的机械性能好，但收縮大，不易得到足够精确的压型，一般仅用于制造澆注系統蜡模的压型。

图6—6为在立式压鑄机上，用压鑄法制造压型的示意图，母模以普通鋼制成，沿分型面分半，用前必須仔細去油干燥，澆鑄前要預热到120℃，用鋅合金或鋁合金按此法制造压型可得4—5級精度。

电镀法是制造压型最新方法之一其步骤如下：

a. 用鋁合金制一精确的母模，沿分型面分为两半。

b. 將母模仔細洗淨去油鍍一层鋁，在分型面上塗一层用石腊和松香各半混合成的保护层，然后将母模在硫酸銅及硫酸的溶液中电镀一层銅厚約0.8—1.3毫米（需时18—24小时）。將母模取出，冲洗、干燥后再用噴鍍法將銅壳加厚到2—2.5毫米。

c. 將分型面上的保护层刮去，將母模放在沸騰的碱溶液中把鋁腐蝕掉，再在硫酸溶液中

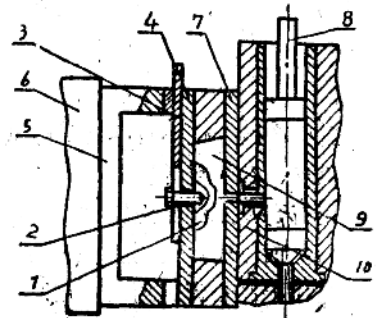


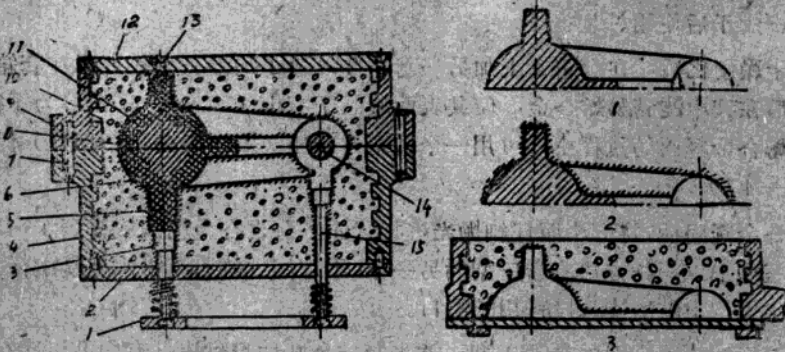
图6—6用压鑄法制造压型。

1—母模 2—螺釘 3—斜楔 4—型板 5—动型座 6—动型架 7—靜型板 8—压塞 9—压鑄活塞 10—型腔（压型）。

用电解法将残余的铝去净，同时也将一层镍去掉。

d. 在套框中将所得铜壳的背面浇上铝合金，锌合金，或石膏。

e. 将型腔表面修整，加镀一层镍（厚10—12微米）以保护铜，用此法所得压型之精度可达2—3级，虽然工序较烦，但成本约比机械加工法低3倍，图6—7为用此法所得压型的组装图及制造过程。



a—压型组合图 图6—7 电镀法制造压型。 b—制造步骤

1—顶焊板，2、12—压型底板 3、5—顶焊，4、9—套框，10—填料，11—电镀金属，6—腊模，7—定位销。8、14—型芯，13—浇口杯

§ 3 非金属压型

当生产批量较小时，为了降低成本常用非金属压型，制造压型的非金属材料有石膏、泥、橡皮、及塑料等。

用石膏及水泥制造压型的方法与用易熔合金铸造压型方法相似，而母模可用硬质木料制造。

为了提高石膏压型的使用寿命，可将硬化，干燥后的石膏压型在50°C的快干漆中浸30分钟，取出拭净，烘干后在分型面及工作表面涂一层清漆，干燥3—4小时后即可使用。

为了提高石膏压型之强度可加入15—30%的水泥，亦可用金属骨架加强。

水泥压型较石膏压型耐用，配方可用水泥66%，细石英砂30%及水玻璃10%。

石膏和水泥压型特别适用于较大的有一定复杂程度的及表面光洁度和尺寸准确度不太高的铸件。

图6—8为橡皮压型制造方法的示意图。将硫化套框及母模等加热到70—80°C，填入加热到60—70°C的切成碎块的生橡胶，然后加压，并在140—150°C下硫化（压力为10—30公斤/厘米²）1.5—2.5小时。并在压力下冷至25—30°C。

将橡皮压型自硫化套框中取出，用薄刀片沿分型面切开型

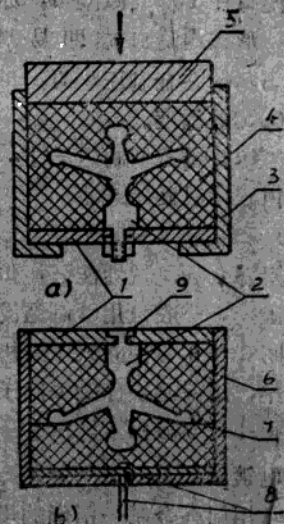


图6—8 制造橡皮压型的方法。
1—底板，2—母模，3—硫化用套框，4—硫化橡皮，5—分压柱塞，6—加压套框，7—分型面，8—推板及推杆，9—浇口孔。

(压型是透明的)取出母模。

用塑料制造压型的方法与橡皮相似,塑料之熔点为 $100-110^{\circ}\text{C}$,其配方为。

聚氯乙烯塑料23—27%。苯二甲酸丁脂71—75%。硬脂酸钙2%。

由于橡皮和塑料有很好之韧性,所以可以允许有倒斜度,对于复杂零件,可以用较少的分型面,因而使压型简化。

橡皮压型及塑料压型多用于艺术品铸造但也适用于形状复杂,表面要求光洁而尺寸准确度要求不高的零件。

第二节 模 料

模料在熔模精密铸造中占有重要之地位,因为模的精确度和光洁度直接影响铸件的精度和光洁度,熔模精密铸造对模料有以下之要求:

1. 软化点高。因为软化点低易变形,尤其是大型零件要求就更高一些,由于我国气温条件南北、冬夏都不同在制造大型薄壁零件时要求软化点也不相同,一般说来大型零件模料在 40°C 左右,对于小零件可以要求低一些,压完模型之后可放在水中冷却防止变形。

2. 收缩和膨胀系数要小。因收缩大易变形影响铸造精度。

3. 在没有脆性的原则下,强度应有一定值,这样可以保证焊接、涂挂、脱模等工序顺利进行。

4. 其它如要求有热稳定性,好的涂挂性,好的流动性,化学组成一定,经济合算,不稀少、无毒、卫生等。

要想全部满足以上性能是比较困难的,因此只要其综合性能基本满足就可以了,目前生产上使用的模料基本上可分为两类:

§1. 低熔点低强度模料

这种模料熔点多在 $50-100^{\circ}\text{C}$ 之间强度 <10 公斤/厘米²,这种模料主要由石蜡,硬脂酸,松香、蜂蜡、地蜡等组成。

石蜡为石油蒸馏之产物,我国东北抚顺等地产之,分子式 $\text{C}_{21}\text{H}_{44}$ 。

其中含碳愈多熔点愈高,固体石蜡为树枝状结晶体,柔韧性较弱且无粘性也没有臭味呈半透明状态,普通石蜡熔点 $52-56^{\circ}\text{C}$,石蜡软化点低于熔点很多,极易软化应用时多加入硬脂酸,因为硬脂酸加入后能成为一种均匀的混合物,使软化点显著提高。

硬脂酸:分解动物油脂油及多种氢化油时获得之脂肪酸混合物,由经蒸馏而得到之产物,硬脂酸为纯白色,结晶呈片状、针状、鳞片状。

川蜡:我国之特产是一种虫蜡,为白蜡虫之分泌物,其产地以四川最好,虫蜡经精炼后呈黄白色,无味无臭,组织为结晶形,坚硬不宜捣碎,其优点为强度高,软化点和熔点亦高。

地蜡在 $115-175^{\circ}\text{C}$ 温度下,用浓硫酸酸化矿蜡后之产物,呈黄色。

松香,为松香脂中固体组成物,优点为强度高,涂挂性好,缺点为熔化后粘性大,烘烤

燃燒后有殘留之雜質存在。

在熔模精鑄中對於原材料有以下之要求(表6—4)

圖6—4 熔模精鑄對原材料之要求:

材料名稱	ГОСТ	比 重	熔化溫度°C.	灰分%	機械混 合物%	水份%	殘收縮%
石 脂	784—42	0.91—0.97	50—52	0.01	沒有	—	0.33
硬 脂 酸	6484—53	0.92—0.93	51—54	0.02	—	0.2	2.33
地 脂	2488—47	0.91—0.94	60—85	0.03	0.1	—	3.3
蜂 脂	T9437—49	0.95—0.97	65—66	0.02	—	—	—
松 香	797—41	1.0—1.1	65—90	0.05	0.1	0.4	—

在這類模料中最常用的就是50%石脂和50%硬脂酸的混合物因為這種模料具有較好之流動性，有一定的強度，收縮較小，軟化點和熔點的間隔較小，塗掛性較好，所以在小零件生產上多用這種模料，此外尚有其它各種成份如表6—5所列。

表6—5 各種低熔點模料組成成分:

脂料 種類	成 份					
	石 脂	硬 脂	蜂 脂	地 脂	松 香	川 脂
1	50	50	—	—	—	—
2	30	—	—	15	55	—
3	60	38	2	—	—	—
4	40	—	—	10	25	25
5	75	—	—	25	—	—
6	33	—	34	33	—	—
7	40	25	10	—	—	25

§2. 高熔點高強度模料

低熔點模料的最大缺點就是軟化點和熔點均低，同時強度也不高，所以對要求精度高的產品，如航空產品和大型零件便不能滿足要求，目前國內外對於高熔點高強度之模料研究的很多，基本上可以歸納以下幾類：

1. 在基體中加入塑料來提高強度和熔點之模料。

在這種模料中多加入聚苯乙烯，聚乙烯、乙基纖維素等加入這些強化組元之後，模料之強度和軟化點大大提高了。

如在石脂地脂硬脂酸之類組成之模料中加入聚乙烯後，強度提高，變形性減少。

在石脂中加入10%聚乙烯，軟化點可提高30多度(圖6—9)強度也提高15公斤/厘米²(圖6—10)而彎曲度值(用直徑6毫米長50毫米的試樣，呈水平位置，固定其一端進行測

試)也提高很多如图6—11所示:

地腊之熔点和软化点比石腊高(67—68°C左右),塑性比较低,收缩比较大(3—3.5%),由于这些性质使它在凝固时易生成裂纹,加入聚乙烯后强度和熔点显著提高,但塑性降低,收缩也增加。

成份为80%石腊和20%地腊的模料,其软化点介于地腊和石腊之间,在熔融状态时会起泡,因而使腊模表面质量不佳,加入聚乙烯会使熔融状态模料粘度提高,因而能减轻起泡现象,改善表面质量,同时模料之软化点,抗拉强度显著增加,如图6—12所示。

以塑料为强化组元的模料典型成份很多最有名的为:

1) КПЦ模料:

成份松香50%,聚苯乙烯30%,地腊20%。聚苯乙烯应符合BTЧ241—51标准:熔点200°C,灰分0.02%,比重0.95,强度30公斤/厘米²收缩2—2.5%。

聚苯乙烯在КПЦ中作用是提高模料之强度,特别是热强度和熔点,松香增加模料涂挂性和强度,地腊的作用是增加塑性。

性能:熔点160—170°C,收缩0.65—0.75%,浇注温度180—210°C,强度55公斤/厘米²,灰分0.068%。

КПЦ模料之优点为软化点高,强度大,涂挂性好,缺点是流动性不好,回收率差,生产成本低。

这种模料广泛应用于航空工业导向器叶片等均采用。

2) МАИ—500模料:为莫斯科航空学院创制之模料以松香为基体。

成份:松香85—89%;石腊7—11.8%;聚乙烯2.3%;泥炭瀝青0.4—0.7%;地腊%。这种模料收缩小,强度比石腊硬脂酸高2—3倍,在32—38°C时不变形,回收性能很好。

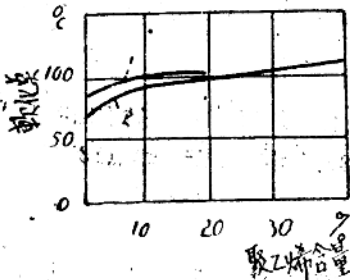


图6—9 聚乙烯对石腊地腊软化点影响

- 1 石腊与聚乙烯
- 2 提纯地腊与聚乙烯

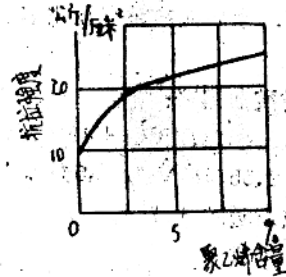


图6—10 聚乙烯含量对石腊聚乙烯混合物强度之影响

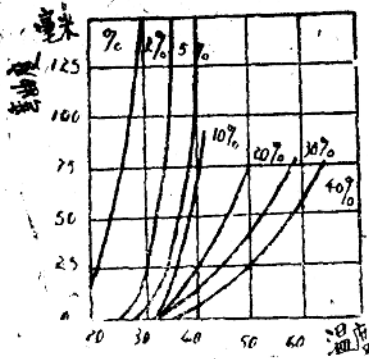


图6-11 石蜡与不同量聚乙烯試样的
弯曲度

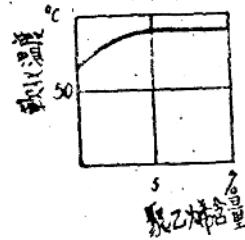


图6-12 聚乙烯加入量对
石蜡地蜡(4:1)
軟化点之影响

2. 盐 模:

这种模料主要特点是沒有軟化点，强度高且能溶于水，和塗料的塗掛張力强（主要是对水玻璃塗料，压制出来之模表面光洁度高，这些优点使其可以在炎热的夏天和南方运用。这种模料有以下几类：

1) 硫酸盐：主要用硫酸铵，硫酸铝等組成之模料如：BH—45—7 模料。成份：45% 硫酸铝，7% 硫酸铵，48% 水性能熔点86°C；流动性90°C；螺旋試样 6 厘米（按汽車工业科所 **МИИТАВТОПРОМ** 試驗）縱收縮0.3%，抗弯强度110公斤/公分²。在90—95°C的水中既发生溶解，又发生溶化，因此模料自型腔内熔失的过程加快。回收容易，回收时不需要把溶液蒸干，多余之水份，可用蒸汽或真空蒸发驅除，所得到之液体能再用来制模，工艺性能良好价格低廉。

缺点：与水玻璃塗料有互相溶解現象，此外吸潮性大，也很易粘型，所以尚未正式用于生产上去

2) 硝酸盐模料:

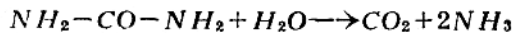
成份：1.55% HNO_3 + 45% N_2O_5 抗拉强度40公斤/厘米² 熔点218°C

2.55% KNO_3 + 45% N_2O_5 抗拉强度35.7公斤/厘米² 熔点137°C

优缺点与硫酸盐模同。

3) 尿素模料:

尿素之性质：尿素为无色結晶，熔点132°C，是农业方面重要之肥料，价格低廉，从固体变为液体之过程沒有軟化点。尿素溶于水，甲醇，乙醇，液体氨等，它与水作用即分解成氨与二氧化碳。



当受热150°C左右时，渐渐发出氨气，而生成二縮尿，变为混濁的白色。

尿素本身很脆，不能单独用来制造熔模，因此必須加入增塑剂来提高塑性，常用之增塑剂为硼酸，通常用的成份是97%尿素 + 3%硼酸。根据試驗結果如右图所示（图6—13）。

尿素模料的基本性质和其它盐模相似，强度高，沒有軟化点，收縮率小，塗掛性流

动性均好，但吸湿性和粘型性比其它盐模弱，所以現在尿素模料已用于生产上了，如做空心叶片等。

总的来讲盐模的成份虽然很多，但性能均差不多，强度高，沒有軟化点，滄掛性、流动性好，脫模采用水溶解的方式，不但生产率提高，而且可以保証壳的质量，但缺点也是一致的，粘型吸潮和水玻璃塗料互溶等。目前正在采取措施，消除其缺点。如将盐模放在丙酮溶液中防止吸潮，但由于工艺复杂，設備限制，問題尚未根本解决。目前除尿素模有的工厂采用外，其余均尚处于試驗阶段。

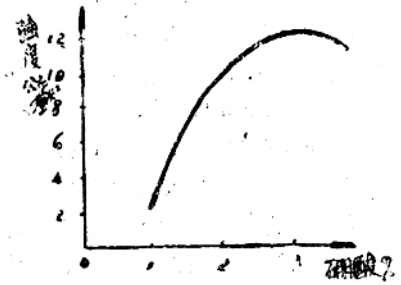


图 6—13 硼酸对尿素强度之影响

但这类模料可做可溶型芯用，即比較复杂的零件不能或很困难利用金属型芯形成，則应采用可熔型芯如做球面軸承（图 7—14）。

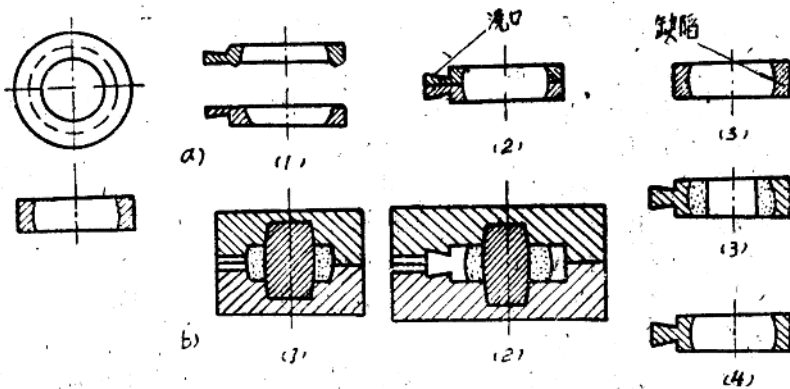


图 6—14 用可溶型芯制造球面軸承腊模

a. 組合腊模

1—两半腊模

2—熔焊成整体腊模

3—所得鑄件

b. 用可溶型芯制造整个腊模

1—制可溶型芯

2—制腊模

3—腊模和可溶型芯

4—去型芯后的腊模

这种方法已普遍应用于生产中。

3. 水銀模料:

即用水銀代替腊和塑料制模，主要优点可制大型复杂零件的模型，这种方法的基本过程和普通熔模鑄造工艺相似，把液体水銀澆入金属模型中，再把模型浸入 -73.3°C 冷冻槽中，等水銀冻结后拆开模型取出冻结之水銀模，然后把水銀模反复浸入陶瓷塗料的稀浆中以制造鑄型，一直到获得需要之壁厚为止（通常为1.6—3.2毫米）。

水銀模解冻熔出后就把型壳送入烘炉中。用 1010°C 的温度焙燒約 2 小时，鑄造合金可按一般鑄造法澆入鑄型中。

水銀做为制模材料之优点是能很好的填充模型，因而能清晰的复制出零件的外形，冻结