



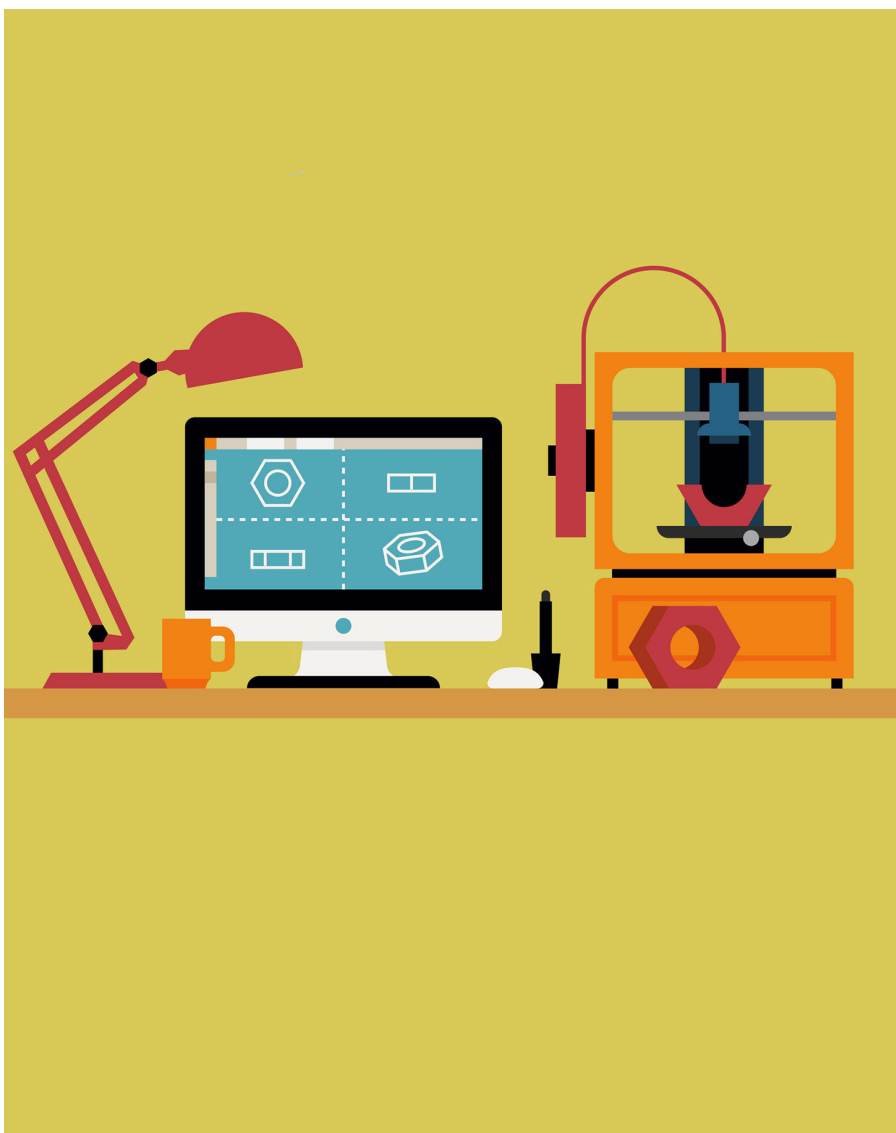
مرکز آموزش علم کاربردی
گروه توسعه سرمایه گذارک انتخاب

.....

CNC
Laser Cut
3D Printer

ابزار دقیق و الکترونیک صنعتی

مجله تخصصی کاربردی



ساخت
دیجیتال

.....

پرینتر سه
بعدی

فهرست مطالب

۲.....	انواع دستگاه‌های ساخت دیجیتال
۳.....	مصرفی سخت افزار باز
۴.....	مصرفی چند نمونه سخت افزار باز
۵.....	انواع تکنولوژی‌های پرنیت سه بعدی
۱۱.....	FDM
۹.....	انواع متریال پرنیت FDM
۱۰.....	مراحل چاپ سه بعدی یک نقشه

شورای سردبیری:

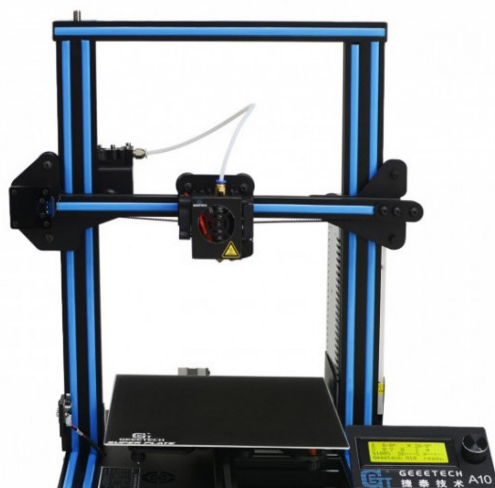
مهدی پورمتین

ناصر سلطانی

احمد وطنی

خشیار پات ضمیر

انواع سیستم های ساخت دیجیتال



3D Printer



CNC

چاپ گر سه بعدی با استفاده از روش های گوناگون به ساخت دیجیتال یک مدل نرم افزاری اقدام می کند. انواع مرسوم رومیزی چاپ گر سه بعدی اشیای کوچک پلاستیکی را با ذوب رشته ی پلاستیکی خاص موسوم به فیلامنت و قراردادن دقیق لایه به لایه ی آن براساس مدل رایانه ای، می سازند. لایه های روی هم نشسته ی پلاستیک ذوب شده گاهی بسیار نازک هستند و فرایند ساخت حجم نیز گاهی تا چندین ساعت به طول می انجامد

با استفاده FDM روش ذوب و رسوب مدل در چاپ سه بعدی یا همان از سیستمی رباتیک و سه محوره کار ساخت را به طور لایه لایه انجام می دهد. از نمونه های مشهور دست گاه های رومیزی در این روش است Dimension ۷۶۸ ، Ultimaker و Makerbot دست گاه های روش های متعدد دیگری در ساخت دیجیتالی افزایشی با استفاده از یا SLA چاپ گرهای سه بعدی وجود دارد که تحت عنوان نام های یا SLS، همان چاپ سه بعدی با تثبیت لیزری در حوض چه رزین یا SLM، همان چاپ سه بعدی به وسیله تثبیت لیزری در محفظه پودر همان چاپ سه بعدی فلزات به روش مشابه محفظه پودر با تکنولوژی متفاوت، چاپ سه بعدی با تثبیت کننده مایع در محفظه پودری و دسته بندی می شوند

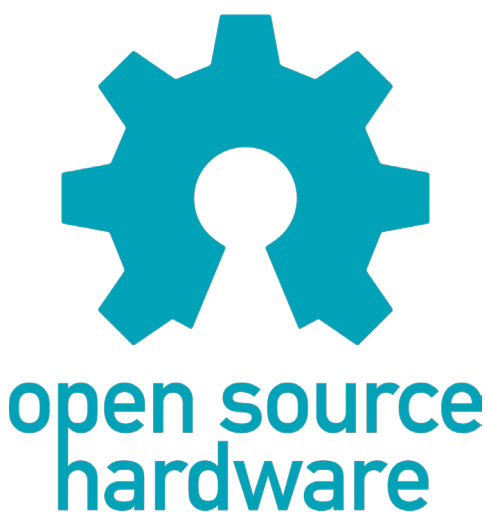
سی ان سی مخفف computer numerical control است که عبارتست از کنترل عددی یک ابزار به وسیله رایانه. سی ان سی ها با استفاده از نرم افزارهای اختصاصی بردارهای دوبعدی یا مدل های سه بعدی را به کدهای قابل خوانش برای ابزارهای دیجیتال تبدیل می کنند که این کدها به اختصار جی کد (G-code) نامیده می شوند. به واسطه جی کدها، یک ماشین-ابزار می تواند به نحو خاصی حرکت کند که تفسیری مکانیکی از پیمایش یک طرح دیجیتال است که به ساخت قطعات منجر می شود. در واقع ابزاری که به واسطه جی کد حرکت می کند با توجه به توانایی آن در کاهش از توده یا افزایش آن، عملیات ساخت را براساس بردارهای رایانه ای تفسیر شده پیش می برد. ماشین آلات سی ان سی با توجه به محورهای آزاد و قابل کنترلی که دارند طبقه بندی می شوند. به طور معمول و در دست گاه های عمومی این محورها ۲، ۳، ۴ یا ۵ محور آزاد هستند و البته روبات های صنعتی گاهی تا ۹ محور فعال نیز برای استفاده های خاص دارند. ماشین آلات سی ان سی فرز، می توانند تخته های چندلایه چوبی، فوم و پلیمرها، بلوک های متربالایی نرم و حتی شمش های فلزی را در سرعت های پایین بتراشند. ماشین آلات سی ان سی تخت که به صورت میزهای پهن بر روی متربال های ورقه ای کار می کنند ابعاد متداولی دارند که معمولاً با ابعاد ورقه های چندلایه چوب ۱۲۴ در ۲۴۴ سانتی متری یا ورقه های امدی اف صنعتی ۱۸۴ در ۳۶۴ سانتی متری تطبیق می کنند.



LASERCUT

دست گاه برش لیزری با استفاده از یک لیزر، برای برش ورقه های مدارات الکتریکی، ورقه های متربال های مات، نمد، تخته های نازک چوبی، و ورقه های اکریلیکی موسوم به پلکسی گلاس تا ضخامت ۱ سانتی متر و بیش تر استفاده می شود. برش لیزری از یک واسط نرم افزاری برای تفسیر بردارهای دوبعدی رایانه ای به حرکت دوبعدی لیزر دست گاه بر روی محورهای افقی سطحی استفاده می کند در برش لیزری می توان با کنترل سرعت، قدرت و تراکم لیزر به جلوه های متفاوتی از تاثیر لیزر دست پیدا کرد. هم چنین با همین کنترل ها امکان حکاکی تصاویر غیربرداری با تراکم بسیار بالا توسط دست گاه های برش لیزری ایجاد می شود اشیایی که به وسیله برش لیزری بریده می شوند می توانند در فرایند ساخت دیجیتال به عنوان قطعاتی از مدل های اصلی در نظر گرفته شوند که تنها به مونتاژ نهایی نیاز دارند

سخت افزار متن باز open source hardware



هر سخت افزاری پیش از این که سخت افزار باشد یک طرح جامع و هدفمند روی کاغذ است. سخت افزار باز (Open hardware) یا سخت افزار متن باز (open source hardware) اشاره می کند به مشخصات طراحی یک شی یا جز فیزیکی که این امکان را دارد تا آموزش ببیند، تغییر کند، چیز جدیدی ایجاد کند و توسعه داده شود برای همگان. همانطور که می دانید منطق Open Source بر این اساس است که هر کسی اجازه استفاده از آن را دارد.

نرم افزار های متن باز دارد بسیاری از پروژه های سخت افزار متن باز از License نرم افزار های متن باز و رایگان موجود پشتیبانی کرده و License سخت افزار خود را بر اساس نرم افزار هایی که از آن استفاده می کند قرار می دهد. در واقع نرم افزار و سخت افزار هر دو از یک License استفاده کنند. در پایان نیز هر دو قانون کپی رایت موجود (در این مورد منظور کپی رایت source code و اسناد طراحی سخت افزار می باشد) به همراه قانون ثبت اختراع پروسه طراحی و تکنولوژی مواد تولید شده که به تایید Open Hardware هم رسیده است می توانند منجر به ثبت یک Trademark (علامت تجاری) و یک برند و لوگو شوند.

تفاوت سخت افزار و سخت افزار باز (open hardware) چیست؟

همه سخت افزار های باز به همراه document هایی همچون نوع طراحی، کد منبع هستند. به علاوه لایسنس سخت افزار های تولید شده اجازه ی اصلاح و توزیع در فایل طراحی برای دسترسی راحت تر به آن سخت افزار را می دهد. در این شرایط اقداماتی همچون بررسی، رفع عیب، اصلاح و بهبود سخت افزار باز با راحتی امکان پذیر می شود. چنانچه بخشی از سخت افزار باز با هر نوع نرم افزاری ترکیب شود باید آن نرم افزار باید با لایسنس متن باز تایید شده منتشر شود. به گفته دیگر Interface سخت افزار باز باید بصورتی مستند شود که نوشتن نرم افزار متن باز را روی سخت افزار باز تا حد امکان راحت سازد. اساسا، سخت افزار های باز، باز تولید و ریمیکس کردن اشیاء را راحت ساخته است.

تفاوت های بین open source hardware و open source software چه چیز هایی است؟

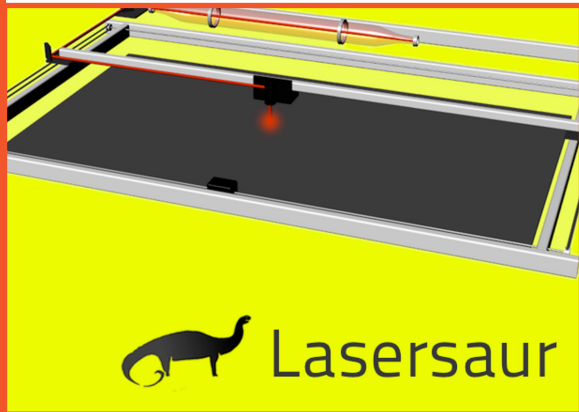
به دلیل این که پروژه های open hardware معمولا منجر به تولید یا نمونه سازی یک شی فیزیکی می شوند، همیشه سرمایه گذاری مالی برای نیروی کار، مواد فیزیکی و تولید سخت افزار را به همراه دارد. این در حالیست که پروژه های open software شامل سربار هزینه کمتری می شود. با توجه به این موارد از نظر مالی این امکان پذیر نیست که یک پروژه open hardware بصورت رایگان در دسترس عموم قرار بگیرد اما بسیاری از نرم افزار های متن باز هستند که بصورت رایگان در دسترس عموم قرار گرفته است. این بدان معنا نیست که جنبش open hardware تمرکزی روی به حداقل رساندن هزینه ها برای توسعه دهندگان ندارد. در واقع طرح هایی مانند سخت افزار متن باز مرکزی Bankaid در تامین بودجه پایدار برای پروژه های سخت افزار های متن باز کمک شایانی کرده است و ابزاری مانند KiCadhelp شماییک هایی برای توسعه این پروژه ها تولید کرده است.

Open hardware مجموعه ایست از اصول طراحی و مبنای تخصصی و هرگز این منظور را نمی رساند که به یک شی یا سخت افزار خاص اشاره کند. Open hardware می تواند درون یک اتومبیل، یک صندلی، کامپیوتر ها، ربات تا و حتی ساعت ها جا داشته باشد. این به شرطی است که آن قطعه ای که صحبت از آن است از منطق Open hardware پیروی کند. مانند نرم افزار متن باز (open source software) که در آن کد بصورت آزاد در دسترس است در سخت افزار متن باز (open source Hardware) شماییک ها، نقشه ها، طرح های منطقی، طراحی های بصری و هر آن چیزی که روی کاغذ برای تولید آن سخت افزار طراحی شده است بصورت رایگان برای اعمال تغییرات و افزایش بهره وری بر اساس هدف تحت License ارائه شده برای آن سخت افزار در دسترس همگان قرار دارد. کاربران با دسترسی به ابزاری که قادر به خواندن و اعمال تغییرات در فایل های منبع را دارند می توانند بهره وری دستگاه فیزیکی نهایی را بهبود بخشند و زیر بنای سخت افزار نهایی را تغییر دهند. آنها می توانند قابلیت جدید به آن اضافه کنند یا باگ های موجود در آن را برطرف کنند. آنها حتی می توانند ساختار ظاهری و فیزیکی دستگاه را هم دستخوش تغییرات کنند و بهترین بهره وری را بر اساس هدم خود از سخت افزار بگیرند. کد منبع سخت افزار متن باز بایستی به راحتی در دسترس باشد و کامپوننت ها و اجزای آن به راحتی برای همگان قابل تشخیص و تفکیک باشد. Open Hardware با منطقی که دارد می تواند به راحتی موانعی که در طراحی و ساخت محصولات فیزیکی وجود دارد را حذف کند و به بسیاری از مردم عادی این توانایی را بدهد که سخت افزار دلخواه خود را بسازند، فناوری آن را به اشتراک بگذارند و دانش و عملکرد خود را در زمینه طراحی سخت افزار بالا ببرند.

License مرتبط با Open Hardware چیست و چگونه ایجاد میشود؟

مجوز های Open source hardware بصورت کلی این اجازه را به دریافت کنندگان طراحی و مستندات خود می دهد که آنها را بیاموزند، تغییر دهند و مجددا انتشار دهند. علاوه بر این مجوز سخت افزار باز هیچکس را از فروش اسناد و مدارک پروژه منع نمی کند و این امکان را به استفاده کنندگان می دهد که آن را برای فروش گذاشته و از طریق آن کسب درآمد کنند. مانند نرم افزار، طرح های سخت افزار و اختراعات آن شامل حق تکثیر (Copyright) و قانون ثبت اختراع (Patent) می شود. همچنین مانند نرم افزار متن باز، سخت افزار متن باز هم از قوانین خلاقانه مالکیت معنوی طرح پشتیبانی می کند تا طرح روی کاغذ سخت افزار را بصورت عمومی در دسترس همگان قرار دهد. از آنجا که سخت افزار متن باز شباهت خیلی زیادی به

برخی از پروژه های سخت افزار متن باز



Lasersaur یک دستگاه برش لیزر و محصول مجموعه Nord Labs است. مجموعه Nord Labs یک لابراتوار با هدف ادغام هنر منبع باز، معماری، نرم افزار و طراحی سیستم است. از لحاظ تاریخی، آزمایشگاه NORTD در سال ۲۰۰۷ سخت افزار منبع باز مانند CUBIT را توسعه داده است، که توسط هزاران نفر از مردم، آزمایشگاهها، فضاها و دانشگاهها در سراسر جهان ساخته شده است. تمام اجزا مکانیکی و نرم افزارهای این دستگاه به صورت متن باز در github قابل دسترسی است. این پروژه با هدف دسترسی تمام سازندگان به دستگاه لیزر ارزان قیمت شکل گرفته است.

کلمه RepRap مخفف Replicating Rapid Prototyper به معنی مدل ساز سریع خود جایگزین می باشد. پرینترهای ریپر از نوعی تکنیک ساخت افزایشی بهره می برند و با افزودن لایه به لایه ماده مذاب، جسم نهایی را پرینت می کنند. یک مفتول پلاستیکی یا سیم فلزی ذوب می شود و برای ساخت قطعات به کار گرفته می شود. گرچه اکثر چاپگرهای سه بعدی ریپر با پلاستیک چاپ می کنند، تا کنون ریپرهایی نیز ساخته شده اند که توانایی به کارگیری مواد مختلفی را دارند.

ریپر اولین ماشین خود همانند ساز همه منظوره ی ساخته ی بشر است. از آنجایی که بسیاری از قطعات ریپر از پلاستیک ساخته شده اند و ریپر آنها را چاپ کرده است، ریپر خود را با ساختن یک کپی خودش تکرار می کند؛ کیتی که هرکس با اختصاص دادن زمان و لوازم کافی می تواند سرهم کند. این همچنین به این معنی است که اگر شما یک ریپر در اختیار داشته باشید، می توانید چیزهای کاربردی بسیاری را چاپ کنید و یا ریپر دیگری را برای یک دوست چاپ نمایید.



آردوینو یک پلتفرم سخت افزاری و نرم افزاری متن باز است. پلتفرم آردوینو شامل یک میکروکنترلری تک بردی متن باز است که قسمت سخت افزار آردوینو را تشکیل می دهد. علاوه بر این پلتفرم آردوینو یک نرم افزار IDE که به منظور برنامه نویسی برای بردهای آردوینو طراحی شده است و یک بوت لودر نرم افزاری که بر روی میکروکنترلر بارگذاری می شود را در بر می گیرد. پلتفرم آردوینو به منظور تولید سریع و ساده پروژه های سخت افزاری تعاملی و ساخت وسایلی که با محیط تعامل داشته باشند طراحی شده است. البته بردهای آردوینو اهداف آموزشی را نیز دنبال می کنند.

اغلب بردهای آردوینو که تمام آن ها سخت افزار متن باز هستند بر پایه میکروکنترلر ای وی آر اتمل و تعداد کمی از بردهای آردوینو بر پایه میکروکنترلرهای آرم اتمل طراحی شده اند. در پرینترهای سه بعدی معمولاً از مدل آردوینو Mega استفاده می شود.

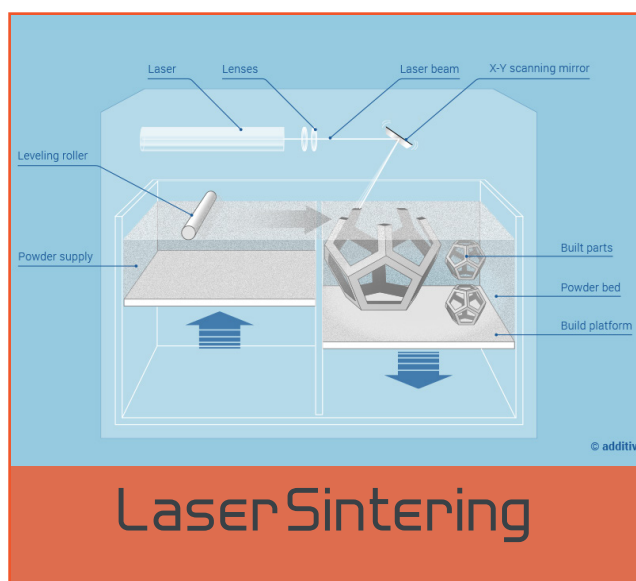
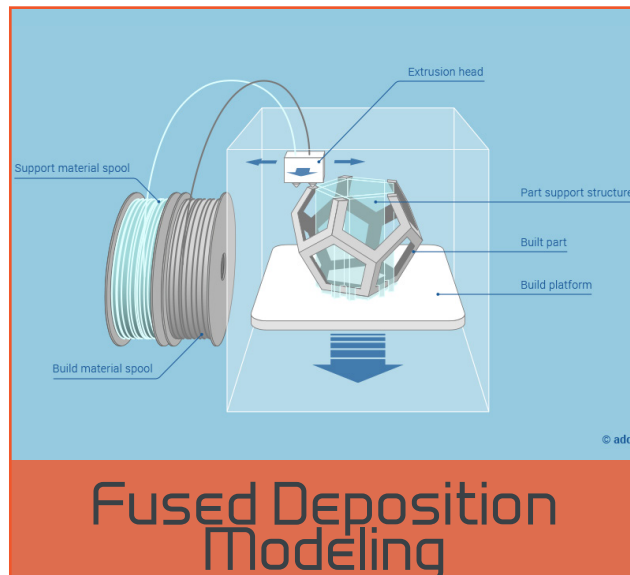
ایده ای که شبکه Open Source Ecology دارد، این است که اگر پس از سقوط تمدن، گروهی خواستند دوباره دهکده ای را راه بیندازند و با استفاده از ماشین آلاتی که میسازند، تمام کارهای ساختمانی و کشاورزی خود را انجام دهند، نقشه ها و دستورالعمل لازم برای این کار را داشته باشند. این شبکه متشکل از کشاورزان، مهندسين، و طراحانی است که قصد دارند تمام ماشین آلات و ابزار را بنحوی طراحی کنند که به کمترین تعداد قطعه یدکی احتیاج داشته باشد و اجزاء این ماشین ها را بتوان در ماشین های دیگر بکار برد.

هرچند ممکن است که صنعتگری بتواند چند تا از ماشین آلات را خودش طراحی کند، ولی پس از مدتی خودش یا دیگران نیازمند قطعات یدکی میشوند و خوردن قطعات یدکی غیر یکنواخت به ماشین آلات غیر همگون کاری نشدنی است و عملاً چرخه زندگی را از کار می اندازد. ایده های آنها هر چند کامل نیست، ولی برای آنها که ذوق فنی دارند، بسیار قابل توجه است. کسی چه میداند! شاید روزی این اطلاعات وضعیت زندگی خیلی ها را عوض کرد.



انواع تکنولوژی پرینت سه بعدی

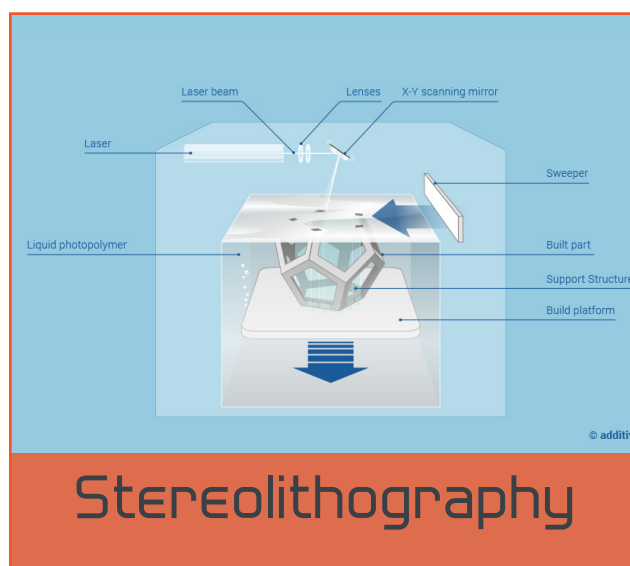
پرینت سه بعدی FDM یک فرایند ساخت افزودنی است که متعلق به خانواده "اکستروژن" است. پرینتر سه بعدی فیلامنتی یا اف دی ام با ذوب کردن پلاستیک و اکستروژن آن، محصول سه بعدی را به صورت لایه به لایه می سازد. پرینتر سه بعدی اف دی ام یک پرینتر سه بعدی ارزان به حساب می آید. مواد اولیه این پرینترهای سه بعدی فیلامنت است. فیلامنت یک قرقره از پلاستیک قابل ذوب شدن است. پرینت سه بعدی FDM ارزان ترین روش ساخت افزودنی به شمار می رود. FDM پر استفاده ترین تکنولوژی ساخت افزودنی حال حاضر است: پرینترهای سه بعدی FDM پر استفاده ترین پرینترهای سه بعدی دنیا هستند و اکثریت مردم پرینت سه بعدی را با این تکنولوژی می شناسند.



در این روش با استفاده از قدرت لیزر بر روی پودر پلاستیک های مخصوص نظیر نایلون، حجم سه بعدی موردنظر لایه لایه پرینت می شود. اصلی ترین تفاوت میان روش SLS و SLA حک بر روی ماده ی پایه است، یعنی در روش SLA دست گاه بر روی مایع عملیات ساخت سازی را انجام می دهد اما در روش SLS این عملیات بر روی بستر پودری صورت می گیرد.

بر خلاف روش FDM در این روش هیچ گونه نیازی به عناصر نگهدارنده یعنی ساپورت ها برای فرم های پیچیده وجود ندارد چرا که حجم ماده ی اصلی دست گاه که نوعی پودر است خود نگهدارنده ی خارجی برای ایجاد فرم از پایین ترین نقطه تا نقطه ی پایانی است. مانند تمامی روش های اجرای پرینت سه بعدی، در این روش نیز فایل اصلی که توسط کامپیوتر تولید می شود باید به فرمت های مورد نیاز دستگاه پرینتر سه بعدی درآید.

موادی که می توان در این روش به عنوان ماده ی پایه استفاده نمود انواع نایلون (nylon)، سرامیک، شیشه و فلزاتی مانند آلومینیوم، استیل و یا حتی نقره است. به علت تنوع ماده ی که در این روش می توان استفاده نمود، این تکنیک یکی از محبوب ترین تکنیک های پرینت سه بعدی است. اما باید توجه کرد که این روش در میان صنعت گران رواج بیشتری نسبت به کاربران خانه گی و معمول دارد چرا که قدرت بسیار بالای لیزر نیازمند هزینه ی بسیار زیادی می باشد. اخیرا تلاش هایی جهت ایجاد چنین تکنیکی برای دست گاه های پرینتر خانه گی نیز شده است.



روش SLA یکی از اولین روش های پرینت سه بعدی در دنیا محسوب می شود. در این روش حجم سه بعدی از درون یک حوض چاهی پلاستیک مایع (رزین) و به وسیله ی اشعه های لیزر به صورت مرحله به مرحله ساخته می شود. چارلز هال (Charles Hull) موسس شرکت 3D Systems, Inc را می توان به عنوان مبدع این روش به حساب آورد. این روش با وجود قدیمی بودن، کماکان به عنوان یکی از روش های اصلی در صنعت ساخت پرینت های سه بعدی به حساب می آید.

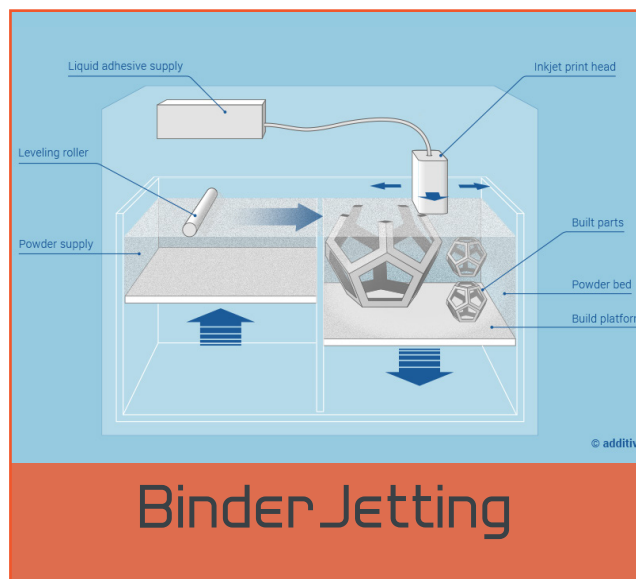
فرایند پرینت در این تکنولوژی مراحل مختلفی دارد، قدم اول تولید فایل سه بعدی از حجم موردنظر در محیط نرم افزارها CAD است، سپس فایل به صورت فرمت قابل خوانش توسط دستگاه تبدیل می شود که معمولا دستگاه های پرینت سه بعدی فایل STL را به عنوان ورودی دریافت می کنند. در مرحله ی بعد دستگاه پلاستیک مایع (رزین) را در برابر تابش اشعه ی لیزر قرار می دهد که به این ترتیب لایه هایی از پلاستیک سخت شده در هر مرحله بر روی هم قرار می گیرد و در نهایت حجم کامل شده از مایع خارج می شود. پس از خروج از مایع، حجم نهایی را داخل حلال های مناسب برای تعدیل و نرم کردن نهایی قرار می دهند. نوع دیگری از تکنولوژی مشابه که به جای لیزر از تابش نور یک پروژکتور استفاده می کند با نام اختصاری DLP شناخته می شود و در اساس با روش SLA مشابهت دارد.

در این روش کیفیت محصول نهایی بسیار به دقت و کیفیت دستگاه وابسته است برای مثال عموم این دستگاه ها، در ارتفاع هر میلی متر از حجم نهایی ۱۰ لایه از ماده را قرار می دهند. پرینترهای استفاده کننده از این تکنولوژی به دلیل سرعت تولید نسبتا بالا و هزینه ی متریال متناسب، یکی از گزینه های مناسب برای ساخت نمونه های اولیه و همچنین محصول نهایی می باشد؛ اما محدودیت ابعاد در نمونه های ارزان قیمت این دستگاه ها یکی از ضعف های مهم آن ها می باشد.

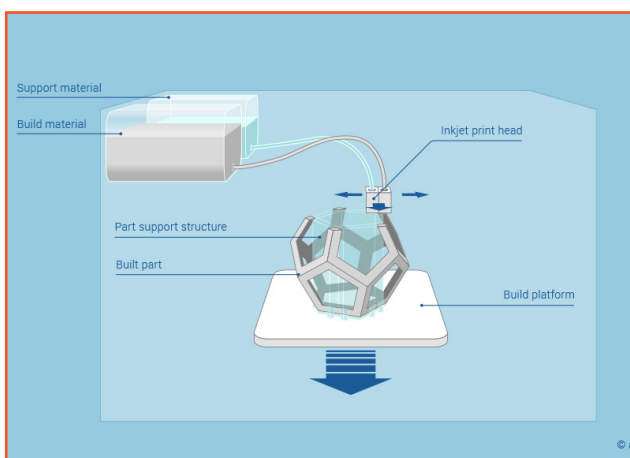
تکنولوژی پرینت سه بعدی بایندرجت به تنهایی یک خانواده از تکنولوژی های ساخت افزودنی را تشکیل می دهد. پرینتر سه بعدی بایندرجت ماده ای به نام "بایندر" را که نوعی چسب است روی یک پلتفرم ساخت پوشیده از پودر تزریق کرده و به طور انتخابی بخش هایی از پودر را لایه به لایه به هم چسبانده و قطعه یکپارچه را شکل می دهد.

مواد اولیه پر استفاده در بایندرجت عبارت اند از سنگ ماسه یا Sandstone، فلزات و سرامیک. این مواد اولیه همه به صورت پودری و در قالب گرانول وارد پرینتر سه بعدی می شوند.

از تکنولوژی بایندرجت برای کاربردهای مختلفی از جمله ساخت نمونه های تمام رنگی (مثل مجسمه های تمام رنگی) استفاده می شود. ساخت قالب های بزرگ برای ریخته گری ماسه ای (Sand Casting) و ساخت قطعات فلزی کم هزینه از کاربردهای دیگر این پرینترهای سه بعدی است.



Binder Jetting

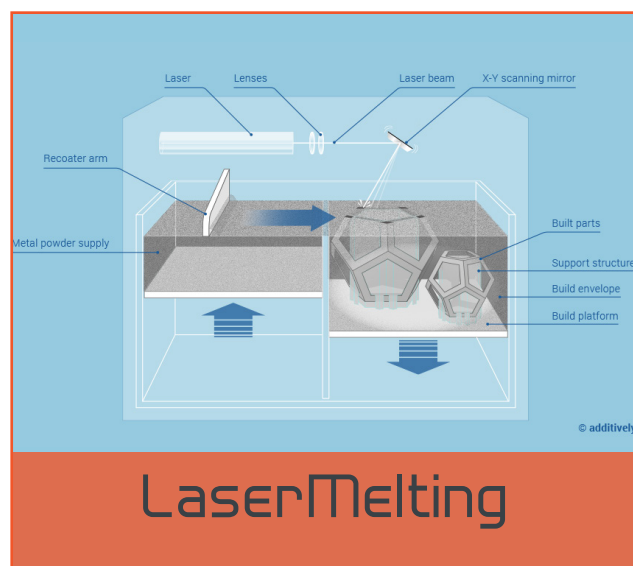


Material Jetting

متریال جتینگ یک پروسه ساخت افزودنی است که شیوه کار آن شبیه به پرینترهای دو بعدی است. در متریال جتینگ هد پرینتر سه بعدی (مشابه هد پرینترهای معمول جوهرافشان) قطرات متریال حساس به نور را در سطح پخش می کند. این قطرات با تابش آبی نور UV فرایندش جامد شده و قطعه به صورت لایه به لایه ساخته می شود. مواد اولیه مورد استفاده در پلی جت و دیگر سیستم های متریال جتینگ ترموست های حساس به نور (اکریلیک) هستند. (مشابه تکنولوژی های SLA و DLP) این ترموست ها در قالب رزین مایع هستند.

متریال جتینگ قطعات را با دقت ابعادی بسیار بالا و سطوح نرم تولید می کند. پرینت مولتی متریال و گستره زیادی از متریال ها (مانند متریال شبه-ABS، شبه-لاستیک و مواد اولیه کاملاً شفاف) در تکنولوژی پلی جت قابل استفاده هستند. این ویژگی ها پرینتر سه بعدی پلی جت را به یک گزینه جذاب برای نمونه ها و قالب های تزریق پلاستیک تبدیل می کند.

یک دسته از پرینترهای سه بعدی متریال جتینگ از هد پرینت DOD (Drop-on-Demand) برای توزیع مایعات چسبناک و ساخت قطعات از مواد اولیه ای مشابه موم استفاده می کند. پرینتر سه بعدی DOD صرفاً برای ساخت قالب های ریخته گری دقیق استفاده می شود.



Laser Melting

ذوب انتخابی لیزری (SLM) و تف جوشی (ذوب) مستقیم لیزری (DMLS) دو تکنولوژی ساخت افزودنی فلز از خانواده پرینترهای سه بعدی پودری هستند.

این دو تکنولوژی تشابهات زیادی دارند: هر دو از یک لیزر برای اسکن و ذوب انتخابی ذرات پودر فلز استفاده می کنند. با تابش نور لیزر و ذوب پودر این ذرات به هم متصل شده و قطعه را به صورت لایه به لایه می سازند. ماده اولیه هر دو این تکنولوژی ها پودر فلز در قالب گرانول است.

تفاوت بین پرینتر سه بعدی SLM و DMLS در شیوه اتصال ذرات است: پرینتر سه بعدی SLM پودر فلز را به دمای ذوب رسانده و ذرات را به طور کامل ذوب کرده و به هم متصل می کند در حالی که پودر پرینتر سه بعدی DMLS از متریال های مختلفی با دمای ذوب متفاوت تشکیل شده که در معرض دمای بالا در سطح مولکولی به هم متصل می شوند.

پروسه های ساخت افزودنی دیگری نیز برای ساخت قطعات فلزی متراکم مثل EBM (ذوب با پرتوی الکترونی) و ساخت افزودنی فراصوت (UAM) می توانند استفاده شوند. کاربردها و دسترسی به آنها به ویژه در ایران محدود است.

رساند که باعث می شود فیلامنت به حالتی نیمه جامد و شکل پذیر در بیاید.

۱. در مرحله اول یک قرقره از فیلامنت ماده ترموپلاستیک در دستگاه پرینتر سه بعدی قرار می گیرد. سپس نازل تا حد تعیین شده گرم شده و فیلامنت به نازل وارد شده و به دمای نزدیک به ذوب می رسد.

۲. نازل پرینتر مجهز به یک سیستم ۳ محوره و یا ۲ محوره است، این نازل بر روی سطح سینی ساخت حرکت کرده و پلاستیک فشرده را در نقاط مناسب تزریق کند. نوع دیگری از پرینترهای سه بعدی FDM دارای نازل ۲ محوره هستند و در مقابل سینی ساخت پس از ساخت هر لایه در راستای Z می تواند حرکت کند.

۳. هر لایه که ساخته می شود، با پایین آمدن دما جامد می شود و لایه ی بعدی روی آن گذاشته می شود. برای ساخت یک سطح نیاز به عبور چند باره نازل از آن است. (مانند رنگ کردن یک مربع با ماژیک) این پروسه تا ساخته شدن قطعه تکرار می شود. نتیجه این پروسه ی تولید لایه به لایه، ایجاد سطحی پلکانی در مدل است.

برخی پرینترهای سه بعدی FDM دارای فن های خنک کننده در کنار نازل هستند که سرعت خنک شدن لایه ها را بالا می برد. این مسئله موجب بالا رفتن سرعت پرینت و کیفیت قطعه می شود.

تنظیمات پرینتر:

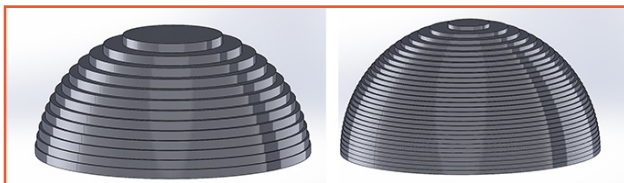
بیشتر سیستم های FDM اجازه تنظیم چندین متغیر فرآیند، از جمله دمای هر دو نازل و پلتفرم ساخت، سرعت ساخت، ضخامت لایه و سرعت فن خنک کننده را می دهند. بیشتر این متغیرها توسط اپراتور دستگاه پرینتر سه بعدی تعیین می شوند.

نکته با اهمیت در سفارش پرینت سه بعدی FDM، اندازه پلتفرم ساخت و ضخامت لایه است:

اندازه پلتفرم ساخت یا به عبارتی بزرگترین ابعاد قابل ساخت با یک پرینتر سه بعدی رومیزی معمولاً $200 \times 200 \times 200$ میلی متر است در حالی که یک پرینتر سه بعدی صنعتی می تواند قطعاتی تا ابعاد $1000 \times 1000 \times 1000$ میلی متر بسازد.

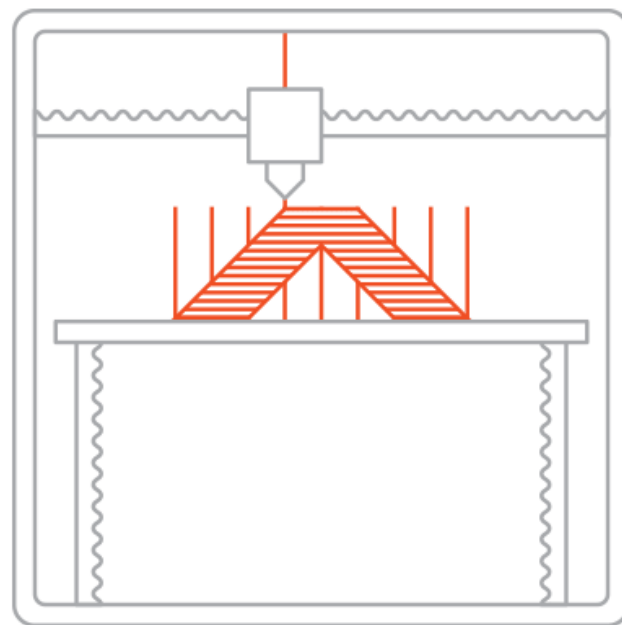
پایین تر بودن هزینه های پرینترهای سه بعدی رومیزی باعث گسترده شدن و در دسترس بودن آن ها شده، تولید نمونه سازی با این پرینترها به صرفه تر از پرینترهای سه بعدی صنعتی است. اگر تاکید خاصی روی یک تکه بودن قطعه نباشد، می توان یک مدل بزرگ را به چند تکه تقسیم کرده، قطعه ها را جداگانه پرینت کرده و بعد از ساخت به هم متصل کرد.

ضخامت لایه معمول پرینت سه بعدی FDM بین ۵۰ تا ۴۰۰ میکرون است و هنگام سفارش پرینت قابل تعیین است. پرینت سه بعدی در ضخامت لایه پایین، کیفیت و صافی سطوح قطعات را بالا برده و انحنای رادقیق تر می سازد. در مقابل در ضخامت لایه های بالاتر قطعه سریعتر و با هزینه پایین تری ساخته می شود.



تاب برداشتن (Warping):

تاب برداشتن یکی از شایع ترین مشکلات در پرینتر سه بعدی FDM است. ترموپلاستیک ها پس از اینکه از نازل روی پلتفرم ساخت تزریق می شوند، سرد شده و جامد می شوند، این تغییر دما موجب انقباض و کوچک شدن ابعاد آنها می شود. مقاطع و لایه های مختلف قطعه با سرعت های متفاوتی خنک می شوند و همین مسئله موجب تفاوت در میزان انقباض آنها می شود. این تفاوت در نهایت موجب وارد شدن فشار به لایه ها و تاب برداشتن قطعه می شود. با کنترل دقیق دمای دستگاه می توان از این پدیده پیشگیری کرد. پرینترهای سه بعدی

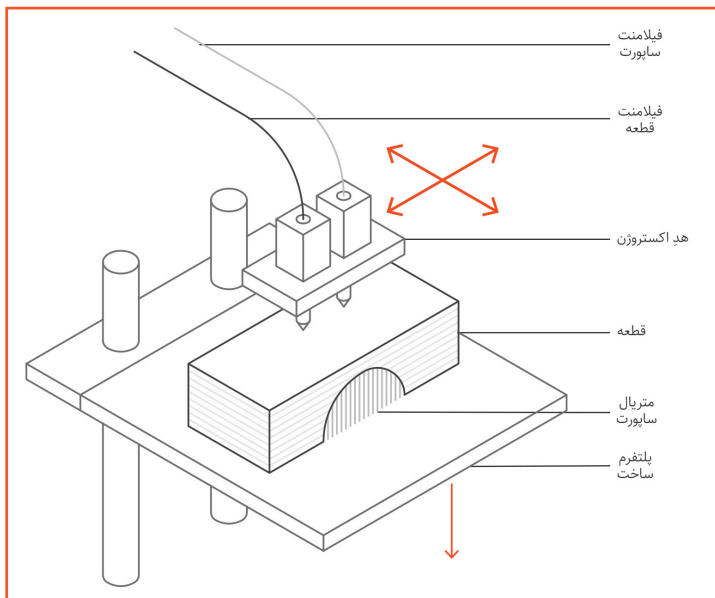


FDM

پرینت سه بعدی FDM متداول ترین تکنولوژی پرینت سه بعدی حال حاضر در دنیا است. این تکنولوژی کاربردهای زیادی در نمونه سازی سریع دارد و دستگاه های آن به طور گسترده تولید می شود. قیمت پرینتر سه بعدی FDM از حدود ۱ میلیون تومان شروع می شود و مواد اولیه آن هم به طور گسترده و با هزینه مناسب در بازار موجود است، این موارد پرینتر سه بعدی FDM را به بهترین تکنولوژی برای نمونه سازی و علاقمندانی که می خواهند وارد دنیای پرینت سه بعدی تبدیل کرده است. ما در این قسمت مدرسه پرینت سه بعدی، شیوه کار پرینتر سه بعدی FDM را توضیح داده و قابلیت ها و محدودیت های آن را بر می شماریم تا بتوانید به طور موثر از این تکنولوژی در کارهای خود استفاده کنید.

FDM چگونه کار می کند؟

پرینتر سه بعدی FDM از یک نازل برای تزریق لایه به لایه پلاستیک روی یک پلتفرم یا سینی ساخت استفاده می کند. این نازل فیلامنت پلاستیک را به دمای بالایی می



برای نمونه قطعات تست کششی که به صورت افقی پرینت شده اند تقریباً ۴ برابر مقاومت کششی بیشتری نسبت به همان قطعات، پرینت شده در راستای عمود دارند و مقاومت کششی در صفحه XY تقریباً ۴ برابر مقاومت در محور Z است. (۱۷ مگاپاسکال در مقابل ۴۰۴ مگاپاسکال)

از آنجایی که ماده ذوب شده روی لایه قبلی می نشیند، نیروی وارد شده بر لایه باعث "شکم" دادن لایه می شود. این مسئله پدیده در کل قطعه (گرچه در مقیاس بسیار کوچک) دیده شده و باعث می شود که قطعات FDM حتی در کمترین ضخامت لایه ها سطحی مواج داشته باشند. جزئیات ریز و حفره های کوچک و رزوه ها ممکن است برای استفاده نیاز به پولیش و پرداخت پس از پرینت سه بعدی داشته باشند.

سازه ساپورت

در پرینت سه بعدی FDM وجود سازه ساپورت برای ساخت هندسه ی قسمت های بیرون زده ضروری از آنجایی که ترموپلاستیک ذوب شده نمی تواند روی هوا تزریق شود برخی هندسه ها نیاز به سازه ساپورت در زیر خود دارند. سطوحی که با ساپورت پرینت می شوند معمولاً کیفیت پایین تری نسبت به بقیه سطوح دارند. به همین دلیل توصیه می شود قطعه به گونه ای طراحی سه بعدی شود که میزان ساپورت به حداقل ممکن برسد.

سازه ساپورت معمولاً از همان متریال قطعه ساخته می شود. پرینترهای سه بعدی خاصی هستند که دوناژل دارند و می توانند ساپورت را از نازل مخصوص بایک ماده اولیه محلول در آب بسازند. پرینت با ساپورت محلول در آب کیفیت



سطح را با لایه برده اما در مقابل هزینه و زمان پرینت هم بالا می رود.

تراکم داخلی و ضخامت پوسته:

قطعات FDM معمولاً توپُر پرینت نمی شوند، پرینت توخالی قطعات موجب پایین آمدن زمان پرینت و به صرفه شدن هزینه می شود. درون قطعه یک سازه با میزان تراکم قابل تنظیم شکل می گیرد که قطعه را مقاوم و قابل ساخت می کند. به درصد این تراکم، تراکم داخلی یا Infill گفته می شود. هرچه تراکم داخلی بالاتر باشد قطعه مقاوم تر شده و برخی جزئیات با کیفیت بهتری ساخته می شوند. در مقابل زمان، هزینه و مصرف مواد اولیه به طرز قابل توجهی افزایش پیدا می کند.

ضخامت پوسته یا Shell Thickness ضخامت پوسته یک تکه ای است که روی محیط (پوسته بیرونی) قطعه هنگام پرینت سه بعدی شکل می گیرد. وجود این پوسته برای ایجاد سطوح بیرونی یکپارچه و صاف در قطعه ضروری است.

تراکم داخلی و ضخامت پوسته تأثیر زیادی روی مقاومت قطعه دارند.



که دارای Heat Chamber ریسک تاب برداشتن مدل سه بعدی را تا حد زیادی پایین می آورند. راه دیگر پیشگیری از تاب برداشتن، بالا بردن چسبندگی قطعه به پلتفرم ساخت است. اگر طرح سه بعدی هستیدی می توانید برای پیشگیری از تاب برداشتن مدل:

از سطوح صاف بلند در مدل سه بعدی خود اجتناب کنید و یا این سطح را به صورت چند تکه تولید کنید.

احتمال تاب برداشتن بیرون زدگی های نازک (مثل سر چنگال) نیز بالاست، بهتر است قسمتی از این جزئیات اتصال نسبتاً ضخیمی با پلتفرم ساخت داشته باشند (برای نمونه می توان سر این جزئیات یک مکعب ۲۰۰ میکرونی کوچک در نظر گرفتن که پس از ساخت قابل حذف باشد).

تا حد ممکن از گوشه های تیز در قطعه خود اجتناب کنید، ریسک تاب برداشتن گوشه های تیز در پروسه پرینت سه بعدی بالاست و بهتر است این گوشه ها را نرم (Fillet) در نظر بگیرید.

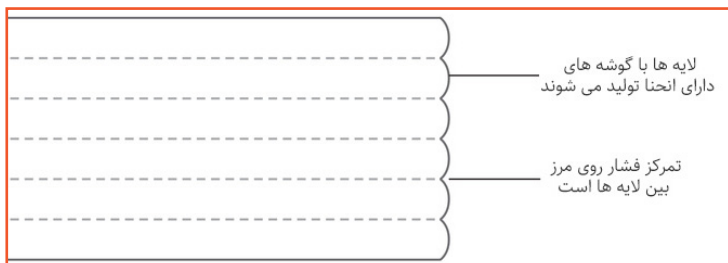
از مواد اولیه استاندارد و پیش فرض استفاده کنید. فقط در صورت ضرورت از مواد اولیه ای مانند ABS و PETG استفاده کنید، احتمال تاب برداشتن این متریال ها نسبت به PLA بسیار بالاتر است.



چسبندگی لایه ها:

چسبندگی مناسب بین لایه ها برای قطعات FDM اهمیت زیادی دارد. وقتی پلاستیک ذوب شده از نازل روی لایه های قبلی تزریق می شود، به خاطر دمای بالای لایه جدید، بخشی از لایه قبلی ذوب شده و به این طریق لایه ها به هم متصل می شوند. استحکام اتصال بین لایه ها همیشه پایین تر از استحکام خود ماده اولیه است.

این تفاوت مقاومت به این معنی است که قطعات FDM خواص انیستروپیک دارند: مقاومت آنها در محور Z همیشه کمتر از مقاومت آنها در صفحه XY است. به همین دلیل جهت گیری مدل سه بعدی در هنگام پرینت روی مقاومت قطعه تأثیر زیادی دارد و بهتر است در نظر گرفته شود.



انواع متریال پرینت FDM

پلاستیک PLA

پرینت سه بعدی پلاستیک PLA بسیار ساده است، کیفیت سطح خوبی دارد و محکم است اما در ضخامت های پایین شکننده است.

مثبت

- ساخته شده از مواد طبیعی، زیست تخریب پذیر
- پولیش با کاغذ سمباده
- قابل رنگ آمیزی با رنگ های اکریلیک
- بدون بو
- مقاومت بالا در برابر نور فرابنفش (UV)

منفی

- مقاومت پایین در برابر رطوبت
- چسب زدن به آن مشکل است.



پلاستیک ABS

معمولاً "وقتی نیاز به مقاومت حرارتی بالاتر و استحکام بیشتری داریم پلاستیک ABS را جای PLA انتخاب می کنیم. پرینت سه بعدی ABS مقداری مشکل تر از PLA است.

مثبت

- پست پروسس با بخار استون برای داشتن سطح براق
- پولیش با کاغذ سمباده
- قابل رنگ آمیزی با رنگ های اکریلیک
- استون به عنوان یک چسب قوی
- مقاومت سایشی بالا

منفی

- حساس به نور فرابنفش UV
- تولید بودر هنگام پروسه پرینت سه بعدی
- انتشار گازهای سمی



پلاستیک PET

PET پلیمری است که به نسبت نرم تر است و ویژگی های خاصی دارد که برخی متریال های دیگر ندارند. پرینت سه بعدی با پلاستیک PET از ABS بسیار ساده تر است.

مثبت

- Food Safe تایید شده توسط FDA
- مقاومت بالا در برابر رطوبت
- مقاومت شیمیایی بالا
- قابل بازیافت
- مقاومت سایشی بالا

منفی



نایلون

نایلون بین مواد غیرانعطاف پذیر پرینت سه بعدی، بیشترین مقاومت را در برابر ضربه دارد و خواص مکانیکی خوبی دارد. اما از چسبندگی بین لایه های خیلی خوبی برخوردار نیست.

مثبت

- مقاومت شیمیایی بالا

منفی

- مقاومت پایین در برابر رطوبت
- انتشار گازهای سمی هنگام پرینت سه بعدی



پلاستیک TPU

پلاستیک TPU بیشتر برای جاهایی استفاده می شود که نیاز به انعطاف داریم. تنها متریال انعطاف پذیر لیست TPU است و از مقاومت زیادی در برابر ضربه برخوردار است.

مثبت

- مقاومت سایشی خوب
- مقاومت بالا در برابر روغن و گریس

منفی

- پولیش و پرداخت TPU مشکل است.
- نمی تواند به سادگی با چسب متصل شود.



پلاستیک PC

پلاستیک PC مقاوم ترین ماده اولیه لیست است و خصوصیات مشابه اش با ABS آن را به جایگزین مناسبی برای پلاستیک ABS تبدیل می کند.

مثبت

- می تواند استرلیزه شود.
- به راحتی پست پروسس می شود. (سمباده)

منفی

- حساس به نور فرابنفش UV



مراحل چاپ سه بعدی یک نقشه

طراحی یک فایل سه بعدی

اولین چیزی که شما برای تولید توسط پرینتر سه بعدی، بدان نیاز دارید این است که یک مدل سه بعدی برای تولید توسط پرینتر سه بعدی داشته باشید! شما می توانید خودتان با استفاده از یک نرم افزار سه بعدی سازی، مدل سه بعدی خود را ایجاد کنید یا می توانید مدل سه بعدی دیگران را به دست آورید و استفاده کنید. برخی از برنامه های نرم افزاری محبوب مدل سازی سه بعدی عبارتند از: AutoCAD، Blender، Sketchup، اما وبکی پدیا دارای فهرستی عالی و حتی بیشتر است. نرم افزار مورد استفاده برای ایجاد مدل سه بعدی باید قادر به ایجاد فرمت STL برای فایل سه بعدی باشد اما اگر میخواهید کار دیگری را تولید سه بعدی کنید می توانید از وب سایت هایی که از تمام جوامع، مدل های سه بعدی خود را در آنها به اشتراک می گذارند استفاده کنید که محبوب ترین برای من سایت thingiverse.com است که بالغ بر یک میلیون فایل سه بعدی قابل تولید سه بعدی در آن موجود می باشد. البته در جستجوی گوگل، سایتها و منابع بیشتری را در این حوزه پیدا می کنید.

تبدیل فرمت فایل سه بعدی به فرمت STL

اگر شما در گام اول، مدل سه بعدی را خودتان ایجاد کرده باشید، گام بعدی این است که این مدل سه بعدی را به صورت فرمت STL تکمیل کنید اما اگر در مرحله اول، مدل را از یک وب سایت ارائه فایل های سه بعدی مانند thingiverse.com یا CGTrader.com بدست آوردید، احتمالاً این مدل، خود در فرمت STL است اما شما حتماً قبل از انتقال فایل سه بعدی به پرینتر سه بعدی، آن را بازدید نمایید البته امروزه پرینتر های سه بعدی در مدل های مختلف با فرمت های OBJ، و AMF نیز می توانند کار تولید سه بعدی را انجام دهند و STL یک فرمت استاندارد می باشد که همه پرینتر های سه بعدی آن را می شناسند و با آن کار تولید سه بعدی را به بهترین حالت انجام می دهند.

فایل سه بعدی را به جی کد g-Code تبدیل

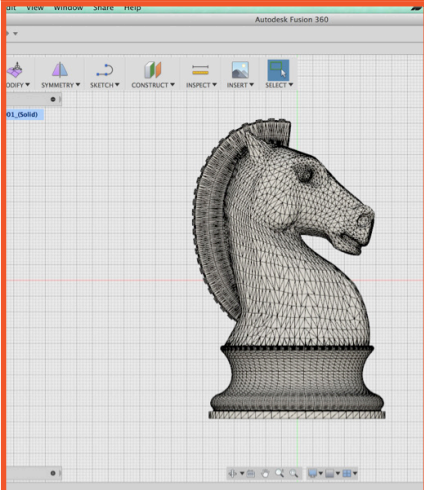
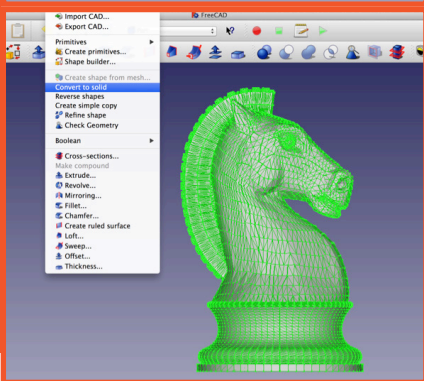
جی کد برای تولید یک مدل سه بعدی توسط پرینتر سه بعدی لازم می باشد. که این فرایند جی کد کردن فایل سه بعدی، توسط یک نرم افزار اسلایسر انجام می شود. شرکت سازنده پرینتر های FDM دسکتاپ نرم افزار اسلایسر کیورا Cura را برای پرینتر های سه بعدی خود ارائه داده است اما شما می توانید از نرم افزار هایی چون craftware.com و slic3r.com استفاده نمایید. در اینجا فرایند جی کد را در نرم افزار Slic3r برای پرینتر سه بعدی Scribbler را توضیح می دهیم. نرم افزار میزبان در این پرینتر سه بعدی Pronterface می باشد. جی کد برای تولید یک مدل سه بعدی بر روی یک پرینتر سه بعدی Plastic Scribbler با استفاده از برنامه Slic3r تولید می شود. Slic3r را می توان از داخل نرم افزار میزبان Pronterface باز کرد. که پس از باز کردن آن در قسمت نوار ابزار، گزینه Slicing Settings >> را انتخاب کنید نرم افزار Slic3r اکنون باز خواهد شد. نرم افزار های اسلایسر برای تنظیمات قبل از پرینتر سه بعدی لازم می باشد تا تنظیماتی همچون: کیفیت تولید سه بعدی، چگالی قطعه تولید شده، نوع جنس فیلامنتها و سایز آنها، قطر دیواره مدل سه بعدی و بسیاری دیگر از تنظیمات پشتیبانی تولید سه بعدی را فعال می سازد. لازم نیست همه اسلایسر های دنیای پرینتر سه بعدی را یاد بگیرید همان اسلایسری که با پرینتر شما می باشد، بهترین است.

ارسال جی کد به پرینتر سه بعدی

نرم افزار میزبان به نرم افزاری اطلاق می شود که توسط کمپانی سازنده برای کنترل پرینتر سه بعدی شما در آن استفاده شده است. این سیستم بسیاری از فرامین را به صورت هوشمند نظارت می کند اما بسیاری از فرامین انجام تولید سه بعدی به صورت دستی صادر شده و عامل اصلی تولید توسط پرینتر سه بعدی می باشد.

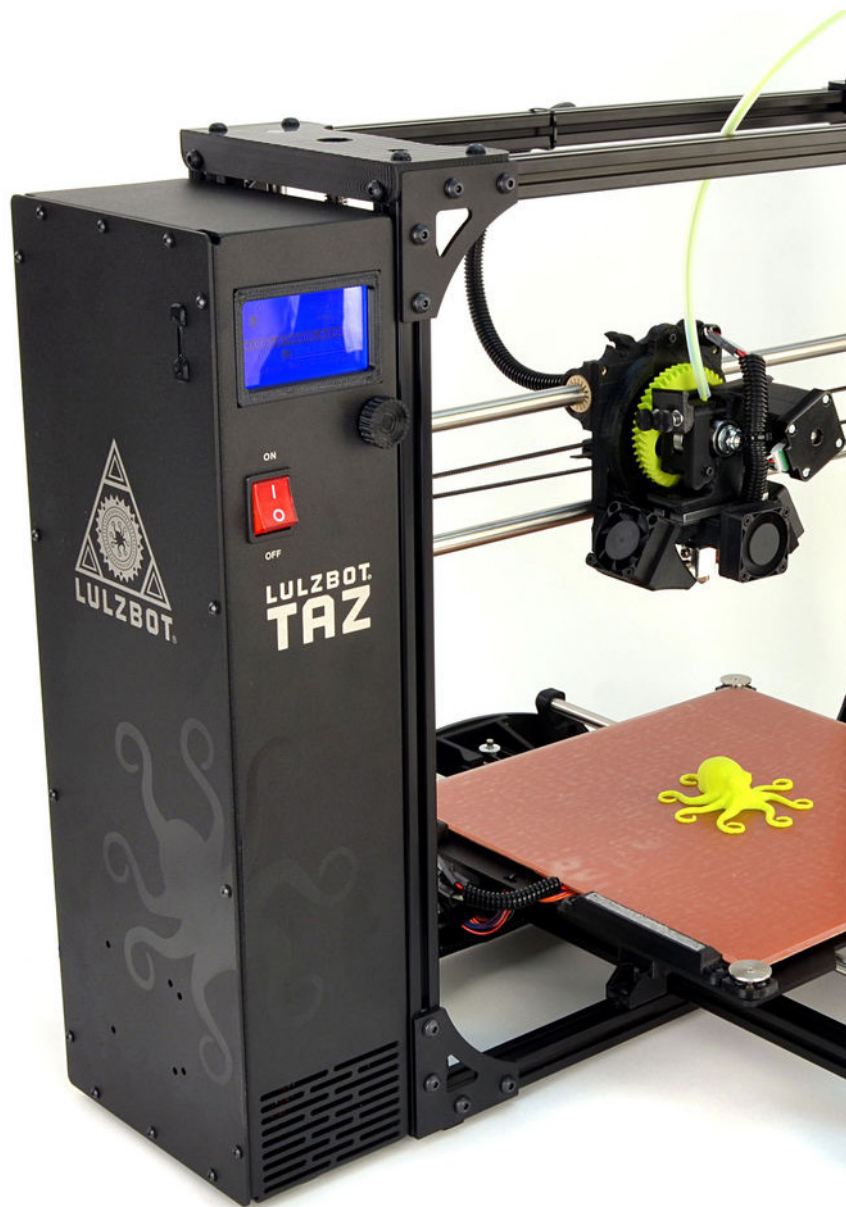
این نرم افزار های میزبان برای کنترل حرکت محور های «X, Y, Z» لازم و ضرور است و به نوعی مغز حرکتی پرینتر سه بعدی می باشد. البته تمامی وظایف اکسترودر بر اساس هر نوع مواد اولیه مانند PLA، ABS و... با همین نرم افزار میزبان می باشد. همچنین برای میزان کردن و کنترل درجه حرارت نازل و صفحه ساخت قطعات سه بعدی نیز کارایی دارد. البته حضور اصلی این نرم افزار بابت تحویل جی کد قطعات سه بعدی به پرینتر سه بعدی FDM برای تولید سه بعدی می باشد.

فراموش نکنید که وقتی از طریق مموری و یا اینترنت، طراحی سه بعدی را به پرینتر سه بعدی رساندید، قبل از روشن کردن و ارائه جی کد، باید پرینتر سه بعدی FDM خود را آماده کنید. دستگاه خود را روشن کنید و طی چند مرحله صفحه ساخت، حرارت نازل، نوع مواد اولیه و مقدار موجودی آن را چک کنید و سپس جی کد را ارائه کنید که در این مرحله پرینتر سه بعدی به کمک نرم افزار میزبان جی کد فایل سه بعدی شما را یک دور کامل بررسی می نماید



Industrial Electronics & Instrumentation

Professional & Applied Journal



Arduino
OrangePi
Beaglebone
TinkerBoard
Raspberry Pi

Digital
fabrication



3D Printer