

热固性塑料注射成型工 41603

上海机床电器厂

一、概 况

热固性酚醛塑料（俗称胶木）具有优良的电气绝缘性能、良好的机械强度、高度防蚀性和良好的热稳定性，比重小，成型容易，外表美观，价格便宜，所以被广泛地应用于电器、电讯、电机、仪表，乃至日用品工业各个方面。

我厂每年需要近 400 万件热固性酚醛塑料件。如应用旧工艺，原有压机长年不停地生产也不能完成计划，所以改革旧工艺、制造高效率自动化的设备来解决热固性塑料件的生产，成了当务之急。

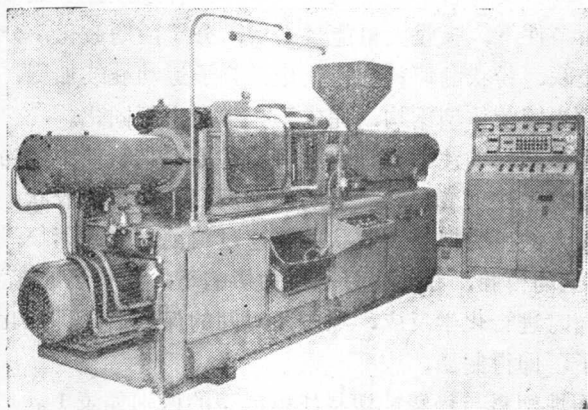


图 1 GZH₁-500 型热固性塑料自动注射成型机

七〇年十月底成立 500 克热固性塑料自动注射成型机“三结合”设计试制小组，七一年三月试制完成，七一年九月又进行了改进，终于试制成功 GZH-500 型热固性塑料自动注射成型机（见图 1），同时造出了三付一模多件的注射模具。从此，我厂热固性塑料件的生产面貌有了较大改变。

近三年来已经在 JR10-10 热继电器、JZ7 中间继电器、JS7-A 时间继电器及 CJ0-10、CJ0-20A、CJ0-40A 交流接触器等六种产品中的十二种零件上使用了注射成型工艺，从而使我厂的热固性塑料件的生产紧张状态有所缓和。

二、热固性塑料注射成型原理

我们这里所谈的热固性塑料，是指酚醛树脂为基础的塑料。酚醛树脂的主要成分是苯酚和甲醛，木粉是主要的填料，还有增塑剂、润滑剂、催化剂和颜料等成分。

这种塑料的成型过程是一种物理、化学变化过程。酚醛树脂的分子结构是具有若干支链的线状体。这种线性分子在一定的温度和压力条件下，吸收大量能量之后，分子活动激化，分子的支链发生交联，粉状的原料变得软化，分子运动继续加剧，线性分子交联成为网状体型结构，完成了化学反应而固化。

热固性塑料的注射成型就是将粉状原料在料筒中适当加温加压，使之发生物理变化和缓慢的化学反应，而呈稠胶状，然后用料杆以较大的压力把呈稠胶状的料通过料筒的喷嘴射入温度达 175℃ 以上的模腔，在此热量和压力影响下，原料迅速充满全部型腔，同时进行化学反应，经一段时间的保压后，即固化成型，打开模子，即得制品。

热固性塑料与热塑性塑料注射成型的区别如表 1。

表 1

项 目	热 固 性 塑 料	热 塑 性 塑 料
料筒温度控制	料筒温度在95℃以下, 过低则不能注射, 过高则硬固在筒内, 料在筒内呈稠胶状, 温度控制要求严格。	料筒温度 150℃ 以上, 过低未熔融, 不能注射, 略偏高不影响注射, 料在筒内近似液态, 控制温度要求不严格。
注射量的控制	每次注射完毕, 应使料筒前部余料很少, 避免余料硬化堵塞喷嘴。	每次注射完毕, 应使料筒前部有相当数量余料, 否则制品出现注射不足现象。
模具温度	一般在 170℃ 以上, 太低则固化时间长, 过高则固化太快, 不能充满型腔。	在 100℃ 以下, 有的甚至通冷水, 以求迅速硬固。
变化属性	物理-化学变化过程。射入模腔中, 化学反应有分解气体溢出。	属物理变化, 无分解气体。

三、设 备

1. 500克热固性塑料自动注射成型机的结构原理

该机由床身、开闭模系统、注射系统、水加热系统、液压系统及电器控制系统六个部分组成。

床身是钢板焊接结构, 有很好的刚性。开闭模系统及注射系统安装在床身上面, 安全门所对着的地方, 是安装模子的部位。模子沿纵向(正向)的开闭可以有快慢两种速度; 动模板(动横梁)上有两个侧向(横向)的小油缸(图2), 可以驱动侧向型芯的开闭。注射系统(图3)有四种动作:

① 喷嘴的前进后退(即整个注射箱体的移动), 使喷嘴的球面与模子浇口的球窝相吻合或远离;

② 以注射箱尾部为中心, 整个注射箱(连料筒)向操纵台一边可以回转 15°, 使喷嘴移到安全门框外侧, 这样可以卸掉喷嘴, 排除料筒里的硬料, 或当维修时, 把螺杆从料筒口拉出;

③ 从粉斗向料筒前端加喂粉料。这是通过油马达动作，经减速器驱动花键轴，花键轴与螺杆连结成一体，使螺杆旋转。由

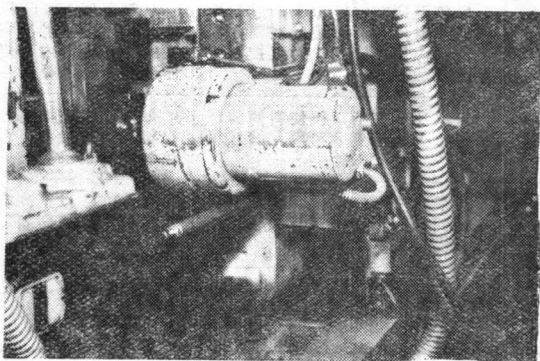


图 2 侧向油缸

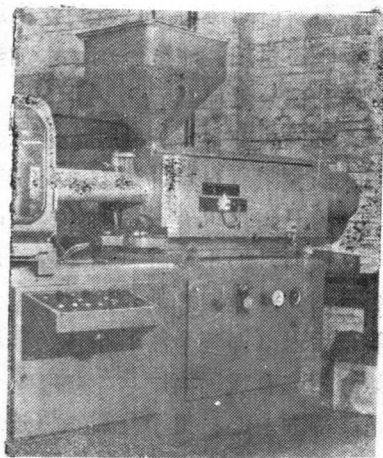


图 3 注射系统

螺杆螺纹把粉输送到料筒头部，作注射之用；

④ 花键轴另一端与注射活塞杆相连，液力通过活塞和花键轴把推力传给螺杆，此时把螺杆当作活塞用，把前端软化了的料经喷嘴射入模腔。

粉在料筒内预塑所需的热有两个来源，主要是由布置在注射箱下侧床身内的水加热器传来的，见图4、图5；其次是螺杆旋转时，与粉及料筒内壁的摩擦热。灵敏地控制料筒的温度是一个

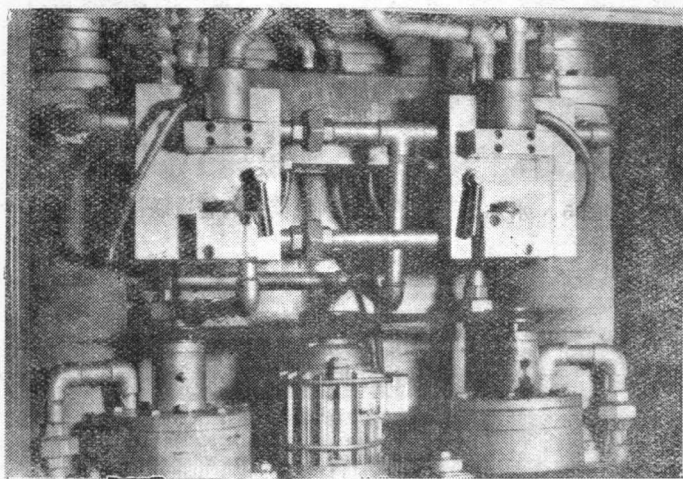


图4 水加热器

极重要的问题，是决定能否正常生产的主要因素之一。这个问题在后面还要详细地叙述。

模具是采用电阻加热，在动模板及定模板（相当于一般压机的下横梁）上分别装有电热元件板，把热传给模具。

床身的下半部是油箱，油箱是封闭式的。油箱的面板上（即床身中间）安装着全部液压元件，包括双联泵、油路板（阀的总

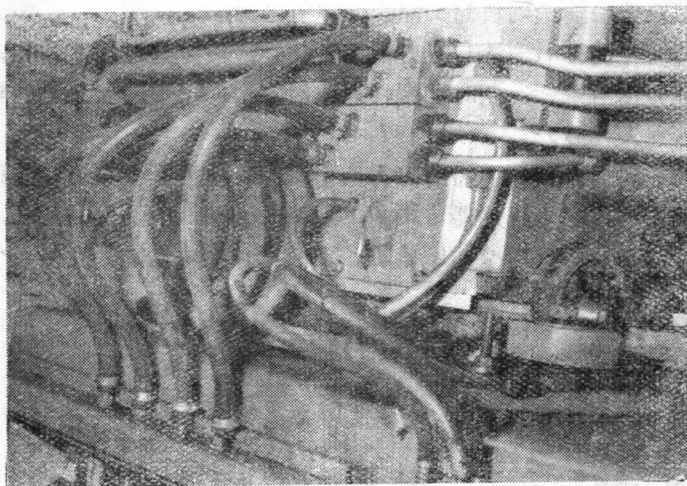


图5 水加热器把热能传到料筒去的管道联接

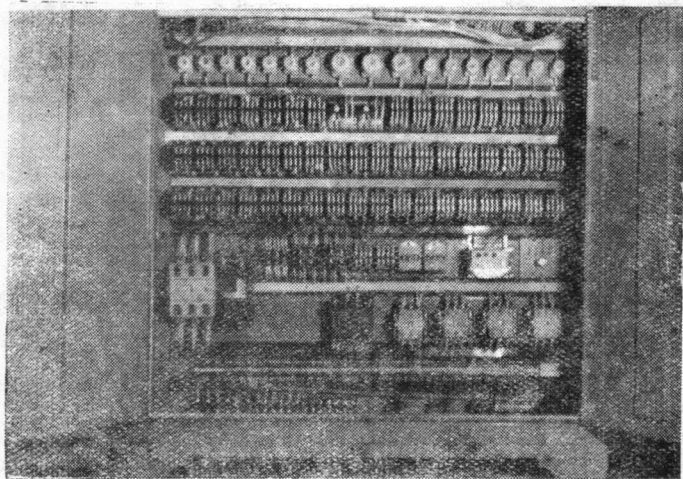
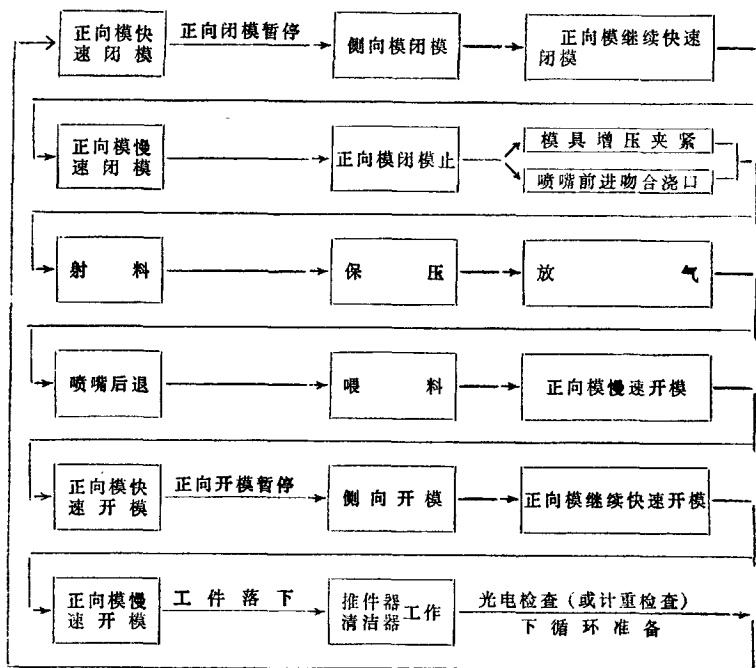


图6 电器控制箱内元件布装

成)、冷却器及管路。除了气动推件器及清洁器之外,全部为液动。

电器系统分布于两处,一是控制柜,见图6,二是操纵台。它能使机床做到手动、半自动和全自动。当全自动操作时,其程序如下:



2. 技术规格及主要参数的确定

该机作过三次设计,分别自编型号为 GZH₀-500、GZH₁-500、及 GZH₂-500。前两种分别于71年8月及72年8月投产。后一种由上海电器工业公司组织大会战,正在制造中。

(1) 技术规格

GZH₁-500 型的技术规格:

1. 单次最大注射量	500厘米 ³
2. 主闭模力	130吨
3. 侧向闭模力	3 吨
4. 注射推力	30吨
5. 喷嘴射料压强	1340公斤/厘米 ²
6. 射料速度	90厘米 ³ /秒
7. 开闭模行程	400毫米
8. 最小封闭尺寸	300毫米
9. 侧向活塞行程	90毫米
10. 螺杆最大射料行程	200毫米
11. 射料箱体行程	200毫米
12. 射料箱体回转角	15°
13. 螺杆直径	55毫米
14. 螺杆长径比	$L/D = 16$
15. 螺杆转速	最大约80转/分
16. 移箱推力	3 吨
17. 双联泵规格	25/150公升/分, 65公斤/厘米 ²
18. 油马达功率	5 瓩
19. 料筒加热功率	9 瓩
20. 模具加热功率	10瓩
21. 主电动机规格	22瓩970转/分
22. 水泵电动机规格	500瓦2800转/分
23. 总重量	约5000公斤
24. 外廓尺寸(长×宽×高)	4.8×1.23×1.81米

(2) 几个主要参数的选择

- ① 容量与生产效率, 作为技术引进的日本 RJ-75A 型热固

性塑料注射成型机，我厂分配到一台。它的最大注射量 250 克，只能压铸较小的零件，至多能压铸一个 CJ0-10A 交流接触器的壳体，CJ0-20A 及 CJ0-40A 的壳体在该机上不能生产。为了满足本厂生产要求，而决定搞 500 克热固性塑料注射成型机，而且把模子制成一模多件。

② 注射压强：料从喷嘴射入模腔并充满，其单位压力是与胶木件的结构复杂程度以及壁厚有密切关系。如形状简单的饼状、环状、盆状及壁厚者，则可偏低，在 $700 \sim 900$ 公斤/厘米² 就可以了；但我厂胶木件的形状比较复杂，为了保证充满型腔，所以我们选择 1340 公斤/厘米²，比 RJ-75A 的 1250 公斤/厘米² 要高。为了有利成型，国外都在向偏高发展。但是偏高了，却显著地加大注射油缸和闭模油缸的直径；否则，只有提高液压系统的单位压力。

③ 型腔投影面积与闭模吨位的关系：闭模力的大小，决定于模腔的投影面积及注射压强。一般说，民用塑料件单位投影面积上的用料量小，如碗、碟、盆等；而工业电器塑料件的单位投影面积上的用料量大，特别象我厂交流接触器壳体最为典型，它有相当重量但投影面积不大，这有利于机床四导柱间的尺寸趋小和闭模力不趋大，我们考虑模腔的最大投影面积为 300 厘米²。

当软化了的料射入模腔时，由于呈半流体，传递压力不甚灵敏，所以在模腔里的单位压力只有注射压强的 $1/3$ 。这样闭模力为：

$$P = 1340 \times \frac{1}{3} \times 300 \approx 130000 \text{ 公斤}$$

④ 螺杆的压缩比和长径比：压缩比关系到注射系统能否正常运转及制品的质量；长径比影响拌料受热的均匀度，也关系着适应粉料品种范围。这两种数值目前很难用计算方法求得，都是

通过实验定下来的。

压缩比是指粉料从粉斗进入料筒时单位重量的体积与被输送到料筒头部时单位重量的体积之比。酚醛塑料的粉料在被螺杆向料筒头部输送时，一方面被螺纹的法向力压缩，另一方面受到加热系统传来的热和筒内摩擦热而塑化，因此单位重量的体积在不断地变小。但其变化规律，我们尚未研究，假设为渐变的，所以我们对螺纹底径加工成渐变的不等深（使加工工艺简化），压缩比为1:1.42（半径差之比为1:1.25）。经过两年的实践证明这个假设是对头的。压缩比过小，可能造成铸件中有气泡；压缩比过大，一则消耗传动功率，二则增加摩擦热和压缩热，使粉料在筒内易于硬化，而不能正常生产。

长径比小固然能使料筒料杆缩短，但不易使料拌匀；长径比大，料筒料杆必然趋长，但拌料受热均匀，适应性广。我们取为16，看来取18~20较好。

3. 各部分结构及技术特点

（1）液压系统：液压原理见图7。我们设计成全板式油路，呈一大型板式。板为 $100 \times 480 \times 520$ 毫米，把十七只阀分别贴在板的两侧面，尽量共用压力油孔、控制油孔、回油孔及泄油孔等，以减少油孔的数量，把某些单向阀作成非标准，与换向阀迭装，阀板的尺寸就能小一些。这些设计的优点是阀板总成（图8及9）体积小、节约大量管子和管接头、装拆维修方便，缺点是阀的排列不易整齐和油的发热量大一些（解决办法叙述于后）。图10是背压阀、节流阀及压力表的安装。

油的冷却装置是不可忽视的，我们也采用了板式结构，如图11及12所示。图14中的元件原系30、40吨大型卡车及鱼雷快艇中的机油冷却器。它有12个热交换层，每层间通油，每层的横截面还有波浪形结构，使油与元件增加接触面积。我们使冷却水

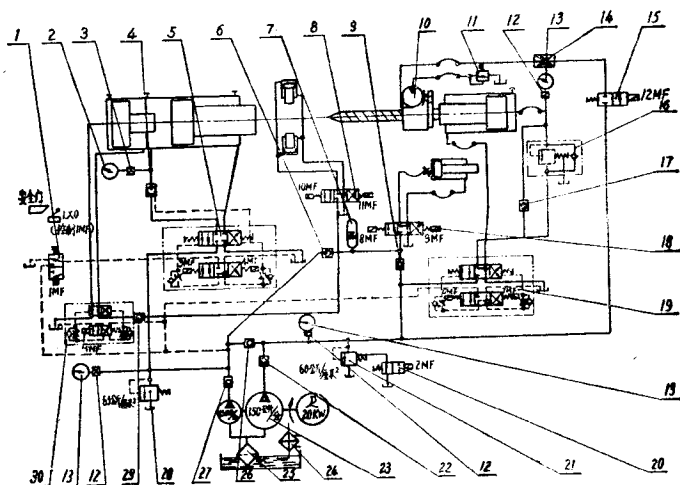


图7 液压原理图

序号	元件名称	数量	型号	序号	元件名称	数量	型号
1	二位三通电磁阀	1	23D-25B	16	直控平衡阀	1	XI-B63
2	压力表(高压)	1	$\phi 100$	17	单向阀	1	I-63B
3	压力表开关(高压)	1		18	三位四通电磁阀	1	34D-25BY
4	液控单向阀	2	IY-63B	19	三位四通电液阀	1	34DY-100BY
5	三位四通电液阀	1	34DY-100B	20	二位二通电磁阀	1	22D-10BH
6	单向阀	1	I-25B	21	溢流阀	1	Y-160B
7	小蓄能器			22	单向阀	1	I ₁ -160
8	三位四通电磁阀	1	34D25BY	23	双联叶片泵		J151K150/25
9	单向阀	1	I ₃ -25B	24	冷却器	4	YMS-75B
10	油马达		MΓ-154	25	滤清器	4	50目
11	背压阀	1	I-63B改	26	单向阀	2	I-63B
12	压力表开关(中压)	1	K-3	27	单向阀	1	I-25B
13	压力表(中压)	1	$\phi 100$	28	溢流阀	1	Y-63B
14	流量控制阀	1	QF-B20C	29	单向阀	1	I ₂ -63B
15	二位二通电磁阀	1	22D-63B	30	三位四通电液阀	1	24DY-63B

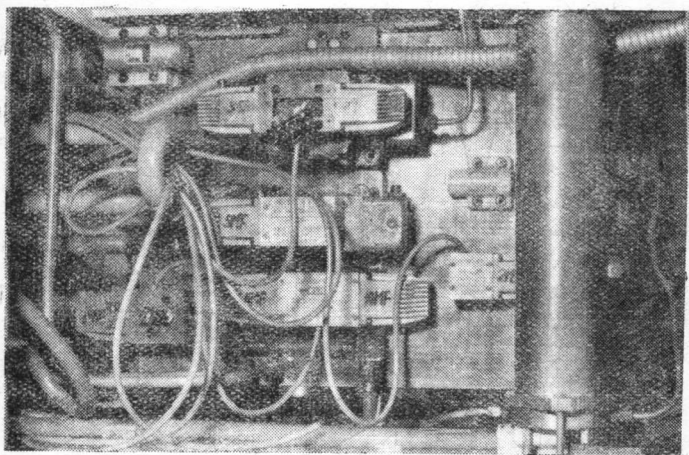


图 8 阀板总成背视

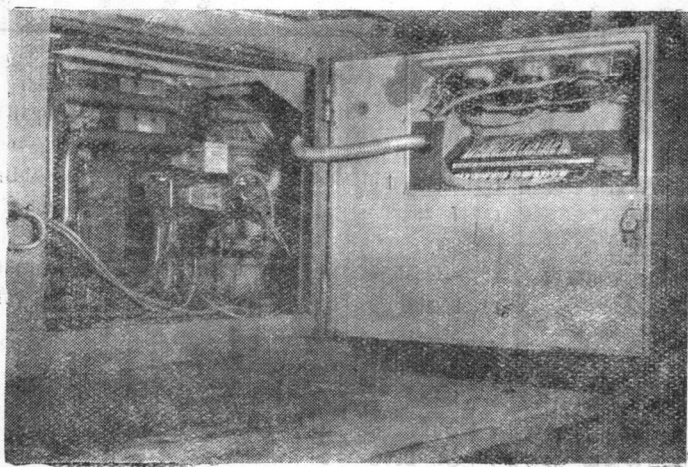


图 9 阀板总成前视

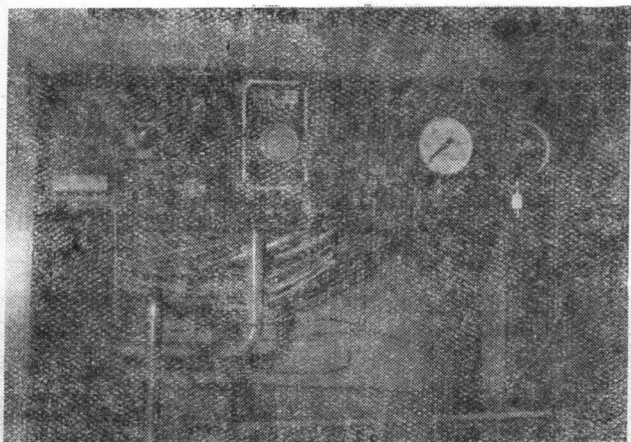


图10 背压阀、节流阀及压力表的安装

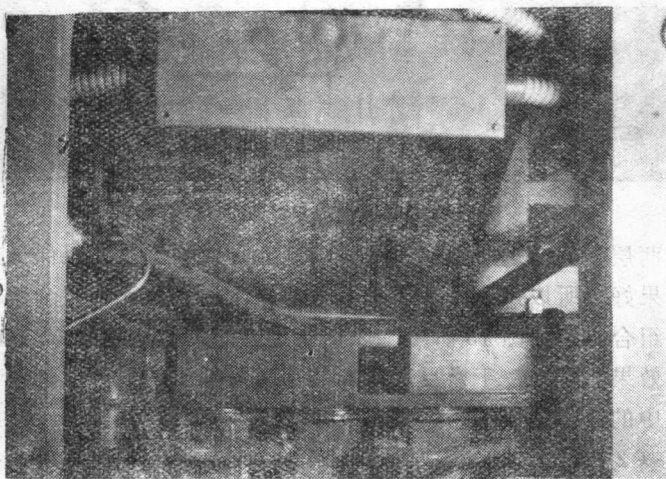


图11 油冷却器（下半张）

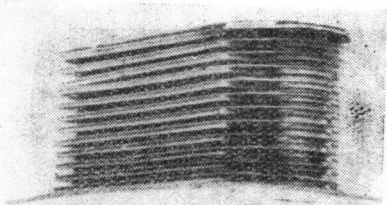


图12 冷却元件

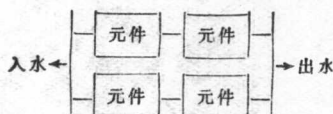


图13 冷却元件的组合

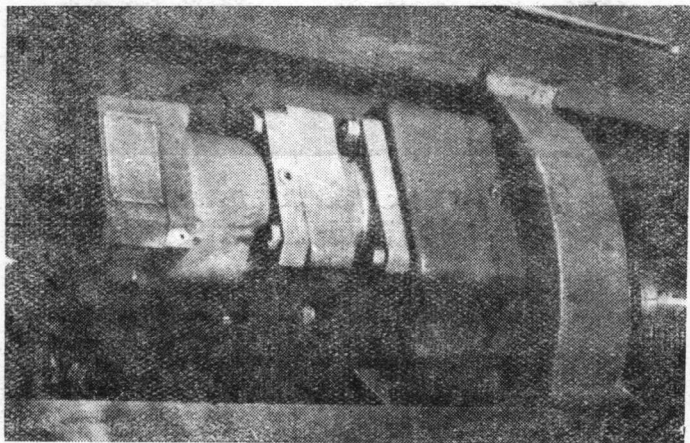


图14 箱体内的油马达和减速器

从每两层之间流过，但尽量减少水从元件四周流过，以保证热交换效果好，所以每个元件用水套包起来，用四个元件组合起来使用，组合方法如图 13 所示，以达到足够的油的通流面积。它的热交换效果非常好，于盛夏，排出的水温只低于油温两度，基本能把油中的热量交换掉。

(2) 开闭模系统：除了正向（纵向）开闭机构以外，我们增加了侧向油缸（见图 2）。考虑到我厂模具复杂，用以驱动横

向型芯的拉开和合拢，尤其当用斜楔结构行程难于达到时意义较大。

这两套油缸安装在动模板上，使用与否可以任意装拆。

正向闭模压力是通过增压来达到 130 吨的。

(3) 注射系统：注射系统关键在于驱动螺杆旋转的机构。由于我国油马达品种规格不多，选用了 MF-154 型轴向柱塞高速油马达（见图14），它与一个减速器相组合，安装在箱体内，所占空间较小。

减速器是一种一齿差摆线行星减速器，并设计成中空，使花键轴穿过，输入输出是同轴心，输入是空套在花键轴上的，这样结构紧凑，外形小。减速比是1/28，所以使螺杆得到60~80转/分的转速。减速器的摆线齿轮能有半数齿啮合，所以具有机械效率高、寿命长、噪音小等特点。

(4) 水加热系统：对料筒的供热和灵敏地控制温度是一个很重要的问题，否则，就不可能正常地进行生产。水加热系统的形式和原理见图 4、5 及 15。由于料筒温度分成不相同的两段（后

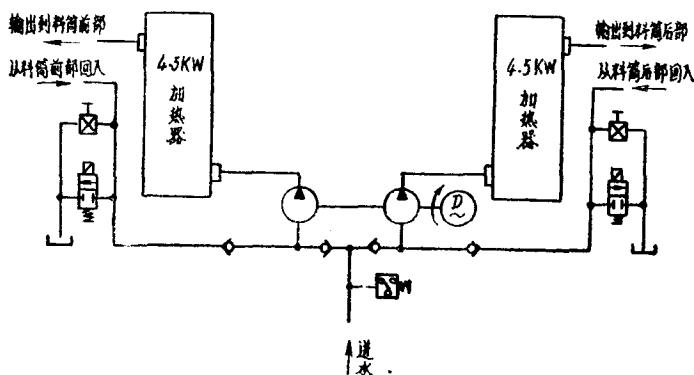


图15 水加热原理图

端 $50\sim 65^{\circ}\text{C}$ ，前端 $80\sim 95^{\circ}\text{C}$)，所以分成两组加热和传送。水泵从水源把冷水打入电加热器，再通入料筒水套并充满所有管路，此时冷水不再进入，系统里的水通过水泵的作用而循环。从图4中可以看出，水路板的上角装有测水温的热敏电阻，当料筒的温度达到规定的上限时，温度计发讯号给电磁阀，阀动作，热水从 $\phi 3$ 的孔中外溢。此时系统内的水压下降，水源的冷水立即顶开单向阀补入系统，从而料筒的温度能迅速下降，直到下限，温度计又发讯号给电磁阀，阀闭，热水止溢，冷水不能再进入系统，经电加热器的作用，料筒温度又渐渐上升，这样使料筒的温度始终保持在一定的范围内。由于自动控制，温度的升降速度在一秒钟内能达 $\pm 0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ ，这是用水传热的优点，而且水便宜，有经济意义。

(5) 油箱的设计：从纵向把它隔成两半，在油泵附近的下方，把排油和吸油用隔板隔开。使排油经过长环形回流至吸入滤清器处。而在这个回流过程中还做有很多高低门槛，使油波浪形地翻滚流动。这种结构有减少死油区、增加油与箱板的接触面积，从而把一部分热通过箱板传导出来的优点。

(6) 电器系统：由于动作多、联锁多，所以系统是较复杂的。关于每个动作的时间及动作与动作间的程序，是由数字计时器JSS-8控制的，它是由晶体管组成的电子计算装置，把电源交变脉冲作为计时的依据；动作的另一种依据是限位开关。绝大部分元件都是本厂产品。

4. 重要零部件注意事项

(1) 料筒和料杆：料筒料杆的材料选择和热处理很重要。酚醛塑料的粉末如同细黄砂，硬而粗糙，极易使料筒料杆磨损，即使预塑软化之后，也要比热塑性塑料厉害。工作一万模，即螺杆累计旋转100小时，如螺杆是45号钢做的，其直径上的磨损大

约达0.5毫米。所以我们希望用硬而耐磨的钢材，目前最适宜的是38CrMoAlA氮化钢。为了保证尺寸精度，要重视热处理工艺，诸如调质、去应力及氮化等。这种钢材另一特点是氮化之后，变形量极小，因此一般在精加工之后才氮化。

(2) 导柱：四根导柱要表面淬火、镀硬铬。其目的是耐磨、防止有害气体锈蚀，同时当装拆模子时，万一工具敲着导柱，可防止造成凹痕。

(3) 油缸和活塞杆：各油缸内壁和活塞杆表面都要镀硬铬、精磨，使之耐磨、提高寿命，也有利于密封圈的密封性能。

(4) 密封圈：对尺寸大的密封圈选用“K”型断面，材料采用聚胺酯橡胶，机械强度高、耐磨、密封性能好。

5. 与日制RJ-75A型热固性塑料注射成型机的比较

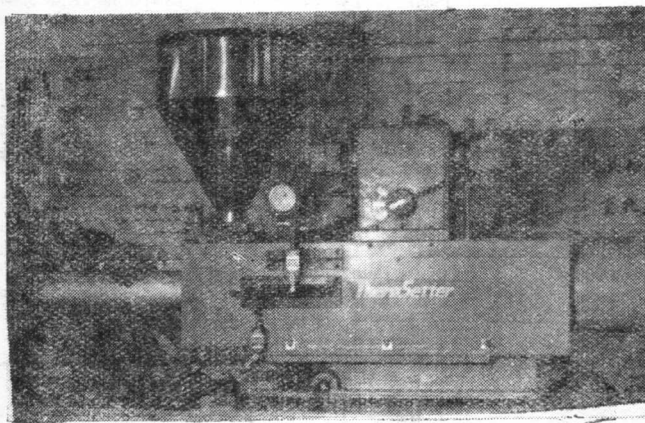


图16 RJ-75A型机的注射系统(它的油马达及减速器凸出在上面)