

泡沫聚苯乙烯模铸造法

济南铸造锻压机械研究所磁型铸造研究组译

机械工业出版社

本书综述了泡沫聚苯乙烯模铸造法的理论与实践经验，也谈到了作者自己的试验结果和建议。介绍了泡沫聚苯乙烯模型的制造方法、铸造原理、工艺特点和经济效果等。

译者对原书有所删节，对费解之处做了改写。

本书可供铸造工人和工程技术人员参考。

ЛИТЬЕ ПО МОДЕЛЯМ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

В. А. Озеров

В. С. Шуляк

Г. А. Плотников

(根据苏联机械制造工业出版社1970年第一版译出)

*

泡沫聚苯乙烯模铸造法

[苏] В. А. 奥泽洛夫

В. С. 舒良克

Г. А. 普洛特尼科夫

济南铸造锻压机械研究所磁型铸造研究组译

*

机械工业出版社出版 (北京阜成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 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $5 \frac{13}{16}$ · 字数 126 千字
1974 年 9 月北京第一版·1974 年 9 月北京第一次印刷

印数 00,001—12,800 · 定价 0.48 元

*

统一书号: 15033 · 4208

前 言

创造新的和改进现有的铸造生产工艺，经常要利用现代化化工产品——聚合物或合成材料。从而研制出新的铸造粘结剂和模型材料等。

研究和使用聚合物——泡沫聚苯乙烯气化模生产铸件的方法，是铸造生产的成就之一。

1962年，西德、英国、美国和日本用这种模型生产了约15000吨铸件。1968年约生产了350000吨铸件〔46、75〕。捷克斯洛伐克生产了18000公斤的铸件，其模型是在木工机床上用密度为 14 公斤/米^3 的泡沫聚苯乙烯板材制成的〔100〕。

在苏联，用牌号为 ПС-1、ПС-4 和 ПСБ 泡沫聚苯乙烯气化模生产铸件的方法，是1960年由工程师 A. P. 邱得诺夫斯基开始应用的。

高尔基汽车厂从1965年开始用气化模制造铸件。模型是用泡沫聚苯乙烯板材机械加工制成的。在单件生产条件下制造了质量良好的铸件，首先是重量为10至3500公斤的冷冲模。与普通用木模和粘土砂型铸造法相比，制造模型的劳动量降低了30%，造型的劳动量降低了25%，还提高了铸件的精度。

不久前成立了国际气化模铸造协会，它的任务是交流采用这种铸造新工艺的经验，以及在开始掌握这种新方法时给予技术援助。到1967年底，参加该协会的有世界各国约150家企业。它们一昼夜用气化模生产铸件的总产量为800吨。

随着泡沫聚苯乙烯模铸造法的完善和发展，它在铸造生产中的有效应用范围将日益扩大，这种设想是有根据的。

VI

在本书中，作者试图将专业文献中有关泡沫聚苯乙烯模铸造法的理论和实践的零碎资料加以总结。并叙述自己在这—方面的工作经验。

第一章及第三章中《球形冒口》一节是 B. A. 奥泽洛夫和 Г. A. 普洛特尼科夫写的，第二章和第三章是 B. C. 舒良克写的，第四章是 B. A. 奥泽洛夫写的。

目 录

前 言

第一章 过程的实质和模型的制造	1
一、过程的实质	1
二、模型材料	7
1. 可发性聚苯乙烯珠粒	8
2. 泡沫聚苯乙烯板材	11
3. 模型材料的检验	14
三、用母型制造模型	21
1. 预发泡	23
2. 母型的准备	30
3. 热水成型法	30
4. 蒸汽成型法	33
5. 蒸汽冲击成型法	34
6. 高频加热成型法	41
7. 母型的结构特点	42
四、用机械加工法制造模型	47
第二章 形成铸件的原理	55
一、泡沫聚苯乙烯的热破坏	55
二、铸型中的气体	65
三、泡沫聚苯乙烯破坏生成物对铸件质量的影响	87
第三章 制造铸件的工艺过程	103
一、工艺特点	103
1. 型砂和造型方法的选择	104
2. 模型在铸型中位置的选择	110
3. 浇注系统的设计和计算	112
4. 浇注前的准备	118

IV

二、在单件生产条件下制造铸件的方法	118
三、燃模铸造法	125
四、用无粘结剂的砂造型	127
五、球形冒口	141
六、铸件大量生产的前景	147
七、铸件的缺陷和预防措施	149
八、经济效果	155
第四章 失泡沫聚苯乙烯模铸造法	159
参考文献	173

第一章 过程的实质和模型的制造

一、过程的实质

泡沫聚苯乙烯模铸造法，是在1958年作为制造艺术品铸件的方法被提出来，并获得专利的〔75、78〕。最初的一种铸件是马萨诸塞工艺院（美国）用青铜铸成的飞马，重约150公斤（图1）。那里还制造了更大的钟用高架（铸铁件，重3.5吨），其上有图案装璜〔46、78〕。

这种利用泡沫聚苯乙烯模型的铸造方法，极大地简化了铸件的制造过程。用泡沫聚苯乙烯模型（图2a），来制作不分型的铸型（图2b），然后浇注的液态金属使模型气化，



图1 飞马

并取代其位置（图2c），这样便得到了铸件（图2d）。

在研究和工业中推广气化模铸造的过程中，已显示了它的优越性，引起了广大铸造专家的兴趣。

（1）不分型，不起模，因而极大地简化了制造模型和铸型的过程（示意图1）。提高了铸件的精度，不会产生由于分型所带来的缺陷。

采用新的铸造方法时，改变了与分型和必须取模有关的

铸件结构工艺性的概念。这不仅扩大了铸造的工艺可能性，提高了铸件的质量，而且减少了设计师在设计铸件时(图3)所受到的工艺限制。

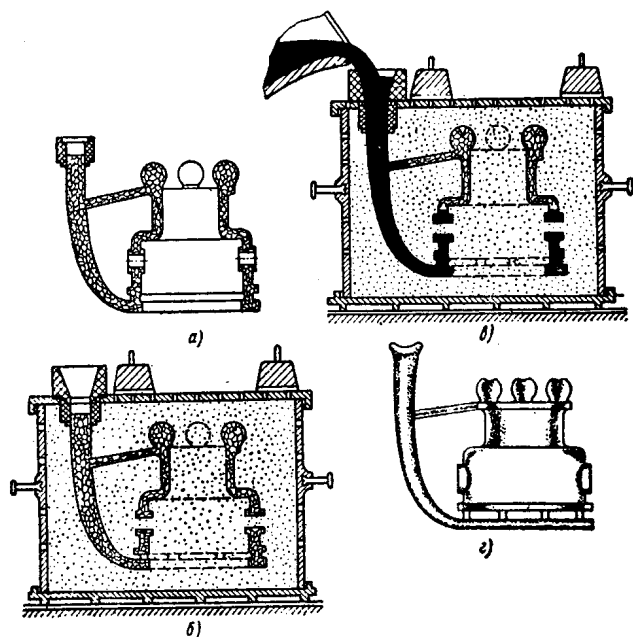


图2 用气化模制造铸件的示意图

(2) 新方法的特点是在许多情况下可以取消制造型芯和往铸型中下芯的工作。在这种情况下，极大地提高了铸件的精度。型芯只是用来制成小的水平孔(图4)。

(3) 用泡沫聚苯乙烯板材制造模型的过程，比制造木模的过程要简单得多。这种简化首先是不存在木模所特有的由于材料不均匀的收缩或膨胀而引起的变形危险，不需要将

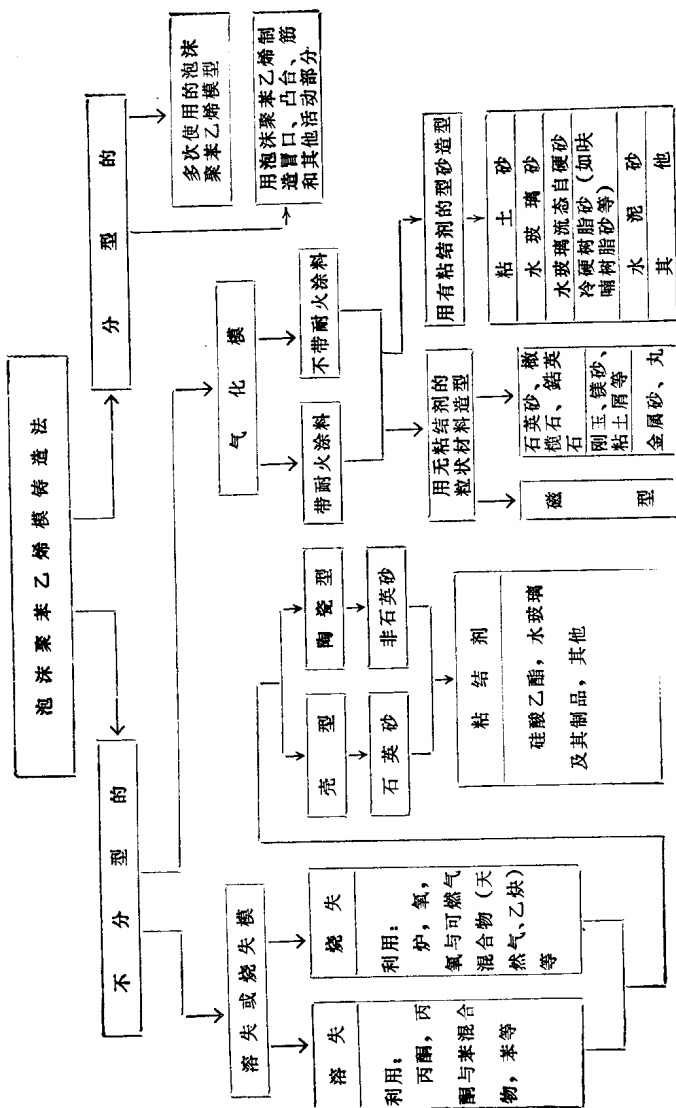


示意图 1

大量较小的毛坯胶合成模型。其次是泡沫塑料在木工铣床上和磨床上以及用手工刀具都很容易加工，且由任何方向加工都是一样的。用电热丝很好切割。很快而且很容易粘结。

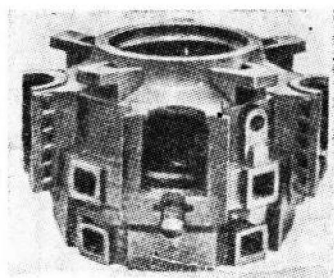


图3 用泡沫聚苯乙烯气化模
制造的铸件

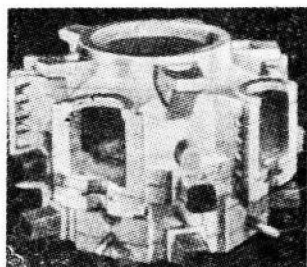


图4 没有分型面的泡沫聚
苯乙烯模型

(4) 泡沫聚苯乙烯做的冒口模型，可以放在铸型的任何部分，并使其具有所要求的形状。这种冒口的效果已为苏联和其他许多国家的研究人员所证实〔34、50、52、83、107〕。泡沫聚苯乙烯做的冒口模型还成功地用于以木模和金属模造型的场合。当暗冒口必须放在没有分型面的地方时，这种冒口更为适宜。暗冒口金属的消耗量比以前采用的明冒口减少了20~30%，制造铸型的劳动量降低了12~15%〔80〕。

(5) 金属由下面浇入铸型，逐渐将气化模由型腔中排除，因而造成了液体金属在浇注系统和型腔内平稳流动的良好条件。这种情况还能够使浇注系统的结构简化。

(6) 可用无粘结剂的粒状材料造型。这就不必要配制型砂和芯砂，造型也不复杂了，而仅需将“干砂”撒入砂箱，均匀紧实即可。铸件落砂也大为简化了。

西德制定的造型方法是很有意思的，这种方法用粒状铁

磁性物质（通常是金属丸）作为造型材料。在铸件浇注和冷却期间，这种造型材料在磁场的作用下粘结在一起。

根据工厂采用泡沫聚苯乙烯气化模铸造的经验，还发现了它的许多其他优点。例如，降低了起重运输设备的需要量；减少了模型工段的噪音，提高了制造模型的生产文明程度；减轻了模型工的劳动；简化了铸件的划线和尺寸检验，因为划在模型上的线能相当清楚地复制在铸件上。

泡沫聚苯乙烯模型与需要起出来的模型（木模、塑料模和金属模）联合使用可以使造型工艺过程简化。此时用泡沫聚苯乙烯可以制造不从铸型中取出的活块。这不仅使形状复杂的零件造型过程更容易了，而且提高了铸件的精度。

在泡沫聚苯乙烯模型中加入合金元素粉或孕育剂，则可直接在铸型中进行铸件的合金处理和孕育处理。

关于气化模铸造过程优点的上述资料，还没有涉及到铸造生产中应用泡沫聚苯乙烯产生的很有趣味的问题。采用泡沫聚苯乙烯型芯撑不须要预先在专门的模具中将型芯装配起来，就可以装配复杂的铸型。铸件的内腔可以用泡沫塑料芯来形成。为此型芯涂上一层绝热涂料，涂料厚度达到一定时，金属冷却形成硬壳后型芯才开始气化。型芯逐步被烧透使其完全破坏。这样便消除了采用普通型芯时的两个重大缺点：取消了劳动量大的除芯工序；消除了由于型芯收缩困难而出现内应力和铸件开裂的危险。

用金属芯骨来加强的砂芯，为使其不开裂，在放芯骨之前要把它包上一层泡沫塑料。

在解决工业上应用泡沫聚苯乙烯模铸造的问题时，除注意这种方法的优点外，还须考虑到限制它的应用的另一些特点。

壁厚小于8~10毫米的模型，特别是模型壁很长时，由于密度小的模型材料在刀具的压力下容易变形，因而很难用机械加工法制造。泡沫聚苯乙烯板材机械加工得到的模型表面光洁度，在许多情况下不符合质量要求，而消除这一缺陷所采取的方法（用薄纸贴在模型上、有缺陷的位置抹上腻子、模型的表面涂上一层蜡料、动物胶等）都不是最好的，而且往往都是劳动量大的工序。

用可发性聚苯乙烯珠粒发泡制造模型必须要有母型。由于它的成本高，在单件生产条件下不能采用这种方法。用母型制造泡沫聚苯乙烯模型的过程或者劳动量大（热水成型法或蒸气成型法），或者需要采用复杂的专用设备（蒸气冲击成型法、高频加热成型法）。

对于形状过分复杂的具有深的空腔的铸件，不宜用泡沫聚苯乙烯模型制造。当采用型芯时，就降低了气化模铸造法的经济效果。与用木模或金属模造型相比，用泡沫聚苯乙烯模造型时，损坏模型的危险性增加了。

还应该指出，在用气化模生产薄壁（3~8毫米）铸件时，铸型的浇注性能比普通空心铸型也要差一些〔41〕。

泡沫聚苯乙烯模铸造法的一个特殊方案，就是在浇注液态金属之前，用溶失或烧失的方法将模型从型腔中排除。这个方法既可以用于普通的冷硬砂型，又可以用于以硅酸乙酯水解溶液为粘结剂的型壳。

用泡沫聚苯乙烯代替普通熔模材料（石蜡——硬脂酸50-50、P-2和P-3等），能得到坚固的、形状稳定、密度小的模型，这种模型用于制造大型精密铸件的型壳是很有效的。

二、模 型 材 料

制造模型用的材料可以是各种泡沫塑料。

工业上开始试用气化模铸造方法时，曾试验和研究了多种泡沫塑料，采用了各式各样的制造模型的方案〔40、41〕。

根据用泡沫塑料模生产铸件的经验，可以得出铸造工艺对模型材料的要求。

(1) 泡沫塑料应在密度尽可能小时，具有足够的强度。以使在模型制造、保管和造型过程中，保持模型的尺寸和形状。

(2) 泡沫塑料制成的模型，应具有良好的表面质量。

(3) 在制造模型和造型工艺过程各个阶段中，泡沫塑料的收缩应该是最低的，而且是稳定的。

(4) 泡沫塑料应该是很容易进行切削加工的。

(5) 密度最小的泡沫塑料，应能准确复制出母型工作腔的形状，不粘在母型表面上，并且不与母型材料相互发生作用。

(6) 防粘砂涂料应很容易涂在模型表面上，干燥后与模型相当牢固地结合在一起。

(7) 泡沫塑料在保管过程中工艺性能不应恶化。

(8) 泡沫塑料的气化温度应低于浇注金属温度，模型气化所需热量应是最低的。

(9) 泡沫塑料应具有足够的气化速度，以使液体金属在结晶前能够充满型腔。

(10) 泡沫塑料与液体金属相互作用而破坏时，发气量应该最低。

(11) 泡沫塑料的灰分应该是少量的。

(12) 如果需要预先将模型从型腔中排除, 泡沫塑料应能迅速破坏掉。模型破坏的生成物不应该有毒。

(13) 泡沫塑料应该是不贵也不稀缺。

由于对铸件的质量要求不同, 生产方式和所采用的工艺方案等的不同特点, 上述模型材料的某几项性能将显得更为重要。

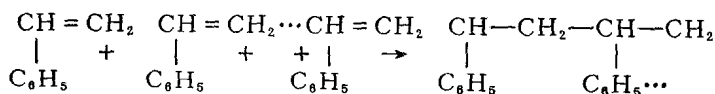
1. 可发性聚苯乙烯珠粒

在研究用泡沫塑料模生产铸件的可能性时, 曾用过环氧树脂、聚氨酯、甲阶酚醛树脂、聚苯乙烯和其他材料, 得出的结论是, 目前最适用于气化模的泡沫塑料是聚苯乙烯。因为它的发气量最低, 气化后的残留物最少, 并具有很高的气化速度〔9、34〕。

聚苯乙烯是苯乙烯聚合而成的, 它是不饱和侧链芳香族化合物 $C_6H_5CH=CH_2$ 。苯乙烯是无色的液体, 密度为 0.905 克/厘米^3 , 沸腾温度为 145°C 。用苯和乙烯制得苯乙烯。

已知有三种制取聚苯乙烯的方法: 纯苯乙烯聚合 (本体聚合), 在溶剂中聚合和乳液聚合。

最常用的是苯乙烯乳液聚合法, 温度为 $70\sim 90^\circ\text{C}$, 按下列方式:



聚苯乙烯是无色透明的塑料, 能溶于芳烃, 含醚多时不溶于酒精和汽油。

在正常条件下聚苯乙烯是固体, 密度为 1.05 克/厘米^3 , 玻璃化温度约为 80°C 。在 $80\sim 90^\circ\text{C}$ 时, 它就具有弹性。发泡剂的种类及其加入聚苯乙烯的方法, 聚苯乙烯的分子量等特

性，对泡沫聚苯乙烯的特性有重大影响。工业上制取泡沫聚苯乙烯的方法通常有两种：压制法和非压制法〔1、38、58〕。

压制法 乳液状聚苯乙烯与发泡剂和其他附加剂机械搅拌在一起，然后在加热的情况下对混合物加压。发泡剂均匀的分布在聚苯乙烯中。

冷却后得到的聚苯乙烯坯料在封闭的母型中再次加热，使其发泡充满型腔。用这种方法得到的ПC-1、ПC-2 和ПC-4 泡沫塑料，具有很高的机械性能。这可以用原始乳液状聚苯乙烯的分子量大和发泡后的密度大 ($0.08 \sim 0.2$ 克/厘米³) 来加以解释。上述牌号的聚苯乙烯由于密度大，不能用于气化模铸造。

由于设备复杂，产生大量废料以及生产率低，用压制法生产用于预先将模型溶掉或烧掉的泡沫聚苯乙烯模型也是不适当的。这类泡沫聚苯乙烯只能以机械加工的方法制造多次使用的模型。

非压制法 用这种方法得到的聚苯乙烯，可以制造气化模，也可以制造预先从铸型中溶掉或烧掉的模型。其原始材料是悬浮聚苯乙烯或可发性聚苯乙烯珠粒 ПСБ。

高尔洛夫化学联合工厂和库斯克夫化工厂供应 A₁、A₂、B 和 B 牌号的可发性聚苯乙烯珠粒 ПСБ (表 1)。将可发性聚苯乙烯珠粒加热发泡 (预发泡和最后发泡)，可以制造泡沫聚苯乙烯板材，也可以用专门的母型制造密度为 $0.015 \sim 0.065$ 克/厘米³ 的泡沫聚苯乙烯模型。

制造模型用的原料最好用 ПСБ-A₁ 可发性聚苯乙烯珠粒，因为它在发泡后密度低，粒度比较均匀，单体含量最低〔40、41〕。

可发性聚苯乙烯珠粒的分子量在很大的范围 (30000~

100000) 内变动 (表 2)。聚苯乙烯的分子量改变的时候, 它的加工工艺规范——预发泡和最后发泡的温度和时间也要改变。也就是说每一种可发性聚苯乙烯珠粒都有相应的热加工规范。

表 1 可发性聚苯乙烯珠粒 PC5 的性能〔6〕

性 能	聚 苯 乙 烯 牌 号			
	A ₁	A ₂	B	B
水分(%), 不超过	1.0	1.0	1.0	1.0
单体含量(%), 不超过	0.25	0.4	0.4	0.5
发泡剂含量(%), 不低于	4.5	4.5	4.0	4.0
聚合物的相对粘度, 不低于	1.6	1.6	1.6	1.6
在 1 号筛上过筛后的粒度组成, 不低于	60	60	45	10
堆比重(克/升), 不超过	20	20	35	50
珠粒的粘附性分级(0、1、2、3)	0	0	1	2~3

表 2 各国生产的可发性聚苯乙烯珠粒的某些性能

国 别	单 体 含 量 (%)	相 对 粘 度	分 子 量
西 德	0.15	1.89	~50000
捷克斯洛伐克	0.25	1.72	~40000
波 兰	0.25	1.88	~50000
日 本	0.05~0.11	2.14	~70000
瑞 士	0.05~0.15	2.31	~80000
苏 联	0.1~0.25	1.6~1.75	35000~40000

许多国家生产专门用于制造气化模的泡沫聚苯乙烯。例如西德Badische Anilin-Sodafabrik AG, 生产的“Exsporit”, 就是已知的“Styropor”牌号的变种产品。后者广泛用作隔热材料和包装材料。

英国生产的用于铸造的泡沫聚苯乙烯为“Montopore”。

东德VEB Chemische Werke Buna工厂生产的制造气化模的泡沫聚苯乙烯为“Polystyrolschaum”。

可发性聚苯乙烯珠粒是苯乙烯（单体）在水介质中加入引发剂，在压力下悬浮聚合得到的。同时加入发泡剂，它是低沸点饱和烃，其特点是聚集稳定性低，例如戊烷（沸腾温度 36.7°C ）或异戊烷（沸腾温度 27.9°C ）。为了改善泡沫聚苯乙烯珠粒的组织，有时加入水化盐，其分解温度接近于聚苯乙烯基体的软化温度。ПСБ珠粒是细的可发性聚苯乙烯珠粒，含4~5%（按重量）均匀分布的发泡剂〔1、58〕。在正常条件下，可发性聚苯乙烯珠粒是由三相组成的：固相（聚苯乙烯），液相（异戊烷、水），气相（异戊烷蒸气、空气）。

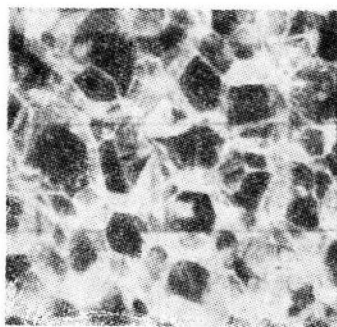


图5 聚苯乙烯的显微组织

为了进行发泡而加热可发性聚苯乙烯珠粒，当温度超过发泡剂沸腾点时，在珠粒内部引起了发气的活性过程，压力也急剧增加。珠粒继续加热超过 80°C 时，聚苯乙烯壳软化并具有塑性，结果珠粒胀大（每一个珠粒的体积增大30~40倍。发泡后的珠粒具有封闭的蜂窝状小孔组织（图5）。每一厘米³能有10000个隔开的小孔，直径约50微米，壁厚约0.3~1.0微米。

2. 泡沫聚苯乙烯板材

除可发性聚苯乙烯珠粒外，工业部门还生产长方形泡沫聚苯乙烯塑料板ПСБ，其技术条件为ТУ50~64。尺寸为：长500~1000毫米，宽400~700毫米，厚25、35、50、70