



產品製造工法入門

產品 + 家具設計篇

羅伯·湯普森

譯序

工業設計的教育發展莫立於1919年的德國包浩斯（Bauhaus）學院，由於，工業設計的專業形成啟源於工業革命後產業職能分工的需求，德國包浩斯的課程架構尤其強調設計師的職業教育訓練，特別是對於產品材料與加工技術的認識與操作。時至今日，這些包浩斯所揭示的工業設計師基礎養成教育內容，歷經91年來的演進，在產業界中除了發展出數量驚人的合成與複合材料外，成型加工技術的機械與工法更是進步快速一日千里。

工業設計師正如其名，必須針對產品設計中的量產可能性作出判斷與貢獻，因為，身為工業設計師必須對產品的使用材料與製程具有深刻的認識與瞭解，並對所創作產品的造型與機構提案，就製造生產的機會風險承擔一定的責任。

當然，工業設計師在市場的期待下，還必須具備成就產品真、善、美三位一體的專業修為，求真（Make products work better）代表工程學的專注（Focus），求善（Make products sell better）代表行銷學的靈活（Adaptability），求美（Make products look better）則代表美學的觸動（Touch），這是工業設計師形而上的專業成就指標。

然而，坊間卻不易找尋能為工業設計師，提供完整產品使用材料與製程的參考書籍，它除了必須具備涵蓋範圍的完整性外，還能以最新的技術發展與應用範例提出佐證說明，當然，如果能附上照片與圖示詳加說明則更臻完美。產品製作工法入門（The Manufacturing Guides Product and Furniture Design）一書便是在這樣的期待中誕生，首先，要感謝龍溪圖書對本書出版的發心與慧眼，同時，也要感謝朝陽科技大學工業設計系陳維隆副教授在本書翻譯工作上的並肩協力，希望本書能為台灣許多一心嚮往工業設計的莘莘學子，提供參考、指引、啟蒙與入門。

朝陽科技大學工業設計系副教授 陳建男

First published in 2011 by Thames & Hudson Ltd.

Copyright © 2011 Rob Thompson

作者：羅伯·湯普森（Rob Thompson）

譯者：陳建男／陳維隆

出版發行：龍溪國際圖書有限公司

地址：234新北市永和區中正路454巷5號1樓

TEL：(02) 3233-6838

FAX：(02) 3233-6839

E-Mail：info@longsea.com.tw

http：//www.longsea.com.tw

郵政劃撥：1294942-3

出版企劃：徐小燕

編輯校對：陳建男

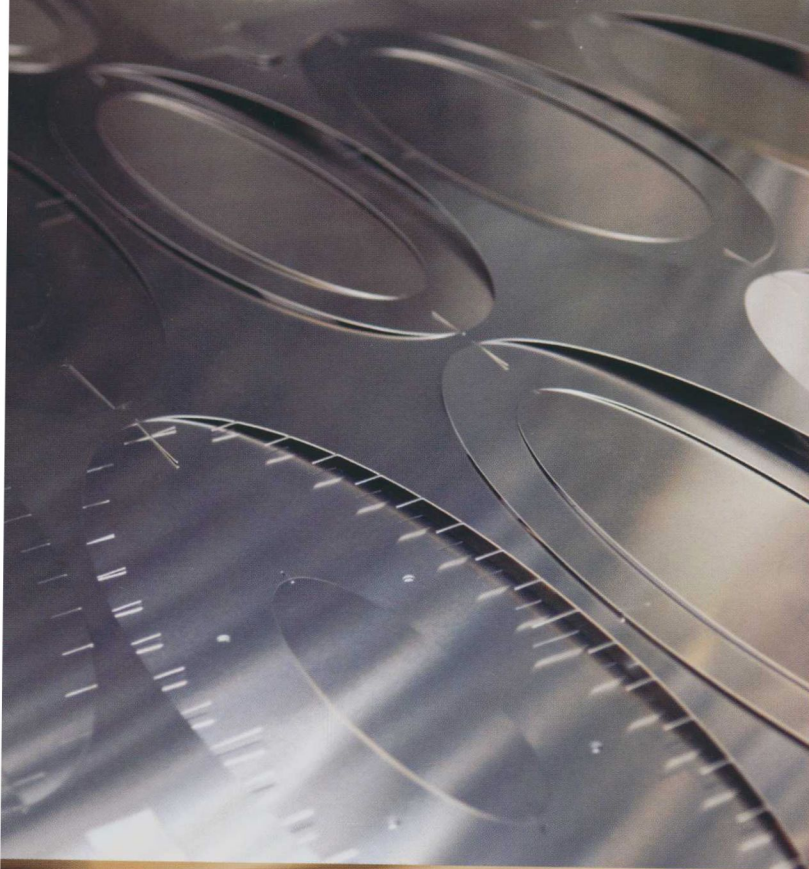
美術編輯：不倒翁視覺創意工作室

出版日期：2011年

■本書如有裝訂破損、缺頁請寄回退換■

ISBN：978-986-7022-52-3

定價：NT\$750



港台書

羅伯・湯普森 (Rob Thompson)

會同Young-Yun Kim 先生參與本書編寫

產品製造工法入門

——產品＋家具設計篇

The Manufacturing Guides
Product and Furniture Design

譯者：陳建男／陳維隆



龍溪圖書

目錄

如何使用本書
簡介

頁2：由左上角順時鐘方向：雷射切割Luceplan Queen
Titania燈具；真空電鍍顏色；超音波融接TSM 6行動電
話外殼與視窗；Rega揚聲器音箱組立。

第一部

成型技術 (Forming Technology)

6	熱壓成型 (Compression Molding)	14
8	橡膠 (Rubber)	
	塑膠 (Plastic)	
	團狀與片狀複合材料 (DMC and SMC)	
	熱成型 (Thermoforming)	22
	真空成型 (Vacuum Forming)	
	壓空成型 (Pressure Forming)	
	雙層壓空成型 (Twin Sheet)	
	旋轉成型 (Rotation Molding)	30
	塑膠押出成型 (Plastic Extrusion)	34
	射出成型 (Injection Molding)	38
	塑膠射出成型 (Plastic Injection Molding)	
	氣體輔助射出成型 (Gas-assisted)	
	多重射出成型 (Multi-shot)	
	模內裝飾射出成型 (In-mold Decoration)	
	金屬射出成型 (Metal Injection Molding)	48
	發泡成型 (Foam Molding)	52
	冷熟化發泡成型 (Cold Cure Foam Molding)	
	發泡剪裁成型 (Cut Foam)	
	浸漬成型 (Dip Molding)	58
	高壓鑄造 (High-pressure Die Casting)	62
	熔模鑄造 (Investment Casting)	66
	金屬沖壓成型 (Metal Press Forming)	70
	沖壓成型 (Stamping)	
	深抽成型 (Deep Drawing)	

金屬沖孔與沖裁成型 (Punching and Blanking)	76	振動融接 (Vibration Welding)	138
金屬旋壓成型 (Metal Spinning)	80	熱鉚合 (Staking)	142
彎管成型 (Tube and Section Bending)	84	熱風 (Hot Air)	
心軸彎管 (Mandrel Bending)		超音波 (Ultrasonic)	
環鍛成型 (Ring Rolling)		數值細木工 (CNC Joinery)	148
擠鍛成型 (Swaging)	90	組立 (Assembly)	152
旋轉擠鍛 (Rotary Swaging)		裁縫拼飾 (Upholstery)	156
液壓擠鍛 (Hydraulic Swaging)			
超塑性成型 (Superplastic Forming)	96		
陶瓷壓塑成型 (Ceramic Press Molding)	100	第三部	
陶瓷注漿成型 (Ceramic Slip Casting)	104	表面加工技術 (Finishing Technology)	
實木蒸煮彎曲成型 (Steam Bending)	108	移印 (Tampo Printing)	162
數值加工成型 (CNC Machining)	112	網印 (Screen Printing)	166
數值雕刻成型 (CNC Routing)		陽極氧化處理 (Anodizing)	170
數值車製成型 (CNC Lathe Turning)		自動塗裝 (Automated Spray Painting)	174
組立 (Assembly)		電鍍 (Electroplating)	178
編織成型 (Loom Weaving)	118	真空電鍍 (Vacuum Metalizing)	182
雷射切割 (Laser Cutting)	124		
		字義 (Glossary)	186
第二部		支援廠商 (Featured Manufacturers)	187
結合技術 (Joining Technology)		深度閱讀 (Glossary)	189
熱壓融接 (Hot-plate Welding)	130	圖片提供 (Illustration Credits)	190
超音波融接 (Ultrasonic Welding)	134	感謝誌 (Acknowledgments)	191
		索引 (Index)	191

如何使用本書

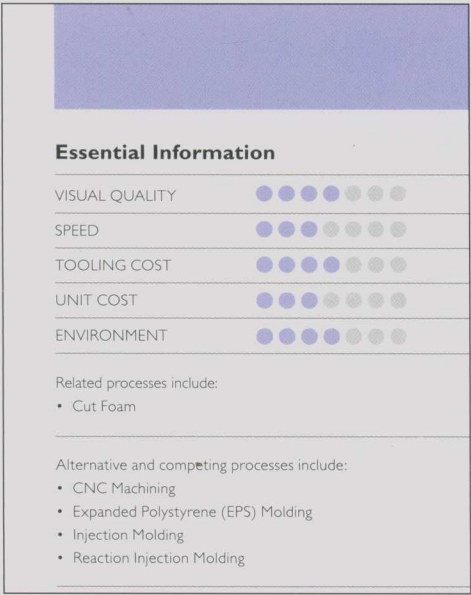
本導引之出版旨在提供產品設計與製造過程中啟發靈感的來源，習用與新型大量製造技術均涵蓋其中。所附使用案例研究在說明機械化製造的限制下創造力的可能性，製造過程的圖示更突顯個案中的技術考量。

如何使用製造過程說明部份

每一製造過程介紹均附上簡單提要說明，而每一項製造工程說明以其一般應用為焦點，設計師可按書中提供製造指引依其可行性進行應用選擇。

本書主要分三部份（每部份以不同顏色區分，以利讀者分辨使用），成型技術（Forming Technology，藍色），結合技術（Joining Technology，橘色）及表面加工技術（Finishing Technology，黃色）。

技術圖示說明部份揭露該工法內容，這些技術原理除了是應用基礎外，也同時界定了模具與設備的技術限制。在每一技術的差異加工分別中，例如同屬射出成型的氣體輔助射出成型（Gas-assisted Injection Molding，42頁）與多重射出成型（Multi-shot Injection Molding，44頁），均予個別探討並依技術特性作出解釋。



重要資訊
以五項功能指標概略說明每一製程特性，以提醒設計師及協助任務決策。

如何使用重要資訊提示圖表

此外，在介紹每一製造技術的頁面中附上重要資訊提示圖表，本圖表依外觀品質、成型速度、模具成本、成品單價及環境衝擊等五面向，評估各製造技術之價值比較。評價標準依點數區分由最低一點至最高七點，當然，產品種類、製造技術應用方式與產品背景均會對本評價產生影響，而本評價的重要目的，是希望協助設計師進行製造技術決策時作初步的導引。

簡介

本書中提供了許多運用於製造每日必需生活用品，令人驚嘆的生產製程與材料技術，工廠一直都是啟發設計師創意靈感的來源，本書所涵蓋的量產製造技術，例如壓鑄製造（Die Casting，頁62）、射出成型（Injection Molding，頁38）、塑膠押出（Plastic Extrusion，頁34）及陶瓷壓塑成型（Ceramic Press Molding，頁100），這些製造技術模具費用較高不適於原型製作及少量製造，當然，本書亦涵蓋部份製造技術具有較低模具費用且經優化調整適於量產製造。

任何產品零組件在生產時就必須針對製程與材料的選擇取得平衡，設計師的角色就在產品開發過程中，從概念發想至量產製造，就各面向的需求，提出創新的設計解決方案。

關於材料與製造

本書中介紹的製造技術對設計師而言，極富參考價值。設計過程的基礎步驟，在於如何將概念轉換成可藉由量產程序製造與組立的產品，設計師對於材料與製造的認識，可確保設計初始理想在面對量產現實考量時，能繼續維持而不妥協，此外，設計師對於材料與製造的認識，能協助設計師針對機構與製造就現成已知的技術



Pedalite產品爆炸圖

這一款自行車踏板燈藉由踏板動作發電，並將電力儲存於電容內備用，有別於一般使用電池產品，本產品由Product Partners開發設計與模具及生產商ENL Limited合作，一種合作伙伴關係結合雙方各具有的專業以確保原始設計願景，能在設計、開發與模具製作的完整過程中傳達無誤。

應用，提出聰明而創新的解決方案。

書中記錄的每一種量產技術均透過認識、發展與細節等程序說明，這將有助於設計師瞭解與解讀產品是如何被製成，這種洞察力對於新案件的創新啟發、設計改良的重點提示，與任何設計上應避免犯過的錯誤，深具價值。

能應用於產品的材料與製造方法選擇極多，而且在沒有預算的限制下，幾乎任何產品都能被製造，然而，實際上所有的產品開發都有嚴格的預算限制，而且量產品必須在設計上，考慮有效率的材料使用與製造成本。沒有效率的設計與工程在大量製造中對成本的影響極大，若以四千萬件產量的產品而言，將造成災難性的結

果，因為若每一件產品造成0.01元的浪費，四千萬件產品將累積四十萬元的損失，同樣的，每多1盎司材料在產品的使用將造成更多自然資源與能源的消耗，也一併製造了更多的廢棄物。

設計師無法獨力完成這個挑戰，必須同時在產品開發進行中有許多專業技術的投入，因此，設計師必須具備一種能與工程師、技工、模具師父、製造商、材料供應商與其他所有與產品開發有關的人員，彼此互相溝通的「語言」，對此而言，這本書是理想的學習管道。

量產技術

射出成型（Injection Molding）一直是最被廣泛運用於塑膠製品的成型技術，它被利用於種類極為廣泛多樣的產品製造，就形狀與尺寸而言，小從微型醫療器材大至貨車保險桿。

許多射出成型的延伸運用，讓射出成型的應用範圍對設計師而言更具吸引力，這其中包括氣體輔助射出成型（Gas Assisted Injection Molding，頁42）、多重射出成型（Multi-shot，頁44）、及模內裝飾射出成型（In-mold Decoration，簡稱IMD，頁46）。

金屬射出成型（Metal Injection Molding，頁48）結合



Bang & Olufsen揚聲器

色彩鮮豔的Bang & Olufsen BeoLab 4000 揚聲器，外觀以鋁質陽極氧化處理，陽極氧化處理能應用於多種表面及質感，例如，霧面、拉絲面、浮飾表面與拋光亮面等。

了射出成型，與金屬材質物理特性等雙重優點，因此，能應用於成型具複雜形狀與表面細節的成品，並同時顧及精確成型尺寸。

金屬材質表面質感可以利用化學處理方式改變，化學成份添加的多寡會強烈影響其效果，例如陽極氧化處理（Anodizing，頁170）是一種電化學的製程，用以在鋁表面形成一層氧化薄膜，而這一層鋁氧化薄膜便可染製成多種色彩鮮豔的顏色（參考上例）。

木材是被廣泛應用且期待的材料，但它卻只能依賴自然界生長後取得，因此，每一件木材製品同樣被彎曲、裁切及表面處理後仍具個別細微差異，實木蒸煮彎曲成型

(Steam Bending, 頁108) 便隨順的利用木材質輕巧與堅固的特性，整件被成型的實木條維持連續的木紋肌理，相反的，被裁鋸成較短的木材斷面易於進行數值加工成型 (CNC Machining, 頁112)，由於縮短木材長度能有效降低其縱向強度，便利於板材的加工成型。

實木蒸煮彎曲成型技術由麥克托奈特 (Michael Thonet) 於1850年代完成工業化生產，例如由他設計製造的Thonet 14號椅 (參考下例)。



Thonet 214號椅
椅子型號14 (通常被稱為214號椅) 由Michael Thonet於1895年設計，他是一位大量製造的先驅，14號椅在投產的50年內被生產超過5千萬張，到目前為止，被認為是世上最成功的量產品之一。



宏達電 (HTC) 智慧手機「傳奇」 (Legend) 手機機身由整片鋁合金板經由數值加工製作完成，具有無縫精密質感與精確尺寸外型。

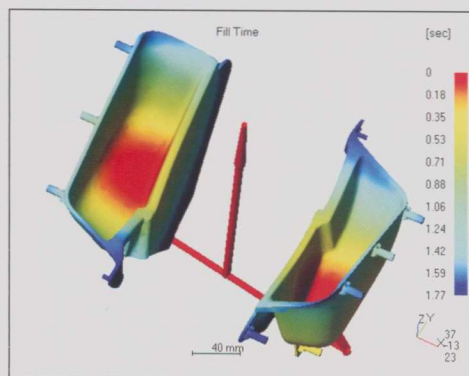
電腦輔助製造 (CAM)

大部份的現代製造技術均需要電腦協助，電腦輔助製造 (Computer-Aided Manufacturing, 或稱CAM) 對於產品開發的速度、效率及重覆再製性貢獻良多，同時，電腦輔助製造也能讓一些以往僅適合小量製造的產品，如今也能符合大量製造的要求，例如，數值加工成型 (CNC Machining, 頁112) 就具有精確與多用途的特性，並能適應相當廣泛的材質加工，近幾年，數值加工成型的生產技術成長迅速，在製造應用上日趨複雜且更具經濟效益，當一些產品設計上的考量例如整合零件與操作，希望藉由單一零件完成時，便必須利用數值加工成型來達成任務，並能同時滿足生產消費性產品大量製造的需求，例如，極富創意的HTC (宏達電) 智慧手機Legend, (參考上例)。

電腦輔助設計 (CAD)

電腦軟體在產品量產化零件的設計與工程上扮演重要角色，藉由有限元素分析 (Finite Element Analysis，或稱 FEA) 為基礎而發展的模擬軟體，能讓生產前的產品零件品質預估與測試成效更可靠。

許多產品的成型均利用有限元素分析的模擬讓生產效率提高，有限元素分析並未能應用在所有的成型加工中，但使用它確實具有優勢，最重要的是能降低模具費用，因為，模具在第一次就能製作正確（參考下例）。



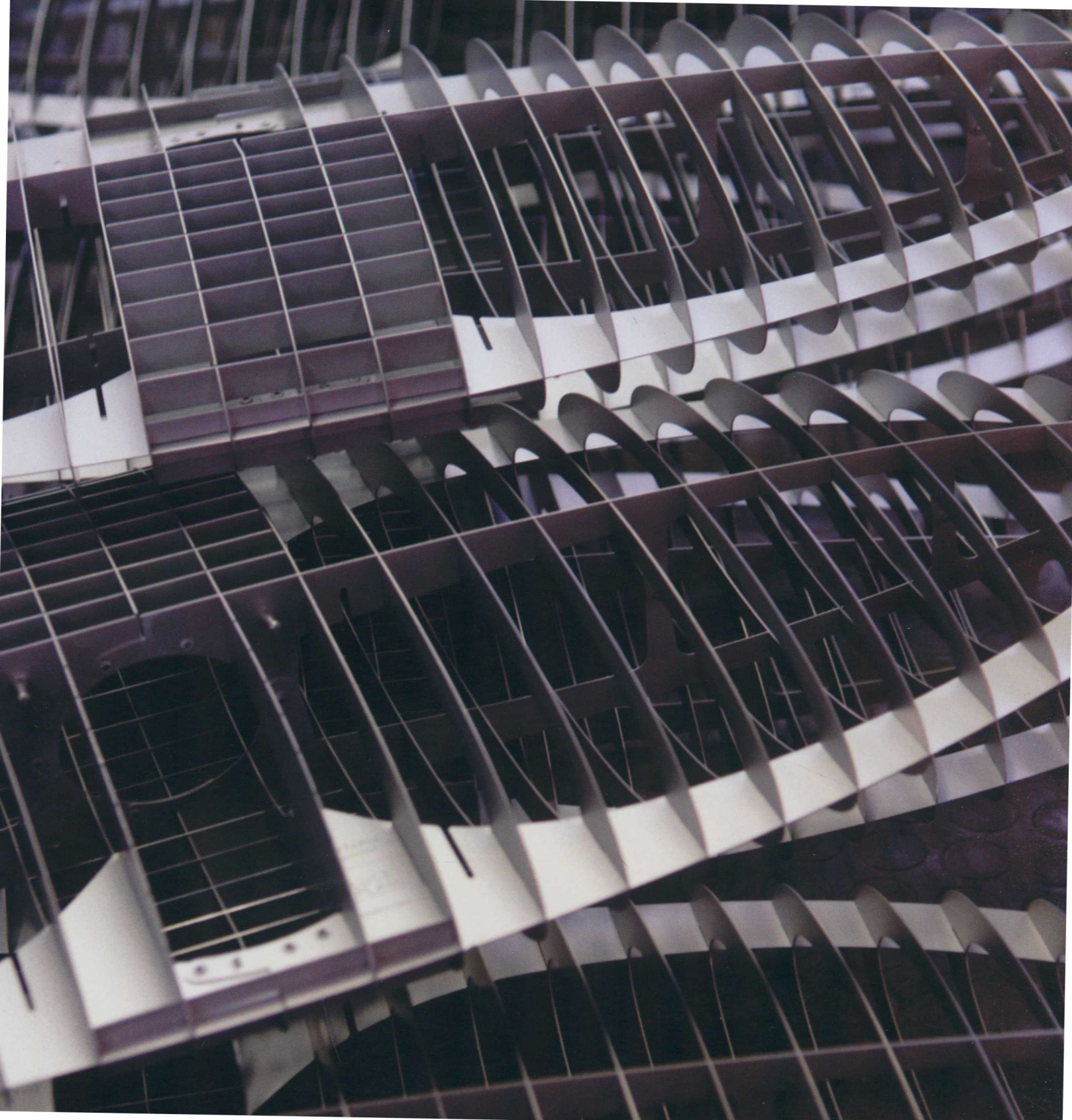
模流分析

汽車室內零件由Resinex and Gaertner & Lang製造，在色譜分析表中顯示製造的充填時間僅數秒，產品的成型外觀優劣是非常重要的，因此，模流分析軟體常用於避免製造工程中產生的熔接線 (Weld Lines)，及產品重要部位的色差。

設計實現

在量產化零件的設計過程中通常會需要製作原型及先期少量製造，因為，立體實作是創新型產品開發過程的基礎，設計完成的量產化零件模具費用極為高昂，例如利用射出成型及壓鑄成型的量產化零件，便可使用真空鑄型 (Vacuum Casting) 及快速原型成型 (Rapid Prototyping) 來製作原型，這些成型技術模具費用相對低廉，但成型零件單價常高於量產真實零件數倍，而且，機械特性與外觀品質異於真實零件。

產品生產時究竟使用何種材料與製程，取決於產品產量、構造、尺寸、功能特性與外觀美感等因素，本書取材於許多全球領導性廠商的案例舉證，任何一項原創的產品對技術專家而言均具有全新且令人興奮的挑戰，當然，設計師在利益使用者的前提下，必須確定上述挑戰能促進創新解決方案的誕生。



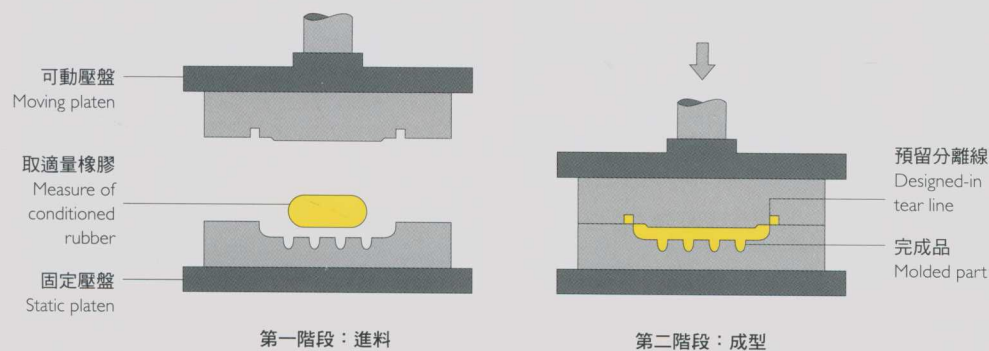
成型技術 (Forming Technology)



熱壓成型 (Compression Molding)

橡膠、塑膠及纖維強化複合材料置入預熱模穴中藉由加壓成型，
壓製成型通常應用於熱固性材料。





重要資訊

外觀品質	●●●●●●●●
成型速度	●●●●●●●●
模具成本	●●●●●●●●
成品單價	●●●●●●●●
環境影響	●●●●●●●●

關聯工法包括：Related processes include

- 團狀複合材壓製成型
- 塑膠熱壓成型
- 橡膠熱壓成型
- 片狀複合材熱壓成型

替代及競爭工法包括：Alternative and competing processes include

- 複合材質積層
- 線材纏繞成型
- 射出成型
- 反應型射出成型

什麼是橡膠熱壓成型？

第一階段，在製程前調整橡膠物性狀態使其去結晶化，取適量橡膠置入下模具內，第二階段，上下模具閉合後逐漸加壓以促進內部橡膠流動，如此靜置十分鐘讓橡膠分子固結成型。

成品分離線整合於工件中以降低二次加工工序，如此，可確保平整一致的快速分離，並可藉由分離線截斷後留下整齊的邊緣。

品質：

這是一種高品質的製程，許多特性源於使用的材料，例如耐熱性與電氣絕緣性佳的酚醛樹脂（Phenolics），具彈性的矽膠（Silicones）或高強度纖維強化聚酯樹脂（Polyester）。

一般應用：

這一系列兼容性強的材質能適應許多的應用，例如按鍵、油封、電氣源件外殼、廚房設備及燈具配件，團狀複合材壓製成型及片狀複合材壓製成型，已經在汽車車體及電子產品外殼結構件應用上取代鐵和鋁。

成本和生產速度：

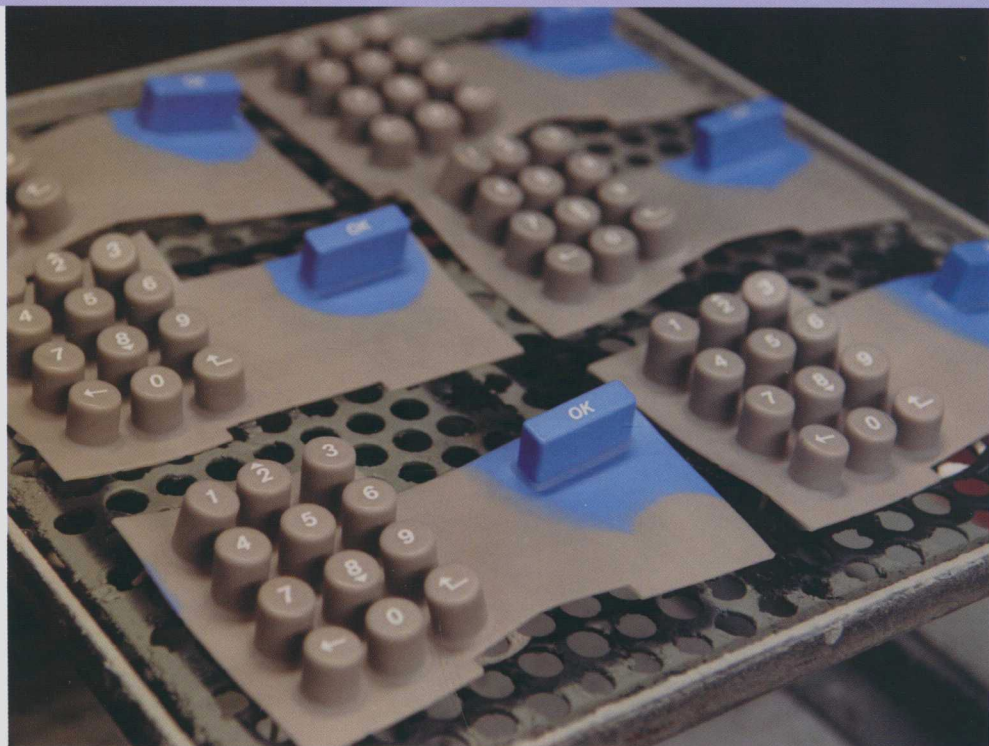
模具費用高，但與射出成型的模具費用比較又相對低廉，就塑膠材質而言，每個成品的成型時間快速約2分鐘，相對的，橡膠材質所需成型時間較長，由於需要將成品留置在加熱加壓的模具時間較久，以利定型的緣故，所需時間約至少10分鐘。

材料：

熱固性材料包括酚醛樹脂（或稱電木）、聚酯樹脂、環氧樹脂（Epoxy）、尿素塑膠（Urea）、三聚氰氨（或稱美耐皿，Melamine）及橡膠等，而熱塑性塑膠製程略為不同，必須先可塑化後方能成型。

環境衝擊：

熱固性塑膠製程需要高模溫，通常約攝氏180度（華氏356度），由於其高分子結構特性造成熱固性塑膠無法回收在利用。



整合一體的顏色細節

橡膠熱壓成型的優勢在於能整合多種顏色在單一成品中，藉由插件方式將預先成型的按鈕或公司銘板置入模具後一次成型，當然，這種應用方式會造成不規則接合線（如圖示案例），未來在最終應用時將隱藏於產品內。