

热固性塑料制品压制工艺学

A. A. 施吐尔曼 著

張素文 陈文英 譯

輕工業出版社

热固性塑料制品压制工艺学

A. A. 施吐尔曼 著

張素文 譯
陈文瑛

輕工業出版社

1958年 北京

內 容 介 紹

本書列述有关热固性塑料的性質及試驗方法的簡要概念，并敘述了压制方法、压制設備及工具、技术安全、劳动保护及压制工工作地点的組織，特别是綜合了苏联衛生保健部及其他各部所屬塑料制品厂的加工經驗。

А.А.ШТУРМАН
ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕССОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПЛАСТМАСС
МЕДГИЗ (1956-МОСКВА)

热固性塑料制品压制工艺学

(苏) А. А. 施吐尔曼著

張素文 陈文琪譯

輕工業出版社出版 (北京市廣安門內白廣勝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第099号

北京西四印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092公厘 1/32·17/8 印張·40,000字

1957年6月北京第1版第1次印刷

1958年10月北京第2印刷

印数 (京 2,001—4,800 册) (10) 0.83元

統一書号: 15042·249

目 录

前言	4
第一章 塑料的物理-机械性質	6
第二章 試驗方法	9
第三章 制造热固性塑料制品的压制法	17
第四章 压机及压模	18
压机	18
压模	20
第五章 压制前塑料的准备	22
压塑粉的压片及压錠	22
塑料的預热	24
塑料的貯存	28
第六章 塑料制品的压制	29
第七章 整理作業	41
第八章 廢品及其防止	46
第九章 压制廢料的利用	49
第十章 塑料制品的標誌、包裝与貯存	50
第十一章 塑料制品压制时的安全技术与劳动保护	51
第十二章 压制工工作地的組織•多压机的看管	52
附录 操作-工艺卡片	55
参考文献	57
苏联热固性塑料牌号索引	59

前 言

苏联共产党第二十次代表大会的決議中，指出了借采用新型材料、普遍使用有价值的代用品和推行进步的生产工艺以节约原材料的必要性。塑料就是这种材料之一。由于塑料的多种多样的性質，因而在国民經济各部門中都得到了普遍的推广。塑料在机器制造、电工技术、無線电工程、日用品制造、农業及医藥工業等部門中应用得頗有成效。塑料工業——国民經济中的一个年青的部門——在苏联正高速地發展着。

創造了一系列新型塑料的苏联科学家 С. В. 列別傑夫 (Лебедев), А. М. 納斯秋柯夫 (Настюков), С. Н. 烏沙柯夫 (Ушаков), Г. С. 彼得洛夫 (Петров), Б. Н. 魯托夫斯基 (Рутовский), И. П. 罗謝夫 (Лосев), А. К. 安德里昂諾夫 (Андрианов) 对塑料科学作出了巨大的貢獻。

医藥工業中广泛地使用着塑料，从而降低了有色金屬和黑色金屬的消耗，騰出了一些設備，減低了电鍍和油漆車間的工作負担，提高了劳动生产率并降低了制品的成本。如在一个医藥工業工厂中，以塑料代替呼吸器中的三种金屬零件就能节约 50,000 盧布和 15.5 吨生鉄、1,200 公斤黃銅及 367 公斤鋼板。以“卡波利特”^①代替正骨机的鋁質滾輪就可节约 24,000 盧布和 1.5 吨鋁。用塑料制造电动呼吸器的底座（現在所掌握的），一年就可节约黃銅 3 吨；此外，此种塑料制

① 原文 Карболит 系酚醛塑料。——譯註

成的零件將在一道工序中壓成，而以往是需要22道工序（備料、沖壓、銼削、銼平及電鍍）。但是我們還缺少闡明塑料制品壓制工藝問題和介紹壓制工革新者工作方法的通俗讀物和參考資料。這種讀物能促使更廣泛地採用塑料。

本書中綜合了蘇聯衛生保健部和其他各部的許多工廠中的熱固性塑料加工經驗，我們也希望本書將有益于在這些工廠中工作的工程技術人員和工人們。

著 者

第一章 塑料的物理-机械性質

塑料是由一些有机物質而有时也是由一些無机物質所構成的复杂混合物。塑料易于受温度和压力的作用，因而能成為任何形狀。同时塑料具有足够的、决定着塑料制品适宜于工業用途的机械强度。

塑料不仅广泛用作有色金屬和黑色金屬的代用品，而且也是許多工業部門中的独立結構材料。塑料具有其他材料所不兼备的多种多样的性質。

茲將这些性質列示如下：

1. 高度的机械性質 个别的塑料具有生鉄或青銅般的强度并用以制造齒輪及其他零件，而某些塑料在强度上接近于鋼。个别塑料的优良的減摩性質使能用其制造大型机器的軸承。个别塑料的布氏硬度达 30—40 公斤/毫米²。

2. 高度的介电性質 所有的塑料都是程度不等的电介質，并能在电工技术和無綫电工程中獲得广泛的应用。

3. 高度的防蝕性与化学稳定性 此种性質对制造專供在侵蝕性介質中使用的产品时是很有价值的。

4. 收湿性低使能用塑料制造特殊用途的仪表。

5. 比重小 很多塑料的比重变动于 1—1.5 的範圍內^①，因而决定着在同样制品的生产时其消耗量較小于金屬的消耗量。

6. 外觀美丽。

① 热固性多孔塑料(如多孔氨基塑料)其比重則在 1 以下。——譯註

7. 加工过程簡單 此种性質使能生产复杂形狀的制品，而無需再行机械加工和电镀，使能制出最終形式的、無需使用金屬骨架零件的成型部件。

8. 塑料制品压制过程的生产率高。

塑料工業用途的多样化、品种繁多以及具有多种性質，就使其难于分类。Г. С. 彼得洛夫、Б. Н. 魯托夫斯基及И. П. 罗謝夫根据加入塑料中有机粘合物的成份，提出了下列的塑料分类：1) 以縮合树脂为基础的塑料：酚-甲醛、氨基、苯胺-甲酚塑料等；2) 以聚合树脂为基础的塑料：聚乙烯类塑料、聚苯乙烯、聚丙烯酸酯类等；3) 以纖維素醚类和酯类为基础的塑料：硝酸纖維素、醋酸纖維素、乙基纖維素等；4) 以蛋白質为基础的塑料：乳酪素塑料^①等；5) 以地瀝青为基础的塑料；6) 以不饱和脂肪酸甘油酯的氧化物为基础的塑料：油毡膠^②等。

塑料根据所用树脂的性質分为热塑性与热固性塑料。

热塑性塑料具有在热至熔点时轉化为液态而冷却后又复硬化的性能，常称之为可逆性塑料，因为热塑性塑料所制的制品在压模中可以再熔化。聚甲基丙烯酸甲脂^③、聚苯乙烯^④等均属于此种塑料。

热固性塑料在第一次加热后生成不溶性产物。当把热固性树脂加热时，初期产物(甲阶段)轉化为粘稠而有彈性的物質(乙阶段)；若干時間后树脂轉化为在繼續加热下不再熔化的固体物(丙阶段)。

① 原文 Галалит 系乳酪素制塑料之商品名称，今从意譯。——譯註

② 原文 Линолеум 系制油毛毡用的一种材料，今譯作油毡膠。——譯註

③ 即“有机玻璃”。——譯註

④ 即我国工厂中俗称的“硬性塑膠”。——譯註

以各式各样的縮合樹脂为基础而制成的酚-甲醛 树 酯及塑料——即酚-醛塑料,获得了最普遍的应用。这些树脂是在有催化剂——加速反应的物質存在下,由苯酚与甲醛的相互作用所生成的。苯酚(石碳酸)是帶有特殊气味、熔点 $+40^{\circ}$ 的白色結晶狀物質,系从煤的干餾产物中以及用有机合成法从苯得来的。

苯酚可用其同系化合物——甲酚、間-苯二酚等来代替。

甲醛是借甲醇再加工所得的有刺激气味的無色气体,常使用其水溶液即所謂“福尔馬林”。有时以糠醛、丁醛及其他醛类来代替甲醛。

酚-甲醛树脂是在名为反应罐的設備中制出的。熔化的苯酚、甲醛和催化剂(氨、鹽酸等)按一定的比例裝入反应罐中。所裝的物料在反应罐內用蒸汽加热。由于反应的结果制得粘性树脂,并除去其中的水份。

純态的酚-甲醛树脂(例如涅阿列伊柯利特^①)可借模型澆鑄法用以制造产品。但是可以肯定在使用树脂和各种填料的混合物时,能够制得优质的产品。

無論是有机物或無无机物均可用作填料。填料分为粉狀和纖維狀的。亞硫酸紙漿、大理石、石墨、木粉等均属于粉狀填料;多半使用木粉。可使用单独纖維狀的纖維質填料;也可使用片狀的或碎屑狀的各种纖維材料。

填料可和与其不起化学作用的粘合物、染料和增塑剂用机械方法混合。填料的作用是減低塑料的收縮,賦予其机械强度,增强其介电或摩擦性能以及其热安定性。

① 原文 Неолейкорит(ТУ МХП 621-41)系酚醛树脂的商品名称,今从音譯。——譯註

也应当指出应用填料的經濟的一方面，使用填料將使合成树脂价廉，降低制成品的成本。

为使塑料有較大的可塑性和制成品富于彈性，在塑料組成中加入軟化剂——即增塑剂：油酸、硬脂酸、硬脂酸鋁、蓖麻油等^①。

为使塑料制品具有各种顏色，在塑料組成中加入相应的着色剂。对于酚-甲醛树脂及其与填料的混合物着色系使用有机染料和無机顏料：黑色用醇溶对氮蒽黑^②，褐色用磨細的鉄紅等等。

脲-甲醛或碳酰胺类树脂是由“福尔馬林”和合成脲（尿素）或硫脲在有催化剂存在下加热时制成的。碳酰胺类树脂無色并可染成任意的顏色。以碳酰胺类树脂为基础制成的塑料名为氨基塑料。氨基塑料以亞硫酸紙漿作为填料。

以碳酰胺类树脂为基础的压塑粉，借热压法用以制造匣子、小盒、仪表和器具的外壳、电照明配件、盒盖、有色手柄、按钮、壁板、底座等等。

三聚氰胺塑料較之氨基塑料具有許多优点，特别是在耐水性方面。三聚氰胺塑料与碳酰胺塑料的区别是在制造时使用脲的同系物——三聚氰胺代替脲。

第二章 試驗方法

塑料主要性質的測定，对于規定正确的压制規程是必要

① 实际上油酸、硬脂酸等一般均列入潤滑剂类，原書列为增塑剂，似不尽恰当。——譯註

② 我国工厂中慣称为“酒精元”或按譯音称为“尼格罗辛”。——譯註

表 1 热固性塑料的物理-机械性质

编号	指 标	酚醛压塑粉的种 类				氨基塑料		长纤维酚①
		K-15-2 K-17-2 K-18-2 K-20-2 K-18-13	K-21-22 K-211-3 K-211-4			一 级	二 级	
1	比重, 克/厘米 ³	1.4	1.4	1.9	1.9	1.45—1.55	1.45—1.55	1.35—1.45
2	抗冲击强度, 公斤·厘米/厘米 ²	不小于	4.0	3.0	4.0	6.0	5.0	9.0
3	解力抗弯强度, 公斤/厘米 ²	不小于	500	500	550	800	600	500
4	抗压强度, 公斤/厘米 ²	不小于	1400	1400	—	1000	1000	1000
5	马丁氏耐热度, °C	110°	110°	150°	140°	100°	90°	110°
6	拉西格流动度, 毫米	35—180	30—180	50—180	50—180	50—180	50—180	—
7	收缩率, %	0.6—1.0	0.6—1.0	0.5—0.8	0.5—0.8	1.0	1.0	—
8	吸水度, 24小时, %	不大于	0.3	0.25	0.06	1.0	1.0	0.4

① 原文 Волокнит (ТУМХП 459-41)系长纤维塑料的酚醛塑料, 今从省略。——译者

的，所以每一批進廠塑料都要測定這些性質的指標(表 1)。

比重是物體單位體積的重量，或物體重量對其體積的比；熱固性塑料的比重變動於 1.35 至 1.9 克/厘米³之間。

比容是 1 克塑料所佔有的體積，以立方厘米計；粉狀壓塑料的比容愈小，則其含空氣愈少愈易於壓片和壓制，因而能縮小壓模的裝料巢。

抗沖擊強度是試樣破裂所需的對單位斷面積的沖擊功；以每 1 平方厘米的公斤-厘米數來表示。

靜力抗彎強度是致令試樣斷裂的彎曲負荷應力；靜力抗彎強度以每 1 平方厘米的公斤數表示。

硬度是物體保持本身形狀不變的性質；物體硬度的不同程度，根據另一物體壓入其中時所發生的阻力來斷定。

耐熱性是塑料在溫度昇高時保持其物理-機械性質的性能。

比表面電阻是絕緣體表面每 1 平方厘米漏電所產生的電阻。

流動性是塑料在熱和壓力的作用下填滿壓模成型腔的性能；塑料的流動性取決於樹脂性質、填料本質及其狀態與用量、壓模的拋光質量和塑料粘模的程度、壓制溫度及塑料中含有的加速硬化過程的添加劑。塑料的流動性愈大，則制品壓制所需壓力愈小，但流動性過大時塑料粘模，所以必須注意將流動性限定在對該項塑料所容許的範圍之內。

收縮性是塑料自壓模中取出並冷卻後，其尺寸縮小的性質；收縮性視塑料中的填料量而定：填料愈多則收縮愈小。與礦物填料比較有機填料使塑料具有巨大的收縮性。塑料中的水份含量也影響收縮度，塑料的預熱使水份的含量減少，因而收縮性亦減低。脫模時間也影響收縮度：較早從壓模中

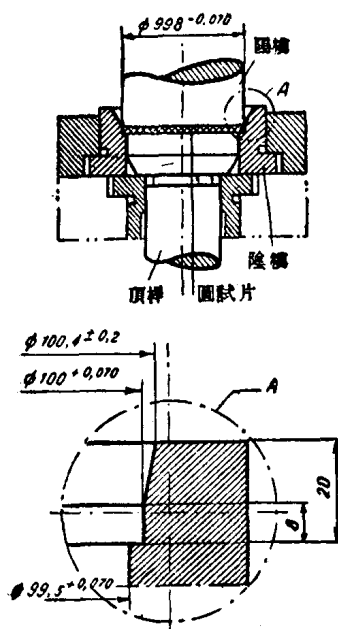


圖 1 測定計算收縮率用的壓模
模巢圖解

上称重，准确度达小数第三位。然后将试样浸入温度 $20 \pm 5^\circ$ 的蒸馏水中。浸过之后再称重，准确度达小数第三位。

比重按下列公式计算：

$$d = \frac{a}{a-b},$$

式中 d ——比重，以克/厘米³ 计； a ——试样在空气中的重量，以克计； b ——试样在水中的重量，以克计。

计算两个试样。两次测定的平均值作为结果。

比容借铜质圆柱形筒来测定。将压塑粉任意倒入预先称过的、高 80 毫米容积 200 毫升的圆柱形容器内，用小刀将

取出的制品，其特点在于收缩性大（图 1）。

硬化速度是热固性树脂转化为完全硬化状态的速度（以制品厚度每 1 毫米的秒数计）。

水份含量——塑料的水份应在 2—5% 范围内；水份含量大时收缩度增加，制品的翘曲增大，并有损于制品外观。

压塑粉——酚醛塑料及氨基塑料主要性质的试验方法列举于下。

比重用标准试块的静水称量法来测定。将冷却至室温的规格 $120 \pm 2 \times 10 \pm 0.2 \times 15 \pm 0.2$ 毫米的试块悬于细金属丝上，并在特别装置的分析天平

多余的粉料刮去并將裝滿粉料的容器在工業用天平上称量之，准确度至 0.1 克。

压塑粉的比容按下列公式計算：

$$\alpha = \frac{200}{a},$$

式中 a ——200 毫升容积中的粉重。

抗冲击强度在摆锤冲击机①上測定(圖 2)。升起可环绕軸 3 摆动的摆锤 1 并固定于起点位置(圖中以实綫表示)。受驗材料制成規格 $120 \times 15 \times 10$ 毫米的試塊安放于摆锤运动軌跡下部的二支柱上。当松开摆锤时，摆锤下落試样为摆锤刀口 2 的冲力所折断，因而消耗一部份能量，所以試样折断后摆锤飞升至虛綫所表示的位置。

以試样横断面积除試样折断时所消耗的功来計算受驗塑

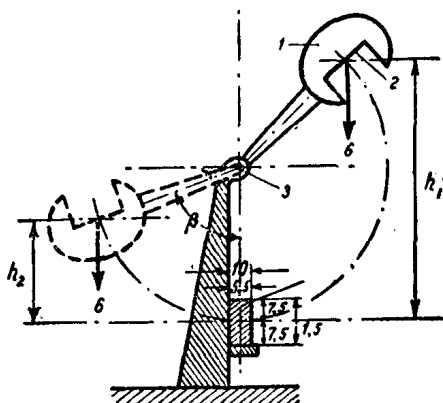


圖 2 試驗塑料抗冲击强度用的摆锤冲击机

1—摆锤；2—摆锤刀口；3—軸。

① 通称为冲击强度試驗机，常用者为夏倍(Charpy)型。——譯註

料的冲击强度 Ak :

$$Ak = \frac{G(h_1 - h_2)}{S},$$

式中 G ——摆锤重，以公斤計； h_1 ——起点位置上摆锤的重心高度，以厘米計； h_2 ——試样折断后摆锤重心的飞升高度，以厘米計； S ——試样的横断面积，以平方厘米計。

靜力抗弯强度的測定，就是在自由安置于二支柱上的試样中央施以增長而集中的負荷至其折断。計算在此种負荷作用下試样折断时發生的应力。試样的規格应为 $120 \times 15 \times 10$ 毫米。

硬度以厚 5 毫米及寬 15 毫米的試塊在布云涅尔 (Бринель) 試驗机^①上測定之。以 50—250 公斤的力將直徑 5 毫米的小鋼球于 1 分鐘內压入試样。小球压入的深度愈小則受

驗的塑料愈硬。布氏硬度值等于所施的力与压痕的球形表面的比例。

耐热度試驗方法的原理是測定試样在一定的弯曲力矩作用下發生一定大小的形变时的温度(圖 3)。

將長 120 毫米、横断面 15×10 毫米的試样 1 垂直放置，并用螺栓 2 將其一端固定。借夾具 3 將附有重錘 5 的橫桿 4 水平紧連于試样的另一端，使

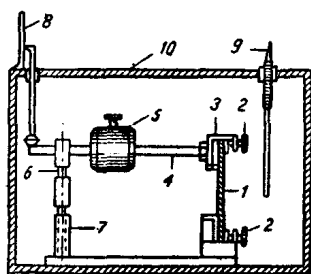


圖 3 塑料耐热度試驗用的馬丁氏試驗器

1—試样；2—固定試样用的螺栓；3—夾具；4—橫桿；5—重錘；6—支桿；7—導槽；8—標尺；9—溫度計；10—恆溫器外壳。

① 通称为布氏硬度試驗机——譯註

在试样上产生 50 公斤/厘米² 的弯曲应力。横桿 4 裝有通于导槽 7 內的支桿 6。借标尺 8 来记录变形。横桿末端下降 6 毫米时的温度表示塑料的耐热度。

拉西格(Рашиг)流動度在專用壓模中測定之。取 7—10 克(根據塑料的牌號而定)預壓成片的試料,在符合於該項塑料壓制規程的溫度及壓力下(比壓 250—300 公斤/厘米²,保持時間 2—3 分鐘)于壓模中壓制之。

測定流動度用的壓模(圖4)有兩件可卸式半陰模①2, 試樣在陰模中成型為帶有頂帽的箭桿形。桿并用毫米尺量其長度。

收縮率按基本化学工業管理总局(ГХП)●第1号标准, 用直径100毫米及厚4毫米的圓片測定之; 同时分为实际收縮率和計算收縮率。

☉ ГХП — главное управление основной химической промышленности.

实际收缩率确定塑料的真实收缩，以下列算式表示：

$$x_{\text{实际}} = \frac{a-b}{b} \times 100,$$

式中 $x_{\text{实际}}$ ——塑料的实际收缩率，以%计； a ——在压制温度 145—185° 下压模的尺寸，以毫米计； b ——在室温下制品的尺寸，以毫米计。

以在室温下压模和制品尺寸之差对制品尺寸的比例，按下列公式确定计算收缩率的大小(以%计)：

$$x_{\text{计算}} = \frac{a-b}{b} \times 100,$$

式中 $x_{\text{计算}}$ ——计算收缩率，以%计； a ——在室温下压模的尺寸，以毫米计； b ——室温下制品的尺寸，以毫米计。

当测定“孟洛利特”^①的收缩率时，试块在温度 150—160°、压力 300 公斤/厘米²^②及保持时间 1 分钟/毫米的条件下进行压制；然后将试块冷却至 20—25°，用卡尺测量其长度并与在同一温度下测量过的模巢长度相比较。测量试块和压模的准确度达 0.2 毫米。

相对收缩率按下列公式计算：

$$x = \frac{a-b}{a} \times 100,$$

式中 x ——相对收缩率，以%计； a ——模巢长度，以毫米计； b ——试块长度，以毫米计。

压制速度(保持时间)用圆片测定之。在对每种塑料牌号所规定的压制温度下压制直径 100 毫米及厚度 5 ± 0.2 毫米的圆片。保持时间按 1 分钟的间隔来增加，并记录在压模中制

① 原文 Монолит(ГОСТ 5689-51)系苏联酚醛塑料牌号之一。——譯註

② 原書誤印為 300 ㎏/㎝²。——譯註