

ساخت پرینتر سه بعدی و توضیح چگونگی عملکرد این تکنولوژی برای چاپ قطعات پلیمری

خلاصه

ساخت پرینتر سه بعدی در واقع به دلیل استفاده از متداولترین و جدیدترین تکنولوژی‌های موثر در بهبود و افزایش تولید قطعات پلیمری، در سال‌های اخیر پیشرفت بسیار چشمگیری داشته است و از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در روش چاپ سه بعدی که توسط دستگاهی به نام **چاپگر سه بعدی** انجام می‌گیرد، مواد ترموپلاستیک با استفاده از مدل‌سازی رسوب ذوب شده (FDM) به صورت لایه به لایه تزریق می‌شوند و بدین ترتیب قطعات مورد نیاز تولید می‌شوند. با استفاده از انواع پرینترهای سه بعدی می‌توان فرآیند تولید را سرعت بخشید. برای آشنایی بیشتر با پرینترهای سه بعدی و نحوه عملکرد آنها در ادامه این مقاله با ما همراه باشید.



فهرست عناوین این مقاله:

1 - [فرآیند تولید افزایشی مورد استفاده در ساخت پرینتر سه بعدی](#)

2 - [پرینتر و چاپگر سه بعدی چیست؟](#)

3 - [نحوه عملکرد پرینت سه بعدی، معرفی نرم افزارها و فایل‌های مورد استفاده](#)

4 - [پیشینه و چگونگی ساخت پرینتر سه بعدی](#)

5 - [برخی از مزایای اصلی استفاده از پرینتر سه بعدی FDM](#)

6 - [تکنولوژی مدل‌سازی رسوب ذوب شده در ساخت پرینتر سه بعدی](#)

7 - [مراحل اصلی ساخت قطعه در روش پرینت سه بعدی FDM](#)

8- اصول کارکرد پرینترهای سه بعدی در سه مرحله

9- توجه به تولید سریع در ساخت قطعه با پرینتر سه بعدی

10- مزایا و معایب ساخت پرینتر سه بعدی با تکنولوژی FDM

11- طراحی و ساخت پرینتر سه بعدی

12- محاسبه گشتاور حرکتی در ساخت پرینتر سه بعدی

13- آزمایشها

فرآیند تولید افزایشی مورد استفاده در ساخت پرینتر سه بعدی

همانطور که گفته شد، ساخت پرینتر سه بعدی با هدف فرآیند تولید افزایشی به کار برده می‌شود. بر اساس استانداردهای ISO و ASTM52900-15 فرآیندهای تولید افزایشی به هفت دسته اصلی و مهم تقسیم‌بندی می‌شود:

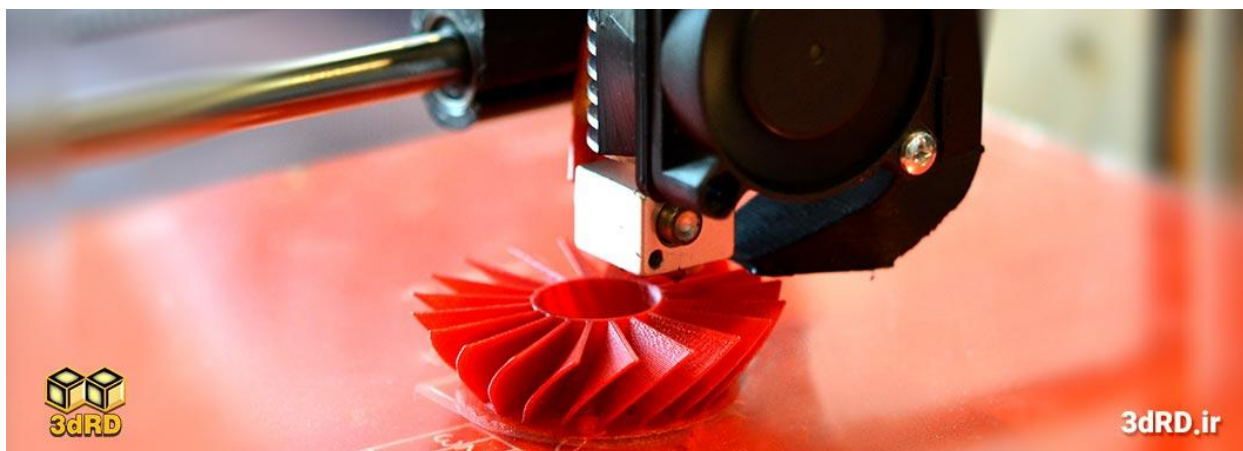
1. پاشش چسب
2. رسوب انرژی هدایت‌شده
3. تزریق مواد
4. پاشش مواد
5. همجوشی با بستر پودری
6. لایه نشانی ورق‌ها
7. فتوپولیمریزاسیون

پرینترهای سه بعدی نیز با استفاده یکی از موارد تولید افزایشی برای تولید لایه به لایه قطعات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پرینتر و چاپگر سه بعدی چیست؟

مراحل ساخت پرینتر سه بعدی بر اساس ربات دلتا (ربات سه بازو) برای انواع طراحی‌های صنعتی و تولیدی صورت می‌گیرد. با استفاده از پرینترهای سه بعدی می‌توان هر یک از قطعات پیچیده و دشوار را به روش لایه‌لایه تولید کرد. برای ساخت پرینتر سه بعدی FDM از ربات دلتا استفاده می‌شود. این ربات با پرینت و تولید لایه‌لایه قطعات می‌تواند روند تولید افزایشی را پیش گیرد. مواد مورد نیاز برای پرینت سه بعدی نیز انواع فیلامنت پلیمری نظیر PLA , ABS , POM , PETG , PC نایلون، انعطاف‌پذیر و دیگر فیلامنت‌های موجود برای پرینترهای FDM است.

پرینت سه بعدی به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که برای تولید افزایشی به کار برده می‌شود. در این روش پرینتر با استفاده از فایل دیجیتالی، قطعه مورد نیاز را به صورت لایه به لایه تولید می‌کند. در پرینت سه بعدی تمام لایه‌های یک قطعه به صورت مرحله‌ای و لایه به لایه تولید می‌شوند و این فرآیند تا آخرین مرحله ادامه می‌یابد.



پرینتر سه بعدی در حال ساخت قطعه

نحوه عملکرد پرینت سه بعدی، معرفی نرم افزار ها و فایل های مورد استفاده

در فرآیند پرینت سه بعدی FDM برای ساختن قطعه در ابتدا طراحی سه بعدی آن قطعه در محیط نرم افزارهای مانند سالیدورک و اتوکد انجام می‌شود. طراحی انجام شده در محیط نرم افزارهای طراحی صنعتی به محیط نرم افزار پرینتر سه بعدی انتقال داده می‌شود. محیط نرم افزارهای پرینترهای سه بعدی به گونه‌ای است که با استفاده از دستورات، تمام لایه بندی‌های انجام شده در طراحی صنعتی را در قالب یک فایل متنی ذخیره کرده و توسط پرینتر سه بعدی آن را اجرا می‌کند.

در ساخت سه بعدی قطعات از نرم افزارهای اسلایسر استفاده می‌شود. اسلایسر، فایل ایجاد شده در نرم افزارهای طراحی را به فرمت STL تبدیل می‌کنند. نرم افزارهای اسلایسر طراحی‌های انجام شده را به هزاران لایه یا چند لایه دوبعدی تبدیل می‌کنند. این لایه‌های تقسیم شده توسط پرینترهای سه بعدی در لایه‌های جداگانه و به صورت برش‌های افقی تولید شده و بدین صورت فرآیند تولید افزایشی انجام می‌گیرد.

نرم افزارهای (Slic3r)، cura ،mankati و ... (از جمله نرم افزارهای معروف و کاربردی اسلایسر هستند که برای پرینت سه بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند).

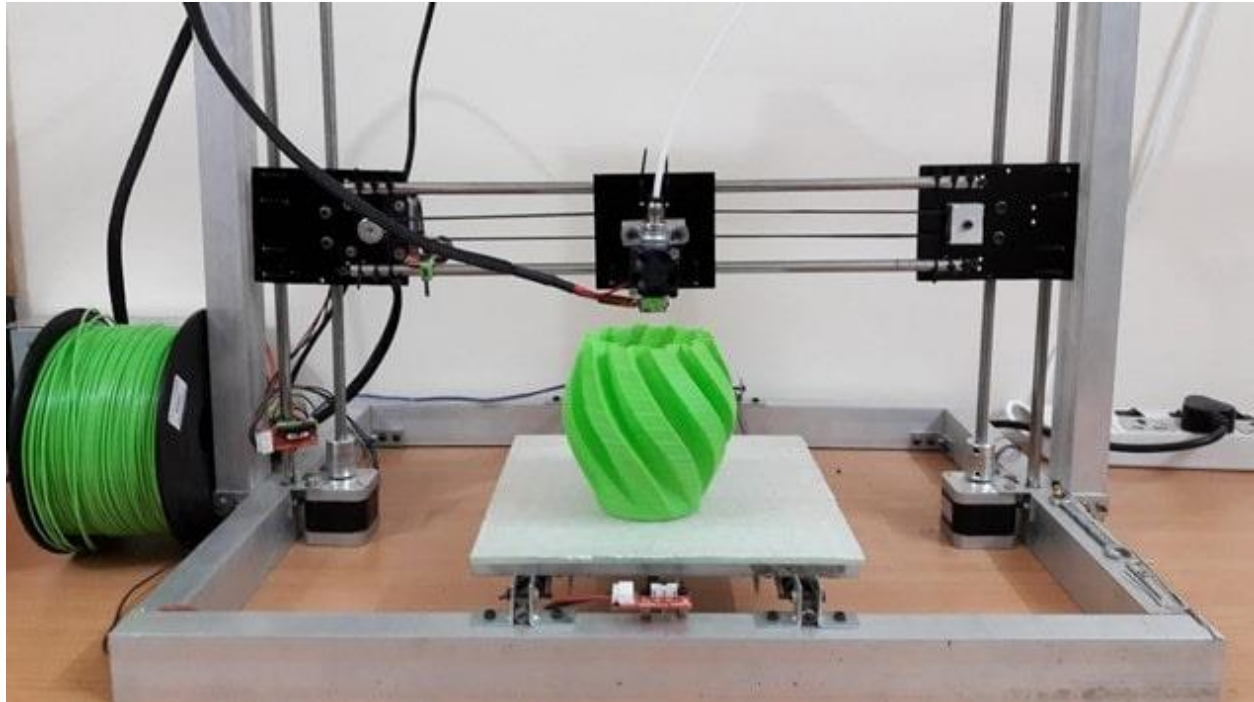
در ساخت قطعه با پرینتر سه بعدی بدون در نظر گرفتن نوع پرینتر در ابتدا باید طراحی انجام شده و به لایه‌های دوبعدی تقسیم شود. ضخامت لایه‌ها نیز به چاپگر سه بعدی، مواد و متریکال مورد استفاده در این پرینترها و نوع قطعه مورد نظر بستگی دارد. در حالت کلی چنانچه ضخامت لایه‌های تولید شده کمتر باشد، زمان زیادی برای تولید یک قطعه لازم است و می‌توان گفت در این صورت قطعه، سطح بیرونی یکنواخت‌تری خواهد داشت.

پیشینه و چگونگی ساخت پرینتر سه بعدی

عملکرد و نحوه ساخت پرینتر سه بعدی روز به روز در حال پیشرفت بوده و نرم افزارهای آنها نیز در حال توسعه و پیشرفت است. چاپگرهای سه بعدی در ابتدا فقط قادر به تزریق موادی پلاستیکی بودند در حالی که امروزه مواد مختلفی مانند تیتانیوم نیز می‌تواند در داخل پرینتر سه بعدی قرار گرفته و به قطعه مورد نظر تبدیل شود. کاهش زمان تولید، حذف ابزار آلات پیچیده و ساده کردن روش تولید از جمله مهم‌ترین مزایای استفاده از پرینترهای سه بعدی است. با استفاده از چاپگر سه بعدی بخش بزرگی از اتلافات موجود در روش‌های تولید سنتی کاهش یافته و چرخه اقتصادی مقرون به صرفه‌ای ایجاد خواهد شد. در ادامه به مواردی از تحقیقات و یافته‌های دانشمندان و متخصصین در زمینه ساخت پرینتر سه بعدی می‌پردازیم.

از نخستین افرادی که توانستند با استفاده از ساخت چاپگر سه بعدی FDM قطعات کامپوزیتی پلیمری - فلزی تولید کنند، پروفیسور سید حسن مسعود (دانشگاه فناوری سوئینبرن استرالیا) و همکارانش بودند. این قطعات از جنس آهن / نایلون بودند و برای تولید اینسرت قالب‌های تزریق پلاستیک استفاده می‌شدند.

بهینه‌سازی متغیرهای چاپ قطعات ساخته شده در پرینت سه بعدی از جنس ABS با چاپگر سه بعدی FDM از دیگر پیشرفت‌هایی بود که توسط لی و همکارانش انجام پذیرفت. در ابتدا متغیرهای همپوشانی بین رشته‌ها، زاویه رشته‌ها، عرض رشته‌ها و ضخامت لایه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از روش تاگوچی، عمل الاستیک قطعات بهینه‌سازی شد.



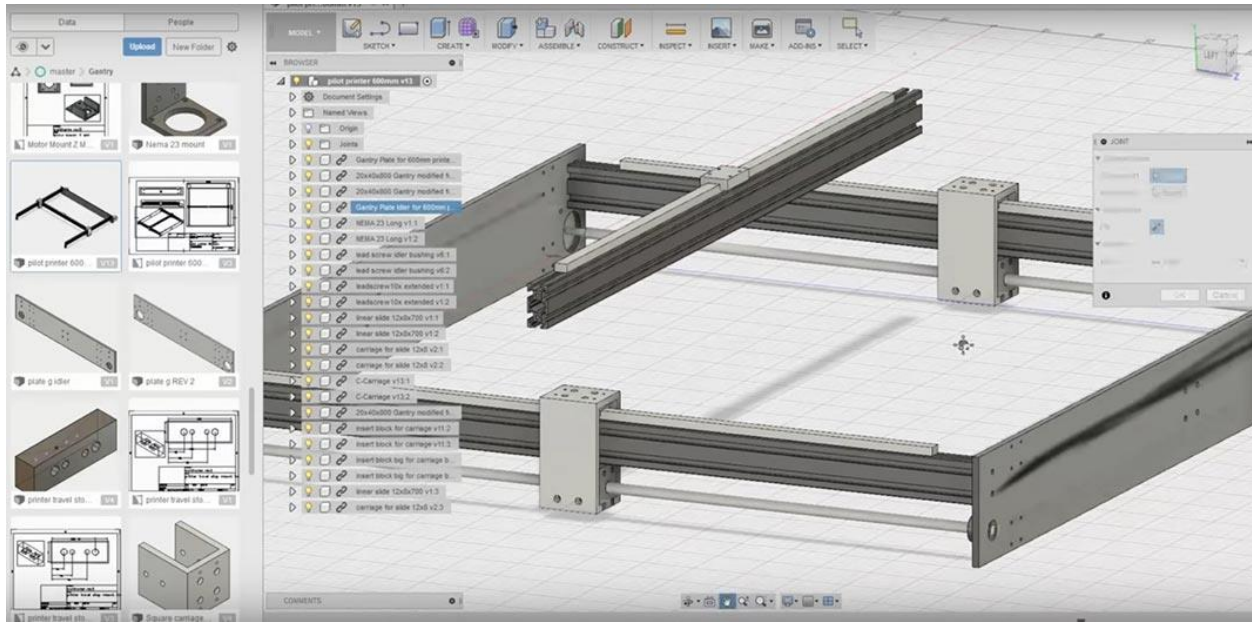
تولید قطعه توسط چاپگر سه بعدی

علاوه بر تمام یافته‌ها و پیشرفت‌ها، مقاله‌ای در خصوص **ساخت پرینتر سه بعدی** با عنوان "تأثیر پارامترهای بحرانی در کیفیت فرآیند مدل‌سازی رسوب ذوب شده" توسط آنیتا و همکارانش منتشر گردید. در این مقاله میزان تأثیر فاکتورهای مختلف فرآیند FDM بر کیفیت نمونه سازی سریع با استفاده از آزمایشاتی به دست آورده شد. این آزمایشات با هدف کاهش زبری پرینترهای سه بعدی انجام گرفت. سه فاکتور ضخامت لایه، ضخامت راستا و سرعت در 18 آزمایش با روش تاگوچی مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه کلی این مقاله و آزمایشات این بود که ضخامت لایه مهم‌ترین و تأثیرگذارترین فاکتور در بهبود کیفیت پرینت سه بعدی است.

برخی از مزایای اصلی استفاده از پرینتر سه بعدی FDM

- کاهش زمان و هزینه مورد نیاز برای طراحی و تولید محصول
- انجام نمونه سازی با دقت بسیار بالا و کاهش ریسک تولید قطعات معیوب
- افزایش سرعت و راحتی فرآیند تولید قطعات پیچیده
- از بین بردن محدودیت‌های موجود برای ساخت قطعات پیچیده
- تولید محصولات رقابتی و جدید در بازار
- عرضه محصولات در بازارهای متنوع
- افزایش راندمان تولید و کاهش نیاز به دستگاه‌های پیچیده

در ادامه این مطلب در مورد **ساخت پرینتر سه بعدی**، معرفی تکنولوژی مدل‌سازی رسوب ذوب شده با روش مختصات قطبی، اصول کار پرینتر سه بعدی با تکنولوژی FDM، مزایا و معایب پرینتر سه بعدی تکنولوژی FDM با مختصات قطبی و همچنین روند طراحی مدل پیشنهادی خواهیم پرداخت. پس از معرفی مراحل مورد نظر، آزمایشات و نتایج حاصل از آن در این زمینه آورده خواهد شد.



طراحی پرینتر سه بعدی

>> بیشتر بدانید: [تولید بافت بیولوژیک با پرینتر سه بعدی](#)

تکنولوژی مدل‌سازی رسوب ذوب شده در ساخت پرینتر سه بعدی

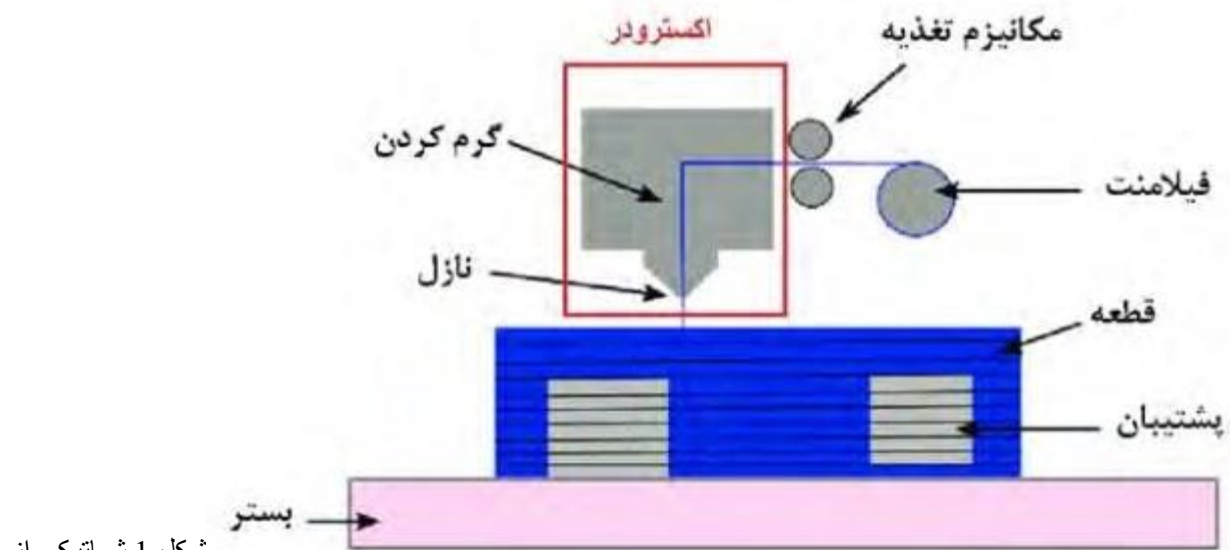
یکی از متداول‌ترین تکنولوژی‌های مورد استفاده در ساخت پرینتر سه بعدی، تکنولوژی مدل‌سازی رسوب ذوب شده با روش مختصات قطبی FDM است. این تکنولوژی توسط شرکت Stratasys ثبت شده است. با استفاده از این فناوری تولید و ایجاد نمونه‌هایی در بازه زمان‌های بسیار کوتاه فراهم می‌شود. تولید فیلامنت ذوب شده یا FFF نام دیگر و شناخته شده این تکنولوژی است.

شرکت Tractus3D یکی از شرکت‌های معتبر است که تمام پرینترهای صنعتی آن از این تکنولوژی استفاده می‌کنند. در ساخت قطعه با پرینتر سه بعدی FDM حرکات به صورت افقی و عمودی در نظر گرفته شده است و توسط یک نازل اکستروژن متحرک روی پلتفرم تمام عملیات برش انجام می‌شود. در این نوع از پرینترها از مواد ترموپلاستیکی که به نقطه ذوب می‌رسند، استفاده می‌شود. این مواد که به نقطه ذوب می‌رسند، به صورت لایه به لایه برش خورده و قطعات مهم را تولید و ایجاد می‌کنند.

در این مرحله از ساخت قطعه توسط پرینتر سه بعدی پس از هر برش لایه به لایه می‌توان طرح برش خورده را به طور واضح مشاهده کرد. تمام این مراحل تا رسیدن به سطوح بالا و لایه‌های بالاتر ادامه پیدا می‌کند. در مرحله آخر نیز موادی که به عنوان ساپورت در سیستم قرار گرفته بودند، از سیستم برداشته می‌شوند.

سان و همکارانش از دیگر دانشمندان و محققینی بودند که کیفیت پیوند میان مسیرهای رسوب داده شده، به حرارت محفظه ساخت و شرایط انتقال حرارت همرفتی در داخل قطعه را مورد بررسی قرار دادند. شکل 1 شماتیکی از فرآیند چاپ با [پرینتر FDM](#) را نشان می‌دهد که نحوه رسوب گذاری فیلامنت بر روی پلتفرم را نشان داده است.

برای ساخت مدل‌های مفهومی، آزمایش نمونه و برقراری ارتباط بین طراحی و نمونه نهایی، روش FDM بسیار مناسب است. نمونه‌هایی که ساخته می‌شوند، می‌توانند نمونه‌های اولیه کاربردی باشند که در سنجش عملکرد به کار می‌روند.



شکل 1 شماتیکی از

تکنولوژی مدلسازی رسوب ذوب شده FDM

مراحل اصلی ساخت قطعه در روش پرینت سه بعدی FDM

- 1- ساخت و طراحی مدل CAD قطعه مورد نظر با استفاده از نرم افزارهای طراحی (سالیدورک، اتوکد و ...)
- 2- تبدیل مدل CAD طراحی شده در محیط نرم افزارهای طراحی به فرمت STL
- 3- انتقال فایل STL به نرم افزارهای ورقه کن و اسلایسر مانند Slic3r و گرفتن G-Code
- 4- انتقال G-Code به ماشین های چاپ سه بعدی و اجرای فرآیند
- 5- تمیز کاری نمونه و انجام عملیات بعدی و اتمام فرآیند ساخت قطعات



قطعات ساخته شده با پرینتر سه بعدی

اصول کارکرد پرینترهای سه بعدی در سه مرحله

همان‌طور که گفته شد قبل از ساخت یک قطعه توسط پرینتر سه بعدی، طرح آن در ابتدا در نرم افزارهای طراحی ساخته شده و سپس به نرم افزارهای مخصوص چاپگر سه بعدی منتقل می‌شود. در ادامه به بررسی هر یک از مراحل مورد نظر در ساخت قطعه با پرینتر سه بعدی می‌پردازیم.

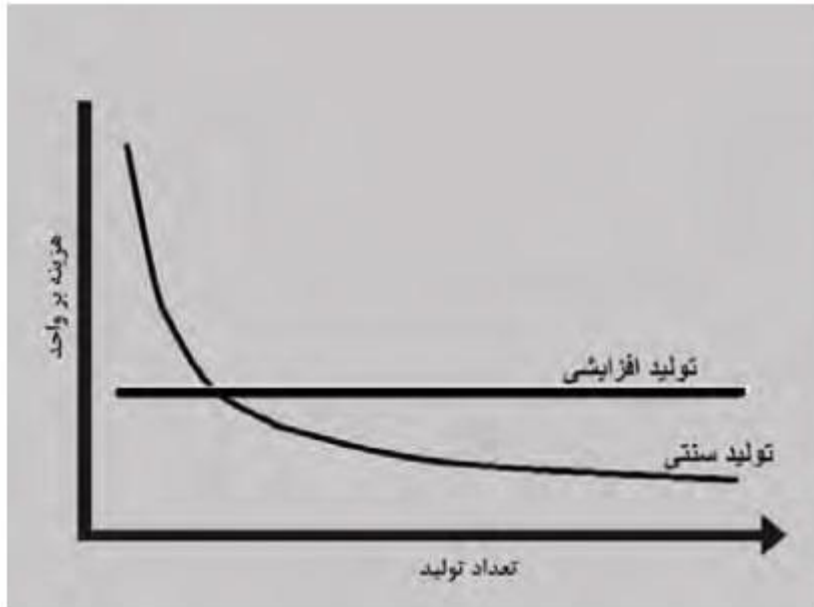
مرحله 1: در مرحله اول فیلامنت و مواد اولیه به دور قرقره‌ای پیچیده شده و بر روی پرینتر نصب می‌شود. پس از این مرحله دمای نازل پرینتر به دمای مورد نظر می‌رسد و فیلامنت به درون اکسترودر هدایت می‌شود. در نهایت فیلامنت در درون نازل ذوب می‌شود. پس از ذوب شدن فیلامنت برای لایه نشانی آماده است و دستگاه می‌تواند لایه مورد نظر خود را تولید کند.

مرحله 2: در مرحله بعدی مکانیزمی که سه درجه آزادی دارد و در راستاهای X و Y و Z حرکت کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مکانیزم به اکسترودر متصل است. اکسترودر با استفاده از همین بازویی، ماده مذاب را بر روی مسیرهای از پیش تعیین شده، لایه نشانی می‌کند. با توجه به اینکه دمای پرینتر در این مرحله برای ذوب کردن فیلامنت بالا می‌رود، در این مرحله به کمک یک فن که در قسمت هد پرینتر قرار می‌گیرد، خنک و جامدسازی می‌شود.

مرحله 3: در مراحل بعدی نازل پرینتر چندین مرحله این مسیر را طی می‌کند تا تولید لایه‌های بعدی و در نهایت تولید قطعه با موفقیت انجام شود.

توجه به تولید سریع در ساخت قطعه با پرینتر سه بعدی

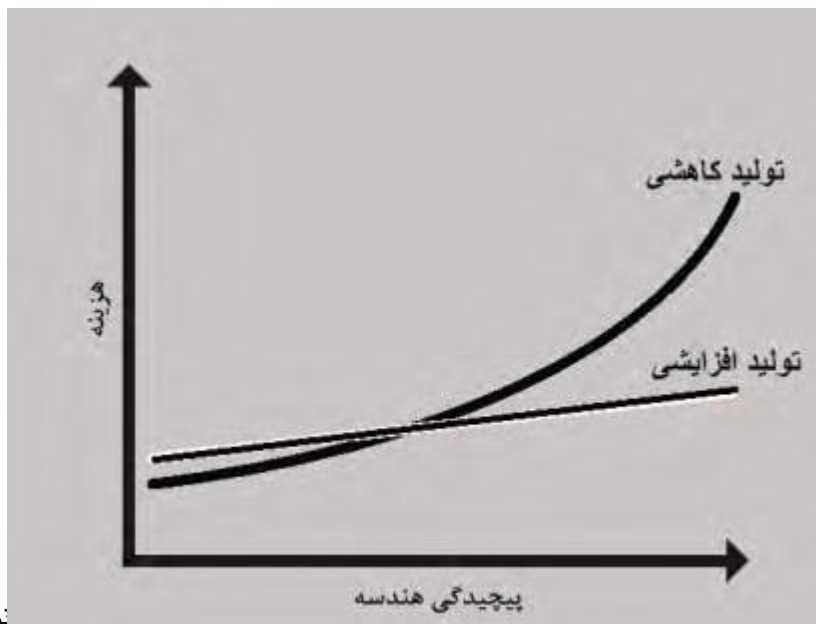
یکی از مهم‌ترین اصل‌هایی که در ساخت چاپگر سه بعدی در نظر گرفته شده است، تسریع فرآیند تولید است. با استفاده از پرینتر سه بعدی می‌توان قطعات با حجم تولید کم را به صورت اقتصادی‌تر نیز تولید کرد. نمودار 1 مقایسه هزینه تولید در روش‌های سنتی و تولید افزایشی بر اساس حجم تولید را نشان می‌دهد.



نمودار 1 مقایسه هزینه تولید در

روشهای سنتی و تولید افزایشی بر اساس حجم تولید

با استفاده از پرینتر سه بعدی زمان فرآیند پرینت برای چند قطعه به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر می‌شود. در حالت کلی زمانی که برای پرینت سه بعدی در نظر گرفته می‌شود، کمتر از زمان مورد نیاز برای ساخت قالب‌ها و ابزارهای پیچیده شکل‌دهی است.



نمودار 2 مقایسه هزینه تولید در فرآیندهای

تولید افزایشی و کاهش‌ی برحسب پیچیدگی هندسه قطعات

پیش از رایج شدن ساخت پرینتر سه بعدی، با توجه به پیچیدگی‌تر شدن قطعات، هزینه تولید نیز به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کرد. اما با استفاده از پرینترهای سه بعدی، با افزایش پیچیدگی قطعه، هزینه تولید آن تغییر آن چنانی نخواهد داشت و هزینه تولید تقریباً ثابت خواهد ماند. نمودار 2 مقایسه هزینه تولید در فرآیندهای تولید افزایشی و کاهش‌ی برحسب پیچیدگی هندسه قطعات را نشان می‌دهد.

>> بیشتر بدانید: [چاپ سه بعدی قلب انسان](#)

مزایا و معایب ساخت پرینتر سه بعدی با تکنولوژی FDM

استحکام بالای قطعات ساخته شده توسط پرینتر سه بعدی:

فرآیند استفاده شده در چاپ FDM قابلیت ساخت نمونه‌هایی مشابه قطعات اصلی را دارد. نمونه‌های FDM از مواد ABS تولید می‌شوند که استحکام محصول اصلی را تا 85% حفظ می‌کنند.

به حداقل رساندن اتلاف مواد:

در ساخت قطعه توسط پرینتر سه بعدی با استفاده از فرآیند FDM، قطعات مورد نظر توسط تزریق مواد نیمه مذاب تولید می‌شوند. همین نیمه مذاب بودن مواد باعث می‌شود تا اتلافات و هدررفت مواد و متریال اولیه به حداقل ممکن برسد. در نتیجه مواد مورد نیاز به میزان لازم و کافی استفاده می‌شود و اتلافات مواد اولیه کاهش می‌یابد.

کاهش مراحل تولید قطعات:

یکی از جالب‌ترین خصوصیات که فرآیندهای FDM دارند استفاده از سازه‌های پشتیبان شده است. با استفاده از WaterWorks و BASS سازه‌های پشتیبان ایجاد شده به آسانی شکسته شده یا حل می‌شوند. بدین صورت پس از تولید قطعات عملیات خاصی برای پردازش مورد نیاز نمی‌باشد.

لازم به ذکر است که ساخت قطعات با پرینتر سه بعدی و استفاده از این تکنولوژی برای تولید قطعات پیچیده مزایای دیگری نیز دارد که عبارت است از:

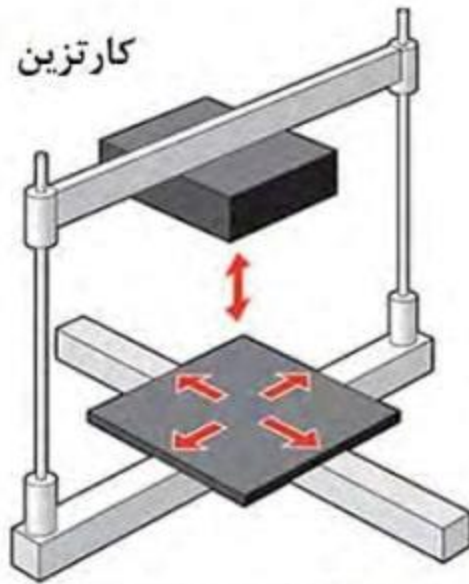
- خصوصی سازی سفارش و قابلیت تولید هر نوع سفارش پیچیده
- استفاده از مواد غیر سمی و نیمه مذاب
- کاهش زمان تولید قطعات طراحی شده
- کیفیت بالای قطعات تولید شده.

با توجه به تمام مزایایی که برای چاپگر سه بعدی نام برده شد، استفاده از پرینتر سه بعدی با تکنولوژی FDM با مختصات قطبی معایبی نیز دارد. از جمله مهم‌ترین معایب چاپگرهای سه بعدی عبارت است از:

- محدودیت در مواد اولیه و متریال مورد نیاز
- استحکام پایین قطعات در راستای عمود

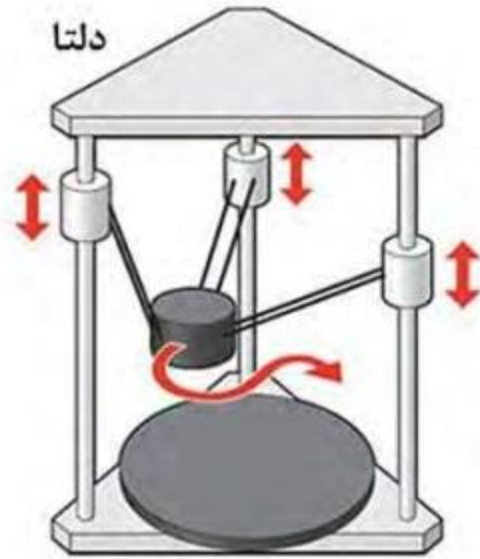
طراحی و ساخت پرینتر سه بعدی

امروزه پرینتر سه بعدی کاربردهای فراوانی در صنعت دارد و هر روز به تعداد آنها افزوده می‌شود. این پرینترها بر اساس ربات موازی دلتا ساخته می‌شوند و شش درجه آزادی دارند. همین مشخصات باعث شده تا این نوع از پرینترها در بین مابقی پرینترها مراحل ساخت پیچیده‌تری داشته باشند.



کارتزین

هر عضو تنها در یک جهت حرکت می کند

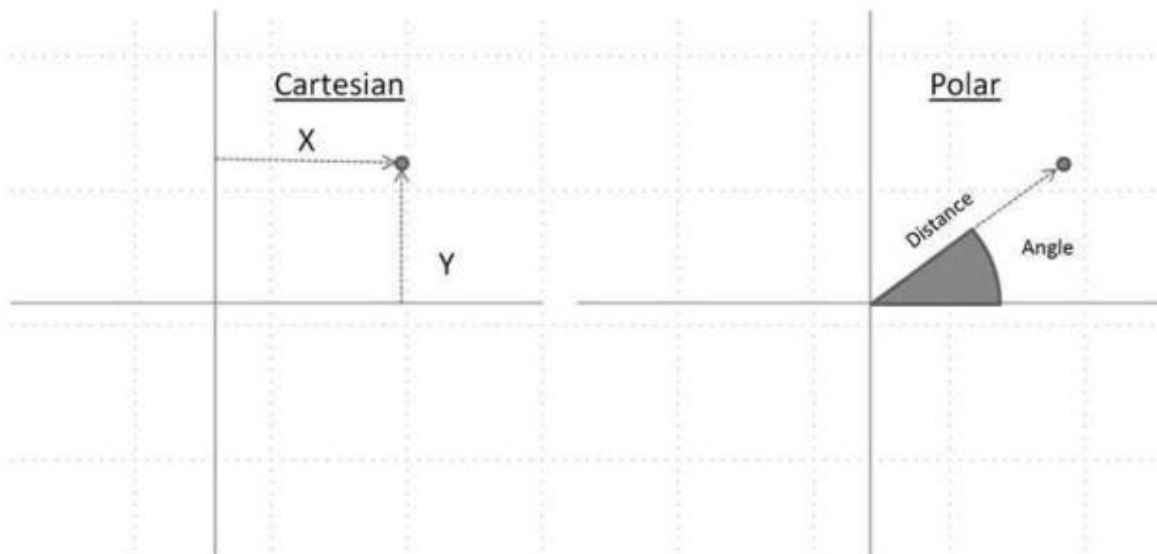


دلتا

سر پرینتر می تواند به سرعت در هر جهتی حرکت کند

شکل 2 مقایسه درجات آزادی پرینتر دلتا و کارتزین

همان گونه که در شکل 2 نمایش داده شده است در پرینتر سه بعدی قطبی نازل پرینتر می تواند در فضای سه بعدی حرکت کند. این در حالی است که در پرینترهای دیگر مانند پرینتر کارتزین هر عضو در فضایی دوبعدی حرکت می کند. برخی از پارامترها و مشخصه های پرینترهای سه بعدی FDM به عنوان مشخصه های تأثیرگذار در خروجی دستگاه در نظر گرفته می شوند.



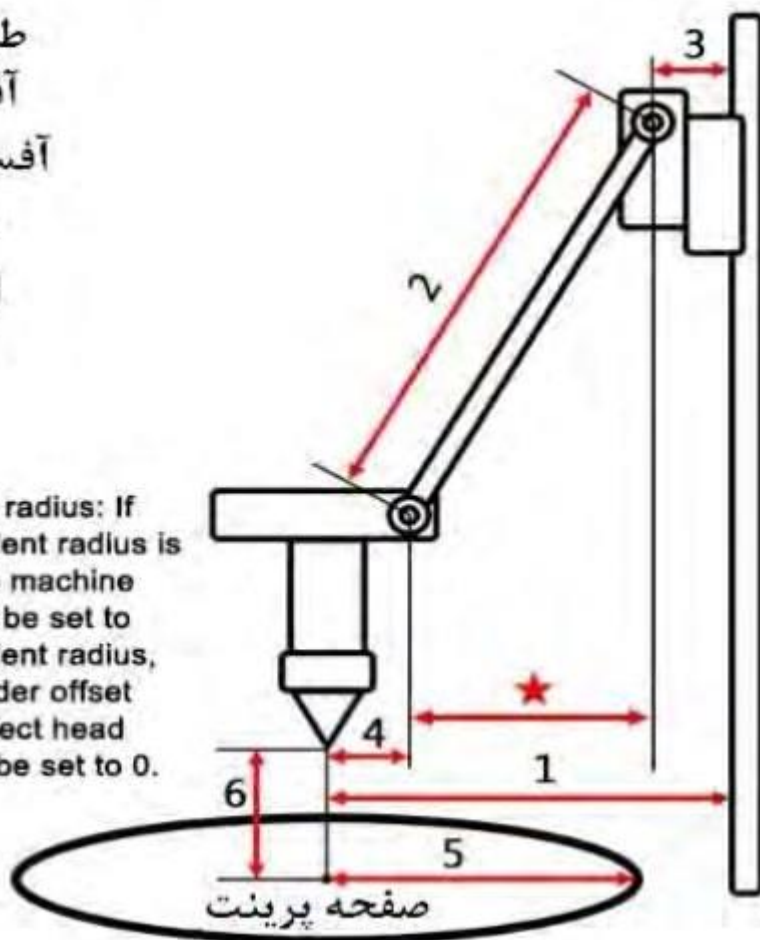
شکل 3 متغیرهای ابعادی پرینترهای قطبی و کارتزین

همان‌طور که در شکل 3 قابل مشاهده است، پارامترهایی چون زاویه و اندازه بازو مشخصه‌هایی هستند که حرکت پرینتر به این پارامترها بستگی دارد. در این پژوهش نیز این پارامترها مورد بررسی قرار گرفته و مقادیر آنها به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است.

در شکل 4 این پارامترها به همراه شمارمگذاری نمایش داده شده است.

1. شعاع پرینتر
2. طول میله فشار
3. آفست کشویی
4. آفست سر اصلی
5. شعاع پرینت
6. ارتفاع پرینت
- ★ شعاع معادل

Equivalent radius: If the equivalent radius is known, the machine radius can be set to the equivalent radius, and the slider offset and the effect head offset can be set to 0.



شکل 4

پارامترهای موثر چاپ سه بعدی قطبی

در جدول 1 پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه گشتاور اجزاء متحرک در محورهای قید شده است.

مقدار	پارامتر محور	علامت اختصاری
۷۰۰ gr	وزن کالسکه	m_y
۲۳۰ gr	وزن کله گی	m_h
۸۰ mm/s	سرعت خطی	S
۵۰۰ mm/s ²	شتاب خطی	L_{ac}
۹۵٪	بازده تسمه GT2	η
۵/۴ kg.mm	اینرسی روتور	R_{inr}
۲۰ عدد	تعداد دندانه پولی	n_{te}
۲mm	گام دندانه پولی	p
۰/۰۵	ضریب اصطکاک شفت راهنما	μ
۹/۸۰۷ m/s ²	شتاب گرانش	G

جدول 1 پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه گشتاور محورها

چنانچه علم و اطلاعات کافی در مورد هر یک از اجزای پرینترهای سه بعدی در دسترس باشد، نگهداری اصولی پرینترها نیز آسان خواهد بود. علاوه بر آن با دانستن هر یک از مشخصات پرینترها می‌توان کیفیت، قدرت و سرعت آنها را نیز بهینه کرد و در مواردی آنها را افزایش داد. علاوه بر تمامی اطلاعاتی که گفته شد، با دانستن اجزای اصلی پرینترها و نحوه ساخت پرینتر سه بعدی می‌توان ماشین مناسب را انتخاب کرده و قطعات مخصوصی از دستگاه را متناسب با نیاز خود تقویت کرد.

محاسبه گشتاور حرکتی در ساخت پرینتر سه بعدی

گشتاور حرکتی هر یک از اجزای پرینتر در کیفیت نهایی قطعات تولید مؤثر است. بدین ترتیب مراحل و نحوه محاسبه هر یک از گشتاورها نیز بسیار مهم است. برای محاسبه گشتاور مراحل محاسبات زیر به ترتیب انجام می‌شود:

- محاسبه قطر پولی
- محاسبه سرعت دورانی
- محاسبه اینرسی کلگی دستگاه
- محاسبه گشتاور شتاب
- محاسبه گشتاور نیرو
- محاسبه گشتاور کل
- مقایسه گشتاور کل با گشتاور مجاز موتور

- نرم‌افزار Repetier-Host یا به عبارتی "ورقه کن"

برای ورقه‌ورقه کردن مدل طراحی شده و دریافت G-Code از نرم‌افزارهای ورقه کن استفاده می‌شود. این نرم‌افزار بر اساس شرایطی مانند ارتفاع لایه‌ها، سرعت رسوب گذاری و دیگر پارامترها که توسط اپراتور دستگاه انجام می‌شود، عملیات ورقه‌ورقه کردن مدل وارد شده به فضای نرم‌افزار را انجام می‌دهد. پس از ورقه‌ورقه کردن مدل بر اساس ارتفاع لایه‌ها، هر ورقه از مدل بر اساس ضخامت راسترها به خطوط طبق شکل 5 تبدیل می‌شود. پس از انجام کلیه فرآیندهای مربوط به ورقه‌ورقه کردن و تبدیل مدل به خطوط بر اساس شرایط تعیین شده، فایل با فرمت text به عنوان خروجی دریافت می‌شود.

• نرم‌افزار مارلین Marlin

در ساخت پرینتر سه بعدی نرم‌افزار مارلین برای معرفی و شناساندن سخت‌افزار دستگاه به مادربرد MKS به کار برده می‌شود. همچنین نرم‌افزار مارلین نحوه حرکت و نام و مشخصات سخت‌افزار دستگاه را نیز به مادربرد می‌شناساند.

آزمایش‌ها

شرایط ساخت نمونه و اندازه‌گیری

برای انجام این آزمایشات از 9 نمونه و سمپل که جنس همه آنها از پلیمر PLA بود، استفاده شد. تمام قطعات و نمونه‌های استفاده شده به شکل مکعب مستطیل به طول 50 میلی‌متر، عرض 40 میلی‌متر و ارتفاع 10 میلی‌متر در نظر گرفته شدند. هنگام ساخت تمام مکعب مستطیل‌ها برای طول از راستای محور X دستگاه، برای عرض از راستای محور Y و برای ارتفاع از راستای محور Z دستگاه چاپ و پرینت سه بعدی استفاده شد.



شکل 6 نمونه ای از قطعات ساخته شده

در شکل 6 تصویری از قطعات ساخته شده با دستگاه پرینتر سه بعدی نشان داده شده است. همچنین پارامترهایی که در طول فرآیند ثابت هستند در جدول 2 ذکر شده است.

ضخامت
راستر 2/3

قطر
فیلامنت 75/1 میلی‌متر

دما
222 درجه
سانتیگراد

تمام ابعادی که برای ساخت پرینتر سه بعدی مورد استفاده قرار می گیرند با واحد میکرومتر 0/01 اندازه گیری می شوند. مکعب مستطیل هایی که برای آزمایش ها در نظر گرفته می شوند، هر وجه از آنها در شش نقطه متفاوت اندازه گیری می شوند و میانگین شش عدد به دیت آمده به عنوان عدد مبنا در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفته است.

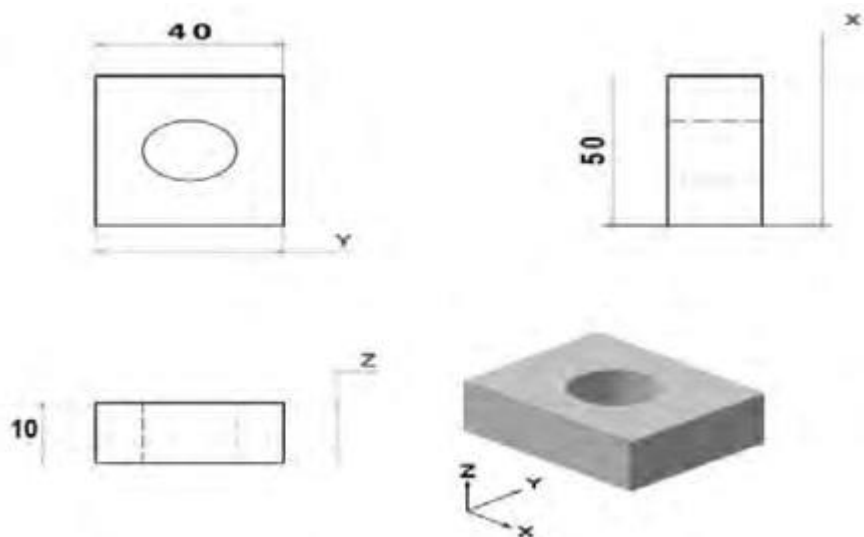
اطلاعات بیشتر: [قیمت پرینتر سه بعدی dRD3](#)

طرح آماری

طرح های آماری استفاده شده در آزمایشات مربوط به ساخت پرینتر سه بعدی با استفاده از روش L9 Taguchi انجام شد. موارد چاپی (PM)، نرخ پرش (IR)، تعداد پوسته ها (NS) و ارتفاع لایه های پلی لاکتیک از جمله پارامترهای مهم در نظر گرفته شده در فرآیندهای آزمایشات هستند. سه سطح 20%، 50% و 70% برای تزریق مواد در ساخت پرینتر سه بعدی در نظر گرفته شد. تعداد طرح های چاپ شده در هر لایه از قطعه مورد نظر در پرینت سه بعدی با استفاده از Shells مشخص می شود و در سه سطح 1 و 2 و 3 تعیین می شوند. Layer Height نیز مشخصه ای دیگر از پرینتر سه بعدی است که نشان دهنده ضخامت هر لایه است. ارتفاع لایه های مختلف از یک جسم 0,1، 0,2 و 0,3 میلی متر در نظر گرفته شده است که پارامترهای فرآیند و سطوح مربوط به آنها در جدول 3 خلاصه شده است.

انتخاب محدوده کاری پارامترها

سطوح آزمایشات برای ساخت پرینتر سه بعدی بر اساس مطالعات قبلی در منابع [27، 32، 33، 34] و محدودیت های فرآیند انتخاب شده است که در جدول 3 این سطوح ذکر و در شکل 7 نشان داده شده است.



شکل 7 شماتیک قطعه جهت آزمایش

N_o	Process Parameter	1	2	3
1	Printing Meterial (PM)	PLA TM	PLA ^{N_A}	-
2	Infill Rate (IR)	20%	50%	70%
3	Number of Shells (NS)	1	2	3
4	Layer HEIGHT (LH)	0.1 mm	0.2 mm	0.3 mm
5	SPEED Perimeters (SP)	50 mm/s	60 mm/s	70 mm/s

جدول 3 پارامترهای چاپ سه بعدی قطعه

نتایج آزمایشات

نتایج به دست آمده از آزمایشات در جدول 4 ذکر شده است.

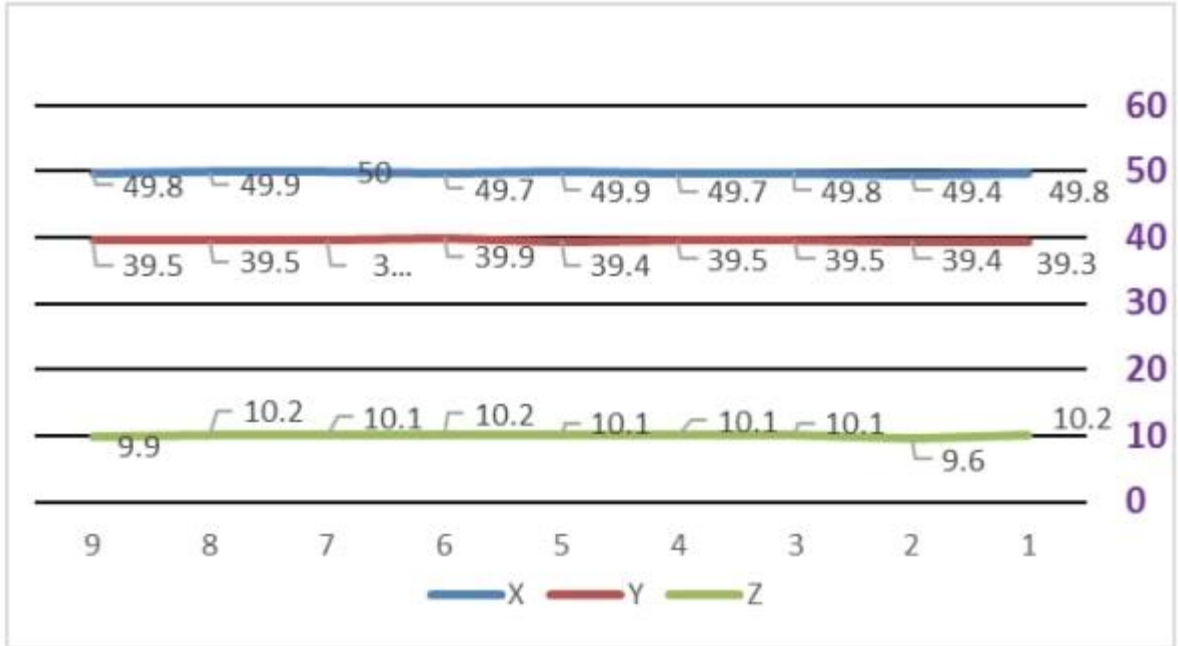
No of Exp.	PM	IR	NS	LH	SP	X	Y	Z
1	1	20	1	0.1	70	49.8	39.3	10.2
2	1	50	2	0.2	60	49.4	39.4	9.6
3	1	70	3	0.3	50	49.8	39.5	10.1
4	2	50	3	0.1	50	49.7	39.5	10.1
5	2	70	1	0.2	70	49.9	39.4	10.1
6	2	20	2	0.3	60	49.7	39.9	10.2
7	1	70	2	0.1	60	50	39.5	10.1
8	1	20	3	0.2	50	49.9	39.5	10.2
9	1	50	1	0.3	70	49.8	39.5	9.9
					average	49.777778	39.5	10.055556
					Max	50	39.9	10.2
					Min	49.4	39.3	9.6
					Range	0.6	0.6	0.6
					σ^2	0.2355556	0.22	0.3022222
					σ	0.485341	0.469042	0.549747

جدول 4 آنالیز واریانس

آنالیز آماری

نتایج به دست آمده از آنالیز واریانس مساحت نمونه در صفحه xy در جدول 4 ذکر شده است. نمودار آنالیز واریانس در شکل 8 دقت ابعادی را نشان می‌دهد. در نمودار آنالیز واریانس که در شکل 8 نشان داده شده است، نمودار افقی نوع جسم تولید شده و نمودار عمودی نیز ابعاد و اندازه قطعات را مشخص می‌کند. تمامی ابعاد آورده شده بر حسب میلی متر بیان شده اند.

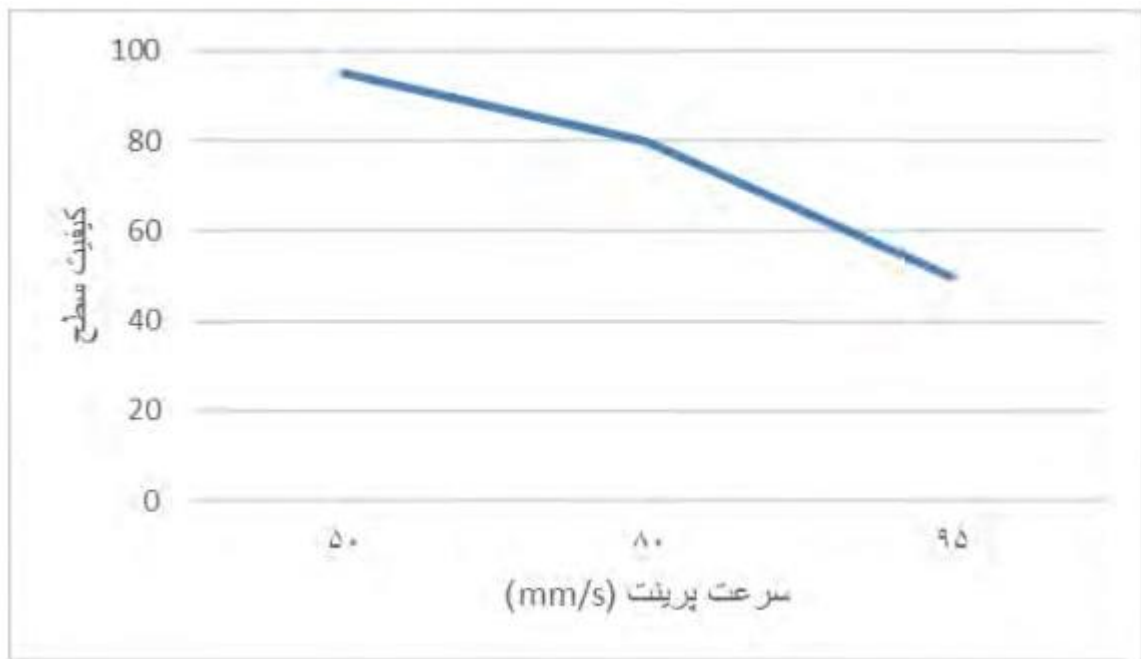
با توجه به نمودار پراکنندگی دقت ابعادی می‌توان دریافت، قطعه شکل 8 در هنگام ساخت توسط پرینتر سه بعدی تیرانس ابعاد کمی دارد و تیرانس ابعادی کم قطعه 8 شکل نشان دهنده این است که دستگاه پرینتر سه بعدی عملکردی قابل قبولی دارد.



شکل

8 نمودار پراکندگی دقت ابعادی محور افقی نوع قطعه و محور عمودی اندازه قطعه برحسب

در شکل 9 مقایسه تأثیر سرعت پرینت بر روی کیفیت سطح قطعه تولید شده نمایش داده شده است.



شکل 9

تأثیر سرعت پرینت بر کیفیت سطح

با توجه به اینکه در فرآیند پرینت سه بعدی یک قطعه، قطعه مورد نظر به صورت تدریجی و لایه به لایه تشکیل می‌شود و در نهایت قطعه با سرهم کردن و روی هم قرار گرفتن لایه‌ها ساخته می‌شود، تکنولوژی پرینت سه بعدی برای تولید با سرعت‌های بالا مناسب نیست. در فناوری پرینت سه بعدی چنانچه بخواهیم سرعت ساخت قطعه افزایش پیدا کند، ایرادات و خطاهای بسیاری در قطعه نهایی به وجود خواهد آمد.

در نهایت تکنولوژی پرینت سه بعدی FDM با تمام مزایایی که دارد، سرعت پایینی در ساخت قطعات پیچیده دارد که همین امر نیز سبب می‌شود برای استفاده در هر زمینه‌ای مناسب نباشد. بنابراین هنگام کار با پرینتر نباید سرعت دستگاه را بسیار بالا برد زیرا باعث تولید قطعات بی‌کیفیت خواهد شد.

نتیجه‌گیری

1. افزایش دمای کاری دستگاه پرینتر سه بعدی تا دمای 60 درجه سانتی گراد مطلوب است و باعث تولید محصولات باکیفیت خواهد شد. افزایش دمای بیش از 60 درجه مطلوب نیست و باعث آسیب به دستگاه می‌شود.
2. بهترین و مطلوب‌ترین سرعت رسوب گذاری مواد 50 میلی متر بر ثانیه است و افزایش سرعت دستگاه به بیش از 50 میلی متر بر ثانیه تاثیرات بدی بر کیفیت نهایی قطعه خواهد داشت.
3. مختصات قطبی بهترین و مناسب‌ترین مختصات مورد استفاده در پرینترهای سه بعدی نسبت به مختصات کارتیزین (دوبعدی) است.
4. موثرترین پارامتر بر زمان فرآیند ساخت قطعه در پرینتر، تعداد لایه‌های دیواره است. نرخ تغذیه نیز کمترین تأثیر را بر زمان انجام فرآیند دارد.
5. میزان پرشدگی 20% نسبت به پرشدگی 70% و پرشدگی کامل کیفیت سطح بهتری را در قطعه نهایی تولید شده نتیجه می‌دهد.

3dRD <<بزرگترین و تخصصی‌ترین تولید کننده پرینتر های سه بعدی در ایران>>

دانلود PDF این مطلب [Download Making of 3d printer](#) :