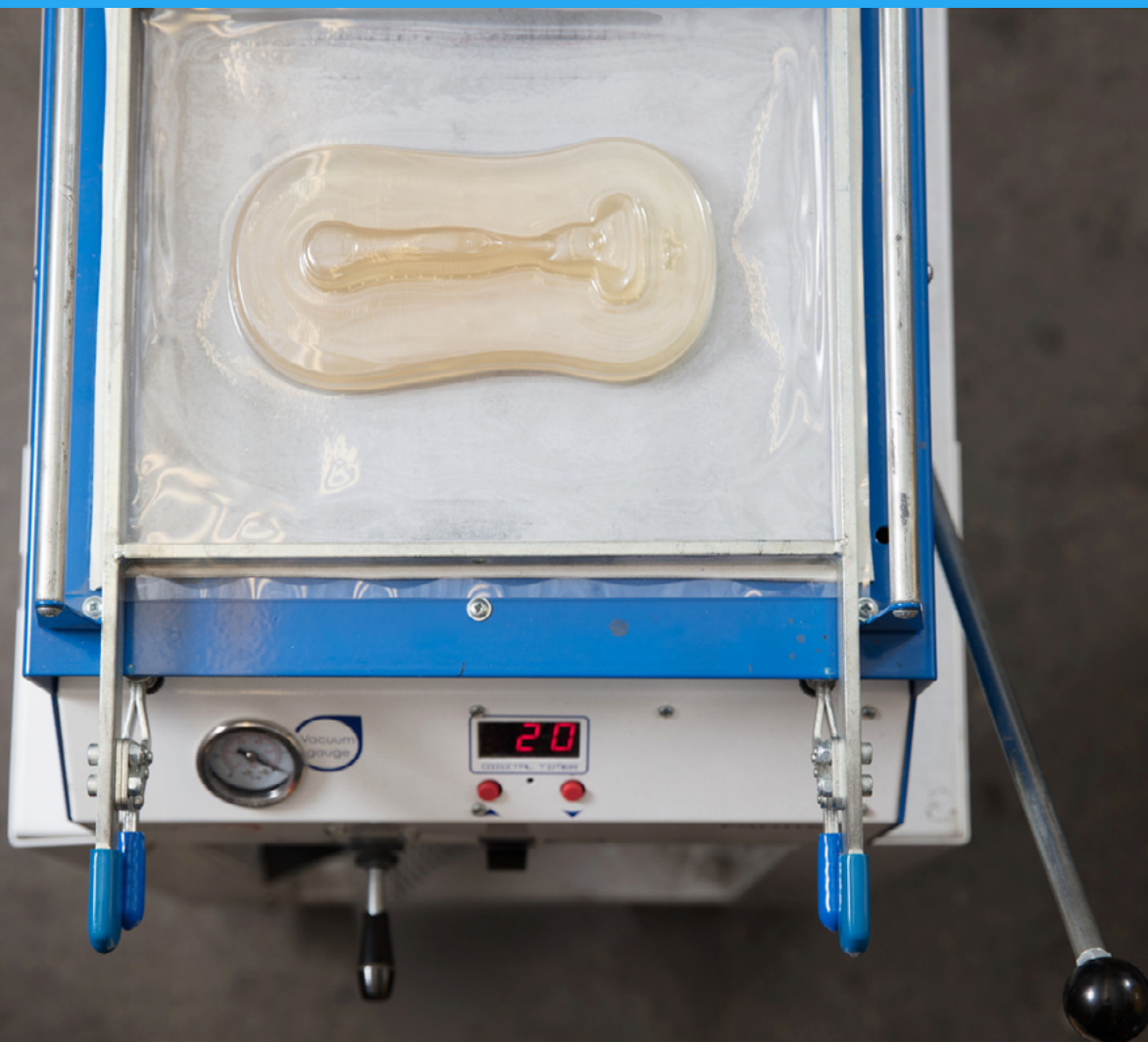




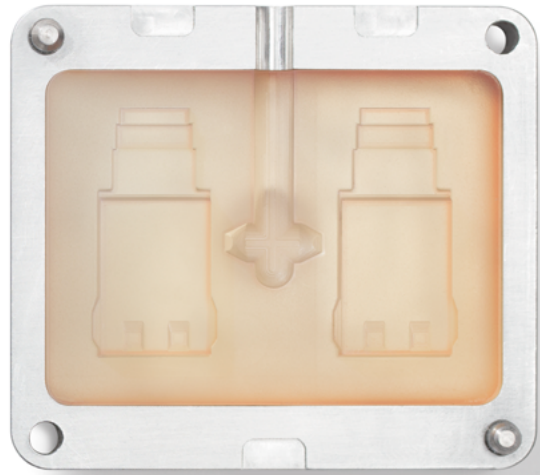
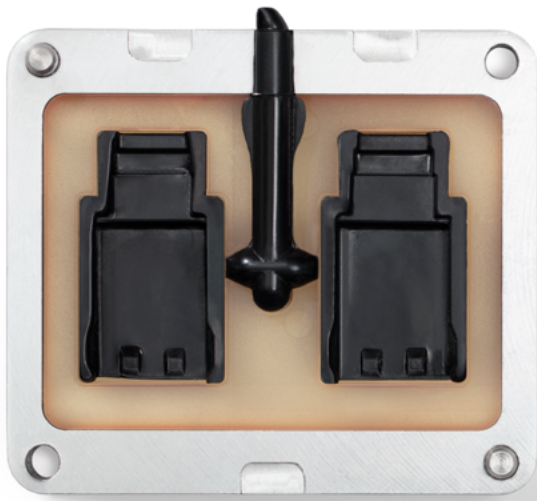
FORMLABS 白皮書：

3D 列印模具運用

原型及生產技術研究

目錄

介紹	3
射出成型	5
真空成型	7
矽膠模翻鑄	11
總結	13



Form 2 列印的模具生產讓工程師和設計師可以從3D列印機獲取更多功能，優於傳統製程，並提供了在發包到昂貴模具前，小批量生產和測試模具設計的能力。

本文內容將會涵蓋三種一般模具製造策略：射出成型、真空成型及矽膠模翻鑄，一般模具由 Formlabs 透明樹脂製成，優點為其半透明性，而其他一般樹脂也都是合適的。

而高溫樹脂則更能符合需要高熱能成型方式的使用者需求，要注意的是這些成型工藝最適合用在SLA列印方式上，因為他們列印出的物件是各向同性且防水的。

3D列印工具的原型和短期生產

方法	設備	週期	材料成本 (e.g. 300 ml / cm ³ mold)
自行製作模具及生產物件	Form 2 列印機 & 成型機	5–24 hours (模具列印時間)	使用耐高溫樹脂大約 \$100美元
外包SLA模具	成型機	3–5 天	列印工業級輸出設備約700美元
外包金屬模具	成型機	1–2 週	鋁製的加工模具大約6,400美元
外包模具及生產物件	無	1–3 週	從4,000美元到15,000美元不等，取決於數量和材料

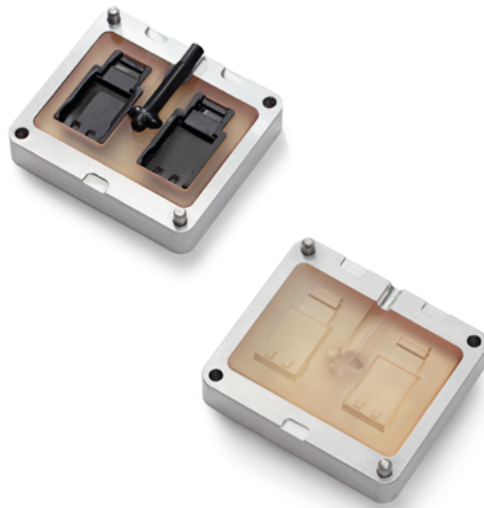
矽膠模翻鑄和某些台式注塑機能使用 Formlabs 工程樹脂中的耐高溫樹脂，它擁有所有市面上 3D 列印材料中最高的HDT(熱變形溫度) @ 0 45 MPa，讓它能夠列印可用在高溫模具生產上的物件，像是真空成型及射出成型這些材料熔點較高的模具生產方式。

射出成型

Form 2 高解析度 SLA 3D 列印可印製快速打樣、且可使用各式各樣的熱塑性塑料生產實用便宜且的射出模具，射出模具更可用於在製造金屬模具之前驗證模具設計，或用於生產小批量零件。

先前的一份研究報告 [3D 列印模具應用於射出成型](#) 探討了以 Formlabs 透明樹脂列印的模具進行射出成型，隨著 Formlabs 發表為了用於更高的耐溫性和剛性的耐高溫樹脂，這份研究更新了描述以耐高溫樹脂列印模具的好處，特別是它不太可能會因熱衝擊或溫度相關變形而失敗。

[3D 列印模具應用於射出成型](https://www.taiwanteam.com.tw/Formlabs.htm)請參閱(<https://www.taiwanteam.com.tw/Formlabs.htm>) 中的 **Form2-小量生產小型塑料件**



利用Form 2 耐高溫樹脂3D列印的生產USB裝置外殼模具。

這種直拉模具包含一個芯體，腔體和兩個通向外殼兩半的門。耐高溫樹脂列印的模具可用於多種熱塑性塑料成型，而不會產生熱衝擊或溫度相關的變形。



Formlabs 耐高溫樹脂能夠成型各種塑料

3D 列印模具在Form 2 上重現 SLA 列印的精確質量， 模具可以100微米的層厚度列印來追求效率， 或者對於高細節和平滑度有較高需求， 則推薦以50微米來列印。



帶有電子元件的USB外殼部件，採用HDPE以高溫工具模製而成。

在三次迭代過程中，調整這個USB外殼模具以去除凹痕、空氣阱及校正零件收縮率，以耐高溫樹脂製造此模具的材料的總成本約：**\$30美金**



真空成型

在Form 2上列印熱成型模具是一種快速有效的方法，可為小批量生產創造高品質的真空成型零件，真空成型模具可用於製造包裝原型，透明矯正維持器和用於巧克力糖果的食品安全模具。

真空成型模具承受比射出成型模具更小的壓力，但仍會達到高表面溫度，高溫樹脂可抵抗大多數塑料真空成型的熱和壓力造成的變形和表面降解。一般樹脂也適用於使用一些低溫塑料進行真空成型，如乙烯樹脂。

案例分析

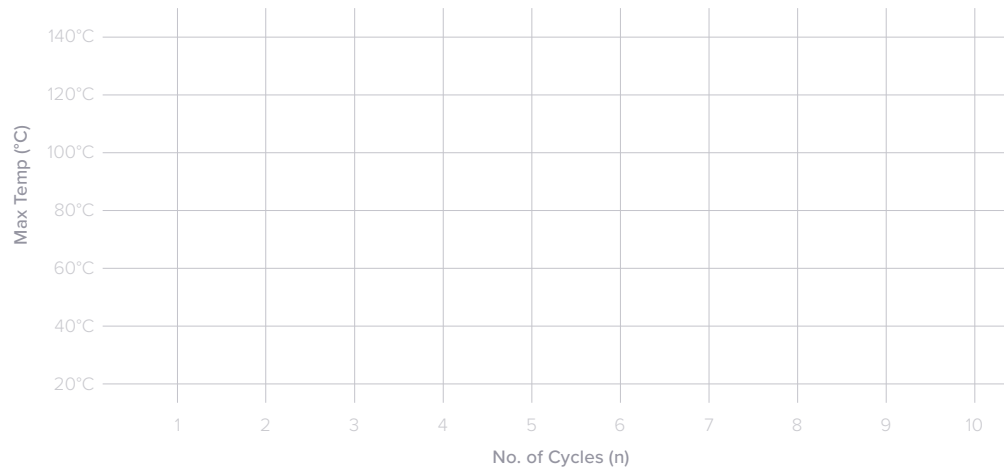


使用Formech熱成型機形成的範例原型包裝。

經由耐高溫樹脂真空成型一個聚碳酸酯薄片，同時匹配列印模具的幾何形狀和細節，熱成型包裝能夠輕鬆的進行原型設計，並與Form 2 上的 3D 列印模具原型結合到設計過程中，列印完成的模具，不需要UV後固化處理，建議在真空成型設計中使用紋理，以防止空氣被夾在板材下，列印的真空成型模具上的層線在這方面能有所改善。

溫度控制

耐高溫樹脂模具的循環真空成型



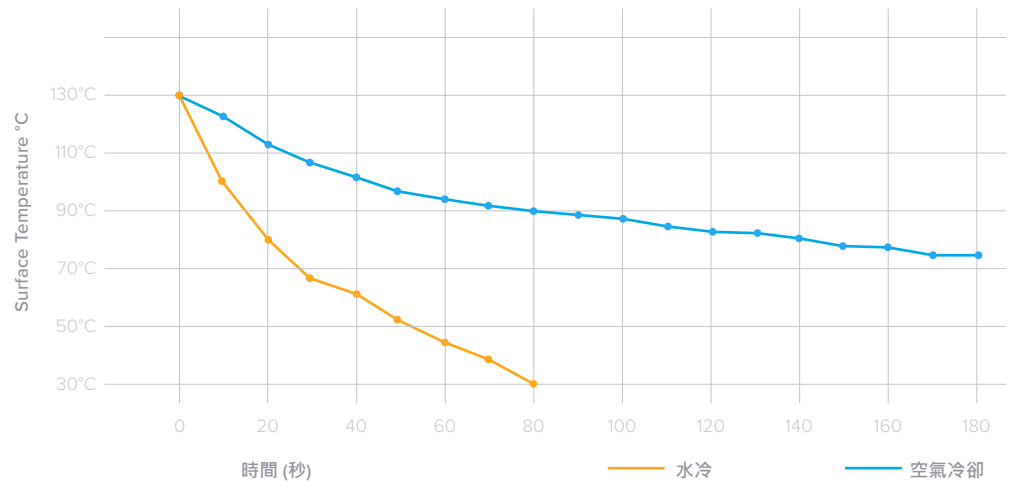
模具的表面溫度在 130 °C 時達到平穩狀態

列印模具的表面溫度將在多次循環下增加，耐高溫樹脂具有高度抗撓曲性，而如果使用一般樹脂，則必須允許列印模具在循環之間冷卻，否則可能發生變形和劣化。

如果溫度升高成為模具生產效率的限制因素，冷卻通道即是將熱量排除的有效方式。當與自動熱成型機台結合使用時，水冷模具可以產生更大的零件列印行程，縮短周期時間。

在高溫熱成型模具中可見的水冷通道。

真空成型模具的表面溫度



冷卻及未冷卻的加熱後模具溫度

在設計SLA 3D列印時，可以輕鬆設計列印冷卻通道，且不需要任何會影響內部流通的多餘支撐就能列印成功，在列印完成後，以異丙醇清洗內部殘留的液態樹脂，模具連接到泵和冷水源作為整體水冷機制也可以應用於一般樹脂和高韌性樹脂物件，以減少在高溫環境使用時產的熱偏轉。



矽膠模翻鑄造

用於大多數柔性彈性體 (如矽樹脂和聚氨酯橡膠) 的高精度模具，可以透過 Form 2 來列印，而透明樹脂的透明度能夠讓使用者在傾倒或注射材料進模具時，觀察材料的流動，柔性材料可以輕易地從剛性SLA列印模具中移除，並具有從開模製造到包覆成型的應用，矽樹脂成型也可用於快速複製印刷的母版，大幅減少了需要多個剛性部件和物體的生產時間。

研究

在 Form 2 上列印的模具用於創建具有高級集成功能的複合零件，某些預製組件例如電子、金屬元件和SLA列印物件，可以嵌入並密封在軟的包覆成型件中，RightHand Robotics使用Form 2通過氨基甲酸乙酯包覆成型創建機器人夾具的生產單元，模具使用透明樹脂列印，與黑色樹脂物件形成內部結構。

Form 2 讓 RightHand Robotics從原型過渡到快速生產，而無需外包昂貴的工價，透過他們用來生產最初原型的相同物件由 Form 2 列印模具，實現了從最初的列印原模到正式生產階段的快速過渡方式，並在循環撓曲試驗中有更長的壽命。RightHand Robotics 多階段工藝的第一層包覆成型結合了彈性樹脂接頭，其能夠承受許多彎曲循環，同時提供使夾具返回到打開狀態所需的高彈性。

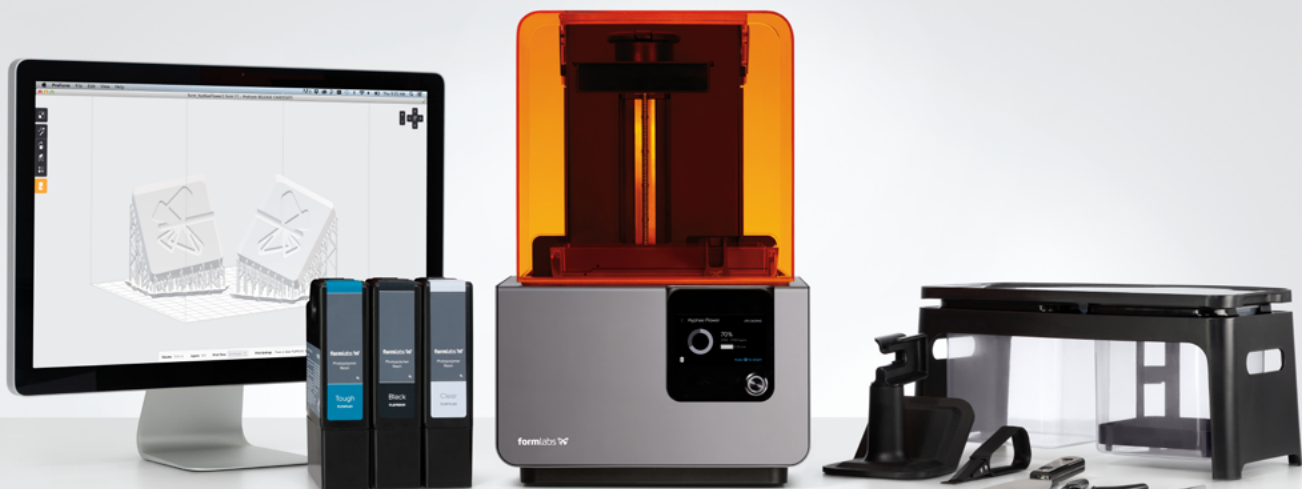


外層通過使用較軟的低硬度橡膠賦予夾具增強的觸覺靈敏度和控制，以及密封傳感器電子元件。

SLA 3D列印物件也可以封裝在物件中，為柔性材料提供剛性結構，包覆成型層可以透過將列印物件添加孔洞，卡榫和接合設計來結合到插入件，這加強了組裝性能並減少了對化學粘合劑的需要。

◀ 物件特點為機械粘合包覆成型，無需化學粘合劑





結論

利用 Form 2 列印模具是一個生產小量零件的強大的策略，在一般的塑料及彈性材料上，3D列印工具能夠讓工程師及設計師輕鬆地產出物件原型，並且讓他們具有和最終成品一樣的外觀及功能性。在對3D列印極具挑戰性的幾何形狀及材料限制上，如封裝的電子產品和超薄包裝使用高溫模具生產，耐高溫樹脂以低成本提供了優越的熱性能，且所花費的時間比外包模具製造過程更短。



Formlabs台灣獨家代理
台灣天馬科技股份有限公司
TAIWAN TEAM  TECHNOLOGY CO., LTD.