POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

کامپوزیت‌های کربنی/ ویتریمری: به سوی مواد پلیمری پایدار، کاربردی و مشبک با عملکرد بالا

چکیده

ترموست[1]ها و کامپوزیت‌های آنها جایگاهی کلیدی در صنعت مواد پلیمری برای پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها به خود اختصاص داده‌اند. کامپوزیت مواد کربنی/ترموستی دسته‌ای اصلی از آن است. افزودن مواد کربنی (مانند الیاف کربن، نانولوله‌های کربنی (CNTها) و گرافن) به مواد پلیمری خواص مکانیکی بهتر، خواص نوری و الکتریکی بهبودیافته و ... می‌بخشد. با این حال، به‌دلیل ماهیت ترموست، شبکه اتصال عرضی کووالانسی، مشکلات بازفرآوری و بازیافت بزرگی را موجب می‌گردد. توسعه ویتریمرها[2] راه جدیدی را برای تولید ترموست‌های قابل بازیافت و تجزیه‌پذیر هموار می‌نماید. مجموعه‌ای از کامپوزیت‌های مواد کربنی/ویتریمری نیز با هدف مواد پایدار با کارایی بالا با خواص فیزیکی بهتر، قابلیت بازیافت، قابلیت فرآوری مجدد و دیگر عملکردهای جدید پاسخ‌دهنده به محرک‌ها، ابداع شده‌اند. این مرور، پیشرفت کامپوزیت‌های مواد کربنی/ویتریمری را در دهه گذشته خلاصه می‌نماید. مقدمه‌ای کلی از ویتریمر و استراتژی‌های آماده‌سازی انواع مختلف کامپوزیت‌های مواد کربنی/ ویتریمری در ابتدا ارائه می‌گردد. به‌دلیل ماهیت ویتریمری، عمر مفید آن کامپوزیت‌ها می‌تواند به طور قابل‌توجهی با فرآوری مجدد، بهبود و بازیافت افزایش یابد، که استراتژی‌های مرتبط با آن به تفصیل شرح داده شده و خلاصه می‌شوند. سپس، خواص بهبودیافته و عملکردهای جدید فعال شده با ترکیب پرکننده‌ها نیز به‌طور اجمالی مرور می‌گردد. چشم‌انداز ما در مورد جهت‌های آینده کامپوزیت‌های مواد کربنی/ویتریمری در پایان مقاله ارائه شده است.

[1] مواد گرما سخت
[2] vitrimer

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

چشم‌انداز و نتیجه‌گیری

در نتیجه، این مرور استراتژی‌های آماده‌سازی، روش‌های بازیافت و استفاده مجدد و عملکرد جدید کامپوزیت‌های مواد کربنی/ویتریمری که در دهه گذشته به‌سوی ترموست‌های پایدار، کاربردی و با کارایی بالا ابداع شده‌اند را برجسته می‌نماید. همچنین، موارد مشترک زیادی در مورد استراتژی‌های آماده‌سازی و بازیافت بین کامپوزیت‌های ویتریمری تقویت شده توسط پرکننده‌های غیرکربنی (مانند الیاف شیشه، سیلیس و غیره) یا پرکننده‌های مبتنی بر کربن وجود دارد. بنابراین، این مرور می‌تواند اطلاعات ضروری و جامعی را در مورد چگونگی توسعه انواع دیگر کامپوزیت‌های ویتریمری و ایجاد انگیزه برای نوآوری‌های بیشتر در این جامعه ارائه دهد.

به جز برای استفاده به‌عنوان موادی با ساختار عمومی و نیازهای بازیافت، در حال حاضر، محققان کاربرد بالقوه کامپوزیت‌های مواد کربنی/ویتریمری با کارایی بالا و قابل بازیافت را در زمینه‌های مختلفی مانند محافظ تداخل الکترومغناطیسی [1]، حسگرها [2، 3، 4، 5]، روبات‌های نرم [6، 7، 8] و ابرخازن‌ها [8] بررسی نموده‌اند. الزامات کاربرد کامپوزیت‌های مواد کربنی/ویتریمری در حوزه‌های مختلف فناوری پیشرفته، به‌ویژه برای الکترونیک هوشمند و انعطاف‌پذیر، به دلیل خود ترمیم‌پذیری، قابلیت فرآوری مجدد، سبک وزنی و مقاومت شیمیایی، بسیار وسیع است. قطعا تقویت و گسترش توسعه چنین کامپوزیت‌های ویتریمری ادامه خواهد یافت.

علی‌رغم پیشرفت‌های انجام شده پیشین، هنوز راه زیادی در پیش است تا این مواد در نهایت در کاربردهای عملی استفاده گردند و حتی جایگزین ترموست‌های تقویت‌شده مبتنی بر کربن با پرکننده‌های موجود گردند. در کاوش‌های آینده، دو جنبه زیر ارزش توجه بیشتر را دارند.

اول، هدف اصلی از افزودن پرکننده‌های مبتنی بر کربن، بهبود عملکرد و همچنین افزایش عملکرد است. در عین حال، پرکننده‌ها نیز بر فرآیند واکنش کووالانسی پویا در ویتریمرها تأثیر می‌گذارند. همانطور که قبلاً بحث نموده‌ایم، در موقعیت‌های مختلف، افزودن پرکننده‌های مبتنی بر کربن ممکن است بازآرایی شبکه را تقویت یا مهار نماید. با این حال، چگونگی تأثیر پرکننده‌های مختلف بر فرآیند بازآرایی شبکه نیاز به بررسی بیشتر دارد. تأثیر متقابل پرکننده‌های مبتنی بر کربن در جنبه‌های محدود نمودن تحرک زنجیره پلیمری، افزایش رسانایی حرارتی، گروه‌های عاملی اضافی بر روی پرکننده‌ها، یا سایر عوامل کشف‌نشده در بازآرایی توپولوژیکی کامپوزیت‌های ویتریمری، ارزش بهره‌برداری و بررسی دقیق دارد. این در نهایت تعیین می‌نماید که آیا تناقضی بین تقویت مکانیکی و قابلیت فرآوری مجدد وجود دارد یا خیر.

دوم، معرفی پیوندهای کووالانسی پویا به‌طور اجتناب‌ناپذیری بر استحکام و پایداری حرارتی مواد تأثیر می‌گذارد. وقوع خزش در دمای بالا نیز یکی از عوامل مهمی است که بر کاربرد واقعی کامپوزیت‌های ویتریمری برای جایگزینی مواد ترموستی تأثیر می‌گذارد. "جریان" زنجیره پلیمری در دماهای بالا منجر به کاهش شدید خواص مکانیکی و از بین رفتن شکل اولیه می‌گردد که مشکلات شکست ساختاری مهلکی را به همراه خواهد داشت، به ویژه برای کامپوزیت‌های مواد کربنی/ویتریمری که بیشترین استفاده از آنها به‌عنوان یک ماده ساختاری می‌باشد. بنابراین، چگونگی جلوگیری از خزش تا بیشترین میزان در حالی که از فرآوری‌پذیری خوب ویتریمرها اطمینان حاصل می‌کند، یک پیشنهاد مهم در کل حوزه ویتریمر است. حل این مسئله را می‌توان از جنبه‌های جستجوی پیوندهای کووالانسی پویای قوی با انرژی فعال‌سازی بالا، توسعه پیوندهای پویا قابل تعویض، استفاده از شبکه انجمنی محرک نور و غیره در نظر گرفت [136، 137].

قابل ذکر است که ویتریمر، مواد کربنی و شیمی کووالانسی پویا هنوز در حال توسعه سریع هستند. ظهور و برخورد مواد جدید و ویژگی‌های جدید باعث می‌شود که نشاط جدیدی به توسعه و نوآوری کامپوزیت مواد کربنی/ویتریمری

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

تزریق گردد. در عین حال، بهبود فناوری ساخت، که شامل تلاش‌های مشترک محققان و مهندسان چندرشته‌ای از جمله شیمی، فیزیک و علم مواد است، ورود زودهنگام این کامپوزیت‌های پلیمری کاربردی، با کارایی بالا و پایدار را به همه موارد جنبه‌های زندگی ما ارتقا می‌دهد.

کلیدواژه‌ها

کامپوزیت‌های ویتریمری، مواد کربنی، مواد پلیمری قابل بازیافت مشبک، پیوندهای کووالانسی پویا.

Vitrimer composites, Carbon materials, Recyclable crosslinked polymer materials, Dynamic covalent bonds.

DOI: 10.1016/j.giant.2022.100136

مرجع اصلی

Y.Wu, Y.Wei, Y. Ji, “Towards sustainable, functional, and high-performance crosslinked polymeric materials”, 2023, Giant, Vol. 13.

مراجع در متن

[1] H. Fang, W. Ye, K. Yang, K. Song, H. Wei, Y. Ding, “Vitrimer chemistry enables epoxy nanocomposites with mechanical robustness and integrated conductive segregated structure for high performance electromagnetic interference shielding”, 2021, Compos. Part B: Eng. 215.

[2] Z. Guo, W. Wang, Z. Liu, Y. Xue, H. Zheng, K. Majeed, B. Zhang, F. Zhou, Q. Zhang, “Preparation of carbon nanotube-vitrimer composites based on

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

double dynamic covalent bonds: electrical conductivity, reprocessability, degradability and photo-welding", 2021, Polymer, Vol. 235.

[3] P. Jia, Y. Shi, F. Song, Y. Bei, C. Huang, M. Zhang, L. Hu, Y. Zhou, "Bio-based and degradable vitrimer-graphene/graphene oxide composites with self-healing ability stimulated by heat, electricity and microwave as temperature and fire warning sensors", 2022, Compos. Sci. Technol.

[4] Z. Guo, W. Wang, K. Majeed, B. Zhang, F. Zhou, Q. Zhang, "Fabrication of multi-functional bio-based vitrimer and conductive composites via ugi four-component polymerization", 2022, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.

[5] Z. Yang, H. Li, Y. Zhong, X. Lai, J. Ding, Z. Chen, X. Zeng, "Functional epoxy elastomer integrating self-healing capability and degradability for a flexible stretchable strain sensor", 2022, ACS Appl. Mater. Inter., p.p. 44878 –44889.

[6] Y. Yang, H. Wang, S. Zhang, Y. Wei, X. He, J. Wang, Y. Zhang, Y. Ji, "Vitrimer-based soft actuators with multiple responsiveness and self-healing ability triggered by multiple stimuli, Matter 4 (10) (2021) 3354–3365.

[7] Y. Yang, Z. Pei, Z. Li, Y. Wei, Y. Ji, Making and remaking dynamic 3D structures by shining light on flat liquid crystalline vitrimer films without a mold, J. Am. Chem. Soc. 138 (7) (2016) 2118–2121.

[8] H. Wang, Y. Yang, M. Zhang, Q. Wang, K. Xia, Z. Yin, Y. Wei, Y. Ji, Y. Zhang, Electricity-triggered self-healing of conductive and thermostable vitrimer enabled by paving aligned carbon nanotubes, ACS Appl. Mater. Inter. 12 (12) (2020) 14315–14322.