

ساخت پوشش نوین ضخیم پایه پلیمری با استفاده از چسب سیانواکریلات و تعیین خواص مکانیکی و حرارتی آن

نسرین صمدزاده^۱ و مهرداد کاشفی^۲

۱- کارشناس ارشد مهندسی مواد، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار، گروه مواد و متالورژی دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

m-kashefi@um.ac.ir

چکیده

اگر چه استفاده از پوشش‌ها در صنعت سابقه‌ای طولانی دارد ولی با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی و نیاز به تولید پوشش‌ها با خواص و کاربرد جدید همواره نیاز به استفاده از پوشش‌های جدید احساس می‌شود. یکی از انواع این پوشش‌ها که به تازگی کاربرد زیادی یافته‌اند، پوشش‌های پایه پلیمری می‌باشند. در تحقیق حاضر، پودر سرامیکی آلومینا با چسب پلیمری سیانواکریلات مخلوط شده و سپس با ایجاد شرایط مناسب، مخلوط خمیری حاصل روی زیر لایه پوشش داده می‌شود. به منظور کنترل فرآیند مخلوط‌سازی و تولید یک مخلوط مناسب برای پوشش‌دهی، از پارامترهای سولفونیک اسید به عنوان پایدار کننده و از کافئین به عنوان آغازگر پلیمر شدن چسب سیانواکریلات استفاده شده است. در این پژوهش از دو نوع چسب اتیل سیانواکریلات و آلکوکسی اتیل سیانواکریلات به همراه پودر سرامیکی آلومینا و زیر لایه آلومینیوم استفاده و خواص مکانیکی، ساختاری و رفتار حرارتی پوشش مورد بررسی قرار گرفته است. مشخص شد با افزایش میزان آغازگر پلیمراسیون در مخلوط، تخلخل‌ها در پوشش حاصله افزایش و سختی و استحکام چسبندگی فصل مشترک کاهش پیدا می‌کنند. به علاوه افزایش درصد حجمی پودر در مخلوط موجب افزایش سختی و کاهش استحکام چسبندگی فصل مشترک می‌شود. همچنین دمای کاری پوشش زیر ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

پوشش، چسب سیانواکریلات، استحکام چسبندگی، سختی، رفتار حرارتی.

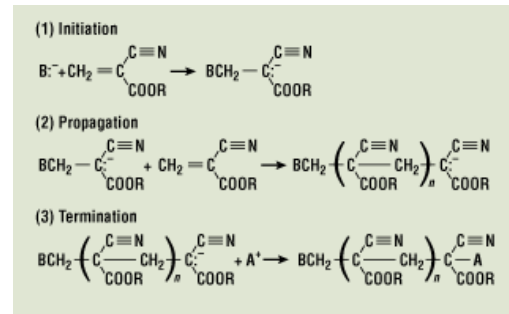
۱- مقدمه

مولکول‌های خطی و قطبی هستند که بر پایه مونومرهای اکریلیک^۱ می‌باشند. از خصوصیات بارز آنها خودگیری سریع و استحکام بالا است. مونومرهای سیانواکریلات به دو صورت رادیکالی و آنیونی پلیمر می‌شوند که صورت آنیونی بیشتر مورد

سیانواکریلات‌ها به لحاظ نوع پلیمر شدن، جزء پلیمرهایی هستند که توسط واکنش شیمیایی سخت شده و همچنین یک پلیمر ترموپلاستیک محسوب می‌شوند. چسب‌های سیانواکریلات

آلومینا یا هیدروکسی آپاتیت به همراه اتیل یا بوتیل سیانواکریلات استفاده کرد [۱۶ و ۱۷]. سیانواکریلاتها تنها چسب‌هایی هستند که زیر آب قابلیت پلیمره شدن دارند لذا پس از افزودن پودرهای فلزی و سرامیکی به چسب از مخلوط به دست آمده می‌توان برای تعمیر بدنه کشتی و نقاطی که زیر آب نیاز به آب‌بندی دارند، استفاده کرد [۶]. از طرفی به دلیل ویسکوزیته پایین، کاندید مناسبی برای فرآیندهای تزریق پودر به قالب PIM^۶ محسوب می‌شود. یکی از ویژگی‌های مثبت این پلیمر در این نوع فرآیندها، قابلیت تجزیه شدن آن طی چند دقیقه است. این عمل با استفاده از شکسته شدن زنجیره پلیمری اتفاق می‌افتد. با استفاده از این پلیمر و فرآیند PIM قطعات سرامیکی مانند دریچه قلب سرامیکی تولید شده‌است [۷، ۸ و ۱۸].

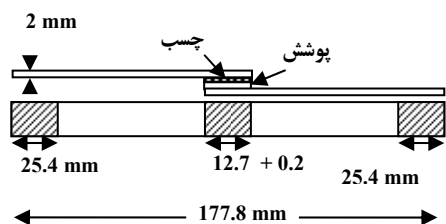
در این کاربرد جدید از چسب سیانواکریلات، پودر فلز و یا سرامیک طی یک فرآیند با چسب سیانواکریلات مخلوط شده و سپس در شرایط مناسب مخلوط خمیری حاصل بر روی زیر لایه مورد نظر پوشش داده می‌شود. اختلاط پودرها با چسب سیانواکریلات موجب آغاز شدن سریع فرآیند پلیمر شدن در حین اختلاط گردیده و مانع از تولید مخلوط با خواص مناسب جهت تولید پوشش می‌شود. بدین منظور برای پایدار کردن مخلوط پوشش از ممانعت‌کننده پلیمر شدن استفاده می‌گردد. مخلوط پایدار شده را می‌توان برای مدت‌های طولانی، بدون از دست رفتن خواص آن، نگهداری کرد. برای این که بعد از پوشش‌دهی مخلوط، فرآیند پلیمر شدن آغاز شده و پوشش استحکام لازم را به دست آورد، از آغازگر پلیمر شدن استفاده شده‌است. در تحقیق حاضر، خواص مکانیکی و حرارتی پوشش نوین حاصله بررسی شده و همچنین اثر متغیرهای اصلی مورد توجه قرار گرفته‌است.



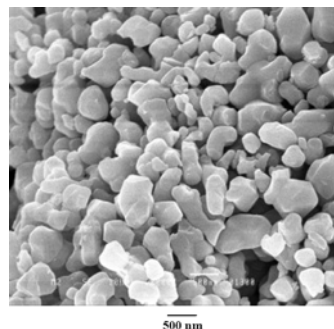
شکل (۱): مراحل پلیمر شدن سیانواکریلات [۳].

توجه بوده زیرا در اثر این نحوه پلیمر شدن مونومرهای سیانواکریلات توانایی واکنش‌پذیری بالایی از خود نشان می‌دهند. شکل (۱) واکنش خودگیری آنیونی چسب سیانواکریلات را نشان می‌دهد. واکنش پلیمر شدن در $\text{pH} < 5/5$ متوقف می‌شود لذا سیانواکریلاتها قادرند در حضور بازهای ضعیف پلیمر شدن خود را آغاز کنند [۳-۱]. بنابراین معمولاً با اضافه کردن مقادیر کمی اسید ضعیف به چسب از پلیمر شدن چسب هنگام نگهداری و قبل از استفاده جلوگیری می‌شود [۴]. برای این که بازدارندگی به‌طور مؤثر انجام شود بازدارنده باید در مونومر قابل حل باشد. به‌صورت کلی اسیدهای لوویس بازدارنده‌های مناسبی هستند [۳]. این بازدارنده‌ها شامل اسیدهای گازی مانند سولفور دی‌اکسید و اسیدهای کربوکسیلیک [۵ و ۶]، اسید تری‌کلرواستیک، اسید پیکریک و اسید پاراتولوئن سولفونیک [۷ و ۸] هستند. از طرف دیگر هر نوع دهنده الکترون می‌تواند محرک پلیمر شدن باشد [۹]. آقای بیرکشو^۲ و همکارانش از کافئین^۳، پرادین^۴ و بوتیل امین^۵، به‌عنوان شروع‌کننده پلیمر شدن استفاده کردند [۶].

علاوه بر کاربردهای متعارف این چسب در اتصال قطعات در صنایع بسته‌بندی، بهداشتی و الکترونیک، با توجه به زیست سازگاری مناسب این چسب با بافت بدن انسان تحقیقات زیادی بر روی کاربرد سیانواکریلات در علوم پزشکی انجام شده‌است [۴ و ۱۵-۱۰]. از جمله کاربردهای پزشکی این چسب‌ها، تولید انواع نانو داروها، ترمیم مواد استخوانی در ارتوپدی، پروتزها و پرکننده‌های دندان‌دانی است. برای تولید این پرکننده‌ها می‌توان از



شکل (۳): نمونه استاندارد تست چسبندگی ASTM D1002.



شکل (۲): تصویر SEM پودر آلومینا.

در تمام آزمایشات مخلوط پوشش شامل ۴/۳٪ حجمی اسید پاراتولوئن سولفونیک به عنوان پایدارکننده بوده و همه در دمای محیط انجام گرفته‌اند. نمونه استاندارد شامل دو تسمه آلومینیومی به ابعاد $2 \times 25/4 \times 101/6$ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۳). آزمون کشش توسط دستگاه ZWICK انجام گردید. ابتدا زیر لایه با استفاده از مواد شوینده، استن و آب مقطر شسته شد. سپس تسمه‌ها با استفاده از کاغذ سنباده با مش ۸۰ به مقدار $4/63 \mu\text{m}$ زبر گردید. بعد از آن مخلوط پوشش شامل چسب سیانواکریل، اسید و کافئین روی قسمتی از زیر لایه آلومینیوم (تسمه اول) با ضخامت $0/6 - 0/9$ میلی‌متر پوشش داده شد. بعد از خودگیری پوشش، با استفاده از چسب دوقلو قسمت دوم (تسمه دوم) بر روی پوشش چسبانده شد.

برای انجام سختی‌سنجی از میکروسختی استفاده شد. سختی‌سنجی توسط میکروسختی BUHLER و با نیروی ۵۰ گرم اندازه‌گیری شد. برای سختی‌سنجی، نمونه‌ها توسط مانت سرد مانت گردید و سپس یک لایه نازک طلا روی آن پوشش داده شد. برای تخلخل‌سنجی، از سطح مقطع نمونه‌ها تصویر ماکرو گرفته شد و توسط نرم‌افزار پردازش تصویر (MIP)، پردازش گردید. بررسی رفتار حرارتی پوشش توسط دستگاه TGA-50/50H انجام گرفت.

۳- نتایج و مباحث

در ابتدا به منظور اطمینان از یکنواختی در پوشش و عدم حضور ترک در فصل مشترک با مقاطع غیریکنواخت مخلوط آماده شده روی سطح رزوه یک پیچ پوشش داده شد سپس از سطح

۲- مواد و روش تحقیق

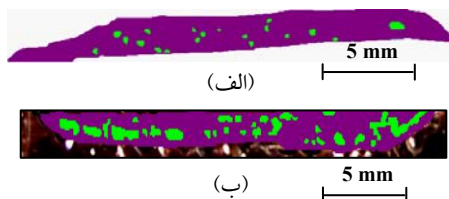
۲-۱- مواد

در این پژوهش از دو نوع چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات با شماره ۴۶۰ از شرکت T Loctite با ویسکوزیته ۴۵ MPa.S و دانسیته $1/1 \text{ g/cm}^3$ و همچنین چسب اتیل سیانواکریلات محصول شرکت Weicon با ویسکوزیته ۴۰ MPa.S و دانسیته $1/05 \text{ g/cm}^3$ استفاده شد. پودر آلومینای انتخاب شده از شرکت Baikalox با خلوص بیش از ۹۹/۹۹٪ و اندازه دانه متوسط $3 \mu\text{m}$ می‌باشد. تصویر SEM این پودر در شکل (۲) نمایش داده شده‌است.

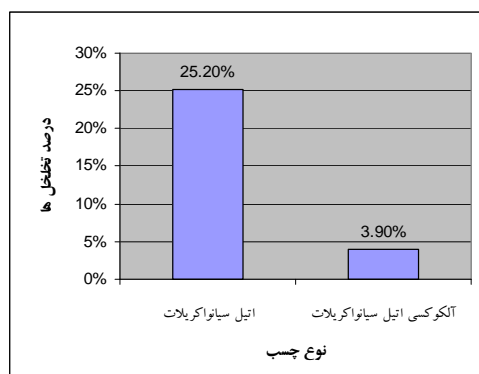
اسید پاراتولوئن سولفونیک، محصول شرکت Merck، با خلوص بالاتر از ۹۸٪ و دانسیته $1/24 \text{ g/cm}^3$ به عنوان پایدارکننده سیانواکریلات استفاده شده و کافئین به عنوان شروع‌کننده پلیمر شدن انتخاب شده‌است. کافئین مورد استفاده از شرکت Merck و با دانسیته $1/23 \text{ g/cm}^3$ تهیه گردید.

۲-۲- روش تحقیق

در این تحقیق، اثر متغیرهای فرآیند تولید پوشش روی استحکام چسبندگی فصل مشترک، سختی و تخلخل‌های پوشش مورد بررسی قرار گرفت. این متغیرها شامل مقدار پودر در مخلوط، میزان کافئین و نوع استر چسب می‌باشد. مقادیر پودر شامل ۴۵٪، ۴۰٪ و ۳۵٪ درصد حجمی، مقادیر کافئین شامل ۴/۳٪، ۱۱/۹٪ و ۸/۲٪ درصد حجمی و دو نوع استر چسب شامل آلکوکسی اتیل سیانواکریلات و اتیل سیانواکریلات می‌باشند.



شکل (۶): مقدار و توزیع تخلخل‌های سطح مقطع پوشش در الف) نمونه ساخته شده با استر آلکوکسی اتیل و ب) نمونه ساخته شده با استر اتیل.



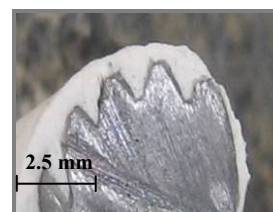
شکل (۷): نمایش اثر نوع استر چسب سیانواکریلات در میزان تخلخل در پوشش.

۳-۱- اثر نوع چسب

در ابتدا نمونه‌هایی با ۴/۳ vol٪ کافئین و ۴۵ vol٪ پودر آلومینا از دو نوع استر مختلف چسب سیانواکریلات تهیه گردید. نتایج پردازش تصویر از تخلخل‌های ماکرو در نمونه‌ها نشان می‌دهد که با تغییر استر چسب از اتیل به آلکوکسی اتیل میزان تخلخل‌ها به شدت کاهش پیدا می‌کند. شکل (۶) تصویر پردازش شده سطح مقطع این نمونه‌ها را نشان می‌دهد. مقادیر به دست آمده از پردازش این تصاویر در شکل (۷) میزان کاهش تخلخل‌ها را نشان می‌دهند. علت این امر تبخیر کمتر چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات نسبت به اتیل سیانواکریلات است [۹]، لذا در ادامه پروژه از چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات برای تهیه نمونه‌ها استفاده شد.

۳-۲- اثر مقدار پودر

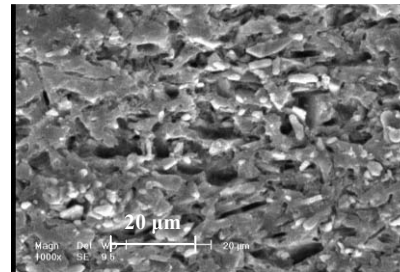
سه نمونه با درصدهای حجمی مختلف از پودر آلومینا و چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات تهیه شد و نتایج اندازه‌گیری استحکام چسبندگی فصل مشترک نمونه‌ها و سختی نمونه‌ها



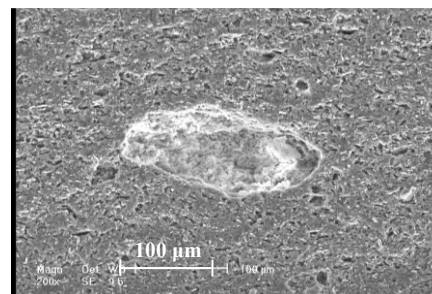
شکل (۴): تصویر پوشش روی یک سطح پیچیده با ۴۵ vol٪ آلومینا و ۴/۳ vol٪ کافئین.

مقطع برش، تصویر ماکرو گرفته شد. همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود هیچگونه ترک ماکروسکوپی در فصل مشترک دیده نمی‌شود.

تصاویر SEM از ساختار میکروسکوپی پوشش، تخلخل‌هایی را به صورت ماکرو و میکرو نشان می‌دهد. وجود این تخلخل‌ها موجب تضعیف ساختار می‌شوند. شکل (۵) تصویر SEM پوشش را نشان می‌دهد. پردازش تصویر تخلخل‌ها نشان می‌دهد که این حفرات از نوع بسته می‌باشند (شکل ۶).



(الف)

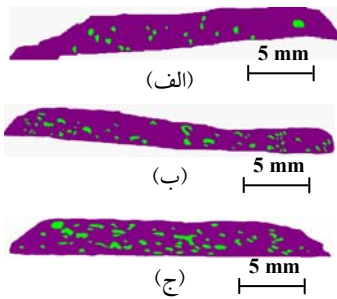


(ب)

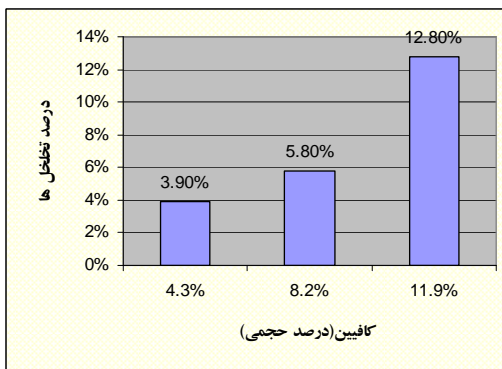
شکل (۵): تصویر SEM پوشش با ۴/۳ vol٪ کافئین و ۴۰ vol٪ پودر از سطح مقطع نمونه‌ها، الف) بزرگنمایی ۲۰۰ برابر و ب) بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر.

۳-۳- اثر میزان کافئین

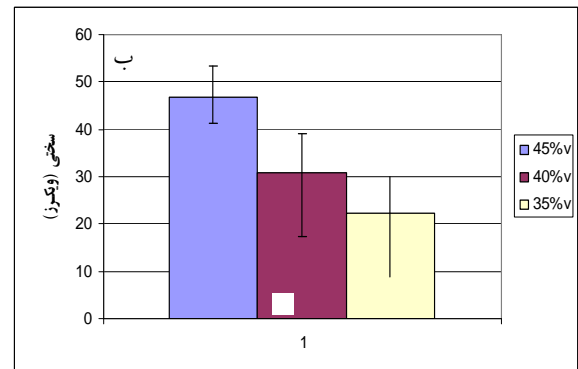
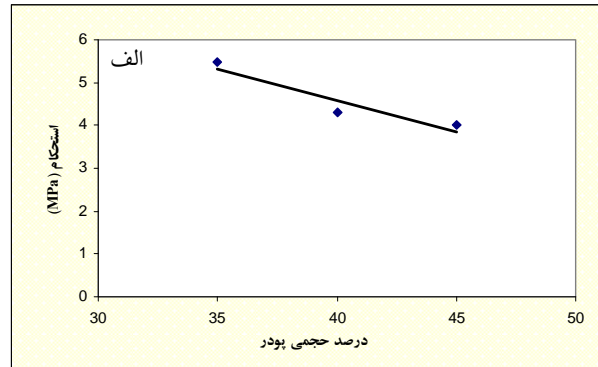
سه نمونه با مقادیر متفاوت از کافئین و ۴۵ vol٪ پودر آلومینا و چسب آلکوکسی اتیل سیانوآکریلات تهیه گردید. سختی، استحکام چسبندگی و تخلخل نمونه‌ها بررسی شد. با افزایش میزان کافئین به دلیل افزایش میزان آغازگر در مخلوط سرعت پلیمر شدن افزایش می‌یابد. با افزایش سرعت پلیمر شدن به دنبال آن افزایش ویسکوزیته مخلوط، فرصت برای خارج شدن گاز ناشی از پلیمریزاسیون موضعی در سطح ذرات پودر کافی نبوده و در نتیجه حباب‌های بیشتری در پوشش محبوس می‌شوند. شکل‌های (۹ و ۱۰) چگونگی افزایش تخلخل‌ها را با افزایش میزان کافئین نشان می‌دهند.



شکل (۹): تصویر مقدار و توزیع تخلخل‌ها در الف) نمونه ساخته شده با کافئین ۱۱/۹٪، ب) نمونه ساخته شده با کافئین ۸/۲٪ و ج) ۴/۳ vol٪ کافئین.

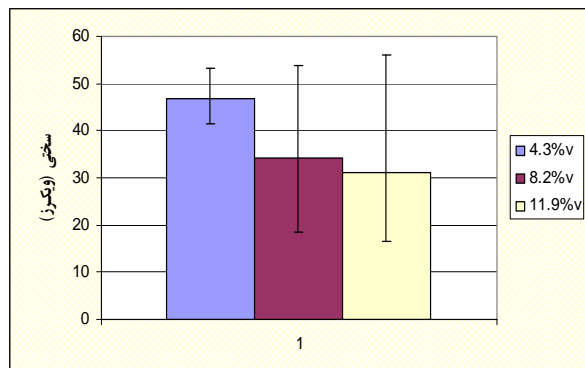


شکل (۱۰): نمایش اثر کافئین بر میزان تخلخل‌ها در پوشش.

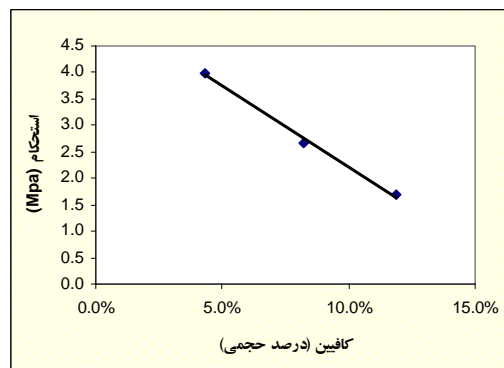


شکل (۸): الف) اثر میزان پودر بر استحکام چسبندگی نمونه‌ها دارای ۴/۳ vol٪ اسید و کافئین و ب) نمایش اثر میزان پودر بر سختی نمونه‌ها با ۴/۳ vol٪ کافئین.

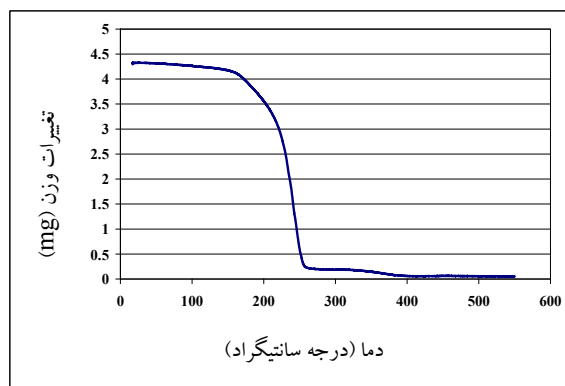
برای سه نمونه به ترتیب در شکل‌های (۸-الف) و (۸-ب) نشان داده شده‌اند. شکل (۸-الف) نشان‌دهنده کاهش استحکام چسبندگی فصل مشترک با افزایش مقدار پودر می‌باشد. با افزایش میزان پودر در مخلوط، ویسکوزیته مخلوط افزایش می‌یابد در نتیجه ترشوندگی سطح توسط پوشش به خوبی انجام نمی‌شود. در صورتی که مقدار پودر از یک حدی کمتر باشد، اگر چه ویسکوزیته مخلوط کاهش می‌یابد ولی دیگر خواص مخلوط مانند سختی آن کاهش می‌یابد. همانطور که در شکل (۸-ب) مشاهده می‌شود، با افزایش میزان پودر در مخلوط سختی افزایش می‌یابد. این امر به دلیل حضور فاز سخت آلومینا در زمینه سیانوآکریلات است.



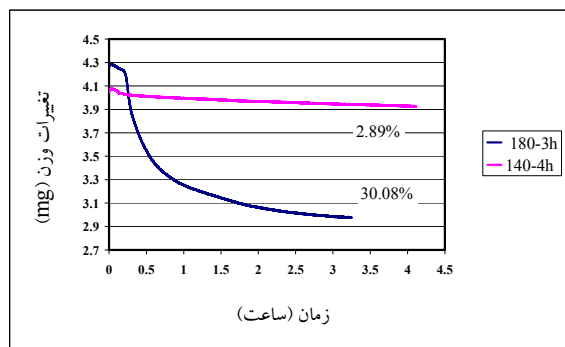
شکل (۱۲): اثر میزان کافئین بر سختی نمونه‌ها.



شکل (۱۱): اثر میزان کافئین بر استحکام چسبندگی فصل مشترک.



شکل (۱۳): بررسی TGA چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات.



شکل (۱۴): بررسی TGA مخلوط چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات با ۴۰٪ حجمی پودر آلومینا و ۳/۴٪ کافئین و اسید در دماهای ۱۴۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد.

شکل (۱۱) اثر افزودن کافئین بر استحکام چسبندگی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. با افزایش میزان کافئین و افزایش سرعت پلیمر شدن و حبس شدن حباب‌های گازی، همانطوری که گفته شد، تخلخل در پوشش افزایش یافته و لذا استحکام فصل مشترک تضعیف گردیده‌است.

سختی نمونه‌های فوق نیز اندازه‌گیری شده و در شکل (۱۲) گزارش شده‌است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش میزان کافئین به دلیل افزایش تخلخل‌ها سختی نمونه‌ها کاهش یافته و پراکندگی سختی افزایش می‌یابد.

۳-۴- بررسی رفتار حرارتی پوشش

نمودار شکل (۱۳) بررسی TGA چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات را با نرخ گرمایش $1^\circ\text{C}/\text{min}$ نشان می‌دهد. شروع تجزیه پلیمر آلکوکسی اتیل سیانواکریلات در دمای 160°C درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. چسب قبل از این دما به لحاظ حرارتی پایدار بوده و بعد از این دما شکسته شدن پیوندهای پلیمری^۷ صورت می‌گیرد. حداکثر نرخ از دست دادن وزن (تجزیه حرارتی) در دمای $260-230^\circ\text{C}$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

همچنین به منظور بررسی اثر قرارگیری در دمای ثابت بر چگونگی تجزیه حرارتی مخلوط تهیه شده، مخلوط در دو دمای 140°C و 180°C درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده شده و کاهش وزن نمونه با گذشت زمان اندازه‌گیری شده‌است. شکل (۱۴) نتایج حاصله را برای مخلوطی شامل ۴۰٪ حجمی پودر

جدول (۱): نمایش درصد وزنی اجزاء پوشش قرار گرفته در دماهای ۱۴۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد.

مقدار چسب (Wt%)	مقدار کافئین (Wt%)	مقدار اسید (Wt%)	مقدار پودر (Wt%)
۲۵/۸	۲/۵	۲/۵	۶۹/۲

۴- با افزایش میزان آغازگر در مخلوط، تخلخلها افزایش و سختی و استحکام چسبندگی فصل مشترک کاهش پیدا می کنند.

۵- افزایش درصد حجمی پودر در مخلوط موجب افزایش سختی و کاهش استحکام چسبندگی فصل مشترک می شود.

۶- اگر چه دمای تجزیه آلکوکسی اتیل ۲۶۰-۲۳۰ درجه سانتی گراد است. محدوده حرارتی کاربرد پوشش حاصله زیر دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد می باشد.

۷- نگهداری پوشش در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت حداقل ۳ ساعت موجب خارج شدن کامل چسب به همراه کافئین و پاراتولوئن سولفونیک اسید شده که امکان زینتر کردن پودر باقیمانده را فراهم می کند.

۵- مراجع

- [۱] ر.ا. باقری و ا. خوش منش، "چسبها (آشنایی و کاربرد)"، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، چاپ اول، تابستان ۱۳۷۵.
- [2] D. E. Packham, Handbook of Adhesion Second Edition, Copyright 2005.
- [3] Metals Handbook, Vol. 21, ASM, USA, 2001.
- [4] A. Ludwig, "The Use of Mucoadhesive Polymers in Ocular Drug Delivery", Advanced Drug Delivery Reviews, Vol. 57, pp. 1595-1639, 2005.
- [5] McDonnell et al, Cyanoacrylate Composite Forming System, US Patents, 0137784 A1, 2007.
- [6] F. Leonard and G. Brandes, Underwater Adhesive Process, US Patents 3607542, 1971.
- [7] J. S. Ridgway, J. B. Hull and C. R. Gentle, "Development of a Novel Binder System for Manufacturing of Ceramic Heart Valve Prostheses", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 109, pp. 161-167, 2001.
- [8] C. Birkinshaw, M. Buggy, A. O'Neill, J. Chem., Injection Molding and Extrusion, International Application Published Under the Patent Cooperation Treaty (PCT), 1996.
- [9] S. H. Ng, J. B. Hull and J. L. Henshall, "Machining of Novel Alumina/Cyanoacrylate Green Ceramic Compacts", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 175, pp. 299-305, 2006.

آلومینا نشان می دهد. مشخصات مخلوط در جدول (۱) آمده است. نرخ تجزیه پوشش در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد تقریباً ثابت است. حداکثر نرخ تجزیه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد در ۱ ساعت اول اتفاق می افتد و در ۳ ساعت تقریباً به صفر می رسد. همچنین محدوده کاربردی کاربرد پوشش تولیدی زیر دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد توصیه می گردد.

شکل (۱۴) نشان می دهد که بعد از قرارگیری نمونه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد مقدار ۳۰/۰۸٪ وزنی از پوشش تبخیر شده است. این نتایج نشان می دهد که با قرارگیری در این دما چسب به همراه اسید و کافئین تبخیر شده است و بعد از مدت زمان ۴ ساعت تنها ۰/۷۲٪ وزنی چسب، اسید و کافئین در پوشش باقی مانده اند، لذا امکان خارج کردن مواد فوق از مخلوط و زینتر کردن پودر باقیمانده (با حفظ ماندگاری پودر بر روی زیر لایه) فراهم بوده که افت جدیدی در استفاده بعدی از این نوع روش پوشش دهی باز می کند.

۴- نتیجه گیری

۱- چسب سیانواکریلات می تواند برای تولید پوشش های ضخیم به کار رود.

۲- چسب آلکوکسی اتیل سیانواکریلات نسبت به چسب اتیل سیانواکریلات، چسب مناسب تری برای تولید پوشش ضخیم می باشد.

۳- پاراتولوئن سولفونیک اسید و کافئین به ترتیب بازدارنده و آغازگر مناسبی برای فرآیند پلیمر شدن سیانواکریلات می باشند.

۶- پی نوشت

1- Acrylic Monomers

2- Birkinshaw

3- Caffeine

4- Pyridine

5- T-butylamine

6- Powder Injection Moulding

7- Depolymerisation

- [10] I. Bravo-Osuna, C. Vauthier, A. Farabollini, G. F. Palmieri and G. Ponchel, Mucoadhesion, "Mechanism of Chitosan and Thiolated Chitosan-Poly (Isobutyl Cyanoacrylate) Core-Shell Nanoparticles", *Biomaterials*, Vol. 28, pp. 2233-2243, 2007.
- [11] Y. Gao¹, W. Gu¹, L. Chen, Z. Xu, Y. Li, "A Multifunctional Nano Device as Non-Viral Vector for Gene Delivery: In Vitro Characteristics and Transfection, *Journal of Controlled Release*", Vol. 118, pp. 381-388, 2007.
- [12] B. Petri, A. Bootz, A. Khalansky, T. Hekmatara, R. Müller, R. Uhl, J. Kreuter and S. Gelperina, "Chemotherapy of Brain Tumour Using Doxorubicin Bound to Surfactant-Coated Poly(Butyl Cyanoacrylate) Nanoparticles: Revisiting the Role of Surfactants", *Journal of Controlled Release*, Vol. 117, pp. 51-58, 2007.
- [13] V. P. Gupta, A. Sharma, Dinesh, Rajnikant, "X-Ray Crystallographic, Spectroscopic and Quantum Chemical Studies on Ethyl 2-Cyano-3-N, N-Dimethyl Amino Acrylate", *Spectrochimica Acta Part A*, 2007.
- [14] K. Krauel, N. M. Davies, S. Hook and T. Rades, "Using Different Structure Types of Microemulsions for the Preparation of Poly (Alkylcyanoacrylate) Nanoparticles by Interfacial Polymerization", *Journal of Controlled Release*, Vol. 106, pp. 76-87, 2005.
- [15] A. Bootz, T. Russ, F. Gores, M. Karas and Jo^{rg} Kreuter, "Molecular Weights of Poly(Butyl Cyanoacrylate) Nanoparticles Determined by Mass Spectrometry and Size Exclusion Chromatography", *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, Vol. 60, pp. 391-399, 2005.
- [16] S. K. Tomlinson, O. R. Ghita, R. M. Hooper and K. E. Evans, "Monomer Conversion and Hardness of Novel Dental Cements Based on Ethyl Cyanoacrylate", *Dental Materials*, Vol. 23, pp. 799-806, 2007.
- [17] M. R. Yacoub, C. Lemi^{ere}, J. Malo, "Asthma Caused by Cyanoacrylate Used in a Leisure Activity", *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, Vol. 116, Issue 2, pp. 462-462, 2005.
- [18] J. S. Ridgway, J. B. Hull and C. R. Gentle, "A Prime Approach for the Moulding of Conduit Ceramic Parts", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 133, pp. 181-188, 2003.