

کامپوزیت‌های پایه پلی‌یورتان روش‌های تهیه، خواص و کاربردها

پژوهشگر:
جهانگیر عبدی

استاد راهنما:
دکتر حق‌پناه

Process-project.com
ساخته شده توسط تیم فرآیند پروژه

فهرست مطالب



مقدمه

1

بررسی نانوکامپوزیت‌های برپایه پلی اورتان

2

بررسی مقاومت مکانیکی و شیمیایی نانوکامپوزیت‌ها

3

بررسی نتایج به دست آمده

4

مراجع

5

Process-project.com
ساخته شده توسط تیم فرآیند پروژه

مقدمه

در این ارائه به بررسی پنج مقاله درباره سنتز نانوکامپوزیت‌های مختلف می‌پردازیم. سعی شده تا از جنبه‌های مختلف روش سنتز نانوکامپوزیت و تست‌های انجام گرفته مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از ۴ مقاله درباره کامپوزیت پلی یورتان و سیلیکا و یک مقاله پلی یورتان و کربن استفاده شده است.

Process-project.com
ساخته شده توسط تیم فرآیند پروژه

مقاله اول

JOURNAL OF
Applied Polymer
SCIENCE

Preparation and characterization of thermoplastic water-borne polycarbonate-based polyurethane dispersions and cast films

Magdalena Serkis, Rafał Poręba, Sini Hodařík, Jana Kredatusová, Milena Špírková

Institute of Macromolecular Chemistry AS CR, Heyrovsky Sq. 2, 162 06 Praha 6, Czech Republic

Correspondence to: M. Špírková (E-mail: spirkova@imc.cas.cz)

مقاله اول

• در این مقاله محققین مخلوط پلی یورتان پایدار در آب را تولید و با تولید فیلم‌هایی از آن پارامترهای موثر بر خواص مکانیکی و شیمیایی آن را بررسی کردند. از جمله پارامترهایی که در این مقاله بررسی شده اثر ترکیب مواد اولیه بر عملکرد فیلم‌های نهایی است که تولید می‌شود. همچنین تأثیر نوع و مقدار نانو سیلیس بر خواص عملکردی کامپوزیت در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

✓ روش ساخت کامپوزیت

این محققین نانوکامپوزیت‌های پلی اورتان/سیلیکا را با استفاده از دیسپرژن آبی پلی یورتان (مخلوط پلی یورتان در آب) تهیه کردند. دیسپرژن آب پلی یورتان از پلی اورتان دیول، ۱،۶-دی ایزوسیاناتو هگزان و بوتان-۱،۴-دیول تهیه شده است. همچنین در این مقاله از دو نوع سیلیس کلوئیدی تجاری با نام‌های **Ludox AS** و **Ludox TMA** استفاده شده است که از نظر اندازه، شکل و نوع یون‌های متقابل متفاوت هستند.

مقاله اول

✓ روش ساخت کامپوزیت

در این مقاله از درصدهای ۵، ۳۲ و ۵۰٪ وزنی نانوسیلیکا به عنوان پرکن (فیلر) برای ساخت کامپوزیت استفاده شده است.

پس از تهیه کامپوزیت، از آن‌ها فیلم‌هایی تهیه شد تا در زمان تست بتوان از آن‌ها استفاده کرد. فیلم‌ها پس از خشک شدن آهسته مخلوط‌های آب به دست آمدند و با اندازه‌گیری‌های **SEM**، **AFM**، تست کششی، **TG**، **DMTA** و اندازه‌گیری‌های جذب آب مشخص شدند.

مشخص شد که همه فیلم‌ها مواد ترموپلاستیک هستند که توسط پیوندهای هیدروژنی بین ذرات سیلیس و ماتریس پلیمری تقویت شده‌اند و در حلال‌های آلی محلول هستند و امکان تولید مثل دیسپرژن پلی یورتان وجود دارد.

Process-project.com
ساخته شده توسط تیم مدیریت پروژه

نتایج مقاله اول

- در نهایت این محققین دریافتند که غلظت اسید ۲،۲- بیس (هیدروکسی متیل) پروپیونیک و ۱،۴- بوتاندیول بر عملکرد فیلم تولید شده موثر است.
- این محققین بیان کردند با افزایش غلظت ۲،۲- بیس (هیدروکسی متیل) پروپیونیک و کاهش غلظت ۱،۴- بوتاندیول میانگین اندازه ذرات دیسپرژن ساخته شده کاهش و از سوی دیگر پایداری دیسپرژن افزایش می‌یابد. همچنین ویژگی‌های عملکردی فیلم‌های ساخته گری به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر اندازه پراکندگی ذرات کلوئیدی اصلی است.
- در نهایت در این مطالعه بیان شده که رفتار توره‌ها، پایه‌ها، مورفولوژی سطح و خواص مکانیکی آن‌ها بیشتر تحت‌تأثیر غلظت اسید ۲،۲- بیس (هیدروکسی متیل) پروپیونیک بوده و اثر غلظت ۱،۴- بوتاندیول کم است. همچنین این مطلب مشخص شد که فیلم‌های ساخته شده با دیسپرژن دارای غلظت‌های بالای ۱،۴- بوتاندیول نسبت به اسید ۲،۲- بیس (هیدروکسی متیل) پروپیونیک دارای عملکرد مناسب خواص کششی و کمترین توانایی تورم هستند.

مقاله دوم



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Progress in Organic Coatings

journal homepage: www.elsevier.com/locate/porgcoat



Nanocomposites made from thermoplastic waterborne polyurethane and colloidal silica. The influence of nanosilica type and amount on the functional properties

Magdalena Serkis^{a,*}, Milena Špírková^{a,*}, Jiří Hodan^c, Jana Kredatusová^b

^a Nanostructured Polymers and Composites Department, Institute of Macromolecular Chemistry AS CR, Heyrovsky Sq. 2, 162 06 Prague 6, Czech Republic

^b Polymer Processing Department, Institute of Macromolecular Chemistry AS CR, Heyrovsky Sq. 2, 162 06 Prague 6, Czech Republic



مقاله دوم

- این مقاله به تولید نانوکامپوزیت‌های گرمانرم پلی یورتان و سیلیس کلوئیدی پرداخته است. همچنین تأثیر نوع و مقدار نانو سیلیس بر خواص عملکردی کامپوزیت در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

✓ روش ساخت کامپوزیت

به دلیل ویسکوزیته بالا دیسپرژن ساخت شده، پلی کربنات دیول که به عنوان جزء بکارکننده استفاده می‌شد. تمام مراحل واکنش (از جمله پیش پلیمریزاسیون) در محلول‌های استون انجام شد. برای کاهش واکنش‌های جانبی پلیمریزاسیون با آب، در این مطالعه از یک استون بسیار خشک با محتوای آب کمتر از ۰/۰۰۷۵ درصد وزنی استفاده شده است.

علاوه بر این، از کاتالیزور ارگانو قلع (دی بوتیل قلع دیسورات) برای تسریع واکنش تشکیل اورتان با دی ایزوسیانات‌های آلیفاتیک و سرکوب واکنش‌های جانبی با آب استفاده شد. مزیت اصلی استون این است که محتوای نسبتاً کم ۲،۲- بیس (هیدروکسی متیل) پروپیونیک برای تولید ضروری است.

مقاله دوم

✓ روش ساخت کامپوزیت

پیش پلیمریزاسیون ترکیبات همراه با استون در یک فلاسک ۱۰۰ سانتی متر مکعبی ته گرد مجهز به همزن مغناطیسی، کندانسور و کنترل کننده دما انجام می‌شود که در دمای اتاق مخلوط شده تا یک محلول همگن به دست آید. در مخلوطی یکنواخت از مونومرها مقدار استون در همه موارد ۴۵ درصد وزنی کل مخلوط واکنش بود. پس از آن، ۱،۶- دی ایزوسیاناتو هگزان و کاتالیزور اضافه شدند و با سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه مخلوط شدند. سپس واکنش در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۶ ساعت ادامه یافت تا زمانی که محتوای کاتالیست ثابت شود (مقدار به دست آمده با آنالیز FTIR)

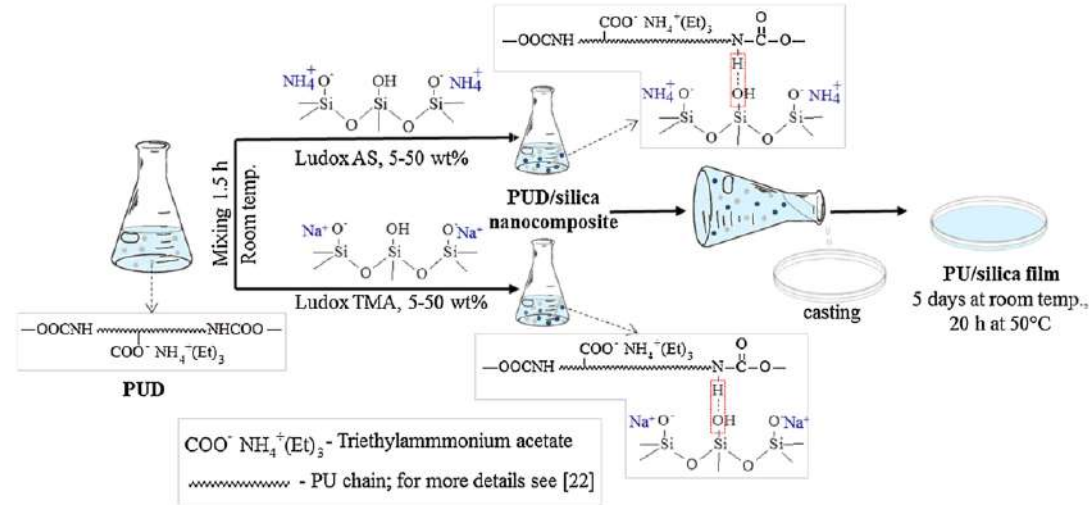
همه فیلم‌ها با ریخته‌گری دیسپرژن پلی یورتان بر روی صفحات سفالون و سپس تبخیر آهسته آب در دمای اتاق به مدت ۵ روز آماده شدند. برای حذف آب باقیمانده، فیلم‌ها در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ ساعت و متعاقباً به مدت ۱ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد تحت خلأ خشک شدند.

ضخامت فیلم در همه موارد به گونه ای کنترل شد که ضخامت فیلم خشک شده نهایی ۵۰۰ میکرومتر با تلورانس ۲۵ بوده است. فیلم‌های به دست آمده سفاف بودند، با افزایش ۱،۴- بوتان دیول و کاهش نسبت اسید ۲،۲- بیس (هیدروکسی متیل) پروپیونیک کمی مات می‌شدند.

مقاله سوم

✓ روش ساخت کامپوزیت

نانوکامپوزیت‌های پلی یورتان با دو نوع کلئید سیلیس ذکر شده مخلوط شده است. روند انجام این مرحله به صورت تصویری در زیر نمایش داده شده است.



مرحله آخر ریخته‌گری مخلوط‌ها روی صفحات تفلون بود و ابتدا در دمای اتاق به مدت ۵ روز و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ ساعت خشک می‌شود.

نتایج مقاله دوم

✓ تست تورم

تست‌های تورم در دمای اتاق با غوطه ور کردن نمونه‌های فیلم‌های ریخته‌گری شده نهایی (خشک) در آب دیونیزه به مدت ۱۶ هفته انجام شد. درجه تورم بر حسب درصد افزایش جرم فیلم‌ها بر اساس رابطه‌ی زیر به صورت درصد وزنی به دست آمد.

$$\text{درصد تورم} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن فیلم تر}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

✓ تست کشش

ویژگی‌های کششی فیلم‌های ریخته‌گری با استفاده از **Instron** مدل ۱۱۳۰ ساخت انگلستان مطابق روش آزمایش **ISO 527** در دمای اتاق با سرعت هد متقاطع ۱۰ میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها بر اساس روش استاندارد ارائه شده **ISO 527-2/5B** آماده شدند. ابعاد مورد استفاده هر نمونه عبارت بود از: طول ۳۵ میلی‌متر، طول و عرض قسمت باریک: ۱۲ و ۲ میلی‌متر و ضخامت ۰.۵ میلی‌متر. مشخصات مکانیکی مانند مدول یانگ **E**، تنش شکست **r_b** و کشیدگی در شکست **e_b** از منحنی‌های کششی به دست آمد. چقرمگی (**Toughness**) به عنوان انرژی برای شکستن نمونه در واحد حجم بیان شد. مقادیر گزارش شده میانگین حداقل پنج اندازه‌گیری بود. منحنی‌های کششی ارائه‌شده از نزدیک‌ترین اندازه‌گیری‌ها به هر مقدار میانگین محاسبه‌شده گرفته شد.

نتایج مقاله دوم

✓ تست تورم

نتایج تست تورم در این مقاله در جدول زیر ذکر شده است.

Code PUF A-B	Swelling maximum (wt %)
PUF 2-1	8.5
PUF 1-1	53.7
PUF 0.8-1	58.5
PUF 0.5-1	115.1
PUF 0.5-0.4	11.7
PUF 0.5-0.2	7.01

نتایج مقاله دوم

✓ تست کشش

نتایج تست کشش در این مقاله در جدول زیر ذکر شده است.

Sample	Young's modulus E (MPa)	Tensile strength σ_b (MPa)	Elongation-at-break ϵ_b (%)	Energy-to-break (mJ mm^{-3})
PUF 2-1	26.7 ± 0.7	3.7 ± 0.2	288 ± 11	11.2 ± 0.7
PUF 1-1	8.3 ± 0.2	1.4 ± 0.1	208 ± 19	3.5 ± 0.4
PUF 0.8-1	5.9 ± 0.1	1.0 ± 0.1	190 ± 10	2.4 ± 0.2
PUF 0.5-1	3.5 ± 0.1	0.7 ± 0.1	172 ± 7	1.5 ± 0.1
PUF 0.5-0.4	5.5 ± 0.2	1.3 ± 0.1	132 ± 8	1.7 ± 0.1
PUF 0.5-0.2	13.9 ± 0.8	1.8 ± 0.1	128 ± 13	2.4 ± 0.3



Junrui Zhang*, Guojun Jiang, Tianhao Huang, Weihua Yu, and Yu Gao

Synthesis and performance of polyurethane/silicon oxide nano-composite coatings

<https://doi.org/10.1515/secm-2019-0012>

Received March 5, 2018; accepted January 9, 2019

مقاله سوم

- این مقاله سنتز و عملکرد پوشش‌های نانو کامپوزیت پلی یورتان / نانوالیاف اکسید سیلیکون را مورد بررسی قرار داده است.

✓ روش ساخت کامپوزیت

پلی استر پلی‌ال از طریق واکنش تراکم پلیمری با استفاده از آدیپیک اسید، ۱،۴-سیکلوهگزان دی کربوکسیلیک اسید، ۱،۶- هگزان دیول، ۱،۴- سیکلوهگزان متانول و تری متیلول پروپان در نسبت‌های مولی مشخص سنتز شد. این واکنش در یک راکتور ۵۰۰ میلی لیتری مجهز به همزن مکانیکی، دستگاه تصفیه نیتروژن و تله دین استارک که برای جداسازی آب و زایلن استفاده می‌شود، انجام شد. مخلوط واکنش به طور مداوم هم زده شد و دمای واکنش به تدریج به ۲۱۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت تا زمانی که رزین پلی استر به عدد اسیدی زیر ۱ رسید. سپس حلال خارج شد و رزین تا دمای اتاق خنک شد. عدد اسید و هیدروکسیل پلی استر به ترتیب بر اساس روش‌های **ASTM D1639-90** و **D1957-09** اندازه گیری شد.

مقاله سوم

✓ روش ساخت کامپوزیت

نسبت مولی گروه‌های عاملی (NCO/OH) در سیستم ۱.۲:۱ بود. محتوای جامد سیستم در ۳۹ تا ۴۰ درصد وزنی نگه داشته شد. پوشش کامپوزیت با ریخته‌گری محلول روی صفحات آهنی که با استون چربی‌زدایی شده بودند، تهیه شد. فیلم ریخته‌گری در ضخامت ۰.۲ تا ۰.۳ میلی متر با میله کشی نگهداری شد و در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت پخت شد. فیلم‌های پخت قبل از آزمایش و تعیین خصوصیات به مدت ۷ روز در شرایط جوی محیط نگهداری شدند.

مقاله سوم

• در این مقاله تست‌های مختلفی از جمله کروماتوگرافی نفوذ ژل، پراش پرتوی ایکس با زاویه باز، بررسی ساختار تجمع نانوالیاف اکسید سیلیکون، بررسی ترکیب شیمیایی نانوالیاف اکسید سیلیکون، مقاومت در برابر ضربه معکوس، تحلیل مکانیکی دینامیک و بررسی انتقال نور انجام شد.

✓ تست‌های انجام شده

ترکیب شیمیایی نانوالیاف اکسید سیلیکون با استفاده از دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی شناسایی شد. همچنین تجزیه و تحلیل مکانیکی دینامیک بر روی یک سیستم تحلیل حرارتی مکانیکی دینامیکی با استفاده از نمونه‌های استاندارد دمبل شکل انجام شد.

نتایج مقاله سوم

✓ تست مکانیکی دینامیک

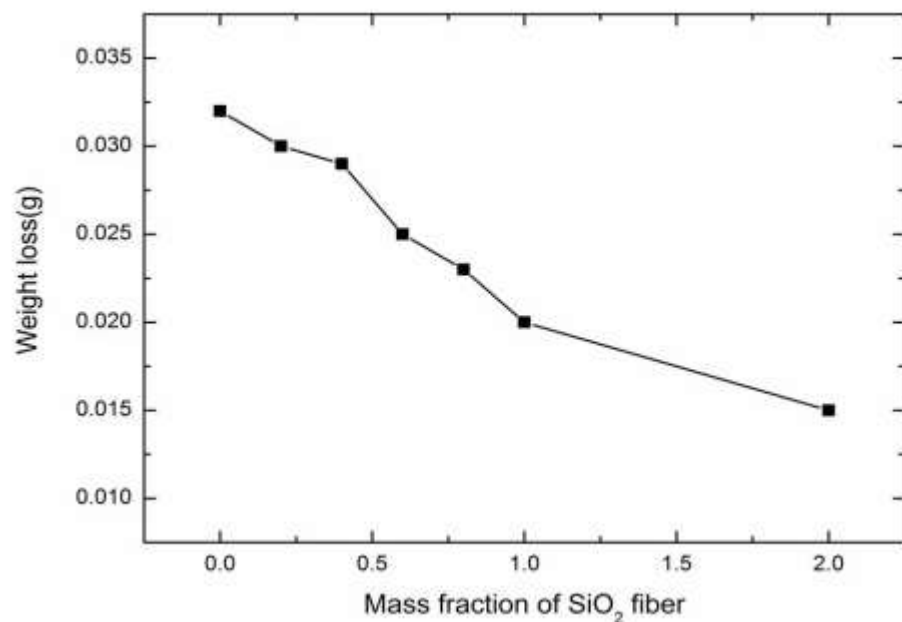
جدول زیر خواص مکانیکی پوشش‌های نانوکامپوزیت (محتوای مختلف اکسید سیلیکون) را نشان می‌دهد. مقدار کمی از نانوالیاف اکسید سیلیکون تأثیر زیادی بر خواص مکانیکی پوشش پلی یورتان داشت. اکسید سیلیکون یک اثر افزایش واضح بر روی سختی و استحکام برشی پوشش کامپوزیت داشت، اگرچه ماتریس پلی اورتان قبلاً دارای سختی و استحکام برشی بالایی است. چون سطح نانوالیاف اکسید سیلیکون غنی از گروه‌های هیدروکسیل بود که اثر تقویت‌کنندگی زیادی روی پلیمر داشت. با این حال، استحکام ضربه با افزودن اکسید سیلیکون کاهش می‌یابد، احتمالاً به این دلیل که اثر تقویت‌کننده اکسید سیلیکون به پوشش سختی بالاتر و چقرمگی کمتری می‌دهد.

Sample	Impact resistance (kg.cm)	Flexibility (mm)	Shore A hardness	Shear strength (MPa)
PU	90	1	65.2	49.1
0.2%	90	1	65.6	50.3
0.4%	85	1	65.9	51.2
0.6%	80	1	66.8	53.5
0.8%	70	1	67.6	55.5
1%	65	1	68.2	56.3
2%	60	1	72.5	60.2

نتایج مقاله سوم

✓ تست مقاومت سایشی

کاهش وزن پوشش کامپوزیت با افزایش محتوای اکسید سیلیکون کاهش یافت (شکل زیر)، و مقاومت سایشی پلی اورتان با افزودن اکسید سیلیکون افزایش یافت. افزایش سختی به سطح پوشش مقاومت سایشی بهتری داد (جدول زیر). بنابراین، مقاومت سایشی پوشش را می‌توان با افزودن نانوالیاف اکسید سیلیکون بهبود بخشید.



Sample	Impact resistance (kg.cm)	Flexibility (mm)	Shore A hardness	Shear strength (MPa)
PU	90	1	65.2	49.1
0.2%	90	1	65.6	50.3
0.4%	85	1	65.9	51.2
0.6%	80	1	66.8	53.5
0.8%	70	1	67.6	55.5
1%	65	1	68.2	56.3
2%	60	1	72.5	60.2

نتایج مقاله سوم

✓ مقاومت شیمیایی

جدول زیر مقاومت شیمیایی پوشش‌های نانوکامپوزیت را نشان می‌دهد. پوشش‌های پلی اورتان نانوکامپوزیت دارای خواص مقاومت شیمیایی عالی بودند. دلیل آن این بود که نانوالیاف اکسید سیلیکون در اسیدها و قلیاها پایدار بودند و علاوه بر اسید هیدروفلوئوریک و قلیایی قوی، مقاومت خوبی در برابر اسیدها و قلیاها داشتند. بنابراین، مقاومت شیمیایی نانو کامپوزیت با افزایش درصد سیلیکون افزایش می‌یابد.

Component	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1%	2%
H ₂ SO ₄ 10%	5	5	5	5	5	5	5
NaOH, 10%	5	5	5	5	5	5	5
Toluene	5	5	5	5	5	5	5
Xylene	5	5	5	5	5	5	5
Acetone	5	5	5	5	5	5	5
Methyl ethyl ketone	5	5	5	5	5	5	5

نتایج مقاله سوم

✓ جذب آب

در این آزمایش، لایه‌های پلیمری به مدت ۷۲ ساعت در آب مقطر غوطه ور شدند، سپس خارج شدند و سپس آب سطحی آنها با کاغذ صافی پاک شد. درصد افزایش وزن با استفاده از عبارت زیر محاسبه شد.

جذب آب پوشش کامپوزیت با کیفیت‌های مختلف اکسید سیلیکون اضافه شده اندکی افزایش یافت. این ممکن است به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل غنی در سطح نانوالیاف اکسید سیلیکون ایجاد شود که یک اتصال عرضی متراکم با ماتریس پلی اورتان ایجاد نمی‌کند.

Time	0%	0.4%	0.6%	0.8%	1%	2%
7 days	0.30	0.33	0.36	0.34	0.32	0.35
14 days	0.32	0.33	0.38	0.35	0.31	0.35
21days	0.33	0.34	0.39	0.35	0.32	0.36

نتایج مقاله چهارم

در این مطالعه، ما مجموعه‌ای از پوشش‌های نانو کامپوزیت پلی‌اورتان / اکسید سیلیکون را با عملکرد ویژه به دنبال یک روش اختلاط که نانوالیاف اکسید سیلیکون را به پلی‌اورتان اتصال داده، سنتز شده است. نتایج اندازه‌گیری نشان داد که نانوالیاف اکسید سیلیکون می‌تواند به عنوان پرکننده تقویت کننده برای افزایش سختی، استحکام برشی، مقاومت در برابر سایش، پایداری حرارتی و مقاومت شیمیایی پوشش‌های پلی‌اورتان مورد استفاده قرار گیرد. و نتایج تست عملکرد نوری نشان می‌دهد که با افزایش محتوای نانوالیاف اکسید سیلیکون، ضریب عبور پوشش پلی‌اورتان کاهش می‌یابد. با این حال، اثر محافظ ماوراء بنفش پوشش پلی‌اورتان تا حدی با افزودن نانوالیاف اکسید سیلیکون بهبود یافت.

نانوالیاف اکسید سیلیکون غنی از گروه‌های هیدروکسیل در سطح خود پرکننده‌های تقویت کننده ایده‌آلی بودند که می‌توانستند سختی، استحکام برشی، مقاومت در برابر سایش، پایداری حرارتی و مقاومت شیمیایی پوشش را بهبود بخشند. با این حال، چقرمگی پوشش با افزودن نانوالیاف اکسید سیلیکون کاهش یافت. عبور نور پوشش با افزایش افزودن نانوالیاف اکسید سیلیکون کاهش یافت، که احتمالاً ناشی از تفاوت زیاد در ضریب شکست ماتریس پلی‌اورتان و باقی‌مانده‌های یون فلزی در اکسید سیلیکون است. افزودن نانوالیاف اکسید سیلیکون باعث بهبود اثر محافظ نور فرابنفش شد. عملیات شیمیایی ساده کریزوتیل آن را به عنوان یک ماده تقویت کننده برای پلیمرها تبدیل می‌کند که دامنه کاربردهای کریزوتیل را گسترش می‌دهد و ویژگی‌های خاص جدیدی را برای چنین موادی ارائه می‌دهد.



RSC Advances

PAPER

[View Article Online](#)
[View Journal](#) | [View Issue](#)



Cite this: *RSC Adv.*, 2014, 4, 30938.

Waterborne UV-curable polycarbonate polyurethane nanocomposites based on polydimethylsiloxane and colloidal silica with enhanced mechanical and surface properties

مقاله چهارم

- این مقاله به سنتز نانوکامپوزیت‌های پلی کربنات پلی اورتان قابل فرآوری با اشعه ماوراء بنفش بر پایه پلی دی متیل سیلوکسان و سیلیس کلوئیدی با خواص مکانیکی و سطحی بهبود یافته پرداخته است.

✓ روش ساخت کامپوزیت

ترکیب درصد مخلوط پلیمری و دیسپرژن نانوذرات در مقاله ذکر شده است. در ابتدا، ایزوفورون دی ایزوسیانات در یک مخزن ۲۵۰ میلی لیتری دارای همزن مکانیکی، دماسنج، کندانسور ریخته شد. این مخزن دارای ورودی/خروجی نیتروژن بود. سپس، پلی کربنات دیول به صورت قطره قطره همراه با دی بوتیل قلع دیلاورات اضافه شد و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱-۲ ساعت واکنش نشان داد. محتوای ایزوسیانات (NCO) در طول واکنش با استفاده از روش استاندارد تیتراسیون برگشتی دی بوتیل آمین بررسی شد. پس از رسیدن به مقدار نظری پلی دی متیل سیلوکسان، هیدروکسیل به صورت قطره ای اضافه شد و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت واکنش نشان داد.

مقاله چهارم

✓ تست‌های انجام شده بر روی کامپوزیت

ساختار شیمیایی پیش پلیمرهای توسط طیف‌سنجی FTIR و H-NMR با استفاده از یک اسپکتروفتومتر انجام شده است. میانگین اندازه ذرات و نانوکامپوزیت‌های آن با پراکندگی نور دینامیکی (DLS) اندازه‌گیری شده است. تست‌های رئولوژیکی و مورفولوژی نیز بر روی نمونه انجام شده است.

تجزیه و تحلیل حرارتی مکانیکی دینامیکی با استفاده از ابزار DMA 2980 در حالت کششی انجام شد. خواص ویسکوالاستیک تحت یک اتمسفر نیتروژن با نرخ گرمایش ۲ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه از ۸۰ تا ۱۲۰ و فرکانس ۱ هرتز اندازه‌گیری شد. خواص مکانیکی، مانند استحکام کششی و ازدیاد طول در هنگام شکست، توسط تجهیزات LRX Plus مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها به شکل دمبلی بریده شدند و اندازه‌گیری تنش کرنش از به دست آمد. سرعت هد روی ۵۰ میلی‌متر در دقیقه تنظیم شده بود. تجزیه و تحلیل ترموگرویمتری با استفاده از ابزار Mettler Toledo انجام شد، که در آن نمونه پودری از ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه در یک اتمسفر نیتروژن گرم شد.

نتایج مقاله چهارم

✓ نتیجه‌گیری

پراکندگی‌های قابل پخت با اشعه ماوراء بنفش با ادغام یک پلی دی متیل سیلوکسان پایان یافته با هیدروکسی در سنتز شدند. اثر محتوای پلی دی متیل سیلوکسان بر خواص آنها مورد مطالعه قرار گرفت و در ۸ درصد وزنی برای نانوکامپوزیت‌ها بهینه شد. مشخص شد که پراکندگی همگن و ساختار شبکه ای خوشه‌های سیلیس در ماتریس در ترکیب با ساختار سطح جداسازی میکروفاز زنجیره‌های منجر به افزایش قابل توجه مدول، استحکام کششی، ازدیاد طول در هنگام شکست (چقرمگی)، آب‌گریزی سطح، و مقاومت در برابر آب نانوکامپوزیت افزایش می‌یابد.

همچنین در این مقاله یک رویکرد موثر برای تهیه نانوکامپوزیت‌هایی با خواص مکانیکی و سطحی مناسب به طور همزمان با ترکیب پلی دی متیل سیلوکسان و سیلیس کلوئیدی تعیین شد. خواص مکانیکی و آب‌گریزی سطحی بالا به طور قابل توجهی کاربردهای صنعتی این نانوکامپوزیت را گسترش می‌دهد، به ویژه برای پوشش‌های قابل پخت با UV که دارای مقاومت بالا در برابر آب، سایش و یا خراش می‌باشند.

مراجع

- [1] Serkis, Magdalena, et al. "Preparation and characterization of thermoplastic water-borne polycarbonate-based polyurethane dispersions and cast films." *Journal of Applied Polymer Science* 132.42 (2015).
- [2] Serkis, Magdalena, et al. "Nanocomposites made from thermoplastic waterborne polyurethane and colloidal silica. The influence of nanosilica type and amount on the functional properties." *Progress in Organic Coatings* 101 (2016): 342-349.
- [3] Zhang, Junrui, et al. "Synthesis and performance of polyurethane/silicon oxide nano-composite coatings." *Science and Engineering of Composite Materials* 26.1 (2019): 301-307.
- [4] Zhang, Shengwen, et al. "Waterborne UV-curable polycarbonate polyurethane nanocomposites based on polydimethylsiloxane and colloidal silica with enhanced mechanical and surface properties." *RSC advances* 4.58 (2014): 30938-30947.
- [5] Kuan, Hsu-Chiang, et al. "Synthesis, thermal, mechanical and rheological properties of multiwall carbon nanotube/waterborne polyurethane nanocomposite." *Composites Science and Technology* 65.11-12 (2005): 1703-1710.

از توجه شما متشکریم