

تهیه و ارائه فرمول ساخت پوشش شفاف برای محافظت و دوام چاپ

بسته‌بندی در انواع قوطی‌های فلزی

مینا آقایی فرکوش^۱، الهام کشمیری زاده^۲

تاریخ دریافت مقاله: دی ماه ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۸

چکیده

با پیدایش و توسعه ارائه انواع محصولات با ظروف فلزی (مانند واکس، اسپری، رنگ و قوطی چای، و...)، لازم است که اطلاعات لازم برای مصرف‌کننده بر روی بدنه این قوطی‌های فلزی درج و چاپ شوند. همچنین جهت محافظت، جلا و زیبایی و جلوگیری از مخدوش شدن چاپ بسته‌بندی بر روی بدنه انواع قوطی‌های فلزی، وجود پوشش شفاف و بی‌رنگ بر روی چاپ قوطی‌های فلزی از جمله موارد چشمگیر در بخش بسته‌بندی این ظروف فلزی می‌باشند. رزین‌های مصنوعی همان پوشش‌های شفاف هستند که به عنوان اتصال‌دهنده اجزای تشکیل‌دهنده رنگ و چاپ بر روی انواع بسته‌بندی فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه، سه نوع پوشش شفاف فرموله شده‌اند که اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل رزین آلکید کوتاه روغن (حاوی مخلوط روغن سویا و روغن کوکونات) همراه با دو نوع سخت‌کننده (سخت‌کننده‌های آمینی عبارتند از: رزین ملامین فرمالدئید و اوره فرمالدئید) می‌باشند.

پوشش شفاف نوع اول: رزین آلکید کوتاه روغن به همراه رزین ملامین فرمالدئید (به عنوان سخت‌کننده)؛

پوشش شفاف نوع دوم: رزین آلکید کوتاه روغن به همراه رزین اوره فرمالدئید (به عنوان سخت‌کننده)؛

پوشش شفاف نوع سوم: رزین آلکید کوتاه روغن به همراه مخلوط یک به یک از رزین ملامین فرمالدئید + رزین اوره فرمالدئید می‌باشند.

خاطر نشان می‌سازد واکنش پخت هر یک از این پوشش‌های شفاف در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد (توسط یک دستگاه آون مجهز به جریان همرفت کامل هوا) و به مدت ۲۰ دقیقه کامل گردیده‌اند. آزمون‌های مکانیکی (سختی، ضربه و جامی شدن)، آزمون کمی (درصد جامد) و نیز آزمون گرانیروی (ویسکوزیته) برای هر سه نوع پوشش شفاف انجام گردیدند تا بهترین انواع پوشش شفاف فرموله معرفی شوند. نتایج آزمایشات نشان دادند در نسبت وزنی رزین به سخت‌کننده، نسبت ۷۵ درصد وزنی از آلکید کوتاه روغن و ۲۵ درصد وزنی از سخت‌کننده‌ها دسترسی به بهترین پوشش شفاف را میسر می‌سازند. برای هر سه نوع پوشش شفاف با بهترین کیفیت، در این مطالعه آنالیزهای طیف‌سنجی مادون قرمز و پیمایش میکروسکوپ الکترونی انجام گردیده‌اند.

واژه‌های کلیدی

رزین آلکید کوتاه روغن^۱، رزین ملامین فرمالدئید^۲، رزین اوره فرمالدئید، پوشش شفاف

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گروه شیمی کاربردی.

(x نویسنده مسئول: aghaeemina8@gmail.com)

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گروه شیمی کاربردی و مهندسی شیمی، (keshmiri@kiau.ac.ir).

3- Alkyd of Short Oil

4- Melamine Formaldehyde

در صنعت بسته‌بندی، آنچه منجر به پیدایش و توسعه ظروف فلزی (جعبه محصولات مختلف مانند کنسروها، رنگ‌ها، نوشیدنی‌های گازدار و آب میوه و کمپوت‌ها)، انواع روغن‌ها (روغن موتور، گریس، روغن ترمز و ...)، ضدیخ، شیرینی، روغن نباتی، اسپری، رب گوجه، خیار شور، شیر خشک، چای، گز، کرم‌ها و ...) شده نیاز به بسته‌بندی‌های مقاوم‌تر است. خوردگی در سازه‌های فلزی یک نگرانی مهم اقتصادی بوده است. بر اساس تحقیقات، تخریب خوردگی ۲-۵ درصد از هزینه تولید ناخالص ملی کشورها، در هر سال را شامل می‌شود. بر این اساس، روش‌های مختلفی برای کاهش خوردگی پیشنهاد می‌شوند، در میان این روش‌ها، استفاده از یک پوشش آلی برای پوشاندن سطح سازه فلزی به دلیل اثر بخشی راندمان، هزینه و محیط نسبتاً مناسب به تأیید رسیده است [۱-۲]. بنا به ضرورت، کلیه اطلاعات لازم برای مصرف‌کننده بر روی بدنه این قوطی‌های فلزی درج و چاپ شوند. به منظور ممانعت از مخدوش شدن نوشته‌های چاپی و دوام آن‌ها، حفظ و تثبیت، ایجاد جلا و زیبایی و هم چنین محافظت آن‌ها در برابر رطوبت و سایر عوامل خارجی، وجود روکش و پوشش شفاف^۱ بی‌رنگ بر روی چاپ قوطی‌های فلزی (فولادی، آلومینیومی و حلبی) از جمله موارد بسیار مهم در بخش بسته‌بندی محسوب می‌شوند. بر این اساس، همانطور که مشاهده می‌شود زمینه‌های کاربردی بسیار زیاد و متنوعی برای چاپ و پوشش بی‌رنگ آن بر روی فلز موجود است، که این امر از جهتی می‌تواند گویای اطمینان بخش و ایمن بودن سرمایه‌گذاری در مبحث بسته‌بندی باشد. از سوی دیگر مسایل زیست محیطی حفظ می‌گردند. چرا که بازیافت ظروف فلزی به مراتب کم هزینه‌تر و ساده‌تر از بازیافت ظروف پلاستیکی است [۱].

رزین‌های مصنوعی همان پوشش‌های شفاف هستند که به عنوان اتصال‌دهنده اجزاء تشکیل‌دهنده رنگ و چاپ بر روی

1- Lac: T transparent Polish or Varnish

انواع بسته‌بندی فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اجزای اصلی تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل: رزین آلکید کوتاه روغن (حاوی مخلوط روغن سویا و روغن کوکونات^۲) همراه با یک نوع سخت‌کننده می‌باشند. از لحاظ ریشه لغوی "آلکید" از اختلاط دو واژه تشکیل می‌شود، یکی "آل" که از الکل می‌آید و دیگری "کید" که از اسید^۳ می‌آید. رزین‌های آلکید پلی‌استرهای^۴ اصلاح شده‌ای هستند که از طریق واکنش‌های تراکمی^۵ بین کربوکسیلیک اسیدهای^۶ چندبازی، الکل‌های چند عاملی و روغن‌ها یا اسیدهای چرب حاصل می‌شوند. بر اساس این تعریف، رزین آلکید متشکل از یک ترکیب پایه پلی‌استری است که به آن یک اسید چرب متصل گردیده است. رزین‌های آلکیدی بر اساس میزان روغن آن‌ها به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند [۲]:

- ❖ کوتاه روغن^۷، با حدود کمتر از ۴۰٪
- ❖ متوسط روغن^۸، با حدود ۴۰-۶۰٪
- ❖ بلند روغن^۹، با حدود بیش از ۶۰٪

امتیازات آلکیدا شامل جلا و براقیت زیاد، قیمت کم، تنوع، مقاومت سایشی، دوام و پایداری، مقاومت در برابر گرما و همچنین، داشتن سازوکار شبکه‌ای شدن خود اکسایشی^{۱۰} است. معایب رزین‌های آلکید، شامل: مقاومت ضعیف در برابر آب، اسید و قلیا است که برای رفع این عیوب باید همراه آن‌ها از مواد سخت‌کننده مانند ملامین فرمالدئید و یا اوره فرمالدئید^{۱۱} استفاده کرد. رزین‌ها بر پایه آلکید به طور عمده در روکش‌های مورد استفاده در معماری، چوب، خودرو و صنعت به کار می‌روند [۳].

2- Alkyd of Short Oil Cocconat

3- Acid

4- Polyester

5- Condensation Reactions

6- Carboxylic Acids

7- Short oil

8- Medium Oil

9- Long Oil

10- Auto Oxidation

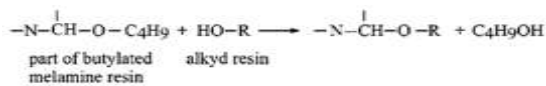
11- Urea Formaldehyde

در دهه ۱۹۸۰ براساس ملاحظات زیست محیطی، سنتز آلکیدهای بی‌خطر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر، فناوری آلکید شامل امولسیون‌های آلکیدی، آلکیدهای با درصد جامد زیاد و سامانه‌های آلکیدی با قابلیت پخت با اشعه ماوراءبنفش^۱ است [۴]. پوشش‌های شفاف براساس رزین‌های آلکیدی کوتاه روغن و رزین ملامین فرمالدئید پوشش‌هایی صنعتی با کیفیت بالا هستند و معمولاً ارزان‌تر از پوشش‌هایی هستند که از رزین‌های پلی‌استر اشباع، اپوکسی بیس فنل^۲ و ... تهیه می‌گردند. لازم به ذکر است که تمامی مواد اولیه مورد مصرف این پوشش شفاف تولید داخل بوده و نیازی به رزین‌های خارجی و وارداتی نیست و به این ترتیب از خروج ارز جلوگیری می‌شود. این پوشش‌های شفاف با پایه آلکیدی جهت محافظت تصاویر، نوشته‌هایی مبنی بر اطلاعات به مصرف‌کننده، علامت استاندارد، آدرس تولیدکننده و ... در صنعت چاپ بر روی ورقه‌های فلزی اعمال می‌گردد. این ورقه‌های چاپ شده در کارخانجات قوطی‌سازی تبدیل به قوطی چای، رنگ، اسپری و ... می‌گردند. ترکیب وزنی مناسب از رزین آلکید کوتاه روغن و رزین ملامین فرمالدئید، در پوشش‌هایی که به منظور حفاظت چاپ بر روی بسته‌بندی فلزی استفاده می‌شوند سختی، مقاومت شیمیایی و مقاومت جوی را بهبود می‌بخشد ضمن اینکه با دمای مناسب، زمان آن‌ها کاهش می‌یابد [۵].

در این مطالعه برای دستیابی به نیاز دوام بیرونی در چاپ بسته‌بندی قوطی فلزی، حفظ برآییت، عدم جذب خاک و رطوبت با سختی مناسب و مورد نیاز، پوشش‌هایی شفاف شامل مخلوط رزین آلکیدی کوتاه روغن و رزین ملامین فرمالدئید فرموله و ساخته شده است که دارای رزین ملامین فرمالدئید نسبتاً بالایی از ۳۰-۲۰ درصد وزنی می‌باشد. کیفیت محصول نهایی به کیفیت رزین آلکیدی کوتاه روغن نیز بستگی دارد. رزین‌های آلکیدی کوتاه روغن حاوی ۴۵-۳۸ درصد وزنی انیدرید فتالیک^۳ با نسبت بالای

هیدروکسیل است. گروه‌های عاملی رزین آلکید کوتاه روغن (هیدروکسیل و کربوکسیل) و گروه‌های عاملی رزین ملامین فرمالدئید (بوتوکسی^۴ و متیلول^۵) باعث ایجاد اتصالات عرضی می‌شوند. برای مثال در مواردی که نیاز به چسبندگی بالا و مقاومت به ضربه مورد نیاز است می‌توان از رزین‌های آلکیدی کوتاه روغن بر اساس روغن کرچک آبیگری شده استفاده کرد. در مراجع نشان داده شده که گروه‌های عاملی در رزین‌های آلکیدی کوتاه روغن و ملامین فرمالدئید باعث ایجاد چسبندگی و اتصالات بیشتر می‌شوند، رنگ‌ها و روکش‌ها در طیف گسترده‌ای کاربرد دارند (تزئین، محافظت، تحقیقات پزشکی قانونی و ...) [۶-۷]. در معادله (۱) طریقه اتصالات رزین آلکید کوتاه روغن و رزین ملامین فرمالدئید نمایش داده شده است:

(۱)



که در آن، انجام واکنش تراکمی بین رزین آلکید کوتاه روغن و رزین ملامین فرمالدئید با آزاد شدن آب، الکل و فرمالدئید همراه است. واکنش پخت غالب با پلیمرهای حاوی هیدروکسیل / کربوکسیل می‌باشد [۸-۱۰]. باید تأکید کرد که با افزایش اتصالات عرضی، انعطاف‌پذیری، مقاومت در برابر عوامل جوی، سختی و مقاومت در برابر حلال نیز افزایش می‌یابد. در بررسی ساخت رزین آلکیدی با پایه روغن زیتون تصفیه شده به عنوان مواد اولیه با جذب زئولیت^۶، نتیجه به دست آمده نشان داد که با روغن زیتون به روش پلی‌استرهای الکلی می‌توان رزین آلکید تولید کرد [۱۱].

اگبونا^۷ (۲۰۱۸) به تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای از آلکیدهای تولید شده با روغن دانه کرچک و روغن دانه سویا پرداخت، نتایج به دست آمده نشان داد که روغن هر

- 4- O-C₄H₉
- 5- CH₂OH
- 6- Zeolite
- 7- Egbuna

- 1- Ultra Violet
- 2- Epoxy Bisphenol
- 3- Phthalic Anhydride

۲- مواد و روش‌ها

برای تهیه پوشش شفاف، رزین کوتاه روغن سویا (با عدد اسیدی 8 mg KOH/g انیدرید فتالیک^۳ ۴۱ درصد وزنی، طول روغن ۳۶ درصد وزنی، درصد غیرفرار ۶۰ درصد وزنی) در حلال زایلن^۴ است، رزین کوتاه روغن کوکونات (با عدد اسیدی $8/5 \text{ mg KOH/g}$ انیدرید فتالیک ۴ درصد وزنی، طول روغن ۳ درصد وزنی، درصد غیرفرار ۶۰ درصد وزنی در حلال زایلن) است. خاطر نشان می‌سازد نسبت وزنی استفاده شده از روغن سویا دو برابر روغن کوکونات است. رزین الکید کوتاه روغن سویا و کوکونات از شرکت رزین‌سازی بحرین در تبریز، تهیه شده‌اند. رزین ملامین فرمالدئید با مشخصات (ویسکوزیته ۴۵۰۰-۲۵۰۰ سانتی استوک^۵، حلال نرمال بوتانل^۶ درصد جامد ۶۰ درصد وزنی)، رزین اوره فرمالدئید با مشخصات (ویسکوزیته ۴۵۰۰-۲۵۰۰ سانتی استوک، حلال نرمال بوتانل درصد جامد ۶۲ درصد وزنی) رزین ملامین و اوره فرمالدئید از شرکت پلاستی‌سایزر در شهرک قدس شهریار تهیه شده‌اند و حلال (زایلن، ایزوپروپیل الکل^۷، بوتیل گلیکول^۸ ۲۰ درصد وزنی) از شرکت شیمیایی شمس و مرجان پیمان خریداری شدند.

دو دانه برای ساخت آلکیده‌های هوا خشک مناسب هستند، با این تفاوت که آلکید روغن دانه سویا، خشک شدن سریع‌تری دارد و طیف‌سنجی مادون قرمز^۱ پوشش تولید شده نشان داد که این نوع پوشش به علت عدد یدی^۲ بالا و حضور اسید چرب اشباع نشده دارای کیفیت بالاتری می‌باشد [۱۲].

در مطالعات قبل روی تعیین فرمولاسیون بهینه با بالاترین خواص ایده‌آل و نیز جایگزین کردن درصدی از رزین اوره فرمالدئید به جای رزین ملامین فرمالدئید زمانی که رزین ملامین فرمالدئید موجود نیست، بررسی‌هایی انجام شده است. بهینه‌سازی با تغییر نسبت اجزاء تشکیل‌دهنده و با آزمایش‌های متفاوت میسر گردید. نسبت مخلوط بهینه تحت تأثیر تعداد گروه‌های عاملی موجود در هر دو رزین گزارش گردیدند [۱۰].

رزین با روغن سویا دارای مزیتی مانند چسبندگی مناسب به فلز دارد؛ اما عیب این ترکیب عبارتست از: زردگرایی در دمای بالا. رزین با روغن کوکونات دارای مزیتی مانند برآفت بالا و عدم زردگرایی است و عیب مهم آن، قیمت بالای آن است.

در این مطالعه برای طراحی بهترین فرمول پوشش شفاف نوع اول به بررسی نسبت‌های وزنی متفاوت از رزین آلکید کوتاه روغن (حاوی روغن سویا و روغن کوکونات) و رزین ملامین فرمالدئید (به عنوان سخت‌کننده) پرداخته شده است، همچنین برای بهترین فرمول پوشش شفاف نوع دوم نسبت‌های متفاوت وزنی رزین آلکید کوتاه روغن (حاوی روغن سویا و روغن کوکونات) و رزین اوره فرمالدئید (به عنوان سخت‌کننده) مورد آزمایش قرار گرفتند. در مورد پوشش شفاف نوع سوم نسبت‌های وزنی رزین آلکید کوتاه روغن (حاوی روغن سویا و روغن کوکونات) و از سخت‌کننده که در این حالت مخلوط یک به یک (درصد وزنی) از رزین اوره فرمالدئید + رزین ملامین فرمالدئید بود، مورد بررسی قرار گرفتند.

- 3- Anhydride Phthalic
- 4- Xylene
- 5- Centi Stoke
- 6- N-Butanol
- 7- Isopropyl Alcohol
- 8- Butyl Glycol

- 1- Fourier Transform Infrared Spectroscopy
- 2- Iodine Number

جدول ۱- فرمولاسیون پوشش شفاف نوع ۱ ساخته شده از A^۱/MF^۱ (*بهترین نمونه پوشش شفاف نوع ۱ در ردیف ۴ فرموله شده است).

شماره نمونه	نسبت رزین‌ها در پوشش شفاف اولیه (wt%)	نسبت اجزاء در پوشش شفاف نهایی (wt%)	نسبت جامد رزین‌ها در پوشش شفاف اولیه (wt%)
	A/MF	A ^۱ S/ MF	A/MF
۱	۹۰/۱۰	۷۲ و ۲۰ و ۸	۹
۲	۸۵/۱۵	۶۸ و ۲۰ و ۱۲	۵/۷
۳	۸۰/۲۰	۶۴ و ۲۰ و ۱۶	۴
*۴	۷۵/۲۵	۶۰ و ۲۰ و ۲۰	۳
۵	۷۰/۳۰	۵۶ و ۲۰ و ۲۴	۲/۳

جدول ۲- بررسی اثر بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش شفاف نوع ۱: A/MF و اثر آن بر روی خواص مکانیکی و گرانیوی. (*بهترین نمونه پوشش شفاف نوع ۱ در ردیف ۴ فرموله شده است).

نمونه	A/MF (wt%)	ضربه (گرم بر سانتی متر مربع)	سختی (ثانیه)	جامد (wt%)	جامی شدن (میلی متر)	ویسکوزیته (سانتی-استوک)
۱	۹۰/۱۰	۸۰	۲۲۹	۴۸	۸۱	۱/۲۶
۲	۸۵/۱۵	۱۰۰	۳۴۵	۴۸	۸۸	۱/۱۹
۳	۸۰/۲۰	۱۰۰	۳۰۶	۴۹	۸۷	۱/۱۷
*۴	۷۵/۲۵	۱۰۰	۳۷۲	۴۷	۸۷	۱/۱۲
۵	۷۰/۳۰	۱۰۰	۳۵۷	۴۶	۶۸	۱

*: فرمولاسیون بهینه پوشش شفاف نوع ۱

محدوده ۲۰۰-۵۰ میکرومتر است)، در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه تهیه گردید. گرانیوی با فورد کاپ^۳ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، جامی شدن (کشش) با دستگاه کاپینگ^۴ آزمون، ضربه با دستگاه ضربه زن. سختی فیلم رنگ با سختی‌سنج پاندولی، چسبندگی با دستگاه کراس‌کات^۵ استفاده شد و از نمونه‌های نهایی آنالیز FTIR و SEM به عمل آمد. برای کیفیت سطح بیرونی قوطی از استاندارد ایزو ۲۸۱۱-۲ در تعیین گرانیوی و نیز از استاندارد ASTM:D-۴۳۶۶ در تعیین سختی استفاده شده است.

۱-۲- روش‌های تجربی

مقدار مشخصی از رزین آلکید کوتاه روغن (سویا و کوکونات) با مقدار مناسب از رزین ملامین فرمالدئید، رزین اوره فرمالدئید و مخلوط یک به یک از رزین ملامین فرمالدئید، رزین اوره فرمالدئید برداشته با نسبت‌های وزنی از حلال بوتیل گلیکول^۱، زایلن و ایزو پروپیل الکل^۲ یک مایع همگن به دست آورده (با نسبت‌های وزنی متنوع از رزین‌های آمینی / رزین آلکید کوتاه روغن) پس از بررسی خواص فیزیکی، مکانیکی و گرانیوی نسبت بهینه فرمولاسیون در نسبت رزین به سخت‌کننده به میزان ۷۵/۲۵ تعیین شد. با فیلم کش روی ورقه‌های فلزی، لایه‌ای با ضخامت ۵۰ میکرومتر (فیلم‌کش موجود در آزمایشگاه در

- 3- Ford Cup Viscometer
- 4- Cupping Test
- 5- Cross Cut
- 6- Scanning Electron Microscope (SEM)

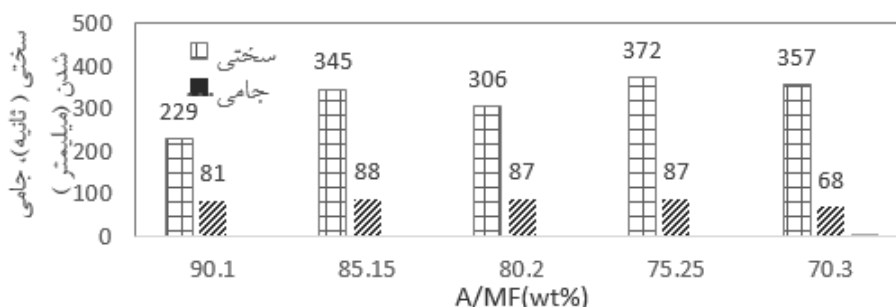
- 1- Butyl Glycol
- 2- Propyl Alcohol

۳- نتایج و بحث

خواص مکانیکی و فیزیکی پوشش‌های شفاف تشکیل‌دهنده فیلم خشک تشکیل شده بر روی سطوح فلزی شامل ضربه (گرم بر سانتی‌متر مربع) دستگاه مربوط به آن ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر دارد و وزن ضربه زننده ۹۰۰ گرم با گوی به قطر ۲۰ میلی‌متر است، سختی (ثانیه) دستگاه مربوط به آن سختی سنج پاندولی از مدل پرزوز است که برای اندازه‌گیری فیلم‌های نرم به کار می‌رود، درصد جامد (درصد وزنی)، جامی شدن (میلی‌متر) و ویسکوزیته (سانتی استوک) هستند که واحد اندازه‌گیری هر یک در پرانتز مربوط به آن‌ها مشخص شده است. داده‌های به دست آمده در جداول بر اساس لایه تر به ضخامت ۵۰ میکرومتر می‌باشند که به ترتیب هر یک جداگانه در ذیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند:

۳-۱- تعیین فرمولاسیون پوشش شفاف نوع ۱: تعیین نسبت وزنی رزین آلکید کوتاه روغن / رزین ملامین فرمالدئید:

جدول (۱) نسبت‌های وزنی مختلف از رزین الکید کوتاه روغن / رزین ملامین فرمالدئید را نشان می‌دهد بر اساس (جدول ۲) بهترین فرمولاسیون پوشش شفاف نوع ۱، در ردیف نمونه ۴ با علامت ستاره متمایز گردیده است.

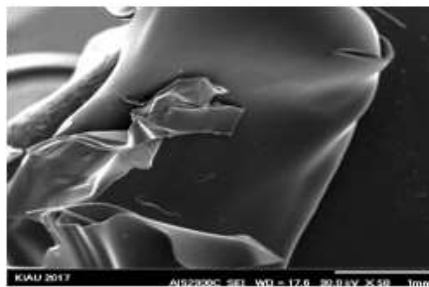
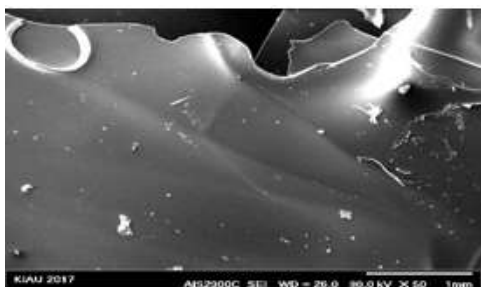


شکل ۱- نسبت‌های وزنی مختلف A/MF پوشش شفاف نوع ۱ بر حسب خواص مکانیکی سختی و جامی شدن

2- Cupping Test

1- Persoz

در این مطالعه بهترین و کارآمدترین فرمولاسیون در نسبت وزنی رزین ملامین فرمالدئید / رزین آلکید کوتاه روغن، به ترتیب ۷۵/۲۵ (درصد وزنی) ارائه می‌گردد، زیرا دارای بهترین خواص مکانیکی (سختی ۳۷۲ ثانیه در دستگاه پرزوز)، ضربه‌پذیری (۱۰۰ اینچ) و جامی شدن^۲ (۸۷ میلی‌متر) می‌باشند. خاطر نشان می‌سازد فرمولاسیون بهینه شده فوق در انواع پوشش‌های فلزی کاربرد دارد و همچنین خواص مکانیکی کلیه نمونه‌ها در (شکل ۱) با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند. تصاویر SEM پوشش شفاف نوع ۱ در (شکل‌های ۲ و ۳) با هم مقایسه شده‌اند. در (شکل ۲) تصویر SEM بدترین فرمول پوشش شفاف نوع ۱: آلکید / ملامین فرمالدئید ۹۰/۱۰ و (شکل ۳) تصویر SEM بهترین فرمول پوشش شفاف نوع ۱: آلکید / ملامین فرمالدئید ۷۵/۲۵ را نشان می‌دهند. طیف‌های FTIR مواد اولیه بهترین پوشش شفاف نوع ۱ در (شکل ۴) نشان داده شده‌اند. طیف FTIR مواد اولیه بهترین ورنی شفاف نوع ۱ از الف تا ج عبارتند از (الف: رزین آلکید کوتاه روغن سویا، ب: رزین آلکید کوتاه روغن کوکونات ج: رزین ملامین فرمالدئید. در (شکل ۵) مقایسه طیف‌های FTIR الف: پوشش شفاف نوع ۱ با درصد وزنی ۹۰/۱۰ (بدترین فرمول). ب: پوشش شفاف نوع ۱ با درصد وزنی ۷۵/۲۵ (بهترین فرمول) ج: مقایسه کلی طیف FTIR پوشش شفاف ۱ با درصد وزنی ۹۰/۱۰ و پوشش شفاف ۱ با درصد وزنی ۷۵/۲۵.

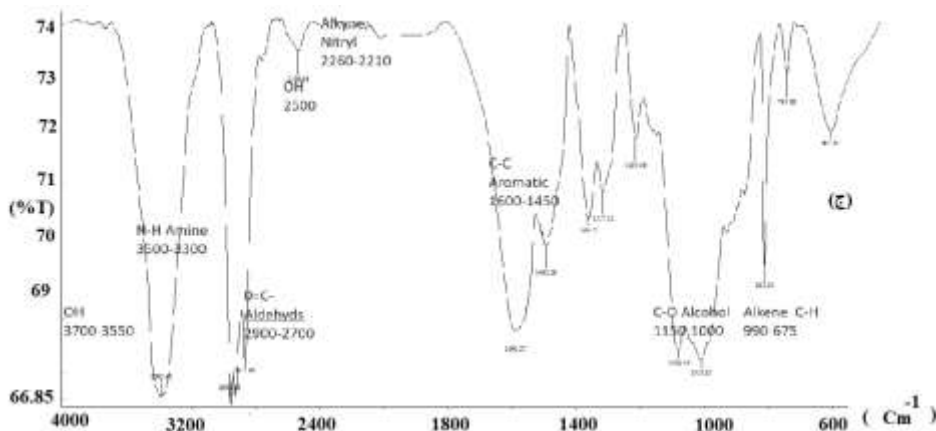
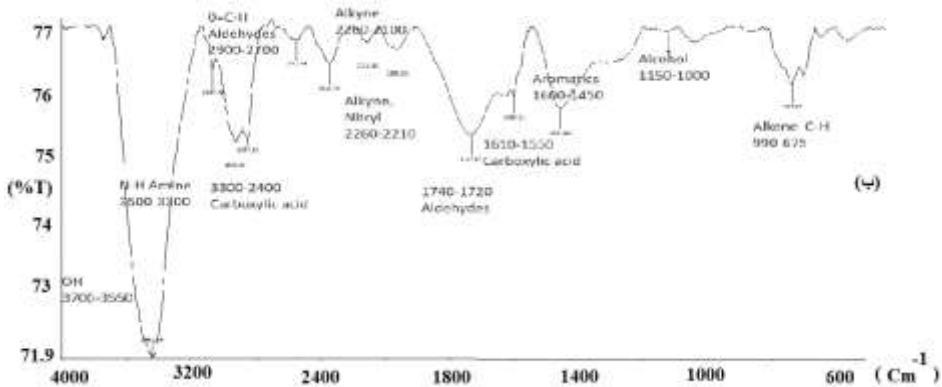
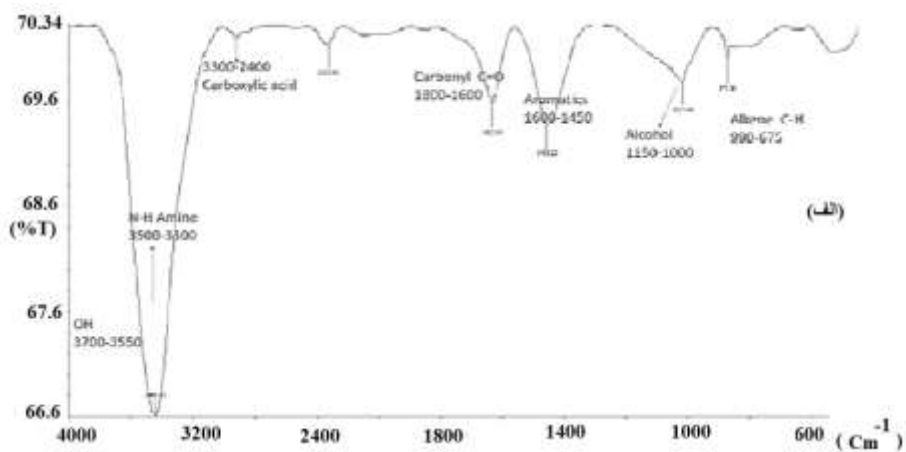


شکل ۳- تصویر SEM بهترین پوشش شفاف نوع ۱.

شکل ۲- تصویر SEM بدترین پوشش شفاف نوع ۱.

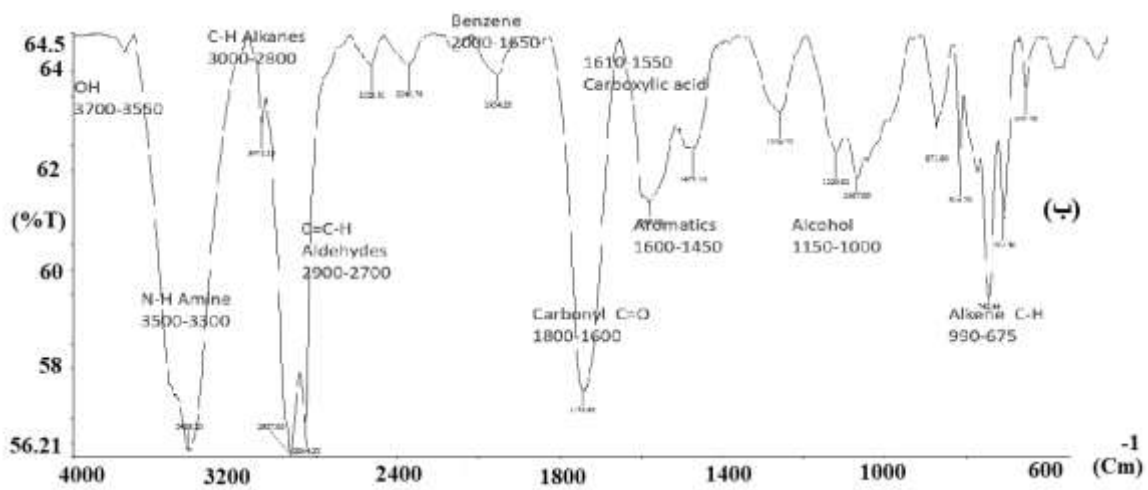
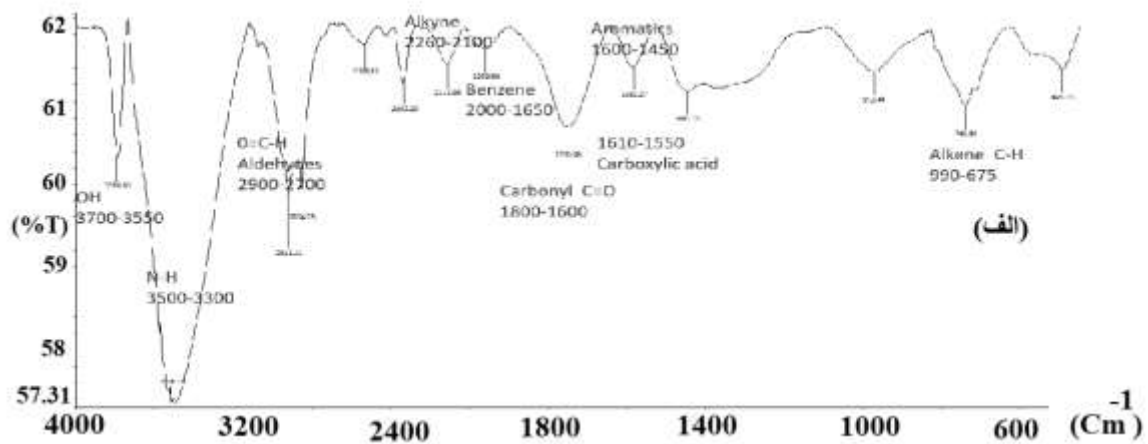
آلکید/ ملامین فرمالدئید ۷۵/۲۵.

آلکید/ ملامین فرمالدئید ۹۰/۱۰.



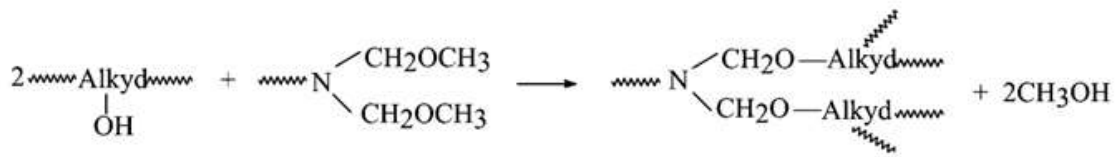
شکل ۴- طیف FTIR مواد اولیه پوشش شفاف نوع ۱ (الف): رزین آلکیدی کوتاه روغن سویا، ب: رزین کوتاه روغن کونوات ج: رزین ملامین فرمالدئید)

تهیه و ارائه فرمول ساخت پوشش شفاف برای محافظت و دوام چاپ بسته‌بندی در انواع قوطی‌های فلزی

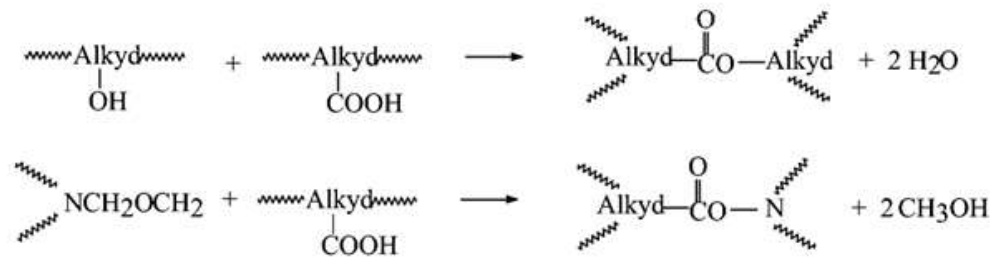


شکل ۵- طیف FTIR: الف: پوشش شفاف نوع ۱ با درصد وزنی ۹۰/۱۰ (بدترین فرمولاسیون): ب: پوشش شفاف ۱ با درصد وزنی ۷۵/۲۵ (بهترین فرمولاسیون)

تشکیل اتصال متیلن اتر



تشکیل اتصال استری



شکل ۶- واکنش‌های مختلف بین آلکید رزین کوتاه روغن با رزین ملامین فرمالدئید [۱۱].

جدول ۳- بررسی اثر بهینه‌سازی فرمولاسیون A/UF و اثر آن بر روی خواص مکانیکی و مقدار گرانیوی آن

نمونه	UF (A/wt%)	ضربه (گرم بر سانتی متر مربع)	سختی (ثانیه)	(wt%) جامد	جامی شدن ^۱ (میلی متر)	گرانیوی (سانتی استوک)
۱	۹۰/۱۰	۸۰	۲۲۳	۴۸	۹۴	۱/۵۲
۲	۸۵/۱۵	۱۰۰	۳۲۰	۴۸	۷۴	۱/۴۳
۳	۸۰/۲۰	۱۰۰	۲۶۹	۴۹	۸۲	۱/۵۵
۴*	۷۵/۲۵	۱۰۰	۳۵۷	۴۷	۷۹	۱/۵۴
۵	۷۰/۳۰	۱۰۰	۳۴۶	۴۶	۷۵	۱/۳۰

*: فرمولاسیون بهینه پوشش شفاف نوع ۲

در این مطالعه بهترین و کارآمدترین فرمولاسیون در نسبت وزنی پوشش شفاف نوع ۲، به ترتیب ۷۵/۲۵ ارائه می‌گردد زیرا بهترین خواص مکانیکی را دارا می‌باشد.

۲-۳- تعیین فرمولاسیون پوشش شفاف نوع ۲: تعیین نسبت وزنی رزین آلکید کوتاه روغن سویا و کوکوناک/ رزین اوره فرمالدئید

در جدول (۳) فرمولاسیون بهینه مربوط به پوشش شفاف نوع ۲ در ردیف نمونه ۴ با علامت ستاره متمایز گردیده است.

ترکیبات A/MF, A/UF و A/(MF+UF) به نتایجی که به اختصار در (شکل ۷) آمده است خواهیم رسید. هدف از بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش شفاف در این پژوهش، کاهش مصرف رزین ملامین فرمالدئید است که از طریق جایگزینی آن با رزین اوره فرمالدئید انجام شد و در بخش دیگر، مخلوط با نسبت وزنی یک به یک رزین ملامین فرمالدئید + رزین اوره فرمالدئید، به جای رزین ملامین فرمالدئید به تنهایی استفاده گردید، زیرا رزین اوره فرمالدئید دارای انعطاف و نرمی بالاتری می‌باشد (شاخص سختی و انعطاف با یکدیگر نسبت عکس دارند). از سوی دیگر به دلیل بالا بودن قیمت رزین ملامین فرمالدئید از مخلوط رزین ملامین فرمالدئید + رزین اوره فرمالدئید استفاده شده است تا قیمت تمام شده پوشش شفاف نوع ۳ کاهش یابد. در نهایت قیمت تمام شده پوشش شفاف نوع ۳، حدود ۲۰-۱۵٪ نسبت به پوشش شفاف نوع ۱ کمتر

۳-۳- تعیین فرمولاسیون پوشش شفاف نوع ۳: تعیین نسبت وزنی رزین آلکید کوتاه روغن / مخلوط رزین اوره فرمالدئید + رزین ملامین فرمالدئید (نسبت درصد وزنی سخت‌کننده‌ها در این حالت یک به یک است)

در جدول (۴) فرمولاسیون بهینه در ردیف نمونه ۴ با علامت ستاره متمایز گردیده است. در این مطالعه بهترین و کارآمدترین فرمولاسیون در نسبت وزنی پوشش شفاف نوع ۳، رزین آلکید کوتاه روغن سویا و کوکونات / مخلوط رزین اوره فرمالدئید + رزین ملامین فرمالدئید، به ترتیب ۷۵/۲۵ ارائه می‌گردد، زیرا دارای مقادیر مطلوب سختی (۳۶۷ ثانیه با دستگاه پرزوز)، ضربه‌پذیری (۱۰۰ گرم بر سانتی‌متر مربع) و جامی شدن (۸۶ میلی‌متر) می‌باشند. خاطر نشان می‌سازد، فرمولاسیون بهینه شده در انواع پوشش‌های فلزی کاربرد دارد.

جدول ۴- بررسی انواع نسبت وزنی در پوشش شفاف نوع ۳ (A/(MF+UF) (نمونه ستاره‌دار بهترین فرمولاسیون را دارد).

نمونه	A/MF+UF (wt%)	ضربه (گرم بر سانتی‌متر مربع)	سختی (ثانیه)	جامد (wt%)	جامی شدن (mm)	گراوری (سانتی‌استوک)
۱	۹۰/۱۰	۸۰	۲۴۱	۴۸	۹۲	۱/۳۸
۲	۸۵/۱۵	۱۰۰	۳۲۶	۴۸	۸۶	۱/۴۸
۳	۸۰/۲۰	۱۰۰	۲۸۳	۴۹	۸۵	۱/۴۵
×۴	۷۵/۲۵	۱۰۰	۳۶۷	۴۷	۸۶	۱/۵۱
۵	۷۰/۳۰	۱۰۰	۳۳۶	۴۶	۸۰	۱/۲۰

*: فرمولاسیون بهینه پوشش شفاف نوع ۳.

است و همچنین به خاطر وجود رزین اوره فرمالدئید در برابر ضربه، انعطاف‌پذیری بیشتری دارد. این دو ویژگی، مزیت پوشش شفاف نوع ۳ نسبت به پوشش شفاف کوره‌ای ۱ را می‌رسانند. هر چند کاهش مقدار سختی و جامی شدن پوشش شفاف نوع ۳ نسبت به پوشش شفاف نوع ۱ قابل صرف‌نظر کردن است.

از مقایسه نسبت وزنی ۷۵/۲۵، در جداول (۲، ۳ و ۴) برای

$$A/UF < A/(MF+UF) < A/MF \text{ : سختی}$$

$$A/UF < A/(MF+UF) < A/MF \text{ : جامی شدن}$$

شکل ۷- مقایسه شاخص‌های سختی و جامی شدن که از

جداول (۲، ۳ و ۴) نتیجه گرفته شده‌اند.

۴- نتیجه گیری

با توجه به مزیت‌ها، ملاحظات زیست محیطی و ضرورت استفاده از قوطی‌های فلزی (انواع کنسروها و ...) در صنعت بسته‌بندی و نیز لزوم محافظت و جلوگیری از مخدوش شدن چاپ و مطالب درج شده بر روی قوطی‌های فلزی، نیاز مبرم به پوشش‌های محافظ و شفاف و بی‌رنگ بر روی چاپ بسته‌بندی قوطی‌های فلزی، وجود دارد. در این مطالعه سه نوع پوشش با بهترین فرمولاسیون تهیه گردیدند که ارائه بهترین فرمول ساخت پوشش شفاف بر مبنای آزمایش‌های استحکام، دوام، مقاومت مکانیکی و نیز گرانی از این پوشش‌ها انجام گرفته است. پوشش‌های مورد نظر از نوعی رزین آلکیدی (روغن سویا و روغن ککونات) به همراه دو نوع سخت‌کننده با نام‌های رزین‌های اوره فرمالدئید و ملامین فرمالدئید تشکیل یافته‌اند. این رزین‌ها نسبت به انواع رزین‌های پلی‌استر، ارزان‌تر تهیه می‌شوند و بنابراین اقتصاد مقاومتی و مصرف کالای ایرانی که از جمله اهداف این پژوهش بود تأمین گردید. روش مرسوم برای فرموله کردن پوشش شفاف، استفاده از ترکیب رزین آلکید کوتاه روغن/ رزین ملامین فرمالدئید می‌باشد. از سوی دیگر جهت کاهش قیمت با حفظ خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی از جایگزینی مخلوط با نسبت وزنی یک به یک از رزین ملامین فرمالدئید + رزین اوره فرمالدئید به جای رزین ملامین فرمالدئید به تنهایی استفاده گردید، زیرا رزین اوره فرمالدئید دارای انعطاف و نرمی بالاتری نسبت به رزین ملامین فرمالدئید بوده و از سوی دیگر، رزین ملامین فرمالدئید دارای قیمت بالاتری نسبت به رزین اوره فرمالدئید می‌باشد. در این صورت، قیمت تمام شده پوشش شفاف ۱۰-۱۵ درصد کاهش می‌یابد و از لحاظ خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی، تغییر قابل توجهی مشاهده نمی‌گردد.

۵- منابع

1. Ataei SH., Nouri S., Esmaeely R., (2019). **"Biofriendly vegetable oil healing agents used for developing self-healing coatings"**: Areview, Prog. Org.Coat., 77-95
2. Jana T., Sankar Maiti P., Kumar Dhar T., (2019). **"Development of a novel bio-based hybrid resin system for hygienic coating"**, Prog. Org.Coat., 105311, DOI:10.1016/j.porgcoat.2019.105311.
3. Wutticharoenwong K., Dziczkowski J., Soucek M.D., (2012). **"Tung based reactive diluents for alkyd systems: Film properties"**, Prog. Org. Coat., 73, 283-290.
4. Thanamongkollit N., Miller K.R., Soucek M.D., (2012). **"Synthesis of UV-curable tung oil and UV-curable tung oil based alkyd"**, Prog. Org. Coat., 73, 425-434.
5. Hofland A.D., (2012). **"Alkyd resins: from down and out to alive and kicking"**, Prog. Org. Coat., 73, 274-282.
6. Shital A., Nitin P., Pratyush D., (2018). **"Formation of alkoxy groups in the synthesis of butylated urea formaldehyde resins: Reaction mechanism and kinetic model"**, Chem. Eng. Res. Des., 135, 1-20.
7. Sauzier G., Pitts K., (2019). **"Forensic Sciences, Paint, Varnish, Lacquers"**, Encyclopedia of analytical science (Third Edition), 62-74.
8. Poth U., (2008). **"Automotive coatings formulation"**, Vincentz Network.
9. Radicevic R. Z., Budinski-Simendic J. K., (2005). **"The effect of alkyd/melamine resin"**

- ratio and curing temperature on the properties of the coating**". J. Serb. Chem. Soc. 70: 593-599.
10. Cakic S.M.,(2009). **"FTIR analysis and the effects of Alkyd/Melamine resin ratio on the properties of the coatings"**, Faculty of technology, Bulevar oslobodjenja124,16000 Leskovac, Serbia.
11. Schwartz M.,(2016). **"Encyclopedia and handbook of materials, parts, and finishes"**, London SW1P 1WG,UK.
12. Egbuna S.O., Aninwede C.S.,(2018). **"Comparative analysis of alkyd resins produced from castor and soybean seed oils"**, International journal of novel research in engineering and science. 5,1, 24-32.

آدرس نویسنده

کرج- انتهای رجائی شهر- تقاطع بلوار شهید

مؤذن و استقلال- صندوق پستی ۳۱۳-۳۱۴۸۵