کارگاه ماشین ابزار

رشته: مهندسی پزشکی

مدرس: دکتر نارپرور

مقدمه

با توجه به نقش بسیار مهم داربست‌ها در مهندسی بافت، انتخاب روش مناسب جهت ساخت داربست متناسب با ساختار بافت، ضروری است. روش‌های مختلفی جهت ساخت داربست‌ها ارائه شده است که شامل روش‌های متداول گازفوم[۱]، ریخته‌گری حلال[۲] و الکترواسپینینگ[۳] و روش نوین ساخت افزایشی[۴] مانند پرینت سه‌بعدی[۵] می‌باشد.

در روش گاز فوم، پلیمر با گاز CO_2 تحت فشار اشباع می‌شود و با کاهش کنترل‌شده فشار، حباب‌هایی تشکیل و خارج می‌شوند و در نهایت داربستی با تخلخل بالا ایجاد می‌گردد. این روش ساده، ایمن و کم‌هزینه است.

روش ریخته‌گری حلال یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش‌ها برای تولید داربست‌های متخلخل است. در این روش ماده‌ای تخلخل‌ساز به محلول پلیمری اضافه و سپس تبخیر یا تصعید می‌شود تا منافذ ایجاد شوند. با این روش می‌توان داربست‌هایی با تخلخل تا ۹۰٪ تولید کرد، اما شکل و اندازه منافذ یکنواخت نیست و ارتباط بین آن‌ها کم است. همچنین احتمال سمیت سلولی و ضعف مکانیکی در این روش وجود دارد.

روش الکترواسپینینگ از پرکاربردترین روش‌هاست که با استفاده از محلول پلیمری و میدان الکتریکی، فیبرهایی در مقیاس نانو و میکرو تولید می‌کند و داربستی توری‌شکل[۶] و متخلخل به دست می‌دهد. اندازه منافذ و قطر فیبرها در این روش قابل کنترل است.

در روش ساخت افزایش که از پیشرفته‌ترین روش‌های ساخت داربست است، کنترل دقیقی بر تخلخل، اندازه منافذ، خواص مکانیکی و شیمیایی داربست وجود دارد و امکان شبیه‌سازی بهتر استخوان طبیعی را فراهم می‌کند. در این روش، لایه‌هایی از یک ماده برای ایجاد داربست جامد به کار گرفته می‌شود. این روش علاوه بر سرعت و صرفه‌جویی در هزینه، زیست‌سازگاری بالاتری نیز به دلیل حذف حلال‌های سمی دارد.

---

[1] Gas foaming
[2] Solvent casting
[3] Electrospinning
[4] Rapid prototyping
[5] 3D-Printing
[6] Meshwork

بر اساس تعریفی که دیوان محاسبات آمریکاارائه داده است، چاپ سه بعدی به فنی اطلاق می شود که اجسام با کمک مدل دیجیتالی تحت فرایند لایه -لایه ساخته می شوند . به عبارتی چاپ سه بعدی روش تولیدی است که قطعات با همجوشی یا رسوب موادی همانند پلاستیک، فلز، سرامیک، پودرها، مایعات یا حتی سلول های زنده ب هطور لایه ای ساخته می شوند .این فرایند با نا مهای تولید افزایشی additive manufacturing و نمونه سازی سریع rapid prototyping نیز معروف است .در این فناوری، قطعات سه بعدی تقریبا با هر شکل قابل تصور با استفاده از دستورکار یک فایل طراحی شده با کمک رایانه CAD ساخته می شود .اساس این روش مبتنی بر پایه گذاری لایه اولی مطابق دستورکار این فایل است .بدین ترتیب که نازل چاپگر در صفحه x-y مطابق برنامه حرکت میکند .در مرحله بعد، نازل در طول محور z جابه جا شده و لایه بعدی روی لایه تشکیل شده قبلی قرار می گیرد .با تکرار این برنامه شیء سه بعدی ساخته می شود .

سرعت، دقت، امکان به کارگیری دامنه وسیعی از مواد گوناگون و ماشین آلات چاپ با قابلیت های متفاوت و همچنین صرفه اقتصادی، کاربرد این روش ساخت را در زمینه های مختلف صنعتی، پژوهشی وآموزشی مورد توجه قرار داده است .بر اساس گزارش شرکت بین المللی داده ها ، درآمد جهانی از این راه که شامل فروش دستگاه ها، مواد و سرویس دهی است از ۱۳/۲بیلیون دلار در سال 2016 به ۲۸/۹ بیلیون دلار در سال 2020 میلادی می رسد .این رشد سریع را می توان مرهون اتمام زمان ثبت اختراع ساخت و فرایندهای مرتبط با این فناوری دانست که در انحصار چند شرکت بوده است . پس از آن سایر شرکت ها به ساخت چاپگرهای جدید با قیمت کمتر روی آوردند .از طرفی، مواد چاپ پذیر بسیاری در این عرصه مطابق کاربرد و نوع چاپگر معرفی شده اند.

فناوری چاپ سه بعدی را اولین بار Chuck Hull در دهه 1980میلادی معرفی کرد .در نمونه های اولیه که آن را لیتوگرافی سه بعدی stereolithography, SLAنامیده اند از فرمت فایل STL برای تفسیر اطلاعات در فایل CAD استفاده شده است .بدین ترتیب در سال 1988 اولین چاپگر سه بعدی با نام SLA-250 وارد بازار شد .پس از آن شرکت های دیگری با نا مهای ، DTM Corporation، Solidscape Z Corporation و Object Geometriesدر زمینه تولید چاپگر سه بعدی فعال شدند.

کاربرد چاپگرهای سه بعدی

توسعه در زمینه های سخت افزار و نرم افزار از یک سو و علاقه روزافزون صنعتگران و دانشمندان از سوی دیگر باعث رشد سریع بازار چاپگرهای سه بعدی شده است .با استفاده از این فناوری، مراحل مختلف فرایند تولید یک فراورده به دلیل حذف برخی مراحل مانند ساخت قالب، قالب گیری مواد، پرس و عملیات اختلاط، آسان و کم هزینه تر میشود .از این رو، استفاده ا ز این فن در صنایع پزشکی، جواهرآلات، اتومبیل و پوشاک مورد توجه قرار گرفته است .همچنین، وبگاه های مختلف طر حهای پیش ساخته زیادی را به طور رایگان در دسترس قرار داده اند .

کاربرد چاپگر سه بعدی از دهه 2000 میلادی با ساخت کاشتینه هایimplants دندانی و پروتزهای سفارشی، انقلابی در ساخت و توسعه ابزارهای پزشکی ایجاد کرده است .مطالعات اخیر بر ساخت استخوان، گوش، نای، استخوان فک، عینک، کشت سلولی، سلو لهای بنیادی، رگ خونی، شبکه خونی، بافت ها و اعضای بدن و همچنین اشکال دارویی جدید و سامان ههای نوین دارورسانی با این فن متمرکز شده است .کاربرد چاپگر سه بعدی در پزشکی را می توان به چند دسته گسترده تقسیم کرد :ساخت بافت و عضو، پروتز و کاشتینه ها و همچنین مدل های کالبدشناسی و داروسازی .

انواع روش های پرینت سه بعدی

پرینترهای سه بعدی براساس نوع تکنولوژی به کار رفته در آن ها برای تولید قطعه به انواع مختلفی تقسیم می شوند .با توجه به پیشرفت روزافزون و سریع این تکنولوژی، فرآیندهای تولیدی جدیدی در حال اضافه شدن می باشند.

برخی از مهمترین روش های تکنولوژی پرینت سه بعدی عبارتند از:

1 - Setereo Lithography Aparatus (SLA)

2 - Digital Light Processing (DLP)

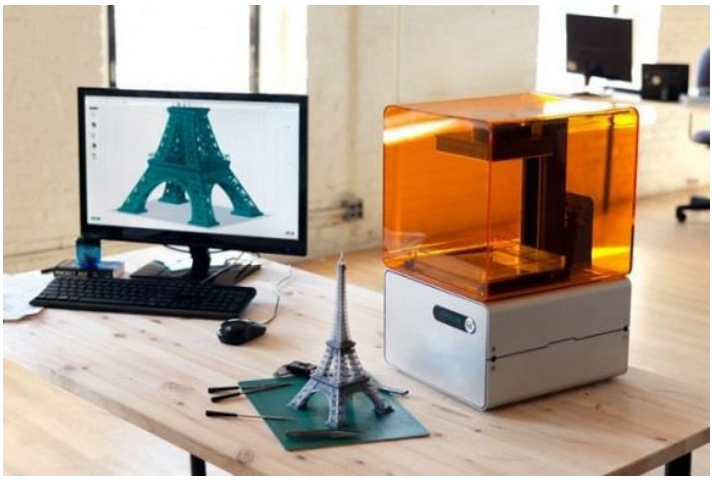
3 - Fused deposition modeling (FDM)

4 - Selective Laser Sintering (SLS)

5 - Selective laser melting (SLM)

6 - Electronic Beam Melting (EBM)

تکنولوژیSLA



روش SLA قدیمی ترین روش ساخت افزایشی می باشد که همچنان دراجرای پروژه های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد .ایده و کاربرد این روش شگفت انگیز است .این روش توسط چارلز هال یکس از بنیانگذاران سیستم های سه بعدی در سال 1986 اختراع شد .روند پرینت شامل تبدیل پلاستیک مایع به شی سه بعدی توسط دستگاه پرینت سه بعدی SLA می باشد.این فایل حاوی اطلاعاتی درباره نمایش ابعاد جسم است که باید به یک فرمت قابل درک برای دستگاه چاپ تبدیل شود STL .قالب استانداردی است که برای تمامی روش های چاپ سه بعدی مورد استفاده قرار می گیرد .فایل STL بایداطلاعات لازم برای پرینت هر لایه را دارا باشد .پرینت SLA با تزریق پلاستیک مایع و سرد شدن آن سبب تشکیل قطعه می شود .اگرچه قطعاتی که به این روش تولید می شوند سطح صاف و یکنواختی دارند اما این کیفیت بسیار بستگی به ماشین SLA مورد استفاده دارد .فرآیند پرینت شامل چند مرحله می باشد.

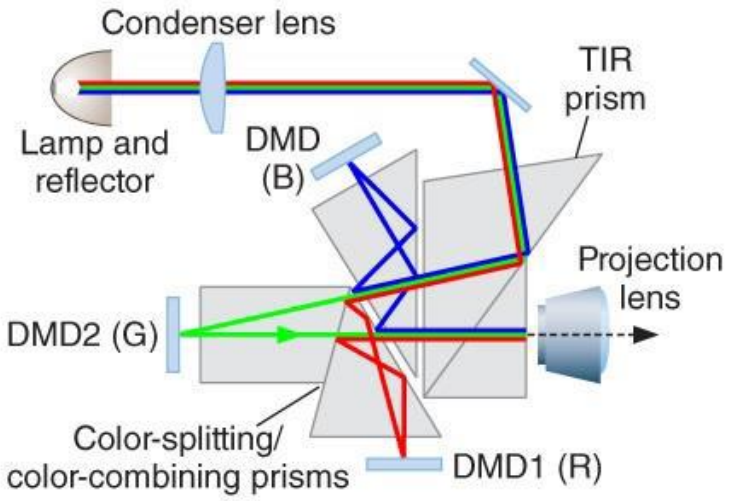
نخستین مرحله طراحی سه بعدی مدل در نرم افزار و تبدیل آن به فایل STL است که شامل اطلاعات هر لایه می باشد .پس از تشکیل هر لایه و سخت شدن آن، دستگاه پرینتر به اندازه ضخامت لایه در مخزن پایین رفته و اشعه لیزر لایه بعدی را تشکیل می دهد .پس از اتمام پرینت لایه ها، شی با یک حلال شسته شده و در فر ماورابنفش به منظور پایان کار قرار می گیرد .مدت زمان لازم برای پرینت به اندازه دستگاه پرینتر سه بعدی

بستگی دارد .پرینت قطعات کوچک بین 6 تا 8 ساعت و پرینت قطعات بزرگتر تا چند روز ممکن است ادامه پیدا کند .روش SLA به علت کوتاه بودن زمان پرینت و هزینه پایین تولید به طور گسترده در نمونه سازی استفاده می شود .با این حال از این روش کمتر برای تولید نهایی استفاده می شود .با اینکه روش SLA قدیمی ترین روش تولید پرینت سه بعدی می باشد همچنان مورد استفاده بسیاری از کمپانی ها برای نمونه سازی است .این تکنولوژی کمتر برای مصارف خانگی استفاده می شود.

تکنولوژیDLP

روش DLP یکی دیگر از انواع روش های پرینت سه بعدی می باشد که بسیار مشابه روش SLA بوده و در سال 1987توسط لاری هورنبک ساخته و در تولید پروژکتور بسیار محبوب شد .در این تکنولوژی از میکروآینه های دیجیتال که بر روی تراشه نیمه هادی قرار می گیرند، استفاده شده است.

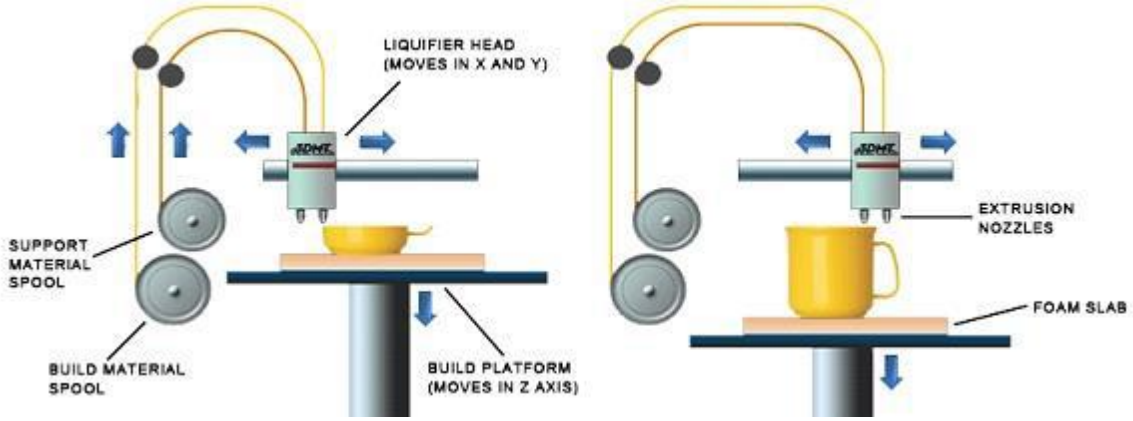
DLPنیز همانند SLA با فوتوپلیمرها کار می کند .در واقع تفاوت این دو روش منبع نور آنهاست .درDLP از منابع متداولتر نور مانند چراغهای قوس دار استفاده می شود .ماده اولیه مورد استفاده درDLP رزین پلاستیک مایع می باشد که در مخزن شفاف رزین قرار می گیرد .رزین بر اثر قرار گرفتن مقابل نور زیاد به سرعت در چند ثانیه سخت می شود .پس از اتمام هر لایه، حرکت کرده و لایه بعدی تشکیل می شود .نتیجه ساخت به این روش تولید قطعاتی با سختی و و ضوح بالا است .برتری این روش بر روش SLA کاهش ماده مورد استفاده و در نتیجه آن هزینه پایین تر و ضایعات کمتر می باشد .کاربرد این روش در پروژکتورهای فیلم، تلفن های همراه و ... است.



تکنولوژی FDM

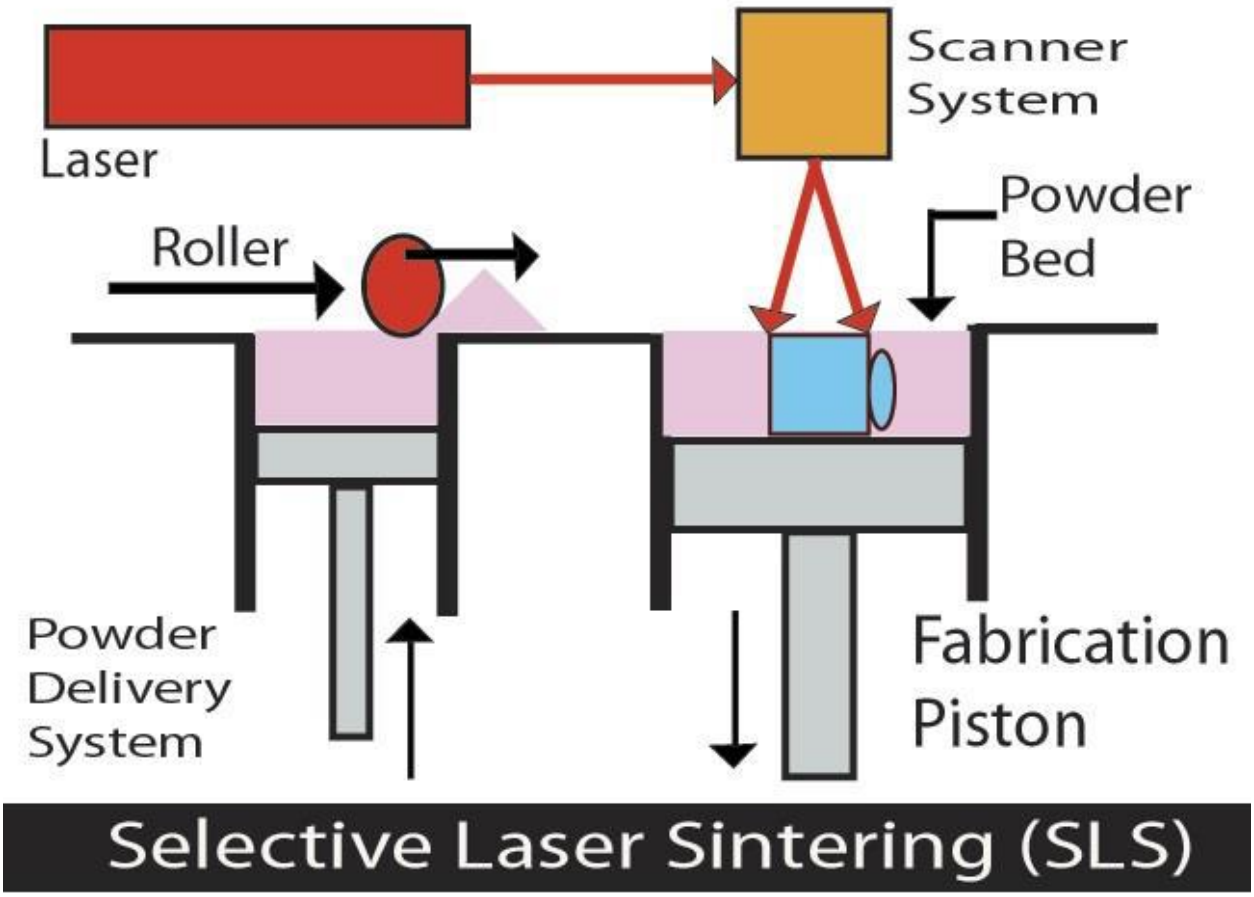
تکنولوژی FDM نخستین بار توسط اسکات کرومپ در دهه 1980 توسعه و اجرا شد .سایر شرکت های چاپ سه بعدی فناوری های مشابهی تحت نام های مختلف معرفی کرده اند .شرکتMakerBot که امروزه یکی از شناخته شده ترین کمپانی ها می باشد، فناوری تقریبا یکسان به نام FFF تولید می کند .با کمک FDM شما می توانید نه تنها نمونه های کاربردی، بلکه مدل های مفهومی و محصولات نهایی را نیز چاپ کنید .نکته خوب در مورد این روش این است که تمام قسمت های چاپ شده باFDM از کیفیت مقاومت بالای مکانیکی، حرارتی و شیمیایی برخوردار بوده که برای مهندسین مکانیک و تولید بسیار مفید است FDM .تنها تکنولوژی چاپ سه بعدی است که قطعات با ترموپلاستیکهای تولید می کند .در این روش قطعه از پایین ترین لایه با تزریق فیلامنت ترموپلاستیک به صورت لایه لایه تولید می شود .کل فرآیند کمی شبیه به استریولیتوگرافی است .در ابتدا نرم افزار اسلایسر مدلCAD را به تعدادی لایه ها تقسیم می کند که اطلاعات پرینت هر لایه را شامل می شود . پرینتر فیلامنت تموپلاستیک را تا رسیدن به دمای ذوب آن حرارت می دهد و به وسیله نازل بر روی صفحه کار تزریق می کند .هنگامی که هر لایه در تماس با لایه زیرین خود قرار می گیرد سرد و سخت می شود. پس از اتمام هر لایه، صفحه کار به منظور شروع تزریق لایه بعدی پایین می رود .زمان چاپ بستگی به اندازه و پیچیدگی

یک قطعه دارد .اجسام کوچک می توانند نسبتا سریع تکمیل شوند، در حالی که قطعات بزرگتر یا پیچیده تر نیاز به زمان بیشتری دارند .در مقایسه با استریولیتوگرافی این روش کندتراست .هنگامی که چاپ تکمیل می شود ساختار پشتیبانی می تواند به راحتی با قرار دادن شی در حلال آب و مواد شوینده یا کندن ساختار با دست حذف شود .فناوری FDM امروزه در صنایع مختلف مانند شرکت های خودرو سازی مانند هیوندا و BMW و یا شرکت های مواد غذایی مانند Nestle و Dial استفاده می شود FDM .برای توسعه محصول جدید، مدلسازی مفهومی، نمونه سازی و حتی در توسعه تولید استفاده می شود .با وسیله این روش چاپ سه بعدی امکان ساخت اشیاء با هندسه های پیچیده فراهم شد .این قطعات مقاومت حرارتی و مکانیکی بالایی دارند.



تکنولوژیSLS

در این روش از لیزر به عنوان منبع انرژی برای تولید قطعه سه بعدی استفاده می شود .این تکنولوژی توسط کارل دکارد یکی از دانشجویان دانشگاه تگزاس و پروفسورش جو بیمن در دهه 1980 ساخته شد SLS .بسیار مشابه SLA بوده با این تفاوت که در این روش از پودر به جای رزین مایع استفاده می شود.



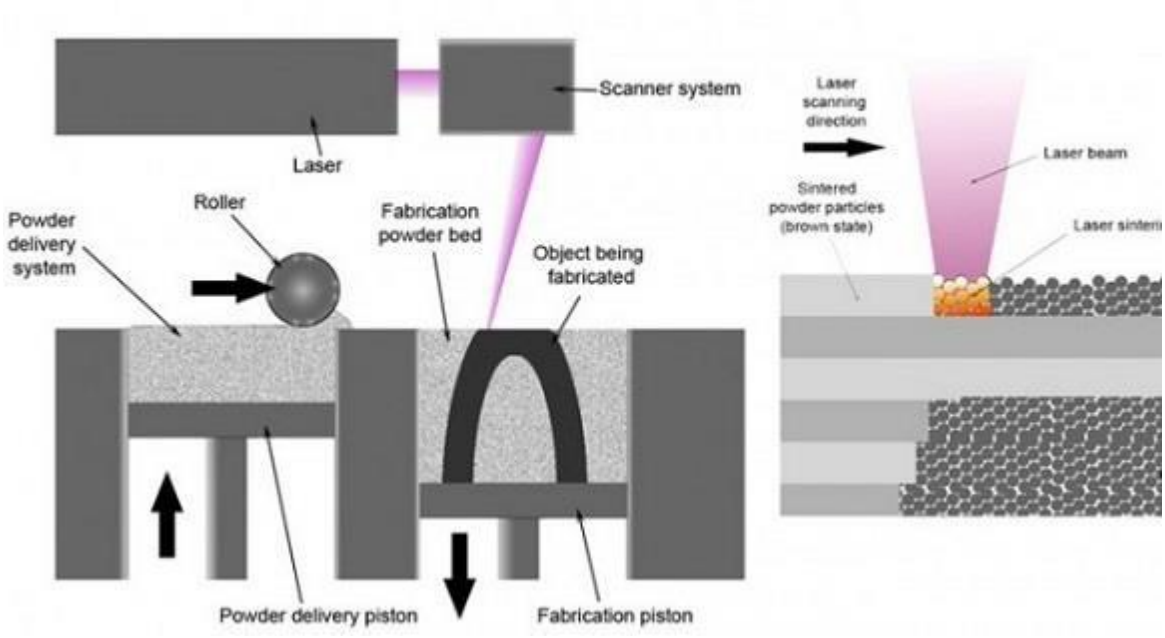
برخلاف سایر روش های تولید افزایشی مانند SLA و FDM ، SLS به ساختارهای پشتیبانی نیازی ندارد زیرا در تمام مدت پرینت قطعه توسط پودرهای رسوب نشده احاطه شده است.

همانند سایر روشهای گفته شده، در این روش نیز عملیات پرینت با طراحی سه بعدی قطعه با کامپیوتر و تولید فایل STL آن آغاز می شود .مواد اولیه ممکن است هر چیزی همانند نایلنها، سرامیکها، شیشه و یا فلزاتی چون آلومینیوم، فولاد و نقره باشد .با توجه به امکان استفاده گستره وسیعی از مواد به عنوان ماده اولیه در این روش، SLSدر پرینت سه بعدی محصولات سفارشی بسیار مشهور است.این روش به علت گران بودن بیشتر برای سازندگان مورد استفاده قرار می گیرد و کمتر برای مصارف خانگی دیده می شود .علت این گرانی استفاده از لیزرهای توان بالا در ساخت این پرینترها می باشد. با این حال برخی به دنبال تولید دستگاه های SLS کم هزینه

می باشند .به طور مثال آندرس باستین اطلاعاتی درمورد پرینتر SLS که با کربن و موم کار می کند به اشتراک گذاشته است.

تکنولوژی SLM

در این تکنیک نیز از فایل CAD طراحی شده استفاده می شود .منبع انرژی یک پرتو لیزر توان بالا است که سبب ذوب پودر فلزی می شود .در بسیاری از منابع SLM به عنوان زیرمجموعه ای ازSLS محسوب می شود . اما این تصور غلط است زیرا در SLM مواد فلزی به طور کامل درون قطعه جامد سه بعدی ذوب می شوند . تاریخچه SLM با پروژه تحقیقاتی آلمانی توسط گروهی از موسسه Fraunhofer در سال 1995 آغاز شد.



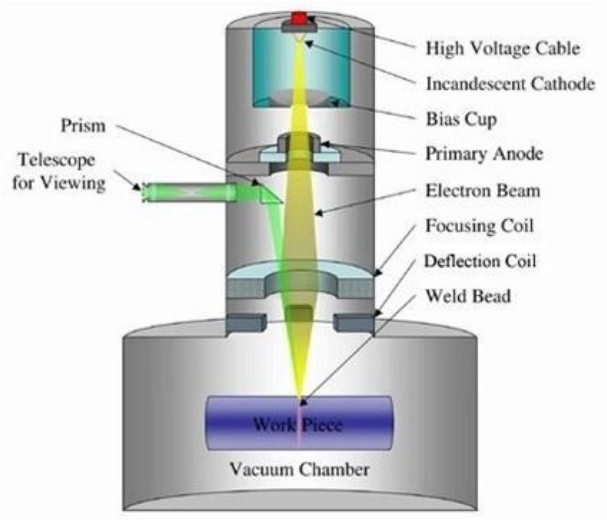
پس از انتخاب فایل STL فرایند پرینت آغاز می شود .پودر فلز به صورت یکنواخت بر روی صفحه پخش می شود، سپس هر لایه دو بعدی تحت اشعه لیزر انرژی بالا قرار گرفته، کاملا ذوب شده و یک لایه جامد را تشکیل می دهد .پس از اتمام لایه، این فرآیند برای تشکیل لایه بعدی تکرار می شود. فلزات مورد استفاده در SLM شامل فولاد ضد زنگ، تیتانیوم، کروم کبالت و آلومینیوم می باشند.

این روش به طور گسترده ای در تولید قطعات با هندسه های پیچیده و ساختار با دیوارهای نازک و حفره ها و یا کانال های پنهان استفاده می شود .بسیاری از پروژه های پیشگام SLM ، تولید قطعات سبک وزن در صنعت

هوافضا بوده است SLM .همچنین برای پروژه هایی که با مشکلاتی چون شکلدهی یا سختی دسترسی فیزیکی به سطوح ماشینکاری روبرو هستند استفاده می شود .کاربرد این روش بیشتر در صنعت هوافضا و ارتوپدی می باشد.

تکنولوژیEBM

EBMنوع دیگری از ساخت افزایشی برای قطعات فلزی است که در ابتدای قرن حاظر توسط Arcam AB ساخته شد .در این روش نیز همانند SLM ماده اولیه به صورت پودر می باشد .تفاوت اصلی این دو روش در این است که SLM از پرتو لیزر قدرتمند به عنوان منبع انرژی استفاده می کند، این در حالی است که EBM از یک پرتو الکترون استفاده می کند .ماده مورد استفاده در EBM ، پودر فلزی است که در اثر تابش پرتو الکترونی که توسط کامپیوتر کنترل می شود، ذوب شده و لایه به لایه تا تشکیل نهایی قطعه ادامه می یابد .بر خلاف SLS ، در EBM پودر فلزی به طور کامل ذوب می شود. این روند معمولا در دماهای بالا تا 1000 درجه سانتیگراد انجام می شود .در مقایسه با SLM این روش نسبتا کند و گران است .دسترسی محدود به مواد از دیگر معایب این روش است .در حال حاضر مواد مورد استفاده این روش، تیتانیوم تجاری، Inconel 718 و Inconel 625 است .کاربرد EBM عمدتا در ایمپلنت های پزشکی و صنعت هوافضا می باشد.



راهنمای راه اندازی پرینتر سه بعدی

گام اول :اتصال پرینتر به کامپیوتر

- پرینتر را با استفاده از کابل USB به کامپیوتر متصل نمایید .
- در محیط ویندوز بلافاصله پس از اتصال پرینتر به کامپیوتر بورد پرینتر شناسایی میشود و برنامه های مربوطه به صورت خودکار نصب خواهند شد.
- در محیط ویندوز برنامۀ Reptier-Host را اجرا نمایید و برروی آیکون Connect کلیک نمایید .در صورتیکه اتصال پرینتر با موفقیت انجام شده باشد آیکون مربوطه آبی رنگ خواهد شد.

گام دوم :روشن نمودن چاپگر و ارسال فرمانهای حرکتی ساده

- چاپگر را به برق متصل نمایید و کلید نصب شده در پشت دستگاه را روشن نمایید .
- به مجرد اتصال پرینتر به برق و روشن نمودن آن سیستم فن داخلی پرینتر شروع به حرکت خواهد نمود که این امر عادی بوده و نشان دهندۀ عملکرد درست سیستم های الکترونیکی پرینتر است.
- در محیط ویندوز و در برنامۀ Repetier-Host برروی تب Manual Control کلیک نمایید .با کلیک بر روی دستورهای حرکتی میتوانید محل اولیه نازل نسبت به صفحه چاپ و مقدار تزریق اولیه جهت خوراک دهی مناسب در شروع فرآیند چاپ را تنظیم کنید.

گام سوم: نصب اکسترودر (ماژول تزریق دومحوره)

ماژول تزریق دومحوره به عنوان یکی از اجزای اصلی دستگاه تحویل داده شده است .این ماژول به راحتی با اتصال دو پیچ باکالیت نصب میگردد .دقت شود که پیچ تا انتها بسته شود، به صورتی که کاملا محکم شده و لقی مشاهده نگردد. سپس اتصال الکترونیک آن در جهت مناسب انجام شود. این اتصال جهت نصب آسان تر کارتریج ماده و حمل و نقل راحت تر دستگاه در نظر گرفته شده است.

گام چهارم: اتصال محفظهٔ مادهٔ چاپ(کارتریج فلزی پرفشار یا سرنگ طبی مجهز به پیستون فلزی)

پس از لود ماده، بنابر حجم ماده مصرفی، طول کلی آن متفاوت است .در ابتدا قسمت رزوهدار پیستون با دستگاه درگیر میشود .سپس با دادن اکسترود معکوس، ته پیستون با گلویی دستگاه مماس شده و واشر بسته میشود.

نکته :سطح پرینت بسته به نوع ماده متفاوت است .بهطور مثال برای پرینت مواد با حلال کلروفرم از سطح پلاستیکی استفاده میشود .همچنین در صورت استفاده از محلول های بسیار ویسکوز، بهتر است به دور قسمتهای دارای رزوه سرنگ فلزی نوار تفلون پیچیده میشود.

گام پنجم: تنظیم کردن وضعیت پرینت، آماده سازی فایل چاپ و پرینت.

کار با نرم افزارRepetier :

برای شروع کار با نرم افزار گزینه Connect انتخاب میشود.

Object Placement:

فایل شکل مورد نظر در این قسمت انتخاب و فراخوانی میگردد (با انتخاب گزینه +) سپس پس از فراخوانی، با چرخش شکل مکان مناسب برای آن انتخاب میشود. یکبارcenter object و یکبارlay flat زده میشود.

نکته :میتوان از گزینه scale object جهت چند برابر کردن شکل استفاده کرد.

Slicer:

در این بخش انتخاب گزینه configuration انجام شده و ورود به نرم افزار slic3r صورت می پذیرد .این نرم افزار از سه بخش تشکیل شده است printer settings ، filament settings، print settings.

در بخش print settings بایستی ارتفاع لایه و سرعت تعیین شود. در قسمت filament settings نرخ اکستروژن قابل تنظیم است. در بخش printer settings : retraction برای پل زدن را میتوان تنظیم کرد .در پایان بایستی فایل قطعه slice شود .این نرم افزار در بخش بعدی به طور کامل توضیح داده خواهد شد.

Print preview:

در این بخش زمان پرینت و تعداد لایه ها مشخص شده است .همچنین با انتخاب Show Single Layerمیتوان هر لایه پرینت را قبل از شروع بررسی کرد.

G-code editor:

زآنجایی که محل نازل در قسمت Manual control به صورت دستی تنظیم میشود خطهای ازE0 تا اولین دستور حرکت باید پاک شود و به جایG1 در سه خط اولG92 قرار داده میشود تا محل تعیین شده به عنوان مبدا در نظر گرفته شود .

```
G92 E0
G92 E0
G0 Z0.200 F300.000
G1 E-1.50000 F60.00000
G92 E0
G1 Z3.200 F300.000
G1 X92.020 Y91.914 F 300.000 (اولین دستور حرکتی)
```

Manual control:

در این بخش باید موقعیت سوزن برای شروع پرینت تنظیم شود.

پس از انجام همه موارد فوق روی start print کلیک شود تا فرآیند پرینت آغاز شود.

نکته :در صورت پاره شدن تارExtrusion Multiplier مناسبی انتخاب نشده و میتوان تزریق ۰/۱ دستی را به کمک Pause کردن پرینت و زدن کلید مربوط به آن تقویت شود .البته در اسلایس کردن بعدی مقدارExtrusion Multiplier را افزایش میدهیم تا نیاز به تزریق دستی برطرف شود.

نکته :در صورتی که تار به همراه سوزن کشیده شود ممکن است به دلیل مناسب نبودنLayer Hight باشد و باید مکان سوزن به صورت دستی پایین بیاید.

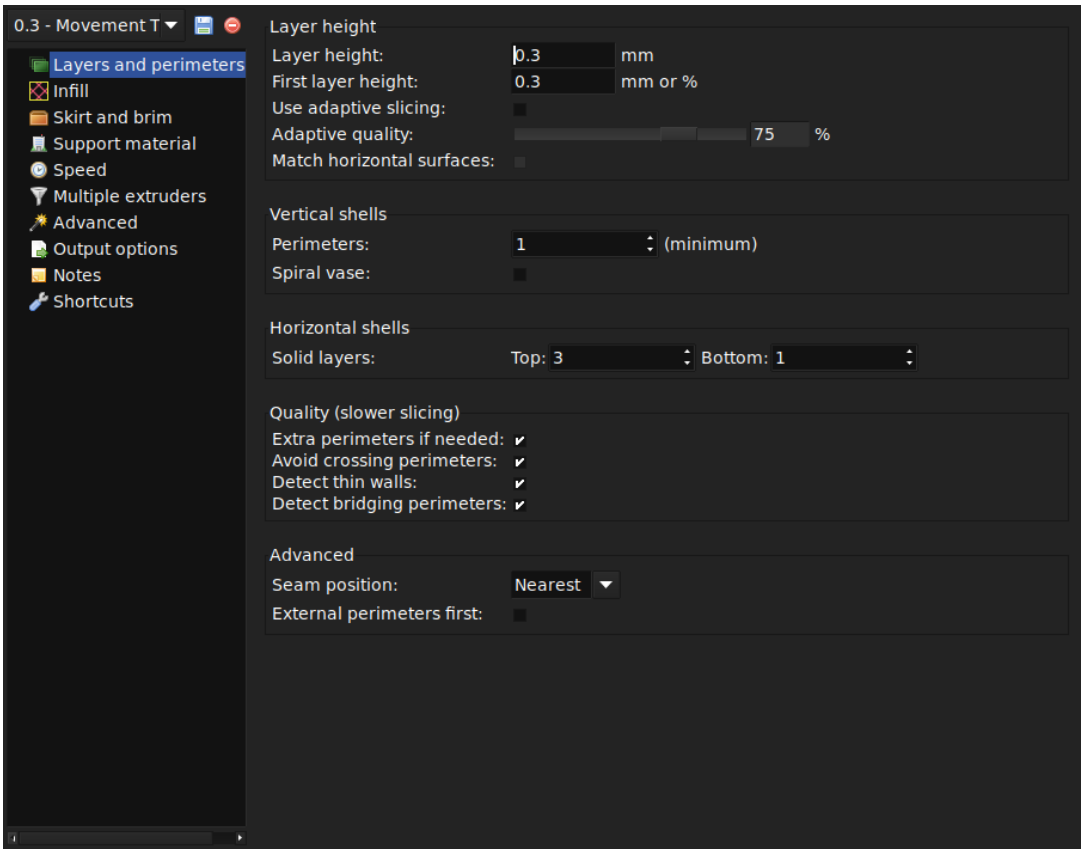
گام ششم: تمیز نمودن پرینتر و نگهداری آن

راهنمای نرم افزارSlic3r

تنظیمات چاپ: print setting

در این صفحه نمای کلی از تنظیمات پیکربندی موجود درSlic3r ارائه خواهد شد .هر گزینه پیکربندی دارای یک ابزار راهنمایی است و توصیه می شود آن نکات راهنمایی را بخوانید.

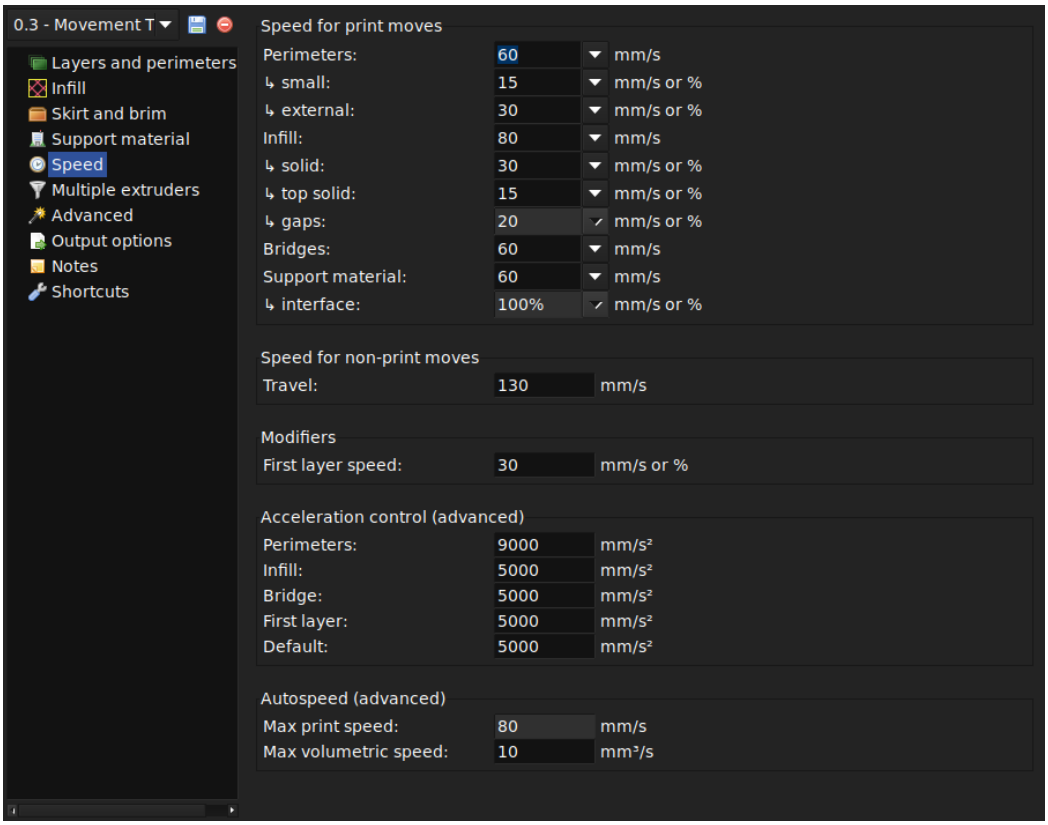
صفحه تنظیمات چاپ این امکان را برای تغییرات تنظیمات مربوط به چاپ واقعی فراهم می کند .در حالی که صفحه های دیگر به ندرت تغییر می کنند .تنظیمات بر روی این صفحه به صورت مرتب می تواند اصلاح شود.



لایه ها و محیط ها

ارتفاع لایه ضخامت هر لایه است. چندین فاکتور وجود دارد که تأثیر می گذارد تا هر لایه ارتفاعش باید چه قدرباشد. انتخاب ارتفاع لایه بستگی به سوزن مورد استفاده دارد و بتید اندکی کمتر از قطر داخلی سوزن انتخاب شود.

سرعت



دو سرعت کلی وجود دارد :حرکات چاپی و حرکات غیر چاپی.

سرعت متناسب با ویسکوزیته ماده انتخاب میشود.

travel

پرش بین پایان یک اکستروژن ومورد بعدی باید معمولا به سرعت انجام شود به منظور به حداقل رساندن هرگونه آشفتگی ایجاد شده که با بیرون زدن مواد از نازل ایجاد می شود.

تنظیمات رشته: filament setting

تنظیمات رشته معمولا به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد ،به عنوان مثال در هنگام دریافت یک رشته جدید از رول رشته.

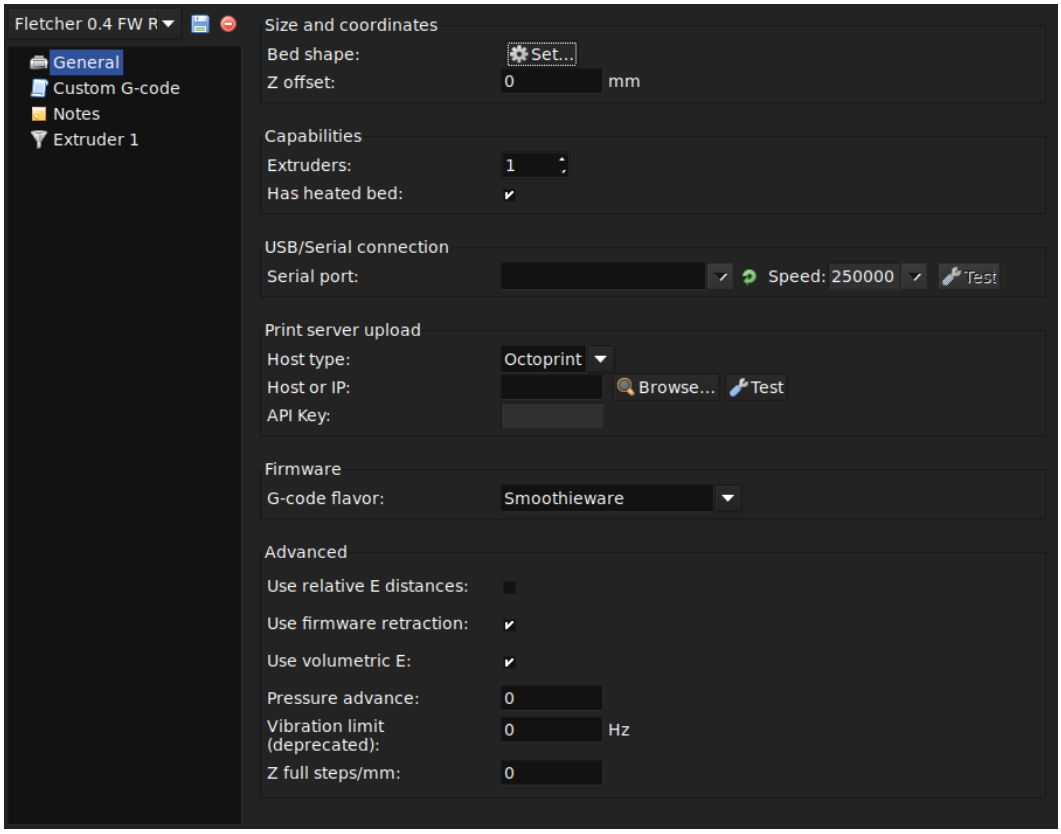
Extrusion multipleier

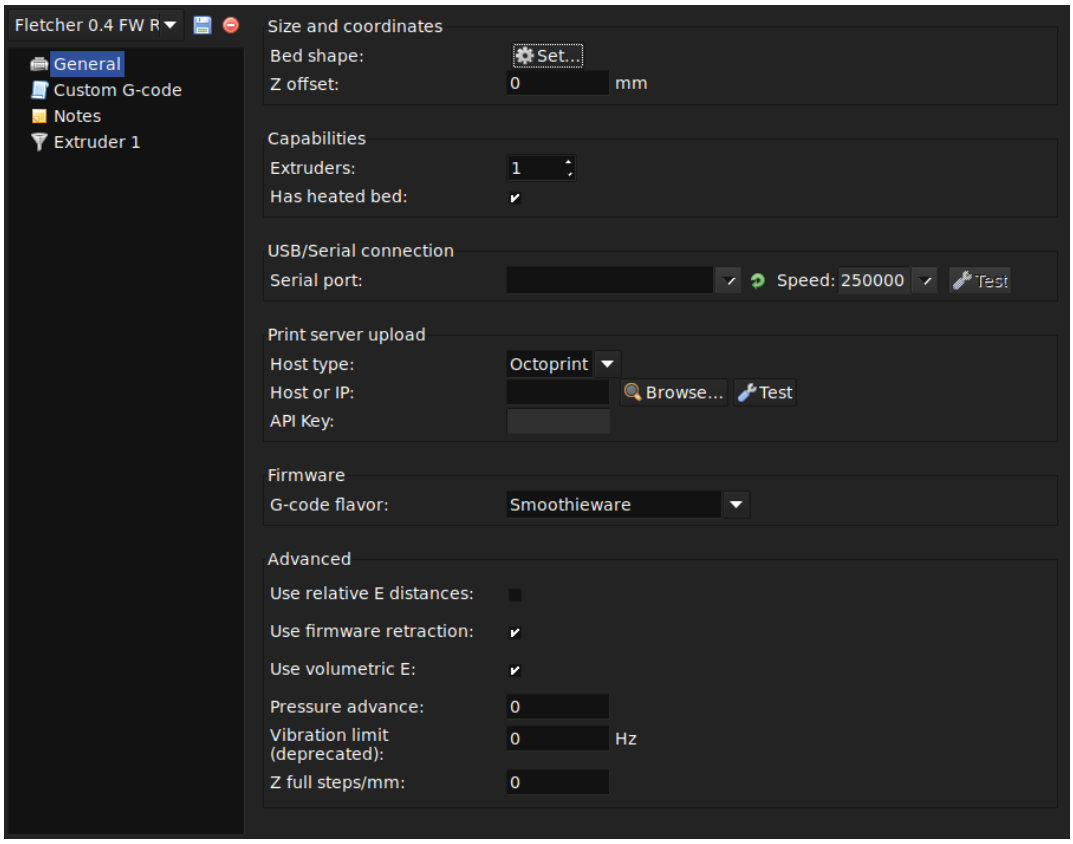
تنظیمات افزاینده اکستروژن اجازه تنظیم دقیق سرعت جریان اکستروژن را می دهد و به عنوان یک عامل داده می شود ، به عنوان مثال، 1 به معنای 100 ٪ است 1/5به معنای 150 ٪ است .

می توان با تغییر این مقدار ، تغییرات جزئی در روند آزمایش داد. اثر در حد ۰/۰۰۰۱ بسیار قابل مشاهده است.

تنظیمات چاپگر:printer setting

تنظیمات چاپگر کمترین به روز رسانی می شود ، مگر اینکه slic3r برای بسیاری از چاپگرها استفاده شود ، به عنوان مثال ، در مزرعه چاپگرسه بعدی.





تنظیمات اکسترودر: extruder setting

قطر نازل:

متناسب با طرح قطعه و ضخامت لایه ها و جنس ماده مورد استفاده انتخاب میشود.

انقباض: retraction

اگر موادی که اکسترود می شوند ویسکوزیته بسیار بالایی را دارا باشند به دلیل گرانش ممکن است بین اکستروژن ها چکیده شوند .این امر را

می توان با عقب کشیدن رشته بین اکستروژن ها ، برطرف کرد .تنظیم پارامتر طول بر روی یک مقدار مثبت باعث می شود قبل از سیر travel چند میلی متر رشته برگردانده شود یا انقباض خواهد شد. پس از آن به وسیله ی همان مقدار قبل از شروع حرکت مسیر جدید اکستروژن جبران می شود.