



أسسیات الطباعة ثلاثية الأبعاد مع جوزيف بروشا

ترجمة محمد نجيب الجابر

المقدمة

ربما تكون قد سمعت عن الطباعة ثلاثية الأبعاد من التلفاز، أو قرأت عنها من الإنترنت. إن أي تقنية حديثة تظهر للساحة ، تكون محظى إعجاب والتقدير وسائل الإعلام الرئيسية ، ولكن تخطية الحديث عادة ما يكون سطحياً ولا يغطي سوى القشور. هناك الكثير من الشائعات والخرافات تحوم وتطفو حول الطباعة ثلاثية الأبعاد ، بما في ذلك الفهم السائد في أنها تقنية حديثة. وفي حقيقة الأمر ما هي إلا طريقة تصنيع مختلفة معروفة منذ ثمانينيات القرن الماضي ، إلا أنها أصبحت أكثر شيوعاً وانتشاراً وستستخدم في شتى المجالات الصناعية و حتى من قبل الهواة في منازلهم.

لو بحثت قليلاً ، ستجد أن الطباعة ثلاثية الأبعاد ليست أمراً مستقبلياً أو من الخيال العلمي أو معدناً أو حتى باهظ الثمن. بل على النقيض تماماً ، فإن مبادئها بسيطة و سهلة الفهم. نعم ، قد تصاب بالرهبة في بادئ الأمر ، لوجود عدد من المصطلحات والمفاهيم الجديدة ، وفي الحقيقة، ليس هناك الكثير منها ، ومع الوقت ستسنّد هذه المفاهيم والمصطلحات وتهضمها رويداً رويداً.

سيساعدك هذا الكتاب في معرفة أنواع التقنيات المستخدمة في الطابعات ثلاثية الأبعاد (من الآن فصاعداً سنستخدم الرمز 3D بدلاً من كتابة ثلاثية الأبعاد) وكيفية عملها. ونأخذك في جولة لمعرفة سير عملية الطباعة ، ابتداءً من تصميم المجسم على الكمبيوتر ، ومن ثم "تحضيرات لما قبل الطباعة" و معرفة ما يلزم من "إجراءات ما بعد الطباعة" و الحصول على المجسم الجاهز. و سترى على الإكستروودر.*

* الإكستروودر: الباثق أو الطارد لمادة الطباعة ، أحببت الاحتفاظ بالمصطلح الإنجليزي في هذه الترجمة لكثره تداولها واستخدامها من قبل مجتمع هواة الطباعة 3D.

سيمنحك هذا الكتاب فهماً جيداً للطباعة 3D وكل ما يلزمك لتبديأ طريقك في هذا العالم ، لم يبق الآن إلا أن تشتري طابعة 3D.

جوزيف بروشا

أصبح جوزيف بروشا (*1990-2-23) مهتماً بالطباعة 3D قبل أن يلتحق بجامعة براغ للاقتصاد 2009. تعلم جوزيف على يد قائد مشروع ريب راب مفتاح المصدر الدكتور أندريان بويرن.

يمكنك أن ترى اليوم تصميم بروشا بأشكال مختلفة في كل مكان في العالم ، إنها واحدة من أكثر الطابعات شيوعاً و انتشاراً وهي أحد الأسباب انتشار الطباعة لدى الناس.

ففي عام 2012 ، أنشأ جوزيف بروشا شركة بروشا للأبحاث والتي أنتجت طابعات الأوريجينال بروشا و باعتها لزيانتها حول العالم.



المحتوى

4	ما هي الطباعة 3D
5	بتاريخ الطباعة 3D
5	اكتشاف الطباعة التجigerية (Stereolithography)
5	مشروع ريب راب (RepRap)
6	استخدامات الطباعة 3D
10	تقنيات الطباعة 3D FDM / FFF
11	مكونات الطابعة الديكارتية
13	الطباعة التجigerية (SLA)
16	مكونات طابعة ال MLSA
18	SLS / DMLS
20	اختيار الطابعة
21	101 - طباعة 3D الحصول على نموذج 3D
	مكتبات الانترنت و مراكز نماذج 3D
	برامج بناء النماذج برامج Tinkercad
	Autodesk Fusion 360 برامج Blender
	OpenSCAD برنامج
	ملاحظات ينبغي مراعاتها عند تصميم النماذج المسح الضوئي ثلاثي الابعاد والمسح التصويري
	اختيار المادة الصحيحة للطباعة برامج التقليع (Slicing)
	برنامیج PrusaSlicer برنامج Simplify3D
	برنامیج Cura الإعدادات الأساسية لبرنامج التقليع
	تحضير سطح الطباعة البدء بالطباعة
	ما بعد الطباعة لصف و صقل النماذج باستخدام الأستون
	الفيلامينت (Filaments) - خيوط الطباعة البلاستيكية PLA
	ABS و PETG, ASA FLEX
	المواد المركبة مادتي ال PVA و BVOH للدعم القابل للذوبان
	المواد الأخرى
	الفوتوبوليمر و الريزن
	تعدد الألوان في الطباعة 3D
	قاموس مصطلحات
	أسئلة مكررة (FAQ)

ما هي الطباعة 3D؟

الطباعة 3D هي عملية تصنيع آلية تقوم فيها الطباعة بإنشاء مجسم حقيقى ملموس بناءً على تصميم حاسوبي (تصميم ثلاثي الأبعاد). هناك عدة تقنيات مختلفة في الطباعة 3D، ولكن أكثرها شيوعاً هو الـ FFF (Fused Filament Fabrication) والـ FFF التي تعنى "التصنيع بـ صهر الأسلام" والأمر بسيط: يتم بناء المجسم طبقة تلو الأخرى بإذابة حبل من البلاستيك. ولتقرير الأمر، تخيل أنك تقوم بـ تقطيع مجسم ما إلى شرائح صغيرة جداً كما تقطع جبة البطاطس إلى شرائح شبس رقيقة جداً. ثم تقوم باستخدام مسدس الشمع/الصمع لرسم الصاق الطبقات واحدة تلو الأخرى (لن يكون الأمر دقيقاً كما في الطباعة لفرق الشاسع بين دقتك كبشرى) ودقة الطباعة "الآلية" في الرسم. إذن فهي عملية تضاف فيها المادة طبقة تلو الأخرى لتشكيل النموذج النهائي وتسماى في الإنجليزية (Additive method) بمعنى "طريقة تجبيغية" أو "طريقة إضافة المادة" في الصناعة. وهذا يعكس "طريقة حف/قص المادة" حيث يتم حذف أو كشط أجزاء منها ليكون المجسم النهائي (Subtractive method).

الطباعة 3D تنتشر وتتطور بسرعة، هناك تطور دائم ومستمر للطابعات ثلاثية الأبعاد والمواد المستخدمة في الطباعة. كانت الطابعات 3D تستخدم في المجال المهني في الشركات والمؤسسات الكبرى فقط، إلا أنها نجحت في الانتشار بين العامة.

تاريخ الطباعة 3D

في البداية، كانت الطباعة 3D تسمى "المنذجة الأولية السريعة" - وهذا المصطلح ما زال مستخدماً ولكن بشكل نادر وقليل. كانت هذه التقنية تستخدم لبناء النماذج الأولية فقط ولكن هذا الزمن قد ولّ وأصبحت الطابعات 3D بأسعار معقولة وانتشرت.

دعونا نضرب مثلاً على "المنذجة الأولية السريعة" وهي تطوير وإنتاج جهاز تحكم عن بعد في التلفزيون (ريموت). إن الأعمال التحضيرية للتصنيع قد تكلف عشرات الآلاف من الدولارات (تصنيع القوالب، عملية التصنيع نفسها، والاختبار...). ويتجه أن تكون الشركة المصنعة على يقين تام من أن جهاز التحكم (الريموت) يناسب أيدي المستخدمين ويمكن الوصول إلى جميع الأزرار بشكل مريح. وهنا يأتي دور النماذج الأولية للمنتجات التي تجعلك على تنתקك أنك في المسار الصحيح وتحنك فرصة حقيقة لتجربة المنتج قبل إصدار الأمر بالتصنيع. على الرغم من أن أسعار الطابعات 3D كانت مرتفعة حقاً، إلا أن تكلفة تصنيع نموذج أولي واحد باستخدام الأساليب التقليدية كانت تتكلف الآلاف دولار تقريباً. وبالرغم من ذلك، فإنها كانت توفر الكثير من المال. ونظراً لتكليف آلات الطباعة، لم تكن هناك فرصة لوصول هذه التقنية لأيدي المستخدمين العاديين - و لحسن الحظ، أصبح هذا من الماضي!

اكتشاف الطباعة التججيرية (STEREOLITHOGRAPHY)

اكتشفت الطباعة 3D، كما نعرفها اليوم، في عام 1984، عندما تقدم مؤسس 3D سيسىتمز، السيد "تشارلز ديليو هال"، بطلب الحصول على براءة اختراع لـ "الطباعة التججيرية". "هال" كان أول من طبع نموذجاً من تصميم رقمي ثلاثي الأبعاد. تسمى هذه التقنية اليوم SLA و مازالت تستخدم إلى يومنا هذا. يمكنك معرفة المزيد عنها في فصل الكتاب الذي يشرح "تقنيات الطباعة 3D".

أول طباعة 3D تجارية تطرح للسوق

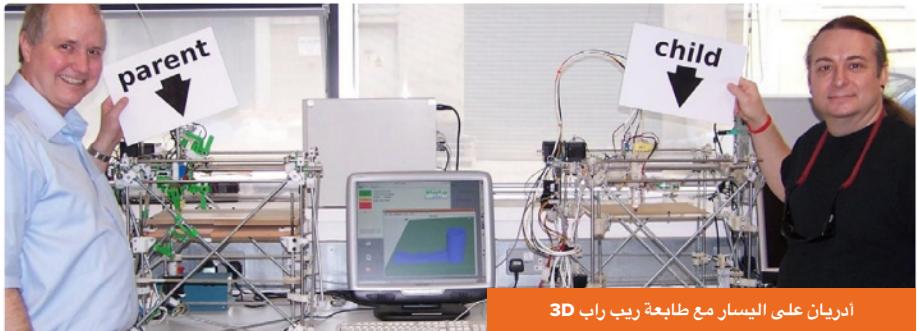
في عام 1992، قامت شركة 3D سيسىتمز بإنتاج وبيع أول طباعة 3D بشكل تجاري وكانت تستخدم تقنية الـ SLA في الطباعة.

مشروع ريب راب (REPRAP PROJECT)

ربما كان عام 2005، أهم عام في تاريخ الطباعة ثلاثية الأبعاد الحديثة حيث تم إنشاء مشروع ريب راب (RepRap) ب بواسطة الدكتور أندريان بويرز في جامعة باث. كانت الفكرة هي تطوير طباعة 3D، تكون قادرة على طباعة أكبر قدر ممكن من أجزائها. صمم هذا المشروع كمصدر مفتوح من البداية، مما يعني أن جميع الأكواد متاحة للجميع مجاناً وهي مفتوحة لن يرغب في التعديل أو التحسين عليها. كان هذا قراراً مهمًا، سمح للتقنيين المتحمسين في جميع أنحاء العالم بالمشاركة في هذا المشروع. وهذا هو السبب الرئيسي الذي يجعل ماكينات ريب راب حالياً، أكثر الطابعات ثلاثية الأبعاد انتشاراً في العالم. بفضل هذا المشروع، يمكننا الآن

شراء طابعات ثلاثية الأبعاد لأسواق الأعمال اليدوية / المصنعة والأسواق شبه الاحترافية - وعادةً ما تكون هذه الطابعات أقل من 4000 دولار أمريكي.

إن مجتمع التقنيين حول طابعات ريب راب ضخم، إذا كنت ترغب في فهم كيفية عمل الطابعات ثلاثية الأبعاد (أو إذا كنت ترغب في تجربة العديد من التحسينات والتعديلات التجارب)، فإن ريب راب هو الحل الأمثل لك، يمكن شراء هذه الطابعات 3D إما كآلات جاهزة ذات إعدادات معايرة ومجمّعة بالكامل، أو كمجموعات تجميع لتركيبها وتجسيدها بنفسك (DIY (Do it your self) ، وهي ممتعة جدًا في البناء - وهي في الحقيقة ليست بالأمر الصعب كما كنت تعتقد.



أدريان على اليسار مع طابعة ريب راب 3D

استخدامات الطباعة 3D

استُخدمت الطباعة 3D في البداية كوسيلة لإنشاء نماذج أولية رخيصة وسريعة، وعندما أصبحت قليلة التكلفة، وجدنا أنها بدأت تستخدم في صناعات أخرى. أحد الأمثلة على ذلك، هو تصنيع كميات صغيرة من المنتجات (small-series production). فهناك شركات تصنع كميات منخفضة من منتجاتها ولن يكون هناك ما يبرر التكاليف المرتفعة بإنتاج كميات كبيرة. ولذلك، تأتي الطباعة 3D كحل أكثر ملاءمة.

ومن ناحية أخرى، فإنك قد تقوم بابتكار تصميم محسن. حينئذ، يمكنك البدء في إنتاجه على الفور ، مما يعني أنه يمكنك تقديم منتجات جديدة ومحسنة بشكل أسرع بكثير من المعتاد.

لقد تبنينا هذا النهج من خلال إنتاج طابعات 3D "Original Prusa i3". حيث تضم خطوط الانتاج الداخلية (أو كما نسميه نحن "مزرعة الطباعة 3D") لدينا الآن أكثر من 500 طابعة. فعندما نرغب بإعادة تصميم جزء ما أو التحسين عليه ، كل ما نحتاج إليه هو اختباره ، ثم تحميله على نظام مزرعة الطباعة - ويمكننا أن نبدأ الإنتاج على الفور. بالإضافة إلى ذلك ، يمكننا أيضًا إرسال البيانات إلى عمالتنا ، حتى يتمكنوا من طباعة الأجزاء بأنفسهم على الفور. تعد إمكانية "النكرار السريع" (Quick iterations) إحدى أكبر نقاط القوة في الطباعة 3D.



مزرعة الطباعة 3D في شركة بروشا للأبحاث



منتج بطباعي شخصي / أو شخصنة المنتج (Personalized Production) : تعني إنتاج عناصر مخصصة بناءً على طلبات العملاء. فعلى سبيل المثال ، من الممكن أن تكون حافظة هاتف ذكي ذات زخرفة خاصة ، أو علاقة مفاتيح قابلة خاصة أو عناصر تسويفية متعددة تم تعديليها لتلائم احتياجات العميل.



تعد الطباعة 3D رائعة أيضًا لإنتاج الألعاب والأشكال. يمكنك العثور على آلاف النماذج المجانية أو المدفوعة على الإنترنت ، بدءًا من الألعاب البسيطة إلى ألعاب الطاولة المصممة بدقة.



سيجد عشاق الأزياء المسرحية (Cosplay) أن الطابعات 3D مفيدة بشكل خاص ، لأنه يمكن استخدامها لإنتاج أقنعة ومعدات وإكسسوارات وعناصر أخرى يمكن معالجتها بسهولة (بالصنفرة والتلوين) لمنحها مظهراً أصيلاً.



كما أن هناك مجال آخر تتعلق فيه الطابعات وهو إنتاج قطع غيار لم تعد متوفرة من قبل المصنعين أنفسهم، وينطبق الأمر على إصلاح الأجهزة المنزلية ، أو تصنيع مختلف الأغذية أو الصناديق أو حمارات للرثوف مثلاً .
نعم ، نحن متأكدون ونضمن لك ، أنك إذا اشتريت طابعة ثلاثية الأبعاد ، فسترى قريباً تأثيرها في كل مكان في منزلك!



تعد الطابعات 3D عنصراً ضخماً في مجالات الهندسة المعمارية والبناء. إن أحد أهم أجزاء المشاريع المعمارية ، هو تصويرُ ثلاثي الأبعاد لما يراد بناءه. وفي حال عرض التصميم كصورة ثنائية الأبعاد على شاشة الكمبيوتر ، فإن الأمر لا يكون مثالياً و يكون بعيداً عن الواقع. فقرر العديد من المهندسين المعماريين التحول إلى التصوير ثلاثي الأبعاد (3D visualization).

1 - هو فن أداء يرتدي فيه المشاركون أزياء لتمثيل شخصية معينة من الكتب أو الأفلام أو ألعاب الفيديو

بفضل الشعبيّة المتزايدة (وسهولة الاستخدام) لواقع الافتراضي ، أصبح من الممكن الآن القيام بجولة عبر مبني رقمي ، ومع ذلك ، فهناك خيار آخر يتمثل في طباعة نسخة طبق الأصل صغيرة الحجم من المشروع المخطط له ، للحصول على شيء مادي أكثر من مجرد عرض رقمي.



أصبح المهندسون المعماريون قادرين على إنشاء نماذج بشكل أسرع وأكثر كفاءة. الهدف من هذا ، هو سد فجوة الاتصال بين المهندس المعماري والعميل باستخدام الطباعة المادية بدلاً من بيانات الكمبيوتر.

هذا ليس كل شيء ، ستستخدم الطباعة 3D في العديد من الصناعات المختلفة ، بما في ذلك صناعة السيارات والطيران والرعاية الصحية ونماذج RC والمجوهرات وغيرها الكثير. تكتشف استخدامات جديدة للطباعة 3D في كل يوم تقريباً.

لذا ، بغض النظر عما إذا كنت بحاجة إلى إطار جديد للدرون (الطايرة بدون طيار) أو حامل للكوايل أو أي شيء بينهما ، يمكنك صنعه باستخدام طبعة 3D. فإنه يجعل الحياة أسهل بكثير.

تقنيات الطباعة 3D

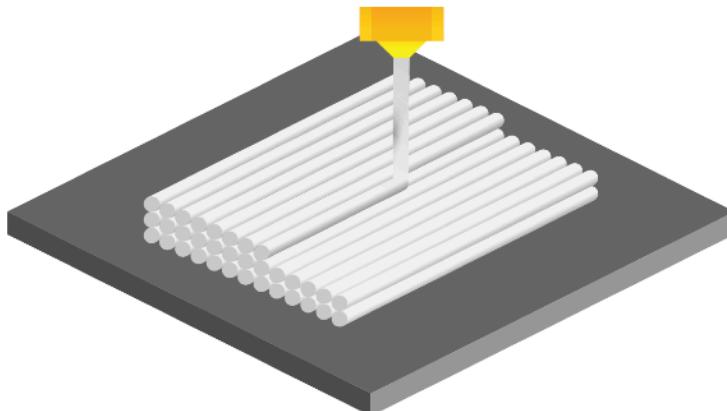
هناك نوعان من الطباعة ثلاثية الأبعاد يعتمدان على نفس المبدأ. النوع الأول يتمثل بإنشاء نماذج عن طريق إضافة طبقات من المادة البلاستيكية فوق بعضها. وإلى هذه اللحظة ، لا يوجد تقنية طباعة 3D واحدة مناسبة لكل غرض. ولذلك فإنه من المهم أن تقرر كيف ولأي غرض ستستخدم الطباعة. لتسهيل الأمر ، دعنا نقسم أنواع الطابعات ثلاثية الأبعاد إلى ثلاثة فئات رئيسية:

1. سلك بلاستيكي يذوب بواسطة التسخين ، ويتم قتله بواسطة رأس الطباعة (الطارد Extruder) من خلال فوهة (Nozzle). هنا وصف نموذجي لتقنيات FFF (التصنيع بـ سهر الاسلاك) / FDM (نمدجة الروابط المنصهرة). يمكن اعتبار هذه المصطلحات مترادفات. FDM هي علامة تجارية لشركة Stratasys.
3. مادة سائلة ، يتم تحويلها لمادة صلبة طبقة تلو الأخرى و في مناطق محددة مسبقاً. هذا ما نسميه عادة SLA - جهاز الطباعة التجوية المحسنة. تتم معالجة المادة السائلة (Resin) بواسطة شعاع الضوء (ليزر UV أو لوحة LED ، أو جهاز عرض DLP).

طابعات الـ FFF/FDM

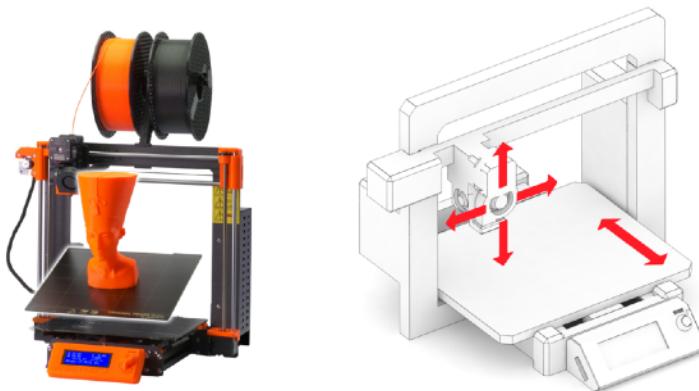
هي التقنية الأكثر انتشاراً وبتكلفة معقولة ، وهي مناسبة لطباعة نماذج أو أجزاء ميكانيكية و عملية. تستخدم الطابعة خيوطاً من البلاستيك كمصدر رئيسي. يطلق على بكرة البلاستيك اسم **الفيلامينت (الخيوط)** وهي متوفرة عادة بقطر 1.75 م.م. لا يزال هناك بعض الخيوط 3 مم في السوق إلا أن دقة الطباعة منخفضة للغاية ، ولا يوصى باستخدامها. بالمقارنة مع تقنية الرزن السائلة أو البويرة ، فإن **الخيوط (الفيلامينت)** آمنة وسهلة الاستخدام. والجانب السلبي هو يكن في أن الطبقات على النماذج المطبوعة روثية للعين المجردة ، و يبلغ ارتفاع الطبقة المعتمد (عند استخدام فوهة 0.4 مم) ما بين 0.05 إلى 0.3 مم.

تبدأ أسعار طابعات الـ FFF من **150 دولاراً أمريكياً** للطابعات الخريطة من الصين ، ويمكن أن تتجاوز **100.000 دولار أمريكي** للأجهزة الاحترافية. يبدأ سعر طابعة Prusa i3 MK3S 3D الأصلية من 749 دولاراً أمريكياً / 769 يورو وهي تمثل حالاً وسطاً مثالياً بين السعر والجودة.

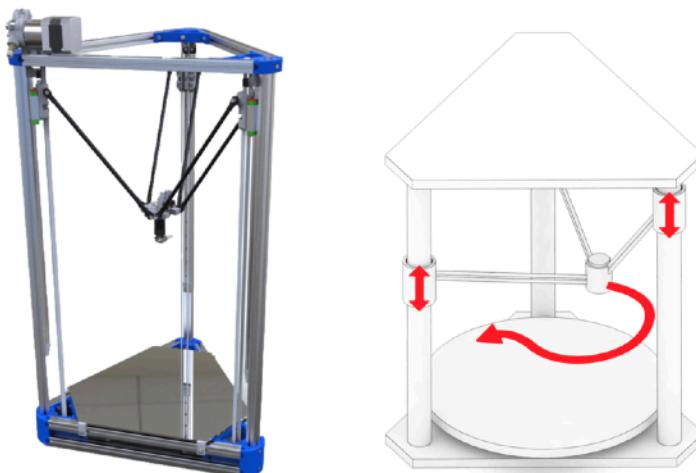


يمكننا تقسيم طابعات FDM / FFF إلى فئات فرعية بناءً على حركة محاورها.

1. **الطباعة الديكارتية:** تم تسميتها كذلك بناءً على اسم نظام إحداثيات الأبعاد XYZ. يتحرك الإكسنور (الطارد) في اتجاهين (X و Z)، بينما يتحرك سرير الطباعة على طول المحور Y. وهذا يعني أيضًا أن سرير الطباعة عادةً ما يكون مربعاً أو مستطيلًا. إن طابعة Prusa i3 MK3S الأصلية هي طابعة ديكارتية.



2. **طابعات الدلتا (Delta 3D):** يتم التحكم في حركة الإكسنور (الطارد) من خلال ثلاثة أذرع متحركة تلتقي في الطارد. اثنان من أكبر المزايا هما سرعة الطباعة وطباعة نماذج بأحجام كبيرة. ومع ذلك، فإن الطابعة تحتاج إلى معالجة دقة للغاية. وتنطوي الطابعة حسابات معقدة للتحكم بحركة الأذرع في الاتجاهات الثلاث.



3. **الطباعة القطبية:** تعد الطابعات القطبية 3D غير شائعة نسبياً. وهي تعتمد على نظام إحداثيات قطبي، يتحرك الأكسترودر (الطارد) في محورين اثنين و يجعل سرير الطابعة يدور. يعد هذا النظام بسيط جدًا من حيث البناء ، ومع ذلك ، فإن إعداد التموزج يعتبر معقد إلى حد ما.



مكونات الطابعة الديكارتية FFF

جميع الطابعات الديكارتية FFF متشابهة من حيث البناء. وتكون عادة من الأجزاء التالية:

الطارد (Extruder)

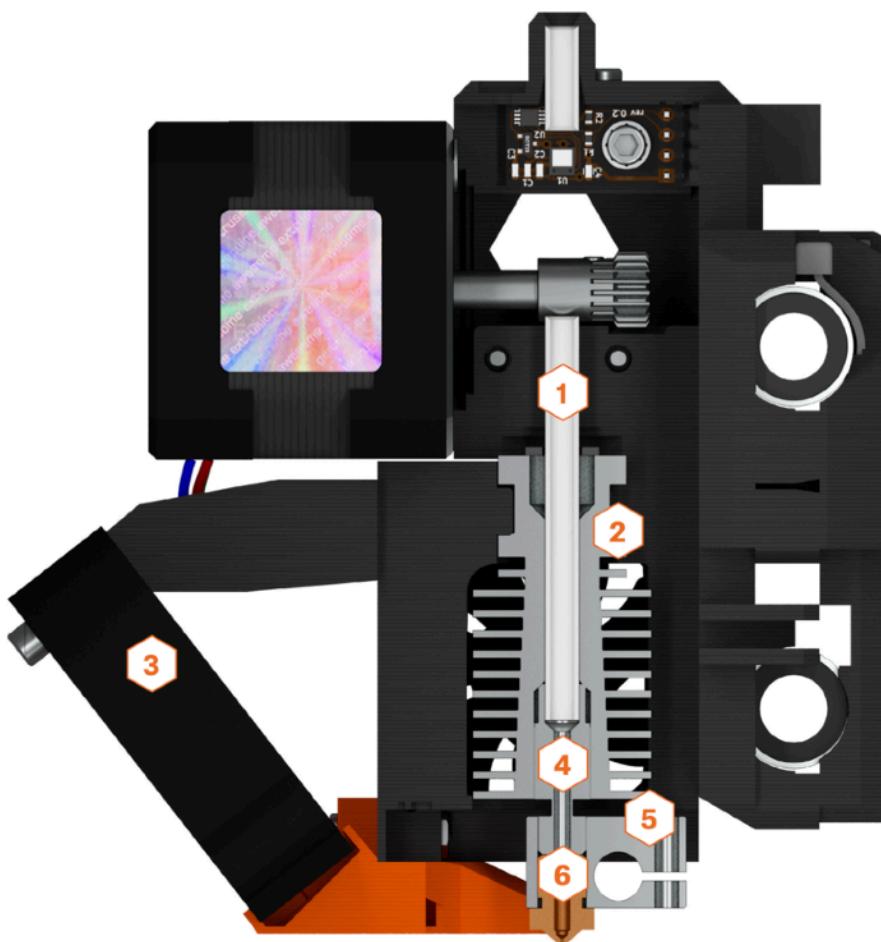
تم تصميم الطارد وأس الطباعة لوضع طبقات مطبوعة عن طريق بث البلاستيك المصهر. أولًا ، يدخل الجيل البلاستيكي إلى الطارد من خلال أنبوب التلuron PTFE. ويكون في هذه المرحلة خيطاً أو حبلاً بلاستيكياً صلباً ، و في درجة حرارة الغرفة. ومن ثم يمر عبر المشتت الحراري (Heat sink) ، وهو جزء مصمم لتبريد و تقليل الحرارة القادمة من أنبوب كسر الحرارة (Heat Break) و تقليل فتره تحول الجيل البلاستيكي من جبل صلب إلى جيل منصهر. عادةً ما يحتوي المشتت الحراري على مروحة مثبتة على الجانب لزيادة كفاءة التبريد. إن أنبوب كسر الحرارة هو في الأساس أنبوب متصل بخيط خارجي ، ويكون أضيق من أحد الأطراف لتقليل القطر إلى أقصى حد ممكن ، وبذلك تتصاعد حرارة أقل نحو المنطقة ، ليظل الفتيل صلباً.

و الآن يأتي دور السخان الحراري و هو مصنوع من مواد موصولة للحرارة - عادة من الألومنيوم - و يحتوي على مادة تسخين كهربائية صغيرة مع جهاز قياس درجة الحرارة (Thermistor). تُصهر المواد في السخان الحراري و يتم دفعها إلى الخارج من خلال الفوهة (Nozzle). ويمكن أن يكون للفوهات أقطار مختلفة ، و تصميم الطابعات يسمح للمستخدمين بتغيير الفوهة بأخرى جديدة و بقطر فتحة مختلف. يمكنك قراءة المزيد عن الفوهات بأقطار مختلفة وفوائدها في هذه المقالة:

blog.prusaprinters.org/nozzles

الطارد (Extruder)

1. أنبوب التفلون (PTFE Tube)
2. المشتت الحراري (Heatsink)
3. مروحة الطباعة (Print Fan)
4. أنبوب كسر الحرارة (أو لطلق عليه كاسر الحرارة) Heat Break
5. الغرفة الحرارية (Heat Block)
6. الفوهة (Nozzle)



(Heated Bed) السرير الحراري

يعتبر السرير الحراري جزءاً مهماً للطابعات الحديثة ، ويجب أن تكون متوافقة مع أكبر عدد ممكн من المواد. يمنع السرير الحراري الأشياء المطبوعة من الالتحان أو الالتواء أو التفصل عن السطح.

(Frame) الإطار

إنه الهيكل الداعم للطابعة. الإطارات الصلبة والمصنعة بدقة لها تأثير إيجابي على جودة الطابعة. فيعطي مزيداً من الثابت و يمنع الاهتزازات أثناء عملية الطابعة ، ويسمح بطباعة أسرع دون مشاكل ملحوظة.

(Stepper motors) المحرك الخطووي

تهتم المحركات الخطووية بالحركات في المحاور الثلاث XYZ - بما في ذلك الطارد والسرير الحراري ، بينما يتحكم محرك آخر في حركة السلك البلاستيكي (الفيلامينت). و ميزة المحركات الخطووية أن حركتها دقيقة للغاية.

(Mainboard) اللوحة الرئيسية

هي مكون إلكتروني يتحكم بالطابعة بالكامل. إن وظيفة هذه اللوحة يتمثل في قراءة ملفات التعليمات (G-Codes) والتحكم في المحركات والسرير الحراري و سخان الغرفة الحرارية بناءً على الإرشادات الموجودة في G-Code.



السرير الحراري



الإطار



المحرك الخطووي

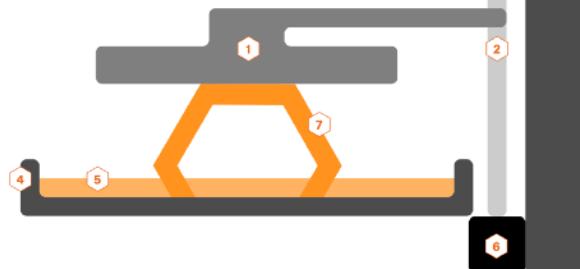


اللوحة الرئيسية

طابعات الـ SLA (STEREOLITHOGRAPHY)

تعتمد تقنية الـ **SLA** على مادة الرزن السائلة والحساسة للضوء ، حيث يتم معالجتها (تجميدها) بواسطة ضوء الأشعة فوق البنفسجية (UV). تحتوي طابعات الـ **SLA** ثلاثة الأبعاد على نظام أساسى يتحرك بمجرد تجميد أو تحجير (Solidified) طبقة من مادة الرزن و من ثم إنشاء طبقة جديدة صلبة فتلتتصق وتلتضم بالطبقة السابقة. مقارنةً بالطبعات الديكارتية **FFF** ، تكون النماذج أكثر تصميمًا بشكل ملحوظ ، وقد تستغرق الطباعة وقتًا أطول ويكون حجم الطباعة أصغر. هذه الطابعات تناسبة لبعض القطاعات مثل الم gioهرات أو الأدوية. وتكون المجسمات المطبوعة سلسلة تمامًا تقريبًا ، و مفصلة بشكل لا يصدق ، و الطبقات غير مرئية تقريبًا للعين البشرية - إذا ما مقارنتها مع طابعات **FFF**. يمكن أن يكون أكبر عيب في هذه التقنية هو مساحة سطح الطباعة الصغيرة نسبيًا ، وكذلك سمية الرزن السائلة. يجب أن تكون أكثر حرصًا بمنع مادة الرزن من ملامسة جلدك وتجنب استنشاق أبخرته.

- | | |
|----|-----------------|
| .1 | منصة الطباعة |
| .2 | قضيب رود |
| .3 | المحور Z |
| .4 | خزان الرزن |
| .5 | الرزن السائل. |
| .6 | محرك خطوي |
| .7 | النموذج المطبوع |



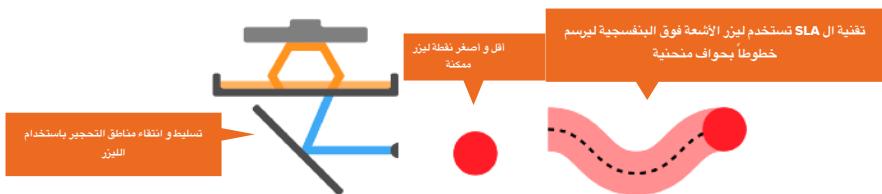
في طابعات الـ **SLA** ، لا تصلح المجسمات المطبوعة للاستخدام الفوري بعد انتهاء عملية الطباعة ، لأنها تكون ناعمة و لزجة بعض الشيء - وهو ما ينتج عن بقايا الرزن غير المجمعه على سطح الجسم المطبوع. ولذلك فإنه يوصى بغسل الجسم في كحول الأيزوبروبيل ومعالجته أكثر باستخدام ضوء الأشعة فوق البنفسجية (UV).

يجب أن يتم كل ما ذكر هنا بحذر شديد ، و يجب ارتداء القفازات الواقعية و قناعاً يمنع الأذى من الدخول إلى الرئتين لأن الرزن مادة سامة. لحسن الحظ ، هناك أدوات يمكنها الاعتناء بكل الأمرين تلقائياً. آلة المعالجة والفالسالة (**CW1**) هي ملحق اختياري لجهاز **Prusa SL1** الأصلي ، والذي يمكنه القيام بكل هذا بسرعة وسهولة.

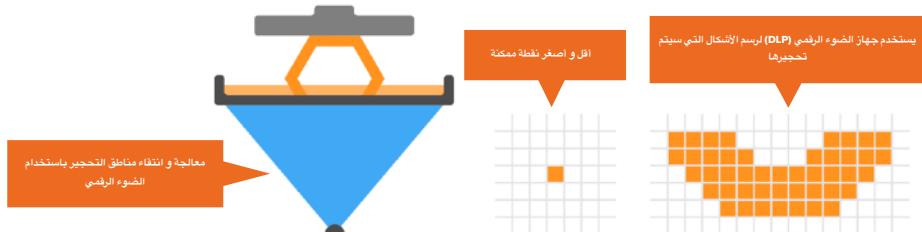
هناك ثلاثة أنواع رئيسية من طابعات **SLA**. تختلف بناءً على الطرق المتّبعة لتحمير و تجميد مادة الرزن. على الرغم من أنها قد تبدو متشابهة ، إلا أن جودة الطباعة يمكن أن تختلف اختلافاً كبيراً.

طابعة SLA - الليزر

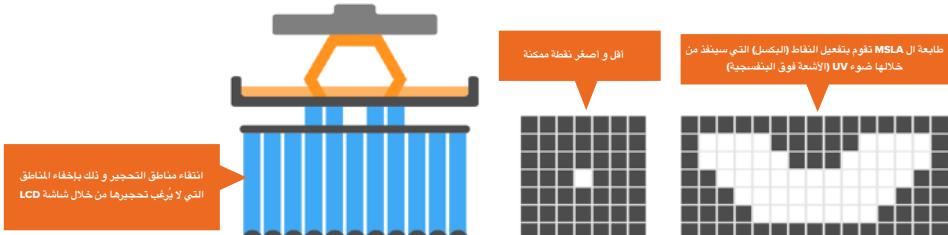
هذه الطابعة تستخدم أشعة الليزر فوق البنفسجية، فيتم التحكم في الشعاع بواسطة مراتين و ترسم كل طبقة تدريجياً أثناة عملية الطباعة. يعتمد الوقت اللازم لتحجير طبقة واحدة على حجم المنطقة التي يجب تحجيرها و تجميدها. ببساطة: كلما زاد عدد العناصر الموجودة على منصة الطابعة ، تزداد مدة الطباعة.

**طابعة DLP - معالجة الضوء الرقمي -**

هذه الطابعة تقوم بتجميد الطبقة بأكملها مرة واحدة بفضل جهاز عرض رقمي. و يتم تقوية المناطق التي تتلقى التعرض من جهاز العرض. ميزة هذه الطريقة واضحة - يتم تجميد كل طبقة في نفس الوقت، بغض النظر عن عدد العناصر الموجودة على منصة الطابعة.

**طابعة MSLA (الطباعة التحجيجية المحسنة الخافية)**

يتعرض ضوء من الأشعة فوق البنفسجية (UV) باستخدام مصباح LED عالي الأداء ، و شكل الطبقة يظهر كنفطاء شبيه شفاف على شاشة LCD. يمكن أن يمر ضوء الأشعة فوق البنفسجية فقط من خلال وحدات البكسل البيضاء على الشاشة ، و ذلك لأن شاشات LCD لها دقة ثابتة ، فهذا يعني أيضاً أن المجسمات المطبوعة لها دقة XY ثابتة. تقوم هذه التقنية أيضاً بطباعة طبقة كاملة في وقت واحد ، مما يعني أنه لا يهم عدد الكائنات الموجودة على منصة الطابعة. تستخدم طابعة **Prusa SL1 3D** الأصلية هذه الطريقة.



إن الصور أعلاه ما هي إلا تمثيل مبسط. إن تقنيات DLP و MSLA لا تأخذ بالاعتبار ميزات مثل المصقل (AA) وهي اختصار لكلمة AA. بدون anti-aliasing ستكون الحواف واضحة للشخص العادي ، ويمكن أن يؤدي المصقل إلى تلطيف الحواف الحادة عن طريق حساب متوسط اللون من وحدات البكسل القريبة. ولذلك ففي حالتنا ، لا يوجد في الواقع حافة سوداء وببيضاء ، ولكن طريقة المصقل تخلق في الواقع انتقالاً متدرجًا ، مما ينتج عنه خطوط أكثر سلاسة.

مكونات طابعة MSLA

الحال في طابعات SLA يشبه إلى حد ما الحال في طابعات FDM / FFF - إلا أن هناك تصميمات مختلفة ، تكوينات مختلفة ، وكيفية تغيير مادة الرزن ، ونوع الأن، التأثير على آلات MSLA ، نظرًا لأن طابعات Original Prusa SL1 تستخدم هذه التقنية.

لوحة LED للأشعة فوق البنفسجية (UV)

تستخدم هذه الوحة في تجعيد مادة الرزن السائلة في خزان الرزن. ونظرًا لاستخدام لوحة كبيرة وليس مؤشر LED واحد ، فإن توسيع الضوء UV فوق البنفسجي يكون متساوياً على السطح كاملاً ويقتصر أسرع.

شاشة LCD

تُستخدم هذه الشاشة تقنية تسمى "الإخفاء". ماذَا يعني ذلك؟ أي أنها **لوحة LED** تتسلط ضوء UV (أشعة فوق البنفسجية) على منطقة الطباعة بداخلها ، فعندما تتم الطباعة بدون إخفاء أي شيء ، سيكون الشكل الوحيد الذي يمكن طباعته عبارة عن كتلة صلبة. ولذلك فإن شاشة LCD تعرض صورة بالأبيض والأسود على شكل طبقة واحدة تسمى اليسارات البيضاء بمروض ضوء الأشعة فوق البنفسجية ، بينما تمحبها البكسلات السوداء.

شاشة التحكم باللمس

لا تستخدم هذه الشاشة للطباعة كما هو الحال في الشاشة السابقة. ولكنها تساعد المستخدم بالتحكم وتغيير إعدادات الطابعة بسهولة وذلك لتوفر واجهة سهلة الاستخدام.

خزان (Vat)

يطلق على هذا الخزان أحياناً vat ، وهو وعاء الرزن السائل ولها قاع شفاف يسمح بمروض ضوء الأشعة فوق البنفسجية. تتميز طابعة Prusa SL1 3D الأصلية بآلية إمالة الخزان الخاصة. ما الفائدة من ذلك؟ بعد معالجة كل طبقة ، عادة ما يتتصن النموذج المطبوع بقاع الخزان. تقوم بعض الطابعات فقط بتحريك منصة الطباعة لأعلى - عموديًا. هذا يخلق الكثير من التوتر السطحي ، مما قد يؤدي إلى تلف الطبقة ، كما يمكن أن ينفصل الكائن المطبوع عن المنصة. وبفضل آلية إمالة ، يتم فصل الطبقة عن القاع تدريجياً - وبذلك يحتاج فصل النموذج عن القاعدة لقوة أو جهد أقل ، وتردد النقمة بت نتيجة أفضل.

Z المحور

ويتمثل بالحركة الميكانيكية الوحيدة لنصف الطابعة ، والموجودة على المحور Z (الأعلى والأسفل) ، وبفضل عملية الإخفاء التي تقوم بها شاشة LCD بدقة ، فإن حركة X و Z ثابتتين ، ولا توجد حركات أخرى ضرورية.

غطاء إكرييليك

تنظير طابعة SL1 بغضه إكرييليك شبه شفاف مظلل باللون البرتقالي. ويعجب جزئياً من ضوء الأشعة فوق البنفسجية القادر من الخارج (مثل ضوء الشمس) ، والذي قد يجمد الرزن السائل في الخزان. كما أنه يمنع ضوء الأشعة فوق البنفسجية المنتبعث من الـ UV من التسرب خارج الطابعة أو تسرب جزيئات أبخرة الرزن وتبقى داخل الطابعة.

منقي الهواء

تنتج معظم طابعات الرزن رواحة بارزة. هذا هو السبب في أن SL1 تحتوي على مرشح مدمج لتنقية الهواء.

هيكل/إطار الألuminium

يضم هذا الإطار أن الآلة صلبة ومستقرة ، إن وجود إطار لين يؤدي إلى الالتواء أو التتبّدّب ، وينتج عنه طباعة ذات جودة رديئة.



UV LED



شاشة LCD



شاشة اللمس



الخزان (Vat)



برج المحور Z



غطاء الأكريليك



منقى الهواء



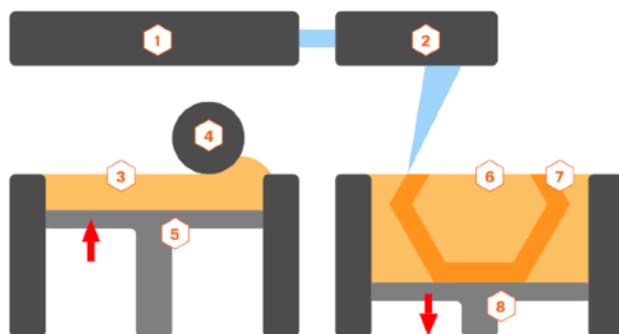
هيكل الألミニوم

تعد طابعات SLA أكثر تكلفة من طابعات FFF - و عادة ما تبدأ بضعف السعر تقريباً. أرخص طابعات SLA 3D حوالي 450 دولاراً أمريكيّاً ، والآلات الاحترافية تزيد عن مائة ألف دولار. تبدأ طابعة Prusa SL1 3D الأصلية من 1,635 يورو تقريباً / أي قرابة الـ 2000 دولار أمريكي.

طابعات SLS / DMLS

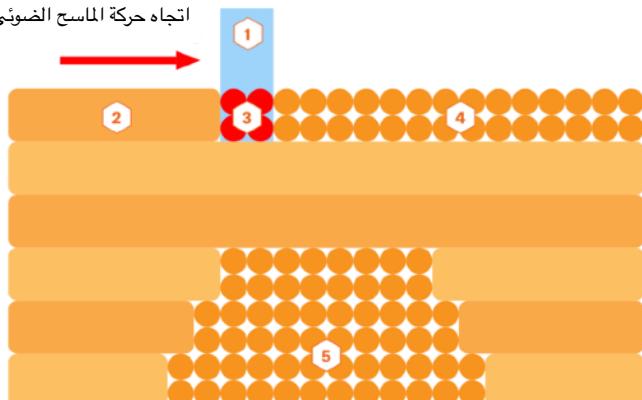
هناك أنواع أخرى من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد وهي SLS و DMLS ، والتي تستخدم عملية تسمى التلبييد أو التكليس (Sintering) . لطباعة طبقة جديدة ، تنشر الأسطوانة طبقة رقيقة من مسحوق ناعم (بودرة) عبر النصبة ، والتي يتم تلبيدها بعد ذلك باستخدام الليزر في الشكل المطلوب. و عندما تنتهي الطباعة ، يتم تقطيع الجسم كله بمسحوق الطباعة. نظراً لكيفية عمل هذه الطريقة ، يجب أن تحتوي المجسمات المطبوعة على ثقوب يتم من خلالها سكب المسحوق الزائد. يمكن إعادة استخدام المواد غير المكلسة في المطبوعات التالية ، مما يعني أن القليل جداً من المواد يضيع. و من الليز أيضًا أن طبقات الطباعة غير مرئية تقريباً. هذا النوع من الطابعات ليس منتشرًا على نطاق واسع بين الناس. نظراً لاستخدامها الرئيسي في مختلف الصناعات ، و الأسعار أعلى بشكل ملحوظ - حيث تبدأ أرخص الآلات من حوالي 6000 دولار أمريكي.

1. ليزر
2. نظام مسح ضوئي
3. حاوية المسحوق
4. أسطوانة
5. آلية تحمل المسحوق
6. سرير من المسحوق
7. المجسم المطبوع
8. النصبةالية



اتجاه حركة الماسح الضوئي

1. شعاع الليزر
2. جسيمات مسحوق متخلّس (مضغوط)
3. علية التكليس بالليزر
4. سرير من المسحوق
5. مواد غير ملبدة/مكَّسة في طبقات سابقة.



اختيار الطابعة 3D

