

前 言

1958年，在三面红旗的光辉照耀下，一机部铸造研究所的革命职工，遵照伟大领袖毛主席关于“破除迷信，解放思想”的教导，经过短期奋战，打破了资本主义国家的技术垄断和封锁，在我国试验成功了陶瓷型精密铸造这项新工艺。抚顺挖掘机厂采用这种方法，在很短的时间内便制出了厂里生产急需的电缆包铅机模座。

但是，由于叛徒、内奸、工贼刘少奇及其在工业系统的代理人大肆推行“爬行主义”和“洋奴哲学”，否定大跃进的成绩，阻挠新技术的采用，使这项新工艺长时间内没有得到进一步的应用和发展，只有个别单位（如杭州制氧机厂等）为解决某些特殊要求的铸件曾经采用过。

无产阶级文化大革命的伟大胜利，摧毁了刘少奇的资产阶级司令部，巩固了无产阶级专政，极大地调动了我国亿万人民的革命积极性和创造性，使工业战线和整个社会主义建设事业出现了新的跃进局面。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，上海工人阶级满怀豪情，决心克服一切困难，尽快使陶瓷型精密铸造工艺应用到生产中去。经过努力，在1968年初步获得了成功，后来又不断有所发展，有所提高。到目前为止，已经成功地浇制了型板、热芯盒、金属型、冲模、热锻模、玻璃模、汽轮机叶片、精密机座等多种产品，其中最大产品毛重达1.5吨。

陶瓷型铸造是在一般砂型铸造基础上发展起来的铸造新

工艺。用一层特制的陶瓷质耐火材料代替普通砂型铸造中用来形成铸型型腔表面的砂层，便成为所谓“陶瓷铸型”。用这种铸型浇出的铸件，具有较高的尺寸精度(100 ± 0.3 毫米)和较高的表面光洁度($\nabla 4 \sim \nabla 6$)，所以叫做陶瓷型精密铸造。它适用于浇铸厚壁、较大的精密铸件，特别是各种模具。这类铸件用失蜡精铸法一般难以达到所要求的尺寸精度和表面光洁度。

用陶瓷型精密铸造法制造模具同用机械加工方法制造模具相比，具有下列显著的优点：

一、生产周期短，一般有了母模后，2~3 天内即可得到成品。

二、节约材料，可省去大量的切削加工，并可利用报废模具直接熔化重新进行浇制。

三、便于模具的重复生产，这对于一些易损坏的需要经常调换的模具，如大批量生产的热锻模、铸铜用的金属型等，其意义更为突出。

四、所需设备一般，投资少，易掌握，一般铸造车间都很容易上马。

五、陶瓷型精密铸造模具的使用寿命并不比机加工模具的低，而制造成本则成几倍到几十倍的降低。

所以，陶瓷型精密铸造是一种多快好省制造模具的方法，目前正在迅速推广。由于过去专业分工的限制，铸造车间从来不生产模具，模具(工具)车间也从来没有铸造部门，所以要搞好陶瓷型精密铸造模具的制造，必须加强协作。

陶瓷型精密铸造模具使用范围很广，铸造、锻压、玻璃、橡胶、塑料、制鞋、玩具等等，很多行业都可以采用。

但是，陶瓷型精密铸造毕竟不能完全取代其他模具加工

方法,还是有其一定的应用范围的,必须正确使用。如对落料模等就不一定合适;对精度要求更高一些的模具,则仍须与机械加工配合起来。

为了更好地推广陶瓷型精密铸造这项新工艺,我们选编了这本小册子供大家参考。这些经验显然还只是初步的,还有待我们共同在今后的生产实践中不断加深认识,不断提高。对书中存在的缺点和错误,欢迎读者批评、指正。

1103357

前 言

1958年，在三面红旗的光辉照耀下，一机部铸造研究所的革命职工，遵照伟大领袖毛主席关于“破除迷信，解放思想”的教导，经过短期奋战，打破了资本主义国家的技术垄断和封锁，在我国试验成功了陶瓷型精密铸造这项新工艺。抚顺挖掘机厂采用这种方法，在很短的时间内便制出了厂里生产急需的电缆包铅机模座。

但是，由于叛徒、内奸、工贼刘少奇及其在工业系统的代理人大肆推行“爬行主义”和“洋奴哲学”，否定大跃进的成绩，阻挠新技术的采用，使这项新工艺长时间内没有得到进一步的应用和发展，只有个别单位（如杭州制氧机厂等）为解决某些特殊要求的铸件曾经采用过。

无产阶级文化大革命的伟大胜利，摧毁了刘少奇的资产阶级司令部，巩固了无产阶级专政，极大地调动了我国亿万人民的革命积极性和创造性，使工业战线和整个社会主义建设事业出现了新的跃进局面。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，上海工人阶级满怀豪情，决心克服一切困难，尽快使陶瓷型精密铸造工艺应用到生产中去。经过努力，在1968年初步获得了成功，后来又不断有所发展，有所提高。到目前为止，已经成功地浇制了型板、热芯盒、金属型、冲模、热锻模、玻璃模、汽轮机叶片、精密机座等多种产品，其中最大产品毛重达1.5吨。

陶瓷型铸造是在一般砂型铸造基础上发展起来的铸造新

工艺。用一层特制的陶瓷质耐火材料代替普通砂型铸造中用来形成铸型型腔表面的砂层，便成为所谓“陶瓷铸型”。用这种铸型浇出的铸件，具有较高的尺寸精度(100 ± 0.3 毫米)和较高的表面光洁度($\nabla 4 \sim \nabla 6$)，所以叫做陶瓷型精密铸造。它适用于浇铸厚壁、较大的精密铸件，特别是各种模具。这类铸件用失蜡精铸法一般难以达到所要求的尺寸精度和表面光洁度。

用陶瓷型精密铸造法制造模具同用机械加工方法制造模具相比，具有下列显著的优点：

一、生产周期短，一般有了母模后，2~3 天内即可得到成品。

二、节约材料，可省去大量的切削加工，并可利用报废模具直接熔化重新进行浇制。

三、便于模具的重复生产，这对于一些易损坏的需要经常调换的模具，如大批量生产的热锻模、铸铜用的金属型等，其意义更为突出。

四、所需设备一般，投资少，易掌握，一般铸造车间都很容易上马。

五、陶瓷型精密铸造模具的使用寿命并不比机加工模具的低，而制造成本则成几倍到几十倍的降低。

所以，陶瓷型精密铸造是一种多快好省制造模具的方法，目前正在迅速推广。由于过去专业分工的限制，铸造车间从来不生产模具，模具(工具)车间也从来没有铸造部门，所以要搞好陶瓷型精密铸造模具的制造，必须加强协作。

陶瓷型精密铸造模具使用范围很广，铸造、锻压、玻璃、橡胶、塑料、制鞋、玩具等等，很多行业都可以采用。

但是，陶瓷型精密铸造毕竟不能完全取代其他模具加工

方法,还是有其一定的应用范围的,必须正确使用。如对落料模等就不一定合适;对精度要求更高一些的模具,则仍须与机械加工配合起来。

为了更好地推广陶瓷型精密铸造这项新工艺,我们选编了这本小册子供大家参考。这些经验显然还只是初步的,还有待我们共同在今后的生产实践中不断加深认识,不断提高。对书中存在的缺点和错误,欢迎读者批评、指正。

1103357

多快好省制造模具的新工艺

上海仪表铸锻厂

我厂在一机部材料研究所、上海仪表钢模厂和上海交通大学的大力协助下,于1968年开始对陶瓷型精密铸造进行试验。遵照毛主席关于“打破洋框框,走自己工业发展道路”的伟大教导,经过努力,我们不仅在短期内掌握了陶瓷型精密铸造这项新工艺,并且成功地把泡沫塑料模与陶瓷型结合起来应用,进一步发展了这项工艺。

试验是在缺少技术资料,缺乏经验,设备条件很差的困难条件下进行的。但是,伟大领袖毛主席关于“自力更生”、“艰苦奋斗”的教导指引和鼓舞着我们,困难再大我们也要迎着上!没有混砂机,就把砂子铺在地上,几个人拉着石碾滚压;房子不够,就自己动手搭棚;人手少,就靠苦干加巧干;有的铸件需要氮气保护,就连续工作24~36个小时;没有经验,就群策群力,下苦功从头摸索……。经过一百多次试验,闯过八道技术难关,我们终于初步掌握了这项新工艺,成功地将陶瓷型精密铸造用于我厂生产。几年来,我们用这种工艺方法生产了各种锻压模、压铸模、铸铜或铸铝的金属型、型板、芯盒、塑料模、玻璃模、橡胶模、引伸模、压蜡模以及一些用失蜡铸造法无法制造的较大型的精密铸件。

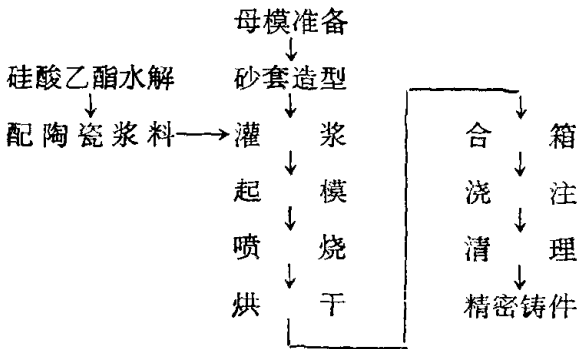
实践证明,用这种方法制造模具,速度快,成本低,省去了大量机加工工序和工时。通常,有了木模之后,只要一个星期左右即可交货,生产周期大幅度缩短。至于产品成本,也相应大大下降。因此,陶瓷型精密铸造用于模具生产是一种多快

好省的方法。而且这种方法上马容易,投资少,非常适用于地方工业的发展。

用陶瓷型精密铸造法制造模具的优点还在于,能够直接利用报废的合金钢模具重新熔化进行浇铸。我厂用陶瓷型铸造的模具,除第一副外,其余几十副全是用各厂的报废模具作原料的。我们粗略估算:每生产 100 吨陶瓷型铸造的合金钢模具,如果全部采用废钢重熔的话,则仅仅废钢回用一项,即可为国家节约 18 万元以上。另外,还可节约大量镍、铬、钼、钨等重要物资。

关于陶瓷型铸造模具的使用寿命,经实践证明,并不比锻钢加工的模具差。我们在 1969 年铸造的第一副较大型的热锻模,当时由于缺乏经验,以致表面脱碳,回火后硬度很低, H_B 仅有 320 左右(一般热锻模的硬度 H_B 在 360 左右),而且由于铸件形状改变,把性能较好的铸件表面部分也加工掉了,但就是这样一副质量不好的模具,在三吨模锻锤上打了 3500 只产品后,才因冲头部分开裂而拆下,至于下模则仍可使用。据了解,用锻材机加工的模具,一般也只能锻打 3000 只左右。并且铸造模具在操作时还有一个优点,就是锻件容易取出。

陶瓷型精密铸造工艺如下:



参见图1。根据母模做成砂套母模，造好砂套。把母模和砂套套好，灌陶瓷浆料入母模和砂套之间的空隙并完全充满。陶瓷浆料结胶硬化后，起模，即得所需形状之型腔；经喷烧、烘干之后，就成为陶瓷铸型。然后合箱、浇注，经清理、切割浇、冒口而得精密铸件。

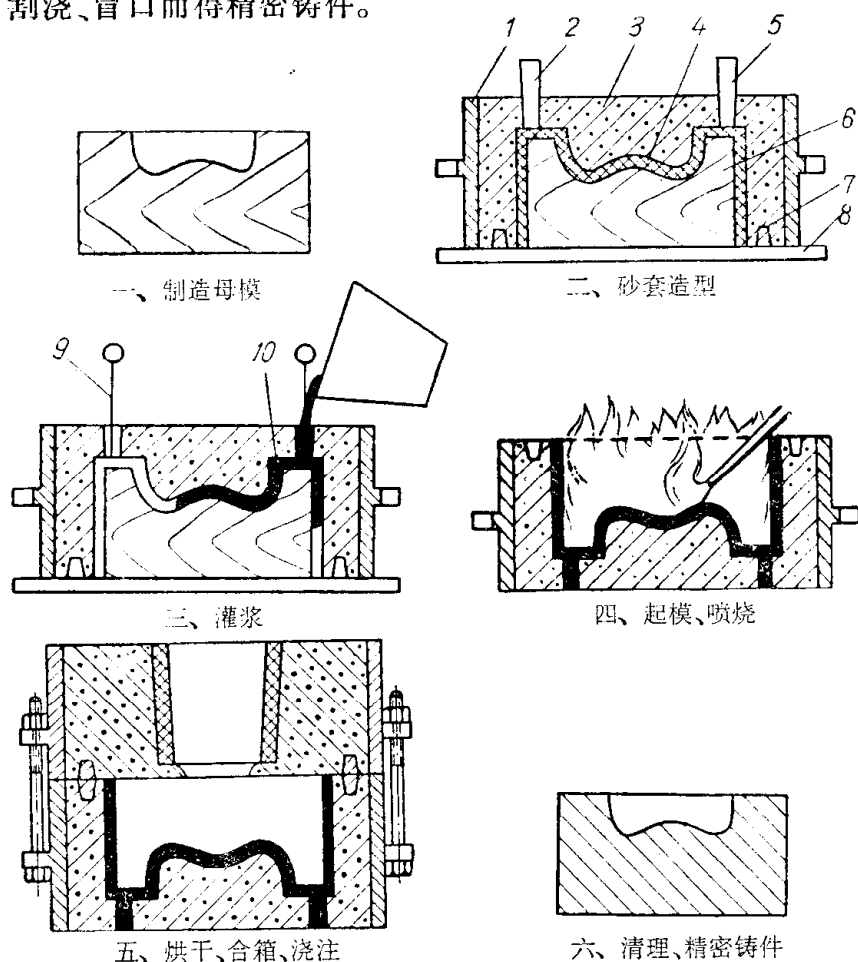


图1 陶瓷型精密铸造工艺流程示意图

- 1—砂箱； 2—排气孔木模； 3—水玻璃砂； 4—粘土层；
5—灌浆孔木模； 6—母模； 7—定位销； 8—平板；
9—通气针； 10—陶瓷浆层

第一节 母 模

母模的设计和加工质量直接影响到铸件的质量，必须认真做好母模的设计、加工工作。

下面讨论的数据，仅限于我厂试制产品所得数据的统计，部分参考了有关资料，很不全面，仅供参考。

一、母 模 设 计

(一)母模材料

通常的制模材料如金属、石膏、木材、塑料、橡胶和石蜡等，均可采用。可以根据铸件的产量、形状复杂程度和尺寸精度、表面光洁度的要求等，来选择制模材料。不耐酒精的材料不能使用。

(二)表面光洁度

一般说来，欲获得表面光洁度为 $\nabla 4 \sim \nabla 6$ 的铸件，母模表面应为 $\nabla 6 \sim \nabla 8$ 。

(三)起模斜度

陶瓷型结胶后有一弹性阶段，因此，起模时不需左右敲击，起模斜度可以较小，一般为 $0.5:100 \sim 1:100$ 。

(四)收缩率

铸件收缩时，由于铸件形状的影响，将产生自由收缩、半阻碍收缩和阻碍收缩等现象（图2），导致铸件各部分的收缩不一致；此外，由于铸造合金种类、合金的浇注温度、铸型温度、铸件形状、壁厚以及浇冒口位置等因素的影响，也导致铸件的收缩率不一致。因此，要规定一个固定的收缩率是不

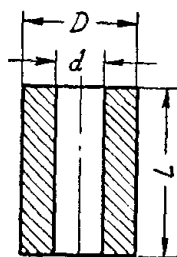


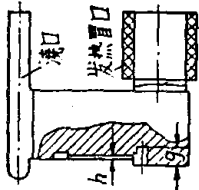
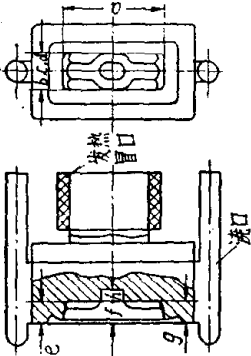
图2 铸件的不同收缩

d —阻碍收缩；
 D —半阻碍收缩；
 L —自由收缩

表 1

序号	铸件图	铸件材料	母模尺寸 (毫米)	铸件尺寸 (毫米)	总收缩率 (%)	平均收缩率 (%)	平面变形情况 (毫米)	备注		
1	5CrMnMo	5CrMnMo	a	204	200	1.96	2.06 (水平方向的自由收缩)	型腔四周 下陷约 0.20	耐火材料: 铝矾土	
			b	204.5	200	1.96				
			c	252.5	247	2.18				
			d	252.5	247	2.18				
			e	29.76	29.28	1.62	1.67 (型腔水平方向的阻碍收缩)			
			f	67.44	66.28	1.72				
			g	46.66	45.92	1.58				
			h	40.32	39.66	1.64				
			i	79.52	77.12	1.75	1.79 (高度方向的自由收缩)			
			j	73.16	71.98	1.61				
			k	106.28	104.36	1.80				
			l	27.05	26.60	1.65	1.73 (型腔高度方向的自由收缩)			
			m	27.00	26.50	1.82				
			n	27.10	26.62	1.77				
			o	27.10	26.58	1.92				
			p	51.10	50.16	1.82	1.73 (型腔高度方向的自由收缩)			
			q	21.35	20.98	1.74				
			t	30.65	30.16	1.63				

(续)

序号	铸件图	铸件材料	母模尺寸 (毫米)		铸件尺寸 (毫米)	总收缩率 (%)	平均收缩率 (%)	平面变形情况 (毫米)	备注	
2		5	a	97.92	95.98	1.94	1.94 (水平方向的自由收缩)	型腔四周 下陷约 0.20~0.40	耐火材料: 铝矾土	
			b	98.24	96.42	1.86				
			c	96.24	94.30	2.04				
			d	32.88	32.16	2.20	1.83 (型腔水平方向的阻碍收缩)			
			e	33.32	32.78	1.63				
			f	26.72	26.23	1.65				
			g	40.45	39.72	1.80	1.70 (型腔高度方向的自由收缩)			
			h	17.50	17.22	1.60				
3			a	136.95	134.34	1.91	1.63 (型腔水平方向的阻碍收缩)	良好, 测量不出	耐火材料: 铝矾土	
			b	50.30	50.00	1.60				
			c	50.60	49.82	1.54				
			d	50.75	49.90	1.67	2.01 (型腔高度方向的自由收缩)			
			e	23.15	22.75	1.95				
			f	23.40	22.95	1.92				
			g	23.35	22.85	2.14				
			h	14.95	14.65	2.01				

(续)

序号	铸件图	铸件材料	母模尺寸 (毫米)	铸件尺寸 (毫米)	总收缩率 (%)	平均收缩率 (%)	平面变形情况 (毫米)	备注	
4		5CrMnMo	a_1	407.5	398.95	2.18	阻碍收缩 -1.26	下陷最大处 $A=0.75$ 耐火材料: 白刚玉	
			a_2	407.7	398.80	2.07			
			b_1	116.5	113.10	2.91	半阻碍收缩 2.09		
			b_2	116.4	113.20	2.75			
			c_1	407.5	399.0	2.08	自由收缩 1.03(外形) 2.08(型腔)		
			c_2	407.5	399.2	2.03			
			d	285.20	279.2	2.10	阻碍收缩 0.95		
			E_1	220.90	218.30	1.13			
			E_2	220.30	218.25	0.93			
			F_1	166.10	168.20	-1.26			
			F_2	166.30	168.40	-1.26			
			5		HT15-32	a	160.15		159.60
b	160.70	160.05				0.40			
c	160.45	159.90				0.34	半阻碍收缩 0.62		
d	160.75	159.70				0.59			
e	160.25	159.00				0.78	测量不准 供参考		
f	282.50	280.00				0.89			
g	282.45	279.30				1.11			
h	283.95	280.95				1.06			
i	229.45	227.50				0.85			
j	207.20	205.80				0.68			
k	49.9	50.40				-0.10			
l	86.25	86.20	0.058						

现实的。

表 1 介绍了部分铸造合金的不同部位的收缩率。由于试验时数量和品种的局限性,表中数据仅供参考。

由表 1 可以看出:

(1) 铸件相同部位的最大与最小收缩率有时相差较大,说明工艺因素对收缩率影响很大,为此需严格控制陶瓷型制造工艺、合金浇注温度和铸型温度等工艺因素;

(2) 收缩率与壁厚的关系较大,厚壁件收缩率较大;

(3) 平面形变较大(平面不平度有 $0\sim 0.75$ 毫米的变化),因此分型面部分有时应放一定加工余量;

(4) 陶瓷型在喷烧或烘干后,平均约有 0.055% (向内)或 0.463% (向外)的膨胀率(指耐火材料为刚玉时。铝矾土变化较小,不易测量),为此应严格控制陶瓷型制造的工艺参数,以尽量减少其尺寸的变化;

(5) 浇注系统的位置对收缩率影响很大,必须注意;

(6) 由于散热条件不同(由铸件结构引起),可能导致铸件半阻碍收缩小,阻碍收缩大的情况,应该注意。

为慎重起见,建议在设计母模外形时,收缩率取上限,而在设计母模型腔时,收缩率取下限,以便母模可根据铸件的实际尺寸作修改时有加工余量。这种修改过的母模,再配以严格的工艺操作,即可获得尺寸精度较高的铸件。

(五) 尺寸精度

对不需加工的自由面,母模尺寸精度可按 GB4~7 级确定;对已放加工余量的加工面,可按 GB3~5 级确定;对不需加工而由铸件直接保证精度的工作面,取铸件公差 $1/3\sim 1/6$ 。

木质母模按木模制造公差 I 级制造。

(六) 确定分型面

确定分型面时,除应保证母模能顺利地从铸型中取出外,还应考虑下列几个因素:

- (1) 尽量不用曲线分型面;
- (2) 对有精度要求的部分,应在分型面的同一侧;
- (3) 铸件要求高的部分,应放在下箱。

(七) 确定基准面

铸件的基准面包括铸件划线基准面和机加工用毛坯基准面。

基准面的选择应遵循下列原则:

- (1) 应是尺寸和变形较稳定的面;
- (2) 尽量用统一的一个基准面,即既是划线基准面,又是机加工用毛坯基准面;
- (3) 取不需加工与待加工面距离变化最小的面作基准面;
- (4) 尽量不用有铸造斜度、起模斜度或有分型线的表面作基准面。

对铸造模具而言,应尽量选用模具型腔(或分模面)作划线和加工基准面,这样可避免型腔被加工掉。这一点很重要。若模具为多型腔,型腔中心线相对尺寸精度要求较高时,可用铸造镶块方法,以保证尺寸精度。

(八) 加工余量

除配合面和尺寸精度要求较高的工作面外,一般可不放加工余量。

根据表 1 的数据并参考有关资料,列出如表 2 的加工余量供参考。

表 2 铸件单面加工余量

铸件加工面 间最大尺寸 (毫米)	加工余量 (毫米)			
	加工方法		设有浇冒 口的面	造型分型面
	磨削	抛光		
≤40	0.2~0.3	0.15	1	0.5
> 40~100	0.3~0.4	0.20	1.5	0.7
>100~250	0.4~0.5	0.30	2	1.0~2.0
>250~400	0.5~0.7	0.40	2~3	2.0~3.0

(九)母模的附属部分

同普通铸造用的木模一样,母模设计时应考虑到造型、起模等一系列操作问题。因此母模分型面上应有定位销、起模吊攀等。

母模表面可用涂复措施增加光洁度,防止粘模,但需注意涂复材料应不溶于酒精,不与硅酸乙酯水解液发生化学反应。

二、泡沫塑料模的设计和制造

在母模制造中,使用可发性聚苯乙烯材料,可以为缩短陶瓷型铸造生产周期提供重要条件。

将可发性聚苯乙烯珠粒装在密闭的模具中,加热使之膨胀粘结成型,冷却后脱模,即得聚苯乙烯泡沫塑料制成的母模。由于泡沫塑料可以燃烧气化,故用于铸造时,由泡沫塑料制成的母模,亦称燃模。

应用泡沫塑料模的好处在于:

第一、一般难于加工的凹模或零件,若采用泡沫塑料模,则只需加工一只与之相反的易加工的凸模即可,从而使母模

的制造大为简化并缩短了生产周期；

第二、对沿起模方向有倒斜度或凸块等而无法起模的母模，若用泡沫塑料做成则可不需起模，因而可大为简化母模结构和造型操作；

第三、对于已系列化的模具外缘尺寸，若预先按系列制成泡沫塑料模模框，应用时只要换一块有凸模的底板，即可制造所需泡沫塑料模，极为简便。

对于形状简单易加工的零件或单件生产的零件，则不必应用泡沫塑料模。

(一)可发性聚苯乙烯珠粒发泡原理

在用悬浮法制造的聚苯乙烯珠粒中，加入在标准状态下是气体或液体、对聚苯乙烯有溶胀作用的低沸点物质作为发泡剂，在加压和聚苯乙烯溶胀的情况下溶解在聚苯乙烯珠粒中，并维持在分子链组成的笼内，这种聚苯乙烯珠粒称为可发性聚苯乙烯珠粒。

在 $95\sim 105^{\circ}\text{C}$ 时，可发性聚苯乙烯珠粒中的发泡剂气化，造成压力，使因受热而软化的珠粒本身发生膨胀。此为预发泡阶段。

预发泡后进行冷却，使膨胀时产生的微孔固定下来，其中的发泡剂亦重新凝溶于聚苯乙烯内，使微孔内形成真空状态，与外界造成压力差，此时空气通过珠粒泡壁透入，使达到压力平衡。此为熟化阶段。

制造泡沫塑料模时，将熟化过的珠粒装入模具并夹紧，予以加热，使珠粒再度膨胀。此时的膨胀由空气和发泡剂混合组成，形成更大的膨胀力，使珠粒膨胀而填满模具及彼此的间隙；同时由于较高温度的作用，使聚苯乙烯相互粘结而成一体。冷却后脱模，便得到泡沫塑料模。此为成型阶段。