

模具工具的設計與製作

作者：Emily Clark/Molex 醫療業務部門旗下
Affinity Medical 產品經理

線纜元件的模具工裝如同新房子的地基一樣，將要支撐與保護重要的內容物，其中包括觸點、印刷電路板以及其他重要組件。生產高品質客製化醫療線纜元件的第一步，就是設計與製作合適的模具工具。

設計線纜組件非常像蓋新房子，兩者都是從基礎設計開始，這有助於房子內部和四周其他區域的安排。這個基礎就是奠定房子的整體強度、外形和將來容納的內容物(包括傢俱與人)的起點。與新房子的基礎一樣，線纜元件的模具工裝(mold tooling)最終將會支撐具有價值的內容物，包括觸點、印刷電路板以及其他組件。高品質的客製化醫療線纜元件之製造過程，一般是從設計與製作合適模具工具的基礎操作開始。



模具工裝的設計要求

在大多數新型線纜的開發專案中，無論是出於美觀或觸感考慮而設計的外模工具，還是為了增強力學完整性並且便於封裝或滿足獨特應變釋放要求而設計的內模，模具工具的設計都是重要的環

節。模具設計還可以針對客製化的外殼、手柄、開關和突出元件(nose piece)來進行開發。

設計要求包括：

封裝：對於關鍵元件(例如印刷電路板、電阻、電容)的密封可能需要內模。

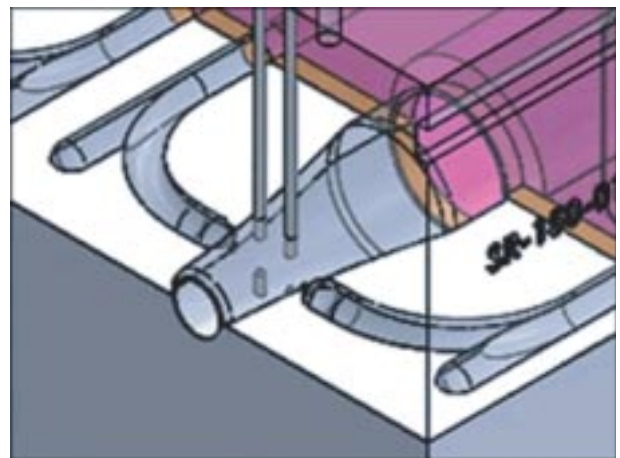
柔性：為了提高柔性，應變釋放裝置可以保持線纜材料與連接器或索環(grommet)之間的結構完整性、柔性和整體穩健性。

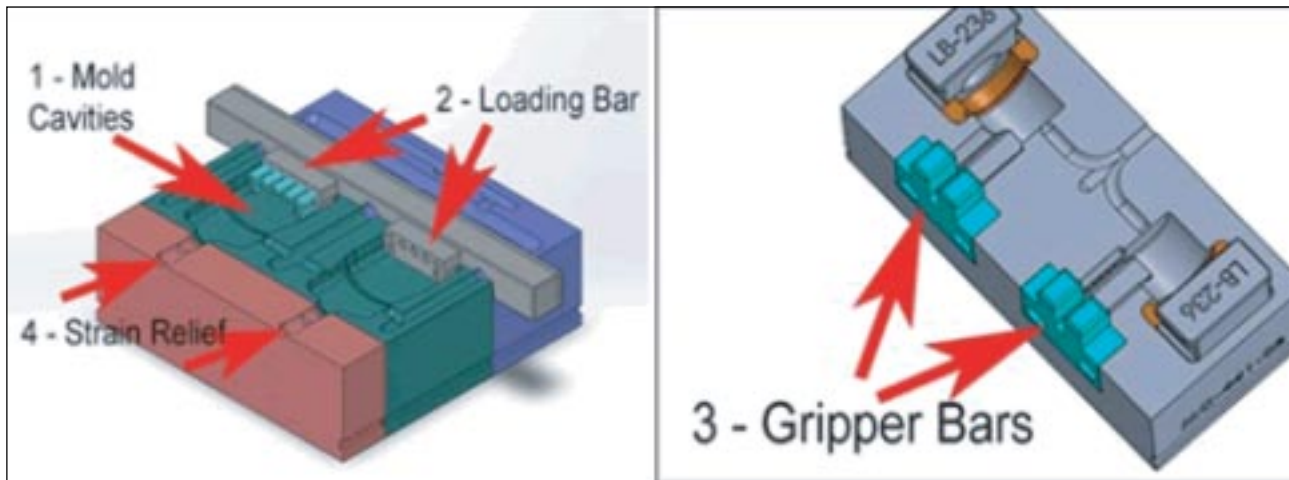
抓取(gripping)：為了便於使用，可以在連接器包塑(overmold)中內建防滑抓取點。

安全性：插鎖功能可將連接器鎖定，防止在使用過程中斷開。

操作性：獨特設計的手柄可實現靈活操控，這往往是外科手術應用的必要條件。

模具工裝也可以為提供最多功能而設計，這意味著模具元件會被設計成可以互換。許多客戶可能要求某一特定產品要具備不同配置，而可以互換的工裝則可以適應不同的線纜直徑、引線數、鎖扣(snap)等等。模具工裝的設計一般是以 SolidWorks 之類的三維建模軟體來完成的。





模具工具元件

大多數的模具工具都是為特定的專案及要求而設計的。常見的模具元件包括：

模穴(Mold cavity) 工具的一部分，用來生產成型元件的本體

承載樑(Loading bar) 在包塑加工期間，用以將连接器殼體、插針或其他元件牢牢地固定在工具內部的適當位置

夾持桿(Gripper bar) 在包塑加工期間，將退出應變釋放裝置的線纜固定在適當的位置(能夠在同一连接器中使用多種不同最大直徑的線纜，通常會較好；如果夾持桿工裝與應變釋放工裝採取分離設計，便很容易實現這一點。)

應變釋放(Strain relief)裝置 工具的一部分，可塑造實心或分段彎曲隙縫，將连接器連接到線纜護套材料並將其密封

模具工具設計

設計用途與設計功能會影響有關模具工具整體設計的決策，而線纜材料和連接器的選擇亦十分重要。不論是現成连接器或者客製化连接器，線纜元件一般需要三種工具，包括內模、外模和應變釋放裝置。

許多连接器製造商都會提供預製的滑入式"靴套"，以作為客製化包塑應變釋放裝置的替代產品。使用現成元件或許能夠降低工裝總成本，然而

預製靴套的成本通常會高於客製化的包塑應變釋放裝置。根據生產的數量和總體壽命，客製化包塑應變釋放工具可能會因為部件較便宜而達到節省成本之目的。

如果現成的连接器無法滿足全部產品要求，則可以設計客製化连接器或混合式连接器，也就是經過修改的現成连接器。客製化连接器通常需要使用多種工具來為连接器殼體、突出元件 / 觸點絕緣片、插鎖和其他組件成型。

除了產品設計的考慮外，設計模具工裝時的其他重要考慮事項還包括模具材料(矽膠、PVC、TPE 等)、物料流和物料溫度、完成的成型部件之壁厚，以及製作工具所需的材料本身。

尤其對於嵌件模塑來說，澆口的位置和尺寸十分重要。澆口是一種注孔，融化的塑膠可以通過這裡注入到模具中。達到均勻一致的壁厚、減少收縮、消除模具空隙(void)以及減少澆口痕跡，都是工具設計中的一部分。模具工裝的設計工程師還需要考慮物料流和材料成分。例如，聚氨酯樹脂的澆口要大於山都平(Santoprene)樹脂。

此外，設計模具工裝時還需要考慮減少毛邊(也就是溢出模具的多餘材料)。分模線(在一個模具中，其中一半模具與另一半模具的接觸處)處會產生"夾水紋"，這是一種不良現象，在一定程度上會影響外觀的美觀性。要考慮所選材料的流動性，使毛邊減到最少，同時也使分模線看不到，這是非



常重要的。

超音波焊接的工裝

超音波焊接是連接器本體(body)和連接器殼體嵌件塑模的替代方法。一般來說，稱為蚌殼的兩片硬質塑膠外殼都是注塑成型。外殼的設計可以利用超音波焊接製程正確地配合並密封在一起。用於超

音波焊接的模具需要具備一個稱為 " 能量導塊 " 的部件，以精確指定焊接機所產生的振動。這通常是一塊三角形(類似於山峰的形狀)的部件，其設計就是要內置在模具中，使蚌殼的上下兩部分可以有效地焊接在一起。超音波振動產生的能量會使材料在接觸點處融化，形成高強度並且一般是永久性的密封效果。



不同模具分別切割

模具工裝可以採用多種材料來製作。如何選用最適宜的材料，取決於生產量和計畫的預期壽命。醫用線纜組件中兩種最常用的模具材料為：

鋁：

- 常用於小批量生產
- 經常用於原型試驗或驗證工具與部件的設計
- 由於材料較軟，因而使用壽命較短，產出部件數量少於硬化鋼材料
- 工具製作的前置時間較短
- 成本比鋼材料低

硬化鋼：

- 最適合大批量生產
- 適用於已驗證過或已被凍結(frozen)的設計
- 出色的使用壽命，一般可產出多達一百萬個部件
- 製作成本通常較高，但有更好的持久性

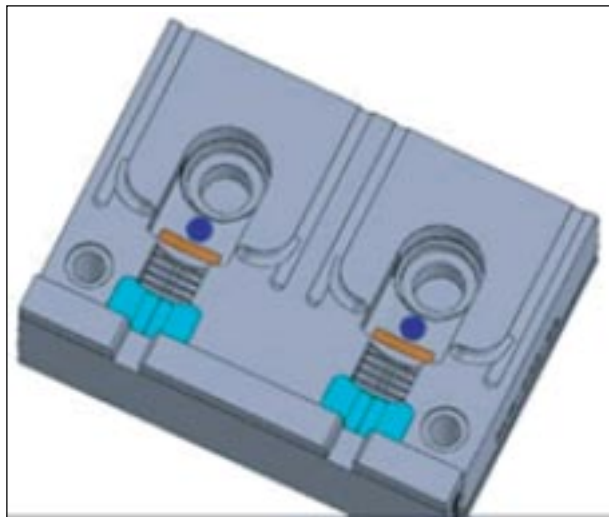
工具材料的選擇還受到所使用的樹脂影響。熱塑性樹脂(例如PVC、TPE/TPR、TPU)是室溫材

料，需要加熱後注射到冷模中。這類樹脂可以使用鋁、不銹鋼或硬化鋼材料的模具成型，一般在選擇時視產品設計、機械特性以及成本考量而定。大多數熱塑性樹脂可以使用鋁製或鋼製工具成型。

對於液態注射成型(LIM)的矽膠應用，則會把冷卻的液態矽樹脂注入到熱模中，利用硬化鋼工具進行硫化(vulcanization)。與熱塑性樹脂相比，液態矽膠的流動性更加流暢，會更容易產生毛邊的現象。因此，矽膠模具的設計與製作必須具有極高的精度，從而確保不會產生縫隙，以避免材料溢出而成為毛邊。

單模穴或多模穴模具

對於工具中應設計多少個模穴的決定來說，產品壽命中的生產量是一個主要因素。多模穴模具一般成本較高，但是一次可以為兩個或更多的部件成型，進而提高產出並降低每個成型部件的成本。與多模穴工具相比，單模穴工具的設計與製作成本會比較低，但這較低的前期成本會被更高的生產單位成本所抵消。



協同與等時線

客戶的溝通與參與，對於工具的設計和按時完工是十分重要的。客戶的工程團隊和線纜製造商的工程團隊之間應該較早展開定期的協同，這是整個專案的關鍵，也是產品設計凍結之前最重要的關

鍵。工裝製作一般是專案中週期最長的一部分，一般需要 8 至 14 週。當工裝還在製作期間，文件已經撰寫完成，組件也已完成訂購。每週安排設計審核，有助於確保客戶與線纜製造商合作夥伴在目標和進度上保持一致，同時滿足既定的產品要求。

工具的所有權

對於客製化的線纜元件設計，一般是由 OEM 客戶來支付費用，因此也是 OEM 客戶擁有線纜元件製造商所儲存並維護的生產工裝。在這一情況下，工裝僅用於為工具的所有者生產部件。在某些情況下，OEM 可能會選擇共同分擔工具的成本與所有權，在此情況下，這些工裝並非獨家使用。Affinity 這類線纜製造商則可能擁有常用連接器和元件的工裝，這類連接器和元件可在非獨家的基礎上使用，只需支付極少的工裝成本，或者根本不用支付。

在大多數線纜元件專案中，模具工裝的設計是核心組成部分，從概念設計到設計凍結過程中，也都應該是專案的最根本焦點。充分瞭解連接器和線纜元件需要實現的外觀、使用方法以及所需的產品壽命，對於工具設計是十分重要的。

作者介紹：



Emily Clark 現為 Molex 公司醫療業務部門旗下 Affinity Medical 產品經理，該公司專精於客製化醫用線纜元件和互連系統的設計、開發與製造。Clark 在產品管理領域具有七年經驗，工作重點包括客製化

產品的設計、開發與市場行銷。CTA