POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

فناوری چاپ سه‌بعدی تمام سیلیکونی: به سمت الاستومرهای دی‌الکتریک بسیار الاستیک و ساختارهای پیچیده

چکیده

نشان داده شده است که الاستومرهای سیلیکونی برای محرک‌های الاستومری دی‌الکتریک (DEA[1])، عمدتاً به دلیل ترکیب منحصر به فرد آن‌ها از ویژگی‌هایی مانند کشش و قابلیت اطمینان بالا، پاسخ الکترومکانیکی سریع و پایداری حرارتی بالا مناسبی هستند. چاپ سه‌بعدی سیلیکون‌ها را می‌توان با استفاده از کاتالیزورهای فلزی گران‌قیمت و حساس، پیش‌سازهای با ویسکوزیته کم با ساختارهای شیمیایی پیچیده که گاهی اوقات بازتولید آن دشوار است، یا اصلاح‌کننده‌های رئولوژیکی یا با ترکیب پرکننده‌های تقویت‌کننده (مانند سیلیس) به دست آورد. در این پژوهش، فرمولی برای چاپ سه‌بعدی ارائه می‌شود که فقط از α,ω-بیس(تری‌متیل‌سیلوکسی)پلی(دی‌متیل‌سیلوکسان-کو-متیل‌تیوپروپیل‌سیلوکسان) با وزن مولکولی M_n= 55000 g/mol (بسیار بیشتر از آنچه در پژوهش‌های قبل گزارش شده است) و گروه‌های وینیل با 9.1% mol به عنوان پلیمر پایه و α,ω-بیس(تری‌متیل‌سیلوکسی)پلی(دی‌متیل‌سیلوکسان-کو-متیل‌تیوپروپیل‌سیلوکسان) با M_n= 7000 g/mol و 5% mol گروه‌های تیول به عنوان عامل اتصال عرضی، همراه با 2,2–دی‌متوکسی-2-فنیل‌استوفنون (DMPA[2]) به عنوان فوتوکاتالیست و نسبت بهینه تیول/وینیل 0.047 را نشان می‌دهد. تأثیر زمان قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش بر روی سیستم اتصال عرضی پیشنهادی از طریق طیف‌سنجی FTIR[3] و آزمایش‌های فشرده‌سازی مورد بررسی قرار می‌گیرد و نرخ‌های پخت سریع و زمان‌های ژل شدن کمتر از 1 ثانیه را نشان می‌دهد. به عنوان نمونه، پلت‌فرم چاپ یک شبکه لاستیکی متشکل از 24 لایه چاپی را تولید نمود که می‌تواند 100 چرخه فشاری را با کرنش 50 درصد بدون

[1] dielectric elastomer actuators
[2] 2,2-dimethoxy-2-phenylacetophenone
[3] Fourier Transform Infrared Spectroscopy

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

پسماند تحمل نماید. علاوه بر این، جوهر سیلیکونی پرینت سه‌بعدی الاستومرهایی با ازدیاد طول تا شکست 221%، مدول یانگ 0.29 مگاپاسکال و کاهش تنش کمتر از 2% هنگامی که تحت فشار 200% به مدت 100 دقیقه قرار می‌گیرد تولید نمود، در حالی که آزمایش‌های الکترومکانیکی حداکثر کرنش تحریک 9.5% را در میدان الکتریکی 41 kV/mm را نشان می‌دهد. رویکرد این پژوهش ممکن است مسیرهایی را برای پردازش مواد نرم با هندسه‌های منحصربه‌فرد برای تجهیزات پزشکی، محرک‌های نرم، لمسی و فراتر از آن باز نماید.

کلیدواژه‌ها: چاپ سه‌بعدی، سیلیکون، افزودن تیول-ان، الاستومرهای دی‌الکتریک، خواص مکانیکی.

نتیجه‌گیری

فرآیندی که در این پژوهش برای سیلیکون‌های پرینت سه‌بعدی ایجاد شده است، یک چالش طولانی مدت در این زمینه را حل و به طور بالقوه کاربردهای جدیدی را امکان‌پذیر می‌نماید. این پژوهش به بررسی مشکلات چاپ سه‌بعدی سیلیکونی در دستیابی به الاستومرهای سیلیکونی با خواص مکانیکی مناسب برای الاستومرهای دی‌الکتریک و معماری پیچیده می‌پردازد. جوهر سیلیکونی پیشنهادی بدون حلال و فلز که با افزودن تیول-ان تحریک شده با اشعه ماوراء بنفش، از کوپلیمر α,ω-بیس(تری‌متیل‌سیلوکسی)پلی(دی‌متیل‌سیلوکسان-کو-متیل‌تیوپروپیل‌سیلوکسان) تشکیل می‌شود که با α,ω-بیس(تری‌متیل‌سیلوکسی)پلی(دی‌متیل‌سیلوکسان-کو-متیل‌تیوپروپیل‌سیلوکسان) به صورت عرضی اتصال برقرار می‌نماید. بر اساس آماده‌سازی و آزمایش مجموعه‌ای از نمونه‌ها، با چندین پارامتر ورودی (توده‌های مولکولی پلیمر پایه و اتصال عرضی، محتوای گروه‌های عاملی و نسبت آن‌ها)، مشخص می‌شود که جوهر مبتنی‌بر α,ω-بیس(تری‌متیل‌سیلوکسی)پلی(دی‌متیل‌سیلوکسان-کو-متیل‌وینیل‌سیلوکسان) با M_n=55000 g/mol و گروه‌های وینیل 9.1% مول و α,ω-بیس(تری‌متیل‌سیلوکسی)پلی(دی‌متیل‌سیلوکسان-کو-متیل‌تیوپروپیل‌سیلوکسان) با M_n=7000 g/mol

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

و 5% مول گروه‌های تیول مخلوط شده برای نسبت مولی تیول/وینیل 0.047 یک فرمول ساده و موثر برای چاپ سه‌بعدی مواد نرم می‌باشد. تکامل فرآیند اتصال عرضی، به عنوان تابعی از محتوای گروه تیول و زمان تابش اشعه ماوراء بنفش، که توسط طیف‌سنجی FTIR ارزیابی و با آزمایش‌های فشرده‌سازی مکانیکی تأیید می‌شود، نرخ پخت بالا و زمان‌های ژل شدن سریع را نشان می‌دهد. در این پژوهش نشان داده می‌شود که اتصال عرضی از طریق گروه‌های جانبی وینیل از درهم‌تنیدگی زنجیره جلوگیری می‌نماید و در نتیجه الاستومرهای سیلیکونی با خواص مکانیکی برجسته ایجاد می‌شوند. همچنین نشان داده می‌شود که جوهر سیلیکونی قابل جریان بهینه، چاپ شده از طریق نوشتن جوهر مستقیم، منجر به الاستومرهای سیلیکونی با مدول یانگ کم، بدون تنش-آرامش تحت شرایط کرنش ثابت و قادر به مقاومت در برابر کرنش‌های بزرگ، بدون تلفات ویسکوالاستیک می‌شود. برای نشان دادن قابلیت چاپ جوهر انتخابی، معماری‌های سه‌بعدی مختلف با موفقیت چاپ می‌شوند که منجر به بازتولید بسیار دقیق مدل CAD[1] می‌شود. علاوه بر این، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی مقطعی اقلام سه‌بعدی پرینت شده، ساختار فشرده و عاری از فضای خالی را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده ارتباط قوی بین لایه‌های چاپ شده می‌باشد. عملکرد الکترومکانیکی الاستومرهای سیلیکونی چاپ سه‌بعدی شبیه به الاستومرهای قالبگیری فشرده شده است و نشان می‌دهد که فرآیند چاپ خواص الاستومرها را تغییر نمی‌دهد. روش این پژوهش گامی رو به جلو برای این حوزه می باشد و با پذیرش گسترده جامعه می‌تواند نحوه ساخت و ادغام سیلیکون‌ها را در طیف وسیعی از تجهیزات تغییر دهد.

Reference

Tugui, C., Cazacu, M., Manoli, D. M., Stefan, A., & Duduta, M. (2023). All-Silicone 3D Printing Technology: Toward Highly Elastic Dielectric Elastomers and Complex Structures. *ACS Applied Polymer Materials*, *5*(10), 7936-7946.

[1] Computer Aided Design

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

https://doi.org/10.1021/acsapm.3c01190

ترجمه و ویرایش: جواد برزوئی