

机械工业技术革新技术改造选编

陶瓷型精密铸造

郭希宁 张玉美 编

机械工业出版社

机械工业技术革新技术改造选编

陶瓷型精密铸造

郭希宁 张玉美 编



机械工业出版社

内容提要 本书较系统地介绍了陶瓷型精密铸造的生产工艺过程, 对其中几个主要方面, 如造型材料、模型与砂套及铸型工艺设计与模型设计, 作了详细的叙述, 归纳了陶瓷型主要的缺陷, 提出了防止的方法。书末作了陶瓷型生产的实例介绍, 并讨论了陶瓷型精密铸造生产存在的问题和发展展望。

本书可供从事陶瓷型精密铸造生产的工人和技术人员参考。

陶瓷型精密铸造

郭希宁 张玉美 编

机械工业出版社出版 (北京东黄门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $3\frac{7}{8}$ · 字数 81 千字

1977 年 12 月北京第一版 · 1977 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—10,000 · 定价 0.30 元

*

统一书号: 15033 · 4450

前 言

在伟大领袖毛主席的“独立自主、自力更生”方针指引下，我国工业战线形势一派大好，各行各业都呈现了一片欣欣向荣的景象。由于产品质量的不断提高，不断更新，因此，对模具的需要量就越来越多，对模具质量要求也越来越高。

陶瓷型精密铸造是一项新工艺，它广泛地被用来制造各种模具。采用陶瓷型生产模具，具有周期短、成本低、投资少和上马快的优点，为模具的生产开辟了一条多快好省的道路。

陶瓷型精密铸造这项新工艺适用范围很广，铸造、锻压、玻璃、塑料、制鞋和玩具等很多行业都可以采用。

为了更好地推广陶瓷型精密铸造，我们编写了这本小册子，供大家参考。在编写过程中曾得到领导及有关同志们的大力支持，在此我们表示衷心感谢。由于我们水平不高，书中难免存在缺点和错误，欢迎同志们提出批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 绪论	1
一、陶瓷型精密铸造发展简况	1
二、陶瓷型精密铸造的基本概念	2
三、陶瓷型精密铸造的优点	7
四、陶瓷型精密铸造的应用	10
第二章 造型材料	11
一、耐火材料	11
二、粘结剂	14
三、催化剂	27
四、脱模剂	30
五、透气剂	31
第三章 模型与砂套	33
一、模型的种类及其选择	33
二、水玻璃砂底套的制作	51
第四章 铸型工艺设计与模型设计	56
一、铸型工艺设计	56
二、模型设计	59
第五章 陶瓷型精密铸造工艺综述	63
一、工艺流程	63
二、水玻璃砂套及模型的准备	63
三、陶瓷型浆料的配制	66

四、脱模与燃烧	77
五、焙烧与合箱	81
六、浇注与清理	85
七、其它几种陶瓷型造型方法	86
第六章 陶瓷型的缺陷及其防止方法	93
一、裂纹	93
二、变形	95
三、起模时铸型损坏	96
四、铸型表面产生气孔	96
五、偏移与上浮	97
第七章 陶瓷型精密铸造实例介绍	99
一、压铸模	99
二、热锻模	102
三、玻璃模	105
四、塑料模	106
五、热芯盒模具	107
六、难于机械加工的零件	109
第八章 存在问题和发展展望	114
一、存在问题	114
二、发展展望	114

第一章 绪 论

一、陶瓷型精密铸造发展简况

在我国古代，勤劳勇敢的劳动人民就掌握了精密铸造的技术。

在现代，随着工业水平的不断发展，对铸件产品的要求也越来越高。为了能浇铸出精密度较高、光洁度好的合金钢铸件，人们在生产中除了从各方面想方设法提高普通砂型铸造的质量和生产效率外，还发展和发明了各种特种铸造方法。陶瓷型精密铸造就是特种铸造方法中的一种。这种工艺方法的主要特点是：用水解过的硅酸乙酯溶液、耐火材料、催化剂和附加物等材料，混合制成陶瓷浆料，浇到母模上面，在催化剂的作用下经固化、起模、喷烧和焙烧等工序后，便制成了精密的陶瓷型。目前世界上已有很多的国家采用了这项新工艺。图 1-1 就是采用陶瓷型浇制的一组型腔模镶块。

目前在我国这项新工艺还比较年轻，正处于推广与蓬勃发展的阶段，在实际生产中应用越来越多。早在 1958 年，一机部铸造研究所的同志，在三面红旗的光照耀下，发扬了敢想、敢干的革命精神，对陶瓷型精密铸造做了不少试验和探索。但由于叛徒、内奸、工贼刘少奇猖狂反对毛主席的“独立自主、自力更生”伟大方针。推行了一条反革命修正主义路线，将这项新工艺打入冷宫，使它未能为建设社会主义服务。

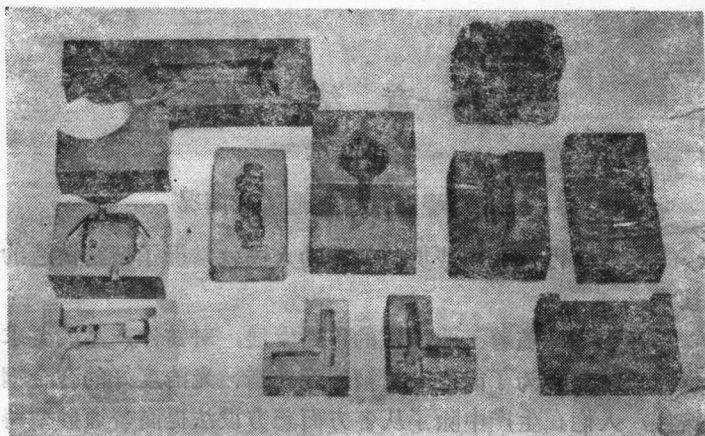


图 1-1 用陶瓷型浇注的一组型腔模块

经过无产阶级文化大革命，毛主席的无产阶级革命路线取得了伟大的胜利。我国工人阶级和科技人员，排除林彪和“四人帮”的干扰和破坏，遵照毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的伟大教导，怀着为祖国争光的雄心壮志，又对这项新工艺开始了试验与研究。使这项新工艺，得到了进一步提高与推广，并取得可喜的成绩。现在，这项新工艺，已在全国各地开花结果，为社会主义建设，做出了贡献。

二、陶瓷型精密铸造的基本概念

所谓陶瓷型，就是利用能耐高温的陶瓷质耐火材料，作为造型材料，水解硅酸乙酯作为粘结剂，在催化剂的作用下，经过灌浆、结胶、起模及焙烧等一系列工序，制成的铸型，就简称为陶瓷型（由于做成的铸型洁白如陶瓷，因而得

名)。

采用这种铸型浇出的铸件,具有较高的尺寸精度(3级~5级)和较高的表面光洁度($\nabla 4 \sim \nabla 6$),所以这种铸造方法,称为陶瓷型精密铸造。

陶瓷型精密铸造的方法,大致可以分为两大类:一类就是全部为陶瓷浆料制成铸型的方法;另一类就是采用底套,仅铸型表面灌注一层陶瓷浆料的方法。底套法中又分为砂底套及金属底套二种。分类如下。

$$\text{陶瓷铸型} \left\{ \begin{array}{l} \text{全部陶瓷铸型} \\ \text{带底套的陶瓷铸型} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{砂底套} \\ \text{金属底套} \end{array} \right.$$

现将上述二类的陶瓷型精密铸造的生产过程分述如下:

全部采用陶瓷浆料的铸型生产过程如图 1-2 所示。

首先将灌浆用的模型固定于型板上,外面套上砂箱(见图 1-2 a、b)然后将预先搅拌完毕的陶瓷浆料倒入砂箱中(见图 1-2 c)将砂箱上平面刮平,等待结胶凝固。数分钟后(可以根据加入催化剂的多少来控制)浆料就变硬结胶(见图 1-2 d)成橡皮状时就可以起模(见图 1-2 e)。然后点火燃烧,燃烧时可以适当加一些压缩空气帮助燃烧(见图 1-2 f),待火熄灭后,放入高温炉中焙烧,焙烧后的铸型就是所需要的陶瓷型。

另一类就是采用带底套的陶瓷型铸造。因为做陶瓷型用的材料为刚玉粉、硅酸乙酯等,这些材料价格较贵,如果铸型全部采用这些材料生产,成本增加太多。为了降低成本,陶瓷浆料应尽量少用一些。另外为了提高铸件产品的光洁度和精度,灌浆用耐火材料的粒度较细,一般为 M 28、320 目等。由于使用的耐火材料较细,致使陶瓷型的透气性差。为

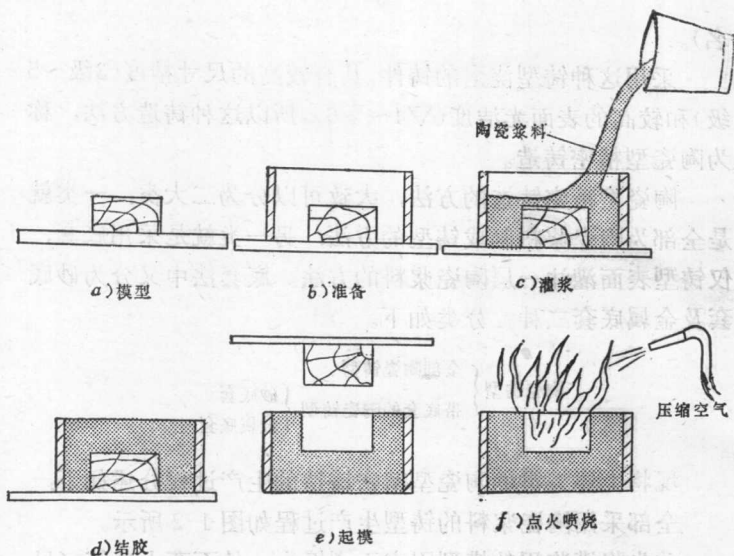


图 1-2 全部采用陶瓷浆料铸型生产过程示意图

了增加陶瓷型的透气性，应该使陶瓷型的灌浆层尽量薄。鉴于上述的 2 个原因，生产上常采用带底套的复合铸型。就是仅仅接触铸件的薄薄一层灌制陶瓷浆料，即相当于砂型铸造的面砂层，而其余的填充部份采用底套代替，即相当于砂型铸造的背砂层。

金属做的底套经久耐用，适用于批量大的产品，相当于砂型铸造的专用砂箱一样。金属底套的常用材料是铸铁，为了使陶瓷浆料能更好的吸附于底套上，底套与浆料接合面应做得粗糙。另一方面为了减轻重量，便于搬运，金属底套不宜做得太厚，一般壁厚为 5~10 毫米。由于金属做的底套透气性差，并且加热膨胀系数较大，与灌浆层浆料膨胀系数不一样，因此对铸型的燃烧与焙烧温度必须严格控制，这样就

给陶瓷型的质量带来一定的影响，所以金属底套在手工造型生产上应用不广。

目前生产上应用最广泛的是水玻璃砂做底套的陶瓷型，用水玻璃砂做底套有下列几个优点：

(1) 强度高 当灌浆以后，由于浆料与模型吸附得很牢固，需很大的起模力，另外灌入的浆料里面含有大量的酒精、水分，容易为底套所吸收而降低底套的强度，使底套变得松散。如底套强度不高，起模时极易连砂套一同拔起而报废，这是要求底套具有较高强度的原因。水玻璃砂底套强度高，经 CO_2 硬化后，强度大于 $4\sim6$ 公斤/厘米²，完全能满足上述要求。

(2) 透气性好 由于陶瓷型用的耐火材料粒度较细，透气性较差，为了增加陶瓷型的透气性，要求底套的透气性好，故用 3#~5# 石英砂做水玻璃砂底套，其透气率大于 300，能满足透气性较好的要求。

(3) 制作简便 水玻璃砂使用很方便，只要经过 CO_2 吹数分钟，砂型就能硬化，所以用水玻璃砂做砂套非常简便迅速，能立刻获得尺寸准确、形状一定的底套。

水玻璃砂做底套虽然有上述的优点，但也存在着溃散性差的缺点。因此浇注后在铸件的孔及深凹的地方，清砂比较困难。

采用 CO_2 硬化的水玻璃砂底套的造型工序可由图 1-3 说明。

首先要准备两个模型，一个是灌制陶瓷浆料用的（见图 1-3 中 A 模），另一个是做水玻璃砂底套用的（图中 B 模）。

将 B 模放在型板上，外面套上砂箱，上面放二根圆棒以便在水玻璃砂底套上做出二个直孔：一个做出气孔用；一个

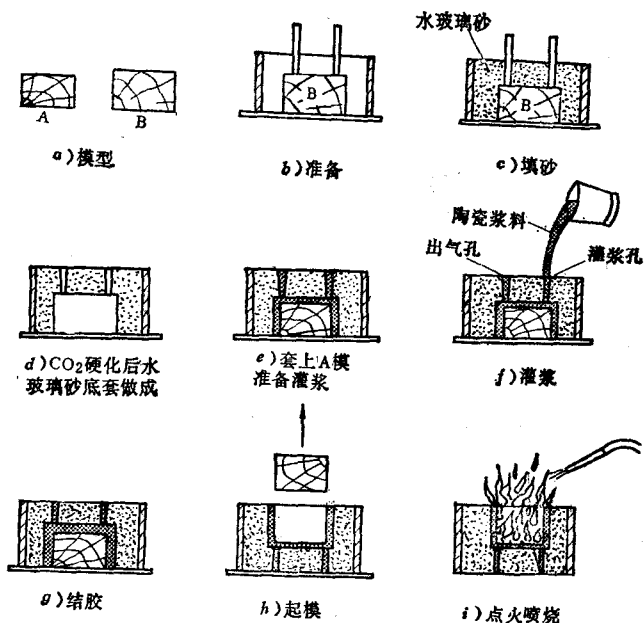


图 1-3 水玻璃砂为底套的陶瓷型造型工序图

做灌浆用(见图中 *b*)。然后填水玻璃砂，春实，起模，打气眼，吹 CO₂ 硬化，做出所需要的水玻璃砂底套(以下简称砂套)(图中 *c*、*d*)。将灌浆用 *A* 模放于型板上，外面盖上吹过 CO₂ 硬化的砂套，使 *A* 模与砂套之间产生一灌浆的空腔(图中 *e*)。把预先配成的陶瓷浆料，搅拌均匀后从灌浆孔倒满空腔(图中 *f*)然后让陶瓷浆料结胶硬化(图中 *g*)，就可翻转砂箱，起出 *A* 模(图中 *h*)立即点燃铸型，然后加压缩空气喷烧(图中 *i*)，待火自行熄灭后，放入高温炉中经过焙烧就成为所需要的陶瓷型。

采用 CO_2 硬化水玻璃砂底套的陶瓷型，不论从产品质量上，还是从经济效果上都是较合理的，因此是目前生产陶瓷型最普遍用的生产方法。

三、陶瓷型精密铸造的优点

陶瓷型精密铸造与其它的一些铸造方法相比较，具有下列的优点：

1. 铸型具有一定的透气性及退让性

理想的陶瓷型表面，应该是形成均匀密布的网状显微裂纹，这些显微裂纹是用肉眼看不出的，在放大 25~30 倍放大镜下，才可以观察出来。裂纹呈网状，很细小，彼此相互连结着。这些显微裂纹的形成，是陶瓷型的特点之一，是得到优良铸件的关键条件。因在铸型的加热或冷却时，这些显微裂纹可以作某种程度的膨胀和收缩，而不改变铸型尺寸，并且裂纹足够小，从而保证了铸型具有一定的退让性及透气性，而金属液却不能渗入其内。相对于压铸及熔模铸造的铸型而言，陶瓷型的透气性及退让性，较前两种铸型好。

2. 铸件的表面光洁度高

陶瓷型精密铸造由于采用的耐火材料是耐高温、变形小、粒度细、模型光洁度高以及采用了灌浆等原因，加之铸型上的显微裂纹能使铸件形状清晰的复制出来，任何尖角部份都没有因空气或其它气体的阻碍而造成浇不满的缺陷。所以能做出表面光洁度高的铸件，象头发丝样的极细小纹痕也可以浇注出来。陶瓷型浇注的铸件表面光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 6$ (陶瓷型的表面不平度为 6~18 S，壳型为 35~50 S，砂型铸件为 100 S 以上)。

3. 尺寸精度高

一般砂型铸造的铸件尺寸精度差的原因是由于起模、铸型的变形和金属收缩等因素所造成的。可是陶瓷型由于采用灌浆，在弹性状态起模、高温下铸型无变形、另外铸件在铸型内的冷却速度较慢，铸件不会产生急冷现象，故因铸造应力而形成的变形也极小，能把铸件的名义尺寸变动局限于 $\pm 0.20 \sim 0.30\%$ 范围内。陶瓷型的尺寸精度基本上只考虑金属的收缩，所以尺寸精度高。金属的收缩率和一般铸造相似，可以用一般的金属收缩率经验来考虑。陶瓷型精密铸造的表面光洁度及尺寸精度与其它铸造方法相比较列于表 1-1（表中所列数字均为国外目前所达到的水平）。

表 1-1 各种铸造方法生产中达到精度光洁度比较

铸 造 方 法	尺 寸 精 度	表 面 光 洁 度
压铸	3~5 级多为 3 级	$\nabla 5 \sim \nabla 8$ 多为 $\nabla 7$
熔模铸造	3~5 级多为 3.4 级	$\nabla 4 \sim \nabla 7$ 多为 $\nabla 6$ 以上
陶瓷型铸造	3~4 级	$\nabla 4 \sim \nabla 6$
低压铸造	3~5 级多为 3.4 级	$\nabla 7$ 左右
金属型铸造	4~8 级多为 5 级左右	$\nabla 1 \sim \nabla 7$ 多为 $\nabla 5$ 以上
壳型铸造	5~8 级	$\nabla 3 \sim \nabla 7$
高压造型	5~7 级	$\nabla 3 \sim \nabla 5$
砂型铸造	8~9 级	$\nabla 1 \sim \nabla 3$

4. 铸型的耐火度高

由于铸型所用的耐火材料是高级的耐火材料，例如象刚玉粉、锆砂等耐高温的耐火材料，又采用灌浆造型的方法，所以能浇注高熔点的合金钢及形状复杂，难机械加工的精密零件。例如合金钢阀座、汽轮机叶片、船用螺旋桨、高锰钢

齿轮、高速钢刀具及艺术品等。

5. 投资少,上马快

陶瓷型精密铸造生产准备工作比较简单,也不需要复杂的设备装置,一般的铸造车间,只要添置一些原材料就可以进行生产。

6. 可以浇注大型的精密铸件

熔模精密铸造虽然能够浇注出表面光洁的铸件,可是由于本身工艺的限制,浇注的铸件重量一般只有几十公斤,可是采用陶瓷型精密铸造的铸件可以不受此重量限制。例如某工厂生产汽车用冲压模,重量最大达到5吨多。图1-4所示为驾驶室前左右围拉伸模(重量3吨,材料为球墨铸铁)。

陶瓷型精密铸造虽然具有上述的优点,但是存在着原材料价格贵、货源目前还较少的缺点。例如刚玉粉及硅酸乙酯等原材料,价格要比一般砂型铸造用的原材料贵得多(刚玉粉主要是用于研磨等方面)。另一方面由于陶瓷型精密铸造存

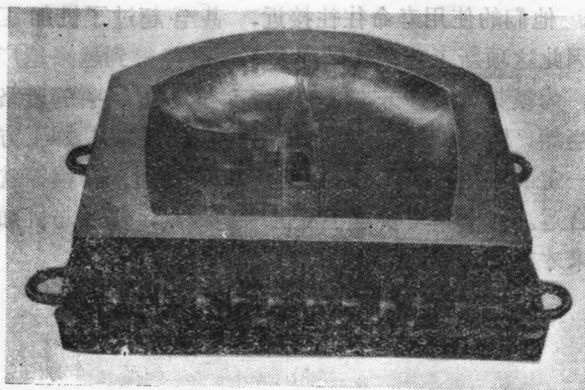


图 1-4 驾驶室前左右围拉伸模

在着灌浆过程，所以不适宜浇注批量大、重量小、泥芯复杂、孔深筋多的铸件及多分型面的铸件，并且难于实现机械化和自动化。陶瓷型修补困难，如起模后产生缺陷则很难修补，即使修补好，也不能达到原来的光洁度。

四、陶瓷型精密铸造的应用

陶瓷型铸造属于精密铸造方法的一种。目前已成为铸造较大型厚壁精铸件的重要方法之一，而这类铸件是用熔模铸造方法难以完成的。熔模铸造往往由于蜡料的变形较大以及模壳强度较小等缺点，难于铸造重量超过一百公斤的厚壁精铸件。对于这类铸件，在单个或小批量生产的条件下，应用陶瓷型铸造方法可得到满意的效果。零件重量从几公斤到4~5吨，铸件的表面光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 6$ ，尺寸精度可达100毫米 $\pm 0.2 \sim 0.3$ 毫米。

采用陶瓷型工艺浇铸某些模具，如热拉模、热锻模、金属型、塑料模、压铸模和热芯盒等，除了能大量的节省机加工外，他们的使用寿命往往接近，甚至超过了机加工的模具，因此这项新工艺，在国内各工厂已经得到越来越广泛的应用，为模具的生产开辟了一条多、快、好、省的道路。

当然，陶瓷型铸造也不能完全取代其它模具加工方法，有它一定的应用范围，必须正确选用，如对落料模等就不一定很合适。对于精度要求很高的一些模具，仍须与机加工配合起来才能满足零件的要求。

第二章 造型材料

陶瓷型用造型材料包括耐火材料、粘结剂、脱模剂以及透气剂等。为了能够获得表面光洁，尺寸精确的铸件，就必须对各种造型材料有所了解，以便在具体使用时能按需要来选取。

一、耐火材料

1. 对耐火材料性能的要求

陶瓷型用的耐火材料一般要求杂质少、熔点高和热膨胀系数小。这对于防止造型材料和液体金属之间的反应，提高铸件的表面质量和尺寸精度，具有很大的意义。

2. 耐火材料的品种及其性能

由于陶瓷型精密铸造工艺的特殊要求，它所用的耐火材料可分为两大类。一是作为直接接触铸件的陶瓷浆料用耐火材料(即相当于砂型铸造中的面砂)；另是作为填充、支撑的砂套用耐火材料(即相当于砂型铸造中的背砂)。

可作为陶瓷浆料用耐火材料有刚玉粉(砂)、石英粉(砂)、铝矾土、碳化硅及锆石英等。

(1) 刚玉粉(砂) 刚玉粉(砂)即 Al_2O_3 粉(砂)，它是由工业铝矾土经过粉碎后在电炉中熔化而制得的。由于它本身是属于中性的耐火材料，所以化学稳定性良好，不会与高温金属材料 and 熔渣起化学反应，能抵抗熔渣的腐蚀作用和流动磨擦作用。利用刚玉粉(砂)做出的陶瓷型耐火度高(2050°C)，热膨胀系数非常小($0.45 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$) 在温度急变的情况下变