

مزیت رقابتی کاربرد پرینتر سه بعدی در ساخت انواع کامپوزیت تقویت شده

خلاصه

ساخت لایه به لایه، برای توصیف مجموعه‌ای از تکنولوژی‌ها به کار می‌رود که در آن اجسام سه بعدی، با افزودن لایه به لایه مواد بر روی هم به وجود می‌آیند. تکنولوژی روش‌های نمونه‌سازی سریع (Rapid Prototyping (RP)، ساخت مستقیم (Direct Digital Manufacturing (DDM) و پرینت سه بعدی 3D Printing در حقیقت همگی جزء [پرینترهای سه بعدی](#) محسوب می‌شوند. استفاده از تکنولوژی نمونه‌سازی سریع برای شکل‌دهی و تولید موجب توسعه کامپوزیت‌های کاربردی‌گرا شده است.

در این مقاله، یادداشت‌های مختصر از پرینت سه بعدی کامپوزیت با استفاده از فرآیندهای اصلی چاپگرهای سه بعدی مانند لیزر انتخابی رسوبی و ذوبی، شکل‌دهی خالص لیزر مهندسی، ساخت قطعه لایه‌ای، استریولیتوگرافی، مدل‌سازی ته نشینی گذاخته، و چاپ سه بعدی تهیه شده است.

در حال حاضر، تأکید بر روش شناسایی تشکیل کامپوزیت و گزارش استفاده از مواد مختلف است. همچنین در این مطالعه برخی ویژگی‌ها و خواص مکانیکی کامپوزیت‌های تولید شده به روش نمونه‌سازی سریع بررسی و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. کاربرد پرینترهای سه بعدی در تولید کامپوزیت، روند رو به رشدی در صنایع پیشرفته دارد.



بیست و نهمین همایش بین المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران و هشتمین همایش صنعت نیروگاههای حرارتی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران، 4 تا 6 خرداد 1400

کلمات کلیدی: نمونه‌سازی سریع، پرینتر سه بعدی، کامپوزیت تقویت شده، تولید افزایشی

فهرست عناوین این مقاله:

- 1- [بررسی مزیت رقابتی کاربرد چاپگر سه بعدی در ساخت انواع کامپوزیت‌های تقویت شده](#)
- 2- [روش های لیزر انتخابی رسوبی/ذوبی/ >a/](#)
- 3- [شکل‌دهی خالص لیزر مهندسی](#)
- 4- [ساخت قطعه لایه‌ای](#)
- 5- [استریولیتوگرافی](#)
- 6- [مدل‌سازی تهنشینی گداخته](#)
- 7- [پرینت سه بعدی](#)
- 8- [بررسی خواص کامپوزیت‌های ترموستی، تولید پرینت سه بعدی](#)
- 9- [کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با کربن، شیشه و کولار بیوسته با استفاده از پرینتر سه بعدی](#)
- 10- [نتیجه‌گیری](#)
- 11- [گالری عکس ساخت کامپوزیت تقویت شده با پرینتر سه بعدی](#)

بررسی مزیت رقابتی کاربرد چاپگر سه بعدی در ساخت انواع کامپوزیت تقویت شده

روش‌های نمونه‌سازی سریع در ابتدا روی مواد پلیمری متمرکز شده بود، اما بعد پلیمرها با استفاده از سرامیک، فلزات و کامپوزیت‌ها جایگزین شدند. کامپوزیت‌ها در نمونه‌سازی سریع، نه تنها برای تولید محصول مورد نظر بلکه برای تسهیل فرآیند نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیش از 25 روش نمونه‌سازی سریع وجود دارد که فقط برخی از آنها برای تولید کامپوزیت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تکنیک‌های نمونه‌سازی سریع که عمدتاً در آنها از کامپوزیت‌های پایه فایبری استفاده می‌شود، فرآیندهای استریولیتوگرافی، مدل‌سازی تهنشینی گداخته و ساخت قطعه لایه‌ای است. در تکنولوژی نمونه‌سازی سریع مبتنی بر پودر

مانند تکنیک‌های لیزر انتخابی رسوبی و شکل‌دهی خالص لیزر مهندسی رسم لایه‌های صاف از ترکیب پودر و فایبر بسیار دشوار است.

استفاده از الیاف طولانی یا مداوم به جای الیاف کوتاه، به روش‌های ساخت قطعه لایه‌ای و استریولیتوگرافی محدود شده است. زیرا فرآیند ترکیب و یکپارچه شدن الیاف به سختی انجام می‌شود.

تولید رشته‌های الیاف تقویت شده قبل از استفاده از فرآیند مدل‌سازی رسوبی گذاشته و ساخت قطعه لایه‌ای ضروری است که این امر مستلزم توسعه و فرمول‌بندی مواد کامپوزیت می‌باشد. در بخش بعد، بررسی روش‌های **چاپگر سه بعدی** در ساخت کامپوزیت‌ها انجام شده است.

روش های لیزر انتخابی رسوبی / ذوبی

دو دلیل عمده برای تولید کامپوزیت‌ها به روش رسوبی ذوبی وجود دارد:

- تسهیل فرآیند لیزر انتخابی رسوبی با استفاده از مکانیزم فشردسازی مایع
- ترکیب مواد مختلف برای دستیابی به خواصی که در یک ماده قابل دسترسی نیست.

روش چاپ لیزر انتخابی رسوبی

در فرآیند لیزر انتخابی رسوبی، شکل 1، از لیزر دی اکسیدکربن با قدرت بالا برای مخلوط کردن ذرات با هم استفاده می‌شود. در شروع فرآیند طرح اولین لایه از جسم روی پودر ایجاد می‌شود و سطح ماده ذوب می‌گردد. به کمک غلتک یک لایه از پودر مجدد روی میز قرار می‌گیرد و لیزر دوباره اقدام به ذوب می‌کند. این روند تا ساخت قطعه نهایی ادامه می‌یابد. قطعه نهایی توسط حلال شستشو شده و در نهایت درون یک اجاق نور ماوراء بنفش قرار می‌گیرد.



شکل 1 نمونه قطعه تولید شده به روش لیزر انتخابی رسوبی

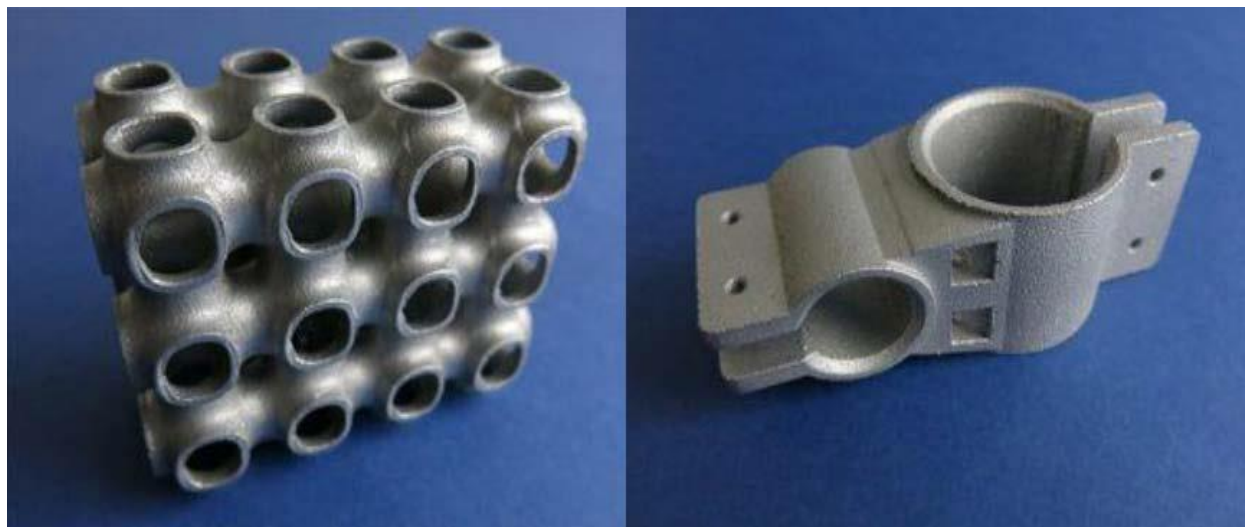
از مزایای این روش **عدم نیاز به نگهدارنده** است. در حقیقت پودر ذوب نشده اطراف قطعه به عنوان نگهدارنده مورد نیاز قطعه عمل می‌کند و این امر باعث می‌شود که تکنولوژی لیزر انتخابی رسوبی بتواند **هندسه‌های بسیار پیچیده و فرم‌های آزاد را تولید کند**. چسبندگی بالا و خواص مکانیکی ایزوتروپیک از ویژگی‌های قطعه تولید شده با این روش می‌باشد.

روش چاپ لیزر انتخابی ذوبی

فرآیند لیزر انتخابی ذوبی، که نمونه‌ی آن در شکل 2 مشاهده می‌شود، به صورت اختصاصی برای **چاپ سه بعدی آلایزهای فلزی** توسعه یافته است. در این روش از یک پرتو لیزر قوی برای تشکیل قطعات سه بعدی استفاده می‌شود.

در طی فرآیند چاپ، پرتو لیزر، پودر فلزات مختلف را به وسیله ذوب با هم مخلوط می‌کند. تفاوت اصلی لیزر انتخابی ذوبی و رسوبی این است که در روش ذوبی، لیزر به طور کامل پودر را ذوب می‌کند؛ در حالی که در روش رسوبی تنها تا حدودی آن را ذوب می‌کند.

به طور کلی، محصولات نهایی لیزر انتخابی ذوبی تمایل دارند که قوی‌تر باشند. به دلیل وجود حرارت بالا اجسامی که به این روش تولید می‌شوند در خطر پیچش و انحراف بیشتری قرار دارند. به طور معمول از این نوع تکنولوژی چاپ برای قطعاتی که ساختار هندسی پیچیده و دیوارهای نازک دارند، استفاده می‌شود.



2- نمونه قطعه تولید شده به روش لیزر انتخابی ذوبی

جدول 1 مواد مورد استفاده در روش لیزر انتخابی رسوبی را نشان میدهد

کامپوزیت‌ها	مواد تشکیل دهنده
کامپوزیت پایه فلزی	Fe, Graphite
کامپوزیت پایه فلزی	Diamond/ Graphite/Ti
کامپوزیت پایه فلزی	Ti, SiC
کامپوزیت پایه فلزی	AlSi, SiC
کامپوزیت پایه فلزی	AlMg, SiC
کامپوزیت پایه فلزی	Co, WC
کامپوزیت پایه پلیمری	Polycarbonate, Graphite
کامپوزیت پایه فلزی	Fe, SiC
کامپوزیت پایه سرامیکی	ZrO ₂ , Y ₂ O ₃ , Al, Al ₂ O ₃
کامپوزیت پایه فلزی	Acrylic- styrene, SiO ₂

>> بیشتر بدانید: [ساخت ساندویچ پانل با پرینتر سه بعدی](#)

در فرآیند لیزر انتخابی ذوبی و رسوبی، کامپوزیت‌ها عمدتاً با استفاده از سه روش ساخته شده‌اند:

1- ساخت کامپوزیت‌ها با استفاده از پودرهای مختلف

این رایج‌ترین روش برای تلفیق کامپوزیت‌های پایه پلیمری است که شامل مکانیزم رسوب فاز مایع می‌باشد. در ساخت کامپوزیت‌ها پودرهای مختلف، تقویت کننده به شکل ذرات مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ زیرا الیاف به عنوان تقویت کننده در هنگام تشکیل بستر پودر صاف مشکل ایجاد می‌کنند و در افزایش چگالی و قدرت نهایی مفید نیستند. به جای مخلوطی از یک پودر پلیمری و یک پودر تقویت کننده، می‌توان از یک پودر کامپوزیت تک نیز استفاده کرد.

2- ساخت کامپوزیت‌ها با استفاده از واکنش‌های موضعی

از واکنش‌های شیمیایی ناشی از لیزر به دو صورت می‌توان استفاده کرد:

الف) غلبه بر انرژی فعال‌سازی واکنش دهنده‌ها و تشکیل ترکیبات شیمیایی

ب) ایجاد یک واکنش شیمیایی که نه تنها یک ترکیب را ایجاد می‌کند، بلکه انرژی کافی برای تولید واکنش‌های شیمیایی را تولید می‌کند.

3- ساخت کامپوزیت‌ها با استفاده از عملیات کوره‌ای

عملیات پسرگرم مواد رسوبی لیزر در کوره راه دیگری برای تولید کامپوزیت است. این روش عمدتاً به دو صورت انجام شده است:

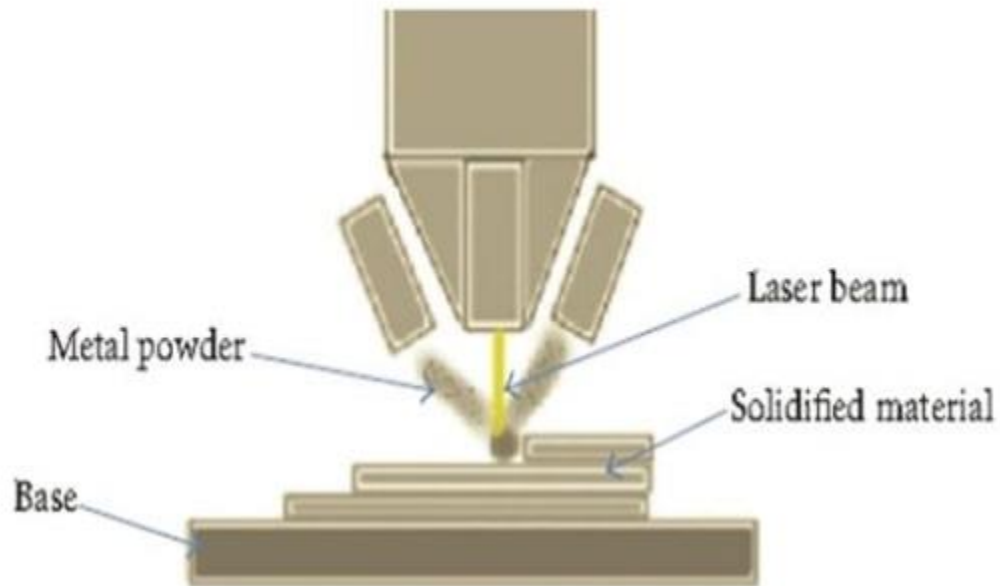
الف) استفاده از کوره برای نفوذ

ب) بدون استفاده از کوره برای واکنش شیمیایی

شکل‌دهی خالص لیزر مهندسی

همانطور که در شکل 3 مشاهده می‌شود، این فرآیند نیز مانند تکنیک لیزر انتخابی رسوبی بر پایه‌ی لیزر و پودر استوار است. تفاوت اصلی در فرآیند رسوب و ته‌نشینی پودر است. فرآیند ساخت، شبیه لیزر انتخابی ذوبی با واکنش بین لیزر و پودر انجام می‌شود. قطعات با هندسه پیچیده و کاملاً یکپارچه تولید می‌شود. پرتو لیزر با استفاده از عدسی‌ها در نقطه خاص متمرکز شده و همزمان با فرآیند تابش لیزری و پاشش پودر، گاز آرگون به محل تابش پرتو لیزر تزریق می‌گردد تا اثرات منفی اکسیژن بر روی کیفیت اتصال ذرات کاهش یابد.

در فرایند شکل‌دهی خالص لیزر مهندسی با استفاده از پودرهای مختلف، گازهای بی‌اثر و نازل‌های متفاوت می‌توان کامپوزیت تقویت شده، مواد مرکب تابعی با تحمل درجه حرارت مختلف را پدید آورد.



3- مکانیزم

روش شکل‌دهی خالص لیزر مهندسی

جدول 2 عمده مواد مورد استفاده در روش شکل‌دهی خالص لیزر مهندسی

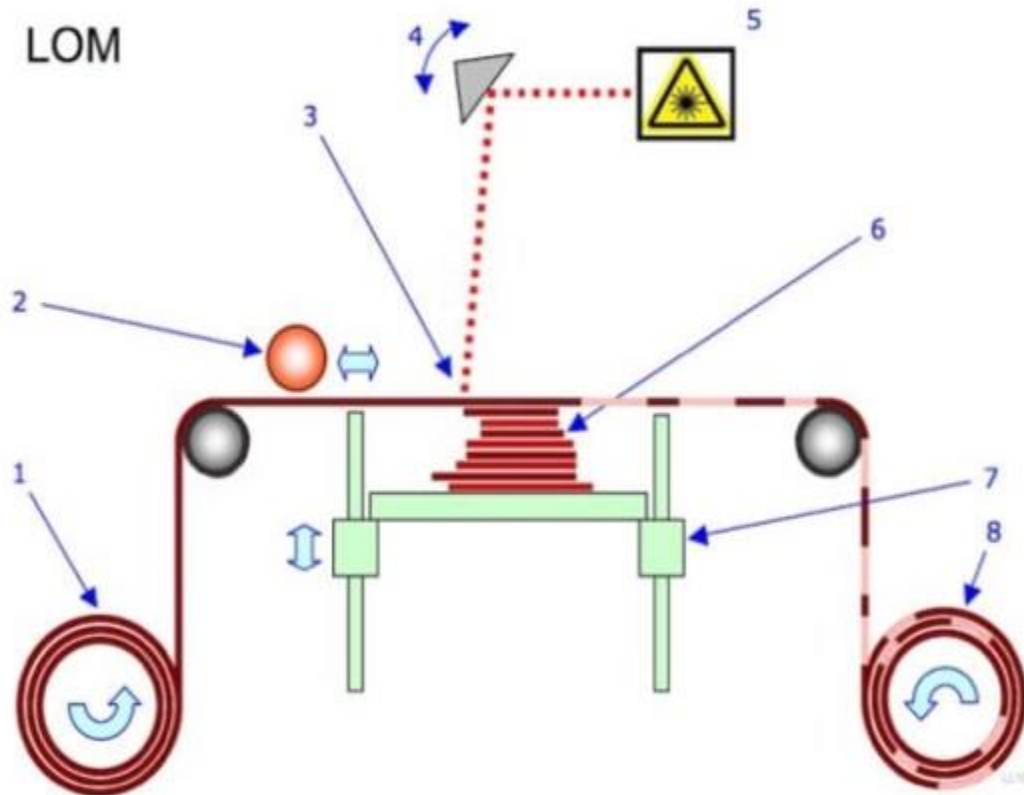
کامپوزیت‌ها	مواد تشکیل دهنده
کامپوزیت پایه فلزی	Invar, TiC
مواد مرکب تابعی	Ti, TiC Ti/TiC
کامپوزیت پایه فلزی	Ti, MMC T
مواد مرکب تابعی	NiBSi, Cr ₃ C ₂
مواد مرکب تابعی	NiBSi, WC-Co
کامپوزیت پایه فلزی	Ti-48Al-2Cr-2Nb, TiC
کامپوزیت پایه فلزی	WC-Co MMC

ساخت قطعه لایه‌ای کامپوزیت

ساخت کامپوزیت در فرایند ساخت قطعه لایه‌ای بطور مستقیم به توسعه ورقه‌های کامپوزیت بستگی دارد. این روش منحصر به فرد است؛ به این معنی که لایه‌های محصول را می‌توان با ورقه‌های ساخته شده از ترکیب مواد مختلف برای ایجاد کامپوزیت‌های متنوع به کار گرفت.

ساخت قطعه لایه‌ای، شکل 4، یک فرایند نمونه‌سازی سریع است که با ترکیب کردن یا لمین کردن لایه‌های پلاستیکی یا کاغذ، با استفاده از حرارت و فشار کار می‌کند. یک تیغه یا لیزر تحت کنترل کامپیوتر ارتفاع شکل را کنترل می‌کند. هنگامی که هر لایه چاپی تکمیل می‌شود، پلنقرم در حدود یک شانزدهم اینچ، پایین می‌رود و برای لایه بعدی آماده می‌شود.

سپس پرینتر سه بعدی یک ورقه جدید از مواد را در زیر بستر قرار می‌دهد که در آن از یک غلتک گرم استفاده شده است. این فرایند اساسی به مرور زمان ادامه می‌یابد تا قسمت سه بعدی کامل شود.



4- مکانیزم شماتیک مکانیزم ساخت قطعه لایه‌ای

استریولیتوگرافی

به منظور ساخت کامپوزیت توسط استریولیتوگرافی، یک پلیمر با ذرات یا الیاف مخلوط می‌شود و خواص مکانیکی بهبود می‌یابد. تقویت کننده‌ی ذرات باعث افزایش ویسکوزیته‌ی فوم پلیمر می‌شود و در نتیجه فرایند پوشش لایه‌های جدید را پیچیده می‌کند. این روش یک فناوری بر پایه‌ی لیزر ماوراء بنفش می‌باشد که با رزین فوتوپلیمر کار می‌کند؛ پلیمرهای مایع (یک نوع خاص از پلاستیک) با پرتو لیزر واکنش نشان می‌دهد و به طریق بسیار دقیقی شکل جامد را ایجاد می‌کند.

جدول 3- عمده مواد مورد استفاده در تکنولوژی استریولیتوگرافی

مواد تشکیل دهنده

Carbon fibre, bisphenol A-epoxy, hydroxycyclohexyl
phenyl ketone, lauroyl peroxide

Glass fibre, acrylic-based polymer
E-glass fibre, epoxy-based resin
E-glass fibre, acrylic-based resin
Carbon fibre, acrylic-based resin
Aramid, acrylic-based resin

>> بیشتر بدانید: [چاپ سه بعدی بتن](#)

مدل سازی تهنشینی گداخته

همانطور که در شکل 5 مشاهده می‌شود، از پایین‌ترین لایه به وسیله گرم کردن فیلامنت ترموپلاستیک تولید می‌شود.

کامپوزیت‌ها

Fe/Nylon

Al/Alumina

For piezoelectric

مواد تشکیل دهنده

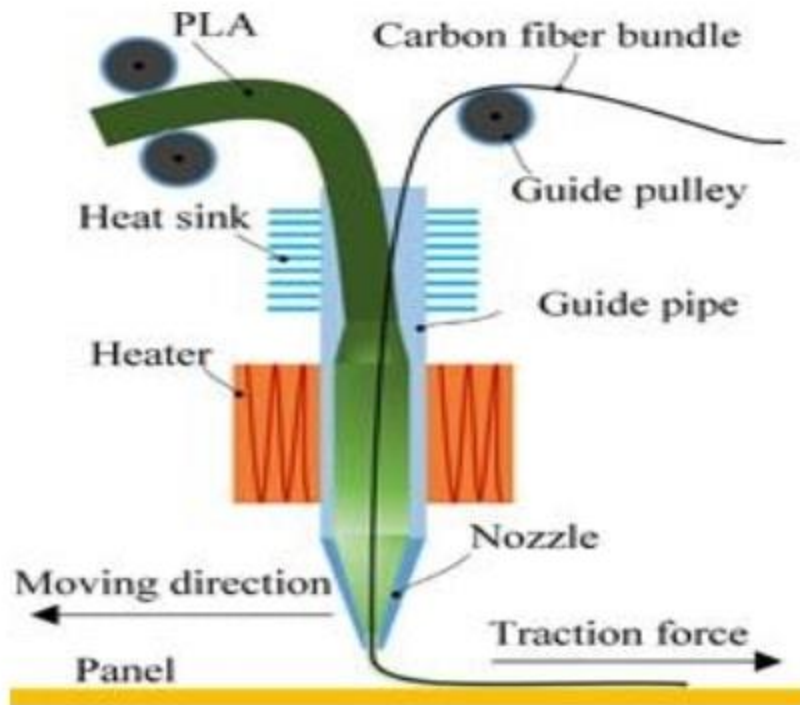
Fe, Nylon Fe/Nylon

Al, Alumina

Ceramic, Polymer

کاربر باید اطلاعات مدل سه بعدی را به چندین لایه با استفاده از نرم افزار ویژه تقسیم کند. سپس چاپگر به ماده ترموپلاستیک تا نقطه ذوب آن حرارت داده و توسط نازل آن را در محل مورد نظر اکسترود می‌کند. این کار به سادگی با حرارت دادن و سپس اکسترود کردن رشته‌های گرم‌انرم از طریق نازل و بر روی پایه انجام می‌شود.

کامپیوتر ابعاد قطعه را با مختصات Z, Y, X محاسبه و نازل را به مختصات مورد نظر هدایت می‌کند. مواد اضافی با قرار گرفتن در مواد شوینده از آن جدا می‌شوند.



5- شماتیک روش مدل

سازی ته نشینی گذاخته

پرینت سه بعدی

فرآیند **پرینت سه بعدی** یک روش تولید سریع مبتنی بر پودر است که در آن یک پوشش پلیمری بر روی لایه‌های پودر، قبل از رسوب قرار می‌گیرد.

کامپوزیت‌ها می‌توانند با تغییر یک جزء مخلوط پودر ساخته شوند؛ در صورتی که با نوار پلیمر پیوسته، سازگار باشد. در اینجا منظور از سازگاری این است که پودر و محلول شیمیایی با پلیمر واکنش نشان ندهد.

کامپوزیت‌ها	مواد تشکیل دهنده
TiC/Ti-Cu	C, Ti-Cu alloy
WC/Co	2 WC, Co ₃ O ₄
Steel/bronze	3 Steel, bronze

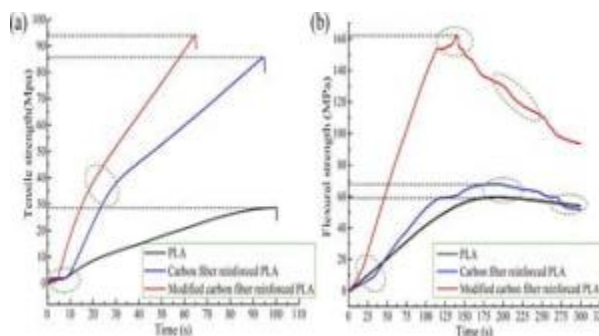
پرینت سه بعدی یک فرصت منحصر به فرد برای کنترل ترکیب مواد است که می‌تواند محصول را با پاشش سریع مواد مختلف از نازل‌های متنوع تولید کند.

آزمایشات پرینت سه بعدی کامپوزیت

بررسی خواص مکانیکی کامپوزیت اسید پلی لاکتیک تقویت شده، تولید به روش مدل‌سازی ته‌نشینی گذاخته کامپوزیت اسید پلی لاکتیک تقویت شده با فیبر کربن مستمر به وسیله روش نمونه‌سازی سریع ساخته شده است. به منظور تحلیل بهبود این روش جدید، آزمایش‌های مقایسه‌ای نمونه‌های ساخته شده فیبر کربن به روش **پرینت سه بعدی** و بدون آن، انجام گرفت.

خواص مکانیکی و ترمودینامیکی با استفاده از دستگاه تست الکترونیکی و آنالیز مکانیکی دینامیکی اندازه‌گیری شد. روش‌های جدید کنترل نازل و مسیریابی برای برآوردن نیازهای چاپ فیبر کربن طراحی شده است.

همانطور که در شکل 6 مشاهده می‌شود، از طریق آزمایش و تجزیه و تحلیل، فیبر کربن پیش‌فرآیند شده با اسید پلیلاکتیک می‌تواند به طور مؤثر استحکام میان فیبر کربن و رزین را افزایش دهد.



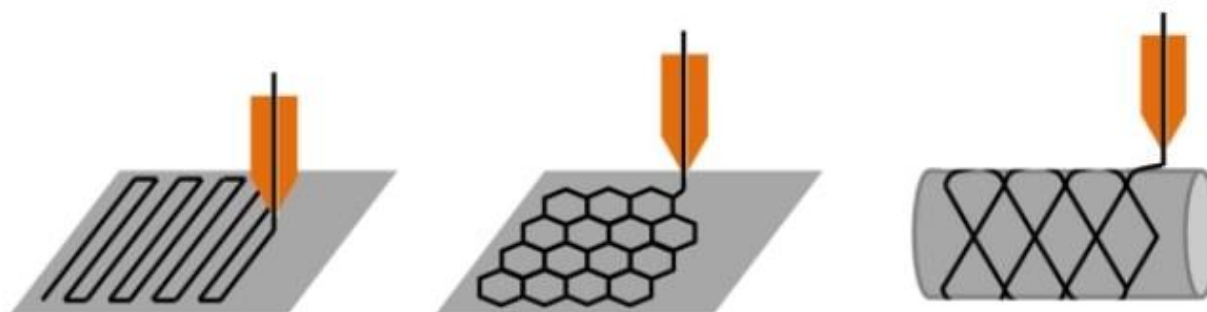
6- نمودار مقایسه کامپوزیت اسید پلی‌لاکتیک تقویت شده و بدون

الیاف تقویتی

بررسی خواص پرینت سه بعدی کامپوزیت های ترموستی

کامپوزیت‌های پیوسته الیاف کربن تقویت شده ترموستی به طور گسترده‌ای در هواشناسی و فضاوردی به علت استحکام ویژه بالا، سختی ویژه بالا، همچنین مقاومت در برابر سایش، عملکرد خستگی خوب و مقاومت در برابر خوردگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، هزینه بالای تولید این مواد، کاربرد آن‌ها را در صنایع خودرو و مصرف محصولات صنعتی محدود می‌کند.

در این مطالعه، یک پلنفرم پرینت سه بعدی به منظور ساخت کامپوزیت الیاف پیوسته کربنی تقویت شده ترموستی، همچنین برای کامپوزیت لایه‌ای و کامپوزیت با ساختار دانه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. طرح‌هایی برای چاپ لامینا، لانه زنبوری و شبکه‌ای که برای تهیه کامپوزیت‌های مورد استفاده قرار می‌گیرد، به ترتیب b، c، در شکل 7 نشان داده شده است.



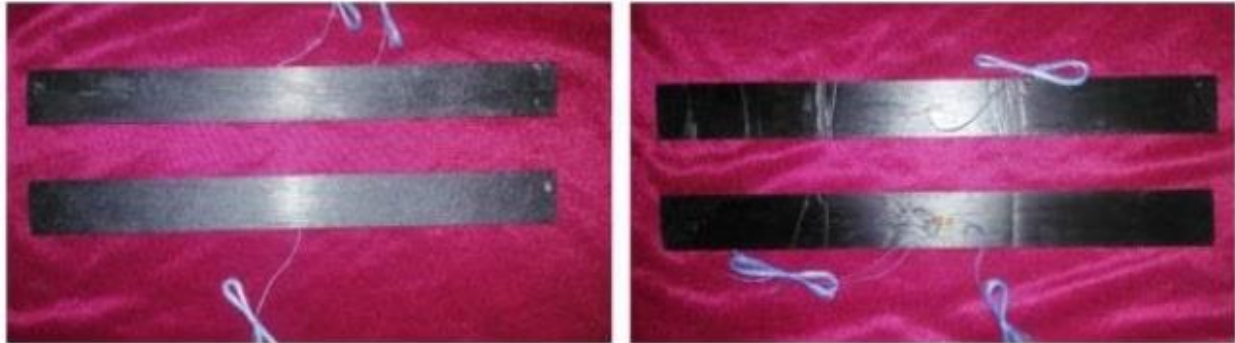
(a) Printing of the lamina (b) Printing of the honeycomb (c) Printing of the grid

7- نمونه طرح مختلف چاپ شده

آزمون‌های انتخاب شده برای ارزیابی خواص مکانیکی کامپوزیت ترموستی الیاف پیوسته کربن

کامپوزیت ترموستی الیاف پیوسته کربن تقویت شده از نظر ترکیبات شیمیایی به علت واکنش‌های شیمیایی رخ داده در فصل مشترک الیاف و ماتریس به کامپوزیت ترموپلاستیک شبیه می‌باشند. همانطور که در شکل 9 آمده است، تعدادی از

آزمون‌های انتخاب شده برای ارزیابی خواص مکانیکی کامپوزیت ترموستی الیاف پیوسته کربن تقویت شده تولید شده با پرینتر سه بعدی تست کشش و آزمون خمش سه نقطه می‌باشد. ابعاد نمونه‌های آزمایش شده، شکل 8، $3 \times 25 \times 250$ میلی‌متر بود.



8- نمونه قطعات جهت آزمایش



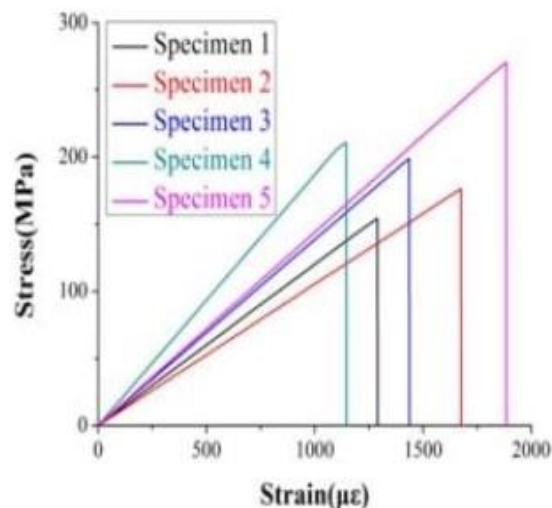
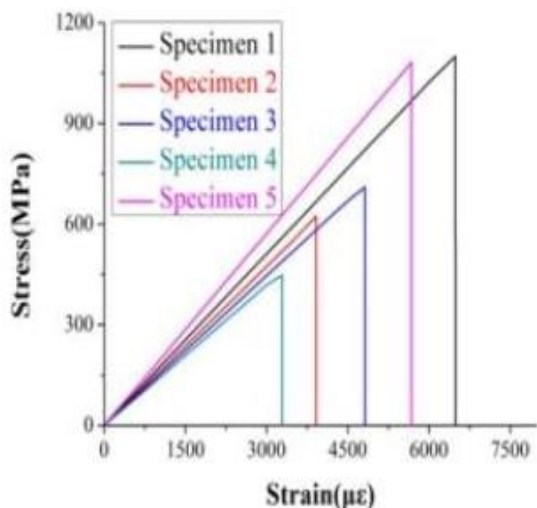
(a) Tensile



(b) Three-point bending

9- دستگاه تجربی برای آزمون‌های خمشی کششی و سه نقطه‌ای لامینا کامپوزیت چاپ شده

گیج‌های کرنش و طیف سنج تصویر دیجیتال، اندازه‌ی کرنش در نمونه‌ها را در طول آزمون اندازه‌گیری کرد. برای نشان دادن تکرارپذیری، 5 نمونه جداگانه برای هر کدام استفاده شد. این مقایسه در شکل 10 نشان داده شده است.



10- مقایسه تنش نمونه‌ها

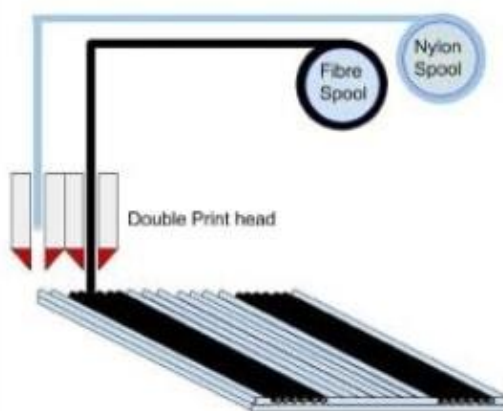
کامپوزیت لایه‌ای و کامپوزیت شبکه‌ای و همچنین مهره‌ای و لانه زنبوری با استفاده از روش فوق، بر اساس پلتفرم چاپ سه بعدی ساخته شده است. مسیر سر چاپگر برای ساختارهای کامپوزیت‌های ترموست تقویت شده طراحی و بهینه شده است تا پرینت سه بعدی الیاف کربن پیوسته را تولید کند و در نتیجه راندمان بیشتری از تکنیک‌های تولید متعارف دارد.

استحکام کششی و مدول الاستیک کامپوزیت‌های تقویت شده ترموست در نتایج 792.8 MPa و 161.4 GPa علاوه بر این استحکام خمشی و مدول الاستیسیته به ترتیب 202.0 MPa و 143.9 MPa به دست آمد.

خواص مکانیکی این کامپوزیت‌های ترموست چاپ شده‌ی جدید بهتر از کامپوزیت‌های ترموپلاستیک تقویت شده کربن کوتاه با روش مشابه پرینت سه بعدی می‌باشد.

کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با کربن، شیشه و کولار پیوسته با استفاده از پرینتر سه بعدی

در این قسمت کامپوزیت‌های تقویت شده کربن، کولار و شیشه‌ای که با تکنیک پرینت سه بعدی مدل‌سازی تهنشینی گذاشته تولید شده‌اند و تصویر آن‌ها در شکل 12 آورده شده، مورد بررسی قرار گرفتند. این کامپوزیت‌های نایلونی با استفاده از سیستم چاپ علامت گذاری شده، شکل 11، ساخته شده‌اند.



11- تصویر دستگاه چاپ مدل سازی ته نشینی گذاخته

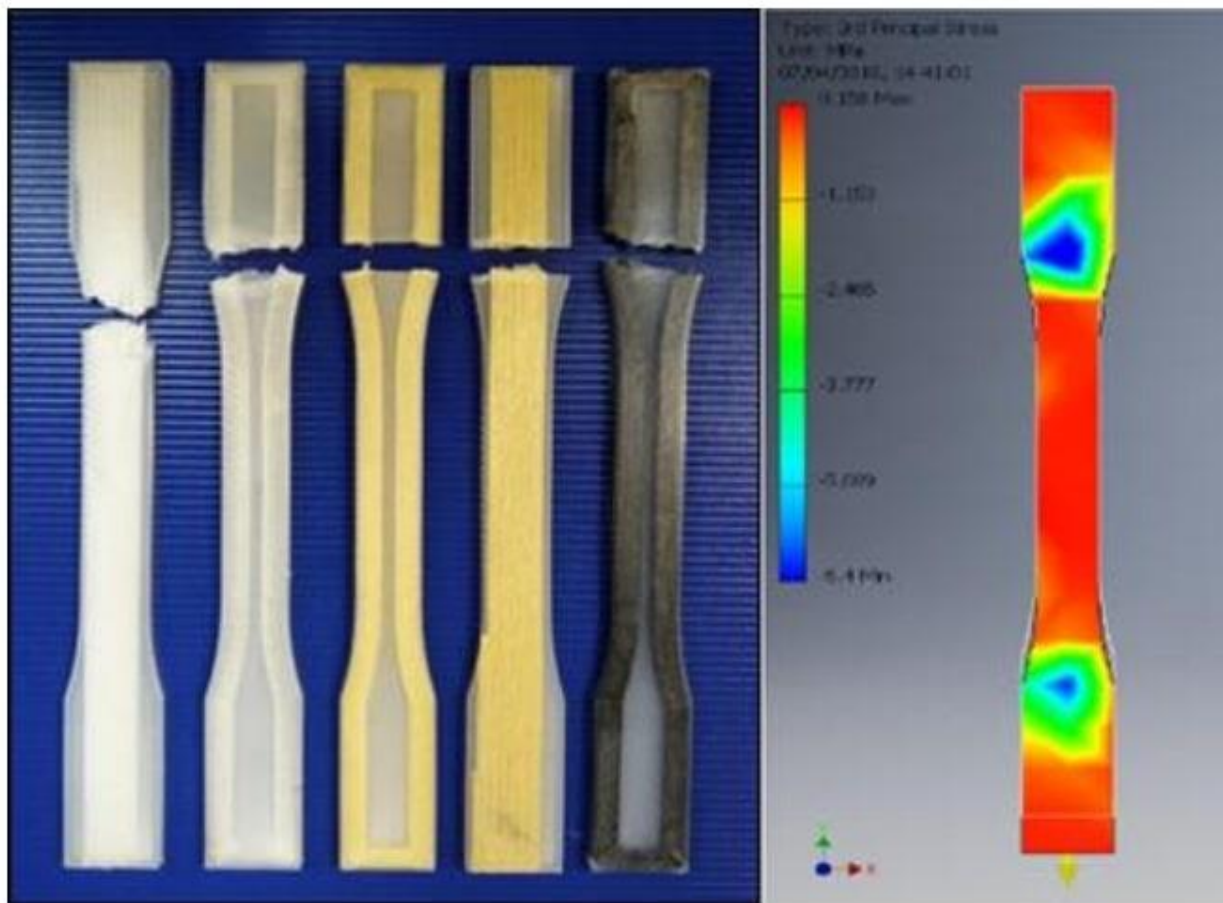
در مکانیسم مکانیکی کامپوزیت‌ها، هر دو در استحکام خمشی و کششی مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج آن را در شکل 13 مشاهده می‌کنید. تأثیر جهت گیری فیبر، نوع فیبر و درصد حجمی بر خواص مکانیکی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج به دست آمده از نمونه‌های شاهد نایلون تقویت نشده و اطلاعات پیشین مربوط به مواد و الیاف مورد بررسی، شکل 12، نشان داد قطعاتی که با استفاده از فیبر کربن ساخته شده‌اند، **بزرگترین افزایش مقاومت مکانیکی** را به دست آورده‌اند.

مقادیر استحکام کششی آن تا 6.3 برابر بیشتر از پلیمر نایلون تقویت نشده، بود. با افزایش میزان مقدار کربن و الیاف شیشه، سطح ورود هوا به ماتریس کامپوزیت نیز افزایش می‌یابد که بر عملکرد مکانیکی تأثیر می‌گذارد. در نتیجه، حداکثر کارایی در مقاومت کششی در نمونه شیشه‌ای به محتوای الیاف نزدیک به 18 درصد، با محتوای الیاف بالاتر (تا 33 درصد)، تنها افزایش جزئی در قدرت مشاهده شد.



12- نمونه‌هایی از الگوهای تقویت فیبر مورد استفاده در مطالعه. از چپ به راست، نایلون، کربن A، کولار B، کولار A، شیشه A، شیشه B (توجه داشته باشید A الگوی متمرکز و B الگوی ایزوتروپیک است.)



13- (سمت چپ) عکس‌هایی که شکست نمونه در منطقه‌ی شانه در طول آزمایش کششی را نشان می‌دهد. (سمت راست) یک نمونه‌ی کششی ایزوتروپیک همگن را نشان می‌دهد که تنش‌های فشاری در سایت‌های شکست وجود دارد.

>> بیشتر بدانید: ساخت توربین با پرینتر سه بعدی

نتیجه بررسی

این بررسی نشان داد که مواد تولید شده به روش مدل‌سازی تهنشینی گداخته، استحکام کششی بیشتری نسبت به آلومینیوم دارد. همچنین در بررسی و مقایسه استحکام کششی الیاف تقویت شده برای کامپوزیت‌های نایلونی دیده می‌شود که الیاف کولار در مقایسه با الیاف شیشه و سپس الیاف کربن دارای خواص مکانیکی بالاتری هستند.

نتیجه‌گیری

برخی از نتایج این مطالعه به صورت نمودار، تصویر و یا جداول در قسمت‌های قبل آمده است. همچنین برخی از روش‌های پرکاربرد پرینترهای سه بعدی با مواد مورد نیاز ارائه گردید. ساخت قطعات با هندسه پیچیده، بدون نیاز به مراحل همچون

ماهیه سازی در ریخته گری از مزایای این تکنولوژی می باشد؛ اما امکان ایجاد لبه های تیز در حد قابلیت ماشینکاری فلزات وجود ندارد.

واقعیت این است که استفاده از چاپگرهای سه بعدی به طور فزاینده ای برای تولید قطعات در تعداد کم گسترش یافته است.

همچنین توسعه و پیشرفت تولید مواد افزودنی باعث افزایش خواص مکانیکی محصولات پرینترهای سه بعدی شده است؛ به طور مثال، اضافه کردن الیاف کربن به پلاستیک ها و ترموپلاست ها موجب افزایش استحکام محصول می شود.

مزایای منحصر به فرد کامپوزیت های سازگار با محیط زیست مانند عدم نیاز به عمل جراحی دوم برای بیرون آوردن ایمپلنت پس از بهبودی و احتمال کمتر عدم توازن خواص مکانیکی بین استخوان ها و ایمپلنت باعث گسترش تکنولوژی پرینترهای سه بعدی در پزشکی خواهد شد.

3dRD <<بزرگترین و تخصصی ترین تولید کننده پرینترهای سه بعدی در ایران>>

بیست و نهمین همایش بین المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران و هشتمین همایش صنعت نیروگاههای حرارتی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران، 4 تا 6 خرداد 1400

Keywords: *3d printing, composites 3d printing, Reinforced composite, 3d printer*

Sources

[1] P.kumar, j-p.kruth, Composites by rapid prototyping technology. Materials and Design 31 (2010) 850–856.

[2] Ken-ichiro Mori, Tomoyoshi Maeno, Yuki Nakagawa. Dieless forming of carbon fibre reinforced plastic parts using 3D printer. Procedia Engineering 81 (2014) 1595 – 1600.

[3] anegnef eW,un eY, eWo Z oYH, eWoCne s ne, gWeeeef nWef. Preparation and characterization of 3D printed continuous carbon fiber reinforced thermosetting composites. Polymer Testing 65 (2018) 29–34.

[4] Nanya Li, Yingguang Li, Shuting Liu. Rapid prototyping of continuous carbon fiber reinforced polylactic acid composites by 3D printing. Journal of Materials Processing Technology 238 (2016) 218–225.

[5] Andrew N. Dickson, James N. Barry, Kevin A. McDonnell, Denis P. Dowling. Fabrication of continuous carbon, glass and Kevlar fibre reinforced polymer composites using additive manufacturing. Additive Manufacturing 16 (2017) 146–152