應用指南

3D 列印珠寶模型翻鑄流程介紹

珠寶商的工作方式正在發生改變，而可翻鑄光敏樹脂正引領著新的工作方式。從在工作室進行構思和原型制作的獨立設計師，到產能和產品多樣性不斷提高的鑄造廠，數位製造技術逐漸成為珠寶業取得成功的關鍵。在本文章中，您將了解如何使用 Formlabs 列印機透過 3D 列印方式實現精美的珠寶飾品鑄造。

TEAMA 3D PRINTER EXPERT formlabs AUTHORIZED PARTNER

目錄

什麼是直接熔模鑄造? 3

1.鑄造設計 4

2.列印和準備鑄造物件 6

3.製作蠟樹 7

4.準備模具 8

5.燃燒和鑄造 9

6.燃盡時間表 10

鑄造故障排查 11

要點

由 Formlabs 提供

- Form 3 (SLA) 3D 列印机
- Castable Wax 40 Resin
- Castable Wax Resin
- PreForm 軟體（免費）
- Finish Kit 或 Form Wash

由第三方提供

- Certus 的 Prestige Optima 鑄粉
- 加熱爐（732 ° C 或 1400 ° F）、真空熔模機和鑄造系统，例如 Neutec J2R
- 對於室內燃盡，應主動進行通風換氣，例如使用 Vent-A-Kiln 產品

什麼是直接熔模鑄造？？

直接熔模鑄造（或稱脫蠟鑄造）是一種常見的模具製作技術，可用來製作各種金屬材質的大小物件。5,000 多年前，工匠就利用鑄造來處理多種材料，這種工藝是製作金屬物件的最簡單的方法。

在熔模鑄造中，通過手工提取或 3D 列印的母模製作出空心模具。母模浸入耐熔的鑄造材料中，變乾變硬。或 3D 列印模型燃盡，形成設計模型的陰模。鑄造材料注入此空腔中，創造出最終物件。

繁瑣精細的珠寶蠟模使用手工制作過於覆雜，在當今受高需求和快時尚文化推動的市場環境中，手工制作飾品難以跟上節奏。先進的材料和價格合理的自用 3D 列印機（例如 Formlabs 列印機）正在改變珠寶製造商和設計師的工作方式，在桌面上即可實現工業級列印品質，同時簡化了曾經需要數小時精細勞作才能實現的覆雜幾何圖案的製作。

1. 鑄造設計

使用 RhinoGold、JewelCAD 或 3Design 等 CAD 軟件，依照最佳實踐將概念轉化成 3D 列印模型。

參考產品：

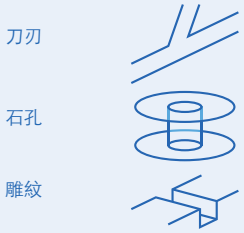
Castable Wax 40 Resin： 一種可鑄造性卓越的高蠟含量直接鑄造樹脂，能滿足各種設計特性的需求，例如石孔和雕紋。

Castable Wax Resin：一種高坯體強度的低蠟含量樹脂，適用於製作細工絲線這種超精細結構的模型。

避免熔模斷裂

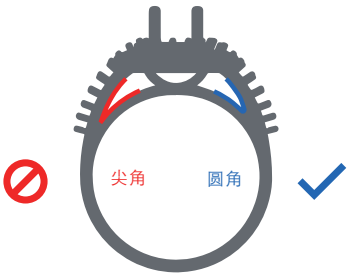
傳統蠟模和 3D 列印樹脂模型在設計上遵循很多共同的原則，例如光滑表面流動性的重要性。盡可能避免形成尖角或銳邊。銳邊不僅會增加液態金屬混流，還會將模具中的膨脹應力集中。

膨脹應力集中可導致熔模斷裂，這是直接樹脂鑄造中最常見的質量問題。熔模斷裂通常出現於填充的凹入特徵，例如鑄件中的雕紋和石孔。熔模斷裂的同時，通常會伴隨因熔模碎屑所導致的鑄件表面粗糙或凹痕現象



除了銳邊外，還要留意凹入特徵的深度。經驗做法是，保證刻出的槽道和洞的寬度大於深度。如果凹入特徵小，填在特徵周圍的熔模脆弱，則這一原則尤為重要。

在 Formlabs 生態圈中，Castable Wax40 Resin 旨在將膨脹程度和熔模斷裂裂降至最低，从而在需要凹入特徵的情況下保证可靠性。



澆道

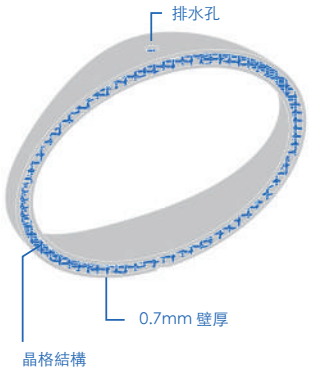
精密的澆道可以通過 3D 列印成型，以節省勞動力並改進細節區域的模具填充效果。
設計的補給澆道應當筆直或朝向飾品方向逐漸收窄。
不應將加入到 PreForm 中的支撐用作澆道。如果要 3D 列印澆道，建議將其合並到 CAD 設計中。

3D列印的補給澆道只能在難以放置蠟質澆道時使用，即，澆道連接的是樹脂模型中無法達到的區域。實際的蠟澆道能夠在熔化時讓模型盡早接觸到氧氣，從而提升鑄件的質量。

澆道連接點

樹脂模型不會熔化，這意味著，有時重物件會意外地連接（並始終連接）到蠟澆道。在 CAD 模型中添加一個澆道連接點，就不會有在剛剛注入材料的鑄造瓶砂箱中尋找 3D 列印模型的麻煩。這就像帶底部孔洞的指環或者一個小空心柱一樣簡單，將其連接到澆口桿時，可以用蠟進行填充或包繞。

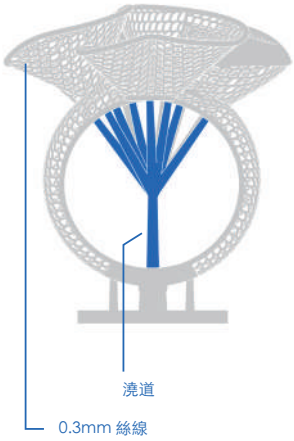
厚而大的物件



Castable Wax 40 Resin 適合列印和鑄造厚的珠寶物件，例如大而重的戒指。這種材料適用於大多數部位的橫截面最多為 4mm 的模型。澆鑄時，模型中的較厚區域越接近澆口，澆鑄性能越好。

如果蠟澆道足以為現場供氧，澆鑄的壁厚可高達 10mm。由於 Castable Wax Wax 40 Resin 的坯體強度低，因此不建議用於大而薄的外殼，或者長、薄且無支撐的跨度設計。

Castable Wax Resin是大型整體設計（例如雕像）的替代料。CastableWax Resin 的坯體強度較高，因此該材料支持薄壁外殼的中空設計。這一對策可以實現燃盡期間熔模上膨脹力的最小化。厚度超過 3mm 的物件應加上外殼，且必須添加排水孔以便樹脂能够从中空的模具内部流出。



對於使用 Castable Wax Resin 列印的中空外殼，Formlabs 建議壁厚為 0.7mm。還可以在內部加入晶格結構，以提高帶外殼的大物件的處理強度。

- 使用 Castable Wax Resin 創建中空的薄壁外殼模型時，應檢查模型中接近（或小於）外殼最小壁厚 0.7mm 的兩倍的區域。
- 對外殼進行 CAD 操作可能無法接觸這些區域，從而導致模型的部分區域過厚而無法進行鑄造。過後的物件會在燃燒期間因膨脹而裂開。

絲線細工

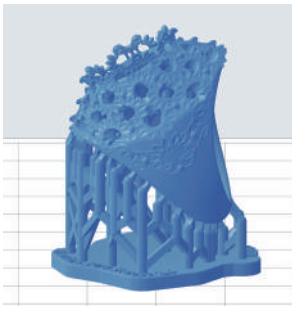
利用 Castable Wax Resin 的細節特性，可以使用精細繁瑣的絲線細工來創作飾品。這些細網絲頗具挑戰，但通過審慎的澆道設計可以進行鑄造。

列印細網絲的絲線直徑可以精細到僅為 0.3mm。列印出來的細工絲線十分脆弱，很容易因去除支撐而損壞。盡可能將絲線細工物件設計為自帶支撐。

在絲線細工設計中，3D 列印的澆道兼具“支撐”的用途，在鑄造後即移除。為了避免材料在這些薄的槽道中凝結，可以添加一些澆道，用來為絲線細工網絲邊緣上的大量點提供材料。

注：Castable Wax 40 Resin 的坯體強度較低，因此不建議用來列印細工絲線。

2. 列印和準備鑄造物件



將上重下輕的物件以一定角度定向，以獲得最佳效果

列印

珠寶模型可以在 Form 3 桌面級 3D 列印機上單獨列印，也可以成批列印。如果使用 Castable Wax 40 Resin 列印，建議在列印像圖章戒指這種上重下輕的物件時，沿一個角而不是豎直方向定向和支撐，以獲得最佳列印品質。使用 Castable Wax Resin 列印輕重量飾品設計和物件時，則可以沿豎直方向列印。

清洗

使用 90% 以上的異丙醇 (IPA) 徹底清洗物件，對於獲得潔淨鑄件至關重要。過多的未固化樹脂會妨礙熔模固化，導致鑄件缺陷。

使用 IPA 徹底清洗物件去除殘留樹脂後，讓物件完全乾燥。利用壓縮空氣確保有 IPA 揮發乾淨，然後再進行後固化處理和鑄造。如果物件在清洗和乾燥後仍有黏滯感，需更換 IPA。

CASTABLE WAX 40 RESIN	
Form Wash	5 min + IPA清洗
手動清洗組	5 min + 5 min （使用 IPA 二次清洗）

CASTABLE WAX RESIN (V1)	
Form Wash	5 min + IPA 清洗
手動清洗組	10 min + 5 min （使用 IPA 二次清洗）

固化

可以選擇對使用 Castable Wax 40 Resin 列印的物件進行後固化處理，以提高處理強度，防止去掉澆冒口時斷裂等問題如果物件脆弱易碎，建議在去除支撐後進行後固化處理。原始物件的柔韌性更好一些，在您剪除支撐時，不太容易損壞。

除非物件未徹底清洗，否則即使進行後固化處理，鑄造效果也不會有所改善。

CASTABLE WAX 40 RESIN	
Form Cure	不需要 （30 分鐘無加熱固化，可選）
美甲燈	

CASTABLE WAX RESIN (V1)	
Form Cure	不需要
美甲燈	

提示：對物件進行後處理後，物件會有輕微程度 (<1%) 的收縮。

警告：不要在超出室溫的條件下对 Castable Wax 40 Resin 物件進行後固化處理。高温會使樹脂中所含的蠟成分融化，導致物件黏滯。

使用熱蠟筆可以方便地將樹脂模型連接到蠟澆注樹上。

3. 構建蠟樹

利用黏滯的澆注蠟將經過後處理的列印件與蠟澆道的主體連接在一起。使蠟熔化，以便在各個列印模型與其自身的澆口之間形成平滑的連接。

使用熱蠟筆可以方便地將樹脂模型連接到蠟澆注樹上。

將厚一些的物件排列在澆注樹的底部，將薄一些的物件排列在樹的上部。與傳統的蠟澆注樹相比 3D 列印件各個物件之間需要留出的空間要略多一些。如果鑄造薄外殼大物件，應確保用蠟填充所有排水孔，以防止包埋材料進入列印件中。

鑄造屏障

Formlabs 不建議對 Castable Wax 40 Resin 模型使用“鑄造屏障”膜
加熱期間，鑄造屏障膜會妨礙樹脂的脫蠟過程。

提示：列印的樹脂模型不會熔化。如果難以將列印間連接到蠟樹上，可嘗試使用少量的強力膠或快速固化環氧樹脂，。也可以在模型中增加澆注連接點。

4. 準備模具

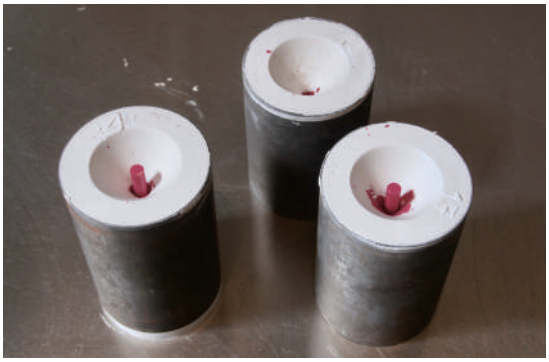
以下是準備熔模鑄造瓶模具的標準過程：利用真空包埋機有助於均勻混合、除氣，輕鬆、乾淨地注入包埋材料。不過，也可以使用單獨的混合器和真空箱。

1. 將鑄造瓶連接到澆道底座上。如果鑄造瓶有穿孔，請使用透明包裝膠帶將鑄造瓶包裹起來，以盛裝包埋材料。

2. 按照製造商的說明指示，將包埋粉與冷卻的蒸餾水混合。

提示：先在蒸餾水中溶入硼酸（水重量的 1%），然後再加入包埋粉進行混合，以提高模具強度。

3. 沿鑄造瓶的一側緩慢注入包埋料，避開模型樹。平穩順暢地注入不易形成氣泡。使用真空箱抽出鑄造瓶中的氣泡。等待包埋料變硬變乾。



4. 小心地將橡膠澆道底座從鑄造瓶中移走，在無振動的環境中放置 2–6 小時。請遵循包埋料制造商的安全建議。建議戴上防塵口罩或面罩。

包埋材料選項

對於 Castable Wax 40 Resin 和 Castable Wax Resin，Formlabs 建議使用 Certus Prestige Optima 飾品包埋材料。Castable Wax 40 Resin 在包埋材料的選擇上有更大的自由度。如果鑄造特別難做的設計，應考慮使用更強的磷酸鹽粘結包埋熔模材料，例如 Nobilium Microfire。使用替代包埋材料時，應結合製造商的燃盡建議。

5. 燃盡和鑄造

將鑄造瓶放到燃燒爐中，按照建議的燃盡時間表加熱。請根據包埋料的使用說明、鑄造瓶大小和列印材料量進行相應調整。

Formlabs 建議使用通風良好的加熱爐（帶進氣口和排氣口），以保證整個加熱室空氣流動充分，安全地燃盡所有揮发的樹脂材料。

短時燃盡
輕量幾何模型和堅固磷酸鹽粘結包埋材料的燃盡時間明顯更短（4–8 小時）。使用磷酸鹽粘結包埋材料時，無論搭配哪種 Formlabs 鑄造樹脂，都能更快速地燃盡。

提示：

- 通風固然重要，但也會降低加熱爐的溫度。監視加熱爐和鑄造瓶的溫度並調整操作過程，制定適合所用設備的燃盡時間表。
- 如果使用主動式通風設備，應盡可能增大吸力，以增加整個加熱爐中的氣流。
- 若加熱爐中裝滿了鑄造瓶，則每個鑄造瓶的燃燒效果會降低。連接一個制氧機，或者將氣流管降低到加熱爐的位置，以增加氣流。。

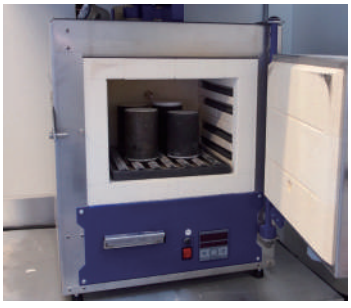
鑄造

從熔爐中移除模具和澆鑄金屬。離心或真空鑄造機，如 Neutec J2R（美國）和 Indutherm MC 系列（歐盟），使用簡單，高度可控。

鑄造結束後，小心地將模具放入水中急速冷卻，並洗掉包埋材料。

貴金屬兼容性
Formlabs 已對使用 Castable Wax 40 Resin和Castable Wax Resin模型鑄造的金、銀和銅鑄件進行測試。金屬兼容性是包埋材料的最重要特性。不同的金屬對包埋材料的耐熱程度有不同要求。

Formlabs 直接鑄造樹脂要求溫度至少達到 732 ° C 才能完成燃盡過程。
如果不確定具體包埋材料的樹脂兼容性，請咨詢制造商。



將铸造瓶放到
通风良好的燃烧炉中。

真空或离心铸造可以提升较薄
细节区域的填充效果。

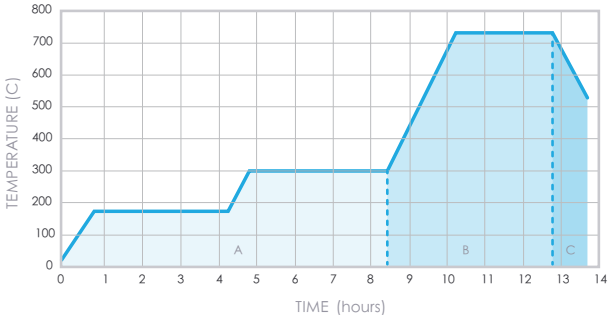
将铸造瓶浸入水中
进行快速淬火和剥离。

6. 燃盡時間表

Formlabs 的 Castable Wax 40 Resin和Castable Wax Resin可用於飾品鑄造。Castable Wax 40 Resin 可提高燃盡時間表的靈活性，對於樹脂鑄造新手而言，其使用要求也更寬松，易於掌握。

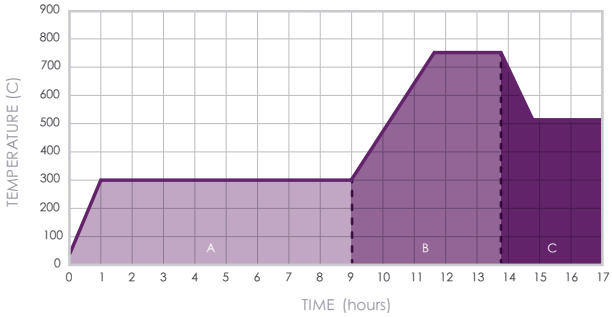
每種材料的建議時間表如下所示（搭配 Certus Prestige Optima 或與之相當的包埋材料時）。

Castable Wax 40 Resin



	階段	時間	明细 ° C
	熱烘乾鑄造瓶	180 min	55 ° C
A	升溫/降溫	48 min	2 ° C/min
A	保持恆溫	180 min	150 ° C
A	升溫/降溫	75 min	2.0 ° C/min
A	保持恒溫	180 min	300 ° C
B	升溫/降溫	108 min	4.0 ° C/min
B	保持恆溫	180 min	732 ° C
C	升溫/降溫	44 min	−5 ° C/min
C	鑄造時段	最長2小時	預期 鑄造溫度

Castable Wax Resin



	階段	時間	明细 ° C
A	放入燒坪	0 min	21 ° C
A	升溫/降溫	60 min	4.7 ° C/min
A	保持恆溫	480 min	300 ° C
B	升溫/降溫	100 min	4.5 ° C/min
B	保持恆溫	180 min	750 ° C
C	升溫/降溫	60 min	−4.0 ° C/min
C	鑄造時段	最長2小時	預期 鑄造溫度

鑄造故障排查

問題	原因	解決方案
孔洞或雕文被填充 並且 鄰近表面有坑窪	樹脂熱膨脹產生的力使熔模局部斷裂。	降低加熱爐升溫速度。 使用 CAD 軟體在模型的尖角處添加圓角。 使用 CAD 軟體減少雕紋特性的深度。 升級到 Castable Wax 40 Resin （如果正在使用 Castable Wax Resin）。
金屬飛邊	熔模過脆，因樹脂整體熱膨脹而破裂。	添加硼酸以提高熔模強度。 加大樹脂模型之間的距離。 減少與包埋料混合的水的比率。 增加包埋後的固化和強化時間。 考慮換用包埋材料。
表面粗糙 （無可見的熔模斷裂情況）	在液態蠟消融前，樹脂因加熱過度而沸騰。	降低加熱爐升溫速度，延長低溫恆定時間。
	氧氣不足，燃燒不充分。	增加燃燒爐中的氣流。 為問題區域增加連接到主澆口的蠟澆道。 借助輕微的真空壓力清空鑄造瓶，然後進行鑄造。
	樹脂系統的樹脂橫截面過厚，燃燒期間物件被模具壁抵住。	• Castable Wax 40 Resin： • 同上。 • Castable Wax Resin v1： • 如果壁厚 <2mm，請嘗試執行上文中的步驟。 • 如果壁厚 >10mm，將物件挖空使外殼變薄。 • 如果壁厚在 2–10mm 之間，請考慮換用 Castable Wax 40 Resin。
鑄造時有小氣泡	包埋料過黏。	增加與包埋料混合的水的比率。
	包埋料處理時間過短，未排淨鑄造瓶中的氣體。	使用冷水混合包埋料。

LACE by Jenny Wu
鳳蝶戒指

了解更多關於數位化珠寶製作的信息

鑄造是一個覆雜的過程，為達到最佳效果，建議與專業鑄造人員合作。

特別感謝 Lars Sögaard Nielsen 和 KEA（哥本哈根設計技術學院）同意 Formlabs 記錄其鑄造過程。

formlabs
AUTHORIZED PARTNER
TEAMA
3D PRINTER EXPERT