ISSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 2nd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2022;22(10):259-263.

Investigating the Effect of Polyester UV Absorber on the Quality of Printed Polymer Parts in Digital Light Processing Method

ARTICLE INFO

Authors
Moayedi S. [1],
Salehi M. [1],
Zamani J. [1*]

[1] Mechanical Engineering Department, k. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

*** Correspondence**
Address: Department of Mechanical Engineering, K. N. Toosi University, Tehran, Iran.
zamani@kntu.ac.ir

How to cite this article
Moayedi S, Salehi M, Zamani J. Investigating the Effect of Polyester UV Absorber on the Quality of Printed Polymer Parts in Digital Light Processing Method. Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 2nd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2022;22(10):259-263.

ABSTRACT

Using optical absorbers is one approach to manage and decrease the intensity of any light source. The digital light processing (DLP) additive manufacturing system created and implemented by the authors of this article was utilized in this study to examine the impact of ultraviolet light absorber on the quality of manufacturing 3D items. The article's major objectives are to enhance part appearance quality, maximize printing control, and reduce excess light, but in order to do so, it is crucial to measure the height of separation, the degree of part damage and the Separation Force. Undoubtedly, one of the factors having the most impact on the aforementioned scenarios will be the optical absorber. Therefore, in this system, acrylic sheets are coated with polyester films that have an absorption percentage of 45% at specific distances from the light source. Then, using the DLP method, three-dimensional models were created and assessed by measuring the intensity of the transmitted light. According to the study's findings, using absorbers decreased the time it took to separate each layer by 3.5 times, cut the time it took to print a part by 43%, and increased the success of printing, while also increasing the product's aesthetic quality.

Keywords Additive Manufacturing, Digital light processing, Uv absorber, polymer, Quality

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه‌نامه مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته.
مهر ۱۴۰۱، دوره ۲۲، شماره ۱۰، صفحه ۲۵۹-۲۶۳.

بررسی تاثیر جاذب نوری پلی‌استری بر کیفیت قطعات پلیمری چاپ شده در روش پردازش دیجیتال نوری

مشخصات مقاله

نویسنده‌ها
سیاوش مویدی [۱]
محمد صالحی [۱]
جمال زمانی آشنی [۱*]

[۱] دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی ، تهران

*** نویسنده مسئول**
آدرس: دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
zamani@kntu.ac.ir

چکیده

یکی از راهکارهای کنترل و کاهش شدت نور هر منبع نوری استفاده از جاذب‌های نوری است. در این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر جاذب نور فرابنفش بر کیفیت ساخت قطعات سه‌بعدی، از سامانه ساخت افزایشی به روش پردازش دیجیتال نوری (DLP) که توسط محققین همین مقاله طراحی و ساخته شده است، استفاده گردید. هدف اصلی مقاله بهبود کیفیت ظاهری قطعات، افزایش کنترل در چاپ و حذف نورهای اضافی است، اما برای دستیابی به این مهم، بررسی میزان ارتفاع جدایش، میزان خرابی قطعه و میزان نیروی چسبندگی بسیار حائز اهمیت است. قطعاً جاذب نوری بعنوان یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر موارد مذکور خواهد بود. فلذا در این سیستم، فیلم‌های پلی‌استری با درصد جذب ۴۵٪ در فاصله‌های معین از منبع نوری برروی ورق آکریلیک شفاف پوشش‌دهی شده است. سپس با اندازه‌گیری میزان شدت نور فرابنفش عبور داده شده، مدل‌های سه‌بعدی، با روش پردازش دیجیتال نوری ساخته و مورد ارزیابی قرار گرفت. برطبق یافته‌های این پژوهش استفاده از جاذب‌های نوری علاوه بر بهبود کیفیت ظاهری قطعه منجر به کاهش 3/5 برابر زمان جدایش هر لایه، کاهش ۴۳٪ زمان چاپ و افزایش موفقیت در چاپ قطعات گردید.

کلیدواژه‌ها ساخت افزایشی، پردازش دیجیتال نوری، جاذب نورفرابنفش، پلیمر، کیفیت

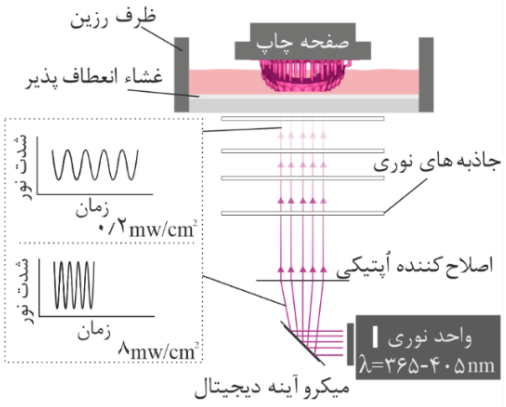
[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.40.3]

۱- مقدمه

فرایندهای ساخت قطعات پلیمری پیچیده به دو دسته، روش‌های ساخت افزایشی و کاهشی تقسیم‌بندی می‌شوند[1]. فرایندهای ساخت کاهشی (Subtractive) به فرایندهای ماشینکاری از یک قطعه خام و کاهش جرم ماده، که همراه با دورریز براده است و فرایندهای ساخت افزایشی (Additive) به روش ساخت مرحله به مرحله یک قطعه و افزایش جرم ماده، بدون دورریز گفته می‌شود[2]. فُتوپلیمریزاسیون یکی از روش‌های ساخت افزایشی قطعات پلیمری است. اساس ساخت قطعات در روش‌های فُتوپلیمریزاسیون، فرآیند پلیمریزاسیون است. فرآیند پلیمریزاسیون به صورت رشد زنجیره‌ای مولکول‌ها بوده که در آن آغاز واکنش توسط جذب یک نور مرئی یا ماورا بنفش انجام می‌شود[3]. بنابراین روش‌های فُتوپلیمریزاسیون به دو صورت پیمایشی و تابشی تقسیم‌بندی می‌گردند که روش‌های پیمایشی با استفاده از منبع نور نقطه‌ای (لیزر) و روش‌های تابشی با استفاده از تابش نور صفحه‌ای (پروژکتور) به چاپ قطعات سه‌بعدی می‌پردازند. با عبور نور فرابنفش با طول موج معین از منبع نوری به رزین حساس به نور درون محفظه فرایند پلیمریزاسیون آغاز گردیده که شروع این فرایند اساس پخت هر لایه است. همچنین فرایندهای فُتوپلیمریزایسون بر اساس نوع مکانیزم چاپ به روش‌های اِستریولیتوگرافی[4]، پردازش دیجیتال نوری[5]، تولید مداوم مایع واسط[6]، پلیمریزاسیون دو فوتونی[7] و حجمی[8]، تقسیم‌بندی می‌گردد. هرمنبع نوری متشکل از طول موج‌های وسیعی در بازه نور مرئی و نور فرابنفش می‌باشد. رزین‌های حساس به نور نیز خود شامل سه بخش اُلیگومر، مونومر و آغازگرهای نوری با طول موج پخت مشخص هستند. فلذا هر رزین فُتوپلیمر با طول موج مشخصی از نور، به مرحله پخت می‌رسد. اغلب روش های فُتوپلیمریزاسیون از اُلگوهای تصویری جهت ایجاد تصاویر دو بعدی حاصل از برش قطعات طراحی شده درنرم‌افزارهای طراحی به کمک کامپیوتر (CAD) استفاده می‌کنند. با توسعه میکروآینه‌های دیجیتال (DMD) توسط شرکت تِگزاس اینسترومنت[9]، الگوهای تصویری سنتی منسوخ گردیده و اُلگوهای دیجیتالی جایگزین آن‌ها گردیدند. این اُلگوهای دیجیتال با شدت نور مشخص از منبع نوری ساطع شده و با برخورد به رزین حساس به نور منجر به ساخت قطعات سه‌بعدی می‌شود (شکل ۱). دراکثر واحدهای اُپتیکی، کنترل شدت نور یکی از چالش‌های چاپ سه‌بعدی بشمار می‌رود.

در این پژوهش با استفاده از روش پردازش دیجیتال نوری با غشاء انعطاف‌پذیر FEP به چاپ سه بعدی قطعات پرداخته شده و با بهره‌گیری از جاذب نوری به کنترل انرژی تابش اُلگوهای تصویری، کیفیت قطعه نهایی و تاثیر فاصله جاذب‌ها ازهم و تعداد آن‌ها برروی شدت نور و نوع غشاء بستر ظرف و همچنین بررسی نیروی جدایش حاصله پرداخته شده است.



شکل ۱) نمای شماتیک از بخش‌های مختلف روش پردازش دیجیتال نوری و نحوه قرارگیری جاذب‌های نوری در زیر بستر ظرف.

۲- مواد و فرآیندها

۲-۱- سیستم سخت‌افزار

سیستم پردازش دیجیتال نوری شامل بخش های واحد کنترل تصویر (پروژکتور)، ظرف رزین، اصلاح اپتیکی واحد تصویر، مکانیزم خطی بالا برنده صفحه چاپ، اندازه گیری میزان شدت نور و نیروی جدایش می‌باشد. در این سامانه پروژکتور اصلاح شده به صورت مستقیم و بدون واسطه به کف ظرف می‌تابد. ابعاد رزولوشن DMD سیستم ۷۶۸ × ۱۰۲۴ پیکسل و ابعاد پوشش تصویر 53 × 71 میلی‌متر می‌باشد. ظرف رزین سیستم با مکانیزم غشاء پلیمری اتیلن پروپیلن فلوئورینه (FEP) و ورق پلیمری پلی‌متیل‌متاکریلات (PMMA) به ضخامت ۴ میلی‌متر تعبیه گردید. همچنین میزان نیروی چسبندگی بین کف ظرف و صفحه چاپ به صورت مستقیم و برخط توسط نیروسنج اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۲- سیستم نرم‌افزار

جهت چاپ قطعاتی دقیق، فرمان‌های ارسالی به عملگرها و واحد نوری باید به‌صورت بلادرنگ و بدون اختلال صورت گیرد. به همین منظور در این پژوهش، از یک نرم‌افزار برشگر متن باز استفاده شده تا بتوان پارامترهایی نظیر: سرعت چاپ، زمان تابش نور فرابنفش، تعداد لایه‌ها، ضخامت هرلایه، میزان بالا آمدن صفحه چاپ و فرمان‌های حرکتی را توسط جی‌کُد (G-code) کنترل نمود.

۲-۳- مواد

در این آزمایش از رزین‌های حساس به نور *اِنیکیوبیک* رنگ خاکستری کشورآمریکا و رزین *پُرویژن* صورتی شرکت بسپار تکنولوژی کشور ایران استفاده شده است. این رزین‌ها بر پایه مواد آلی آکریلات بوده که با عمق پخت 0/05 – 0/1میلی‌متر و زمان پخت 2/2 ثانیه در سیستم تنظیم می‌شوند. همچنین طول موج پخت برای رزین *اِنیکیوبیک* حدود ۴۰۵ نانومتر و برای

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.40.3]

رزین *پرُویژن* در بازه ۳۸۵ – ۴۰۵ نانومتر می‌باشد. میزان ویسکوزیته رزین خاکستری و صورتی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۵۵۲ و ۳۷۰ مگاپاسکال درثانیه بوده که این پارامتر تاثیر بسزایی در زمان پر شدن و سرعت چاپ قطعه دارد.

۳- روش انجام آزمایش و نتایج

۳-۱- آزمایش مرتبط با فاصله و تعداد جاذب نوری

جاذب‌های نوری در عمل نقش‌کاهنده شدت نور فرابنفش را ایفا می‌کنند. اغلب جاذب‌های نوری پلیمری از جنس پلی‌استر هستند. فیلم‌های پلیمری پلی‌استر دارای درصدبندی‌های متفاوت و قابلیت کاهش شدت نور فرابنفش تا محدوده خاصی را دارند[10]. بنابراین برای بررسی تاثیر جاذب‌های نوری، اندازه گیری میزان شدت نور عبوری در هر حالت حائز اهمیت است. جهت اندازه‌گیری این میزان شدت نور از یک سنسور حساس به نور فرابنش استفاده شده است. در این پژوهش صفحات جاذب ساخته شده با فاصله معین از منبع نوری، بین لنز پروژکتور و بسترچاپ، در ٤ طبقه برروی ورق آکریلیک پوشش‌دهی شده است. ضخامت ورق‌های آکریلیک ۵ میلی‌متر بوده که با فاصله‌های ۱۰ میلیمتری نسبت به هم استفاده شده تا تاثیر فاصله جاذب‌ها نوری نسبت به یکدیگر در شدت نور خروجی بررسی گردد. لازم به ذکر است که هر ۱۰ میلی‌متر یک طبقه نامگذاری شده است. در این آزمایش میزان شدت نور در چهار طبقه با جایگشت‌های متفاوت و فاصله های مختلف بررسی گردید (شکل۲).

شکل ۲) نحوه چیدمان صفحات جاذب نوری بین منبع نور و بستر ظرف.

با اندازه‌گیری شدت نور در حالت بدون فیلتر، میزان شدت نور پروژکتور 8/29 میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد (جدول ۱- شماره ۱) سپس با اضافه کردن یک فیلتر این مقدار به 3/21 کاهش یافت (جدول ۱- شماره ۲، ۳، ۴، ۵) پس از قرار گرفتن دو فیلتر، افت ٦٢ درصدی شدت نور مشاهده شد (جدول۱- شماره ٦، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱) پس از اضافه شدن فیلتر سوم مقدار شدت نور به 0/48 کاهش یافت (جدول۱- شماره ۱۲، ۱۳، ١٤، ۱۵) و در نهایت این میزان برای چهار فیلتر 0/19 میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع گزارش شد (جدول ۱- شماره ١٦و١٧). که شماره ١٦ برای بستر ظرف با غشاء FEP و شماره ۱۷ برای بستر ظرف با جنس پلیمر PDMS بررسی شده است.

جدول ۱) بررسی میزان شدت نور در حالت‌های مختلف چیدمان جاذب‌ها. (*استفاده از غشاء PDMS)

شماره	وضعیت جاذب	شدت نور (mW/cm^2)
1	بدون جاذب نوری	8/29
2	طبقه ۱	3/18
3	طبقه ۲	3/18
4	طبقه ۳	3/19
5	طبقه ۴	3/21
6	طبقات ۱ و ۲	1/19
7	طبقات ۱ و ۳	1/21
8	طبقات ۱ و ۴	1/18
9	طبقات ۲ و ۳	1/2
10	طبقات ۲ و ۴	1/19
11	طبقات ۳ و ۴	1/22
12	طبقات ۱ و ۲ و ۳	0/48
13	طبقات ۱ و ۲ و ۴	0/47
14	طبقات ۱ و ۳ و ۴	0/47
15	طبقات ۲ و ۳ و ۴	0/47
16	طبقات ۱ و ۲ و ۳ و ۴	0/18
17*	طبقه ۴ (متصل)	0/19

۳-۲- آزمایش مرتبط با کیفیت ظاهری قطعات

به‌منظور بررسی تاثیر جاذب‌های نوری و شدت نور بر کیفیت قطعات، مدل‌های سه‌بعدی چرخ دنده و دندان طراحی و چاپ شده است و همچنین مدل سه‌بعدی دقیقی با جزئیات بالا با عنوان صحت‌سنج در حالت‌های مختلف در این روش مورد بررسی قرار گرفت. این مدل سه بعدی به عنوان قطعه کالیبراسیون نوری سیستم‌های چاپ سه بعدی رزینی شناخته می‌شود. بنابراین پس از برش مدل‌ها با ضخامت لایه ۰/۰۵ میلی‌مترتوسط نرم‌افزار برشگر با مدت زمان تابش ۲/۲ ثانیه در هر لایه و میزان ارتفاع بالابرندگی ۲ میلی‌متر، مدل‌های مدنظر با موفقیت چاپ گردید.

جدول ۲) پارامترها و مشخصات چاپ مدل‌های سه‌بعدی

مدل سه بعدی	دندان	کره مشبک	صحت‌سنج	چرخ دنده
تصویر برش لایه				
تعداد لایه	۴۸۳	۸۳۱	۲۳	۱۰۰
ضخامت لایه (mm)	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
مدت زمان چاپ (s)	۴۱۸۵	۷۲۰۰	۱۹۷	۸۶۰

۳-۲- آزمایش مرتبط با زمان جدایش و مدت زمان چاپ با قطعه مدل استوانه‌ای

یکی از چالش‌های اساسی روش پردازش دیجیتال نوری با سطح محدود نیروی چسبندگی ایجاد شده بین لایه پخت شده و بستر ظرف است. در این آزمایش، با تغییر میزان شدت نور توسط

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.40.3]

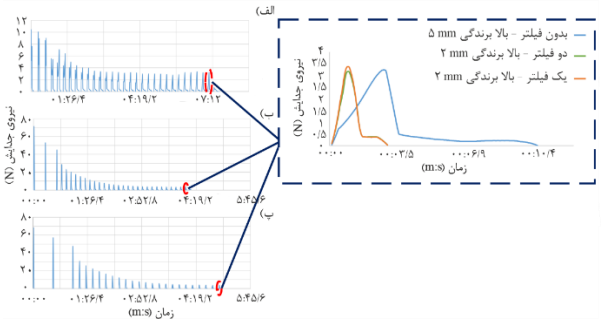
جاذب نوری به بررسی تاثیر این پارامترها بر مدت زمان چاپ، زمان جدایش هر لایه و کاهش خسارات ناشی از این نیرو پرداخته شده است. بررسی پارامترهای فوق برای مدل استوانه دایروی به قطر ۲۰ میلی‌متر و ضخامت ۱/۵ میلی‌متر برای سه حالت تست شده است. در حالت اول بدون استفاده از جاذب نور بر طبق جدول ۱ بیشترین میزان شدت نور ایجاد می‌شود که این میزان شدت نور با بالابرندگی ۲ میلی‌متر به دلیل نیروی چسبندگی بالا امکان چاپ فراهم نبوده و میزان ارتفاع بالابرندگی به ۵ میلی‌متر تغییر کرد. که در نتیجه این تغییر، مدت زمان چاپ حدود ۸ دقیقه و زمان جدایش قطعه از بستر ظرف حدود ۳/۵ برابر افزایش یافت (شکل۳-الف). بنابراین استفاده از جاذب نوری تاثیر بسزایی در کاهش میزان این پارامترها دارد. که این میزان در حالت تک جاذب حدود ٤ دقیقه و برای حالت دو جاذب ۵ دقیقه به طول انجامید (شکل۳-ب و پ).

جدول ۳) بررسی تاثیر جاذب نوری بر پارامترهای موثر بر چاپ به روش DLP.

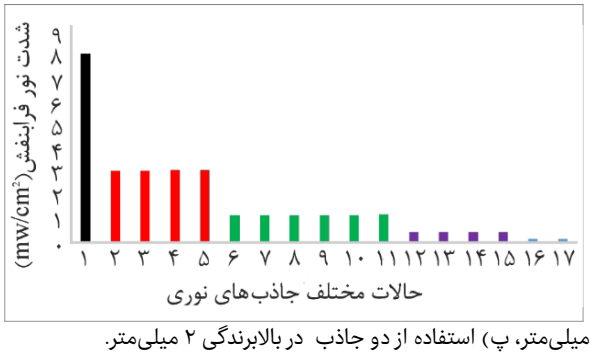
	بدون جاذب نوری	یک جاذب	دو جاذب
زمان جدایش در یک (s)	10/2	2/9	**2/9**
نیروی جدایش در یک لایه (N)	3/24	3/17	**3/37**
کمینه میزان بالابرندگی (mm)	5	2	**2**
زمان چاپ (s)	429	243	**296**

۴- بحث و بررسی نتایج

از چالش‌های استفاده از ویدیو پروژکتورها که به منزله تولید ماسک تصویر دیجیتالی از آن‌ها استفاده می‌شود می‌توان به پرش نوری حاصله از فرکانس ۵۰ هِرتزی برق شهری اشاره نمود. این تغییر فرکانس باعث تغییر مداوم طول موج و میانگین شدت نور در حالت بدون فیلتر گردیده و امر کالیبراسیون واحد نوری را دچار اختلال می‌کند. همچنین بسیاری از رزین‌های حساس به نور، دارای نسبت عمق پخت بر مدت زمان تابش بالاتری نیز هستند. این بدین منظور است که سرعت چاپ هر لایه در این نوع رزین‌ها بالاتر است. این رزین‌ها به دلیل عمق پخت بالا و جذب نور بالاتر در شدت نورهای بالا دقت پایین‌تری نسبت به دیگر رزین‌ها دارند و چاپ قطعه در شدت نور بالا با این رزین‌ها بسیار دشوار است. بنابراین استفاده از جاذب‌هایی با توانایی کنترل شدت نور و مهار نویزهای واحد نوری برای چاپ قطعاتی دقیق و با کیفیت بسیار حائز اهمیت است. به‌همین منظور در این پژوهش از فیلم‌های پلی‌استری با قبلیت جذب ٤۵٪، جهت بررسی تاثیر جاذب‌های نوری برای مطالعه پارامتر-های چاپ استفاده گردید. باتوجه به نمودار شکل ۴، جایگشت و فاصله جاذب‌ها تاثیری در شدت نور اعمالی نداشته و تنها تعداد جاذب‌ها در تغییر میزان شدت نور فرابنفش موثر است. همچنین با بررسی تاثیر نوع غشاء برروی شدت نور، می‌توان نتیجه‌گرفت که به دلیل عبوردهی مناسب و شکست نور ناچیز غشاءهای بررسی شده (مقایسه بین PDMS و FEP)، شدت نور مستقل از نوع غشاء است. از دیگر نتایج این آزمایش کاهش ۴۳٪ زمان چاپ و 3/5 برابری زمان جدایش هرلایه است (شکل۳). بگونه‌ای که پس از اضافه نمودن جاذب‌نوری می‌توان در رزین‌هایی با ویسکوزیته مناسب، میزان بالابرندگی را از ۵ ملی‌متر (شکل۳-الف) به ۲ میلی‌متر (شکل۳-ب و پ) کاهش داد که این امر خود به کاهش زمان جدایش هر لایه نیز می‌انجامد. برای مثال در حالت اول آزمایش، به دلیل عدم استفاده از جاذب نوری، پخت هر لایه با میزان شدت و انرژی بالایی صورت گرفته که همین موضوع باعث افزایش چسبندگی و تغییر میزان ارتفاع بالابرندگی از ۲ میلی‌متر به ۵ میلی‌متر می‌شود. که این موضوع افزایش مدت زمان چاپ و زمان جدایش را به همراه دارد. سرانجام استفاده از جاذب‌های نوری پیشنهادی این پژوهش، با امکان ایجاد کنترل شدت و یکنواختی شدت نور، منجر به همگرایی و تکرارپذیری قطعات چاپ شده در روش پردازش دیجیتال نوری گردیده تا علاوه بر تسهیل استفاده از رزین‌های مختلف، قطعاتی با کیفیت در حوزه‌های صنعتی و پزشکی تولید نماید (شکل ۵).

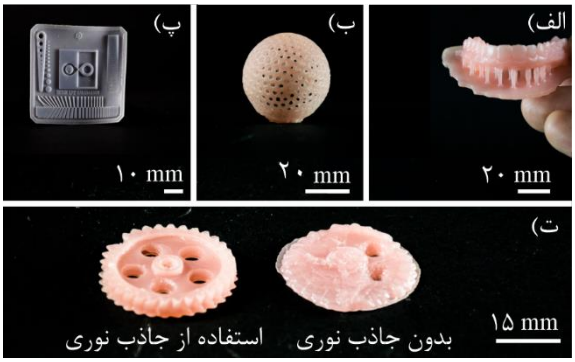


شکل۳) نمودارهای نیروی جدایش نسبت به زمان چاپ و نمودار مقایسه‌ای تاثیر فیلتر (جاذب) برروی این نیرو. الف) حالت بدون جاذب در بالابرنگی ۵ میلی‌متر، ب) حالت استفاده از یک جاذب در بالابرندگی ۲ میلی‌متر، پ) استفاده از دو جاذب در بالابرندگی ۲ میلی‌متر.



شکل ۴) مقایسه میزان شدت نور فرابنفش در چیدمان‌های مختلف جاذب نوری

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.40.3]



شکل۵) چاپ قطعات با روش پردازش دیجیتال نوری با استفاده از جاذب نوری و کاهش میزان شدت نور

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از سامانه طراحی و ساخته شده در آزمایشگاه این دانشگاه، تحت عنوان سامانه پردازش دیجیتال نوری (DLP)، بررسی و تحلیل برخی از پارامترهای موثر در چاپ قطعه با کیفیت مورد ارزیابی قرار گرفت. یکی از بخش‌های مهم این سامانه، بخش اُپتیک آن است. بخش اپتیک سامانه متشکل از منبع نور فرابنفش و تجهیزات دیگری برای بهبود تصویر خروجی از منبع است. جاذب نور به عنوان یکی از تجهیزات کاربردی در کنترل میزان شدت نور و انرژی ساطع شده از منبع نوری معرفی و مکانیزم طبقاتی جهت کنترل آن طراحی و ساخته شده است. برطبق نتایج بدست آمده، در رزین‌های حساس به نور فاصله طبقات جاذب‌ها از یکدیگر تاثیری در میزان انرژی نور ندارد. اما افزایش تعداد جاذب‌های پلی‌استری تاثیر مستقیمی بر کاهش میزان انرژی نور دارد. همچنین میزان انرژی یا شدت نور برای غشاء با جنس پلیمر PDMS در مقایسه با غشاء FEP تغییر آنچنانی مشاهده نشد. به طور کلی، افزایش جاذب نوری باعث کاهش انرژی نور و کاهش مدت زمان چاپ می‌گردد ولی به دلیل نیروی چسبندگی ایجاد شده در حالت بدون جاذب امکان چاپ قطعات سه‌بعدی نیست. بنابراین برای غلبه بر این میزان نیرو در حالت بدون جاذب نیاز به ارتفاع بالابرندگی بیشتری برای جدایش لایه می‌باشد که این میزان مسافت اضافه مدت زمان چاپ را به میزان ۴۳٪ و زمان جدایش را تا ۳٫۵ برابر حالت با جاذب افزایش می‌دهد. در نهایت، با استفاده از جاذب نوری مدل‌های سه‌بعدی با کیفیت ظاهری مطلوب چاپ گردید.

فهرست علائم

بالانویس‌ها

DLP	پردازش دیجیتال نوری
FEP	پروپیلن‌اِتیلن‌فلوئورینه
PDMS	پُلی‌دی‌متیل‌سیلوسان
DMD	میکروآینه‌های دیجیتال

تاییدیه اخلاقی: محتویات علمی این مقاله حاصل پژوهش نویسندگان بوده و صحت نتایج آن نیز بر عهده ایشان است.

تعارض منافع: مقاله حاضر با هیچ شخص یا سازمانی تعارض منافع ندارد.

منابع مالی: تمامی منابع مالی این پژوهش توسط نویسندگان تامین شده است.

منابع

1- White L. Additive Manufacturing Materials: Standards, Testing and Applicability: Nova Publishers; 2015.
2- Brewer F. Additive manufacturing: costs, cost effectiveness and industry economics: Nova Science Publishers, Incorporated; 2015.
3- Ligon SC, Husár B, Wutzel H, Holman R, Liska R. Strategies to reduce oxygen inhibition in photoinduced polymerization. Chemical reviews. 2014;114(1): 557-89.
4- Layani M, Wang X, Magdassi S. Novel materials for 3D printing by photopolymerization. Advanced Materials. 2018;30(41):1706344.
5- Huang YM, Jiang CP. On-line force monitoring of platform ascending rapid prototyping system. Journal of materials processing technology. 2005;159(2):257-64.
6- Tumbleston JR, Shirvanyants D, Ermoshkin N, Janusziewicz R, Johnson AR, Kelly D, Chen K, Pinschmidt R, Rolland JP, Ermoshkin A, Samulski ET. Continuous liquid interface production of 3D objects. Science. 2015;347(6228):1349-52.
7- De Beer MP, Van Der Laan HL, Cole MA, Whelan RJ, Burns MA, Scott TF. Rapid, continuous additive manufacturing by volumetric polymerization inhibition patterning. Science advances. 2019;5(1).
8- Regehly M, Garmshausen Y, Reuter M, König NF, Israel E, Kelly DP, Chou CY, Koch K, Asfari B, Hecht S. Xolography for linear volumetric 3D printing. Nature. 2020;588(7839):620-4.
9- Hornbeck LJ, editor Digital light processing for high-brightness high-resolution applications. Projection Displays III; 1997: SPIE.
10- Wang Y, Wang H, Li X, Liu D, Jiang Y, Sun Z. /UV Synergistic Aging of Polyester Polyurethane Film Modified by Composite UV Absorber. Journal of Nanomaterials, 2013.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.40.3]