

第四章 快速模具技术

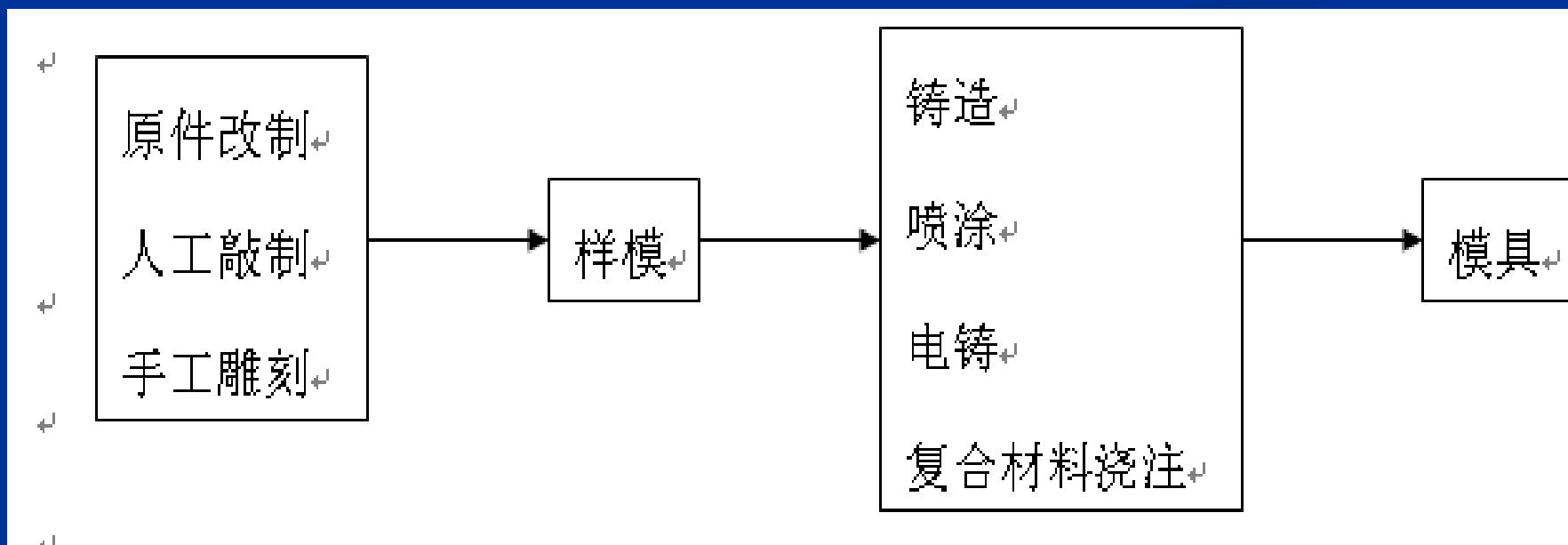
第一节 概述

- 随着全球市场一体化的形成，制造业的竞争十分激烈，产品的开发速度日益成为市场竞争的主要矛盾。在这种情况下，自主快速产品开发的能力，成为制造业全球竞争的实力基础。同时，制造业为满足日益变化的用户需求，又要求制造技术有较强的灵活性，能够以小批量甚至单件生产而不增加产品的成本。因此，**产品开发的速度和制造技术的柔性**就变的十分关键了。
- 本章主要介绍了 RP 在快速制模中的主要应用。

一、传统的模具技术

■ 1、传统制模方法

传统的制模技术大都是依据样模（母模），采用拷贝方式（如铸造、喷涂、电铸、复合材料浇注等）来制造模具主要工作零件（凸、凹模或模腔、模芯）的。



■ 2、传统的制模方法缺陷：

- ① 精度低。
- ② 制作周期长，如快速切削铝模需要 2 ~ 4 周时间。
- ③ 柔性差：元件有所改变时，模具很难修改，不得不重做。

上述三种缺陷中**精度**是最重要的，只要解决了样模精度，模具精度自然就迎刃而解了，因此如何提高样模精度已成为快速制模技术继续深入发展的关键，也是我们要加以解决的重要课题。

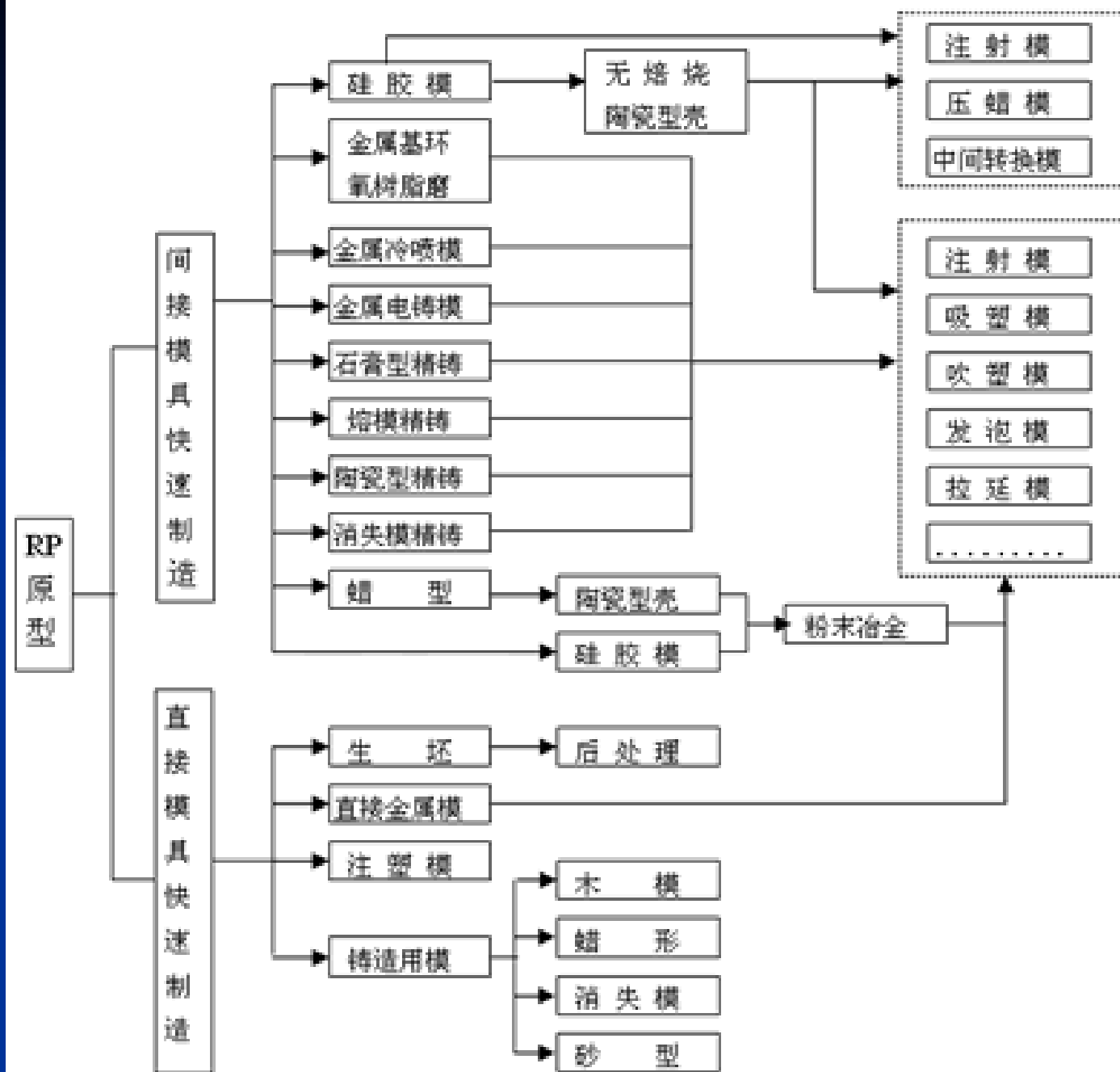
二、快速模具技术

- 1、快速模具制造及特点
- **快速模具制造**（Rapid Tooling，简称 RT），是应用快速成形方法（RP），快捷、方便地制作工具或模具的一种新兴技术。RT 是传统快速模具技术与现代先进制造技术相结合的典范。它的**特点**是：
 - （1）制模周期短，一般为传统模具制造的 $1/3 \sim 1/10$ ；
 - （2）工艺简单，易于推广；
 - （3）制模成本低（仅为传统制模的 $1/3 \sim 1/5$ ）
 - （4）精度和寿命能满足某种特定的功能需要，综合经济效益良好。

(5) 特别适用于新产品开发试制、工艺验证和功能验证以及多品种小批量生产。目前, RT 已被广泛应用到汽车制造、航空航天、军工、电子、医学和家电等领域。

■ 2、快速制模方法

快速制模有两种方法: **直接法**和**间接法**。
其一般的工艺流程如下图 1 所示。



利用 RP 原型制作模具的流程框图

- (1) **直接法**是采用快速成形系统直接制作模具，主要指采用 SLA，LOM，SLS 快速成形技术直接制造模具。
- (2) **间接法**是先制作一个母模，一般由快速成形系统建立，再由这样的母模制作模具，主要有：
 - 1) 用快速成形件作母模，与传统工艺结合制造模具◆

① 在快速成形的母模上，浇注蜡、硅橡胶、环氧树脂、聚氨脂等软材料，从而得到软模具；

② 在快速成形的母模上，电镀、喷涂、烧结金属或者陶瓷，从而得到硬模具。

■ 2) 与精密铸造结合，生产出金属件，再制造模具

三、快速直接制模

- **直接制模**是用 SLA、SLS、FDM、LOM 等快速成型工艺方法直接制造出树脂模、陶瓷模和金属模等模具，其**优点**是制模工艺简单、精度较高、工期短，**缺点**是单件模具成本较高，适用于样机、样件试制。

- 1、通过 SLA 或 SLS 法，直接用树脂、粉末塑料（如 ABS）等制成凸、凹模，可以作成薄板的简易冲模，汽车覆盖件成形模等。

这些简易模具的寿命是 50 ~ 1000 件，适用于产品试制阶段。

- 2、采用特殊的纸质利用 LOM 工艺方法可直接制造出纸质模具，坚如硬木，可耐 200℃ 高温，可用作低熔点合金的模具或试制用注塑模以及精密铸造用的蜡模成形模，还可以代替砂型铸造用的木模。



- 3、用 SLS 法直接制成金属模。

将不锈钢粉末用 SLS 法制成金属型后，经过烧结、渗铜等工艺渗铜等工艺制成了具有复杂冷却液道的注塑模。

四、利用 RP 技术间接快速制造模具

根据材质的不同，间接制模法生产出来的模具一般分为软质模具和硬质模具两大类。

■ 1、快速软模（ Soft Tooling ）制造

所谓**软模具**，是指用硅橡胶、环氧树脂、聚氨脂等材料制作的模具，因其所使用的软质材料有别于传统的钢质材料而得名。用快速成形件作母模（凹模），浇注上述材料可形成软型腔，形成软模具，这种软模具可用小批量生产，例如：注塑件、低熔点合金离心铸造件等。◆

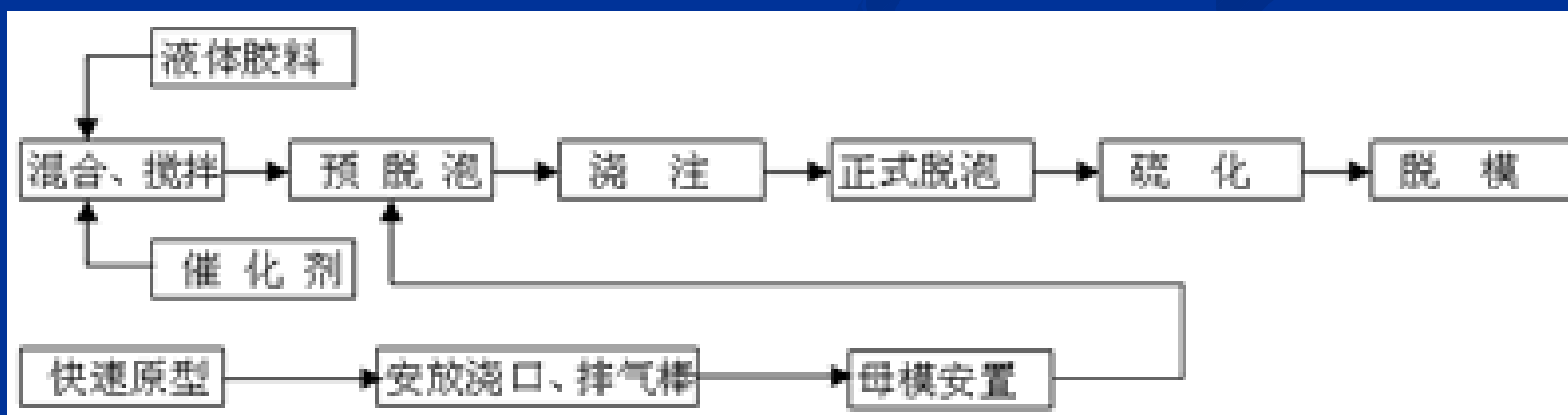
软模具可用作试制、小批量生产用注塑模，制造硬模具的中间过渡模和低熔点合金铸造模等。最常见的是硅橡胶模具。

软模具具有很好的弹性、复印性和一定的强度，在浇注成形复杂模具时，可以大大简化模具的结构设计，且便于脱模。例如，TEK 高温硫化硅橡胶的抗压强度可达 $12.4 \sim 62.1\text{MPa}$ ，承受工作温度 $150 \sim 500^{\circ}\text{C}$ ，模具寿命一般为 $200 \sim 500$ 件。

一般室温固化硅橡胶构成的软模具寿命为 10 ~ 25 件，环氧树脂合成材料构成的软模具寿命为 300 件。

由于其制造成本低和制作周期短，因而在新产品开发过程中作为产品功能检测和投入市场试运行以及在国防、航空等领域单件、小批量产品的生产方面受到高度重视，尤其适合于批量小、品种多、改型快的现代制造模式。

其工艺流程是将快速原型配置浇注系统作为芯模，悬置于模盒内，注入流态硅胶，经真空脱气、固化后沿预设的分型面分开，模具制造即告完成。硅胶模具可以用来制作塑料件和低熔点合金件，寿命只有几十次至上百次。工艺流程如下图所示。



■ 2、利用 RP 原型制造硬质模具

软质模具生产制品的数量一般为 50 ~ 5000 件，对于中大批量的产品（上万件乃至几十万件），仍然需要传统的硬质模具，硬质模具指的就是钢质模具。

利用 RPM 原型制作钢质模具的几种方法有：电火花加工法、砂型铸造、消失模的压型制作、陶瓷型精密铸造法等。硬质模具制造主要有以下几种方法。◆

■ (1) 电火花加工法

电火花加工法是利用 RPM 原型制作 EDM 电极，然后利用电火花加工制作钢模。其制作过程一般为：RP 原型→三维砂轮→石墨电极→钢模。◆

■ 快速制作电极模具

1) 制作 RP 原型

2) 利用 RP 原型翻制石墨电极研具



快速成型制作的电极母模

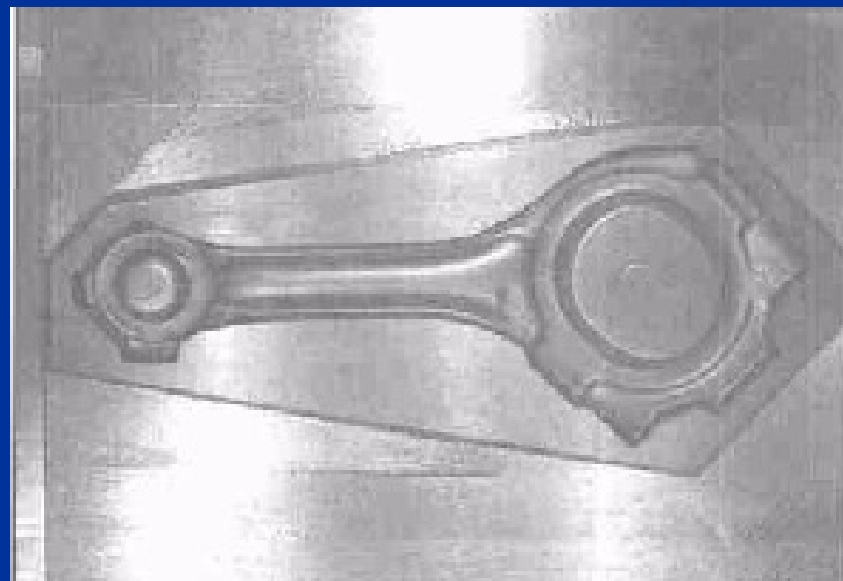


电极研具

- 3) 利用研具，制造石墨电极；
- 4). 然后用电火花加工金属模具。



研磨的石墨电极



电火花加工后的连杆钢模

■ (2) 熔模精密铸造法

在批量生产硬质模具时可采用熔模精密铸造法。该方法是利用 RP 原型或根据原型翻制的软质模具生产蜡模，然后利用熔模精铸工艺制作钢质模具。大部分的 RP 原型都可以作为熔模精密铸造的母模。

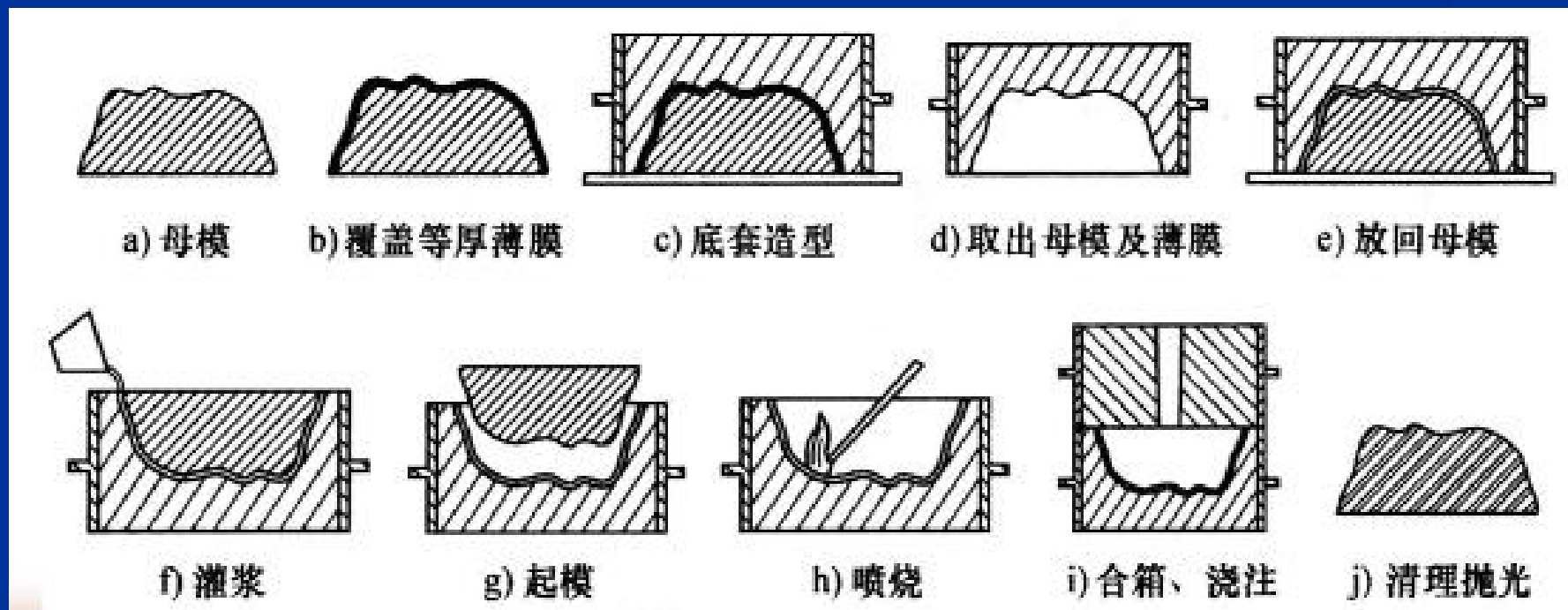
其工艺路线是： RP 原型（中间过渡模）→制作蜡型→熔模铸造→成型 / 处理→模具。 ◆

■ (3) 陶瓷型精密铸造法

在陶瓷型精密铸造中，通常采用的母模（如木模、石膏模和金属模等）存在着加工困难、精度难以保证、制造周期长、使用寿命短和成本高等问题，因此对于复杂形状的零件将 RP 原型技术直接用于陶瓷型铸造，可比传统加工方法节省工时，降低成本。

其工艺路线是：RP 原型→软模→移出母模→浇注 / 喷涂浆料→浇注金属→成型 / 处理→模具。◆

用快速成形机制作母模—在母模的上粘贴—薄层材料(如蜡片),其厚度等于所需陶瓷壳的厚度(约3mm)—将母模置于砂箱中,浇注砂型—移去母模及粘贴材料—将母模置于砂型中—浇注陶瓷砂浆—移去母模)—用乙炔喷灯加热、固化陶瓷壳—加入浇注系统,构成陶瓷壳砂型。

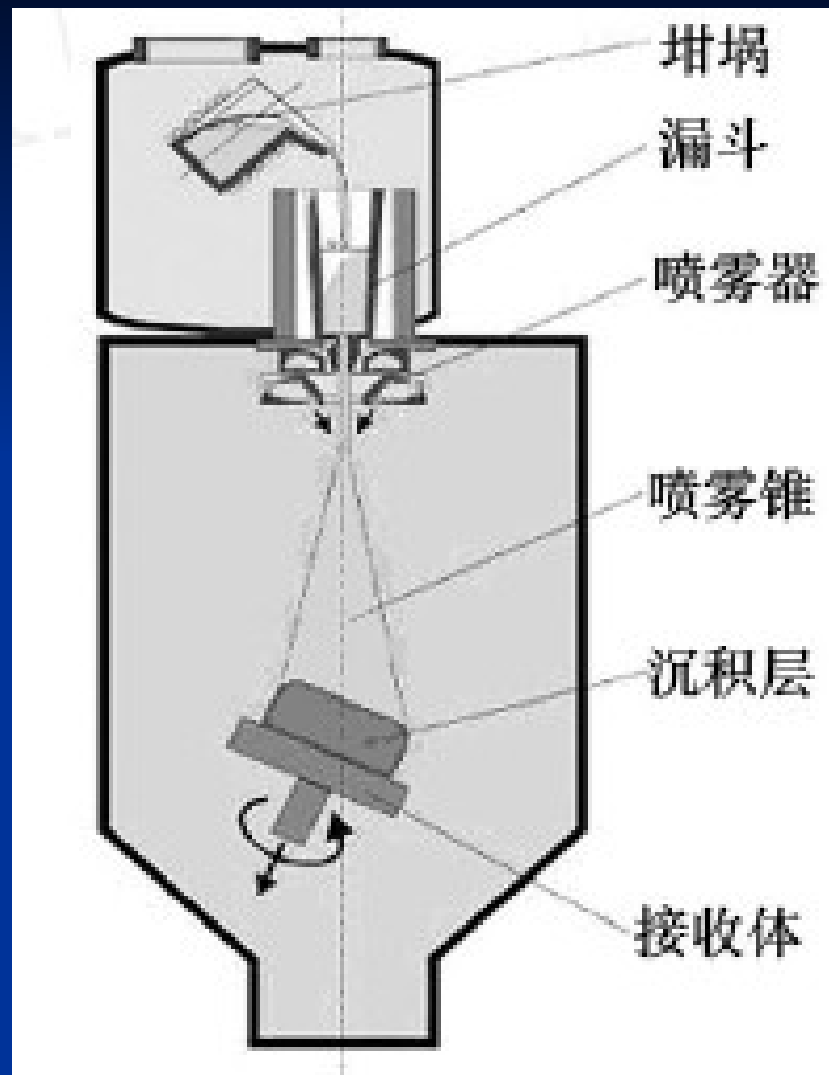


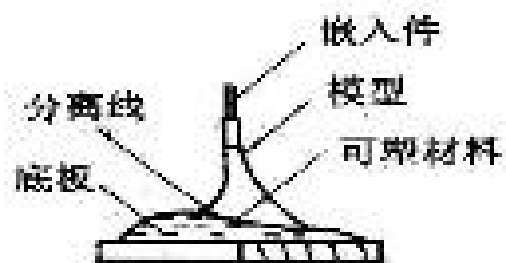
陶瓷壳砂型的快速制作过程

■ (4) 金属熔射喷涂制造法

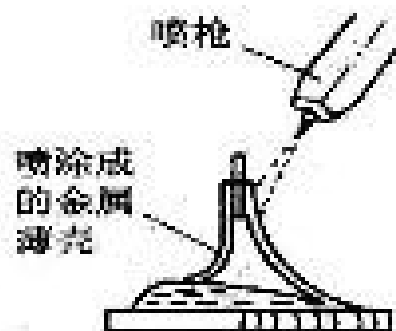
金属熔射喷涂制造模具的方法是在 RP 原型或过渡模型为母模的表面上，用电弧或等离子喷涂雾状金属，形成金属硬壳层，移去母模后，在金属壳背面补铸金属基合成材料或环氧树脂，形成硬背衬，经后处理得到金属表面与硬背衬构成的模具。用该方法制作的模具机械性能较好，精度也容易保证，可以制作工作压力较高的模具，模具寿命可达 1000 ~ 30000 件。◆

金属喷射沉积模成形原理：熔融的工具钢或其他合金被压入喷嘴，与高速流动的惰性气体相遇后形成雾状熔滴，它喷向并沉积到喷射在通过 SLA、SLS 或 LOM 方法制造石蜡、塑料或陶瓷原型上，复制出母样的表面结构形状，再借助脱模剂使沉积形成的钢制模具与母样分离，即可制出所需 模具。

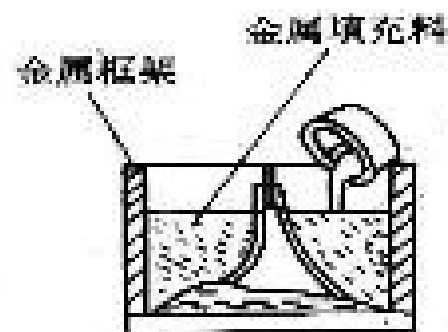




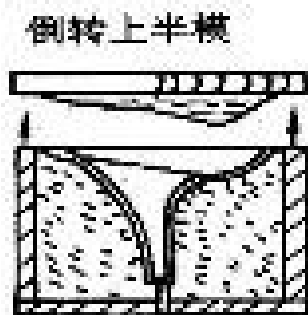
a)



b)

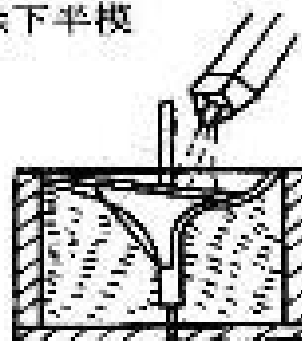


c)



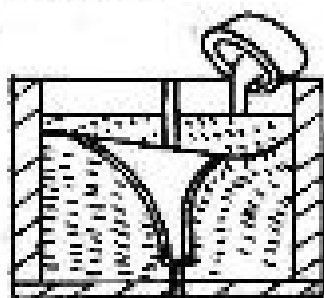
d)

喷涂下半模

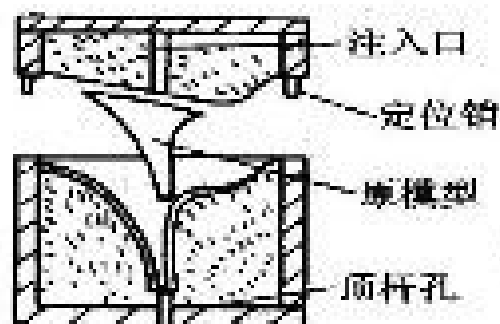


e)

填充下半模



f)



g)

电弧喷涂快速制模工艺

■ (5) 铝基合成材料制造法

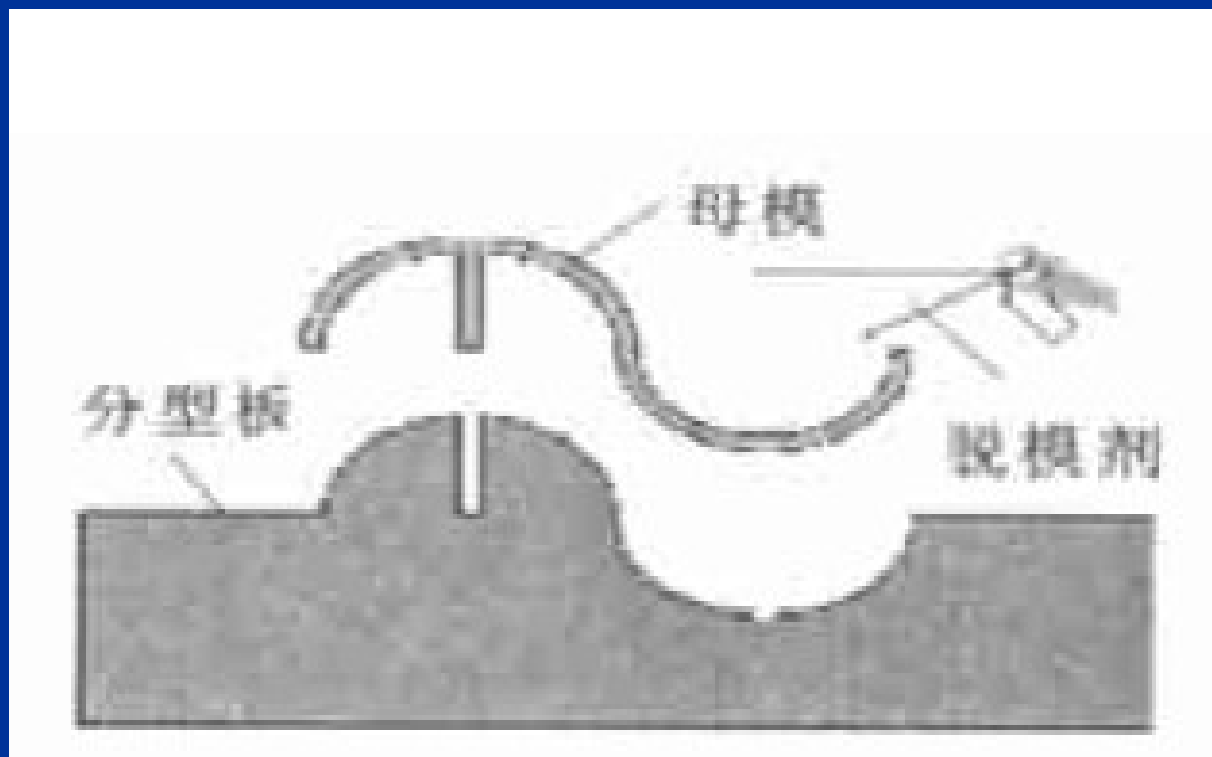
以 RP 原型为母模，浇注硅橡胶等软材料形成软模具，再在软模具中浇注室温下液态铝基合成材料成型腔，型腔经后处理制得模具。由于是在室温下浇注，避免了高温熔化金属浇注导致的较大翘曲变形，精度容易得到保证。

- 例：铝填充环氧树脂（ CAFE ）模

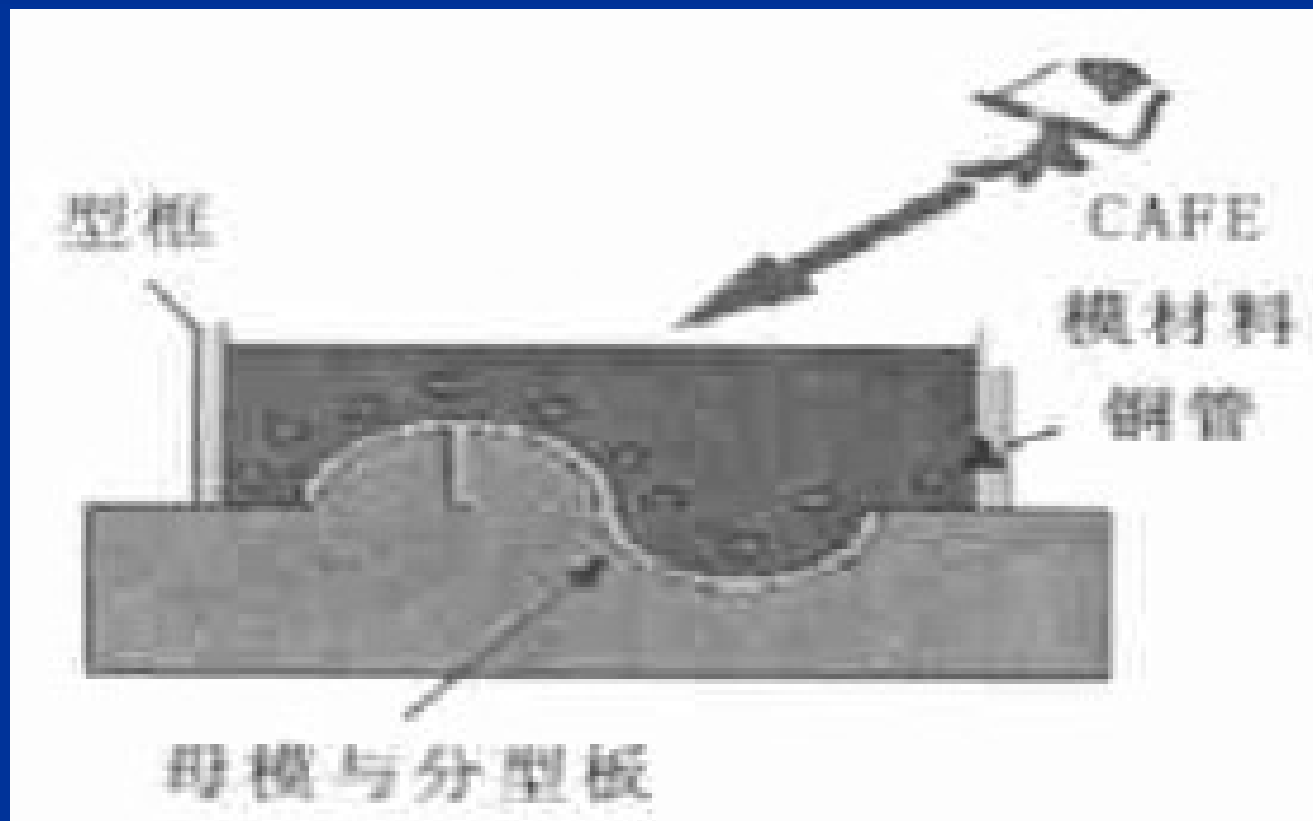
- 铝填充环氧树脂（ Composite Aluminum-Filled Epoxy ）模，是利用快速成形的母模，在室温下浇铸铝基复合材料，即铝填充的环氧树脂而形成的模具。这种制模方法快速、经济，适用于多种树脂，可用于注塑 20 ～ 500 件工程热塑料工件。

CAFE 模的制作过程

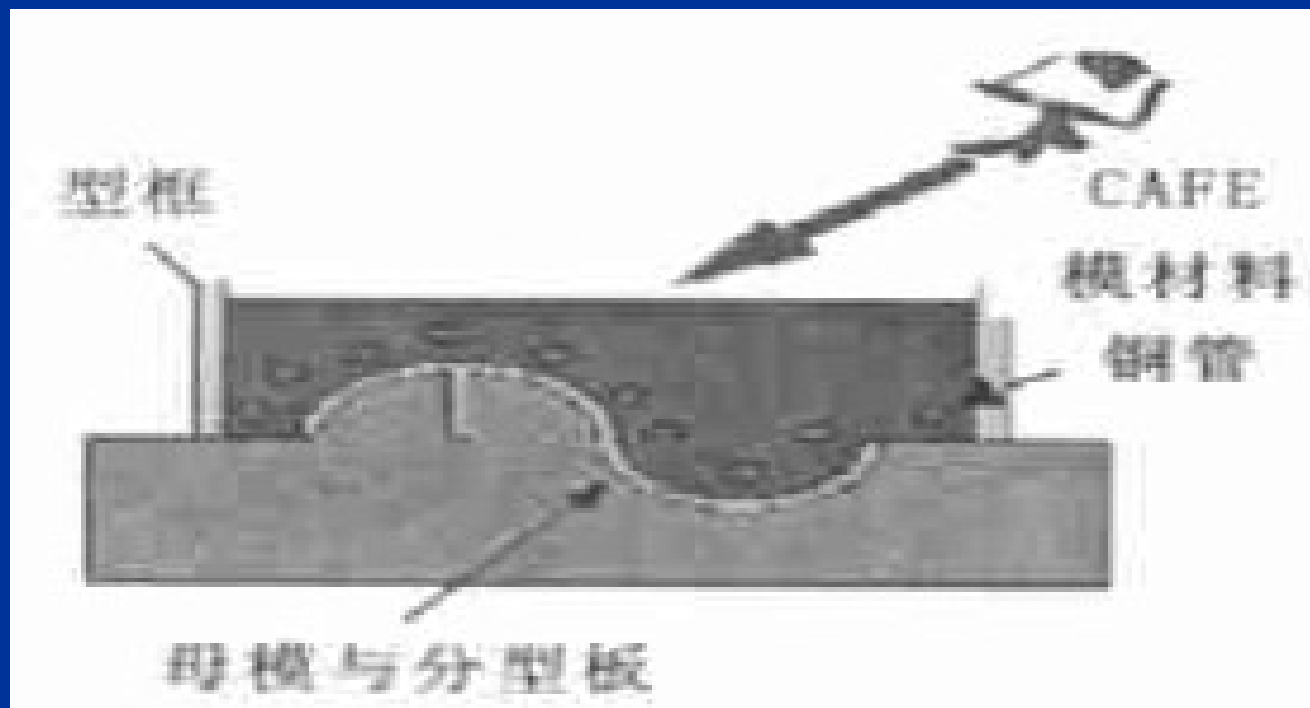
- 1) 制作母模与分型板，母模可以用 RP 或 CNC 制作。
- 2) 在母模表面涂覆一层薄层脱模剂。



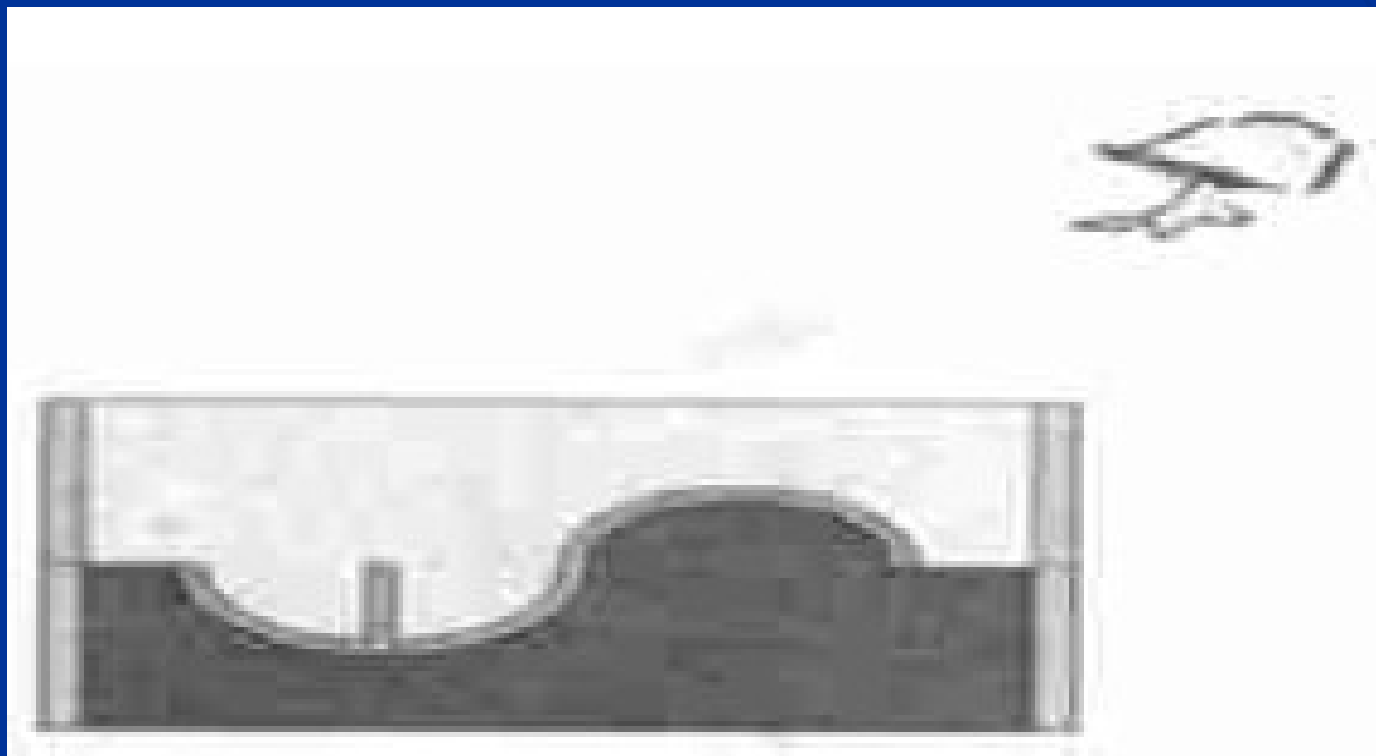
- 3) 将母模表面与分型板放置在型框中。
- 4) 在型框中靠近母模处设置冷却管。



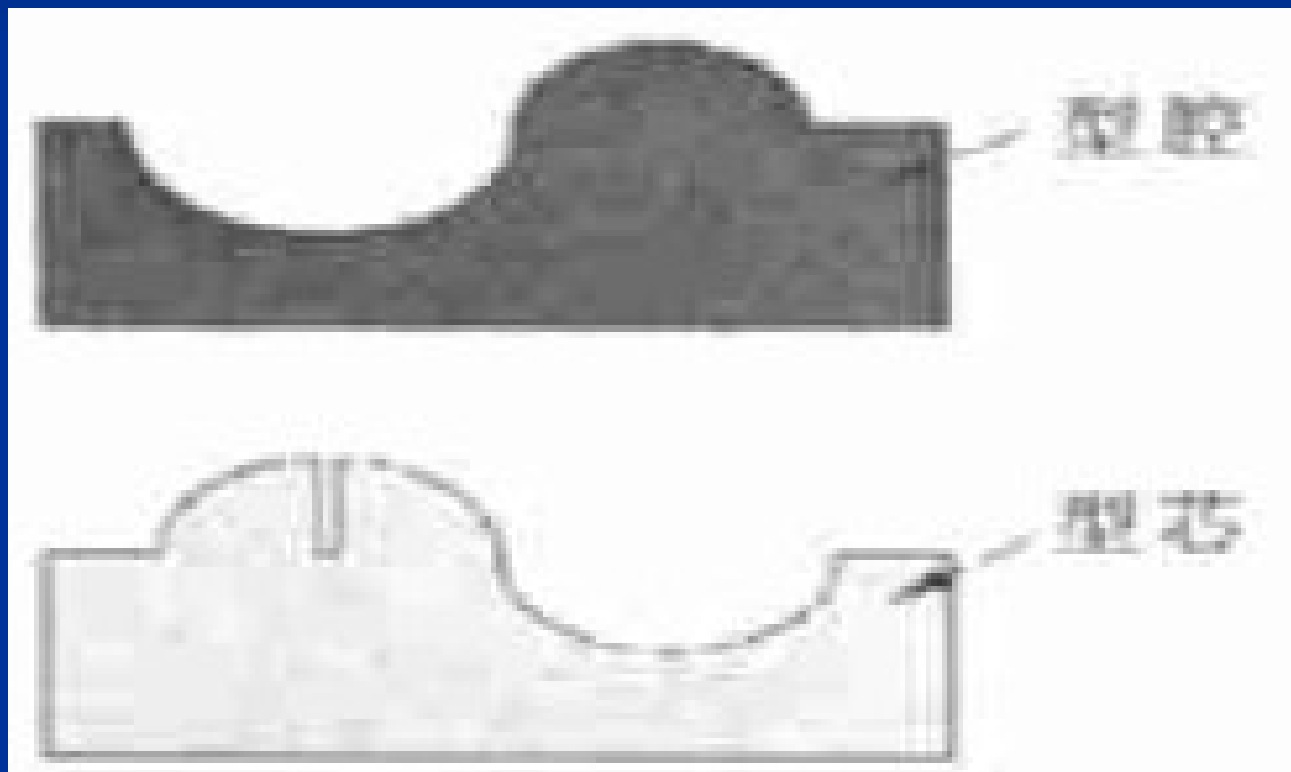
- 5) 预混精细研磨铝粉，双组分热固性环氧树脂，并在真空中排气，去除气泡。
- 6) 在真空状态下，将 CAFE 模用材料浇于母模的外面，并使其固化。



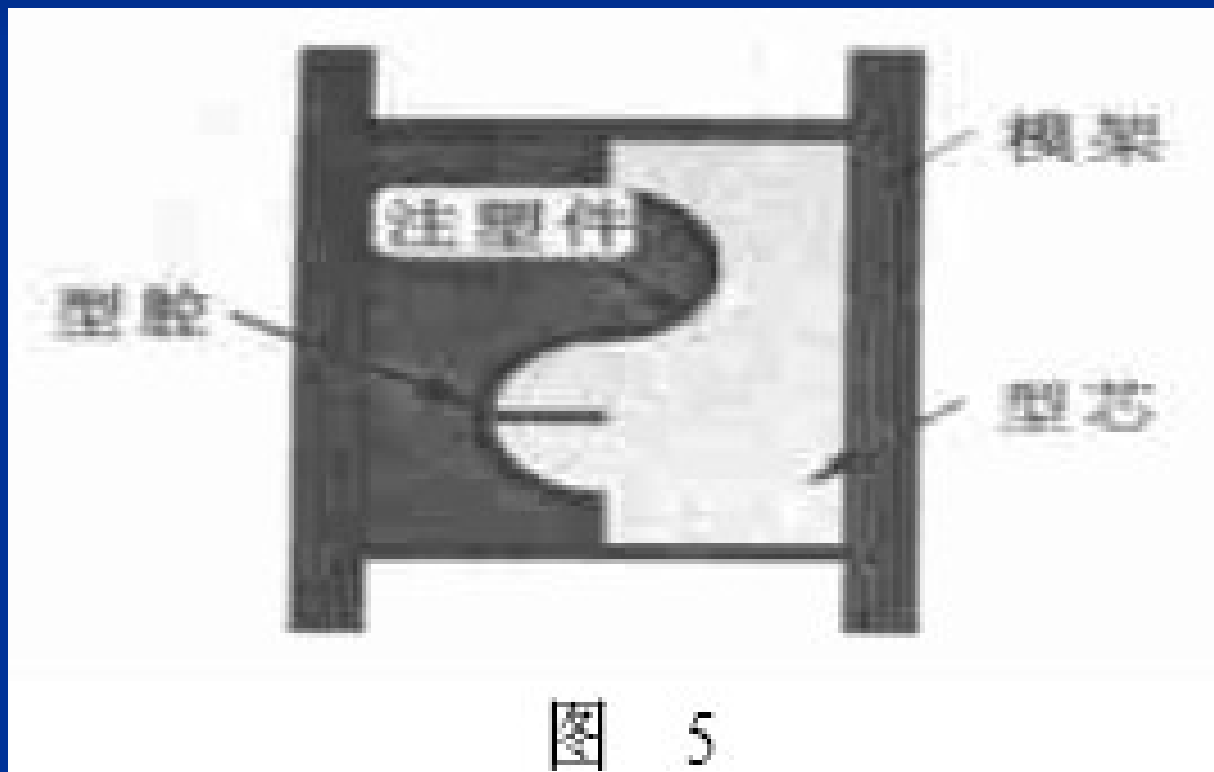
- 7) 将母模于完全固化的 CAFE 模倒置，拆除分型板，在母模反面于先前固化的 CAFE 模上涂脱模剂，重复上述过程；



- 8) 12 小时后，第二部分 CAFE 模已经完全固化，即型芯和型腔分成彼此分离的两部分，此时移去母模；



- 9) 用定位销使型芯与型腔对准，在要求位置钻推料孔，安装推料板于推料杆，连接冷却管，最后整个装配件置于标准模架中。



■ (6) 化学粘结陶瓷材料制造法

以 RP 原型为母模，浇注硅橡胶等软材料形成软模具，再在软模具中浇注化学粘结陶瓷材料（CBC），在 205°C 下固化成型腔，经处理后制得模具。用该法制得的模具寿命一般为 300 件。

其工艺路线为：快速原型制作纸质母模→（浇注硅橡胶、环氧树脂、聚氨酯等软材料）构成软模→移去母模→在软模中浇注化学粘结陶瓷 (CBS) → 在 205°C 下固化 CBS 型腔→型腔表面抛光加入浇注系统和冷却系统→小批量生产用注塑模。◆

■ (7) 粉末冶金快速模具 (3D Keltool)

美国 3D System 公司还推出了一种粉末冶金快速模具工艺，这种工艺称作 3D Keltool。

它的制作过程为：首先用 SLA 原型翻制出硅胶模作为中间转换模；然后将用树脂粘结剂混合的工具钢粉末灌注到中间模具中，待材料凝固后得到模具生坯件；通过烧结去除粘结剂，得到内部疏松结构（约 30% 孔隙率）的模具熟坯件；最后经过渗铜处理增加材料的致密度和机械强度；通过简单机加工进一步保证模具的精度（可达 0.04mm），即得 Keltool 模具。该模具 70% 为钢，30% 为铜，其特性与 P20 工具钢模具类似，可以承受 20-25Kpa 的压力和 650° 的高温。

■ (8) 电铸制模

电铸制模法的原理和过程与金属喷涂法比较类似。它是采用电化学原理，通过电解液使金属沉积在原型表面上，再背衬其他充填材料来制作模具的方法。电铸法制作的模具复制性好且尺寸精度高，适合于精度要求较高、形态均匀一致和形状花纹不规则的型腔模具，如人物造型模具、儿童玩具和鞋模等。 ◆



电铸模过程

Wohlers 总结了各种 (RP+RT) 技术后得到一个比较表（见表 1）。

表 1 快速模具技术的选择

项 目	硅胶模	Al 充填环 氧树脂模	直接 AIM 模	喷涂 金属模	锌合金模	SLS RapidTool	3D Kelttool	铣削铝模
研制周期/周	0.5~2	2~4	1.5~3	2~4	2~3	2~5	3~6	2~6
成本/万美元	0.1~0.5	0.25~1.0	0.2~0.5	0.2~1.5	0.4~1.5	0.4~1.0	0.35~1.0	0.4~2.5
典型件数	10~50	50~1 000	10~50	50~1 000	50~1 000	50~100 000	50~1 000 000	50~100 000
材 料	尿烷 环氧树脂 石蜡	热塑性塑料						
模具精度/mm	0.05/25				0.08/25		0.05/25	0.025/25
特征细节 公差/mm	0.05				0.127			0.05

注：研制周期系指模具从设计到进入市场的时间(leading time)。

直接 AIM 模： SLA Rapid Tool

第二节 硅胶模具及快速复制技术

一、硅橡胶模制模方法

硅橡胶模以原型为样件，采用硫化的有机硅胶浇注制作硅橡胶模具，即软模（Soft Tooling）。由于硅橡胶有良好的柔软性和弹性，对于结构复杂、花纹精细、无拔模斜度或具有倒拔模斜度及具有深凹槽的模具来说，制件浇注完成后均可直接取出，这是相对于其他材料制造模具的独特之处。硅橡胶还有很好的切割性能，制作模具时，可以先不分上、下模，整体浇注出模具后，再用薄刀片将其切开。

翻成硅橡胶模具后，向模中**灌注双组分的聚氨脂**，固化后即得到所需的零件。调整双组分聚氨酯的构成比例，可使所得到的聚氨酯零件力学性能接近 ABS 或 PP。

二、硅橡胶模的优缺点

■ 1、硅橡胶模的优点

（1）制作周期短

通常，根据工件的 CAD 文件，能在几天内提供硅橡胶软模，以及用软模成形的聚氨酯塑料件。与传统金属模注塑原型工件相比，用硅橡胶模真空浇注聚氨酯原型，能缩短开发周期高达 90%。

（2）成本低

与 CNC 机加工的金属模相比，软模的制作费用低得多，一般只有金属模的几分之一。

（3）弹性好，工件易于脱模

在传统的金属模中，通常需要设置脱模斜度，以便使工件成形后顺利脱模。用硅橡胶模成形工件时，由于模具有足够的弹性，使得往往不必添加脱模斜度，工件就能脱模，从而可大大简化模具的设计。

（4）复印性能好

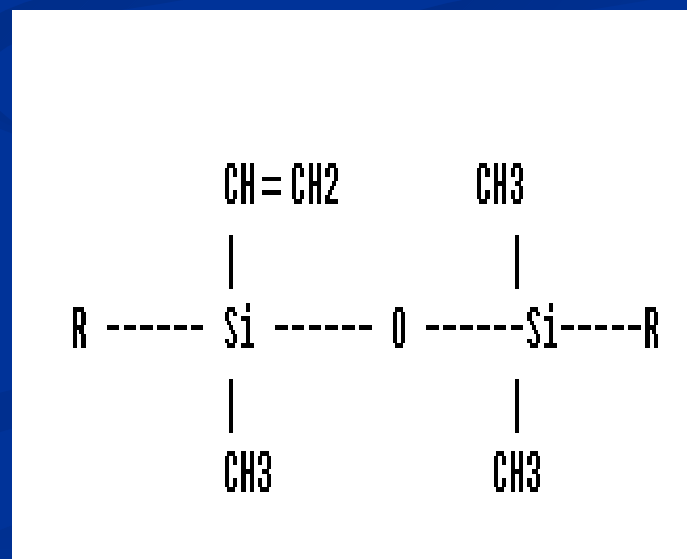
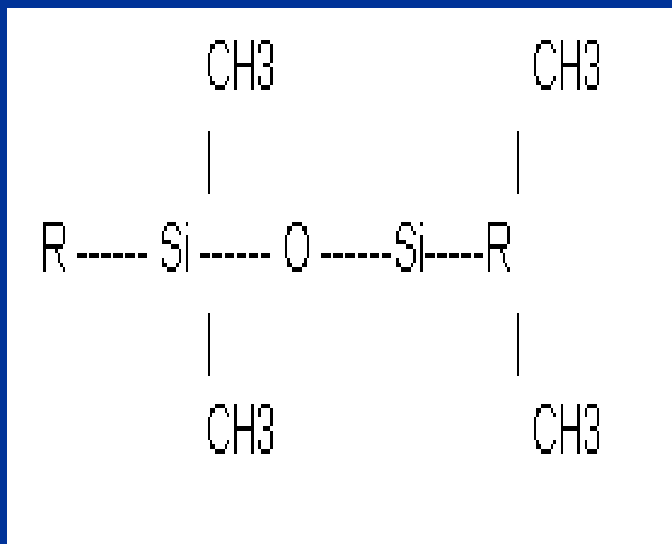
硅橡胶有优良的复印性能，可良好地再现母模上的细小特征，基本不会损失尺寸精度。

■ 2、硅橡胶模的缺点

- (1) 导热性能差
- (2) 寿命短
- (3) 不能成形真实的零件
- (4) 不能采用热注射工艺成形工件
- (5) 制模速度慢。硅胶一般需要24h才能固化，聚氨脂的固化通常也需要20h左右。

三、硅橡胶模制作用材料

快速软模制作主要用材料为**硅橡胶**。硅橡胶（Silicone Rubber）是一种分子键兼具无机和有机性质的高分子弹性材料，它的分子主键由硅原子和氧原子交替组成，其分子式为：



■ 1、快速模具用的硅橡胶主要有：

（1）室温硫化硅橡胶（ Room Temperature Vulcanized rubber ）， 可以承受 316°C 的高温。

（2）热硫化硅橡胶（ Heat — cured Vulcanized rubber ）， 可以承受 538°C 的高温。

■ 2、用于快速软模的硅橡胶要具有一下特征：

- （1） 伸长率和抗撕强度特别高。
- （2） 对原模具有优异的兼容性。
- （3） 对于大多数化学物品有极好耐受能力。

■ 3、用于快速软模的硅橡胶

（1）TE-1089 硅橡胶，属于双组分室温硫化硅橡胶，具有优异的柔韧性，极强的抗撕强度，及耐高温、耐化学腐蚀性。

（2）甲基乙烯基硅橡胶，耐高温性，低温弹性，耐气候性，具有卓越的电性能，优良的物理机械性能，耐化学物质性能，透气性，生理惰性。

（3）RTV358，是一种室温硫化非透明硅橡胶，它在 25 度加入固化剂，经 24 小时后初步固化成弹性体。

(4) RTV141 , 是一种室温硫化透明硅橡胶, 它在 25 度加入固化剂, 经 24—48 小时后初步固化成弹性体。

(5) TEKSIL 高温硫化硅橡胶, 它比室温硫化硅橡胶有更好的性能, 硬度 HSA5 5—75 , 抗拉强度 12.4—62.1MPA , 工作温度可以达到 150—500 度。

四、硅胶模技术制作塑料件的工艺过程

利用硅胶模技术快速制作塑料件的工艺流程是：**制作原型样件、制作硅胶模、真空注型。**

■ 1、制作原型样件

采用硅胶模技术快速制作塑料件，大多利用快速成型机制作原型样件。也可以用石膏、石墨，树脂、陶瓷、木材、金属等材料制作样件，或者直接用已有产品作样件，同样可以快速得到塑料件。

■ 2、制作硅胶模

利用原型样件制作硅胶模的方法有两种，分别为一次浇注模具和二次浇注模具。

（1）一次浇注模具

首先对模具进行整体浇注，再用刀割分型面进行分模，主要适用于透明硅橡胶和分型面形状比较规则的情况。**硅胶模制作过程为：**

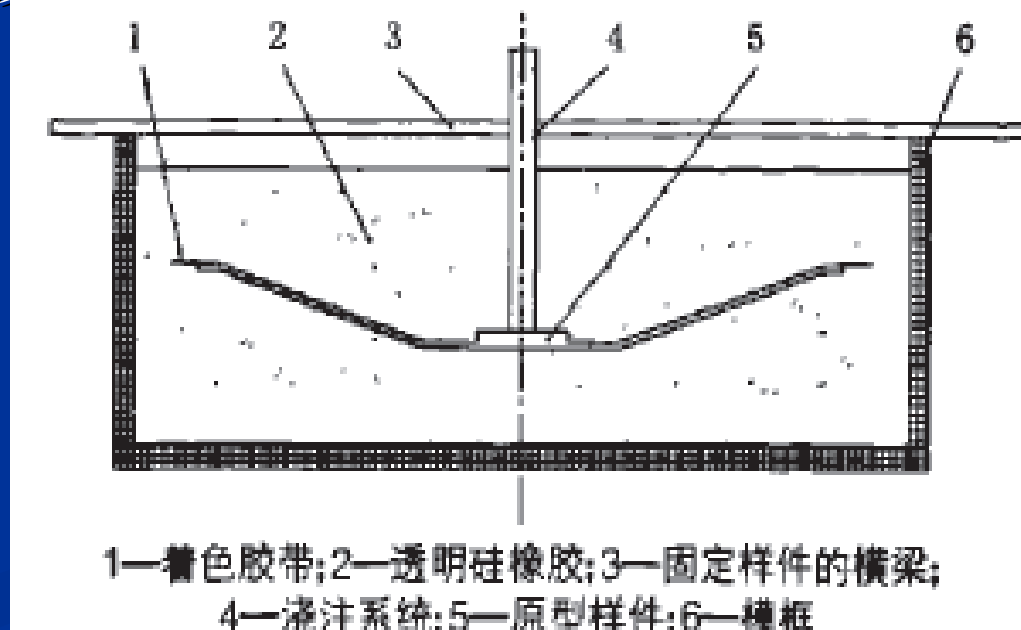
1）原型样件预处理。首先彻底清洁原型样件。为了便于上下模在剖切时分离，对原型样件中通孔，在样件内表面上粘贴透明胶带。对不易脱模的原型样件，喷少许脱模剂。

。

2) 分析原型，确定分型面。根据原型样件的形状特点，硅橡胶模具可以有上下两个型腔，也可以只有一个型腔（不用分型）。为了使脱模较为方便，不损伤模具，避免模具变形或影响模具应有寿命，分型面通常选在开模方向投影面积最大的面。由于硅橡胶材料具有较高的弹性，对零件上一些特殊结构，如侧面的小凸起、倒钩等，在开模时可以强制脱模，因此选取分型面时可以不考虑。

3) 粘贴分型线。一次浇注是先对模具进行整体浇注，再用刀割分型面进行分模，所以需要在原型样件选定的分型面边缘上，粘上薄的彩色胶带作为分型线标记，以备后期分模用。

4) 构建模框。根据原型样件的大小用薄板制作模框，形状一般为矩形，也可以做成圆形或异形。在模框的上部搭上支撑，在原型样件内表面的合适位置，用胶水粘上圆棒（浇注时可作为浇口），把原型样件固定在模框中间。注意原型和模框间应留有 **20-25mm** 的距离，不能太小也不能过大。如果太小，模具制作出来后壁厚太薄，分模时容易造成模具损坏而影响模具的寿命。模框大，既浪费硅胶，又降低了硅胶模的柔性，增加了从硅胶模中取出产品的难度。一次浇注模具如右图所示。



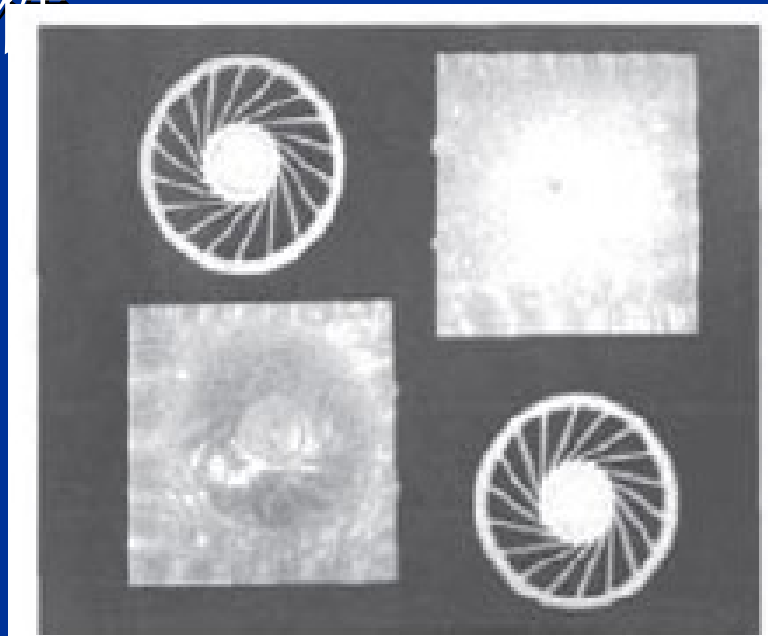
一次浇注模具

5) 配制与浇注硅橡胶。根据模框大小，按比例分别称量硅橡胶、固化剂，在容器中混合搅拌均匀后，放入真空注型机中抽真空，并保持真空 10min，进行脱泡处理（脱去胶料搅拌时混入的空气）。

将抽真空后的硅橡胶缓慢（以减少空气的混入）倒入构建好的模框内之后，将其再次放入真空注型机中，保持 15 ~ 30 min，以排除混入其中的空气。

6) 硅橡胶模的固化。从真空注型机中取出浇注好的硅橡胶模后，在室温 25°C 左右放置 1—2h，让硅胶模中残留的空气所形成的气泡有充分时间逸出，然后在 70°C 烘箱中保温 2h 左右，使硅橡胶充分固化。选择不同品种的胶料固化时间有所差异。

7) 分模。硅橡胶模完全固化后，拆除围框，沿彩色胶带粘贴的分型线用手术刀片对硅橡胶模分；割取出原型样件，得到硅橡胶模具的上下模。如果发现模具有少量缺陷，可以用新配的硅橡胶修补，并经同样固化处理即可。对形状复杂（倒钩、斜面很多），两半模无法满足脱模条件的情况，开模时可以将硅橡胶模具剖开成数块。图3为用手术刀分开的硅橡胶模及制作的塑料件。



用手术刀分开的硅橡胶模及制作的塑料件

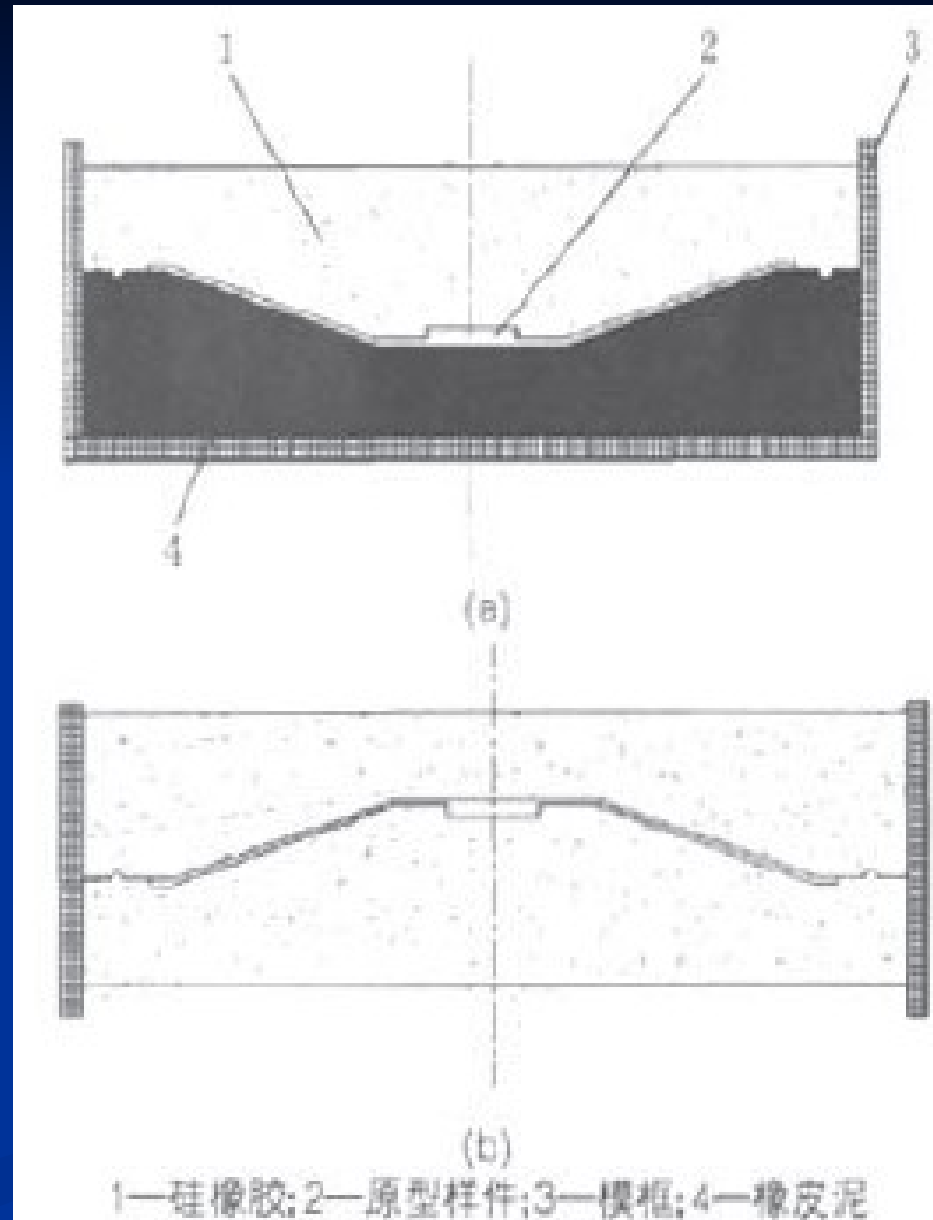
■ （2）二次浇注模具

对于不透明硅橡胶或分型面形状比较复杂的情况，不适合采用整体浇注刀割分型面的方法，因为刀割的轨迹很难与实际要求的分型面相吻合。一般需要借助橡皮泥进行二次浇注来制作硅胶模具，其制作过程为：

1）与一次浇注模具一样，首先对原型样件进行预处理。清洁原型样件，对原型样件中通孔粘贴透明胶带，对不容易进行脱模的原型样件，喷少许脱模剂。

2) 分型面的确定。二次浇注需要借助橡皮泥，在浇注硅橡胶时使模具分成上下模，原型泥分型面的位置与橡皮泥分型面的位置相同，并在橡皮泥的上平面上，挖2~4个凹坑或沟槽，用于上下模合模时的定位，并涂上脱模剂。

3) 构建模框。用薄板制作合适的模框，把橡皮泥围上，模框高度为橡皮泥2倍以上，橡皮泥将原型样件固定在模框内，如右图(a)所示。



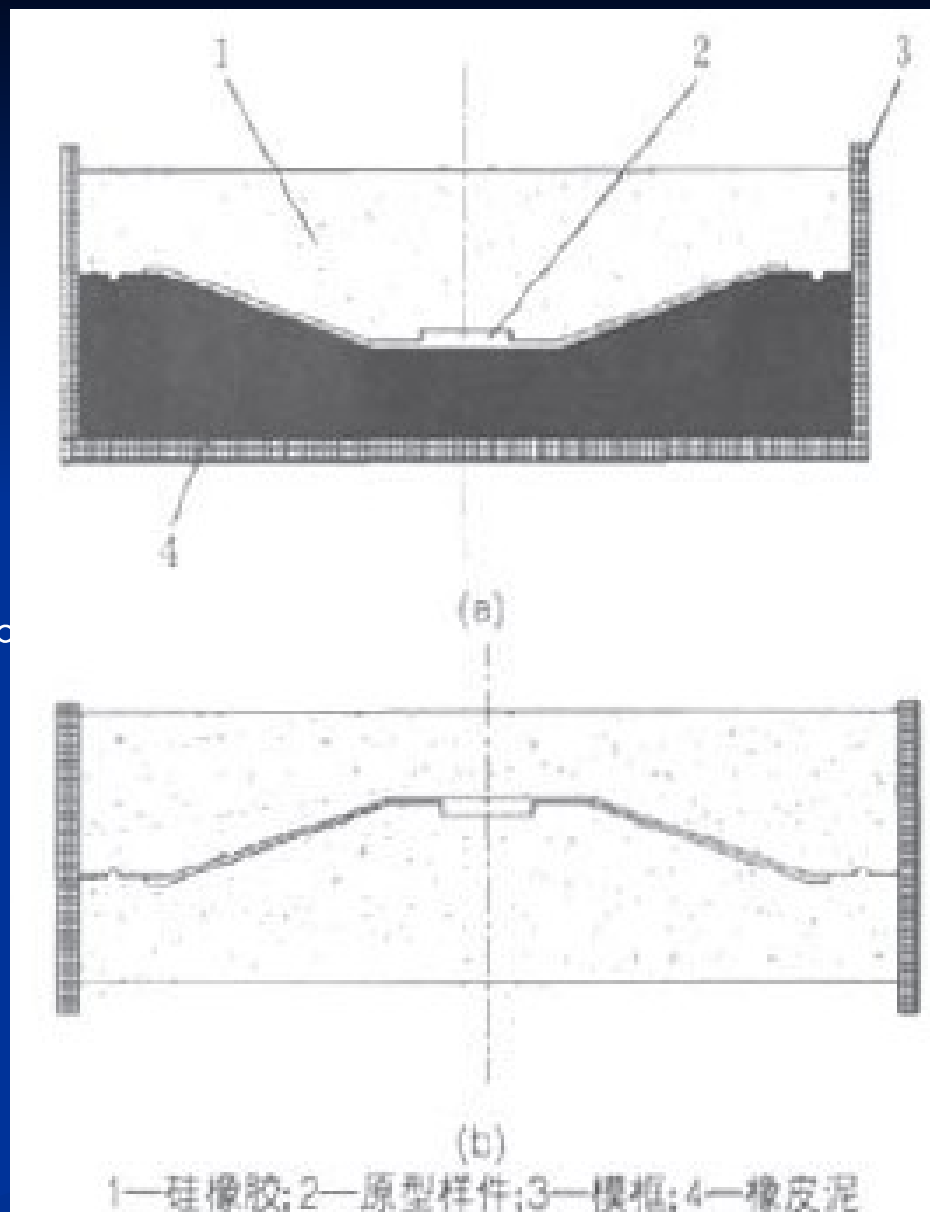
利用橡皮泥二次浇注模具

4) 硅橡胶的浇注。根据半模（如上模）所需硅橡胶的用量，按比例称量好硅橡胶、固化剂，混合搅拌后放入真空注型机中脱泡，然后倒入模框中，再次放入真空注型机中二次脱泡，排除硅橡胶中混入的气体，防止在模具与样件接触处形成气泡，影响塑料件的表面质量。

5) 硅胶模的固化。与一次浇注模具同样处理。

6) 二次浇注。待硅橡胶完全固化后，将模框翻转180°，取出橡皮泥，对露出的原型样件和已浇注好的硅橡胶模进行清洁，并涂上脱模剂，保证与后浇的下模分型。如右图(b)所示。重复步骤4)~5)，完成硅橡胶模具另一半的浇注。

7) 拆除模框，分开上下模，取出原型样件，得到硅胶模。



利用橡皮泥二次浇注模具

■ 3、真空注型

硅胶模具制作完成之后，就可以采用**双组分聚氨酯**在真空状态下注型，对原型样件进行复制，其过程为：

(1) 浇注前需要对硅胶模进行预处理。首先在**硅胶模的上模开 10mm 左右孔作为流道**，一次性浇注可以利用固定样件的圆棒所形成的孔来代替。并在一些树脂不易充满的死角处，用**气针开出气孔**。然后将硅胶模上下模合模，并用胶带固定。要注意流道一般开在零件的内表面，以免影响塑料件的外观质量。合模应准确，模具不能错位，胶带固定要松紧适宜（太紧模具变形，太松飞边过大），否则会影响塑料件的尺寸精度。对于比较大的模具，流道也可开 2—3 个，以避免塑料件出现缺料现象。

(2) 将硅胶模放在真空注型机内的操作平台上，装上浇口。然后将装有按比例称量的聚氨酯 A、B 料的两个容器放在真空注型机上方（硅胶模置于下方），关闭真空注型机阀门。抽真空排除原料中的气体和模具型腔中的空气，并保持 10min。

(3) 将 A、B 两容器中的原料混合，搅拌均匀抽真空（混合时间与所用材料有关），排除 A、B 料反应后生成的气体，沿浇口注入硅胶模，随后立即开启真空注型机阀门，借助大气压力使反应生成的塑料充满硅胶模。

(4) 将浇注后的硅胶模放入 70°C 烘箱中，保持 $1 \sim 2\text{h}$ 。加热固化后，拆去胶带，打开硅胶模，得到真空注型零件，即塑料件。

(5) 重复以上步骤，就可得到所需数量的塑料件。

五、复模液体硅胶应用中遇到的常见问题

■ 翻模次数少

在制作模具过程中添加了太多的硅油，硅油破坏了硅胶的分子量，所以模具会出现翻模次数少不耐用等现象。如果说做小件产品花纹比较复杂的产品，用硬度大的硅胶来开模，就会出现翻模次数少的现象，因为硅胶过硬的时间会很脆，容易折断。相反，如果做搭建产品而用硬度小的硅胶来做模具，那结果同样会是不如人意的。因为硅胶太软，它的拉力和撕裂强度会降低，做出来的模具会变形，所以翻模次数就会降低。

■ 出现烧模现象

因为不饱和树脂和树脂产品加了过氧化物的固化剂以后，遇树脂反应会产生大量的热量，一般树脂固化时间为3分钟，所以3分钟后要尽快脱模，才能够防止硅胶模具不会产生烧模的现象。

- 模具不耐酸碱，不耐老化

- 模具表面出现痕迹、条纹、不光滑等现象

出现这种现象是要复制的**产品或模型**
没有进行打磨或抛光的缘故。因为实际上模
型或产品本身是不够光滑或完美，所以要复
制的产品或模型如果没有经过打磨或抛光，
再好的硅胶做的模具也会不美观、不够光滑。
还有一种情况就是，在打脱模剂的时候，没
有涂刷均匀也会造成模具不光滑。

六、真空注型设备

真空浇注成型机的结构及工作原理：根据成型模具材料或零件材料的固化要求，将材料按一定的比例放入容器，然后将容器放入在真空浇铸机中，抽真空，搅拌混合材料，抽真空的目的是为了排除在搅拌过程中所产生的气泡，当充分搅拌后，浇注到模架中，即成型出模具或产品零件。



快速软模实例



第三节 PU 树脂模具及低压灌注技术

一、PU 树脂模具的制作

- 材料准备:
- 1. 表面涂层胶衣树脂（CST-8114 蓝色或 CST-8116 白色）
- 2. 背材树脂（CST-884 黑树脂）
- 3. 油土
- 4. 白蛇蜡
- 5. 排笔
- 6. 角铁或扁铁外框架
- 7. 计量工具
- 8. 金属粉末或河砂。

- 制作方法:
- 1. 找好合模线，如果产品较软，应先复制石膏样品，再用样品制模。
- 2. 用油土封模，在合模线以下，用油土封成半片模具，要求合模线平整光滑，预留定位销。
- 3. 用白蛇蜡涂于产品和合模面，以利脱模；注意产品表面用棉布抹平，以达到模具表面光滑细腻。
- 4. 放好半片铁框，注意边缘密封。

- 5. 涂覆胶衣树脂于产品表面和合模面，厚2-3mm，胶衣树脂比例是8：1，注意涂覆时尽量排除气泡，让树脂表面固化（指触干），约30分钟。
- 6. 灌注背材树脂：比例5：1，搅拌均匀后加3-5倍（大约）金属粉末或河砂，最好用金属粉末，以改善模具的导热性。固化时间约4-8小时。完全固化24小时。但只需要4小时左右即可脱模，然后翻转制作另半片模具。方法同上。
- 7. 打磨抛光。钻气孔。



浇注模具



开模后

二、 PU 树脂模具材料

- 见下表

材料名称	主剂	CW2418	SW404	6414A	6414A
	固化剂	HY5161	HY5161	5117-1B	XD4609
外观颜色		黑色液体	蓝色液体	淡棕色液体	棕色液体
密度		2.3	1.8	1.1	1.1
重量混合比	主剂: 固化剂	100:15	100:15	100:40	100:70
混合后黏度	25℃ (mPas)	4,000-6,000	5,000-7,000	5,000-5,500	2,000-3,000
可使用时间	25℃ (分钟)	30-40	30-40	15-20	15-20
脱模时间	25℃ (小时)	24-40	24-40	16-24	12-16
浇铸厚度	Mm	<20	<20	<10	<15
施工方法	室温操作	主剂与固化剂按比例充分混合, 搅拌均匀, 表面浇铸.	主剂与固化剂按比例充分混合, 搅拌均匀, 表面浇铸.	主剂与固化剂按比例充分混合, 搅拌均匀, 表面浇铸.	主剂与固化剂按比例充分混合, 搅拌均匀, 表面浇铸.
固化后特性 (常温下经过7天或40℃下经过14小时)					
硬度	肖氏D	85-90	85-90	65-70	50-55
抗压强度	ISO604 (Mpa)	85-90	85-90	-	-
弯曲强度	ISO178 (Mpa)	85-90	90-100	34	-
弯曲模量	ISO178 (Mpa)	17,000	18,000	-	-
冲击强度	ISO179 (KJ/m ²)	5-7	5-7	-	-
热变形温度	ISO75 (℃)	55-60	60-65	55-60	55-60
线性收缩率	900×75 mm	0.04-0.06%	0.03-0.05%	0.05-0.1%	0.05-0.1%
特性		坚硬, 耐磨, 易加工,	坚硬, 耐磨, 耐化学品腐蚀	耐磨性好, 韧性好, 皮实	耐磨性好, 耐冲击性好
用途		工作模表面翻砂面	工作模表面翻砂面	工作模表面翻砂面	工作模表面翻砂面
包装	主剂	20kg/桶	10kg/桶	5kg/桶	5kg/桶
	固化剂	2kg/桶	2kg/桶	2kg/桶	3.2kg/桶

浇注树脂

三、低压灌注技术

- 低压灌注技术：利用原型翻制树脂简易模，改性树脂通过专用设备低压注入模腔内，在室温下快速固化，获得制件的工艺。



PU 低压灌注机

四、PU 树脂产品

- PU 树脂：化学品俗名或商品名：AB 水或 PU 胶。主要用于，手板模型，或是模种的制作。是快速复制手板模型的一种材料。其收缩率低，固化快，易修补、打磨。



PU 凤梨



PU 软泡南瓜

快速模具发展趋势

- 探索 RP 技术与化学镀、电铸、电弧喷涂、等离子喷涂、等离子熔射成型、浇注、精密铸造、成型电极加工等特种加工方法进行有效组合的工艺技术，充分发挥快速成型技术与特种加工技术各自的优势，在精度和效率方面互相取长补短，为金属模具的快速制造提供崭新的技术手段。