



3D 列印中驗證各項同性

在準備一個 3D 列印物件時有很多方面需要考量，其中包含物件在列印平台上的定向，是否有足夠的表面積讓物件充份附著？支撐材的生成是否完整足夠？物件之間是否有足夠的空隙？

除了這些考量外，也要考慮物件明顯的作用力：各項異性

各項異性，在這篇文章裡，定義為物理性質隨著相對方向不同而有所變化，舉例來說，一個 3D 列印物件在 X, Y, Z 方向可能有不同的斷裂或剛度伸長率。

各項同性 vs. 各項異性是一個經常在 3D 列印界被討論的概念，但在某些情況下，基本假設是基於概括。

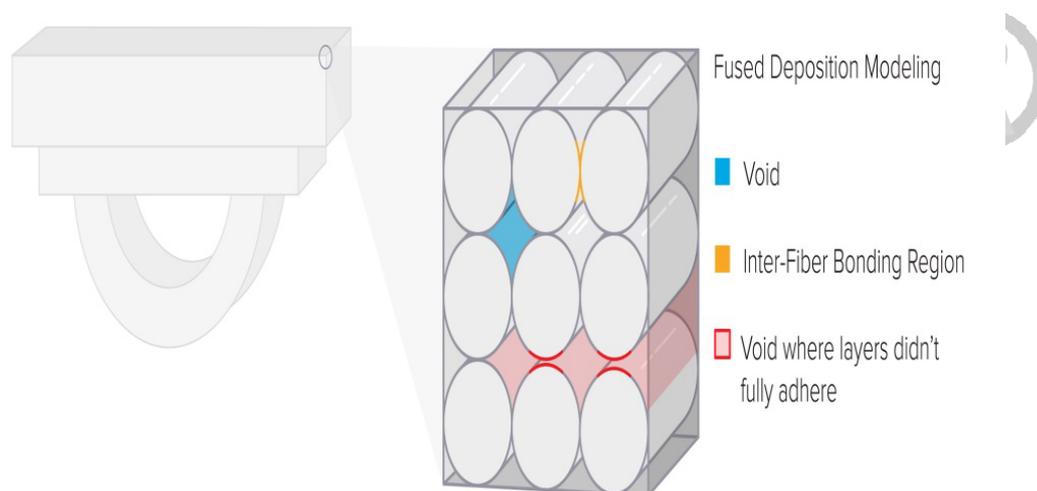
一般情況下，此種內容只會在 FDM 列印機探討，也就是熱熔聚合物來擠壓堆疊成最終的物件。但許多使用者會直覺的將物件結構各項異性的想法擴展到其他列印機技術，例如:以樹脂為列印基礎的 SLA 技術。

為何 FDM 列印物件是全向異性

3D 列印機是以層層堆疊方式列印物件，但不同機器會有不同的列印技術，以不同技術列印的物件會有不同的分子結構，這將會產生重大影響，舉例來說，FDM 列印機在物件最上層熱熔擠壓塑料，這會形成物理黏著 (非化學)，如下圖所示，FDM 物件的每一層不是完全的黏合。即使上一層面積還是部份熔化的狀態，每層物件之間只有部分黏著。

基於機械應力方向的影響，FDM 列印物件具有不同的機械性能，且密度低於一個透過替代方法生產的相似物件，像是注射成型，

這也是很難透過 FDM 列印來生產防水物件的原因，FDM 列印物件充斥著細微的空隙和孔洞。



FDM 3D 列印機通過擠壓堆積 PLA 或 ABS 的線材成型。這個方法意味著層之間無法像線材本身那樣強烈地黏合在一起；在圓柱狀擠出物之間存在空隙，並且層之間可能無法完全黏合。

在分子水平上觀察這種排列時，在每層內的應力和將層之間黏著在一起的力量，有明顯的區別：PLA 或 ABS 的每個沉積線由高度纏結的聚合物鏈組成，高度纏結的聚合物鏈緊密的保持在一起並且是相當堅固，堅韌和堅硬。

當線材擠出沉積到每條線的側面或頂部時，非常困難甚至不可能在每條線之間獲得相同量的黏合，因此在明顯較弱的纖維間結合區域中產生結，以及突出硬塊。

這意味著，該物件將在沉積線的方向(XY 軸)上最強，並且沿著由這些纖維間結合區域組成的軸線(Z 軸)較弱，即與線軸正交的兩個空間軸。



FDM 列印物件是各向異性的 - 當應用在負重時，如果 FDM 物件未正確擺放定向或者未考慮各向異性的方式建模，則 FDM 物件可能會列印失敗。

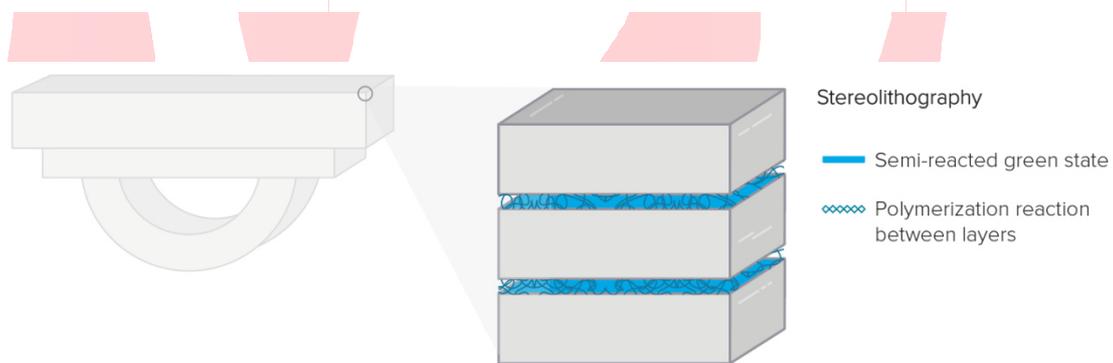
總之，FDM 物件在各種方向不是同等強度，並且不能是各向同性的，這意味著在設計和列印物件時，考慮乘載或負重方向是很重要的。

為什麼 SLA 打印是各向同性的：

基於樹脂的 SLA 3D 列印中在構成各層的化學鍵和將層黏著在一起的力之間沒有差別。

當形成每層時，樹脂單體反應並形成提供高度側向強度的共價鍵，但是聚合反應沒有完成；相反，印刷過程以使層保持在稱為“生坯狀態”的半反應狀態的方式進行調製。

這種生坯狀態與完全固化狀態有非常重要的差異：在表面上仍然有可聚合基團，隨後的列印層即可以共價鍵結合。



在 SLA 列印中，Z 軸和 XY 軸平面之間在化學鍵方面沒有差別；在 SLA 機器上印刷的每個連續部件是連續聚合物網絡。

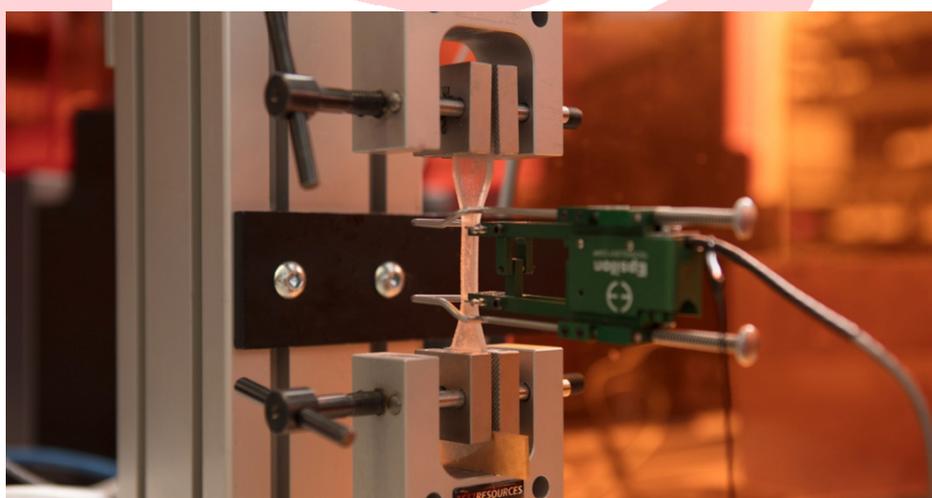
當下一層固化時，聚合反應也將包括前一層上的可聚合基團，不僅在側向形成共價鍵，也與前一層形成共價鍵。這種聚合方式是所有 SLA 列印工藝的典型。

這意味著在分子水平上，Z 軸和 XY 軸平面之間在化學鍵方面幾乎沒有差別；在 SLA 機器上列印的每個連續部分都是單一分子。由於 SLA 線完全結合到它們的相鄰部分，所以也不會有 FDM 列印中典型的空隙或細微裂紋；這些列印物件是完全防水和完全密合的。

不論哪方面來看，以此方式印製的 SLA 物件是各向同性的。

理論是好的，但有實際數據更好

這在實際中是什麼樣子？你真的不用擔心關於如何擺放一個 SLA 物件假如它需要承受一些張力？我們決定利用 Form2 將這個理論進行測試，使用透明樹脂及我們內部的拉伸試驗機。



我們使用拉伸試驗機來測量 FDM 和 SLA 印刷品中最大應力和楊氏模量之間的差異。

為了收集整個範圍的角度，我們列印了 5 個 ASTM type IV 拉伸棒，以 15 度為間隔，從 0 (相對於 XY 軸是平面的方向) 到 90 度 (直立方向)。每個拉伸棒用異丙醇清洗(IPA)然後光照固化，最後放上測試拉伸機。

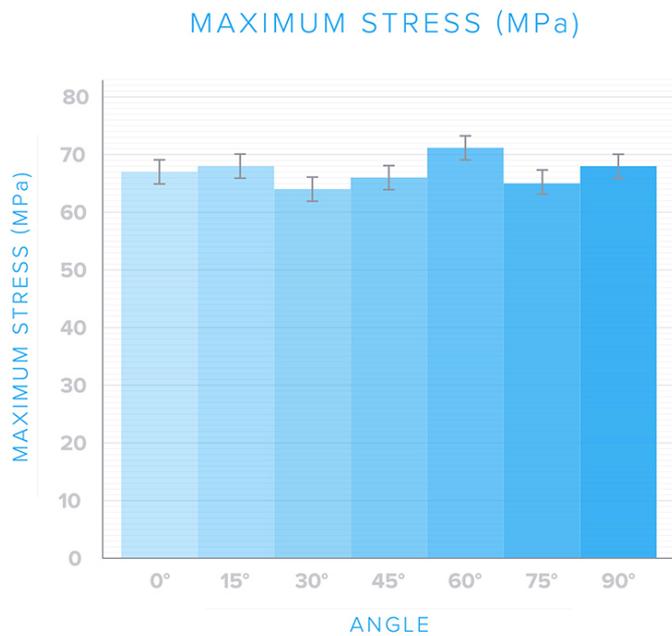
為了記錄會使拉伸棒產生反應的力度，測試機以恆量的速度拉伸測試棒直到它們斷裂，基於這個數據，可以確認大量的材料屬性，其中最相關的是最大應力測量以及楊氏模量。

最大應力

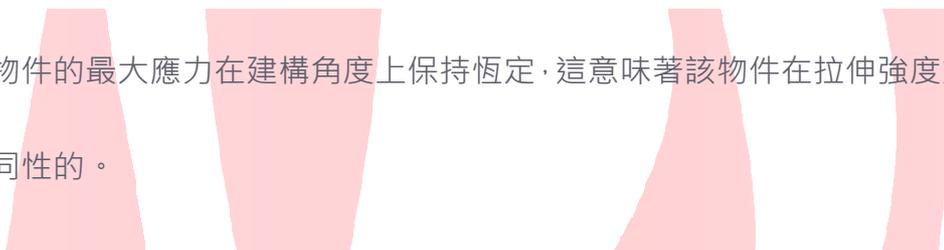
最大應力是拉伸測試棒在斷裂之前能夠承受的最高拉伸量，也就是一般所謂一種材料的“強度”。

很容易看出最大應力如何用作各向異性的量度，當垂直施加拉力於 XY 平面時，層之間具有弱化學鍵的部分將顯示出顯著降低的強度。





物件的最大應力在建構角度上保持恆定，這意味著該物件在拉伸強度方面是各向同性的。

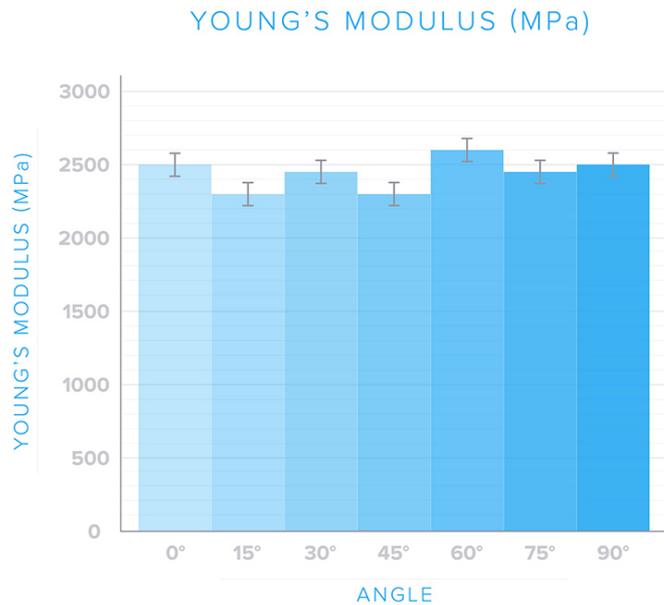


為了驗證強度結果，我們還記錄了橫跨列印角度的楊氏模量。

楊氏模量

楊氏模量是剛度的度量，並且指示物體中的柔性水平。對於必須基於給定應用中的預期應力和應變作出設計決定的工程師來說尤其重要。

和屈服強度一樣，層之間較弱的鍵如預期導致楊氏模量的降低，使得這 SLA 列印物件的各向同性研究成為另一個重要的指標。



就像最大應力一樣，楊氏模量對於構建角度大致保持恆定。因此楊氏模量相對於構建角度也是各向同性的。

如預期的，揚氏模量的數據也大致呈水平線變化，這再次說明列印方向對 SLA 列印物件的材料性質沒有影響，支持 SLA 列印物件實際上是各向同性的假設。

結論：SLA 物件是各向同性的

這些數據證明一項結論：SLA 列印的 3D 物件，Z 軸方向的強度和 X 及 Y 軸一樣堅固耐用，無論如何切割（或列印）它們。這使得 SLA 特別適用於材料性能很重要的工程原型應用。

資料來源:

https://formlabs.com/blog/isotropy-in-SLA-3D-printing/?utm_source=social&utm_medium=facebook&utm_content=isotropyblog