



FORMLABS 白皮書：

3D 列印模具應用於射出成型 - 小量生產小型塑料件

小量生產小型塑料件研究

目錄

介紹	3
由3D列印模具生產小批量生產零件	4
方法	5
結果	7
耐高溫樹脂的進一步測試	8
解決共通問題	10
設計指南	11
過程總結	11
聯絡資訊	12



介紹

本文內容介紹生產小型射出成型低密度聚乙烯(LDPE) 物件，經由 Form 2 列印機列印模具，並且使用 Galomb Model-B100射出成型機來成 型，測試兩個特別設計的模具，一個是大的蝴蝶圖形，另一個則是4個小的蝴蝶，模具透過 3D列印，使用 Formlabs 透明樹脂，射出成型物件則 由 Galomb Inc設計。

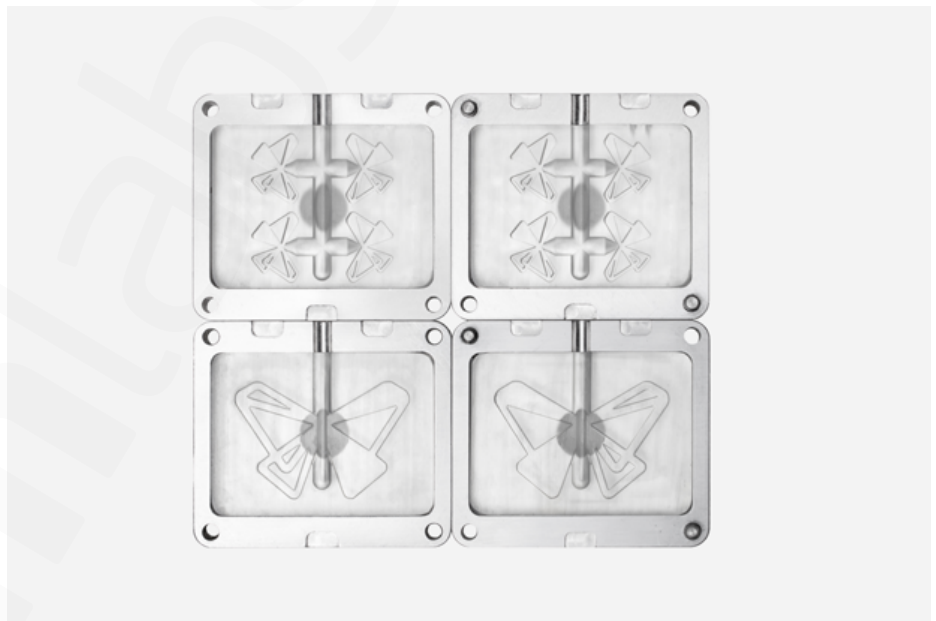
Formlabs and Galomb, Inc.

3D列印模具_小批量生產塑料件

現今世界上多數塑膠產品經由射出成型製造，來自經濟實惠的3D 列 印機以及射出成型機，這是可在家中製造模具來生產實用的物件給最終產品。

以小批量生產來說 (大約 10-100 個)，3D 列印模具節省了時間及金錢，且能夠以更靈活的製造方式，讓工程及設計者更簡單的修改模具且來回在設計功能和使用方面。

Form 2 的光固化 (SLA) 3D 列印機能夠生產出完全固化，且平滑的物件，並可以承受桌上型射出成型機的壓力，SLA 技術的 3D 列印成品是化學黏合的，所以十分稠密且全項性，FDM就無法生產如此優質的功能性模具。Formlabs 和 Galomb合作，一個經濟實惠的射出成型機廠商，來測試及展示 SLA 3D 列印射出成型模具的可行性。



組裝鋁框後的3D列印模具

製作方法

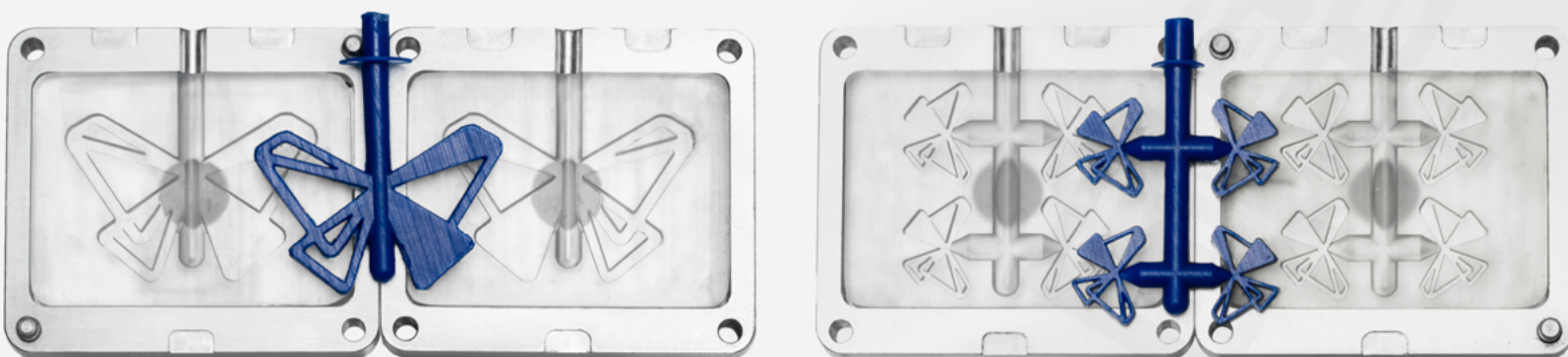
在這裡我們選擇 Formlabs 透明樹脂，因為他良好的強度、精度以及平滑的表面光潔度，又因透明樹脂的半透明特性，在測試及檢查模具裡是否已填滿塑料時有相當大的幫助，但是任何 Formlabs 的一般樹脂 (透明、白色、黑色及灰色) 都能作用，因為他們具有相同的機械性能，模具以層厚度 100 microns來列印，一個模具花費大約5小時，取決於模具型狀及大小，兩個模具可以同時列印以增加列印效率。



列印模具在preform軟體中擺放的樣子，模具內腔朝上

我們列印了兩個模具，物件和後來的模具被設計成能夠被 Galomb 射出成型機鉗住的尺寸，一立方英吋的注射容量，符合Form 2的建構體積，列印後，每個模具在異丙醇中浸泡20分鐘，支撐材移除後，再用砂紙打磨。

然後模具進行光固一小時在紫外線 405 nm 燈泡，以達到完全最大機械強度和硬度，想進一步了解後固化的影響，請參閱 (<https://www.taiwanteama.com.tw> - Formlabs專區 - 後處理- 光固篇)。



射出成型後的塑料件

第一個模具是大的 Formlabs 蝴蝶商標，第二個是4個小的 Formlabs 蝴蝶商標，兩個模具都有內腔、一個窄門和一個注射孔道，是由 Solidworks 設計的，模具放進一個鋁框內，在注射之前，減少列印模具的需求，也就是減少列印時間及成本，鋁框也能避免模具在反覆使用後產生變形，而鋁框是用 Figures 2 and 4 繪製，再由蘇格蘭廠商 Whittaker Engineering 訂製加工而成。但一般的鋁框其實很容易在射出成型模具製造商取得。

塑膠粒可從線上零售商或是學校供應公司取得，像是 IASCO- TESCO，若要創造多種顏色，熔化的塑料在注射前先與著色劑混和，利用 Model-B100 射出成型機，Galomb 測試列印出的模具，經由聚乙烯25次射出成型，聚乙烯在接近400 °F (204 °C)時熔化，並選擇低熔點的塑料，Formlabs透明樹脂在固化後的熱變型溫度為 (HDT) @66psi of 73.1°C (參閱<https://www.taiwanteam.com.tw> - Formlabs專區 - Form2全系列樹脂性能資訊)，這個數值是材料的熱能性指標，即使聚乙烯具有較高的熔點溫度。你的 3D 列印模具是否經得起注射成型的程序，取決於注射材料的熔點溫度、物件的幾何形狀、冷卻和循環使用時間。



透明樹脂測試結果

在經過25次聚乙烯射出成型後，模具表面並沒有明顯的損耗，(碎屑、裂縫或是刮痕)，在測試中，聚乙烯並沒有黏著在模具上的傾向，但其他塑料可能需要脫模技術的應用程序來幫助取下零件，而在取下零件的過程中，零件和模具之間的黏合處，可能會造成模具的劣化，脫模劑在此過程中被廣泛被應用，一個丙烯酸樹脂的列印模具為例，像是 Formlabs 一般樹脂，含有甲基丙烯酸酯，每次射出成型的週期大約是3分鐘。在這個過程中施加壓縮空氣冷卻模具將會提升速度，Galomb 也改善了模具的設計，藉由在表面淺層 (0.05 mm 深度) 刻蝕通風口，從內腔的邊緣到模具的邊緣，因此在成型期間內，空氣不會被截留在腔內。

進一步測試

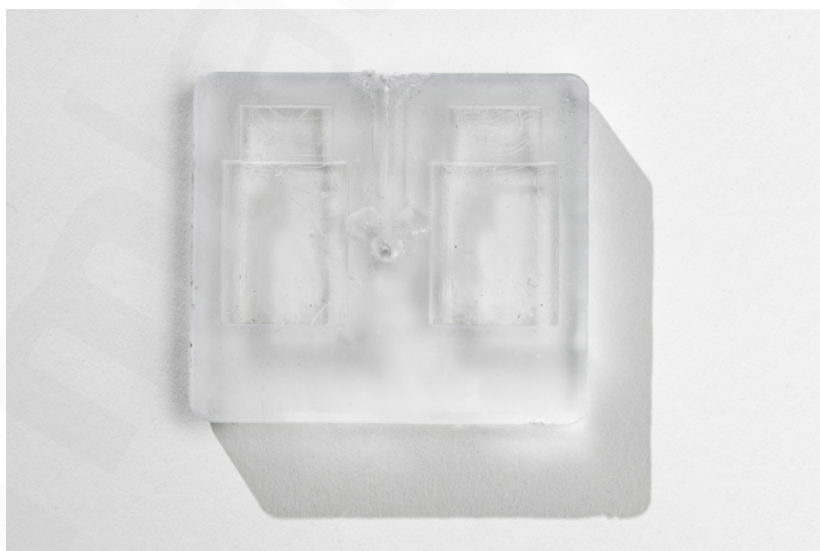
有些射出成型後的物件顯示出，在分割線出現毛邊，這是因為樹脂模具的翹曲。在多次成型後的冷卻階段，在台鉗上增加鎖模力可以改善毛邊的發生，因為模具的分割處能夠打磨，並調整水平，盡可能的讓表面平坦，Galomb 提出了包括設計模具裡的通道來嵌入金屬軟管，且用鋁填充環氧樹脂填充他們，作為加強模具的策略，減少翹曲變型，及改善冷卻時間。

不同種類的模具生產塑料件



耐高溫樹脂的進一步測試

透明樹脂模具在使用 LDPE 材料生產的結果顯示成功，因為它的熔點相對較低，高熔點塑料在接觸透明樹脂時會引起熱衝擊，最明顯的就是模具表面的斷裂。



透明樹脂模具在接觸較高溫的熔融塑料時受到熱衝擊

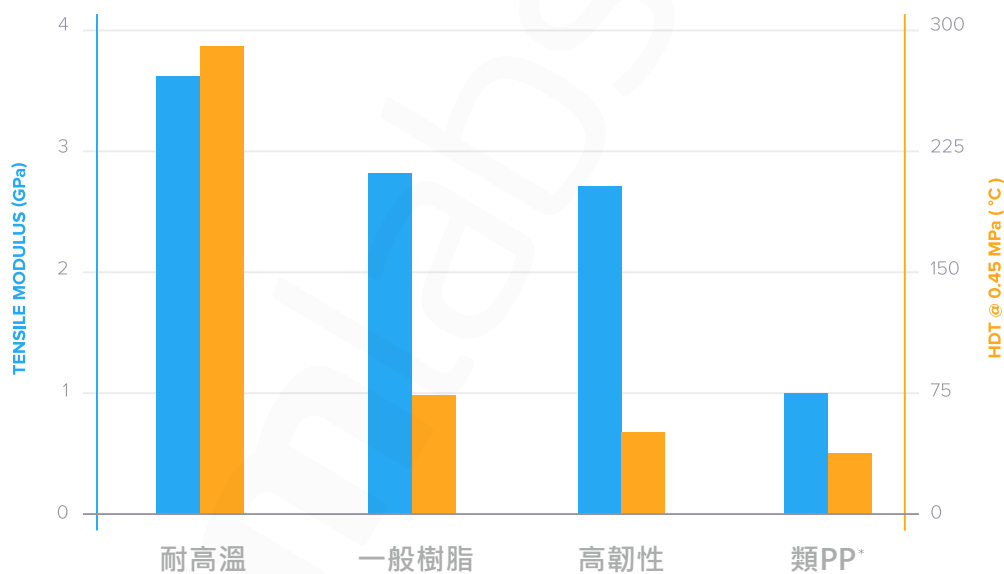
Formlabs 以耐高溫樹脂列印 USB 裝置外殼模具，以更多不同的塑料來測試成型。

SLA 列印模具塑料兼容性

塑料種類	熔點溫度	高溫樹脂 (HDT @ 0.45 Mpa = 289 °C)	透明樹脂 (HDT @ 0.45 Mpa = 73.1 °C)
LDPE	163 °C	✓	✓
PP	177 °C	✓	✗
TPE	177 °C	✓	✗
PLA	180 °C	✓	✗
ABS	204 °C	✓	✗
HDPE	204 °C	✓	✗
EVA	204 °C	✓	✗
PS	226 °C	✓	✗

對於任何測試的塑料，高溫樹脂模具在模具表面上沒有顯示溫度降低。

HDT @ 0.45MPa (熱變形溫度) 及拉伸模量



高溫及一般樹脂是最適合用來進行模具生產的樹脂，在Formlabs樹脂中，高溫樹脂具有最高的HDT @ 0.45MPa和低熱膨脹。它也是最堅硬的材料，具有高拉伸模量。

高溫樹脂相對高的剛度意味著模具在移除物件時不會變形。這在脫模時顯得特別重要，尤其是在移除以剛性塑料射出成型後的物件，例如聚苯乙烯。

解決共通問題

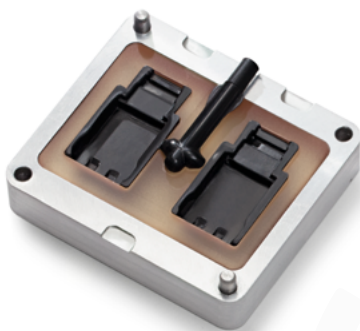


毛邊造成模具過滿

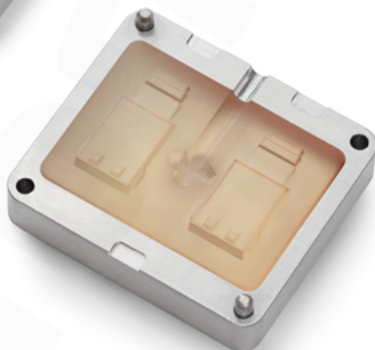
雖然未記錄在本文章中，但我們進行了沒有鋁框的模具生產測試，這種方法的缺點是生產物件時，會消耗更多的材料，增加了時間及成本，且模具可能更容易發生翹曲。

建議使用以下方法：在模具和射出成型機的噴嘴之間的放置鋼墊圈，以保護成型物件免於直接接觸模具並且有助於分散力道。另外，通過將射出成型機的筒體壓靠在金屬塊上來預先包覆射出成型機的筒體有助於確保沒有氣泡來破壞塑料的流動。

在某些物件上可能會觀察到層積感，但這可以透過列印具有較小層厚度的模具來改善。本研究使用的模具以100微米的層厚度列印，也可以改用50或25微米，這將改善模具的表面光潔度，但也同時增加列印時間並減少成型槽壽命。



USB 外殼耐高溫樹脂模具最終型態



設計指南

當你在設計模具時，必須考慮到如何能將這個模具列印成功，且這個模具如何能得到更好的成型效果

- 在模具表面加上1到3度的脫模角度，垂直於分離的方向，這會讓物件更容易取下，且減少模具的劣化。模具內部邊緣應該加上圓角，來減少因內部塑性應力及移除物件時產生的翹曲。
- 壓紋和雕刻細節深度應該在表面下至少 1 mm。
- 模具分離面的表面可以用砂紙打磨，以減少毛邊。
- 在設計鋁框時，加上0.125 mm的額外厚度，來吸收模具膨脹及收縮的壓力，並且確保完全密封。
- 確保在 PreForm軟體中將半模的內腔朝上，這將避免支撐材的拆除痕跡留在內腔，而且會讓後續處理更加容易。另外，我們不建議直接在平台上列印模具，因為每一層物件經由 0.5 - 1 mm 的大面積列印壓縮可能會導致變形。經由支撐材的輔助才能列印出最佳的尺寸精度和模具間的精密配合。



90° 原型

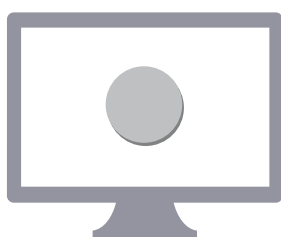


2° 脫模角度



最佳條件下 2° 脫模角度及圓角

製作過程



步驟 1

在 CAD 上設計物件



步驟 2

在 CAD 上設計模具



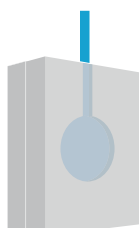
步驟 3

用 Form 2 進行 3D 列印模具



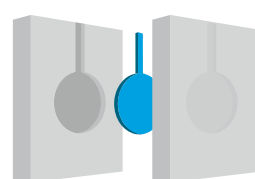
步驟 4

移除模具的支撐材



步驟 5

將塑料注射進模具



步驟 6

從模具上取下成型後的物件



★原文內容請參閱 : (<https://formlabs.com/blog/3d-printing-for-injection-molding/>)