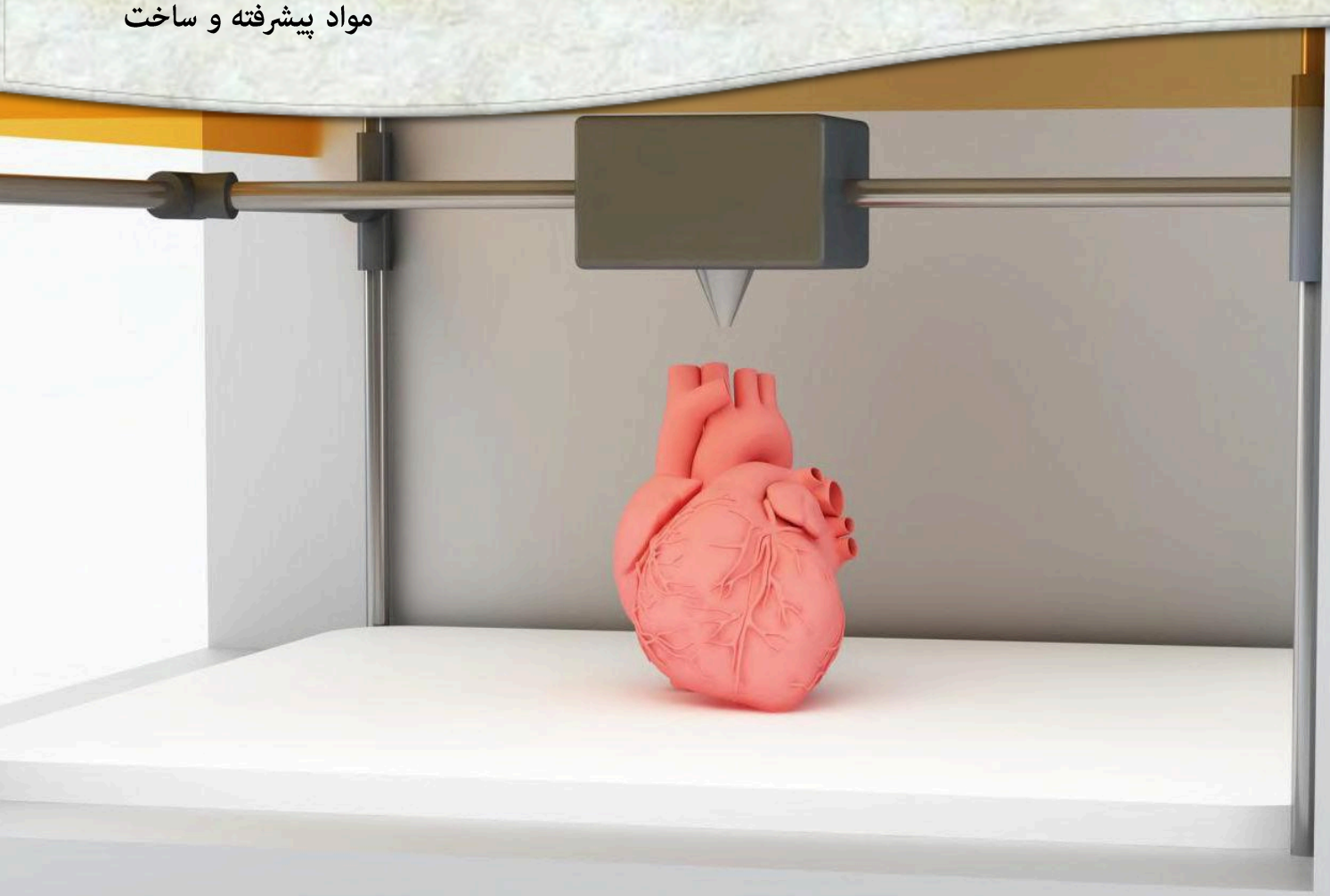
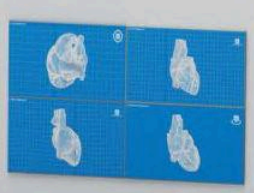
ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر
مواد پیشرفته و ساخت

ماهنامه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

سال اول. شماره ۲. دی ۱۳۹۸



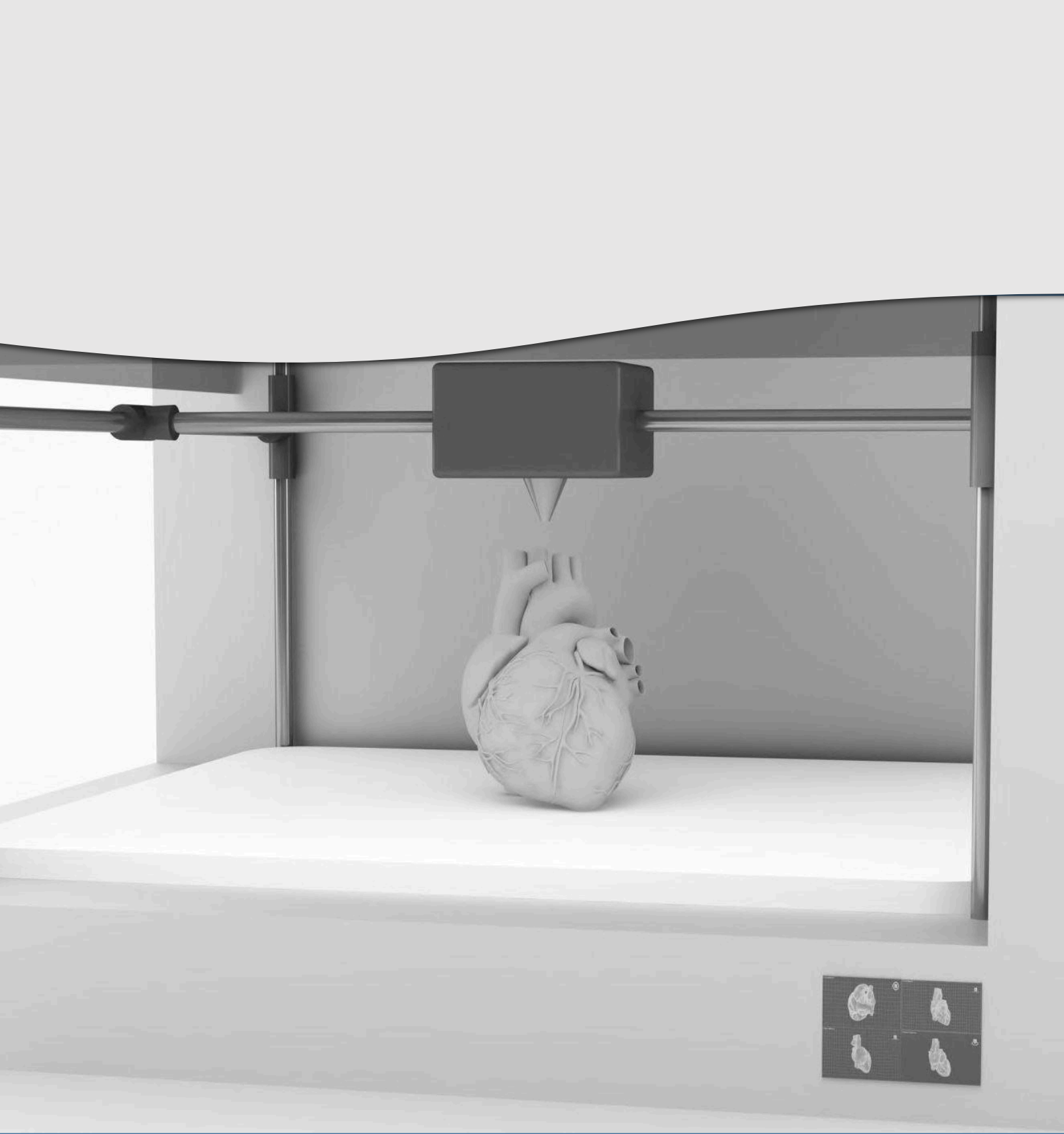


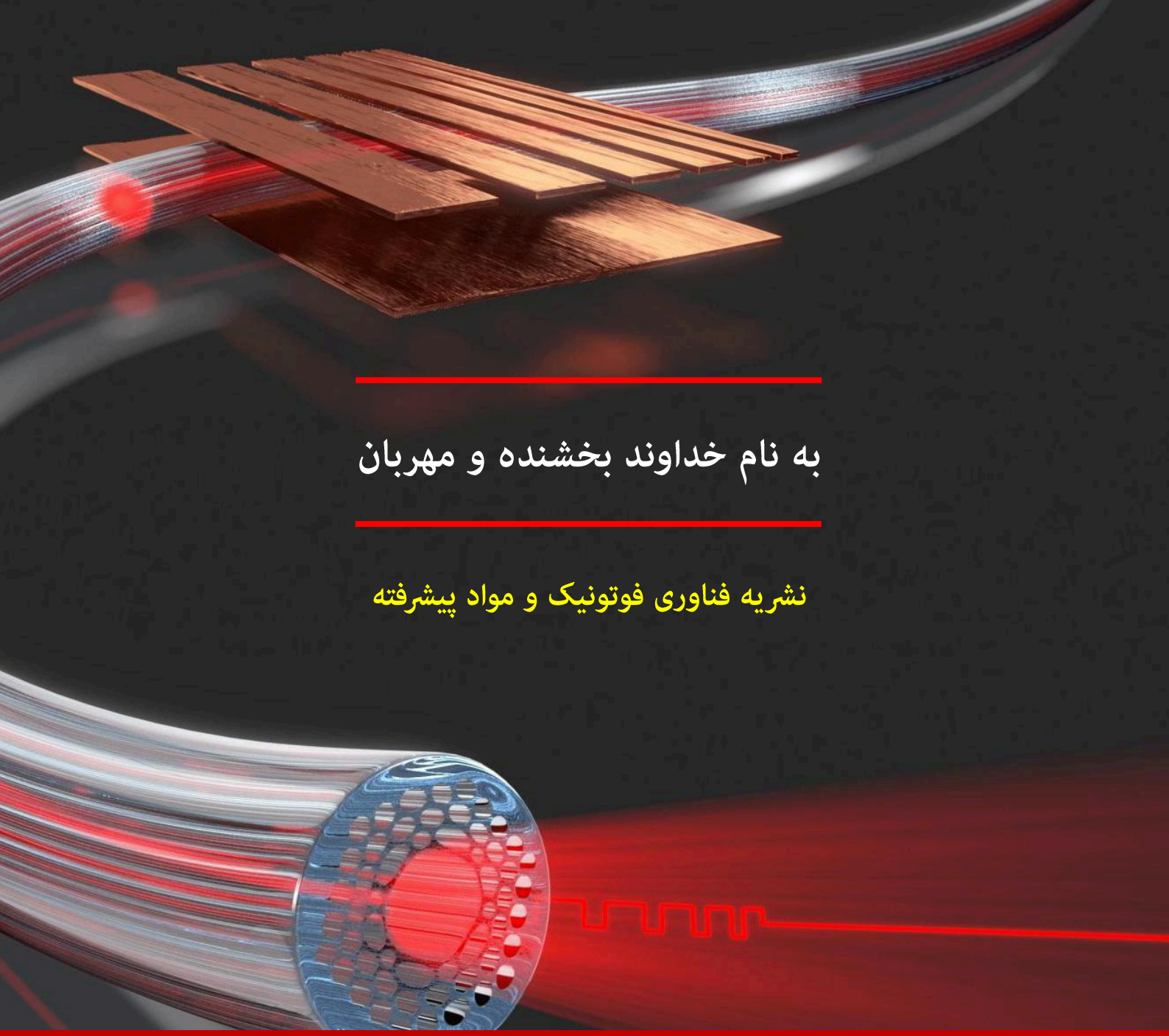
گزارش اختصاصی از
سومین نمایشگاه بین المللی
لیزر و فوتونیک

چاپ سه‌بعدی
الماس صنعتی
برای اولین بار

چاپگرهای سه‌بعدی
در زمین
صنعت فوتوولتائیک

چاپ سه‌بعدی
قلبی از جنس کلاژن
برای اولین بار در جهان





به نام خداوند بخشنده و مهربان

نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت

نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

صاحب امتیاز: ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت

مدیر مسئول و سردبیر: محمد حسین مجلس‌آرا

جانشین سردبیر: بابک عفافی

ویراستار و دبیر علمی: سیده ثریا موسوی

تحریریه: کیوان حصاری، علی کاویانفر، محمد فلاحی اردکانی،

سیده ثریا موسوی، بابک عفافی

روابط عمومی: کیوان حصاری

طرح روی جلد و صفحه آرایی: بابک عفافی

گروه مشاورین: آرین گودرزی، محمدجعفر نظری، مریم بهرامی کهیش‌نژاد، زهرا عربگل،
سید حسین نکومنش‌فرد، سید محمد قریشی
پشتیبانی: کیومرث مهدی‌نیا گتابی

با همکاری انجمن اپتیک و فوتونیک ایران

تارنما: pam.isti.ir
پست الکترونیک سردبیر: deputy@pam.isti.ir
پست الکترونیک جانشین سردبیر: babak.efafi@gmail.com
تلفن: ۰۲۱۲۲۱۸۳۱۱۳
نشانی: تهران، خیابان زعفرانیه، خیابان شهید سرلشکر فلاحی، کوچه شیرکوه، پلاک ۱۱،
ساختمان شماره دو معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری.

سخن سردبیر

شاید روزی که دیوید جونز برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ مفهوم چاپگر سه‌بعدی را مطرح کرد، خود نیز نمی‌دانست این اختراع در آینده‌ی نه چندان دور انقلابی شگرف در زندگی بشر ایجاد خواهد کرد. حال تنها با گذشت چند دهه از پیدایش این فناوری، می‌توان رد آن را در تمام جنبه‌های صنعت و محصولات نوین پیدا کرد. سازه‌های این فناوری در صنعت هوا فضا، صنایع عمرانی و ساختمانی، ساخت تجهیزات و ماشین‌آلات صنعتی، مصنوعات پلیمری و از همه مهم‌تر صنایع پزشکی (تولید اندام‌های مصنوعی بدن انسان و ...) به صورت فراگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

دانشمندان و محققان این حوزه‌ی علمی به تمام آنچه که این فناوری در اختیارشان قرار می‌دهد، بسنده نکرده و تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد. به طوری که نسل جدید این ابزارهای نوآورانه موسوم به چاپگرهای چهاربعدی که با عناوین دیگری همچون زیست چاپگرهای چهار بعدی، اریگامی‌های فعال و سیستم‌های تغییرشکل‌دهنده نیز شناخته می‌شوند، با سرعت روزافزون در حال توسعه و گسترش است. این مفهوم برای اولین بار در ابتدای سال ۲۰۱۳ مطرح شد و به واسطه‌ی قابلیت‌های فوق‌العاده‌ی آن در شخصی‌سازی ساختارها و افزاره‌ها مورد توجه بسیاری از صنایع قرار گرفت. افزودن یک بعد اضافه‌تر به فناوری چاپ سه بعدی، در واقع افزودن یک مشخصه‌ی جدید به ماده است. به عبارت دقیق‌تر، این بعد اضافه همان قابلیت تغییر ماده در گذر زمان است. از این رو، چاپ چهار بعدی با امکان برنامه‌نویسی متناسب با نیاز کاربر در کاربردهایی با سطح بالای سفارشی‌سازی، بسیار کارآمد عمل می‌کند. بنابر پیش‌بینی‌های انجام شده، تا سال ۲۰۲۳، شرکت‌های نوپا با تمرکز بر این فناوری بالغ بر ۳۰۰ میلیون دلار سرمایه‌گذاری خواهند کرد.

اگرچه در سال‌های اخیر محققان و صنعتگران ایرانی نیز گام‌های موثری برای توسعه‌ی این فناوری نوین در داخل کشور برداشته‌اند، با این وجود فناوری چاپ چهاربعدی همچنان با محدودیت‌ها و چالش‌های متعددی مواجه است. بسیاری از شرکت‌ها هنوز در حال آزمایش این روند تولید هستند و زمینه‌ی توسعه‌ی آن همچنان گسترده است. بهره‌گیری همه جانبه از امکانات این فناوری مستلزم برخورداری از دانش فنی بالایی است و همین امر فراگیر شدن آن را با مشکل روبرو کرده است. زیرا توسعه‌ی آن نیازمند تولید و توسعه‌ی مواد هوشمند با قابلیت‌های چندمنظوره است. از این رو، بر ما است که با تلاشی مضاعف بستر مناسبی را جهت تقویت زیرساخت‌های علمی و بنیادین چنین فناوری‌هایی فراهم کنیم تا صنعت ایرانی نیز همگام با پیشرفت‌های جهان رشد کرده و توسعه یابد. آنچه در این مجلد می‌خوانید، چشم‌اندازی از پیشرفت‌های اخیر و آینده‌ی این فناوری را پیش روی علاقمندان این حوزه ترسیم خواهد کرد. امید است دانشمندان جوان این مرز و بوم همچون گذشته با همت والای خود زمینه‌ی اعتلای این فناوری را فراهم کرده و آینده‌ی ایران زیبا را خوش نقش رقم بزنند.

فهرست مطالب

گزارش

گزارش اختصاصی از سومین نمایشگاه بین المللی لیزر و فوتونیک----------۶

اخبار فناوری

اخبار فناوری داخلی----------۱۰
ترمیم ضایعات غضروفی بر پایه جوهرهای زیستی
تولید فیلامنت چاپگرهای سه‌بعدی با قیمت یك هفتم نمونه خارجی
بازسازی کاسه چشم با استفاده از چاپگر سه‌بعدی
اخبار فناوری خارجی----------۱۵
قطب علمی چاپ سه‌بعدی و تولید دیجیتال اچ‌پی
چاپ سه‌بعدی الماس صنعتی برای اولین بار
چاپ سه‌بعدی شیشه کالکوژن برای اولین بار
چاپ سه‌بعدی لاستیک سیلیکانی مایع
اخبار علمی----------۲۰
معرفی مقالات چاپ شده پژوهشگران ایرانی در مجلات معتبر بین المللی

دورنما

آینده‌ای انتزاعی با فناوری چاپ سه‌بعدی----------۲۴
بررسی تاثیر فناوری‌های چاپ سه‌بعدی بر زندگی بشر

آموزش کاربردی

چاپگر سه‌بعدی از صفر تا صد---------- ۳۴
همه چیز در مورد چاپگرهای سه‌بعدی
آشنایی کامل با عملکرد چاپگرهای سه‌بعدی
فرآیند مدل‌سازی چاپگرهای سه‌بعدی
آشنایی با معایب و مزایای چاپگرهای سه‌بعدی

گفتگو

گفتگو با جناب آقای دکتر ریاحی مدیر شرکت دانش‌بنیان کاوش لیزر----------۴۴

از علم تا ثروت

چاپگرهای سه‌بعدی در زمین صنعت فوتوولتائیک----------۵۰
ساخت افزایشی و پنل‌های خورشیدی
ساخت افزایشی و سلول‌های ارگانیک
الهام از چشم حشرات، سلول‌های پرووسکایت و پرینت سه‌بعدی
طرح T3DP و ماژول فتوولتائیک سه‌بعدی

نوآورانه

چاپگر سه‌بعدی و نجات جان بشر!---------- ۶۰
کاربرد چاپگرهای سه‌بعدی در پزشکی
تازه‌های خلاقیت پزشکی از زبان محققان
چاپگر سه‌بعدی کمک حال جراحان
مسیر پیش روی ایده‌پردازان

دروازه‌های علم

چاپ زیستی سه‌بعدی کلاژن برای بازسازی اجزای قلب انسان----------۷۰
چاپ سه‌بعدی قلبی از جنس کلاژن برای اولین بار در جهان
ساخت سریع‌ترین چاپگر سه‌بعدی با سرعتی صد برابر نمونه‌های فعلی
چاپ اجسام سه‌بعدی با تابش دو رنگی

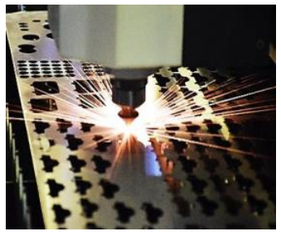
سومین نمایشگاه لیزر و فوتونیک ایران که در روزهای ۱۸ تا ۲۱ آبان ماه سال جاری در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار گردید، با استقبال گرم بازدیدکنندگان به کار خود خاتمه داد.

این دوره از نمایشگاه که به همت مرکز نوآوری‌های لیزر ایران و با حمایت و حضور گسترده ستاد توسعه فناوری‌های فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت معاونت علمی و فناوری برپا شد، میزبان قشر کثیری از اساتید، دانشجویان، صاحبان مشاغل، صنعتگران و علاقمندان به این حوزه‌ی فناوری بود و آخرین دستاوردهای تحقیقاتی و صنعتی و نیز محصولات مبتنی بر فناوری‌های لیزر توسط کارآفرینان و صنعتگران داخلی با حضور شرکت‌های دانش بنیان، دانشگاه‌ها و استارت آپ‌های فعال، ارائه گردید. به نقل از دکتر محمد جواد ترکمنی معاون مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران، بیش از ۶۵ شرکت و مجموعه استارتاپی در این نمایشگاه حضور داشتند.

شرکت‌های تولیدی، محصولات و تولیدات مختلف خود را در زمینه‌های لیزر و فوتونیک، ادوات اپتیکی، حسگرها، ابزارهای اندازه‌گیری و آزمون‌های اپتیکی، سیستم‌های لیزری قابل استفاده در فرآیندهای تولید، تصویربرداری، فناوری‌های مرتبط با ارتباطات و داده‌های اپتیکی، بیوفوتونیک و مهندسی پزشکی و نیز امنیت انرژی ارائه کردند.

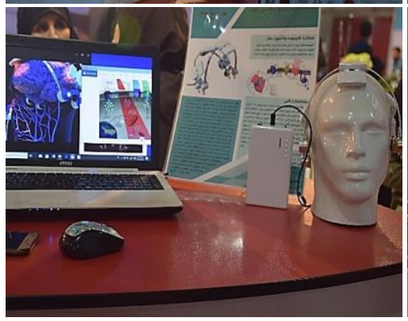
خدمات صنعتی با لیزر همچون حکاکی، برشکاری، جوش و تبلیغات و غیره و نیز خدمات پزشکی لیزری و پشتیبانی فنی ابزارهای لیزری از جمله مواردی بودند که در بخش‌های خدماتی معرفی شدند.

در این بین، با حمایت همه جانبه ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک، مواد پیشرفته و ساخت معاونت ریاست جمهوری، پاویون ایده‌های نو در حوزه فناوری لیزر نیز با شور و اشتیاق هر چه تمام‌تر برپا شد.



دستگاه‌های لیزر حکاکی، برشکاری و جوش لیزری از جمله تولیدات داخلی عرضه شده در این دوره از نمایشگاه لیزر و فوتونیک ایران بود.

گزارش اختصاصی نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته از سومین نمایشگاه بین المللی لیزر و فوتونیک ایران



در این پاویون صاحبان ایده و استارتاپ‌ها توانستند ایده‌ها و محصولات استارتاپی خود را به صاحبان شرکت‌ها، سرمایه‌گذاران و عموم بازدیدکنندگان معرفی نمایند. این پاویون، با هدف رشد و توسعه استارتاپ‌ها و در نهایت ورود به بخش خصوصی توانمند در حوزه طراحی و ساخت محصولات نوین، به استارتاپ‌های فعال اختصاص یافته بود.

پاویون ستاد در مساحتی بالغ بر ۴۰۰ مترمربع شامل بخش استارتاپ‌ها و ۱۲ غرفه مستقل از شرکت‌های دانش‌بنیان، طرح‌های مورد حمایت خود در حوزه لیزر را که توسط شرکت‌های دانش‌بنیان و یا مراکز علمی و تحقیقاتی کشور اجرا شده بود، به نمایش گذاشتند. در بخش استارتاپ‌ها، بیش از ۱۶ طرح و مجموعه نوپا آخرین دستاوردهای خود را در معرض نمایش قرار دادند.

همچنین پنج دانشگاه بزرگ کشور، اعم از دانشگاه‌های خوارزمی، شهید بهشتی، امیرکبیر، تهران، و مالک اشتر اصفهان با شرکت در این نمایشگاه به ارائه ظرفیت‌ها، توانمندی‌ها و تازه‌ترین یافته‌های علمی و فنی دانشگاه و مرکز تحقیقاتی خود در زمینه‌های مختلف لیزر و فوتونیک پرداختند.

در میان رویدادهای مختلف علمی، تخصصی، تحقیقاتی و کسب و کار، برگزاری کارگاه‌های خلاقیت برای آشنایی بیشتر دانش‌آموزان با فناوری لیزر، اپتیک و فوتونیک و نیز آشنایی دانشجویان با روند تبدیل ایده به بازار، از جمله برنامه‌های در خور توجه سومین دوره‌ی این رویداد علمی-صنعتی بود.

ششمین همایش مهندسی اپتیک و لیزر، کارگاه‌های تخصصی و بررسی آخرین پژوهش‌های صورت گرفته توسط محققان برجسته داخلی و خارجی، از جمله رویدادهای علمی بود که با اقبال علاقمندان برگزار گردید.

همچنین در حاشیه‌ی دومین روز برگزاری این نمایشگاه، قرارداد خرید سیستم جوش لیزری با عنوان همه تجهیزات مربوط به لیزر فیبر ۱۰ کیلووات به همراه سیستم کنترل اتوماسیون و هد جوشکاری برای ماشین جوش اسیدشویی دو شرکت فولاد مبارکه، میان مرکز ملی لیزر ایران و مجتمع فولاد مبارکه اصفهان به امضا رسید. این قرارداد که با حضور دکتر سورنا ستاری، معاون علمی و فناوری ریاست جمهوری و علی اصغر زارعان معاونت سازمان انرژی اتمی ایران منعقد گردید، اولین قرارداد در حوزه‌ی تولید لیزر ۱۰ کیلو واتی ایران است که ظرف ۱۴ ماه در اختیار بخش صنعتی کشور قرار خواهد گرفت تا از این پس با توان و تخصص داخلی محصولات این حوزه تولید شود.

به گفته‌ی علیرضا عباس‌نژاد، مدیر بازرگانی و علوم و فنون لیزر ایران، این دستگاه لیزری برای اولین بار در ایران به مرحله تولید می‌رسد و قرار است جایگزین یک دستگاه لیزری آمریکایی شود که در حال حاضر در شرکت فولاد مبارکه وجود دارد، اما فرسوده شده است. او عقد این قرارداد را نقطه عطفی هم برای مرکز ملی و هم برای فولاد مبارکه خواند. به نقل از خبرگزاری صدا و سیما، این فناوری که جزو اقلام تحریمی است هم اکنون تنها در ۵ کشور جهان تولید می‌شود.

عقد قرارداد خرید سیستم جوش لیزری میان مرکز علوم و فنون لیزر ایران و مجتمع فولاد مبارکه با حضور دکتر ستاری.

بازدید دکتر ستاری با همراهی دکتر قادری‌فر، دکتر لطیفی (دبیر ستاد)، دکتر مجلس‌آرا و جمعی از مدیران و کارشناسان ستاد از پاویون، با حضور در این پاویون از دستاوردهای ارائه شده توسط فعالان دانش‌بنیان در حوزه لیزر و فوتونیک، بازدید کردند.

اخبار فناوری

قطب علمی چاپ سه‌بعدی و تولید دیجیتال اچ‌پی

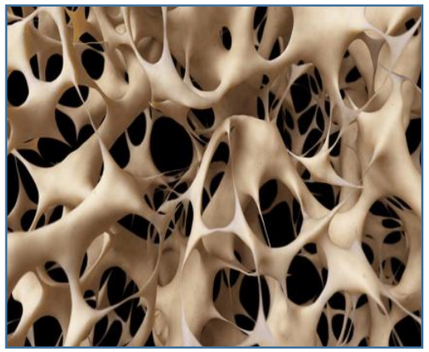
چاپ سه‌بعدی الماس صنعتی برای اولین بار

چاپ سه‌بعدی لاستیک سیلیکانی مایع

به قلم کیوان حصاری
keyvan.hesari@gmail.com

نتایج بدست آمده از آزمون‌های صورت گرفته در ساختارهای استخوانی، به خوبی ویژگی‌های تحریک سلولی، خواص تورمی و تخلخلی گرادیانی در لایه‌های مختلف را از خود نشان می‌دهد.

ترمیم ضایعات غضروفی بر پایه جوهرهای زیستی

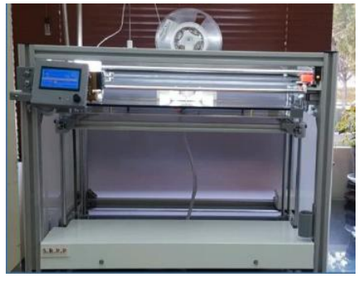


❖ محققان دانشگاه امیرکبیر موفق به ارائه روشی برای ترمیم ضایعات غضروف-استخوانی شدند.

بافت‌های غضروف-استخوان از جمله بافت‌های خاص در بدن هستند که فاقد رگ‌های خونی و عصب در فاز غضروفی هستند. از ویژگی‌های خاص این بافت‌ها تغییر گرادیانی اندازه، جهت‌گیری و نوع سلول‌های آن‌ها از بافت استخوانی به قسمت‌های غضروفی است.

تحت تاثیر عواملی چون وزن زیاد و سوابق ژنتیکی و... امکان آسیب دیدگی در این بافت‌ها وجود دارد و درمان آن نیازمند استفاده از روش‌های ترمیمی در مهندسی بافت است. در همین راستا یک طرح مطالعاتی با عنوان "ساخت و مشخصه‌یابی هیدروژل ترکیبی جهت استفاده به عنوان جوهرزیستی برای استفاده در چاپ سه‌بعدی غضروف استئوکندرال (بافت غضروف-استخوان)" در دانشگاه امیرکبیر انجام شده است به بررسی این نوع بافت‌ها می‌پردازد. در این پژوهش به جهت تقلید دقیق ساختار گرادیانی این بافت‌ها از داربست‌هایی با بیش از دو لایه استفاده شده است که در آن یکی از راهکارهای مناسب جهت دستیابی به تغییرات گرادیانی در ابعاد میکرو استفاده از ساخت چاپ زیستی داربست‌های حاوی سلول است. به گفته علی مختارزاده محقق این پروژه با فراهم شدن شرایط امکان طراحی دستگاه‌های دقیق چاپ زیستی برای استفاده از زیست مواد تولید شده امکان تجاری‌سازی و بومی‌سازی این روش وجود خواهد داشت.

تأمین قطعات پلیمری نیروگاه‌های کشور با استفاده از چاپگر سه‌بعدی



❖ به تازگی مهندسان نیروگاه شهید رجایی موفق به ساخت چاپگر سه‌بعدی جدیدی با قابلیت چاپ سه‌بعدی قطعات پلیمری شده‌اند که امکان چاپ قطعاتی با ابعاد ۵۰ سانتی متر مکعب را داراست.

به گزارش دنیای اقتصاد-قزوین این پروژه در ادامه پروژه پیشین این واحد و بنا به نیاز واحدهای مختلف به ساخت قطعات بزرگتر ساخته شده است. نمونه پیشین این چاپگر قادر به چاپ قطعاتی با حجم ۲۰ سانتی متر مکعب بوده است. با ساخت این چاپگر سه‌بعدی این مرکز قادر به تأمین نیازهای نیروگاه‌های کشور در زمینه قطعات پلیمری و تجهیزات مختلف نیروگاهی است.

به گفته محمد پژوهش مدیر ابزار دقیق نیروگاه شهید رجایی از علل عمده توجه به ساخت قطعات با استفاده از چاپ سه‌بعدی عدم دسترسی به قطعات مورد نیاز و صرفه اقتصادی آن در مقایسه با دیگر روش‌های ساخت همچون قالب‌گیری بوده است. از ویژگی‌های فنی این دستگاه که برای چاپ سه‌بعدی قطعاتی همچون انواع چرخ دنده‌ها فن‌های خنک کاری و... مورد استفاده قرار می‌گیرد استفاده از ماده PLA با دمای نقطه ذوب ۲۰۰ درجه سانتیگراد می‌توان نام برد.

تولید فیلامنت چاپگرهای سه‌بعدی با قیمت یك هفتم نمونه خارجی

❖ به گزارش ایرنا محققان واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد دستگاهی برای ساخت مواد مصرفی چاپگرهای سه‌بعدی ارائه داده‌اند.

چاپگرهای سه‌بعدی یکی از ابزارهای تولید هستند که اخیراً استفاده از آنها در کشور رو به افزایش است. هر یک از این دستگاه‌ها دارای تکنولوژی‌های مختلفی در روش ساخت و به کارگیری مواد اولیه هستند. در این بین یکی از روش‌های ساخت در این چاپگرها FDM یا مدل ته نشین سازی جوش خورده است که مواد اولیه مورد استفاده در آن به صورت فیلامنت (رشته‌های پلیمری) هستند. این فیلامنت‌ها بسته به نوع و کاربرد در جنس رنگ و ضخامت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ساخت دستگاه تامین مواد مصرفی چاپگر سه‌بعدی، با صرف یک هفتم هزینه نمونه‌های خارجی انجام گرفته است و با توجه به تولید گرانول ای بی اس در داخل امکان تأمین نیاز کشور در زمینه تولید فیلامنت‌های مورد استفاده در چاپگرهای سه‌بعدی ساخته شده از گرانول ای بی اس وجود خواهد داشت.

پروتزهای مورد استفاده در این روش با توجه به استخوان‌بندی صورت بیمار تولید می‌شوند به طوری که ابتدا شکل آنها توسط نرم‌افزارها به صورت اختصاصی برای بیمار طراحی شده و سپس با استفاده از تکنولوژی چاپ سه‌بعدی تولید می‌شوند.

محققان واحد علوم و تحقیقات موفق به ساخت دستگاهی شده‌اند که قادر به تولید فیلامنت‌های مصرفی در این چاپگرهای سه‌بعدی است.

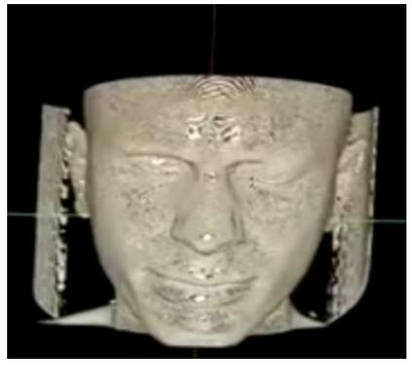
ساخت این دستگاه در قالب یک طرح با معاونت پژوهش و فناوری واحد علوم و تحقیقات به انجام رسیده است و قادر به تأمین نیازهای داخل کشور در زمینه فیلامنت‌های پلیمری است.

به گفته محمدی مجری این طرح، این دستگاه فاقد نمونه داخلی است و ساخت آن با صرف هزینه یک هفتم نمونه‌های خارجی انجام گرفته است. مکانیسم تولید فیلامنت توسط این دستگاه با استفاده از گرانول ای بی اس به عنوان ماده اولیه صورت می‌گیرد که در کشور تولید می‌شود و پس از ذوب و پمپاژ به صورت فیلامنت از آن خارج می‌شود.

بازسازی کاسه چشم با استفاده از چاپگر سه‌بعدی

❖ به گزارش خبرگزاری صدا و سیما در اسفند ماه ۹۷ اولین نمونه استفاده از تکنولوژی چاپگرهای سه‌بعدی جهت بازسازی کاسه چشم یک بیمار با موفقیت انجام شده است.

استفاده از فناوری چاپگرهای سه‌بعدی در کشور علاوه بر کاربردهای آن در بخش‌های صنعتی در بخش‌های پزشکی نیز به کار گرفته می‌شود. در یک عمل بازسازی برای نخستین بار در بیمارستان دکتر شریعتی تهران از پروتزهای تولید شده توسط چاپگرهای سه‌بعدی برای بازسازی کاسه چشم یک بیمار که بر اثر تصادف آسیب دیده بوده استفاده گردیده است.



در این بازسازی پروتزهای تولید شده بر اساس ساختار صورت بیمار طراحی و محصول نهایی متناسب با استخوان بندی و قالب صورت بیمار تولید شده‌اند. این روش به کمک سیستم نویگیشن انجام شده است که در سایر جراحی‌ها نتایج خوبی را به همراه داشته است. در این روش ابتدا محل دقیق قرارگیری پروتز بر روی صورت بیمار مکان‌یابی شده و پروتز چاپ شده با دقت به نقطه اتصال هدایت می‌شود.

از مزایای استفاده از روش چاپ نسبت به استفاده از پروتزهای عمومی کاهش احتمال بروز مشکلات بینایی و حفظ بیشتر زیبایی صورت بیمار می‌باشد.

قطب علمی چاپ سه‌بعدی و تولید دیجیتال اچ‌پی

❖ اچ‌پی قطب علمی چاپ سه‌بعدی و تولید دیجیتال جدید خود را در بارسلونا بازگشایی کرده است.

این قطب علمی از بزرگترین و پیشرفته‌ترین مراکز تحقیق و توسعه چاپ سه‌بعدی و تولید دیجیتال در جهان است و در واقع مأموریت آن دگرگون سازی بزرگترین صنایع جهان از طریق نوآوری‌های تکنولوژیک پایدار است. این مرکز در حال گرد هم آوردن منابع قابل توجه اچ‌پی و متخصصان بی‌نظیر صنعت چاپ سه‌بعدی با مشتریان، شرکا و کمیته‌ای برای هدایت مهارت‌ها و تکنولوژی‌هایی است که فواید تولید دیجیتال را بیش از پیش نشان خواهند داد. به گفته اچ‌پی قرار است این مرکز یکی از بزرگترین و پیشرفته‌ترین تأسیسات تحقیق و توسعه در تکنولوژی‌های نسل بعدی و تأمین کننده انقلاب صنعتی چهارم باشد.

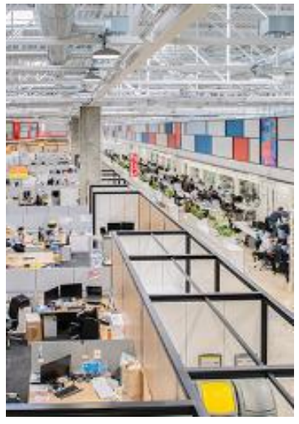
این مرکز متخصصان پیشرو در زمینه تولید افزایشی جهان را در مساحتی بیش از ۱۵۰۰۰۰ فوت مربع (تقریباً سه برابر زمین فوتبال) به منظور دگرگون سازی در زمینه‌های طراحی و ساخت گرد هم می‌آورد.

سه هکتار از محوطه این مجموعه برای توسعه نمونه‌های اولیه صنعت چاپ سه‌بعدی اختصاص داده شده‌است و یک کارخانه بزرگ محیط مناسبی را برای ایجاد همکاری با مشتریان و شرکت‌ها در زمینه تکنولوژی‌های تولیدات دیجیتال مربوط به صنعت آنها مهیا می‌کند.

این قطب علمی جدید صدها متخصص تولید دیجیتال و چاپ سه‌بعدی را در سیستم‌های مهندسی، هوش داده، نرم‌افزار، علم مواد، طراحی و کاربردها به هم پیوند خواهد داد. پیشگامانی همچون BASF، GKN متالورژی، زیمنس، فولوکس واگن، ایندااستریال و... همکاری خود را با شرکت HP در این مرکز نوآوری و تولید دیجیتال و چاپ سه‌بعدی ادامه خواهند داد.

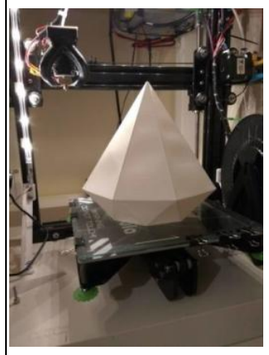
از نکات قابل توجه در این مرکز انعکاس تعهد اچ‌پی به محیط زیست است به طوری در آن از سایه‌بان‌های فتوولتاییک به منظور تأمین ۱۱۰ کیلو وات برق، باز استفاده از آب باران برای آبیاری و اهداف بهداشتی، بهینه‌سازی نور طبیعی و ساخت و ساز با مواد سازگار با محیط زیست استفاده شده است.

سرمایه‌گذاری اچ‌پی در مرکز جدید در بارسلونا از بزرگ‌ترین تاسیسات تحقیق و توسعه در چاپ سه‌بعدی و تولید دیجیتال در جهان است و به طور قابل ملاحظه‌ای رد پای تولید دیجیتال و چاپ سه‌بعدی اچ‌پی را گسترش می‌دهد.



هدف اچ پی در سطح عالی و در بهره برداری‌های جهانی استفاده ۱۰۰ درصد از انرژی‌های تجدیدپذیر در طول زمان و رسیدن به هدف ۶۰ درصد تا سال ۲۰۲۵ است.

چاپ سه‌بعدی الماس صنعتی برای اولین بار

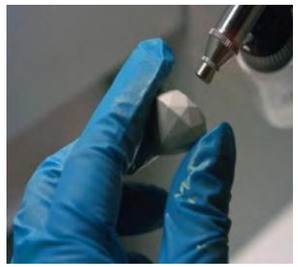


❖ برای اولین بار در دنیا مهندسان Sandvik الماس صنعتی کامپوزیتی چاپ شده سه‌بعدی را تولید کرده‌اند که معتقدند انقلابی در صنعت ماشینکاری ایجاد خواهد کرد.

مهندسان سوئدی Sandvik این الماس کامپوزیتی را جهت رونمایی در نمایشگاه ساخت افزایشی RAPID+TCT در دیترویت ارائه کردند. این مهندسان ادعا می‌کنند که این چاپ سه‌بعدی الماس کامپوزیت صنعتی برای اولین بار است که در جهان انجام می‌گیرد. الماس کامپوزیتی ۵۸ مرتبه سخت‌تر از هرچیزی است که در طبیعت یافت می‌شود و عمده کاربردهای آن در ابزارهای متهزنی و ماشینکاری است.

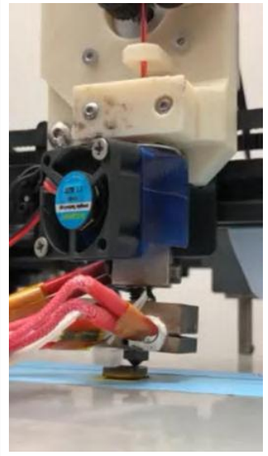
کامپوزیت الماس از ۱۹۵۸در دسترس بوده اما شکل‌دهی این ماده به سبب اینکه ماشینکاری آن تقریباً غیر ممکن است بسیار دشوار است. قبلا تولید آن تنها به صورت شکل‌هایی بسیار ساده ممکن بوده است اما هم اکنون مهندسان Sandvik این موضوع را با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی تغییر داده‌اند و ایجاد الماس‌های صنعتی در شکل‌های هندسی پیچیده حتی با بخش‌هایی با حفره‌های داخلی امکان پذیر شده است. کامپوزیت الماس چاپ شده به صورت سه‌بعدی همانند الماس درخشان نیست اما استحکام و مقاومت سایشی نزدیکی به آن دارد و این احتمال وجود دارد که کامپوزیت الماس باعث انقلابی در صنعت ماشینکاری شده و منجر به کاربردهای پیشرفته در برنامه‌های فضایی و بخش‌های سایشی شود. در واقع این ماده یک کامپوزیت است که عمدتاً از الماس خالص تشکیل شده است اما به منظور اطمینان از اینکه امکان چاپ آن وجود داشته باشد شامل یک ماده ماتریس نیز می‌باشد.

تولید این الماس با استفاده از چاپ سه‌بعدی مخلوط نیمه مایع از پودر الماس و پلیمر و استفاده از نور فرابنفش توسط فرایند چاپ سه‌بعدی SLA انجام گرفته است. مراحل تولید آن شامل یک مرحله پسا پردازشی اختصاصی است که توسط این شرکت توسعه داده شده و تضمین کننده خواص کامپوزیت الماس چگال تولید شده است. با اعمال درست این فرایند پسا پردازشی الماس حاصل شده هدایت گرمایی بالا، سختی و چگالی کم همچنین مقاومت خوردگی و انبساط حرارتی بالایی از خود نشان می‌دهد. میکائیل شویسکی رئیس تحقیق و توسعه و اجرایی ساخت افزایشی Sandvik توضیح داده که این مرحله بسیار پیچیده بوده است با این وجود بعد از تلاش‌های گسترده تحقیق و توسعه و آزمایش‌های متعدد توانستیم بر فرایند کنترل داشته باشیم اما جزئیات بیشتری از این فرآیند به اشتراک نگذاشته است. کامپوزیت الماس چاپ شده به صورت سه‌بعدی یک نوآوری واقعی است به این معنی که می‌توانیم شروع به استفاده از الماس در کاربردها و شکل‌هایی کنیم که قبل از این هرگز تصور نمی‌شد.

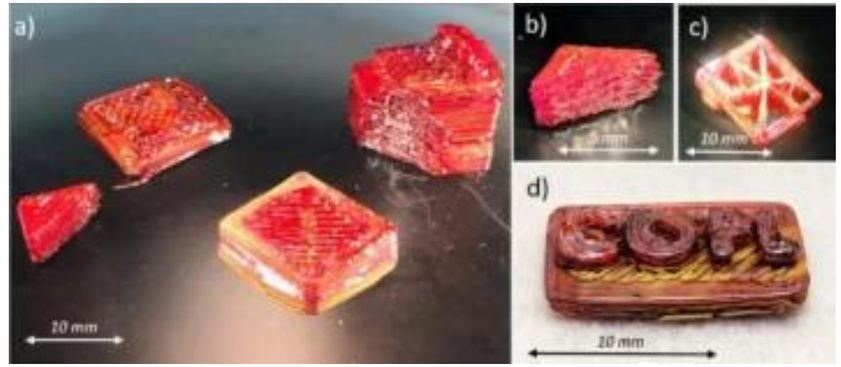


تفاوت الماس Sandvik با الماس‌های طبیعی و مصنوعی در این است که این الماس یک ماده کامپوزیت است. این ماده عمدتاً از الماس خالص تشکیل شده است و با استفاده از چاپ سه‌بعدی تولید آن در شکل های هندسی پیچیده امکان پذیر شده است.

چاپ سه‌بعدی این ماده اپتیکی در آینده مسیر را برای عصر جدید طراحی و ترکیب مواد به منظور تولید قطعات فوتونیکی و فیبرها هموار خواهد کرد.



قطعات چاپ شده بر پایه کالکوژن در تصویر برداری‌های حرارتی مادون قرمز مورد استفاده در کاربردهای دفاعی و امنیتی کاربرد دارند.



چاپ سه‌بعدی شیشه کالکوژن برای اولین بار

❖ محققان دانشگاه فلوریدا در کانادا برای اولین بار موفق به چاپ شیشه کالکوژن شدند. این محققان روشی را برای چاپ سه‌بعدی این شیشه با استفاده از چاپگرهای اصلاح شده توسعه دادند.

شیشه کالکوژن ماده منحصر به فردی است که در قطعات اپتیکی در طول موج‌های مادون قرمز نزدیک مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای ویژگی‌های مطلوب زیادی است. چاپ این شیشه می‌تواند به تولید کم هزینه اجزا اپتیکی پیچیده منجر شود. این ماده به طور ویژه در توسعه قطعات شیشه‌ای و فیبرهای اپتیکی مورد استفاده در حسگرهای کم هزینه، قطعات مورد کاربرد در ارتباطات مخابراتی و ابزارهای پزشکی بکار می‌رود.
این روش جدید به طور بالقوه می‌تواند باعث دستیابی به موفقیت‌هایی در تولید کارآمد قطعات اپتیکی مادون قرمز با هزینه کم شود. از دلایل چشمگیر بودن این این کشف سادگی نسبی تجهیزات مورد استفاده در آن است. در حالی که بسیاری از پروژه‌ها نیازمند چاپگرهای سه‌بعدی کاملاً جدید هستند در این روش از اصلاح دستگاه FDM معمول برای چاپ استفاده شده است. این تیم با افزایش ماکسیمم دمای روزن ران در چاپگر سه‌بعدی تجاری از ۲۶۰ درجه به ۳۳۰ درجه سانتیگراد امکان خروج با فشار شیشه کالکوژن را فراهم ساختنه‌اند.

در این روش ابتدا فیلامنت شیشه کالکوژن با ابعادی مشابه فیلامنت‌های پلاستیکی تجاری که به طور معمول در چاپگرهای سه‌بعدی استفاده می‌شود تولید و سپس چاپگر برای ایجاد نمونه با ابعاد و شکل پیچیده برنامه ریزی شده است.

اگرچه این فرایند هنوز نیازمند اصلاح بعضی نقص‌ها و کاستی‌ها است اما این روش امکان ساخت قطعاتی با چند ماده را نیز فراهم می‌سازد. به طوری که در صورت ترکیب شیشه با پلیمری با خواص رسانندگی الکتریکی اختصاصی و یا ویژگی‌های اپتیکی خاص امکان تولید ابزارهای چند منظوره به وسیله چاپ سه‌بعدی وجود خواهد داشت. همچنین در چاپ سه‌بعدی فیبرهای پیش‌ساخته با هندسه پیچیده و یا استفاده از چند ماده و یا ترکیب هر دو آنها بسیار مفید خواهد بود. در مواردی که تکنیک‌های طراحی و ساخت نیز دارای تنظیم دقیق هستند نیز این چاپ سه‌بعدی می‌تواند برای تولید ارزان قطعات اپتیکی مادون قرمز در حجم بالا مورد استفاده قرار گیرد.

چاپ سه‌بعدی لاستیک سیلیکانی مایع

❖ کمپانی German Rep Rap اعلام کرده که پلتفرم چاپ سه‌بعدی جدیدی را راه اندازی کرده که می‌تواند لاستیک سیلیکانی مایع (LSR) را با خواصی نزدیک به قالب‌گیری تزریقی مواد چاپ کند.

این چاپگر سه‌بعدی ساخت افزایشی مایع (LAM) امکان چاپ لاستیک سیلیکانی مایع را دارد. لاستیک سیلیکانی مایع LSR یک ماده با ویسکوزیته بالا است که در مجموعه‌ای از محصولات و صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده همه کاره پیشتر با استفاده از قالب‌گیری تزریقی در دسترس بوده است.

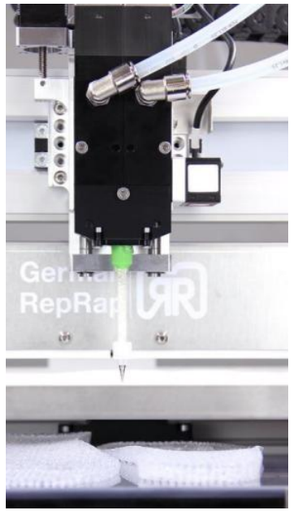
این کمپانی ادعا می‌کند این اولین بار است که می‌توان به جای قالب‌گیری تزریقی مایع سیلیکان از آن در صنعت چاپ سه‌بعدی استفاده کرد.

ساخت افزایشی مایعی که این چاپگر می‌تواند چاپ کند تقریبا دارای کیفیتی برابر با نمونه‌های قالب‌گیری تزریقی است و به وسیله تکنولوژی چاپ این دستگاه، اشیایی با ویژگی‌های مکانیکی همانند اشکال تولید شده با قالب‌گیری تزریقی ایجاد خواهد شد.

این ویژگی به سبب سطح کنترل در مرز پیوند زنجیره پلیمری است که توسط سیستم شبکه حرارت ایجاد می‌شود. یک لامپ هالوژن با درجه حرارت بالا انرژی فعالسازیی را آزاد می‌کند که به صورت جداگانه باعث سرعت بخشیدن به فرایند مرزبندی پیوند زنجیره پلیمری در سطح مولکولی مواد می‌شود. این فرایند باعث می‌شود زمان چاپ به طور قابل توجهی کاهش پیدا کند. تکنولوژی جدید بکار رفته در سر این چاپگر نیز نسبت ترکیب شدن و اندازه‌گیری دقیق را در آن فراهم می‌کند.

با توجه به قابلیت ایجاد نمونه اولیه مواد در این چاپگر استفاده‌کنندگان آن از مزایای کاهش بیشتر زمان عرضه محصول بهره‌مند خواهند شد.

کاربردهای چنین سیستم چاپ سه‌بعدی را می‌توان از تولید محصولات ارتوپدی سفارشی و کفی‌های طبی تا جعبه‌های الکترونیکی و آستین‌های محافظ نام برد.



چاپ سه‌بعدی لاستیک سیلیکانی مایع توسط این دستگاه امکان جایگزینی آن را با فرآیند زمان‌بر و پرهزینه قالب‌گیری تزریقی، ایجاد خواهد کرد.

اخبار علمی

❖ در عرصه پژوهش و صنعت، چاپگرهای سه‌بعدی کاربردهای گوناگونی دارند و یکی کاربردهای مورد توجه در بکارگیری این ابزار در انجام پژوهش‌های علمی و تحقیقاتی و یا ساخت نمونه‌های اولیه آزمایشگاهی است. در کشور نیز در بسیاری از مراکز تحقیقاتی از این ابزار در زمینه‌های گفته شده بکار گرفته می‌شود که در ادامه بررسی اجمالی برخی از نتایج و مقالات منتشر شده در مجلات معتبر از سوی محققان داخلی در زمینه چاپگرهای سه‌بعدی در سال ۲۰۱۹ ارائه می‌شود.

.....

امروزه مهندسی بافت به منظور ایجاد محیطی مناسب برای بازسازی بافت‌ها و ارگان‌های آسیب دیده قادر به ایجاد بافت‌های مهندسی شده‌ای به ویژه در آزمایشگاه است. در عمده کاربردها چاپگرهای سه‌بعدی در ساخت مستقیم نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرند علاوه بر آن در زمینه مهندسی بافت از این ابزار در تکنیک‌های مختلفی در کاربردهای چاپ به صورت غیر مستقیم نیز بهره گرفته می‌شود.

بافت‌های استخوانی یکی از مهمترین بافت‌های همبند در بدن هستند که شامل اجزا آلی و معدنی می‌باشند. نمونه استفاده‌ی غیرمستقیم از چاپگر سه‌بعدی در پژوهش انجام شده توسط تیم تحقیقاتی به سرپرستی شادی حسن‌آجیلی است که به طور مشترک بین دانشگاه‌های شیراز و علوم پزشکی شیراز در زمینه مهندسی بافت بکار گرفته شده است. در این پژوهش از چاپگرهای سه‌بعدی در چاپ غیر مستقیم و ساخت قالب جهت آماده سازی نمونه استفاده شده است و به منظور بررسی پتانسیل داربست کامپوزیت متخلل HA/PCL/PLA از رویکرد چاپ غیر مستقیم و خشک سازی انجمادی استفاده گردیده است. در این روش از چاپگر سه‌بعدی برای ساخت قالب منفی و ریخته‌گری سوسپانسیون کامپوزیت درون قالب به منظور ساخت نمونه داربست‌های استخوانی استفاده شده است. قالب ایجاد شده به صورت یک شبکه دیسکی شامل حفره‌های تو خالی 5×5×5mm به شکل ستون‌های مکعب شکل با صخامت ۹۰۰ میکرون است که بهم متصل شده‌اند. برای چاپ آن از فیلامنت‌های پلی وینیل الکل که قابل حل در آب می‌باشند استفاده شده است.

مراحل رویکرد چاپ غیر مستقیم و روش خشک‌سازی انجمادی در تهیه نمونه

پس از آماده سازی، داربست به روش‌های مختلف ارزیابی و مشخصه یابی چون آنالیزهای مورفولوژی و استحکام مکانیکی، مدول فشاری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش که در مجله Materials Science & Engineering C منتشر شده است مطلوب‌ترین حالت داربست را با نسبت بهینه اجزای داربست کامپوزیت متخلل ارائه می‌دهد.

.....

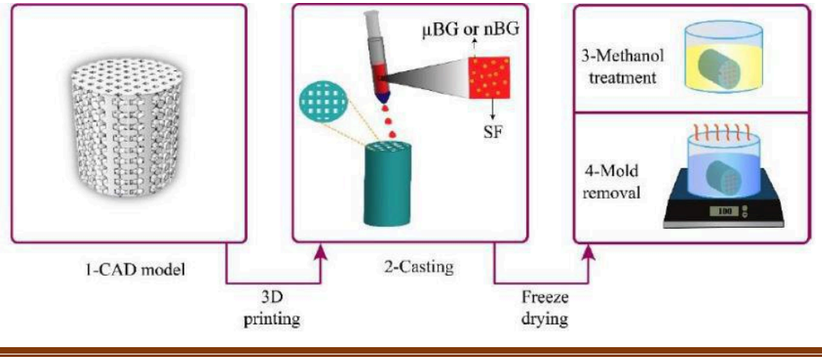
پژوهش مشابه دیگری توسط مینا رزاق‌زاده بیدگلی با همکاری یک تیم تحقیقاتی به سرپرستی منوچهر وثوقی به طور مشترک بین دانشگاه‌های شریف و تربیت مدرس برای ساخت نمونه استخوانی انجام شده است که در آن از مواد مورد توجه در مهندسی بافت فیبرون ابریشم سلسله مراتبی و کامپوزیت فیبرون ابریشم با شیشه زیست فعال (SF-BG) با ساختار بهم پیوسته و معماری کنترل شده استفاده شده است. در این پژوهش اثرات ذرات شیشه زیست فعال در استحکام و رفتار سلولی آن مورد بررسی قرار گرفته شده است.

یکی از چالش‌های مهم در ساخت داربست‌های سه‌بعدی طراحی داربست زیست فعال و از نظر مکانیکی سازگار با استخوان و دارای ساختار سلسله مراتبی است.

این مطالعه برای اولین بار است که از داربست‌های زیست فعال SF-BG سلسله مراتبی با استفاده از رویکرد چاپ غیر مستقیم و روش خشک‌سازی انجمادی به جهت دستیابی به کنترل بهتر ساختار یکنواخت منافد زیست فعال آزمایشگاهی استفاده شده است.

داربست کامپوزیتی سه‌بعدی با ساختار سلسله مراتبی در این تحقیق با استفاده از قالب گچی و ریخته گری محلول شاخته شده‌اند. در آماده سازی قالب از چاپ سه‌بعدی پودر گچ و جوهر محلول در آب برای ساخت قالبی با کانال‌های منفذ با قطر ۵۰۰ میکرون و در ابعادی با قطر ۱۳ و ارتفاع ۱۰ میلیمتر استفاده شده است.

نتایج این پژوهش در مجله Materials Science & Engineering C منتشر شده نشان می‌دهد کامپوزیت‌های سه‌بعدی متخلخل ساخته شده بر پایه فیبرون متخلل و نانو ذرات BG داربست‌های امیدوار کننده‌ای برای بازسازی بافت استخوان در کاربردهایی با تحمل بار بالا هستند.



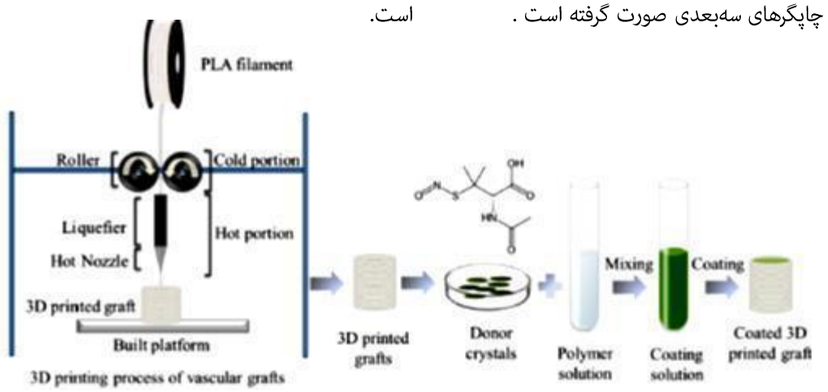
در میان پلیمرهای مصنوعی و طبیعی مختلف فیبرون ابریشم به عنوان یک پروتین مورد تایید FDA (سازمان غدا و دارو امریکا) در مهندسی بافت استخوان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این ماده دارای سازگاری زیستی عالی، تجزیه زیستی قابل تنظیم، استحکام مکانیکی بسیار خوب، تحریک مستقیم تشکیل استخوان و تحریک کنندگی کم پاسخ التهابی و ایمن‌سازی است.

روش‌های مختلفی برای ساخت عروق پیوندی به کار گرفته می‌شود که اشکال عمده آن روش‌ها کنترل کم بر ساختار و مورفولوژی شکل‌های ساخته شده است.

نشانی دادن به ساختار شبکه عروق با پیچیدگی بیشتر و جزئیات پیچیده‌ای همچون شاخه‌ها، انحنا و نقص‌های آناتومی اولیه که برای هر بیمار خاص است، نیازمند طراحی دقیق بوده و استفاده از روش ساخت چاپگرهای سه‌بعدی یکی از روش‌های مناسب در این زمینه است.

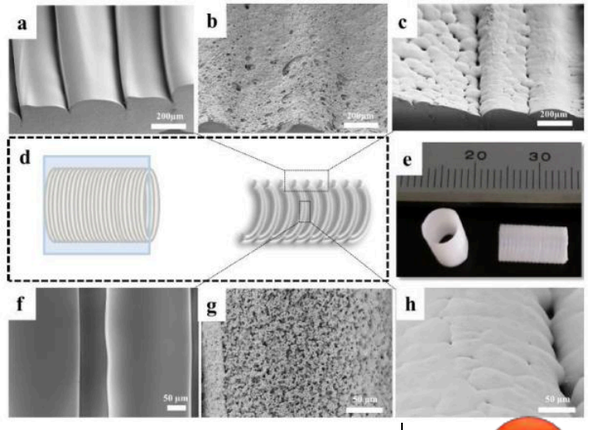
یکی دیگر از جنبه‌های کاربردی چاپگرهای سه‌بعدی استفاده از آنها در زمینه‌های پزشکی و ساخت عروق است. در این زمینه پژوهش انجام شده توسط فاطمه کبیریان در تیم تحقیقاتی به سرپرستی مسعود مظفری به طور مشترک توسط مرکز تحقیقات مواد و انرژی، دانشگاه KU Leuven بلژیک و دانشگاه علوم پزشکی ایران با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی صورت گرفته است .

در پژوهش انجام شده روش جدیدی برای ساخت رگ‌های کوچک قطر پیوندی (SDVG) چاپ شده سه‌بعدی، ضد باکتری و هماهنگ با هم مورد تشریح قرار گرفته است. از چاپگر سه‌بعدی برای چاپ داربست‌هایی با اندازه ارتفاع ۱۰ میلیمتر و قطر داخلی ۵/۴ میلیمتر و ضخامت ۲/۰ میلیمتر توسط فیلامنت‌های PLA با ضخامت ۱/۷۵ میلیمتر از طریق نازل با دمای ۲۲۰ درجه سانتی گراد استفاده شده است.



نتایج این پژوهش در مجله ACS Biomaterials Science & Engineering منتشر شده است. این نتایج پیشنهاد می‌دهد که چاپ سه‌بعدی روشی امیدوار کننده در تولید SDVG است و می‌تواند با روش‌های نوآورانه پوششی که نتایج موفقیت آمیزی در ریشه کردن باکتری و مهار فعال سازی پلاکت در دوره ۱۴ روزه از خود نشان داده است.ترکیب شود.

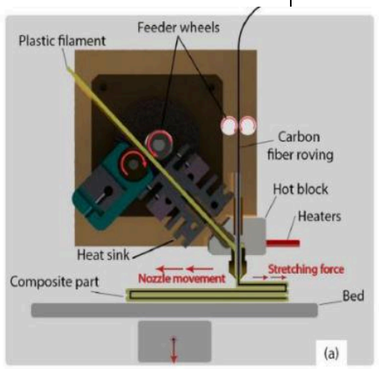
نتایج امیدوار کننده چاپ سه‌بعدی بافت‌های پیوندی طراحی امیدوار کننده‌ای را برای مهندسی بافت SDVG مناسب برای کاربردهای بالینی در آینده نشان می‌دهد.



از دیگر کاربردهای چاپگرهای سه‌بعدی در حوزه‌های صنعتی و ساخت افزایشی است که در پژوهش انجام شده در دانشگاه اصفهان به آن پرداخته شده است. از میان روش‌های مختلف چاپ سه‌بعدی قطعات مورد نیاز در کاربردهای صنعتی، روش FDM به سبب هزینه پایین ابزار چاپ و تنوع فیلامنت‌های ارزان قیمت آن نسبت به دیگر روش‌ها بسیار رایجتر است. در همین راستا در پژوهش انجام شده توسط تیم تحقیقاتی به سرپرستی محمد حیدری رارانی که در نشریه Composites Part B منتشر شده ساخت افزایشی کامپوزیت فیبر تقویت شده مورد بررسی قرار گرفته است.

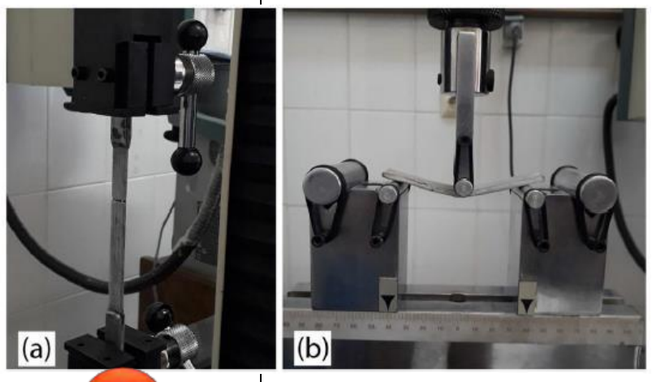
در این پژوهش به منظور تولید پیوسته فیبرهای کامپوزیت تقویت شده ترموپلاستیک (CFRT) رانشگر خلاقانه‌ای برای چاپگرهای سه‌بعدی FDM طراحی و ساخت شده است. این رانشگر دارای امکان نصب بر روی چاپگرهای سه‌بعدی FDM در دسترس بدون نیاز به طراحی شاسی جدید است. طراحی این رانشگر به گونه ای است که بر اساس روش جاسازی در جز عمل می‌کند و به طور همزمان فیبر بلند تقویتی را به همراه ماتریکس ترموپلاستیک خارج می‌کند.

به منظور ارزیابی کیفیت محصول تولید شده توسط این طراحی جدید کشش استاندارد و خم شدگی سه نقطه‌ای نمونه‌های ساخته شده از PLA (پلی لاتیک اسید) و PLA تقویت شده با فیبر کربن چاپ شده مورد آزمایش قرار گرفته و به بررسی چالش‌هایی چون ایجاد تنش در فیبر، آماده سازی سطح، دمای چاپ و نرخ تغذیه جهت تولید بخش کامپوزیت با کیفیت خوب پرداخت شده است.



نتایج تجربی آزمایشات بهبود قابل توجه استحکام کششی و خمشی کامپوزیت PLA تقویت شده را به ترتیب با ۳۵ درصد و ۱۰۸ درصد افزایش در مقایسه با PLA خالص نشان می‌دهد. آنالیزهای مورفولوژی نیز به منظور بررسی پیوند فیبر ماتریکس و حالت‌های شکست انجام شده که نشان می‌دهد آماده‌سازی سطح فیبر انجام شده با PVA بسیار موثر بوده است.

در این پژوهش پارامترهای فرآیند همچون افزایش پیوند فیبر- ماتریس با استفاده از محلول PLA، تزریق همزمان فیبر و پلیمر مذاب، خنک‌سازی سریع نمونه چاپ شده و یافتن قطر بهینه رشته‌های کربن به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.



آینده‌ای انتزاعی با فناوری چاپ سه‌بعدی

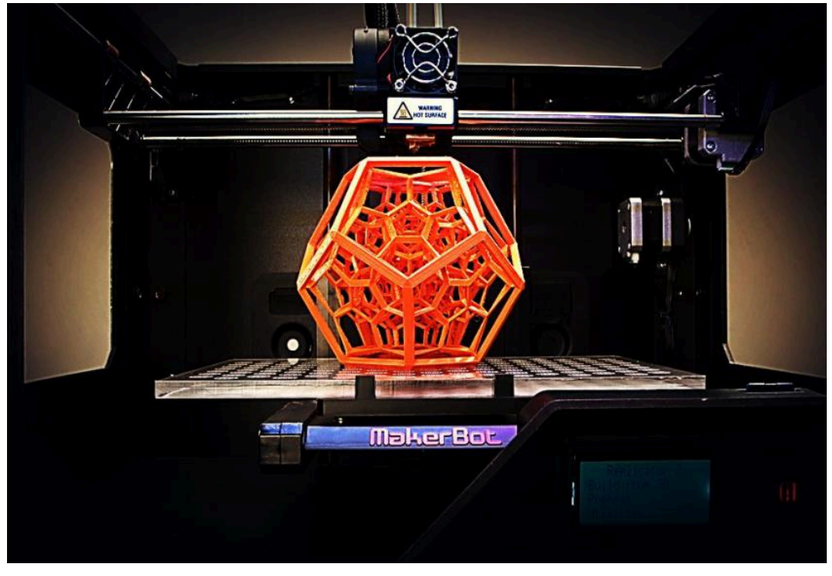
دورنما

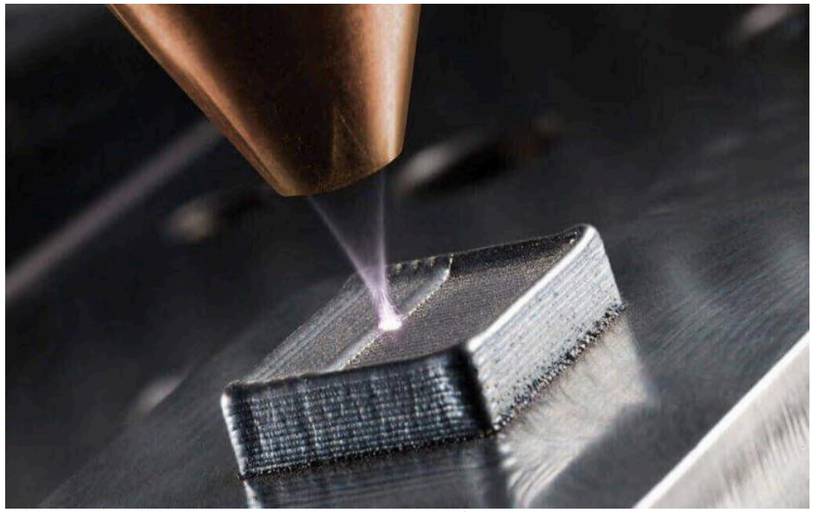
آینده‌ای انتزاعی با فناوری چاپ سه‌بعدی

به قلم سیده ثریا موسوی
s.soraya.mosavy@gmail.com

تمام وجوه زندگی ما درآینده، به فناوری‌های چاپ سه‌بعدی بستگی خواهد داشت. خانه‌هایی که در آن زندگی می‌کنیم، خیابان‌هایی که در آن قدم می‌زنیم، ماشین‌هایی که با آن رانندگی می‌کنیم، لباس‌هایی که می‌پوشیم و حتی غذاهایی که می‌خوریم، همه و همه با وجود این فناوری دستخوش تغییر و تحول خواهد شد. حال باید دید فناوری چاپ سه بعدی چیست که برخی از دانشمندان آن را کاتالیزور پیشرفت و برخی دیگر آن را کلید صنعت آینده نامیده‌اند. در واقع این فناوری شامل مجموعه‌ای از فرآیندها است که طی آن مواد به‌صورت کنترل‌شده به یکدیگر پیوند داده می‌شوند تا یک شی سه‌بعدی ساخته شود. در اینجا فرآیند ساخت اغلب به صورت لایه لایه انجام می‌شود.

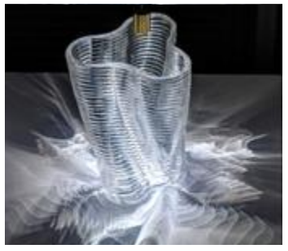
عبارت مادر (AM) ساخت افزایشی (Additive manufacturing) که از سال ۲۰۰۰ به صورت رایج مورد استفاده گرفت، از مضمون اضافه شدن مواد به یکدیگر (با روش‌های مختلف) الهام گرفته است. اما وقتی اصطلاح چاپ سه بعدی عنوان می‌شود، فناوری‌های پلیمری در بیش‌تر ذهن‌ها تداعی می‌شود. این در حالیست که اصطلاح ساخت افزایشی بیش از آن که در زمینه‌ی پلیمرها مورد استفاده قرار گیرد، به فلزکاری و محصولات نهایی در زمینه‌ی تولید قطعات اطلاق می‌شود. در اوایل سال ۲۰۱۰، عبارت‌های چاپ سه بعدی و ساخت افزایشی، هر دو به عنوان اصطلاحات مادر جایگزین "فناوری‌های افزایشی" مطرح شدند که یکی بیش‌تر در جوامع مصرف‌کننده و رسانه‌ها مرسوم‌تر است و دیگری به صورت رسمی توسط تولیدکنندگان قطعات، ماشین آلات صنعتی و سازمان‌های استاندارد فنی جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این واژه در مقابل اصطلاح "ساخت کاهشی"





(subtractive manufacturing) قرار می‌گیرد. اصطلاح ساخت کاهشی به مجموعه‌ی بزرگی از فرآیندهای ماشین‌کاری اطلاق می‌شود که حذف مواد در آن، روش رایج تولید محصول است. ساختار لایه‌لایه و کاربست یک طراحی سه‌بعدی به کمک رایانه در روش چاپ سه بعدی همان عاملی است که نه تنها این فرآیند را از دیگر روش‌های چاپ دوبعدی، بلکه از تمام روش‌های مرسوم تولید اجسام متمایز می‌کند. در فرآیند ساخت یک جسم توسط چاپگر سه‌بعدی صدها و حتی شاید هزاران لایه بر روی یکدیگر سوار می‌شوند تا ساختار نهایی شکل بگیرد و در مرتفع‌ترین نقطه راستای عمودی‌اش تکمیل شود. در واقع این همان فرآیندی است که آن را تولید افزایشی می‌نامند. به این ترتیب ابتدا مدل رایانه‌ای سه بعدی حجم مورد نظر آماده شده، سپس توسط چاپگر سه‌بعدی ساخته می‌شود. به این ترتیب که مدل طراحی شده توسط رایانه به صورت برش‌های متعدد دوبعدی برای دستگاه ترجمه شده، سپس چاپگر ماده اولیه را بر مبنای دستورالعمل رایانه‌ای در مناطق مقتضی به صورت دقیق به شکل لایه‌های متوالی پر می‌کند. فرآیند چاپ سه‌بعدی به‌نحوی است که لایه‌هایی با دقت کسری از میلی‌متر را به‌صورت بخش بخش می‌سازد. در حالی که روش‌های مرسوم سنتی همه بر اساس برادبه‌برداری یا قالب‌ریزی و ریخته‌گری بنیان‌گذاری شده‌اند که محدودیت‌ها و معایب بسیاری را در بر دارند. به عنوان مثال در روش برادبه‌برداری که در آن از یک قطعه بزرگ‌تر به جسم نهایی می‌رسند، اغلب ۹۰٪ از ماده اولیه هدر می‌رود، که هزینه زیادی را برای تولیدکننده و در نتیجه مصرف‌کننده در پی خواهد داشت. اما در فرآیند چاپ سه‌بعدی هدر رفت ماده اولیه به مراتب کم‌تر است و چون فرآیند به‌صورت خودکار انجام می‌شود، از دقت بالایی نیز برخوردار خواهد بود.

در فرآیند ساخت یک جسم توسط چاپگر سه‌بعدی صدها و حتی شاید هزاران لایه بر روی یکدیگر سوار می‌شوند تا ساختار نهایی شکل بگیرد.



تا سال ۲۰۳۰ نیمی از وعده‌های غذایی ما از طریق چاپ سه بعدی تولید می‌شود، اکثر خانه‌ها برق خودشان را تولید می‌کنند و بشر اولین سفر یک طرفه خود به مریخ را تجربه خواهد کرد.

در واقع چاپ سه‌بعدی یک فناوری توانمند است که امکان ارائه‌ی طرح‌های خلاقانه و بی‌نظیر را در اختیار طراحان قرار می‌دهد. این در حالی است که این فرآیند به ابزار کمتری نیاز دارد و همین امر خود باعث کاهش هزینه‌های سنگین می‌شود. همچنین با استفاده از این فناوری می‌توان قطعات را به شکلی خاص طراحی کرد، بدون آن که دیگر نیازی به مونتاژ دستگاه با هندسه و ویژگی‌های پیچیده باشد.

این فناوری با مصرف بهینه انرژی عاری از هر گونه آلودگی زیست محیطی است. ضمن آن که استفاده از مواد استاندارد نه تنها منجر به افزایش طول عمر و استحکام قطعات شده بلکه وزن آن‌ها را نیز تا حد چشمگیری کاهش می‌دهد. به این ترتیب فناوری چاپ سه‌بعدی در آینده ارزش افزوده‌ی اقتصادی و سودی به ارزش میلیاردها دلار به ارمغان خواهد آورد. از این رو، باعث بازسازی اقتصادی شده و رواج بازارهای کار را به دنبال خواهد داشت. این امر همچنین در نتیجه‌ی کاهش بهره‌گیری از نیروهای غیر ماهر به خصوص در بخش‌های ساخت و ساز صورت خواهد گرفت. ذکر این نکته نیز ضروری است که مدت زمان مورد نیاز برای چاپ سه بعدی ساختمان‌ها و محصولات حدود ۱۰٪ از زمان صرف شده با استفاده از فناوری‌های سنتی خواهد بود. با این حال، چاپ سه بعدی هنوز یک تحول جدید در حال توسعه است که نقش آن فقط در بازار انبوه قابل درک است.

گزارش اخیر HA که توسط میزگرد صنعت ۲۰۳۰ به کمیسیون اروپا ارائه شده است، فناوری چاپ سه‌بعدی را به عنوان یک عامل کلیدی در رشد استراتژیک آینده صنعت اروپا معرفی کرده است. این گزارش چشم‌انداز صنعت اروپا را به گونه‌ای ترسیم کرده است که نشان می‌دهد فناوری چاپ سه بعدی، همزمان هم به نفع جامعه و محیط زیست بوده و هم از صرفه‌ی اقتصادی حائز اهمیتی برخوردار است. زیرا این فناوری با دارا بودن قابلیت‌هایی چون زنجیره‌های تامین کوتاه‌تر و کاهش زمان و هزینه‌ی توسعه، طراحی و آزمایش محصولات جدید منجر به تولید ارزش افزوده‌ی قابل توجهی در سراسر اروپا خواهد شد. ضمن آن که فناوری‌های چاپ سه بعدی با تولید مواد ضایعات کمتر و ترویج تولید تقاضا محور (و قابلیت بومی‌سازی) فرصت های مناسبی را در اختیار بخش‌های صنعتی قرار می‌دهد. در حال حاضر، از فرآیند چاپ سه‌بعدی اغلب برای ساخت پیش‌نمونه‌های پلاستیکی یا فلزی در فرآیند طراحی اجزای یک محصول بزرگ‌تر استفاده می‌شود، هر چند که می توان از آن در گستره‌ی وسیعی از کاربردها (از پیکره‌های کوچک پلاستیکی گرفته، تا بافت قالب‌ها، قطعات استیل ماشین‌آلات و حتی ایمپلنت‌های تیتانیوم که در جراحی استفاده می‌شوند) بهره گرفت. به طوری که این گونه مدل‌سازی های سه‌بعدی در رشته‌های گوناگونی همچون قطعه‌سازی، معماری، طراحی صنعتی، روباتیک، صنایع هوافضا و... به صورت چشمگیری رواج یافته است. مدل‌سازی‌هایی که تا پیش از این به صورت تصاویر دوبعدی روی صفحه‌های نمایشگر یا کاغذ ارائه می‌شد. با پیشرفت های اخیر می‌توان ادعا کرد که چاپگرهای سه‌بعدی توانایی تولید هر نوع قطعه‌ای با هر شکل و زاویه‌ای، تو پر یا تو خالی، صاف یا منحنی و هر نوع طراحی بدیعی را دارد. به این ترتیب، ضرورت استفاده از این فناوری نوظهور در بخش‌های صنعت، پزشکی، آموزش، خودروسازی، صنایع نظامی و تقریبا در تمام زمینه‌های کاری بیش از پیش احساس می‌شود.

اما چاپگرهای سه‌بعدی امروزی برای اولین بار با روش استریولیتوگرافی (Stereo Lithography Apparatus) که به اختصار (SLA) نامیده می‌شود، در سال ۱۹۸۶ ساخته و دو سال بعد وارد بازار شد.

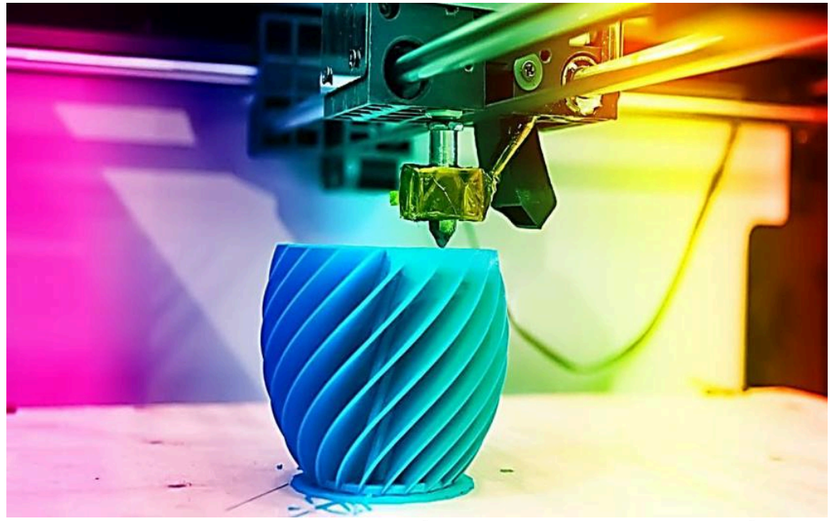
طرح اولیه چاپگرهای سه‌بعدی در دهه هشتاد میلادی تحت عنوان "پیش‌نمونه‌ساز فوری" ارائه گردید. اولین نمونه این دستگاه توسط چاک هال (Chuck Hull) ساخته و به نام این دانشمند ثبت شد.

دورنما

به نظر می‌رسد این موتور سیکلت چیزی شبیه به آنچه در فیلم Blade Runner 2049، به تصویر کشیده شده است، باشد. موتور سیکلت چاپ شده BigRep 3D نمایش خیره‌کننده و چشمگیری از روند رو به رشد فناوری چاپ سه بعدی در مقیاس بزرگ است که نشان می‌دهد این فناوری تا چه حد می‌تواند در ساخت خودرو موثر باشد.

امروزه فرآیند تولید دستگاه‌های چاپگر سه‌بعدی تجاری به صورت روزافزون در حال پیشرفت است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ به عنوان یکی از کلیدی‌ترین فناوری‌های صنعتی، تمام جنبه‌های تولیدی را دگرگون کند. از این رو، پژوهشگران در پی آزمایش مواد و راهکارهای متفاوتی هستند که بتوانند با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی محصولات ناهمگونی را از بدنه‌ی خودرو گرفته، تا بلوک‌های سیمانی و محصولات خوراکی از مواد غذایی تولید کرد.

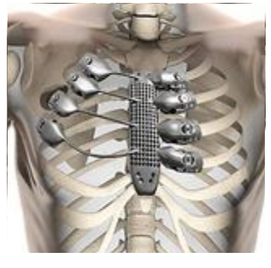
حال آن که پیش‌بینی می‌شود، در دهه‌ی پیش رو، روش ساخت افزایشی نوینی ظهور کند که تاثیر شگرفی بر اقتصاد و جامعه خواهد داشت. در این فرآیند از مواد هوشمندی استفاده می‌شود که می‌توانند به صورتی از پیش برنامه‌ریزی شده در پاسخ به یک محرک خارجی تغییر شکل یابند. این فناوری که از



آن تحت عنوان چاپ چهار بعدی یاد می‌شود، به بعد چهارمی که در واقع بعد زمان است، اشاره دارد. البته در اینجا زمان به معنای مدت زمان لازم جهت چاپ یک قطعه نیست. بلکه مدت زمانی است که اشیای چاپ شده قادر خواهند بود طی آن تغییر شکل دهند. کاربرد چنین ساختارهای خود تبدیل شونده‌ای (Self-transforming) با بهره‌گیری از مواد حافظه‌دار در فرآیندهای ساخت افزایشی، از هم اینک نیز در بسیاری از بخش‌های صنعتی، پزشکی، دفاعی و هوا و فضا (مانند پنل‌های خورشیدی قابل استفاده در صنایع فضایی، آنتن‌ها و لولاهای ترکیبی) به چشم می‌خورد و گسترش قابل توجهی داشته است. مواد دارای حافظه به واسطه‌ی یک محرک کاربردی می‌توانند بعد از تغییر شکل، شکل خود را بازیابی کنند که این قابلیت را اثر حافظه‌ای شکل (Shape memory effect) می‌نامند. با توسعه‌ی فناوری چاپ چهار بعدی و رشد سریع فرآیندهای ساخت افزایشی، مواد حافظه‌دار پتانسیل قابل توجهی جهت بهره‌گیری در صنایع

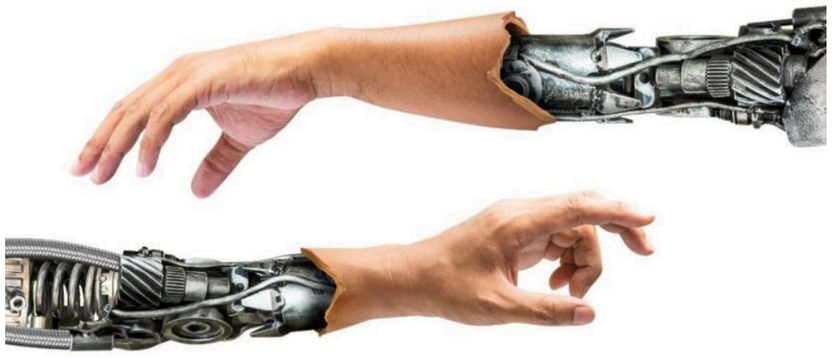
مختلف از خود نشان داده اند. از جمله این مواد می‌توان به پلیمرهای حافظه‌دار، با وزن سبک، قابلیت سازگاری و تخریب‌پذیری زیستی و تمایل به بازیابی کشش اشاره کرد که می‌توانند به صورت همزمان با محرک‌های مختلفی فعال شوند و بسته به نوع کاربری پاسخگوی بسیاری از نیازها باشد. همچنین آلیاژهای حافظه‌دار که از حافظه‌های مکانیکی و حرارتی برخوردارند، برای ساخت اجزای فلزی استفاده می‌شود. این آلیاژهای فلزی می‌توانند به صورت مستقیم انرژی حرارتی را به کار مکانیکی تبدیل کنند. به عنوان مثال، پارچه‌ی فضایی فلزی که در شکل زیر مشاهده می‌شود، از چهار قابلیت مهم برخوردار است که عبارتند از قابلیت بازتابی، مدیریت حرارتی انفعالی، خاصیت تاشوندگی و استحکام کششی. به این ترتیب این بافت‌ها در سازه‌های قابل استقرار، آنتن‌ها، لباس‌های فضانوردی و همچنین پوشش‌های محافظ فضاپیماها قابل استفاده است. پیشرفت‌های عمده‌ی روزافزون در طراحی به کمک رایانه، ساخت افزایشی و علوم مواد امکانات نوینی را در اختیار دانشمندان قرار می‌دهد. یک سازه‌ی بزرگ مقیاس را می‌توان یا با استفاده از بلوک‌های مجزا ساخت یا از ساختارهای قابل برنامه‌ریزی برای چاپ یک سازه‌ی واحد با قابلیت تغییر شکل استفاده کرد که قادر است با لولاها یا قطعات الکترونیکی مختلف تعبیه شده در آن به شکل ساختار مورد نظر تغییر شکل دهد. نمونه‌ی بارز آن در کاربردهای فضایی یک سازه‌ی کشبستی (Tensegrity structure) است که می‌تواند خود را به محض رسیدن به مدار به شکل یک ماهواره بازآرایی کند. دانشمندان همچنین از تلفیق فناوری نانو با چاپ چهار بعدی، موفق به ساخت ماده‌ای شده‌اند که مشخصه‌های آن در پاسخ به امواج الکترومغناطیسی تغییر می‌کند. این ویژگی به خصوص در کاربردهای حس‌گری (مانند اندازه‌گیری سطح انسولین و فشار خون)، یا در فضا که سطح ماهواره می‌تواند جذب و گسیل یک ماده را تغییر دهد، بسیار کارآمد می‌نماید.

این پارچه‌های فلزی تولید شده توسط فناوری چاپ ۴ بعدی، می‌توانند در ساخت آنتن‌های بسیار بزرگ و همچنین افزاره‌های قابل گسترش مورد استفاده قرار گیرند. زیرا قابلیت تا شدگی دارند و می‌توانند به سرعت تغییر شکل دهند.



مشابه یک پیکسل (Pixel) در دو بعد، یک وکسل (Voxel) واحد اطلاعات گرافیکی است که معرف یک نقطه در فضای سه بعدی است که توسط کورمان Kurman به عنوان بلوک‌های سازنده معرفی شده است. به این ترتیب یک وکسل می‌تواند به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که یک حس‌گر، رسانا و یا عایق باشد که آن هم به کاربرد مقتضی بستگی دارد. چنانچه وکسل‌های مشابه به گونه‌ای برنامه‌ریزی شوند که یک سیستم یکپارچه را بسازند، این قابلیت را دارند که از هم جدا شده و برای ساخت وسیله‌ی دیگری دوباره مورد استفاده قرار گیرند. به این ترتیب می‌توان تولید و ابقا را در مناطق دور افتاده کنترل و مدیریت کرد. امروزه روند تحقیقات به سمتی پیش می‌رود که منجر به تولید مواد با قابلیت تغییر شکل، سطوح و ساختارهایی با امکان خود بازسازی‌شونده، می‌شود که می‌توانند به صورت خود به خودی در هر محیطی خود را مونتاژ نمایند.

در صنعت پزشکی و صنایع غذایی و دارویی نیز با ظهور فناوری‌های ساخت افزایشی شاهد تحولات گسترده‌ای هستیم. زیست چاپ (Bioprinting) فناوری است که چشم‌انداز بسیار مهیجی دارد. این فناوری را می‌توان به صورت فرآیند ساخت سه بعدی افزایشی بافت‌ها و ارگان‌هایی معرفی کرد که در ساخت آن‌ها از سلول‌ها، مواد زیستی و مولکول‌های بیولوژیکی بهره گرفته می‌شود. انتظار می‌رود که با بهره‌گیری از قابلیت‌های مواد زیستی هوشمند و تلفیق آن با تجهیزات نوآورانه‌ی کنونی، نسل جدید فناوری چاپ چهار بعدی برای تولید اشیایی با قابلیت تغییر شکل و کاربری زیست-پزشکی مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب، فناوری زیست چاپ چهار بعدی، ساختارهایی الگودهی شده با امکان تبدیل را



در اختیار بشر قرار می‌دهد که در آن از امکان تغییر شکل گونه‌های مختلفی از مواد زیستی با قابلیت پاسخ‌دهی به محرک‌ها، بهره‌گیری شده است. این فناوری‌های خلاقانه راه‌های جدیدی را برای تولید ساختارهای پیشرفته متناسب با تقاضا به گونه‌ای کنترل شده در بعد افزوده‌ی زمان پیش‌پای دانشمندان می‌گذارد. با ظهور فناوری زیست چاپ چهار بعدی انتظار می‌رود که شاهد گسترش سریع آن در سال‌های آتی باشیم. قابلیت استفاده و عملکرد بالای اشیای تولید شده توسط زیست چاپگرها به خاطر توانمندی آن‌ها در تغییر شکل در یک بازه‌ی زمانی معین است که کاربردهای گسترده‌ای دارد. از این رو نه تنها به مهندسی بافت محدود نمی‌شود بلکه در زیست الکترونیک، روباتیک، پزشکی احیا کننده، محرک‌ها و حتی تجهیزات پزشکی هم قابل استفاده است. برای توسعه‌ی خلاقانه در زیست چاپگرهای چهار بعدی، لازم است روش‌های متنوع پاسخ-محرکی چندگانه با طراحی رایانه‌ای ترکیب شود. بر اساس آنچه تاکنون بیان شد، به کمک فناوری چاپ سه بعدی، آینده‌ای جالب در انتظار مواد و تولیدات خواهد بود و ساختارهای بسیار پیچیده با وزنی بسیار کم روانه بازار خواهد شد. در حال حاضر فناوری چاپ چهار بعدی در مرحله‌ی درک و بهره‌گیری از قابلیت‌های موادی است که می‌توان آن‌ها را از پیش برنامه‌ریزی کرد. این دسته از مواد قادرند به محرک‌های مختلف پاسخ دهند. چنین موادی می‌توانند انقلاب شگرفی در صنایع دفاعی، پزشکی و هوانوردی برپا کنند. همچنین پیشرفت‌های نوین فناوری امکان تجمیع فلزات و پلیمرها را در هندسه‌های پیچیده فراهم کرده است. در گام بعدی، توسعه‌ی چاپگرهای بزرگ مقیاس پیش‌بینی می‌شود که می‌تواند فناوری‌های ساخت افزایشی و روباتیک را با چاپگرهای چند ماده‌ای کنار هم قرار دهد.

به کمک فناوری چاپ سه بعدی، روزی بشر می‌تواند، اندام‌ها و اعضای بدن را با استفاده از مواد بیولوژیکی پرورش دهد، خانه هایی با طراحی سفارشی را ظرف مدت یک روز بنا کند و دستگاه‌های الکترونیکی با مدار چاپی تولید کند. این یک فرضیه یا اغراق نیست. در حال حاضر هم تمام این موارد مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و بیش از آنچه که تصور کنید، به واقعیت نزدیکند.

آموزش کاربردی

چاپگر سه‌بعدی
از صفر تا صد!

همه چیز در مورد
چاپگرهای سه‌بعدی

آشنایی کامل با عملکرد
چاپگرهای سه‌بعدی

مروری مختصر بر تغییر و تحول
پیش آمده در فرآیند مدل سازی
چاپگرهای سه‌بعدی

آشنایی با معایب و مزایا

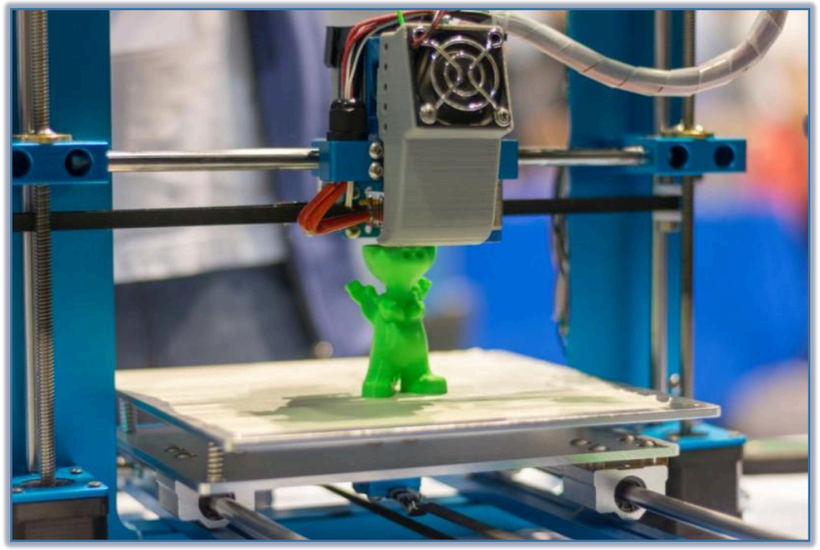
چاپگر سه‌بعدی، از صفر تا صد!

به قلم علی کاویانفر
ali kavianfar.optonics@yahoo.com

همواره تصویر یک شی می‌تواند توصیف کننده مشخصات آن باشد. اما اگر شما یک فروشنده کالا باشید، یا مهندس یک پروژه، یا حتی برگزار کننده سمینار تجاری، نیازمند ارائه مشخصات محصول خود هستید و چه چیزی بهتر از اینکه آن محصول با تمام جزئیات به صورت فیزیکی در مقابل مخاطب شما باشد. چاپگرهای سه‌بعدی به عنوان یک خدمت بزرگ در صنعت و تجارت به حساب می‌آید.

اما این دستاورد ساخت بشر چگونه کار می‌کند؟ دراین بخش هدف اصلی نویسنده توصیف کیفی از عملکرد اجزای یک چاپگر سه‌بعدی است تا بدانیم این دستگاه‌های نه چندان بزرگ چگونه می‌توانند یک ساختار سه‌بعدی را با تمام جزئیات ایجاد کنند.

در سال‌های اخیر سازندگان محصولات مختلف با چالش‌های فناورانه بسیاری مواجهه هستند. پیش از این هم در بحث صنعت و تکنولوژی چنین بوده اما چالش‌های صنعت‌گران و تولیدکنندگان امروزی بسیار بیشتر به چشم می‌خورد چرا که گستردگی بازار و تنوع محصولات، مشتریان را به سمت و سوی دیگری برده است. امروز برای تهیه یک دستگاه پرینت سه‌بعدی یا چاپ سه‌بعدی، می‌توانید با بودجه‌ای در حدود ۳ میلیون تومان هم دستگاه مناسبی تهیه کنید که به احتمال زیاد نیازهای شما را رفع خواهد کرد. البته برای تهیه دستگاه‌هایی با تکنولوژی‌های بهتر و دقت بالاتر شاید به بودجه‌های میلیاردی نیاز باشد. در ۳۰ سال گذشته که چاپگرهای سه‌بعدی به بازار معرفی شدند، هیچگاه قیمت آن‌ها مشابه امروز و تا به این حد پایین نبوده و تنها شرکت‌های بزرگ و مراکز تحقیقاتی پیشرفته به آن‌ها دسترسی داشتند. اما با گذشت زمان و معرفی تکنولوژی‌های ارزانتر این روند تغییر یافته است که شاید خبر خوشی برای تولید کنندگان است.

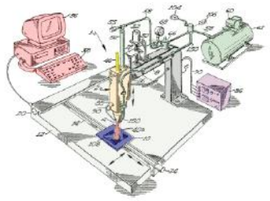


امروز هر کسی می‌تواند به این دستگاه‌ها دسترسی داشته باشد و اگر نیاز به تکنولوژی‌های بالاتری داشت، پلتفرم‌های مختلفی وجود دارند که خدمات پیشرفته پرینت سه‌بعدی می‌دهند. همه این‌ها در کنار هم باعث شکل گرفتن شغل‌های مختلفی شده است که خدمات ساخت و تولید با قیمت‌های به صرفه و پایین ارائه می‌دهند و دیگر مثل گذشته نیاز نیست برای تولید، دست به دامان شرکت‌های بزرگ شد.

از الگوهای ساخت دست تا سازه‌های ماشینی

خیلی پیش از اینکه کامپیوترها و نرم افزارهای طراحی مبتنی بر کامپیوتر و یا ابزارهایی مانند لیزر وجود داشته باشند، مدل‌ها، سازه‌ها و نمونه‌های اولیه که کاربردهای معماری، آزمایشگاهی و صنعتی داشتند با استفاده از چوب، پلاستیک و فلز ساخته می‌شدند و با استفاده از چسب و یا حرارت به یکدیگر متصل می‌شدند. این فرآیند قطعا زمان‌بر بوده و گاها چند روز طول می‌کشید و انرژی بسیاری را از چندین نفر می‌گرفت، علی‌الخصوص اگر الگو یا نمونه کاربرد صنعتی داشت. این بود که طراحان دست به نوآوری و ابتکار زدند!

با ورود فناوری جدید در دهه ۸۰ میلادی، ایده‌ای تحت عنوان نمونه سازی سریع (RP) شروع به رشد کرد تا راه حلی برای این مشکل باشد. این به معنای ایجاد مدل‌های جدید با استفاده از روش‌های اتوماتیک معمولا در طول چند ساعت است.



اولین چاپگر سه‌بعدی در دهه ۸۰ میلادی ارائه شد و البته با نمونه فعلی تفاوت‌های بسیاری داشت. اما کلیت آن تقریبا مشابه نمونه‌های فعلی در بازار بود.

یکی از اولین چاپگرهای سه‌بعدی در جهان توسط اسکات کرامپ در دهه ۸۰ میلادی معرفی شد. در طراحی اولیه او، مدل مدنظر بر روی یک صفحه پایه توسط یک نازل کشیده می‌شد که در دو جهت چپ و راست و عقب و جلو قابل حرکت بود. سپس این نازل را می‌بایست در جهت بالا و پایین تنظیم نمود و مجدد طرح ادامه پیدا می‌کرد. مواد استفاده شده در این دستگاه اولیه که برای پرینت الگوی مورد نظر استفاده می‌شد میله‌های پلاستیکی بودند که در دمای بالا ذوب می‌شده و بر روی صفحه قرار می‌گرفت.

فرآیند گرم کردن مواد خروجی از نازل چاپگر، توسط ترموکوپل که نوعی سنسور گرمایی الکتریکی است، تنظیم می‌شوند. این فرآیند نسبتا ساده، اساس کار چاپگرهای سه‌بعدی است.

تصویر کنید که قطعه‌ای چوبی یا شیشه‌ای و یا هر جنس دیگری را بخواهید به هر شکل و قالب دلخواهی تبدیل کنید. این فرآیند با استفاده از سیستم گفته شده به راحتی و بدون دشواری و صرف هزینه و انرژی زیادی انجام می‌پذیرد. چاپگرهای سه‌بعدی معمولی مشابه چاپگر جوهری هستند از این جهت که از کامپیوتر هدایت می‌شوند. این چاپگرها یک مدل سه‌بعدی را لایه به لایه روی هم و از پایین به بالا می‌سازند. این چاپگرها به جای استفاده از جوهر از لایه‌های پلاستیک ذوب شده و یا پودر استفاده می‌کنند و مجددا با استفاده از نور فرابنفش در هم آمیخته می‌شوند.

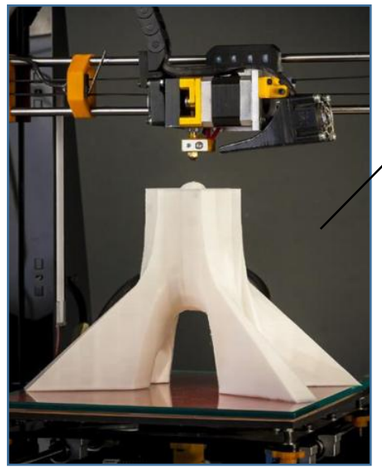
در حالیکه چاپگر جوهری از جوهر و چاپگرهای لیزری از پودر خشک برای چاپ استفاده می‌کنند، چاپگر سه‌بعدی چنین نیست. مدل‌های سه‌بعدی را نمی‌توان با استفاده از رنگ یا پودر بر روی هم انباشت. در عوض می‌توان از پلاستیک در این مدل‌ها استفاده کرد. چاپگر سه‌بعدی از پلاستیک ذوب شده خارج شده از یک نازل نازک کمک می‌گیرد که تحت کنترل کامپیوتری می‌تواند جابجا شود. نحوه کار به این صورت است که ابتدا یک لایه را پرینت می‌کند و مدت زمانی را برای خشک شدن صبر می‌کند، و سپس لایه بعدی را پرینت می‌کند. این روند پشت سر هم ادامه پیدا می‌کند. در این فرآیند دقت نازل و جنس پلاستیک بکار رفته، کیفیت محصول پرینت شده را مشخص می‌کند.

وقتی که در مورد پلاستیک صحبت می‌کنیم منظور ما نوعی از پلاستیک با ساختار فیزیکی و شیمیایی است که به هنگام حرارت دیدن ذوب شده و با خنک شدن مجددا حالت جامد می‌گیرد و ترموپلاستیک و یا ABS نام دارد. این پلاستیک‌ها برای داخل یخچال، درون خودروها، گوشی‌های تلفن، لپ‌تاپ و غیره استفاده می‌شود.

مواد بکار رفته در چاپگر سه‌بعدی به عنوان مواد اولیه، می‌بایست قابل ارتجاع یا نرمش‌پذیر بر اثر حرارت باشند و تخریب کمی برای محیط زیست داشته باشند. به عنوان مثال Polylatic Acid که از منابع تجدیدپذیر مانند آرد ذرت، نیشکر، ریشه نشاسته مانیوک و یا حتی نشاسته سیب زمینی به دست می‌آید، این باعث می‌شود که فیلامنتی سازگار با محیط زیست در مقایسه با سایر پلاستیک‌های پتروشیمی باشد.

چاپگرهای امروزی از همین روند بهره می‌گیرند اما فناوری آن پیشرفته‌تر شده است. تصور کنید که مثلا یک روز صبح وارد محل کار خود می‌شوید و متوجه می‌شوید که کمد وسایل‌تان مملوء از وسایل مربوط به کارتان است و به ناچار باید درخواست کمد جدید برای وسایل اداره دهید! اما یک راه‌حل می‌تواند این باشد که در عرض مدت زمان بسیار کوتاهی یک طبقه جدید برای کمد خود پرینت کنید! البته این موضوع به همین سادگی‌ها هم دست یافتنی نیست. اخیرا عده‌ای با اطلاع از دانش نحوه عملکرد چاپگرها دست به ساخت چاپگرهای خانگی زده‌اند که ناگفته نماند قابل مقایسه با نمونه‌های صنعتی آن نیست.

برای توضیح بهتر نحوه کار چاپگرهای سه‌بعدی شاید بد نباشد که این تکنولوژی را به چیدن آجر برای ساختن خانه تشبیه کنیم! اگر فرایند چیدن دیوارهای آجری را دیده باشید، می‌دانید که کارگران به صورت لایه به لایه آجرها را می‌چینند، روی آن یک مخلوطی می‌ریزند و دوباره روی آن مخلوط سیمانی هم آجر می‌چینند و این کار تا وقتی ادامه پیدا می‌کند که دیوار مورد نظر با شکل و ارتفاع مورد نظر ساخته شود. خوب تکنولوژی پرینت سه‌بعدی هم به همین شکل کار می‌کند. مواد لایه به لایه روی هم چیده می‌شوند و با روش‌های مختلف سفت می‌شوند و استحکام مناسب را پیدا می‌کنند. فرایند گذاشتن لایه‌های مواد و جامد کردن و آن هم به طور معمول توسط همان نازلی که قبلتر گفته شد انجام می‌شود. این یک مثال بود که تصویر بهتری برای نحوه عملکرد، (علی الخصوص به زبان ساده) ارائه کرده باشیم.



کاربرد چاپگر سه‌بعدی در ماکت‌سازی (نمونه‌ای از آنچه در ابتدای این بخش گفته شد)

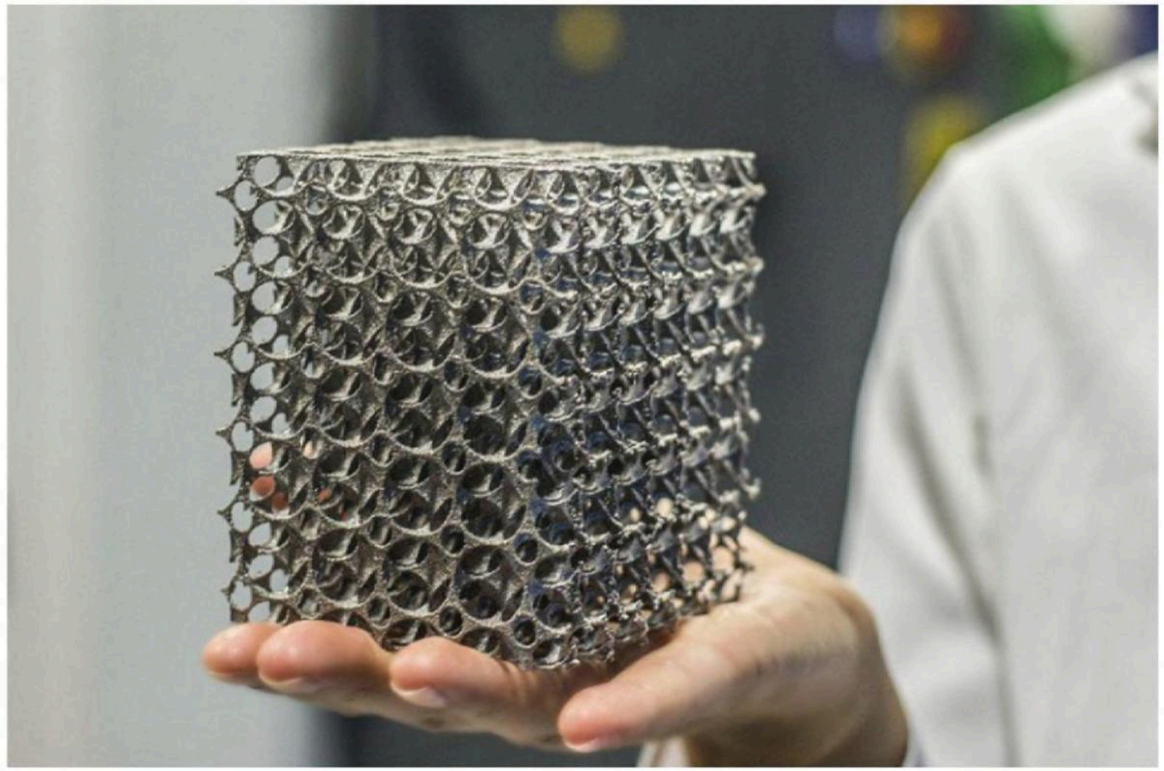
امروزه چاپگر سه‌بعدی را می‌توان در بسیاری از شرکت‌ها و مراکز مشاهده کرد. این خود نشان‌دهنده کاربردهای گسترده آن است. استفاده از آن نیازمند اندکی هوش در طراحی و خلاقیت است.

در طرح‌های بدست آمده از چاپگر سه‌بعدی به اندک ریزه کاری‌ها هم توجه می‌شود و این مزیت بسیار مهم این فناوری است. با دانستن علم چاپگر سه‌بعدی و اینکه چگونه کار می‌کند می‌توان دست به ایجاد دستگاه‌های با قابلیت بالاتر زد.

بد نیست نگاهی به روش‌های ساخت مدل بیندازیم. گاهی مواد پلاستیکی ذوب می‌شوند و توسط نازل روی هم قرار می‌گیرند که به آن روش FDM می‌گویند، گاهی مواد مایع یا پودرهای جامد لایه به لایه چیده می‌شوند و توسط نور ماورا بنفش یا لیزر یا با پاشیدن مواد چسبنده شکل لایه مورد نظر ساخته می‌شود که روش‌های SLS، SLM، SLA، DLP و Binderjet در این دسته قرار می‌گیرد و روش‌های دیگر هم کمابیش همینطور کار می‌کنند. برای اجرای یک طرح در چاپگر سه‌بعدی، طراحی مدل سه‌بعدی با برنامه‌هایی مثل SOLIDWORKS، CATIA یا نرم‌افزارهای کاربرپسندتر و ساده‌تری مثل Google SketchUp انجام می‌شوند.

بعد از طراحی مدل، باید یک خروجی که معمولا با فرمت STL است بدست آید و در نرم‌افزار مخصوص چاپگر سه‌بعدی اصلاح شود. به این نرم‌افزارها Slicer می‌گویند. در این نرم‌افزارها می‌توانید ببینید که چاپگر مدل شما را چطور می‌بیند و کجای مدل شما اشکال دارد و مراحل پرینت چطور است و مشکلات را برطرف کنید. در حال حاضر اکثر چاپگرهای داخل بازار ایران ابعاد کمتر از ۱۰۰ میکرون را نمی‌توانند پرینت کنند و ضخامت کمتر از این حد می‌تواند مشکل‌زا باشد. در نهایت این نرم‌افزار، مدل سه‌بعدی شما را به زبان مخصوص دستگاه ترجمه می‌کند که این زبان به طور معمول G-code است و آن را برای شروع کار به دستگاه می‌فرستد. دستگاه پرینت سه‌بعدی با توجه به دستوراتی که در G-code وجود دارد مدل مورد نظر شما را تولید می‌کند. نکته مهمی که باید به خاطر داشته باشیم این است که این تولید وابستگی زیادی به مهارت نیروی انسانی هم دارد. یعنی ممکن است شما بهترین مدل را طراحی کنید اما باز هم در بخش پرینت به مشکل بخورید. در نهایت محصول مورد نظر شما تولید شده و شما می‌توانید به راحتی از آن استفاده کنید. از آنجایی که دقت این دستگاه‌ها اکثرا در حد چندصد میکرون است، لایه‌های مدل ساخته شده باچشم غیر مسلح دیده می‌شود و اگر برای شما دقت و زیبایی سطح مهم باشد باید سطح مدل را پردازش یا Finish کنید. برای این کار هم روش‌های مختلفی وجود دارد مثل استفاده از مواد شیمیایی برای یک دست کردن یا استفاده از سمباده و سوهان و روش‌های دیگر.

نکته مهمی که همیشه باید رعایت شود چگونگی قرار گرفتن طرح مورد نظر بر روی صفحه پرینت می‌باشد، تا حد امکان سعی می‌شود سطحی از طرح که بیشترین سطح تماس را دارد بر روی صفحه پرینت قرار داده شود تا قطعه پرینت شده احتمال کمتری برای کنده شدن و تاب برداشتن از صفحه را داشته باشد، ولی در بعضی از مواقع ما نمی‌توانیم این نکته را به کار ببریم چون ما باید همیشه این را در نظر بگیریم که قطعه مورد نظر ما چه زمانی با یک سطح تمیزتر چاپ می‌شود و نیز باید در نظر داشته باشیم چگونه قطعه‌ای که می‌خواهیم پرینت کنیم را روی صفحه قرار دهیم تا ساپورت کمتری استفاده شود چون ساپورت گذاری نیز باعث افت کیفیت می‌شود و در نهایت تمیزکاری زیادی را می‌طلبد.



مزایا

چاپگرهای سه‌بعدی به دلیل این که از صفر شروع می‌کنند و لایه‌به‌لایه تنها چیزهایی که نیاز است را قرار می‌دهند دور ریز بسیار کم‌تری نسبت به روش‌های دیگر مثل ماشین کاری دارند که از یک حجم بزرگ شروع می‌کنند تا به شکل مورد نظر برسند.

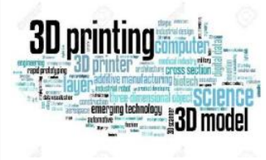
در چاپگرهای سه‌بعدی بر خلاف روش‌هایی مثل ریخته‌گری نیازی به قالب سازی و تغییر کل فرآیند برای هر محصول جدید وجود ندارد و شما تنها با ساخت یک مدل سه‌بعدی می‌توانید کار تولید را شروع کنید.

در روش پرینت سه‌بعدی، امکان تولید محصولات و حجم‌های بسیار پیچیده‌ای وجود دارد که امکان

ساخت آن‌ها با دیگر روش‌های تولید کمی دور از تصور است. برای مثال به شکل زیر نگاه کنید که توسط چاپگرهای سه‌بعدی به راحتی قابل تولید است، اما با دیگر روش‌های تولید بسیار سخت و یا غیر قابل تولید است.

معایب

در حال حاضر پرینت سه‌بعدی برای تولید در تعداد بالا به صرفه نیست و هزینه و زمان بسیار زیادی نسبت به روش‌های دیگر می‌گیرد.



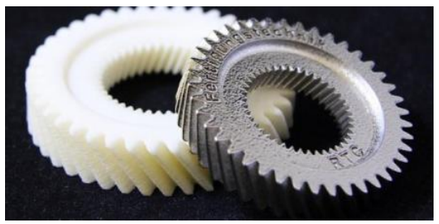
چاپگر سه‌بعدی تحول گسترده‌ای است در تسهیل زندگی انسان. این قابلیت در عصر حاضر می‌تواند جایگزین مناسبی برای بسیاری از چرخه‌های تولید قدیمی باشد.

به دلیل نوپا بودن این فناوری، با وجود پیشرفت‌های بسیار زیاد، هنوز هم مواد بسیاری وجود دارند که قابلیت تولید با چاپگر سه‌بعدی را ندارند و این یک سد بزرگ بر سر راه این روش است. برای مثال اکثر آلیاژهای فلزی به دلیل نقطه ذوب بالا امکان تولید به روش پرینت سه‌بعدی را ندارند.

تولید محصولات با ابعاد بزرگ در اکثر موارد با چاپگرهای سه‌بعدی امکان‌پذیر نیست و یا با محدودیت‌های فراوانی روبه‌رو است.

شاید اینگونه بنظر برسد که بدنه همه چاپگرهای ساخته شده شبیه هم است و تفاوت چندانی نمی‌کند اما نکته‌ی مهم اینجاست که وزن چاپگر سه‌بعدی، استحکام و ارتعاشات آن تا حدود زیادی به مواد بکار رفته در آن وابسته می‌باشد. گاهی چاپگرها اینقدر سبک ساخته می‌شوند که اینرسی لازم در مقابل حرکت موتور و قطعات در حال حرکت ندارند و شروع به لرزش می‌کنند و گاهی هم انقدر سنگین طراحی و ساخته می‌شوند که گویا کسی قصد ندارد در طول مدت استفاده از دستگاه آن را جابجا کند و این همان جایی است که سخن از طراحی بهینه به میان می‌آید. بهترین بدنه‌های ممکن بدنه‌هایی هستند که از قطعات با سختی بالا و وزن مناسب ساخته شده‌اند و در عین حال از پیچیدگی کمی برخودارند. بنابراین بنظر می‌رسد پروفیل آلومینیوم گزینه ایده آلی باشد. قطعات و لینک‌های

قطعات مورد استفاده در تاسیسات و صنعت

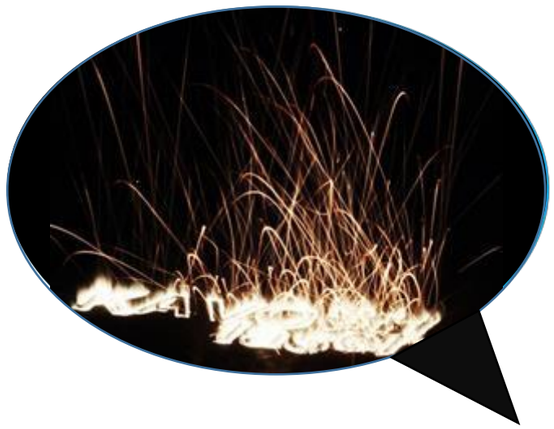


کربنی نیز بخاطر نسبت استحکام به وزن بالا در برخی از کیت‌های موجود مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از سازندگان هم برای زیبایی دستگاه ساخته شده اهمیت ویژه‌ای قائلند و فریم را با پلی کربنات (پلکسی گلس) و قطعات کامپوزیتی پوشش می‌دهند.

در نهایت، باید اضافه کرد که عملکرد و طرز کار چاپگرهای سه‌بعدی، جدا از آشنایی با برنامه نویسی، نیازمند خلاقیت نیز است. چه بسا که طراح خلاق بتواند محصول مورد نیاز یک مهندس را در زمان بسیار کوتاهی تهیه کند و در اختیار وی قرار دهد. چاپگر سه‌بعدی را شاید بتوان در زمره برترین اختراعات بشر دانست چرا که از کاربردهای آن در صنایع مختلف و تولیدات متنوع استفاده می‌شود که همین موضوع موجب محبوبیت بیشتر آنها شده است.

در هر صورت جزئیات کارکرد دقیق چاپگر سه‌بعدی بسیار مفصل‌تر از این می‌باشد و در این متن تنها هدف، بیان کلیات و آشنایی ذهن علاقه‌مندان با این فناوری بود.

گفتگو



گفتگو با جناب آقای دکتر ریاحی
عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیر
و مدیرعامل شرکت کاوش لیزر
در زمینه پرینترهای سه‌بعدی

معرفی دکتر محمدرضا ریاحی دهکردی

جناب آقای دکتر ریاحی، موسس شرکت کاوش لیزر در زمینه طراحی و ساخت پرینترهای سه‌بعدی و عضو محترم هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشند و در این دانشگاه مشغول به فعالیت‌های علمی و پژوهشی هستند.

جناب آقای دکتر، لطفا قدری درباره زندگینامه‌ی شخصی و علمی‌تان بفرمائید.

به نام خدا من محمدرضا ریاحی دهکردی متولد ۱۳۵۵ در شهر، شهرکرد هستم. پس از اتمام دوره دبیرستان، در سال ۱۳۷۳ وارد دانشگاه صنعتی شریف شده و دوره کارشناسی خود را در رشته فیزیک شروع کردم، پس از آن نیز دوره کارشناسی خود را نیز در دانشگاه صنعتی شریف در گرایش اتمی مولکولی به اتمام رساندم.

پس از آن به دوره سربازی رفته و بعد از دوره سربازی در رشته فوتونیک، در پژوهشکده لیزر و پلاسمای دانشگاه شهید بهشتی در مقطع دکتری مشغول شده و دکترای فوتونیک خود را دریافت نمودم.

لطفا زمینه‌های تخصصی تحصیلی و تحقیقاتی خود را بیان بفرمائید.

تخصص‌های اصلی بنده microfabrication technology و همچنین 3D-printing می‌باشد.

با توجه به موضوع اصلی این شماره‌ی نشریه ستاد فوتونیک و مواد پیشرفته در ارتباط با چاپگرهای سه بعدی و تخصص حضرتعالی در این زمینه، لطفا این فناوری نوظهور را با بیان خود معرفی بفرمائید.

فن آوری چاپ سه بعدی فرایند ساخت، مبتنی بر فرآیند (عمدتا) ساخت افزایشی (Additive Manufacturing) بصورت اتوماتیک و با کنترل کامپیوتری می‌باشد. بدین‌گونه که مدلی سه بعدی، لایه لایه تا ساخت کامل و (عمدتا) با افزودن ماده، توسط دستگاهی ساخته می‌شود.

بطور کلی چاپگرهای سه بعدی در چه زمینه‌هایی کاربرد دارند؟

چاپگرهای سه بعدی برای ساخت قطعه در تمامی شاخه‌ها، از پوشاک و خوراکی گرفته تا صنایع فوق پیشرفته فضایی و نظامی، از صنایع تزیینی و طلا و جواهر گرفته تا ساخت اعضای بدن، از اسباب بازی گرفته تا ساخت لوازم خانگی و خودرو و .... مورد استفاده است.

در حقیقت هر صنعتی که با ساخت قطعه‌ای سر و کار داشته باشد می‌تواند با چاپگر سه بعدی، در همان صنعت فعال باشد.

طرح‌های ارائه شده در این زمینه تا چه حدی تجاری و عرضه شده‌اند؟

هم اکنون فناوری‌های بسیار متعددی برای ساخت ارایه شده‌اند که برای پرینت قطعات با مواد و قابلیت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند و بصورت تجاری روانه بازار شده‌اند.

دستگاه‌های موجود تولید شده در کشور از چه قابلیت‌هایی برخوردار هستند؟

در کشور نیز هر چند محدود، اما دستگاه‌هایی با فناوری‌های مختلف ساخته شده و در صنایع مختلف کشور استفاده می‌شوند.

به نظر شما فناوری چاپگرهای سه بعدی تا چه حدی توسعه یافته و پیش‌بینی می‌شود در سال‌های آتی چه پیشرفت‌هایی در این عرصه حاصل شود؟

صنعت چاپ سه بعدی توسعه بسیار زیادی پیدا کرده اما همچنان محدودیت‌هایی دارد که همه آنها درحال مرتفع شدن می‌باشند. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به قیمت بالا، سرعت پایین در ساخت و محدودیت در ساخت قطعه با مواد مختلف اشاره نمود.

با توجه به پیشرفت‌های علمی اخیر، جایگاه کشورمان در این عرصه را در میان سایر کشورهای برخوردار از فناوری ساخت این دستگاه‌ها چگونه ارزیابی می‌کنید؟

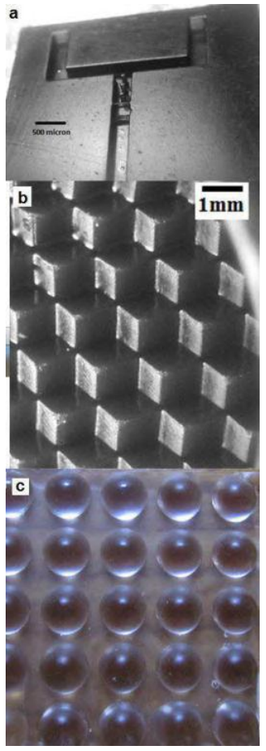
همانگونه که ذکر شد هم اکنون در کشور دستگاه‌ها با فناوری‌های مختلف ساخته می‌شوند اما اگر منظورتان از "جایگاه کشور در میان سایر کشورها" سهم محصولات ساخته شده در بازار جهانی باشد متاسفانه باید بگویم که این سهم در حال حاضر تقریبا صفر است.

اما اینکه در آینده آیا می‌توان سهم مهمی در این صنعت داشت یا نه، باید گفت که بستگی به این دارد که چقدر شرکت‌های خصوصی در ایران پر و بال پیدا کنند و راه‌های ورود به بازارهای جهانی را پیدا کرده و با قوانین بین المللی که از مهمترین آنها قانون مالکیت فکری است، آشنایی پیدا کنند.

بعنوان مجری طرح ساخت چاپگرهای سه بعدی، لطفا در مورد زیرساخت‌های لازم برای طراحی دستگاه و امکانات موجود در کشور در این زمینه توضیح دهید.

درمورد زیر ساخت‌های لازم برای طراحی و ساخت باید گفت که این موضوع به نوع و فناوری یک پرینتر سه بعدی وابسته است.

بعنوان مثال در مورد پرینترهایی که بنده آنها را نور پایه می‌نامم (مانند SLA، SLS، SLM و ...) نبودن لیزرهای مناسب ساخت داخل یکی از مهمترین این محدودیت‌هاست. اما همانگونه که ذکر شد جواب دقیق به این سوال بسیار مفصل و بسته به نوع فناوری مورد استفاده در پرینتر، بسیار متفاوت است.



ساختارهای ساخته شده با پرینتر Kavosh microtech تصویر a) میکروکانال b) ساختار corner cube و c) آرایه لنز

با توجه به حمایت‌های دولت و همچنین ستاد از چنین طرح‌های فناورانه‌ای به‌ویژه در حوزه چاپگرهای سه‌بعدی، روند تجاری‌سازی و بازار این فناوری را در سال‌های آینده چگونه ارزیابی می‌کنید؟

در حال حاضر حمایت‌های خوبی از این صنعت انجام گرفته و باید گفت که با برنامه‌های جدیدی که در این عرصه اجرا می‌شود و مخصوصا در عرصه ترویج این صنعت، بزودی باید منتظر اتفاقات بزرگی در این حوزه باشیم.

با توجه به شرایط اقتصادی و تحریم‌ها ضرورت و امکان تولید و عرضه‌ی این فناوری در داخل کشور به چه صورت است؟

مسلما تحریم‌ها از طرفی باعث محدود شدن برخی کالاها و مواد در این عرصه شده است اما این مسئله اگر بصورت فرصت دیده شود، و از این فرصت به درستی استفاده شود، می‌تواند باعث تحولی بنیادی در این صنعت گردد.

بعنوان یک فناور فعال در این عرصه، برآورد خود را درباره‌ی صرفه‌ی اقتصادی تولید چنین دستگاه‌هایی بیان بفرمائید.

صرفه اقتصادی بیشتر به توان خرید مشتری و هزینه ساخت برمی‌گردد. مسلما اگر سازنده، با آگاهی، بازار هدف درست خود را انتخاب نماید و خود را با شرایط موجود منطبق نماید ، تولید می‌تواند به صرفه باشد. ولی در غیر این صورت مسلما تولید زیان ده خواهد بود.

لطفا بفرمائید که علاقه‌مندان به فعالیت در این حوزه‌ی تحقیقاتی باید از چه تخصص‌هایی برخوردار باشند.

فعالیت در این عرصه را می‌توان به دسته‌های مختلف تقسیم کرد. بعنوان مثال اگر کسی تمایل به ارائه خدمات، با خرید یک پرینتر سه بعدی داشته باشد، مهارت خاصی را نیاز ندارد و فقط با یک سری آموزش اولیه، می‌تواند به امر خدمات‌دهی مشغول شود.

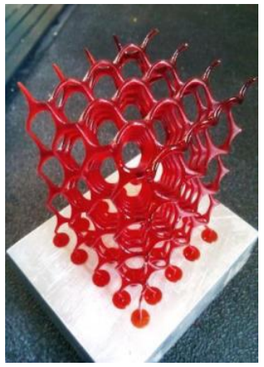
اما اگر کسی در حوزه فناوری پرینت سه بعدی، مانند ساخت پرینتر علاقمند به فعالیت باشد، بسته به نوع فناوری، دانش متفاوتی را نیاز خواهد داشت.

به عنوان سخن آخر در صورت اطلاع بفرمائید که کدام مراکز تحقیقاتی در کشور هم‌اکنون در این زمینه مشغول به فعالیت هستند.

در حال حاضر مراکز و شرکت‌های بسیار زیادی از دولتی تا خصوصی در این زمینه فعال هستند که ذکر همه آن‌ها لیستی بلند را ایجاد خواهد نمود.

اما لازم به ذکر است که در حقیقت این صنعت را مراکز و شرکت‌های خصوصی باید به پیش ببرند و مراکز دولتی باید بستر ساز و زمینه ساز مراکز و شرکتهای خصوصی باشند نه رقیب فعالیت آن‌ها.

پرینت قطعات سرامیکی با نصب مدول پرینت سرامیک بر روی پرینتر kavosh economic



پرینت در ابعاد بزرگ با پرینتر kavosh economic

چاپگرهای سه‌بعدی در زمین صنعت فوتوولتائیک

چاپگرهای سه‌بعدی در زمین صنعت فوتوولتائیک

به قلم محمد فلاحی
mohifalahi@gmail.com

۱) مقدمه

اگر کمتر از سی و هشت سال سن دارید از فناوری پرینت سه‌بعدی جوان‌تر هستید. سال ۱۹۸۱ بود که هایدئو کوداما از انستیتو پژوهش‌های صنعتی ناگویا ژاپن سیستمی را معرفی کرد که می‌توانست با فوتوپلیمر حساس به نور با سرعت زیادی، شیئی سه بعدی تولید کند. چاپ در این فرآیند به صورت لایه لایه انجام می‌شد و وقتی فوتوپلیمر مایع در معرض نور فرابنفش قرار می‌گرفت به سرعت به شکل جامد در می‌آمد.

فناوری پرینت سه‌بعدی یا ساخت افزایشی در راه است تا صنعت تولید را متحول کند. در طول این چند دهه پیشرفت‌های زیادی را تجربه کرده که منجر به کاهش هزینه و کاربرد آن در فرآیندهای مختلف تولید شده است. برخی از نقاط قوت پرینت سه‌بعدی در مقابل تولید سنتی در پی می‌آیند.

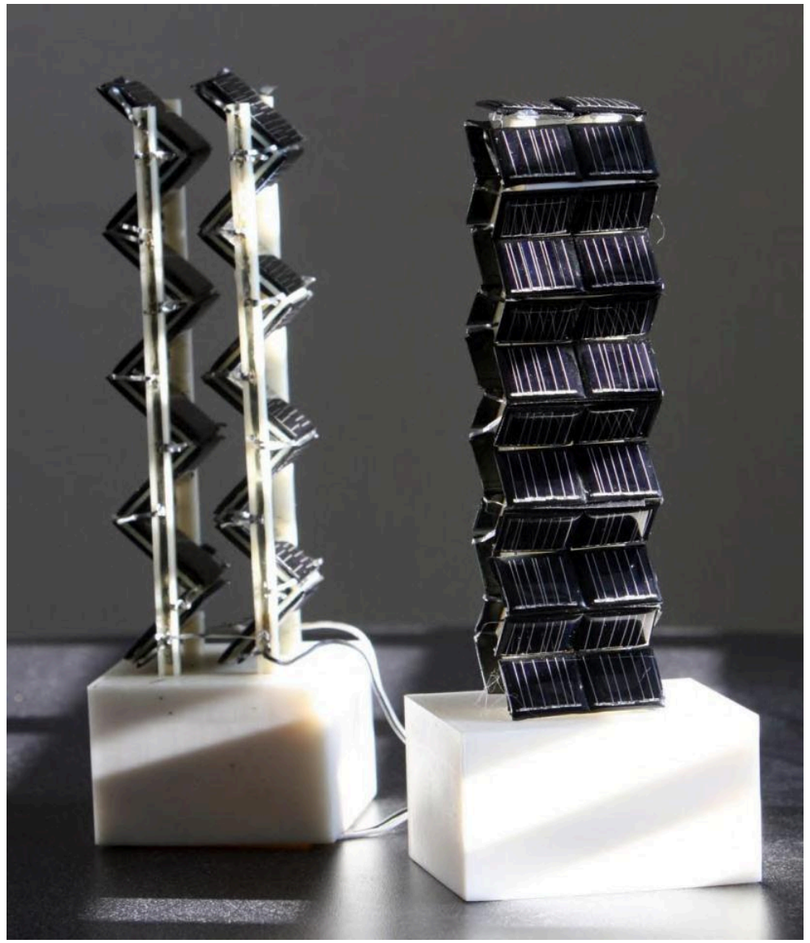
۱) تولید نمونه محصول

پرینت سه‌بعدی یک قطعه نیاز به خط تولید و تجهیزات مختلف ندارد و این موضوع باعث صرفه‌جویی زیادی در وقت و هزینه می‌شود. همچنین اگر ساختار یک قطعه نیاز به تغییر داشته باشد صرفا با تغییر در طراحی کامپیوتری آن به سرعت قابل تولید با طراحی جدید است در حالی که در تولید به روش سنتی ممکن است بسیاری از تجهیزات خط تولید نیاز به تغییر داشته باشند.

۲) جلوگیری از هدررفت مواد

در تولید به روش قالب ریزی سنتی معمولا ماده بیشتری در مقایسه با حجم واقعی قطعه مصرف می‌شود زیرا بخشی از ماده توسط سوراخ کاری و فرزکاری برداشته می‌شود تا به شکل نهایی در آید. این فرآیند پسماند زیادی تولید می‌کند که گرچه مجددا قابل استفاده است اما هزینه انرژی و نیروی انسانی طلب می‌کند. اما در روش پرینت سه بعدی تقریبا ماده به همان میزان که برای ساخت محصول نیاز است به کار می رود و هدررفت آن بسیار کمتر است. در شکل ۱ شماتیکی از این مفهوم قابل مشاهده است.

شکل ۱. مقایسه میزان هدررفت مواد اولیه در فرآیند تولید سنتی و پرینت سه‌بعدی



۳) امکان استفاده از مواد مختلف

به مدد پیشرفت‌های صورت گرفته در این فناوری علاوه بر پلیمرها برخی فلزات هم قابلیت استفاده در پرینت سه‌بعدی را دارند. البته برای چاپ سه‌بعدی برخی مواد به انواع خاصی از چاپگرها نیاز است و هنوز امکان استفاده از برخی از آلیاژهای فلزات به دلیل نقطه بالای ذوب آن‌ها وجود ندارد.

اینها نقاط قوت پرینت سه‌بعدی در مقایسه با تولید سنتی بود. اما همچنان تولید سنتی در برخی زمینه‌ها شامل تولید انبوه و عدم محدودیت در ابعاد ساخت پیشرو است. تولید انبوه به روش سنتی سرعت بسیار بالاتری دارد. از آنجا که فرآیند تولید در پرینت سه‌بعدی لایه لایه است برای ساخت قطعه‌ای با اجزای مختلف، حتی اگر از یک چاپگر سریع استفاده شود زمان زیادی صرف می‌شود تا لایه‌های مختلف را بر روی هم تولید کند. در فرآیند تولید سه‌بعدی ابعاد قطعه محدود به ابعاد چاپگر است که محدود به چند اینچ مکعب یا چند فوت مکعب است. البته این امکان وجود دارد که قطعات یک وسیله توسط چاپگر سه‌بعدی تولید و سپس اسمبل شوند اما این کار نیازمند نیروی انسانی جداگانه‌ای است.

ساخت افزایشی و پنل‌های خورشیدی

ساخت افزایشی یا همان پرینت سه‌بعدی در حال تبدیل شدن به یکی از سرمایه‌ها در صنعت انرژی تجدیدپذیر است. با افول پرشتاب منابع فسیلی و مواجهه با چالش‌هایی همچون گرمایش جهانی، انرژی تجدیدپذیر یکی از فرصت‌ها و در عین حال چالش‌های عصر حاضر بشر است. ما شاهد توسعه خودروهای برقی، توربین‌های بادی و پنل‌های خورشیدی هستیم، اما هنوز این فناوری‌ها قیمت بالایی دارند و همچنان این پتانسیل وجود دارد که قیمت آن‌ها کاهش یابد، همانطور که در چند دهه اخیر این اتفاق افتاده است. فناوری پرینت سه‌بعدی می‌تواند در این زمینه راهگشا و نویدبخش باشد. یکی از مزیت‌های این فناوری در صنعت خورشیدی است. از آنجا که ساختار سلول‌های خورشیدی لایه لایه است تولید آن‌ها به روش پرینت سه‌بعدی این امکان را به محققان می‌دهد که با سرعت بسیار بیشتری مواد جدیدی را با کیفیت ساخت بالا برای تولید مورد آزمایش قرار دهند.

محققان معتقدند تولید پنل‌های خورشیدی به روش پرینت سه بعدی می‌تواند هزینه‌های تولید را ۵۰% کاهش و راندمان پنل‌ها را ۲۰% افزایش دهد. در سلول‌های خورشیدی تجاری جدید تمرکز از مواد گرانی مثل سیلیکون یا ایندیوم در حال انتقال به مواد ارگانیک و پروووسکایتی (هیبرید ارگانیک-غیر ارگانیک) است. موادی که به صورت محلول‌های شیمیایی هستند، هزینه بسیار کمتری دارند و فرآیند ساخت آن‌ها بر خلاف سلول‌های سیلیکونی دما پایین است.

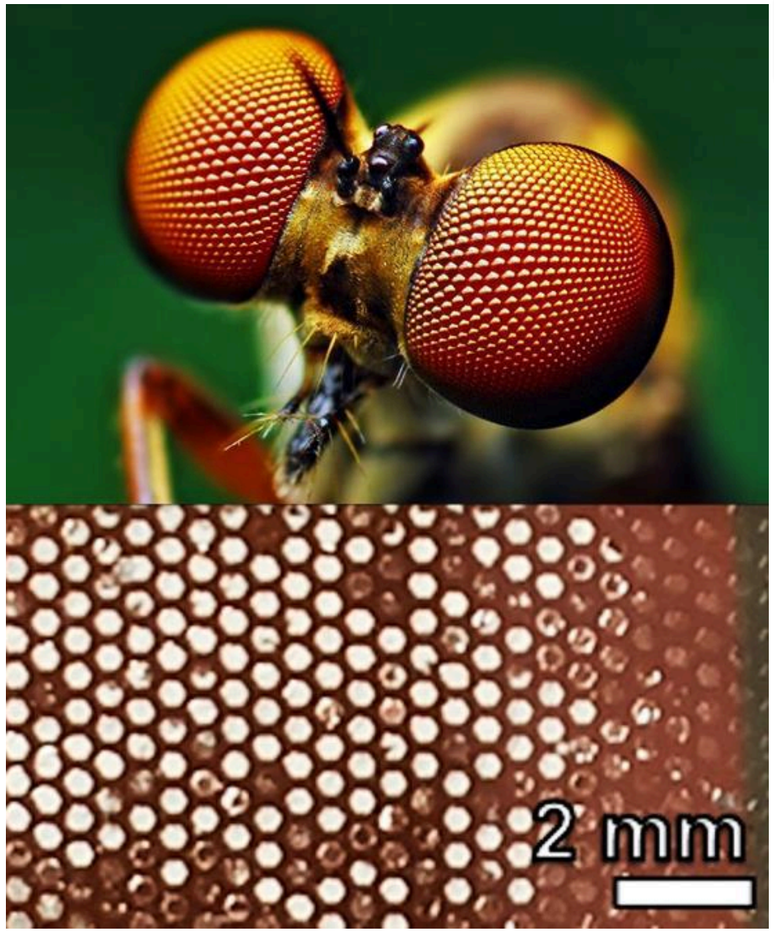
ساخت افزایشی و سلول‌های ارگانیک

کنسرسیوم سلول خورشیدی ارگانیک ویکتوریا (استرالیا) که متشکل از دانشگاه‌های ملبورن، موناش و همکارانی در صنعت است روشی برای تولید سه‌بعدی سلول‌های خورشیدی ارگانیک توسعه داده است که می‌تواند سلولی به ابعاد یک ورقه کاغذ آ-۳ تولید کند. این چاپگر ابتدا قادر بود سلول‌هایی صرفا با ابعاد چند اینچ تولید کند اما در مدت زمان سه سال توانست ابعاد سلول را به میزان چشمگیری افزایش دهد. قیمت این چاپگر ۱۸۰ هزار دلار آمریکاست و زمانی که صرف تولید هر سلول می‌کند فقط دو ثانیه است که رکوردی عالی برای تولید انبوه محسوب می‌شود. دیوید جونز مدیر هماهنگ‌کننده این پروژه و پژوهشگر دانشگاه ملبورن می‌گوید این سلول‌های نیمه‌شفاف می‌توانند بر روی پنجره‌ی خانه‌ها و برج‌ها نصب شوند و حتی با قابلیت ساخت روی ورقه‌های استیل و پلاستیک بر روی پشت‌بام‌ها هم مورد استفاده قرار گیرند. رکورد آزمایشگاهی راندمان سلول‌های ارگانیک از نوع حساس به رنگ به ۱۱,۹% رسیده است اما تولید انرژی این سلول‌های سه بعدی در حال حاضر ۱۰ تا ۵۰ وات بر متر مربع است که به زودی تا میزان ۸۰ وات بر مترمربع نیز افزایش خواهد یافت که این عدد آخر معادل راندمان ۸% است. شکل ۲ یک سلول ارگانیک تولید شده به روش پرینت سه بعدی را نمایش می‌دهد.

شکل ۲. سلول ارگانیک ساخته شده به روش پرینت سه بعدی در کنسرسیوم VICOSC استرالیا

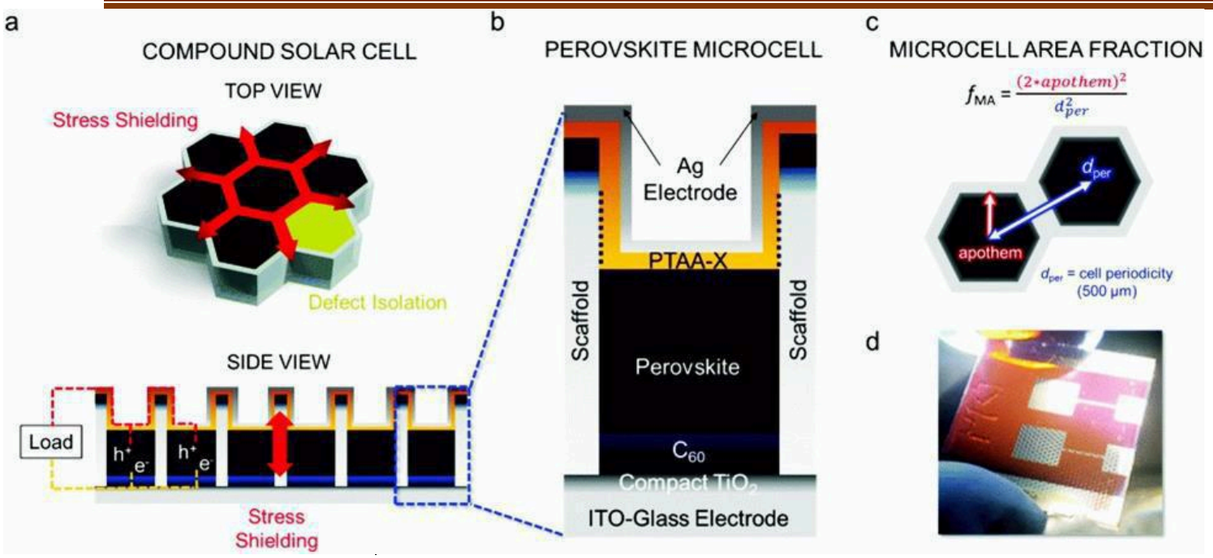
الهام از چشم حشرات، سلول‌های پروووسکایت و پرینت سه‌بعدی

یکی از چالش‌های مهم سلول‌های پروووسکایت آسیب‌پذیری آن‌ها در مقابل دما، رطوبت و تابش فرابنفش است. دانشمندان دانشگاه استنفورد با الهام از چشم مرکب حشرات ساختاری متشکل از تعداد بسیار زیادی شش وجهی طراحی کرده‌اند که بستر لایه‌نشانی سلول‌های پروووسکایت است. این داربست که خود از نوعی اپوکسی رزین ارزان ساخته می شود متشکل از شش وجهی‌های بسیار کوچکی به ابعاد ۵۰۰ میکرون است که هر یک از آنها یک میکرو سل فتوولتائیک هستند. شکل ۳ نمایی از این داربست رزینی در کنار تصویری از چشم مرکب یک حشره را نمایش می‌دهد. پژوهش‌ها در دانشگاه استنفورد نشان داده است مواد پروووسکایتی در این ساختار نسبت به تنش مکانیکی، حرارتی و شیمیایی دوام بسیار بیشتری دارند.



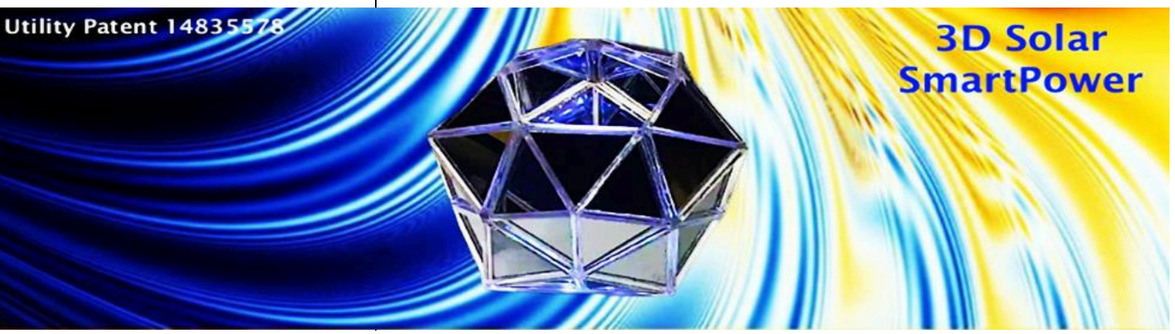
شکل ۳. چشم مرکب یک حشره به همراه داربست رزینی الهام گرفته شده از آن

راندمان حاصل از این طراحی سلول‌های پرووسکایتی نزدیک به راندمان سلول‌های معمولی بوده است و در آزمایش‌های تسریع‌شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۵ درصد، بدون کاهش چشمگیری در راندمان به مدت شش هفته (معادل بیش از ۱۰۰۰ ساعت) دوام آورده است. لازم به ذکر است که آزمایش محیطی تسریع شده همانطور که از نامش پیداست با قراردادن پارامترهای دما و رطوبت در شرایط حدی، فرسایش پنل را سرعت می‌بخشد و از این طریق برآورد می‌شود که یک پنل در شرایط عادی محیطی چه طول عمری می‌تواند داشته باشد. این نوآوری به صورت پتنت به نام دانشمندان دخیل در این پژوهش (واتسون و همکاران) به ثبت رسیده است. در متن پتنت اشاره شده است که گرچه ساخت این داربست رزینی به روش فوتولیتوگرافی انجام شده است اما از روش‌های دیگری همچون پرینت سه‌بعدی هم می‌توان استفاده کرد. این امکان وجود دارد که این داربست رزینی بر روی مواد مختفی از جمله پت، پن و ساختارهای منعطفی مثل PDMS و پلی‌اورتان قرار گیرد.



شکل ٤. نماهایی از سلول پرووسکایت ساخته شده توسط دانشمندان دانشگاه استنفورد

شکل ٤ نماهای مختلفی از این سلول را نشان می‌دهد. بخش a جهت‌هایی را که این داربست رزینی در مقابل تنش مقاومت می‌کند نشان می‌دهد. بخش b لایه‌های مختلف سلول پرووسکایت را نشان می‌دهد. بخش c فرمول محاسبه مساحت هر میکرو سل را بیان کرده است و بخش d یک سلول واقعی ساخته شده با الکترود نقره را نمایش می‌دهد.



شکل ۵. پنل خورشیدی سه بعدی طراحی شده توسط دنیل کلارک

طرح T3DP و ماژول فتوولتائیک سه‌بعدی

T3DP طرحی استارتاپی واقع در کالیفرنیاست که جوان خلاقی به نام دنیل کلارک ایده پرداز و مدیر اجرایی آن است. او طراحی جدید و خلاقانه‌ای از یک پنل خورشیدی ارائه داده است که سه‌بعدی است و به صورت غیر فعال (بدون تجهیز به ردیاب خورشیدی) تابش خورشید را در جهت‌های مختلف جذب می‌کند. در شکل ۵ تصویری از این پنل سه‌بعدی را می‌بینید.

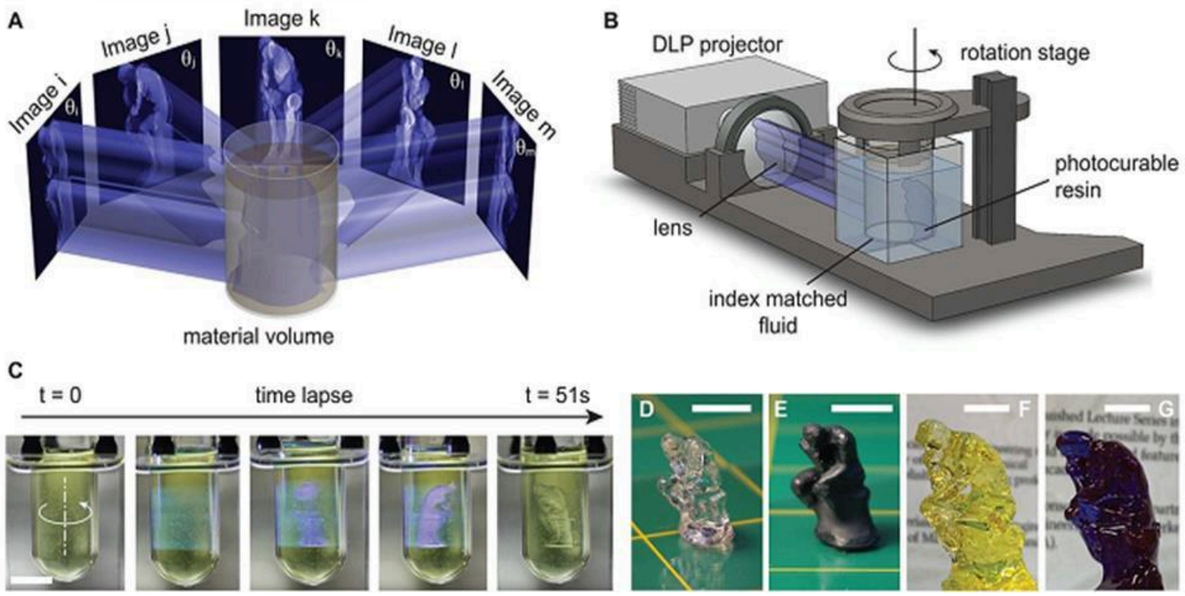
این طراحی دارای چند ویژگی منحصر به فرد است. از جمله اینکه سطوح مثلثی آن مجهز به عدسی فرنل است که نور را متمرکز کرده و در محفظه پنل حبس می‌کند. همچنین با استفاده از سلول‌های خورشیدی دوطرفه امکان جذب تابش را دو برابر می‌کند. این طراحی مجهز به یک فناوری هوشمند چرخشی به روش مغناطیسی است که دمای کاری سلول‌ها را تا ۲۵% نسبت به پنل‌های تخت کاهش می‌دهد و این موضوع خود بر جلوگیری از کاهش راندمان پنل تاثیر بسزایی دارد.

با همه این ویژگی‌ها T3DP ادعا می‌کند راندمان این پنل خورشیدی می‌تواند بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد از پنل‌های معمولی بیشتر باشد. لازم به ذکر است که راندمان یک پنل خورشیدی بر اساس نسبت خروجی انرژی الکتریکی به ورودی تابشی در یک مترمربع محاسبه می‌شود. با توجه به ویژگی‌های این پنل نوید افزایش راندمان پنل تا آن میزان دور از انتظار نیست و در ماه مارس همین سال (۲۰۱۹) بود که راندمان ۳۶% برای این سیستم توسط شرکت Infinity Energy کالیفرنیا به تائید رسید. این نکته قابل توجه است که هر یک درصد افزایش راندمان پنل‌های خورشیدی یک میلیارد دلار در سال برای این صنعت در سطح جهان صرفه‌جویی به دنبال دارد. دنیل کلارک که این اختراع را در سال ۲۰۱۵ انجام داده و در سال ۲۰۱۸ پتنت آن به ثبت رسیده است معتقد است قبل از دانشگاه استنفورد این ساختار را از چشم مرکب حشرات الهام گرفته است. در هر حال طبیعت همیشه الهام‌بخش دانشمندان و طراحان بوده است.

علاوه بر این شرکت T3DP نوآوری دیگری در ساخت سلول هم ارائه داده است. دنیل کلارک می‌گوید طرح دانشگاه استنفورد برای ساخت داربست شش وجهی بسیار الهام بخش بود. اما او از مس برای ساخت این داربست بهره گرفت و رسانایی مس باعث می‌شود که همه میکرو سل‌ها به صورت موازی با هم قرار بگیرند تا اگر یکی از کار افتاد بقیه به کار خود ادامه دهند. البته این سوال مطرح می‌شود که اگر ولتاژ کم سلول‌های خورشیدی است که باعث می‌شود آنها را با هم سری کنند در این طراحی چگونه سلول به ولتاژ مورد نیاز می‌رسد؟ احتمال می‌رود این میکرو سل‌های موازی که خود یک سلول را تشکیل می‌دهند در نهایت با هم سری شوند و به ولتاژ مورد نظر برسند.

شرکت T3DP که با دانشگاه‌های معتبر دنیا و شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد قصد دارد ساختار تَندم پروسکایت و مس ایندیوم گالیوم دی‌سلناید را در پنل سه‌بعدی خود به کار ببرد و هدف آن دستیابی به پنلی با راندمان ۵۰% است که در صورت موفقیت در سال ۲۰۲۰ به تولید انبوه خواهد رسید.

نکته جالبی درباره نحوه ساخت فریم این پنل سه بعدی نیز وجود دارد. در سال ۲۰۱۷ آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور آمریکا به همراه دانشگاه‌های برکلی، ماساچوست و روچستر روش جدیدی برای پرینت سه بعدی سریع ارائه دادند که بر خلاف روش‌های دیگر لایه لایه نیست و به صورت یکجا کل شیئ مورد نظر را می‌سازد و نیازی به سطح نگهدارنده برای پرینت ندارد. این روش نوین که به پرینت سه‌بعدی حجمی مشهور است ترکیبی از علم اپتیک و علم مواد است و با استفاده از برخی رزین‌های حساس به نور (شامل پلیمرهای اکریلیک) و تداخل نور، رزین مایع را به ماده‌ای جامد تبدیل می‌کند. پژوهش در این زمینه ادامه دارد و همین امسال نیز آزمایشگاه لارنس لیورمور به همراه دانشگاه برکلی مقاله جدیدی در این زمینه به چاپ رسانده‌اند. همانطور که در تصویر ۶ قابل مشاهده است این فناوری مجهز به پروژکتوری است که طرح هولوگرافیک تابشی جسم مورد نظر را در مخزنی حاوی رزین حساس به نور که در حال چرخش است منعکس می‌کند.



شکل ٦. تصاویری شماتیک و واقعی از تجهیزات چاپگر سه‌بعدی حجمی به همراه شیئی ساخته شده به این روش

اثر نور بر روی رزین باعث می‌شود این ماده در مدت ۳۰ تا ۱۲۰ ثانیه جامد شود. سپس رزین مایع از مخزن خارج می شود و شیئ پرینت شده در مخزن باقی می‌ماند. شرکت T3DP قصد دارد با هدف کاهش هزینه ساخت، فریم پنل سه‌بعدی پنل خود را به این روش تولید کند.

منابع:

1- https://www.autodesk.com/redshift/history-of-3d-printing

2- https://www.digitalengineering247.com/article/3d-printed-solar-cells-ready-to-shine

3- https://news.stanford.edu/2017/08/31/new-solar-cell-inspired-insect-eyes

4- https://electrek.co/2017/12/04/stanford-researchers-26-percent-solar-cells

5-https://3dprintingindustry.com/news/t3dp-to-use-perovskite-and-volumetric-3d-printing-to-build-solar-cells-150764

نوآورانه

کاربرد چاپگرهای سه‌بعدی در پزشکی

تازه‌های خلاقیت پزشکی از زبان محققان

چاپگر سه‌بعدی دستیار جراحان

و مسیری پیش روی ایده‌پردازان

نوآورانه

کاربرد چاپگرهای سه‌بعدی در پزشکی

تازه‌های خلاقیت پزشکی از زبان محققان

چاپگر سه‌بعدی کمک حال جراحان

و مسیر پیش روی ایده‌پردازان

چاپگر سه‌بعدی و نجات جان بشر!

به قلم علی کاویانفر
ali kavianfar.optonics@yahoo.com

این موضوع که چاپگرهای سه‌بعدی می‌توانند چه نقشی را در سلامت جسمانی بشر ایفا کنند چند سالی است که توجه خیلی از مردم را به خود جلب کرده. جالب است بدانید که پیشرفت حاصل از این فناوری و دانش مربوط، همه ساله و حتی هر ماه بسیار چشمگیر و پر مخاطب است.

به طور کلی می‌توان گفت که این فناوری در جهت ترمیم اعضایی که دچار نقص شده و یا به هر دلیل اعم از تصادفات و سوانح دچار اختلال شده‌اند، می‌آید و به بیانی دیگر جانی تازه به مردم می‌بخشد. این سخن خیلی هم اغراق‌آمیز نیست چرا که همانطور که در ادامه متن خواهیم دید، با استفاده از این فناوری می‌توان اندام‌های حیاتی هم چون قلب را ترمیم نمود که در غیر اینصورت سلامت شخص به طور جدی به خطر می‌افتاد.

هر ساله چاپگر سه‌بعدی کاربردهای بیشتری در حوزه سلامت به جامعه جهانی معرفی می‌کند. در حالی که هدف نهایی چاپ سه‌بعدی که پرینت کامل تمام اعضای پیچیده بدن، برای پیوند می‌باشد، هنوز چندین دهه با ما فاصله دارد. امروزه چاپ سه‌بعدی کاربردهای فراوانی در عرصه پزشکی داشته و به صرفه‌جویی و بهبود زندگی به طرق مختلف و در مکان‌های مختلف کمک می‌کند که هرگز در چندین سال پیش قابل تصور نبود.

در ادامه برخی از کاربردهای چاپ سه‌بعدی که در حال تغییر دنیای پزشکی می‌پردازیم.

عمل جراحی کودک سه ساله که صد در صد موفق بوده. در این عمل جراح از پرینتر سه بعدی برای طراحی نای جایگزین استفاده کرده.

نمونه‌ای از کاربردهای چاپ سه‌بعدی که بطور گسترده در اخبار منتشر شد، یک شکاف نای بود که در دانشگاه میشیگان برای نوزادانی که دارای نقص مادرزادی نای ضعیف بودند، تولید شده بود. تیم جراحی زیستی-مهندسی با استفاده از سی‌تی‌اسکن نوزاد، یک نمونه از آناتومی نوزاد را چاپ سه‌بعدی کرد تا شکاف نای را بپوشاند. بافتی از برونکوس نوزاد درون شکاف قرار می‌گیرد. دستگاه از یک ماده مشابه نخ جراحی قابل جذب ساخته شده بود به طوری که وقتی نای نوزاد درمان شد خودش به تدریج جذب شود. ایمپلنت‌هایی مانند این مورد می‌توانند ویژگی‌های چاپ سه‌بعدی، مانند سفارشی سازی و ادغام بهتر با بافت زنده را با استفاده از مواد زیست تخریب‌پذیر به انجام برسانند.

اگر چه بعضی از پیش‌زمینه‌های مهندسی بافت با شناسایی سلول‌ها به اواسط سال‌های ۱۶۰۰ میلادی می‌رسد، اما اغلب به عنوان یک رشته علمی مدرن به عنوان زمینه تحقیقاتی نو در نظر گرفته می‌شود؛ زیرا از آن زمان تا پایان قرن گذشته حرکت آرامی داشته است. با توسعه چاپ سه‌بعدی، ناگهان چشم انداز توانایی بازتولید ارگان‌های انسانی از مواد بیولوژیکی فراتر از یک رویا به نظر می‌رسید. زمانی، محققان با ساختارهای ساده‌تر مانند پوست، رگ‌های خونی، غضروف، استخوان و مثانه، همراه با بخش‌هایی از اعضای پیچیده‌تر مانند دریچه‌های قلب شروع به پیشرفت‌هایی چشمگیر کردند.

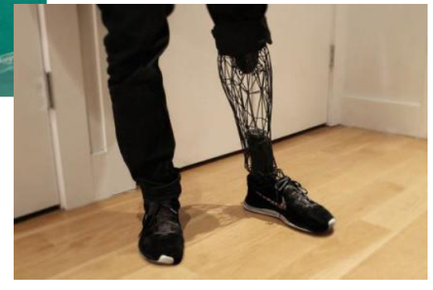
ساخت دست‌های مصنوعی قابل انعطاف توسط چاپگر سه‌بعدی، ایده خلاقانه برای بازگرداندن سلامتی به افراد ناتوان و معلول می‌باشد. در ادامه صفحات این بخش خواهیم دید که مواد سازنده این اندام‌ها متناسب با کاربردشان انتخاب می‌شوند.

استفاده از فناوری چاپگر سه‌بعدی همه روزه در حال گسترش در سرتاسر دنیا است. در این میان کشورهای آسیایی نیز مستثنی نیستند.

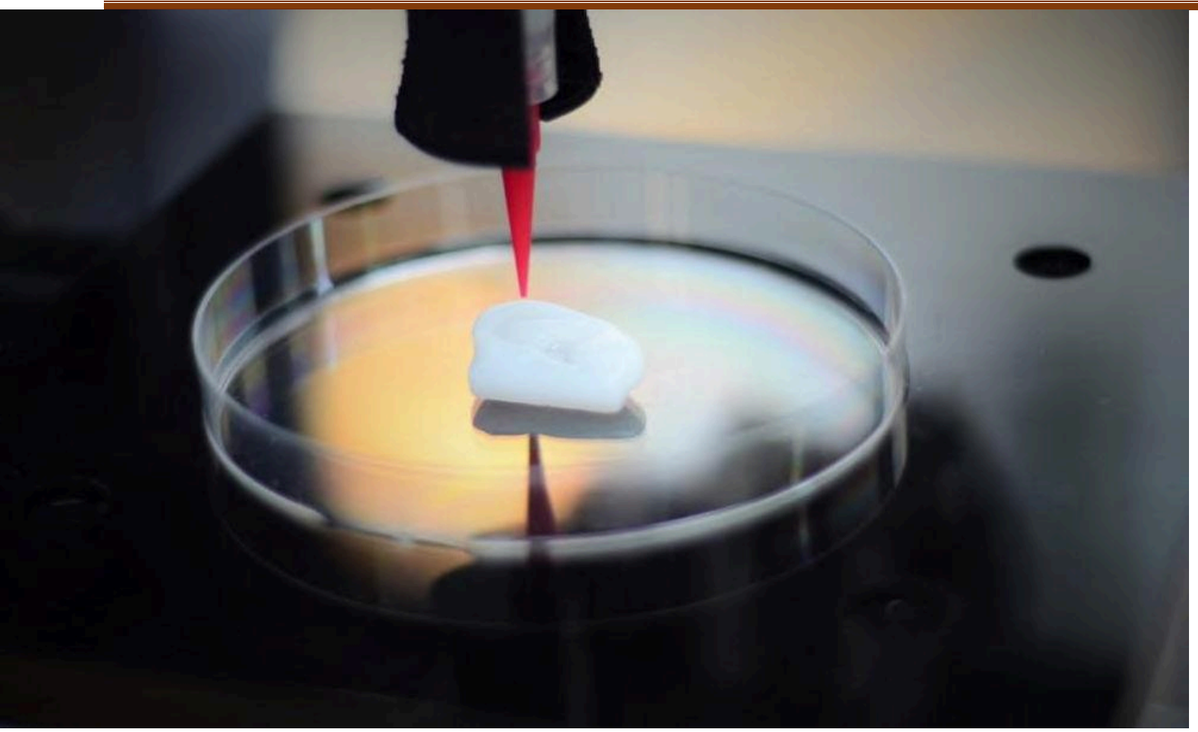
بخشی از چالش چاپ سه‌بعدی ارگان‌های پیچیده این است که اندام‌ها نیازمند اکسیژن و مواد مغذی هستند. چالش این است که عروق خونی در پرینت سه‌بعدی ارگان‌ها در یک زمان و همراه با خود بافت اصلی ارگان‌ها چاپ سه‌بعدی شوند. جدای از این، درک اینکه یک عضو نه تنها بافت سلولی نیست خیلی اهمیت دارد. هر عضو مانند یه موجود حافظه‌دار است؛ بنابراین مثلا قلب شما فقط یک مجموعه از سلول‌ها که در کنار هم قرار گرفته باشند نیست، بلکه بافتی است که هزاران ضربان را برای خونرسانی به بافت‌های دیگر هدایت و پشتیبانی می کند.

اخیرا گروهی از دانشمندان این حوزه از آزمایشگاه زیست‌شناسی MBC توانسته گام جدیدی را در توسعه اندام‌های پرینت شده با استفاده از فناوری سه‌بعدی بردارند و دست به ایجاد مویرگ‌ها و رگ‌های خونی ضخیم تک‌سلولی بزنند که این مویرگ‌ها می‌توانند حامل اکسیژن و مواد مغذی به سایر اندام‌های حیاتی بدن باشند. یکی از دانشمندان این مرکز می‌گوید که "بدون ساخت مویرگ‌ها امکان ساخت اندام‌ها وجود ندارد. در حقیقت مویرگ‌ها تکه اصلی پازل هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توان به ایجاد کلیه، قلب، کبد و غیره دست پیدا کرد." طبق ادعای این شرکت تا پنج سال آینده به طور حتم می‌توان اندام‌های پرینت شده را به بازار وارد کرد.

پای مصنوعی ساخت چاپگر سه‌بعدی



ساخت گوش مصنوعی ساخت چاپگر سه‌بعدی



تصویر بالا یک نمونه دندان انسان است که توسط چاپگر ایجاد شده است.

به عنوان مثال بیماران دیابتی نوع ۱، انسولین لانگرهانس را در سن جوانی از دست می‌دهند. اگر ما بتوانیم این بخش از دست رفته را جایگزین کنیم، می‌توانیم به بیماران دیابتی زندگی بدون رنج روزانه و کنترل گلوکز را ارائه دهیم. بدین شکل بیماری درمان می‌شود و بسیاری از مردم از درد و رنج ناشی از آن رهایی پیدا می‌کنند.

در حال حاضر در ازمایشگاه برای ایجاد یک تومور بدخیم جهت مطالعه و بررسی آزمایشگاهی، به چند ساعت کار (بیشتر از ۵ ساعت) نیاز است، اما با این فناوری این کار در عرض چند ثانیه شدنی است.

مطابق با آمار جهانی، هر روز بیش از ۳۰۰ نفر بر اثر نقص عضو و نبود عضو اهدایی، فوت می‌شوند که آمار واقعا موثثر کننده‌ای است. با توجه به آمار روزانه نیاز به اهدای عضو، مانند بافت داخلی و بیرونی، بازار این اندام‌های پرینت شده تا چند سال آینده به درآمد بالغ بر **۱۰۰ میلیون دلار** خواهد رسید که البته این موضوع رابطه مستقیمی با سلامت انسان‌ها دارد.

موفقیت یک ایمپلنت بستگی به نوع مواد زیتسی مورد استفاده برای ساخت آن دارد. مواد ایمپلنت ایده‌آل باید سازگار با محیط زیست، بی اثر و دارای پایداری مکانیکی باشد و به راحتی قالب‌بندی شوند. توانایی ساخت ایمپلنت بیماری‌های خاص که با داروهای بیولوژیک، سلول‌ها و پروتئین‌ها ترکیب شده است، فناوری چاپ سه‌بعدی را در زمینه پزشکی و دارویی تبدیل به یک فناوری انقلابی ساخته است. امروزه در مواد چاپی پزشکی، از جمله فلزات، سرامیک، پلیمرها و کامپوزیت‌ها، انواع مختلفی از مواد بیومتری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

امروزه دانشمندان در صدد هستند تا مویرگ و رگ‌های قوی‌تری را ایجاد کنند که در ایجاد ارگان‌های زنده کاربرد دارند.

با تحقیقات مداوم و پیشرفت در مواد بیولوژیکی مورد استفاده در چاپ سه‌بعدی، تولید ایمپلنت‌های سفارشی، پروتز، دستگاه‌های تحویل دارو و ساختارهای سه‌بعدی برای مهندسی بافت و پزشکی احیا کننده، تحول چشم‌گیر و رشد سریعی داشته‌اند. بررسی کنونی بر روی مواد بیولوژیکی جدیدی که در انواع فناوری‌های چاپ سه‌بعدی برای کاربردهای بالینی استفاده می‌شود، تمرکز دارد. انواع رایج ترین تکنیک‌های چاپ سه‌بعدی پزشکی، از جمله مدل‌سازی رسوبدهی، روش‌های چاپ بر روی اکستروژن، تکنولوژی چاپ جوهر افشان و پلی‌جت، برنامه‌های کاربردی بالینی، انواع مختلف مواد بیولوژیکی که در حال حاضر توسط محققین استفاده می‌شود و محدودیت‌های کلیدی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

بدیهی است که تولید افزایشی با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی به یک دارایی عالی برای صنعت پزشکی تبدیل شده است. این فناوری چاپ می‌تواند برای نمونه‌سازی و تولید مورد استفاده قرار گیرد. حتی نرم‌افزار مدل‌سازی سه‌بعدی اختصاصی در صنعت پزشکی وجود دارد. پیشرفت دراین صنعت برای جراحان به منزله نجات جان انسان‌های بیشتر است.

در حقیقت برنامه‌های کاربردی چاپگر سه‌بعدی ممکن است بسیار زیاد باشد. شما به راحتی می‌توانید مزایای متنوع این فناوری را ببینید. به عنوان مثال، می‌تواند بافت انسان را برای قربانیان سوختگی ایجاد کند. قبل تر نیز راجع به پیوند عضو صحبت کردیم. متاسفانه تعداد اهدا کنندگان عضو کافی نیستند و پرینت سه‌بعدی می‌تواند یک راه‌حل عالی و سریع برای صرفه‌جویی در هزینه‌های زندگی باشد. این فناوری می‌تواند ساختارهای مختلف بافتی مانند بافت کلیه، بافت پوست را ایجاد کند و جالب اینکه حتی استخوان‌ها نیز قابل پرینت هستند. این قطعا فرصت‌های جدیدی را از لحاظ مهندسی بافت و بازسازی پزشکی ارائه می‌دهد.

این مساله یک روش عالی برای محققان زمینه پزشکی است تا آزمایش‌های متعددی انجام دهند. به عنوان مثال، به جای آزمایش بر روی حیوانات، ممکن است مستقیما بر روی بافت یا اندام‌های انسان آزمایش شود زیرا این نمونه‌های بیولوژیک دارای خواص و واکنش‌های مشابه هستند.

بدیهی است که برای ایجاد این اندام‌های سه‌بعدی نمی‌توان از چاپگرهای معمول برای ایجاد سلول‌های زنده و ارگان‌های سه‌بعدی استفاده نمود. این چاپگرها هر روزه در حال بهبود و پیشرفت هستند. به عنوان مثال، شرکت‌هایی نظیر سلینک در حال توسعه زیستی و ساخت چاپگرهای جدید می‌باشند. مواد زیستی توسعه یافته توسط این شرکت اجازه می‌دهد تا غضروف، پوست، استخوان و حتی عضلات تولید کنند. این محققان چاپگر بیو ایکس سه‌بعدی و امکان چاپ بافت‌ها و اندام‌های انسانی را با دقت بسیار بالا راه‌اندازی کرده‌اند!

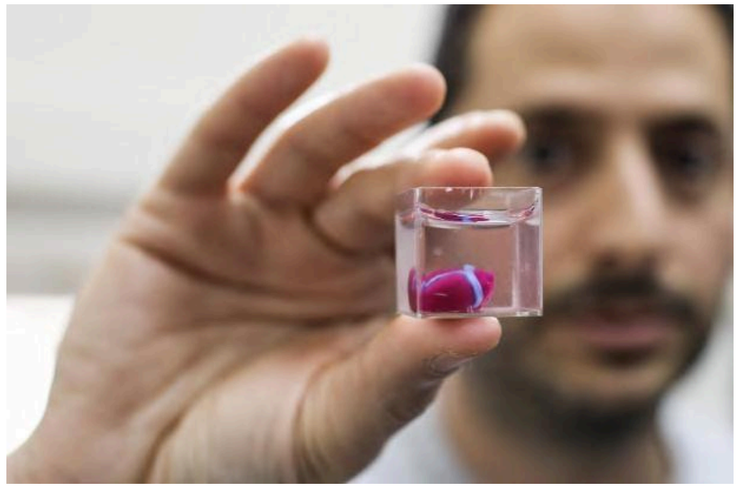
محققان دانشگاه مهندسی و علوم مواد کوئین‌مری در لندن با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی ساختارهای جدیدی را ایجاد کردند. آنها ساختارهای زیستی جدید را توسعه دادند. فرآیند تولید شده توسط این تیم باعث می‌شود که سلول‌ها در محیط خود زندگی می‌کنند و در محیط رشد می‌کنند و واکنش دقیقا مشابه سلول‌های داخل بدن بیمار دارند. این امر دانشمندان را قادر می‌سازد تا سیستم پیچیده‌تر تست مواد مخدر را بسازند و به طور مستقیم رفتار سلول‌های انسانی را بدون بررسی آن در یک انسان واقعی تحلیل کنند. این روش همچنین به نظر می‌رسد یک راه حل خوب برای مطالعه رشد سرطان و دیدن واکنش سلول‌ها است.

بیماری قلبی عروقی عامل اصلی مرگ در کشورهای در حال توسعه است. پیوند قلب، تنها راه برای درمان نارسایی قلبی در مرحله پایانی است.

سلول‌ها و هیدروژل ابتدا برای ایجاد تکه‌های قلب با عروق خونی و قلب استفاده می‌شوند. "در این مرحله، قلب سه‌بعدی پرینت شده کوچک است، اندازه قلب خرگوش، اما قلب انسان نیاز به فناوری مشابهی دارد.

محققان با استفاده از سلول‌های بیمار یک قلب را چاپ می‌کنند و امیدوارند که این تکنیک بتواند برای بهبودی قلب یا مهندسی جدید برای پیوند قلب استفاده شود. پروفسور تال داری از دانشکده سلول‌های مولکولی و بیوتکنولوژی دانشگاه تل آویو اعلام کرده است: "این اولین بار است که با موفقیت، سلول‌های خونی و بطن را طراحی و پرینت کرده است."

روند چاپ قلب شامل بیوپسی از بافت چربی است که اندام‌ها را احاطه کرده است. محققان، سلول‌های بافت را از بقیه محتویات جدا کرده‌اند. سلول‌ها بعنوان سلول‌های بنیادی با قابلیت تمایز از سلول‌های قلب مجددا برنامه‌ریزی شده‌اند.



پژوهشگران کالج امپریال لندن روش جدیدی برای ایجاد سازه‌های سه‌بعدی با استفاده از تکنیک‌های کریوژنیک و تکنیک‌های چاپ سه‌بعدی ایجاد کرده‌اند. این روش از دی‌اکسیدکربن جامد (یخ خشک) استفاده می‌کند تا جوهر هیدروژل را به سرعت از یک چاپگر سه‌بعدی خارج کند. پس از یخ زدگی، ژل تشکیل شده به صورت نرمال به عنوان بافت بدن استفاده است.

محققان ساختارهای چاپ شده توسط چاپگر سه‌بعدی را با بذر آن‌ها با سلول‌های فیروبلاست پوستی، که بافت همبند را در پوست تولید می‌کنند، آزمایش کردند و دریافتند که پیوستگی و بقای موفقیت آمیز وجود دارد. این موفقیت، همراه با تحقیقات قبلی، می‌تواند منجر به ایجاد فرصت‌های بیشتر در زمینه رشد موفق سلول‌های بنیادی شود که از نظر توانایی تغییر در انواع مختلف سلول‌ها از نظر پزشکی هیجان انگیز است. ظهور چاپگرهای سه‌بعدی از طریق بهبود سرعت و کارایی توسعه محصول در حال حاضر منافع زیادی را در بسیاری از زمینه‌ها به همراه می‌آورد و در عین حال امکان سفارشی‌سازی غیرمستقیم را نیز با توجه به نیازهای فردی فراهم می‌کند. در حقیقت، تحقیقات در حال انجام در فضای دانشگاهی به استفاده از چاپ سه‌بعدی برای ایجاد انواع قطعات جایگزین برای آناتومی انسان خواهد انجامید.

بنیاد MSF این پروژه را در سال ۲۰۱۶ آغاز کرده است و اخیرا به تست و آزمایش این دستگاه‌ها در دنیای واقعی تمرکز کرده است. کلارا نوردون مدیر این پروژه می‌گوید: "ما سعی می‌کنیم تا جای ممکن برای چیزی که تا الان یک حس بوده است، مدرک جمع‌آوری کنیم. این برنامه که چیزی حدود ۱۵۰۰۰۰ دلار در سال هزینه دارد سعی می‌کند گزینه‌های بیشتری در اختیار کسانی قرار دهد که دچار نقص عضو هستند. پروتزهای موجود در بازار، سنگین، ناراحت کننده و آزاردهنده هستند؛ ولی پروتزهای پرینت سه‌بعدی شده علاوه بر اینکه می‌توانند رنگارنگ باشند، سبک‌تر و راحت‌تر هستند. این پروتزها می‌توانند با گذشت زمان عوض شوند.

نمونه ای از ستون فقرات انسان

نمونه‌ای از پوست ایجاد شده توسط دستگاه چاپگر سه‌بعدی. کاربرد این پوست در مواقعی است که پوست فرد از بین رفته و نیاز به جراحی زیبایی دارد. امروزه این عمل در ایالات متحده آمریکا رایج شده است.

این پروژه همچنین در زمینه‌ی پرینت سه‌بعدی یک ماسک صورت موفقیت‌هایی داشته است. این ماسک‌ها به کمک افرادی می‌آیند که صورتشان سوخته است. تصویر ستون صفحه قبل نمونه ای از این پوست را نشان می‌دهد.

بنیاد MSF، تنها سازمانی نیست که به ارائه پروتز به افراد تحت تاثیر جنگ می‌پردازد. کمیته بین‌المللی صلیب‌سرخ (ICRC) در سال ۲۰۱۶، پروتزهای بیشتری را به بیش از ۲۲۰۰۰ نفر از افراد بیمار اعطا کرده است و در حال توسعه و آزمایش قطعات پروتز چاپ سه‌بعدی شده است.

همانطور که گفته شد بنیاد MSF با آغاز این پروژه درصدد است تا نشان دهد که پروتزهای چاپ سه‌بعدی شده نه تنها موثر هستند، بلکه سریع‌تر و ارزان‌تر از نمونه‌های مشابه تولید می‌شوند. در حال حاضر تیم پروژه، پنج داوطلب بیمار را بررسی می‌کند که با پروتزهای حاصل از چاپگر سه‌بعدی، زندگی می‌کنند. در نهایت آن‌ها با این پروتزها، کار می‌کنند و قادرند کارهای روزمره‌ای مانند پخت و پز، رانندگی و کارهای مرتبط با استفاده از این ابزارها را انجام دهند. در حال حاضر کشورهای آمریکا، ژاپن، فرانسه، بریتانیا و کره جنوبی پیشگامان این صنعت در علم پزشکی هستند. در این میان آمریکا از همه بیشتر سرمایه‌گذاری کرده‌است. در اروپا نیز، آلمان فعال‌ترین کشور در میان کشورهای اروپایی است که سالانه حدود ۳/٤ میلیون پوند به صورت کمک هزینه صرف تحقیقات در این کشور می‌کند.

به طور خلاصه، چاپگر سه‌بعدی تحولی در علم پزشکی به حساب می‌آید. شاید بتوان گفت که پیشرفت‌های فناوری در زمینه چاپگر سه‌بعدی موجب افزایش توانایی پزشکان شده است. این افزایش موجب سهولت جراحی‌ها نیز شده است که سلامت مردم را نیز بهبود بخشیده است. آنچه مهم است توجه بیش از پیش دانشمندان و محققان به این زمینه است به طوری که پیش بینی می‌شود که در سال‌های آتی شاهد پیشرفت‌های خیلی چشمگیرتری باشیم.

برای اولین بار در جهان

با استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی قلبی از جنس کلاژن تولید شد!

سریع‌ترین چاپگر سه‌بعدی با سرعتی صد برابر نمونه‌های فعلی ساخته شد!

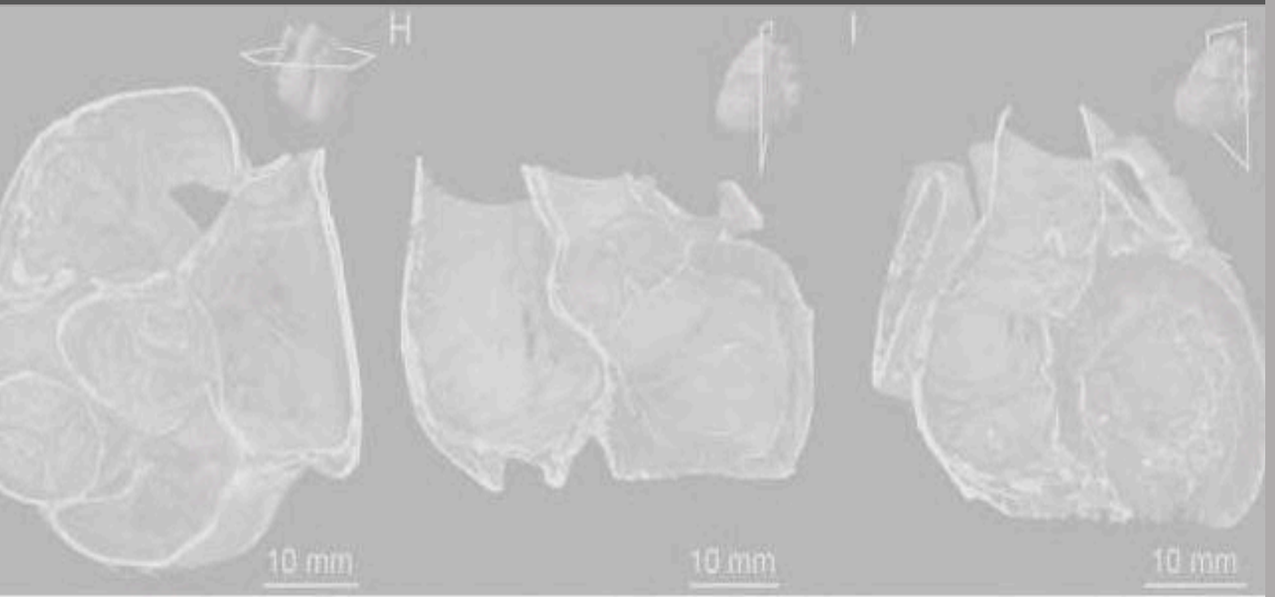
تولید قلبی از جنس کلاژن با فناوری چاپ سه‌بعدی

چاپ اجسام سه‌بعدی با تابش دو رنگی

بازسازی اجزای قلب انسان به روش چاپ زیستی سه‌بعدی کلاژن

کلاژن مطلوب‌ترین پیش‌ماده‌ی بیولوژیکی است که امروزه جهت تولید بافت‌های زیستی در صنعت چاپ سه‌بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا به معنای واقعی کلمه این ماده می‌تواند هر تک بافتی را درون بدن بسازد. عاملی که فرآیند چاپ سه بعدی اندام‌های زیستی با این ماده را با مشکل روبرو می‌سازد، استفاده از یک مایع در همان شروع کار است. چنانچه ساختارهای مورد نظر با استفاده از مایع در مجاورت هوا ایجاد شود، ساختار حاصل چیزی شبیه یک گودال خواهد بود. از این رو دانشمندان در جدیدترین رویکرد خود روشی موسوم به FRESH را به کار گرفته‌اند که مانع از تشکیل ساختارهای ناموزون می‌شود.

روش چاپ زیستی سه بعدی FRESH که در آزمایشگاه فاینبرگ به کار گرفته شده است، این امکان را فراهم می‌کند که کلاژن درون حمامی از ژل پشتیبان به صورت لایه لایه انباشته شود. به این ترتیب کلاژن فرصت دارد که قبل از خروج از حمام پشتیبان تثبیت شود و نتیجه شکل‌گیری همان ساختار مورد نظر است.



RESEARCH

BIOMEDICINE

3D bioprinting of collagen to rebuild components of the human heart

A. Lee[1*], A. R. Hudson[1*], D. J. Shiwarski[1], J. W. Tashman[1], T. J. Hinton[1], S. Yerneni[1], J. M. Bliley[1], P. G. Campbell[1,2], A. W. Feinberg[1,3†]

Collagen is the primary component of the extracellular matrix in the human body. It has proved challenging to fabricate collagen scaffolds capable of replicating the structure and function of tissues and organs. We present a method to 3D-bioprint collagen using freeform reversible embedding of suspended hydrogels (FRESH) to engineer components of the human heart at various scales, from capillaries to the full organ. Control of pH-driven gelation provides 20-micrometer filament resolution, a porous microstructure that enables rapid cellular infiltration and microvascularization, and mechanical strength for fabrication and perfusion of multiscale vasculature and tri-leaflet valves. We found that FRESH 3D-bioprinted hearts accurately reproduce patient-specific anatomical structure as determined by micro–computed tomography. Cardiac ventricles printed with human cardiomyocytes showed synchronized contractions, directional action potential propagation, and wall thickening up to 14% during peak systole.

For biofabrication, the goal is to engineer tissue scaffolds to treat diseases for which there are limited options, such as end-stage organ failure. Three-dimensional (3D) bioprinting has achieved important milestones including microphysiological devices (*1*), patterned tissues (*2*), perfusable vascular-like networks (*3*–*5*), and implantable scaffolds (*6*). However, direct printing of living cells and soft biomaterials such as extracellular matrix (ECM) proteins has proved difficult (*7*). A key obstacle is the problem of supporting these soft and dynamic biological materials during the printing process to achieve the resolution and fidelity required to recreate complex 3D structure and function. Recently, Dvir and colleagues 3D-printed a decellularized ECM hydrogel into a heart-like model and showed that human cardiomyocytes and endothelial cells could be integrated into the print and were present as spherical nonaligned cells after 1 day in culture (*8*). However, no further structural or functional analysis was performed.

We report the ability to directly 3D-bioprint collagen with precise control of composition and microstructure to engineer tissue components of the human heart at multiple length scales. Collagen is an ideal material for biofabrication because of its critical role in the ECM, where it provides mechanical strength, enables structural organization of cell and tissue compartments, and serves as a depot for cell adhesion and signaling molecules (*9*). However, it is difficult to 3D-bioprint complex scaffolds using collagen in its native unmodified form because gelation is typically achieved using thermally driven self-assembly, which is difficult to control. Researchers have used approaches including

[1]Department of Biomedical Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, USA. [2]Engineering Research Accelerator, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, USA. [3]Department of Materials Science and Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, USA.
*These authors contributed equally to this work.
†Corresponding author. Email: feinberg@andrew.cmu.edu

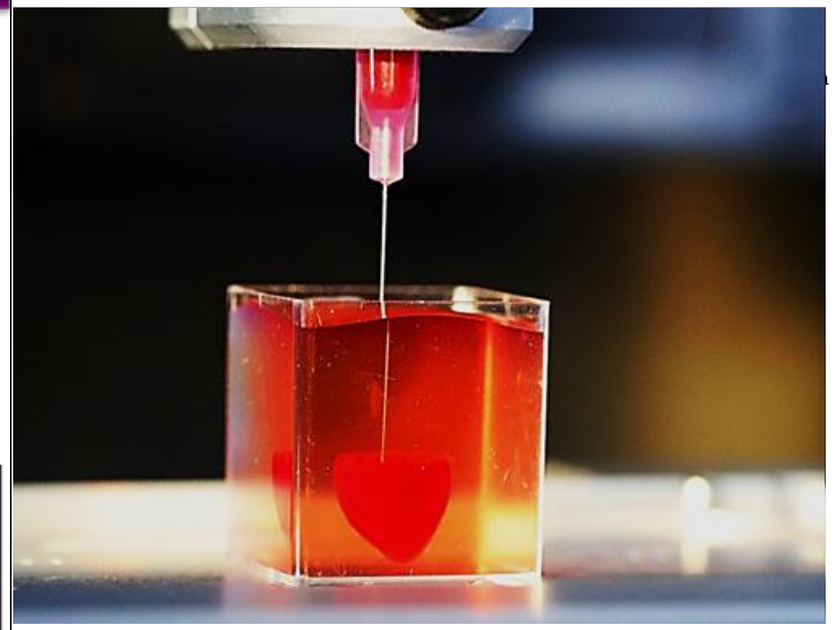
چاپ زیستی سه‌بعدی کلاژن برای بازسازی اجزای قلب انسان

به قلم سیده ثریا موسوی
s.soraya.mosavy@gmail.com

به تازگی گروهی از محققان دانشگاه Carnegie Mellon مقاله‌ای را در نشریه‌ی Science منتشر کرده‌اند و در آن به شرح جزئیات روش نوینی پرداخته‌اند که امکان چاپ سه‌بعدی چهارچوب‌های بافت خارج از کلاژن (مهم‌ترین ساختار پروتئینی بدن انسان) را برای هر کسی فراهم می‌کند.

این اولین روش در نوع خود است که می‌تواند در زمینه‌ی مهندسی بافت، ما را یک قدم به چاپ سه بعدی کامل قلب یک انسان بالغ نزدیک‌تر کند. این روش که موسوم به "جای‌گذاری برگشت‌پذیر آزاد هیدروژل‌های معلق" ((Freeform Reversible Embedding of Suspended Hydrogels (FRESH)) است، بسیاری از چالش‌های پیش روی محققان را (که در روش‌های مرسوم زیست چاپ‌های سه بعدی و دستیابی به بافت‌هایی با قابلیت‌های نوین با آن مواجه هستند) از میان برمی‌دارد.

هر یک از اندام‌های بدن انسان مانند قلب، از سلول‌های خاصی تشکیل شده است. این سلول‌ها با یک چهارچوب بیولوژیکی که ماتریس خارج سلولی ((extracellular matrix (ECM)) نامیده می‌شود، کنار هم نگه داشته می‌شوند. شبکه‌ی متشکل از پروتئین‌های ECM سیگنال‌های زیست-شیمیایی و ساختاری سلول‌ها را که برای انجام عملکرد طبیعی‌شان بدان نیاز دارند، فراهم می‌آورند. اما تاکنون امکان بازسازی ساختارهای پیچیده‌ی ECMها با استفاده از روش‌های مرسوم زیست ساختی وجود نداشته است.



در مقاله‌ی پیش رو، Lee و همکارانش با استفاده از روش چاپ سه بعدی که در ادامه بدان پرداخته خواهد شد، با تنظیم pH موفق به کنترل فرآیند انعقاد کلاژن شدند و دقت چاپ را تا ۱۰ میکرومتر افزایش دادند. با این دقت سلول‌ها قادرند درون کلاژن یا منافذ جای بگیرند و از طریق جاسازی درون کره‌های ژلاتینی وارد چهارچوب یا داربست سلولی شوند.

فاینبرگ (Feinberg) می‌گوید: "ما نشان دادیم که می‌توانیم با استفاده از سلول‌ها و کلاژن قطعات آسیب دیده‌ی قلب (مانند دریچه‌ی قلب یا بطن تپنده‌ی کوچک) را به صورت بخش‌هایی که عملکرد درستی از خود نشان می‌دهند، چاپ کنیم. با استفاده از اطلاعاتی که از طریق MRI از قلب انسان به دست آوردیم، موفق شدیم ساختار آناتومی خاص بیمار را بازسازی کرده و با استفاده از روش چاپ زیستی سه بعدی سلول‌های قلب را تولید کنیم".

همه ساله شمار زیادی از بیماران منتظر پیوند قلب هستند، حال آن که میلیون‌ها نفر دیگر در سرتاسر جهان به قلب نیاز دارند، اما حتی صلاحیت قرارگیری در لیست انتظار را هم ندارند. از این رو، نیاز به اندام‌های جایگزین به شدت احساس می‌شود و رویکردهای جدیدی لازم است که از طریق آن‌ها بتوان اندام‌های مصنوعی که قادر به ترمیم، تکمیل یا جایگزینی برای عملکرد بلند مدت اندام هستند، را مهندسی کرد.

فاینبرگ که استاد مهندسی زیست-پزشکی و علوم مواد و مهندسی دانشگاه Carnegie Mellon است و این تحقیقات در آزمایشگاه وی صورت گرفته، در تلاش است که این چالش‌ها را با نسل جدیدی از ارگان‌های زیستی مهندسی شده که با ساختارهای اندام طبیعی بهتر جور می‌شود، حل کند.

"ما نشان دادیم که می‌توان با استفاده از سلول‌ها و کلاژن قطعات آسیب دیده‌ی قلب را به صورت بخش‌هایی با عملکرد درست، چاپ کرد." (Feinberg)

نمونه قلب کلاژنی تولید شده با روش موسوم به FRESH

بنا به گفته‌ی هادسون، دانشجوی دکترای آزمایشگاه فاینبرگ، "کلاژن یک ماده‌ی بیولوژیکی بسیار مطلوب برای چاپ سه‌بعدی است. زیرا به معنای واقعی کلمه می‌تواند هر تک بافتی را درون بدن بسازد". عاملی که فرایند چاپ سه بعدی را سخت می‌کند، استفاده از یک مایع در شروع کار است. چنانچه شما تلاش کنید آن را در مجاورت هوا چاپ کنید، ساختاری که بر روی سکوی ساخت شما ایجاد می‌شود، چیزی شبیه یک گودال است. از این رو ما در اینجا روشی را به کار گرفتیم که مانع از تشکیل چنین ساختارهای ناموزونی می‌شود.

روش چاپ زیستی سه بعدی FRESH که در آزمایشگاه فاینبرگ به کار گرفته شده است، این امکان را فراهم می‌کند که کلاژن درون حمامی از ژل پشتیبان به صورت لایه لایه انباشته شود. به این ترتیب کلاژن فرصت دارد که قبل از خروج از حمام پشتیبان تثبیت شود. با استفاده از روش FRESH، ژل پشتیبان می‌تواند پس از چاپ به راحتی با گرم کردن در دمایی از دمای اتاق گرفته تا دمای بدن ذوب شود. با این روش محققان می‌توانند بدون آن که به ساختار چاپ شده از سلول‌ها یا کلاژن آسیبی وارد شود، ژل پشتیبان را بزدایند. این روش در زمینه‌ی چاپ زیستی سه بعدی بسیار کارآمد است زیرا امکان چاپ داربست‌های کلاژنی بر روی اندام‌های بزرگ بدن انسان را فراهم می‌کند که البته این تنها به کلاژن محدود نمی‌شود و گستره‌ی وسیعی از دیگر ژل‌های نرم مانند فیبرین، آلژینات و اسید هیالورونیک را نیز می‌توان با روش FRESH چاپ کرد. در واقع این روش یک بستر قوی و سازگار را برای مهندسی بافت مهیا می‌کند. نکته‌ی مهم این است که محققان نقشه‌هایی با دسترسی آزاد را طراحی کرده‌اند که تقریبا هر کسی از متخصصین آزمایشگاه‌های پزشکی گرفته تا دانش آموزان کلاس‌های علوم دبیرستان می‌توانند به چاپگرهای سه بعدی کارآمد و ارزان قیمت دسترسی داشته و یا آن را بسازد.

انتظار می‌رود که FRESH در بسیاری از وجوه پزشکی احیاکننده، از بازسازی زخم‌ها گرفته تا مهندسی زیستی اندام‌ها، کاربرد داشته باشد که این تنها بخشی از زمینه‌های ساخت زیستی در حال رشد است.

فاینبرگ می‌گوید: "آنچه ما درباره‌اش صحبت می‌کنیم در واقع همگرایی فناوری‌ها است. درک این نکته مهم است که هنوز باید سال‌های زیادی در این زمینه تحقیق شود تا آنچه که باید به دست آید. اما همچنان باید بخاطر پیشرفت‌هایی که در زمینه مهندسی عملکردی بافت‌ها و اندام‌های انسانی صورت گرفته، هیجان وجود داشته باشد و این مقاله یک مرحله در طول این مسیر است.

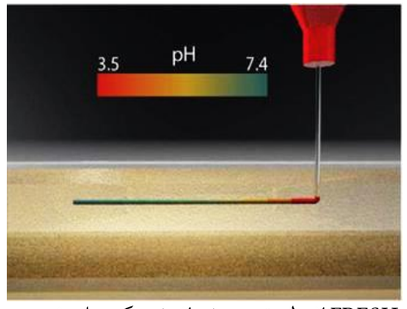
به گفته‌ی Lee، ما در این مقاله با استفاده از روش FRESH اجزای قلب انسان را در ابعاد متنوعی از مویرگ‌ها گرفته تا کل اندام چاپ کردیم. وضوح رشته‌ای به اندازه‌ی ۲۰ میکرومتر در نتیجه‌ی کنترل pH به دست آمد. این رشته یک میکروساختار متخلخل است که امکان نفوذ سلولی سریع و استحکام مکانیکی را برای ساخت و تزریق عروقی چند طبقه و دریچه‌های سه لتی فراهم می‌کند. ما دریافتیم که قلب‌های چاپ شده‌ی سه بعدی FRESH با دقت بالایی مشابه ساختار آناتومی بیمار (که توسط میکروتوموگرافی بررسی شده بود) بازسازی شدند. بطن‌های قلبی چاپ شده با سلول‌های ماهیچه‌ای قلب انسان، انقباضات هماهنگ و ضخیم‌شدگی دیواره تا ۱۴% در هر بیشینه‌ی سیستول را از خود نشان دادند. در رویکردی که lee و همکارانش به کار گرفتند، از تغییر سریع pH برای پیشبرد فرآیند خود مونتاژی کلاژن درون یک ماده‌ی بافر پشتیبان بهره‌گیری کرده‌اند. استفاده از چنین رویکردی امکانات زیر را در اختیارشان قرار داده است:

۱- استفاده‌ی شیمیایی از کلاژن اصلاح نشده به عنوان مرکب زیستی

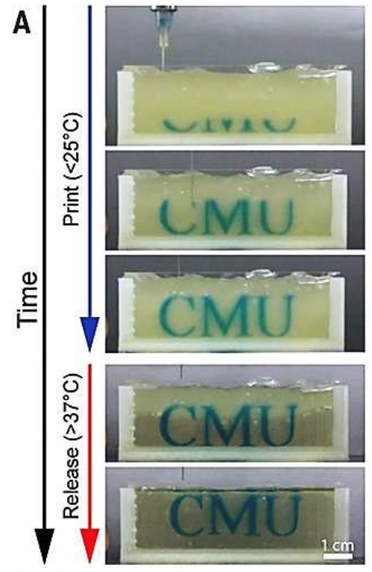
۲- بهبود مشخصه‌های مکانیکی با استفاده از غلظت‌های بالای کلاژن از ۱۲ تا ۱۴ میلی گرم در هر میلی‌لیتر

۳- ایجاد معماری‌های بافت عملکردی و ساختاری پیچیده

برای دستیابی به اهداف این تحقیق، Lee و همکارانش از نسل دوم روش چاپ زیستی سه بعدی اصلاح شده (FRESH v2.0) با بسترهای سخت‌افزاری طراحی شده متناسب با نیازشان، استفاده کردند.



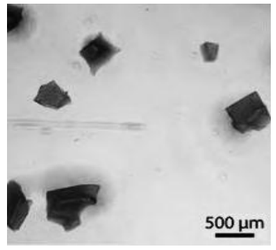
FRESH از طریق بیرون راندن مرکب‌های زیستی به درون حمام پشتیبان برگشت‌پذیر حرارتی (که از یک دوغاب ژلاتینی با سایز ذرات میکرونی تشکیل شده است و در دمای ۳۷ درجه‌ی سانتیگراد ذوب می‌شود) عمل می‌کند. در شکل بالا محلول کلاژن اسیدی شده را که به درون حمام پشتیبان FRESH بافر با pH ۷/۴ تزریق می‌شود، را مشاهده می‌کنید.



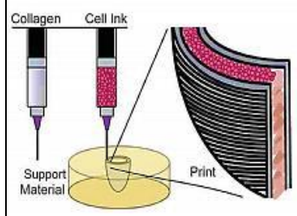
خنثی‌سازی سریع باعث ژل شدن و تشکیل یک رشته کلاژن می‌شود. شکل بالا ترتیب زمانی چاپ زیستی سه بعدی حروف CMU را با FRESH v2.0 نشان می‌دهد.

نسخه‌ی اولیه‌ی حمام پشتیبان FRESH موسوم به FRESH v1.0 دربردارنده‌ی میکروذرات با شکل نامنظم و قطر میانگین حدود ۶۵ میکرومتر بود که از ترکیب مکانیکی یک بلوک ژلاتینی بزرگ ایجاد شده بود.

اما در نسخه‌ی اصلاح شده FRESH v2.0، از رویکردی حفاظتی برای تولید میکروذرات ژلاتینی با (۱) ساختار کره‌ای یکنواخت، (۲) پراکندگی کاهش یافته، (۳) قطر ذرات کاهش یافته ~ ۲۵ میکرومتر و (۴) استرس و ضریب ذخیره سازی قابل تنظیم، استفاده گردید.



نسخه‌ی اولیه‌ی حمام پشتیبان FRESH v1.0 دربردارنده‌ی میکروذرات با شکل نامنظم و قطر میانگین حدود ۶۵ میکرومتر بود که از ترکیب مکانیکی یک بلوک ژلاتینی بزرگ ایجاد شده بود.

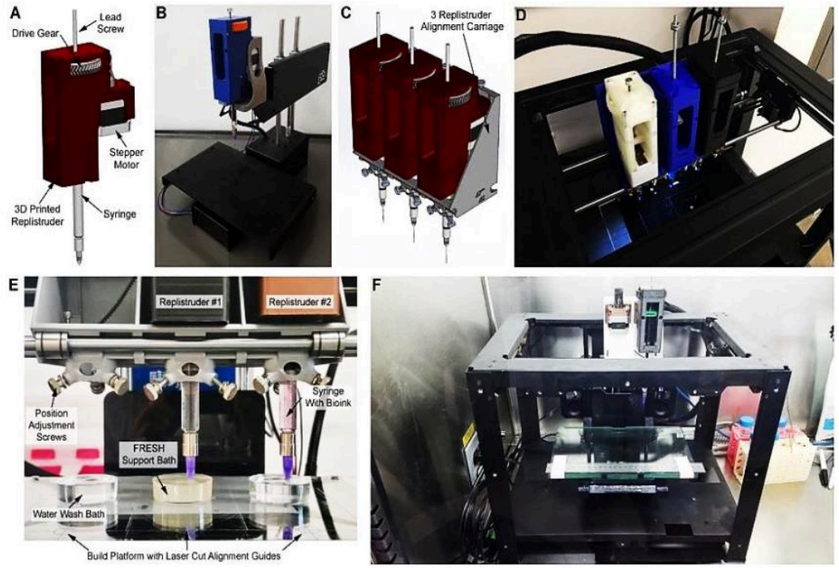


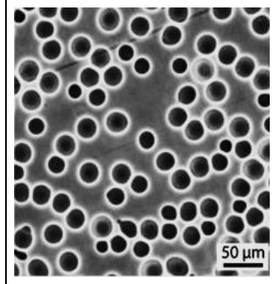
طرحواره‌ی چاپ به روش FRESH با استفاده از دو جوهر یکی از جنس کلاژن و دیگری جوهر سلولی با غلظت بالا

دروازه‌های علم

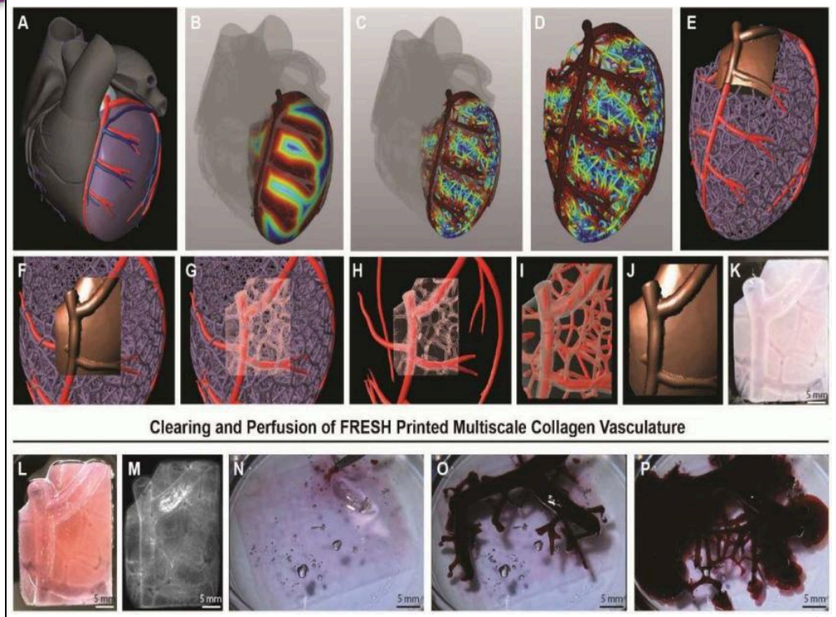
در شکل زیر روند اصلاح چاپگر سه بعدی ترموپلاستیک را در روش چاپ زیستی سه بعدی FRESH v2.0 با استفاده از یک اکسترودر سرنگی با منبع باز مشاهده می‌کنید. در شکل اجزای یک Replistruder3 سه سرنگی با اکسترودر پمپی نیز نشان داده شده است. در واقع این Replistruder3 بر روی یک بخش متحرک چند اکسترودری سوار شده است که امکان استفاده از سه مرکب زیستی را در چاپ چند ماده‌ای فراهم می‌کند. نوک سوزن هر یک از اکسترودرها با راهنمای تراز برش لیزری در صفحه پایه تنظیم می‌شود. این تنظیمات با استفاده از پیچ‌های تنظیم موقعیت که در اطراف بدنه سرنگ قرار دارند و همچنین پیچ های تنظیم عمودی انجام می‌شود. فرآیند چاپ در ظرف پتری که حاوی حمام پشتیبان FRESH است، انجام می‌شود و البته ظروف دیگری حاوی آب دو بار یونیزه نیز وجود دارند که برای تمیز نگه داشتن و جلوگیری از گرفتگی سوزن‌های غیر فعال مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در شکل صفحه‌ی بعد، اطلاعات محاسباتی، چاپ سه بعدی و پرفیوژن عروق در مقیاس‌های مختلف را می‌توان مشاهده کرد. در قسمت A تصویر، مدل سه بعدی از قلب را با مجموعه اطلاعات اختصاصی یک بیمار با کرونر شریان‌ها (قرمز) و رگ‌ها (آبی) از بطن چپ (بنفش) مشاهده می‌کنید. (B) الگوی حرارتی روی سطح بطن چپ، فاصله از عروق کرونر را نشان می‌دهد که از رنگ قرمز تا آبی مقیاس‌بندی شده است. برای این نقشه حرارتی خاص، با افزایش فاصله از شریان‌های کرونر، اندازه‌ی رگ‌های تولید شده کاهش می‌یابد، در حالی که چگالی حجمی رگ‌ها بیشتر می‌شود. تصویر نشان داده شده در قسمت (C) شبکه‌ی ریز عروقی را که با استفاده از نقشه‌ی چگالی تولید شده در قسمت B ایجاد شده است را نشان می‌دهد. همچنین در همین قسمت می‌توان





کاهش اندازه و بهبود پراکندگی میکروذرات ژلاتینی که با استفاده از FRESH v2.0 آماده شده‌اند، به وضوح در شکل بالا قابل مشاهده است.



الگوریتم پر شدن فضای یک ورونوی که در سرتاسر دیواره‌ی بطن گسترش یافته است را نیز مشاهده کرد. در قسمت D نمای بزرگ شده‌ی سه بعدی از ریز عروق تولید شده که دوباره به شریان کرونری چپ پیوند زده شده را مشاهده می‌کنید. ناحیه‌ی قهوه‌ای رنگی که در بخش بعدی مشخص شده، بخشی از دیواره‌ی بطن چپ است که برای چاپ سه بعدی در نظر گرفته شده است که شامل شبکه‌ی عروقی محاسبه شده از عروق کرونر چپ است و قسمت‌های بعدی، جزئیات عروق و ریز عروق ناحیه‌ی مورد نظر را نشان می‌دهد. تصویر K کرونر نزولی قدامی چپ (LAD) را که با استفاده از کلاژن به صورت سه بعدی چاپ شده است را نشان می‌دهد. (L) زیر منطقه LAD از وسط بافت را که برای بهبود تجسم داخل عروق در طول مطالعات پرفیوژن، با استفاده از بنزیل الکل بنزوات بنزوات (BABB) پاکسازی شده، نشان می‌دهد. (M) تصویر فلورسانس LAD چاپ شده است که مسیر رگ‌های داخلی و ساختار کلاژنی چاپ شده را نشان می‌دهد. تصاویر N تا P هم پرفیوژن جایگزینی خون مبتنی بر گلیسرول (قرمز) ساختار چاپ شده با FRESH را نشان می دهد. (N) نمونه‌ی تمیز پرفیوژن نشده، (O) پرفیوژن از طریق رگ‌ها با قطر بزرگ و (P) پرفیوژن از طریق رگ‌های باریک را نشان می‌دهند. به همین ترتیب Lee و همکارانش موفق شدند دریچه‌ی آئورت و شریان‌های ریوی کلاژنی را نیز با استفاده FRESH v2.0 تولید کنند. در مقیاس بزرگ نیز یک قلب کامل کلاژنی را به همین روش چاپ کردند. علاقه‌مندان به کسب اطلاعات بیشتر و آگاهی از جزئیات تحقیق صورت گرفته می‌توانند به مرجع مربوطه مراجعه نمایند.

A. Lee, A. R. Hudson, D. J. Shiwarski, J. W. Tashman, T. J. Hinton, S. Yerneni, J. M. Bliley, P. G. Campbell, A. W. Feinberg, ***3D bioprinting of collagen to rebuild components of the human heart***, *Science* 2019, Vol. 365, Issue 6452, pp. 482-487

ساخت افزایشی پیوسته و سریع

با روش الگودهی بازدارنده‌ی بسپارش حجمی

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

ENGINEERING

Rapid, continuous additive manufacturing by volumetric polymerization inhibition patterning

Martin P. de Beer[1]*, Harry L. van der Laan[2]*, Megan A. Cole[1], Riley J. Whelan[1], Mark A. Burns[1,3†], Timothy F. Scott[1,2†]

Contemporary, layer-wise additive manufacturing approaches afford sluggish object fabrication rates and often yield parts with ridged surfaces; in contrast, continuous stereolithographic printing overcomes the layer-wise operation of conventional devices, greatly increasing achievable print speeds and generating objects with smooth surfaces. We demonstrate a novel method for rapid and continuous stereolithographic additive manufacturing by using two-color irradiation of (meth)acrylate resin formulations containing complementary photoinitiator and photoinhibitor species. In this approach, photopatterned polymerization inhibition volumes generated by irradiation at one wavelength spatially confine the region photopolymerized by a second concurrent irradiation wavelength. Moreover, the inhibition volumes created using this method enable localized control of the polymerized region thickness to effect single-exposure, topographical patterning.

ابداع یک چاپگر سه‌بعدی شگفت‌انگیز

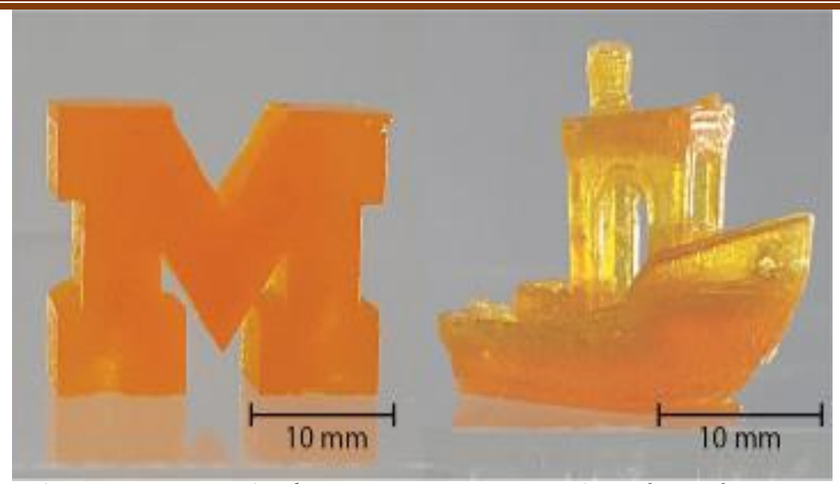
صد برابر سریع‌تر از آنچه تا پیش از این ممکن بود!

در سیستم‌های ساخت افزایشی مرسوم، رزین با استفاده از یک فعال‌کننده‌ی نوری، به صورت لایه به لایه سخت می‌شود.

اما در سیستمی که توسط محققان دانشگاه میشیگان طراحی شده است، جایگزینی یک مهارکننده‌ی نوری به جای اکسیژن مانع از جامد شدن سریع رزین و در نتیجه استحکام بیشتر سازه‌ها می‌شود.

ضمن آن که با افزایش فاصله‌ی بین شی و پنجره در حد میلی‌متر، رزین می‌تواند هزاران بار سریع‌تر جریان پیدا کند. با این رویکرد جدید کل شی ایجاد شده در یک مرحله سخت می‌شود.

برنز، استاد مهندسی شیمی و مهندسی زیست پزشکی در مورد نسل جدید چاپگرهای سه بعدی که در آن‌ها از رویکردی موسوم به FRESH بهره‌گیری شده است، گفت: "این یکی از اولین چاپگرهای سه بعدی واقعی است که تاکنون ساخته شده است."



محققان دانشگاه میشیگان، رویکرد جدیدی را برای چاپ سه بعدی ساختارهای پیچیده ارائه کرده‌اند. در این روش به جای ایجاد لایه لایه‌ی رشته‌های پلاستیکی، از یک ظرف مایع استفاده می‌شود که ۱۰۰ برابر سریع‌تر از فرآیندهای چاپ سه بعدی مرسوم عمل می‌کند.

فناوری چاپ سه بعدی می‌تواند بازی را به نفع مشاغل تولیدی نسبتا کوچک (که تولیدات آن‌ها کمتر از ۱۰۰۰۰ قلم مشابه است) تغییر دهد. این بدان معناست که اشیای تولید شده می‌توانند بدون نیاز به قالب ساخته شوند که این قالب‌ها خود بالغ بر ۱۰۰۰۰ دلار قیمت دارند.

اما متداول‌ترین شکل چاپ سه بعدی که چیزی شبیه یک سری خطوط یک بعدی برای ساخت اشیای سه بعدی است، هنوز نتواسته این فاصله را در بازه‌ی زمانی تولید معمول (حدود یک یا هفته) پر کند.

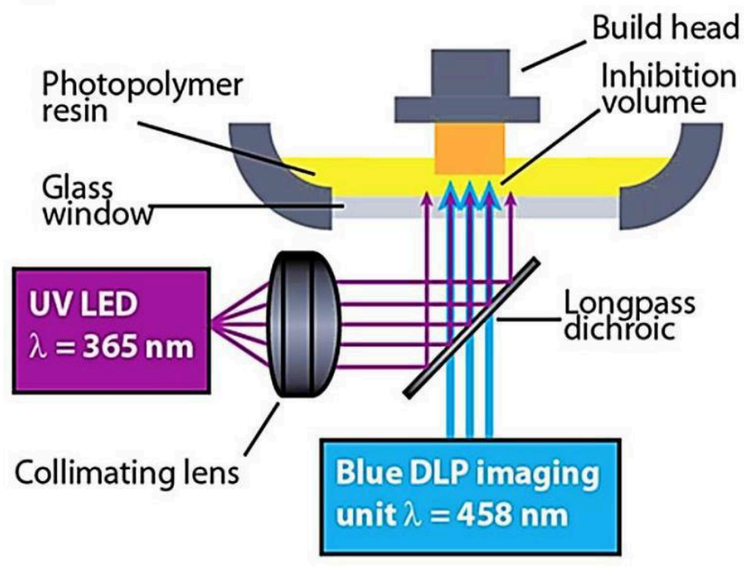
"با استفاده از روش‌های سنتی دستیابی به این اهداف میسر نیست مگر آن که شما صدها دستگاه چاپ داشته باشید." این را تیموتی اسکات، دانشیار رشته‌ی مهندسی شیمی U-M می‌گوید که در زمینه‌ی توسعه‌ی رویکرد جدید فناوری چاپ سه بعدی با مارک برنز استاد مهندسی U-M، همکاری می‌کند.

روشی که توسط این گروه به کار گرفته شده است به این ترتیب انجام می‌شود که رزین مایع با استفاده از دو منبع نوری که محل سختی رزین و محل نگهداری آن را کنترل می‌کنند، جامد می‌شود. استفاده از این روش، امکان تثبیت رزین به صورت الگوهای پیچیده را در اختیار گروه قرار می‌دهد. آن‌ها می‌توانند به جای تولید یک سری خطوط یک بعدی یا سطوح مقطع دو بعدی، نقش برجسته‌های سه بعدی را تنها با یک شات بسازند. آن‌ها یک شبکه، قایق اسباب‌بازی و یک بلوک M را به همین ترتیب چاپ کرده‌اند (شکل بالا اشیای چاپ شده با روشی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است را نشان می‌دهد).

برنز، استاد مهندسی شیمی و مهندسی زیست پزشکی گفت: "این یکی از اولین چاپگرهای سه بعدی واقعی است که تاکنون ساخته شده است." اما برای توسعه‌ی این روش چاپ سه بعدی واقعی لازم بود بر محدودیت‌هایی که در تلاش‌های قبلی برای چاپ با آن مواجه شدیم، غلبه کنیم. برای مثال، رزین تمایل دارد بر روی پنجره‌ای که نور از آن عبور می کند، جامد شود. به این ترتیب به محض شروع، کار متوقف می‌شد. با ایجاد یک فضای نسبتا بزرگ مملو از رزین‌های ضخیم‌تر (با استفاده از پودرهای افزودنی تقویت‌کننده) که دیگر فرآیند استحکام رزین در آن اتفاق نمی‌افتاد، توانستیم اشیای با دوام‌تری را تولید کنیم. همچنین این روش گوی سبقت را از روش چاپ سه بعدی تجمیع ساختاری رشته‌ای هم ربوده است زیرا اجسام تولید شده با روش مذکور در فصل مشترک بین لایه‌ها دارای نقطه ضعف هستند. به گفته‌ی اسکات: "شما می‌توانید مواد بسیار سخت‌تر و مقاوم‌تری در برابر سایش به دست آورید."

راه حل اولیه برای حل مشکل جامد شدن سیال بر روی پنجره، تعبیه‌ی پنجره‌ای بود که امکان نفوذ اکسیژن را فراهم می‌کرد. به این ترتیب، اکسیژن به درون رزین نفوذ کرده و مانع از جامد شدن رزین در نزدیکی پنجره می‌شد و لایه‌ای از مایع را به وجود می‌آورد که باعث جدا شدن سطح تازه چاپ شده می‌شد. اما از آنجایی که این فاصله تنها به اندازه‌ی یک نوار شفاف ضخامت دارد، رزین باید به قدری روان باشد که با سرعت کافی وارد این فاصله‌ی کم بین شی تازه جامد شده و پنجره شود که بتواند آن را جدا کند. گروه تحقیقاتی دانشگاه میشیگان موفق شدند با جایگزینی نور دوم به جای اکسیژن مانع از جامد شدن سریع رزین شده و فاصله‌ی بین شی و پنجره را تا ضخامتی در حد میلی‌متر افزایش دهند که در نتیجه‌ی آن رزین می‌تواند هزاران بار سریع‌تر جریان پیدا کند. کلید این موفقیت در درک شیمی رزین نهفته بود.

در سیستم‌های مرسوم فعلی، تنها یک واکنش وجود دارد. یک فعال‌کننده‌ی نوری به محض تابش نور، رزین را سخت می‌کند. اما در سیستمی که توسط محققان دانشگاه میشیگان طراحی شده است، یک مهارکننده‌ی نوری هم به سیستم اضافه شده است که به طول موج نوری متفاوتی پاسخ می‌دهد (شکل زیر).



در سیستمی که توسط محققان دانشگاه میشیگان طراحی شده است، یک مهارکننده‌ی نوری به سیستم اضافه شده است که به طول موج نوری متفاوتی پاسخ می‌دهد.

دروازه‌های علم

تیم میشیگان صرفا به جای کنترل فرآیند جامد شدن رزین در صفحه‌ی دو بعدی (رویکردی که در چاپ بر مبنای Vat دنبال می‌کنند)، از دو نوع نور برای سخت کردن رزین در هر مکانی نزدیک پنجره‌ی تابش استفاده کردند. بر همین اساس محققان U-M برای محافظت از جنبه‌های مختلف خلاقیت‌های به کار رفته در این روش، سه ثبت اختراع کاربردی را به انجام رساندند.

شروع و مهار نوری همزمان و کنترل‌پذیری که در این سیستم ساخت و همچنین سرعت چاپ عمودی بسیار بالا از جمله مزایای قابل توجه این روش چاپ در مقایسه با سایر روش‌های مرسوم است.

با حذف نیاز به پنجره‌ی نازک و نفوذپذیر اکسیژن، این فرآیند، از قابلیت توسعه برای تولید سریع اشیای بسیار بزرگ نیز برخوردار است. به علاوه با کنترل پویا در مرحله‌ی مهار با استفاده از این روش، می‌توان جریان مجدد به حجم مهار در طول فرآیند چاپ را به گونه‌ای بهینه کرد که مشکلات جریان مجدد در تولید قطعات با سطح مقطع بزرگ را برطرف کرده و گستره‌ی کاربردی ساخت افزایشی رابرای تولیدات سنگین تا حد زیادی وسعت می‌بخشد.

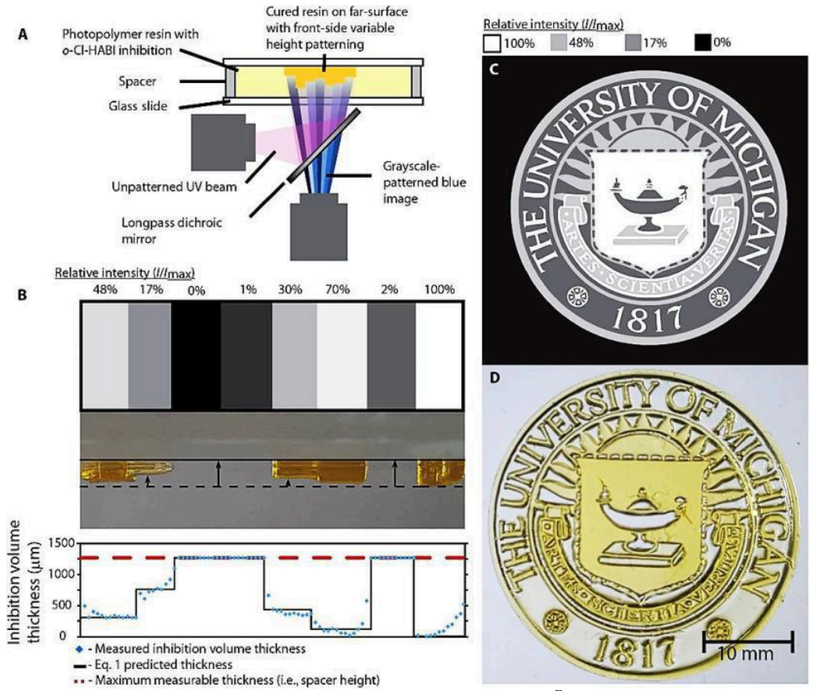
استفاده از فرآیندهای نوری شروع و مهار همزمان و تابش با شدت متغیر، نه تنها امکان تولید مواد اصلاح شده با ریخت‌شناسی‌های سطحی بسیار پیچیده را فراهم می‌کند، بلکه ما را قادر می‌سازد که محصولات سفارشی را با سرعت فزاینده‌ای تولید کنیم و مراحل متعدد و زمان‌بر روش‌های چاپ امروزی را کاهش دهیم.

استفاده از سیستم‌های چند طول موجی برای روش ساخت افزایشی با استریو لیتوگرافی (SLA) رویکرد نوینی در ساخت افزایشی است. علاوه بر کنترل حجمی فرآیند پلیمریزاسیون، که در این مقاله شرح آن بیان شده است، سیستم‌های دو رنگی برای تاثیر بر واکنش‌های اورتوگونال طراحی شده‌اند که می‌توانند امکان ساخت قطعاتی با مشخصه‌های شیمیایی و یا حتی مواد متنوع را فراهم آورند. در حال حاضر، رویکردهای ساخت افزایشی لایه‌ای، نرخ تولید بسیار پایینی را ارائه می‌دهند و اغلب قطعاتی با سطوح شیاردار تولید می‌کنند. در مقابل، چاپ استریولیتوگرافی با سرعت چاپ بیش‌تر و تولید سطوحی صاف‌تر از دستگاه‌های معمول پیشی گرفته است.

در این مقاله یک روش نوین برای تولید افزایشی به روش استریولیتوگرافی پیوسته معرفی شده است که در آن از روش تابش دو رنگی رزین متاکریلات (meth)acrylate با فرمولاسیونی شامل گونه‌های شروع و مهار کننده‌ی نوری مکمل بهره‌گیری شده است. در این رویکرد، حجم مهار پلیمری الگودهی شده با تابش نور در یک طول موج خاص، ناحیه‌ای را که توسط تابش همزمان نور دوم پلیمری می‌شود، محدود می‌کند. علاوه بر آن حجم مهار کننده‌ای که با این روش ایجاد می‌شود، امکان کنترل محلی ضخامت ناحیه‌ی پلیمری شده را فراهم می‌کند که این امر بر الگودهی توپوگرافی تاثیرگذار است.

ویژگی مهم و منحصر به فرد سیستم طراحی شده در آن است که با استفاده از شروع و مهار نوری همزمان و نیز تغییر فضایی شدت نور، قادر است اجسام سه بعدی با سطوح پیچیده را تنها با یک تابش دو رنگی تولید کند.

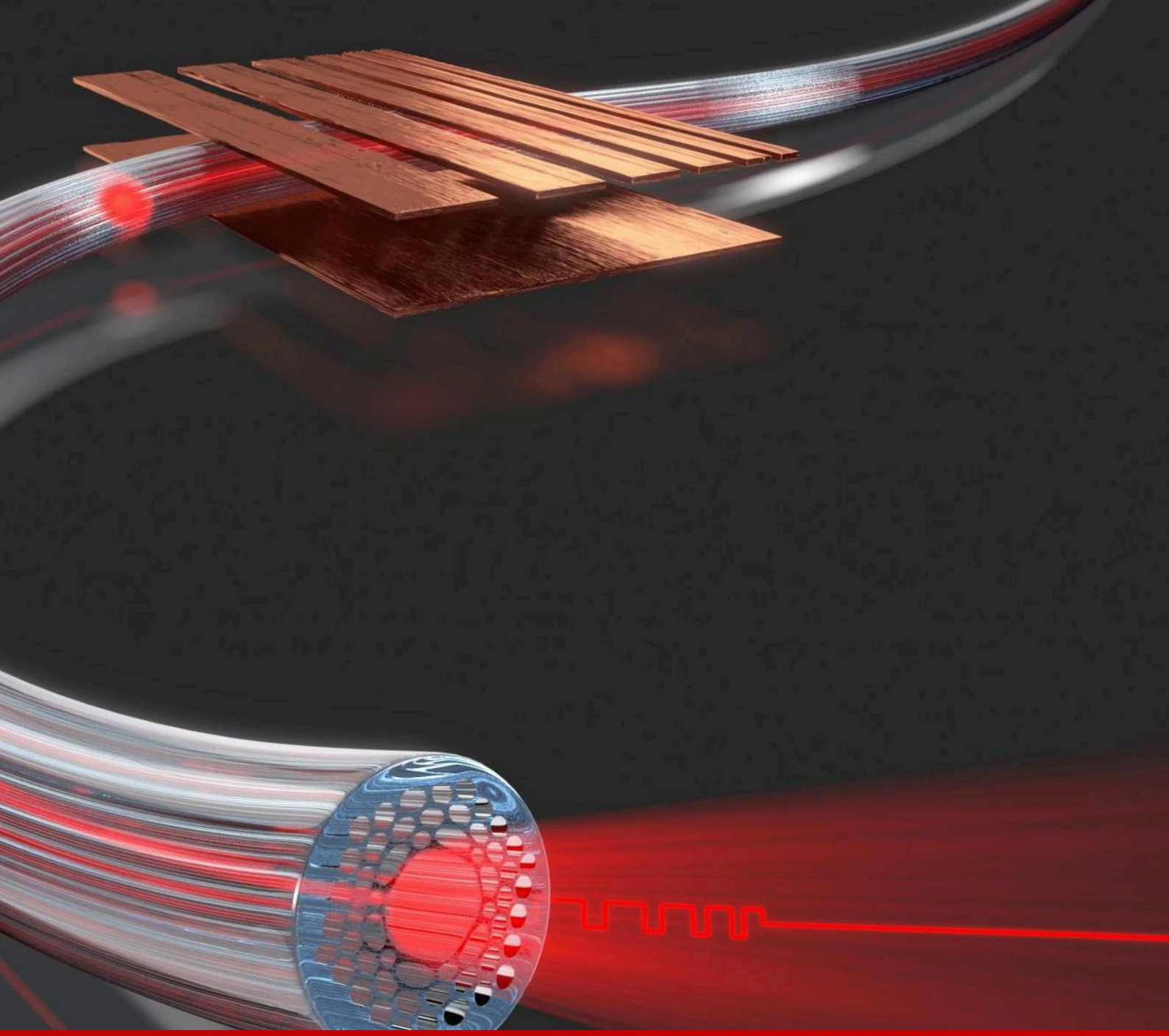
طرح‌ریزی تصاویر آبی با شدت‌های مختلف (تغییر شدت به صورت پیکسل به پیکسل انجام می‌شود) بر خلاف زمینه‌ی ثابت UV تغییرات فضایی $I_{UV,0}/I_{blue,0}$ را ایجاد می‌کند که در نتیجه‌ی آن ضخامت حجم مهار هم تغییر می‌کند. با این تنظیمات می‌توان حجم مهاری با طرح سه بعدی پیچیده را ایجاد کرد، ضمن آن که امکان الگودهی سطح موضعی اشیا نیز در این روش وجود دارد که این امکانات در روش‌های مرسوم کنونی قابل دستیابی نیست. شکل بالای صفحه طرحواره‌ی این فرآیند را نشان می‌دهد که الگودهی توپوگرافی با یک بار نوردهی صورت می‌گیرد و از رزینی با فرمولاسیون CQ/EDAB و *o*-Cl-HABI که فاصله بین دو اسلاید شیشه‌ای را در برگرفته، استفاده شده است. این رزین در معرض یک تصویر آبی با شدت‌های متغیر قرار داده شده و خود تصویر هم بر روی یک چشمه‌ی موازی و یکنواخت نور فرابنفش قرار گرفته است. به این ترتیب یک تابش ۱۰ ثانیه‌ای اشکال



اصلاح‌شده‌ای را با اختلاف ضخامتی حدود ۷۰۰ میکرومتر و اختلاف ارتفاعی کمتر از ۱۲۵ میکرومتر ایجاد می‌کند. هر چند که با تنظیم جذب رنگ‌های آبی و UV و بهبود مشخصه‌های جذبی وابسته به طول موج رزین می‌توان اندازه این پارامترها را تغییر داد (قسمت B شکل بالا). همچنین قابلیت استفاده از این روش برای تولید اشکال طراحی شده به صورت ساختارهای سه بعدی با یک تصویر از چهار سطح شدت در قسمت C شکل نشان داده شده است. رزین بهبود یافته پس از قرار گرفتن در معرض تصویر نشان داده شده در قسمت C، تغییر ضخامت مورد انتظار را نشان می‌دهد و تصویر متن‌های ۲۰۰ میکرومتری به صورت کامل ایجاد شده است.

Martin P. De Beer, Harry L. Van Der Laan, Megan A. Cole, Riley J. Whelan, Mark A. Burns and Timothy F. Scott., ***Rapid, continuous additive manufacturing by volumetricpol ymerization inhibition patterning,*** *Science Advances* 2019, Vol. 5, no. 1, eaau8723.

دروازه‌های علم



معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
ستاد توسعه فناوری های فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

سومین کنفرانس ملی

فناوری ساخت افزایشی ایران

و نمایشگاه پرینترهای سه بعدی

به همراه مسابقات دانشجویی و صنعتی چاپ سه بعدی

به همراه سومین رویداد چاپ سه بعدی Iran3Dshow

زمان : ۱۳ الی ۱۵ اسفند ۹۸

مکان: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

ISC
Islamic World Science Citation Center

Sponsored and Indexed by
CIVILICA
We Respect the Science

حامیان همایش

محورهای همایش

- صنایع هوافضا، خودرو، نظامی، خانگی و دریایی
- پرینت سه‌بعدی مواد پیشرفته و هوشمند
- پرینت سه‌بعدی سرامیک و فلز
- هنر، معماری، جواهرسازی، عمران
- مهندسی پزشکی، بایو پرینترها، ارتوپدی مغز و اعصاب، مهندسی بافت و دندانپزشکی
- بهینه سازی توپولوژی
- پرینت چهاربعدی
- پرینت سه‌بعدی ساختار های میکرو و نانو
- نرم افزار و اسکنرهای سه بعدی
- قالبسازی و ریخته گری

تاریخ‌های مهم :

- شروع ارسال مقالات از طریق وبسایت
  ۱۵ مهر ۱۳۹۸
- آخرین مهلت ارسال مقالات
  ۱۵ بهمن ماه ۱۳۹۸

website: www.IranAMtech.ir email: info@IranAMtech.ir
آدرس دبیرخانه: تهران- خیابان شریعتی- بالاتر از سیدخندان- خیابان مجتبایی- خیابان کاویان- پردیس علوم دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
تلفن و فکس: 021-23064413

MakerBot
MakerBot Replicator Mini+