

بررسی خواص و فرمولاسیون مرکب فلکسوگرافی پایه آبی بر روی زمینه پلی اتیلن آماده سازی شده

محمد فرمهینی فراهانیⁱ؛ سیامک مرادیانⁱⁱ؛ سعید باستانیⁱⁱⁱ

چکیده:

صنعت چاپ و تولید مرکب چاپ برای جایگزین کردن حلال‌های هیدروکربنی؛ که در مرکب و فرمولاسیون‌های روکش‌های سطح مصرف می‌شوند، تحت فشار هستند. مرکب پایه آبی و تکنولوژی روکش‌های پایه آبی یک ناقل اساسی برای جایگزین کردن آب به جای هیدروکربن‌ها و دیگر مواد آلاینده است. در مقاله حاضر، فرمولاسیون مرکب فلکسوگرافی پایه آبی بر اساس سه فاکتور مقدار جامد رزین، مقدار پیگمنت و مخلوط دو رزین مختلف مورد بررسی می‌شود. همچنین از طراحی آزمایشی به نام مکعب مخصوص (special cubic) استفاده و بر اساس طراحی آزمایش نمونه‌های مختلفی از مرکب فلکسوگرافی پایه آبی در سه فام آبی، قرمز و زرد تهیه و بر روی فیلم پلی اتیلن؛ که قبلاً عمل کرونا روی آن انجام شده است، اعمال شد؛ سپس آزمایش‌های براقیت، چسبندگی، ساییش و ضریب اصطکاک انجام گرفت و با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده مناسب‌ترین فرمولاسیون ارائه شد. از نرم افزار Stat-Ease برای رسم خطوط کانتور استفاده شده است.

کلمات کلیدی

مرکب فلکسوگرافی پایه آبی، طراحی آزمایش، خمیر پایه آبی

Studies of Properties and Formulation of Water Based Flexographic ink on Treated Polyethylene

M.Farmehini farahani ; S.Moradian ; S.Bastani

ABSTRACT

The printing and ink manufactures industries, have constantly been under pressure to replace the various hydrocarbon solvents used in the ink and coating formulations. water based inks and coatings technologies have been the primary vehicles in this drive to replace hydrocarbons and other pollutants in the workplace and in the community. In the present paper the effect of varying formulation of water based inks on their properties were studied. Three variants, ie the amount of solid content of the resin, the amount of pigment and the mixture of two resins were considered. The special cubic experimental design was used in order to optimize the formulation. on this basis a series of water based flexography ink in three hues ie, blue, red and yellow were prepared and were subsequently applied on pre-treatment polyethylene sheets. Gloss, adhesion, abrasion resistance, and friction coefficient were then measured. Stat-Ease software was used to plot the contour lines on the triangle diagrams.

KEYWORDS

Water based flexographic ink, Experimental design, Water based paste.

ⁱ - فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر - رنگ

ⁱⁱ - عضو هیات علمی دانشکده پلیمر؛ دانشگاه امیر کبیر

ⁱⁱⁱ - عضو هیات علمی پژوهشکده رنگ ایران

همچنین خصوصیات پیگمنت در شدت رنگ پدیدگی (Fading) در فیلم مرکب‌های پایه آبی نیز بررسی شده است [۱۰].

تحقیقاتی در مورد انواع مواد افزودنی؛ که در مرکب پایه آبی مصرف می‌شود؛ نیز انجام شده، مانند انواع مختلف دیسپرس کننده‌های یونی و غیر یونی برای پایدار کردن دیسپرسیون پیگمنت دی اکسید تیتانیوم در روکش‌های پایه آبی [۱۱] و یا تغییراتی که در زتا پتانسیل با تغییر دیسپرس کننده بر روی یک پیگمنت ایجاد می‌شود [۱۲]. از دیگر مواد افزودنی استفاده شده در مرکب‌های پایه آبی، ضدکف‌ها و همترانز کننده‌ها هستند که یک فرمول نویس باید با انواع مختلف کف و ساختار ضد کفها [۱۳] و همترانز کننده‌ها [۱۴] آشنا باشد.

در فرمولاسیون‌های مرکب‌های فلکسوگرافی از انعقاد کننده‌ها نیز استفاده می‌شود که از خانواده گلیکول‌ها است [۱۵]. رئولوژی مرکب‌های فلکسوگرافی پایه آبی نیز بررسی شده است [۱۶].

۲- کارهای عملی

۲-۱- مواد

برای تهیه مرکب فلکسوگرافی پایه آبی از رزین‌های Neocryl 1094 و Neocryl 1095 و Neocryl BT 26 از شرکت Neoresins استفاده شد. همچنین از خمیرهای Unisperse Blue G-PI (آبی) و Unisperse Red FBN-PI (قرمز) و Unisperse Yellow BRM-PI (زرد) و پیگمنت Irgalite Red 2bx1 از شرکت Ciba Specially Chemicals Inc و دیسپرس کننده DispersBYK 184 و ضدکف BYK 029 از شرکت BYK Chemie مصرف شد و از حلال‌های ایزوپروپیل الکل و مونو اتیلن گلیکول از Petrochem Middle East FZE و واکس به نام Copomuls 335 از شرکت Coating Products استفاده شد. از مونواتانول آمین از شرکت Merck برای تنظیم pH مرکب استفاده شد.

۲-۲- طراحی آزمایش [۱۷]

برای انجام کارهای عملی از یک طراحی آزمایش به نام مکعب مخصوص یا Special cubic استفاده شد. سه فاکتور مقدار جامد رزین (X_1) و مقدار پیگمنت (X_2) و مخلوط دو رزین (X_3) در نظر گرفته شد که خطوط کانتور مربوط به هر خاصیت بر اساس معادله آن در یک مثلث متساوی الاضلاع رسم می‌شود. محدوده تغییرات مقدار جامد رزین ۲۰٪ - ۳۳٪ و مرکب فلکسوگرافی پایه آبی و برای مقدار پیگمنت ۸٪ - ۱۵٪

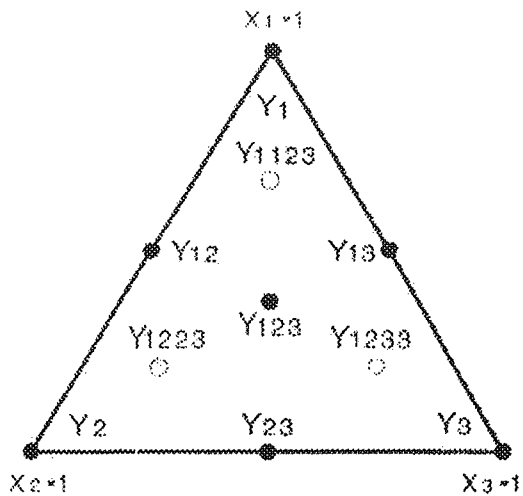
مرکب مایع برای استفاده در چاپ فلکسوگرافی و گراورحای بیش از ۶۰ درصد ترکیبات آلی فرار در هنگام اعمال به وسیله دستگاه چاپ است. صنعت چاپ و صنعت جوهرهای چاپ برای جایگزین کردن حلال‌های هیدروکربنی؛ که در جوهر و فرمولاسیون‌های روکش‌ها مصرف می‌شود، تحت فشار هستند.

مرکب پایه آبی و تکنولوژی روکش‌های پایه آبی یک ناقل اساسی برای جایگزین کردن آب به جای هیدروکربن‌ها و دیگر مواد آلاینده است. با توجه به این پیش زمینه، پیشرفت در زمینه مرکب‌های پایه آبی لازم و ضروری است.

یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی در مرکب‌های پایه آبی، مطالعه بر روی رزین‌های مرکب‌های فلکسوگرافی پایه آبی است. اولین نسل تولید پلیمرهای پایه آبی برای مرکب‌ها، پلیمرهای کاملاً قلیایی بودند؛ به این معنی که با افزایش pH ذرات پلیمر خرد می‌شوند و زنجیرهای مولکول در فاز آب کاملاً حل می‌شوند که یکی از ضررهای آن مقاومت بد در برابر آب است و به علت در صد جامد پایین سرعت خشک شدن طولانی است. برای غلبه بر این مشکلات کوپلیمرهای آکریلیک؛ که در محیط قلیایی حل می‌شوند، معرفی شدند که مقاومت‌های سایشی تر و خشک مرکب را بهبود می‌بخشند و پیشرفت‌های بعدی استفاده از امولسیون‌های آکریلیک است. تلاش‌های زیادی برای بهبود خواص رزین‌ها انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: مخلوط یک الیگومر محلول قلیایی و توزیع ذرات پلیمر با دو نوع اندازه ذره [۱]، [۲]، [۳]. همچنین ترکیب پلیمرهای نرم و سخت و اثر کمترین دمای تشکیل فیلم بر ساختار فیلم نهایی [۴]، [۵] و پیشرفت‌هایی که در فهمیدن فرآیند تشکیل فیلم انجام شده است [۶].

امروزه پیگمنت‌های مخصوص مرکب‌های پایه آبی وجود دارد که قدرت رنگی و جریان پذیری مناسب دارند و تلاش‌های زیادی نیز برای تولید پیگمنت‌های آلومینیوم، مس و برنز انجام شده تا بتوانند این پیگمنت‌ها را در مرکب‌های پایه آبی استفاده کنند [۷]، [۸]، [۹]؛ زیرا در مرکب‌های پایه آبی قلیایی، پیگمنت آلومینیوم در واکنش با آب هیدروژن تولید می‌کند در صورتی که پیگمنت‌هایی مانند مس و برنز از طریق جذب اکسیژن وارد واکنش می‌شوند.





شکل (۱): مثلث مکعب مخصوص

۲-۳- فرمولاسیون و روش انجام آن

بر اساس طراحی آزمایش نمونه‌های مختلفی از مرکب فلکسوگرافی پایه آبی در سه فام آبی و قرمز و زرد ساخته شد که فرمولاسیون مرکب فلکسوگرافی با فام آبی در جدول (۱) آمده است.

هر نمونه مرکب فلکسوگرافی بعد از مخلوط کردن رزین، خمیر و مواد افزودنی به مدت یک ساعت به وسیله میکسر آزمایشگاهی IKA.LABORTECHNIK RW20DZM.n در دور ۷۰۰ دور بر دقیقه به هم زده شد و بعد از یکنواختی به وسیله فیلم کش ۱۰ میکرونی به نام K Hand Coater و فیلم کش R K Print Coat Instruments Ltd از شرکت k-Lox Proofer بر روی زمینه پلی اتیلن از قبل آماده سازی شده به وسیله کرونا اعمال شد.

جدول (۱) - فرمول های مرکب فلکسوگرافی پایه آبی با رنگ آب

شماره نمونه	مقدار جامد رزین (X ₁)	مقدار پیگمنت (X ₂)	مخلوط دو رزین (X ₃)	مقدار رزین Neocryl ۱۰۹۴	مقدار رزین Neocryl ۱۰۹۵	مقدار خمیر ۴۵٪ آبی	مقدار انعقاد کننده	مقدار واکس	مقدار آب مقطر	مقدار ایزو پروپیل الکل	
Y ₁	۱	۰	۰	۰	۷۲.۲۳	۱۷.۷۷	۱	۱.۵	۰.۸۳	۵.۵۶	۱۰۰
Y ₂	۰	۱	۰	۰	۴۴.۴۴	۲۲.۲۲	۱	۱.۵	۱۳.۷	۶	۱۰۰
Y ₃	۰	۰	۱	۴۳.۹۵	۰	۱۷.۷۷	۱	۱.۵	۲۸.۹	۶.۸۵	۱۰۰
Y ₁₂	۰.۵	۰.۵	۰	۰	۵۸.۸۸	۲۵.۵۵	۱	۱.۵	۷.۲۶	۵.۸	۱۰۰
Y ₁₃	۰.۵	۰	۰.۵	۲۹.۱۲	۲۹.۴۴	۱۷.۷۷	۱	۱.۵	۱۴.۹۵	۶.۲۱	۱۰۰
Y ₂₃	۰	۰.۵	۰.۵	۲۱.۹۷	۲۲.۲۲	۲۵.۵۵	۱	۱.۵	۲۱.۳۲	۶.۴۳	۱۰۰
Y ₁₂₃	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۱۷.۶۴	۳۶	۲۲.۹۵	۱	۱.۵	۱۴.۶۲	۶.۲۹	۱۰۰
Y ₁₁₂₃	۰.۶۶	۰.۱۷	۰.۱۷	۱۰.۴۷	۵۲.۹۶	۲۰.۳۵	۱	۱.۵	۷.۸	۵.۸۷	۱۰۰
Y ₁₂₂₃	۰.۱۷	۰.۶۶	۰.۱۷	۸.۱۱	۴۱.۰۳	۲۸.۱۲	۱	۱.۵	۱۴.۱۵	۶.۰۷	۱۰۰
Y ₁₂₃₃	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۶۶	۳۲.۴۶	۱۶.۷	۲۰.۳۵	۱	۱.۵	۲۱.۵	۶.۴۸	۱۰۰

تغییرات مخلوط دو رزین از ۰ تا ۱ است. (در نقطه صفر محور X_۲ مقدار Neocryl 1094 برابر صفر و مقدار Neocryl 1095 برابر یک و در نقطه یک محور X_۳ مقدار Neocryl 1094 برابر یک و مقدار Neocryl 1095 برابر صفر است.) نمونه یک مثلث متساوی الاضلاع در شکل (۱) آمده است. هفت نقطه برای به دست آوردن ضرایب معادله و سه نقطه دیگر برای محاسبه خطای معادله است. معادله به صورت زیر است

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{123} X_1 X_2 X_3$$

که در آن تعریف شده است :

Y : واکنش (چسبندگی، براقیت، ...)

ضرایب معادله : $b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$

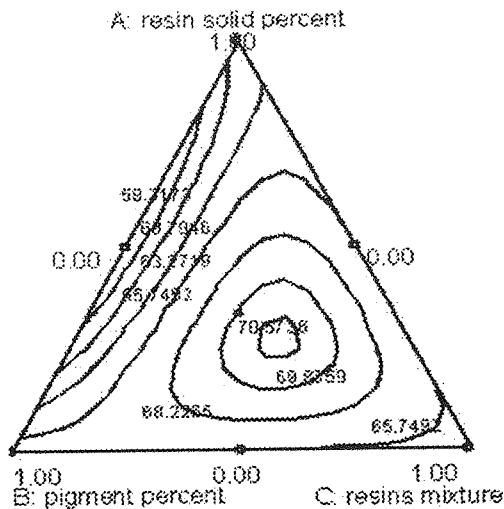
X₁ : مقدار جامد رزین

X₂ : مقدار پیگمنت

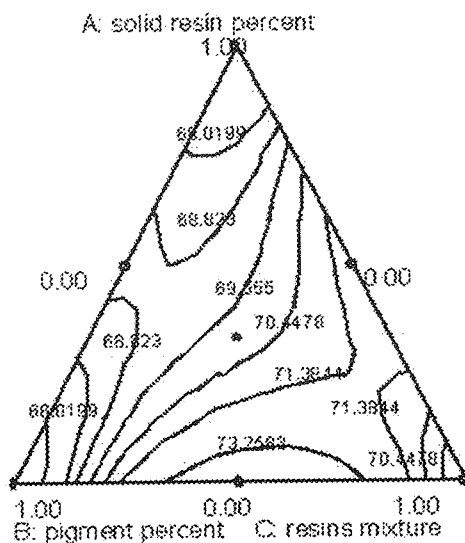
X₃ : مخلوط دو رزین

همان طور که در شکل (۱) دیده می‌شود محور X₁ از X₁ = ۰ در پایین تا X₁ = ۱ در بالا (نوک مثلث) تغییر می‌کند و محور X₂ از X₂ = ۰ در سمت راست تا X₂ = ۱ در سمت چپ، پایین تغییر می‌کند و محور X₃ از X₃ = ۰ در سمت چپ تا X₃ = ۱ در سمت راست، پایین تغییر می‌کند. برای رسم کانتورها و به دست آوردن نقاط بهینه در مثلث مکعب مخصوص از نرم افزار Stat - Ease استفاده شد.

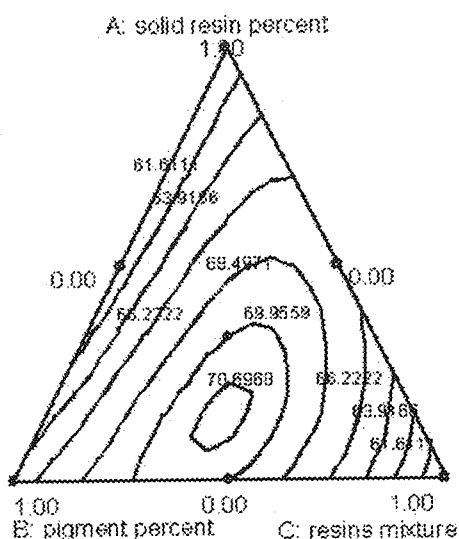
باعث کاهش براقیت شود؛ ولی در محدوده ۰،۷ - ۰،۴ محور



شکل (۲): نمودار براقیت آبی



شکل (۳): نمودار براقیت قرمز



شکل (۴): نمودار براقیت زرد

یک خمیر ۳۵٪ از پیگمنت قرمز تهیه شد که فرمول آن به این صورت زیر است: پیگمنت (۳۵٪)، رزین (۱۹،۴٪)، دیسپرس کننده (۵،۴٪)، ضدکف (۰،۲۵٪)، آب مقطر (۳۸،۷۵٪)، خنثی کننده (۱،۲٪).

برای تهیه خمیر قرمز ابتدا رزین، دیسپرس کننده، ضدکف، خنثی کننده و آب با یکدیگر مخلوط گردید و سپس پیگمنت اضافه شد و به مدت ۴۵ دقیقه به وسیله میکسر آزمایشگاهی به هم زده شد و به وسیله آسیاب سه غلتکی آزمایشگاهی مدل ۲۵ - RMH از شرکت ماشین سازی زرگریان آسیاب شد.

۴-۴- آزمایش ها

اندازه گیری PH با دستگاه Hach PH meter صورت گرفت و تمام نمونه‌های موجود در محدوده pH ۸ تا ۸،۵ تنظیم شدند. سطحی که مرکب بر روی آن اعمال شد یک فیلم پلی اتیلن (LDPE) است که بر روی سطح آن عمل کرونا انجام گرفته است. آزمایش براقیت بر اساس استاندارد ASTM D523 به وسیله دستگاه مدل Erichsen ۵۰۷ آزمایش شد. براقیت نمونه های مختلف در زاویه ۶۰ درجه گزارش و آزمایش سایش به وسیله دستگاه Braive 5131 Abraser اندازه گیری شد. به این صورت که نمونه‌ها را روی دیسک گذاشته و به وسیله گیره مخصوص می‌بندیم تا حرکت نکند؛ سپس بازوهایی که حلقه لاستیکی زبر مخصوص دارند بر روی نمونه گذاشته و دستگاه را روشن می‌کنیم. دستگاه تا آن زمان روشن خواهد بود که بتوان سفیدی زمینه را دید، در این صورت دستگاه را خاموش کرده و تعداد دورها را گزارش می‌کنیم.

آزمایش چسبندگی بر اساس استاندارد ASTM D 3359 و آزمایش ضریب اصطکاک بر اساس استاندارد ASTM D ۴۵۱۸؛ با دستگاه Erichsen 603 انجام شد و عددی که گزارش شد ضریب اصطکاک در آستانه حرکت است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمایش براقیت

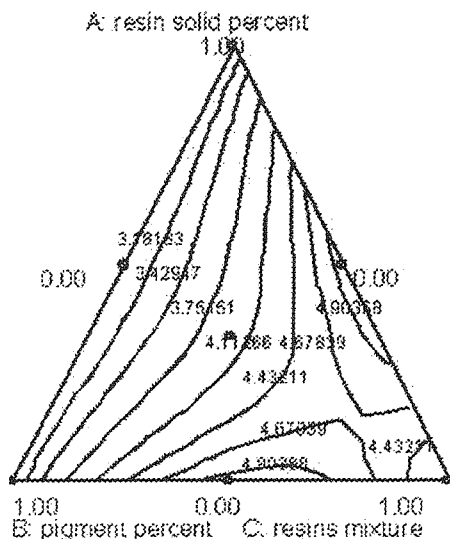
نتایج آزمایش براقیت در زاویه ۶۰ درجه برای نمونه‌های آبی، قرمز و زرد در شکل‌های (۲) و (۳) و (۴) آمده است. بر اساس خطوط کانتور مربوط به نمودارهای براقیت، هرچه فاکتور مخلوط دو رزین افزایش یابد براقیت افزایش و در انتها کمی کاهش می‌یابد و هرچه میزان پیگمنت افزایش یابد براقیت کاهش می‌یابد و در مورد مقدار رزین بستگی به نسبت دو رزین دارد. در محدوده ۰،۴ - ۰،۷ محور X_2 افزایش مقدار جامد رزین تاثیری در براقیت ندارد یا حتی ممکن است

X₂ افزایش مقدار جامد رزین باعث افزایش برآقیت می‌شود.

۳-۲- نتایج آزمایش چسبندگی

نتایج آزمایش چسبندگی نمونه‌های آبی، قرمز و زرد در شکل‌های (۵)، (۶)، (۷) آمده است.

بر اساس خطوط کانتور مربوط به نمودارهای چسبندگی، هرچه فاکتور مخلوط دو رزین افزایش یابد چسبندگی افزایش و هرچه میزان پیگمنت افزایش یابد چسبندگی کاهش می‌یابد. افزایش مقدار جامد رزین در یک نسبت ثابت دو رزین؛ بی‌تاثیر در چسبندگی و در بعضی موارد باعث کاهش چسبندگی می‌شود.

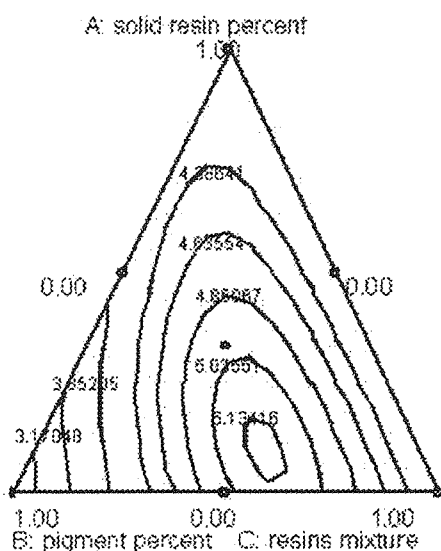


شکل (۵): نمودار چسبندگی آبی

۳-۳- نتایج آزمایش سایش

نتایج آزمایش سایش نمونه‌های آبی، قرمز و زرد در شکل‌های (۸)، (۹)، (۱۰) آمده است.

بر اساس خطوط کانتور مربوط به نمودارهای سایش، هرچه فاکتور مخلوط دو رزین افزایش یابد مقاومت در برابر سایش افزایش می‌یابد و افزایش میزان پیگمنت و افزایش مقدار جامد رزین در یک نسبت ثابت دو رزین تاثیر چندانی بر روی سایش ندارد.

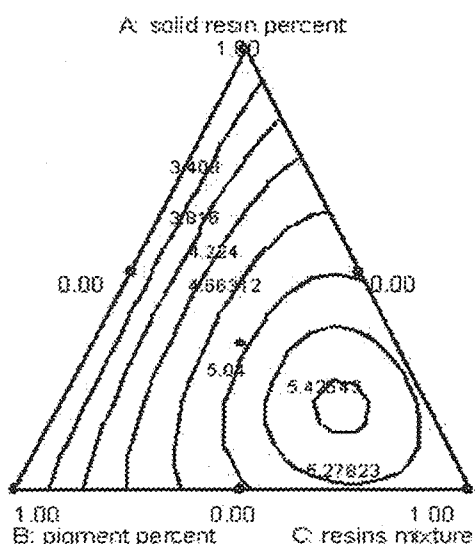


شکل (۶): نمودار چسبندگی قرمز

۳-۴- نتایج آزمایش ضریب اصطکاک

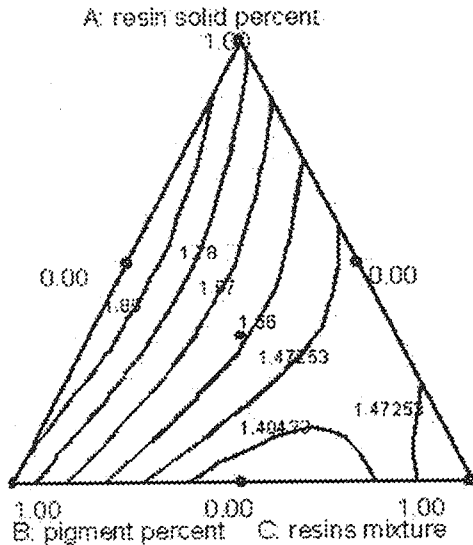
نتایج آزمایش ضریب اصطکاک نمونه‌های آبی، قرمز و زرد در شکل‌های (۱۱)، (۱۲)، (۱۳) آمده است.

بر اساس خطوط کانتور مربوط به نمودارهای ضریب اصطکاک، هرچه فاکتور مخلوط دو رزین افزایش یابد ضریب اصطکاک؛ که نشان دهنده صافی و یکنواختی سطح است، کاهش و هرچه میزان پیگمنت افزایش یابد ضریب اصطکاک افزایش می‌یابد و در مورد مقدار رزین به نوع رنگ بستگی دارد؛ مثلاً در مرکب زرد با افزایش مقدار جامد رزین ضریب اصطکاک کاهش یافته است، ولی در موارد دیگر یا بی‌تاثیر است و یا ممکن است باعث افزایش ضریب اصطکاک شود.

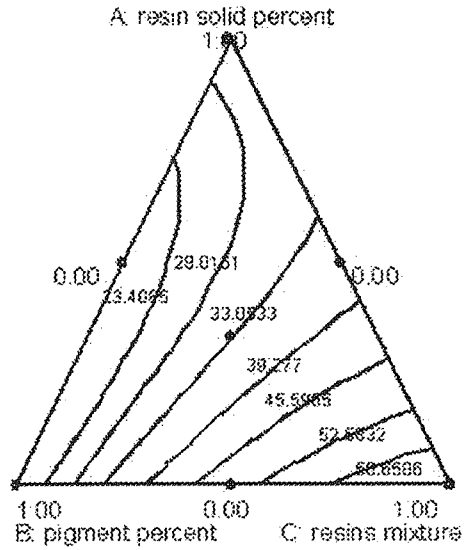


شکل (۷): نمودار چسبندگی زرد

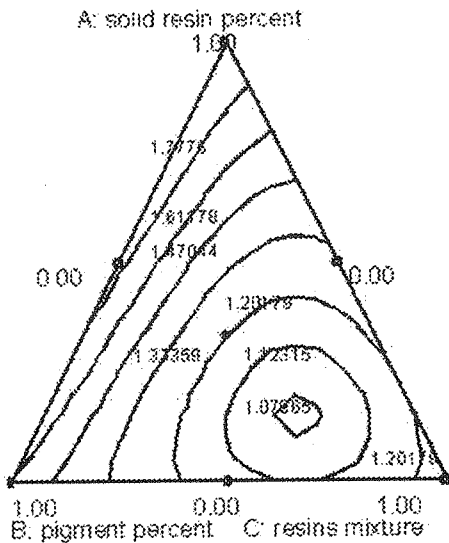
همان‌طور که در نمودارهای برآقیت، چسبندگی، سایش و ضریب اصطکاک مشاهده می‌کنیم فاکتور مخلوط دو رزین، در نتیجه آزمایش‌ها بسیار تاثیر گذار است. ساختار سه بعدی سطح لاتکس با Tg بالا نشان می‌دهد که تشکیل فیلم در دمای اتاق اتفاق نمی‌افتد و بعد از خشک شدن، ذرات سخت بدون انعقاد هستند و به هم فشرده (Pack) شده‌اند؛ اما در مورد لاتکس نرم نشان می‌دهد که بعد از ۴۸ ساعت در دمای اتاق کاملاً انعقاد اتفاق افتاده است و ضریب زبری (Roughness) بسیار پایین است [۴].



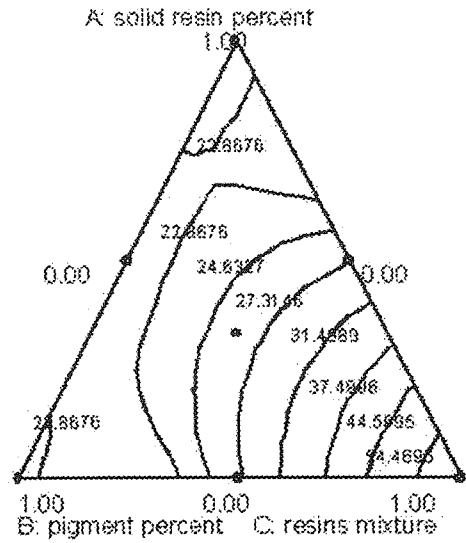
شکل (۱۱): نمودار ضریب اصطکاک آبی



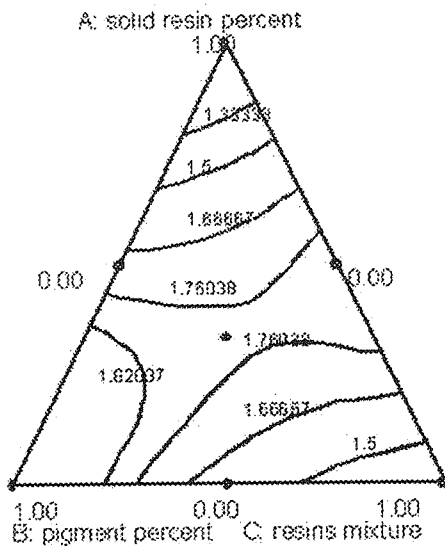
شکل (۸): نمودار ساییش آبی



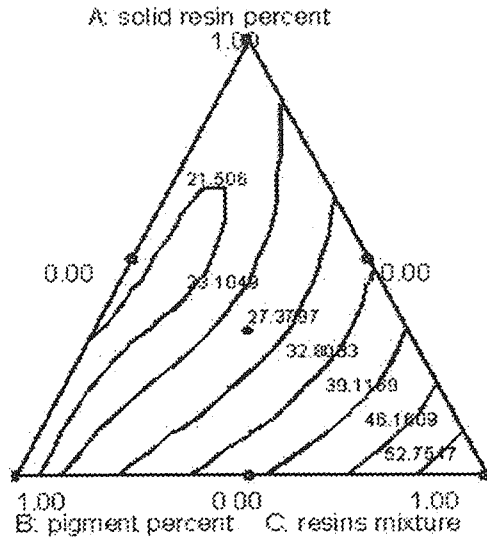
شکل (۱۲): نمودار ضریب اصطکاک قرمز



شکل (۹): نمودار ساییش قرمز



شکل (۱۳): نمودار ضریب اصطکاک زرد



شکل (۱۰): نمودار ساییش زرد

قرمز و زرد مشترک است انتخاب شد و در آن نقطه، مرکب هایی از خمیر قرمزی که از پیگمنت تهیه شده بود و خمیرهای با فام آبی، قرمز و زرد آماده ای که خریداری شده بود؛ ساخته شد که خواص آن در جدول (۵) آمده است.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله سه فاکتور مقدار جامد رزین و مقدار پیگمنت و نسبت مختلف مخلوط دو رزین مختلف را بررسی کردیم. نسبت رزین ها تاثیر بیشتری در مقایسه با فاکتورهای دیگر بر روی خواص نهایی مرکب گذاشته است. دو رزین، دمای انتقال شیشه‌ای مختلف دارند و در نسبت بیشتر رزین نرم به رزین سخت (بالای ۵۰٪) یک توزیع یکنواخت از ذرات رزین های سخت انعقاد نشده در شبکه ذرات رزین های نرم وجود دارد و همین امر باعث تقویت ماتریس فیلم تشکیل شده می‌شود و وجود انعقاد کننده نیز باعث انعقاد جزئی ذرات سخت می‌شود و باعث تقویت بیشتر ماتریس می‌شود؛ بنابراین یک فیلم صاف تر، هموارتر و مستحکم تر به وجود می‌آید لذا خواصی همچون براقیت، سایش و چسبندگی ذرات پلیمر به یکدیگر و به زمینه بیشتر می‌شود و ضریب اصطکاک کاهش می‌یابد و هرچه میزان رزین در این نسبت افزایش یابد خواص مرکب بهتری می‌شود. خواصی مانند براقیت، سایش، چسبندگی و ضریب اصطکاک وابسته به رزین است و میزان خمیر (پیگمنت) تاثیری بر این خواص ندارد، پس با افزایش مقدار پیگمنت و کاهش مقدار رزین خواص مرکب ضعیف تر می‌شود. مقدار بهینه فاکتورها در مرکب فلکسوگرافی پایه آبی در هر فام در شکلهای (۱۴)، (۱۵)، (۱۶) آمده است خمیر پایه آبی نیز از پیگمنت مخصوص مرکب فلکسوگرافی پایه آبی ساخته شد و خواص-های مرکب‌های ساخته شده از این خمیر و خمیرهای

در فاکتور مخلوط دو رزین، یکی از رزین ها رزین نرم یا با Tg پایین است (Neocryl ۱۰۹۴) و رزین دیگر رزین سخت تر یا با Tg بالاتر است (Neocryl ۱۰۹۵). وقتی نسبت رزین سخت به رزین نرم بالا باشد کمترین دمای تشکیل فیلم مخلوط بالا است و ذرات انعقاد نشده موجود هستند و به صورت منظم فشرده نشده‌اند، لذا سطح نایکنواخت و زبری سطح بالاست. در این نسبت، ذرات سخت کاملاً به وسیله ذرات نرم پوشانده نشده اند و به نظر می‌رسد که ماتریس مداومی ایجاد نشده است، لذا ضریب اصطکاک؛ که نشان دهنده یکنواختی و صافی سطح است، بالاست و براقیت؛ که به تشکیل فیلم یکنواخت به وسیله رزین مربوط است، پایین است و با افزایش مقدار رزین تاثیر در براقیت نداریم همچنین چسبندگی به یکدیگر و چسبندگی به زمینه و ثبات سایشی مرکب کاهش می‌یابد.

وقتی نسبت رزین نرم به رزین سخت افزایش یابد کمترین دمای تشکیل فیلم مخلوط رزین‌ها پایین است. در اینجا ذرات سخت کتولسنس نشده در ماتریس پلیمر نرم توزیع و دیسپرس شده اند که باعث تقویت ماتریکس پلیمر نرم می‌شود در چنین حالتی زبری سطح کاهش می‌یابد؛ لذا ضریب اصطکاک فیلم تشکیل شده پایین است و چون سطح صاف و یکنواخت داریم براقیت نیز در چنین حالتی افزایش و ثبات سایشی مرکب بهبود و چسبندگی به یکدیگر و چسبندگی به زمینه نیز افزایش و با افزایش مقدار رزین چسبندگی بهبود می‌یابد.

۶- بهینه سازی

اگر مقدار براقیت و چسبندگی و سایش و ضریب اصطکاک را در یک محدوده قابل قبولی محدود کنیم آنگاه می‌توان در مثلث مکعب مخصوص محدوده‌ای را یافت که خواص هر نقطه از آن در محدوده قابل قبول است. مقدار بهینه فاکتورها را می‌توان در شکل های (۱۴)، (۱۵)، (۱۶) برای رنگ‌های آبی، قرمز و زرد دید. نقطه‌ای که در نمودارهای بهینه مرکب های آبی،

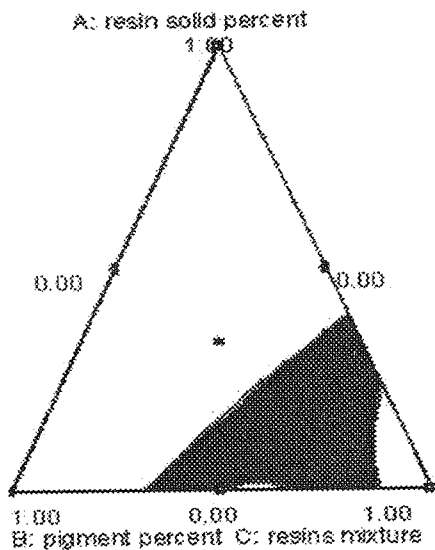
جدول (۵): نتایج خواص مرکبها با خمیرهای مختلف در نقطه بهینه

خواص مرکب	براقیت		چسبندگی	سایش	ضریب اصطکاک
	۲۰ درجه	۶۰ درجه			
مرکب از خمیر قرمز ساخته شده	۲۳	۶۷	۴.۵ B	۳۲	۱.۰۵
مرکب از خمیر آبی آماده	۲۶	۷۰	۴.۵ B	۲۸	۱.۰۷
مرکب از خمیر قرمز آماده	۲۵	۶۶	۴.۵ B	۴۰	۰.۸۵
مرکب از خمیر زرد آماده	۲۴	۶۵	۴ B	۲۰	۰.۹۵

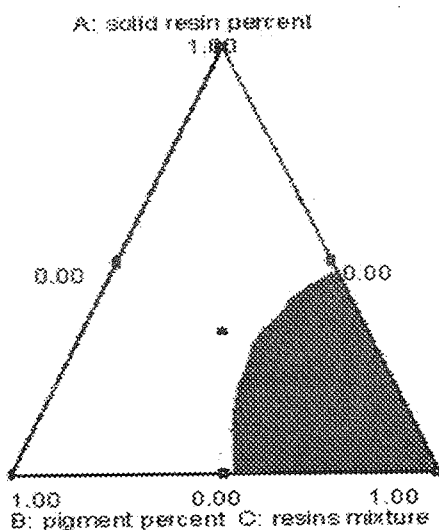
آماده خریداری شده در نقطه‌ای مشترک در محدوده بهینه شده، مقایسه شد. خواص مرکب تهیه شده از خمیر ساخته شده قابل قبول است و مانند خواص مرکب‌های ساخته شده از خمیرهای آماده خریداری شده است.

۶- منابع

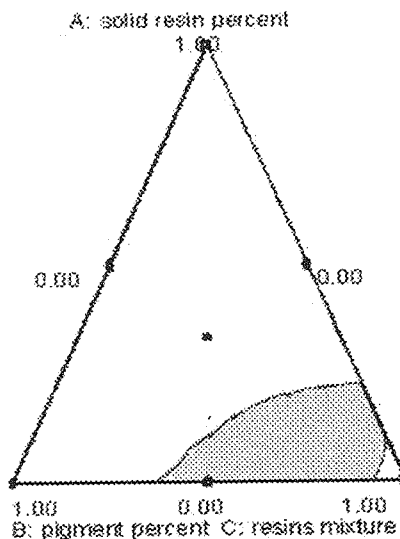
- [۱] A Peters , P Honen , A Overbeek , S Griffioen , T Annable , *surface coating international part B* , vol 84 ,B3 ,pp 189 – 195, 2001
- [۲] A Peters , P Honen , A Overbeek , S Griffioen , T Annable , *surface coating international part B* , vol 84 ,B4 ,pp 249 – 253, 2001
- [۳] A.C.I.A Peters ,G.C. Overbeek, T Annable , *Progress in organic coatings* , vol 38 pp 137 – 150, 2000
- [۴] A J Fream , S E Magnet , *surface coating international* , vol 9, pp 447 – 454 , 2000
- [۵] Graham Sewell , *pigment & resin technology* , vol 27, No.3 , pp 173 – 174 , 1998
- [۶] John W.Nicholson , *pigment & resin technology* , vol 26 ,No.3 , pp 161 – 164 , 1997
- [۷] P wissling , *surface coating international* , vol 7 , pp 335 – 339 , 1999
- [۸] Bseath , *surface coating international* , vol 9 , pp 448-450 , 1999
- [۹] Bodo Muller , *pigment & resin technology* ,vol 30 , No.4 , pp 203 – 209 , 2001
- [۱۰] samanthal.pugh , james T .Guthrie , *Dyes and pigments* , 55 pp 109 – 121 , 2002
- [۱۱] John Clayton , *pigment & resin technology* , vol 27 , No.4 , pp 231 – 239 , 1996
- [۱۲] Toshihide Fujitani , *Progress in organic coatings* , vol 29 , pp 97 – 105, 1996
- [۱۳] M Stones , T Easton , *surface coating international* , vol 11 pp 549 – 552, 1999
- [۱۴] G Hobisch , I Kriebman , W Staritzbichler , *surface coating international part A* , issue 7,pp 277 – 280, 2003
- [۱۵] Jan Zwinsel man , RegulaZiegler , *European coatings journal* , vol 5 ,pp 235 – 243 , 1990
- [۱۶] B . Havlinova , V.Cicak , V.Brezova , *Journal of materials science* , vol 34 pp 2081 – 2088 , 1999
- [۱۷] R.Woodbridge , *principles of paint formulation* , Chapman & Hall , 1991



شکل (۱۴): نمودار بهینه مرکب آبی



شکل (۱۵): نمودار بهینه مرکب قرمز



شکل (۱۶): نمودار بهینه مرکب زرد