

科學圖書大庫
塑膠製品設計手冊

譯者 張志純

科學圖書大庫
塑膠製品設計手冊

譯者 張志純

徐氏基金會出版

譯 序

余在徐氏基金會譯編出版塑膠書籍「塑膠學」，「塑膠大全」及「PU製品的應用及發展」和FRP書籍：「玻璃纖維補強塑膠之應用」，「玻璃纖維及超級塑膠大全」及「最新FRP手冊」，曾獲各界之佳評及讀者的愛好。作為溝通兩方面的橋樑，這一本「塑膠製品設計手冊」，真算是畫龍點睛，青出於藍，其塑膠材料一章，替塑膠樹脂換骨算命，而補強塑膠及複合物一章，使FRP脫胎換骨，承先啓後，繼往開來，豈獨復興基地專美於前哉！事在讀者之旁徵博引之人爲耳！！

著者Ronald D. Beck，現任美國密西根華倫，通用汽車公司費雪車身廠高級塑膠工程師。他是一位技術師，發明家，著作家，教育家，在塑膠界活躍35年，曾著述其他塑膠方面專書，風行一時。此外，他曾在洛徹斯特奧克蘭大學及底特律密西根韋恩州立大學講授塑膠課程多年。

除上述兩章外，另有塑膠試驗及鑑定法模造程序，模具設計、螺牙、凹孔、插件、緊定、聯結、裝潢，及其他加工方法，都是國內塑膠工程師、技術員、教授、學生、廠商、業主所必具的塑膠知識。各手一冊，學萬人敵。

爲酬謝讀者對本人編譯科技書籍的愛護，特由現代塑膠百科全書及其他文獻譯增附錄數種以充實內容。

張志純

西元1981年癸辰於台北市

原 序

本書係用作塑膠製品設計的研討及使用的指引。主要為所有工程園地的學生而撰寫，它對需要本主題概述的合格工程師亦應有用。本書包括塑膠材料及從各該原料轉變成完工產品的加工兩方面的資訊。

在製品設計方面討論的題材為：零件需求的模子設計；模造孔及凹陷，螺牙，插件，緊定及結合塑膠；裝潢塑膠；押出設計及加工；補強塑膠；及塑膠的試驗和鑑定。

本書資料的來源如此之多而廣泛，要想一一申論殊不可能。所有尺寸多採英制，有些以公制表示。附錄變換表提供國際單位與英，公制的關係。

本人相信此一設計手冊將為工程師及學生們鋪路直抵計畫利用今日塑膠固有優點之鵠的。

Ronald D. Beck

目 錄

譯 序

原 序

第一章 塑膠材料

一、塑膠是什麼？	1
二、塑膠類型	1
三、熱固塑膠	2
四、熱熔塑膠	11
五、其他塑膠	37

第二章 模造方法

一、概 述	48
二、射出模造法	48
三、工模及收縮裝置具	56
四、熱熔塑膠用螺桿射出模造法	57
五、熱固塑膠用衝桿射出模造法	59
六、壓縮模造	60
七、模子的鍍銘	69
八、補強塑膠用上下金屬模具模造法	69
九、轉進模造	73
十、模 具	80

十一、無廢料成形法	81
十二、開口成形法	82
十三、押（擠）出吹氣模造法	82
十四、注射吹氣模造法	83
十五、熱成形法	85
十六、模造可膨脹聚苯乙烯泡膠	86
十七、拉伸吹氣模造法	89
十八、其他塑膠加工法	91
十九、FRP壓力容器之繞製	91

第三章 模子設計及加工

一、熔接線	104
二、澆道	106
三、閘門	107
四、拉澆工具	112
五、模子通氣法	112
六、流動及形體設計	114
七、加強肋及突面設計	115
八、緣的設計	123
九、角牽板	123
十、半徑	124
十一、內圓角	124

第四章 模造件要求的模子設計

一、分離線	126
二、分離線不配合	132
三、分離線唇部設計	133
四、公差	133
五、模造物品標準公差	134
六、壁厚	136

七、壁厚變易	139
八、推 拔	140
九、拋出器機構	142

第五章 模造小孔及凹陷

一、模造小孔	145
二、與引長平行的小孔	146
三、接近側壁及其他小孔	150
四、不與引長平行的小孔	153
五、鑽孔及扳螺牙	154
六、凹陷（突起部）	157
七、模造件內芯外分段	159
八、可潰芯子	159

第六章 螺牙設計

一、螺牙種類及配合	164
二、模造螺牙	170
三、攻絲螺牙設計	176

第七章 插 件

一、模置插件待考慮的因數	179
二、牝牡插件的形體	189
三、對模子強度的影響	185
四、插件位置	186
五、插件處開裂	189
六、壓入插件	190
七、金屬衝製及桿型插件	192
八、塑膠插件	196
九、披 覆	200
十、複合模造件	201

第八章 緊定及聯結塑膠

一、機械扣件·····	204
二、熔接塑膠的方法·····	221
三、鈎圈扣件·····	236
四、拍鎖襯套·····	238
五、接着劑結合法·····	238

第九章 裝潢塑膠

一、塑膠件的表面光製·····	247
二、噴漆法·····	248
三、流動塗佈法·····	251
四、浸漬塗裝法·····	251
五、滾筒塗佈法·····	251
六、噴漆及擦拭法·····	253
七、幕式印刷或裝潢·····	254
八、油漆塑膠材料·····	255
九、熱衝法·····	259
十、達姆波印法·····	264
十一、真空鍍金·····	265
十二、噴金法·····	267
十三、複合裝潢法·····	268
十四、塑膠件字體·····	269
十五、兩色模造·····	272
十六、插件模子裝潢法·····	273
十七、模內裝潢法·····	274
十八、裝潢三聚氰胺模造件·····	276
十九、着色劑·····	277
二十、色彩濃縮物·····	285
二十一、特種着色劑·····	286

二十二、熱固粉劑塗裝.....	287
-----------------	-----

第十章 押（擠）出模設計及製程

一、押出模造法原理.....	301
二、冷卻及造型.....	303
三、輪廓押出物.....	303
四、雙押出物.....	310
五、金屬嵌埋法.....	316
六、次生作業.....	318
七、熱熔押出材料的比較.....	319
八、熱固塑膠押出物.....	320

第十一章 補強塑膠及複合物

一、補強熱固塑膠.....	324
二、上下模具設計考慮.....	348
三、補強熱熔塑膠.....	360
四、夾層塑膠.....	388
五、複合物.....	397
六、填料及補強物.....	400
七、迴旋模造法.....	450
八、PVC / FRP 管道.....	452
九、塑膠補強物用纖維.....	464
十、FRP 管道耐蝕內襯的新觀念.....	498
十一、FRP 酒桶.....	502
十二、造船用樹脂的最新發展.....	505

第十二章 塑膠試驗及鑑定法

一、試驗塑膠材料.....	510
二、塑膠的鑑定.....	598
三、熱熔塑膠材料鑑定試驗結果.....	599

四、熱固塑膠材料鑑定試驗結果.....	602
五、DAP，酞醇，酚樹脂及環氧樹脂試驗法.....	603
六、玻璃纖維及石棉填料.....	603

第十三章 技術字眼簡釋

附 錄

一、塑膠／骨材複合物.....	613
二、補強熱熔塑膠新姿.....	615
三、補強熱固塑膠新姿.....	620
四、補強熱熔泡膠.....	623
五、補強熱固泡膠.....	624
六、錯列組合泡膠.....	626
七、冷作塑膠的機械性能.....	629
八、各種計量單位換算表.....	639
九、換算因數.....	645
十、結構性拉擠成形物	647

第一章 塑膠材料

一、塑膠是什麼

塑膠乃由大分子組成的有機材料，各該分子係藉某些建築方塊分子的鏈狀連接所構成。塑膠的性能依存分子的大小及分子內原子的排列。例如，聚乙烯（P.E.）係由原先乃一種氣體的乙烯組成。經由一種稱為聚合作用的程序，一個乙烯分子鏈係藉乙烯內部碳原子的價鍵所形成。該高分子量產品稱為一種聚合物（polymer）。因此，聚乙烯稱謂係用以區別高分子塑膠與其氣體對手方，乙烯——它是變成聚合化的單體（monomer）。「聚」（poly）指「甚多」（many）乙烯建築方塊分子或單體，它們連接形成聚乙烯塑膠分子。往往「樹脂」（Resin）術語與聚合物可互換使用以描述一種塑膠材料的基本分子。不過，樹脂有時用以描述一種天然及合成樹脂二者的糖漿狀液體。

塑膠，在完成品形式，少有單獨由聚合物組成，但亦含其他組成物，諸如填料，顏料，安定劑，及處理助劑。不過，塑膠材料或模造料的稱謂總是來自該聚合物名稱。

二、塑膠類型

1. 熱固（熱凝性）塑膠

熱固塑膠（Thermosets）乃在其原生狀態比較無用的聚合物。加熱至某一溫度，發生一種化學反應，引起分子們鍵結一起或相交聯。硫化（vulcanization）及聚合（polymerization）作用或硬化（curing）後，熱固材料保持安定而不能回到其原來狀態。因是，

「熱凝固」(Thermo - set) 鑑別那些由於加熱的結果變得凝固成可用狀態的材料。正常上，一種熱固聚合物係與填料及補強劑混合以獲致一種模造料的性能。

熱固塑膠是所有塑膠中最硬及最挺者，硬化後在化學上不溶解，且其性能比熱敏感熱熔塑膠較少，受溫度變化的影響。熱固塑膠的佳例為：酚樹脂，三聚氰胺，脲，酞醇，及環氧樹脂。由此等聚合性（巨分子）樹脂製成的模造料（molding compound）總是會加入的填料及補強劑以獲得最適性能。

2. 熱熔（熱塑性）塑膠

熱熔（Thermoplastic）聚合物乃熱敏感材料，在室溫是固體，如像金屬一樣。加熱時，熱熔塑膠變軟，終極到達熔點，成為液體。讓一種熱熔塑膠冷卻至其熔點以下，引起該塑膠的再結晶或凝固。後續加熱及冷卻循環引起恰似金屬那樣的熔化凝固循環。

熱熔塑膠熔化的事實乃其加工成為完工零件的基礎。熱熔塑膠可能藉任何引起該料的軟化或熔化的方法加工。熱熔塑膠利用熔化的加工技術的佳例為：射出，押出成型，迴旋鑄造及滾壓法。利用在熔點以下軟化的優點的加工法為：熱成形（真空或加壓），吹氣模造，及鍛造等法。當然，正常金屬割削技術亦能應用於固態的熱熔塑膠。熱熔塑膠的普通實例為：聚乙烯，聚苯乙烯（P.S.），聚氯乙烯（P.V.C.），及尼龍（聚醯胺）。

三、熱固塑膠

1. 酞醇

酞醇（alkyds）乃一族系的由不飽和聚酯樹脂組成的熱固模造料。如像大多數熱固塑膠，酞醇硬而挺，且在升高溫度保持其機械及電氣性能。

酞醇的了不起在乎於電弧的存在時其抵抗電弧及跟蹤的能力。濕時低水份吸放置及電氣性能保持力允許酞醇貢獻在汽車火星設備的極佳績

效。酞醇的非跟踪特性允許其用於電弧管及重型分電器。誘電體損失因數的變動小使酞醇能被用於電視調頻器分段，因調頻器電容在電視機整個作業溫度範圍內保持不變。

原材料有四種基本形式：粒，繩，油灰，及塊狀。粒狀材料主要用於壓縮模造法，雖然有些等級係藉轉進模造法施工。正常情況，顆粒係預形成爲丸，片，於是在裝填模子內之先預熱之。粒狀材料提供所有酞醇的最低機械性能，但某些粒料具備選定應用格外優良的電氣性能。

繩狀酞醇係一種含玻璃或合成纖維補強物的油灰式材料，主要用於轉進模造法，繩料乃酞醇族系的工作老馬，並提供一種管用的衝擊強度及其他性能的平衡，同時保持極佳的電氣性能。繩料硬化迅速並能模造成複雜的形體。

油灰狀材料係一種柔和非補強物質，主要用於披覆某型電容器。低模造壓力允許油灰被使用而無損壞微弱電容器箔的機會。塊狀酞醇是高度補強的並可能轉進式壓縮模造之。因其高含量補強物，塊狀酞醇提供極端高衝擊強度及優越電弧抵抗力。不過，模造性限制於比繩狀材料較簡單的形體。

圖1-1所示汽車馬達電刷支掌乃一典型的酞醇應用。其他應用爲：電氣及電子絕緣體，電弧管，電視調頻器分段，汽車線圈頂，分電盤蓋及開關絕緣體，它們仰賴酞醇的電氣及機械性能，以及其在溫度變動時高度體積穩定性。酞醇以甚多顏色現成，但少有供裝潢應用，由於成本高，且一般與胺或酯樹脂比較表面光製不大光滑。甚多酞醇模造材料是自熄性的。

2. 丙烯樹脂及複合料

丙烯樹脂 (allyl resins) 乃熱固樹脂，最通用於模造料，諸如二丙烯腈酸酯 (DAP) 及二丙烯異腈酸酯 (DIAP)。在成本最高的熱固塑膠中間，DAP及DIAP主要用於特種應用，要求極端體積準確性及最優電氣和化學抵抗力，尤以在升高溫度時爲然。雖然二者在大多數性能密切相似，DIAP能用於較高溫度 (至 500 °F)，DAP通常限於 300 °F 以下的連續用途，然在短時間可容忍較高的溫度

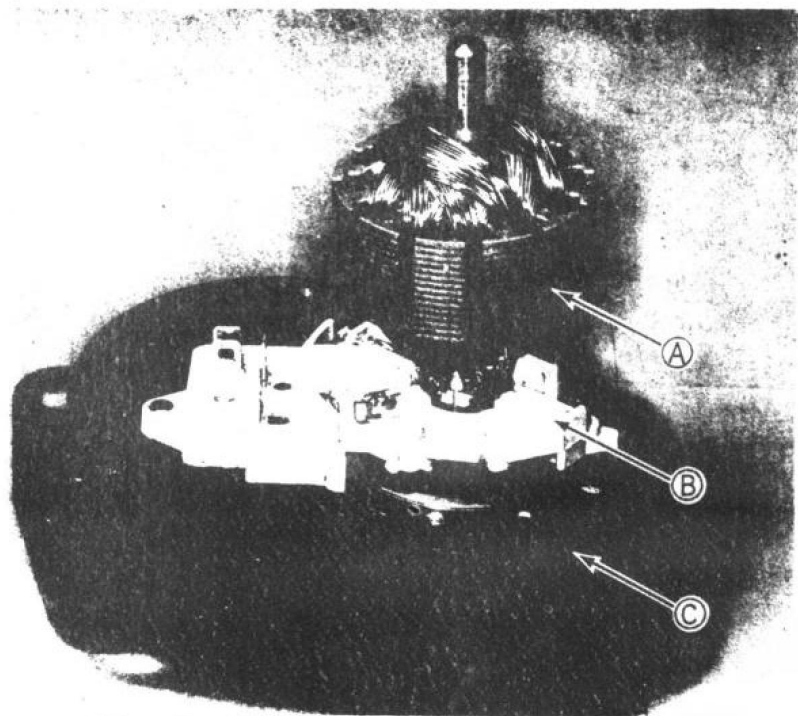


圖 1 - 1 顯示一輛汽車擋風玻璃雨刷馬達。(A)電動子，(B)肽針刷支掌組合，(C)金屬馬達殼座。酞醇塑膠材料用於雨刷支掌，因其優越電氣性能及管用機械性能。

。當需要比酞醇提供者較佳電氣性能，較高溫度或較大體積穩定性時，通常選用D A P 樹脂。

丙烯酸極佳電氣性能，尤其是電弧抵抗力，表面及體積阻力率，以及電氣性能隨極端溫度及溫度變易的可略而不計的變動，使丙烯酸適合電弧管，絕緣體，終端，及其他電氣電子組件的使用（如圖 1 - 2 所示）。對微菌的抵抗力使D A P能在特種軍用通信裝置中績效良好。

如像其他熱固塑膠，D A P需要填料及補強劑以賦予模造料的機械性能。用於D A P複合物的典型填料及補強劑為：纖維素，石棉，玻璃纖維，及合成纖維，如尼龍，奧龍，及達克龍是。填料的選定係取決於所欲特定性能的綜合。

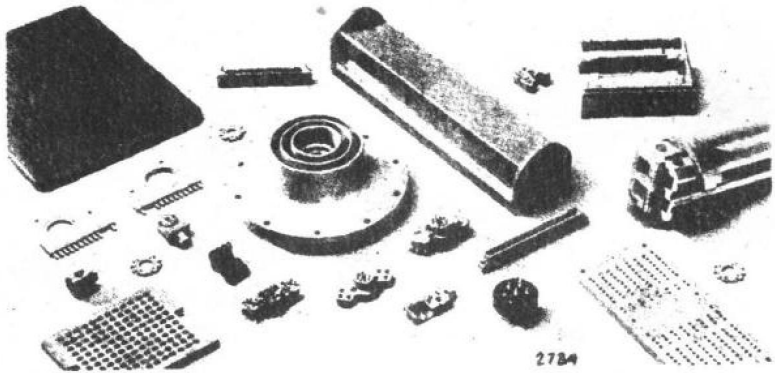


圖 1-2 顯示由 DAP 製多種模造電氣及工業零件。

丙烯模造料以甚多顏色供用，並可轉進或壓縮模造之。柔和流動級可供披覆精緻插件之用，而且有自熄或不燃燒等級現成可用。

3. 胺基模造料

在熱固族系中，胺基塑膠係藉其無限可着色性被識別。兩種材料，三聚氰胺甲醛及脲甲醛係分類為胺基塑膠。二者提供良好電氣性能，諸如電弧抵抗力，並具備高表面硬度，極佳油光及外觀，耐溶劑，而且不燃燒。胺基塑膠的主要缺點為其低衝擊強度及曝露於溫度時體積變動大。

(1) 三聚氰胺類

三聚氰胺具有比脲樹脂較大溫度及濕度抵抗力，使其能成功的用於餐具，斷電器，分電箱，器具把手，小電器外殼，及捏手。美耐明 (melamine) 含浸透明紙係用於賦予如餐具及器具把手等項目以裝潢細節。

(2) 脲樹脂

最大限連續使用溫度 170°F 對三聚氰胺的 210°F ，脲樹脂在要求較不嚴格的應用找到用途。脲樹脂的普通用途為着色家用電開關，插座及壁片如圖 1-3 所示。亦顯示獨特的 IBM Selectric 打字機字

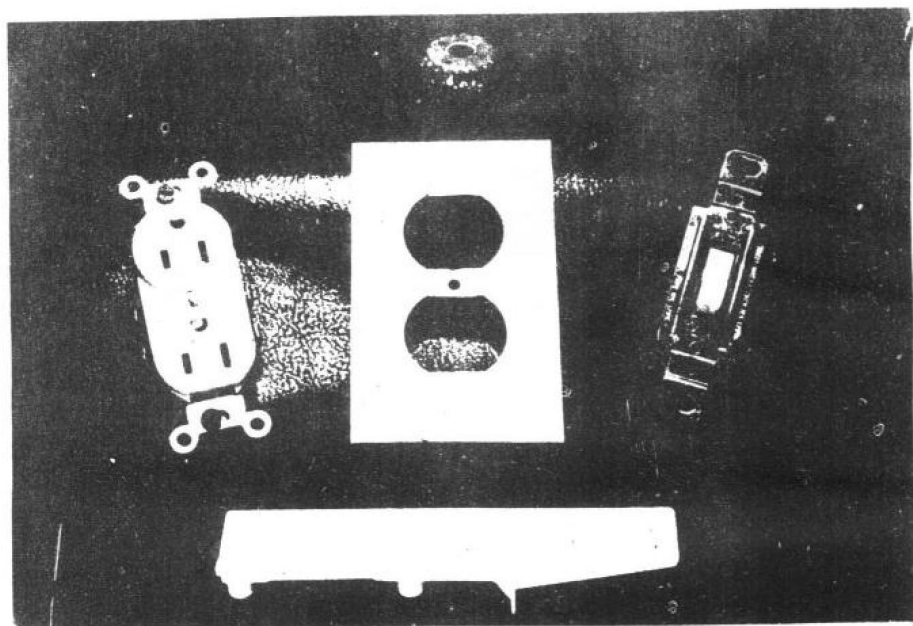


圖 1-3 一群脲甲醛壓縮模造的零件。

體球，它利用脲樹脂的輕巧及表面硬度的綜合性能於此一工作緊張的電鍍機能性零件。

4. 環氧樹脂

環氧樹脂乃熱固塑膠族系中最高績效的材料，具備比其他熱固塑膠較大的耐熱及化學品性，但通常成本甚高。戶外耐風雨性及在露天電氣性能幾乎毫無改變使環氧能用於動力輸電線上高電壓絕緣子，一種前此由陶瓷擔任的工作。

如像其他熱固塑膠，環氧必須與填料及補強劑，諸如，玻璃，組合以提供模造件所需機械性能。環氧亦可會同玻璃紗束或纖維使用以製造耐化學品高溫零件如鼻錐及實驗室水槽。玻璃補強環氧塑膠件提供比由聚酯樹脂製類似零件較高強度，耐熱性及較佳耐用性。

封包複合料係在大氣壓力下澆注，用於披覆諸如線圈等小電子零件。近年環氧模造料已發展能予壓縮或轉進模造於低壓情況。此一特色使其能以快速週期封包模造。諸如中斷線圈的應用，能藉轉進模造法在低壓披覆之，仍完全含浸纏線不怕折斷精緻的纏繞細絲。

環氧模造料的主要應用範疇係在電子及電氣工業。它們用於成本較低材料不能令人滿意之處。

5. 酚塑膠

酚塑膠乃合成塑膠中最老之物，曾在1909年被發現。不管好老，酚塑膠仍為高用量工程材料，並繼續找到應用。由於其成熟性，酚塑膠往往用作熱固族系比較的基線。根本上，酚塑膠具備所有熱固塑膠的典型性能：挺性，耐熱性，在升高溫度性能保持性，及對溶劑抗力。

用酚樹脂製的模造料能以廣幅品種賦予該料一相當廣幅可能物性的填料配方之。特種配方可為某些電氣性能，衝擊，耐熱或耐化學品性而設計。自然，特用材料比一般目的者為貴，後者乃所有塑膠中最廉價者之一。

填料及補強材料包括麵粉，石棉，合成纖維，碎布，玻璃纖維，棉絨，及紙。每種補強媒體，係為特殊目的而選用。

酚塑膠缺點之一為其有限着色性。黑及褐色乃酚塑膠的最常見顏色。不過，有些等級可能獲得暗綠或暗紅褐色。

所有熱固加工法可能用於酚塑膠，包括最近發展的螺桿射出成型法及特種熱固押出法。機器施工及拋光乃在酚塑膠上實施的普通模造後作業。

酚模造料的應用不勝枚舉，如圖1-4所示。它們包括一廣大序列的零件，諸如汽車分電盤蓋，自動傳動閥體，分電器，推力墊圈，電器扇葉及殼，照相沖洗箱，披覆電子組件，小馬達殼及電刷支掌，以及電動工具外殼。

6. 聚酯

聚酯（又稱多元酯）乃由雙基酸與多元醇的聚合化作用衍生的熱固