

蘇聯機器製造百科全書

第七卷

第十三章 塑料製品的製造工藝

蘇聯機器製造百科全書編輯委員會編



機械工業出版社

蘇聯機器製造百科全書

第七卷

第十三章 塑料製品的製造工藝

阿符拉新、古列維奇、依沙也夫著



機械工業出版社

1954

出版者的話

蘇聯機器製造百科全書第七卷分爲十三章，專述機器零件的加工工藝。內容包括機器零件機械加工的基本工藝、切削用量、標準機器零件的生產工藝、機械加工的夾具、各種金屬加工的切削工具、金屬熱處理工藝、木材的機械加工工藝以及塑料製品的生產工藝。因爲篇幅較大，暫先分章出版。

本書是第十三章。內容包括塑料工件的壓製和結構塑料工件的切削加工兩部分。第一部分講述有關塑料工件的基本資料、塑料工件的壓製、層狀塑料工件的製造及其低壓壓製法、耐酸塑料工件的製造等。後一部分講述結構塑料的鑽孔、銑切、車削、鉗切、磨製、打光等。最後並分析切削加工時容易造成廢品種類及原因。本書是我國從事於塑料工件製造的技術人員必備的一本參考書。

蘇聯 'Машиностроение энциклопедический справочник' (Машгиз
1948 年第一版) 一書第七卷第十三章 (Я. Д. Аврасин, Н. И. Гуревич,
А. И. Исаев 著)

* * *

編者：蘇聯機器製造百科全書編輯委員會

譯者：周家驊，黃錫橋

書號 0672

1954 年 12 月第一版 1954 年 12 月第一版第一次印刷

787×1092 1/16 63 千字 2 1/4 印張 0,001—4,200 冊

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號

定價 3,900 元(18)

目 次

第十三章 塑料製品的製造工藝

塑料的壓製	阿符拉新 (Я.Д.Аврасин,)古列維奇 (Н.И.Гуревич)
有關塑料的基本資料	1
壓製	1
壓塑料的性質	1
壓製過程的基本因素	2
壓製前對壓塑料的準備工作	3
壓製塑料工件的壓模	6
壓模的加熱方法	7
壓製塑料工件的壓製機	8
塑料工件的壓製方法	9
壓成工件的機械加工	13
層狀塑料工件的製造	13
壓製前層狀塑料的準備工作	13
層狀塑料工件的壓製	13
機械加工	15
熱處理	15
耐酸塑料工件的製造	15
耐酸原塑料	15
法奧利特工件的製造	16
製造層狀塑料工件的低壓壓製法	18
塑料的準備	18
模型的製備	18
膠合物	19
氣壓法壓製	19
熱壓器法壓製	21
參考文獻	22
結構塑料的切削加工	依沙也夫 (А.И.Исаев)
鑽孔	22
有機玻璃	22
層狀塑料(夾布膠木,巴林里特等)	24
銑切	25
有機玻璃	25
層狀塑料	26
車床加工	29
塑料板的鋸切	29
磨製和打光	29
結構塑料切削加工時的廢品種類	30
參考文獻	30
中俄名詞對照表	31

第十三章 塑料製品的製造工藝

塑料的壓製

有關塑料的基本資料

塑料在機械製造中已獲得了廣泛的應用。塑料除了有很好的物理機械性質而外，同時容易加工，這樣就保證了這種可能性：無論機械零件的外形如何複雜，都可以用塑料來大規模製造。

究竟要選擇那一種塑料來加工，則要根據對製成的零件的物理機械性質的要求以及對這些零件在運用中的工作條件的要求來決定。

將塑料加工製成工件時，可在工件中壓入各種不同的金屬骨架，這樣便可以使機械零件的使用壽命顯著提高。

塑料可以按性質來分類，也可以按加工方法來分類。所有的塑料按照性質可以分成基本的兩類：1)熱抗性塑料，這類塑料的成分中含有熱抗性的膠合樹脂。2)熱塑性塑料，這類塑料的成分中含有熱塑性的膠合樹脂。

熱抗性塑料在熱的作用下，開始時軟化並部分地熔融，然後即變成堅硬的不熔化的並且不溶解的形態。在這個過程中，樹脂(膠合物)在熱的作用下，順序地由初期階段 A——烈左爾體(Резол)(樹脂熔融並溶解)，變到中間階段 B——烈濟多爾體(Резитол)(樹脂已很難溶解，但是膨脹；不熔融，然而軟化，並且在壓力下有流動性)，最後再變到最終階段 C——烈濟特體(Резит)(樹脂變成堅硬的，不熔融的並且不溶解的物質)。

熱抗性塑料又稱為非再造塑料，這是由於這類塑料在最終階段時成為不熔融的物質，因此已無可能用壓製法來將它們再度加工。

熱塑性塑料在熱的作用下即軟化或熔融，但是在加以冷卻後才能變成固體狀態。這類塑料與熱抗性塑料不同的地方，就是這類塑料可以再度加工，故又稱為可再造塑料。

除了上述兩類塑料而外，在工業中還應用一種新型的熱抗性疊合塑料(丙烯酸類塑料)，這類塑料在加工過程的初期是熱塑性的，而在末期即變為熱抗性。

塑料按照加工方法可以分成下列四類：

[1.壓製用塑料]這裏包括所有的塑料(熱抗性的，熱塑性的以及含熱抗性塑料或熱塑性塑料為主的塑料)，這些塑料統稱為壓製用塑料。主要的壓製用塑料計有：a)熱抗性塑料——各種牌號的壓塑粉(孟洛里特[Мо.олит]，K-18-2，K-21-22，K-17-2，K-211-3，氨基塑料等)，纖維素塑料，用樹脂浸漬過的層壓塑料，以礦物性填料為主的壓塑料(KФ-3，K-6)，美拉明-甲醛塑料(Меламинс-формальдегидные)等；б)熱塑性塑料——以酯化纖維和醚化纖維為主的各種埃特洛爾(Этрол)，多苯乙烯，多氯乙烯，瀝青柏油質的壓塑料等。所有這些塑料都可用壓榨法和鑄造法壓製以及壓鑄法加工。

[2.不加壓鑄造用塑料]這類塑料主要有鑄成的酚基甲醛樹脂及尿素甲醛樹脂(鑄成的烈濟特體)，涅奧列以葛利特(Неолейкорит)類的酚基樹脂，鑄成的卡波立(Карболит)或卡達林(Каталин)等。α-甲基丙烯酸和丙烯酸以及其低分子量的疊合物也屬於這類塑料，將這些塑料置模型中封閉疊合，便可製成零件和毛坯。用鑄成的樹脂也可以鑄造成零件或須進行進一步機械加工的毛坯。

[3.模壓用，吹製用及真空壓製用塑料]這類塑料主要有由熱塑性塑料製成的塑料板(有機玻璃，纖維索酯等)。

[4.機械加工用塑料(半製成品)]這類塑料包括用壓製法和鑄造法由熱抗性塑料和熱塑性塑料製成的各種毛坯(夾布膠木的及分層絕緣的片和板，烈濟特體鑄成的柱和塊，有機玻璃及酯化纖維製成的板和塊等)。

壓製

壓製是加工熱抗性和熱塑性的壓塑料的最好加工方法。塑料壓製時是利用塑料的基本特性——可塑性，即是說在熱的作用下軟化並在壓力下將模型充滿的性質。這時塑料很準確地將模型所有的輪廓都複製下來，並且在硬化後仍舊保持所得到的外形。

壓塑料的性質

壓塑料的性質主要決定於其基本組分——膠合物和填充物。如膠合物相同時，則塑料的機械性質主要由填充物決定。在酚基醛類壓製用塑料中，以夾布膠木最為堅固，這類塑料的填充物為棉織物、玻璃纖維織物、紙或木片；卡波立粉（Карболитовые порошки）（K-18-2等）則較不堅牢，這類塑料的填充物為木粉；具有不定形纖維素填充物的壓塑料，其強度介於前面兩種之間。

壓塑料的結構（粉狀、纖維狀、片狀）由填充物的結構決定。不加填充物的壓製用塑料的結構，則由其加工方法決定。

除了這些與塑料的基本組分有關的性質而外，塑料還具有另外一些性質，這些性質是在它們的製造過程中所得到的，所以這些性質主要是與製造方法有關的。這類性質計有比容、流動性或可塑性、水分及揮發物的含量、磨粉的細度、硬化速度和收縮速度等。壓製用塑料的這些性質的指標，在塑料工件的壓製過程中是有着非常重要的地位的。

比容 這個指標主要對粉狀（粒狀）壓製用塑料的壓製過程發生影響，這類塑料的比容在1.7~3.5公厘³/克之間。壓製用塑料的比容愈大，在向壓模中加入塑料粉時，壓模中的加料室便要愈大，此外，在配料時所帶入壓模中的空氣也愈多，要將這些空氣排出，便需要延長在壓模中保持的時間，因此便會使壓製過程總週期所需的時間加長。

流動性 壓製用塑料在熱和壓力作用之下充滿壓模的能力由其流動性或塑性來決定。用流動性大的塑料是比較適宜的，這時所需的壓力較小，然而如果流動性太大，則會使工件填塞較不緊密，以致需要常常清掃壓模，並且使工件的外形的質量降低。能夠完全合於塑料製造工藝要求的測定流動性的完善方法，直到目前都還沒有。一般用拉希格法（Метод Рашига）來測定流動性。用這個方法所測定的流動性指標，是將塑料置於特殊的壓模中，在ТУ所規定的該種塑料壓製時的壓力和溫度下壓榨，以塑料從壓模中被壓出的長度的公厘數來表示其流動性。以木粉作填充劑的壓製用塑料，其流動性的指標在35~180公厘之間。

水分及揮發物的含量 如水分及揮發物的含量增高便會使：1）在壓模中應保持的時間必須增長，而有時必須降低壓製的壓力，這樣便降低了生產量；2）收縮百分率增大；3）歪曲度增大；4）電介質指標降低，在個別的情形下還會使某些其他物理機械性質降低；5）工件外觀的質量降低，特別是淺色工件的質量降低尤甚（生成暗跡、斑痕、色彩不均匀等）。

在壓製前將壓塑料加以乾燥或預熱，便可以防止水分的含量過高。過分乾燥的壓製粉不易壓製，並且其流動性一般都較低，這樣便在加工中造成一些困難。在原料壓塑料中允許的水分含量為2~5%。

磨粉的細度和均勻度 細的磨粉可提高工件（特別是淺色工件和透明工件）外觀的質量，在個別的情形下還可使壓成的工件的電介質指標和物理機械性質得到相當提高；磨粉的均勻度可以提高壓片的質量，並在按體積配料時可以使重量上的差誤最小。

硬化速度 熱抗性塑料變到最後的堅硬的、不熔融的、不溶解的狀態的速度，稱為熱抗性塑料的硬化速度（以秒/公厘厚度表示）。硬化速度與膠合物（熱抗性樹脂）的性質、混合料的組成、及塑料的製造方法有關。硬化速度對壓製過程有很大的影響。硬化速度小便會使在壓力下保持的時間增長，這樣壓製的操作周期所需時間便要延長，從而使設備的生產量降低。硬化速度太大也可能發生壞的影響，特別是在壓製外形複雜的工件時為甚。（使塑料來不及充滿壓模中工件成型窠的全部輪廓，便過早地硬化，結果便會因壓製不足而造成廢品）。同一塑料的硬化速度則與壓製的條件、溫度及方法有關。

收縮 塑料在壓製後的冷卻過程中，改變（縮小）尺寸的性質稱為收縮。無論在設計壓模時，或製定壓製過程的操作條件時，都應該將收縮充分準確地算出。如果塑料的收縮計算不準，在壓製時便會因尺寸不合而產生廢品。

壓製過程的基本因素

壓製過程的基本因素為壓力、溫度和在壓力下保持的時間。

壓力 在壓製過程中壓力發生下列各種作用：а）在過程初期將塑料壓緊；б）隨着塑料的加熱和塑性化的程度，逐漸使塑料充滿壓模的成型部分（即成型窠）；в）防止壓模在壓製過程中脹開，因為在壓製和硬化時所生成的蒸汽及氣體，在壓模中產生壓力，會將壓模脹開。

除了壓力的大小外，加壓的速度在壓製過程中也起着重要的作用，這個速度應保證在短時間內使塑料充滿壓模。通常以壓模的支承面完全接觸（無餘隙）時，作為充滿的終了時間，並稱為壓模的閉合。

如果壓模的閉合過遲或者因為壓力不足或加壓太慢而造成不完全的閉合時，便會引起熱抗性壓塑料的局部硬化，也就是說使它變成不熔融的狀態而失去流動性和充滿壓模成型窠的能力。

無論在熱抗性塑料，或在熱塑性塑料的壓製過程中，過早地停止加壓，都難免造成廢品(壓製過程中所產生的氣體的壓力作用使工件上生成氣孔和裂縫)。

比壓的大小由壓塑料的流動性和所製工件的外形來決定。在用壓棒法壓製熱抗性粉狀塑料時，所用的比壓在 70~700 公斤/公分²之間。在每一個具體情況下，比壓都要按實際情況決定。壓模閉合的速度在 10~30 秒之間。

溫度 在熱塑性塑料的壓製過程中，溫度所起的作用如下：在壓模完全閉合之前熱使塑料軟化，也就是說使塑料變成可塑狀態而充滿壓模的成型窠以形成工件。對於熱抗性壓塑料，除了上面這個熱量而外，在壓模閉合後，還必須一定的熱量，以便使塑料中的膠合物(樹脂)變成堅硬的和不熔融的狀態。如在工件完全硬化之前即停止加熱，所得的工件便會變脆並且其表面也沒有應有的光澤。壓製的溫度愈高(在實際上允許的一定範圍內)，則必須熱量由壓模傳給壓塑料的速度也愈快，於是壓製速度也愈提高。塑料工件的壓製，通常在 140~200℃ 的壓模溫度下進行。

保持時間 在壓製過程中，由壓模閉合時起，到開始打開壓模或壓機的一段時間，稱為保持時間。壓製熱抗性塑料時，已成型的工件在保持時間即行硬化。這類塑料的保持時間通常工件每厚 1 公厘需要 10 至 90 秒(保持時間應根據工件切面最大處的厚度來計算)。壓製溫度愈高，所需保持時間愈短。用壓棒法壓製熱塑性塑料時不需要這個保持時間。當壓模在完全閉合前要一直持續加熱，等完全閉合後再進行冷卻。在等溫壓模中用注射壓製法壓製熱塑性塑料時(見 XIII10 頁)，保持時間通常是很短的，當壓模一經壓塑料充滿後，差不多立即便將壓模打開，因為這時工件在壓模成型部分的較低溫度作用下已經來得及硬化了。

壓製前對壓塑料的準備工作

粒化 經過粒化處理可以得到粒子大小比較均勻的粉碎的壓塑料，這樣便可以減小塑料的比容並改善壓片及配料的條件。對於酚基壓塑料，用普通的篩分方法將磨粉分為粒子大小不同的粉。至於氨基塑料，因為用它們製成的工件的外觀特別重要，故須先磨細成 200 篩孔或 200 篩孔以上的細粉，然後再於特殊的粒化機上作成較大的顆粒。氨基塑料的細粉由於比容大，不好壓片，並且會黏結在壓模上，故不能滿足加工的要求。

壓片 壓片就是將原料壓塑料置於冷壓模中壓成片狀(或塊狀)的過程。根據需要，可壓成各種不同形狀和不同重量(0.5 克~0.5 公斤)的壓片。

壓片可以達到下列目的：a)降低配料時的物料損失；b)使壓模加料時配料迅速；c)加速壓製過程(縮短保持的時間)，這是由於壓塑料所帶入壓模中的空氣量減少的緣故；d)減少壓塑料所佔的體積，這樣便可以縮小壓模的尺寸，並使壓模的製造簡化；e)應用特殊形狀的壓片以保證複雜工件的成型結果優良；f)使壓製前壓塑料的預熱非常方便。

壓片大都是在特殊的壓片機中製成的。這類壓片機通常都是藉機械傳動來操作，可以分成兩類：旋轉式(多衝模式)壓片機和偏心式壓片機。每個壓片機都有若干形狀不同的壓模，可以製造若干種類型的壓片。每一種類型的壓片重量，可以在一定範圍內調節改變。這類壓片機的壓片操作是半自動化的，加料入漏斗和調節壓片重量都是用人工進行。

在沒有壓片機或必須得到形狀複雜的花式壓片時，就在普通水壓機的壓模中進行壓片。在水壓機上進行壓片是不經濟的，因為需要很大的勞動力，並且還要消耗大量的高壓水壓液。

纖維類非粒狀壓塑料的半自動壓片機，與普通壓片機不同之處在於：是按體積進行配料(非粒狀塑料絕對不可按體積配料)，而是藉自動稱重的裝置來配料。

壓塊 當塑料粉在冷模中不容易壓片時，可在微熱的壓模中製成坯塊這種處理叫壓塊。壓塊通常是在壓製工件的普通壓模中進行，壓模溫度由 50 到 90℃，不用保持時間或用很短的保持時間(5~10 秒)。

壓塊與壓片不同的地方，就是壓塊的表面有一些熔結的膠質所熔結着的，所以比較堅牢，即使很薄的部分也不會碎裂。

在壓片和壓塊時，所應用的比壓範圍是很廣的，可以從 300~1600 公斤/公分²。

配料 少數壓模的加料用人工進行，多數壓模的加料則藉特殊的加料設備來進行。這種特殊的加料設備是與壓模同時設計和同時製成的。

壓塑料的配料，是一個重要的工序。不正確的配料會使工件變成廢品，選擇得配料方法不當，會使壓模的生產量降低。配料的方法有三種：重量法，體積法和計件法。

[重量法]用重量法配料時，在壓製前每份壓塑料都在秤上稱過，這是最準確的方法，但需要很多的勞動力，因此對多數壓模是不適用這種配料方法的。

[體積法]用體積法配料時，每份壓塑料是用特殊的量器按體積量取的，這種方法雖不如重量法準確，但

所費勞動力較少。對開式壓模和半密閉式壓模都可用這種方法，而對密閉式壓模則不適用。

〔計件法〕是用重量一定的壓片來配料的，這種方法最方便，並且對於各種類型的壓模都可用。

預熱 將熱抗性塑料預熱目的在於：1) 排出大量的水分和揮發物，從而使壓製過程加速；2) 縮短塑料的保持時間，因為預熱後塑料是在與壓模溫度相近的溫度並且部分軟化的狀態下加入壓模中的，並且還可以大大地縮短壓模的閉合時間；3) 顯著降低壓製所必需的比壓，這樣便可以降低壓模的磨耗，避免壓模的細巧成型部分的破損，以及防止工件中附件的變形和移位；

4) 縮短工件的冷卻時間（縮短 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ ），這是因為壓製

溫度可以提高 $30 \sim 40^\circ\text{C}$ 的緣故；5) 由於塑料在壓模中迅速塑性化，所以可以壓製具有複雜附件的形狀複雜的工件，並且可以壓成直徑小而深度大的孔；6) 提高工件的質量、外觀以及電介質指標和一些其他的物理機械性質。

塑料的預熱必須均勻地進行。欲得到很大的效率，必須使塑料的預熱溫度與壓製溫度相近。在預熱時必須儘量排除塑料中的水分和揮發物，但是不能使塑料喪失流動性，即是說不能使一部分膠合物—樹脂—變成不熔融的狀態。

壓塑料無論為未壓片的，以及為壓片或壓塊的都可進行預熱。但是未壓片的塑料粉，預熱甚不方便，因不易將它散佈成均勻的層，並且在很強的預熱時，這種塑料粉會膠結起來，並且黏附於預熱容器的壁上。如果必須將未壓片的壓塑料預熱，則預熱過程的溫度必須較低，時間必須較長，這樣也就使預熱的效用大為降低了。應用附有粉末強制攪拌設備的特殊恆溫器來預熱未壓片的塑料，可以將預熱過程稍稍改善。作者之一（古列維奇在蘇聯設計了一種特殊的附屬設備，可以使粉狀塑料的預熱過程能夠在接近於壓片預熱的溫度（ $150 \sim 160^\circ\text{C}$ ）下於 $3 \sim 6$ 分鐘內完成。

這種附屬設備為一錐形漏斗或一系列的錐形漏斗（多窠壓模用），這一系列的漏斗集合於一個分配匣中。所有漏斗均安裝於與壓模的各個成型窠相應的位置上。漏斗的內壁和其便於抽出的底必須很好地磨光和鍍銀。將漏斗底關上而把壓模每一個成型槽所需的配料加入漏斗中。然後將盛有塑料粉的漏斗置恆溫器中加熱，加熱後再安置於壓模上。同時將漏斗的底完全抽出，於是預熱了的塑料粉便進入壓模的各個相應的成型窠中。

在工業中應用的主要預熱方法如下：1) 用蒸汽或電加熱；2) 用高頻率的電流加熱；3) 用紅外線加熱。

〔普通熱載體（蒸汽或電流）預熱法〕壓片的預熱是在各種構造的恆溫器中進行，這種恆溫器是用蒸汽或電流（電阻絲）加熱的。在恆溫器的全部內壁上都裝有電阻絲的恆溫器最為便利。恆溫器的溫度必須嚴格地控制和調節。最適用的方法是藉特殊的溫度調節器來自動調節溫度。壓片置於恆溫器內架上的盤中，架子的位置通常在恆溫器的中部，與下面和上面加熱處的距離相等。附有熱空氣強制循環的恆溫器，是非常便利的。為了利用壓模的熱量，有時將壓塑料置於衝模的加熱板與水壓機活動壓板之間的空間中加熱。要這樣加熱時可在這個空間中裝上兩三層架子，然後將盛有壓塑料的盤放置架上加熱。

由酚醛類●壓塑料製成的壓片，其預熱溫度在 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 範圍之內，時間為 $3 \sim 10$ 分鐘，具體的溫度和時間則要根據壓塑料的牌號、壓片的重量和形狀、以及所壓製工件的工藝條件等來決定。烈左爾體類壓塑料的預熱溫度較低，在 $80 \sim 100^\circ\text{C}$ 的範圍中，時間較長，為 $20 \sim 40$ 分鐘。

經過很好預熱的壓片，通常其全部表面都均勻地變暗，並且變得很軟用指頭稍稍擠壓即可變形。

普通熱載體預熱法無論是在我國（蘇聯）及國外都獲得了很廣泛的應用，並且在加速壓製過程上（將在壓模中保持的時間縮短為每厚 1 公厘 $10 \sim 20$ 秒）以及在降低比壓上都得到了良好的結果。但是，用這種預熱方法，並不能達到預熱的所有好處。基本原因是由於壓塑料的導熱係數低，因而要想使壓片整個厚度上都預熱到壓製溫度（或與這個溫度非常接近），同時又不使壓塑料喪失流動性是很困難的。

用上述方法來進行預熱時，需要仔細地對過程加以控制，以防止發生過熱。

〔高頻率電流預熱法〕由合成樹脂製成的壓塑料其分子所帶的電荷是不對稱的，當這種分子進入電場中後，便像微小的磁鐵在磁場中一樣，急於要佔據其相應的位置。此外，在電場中分子也欲變形，這也造成電荷的不對稱性。如果電場的電壓常常改變，則壓塑料的分子在電場的作用下，即會發生一些振動運動。但是這些複雜的分子，在這種條件之下是沒有整個分子運動的能力，而是這些複雜分子上的某些部分可隨着電場的改變而發生相應的振動。分子移動及變形的程度以及由於電場所引起的極化程度，是由塑料的電介質常數

● 見第四卷，第五章。

而決定的。表現阻尼效應的部分的極化阻力，降低了塑料的電介質性質的損失，並且確定了塑料所吸收的能量和相應而升高的溫度。如果塑料和塑料所在的條件都保持不變，則振動的強度將由電壓梯度的大小來決定，所以當電壓梯度保持相等時，便可以保證塑料內全部厚度上均勻受熱。

用高頻率電流來預熱時，塑料體積中每一部分的受熱速度與各該部分中的電壓梯度的大小有關；溫度的升高與相鄰部分的狀態無關。因此，當塑料均勻並且電壓梯度相等時，每一瞬間塑料各部分的溫度都是相等的。由於導熱性而起的熱傳導在這裏不發生甚麼作用，因此，在用高頻率電流預熱時，壓塑料的導熱係數低並不是一個有礙的因素。

用高頻率電流預熱壓塑料的技術如下：將壓片或若干壓片置於兩塊金屬板之間，這兩個金屬板即為電極，並由高頻率電流發電機饋電。電極與電極間的壓片所成的系統為一容電器，塑料即為其電介質。這樣，所裝置的壓片，在高頻率電流的作用下，全部的厚度都迅速而均勻地受熱了。全部加熱的周期只需用20~70秒，

在這個時間內壓片在全部厚度上都被加熱到壓模溫度或與之相近的溫度。在加熱時，有很多水分和揮發物排出。經過這個處理後，壓片顏色變暗，並變成糊膏狀（差不多是完全可塑性的）。為了保證過程的質量，電極板必須嚴格地平行，同時放置在電極板之間的壓片或塑料粉層的密度和厚度也都必須相等。

為了防止配料過早硬化，應儘量將預熱終了到壓塑料加入壓模的間隔時間縮短。高頻率電流預熱法，對於水分含量很高的塑料（在2.5~4.5%以上），以及對於差不多不含水分的塑料（在1%以下）都不適用。

用高頻率電流預熱時，壓模的閉合速度可以提高到原來的二倍到十倍，所須用的比壓也降低為普通的50%。

用高頻率電流預熱壓塑料時最適宜的操作條件，在每一個具體的情況下，都應以試驗方法來選定。可以介紹一些下列的高頻率電流預熱的實際數據：1) 用100瓦的電力將100克塑料加熱到100°C，需時2.5分鐘；2) 供應每一個水壓機約須500瓦的電力；3) 最好用比較高的頻率，如30到50兆週。此外，業經證明，任何一

表1 壓模的閉合速度及保持時間的比較數據[12]

塑 料	壓片的總重量，克	預熱時間，秒		壓模的閉合速度，秒		保持時間，秒	
		普通預熱	高頻率電流預熱	普通預熱	高頻率電流預熱	普通預熱	高頻率電流預熱
16089 號電木 —— 高堅牢度的塑料	198	600	45	25	3	180	90
10136 號電木 } 觀有毛織物的高堅牢度的塑料	680	900	55	40	10	300	120
10136 號電木 }	567	900	70	40	12	900	480
3510 號電木 —— 觀有碎布的高堅牢度的塑料	567	900	75	未能將壓模填滿	23	900	480

種塑料在靜電場中的受熱速度與所用的電壓、電場的頻率、電介質性損失係數以及一系列的其他因素等有關，並可用下面的公式[3]●來表示：

$$t = \frac{Cp \operatorname{tg} \delta (T_2 - T_1) 10^{15}}{0.132 \epsilon f \left(\frac{v}{a} \right)^2},$$

式中 t —加熱時間； C —塑料的比熱； p —壓片的比重； δ —塑料的電介質性損失角； ϵ —塑料的電介質常數； T_2 —壓片的最終溫度； T_1 —壓片的最初溫度； v —高頻率交流電的電壓； a —電極間的距離； f —交流電的頻率。

表1所載是用各種塑料壓製各種工件時，用普通的預熱方法和高頻率電流預熱法（預熱到100°C）的壓

模閉合速度和保持時間的比較數據。

【紅外線預熱法】壓塑料除了可用高頻率電流預熱外，也可以用紅外線預熱。紅外線預熱的優點是預熱可以在比較緩和的條件下進行，溫度比較固定，不需特殊的溫度調節器，這個溫度只要用恆溫器的構造、燈泡的數目及其電力便可規定。壓片以及未壓片的壓塑料，都可用紅外線預熱。恆溫器的構造有許多種，有的具有空氣強制循環，有的具有振動器，有的甚至有攪拌器，以便攪拌來壓片的塑料粉，使其加熱均勻。但是，用這些恆溫器並不比用普通熱載體的預熱法得到的效果特別優良。僅僅在1945年[13]才出現了關於如何選擇一種特殊波長的光波的資料，用這種波長的光波便可以藉

表2 壓製工件時壓塑料的收縮

壓 塑 料	壓製前壓塑料的水分含量 (%)	熱線膨脹係數, α_{10-5}	壓製工件時壓塑料的收縮 (%)		
			最低	最高	平均
K-21-22	2.5~4.0	5.0~5.5	0.6	1.0	0.8
K-18-2	2.5~4.0	4.7~5.0	0.6	1.0	0.8
夾布膠木及其細塊	2.5~4.0	3.0~3.4	0.6	0.8	0.7
K-6	2.5~4.0	2.5~2.8	0.2	0.5	0.45
巴林里特細塊 (Валинитовая крошка)	2.5~6.5		1.7 0.43	2.3 0.44	2.0 0.44

註: 1. 所有塑料的壓製溫度均為 $150 \pm 5^\circ\text{C}$, 但巴林里特細塊除外, 它的壓製溫度為 $145 \pm 5^\circ\text{C}$ 。

2. 對於巴林里特細塊的收縮, 表中載有兩個數字, 分子的數值為與壓面平行方向上的收縮, 分母的數值為與壓面垂直方向上的收縮。

公稱尺寸	5~50	50~100	100~200	200~350	350~500	500~1000
偏 差	$\pm 0.05 \sim \pm 0.15$	$\pm 0.1 \sim \pm 0.3$	$\pm 0.2 \sim \pm 0.6$	$\pm 0.3 \sim \pm 1.05$	$\pm 0.35 \sim \pm 1.05$	$\pm 0.5 \sim \pm 3.0$

2. 壓製工件的開孔中心的距離公差, 以公厘為單位[10]:

公稱尺寸	20	20~50	50~80	80~120	120~180	180~200	200~360	360~500
偏 差	± 0.15	± 0.20	± 0.30	± 0.40	± 0.50	$+0.70$ -0.60	$+0.90$ -0.80	1

3. 夾布膠木製軸承襯外直徑的公差, 以公厘為單位[1]:

公稱尺寸	10~18	18~30	30~50	50~80	80~120	120~180	180~260
偏 差	$+0.20$ $+0.08$	$+0.30$ $+0.10$	$+0.40$ $+0.15$	$+0.50$ $+0.20$	$+0.70$ $+0.25$	$+0.90$ $+0.30$	$+1.10$ $+0.40$

在設計壓模時, 必須預先規定一個不小於 1° 的壓製斜度。

當壓製工件中有槽孔時, 槽孔的深度 H 與它的寬度 b 的比例可取為(圖1): a) 當用壓擰法壓製時 $H:b = 2.5$ (以木粉為填充劑的塑料) 和 $H:b = 2$ (以碎布為填充劑的塑料); 6) 用鑄造法壓製時 $H:b \leq 6$ 。

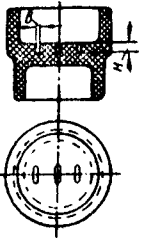


圖1 槽孔的構型。

壓模高質合金鋼製成。壓模的成型部分必須磨光和鍍鎳。

按構造可將壓模分為: a) 壓擰法用的壓模, 有開式壓模、密閉式壓模和具有壓緊凸緣的半密閉式壓模等各種; 6) 鑄造法用的壓模——鑄造用壓模。

按照運用的特徵, 壓模可以分成固定壓模和可卸壓模, 固定壓模是固定在水壓機的壓板上的, 而可卸壓模則是在每當工件壓成後即可由水壓機壓板上卸下, 移置工作台上以便進行取出工件、澆掃及重新裝料等

紅外線使塑料的全部厚度, 像在用高頻電流預熱時一樣達到均勻的預熱。雖然這時預熱所需的時間較長, 但是過程的進行比較穩定, 操作人員可以不必像在高頻電流預熱時那樣緊張。紅外線預熱裝置比高頻電流預熱裝置要簡單和價廉得多。

壓製塑料工件的壓模

概說 塑料工件在壓製時的收縮, 與下面一系列的因素有關: 壓塑料的種類, 塑料中水分及揮發物的含量, 壓製條件(溫度、保持時間及壓製各步驟的方法), 冷卻條件和壓製與冷卻間的溫度降低條件。表2中載有在壓製工件時某些壓塑料的收縮數值。

由於收縮與所用的壓塑料及其他一系列的因素有關, 故對於塑料工件的尺寸建議採用下面的公差。

1. 壓製工件的尺寸公差, 以公厘為單位[1]:

工作。

按照一次可以壓成的工件的數量, 壓模可以分成單窠壓模和多窠壓模, 單窠壓模每次只能壓成一個工件, 而多窠壓模則可壓成許多工件。

開式壓模 開式壓模之構造如圖2所示。壓模由兩個主要部分組成: 上部——衝模和下部——模板。這種壓模沒有加料室。過量的塑料直接加於模板上。在壓製過程的初期, 壓力係由塑料沿拆卸面流出的摩擦所產生的阻力所形成; 而在過程的末期時, 壓力則係由於殘留於塑料流出孔道中的模隙毛邊硬化時所產生的阻力而形成。這類壓模常常是沒有推出裝置和柱形導軌的。

開式壓模的優點, 就是由於它不需加料室和沒有摩擦表面, 所以成本較低。開式壓模的缺點有: a) 由於塑料流出很多, 故塑料的耗量增大, 因此必須有過量的配料; 6) 由於模隙毛邊厚度的變化極大, 使工件的厚度或高度難於控制; 6) 厚度或高度大的工件, 壓製不便; 7) 壓模閉合速度的調節複雜, 因為如果閉合速度太慢

便會使模隙毛邊過早硬化，閉合速度太快，則使塑料由壓模中流出過多，以致造成塑料不足，不能壓成工件的結果。開式壓模主要用來壓製高度和厚度較小的，外形不太複雜的，並且對尺寸的精確度要求較低的工件。

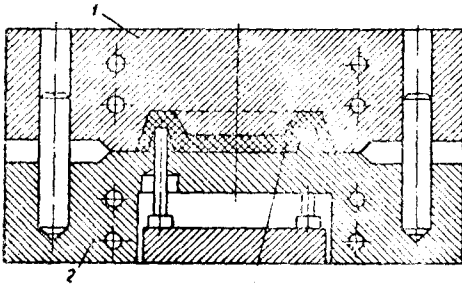


圖2 開式壓模簡圖：

1—衝模；2—模板；3—被壓製的工件。

密閉式壓模 密閉式壓模的簡單構造，如圖3所示。壓模由三個主要部分組成：衝模、模板及夾圈。這種壓模有加料室，而沒有支承面。衝模與夾圈間的間隙非常小（0.05~0.1公厘）。工件的高度完全由所加入的壓塑料的量來決定，因為塑料差不多不能由密閉式壓模中流出。當衝模開始與壓塑料接觸時，壓製機的全部壓力即完全加在壓塑料上，並且在全部保持時間中塑料都處在這個壓力之下。由於沒有支承面的緣故，所以當一經達到最高的壓力時，衝模即停止前進。模隙毛邊垂直方向的。

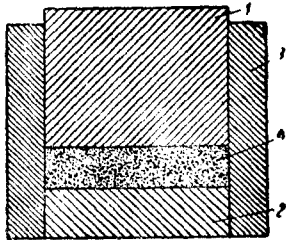


圖3 密閉式壓模簡圖：

1—衝模；2—模板；3—夾圈；4—被壓製的工件。

且裝配也必須非常精確，因此成本較高；6)必須用稱量法準確配料，因為差不多沒有過量的塑料會自壓模中流出；B)保持時間較長，因而使壓製過程的時間延長，這是由於沒有良好的條件將氣體由壓模中排出的緣故。

具有壓緊凸緣的半密閉式壓模 這種壓模的簡單構造如圖4所示。與密閉式壓模相似，這種壓模也是由三個主要部分構成：衝模、模板及夾圈。有加料室，並且也有支承面（這是與密閉式壓模的不同處）。衝模和模

板的工作面的構造是這樣設計的，他們僅僅沿着工件的邊沿在狹窄的凸緣上相接觸。這個凸緣稱為壓緊凸緣，因為過量的塑料就由刻在這個凸緣上的縫隙中流出。由於這個壓緊凸緣使生成的模隙毛邊很少，並且容易折斷。凸緣的標準尺寸為2.5~4.5公厘。不應將凸緣直接作為衝模的支承面，最好使衝模支承於環上或導軌上。這種壓模與開式壓模不同之處，就是在用這種壓模時只有當在1—衝模；2—模板；3—被壓模閉合前工件成型之後製的工件；4—壓緊凸緣；才有過量的塑料流出。5—過量塑料的流出空隙。

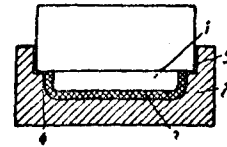


圖4 具有壓緊凸緣的半密閉式壓模：

半密閉式壓模比其他各種類型的壓模具有更多的優點，因此是應用最廣泛的一種壓模。主要的優點為：a)比在開式壓模時流出的過量塑料較少，只是當工件成型之後才流出，這樣便可以在多窠壓模時也用體積法來配料；6)所得工件的尺寸比開式壓模準確；B)由於模隙毛邊壓緊的緣故，所以在壓製後工件的加工比較容易；r)與密閉式壓模比較，這種壓模的製造成本及操作費用均較低。

鑄造用壓模 這種壓模與前述各種壓模不同在於：前述各種壓模的加料室是在整個的截面上與成型部分直接相連的，而在鑄造用壓模中，加料室則是以一個或數個切面很小的孔道與成型窠相通。鑄造用壓模係由活塞、加料室、鑄口及成型部分等所組成（參看圖8）。

鑄造用壓模的優點，就是可以壓製具有下部鑿空的、厚度不同的、具有深孔的（甚至孔的切面還是很小的）、以及需要壓入複雜附件的等等外形複雜的工件。

上述所有各種類型的壓模，都可以有各種不同型式的結構，以分別適用於不同形狀的工件、不同類型的壓塑料以及不同構造的壓製機等。

壓模的加熱方法

壓模的加熱，主要用蒸汽或電流。只有在極少的特殊情形下，才使用熱油和過熱的水來加熱。

蒸汽加熱 使蒸汽由壓模夾圈中的特殊的孔道中通過，這樣便可以迅速而均勻地將壓模加熱，並且不須要特殊的溫度控制器。具有蒸汽加熱孔道的壓模，當工件壓製成後，就可以在壓模中將工件進行冷卻。為此，在壓製完畢後，即將蒸汽孔道切斷，而通入冷水以進行冷卻。蒸汽加熱法的缺點為：a)由於必須有加熱孔道，因而使壓模的體積大，製造複雜；6)壓製車間為另外裝

設的蒸汽管線所擁塞。

電流加熱是用特殊的電阻絲裝於壓模中而進行的。用這個方法加熱時，壓模的構造和操作都簡便，並且還可避免受中央鍋爐房蒸汽溫度變化的影響，這樣便可以使每一個壓模可能分別具有一個大的溫度範圍。這種加熱方法的缺點計有：a) 壓模中溫度的變化劇烈，這樣便必須常常將電流通和切斷，或者必須用特殊的溫度控制器；b) 由於壓模中沒有冷却孔道，因而不能在壓模中進行工件的冷却。在電流加熱的壓模中壓製，然後用水來冷却，這樣便使壓製過程比在用蒸汽加熱並用水冷却時大為延長。

壓製塑料工件的壓製機

壓製法和鑄造法壓製塑料工件所用的主要設備為水壓機。機械傳動的壓製機是很少應用的。

水壓機的構造有很多種，可分成下列幾類：

1. 單壓(上壓或下壓)

水壓機(圖5)。

2. 雙壓水壓機，這類

水壓機又可分為：a) 同向作用的雙壓水壓機，b) 對向作用的雙壓水壓機，即一個工作壓力由下往上壓，另一個由上往下壓(圖6)，c) 工作壓力成 90° 角作用的雙壓水壓機(圖7)。

3. 三壓水壓機，其中二個工作壓力由上往下壓，另一個則由下往上壓。

除了工作壓力外，水壓機上還裝有往復壓筒，以便將水壓機打開；並裝有推出壓筒，以便將工件由壓模中推出。

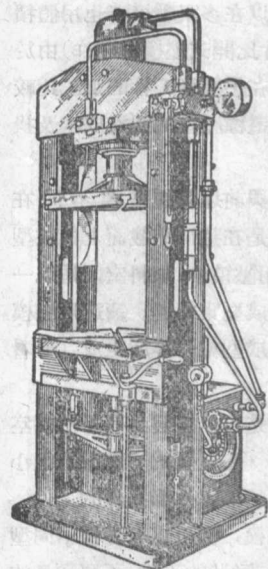


圖5 單壓(上壓)單獨傳動的水壓機。

水壓機的操縱，可分為人力操縱、半自動化操縱、或完全自動化操縱(自動水壓機)。在自動水壓機中，除了向漏斗中加料要用人力外，壓製過程中所有其他工序(配料、水壓機的關閉、壓模的閉合、加壓、保持[工件保持於壓模中]、水壓機的打開、壓模的吹風和清潔)都是自動進行的。

水壓機可由統一的中央水力站傳動而進行工作，中央水力站具有水泵、蓄壓器、壓縮機等設備，在大的壓製車間中，用這種傳動方法是很經濟的；水壓機也

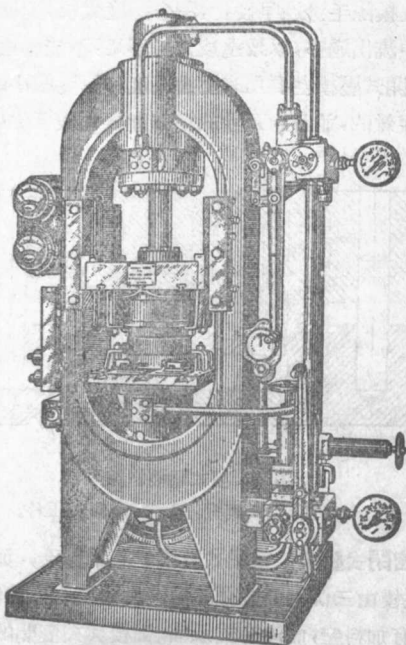


圖6 對向作用的雙壓水壓機。

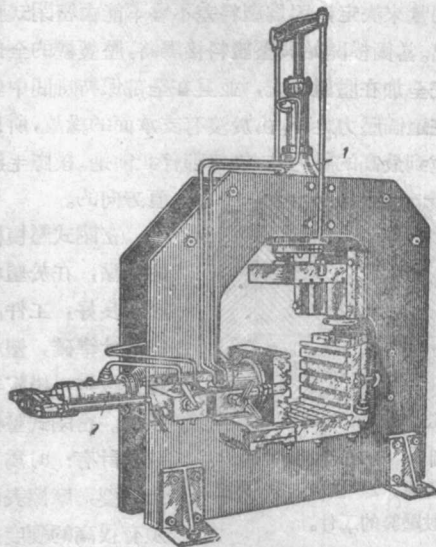


圖7 工作壓力成 90° 角作用的雙壓水壓機；

1—上壓筒；2—側壓筒。

可分別用單獨的傳動來進行工作。

中央水力站通常應具有兩種壓力：低壓和高壓。低壓(8或50大氣壓)用來關閉水壓機，當壓模的上部與壓塑料相接觸時為止，一直使用低壓。高壓用來閉合壓模、打開水壓機或開啓壓模以及將工件由壓模中推出(在蘇聯最常用的高壓為200大氣壓)。

單獨傳動的水壓機，由於可以自由調節，所以可以

產生各種不同的壓力。通常這類水壓機可以產生的最大壓力為 350~450 大氣壓。

單壓水壓機通常用於壓榨法壓製，而雙壓或三壓水壓機則用於鑄造法壓製。

塑料工件的壓製方法

在工業上獲得廣泛應用的主要壓製方法有：1) 壓榨法；2) 鑄造法；3) 注射法；4) 擠出法。此外，在工業中還常常應用聯合方法：注射壓榨法和注射鑄造法。

壓榨法壓製 壓榨法主要用於壓製熱抗性塑料。於熱塑性塑料，由於注射法發展的結果，只限於用壓榨法壓製那些產量不多而尺寸和重量龐大的工件。

壓榨法壓製的特點是：1) 壓製過程一開始便直接向被壓製的工件上加壓力；2) 壓模（壓模的成型部分）在工件完全成型後才閉合。

壓榨法壓製主要是在單壓水壓機中進行，但也可在任何其他類型的水壓機或機械傳動壓製機中進行。工件是在金屬壓模中成型的，壓模可用蒸汽、電流、熱油或過熱水加熱。

鑄造法壓製 在鑄造法壓製時，於過程的初期，壓力只施於壓模加料室中的塑料上。在壓模的熱和壓力的作用下，室中的塑料成為可塑性，並成為半液態由小孔（或若干小孔）中被壓入壓模的成型窠內。當成型窠完全為壓塑料充滿時，即當壓製過程終了時，成型部分的壓力才與加料室中的壓力相等。

鑄造法壓製可用於壓製熱抗性塑料，亦可用於壓製熱塑性塑料。注射法壓製的發展，使鑄造法在熱塑性塑料的壓製上的應用大為減少；現在在壓製熱塑性塑料工業中鑄造法只用於壓製外形複雜和具有複雜附件的工件。

熱塑性塑料和熱抗性塑料兩者的鑄造法壓製過程的基本差別在於：對於熱塑性塑料，壓模成型部分的溫度要比加料室中的溫度低得多，且在大部分的過程中要時時加以冷卻；對於熱抗性塑料，加料室中的溫度與成型部分的溫度相同，並且也不需要冷卻。

熱抗性塑料廣泛應用鑄造法壓製的原因有二：1) 與壓榨法壓製相較，這種方法具有更大的優點；2) 由於研究出了更完善的壓模構造和特殊的水壓機，因而使壓製過程更加改善。

最初，鑄造法壓製是在普通的單壓水壓機上進行的，同時壓模是由可拆卸的零件裝配成的，因為不如此便不能把工件由在壓製過程中閉合起來的壓模成型部分中取出。壓模的可拆卸構造使其製造更加複雜，同時由於在每壓製一個工件後便須將零件拆卸和裝好以及

將加料室和澆口管道清除乾淨，因而使操作的時間大為增長。這樣，雖然工件在壓模中保持的時間可以縮短，但是仍使壓製過程所需的時間加長，而使壓製機的生產力降低。因此，鑄造法壓製主要用於壓製外形特別複雜並附有微小易斷的附件的工件。

1936年出現了雙壓水壓機，這就有了可能用一個柱塞來完成壓模的閉合，而用另一個柱塞來進行鑄造。與此相應，壓模的構造也起了根本的改變，在這種壓模中沒有可拆卸的零件，而壓模的開啓則直接由壓製機來進行。圖 8 a 所示，為雙壓壓製機的鑄造法壓製簡圖。此外壓模沒有可拆卸的部分，壓模在水平方向開啓，由壓製機來進行（在單壓壓製機上用可拆卸零件裝成的壓模壓製時，壓模是在垂直方向開啓的，這是兩者不同的地方）（如圖 8, б）。當把塑料加入下部的加料室中後，上柱塞的壓力即將壓模閉合，然後下柱塞即將塑性化了的塑料由散佈在壓模下半部的澆口管道中壓入成型窠。澆口管道與鑄造柱塞壓力的方向成 90° 的角度。壓模的上半部固定在壓製機的壓板上，當其隨壓板升起時，壓模即被打開。工件和澆口以及加料室中殘餘的塑料則一同由壓模中被取出。成型窠、澆口管道及加料室的清潔，都用壓縮空氣來進行。

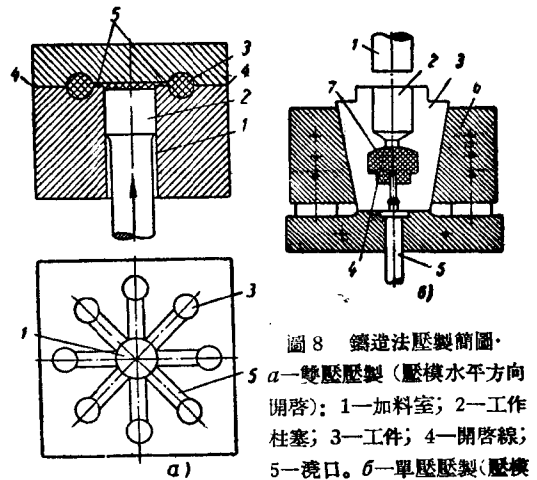


圖 8 鑄造法壓製簡圖

a—雙壓壓製（壓模水平方向開啓）：1—加料室；2—工作柱塞；3—工件；4—開啓線；5—澆口。б—單壓壓製（壓模垂直方向開啓）：1—活套（衝模）；2—加料室；3—可拆卸的壓模窠；4—澆口；5—可拆卸窠的頂出桿；6—夾圈；7—工件。

用鑄造法壓製熱抗性塑料時，最好採用如下的條件：1) 壓模加料室的截面積應比壓模成型部分的截面積大 15~20%，以避免在鑄造時發生壓模的衝開現象；2) 澆口管道只開在壓模的一部分上，可以為敞開的，管道的高度約為 0.5 公厘，其所須的截面積，可用管道的

寬度來補償(在壓製粉狀塑料時,管道的高度應比在壓製加有粗大的纖維性填充物的塑料時稍小);3)管道的形狀為:當壓模垂直開啓時,管道的截面積接近於圓形,當壓模水平開啓時,其截面為長方形;當壓製尺寸龐大的工件時,應使用具有很多小截面的管道的壓模;4)所用的比壓應為 $500 \sim 2000$ 公斤/公分²,但在每一個具體情況下,應根據壓塑料、壓模構造以及工件的形狀而選擇最適合的比壓。

鑄造法壓製的優點計有:a)由於塑料是在塑性化的狀態下以高速由截面很小的澆口管道中通過,故全部塑料的加熱均勻;6)工件各個部分的強度均勻;b)可壓製厚度不同的工件,且其壁厚之差可不受限制,也可以壓製外形極為複雜且帶有深度大而直徑小的開孔的工件;c)可使工件上脆弱的附件以及壓模上最細小的嵌片不致變形或破碎;d)可以用比在壓榨法壓製時硬度較小的合金製成的壓模。

如果用高頻率電流預熱壓片,再用鑄造法壓製,則對於生產力的提高(縮短保持時間)以及對於工件質量的改進都有很大的效果。表3所載的數據,便是這種方法與壓榨法效果的比較[15]。

表 3

壓製方法	比 重 (公分 ³ /公分 ³)	保持時間 (秒)	水分含量 (%)
壓榨法	1.33	105	0.78
鑄造法,壓片用 高頻率電流預熱	1.38	5~10	0.27

注射法壓製 無論熱塑性塑料或熱抗性塑料,都可用注射法壓製加工成為工件。

熱塑性塑料的注射法壓製,多半在自動注射機(鑄造機)上進行。過程進行的步驟如下(圖9):加在漏斗中的壓塑料,自動地並定期地按定量加入壓筒,再逐漸

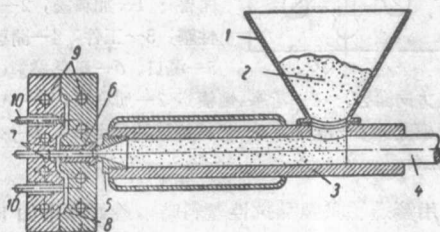


圖 9 熱塑性塑料注射法壓製過程簡圖:

1—漏斗; 2—壓製用塑料; 3—壓筒; 4—柱塞;
5—噴嘴; 6—進口; 7—澆口管道; 8—壓模的成型部分; 9—冷卻管道; 10—推出器。

被柱塞推向噴嘴,同時並通過了若干加熱段。在噴嘴之前,塑料環繞着雪茄煙狀的心柱——魚雷管(如圖11所示)——移動,並完全塑性化,然後在高壓下經由噴嘴和出口而被壓入澆口管道,再由澆口管道而進入壓模的成型部分。壓模的溫度必須保持一定,並且要比被

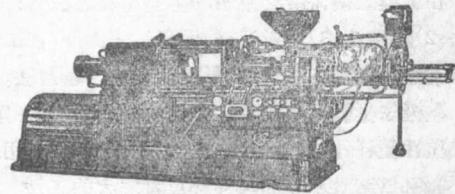


圖10 壓製熱塑性塑料的注射機的外觀。

注射的壓塑料的溫度低很多。硬化的時間差不多與壓模充滿的時間相合,而壓模在充滿後或經過很短的保持時間後立即自動打開。然後取出工件,將壓模中殘餘的塑料清除,將壓模關上,柱塞即將新的塑性化了的塑料壓向噴嘴,而重複進行製造過程。

壓製熱塑性塑料的注射機的外觀,如圖10所示,其噴嘴部分的構造則如圖11所示。

注射機的主要部分為:1)開啓和關閉(將壓模的兩半密閉)壓模的壓榨裝置;2)具有柱塞的塑料壓筒,以便將塑料經噴嘴壓入壓模中。壓筒包括送料部和預熱段,塑料被柱塞推向預熱段中。為了將塑料迅速而均勻地加熱,有時在心柱之前,使塑料由一個具有很多直徑很小的開孔的分配環中壓過。壓筒中有若干(至少兩個)加熱段,同時在壓筒中有若干份的塑料。開始時,噴嘴要補充加熱,而在漏斗附近則有時還要加以冷卻。

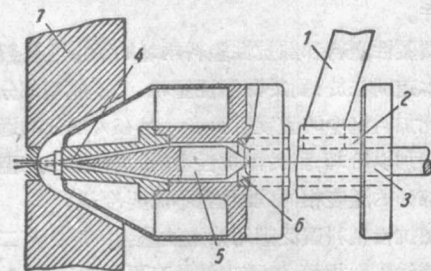


圖11 壓製熱塑性塑料的注射機的噴頭的構造圖:

1—漏斗; 2—壓筒; 3—柱塞; 4—噴嘴; 5—心柱;
6—分配環; 7—壓模身。

注射機中的加熱,可用電流、高壓蒸汽或熱油來進行。在每一加熱段中的加熱,都是獨立地自動控制的。對於每一種不同的塑料,壓模溫度按實際情況規定。

注射法壓製時的比壓,由注射機的構造決定,通常

在 $500 \sim 2500$ 公斤/公分² 之間，可根據塑料的類別和工件的構造而具體地選定。

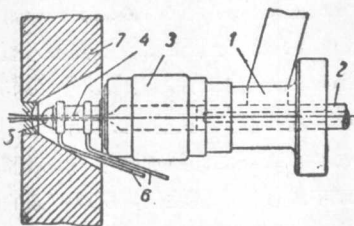


圖12 壓製熱抗性塑料的注射機的構造簡圖：
1—壓筒；2—柱塞；3—低溫段；4—高溫段；
5—噴嘴；6—冷卻管；7—壓模身。

用注射法壓製熱抗性塑料時，也可使用壓製熱塑性塑料的那些注射機，只將噴頭及壓筒的構造稍稍加以改變（圖12），所改變者為：a) 在壓筒中加裝心柱和分配環，以便壓筒的腔體得以逐漸縮小而直接形成噴嘴；b) 壓筒以表面上的電繞組進行加熱，電繞組分成若干部分，這些部分的加熱都由自動溫度控制器來控制；c) 噴嘴另外再裝有加熱裝置和強力的冷卻裝置（冷卻水管）；d) 漏斗及柱塞上也有水冷裝置，以防止塑料過早硬化。

壓塑料在注射機的壓筒中被熱處理到臨界塑性，然後在高壓下經過噴嘴被壓入熱的壓模中。由於塑料在被壓入壓模前，曾在高溫下被熱處理，所以在壓模中保持的時間可以縮到最短，而使壓製過程變得很短。為了防止塑料硬化（特別是當柱塞返回時），所以噴嘴要輪換地加熱（塑料壓入壓模前）和冷卻（塑料壓入壓模後）。

熱抗性塑料用注射法壓製時的比壓，可達 4000 公斤/公分²；噴嘴開口的直徑為 $2 \sim 3.2$ 公厘；壓模中的溫度達 160°C ；噴嘴的暫時溫度達 300°C 。

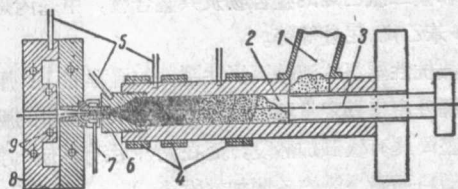


圖13 以注射法壓製普通塑料的過程簡圖：
1—漏斗；2—壓筒；3—活塞；4—塑料加熱帶；5—溫度控制器的熱電偶；6—噴嘴夾圈；7—噴嘴冷卻管；
8—壓模；9—壓模加熱管道。

在按照上述方法用注射法壓製熱抗性塑料時，塑料在通過壓筒的加熱段後，尤其是在通過噴嘴的高溫

加熱段後，幾乎得到硬化過程所必須的全部熱量。因此，壓模中的溫度即可較低（ $150 \sim 160^\circ\text{C}$ ），並且塑料在壓模中停留的時間，亦與用注射法壓製熱塑性時的停留時間相近。在生產量上說，這個過程的效率很高，但只有在壓製特製的塑料時才有這種效果，這類特製的塑料與普通塑料不同的地方，是其中所含的潤滑劑（硬脂酸鋅等）較多。此外，這種過程要求極嚴格的控制溫度條件，並主要適用於壓製尺寸小的工件。圖13所示為另一種注射法壓製過程，可以加工普通的熱抗性塑料。這種過程與上述過程基本不同的地方在於：a) 在壓筒中只給與塑料最少的熱量，這個熱量僅足以使塑料變成可塑性，便於注射法壓製的狀態，但完全不足以使塑料硬化；b) 硬化的全部過程都在壓模中進行。因此，噴嘴的溫度較低，不超過 110°C ，而壓模中的溫度則很高，可達 $190 \sim 220^\circ\text{C}$ 。雖然這種過程的生產量比上述小，但它的優點却多：1) 可利用普通的塑料；2) 可壓製尺寸龐大的工件；3) 噴嘴不需要特殊的構造；4) 過程的操縱比較簡便。

聯合法壓製[16] [注射壓榨法壓製]圖14所示，為注射壓榨法壓製用的壓製機。此壓製機係由臥式注射機和壓榨用的立式水壓機組成。塑料先經噴嘴注射入壓模內，然後由水壓機的垂直柱塞加以壓製。這種聯合法使工件的尺寸及重量都大為增加，並且可以壓製外形最為複雜的（例如在不同的平面上具有很多螺紋的）工件。

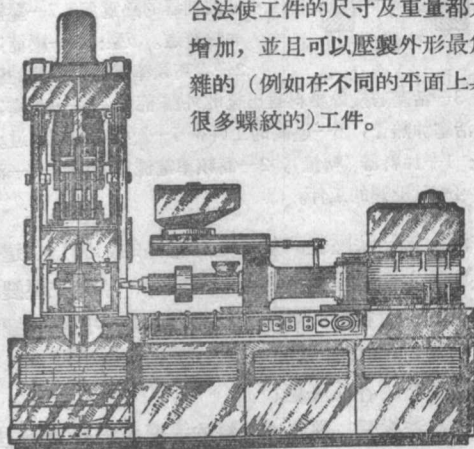


圖14 注射壓榨法壓製用的聯合機。

[注射鑄造法壓製]圖15所示，是熱抗性塑料的注射鑄造法壓製工件的簡圖。用高頻率電流預熱到 $140 \sim 150^\circ\text{C}$ 的壓片2送入壓筒1（圖15,a）中。活塞3向前推動而將塑料經澆口管道注射入壓模4的成型部分中，這些澆口管道的位置與注射方向相垂直（與壓模水平開啓的鑄造法壓製時相似）。壓塑料在壓模中迅速硬化，其所需的熱量大部分是由高頻率電流加熱得到，小

部分則是在壓模中得到。壓筒只須微微加熱。活塞可用加熱管 5 來加熱，以防止塑料冷卻。工件硬化後，即將壓模打開，這時活塞再往前推動，以便將壓製後殘留於壓筒中的塑料推出。爲了進行高頻率電流加熱，可以應用標準的或爲某種過程所特製的能自動加熱和加料的附屬設備。圖 15, a 所示，爲在壓筒上用高頻率電流加熱的加熱器裝置；而圖 15, b 所示，則爲具有高頻率電流加熱及加料的加熱器裝置。將壓片裝入加料器（轉輪）中，此轉輪與活塞成直角而旋轉。當轉輪通過高頻率加熱電場後，即將壓片送入活塞前方，活塞即將壓片經由壓筒及澆口管道而壓入壓模的成型部分中。

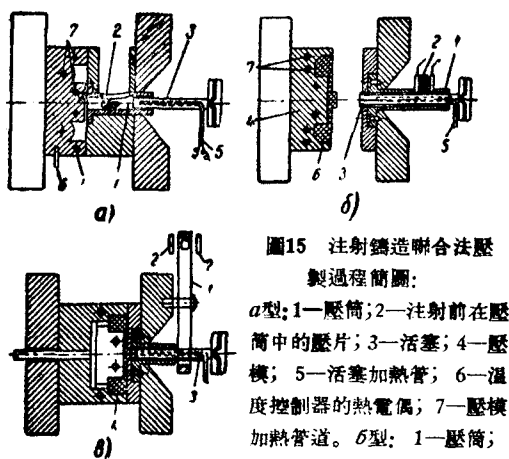


圖15 注射鑄造聯合法壓製過程簡圖：

a型：1—壓筒；2—注射前在壓筒中的壓片；3—活塞；4—壓模；5—活塞加熱管；6—溫度控制器的熱電偶；7—壓模加熱管道。b型：1—壓筒；2—在高頻率電流電極間的壓片；3—活塞將殘餘塑料推出後的外露部分；4—壓模；5—活塞加熱管；6—壓成的工件；7—壓模加熱管道。B型：1—加料器（轉輪）；2—高頻率電流電極板；3—活塞；4—被壓製的工件。

注射鑄造法壓製的效率是非常高的，因爲在這個方法中的主要過程——塑料的加熱——不是在壓製機中進行的；而在壓製機中進行塑料加熱會使壓製機的構造複雜，且使操作時間增長。同時，這個方法仍保有鑄造法壓製的各種優點。

擠出法壓製 熱塑性塑料的連續擠出法（壓擠法）

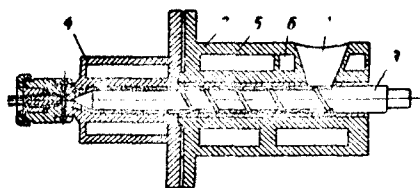


圖16 壓製熱塑性塑料的擠出機簡圖：

1—漏斗；2—壓筒；3—螺旋桿；4—壓筒噴頭；5—加熱套；6—冷卻套。

的壓製過程如下：將粉狀、粒狀、小立方體狀或條狀的塑料，連續地由漏斗送入壓筒中（圖 16），塑料在壓筒中一方面受到熱處理，且同時被螺旋桿推向壓筒的噴頭；然後，塑料在充分塑性化後即被壓入噴頭的開口中，噴嘴開口的形狀由工件的截面及外形來決定；工件由熱的噴嘴中壓出後，即被空氣或水冷卻。

通常用蒸汽或熱油作爲加熱用的熱載體。因爲塑料是在噴頭中最後完全塑性化，所以噴頭的加熱溫度要比壓筒高些。頭部和噴嘴常常用電流來加熱。螺旋桿或螺旋桿上的螺線爲變距的雙頭螺線，用不同的轉速傳動；靠近出口（噴嘴）的一端，螺距逐漸減小，以保證塑料的優良壓製。噴頭有兩種型式：直通式和角式（與壓筒成 90° 角）。角式噴頭主要在金屬導線包塑塑料時（製造電纜時）應用。

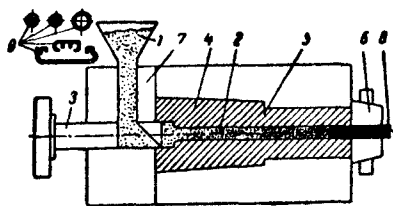


圖17 壓製熱抗性塑料的擠出機簡圖：

1—漏斗；2—壓筒；3—柱塞；4—6—加熱段；7—冷卻段；8—工件；9—工件斷面舉例。

除螺旋式擠出機外，活塞式擠出機也可用於熱塑性塑料的加工。

在擠出法壓製過程中，溫度條件是極其重要的因素，對於每一種壓塑料都應按實際情形選擇其溫度條件。

擠出法壓製可加工下列各種熱塑性塑料：酯化纖維（硝化纖維，乙基纖維，苯基纖維，丁酸纖維），氯化乙烯和偏二氯乙烯的疊合物及共疊合物，甲基丙烯酸鹽，多苯乙烯，尼龍等等。

熱抗性塑料的連續擠出法壓製的過程如下：壓塑料由漏斗中自動定量地（按時地）加入水平位置的壓筒中，壓筒具有數個加熱段，而在漏斗附近則有一冷卻段；塑料通過壓筒的各個加熱段後，即完全塑性化，並在壓力下由特殊的噴嘴（也是加熱的）中擠出，因此，噴嘴即將工件的斷面成型；工件由噴嘴中出來時便充分硬化。

圖 17 是壓製熱抗性塑料的擠出機簡圖，它與抗熱性塑料的擠出機不同之處，就是塑料在壓筒中不是用螺旋桿推動，而是用活塞來推動的。當活塞退回時，塑料

即由漏斗落入壓筒中，而當活塞前進時，即將塑料推向噴嘴。

不論熱塑性塑料或熱抗性塑料，應用擠出法都可以不用昂貴的壓模而得到任意長度的毛坯或工件。在用擠出法壓製熱塑性塑料時，工件的壁厚及直徑的範圍可以很寬（例如，在壓製管時，管壁的厚度可由 0.25 公厘到 12 公厘或以上；壓製塑料線及塑料桿時，直徑可由 0.25 公厘到 50 公厘）。熱抗性塑料的擠出法壓製，可以應用於外形簡單的工件或毛坯（再加割斷即成工件）的大量生產上。

壓成工件的機械加工

由塑料壓成的工件，自壓模中取出後，還略需補充加工。這些加工包括：接合縫痕、和模隙毛邊的除去，只有在少數情形下才進行機械加工（鑽孔，銑削，磨製等）^①。

模隙毛邊通常在壓模的開啓處附近生成，因在工件的壓製過程中，這些地方有塑料流進。除去工件邊沿上的凸起，以及在某些情形下除去斜稜，都用車刀或金屬砂磨輪來進行。工件表面的打磨，可使用砂布或砂紙。

層狀塑料工件的製造

壓製前層狀塑料的準備工作

欲製造層狀塑料片、板、棒、管或花式工件，可應用由熱抗性樹脂（苯酚甲醛樹脂及甲酚甲醛樹脂）浸漬過的並經乾燥過的各種織物、紙類及木片^②。

織物及紙類的浸漬和乾燥是在立式的浸漬機（圖 18）中進行，木片則是在普通的鐵缸中進行浸漬，缸中盛有 5~6 公尺³ 的溶液。浸漬後的木片則放入附有空氣強制循環的乾燥室中進行乾燥。

層狀塑料依用途的不同，可割成片狀、帶狀、細塊或者在衝割模中衝割成各種形狀的毛坯。割成的片用來製造夾布膠木片和板、分層絕緣片和板以及膠布片和板〔巴林里特（балли́т），Δ-膠木（дельта-древесина）及里格羅弗爾（лигнофоль）〕，帶、細塊及花式毛坯則用以在壓模中壓成工件。由層狀塑料—織物及紙類—製成的細塊，通常是切成 10×10 公厘大小；厚度為 0.55 公厘的木片，則切成更細的（由 3×3 到 7×7 公厘）小塊。

割成的片經再度乾燥（當其中的揮發物含量較高時，便要再度乾燥）後，便根據所欲製成的片或板的厚度（並計入壓製時塑料的壓縮）而收集成堆。

在壓製前，必須檢驗層狀塑料的樹脂、水分及揮發

物的含量，塑性（細塊的），和某些物理機械性質（視用途而定）。製造各種牌號的夾布膠木所用的浸漬過的棉織物，應含有 45~55% 的樹脂，而用於製造各種結構用的夾玻璃布膠木的浸漬過的玻璃絲織物，則應含有 30~40% 的樹脂；用來製造分層絕緣物的紙應含有 40~55% 的樹脂，而防水分層絕緣物用的紙則應含有 62~67% 的樹脂；用來製造 Δ-膠木的木片應含有 15~20% 或以上的樹脂，用來製造巴林里特和里格羅弗爾的木片則應含有 30~35% 的樹脂。織物及紙類中水分及揮發物含量應為 3~5%，木片則應為 6~9%；若製造 Δ-膠木類的結構膠木時，則揮發物含量不應超過 6%。為了不使層狀塑料受潮，必須將它貯放在乾燥的地方，運輸時必須完善地嚴密包裝。

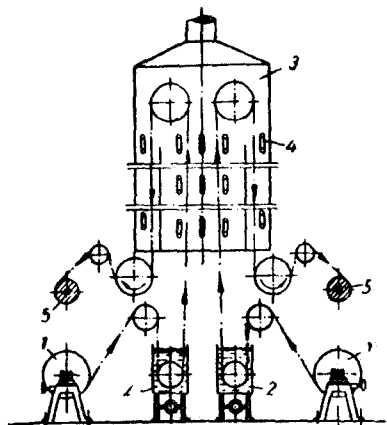


圖 18 立式浸漬機：

- 1—織物或紙筒；2—樹脂浸漬池；3—乾燥器；
4—蒸汽導管；5—已浸漬織物或紙的捲筒。

層狀塑料中樹脂的含量，對塑料的強度、防水性、電的性質以及在壓製時工件的成型都有影響。

根據壓模加料室的構造及容積的不同，可以將層狀壓塑料先製成壓塊或壓片。木片碎塊可以在加熱到 60~70°C 的密閉壓模中，於水壓機或機械壓製機上，在 100~150 公斤/公分² 的比壓下，每厚 1 公厘加壓 0.5 分鐘而壓成壓塊。浸漬過的織物及紙類碎塊，則可以在不加熱的壓模中壓成壓片。壓片的形狀及尺寸，由工件及壓模的構造而決定。

層狀塑料工件的壓製

在壓製層狀塑料工件時，有下列的作用進行：a) 原

① 詳見「結構塑料的切削加工」，在本書 700~708 頁（指原書）。

② 關於層狀塑料詳見第四卷第五章。