

注塑模具模腔压力动态测试的新方法

承民联 唐忠松*

(江苏化工学院高分子教研组 常州)

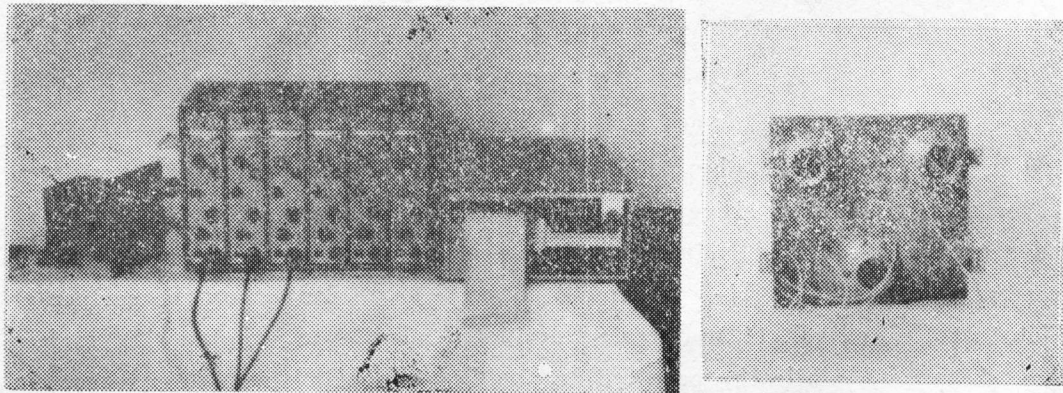
摘 要

本文采用自行研制的测试装置,在国内首次测得注塑模具模腔平均压力的数据,并能达到动态显示、自动记录。为研究在不同工艺参数条件下锁模力和模腔压力的变化规律提供了一种新的方法。

合模力参数(本文把注射后由于负载的作用而形成的最终锁紧力称之为锁模力)是塑料注射成型机最重要的参数之一,亦是保证制品质量的先决条件。研究表明,更为重要的因素是锁模力,它既影响到肘杆系统的实际变形量,又关系到模具能否最终被锁紧,而不至开缝、产生溢边、影响到制品的精度。因此,合模力与锁模力无论是对注射机的设计还是对制件的生产都是至关重要的。

模腔压力是注射模塑过程中重要的参数。它不仅与注射制品性能有着密切关系,它还是注射机设计和模具强度校核所依据的重要技术数据。尤其在“自适应反馈”控制生产过程中,模腔压力更具有重要意义。

长期以来,对合模力,锁模力和模腔压力的研究是分别进行的。采用的是二种不同的实验手段。其实,二者之间是紧密相关的、是互相影响的。其间关系虽相当复杂,但又是具有规律可循的,不同的模腔压力必然对锁模力产生重大影响;而不同合模力条件下,模腔压力对锁模力的



图一 锁模力和模腔压力动态测试装置

* 江苏化工学院高分子专业 87 届毕业生

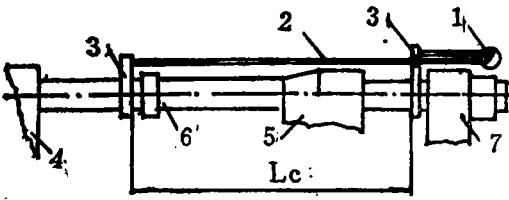
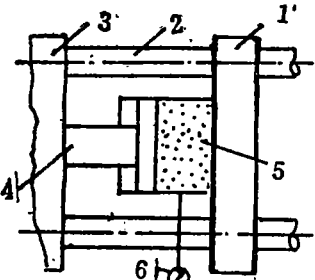
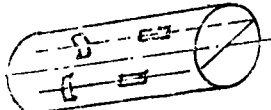
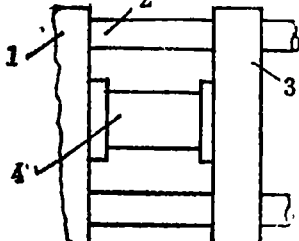
影响方式和影响程度也不同。我们试图将这二部分研究工作统一起来，为此设计了一套在实验中能动态显示并记录合模力、锁模力和模腔平均压力数值的测试装置。该装置如图一所示。

以往人们在研究模腔压力时需购买昂贵的熔体压力传感器，且测得的数据仅代表某一特定模腔中某一特定点的压力变化值，而对模腔平均压力值一般都是估算所得。我们希望将我们测得的数据填补这方面的空白，为注射机和模具的设计和校核提供一些基础数据，推动模腔压力的研究工作深入发展下去。

一、合模力和模腔压力测试方法分类

根据有关文献，我们将各种测试合模力和模腔压力的方法归纳成表一和表二。

表一 合模力测试装置

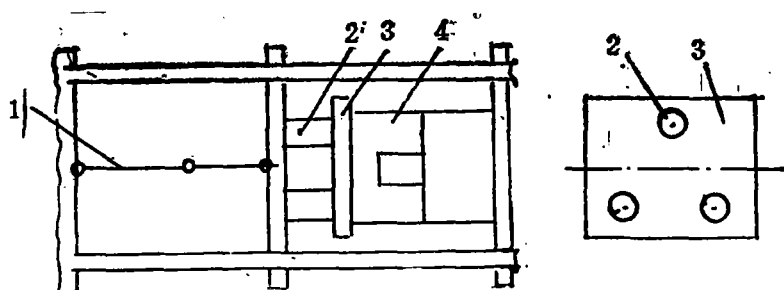
序号	装置示意图	原 理
1	 <p>机械式测力装置</p> <p>1-千分表 2-应变传递杆 3-卡紧定位圈 4-后模板 5-动模板 6-拉杆 7-前模板</p>	<p>合紧模具时测量出长度 L_c 所发生的变形量 ΔL_c (可从千分表中直接读出), 即可从以下的计算式得到合模力:</p> $P_{cm} = \frac{ZEF}{L_c} \cdot \Delta L_c \quad (2)$
2	 <p>液压式测力装置示意图</p>	<p>根据合模后液压油的压力可算出合模力</p>
3		<p>电测法一;</p> <p>在拉杆上粘贴电阻应变片。通过动态应变仪, 示波器测量</p>
4	 <p>1-移动模板 2-拉 杆 3-固定模板 4-传感器</p>	<p>电测法二:</p> <p>将传感器置于定动模板之间, 加载以测出合模力</p>

表二 模腔压力的测试

序号	传 感 器 名 称	特 点
1	圆盒型熔体压力传感器	能准确测定在充模过程中制品的某些特定点的压力 ^[3]
2	Dynisco TPT 压力传感器	可接 Dynisco 数字显示仪

二、锁模力和模腔平均压力动态测试装置

我们设想出一种既能测试合模力，锁模力，又能测试模腔平均压力的装置，并能进行动态分析和自动记录测试数据。要做到这一点，必须将测试装置与成型模具连接在一起。为了获得合适的输出灵敏度和紧凑的结构，我们自行设计制造了三个测力传感器，并将这三个测力传感器均布在一块固定板上组成一个测量头，以消除偏载的影响。然后将测量头与模脚固连在一起安装到注射机的动模一侧，整个测试装置的示意图见图二。



图二 测试装置安装示意图

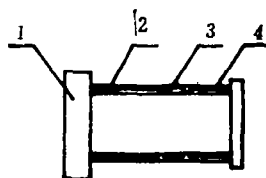
1-合模机构 2-测力传感器 3-固定板 4-杯形模具

三、实验仪器及数据

本实验是在SZ-100/80注射机上进行的，所用主要仪器如下：

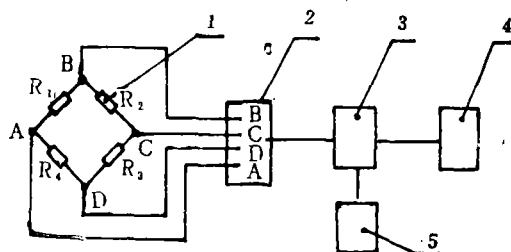
动态电阻应变仪	Y6D-3A	华东电子仪器厂
光线示波器	SC16	上海电表厂
液压式万能试验机	WE-30	浙江金华试验机厂
塑料成型模具：浇口形式为针点式	BF120-3AA	上海应变计厂
筒形杯子、常温电阻应变片		

弹性元件的设计可参阅^[1]。应变片式测力传感器结构如图三所示。连接形式如图四所示。部分实验数据如表三所示。



图三 传感器结构

- 1-弹性元件 2-绝缘层
3-电阻应变片 4-保护层



图四 动态应变测量接线图

- 1-电阻应变片 2-电桥盒 3-电阻应变仪
4-光线示波器 5-电源供给箱

四、结果与讨论

1. 合模力和锁模力的测试

我们先后用 LDPE、PP、PS 料进行试验，测得注射全过程的压力动态变化，用分规量取示波器记录纸上的曲线的光高，然后分别查三个测力传感器的标定曲线，即可得到每个传感器所承受的力的大小，用合模时所得的三个数据相加便是合模力，用最大光高所代表的力相加便是锁模力。

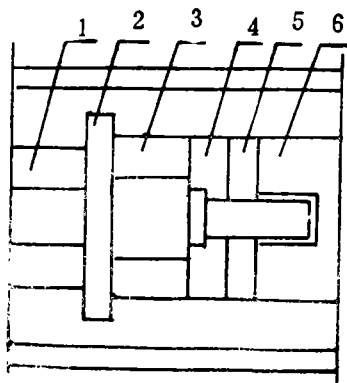
表三 实 验 数 据

编 号	原 料	料 筒 温 度 $^{\circ}\text{C}$			成 型 时 间 S		注射压力 kg f/cm^2	合 模 力 T	锁 模 力 T
		前	中	后	注射保压	冷 却			
A	LDPE	195	190	160	5	20	650	5.12	10.32
B	PP	230	217	185	10	20	580	4.95	10.90
C	PS	206	198	162	10	20	700	4.60	9.95
D	PP	210	190	160	10	20	680	12.36	13.96
E	PP	202	195	165	10	20	550	4.64	6.91
F	PP	202	195	165	10	20	580	4.82	8.48
G	PP	202	195	165	10	20	620	4.67	9.54

第一 传 感 器		第二 传 感 器		第三 传 感 器		作用力总和 T	模腔平均压力 kg f/cm^2
光 高 mm	相应的力 T	光 高 mm	相应的力 T	光 高 mm	相应的力 T		
14	1.35	10	1.12	25	2.65	5.12	
29	2.82	10	1.12	26.2	2.73	6.67	267
45.3	4.45	16	1.7	32	3.35	9.5	380
47.7	4.60	18	1.87	34	3.55	10.02	400.8
48	4.67	19	2.0	35.5	3.7	10.32	412.8
41	3.9	17	1.7	32	3.2	8.8	352
28	2.45	10	1.05	25	2.5	6	240
19.5	1.85	10	1.05	25	2.5	5.4	216
18.5	1.75	10	1.05	25	2.5	5.20	208

2. 平均模腔压力的测试

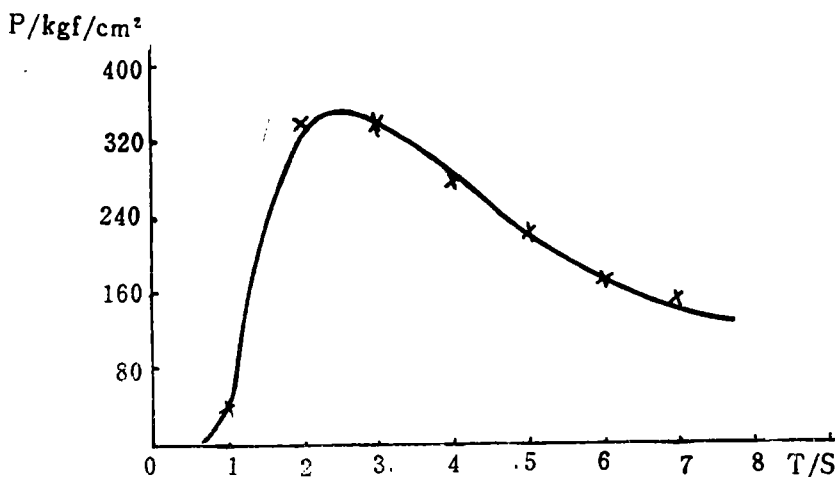
从表三的数据可以看出，在试验中我们施加的合模力是比较小的。模具压缩量必然也较小，因而在注射过程中固熔体压力的升高使模具发生的回弹量也是很小的。事实上，对我们



图五 模具结构

1-传感器 2-固定板 3-模脚
4-动模板 5-脱模板 6-中间板

所采用的模具（见图五），在注射时，仅有动模板、脱模板、中间板会发生回弹。从后面的讨论中我们可以发现，其量甚小，几乎可以忽略；而模脚、固定板和传感器在注射时受到的力比合模时为大，要继续发生压缩变形。其中传感器弹性元件的变形量最大。模具回弹量比被压缩量要来得小，再加上肘杆系统的变形力进一步增加，动定模板继续被张开，其结果使得模具分型面处很快分开，这种情况比不加传感器时要来得快。所以，我们测得的充模曲线，开始一部分会有些误差，当模具分型面张开后，作用在传感器上的力完全是由模腔压力造成的。因此，平均模腔压力就可以用传感器测得的力除以制件在分型面上的投影面积来获得。图六表示了充模时间与平均模腔压力之间的关系。



图六 充模曲线图

3. $P = C\Delta L$ 曲线的修正

对肘杆式合模机构来说，当曲肘最终合紧而处在一线排列时，机构所产生的总变形可用下式表示^[2]

$$P_{cm} = C\Delta L$$

式中 P_{cm} ——合模力

ΔL ——机构总变形量

C ——合模系统的总刚度

$$1/C = \frac{1}{nC_p} + \frac{1}{mC_k}$$

在肘杆合模机构上安装模具进行加工时, 同理也可写出模具受力与变形的关系

$$P_{cm} = C_m \Delta L_m$$

其中 C_m —— 模具刚度
 ΔL_m —— 模具变形量

以上二式可用图七表示。在注射后, 由于模腔内熔料胀模力的作用, 模具压缩变形量将要做相应的回弹 Δ , 回弹的极值即为压缩变形量 ΔL_m , 此时胀模力等于锁模力。

由于在我们的模具中加上了传感器, 它的变形以及模脚和固定板的继续受压缩使得机构总的变形量增加了, 而回弹也应提前结束, 我们可以通过计算对 $P = C \Delta L$ 式进行修正, 具体方法如下。

注射开始前, 在两模板间设置了千分表, 以便测知达到锁模力时两模板的变化, 即机构总变形量, 结合从示波器记录曲线上获得的合模力及锁模力的数值就不难得到 $P = C \Delta L$ 线, 即

$$P_z - P_{cm} = C \Delta L'$$

试验条件与结果见表四、表五。

表 四 试 验 条 件 与 结 果

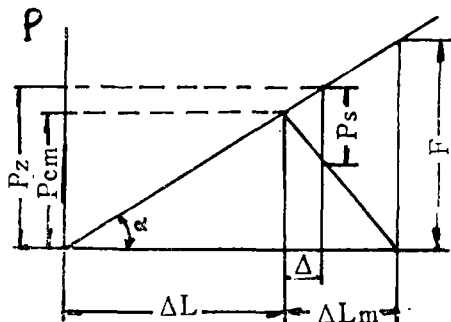
试验数	料筒温度 $^{\circ}\text{C}$			成型时间 S		注射压力 kg f/cm^2	合模力 T	锁模力 T	千分表数值 mm
	前	中	后	注 + 保	冷 却				
1	202	195	165	10	20	580	4.80	8.20	0.095
2	202	195	165	10	20	580	4.80	8.57	0.090
3	202	195	165	10	20	580	4.85	8.67	0.090
平 均							4.82	8.48	0.092

表 五 计 算 结 果

编 号	1	2	3	4
名 称	模 脚	固 定 板	模 腔	脱 模 板
$C \times 10^4 \text{ kg f/cm}^2$	8.35	114.3	48.63	145.9
压 缩 量 mm	0.0029	0.0004	0.0010	0.0003
总 回 弹 量 mm	0.0013			
模具总压缩量 mm	0.0046			

注射以后模脚, 固定板及传感器将继续受到压缩, 其量计算如下:

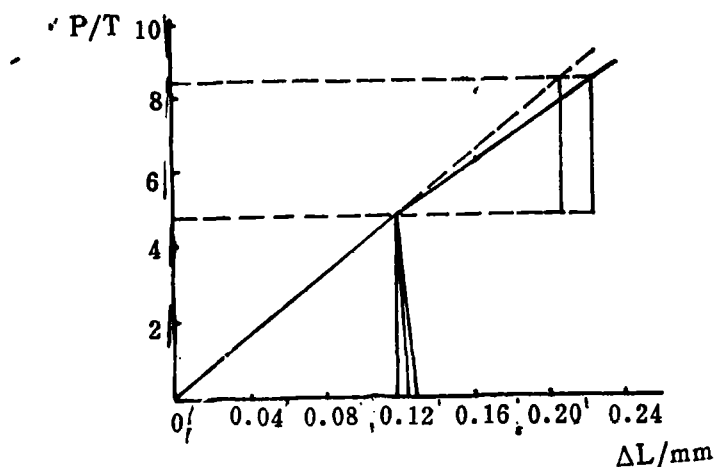
$$\Delta L_{\text{总}} = \Delta L + \Delta L'_1 + \Delta L'_2 = 0.008 + 0.002 + 0.0003 = 0.01(\text{mm})$$



图七 肘杆机构在工作过程中力与变形

式中 ΔL ——传感器
 $\Delta L'_{k_1}$ ——模脚
 $\Delta L'_{k_2}$ ——固定板

根据上述计算数据可以作出修正曲线如图八所示。对照图六可以清楚地看出，用我们的测试装置来研究模腔平均压力是切实可行的。



图八 修正曲线

五、结 论

1. 实验表明，我们研制的测试装置是成功的。它不仅可直接测试出合模力和锁模力，还可以测得模腔平均压力的动态变化（关于模腔平均压力的研究将另文发表）。
2. 本装置结构简单，测试方法比较可靠，自制测力传感器成本便宜，所需配套的二次仪表均可在国内购买。因此，该装置的研制成功为工厂和科研机构测试研究合模力、锁模力及模腔平均压力找到了新的方法。

参 考 文 献

- 〔1〕 石来德，袁礼平，机械参数电测技术，轻工业出版社，P71，（1981）
- 〔2〕 北京化工学院，华南工学院，塑料机械设计，轻工业出版社，P414，P456，（1983）
- 〔3〕 潘碧莲，刘长维，塑料，No 4，20，（1983）
- 〔4〕 承民联，朱复华，塑料科技，No 2，43，（1987）

A New Method of Dynamic Test for Injection Mould Cavity Pressure

Cheng Minlian Tang Zhongsong

(High Polymer Teaching and Research Office, Jiangsu Institute of
Chemical Technology, Changzhou)

ABSTRACT

A Test unit made by oneself was adopted, the data of injection mould cavity average pressure were first got from checkout in home. In addition, they can be dynamically shown and automatically recorded. A new method is provided for researching into the law of mould locking force and mould impression pressure when technology parameters are changed.