

国外工程塑料加工

(第一輯)

上海科学技术情报研究所

国外工程塑料加工

(第一輯)

*

海科学技术情报研究所编辑出版

新华书店上海发行所发行

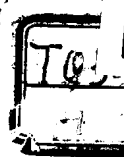
上海市印刷三厂印刷

*

1971年3月出版

代号: 1634016 定价

(只限国内发行)



毛主席语录

提高警惕，保卫祖国。

备战、备荒、为人民。

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。

洋为中用。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

前 言

奋战在我国塑料工业战线上的广大工人和革命干部革命知识分子，经过波澜壮阔的无产阶级文化大革命锻炼，在党的“九大”团结、胜利的光辉旗帜指引下，满怀为伟大领袖毛主席争气，为伟大的社会主义祖国争光的雄心壮志，贯彻伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”“独立自主、自力更生”的伟大战略方针，大力开展技术革新和技术革命的群众运动，努力赶超世界先进水平，取得了辉煌的成就，为祖国社会主义革命和社会主义建设作出了很大的贡献。

为了了解国外塑料工业发展情况，以便做到“知彼知己，百战不殆”，迅速赶上和超过世界先进水平，我们根据“洋为中用”的原则，编译了《国外工程塑料加工》一书，分二辑出版，供读者参考。希望读者遵照伟大领袖毛主席关于“一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部份，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收”的教导，批判地吸收和应用。

由于我们活学活用毛主席著作不够，外文水平很低。因此，编译中一定会存在不少缺点和错误。我们热忱希望从事塑料加工专业的广大工人、技术人员和科研人员批评指正，以便使我们在今后工作中进一步改正和提高。

上海红军塑料厂

1971.2.

目 录

聚四氟乙烯的模制与挤压	1
怎样加工聚砒(Ⅰ)	8
怎样加工聚砒(Ⅱ)——挤压和热成型	12
尼龙 6 和尼龙 66 的注射成型	15
聚偏氟乙烯树脂——性能及成型加工	19
离子聚合物的成型加工	26
聚碳酸酯的挤压	33
一种新的工程塑料——改性聚苯醚“Noryl”及其加工性	35
玻璃纤维增强聚对苯二甲酸乙二醇酯	42
各种挤压方法中的流动	50
聚苯醚的性能及加工	57
尼龙 11 的挤压(Ⅰ)	60
尼龙 11 的挤压(Ⅱ)	64
乙烯醋酸乙烯共聚物加工	70
工业用工程塑料	72

聚四氟乙烯的模制与挤压

聚四氟乙烯无论采用那一种加工工艺，都不外乎先冷压后烧结。本文介绍粉状和分散体聚合物的各种模制与挤压加工方法，其他方法（如电线复层、浸渍以及表面处理）此处从略。本文对加工聚四氟乙烯的各种设备也将作详细的介绍。

众所周知，聚四氟乙烯是高度耐化学腐蚀和耐高温的聚合物。英国卜内门公司的“Fluon”聚四氟乙烯的最高使用温度为 250°C，当受热高于它的结晶熔点 327°C 时，仅稍有降介。在机械性能不是主要条件的应用场合，聚四氟乙烯可在 250°C 以上使用。拉伸时伸长率随温度降低而减小，但在绝对零度以上几度时，聚四氟乙烯还保持稍有延伸。聚四氟乙烯的其他特性有：在较高温度下具有优良的电气绝缘性，并具有非常低的摩擦系数。由于聚四氟乙烯具有极高的熔融粘度，因此，不能用普通的热塑性塑料加工方法予以加工。

现在，聚四氟乙烯已有若干品种，包括：粉状聚合物（适用于加入填充剂以获得特殊性能）；水分散体（大部分用于制作薄膜、多孔材料的浸渍和涂层）；以及凝结分散体聚合物（可用特殊挤压加工生产薄壁型材）。

由于物料的高熔融粘度，因而所有加工工艺的基本原则都是先将聚合物冷压然后烧结。经冷却后所得制品大部分保持坯料的形状。因此，这种方法只能生产几何形状比较简单、有规则的制品，至于生产较复杂的制品，则利用简单制品进一步用机械加工或者采用烧结后冷压定型。

模 制

聚四氟乙烯的两种模制工艺为：常压烧结和烧结加压冷却。两者都包括三个单独的步骤（预成型、烧结和冷却），而且两者都是先将粉状聚合物在模子内压成坯料。采用常压烧结时，则将坯料脱出模子进行烧结和冷却。采用烧结加压冷却时，则坯料仍放在模子内连同模子一起在炉内加热，然后在压机上加压冷却。

预成型用模子的材料为镀铬合金钢或不锈钢。为了防止模子咬牢，阳模和阴模必须采用化学成分不同的金属或者不同硬度的金属。模子的间隙不很严格，但必须在不溢料的前提下能排气，一般为 0.002~0.003 吋/吋直径。粉状聚四氟乙烯的假比

重小，这是设计模制设备需要考虑的另一因素。通常粉状聚合物的假比重为 0.85~0.25 克/厘米³，而压实坯料的假比重约为 2 克/厘米³。因而压实的粉状聚合物体积缩小至 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ ，这就需要相应大的模腔。再者，必须避免过量的压力，因这种压力会造成成型坯料的龟裂。除了小型的坯料外，由于粉子的流动性很差，因而在预成型时必须在两端同时施加压力。实际压力约为 $\frac{3}{4}$ 吨/吋²~3 吨/吋²（120~420 公斤/厘米²）*。压力过低会造成机械性能变坏，而压力过高则会使坯料出现压力裂开面，而且将永存于烧结好的制品上。

挤 压

用粉状挤压技术可挤压加工直径 0.25~2.0 吋（6~50 毫米）的聚四氟乙烯棒和壁厚 0.12~1.0 吋（3~25 毫米）的聚四氟乙烯管。对于较小直径的管棒，则用凝结分散体聚合物挤压，加工方法有所不同。

粉状聚合物

可用螺杆式挤压机或柱塞式挤压机进行粉状聚合物的挤压，但是连续柱塞式挤压机更被广泛采用。两者的基本原理是相同的——先将聚合物在模子的一端用螺杆或柱塞压实（模子的形状为一直管形），然后，压实的物料沿模壁移动进入烧结段。在烧结段坯料约在 380°C 进行烧结，然后在成管棒状之前进入冷却段进行冷却。柱塞式挤压原理示于图 1。

设备设计主要考虑：烧结段的长度，烧结段的温度以及坯料经过烧结段的速度。烧结段的长度和温度容易决定，但是当生产保持恒定时，坯料经过烧结段的速度必须精确控制。这要取决于加料速率，而加料速率则可通过在一定周期内控制加料次数和加料量来控制。因此，加料系统就显得十分重要，它必须能够为柱塞的每一操作周期提供所需精确计量的粉状聚合物。

译者注：有 * 处由吨/吋²换算为公斤/厘米²，如系公吨/吋²，则乘以 $\frac{1000}{6.452}$ ；如系美长吨，则乘以 $\frac{1016}{6.452}$ ；如系美短吨，则乘以 $\frac{907.2}{6.452}$ 。但换算结果均不能符合。说明原著有误。今以公吨/吋²换算，应改为 $\frac{3}{4}$ 吨/吋²~3 吨/吋²（116~465 公斤/厘米²）。

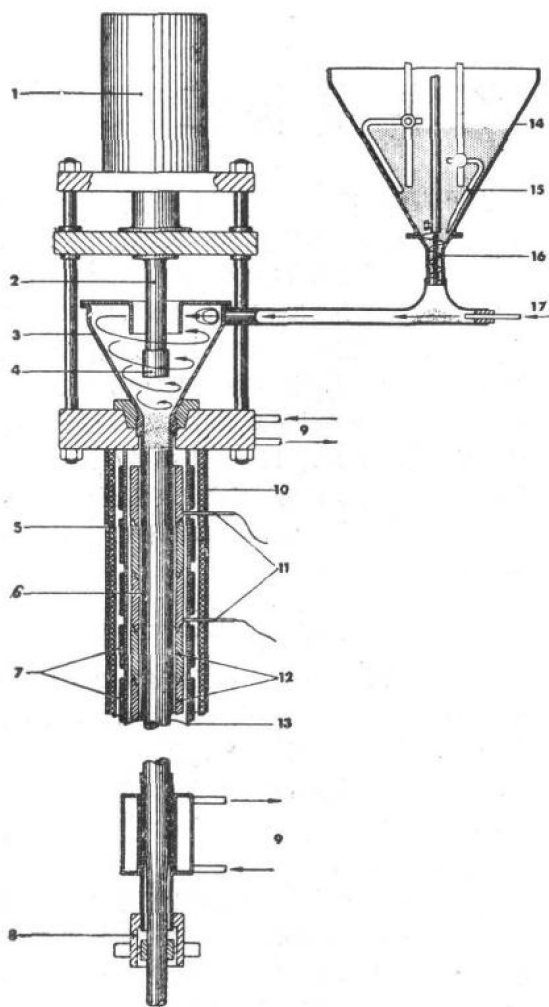


图1 立式柱塞式挤压机的简化剖视图

- 1.油缸 2.柱塞 3.受器 4.柱塞头 5.绝热层
6.模管 7.电热圈 8.空气制动器 9.冷却水
10.外罩 11.热电偶 12.铝套 13.电热圈支承管
14.料斗 15.搅拌器 16.螺旋输送器
17.压缩空气

近代挤压机的加热段长度通常为3呎~6呎(0.9~1.8米),较长的加热段用于生产直径为 $\frac{3}{4}$ 吋(19毫米)以上的棒材。加热段的最高温度可作适当调节,但不能超过380~400°C过多。因此,棒材直径越大,挤出速率就越慢。

当挤出物通过加热段时会产生一定压力,而且会导致粉粒间界限的消失,因而必要时需用增压设备。为此,在模子的出料端设置手动或气动的三爪式轧头。

为了避免挤出物的热变形,沿管模的温度必须最初低,然后升高至400°C,以后再缓慢降温。因此在加热段设置若干只电热圈,并可单独调节热量。

近来,新设计了一种具有一组模子的挤压机,可以同时生产若干根小直径棒材。这些棒都通过同一加热炉进行烧结。这种设备(在《英国塑料》1966年第9期第540页上已有介绍)可以提高产量。

管材挤压

上述设备设计的基本要点同样可应用于聚四氟乙烯管材挤压机中。但是需要在模子入口处设置一个心轴,而柱塞则穿过心轴上下移动。复杂的型材也能生产,但是柱塞和模子必须具有与型材断面相同的形状。由于制造复杂形状的长模子有困难,因而挤压复杂断面型材常采用短模子。这样,挤压速度相应减低,以弥补模子长度的缩短以及加热段的缩短。

填充聚四氟乙烯的挤压

特殊品种的聚四氟乙烯(例如用玻璃填充的聚四氟乙烯),也能用上述粉末挤压法进行加工,除非有特殊的需要。因为一般说来玻璃填充的聚四氟乙烯磨损性大,柱塞顶端以及管模入口更易磨损,所以必须采用特殊耐磨材料。其次,为了获得粉粒间良好的粘合,需要较高的柱塞压力,特别当挤压大断面型材时,还需要增加背压力和延长物料在挤压机内的停留时间。

当挤压薄壁管材时,压力有可能比通常增高50%,因此需要较厚的管模。加有填充剂的聚四氟乙烯其假比重较小,并具有不同的流动性能,因而加料系统也需要作相应的改变。

分散体聚合物

凝结分散体聚四氟乙烯的挤压同膏料挤压一样,在聚合物中渗入碳氢化合物润滑剂。此法不同于粉料挤压,先将含有润滑剂的混合物压成坯料,然后加入柱塞式挤压机的模子内。当物料通过模腔时形成定向纤维状,挤出物的抗拉强度沿纵向增加很大,沿横向增加甚微。挤压后,润滑剂用加热法或溶剂萃取法去除。最后,挤出物在高于其转化点温度下进行烧结。

用螺杆式挤压机加工分散体聚合物至今尚未出现。首先,由于这种物料具有高度变形性,它将粘贴在螺杆的螺纹上;其次,当螺杆转动时,物料会形成大量的不定向纤维状物,因而无法生成连续的挤出物。

生产坯料的装置结构相当简单,包括:大行程的压机以及三倍于坯料长度的模子。渗入润滑剂的粉状聚合物的体积与坯料体积之比为3:1。在坯料成型筒内装设一圆柱形模芯即可生产为加工管材或电线复层用的空心坯料,圆柱形模芯的直径稍大于挤压机的心轴。获得优质坯料的重要因素为,物料

必须均匀分布在料筒内，以保证均匀的压实，以及缓慢的初期压力，以促使空气逸出。

柱塞式挤压机的柱塞最大速度可达3吋/分(7.6厘米/分)，完成了在低压下将物料最初压实后，应将物料施加约500磅/吋²(35公斤/厘米²)的压力，并保压约1分钟。最后将坯料顶出。在某些压机中，靠柱塞连续下降从上往下顶；而在另外一些压机中，坯料成型模子可吊挂在低压柱塞之上，柱塞由下往上将坯料顶出。

薄壁型材的挤压

如前所述，管子内径为0.010~10吋(0.254~254毫米)管壁厚度最大到0.25吋(6.35毫米)的薄壁管材可用凝结分散体聚合物挤压加工(膏料挤

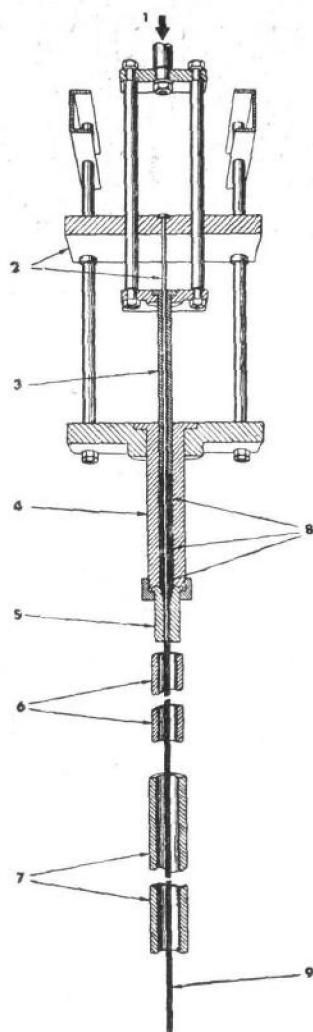


图2 分散体或糊膏挤压法的一般原理

1. 恒速推力源 2. 固定心轴 3. 柱塞 4. 推压室
5. 模子 6. 蒸发加热段 7. 烧结加热段 8. 坯料
9. 烧结好的管材

压)。先将物料制成坯料，然后在柱塞式挤压机上加工(柱塞式挤压机示于图2)。用于生产薄壁管材的典型模子示于图3。与聚合物接触的表面采用不锈钢，而且光洁度要高，特别在模子的斜度部分和平直部分。

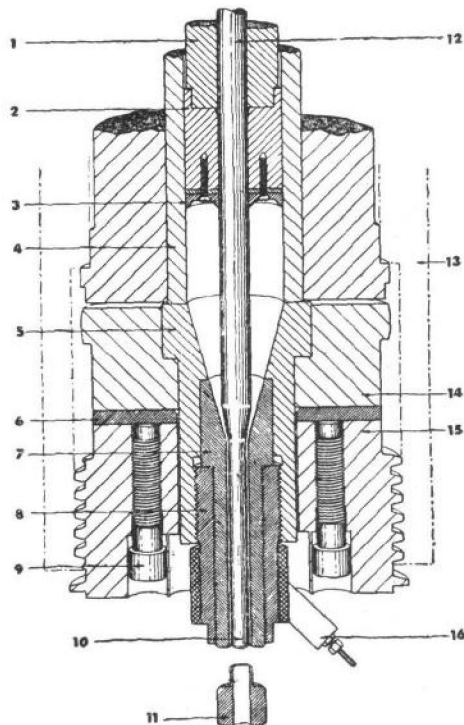


图3 薄壁管挤压的典型机头装配

1. 柱塞 2. 柱塞头 3. 聚四氟乙烯U-形密封料
4. 挤压筒 5. 模子 6. 硬推力环 7. 模子衬套
8. 模子衬套保持环 9. 内六角螺栓 10. 中心销
11. 中心衬套 12. 心轴 13. 模封环 14. 模子支承
15. 模子支承 16. 加热器

由于聚合物的原纤化作用(这是加工的一个重要部分，而且是物料在模子斜度部位被剪切时发生的)，因而不可能用多脚架将心轴固定在中心位置，因为这样会使物料分离不再重聚。心轴的定中心位置取决于柱塞和坯料本身的定中心位置。如果心轴能精确地对齐，而且坯料均匀密实，看来下一步操作不会发生什么困难。实际上，在挤压前，通常沿模芯的末端装上一个定中心的轴套。

多数挤压机设计备有一组不同尺寸的料筒，其内径通常由1½吋至6吋(38~152毫米)。模子圆锥形的角度取决于挤压管材的形状。对特别小型管材采用大的缩小比，锥角接近于20°；对内径为¼~1吋(6.35~25.4毫米)的薄壁软管，锥角取30°左右。为了保证合理的模子平直部分长度，对内径

为2吋(50.8毫米)的较大管材,取60°以上的锥角。

柱塞用液压或机械操作,而且要足以保持 $\frac{1}{4}$ ~2吋/分(1.58~50.8毫米/分)恒定的移动速度。挤压后,去除润滑剂,然后送去烧结。

生料带

下面是用凝结分散体聚合物生产生料带的操作工序。先在聚合物中渗入润滑剂混匀,压成坯料,再将坯料挤压成棒材。然后将棒材挤出物送入滚压机滚压成带状物。将带状物通过脱油槽去除润滑剂,然后将生料带切割成需要的宽度,最后卷绕成卷。

0.003吋(0.076毫米)以下的生料带,可以通过一道滚压成功。滚压机的辊筒直径必须不小于6吋(152毫米)。滚压较宽的生料带需要直径为12吋(305毫米)左右的辊筒。将辊筒加热并维持在70°C左右,可改善滚压出来的生料带质量。辊筒转速应能单独调节,以获得10~100呎/分的表面圆周速度。

为了防止棒材进入两辊辊隙时左右走动,设有鱼尾导向装置。此外,在滚压机上还设置卷取装置,用以卷取生料带。

加工设备

自动化粉状聚合物模压机

AM/1型粉料模压机(图4),是一种为加工聚四氟乙烯专门设计的全自动化压机。该设备的机座为一结构结实的焊接钢架,其中安装液压动力系统和水冷却箱、泵、电机、过滤器以及各种阀类。C型钢架的正面安装两只液压缸和模子支承。上部液压缸是双动式的,可以精细手动调节柱塞的冲程和速度。下部液压缸类似上部的缸,同样有柱塞冲程调节器,但还有一个安装心轴的固定中心。模子支承由硬化钢制成,料筒周围包以电热圈。用不锈钢精加工的斜槽部件连接在模子支承上。

加料系统(图5)为一螺旋送料加料装置,设有活络料斗以及调节控制加料量用的高度精确计量装置。计量装置为翻盘式,也就是说,当盘上称满需要量后,落料即停止,自动翻盘将物料落入送料分配器,借干燥空气送入送料器中。无盖梭式送料器是靠气缸操作的。如为若干个模子送料,送料器的指数可拨到三的倍数(即3,6,9)。送料间隙由一凸轮操纵,凸轮与送料器的比例为3:1,即当送料器每转一转,2次间隙的凸轮可以得出6次间隙。

设备上装有若干只安全开关,在一次操作循环

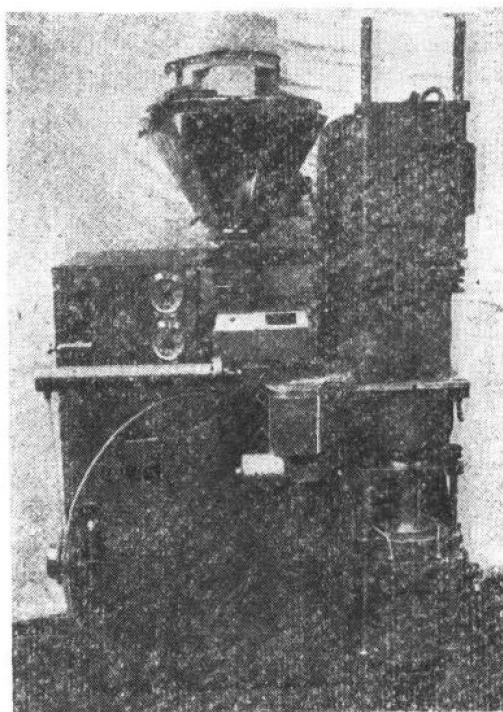


图4 Havelock自动模压机

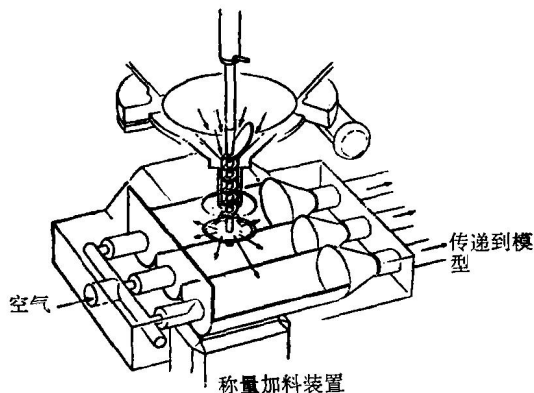


图5 图4中压机的加料装置详图

中,如果打开安全门或其他防护设施时,安全开关促使柱塞停止移动。电气旋钮和按钮设在单独的控制屏内。压机可在24小时内连续地进行单模或双模压制。

Havelock AM/1型粉料模压机的主要数据

最大油压压力	磅/吋 ²	2000/3000
	公斤/厘米 ²	140/210
最大推力	吨	35.5/2.5
	吋	7
上部液压缸直径	毫米	178
	吋	7.25
下部液压缸直径	毫米	184
	吋	

上部柱塞行程	吋	8
	毫米	203
下部柱塞行程	吋	6
	毫米	152
上部模板间最大距离	吋	10.5
	毫米	267
上部模板间最小距离	吋	2.5
	毫米	63.5
上部柱塞的最大冲程	吋	6.0
	毫米	152
下部模板间最大距离	吋	8
	毫米	203
下部模板间最小距离	吋	2
	毫米	51
下部柱塞的最大冲程	吋	6.0
	毫米	152
模子支承尺寸	吋	$\phi 7.0 \times 7.0$
	毫米	$\phi 178 \times 178$
行近速度(指柱塞接近粉料的速度——译者注)	吋/秒	1.0
	毫米/秒	25.4
可压缩速度	吋/分	0~5
	毫米/分	0~127
可变压力保持时间	分钟	0~5

压实后坯料最大尺寸

长度 6:1压缩比=1吋(25.4毫米)

4:1压缩比=1½吋(38毫米)

物料所受压力	油压2000磅/吋 ² (140公斤/厘米 ²) 的直径	油压3000磅/吋 ² (210公斤/厘米 ²) 的直径
10,000磅/吋 ² 1,400公斤/厘米 ²	3吋(76毫米)	3¾吋(95毫米)
6,000磅/吋 ² 420公斤/厘米 ²	4吋(102毫米)	5吋(127毫米)
2,000磅/吋 ² 140公斤/厘米 ²	6吋(152毫米)	6吋(152毫米)
	模子最大尺寸	模子最大尺寸
最小重量=4克		间隙=±½%

Havelock GE/2型粉料挤压机的主要数据

最大棒材直径	吋	2
	毫米	50
最大管材外径	吋	4
	毫米	100
最小壁厚	吋	0.187
	毫米	4.8
最大推力	吨	10
柱塞可变速度	吋/分	10~60
	厘米/分	25~150
柱塞调节行程	吋	3.5~5.5
	毫米	89~140

单模长度	呎	5.0
	毫米	1,525
双模长度	呎	7.5
	毫米	2,285
单模加热功率	瓦	6×1000
双模加热功率	瓦	12×1000
电动机	马力	5
油箱体积	加仑	30
	升	136

粉料挤压机

专为粉料挤压用的 Havelock GE/2 型挤压机(图6),是由配有加料装置的挤压系统,控制屏(上部为控制模子温度的仪表),挤压物切断装置以及液压系统构成的。挤压速度根据使用的聚合物不同而有所变动,由挤压¼吋(6.35毫米)直径棒材为24呎/小时(7米/小时)到2吋(51毫米)直径棒材为2呎/小时(¾米/小时)(单模挤压速度)。

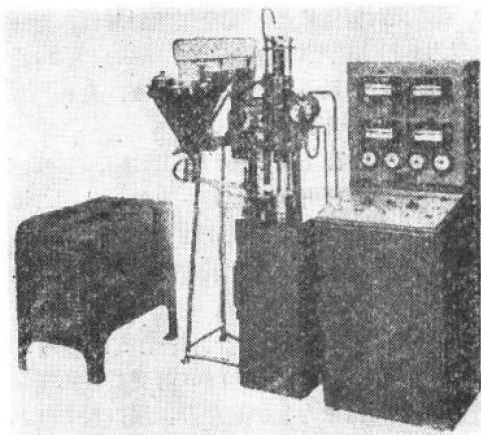


图6 粉料挤压机及其附件

挤压系统包括立式装在三根支柱上的双作动液压柱塞,支柱穿过长方形钢座的中心孔。钢座设有冷却水道,用以冷却模子的加料段。

柱塞的上行程是可变的,用限位开关来控制。当生产小直径挤出物需要快速循环时,这种调节可用来消除柱塞的静止移动。当挤压机慢循环时,柱塞行程需要增大。柱塞可无级变速,由柱塞施加于模内物料的总压力最高可达10吨,也可借装在一侧液压缸的压力指示控制仪表来调节。如果在柱塞未到达最低限位时就超过了表上预定压力值,则柱塞回复到顶部位置。继续这样的循环直至柱塞将模内的聚四氟乙烯料全部挤出为止,当限位开关重新接触,下一次加料循环即告开始,挤压机继续正常进行操作。为了避免聚合物受超压的危险(超压是由快速加压以及模管顶部的冷料的摩擦阻力所引起)和过

量加料的危险,需要调节柱塞的速度和最高压力。

挤压机设有专为聚四氟乙烯粉末用的加料装置,其加料斗由不锈钢制成,容量为 600 吋³(9830 厘米³)。为了避免污染,料斗为封闭式。加料装置设有搅拌器(由小于一匹马力的电机驱动),并设有螺旋输送机,将粉料送至装在料斗出口处的受器中。粉料送出量由螺旋转动时间来控制,时间的长短由屏内的时间继电器控制。

粉料由料斗下受器中用压缩空气吹到模子内,空气的压力用减压阀来控制,空气喷射时间由控制屏上的时间继电器来控制。为了保证空气的清洁,并设空气过滤器。

在生产中,挤压机全自动化操作;所有设备的操作和控制仪表都安设在单独的控制屏内。控制屏的上部立面上装有四只温度控制器(刻度为 0~500°C),四只时间继电器和一只电热圈选择开关。左边的时间继电器(刻度为 30 秒)用来控制柱塞时间,第二只时间继电器控制空气喷射时间,第三只(刻度为 6 秒)控制螺旋输送机。第四只为 24 小时时间继电器,自动开关模子加热电流,有利于机器停车过夜后再开车预热模子。

控制屏的台面上装有停/开和选择开关、按钮开关和指示灯。按钮开关控制每一个单体动作,使操作者在开启自动化生产开关前可以预先准备和检验机器。控制屏的侧面有一手轮靠连接轴与动力箱相连,用以调节液压泵的输出。

液压动力箱是单独设置的,装有 5 匹马力 3000 转/分电动机一台,直接与 Lucas 可变行程液压泵相接,其最大输出量为 3 加仑/分*,用以调节柱塞速度。动力箱内还装有电磁操纵的单向阀,减压阀,贮油箱,过滤器,以及其他液压装置。最大操作压力为 2000 磅/吋²(140 公斤/厘米²)。

模子和加热段

每一节模子都为精加工的不锈钢管,具有相同的内径,外径上紧包铝套,借以提供足够的热容量。电阻电热圈直接套在铝套上(参阅图 1)。铝套上钻了若干只孔,将热电偶插在孔内,借以精确指示和控制模子温度。

挤压直径 1 吋(25.4 毫米)以下的棒材时,采用一个加热段。在此情况下,每一只热电偶控制二只电热圈。当生产直径更大的棒材时,采用二个加热段,同时使用较长的模子。每只热电偶则控制三只电热圈。第一种情况采用三组控制仪表,而第二种情况则使用四组控制仪表。用选择开关来变换第一种或第二种控制。

当生产棒材时,采用高抗拉强度钢材制成的柱

塞,柱塞头材料为磷青铜,其直径要适应模子的尺寸。当生产管材时,调装圆筒形柱塞。当生产小直径棒材时,采用前面已述及的三根柱塞和三套模子,并加装特殊加料器,供给模管三份等量的粉料。压缩空气轧头接在模管末端,用以支承挤出物。

LP/2A 型分散体聚合物管材挤压机

生产管材的 Havelock 分散体或糊状聚合物挤压机为一立式机械挤压机,装在结实的机架上。下行柱塞与过桥相接,过桥处于用两只球轴承支承的丝杆与丝母之间。操作按正反转原理进行。当丝杆转动时,丝母通过过桥移动柱塞。由无级变速电机通过齿轮箱驱动丝杆。另一台电机用以匀速快速横动。

挤压料筒要能拆开,并能旋出柱塞中心线,以便从顶部加入坯料。或者,在机头未旋上时,坯料可由料筒底部加入。为了在未旋紧时和拆开后支承机头镶套,设置能升降的平衡台。它还能用来旋转清理料筒。本设备可调换不同直径的料筒衬套以及相应的柱塞和机头。料筒衬套以及接触聚合物的所有部件均用不锈钢或镀铬处理。

Havelock LP/2A 型分散体聚合物管材挤压机

最大推力	吨	50
最大柱塞速度	吋/分	2
	毫米/分	51
最小柱塞速度	吋/分	0.060
	毫米/分	1.52
快速返回速度	吋/秒	1
	毫米/秒	25.4
油缸长度	吋	18
	毫米	457
最大油缸内径	吋	6
	毫米	152
最小油缸内径	吋	1.5
	毫米	38
蒸发加热段长度	呎	12
	毫米	3,660
烧结加热段长度	呎	6
	毫米	1,830

通过柱塞的料筒和机头的心轴可以是固定的,也可以是旋转的。同时,为了便于在上部加入坯料,心轴能在料筒上脱出。

完成了一次挤压后,管材在机头下部切断夹到链条上,用变速绞盘机构使它以正确的烧结速度往下移动进入加热炉。加热炉设在楼板下,包括蒸发

译者注:有*处原文为 3g/min 恐系 3gal./min 之误,故译成 3 加仑/分。

段和两节烧结段。烧结段为电加热并用高温计控制。蒸发段内部为一钢管，外套为石棉管。将烧结段的热空气抽上作为热源。当需要冷却时，可在钢管与石棉管间通以冷空气。进气阀由电磁操纵，并用高温计控制。所有仪表和控制装置都设在一单独的控制屏中，仅液压表装在挤压机上。

液压挤压设备

最近 Havelock 发展了以分散体聚合物为原料生产棒材和管材的液压挤压机，其中包括 LHP/25 型与 LHP/40 型。更大的 LHP/150 型也已问世。LHP/25 型最大推力为 25 吨，柱塞最大行程为 16 吋(406 毫米)。料筒最大直径为 3 吋(76 毫米)，另有一只 2 吋(51 毫米)料筒可作调换。管材最大内径为 $\frac{3}{4}$ 吋(19 毫米)。

设备配有下行液压柱塞进行液压操作。正如 LP/2A 型一样，为了上部加入坯料，心轴需在料筒上部脱出，同时用模芯夹紧螺栓固定料筒衬套位置。卸除模芯底部的并紧螺母，模子即可调换。液压系统配有二级液压泵，提供柱塞快速下推和退回的动力。油路设计可以满足柱塞精确与重复无级变速，并装有过滤器、减压阀以及模温恒温控制。控制仪表都装在单独的控制屏内。蒸发段和烧结段的温度控制方法与 LP/2A 型相同。

LHP/40 型的结构与 LHP/25 型类似，但料筒衬套直径为 $2\frac{1}{2}$ 吋(63.5 毫米)或 $4\frac{1}{2}$ 吋(114 毫米)。最大推力为 40 吨；柱塞最大行程为 28 吋(711 毫米)；管材最大内径为 $1\frac{1}{2}$ 吋(38 毫米)。

气动和气动/液压坯料成型设备

在以糊膏聚合物为原料的 Havelock 生产设备中，还有两种立式坯料成型设备。一为 PP/25 型气动成型设备；另一为 PP/40 型气动/液压成型设备。前者备有两只分开使用的坯料筒，其内径分别为 2 吋(51 毫米)及 3 吋(76 毫米)，最大推力为 $1\frac{1}{2}$ 吨。并备有 30 吋(762 毫米)坯料筒，为成型 12 吋(305 毫米)坯料用。压缩周期为自动化，周期开始后，柱塞降速(用空气流量调节器来控制)。

用时间继电器控制柱塞保压时间，嗣后柱塞自动退回。将物料加入坯料筒，将坯料筒置入固定的位置，然后完成心轴和上下模板的就位。物料压实后，将坯料筒沿两导柱升高，然后用同一气缸将坯料脱出。

PP/40 型为液压和气压联合操作设备，备有坯料筒，其直径为 $2\frac{1}{2}$ 吋(63.5 毫米)或 $4\frac{1}{2}$ 吋(114 毫米)，最大坯料长度为 24 吋(610 毫米)。压缩周期为自动化。

气缸直接与液压油缸相接，装在二根柱头上，

在其间装上坯料筒。第二个液压油缸装在坯料筒下，用作由底部上压之用。开始时，空气通过气缸，气缸推动液压油缸，由上部压实坯料。液压油由上部的液压油缸流经下部的液压油缸，因而两只油缸的柱塞移动具有相同的速度。用装在两只油缸连接处的节流阀来控制速度。当压缩完成后，保压一定时间，然后柱塞自动高速退回。

坯料筒可从压缩油缸下面通过抽出油缸作旋转清洁工作，抽出油缸装在设备底部并用手动控制阀来操作。当坯料脱出后，坯料筒在未转至压缩位置前予以加料。

美国挤压设备

在美国，聚四氟乙烯的挤压和电线复层设备也有相当的发展。类似设备由少数几家公司生产，其中有 Jennings Machine corp，这家公司生产的设备中有液压操作的 THE-6A 型设备，主要设计为生产航空管材用，推力为 100 吨。标准坯料直径为 4 吋(102 毫米)和 6 吋(152 毫米)。附件包括：管材导旋和心轴快速退回装置。本设备通常连同 12 呎

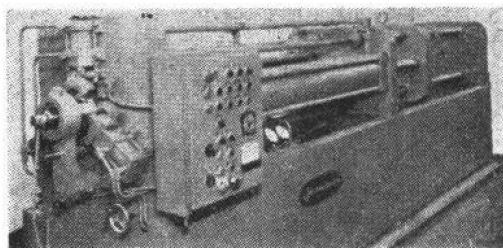


图 7 电线复层挤压机

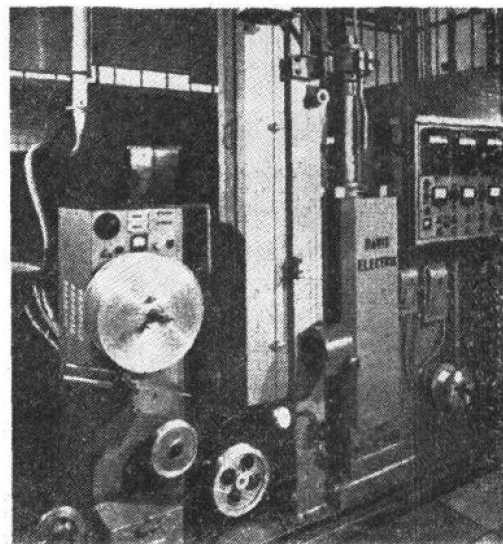


图 8 Davis 电线复层设备

(下转第14页)

怎样加工聚砒 (I)

迄今为止的经验表明,聚砒极易用普通热塑性塑料成型工艺进行加工。但是,为了得到良好的结果,树脂的耐高温性能需要特别考虑。

加工情况大致如下:

注射成型:原料温度要高(在 $625\sim 750^{\circ}\text{F}$ 范围内),假如停滞时间不太长的话,那么树脂相当稳定。此外,在现代柱塞式或螺杆式注射成型机上聚砒较易注射成型(螺杆式注射成型机则更好)。

吹塑成型:可采用标准吹塑成型机,但这种机器一定要达到所需要的熔融加工温度范围 $575\sim 675^{\circ}\text{F}$ 。除了较高的熔融温度和模型温度以外,其他条件和一般的热塑性塑料非常相似。但要避免用聚烯烃型螺杆。压缩比低的螺杆效果最好。

挤压成型:聚砒很容易挤压成片材、管状薄膜、管材以及其他型材和绝缘电线。绝缘电线同样地温度也很高。绝缘电线和薄膜加工温度范围高达 770°F 。

热成型:可用任何普通成型方法,直接真空、压力、塞助等。

其他方面:在加工以前,材料必须充分干燥。如果考虑用颜料干着色,只能用某些品种。用颜料干着色需要特殊的处理,假如要求分散均匀和表面光洁,一般就不采用。

在这里详述各种加工情况,包括新材料流变性的讨论。本文涉及注射成型及吹塑成型,第二部分将以挤压成型及热成型为重点。

聚砒的流变性

图1表明挤压级树脂与模塑级树脂的比较情况,分子量较大,则粘度较高。在压力为44磅/时²,温度为 662°F 时,此材料的熔融流动值挤压级为3克/10分,模塑级为7克/10分。

聚砒的熔融粘度对剪切率的敏感性比较小。试阅图1各种聚合物的流动性曲线,可以看出,剪切率低时,低密度聚乙烯和聚苯乙烯比聚砒更粘稠。但当剪切率增高时,低密度聚乙烯和聚苯乙烯分子在流动方向有定向的倾向而助长了分子间的断层,因此降低了熔融粘度。结果,发现在大多数加工设备中,当剪切率较高时,低密度聚乙烯和聚苯乙烯的粘稠性较之聚砒为低。

也要注意聚碳酸酯与聚砒的流动性几乎是相

同的,随着剪切率的增加,两种材料保持着相当稳定的粘度。

聚砒的剪切敏感性较低。除了加工条件下熔融粘度较高以外,还有某些重要的有利因素。例如,在流动时的分子定向度较低,结果使制品具有随流动方向而变化极小的均匀的物理性能(制品的强度、坚韧性和尺寸随流动方向而变化是剪切敏感性聚合物象聚乙烯、聚丙烯和聚苯乙烯的共同问题)。

聚砒的剪切敏感性较低的另一优点是在挤压和吹塑成型时缩小了塑模膨胀作用,这在型材挤压时尺寸和形状的控制以及在吹塑成型时管坯尺寸的控制都是有利的因素。

聚砒和聚碳酸酯、酚氧树脂、聚苯乙烯相类似,其熔融粘度对温度的敏感性极高。注意图2,温度提高 50°F ,熔融粘度就降低50%。因此,在加工设备上调节料筒及机头温度是控制聚砒流动性能的优良方法。

由于它的耐热性较高,因此,聚砒要达到象聚碳酸酯相同的熔融粘度,就需要较高的熔融温度。但温度一经调整,这两树脂的流动性几乎相同,如图1、图2所示。这就意味着成功地使用于加工聚碳酸酯的挤压机、模塑机、机头和模型,通常也能加工聚砒。

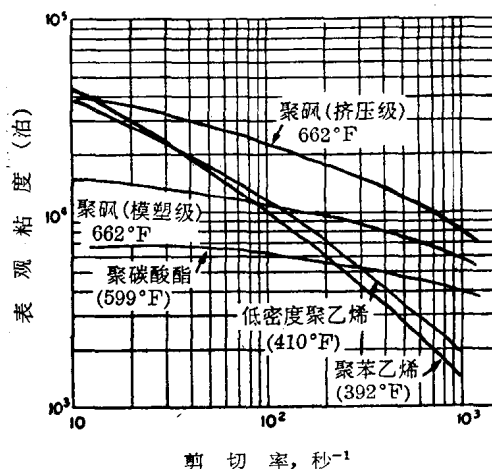


图1 注意两种聚砒熔融粘度的差别

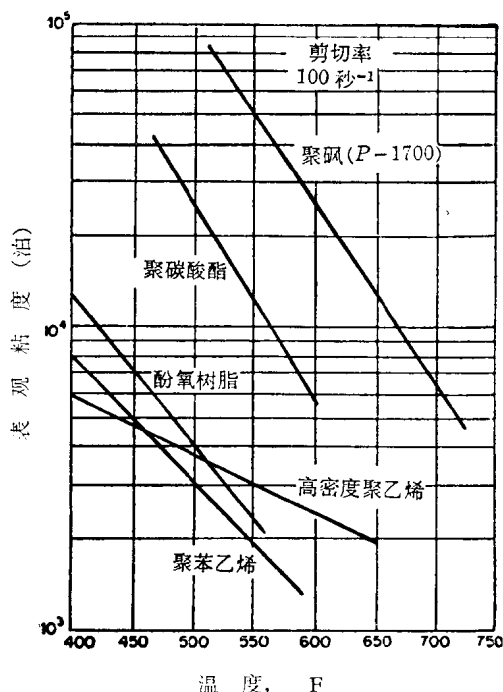


图 2 不同聚合物粘度和温度的关系

注射成型

现在考虑和聚砜注射成型有关的主要问题。

设备

柱塞式注射成型机还是螺杆式注射成型机。

虽然可以成功地使用柱塞式注射成型机，但是螺杆式注射成型机更好，因为它可迅速而均匀地加热树脂，加上树脂通过料筒的压力损失降低，因此在螺杆式注射成型机上能够加工许多在相同容量的柱塞式注射成型机上所不能模塑的制品。对于柱塞式注射成型机，应使用机器容量的 50~60% 左右，以防止太长的加热时间。第11页说明螺旋线流动性模塑试验的比较数据。

大多数模塑制品可用标准喷嘴加工，不必采用启闭装置。但当螺杆式注射成型机上所用的反压较高时，流涎作用可能成为一个问题。在这种情况下，可采用外部控制的转动启闭式喷嘴。

螺杆式或柱塞式注射成型机的典型的加工条件列于表 1。

预干燥和提高原料温度

在成型以前，聚砜应置于浅盘内在 250°F 至少干燥 5 小时，将水份含量降至 0.05% 以下。对于短期生产，带盖的料斗有利于防止原料的重新吸湿，对于长期生产，可用温度为 250°F 的料斗干燥器。

不预干燥，聚砜虽然不会降聚，但是水份将会在

制品上产生银丝。原料温度必须到达 625~750° 范围，精确的数值取决于模型的复杂性以及所用的设备。对于柱塞式注射成型机，料筒温度大致与所需的原料温度相同，而对于螺杆式注射成型机，特别是在施加反压时，则料筒温度可比原料温度低 50~100°F。

在任何情况下开车时，将料筒温度指针拨至 600~625°F，然后逐步升温，直至得到合格的产品为止。通常需要用最大的注射压力。注射速度一般也应调节至最大值，虽然在某些情况下，为了避免塑料流经铸口处发生脉冲现象，有可能需要降低注射速度。

在高温下，聚砜虽然是稳定的——在螺杆式注射成型机上曾在 800°F 以上加工过——但如果它停滞在料筒内的时间太长，则树脂可能在 750~800°F 温度之间就分解。例如，如果在大型柱塞式注射成型机上试图加工小型制品，就可能发生这种现象。分解的起始讯号是出现“斑点”，在稍高的温度下，继而出现黑丝。一经发觉这种讯号，应降低料筒加热器温度，并将料筒净化几次（参看第10页）。

表 1 聚砜注射成型典型条件

机 器	柱 塞 式	螺 杆 式
容量, 呖	4	20
锁模力, 吨	100	300
注射量, 呖	1½	12
制品类型	连接器	外壳
制品厚度, 吋	0.065	¾
原料温度, F	650	680
料筒温度, F		
后	620	670
中	630	670
前	650	680
喷嘴	200	140
模型	200	200
缓冲垫(剩料), 吋	¾	¾
注射压力, 1000磅/吋²	17	14
柱塞速度, 吋/分	60	—
螺杆转速, 转/分	—	51
周期, 秒	50	57

模型温度变化

最适宜的模型温度随制品厚度而异。标准为：厚度为 75~100 密耳的简单制品，模型温度为 200~210°F 已够满足；流程较长，截面较厚的复杂制品，模型温度可能要求高达 300~320°F。当制取无应力的制品时，（模型温度高），使厚壁制品成型复杂，周期也延长。对于厚壁制品，模型温度如能

用 140~160°F, 则能保证缩短周期。

模型设计要点

在设计模型时, 不论沿机器方向或垂直方向, 收缩率均取 0.007 吋/吋。

主流道、分流道和铸口尺寸要宽大, 并且尽可能短一些。分流道应为圆形或梯形。直径为 % 吋。

加工厚度为 0.08~0.1 吋或更厚的制品, 铸口厚度应和制品厚度一样。平直部分长度要短 (0.020~0.040 吋)。

小型薄壁产品可以用针尖式铸口, 但大型厚壁产品就不能用。多模穴模型小型制品的自动剪断铸口用潜入式的效果很好。

小形和针尖式铸口位置不妥时, 聚砒通过会产生脉冲的倾向, 因此, 铸口的位置应使树脂一经流入模穴就碰上厚壁或芯轴。对于薄壁以及长而且薄的制品, 要使用几个铸口。

毗连的间壁以及筋和婆司的底部要避免锐角。这些地方的半径和轮廓宽畅, 则能缩小缺口和改善制品的强度。

模型温度控制用槽以及排气孔, 可按照标准模型设计程序制造。

模型润滑

如果需用润滑剂 (一般不需要), 可用硬脂酸锌。但应避免采用有机硅脱模剂。

回料

只要保持干燥或者经过预干燥的, 回料可适量利用。如果直接回用 (如主流道、分流道在注射成型机旁磨碎) 回料就不必干燥了。但如果在用以前已经贮存过, 那么, 它已吸湿, 材料必须干燥。

干染色

透明和不透明的聚砒可用各种颜料在螺杆注射成型机上干染色 (参看表 2)。一般不宜用颜料 (象二氧化钛、碳黑、群青等) 干染色, 因为制品表面会呈阴暗的粒状。(对于天然色的聚砒, 可选用一些

极细的有机颜料染色)。

表 2 所列的着色剂, 在螺杆注射成型机上很容易分散而得到均匀的颜色和良好的表面光泽。而且它们也有足够的热稳定性, 经得起聚砒加工时所需的温度。在柱塞式注射成型机上, 其分散程度取决于所用的分流道和铸口。色泽均匀性一般不很好。不应该采用象粗滤板等分散助器, 因为会消耗掉塑料充模所需的注射压力。

着色剂的需要量随所要求的色度而不同, 一般在 0.005%~0.02% 之间。

用颜料干染之际, 着色剂应在树脂预干燥以前同材料相混合。如果在干燥以后混合, 则部分着色剂在接触热的树脂时将会熔融而不能得到均匀。另外, 着色剂本身也可能重新吸湿。

虽然加工温度范围较许多其他热塑性塑料为高, 但当挤压和模塑设备设计完美时, 并不会发生不良的后果。经过讨论, 认为采用 750°F 的料筒温度, 设备是足以胜任的。

料筒的清洗

在加工聚砒以前, 务必从料筒中彻底清除其他热敏性树脂。这可以用聚苯乙烯、高密度聚乙烯、聚丙烯或者再生的丙烯酸酯等树脂。挤压级聚丙烯特别合适, 因为它既能清洗比较冷的料筒, 又能清洗热的料筒, 并且在较高的温度下, 它不致变得太软。

再生浇铸丙烯酸酯虽然非常适合于清洗料筒, 但在聚砒加工温度下, 当自喷嘴中排出时, 伴有烟雾和气味产生。因此, 最好先用聚丙烯清洗, 在大部分聚砒推出以后, 然后把温度降至约 500°F。并用丙烯酸酯清洗料筒。

如果料筒内含有聚碳酸酯, 则可顺利地转换为聚砒, 毋需任何中间清洗过程。

加工聚砒以后关机, 没有必要清除树脂。但是在料筒冷却的时候, 仍应注射几次。

但是, 如果要变换不同的树脂, 则在料筒降低温度以前, 用上述树脂清除聚砒 (丙烯酸酯除外)。

表 2 聚砒用着色剂

色 泽	制 造 厂 商	商 品 名
蓝	美国 Aniline	Oil Blue
蓝~绿	美国 Cyanamid	Cyan Blue Toner
绿	美国 Cyanamid	GT. Solvent Greens
	Hilton Davis	1915 Synthaline Green
橙	美国 Aniline	Amaplast Red GG
紫	美国 Aniline	Amaplast Violet PT
紫罗兰	美国 Cyanamid	Oil Violet IRS
红	美国 Aniline	Amaplast Rubinol
黄	美国 Aniline	Quinoline Yellow

螺旋线模型流动性

试验说明

图中说明在一台料筒容量为 30 磅的 8 磅柱塞式注射成型机上* 所得到的数据。图 3 说明原料温度为 625~800°F 范围内聚砒和其他一些热塑性塑料流动性的比较情况。其他一些热塑性塑料的流动性数据是在每一种树脂的最适宜的温度下测得。图 4

*译注: 原文中是 3 磅, 恐系 30 磅之误。因为根据注射成型机设计原则料筒容量一般为注射的 4~6 倍。

说明原料温度对充模情况的影响。注意壁厚和压力是主要的，温度是次要的。

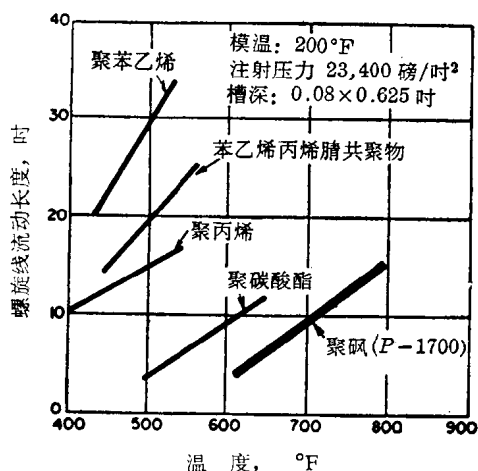


图3 聚砒与其他热塑性塑料流动性比较

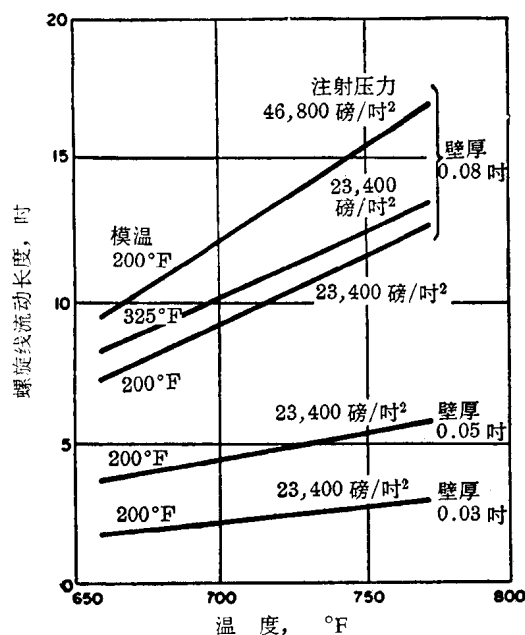


图4 壁厚和压力对流动性的影响

吹塑成型

在这里详细讨论聚砒的吹塑成型。为了防止气泡的形成和管坯的吹破，必须选用完全干燥的原料。否则，在吹塑成型时就会发生问题。原料一般在 250°F 温度下，置于浅盘内至少干燥 5 小时，如将温度升高到 320°F~335°F，则干燥时间可削减至 3~4 小时。象注射成型一样，对于短期生产，用加盖的料斗即可；对于长期操作，必须使用温度为 250°F 的料斗干燥器，以防原料重新吸湿。

设备：升温能力的关键

只要设备能够加热到聚砒吹塑成型级树脂所要求的原料温度 575~673°F，那么可以采用任何一种标准吹塑成型机，这些吹塑成型机包括连续挤压式、间断挤压式以及挤压-柱塞贮料筒式等等。

模塑级原料温度范围为 575~625°F，挤压级原料温度范围为 600~675°F。对于吹塑成型，一般建议用挤压级原料，因为它的分子量和熔融强度高。在挤压时所得到的聚砒熔体的温度均匀性通常要比聚烯烃为优越。因此，一般不需要用粗滤板以及其他反压抑制装置。

螺杆压缩比：选用低压缩比螺杆(2.0~2.5:1)，就能在熔体的温度均匀性、温度控制和功率要求三者之间达到适当的平衡，不宜使用高压压缩比的螺杆(例如通常用于聚烯烃的螺杆)，因为这些螺杆要求较高的传动扭矩，并且产生过量的磨擦热。

机头及模型设计

欲使减小树脂的停滞作用以及改善熔体均匀性的控制，必须采用流线型机头和模型。由于聚砒熔体对温度的敏感性极高，因此，特别要注意在机头和模型部分维持均匀的表面温度，这对管坯控制无裨益。

采用表面光洁的机头、芯轴、模型将有助于成型制品获得材料所固有的光洁度。由于聚砒是非腐蚀性物质，虽然表面毋需镀铬，但芯轴和模型必须维持较高的光洁度。

聚砒管坯的壁厚通常和芯轴和模型之间的间隙尺寸有密切关系。树脂的熔融粘度对剪切作用不是很敏感的，所以，当管坯自机头挤出时，比大多数塑料具有较小的膨胀作用。

其他问题

由于材料的熔体强度较高，因此虽然在大多数正常吹塑成型条件下并不会发生重大的问题，但假如管坯挤出速率太低或者熔体温度太高，管坯下垂作用也会加剧。实际的主要经验是在最低熔融温度下，使用最快的挤出速率，能得到管坯表面光洁。

模型温度：吹塑成型时模型温度比较高，温度范围在 160~200°F。

吹塑压力：吹塑瓶时，用 40~70 磅/吋² 的压力，得到良好的结果。

周期：周期和加工聚碳酸酯相近。由于聚砒具有无定形快速凝固这些性质，因此其周期一般较聚烯烃为短。

译自《Plastics Technology》vol. 11, September, 1965, P. 50~53.

怎样加工聚砒(II)

——挤压和热成型

聚砒能以通常的方法挤压成片材、管状薄膜、管材以及其他型材和涂层导线等。而且,材料的坚韧性和刚性的良好结合使它成为一种优良的热成型材料。此外,可在标准设备上以普通的成型工艺进行加工。

挤 压 聚 砒

简单的情况是:树脂必须预干燥,挤压温度要高。但以不影响设备为原则,最好选用均化型(计量型)螺杆。

聚砒挤压成薄膜、片材或型材所要求的加工条件示于表 1。这里就挤压片材、薄膜和型材时要注意的主要问题加以论述。

表 1 挤压成型聚砒片材、薄膜、型材的代表性加工条件

	片 材 ^a	薄 膜 ^b	型 材 ^c
螺杆直径 吋	4.5	2.5	2.5
螺杆长径比 L/D	20:1	28:1	16:1
螺杆压缩比	3:1	4:1	3.6:1
螺纹距			
加料区	3	22.5	4
压缩区	11	0.5	6
均化区	6	5.0	6
螺槽深度,吋			
加料区	0.750	0.380	0.500
压缩区	—	—	—
均化区	0.250	0.095	0.140
筛网	20~60~100	20~60~20	20~60~100
机头,吋	26	44	—
机头平直部分,吋	0.125	0.020	0.750
料筒温度, °F			0.5°
加料区	575	625	—
后压缩区	600	648	575
前压缩区	630	678	575
均化区	630	676	575
连接器温度, °F	630	600	575
机头温度, °F	630	650	575
融体温度, °F			
料筒	—	—	—
连接器	650	—	600

續表

	片 材 ^a	薄 膜 ^b	型 材 ^c
融体压力, 磅/吋 ²	—	4600	1650
连接器	1500	—	—
螺杆速度, 转/分	25	27	15
线速度 呎/分	2	11	8
马达功率	100	40	25
片材宽度, 吋	24	—	—
薄膜宽度, 吋	—	40	—
整饰辊温度, °F			
中心和顶辊	350~380	330	—
底辊	350~380	330	—

- a. 片材厚0.01吋,宽24吋,机头26吋,挤压机4½吋。
- b. 薄膜厚度0.005吋,机头44吋,挤压机为2½吋。
- c. 管材内径½吋、外径0.50吋,挤压机为2½吋。
- d. 模套内径。
- e. 模芯外径。

树脂预干燥

预干燥对于防止挤压制品中形成气泡极为重要。简言之,即原料置于浅盘中在 250°F 温度下至少干燥 5 小时。

挤压温度

根据挤压操作情况,挤压温度在 600~700°F 范围内(但是在加工导线涂层和薄膜时,温度可能高达 750°F)。料筒温度——开车时,为了防止加料区熔融阻塞落料,在料斗咽喉部分首先要通水冷却。挤压机运转一经稳定,料斗咽喉部分冷却水即可关闭。

就料筒温度而论,曾经研究了沿挤压机料筒上温度分布的情况。温度范围从 550~600°F 到 600~660°F。实际上,主要关键是达到并维持所要求的挤压熔融温度(600~700°F)。只要达到此温度,其分布情况并不太严格。但是,假如所用螺杆的均化区较浅,则应遵循下列原则:开车时料筒温度必须在所列温度范围的上限。

螺杆形状,机头设计

在挤压聚砒时,使用均化区深度适中(例如螺杆直径2½吋,均化区深度为0.120~0.150吋)和压缩比为2.5~3.5:1的均化型螺杆得到最好效果。切忌使用均化区浅或压缩比高的螺杆。