

رنگهای مقاوم در برابر حکاکی برای تابلوهای مدار چاپی

Etch-Resist Paints for Printed Circuit Boards

سید علی هاشمی، حمید پیروزر

مرکز تحقیقات پلیمر

واژه های کلیدی:

رنگ ، حکاکی ، اسید مقاوم ، تابلوهای مدار چاپی ، روزن

چکیده

امروزه رنگ در صنعت الکترونیک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. از جمله رنگهایی که به ویژه در تابلوهای مدارچاپی مورد استفاده قرار می‌گیرند، رنگهای مقاوم در برابر حکاکی می‌باشند. در این مقاله روش ساخت و فرمولبندی نوعی رنگ اسید مقاوم و محلول در فلزا با استفاده از رزین طبیعی مورد بحث قرار می‌گیرد. از این رنگ مقاوم به هنگام حکاکی تابلوهای مدار چاپی استفاده می‌شود. در ضمن رنگ مقاومی که متعلق به یک کارخانه ژاپنی است مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج تجزیه آن امکان ساخت و فرمولبندی رنگ مقاوم در برابر حکاکی را نشان می‌دهد.

مقدمه

با وجود اینکه بحث در زمینه رنگ و کاربرد آن برای محصولات گوناگون امری عادی شده است، ولی در مورد رنگهای مصرفی روی تابلوهای مدارچاپی (printed circuit boards)، کمتر سخن به میان آمده است. شاید علت این باشد که چنین رنگهایی مصرف ویژه دارند و تولیدکنندگان تابلوهای مدار چاپی در داخل کشور ترجیح می‌دهند که رنگ و حتی تابلوهای چاپ شده را وارد کنند.

از تابلوهای مدارچاپی در صنعت الکترونیک مانند رادیو، تلویزیون، کامپیوتر و سایر تجهیزات الکترونیکی که نیاز به کنترل دارند استفاده می‌شود. این تابلوها، نگهدارنده قطعات الکترونیکی مختلف مرتبط باهم اند. رنگهای مقاومی که روی تابلوهای مدارچاپی اعمال می‌شوند، گوناگون اند. رنگهای مقاوم در برابر حکاکی (etch resist) با اسید و مقاوم در برابر لحیم (solder resist) از جمله این رنگها به شمار می‌روند. روش ساخت و شناسایی نوعی رنگ مقاوم مخصوص حکاکی (etching) که در برابر عمل اسیدکاری هنگام حکاکی تابلوهای مدارچاپی مقاوم و در قلیای ضعیف انحلال پذیر است، موضوع مورد بحث در این

مقاله می‌باشد. ولی، برای آشنایی با چگونگی کاربرد این رنگها ابتدا به فرایند تولید تابلوهای مدارچاپی اشاره می‌شود.

جنس تابلوهای مدارچاپی معمولاً فنولی است که روکش مسی با ضخامت یکسان روی آن قرار دارد. برای انتقال طرح یا نقشه مدار روی تابلو مدار چاپی، ابتدا طرح مدار توسط مهندس الکترونیک در صفحه شفاف (transparent) کشیده می‌شود. سپس، توسط فیلم اصلی (film) (master) به روش نورچاپی (photo printing) یا تورچاپی (screen printing) این طرح یا نقشه روی تابلو چاپ می‌شود. در چاپ به روش تورچاپی یک شابلون مورد استفاده قرار می‌گیرد. شابلونها از یک چارچوب (چوبی یا فلزی) تشکیل شده‌اند که توری با اندازه سوراخ یکسان روی آن نصب شده است. هنگام نصب توری باید دقت شود که کشش توری از چهار طرف مقدار یکسانی باشد. توریها معمولاً از جنس نایلون یا پلی استر می‌باشند. در کشور ما، چاپ به روش تورچاپی بیشتر متداول است. چاپ و طرح در روش تورچاپی توسط رنگ مقاوم در برابر حکاکی انجام می‌گیرد که پس از آن با یک حک کننده (etchant) مناسب (FeCl₃)، عمل برداشت قسمتهایی از ورقه مسی که توسط رنگ یاد شده محافظت نمی‌شود، صورت می‌گیرد. سپس، رنگ مقاوم در برابر حکاکی نیز از روی سطح برداشته می‌شود. بدین ترتیب، عمل حکاکی روی تابلو انجام می‌شود. امروزه، آمونیاک به دلیل سرعت بیشتر عمل حکاکی و خوردگی کمتر روی سطح تابلو، مصرف بیشتری دارد. در مرحله بعد عمل منگنه زنی تابلو، جهت نصب لوازم الکترونیکی انجام می‌گیرد و سپس رنگ مقاوم در برابر لحیم روی تمام سطح تابلو اعمال می‌شود. پس از کارگذاری لوازم الکترونیکی روی تابلو، برای تثبیت آنها در مکانهای مورد نظر، تابلو در حمام حاوی قطع مذاب فرو برده می‌شود.

در ساخت رنگ مقاوم در برابر حکاکی، انتخاب رزین پایه اهمیت زیادی دارد. بنابراین در قسمت بعد ضمن اشاره به عوامل موثر در انتخاب رزین، تعدادی از رزینهای مناسب برای این رنگ مقاوم مطرح می‌شوند و از میان آنها، ساختار شیمیایی و چگونگی اصلاح یکی از رزینهای مصرفی بررسی می‌گردد و آنگاه خلاصه کارهای انجام شده در

Key Words: paint, etching, acid resist, printed circuit boards, rosin

زمینه فرمولبندی و شناسایی رنگ مقاوم در برابر حکاکی ارائه می شود [1,2,4].

عوامل موثر در انتخاب رزین

در انتخاب یک رزین مناسب برای ساخت رنگ مقاوم در برابر حکاکی عوامل مختلفی دخالت دارند که مهمترین آنها عبارتند از:

- گرانی
- سرعت واکنش
- زمان خشک شدن
- مقاومت در برابر اسید (اسیدهای مصرفی در فرایند حکاکی تابلوهای مدارچاپی)
- انحلال پذیری در قلیای ضعیف
- پایداری شیمیایی
- قیمت

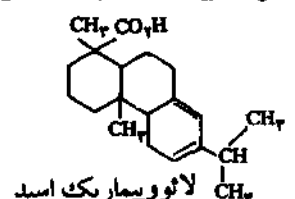
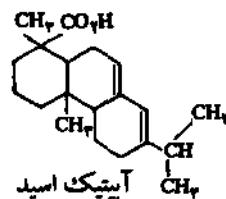
با توجه به عوامل بالا، رزینهای پیشنهادی برای ساخت رنگ مقاوم یادشده عبارتند از:

- رزین پلی آکریلات اصلاح شده توسط ملاتین،
- رزین فنولی به همراه پلی وینیل بوتیرال،
- کوپلیمر وینیل کلرید به همراه استرهای مالئیک،
- رزینهای طبیعی اصلاح شده توسط مالئیکها یا برخی رزینهای ستیری (نظیر فنولها).

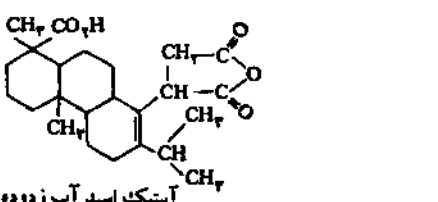
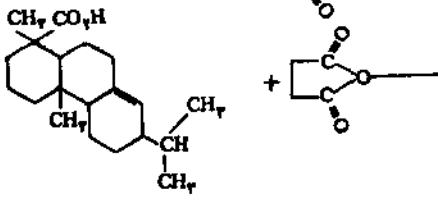
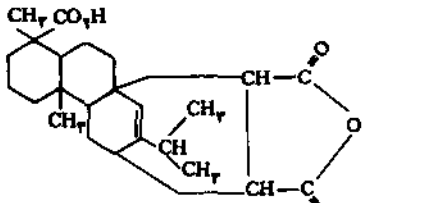
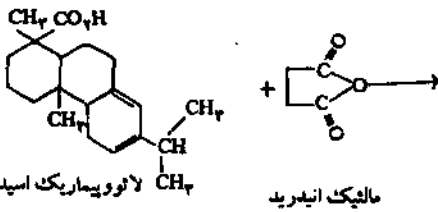
از میان رزینهای پیشنهادی، رزینهای طبیعی اصلاح شده، ارزش خاصی دارند. این رزینها با اصلاحاتی که روی آنها انجام می گیرد، علاوه برداشتن خواص مورد نظر، از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه اند. نوعی رزین که در صنعت پوشش سطوح به ویژه رنگهای مقاوم مخصوص حکاکی تابلوهای مدارچاپی و بعضی مصارف فلکسوگرافی (flexographic)، کاربرد دارند رزین است [5].

ساختار رزین و اصلاحات لازم روی آن

رزین یا کلو فونی (rosin or colophony)، رزینی طبیعی است. این ماده از شیره درختان کاجی که در مناطق معتدل می رویند تهیه می شود. این رزینها به تنهایی در روغنهای جلا مصرف می شوند. رزین از مخلوط اسیدهای چرب تشکیل شده است که درصد عمده آن را آبتیک اسید تشکیل می دهد. ساختار دونوع از این اسیدها، آبتیک اسید و لاوویماریک اسید، در زیر آمده است (لاوویماریک اسید از گرم کردن آبتیک اسید به دست می آید).

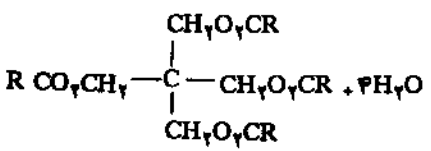
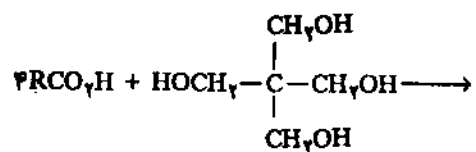


از خواص مهم رزینها می توان به ارزش اسیدی ۱۷۰-۱۶۵ mgKOH/g، ارزش صابونی شدن ۱۸۰-۱۷۰ و نقطه ذوب ۸۰°C، اشاره کرد. همان طور که مشاهده می شود رزینها ارزش اسیدی بالایی دارند که برای مصرف آنها در پوشش سطوح باید آن را کاهش داد. چون در غیراین صورت به علت ارزش اسیدی بالا قابلیت جذب آب فیلم رنگ را افزایش می دهند و باعث خوردگی سطح می شوند. از جمله اصلاحاتی که روی رزین انجام می گیرد و آن را برای مصرف در پوشش سطح، به ویژه رنگهای مقاوم حکاکی، مناسب می کند. مالئین دار کردن رزین توسط مالئیک انیدرید یا فوماریک اسید است. امروزه از فوماریک اسید به دلیل فراریت کم استفاده نمی شود. واکنش دو نوع از اسیدهای رزین با مالئیک انیدرید به این ترتیب است:



معمولا اصلاحات روی رزین با استفاده از گروه کربوکسیلیک اسید یا پیوند دوگانه اسیدهای رزین انجام می گیرد. در مالئین دار کردن رزین، همان طور که مشاهده می شود، این اصلاح از راه پیوند دوگانه صورت می گیرد. با این عمل ارزش اسیدی به ۱۳۵-۱۱۵ mgKOH/g کاهش می یابد که همچنان بالاست و برای رنگ مقاوم در برابر حکاکی مناسب نیست. بنابراین، اصلاحات دیگری مورد نیاز است. استری کردن اسیدهای رزین توسط یک پلی اول، از جمله اصلاحاتی است که روی رزین صورت می گیرد و ارزش اسیدی آن را می تواند تا mgKOH/g ۲۰ کاهش دهد. این اصلاح تا حد لازم انجام می گیرد و ارزش اسیدی

کافی از این عمل به دست می آید. پلی اولی که معمولا مصرف می شود، گلیسرول یا پنتاریتریول است که از دومی به دلیل داشتن چهار عامل فعال (OH-) و تشکیل سریعتر پیوندهای عرضی در روزین، بیشتر مصرف می شود. در اینجا واکنش از راه گروه کربوکسیل و توسط عمل استری شدن، انجام می گیرد. واکنش زیر اصلاح گروه کربوکسیلیک اسید روزین توسط پنتاریتریول را نشان می دهد [6]



نتایج و بحث

برای ساخت رنگ مقاوم در برابر حکاکی، ابتدا رنگ مقاوم WR-410 از کارخانه آسامی ژاپن تجزیه شد. این رنگ در کارخانه های داخل کشور مصرف می شود و تجزیه آن کمک زیادی به ساخت رنگ مقاوم در برابر حکاکی می کند.

تجزیه رنگ مقاوم WR-410

شناسایی رزین مصرفی در رنگ: برای شناسایی پایه رزینی این رنگ مقاوم، ابتدا رنگ توسط حلال رقیق می شود و در یک دستگاه مرکز گریز (سانتریفوز) قرار می گیرد. مواد جامد موجود در رنگ در اثر سرعت بالای دستگاه مرکز گریز رسوب می کند. آنگاه، فاز مایع از رسوب جداسازی و با تبخیر حلال یا استفاده از ضد حلال (مانند آب)، رزین از فاز مایع جدا می شود. با جداسازی دقیق می توان رزین مصرف شده در رنگ را به طور تقریبا خالص به دست آورد. در مرحله بعد برای شناسایی رزین طیف IR یا FTIR گرفته می شود. در شکل 1 طیف IR رزین یاد شده به همراه طیف استاندارد آن از اطلس IR [8] برای مقایسه ارائه شده است.

همان طور که مشاهده می شود، شباهت زیادی میان دو طیف IR وجود دارد، ولی به دلیل خالص نبودن رزین جداسازی شده، پیکها یا همپوشانیهای در طیف به وجود آمده است. به عنوان مثال، پیکی که در ناحیه 800 cm^{-1} مشاهده می شود، پس از بررسیهای به عمل آمده معلوم شد که مربوط به رنگدانه آلی مصرفی در رنگ است که به طور کامل از رزین جدا نشده است. در هر حال از نتایج به دست آمده می توان نتیجه گرفت که رزین مصرفی در این رنگ از نوع رزینهای طبیعی اصلاح شده است و این اصلاح احتمالا توسط ترکیبهای فنولی انجام گرفته است.

شناسایی افزودنیهای رنگ: مواد جامد موجود در رنگ پس از جداسازی کامل در میکروسکوپ الکترونی قرار داده شد تا درصد عناصر به کار رفته در آن مشخص شود. نتایج به دست آمده از این قرار است:

عنصر:	درصد وزنی
سیلیسیم:	۲۱/۵۴
آهن:	۲/۷۱
کلسیم:	۱/۲۹
آلومینیم:	۰/۹۴
مس:	۲/۹۹

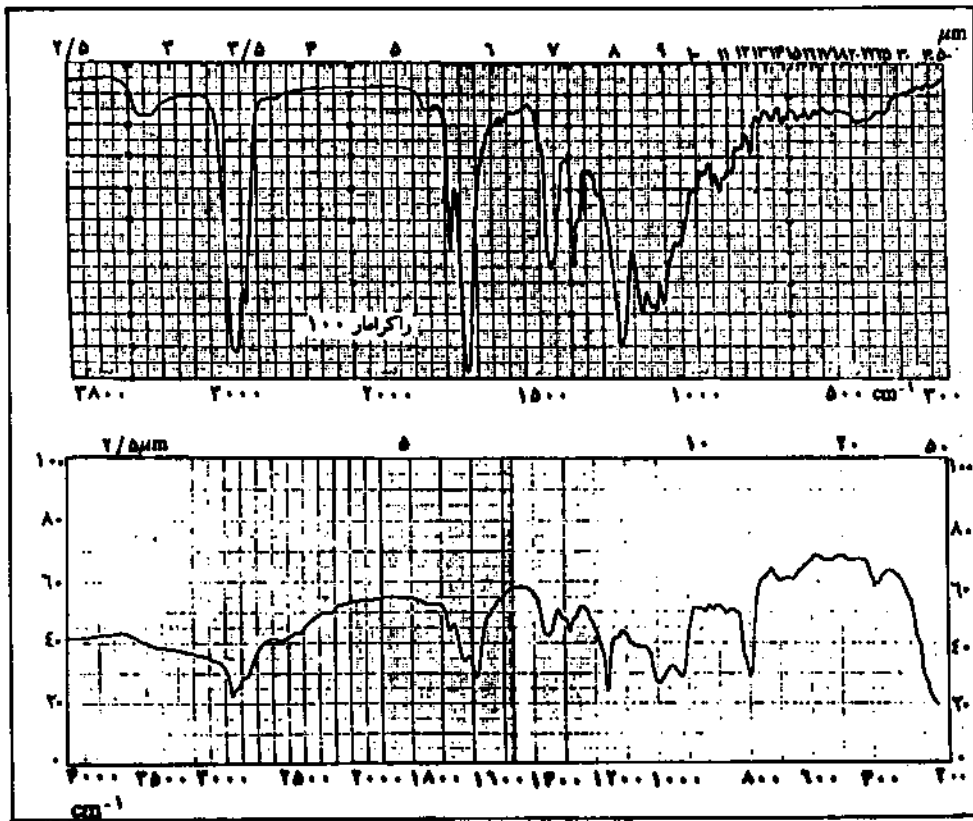
با توجه به نتایج به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی، سیلیسیم درصد عمده عناصر موجود در رنگ را به خود اختصاص می دهد. با توجه به اینکه بخش عمده مواد افزودنی در رنگ را پرکنندهها تشکیل می دهند، احتمال وجود پرکننده حاوی سیلیسیم در آن زیاد است. شناسایی رنگدانه مصرفی: شواهد حاصل از آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی و همچنین طیف IR، وجود رنگدانه آلی را در این رنگ به اثبات می رساند. رنگدانه مصرفی در این رنگ مقاوم، فتالوسیانین مس است که با توجه به ثبات بالای این رنگ مناسب به نظر می رسد.

شناسایی حلال مصرفی: برای شناسایی حلال مصرفی ابتدا نقطه جوش و ضریب شکست آن اندازه گیری شد. سپس، با تقطیر جزء به جزء حلالهای مختلف مصرفی جداسازی شدند. شواهد نشان می دهد که یک حلال اصلی، عمده حلال مصرفی را تشکیل می دهد و به مقدار کمی از مخلوط چند حلال فرعی نیز استفاده شده است. از حلال اصلی طیف IR گرفته شد که پس از بررسی آن و با توجه به نقطه جوش و ضریب شکست به دست آمده، وجود حلال اصلی سیکلو هگزانول به اثبات رسید.

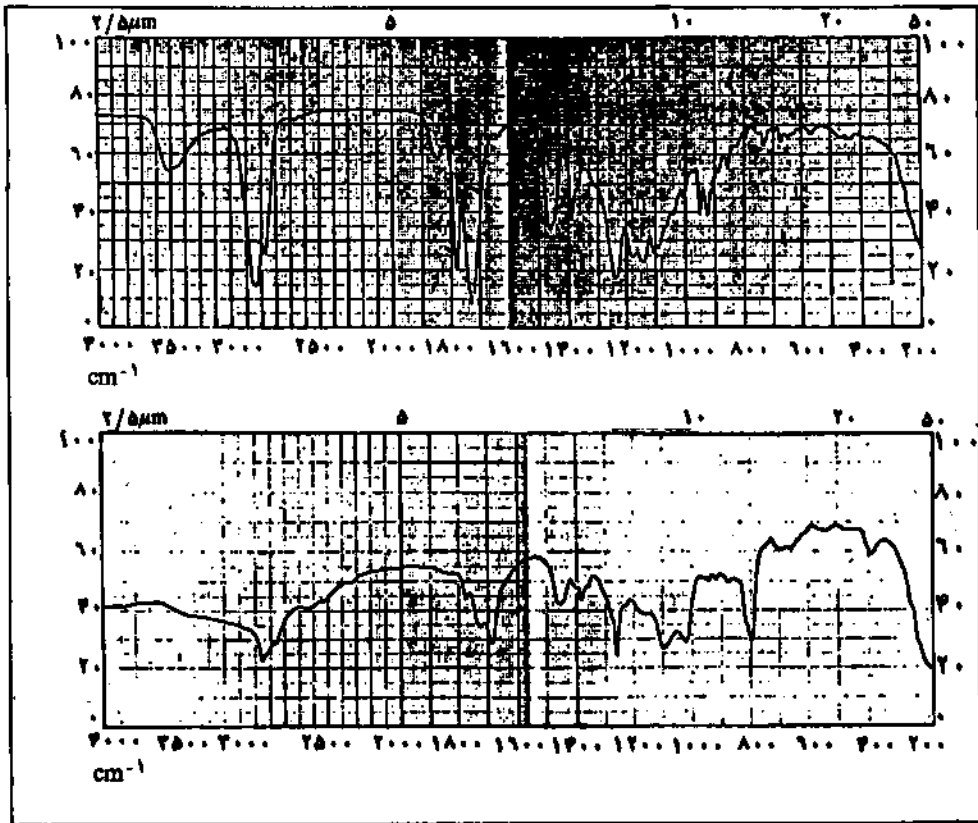
ساخت و فرمولبندی رنگ مقاوم در برابر حکاکی

با توجه به اطلاعات به دست آمده و همچنین نتایج تجزیه رنگ مقاوم WR-410، می توان این رنگ مقاوم را ساخت. پس از بررسیهای به عمل آمده روی رزین مصرفی در این رنگ و با توجه به خواص مورد نظر، رزینی انتخاب شد که از نوع روزین اصلاح شده با مالئیک انیدرید و پنتاریتریول است. ارزش اسیدی نوع اصلاح شده بسیار اهمیت دارد. طیف IR رزینی که برای ساخت این رنگ مقاوم انتخاب و تهیه شد با طیف رزین مصرفی در رنگ WR-410 در شکل 2 مقایسه شده است.

همان طور که مشاهده می شود این دو رزین از جهات زیادی شبیه یکدیگرند، یعنی هر دو روزین اصلاح شده اند، ولی نوع اصلاح فرق دارد. رزینی که از تجزیه رنگ WR-410 به دست می آید، روزین اصلاح شده با ترکیبهای فنولی است، ولی روزین مصرفی جهت ساخت رنگ مقاوم در برابر حکاکی روزین اصلاح شده با پنتاریتریول و مالئیک



شکل ۱- مقایسه طیف IR رزین حاصل از تجزیه رنگ مقاوم ژاپنی با رزین راکرامار ۱۰۰ (Rakramar 100) از اطلس IR [8]



شکل ۲- مقایسه طیف IR رزین حاصل از تجزیه رنگ مقاوم ژاپنی با رزین تهیه شده

انیدرید است. برای فرمولبندی رنگ و تهیه رنگ مناسب آزمایشهای متعددی انجام گرفت که در جدول ۱ فرمولبندی برخی از رنگهای ساخته شده آمده است.

جدول ۱ - فرمولبندی رنگهای مختلف مقاوم در برابر حکاکی

رنگ	HP۱	HP۲	HP۳	HP۴	HP۵	HP۶	HP۷	HP۸	HP۹	HP۱۰	مواد مصرفی (8)
رزین	۴۵	۴۲	۴۰	۳۸	۳۷	۳۷/۵	۳۷/۵	۳۷/۵	۳۷/۵	۳۷/۵	رزین
حلال	۲۴	۲۷	۲۹	۳۱	۳۲	۳۱/۵	۲۸	۲۹/۵	۳۰	۳۱/۵	حلال
پرکننده	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۵	۲۸	۲۸	۲۷	پرکننده
مواد افزودنی	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲/۵	۲	مواد افزودنی
رنگدانه	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	رنگدانه

HP علامت اختصاری برای رنگهای ساخته شده است.

اثر خوردگی کمتری مشاهده شد که نشانه بهبود نمونه بود. در نمونه‌های بعدی بازم درصد رزین مصرفی کاهش داده شد تا سرانجام در نمونه HP۵ با ۳۷٪ رزین، برخلاف انتظار، رنگ نه اسید مقاوم بود و نه چسبندگی لازم را داشت. این نتیجه اهمیت درصد رزین مصرفی در رنگ را نشان می‌دهد. به همین دلیل پس از آزمایشهای مکرر در نمونه HP۶ حد ایده‌آلی از رزین مصرفی به دست آمد. این نمونه علاوه بر داشتن مقاومت خوب در برابر اسید به راحتی توسط قلیای ضعیف برداشته می‌شد، ولی اشکالاتی از نظر خواص فیزیکی وجود داشت که در نمونه‌های بعدی این مشکلات نیز رفع شد. سرانجام، در نمونه HP۱۰ خواص مورد نظر به دست آمد.

پس از تهیه رنگ مناسب، زمان خشک شدن آن در دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت و با نمونه رنگ WR-۴۱۰ مقایسه شد (شکل ۳). همان طور که مشاهده می‌شود شباهت فراوانی بین خواص وجود دارد، ولی به دلیل تفاوت در رزین و حلال مصرفی، رنگ HP۱۰ سریعتر از نمونه WR-۴۱۰ روی سطح تابلو، به ویژه در دماهای پایین، خشک می‌شود. پس از آزمایشهای مکرر که برای تهیه رنگی با خواص مورد نظر انجام گرفت معلوم شد که به هنگام ساخت این رنگ و انواع مشابه عوامل موثر گوناگونی اهمیت پیدا می‌کنند که در اینجا به چند نمونه اشاره می‌شود.

همان طور که مشاهده می‌شود، در رنگ HP۱ درصد بالایی از رزین وجود دارد. به علت مقاومت بالای رنگ در هنگام اسیدکاری و با توجه به ارزش اسیدی رزین مصرفی می‌توان درصد بالایی از رزین را در رنگ مصرف کرد. بقیه مواد با توجه به خواص مورد نظر و درصد مورد نیاز به رنگ اضافه می‌شود.

روش بررسی خواص رنگ به دست آمده در هر آزمایش بدین ترتیب است که رنگ روی تابلو مدار چاپی اعمال و عمل حکاکی توسط فریک کلرید (FeCl₃) و قلیای ضعیف (سود ۳٪)، انجام می‌گیرد. نتایج به دست آمده در مورد رنگ HP۱، حاکی از مقاومت بالا در برابر اسید و چسبندگی عالی رنگ روی سطح تابلو بود، ولی برداشت رنگ از روی سطح نیاز به قلیای قوی (سود ۵۰٪) دارد. ولی علاوه بر مقاومت بالا در برابر اسید، برداشت راحت توسط قلیای ضعیف نیز اهمیت دارد، زیرا هزینه برداشت و انحلال رنگ را کاهش می‌دهد. البته قابل توجه است که آزمایش رنگ روی تابلوهای مدار چاپی هم در آزمایشگاه و هم در محیط کارخانه انجام گرفت تا شرایط محیطی نیز در نظر گرفته شود. در این آزمایشها علاوه بر برداشت مشکل رنگ از روی تابلو، خوردگی شدید هم کاملاً مشهود بود که علت آن قدرت اسیدی بالای رنگ بود. به علاوه مشکلات دیگری نظیر درشتی اندازه ذرات موجود در رنگ هم وجود داشت که سعی شد در آزمایشهای بعدی رفع شوند.

مصرفی و گرانروی آن اشاره کرد. اندازه ذرات به ویژه هنگام چاپ بسیار اهمیت دارد. اندازه ذرات باید از اندازه مش توری شابلون کمتر باشد تا باعث گرفتگی توری شابلون نشود. به علاوه، از به هم پیوستن ذرات باید تا حد امکان جلوگیری کرد. با توجه به آزمایشهای انجام شده، اندازه ذرات ۲۰ تا ۶۰٪ گرانروی مناسب را برای رنگ ایجاد می‌کند. اثر اندازه ذرات روی چسبندگی به سطح هم قابل توجه است.

- رنگدانه مصرفی باید از نوعی انتخاب شود که قابلیت توزیع یکواخت در رنگ رداشته باشد. به علاوه، رنگدانه باید دارای ثبات بالایی باشد که در شرایط مختلف کار دچار دگرگونی نشود.

- استفاده از درصد بالای رزین در فرمولبندی رنگ، همان طور که اشاره شد، باعث خوردگی سطح تابلو می‌شود. ارزش اسیدی بالای رنگ و همچنین استفاده از قلیای قوی جهت خنثی کردن رنگ و انحلال آن باعث این خوردگی می‌شود و کوچکترین خوردگی روی سطح تابلو به اتصال نقاط ناخواسته مختلف نقشه مدار روی تابلو منجر می‌شود. بنابراین، نباید هیچ‌گونه خوردگی روی سطح تابلو وجود داشته باشد.

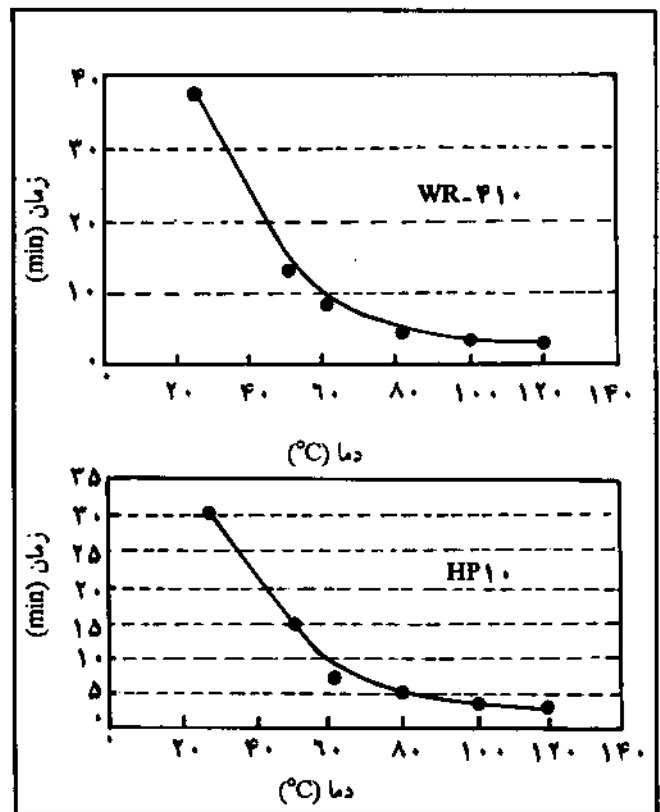
نتیجه‌گیری

از مجموع مطالب بیان شده می‌توان نتیجه گرفت که برای ساخت یک رنگ مقاوم در برابر حکاکی، یعنی رنگی که اسید مقاوم و محلول در قلیای ضعیف است، می‌توان از رزینها و مواد افزودنی مختلف استفاده کرد. بدین معنی که علاوه بر فرمولبندی و موادی که برای ساخت رنگ مقاوم مورد بحث در این مقاله مورد استفاده قرار گرفت، می‌توان فرمولبندیها و مواد دیگری را برای ساخت رنگهای مشابه انتخاب کرد. استفاده از رزین طبیعی، با اینکه در داخل کشور تولید نمی‌شود، با انجام اصلاحات لازم و دلخواه روی آن مناسب به نظر می‌رسد.

در پایان اشاره می‌شود رنگی که با روش مورد بحث در این مقاله ساخته می‌شود برای مصرف در صنعت نیاز به تغییراتی دارد که انجام آن در کارخانه سازنده امکان پذیر است [7].

مراجع

- [1] Dr. R.H. Leach, Dr. C. Armstrong, The Printing Ink Manual Pub. by Van Nostrand Reinhold (International) Co. LTD, Fourth Edition (1989).
- [2] D. K. Rider, "Adhesives in Printed Circuit Applications", J. App. Poly. Science, Vol. VI, No. 20, pp. 166-175 (1962).
- [3] Walter. C. Bosshart, "Printed Circuit Boards, Design and Technology, Mc Graw-Hill Offices, pp. 255-268 (1983).



شکل ۳- مقایسه زمان خشک شدن رنگ WR-۴۱۰ با رنگ HP۱۰ در دماهای مختلف

رنگ ساخته شده باید از لحاظ زمان خشک شدن و سرعت حکاکی حد ایده‌آلی داشته باشد. با کاهش زمان خشک شدن رنگ و افزایش سرعت حکاکی، از پیشرفت رنگ جلوگیری به عمل می‌آید. بنابراین، نقاط زیرحکاکی (underetching) و پیش آمدگی (overhang) به حداقل می‌رسد که این خود در کیفیت نقشه چاپ شده روی تابلو مدارچاپی و چگونگی اتصال نقاط مختلف مدار بسیار اهمیت دارد. اشاره می‌شود که پدیده زیر حکاکی و پیش آمدگی، بر اثر پیشرفت عمودی و افقی رنگ مقاوم روی سطح تابلو به وجود می‌آید و باعث گسترش نقاط حکک شده روی تابلو می‌شود. با برداشت سریع مس و تخلیه به موقع محلول حکک کننده می‌توان سرعت حکاکی را افزایش داد [3]. انتخاب درست رزین و حلال این مشکلات را برطرف می‌سازد. همچنین زمان خشک شدن باید در حدی باشد که رنگ مقاوم تا چاپ بعدی روی شابلون خشک نشود، چون در غیر این صورت باعث گرفتگی و بسته شدن توری شابلون می‌شود.

- عامل قابل توجه دیگر گرانروی رنگ مقاوم است. برای ایجاد ضخامت یکسانی از رنگ روی تابلو مدارچاپی، باید رنگ مقاوم گرانروی مناسب داشته باشد. از جمله عواملی که بر گرانروی اثر فراوانی دارند می‌توان به اندازه ذرات، دما، مواد افزودنی، نوع حلال و رزین

آن استوارت هی در ۲۳ ژوئیه ۱۹۲۹ در ادمونتون آلبرتا کانادا متولد شد. پس از فارغ التحصیلی از دبیرستان ادمونتون، در دانشگاه آلبرتا ثبت نام کرد و در آنجا چنان تحت تأثیر آموزشهای عالی استاد روبن ساندین واقع شد که به شیمی آلی روی آورد. وی مدارک لیسانس و فوق لیسانس را از دانشگاه آلبرتا در ۱۹۵۰ و ۱۹۵۲ گرفت و مدرک Ph.D. را از دانشگاه ایلینویز در ۱۹۵۵ دریافت کرد. وی به هنگام تحصیل در دانشگاه آلبرتا به عنوان مربی شیمی در آنجا کار می کرد و در طول تابستان ۱۹۵۲ و ۱۹۵۳ در انجمن پژوهشی ملی کانادا و دویون نور استخدام شد.

وی در ۱۹۵۵ سمتی را در آزمایشگاههای G.E. در سنکادی نیویورک پذیرفت و اکنون مدیر پژوهش و توسعه آزمایشگاههای شیمی آنجاست که ۲۰۰ دانشمند و مهندس در آن مشغول به کارند.

دکتر هی عضو انجمن شیمی آمریکا، مؤسسه شیمی دانان امریکایی، مجمع پیشبرد علوم آمریکا، فرهنگستان علوم نیویورک و چند مؤسسه و انجمن علمی دیگر است. وی بیش از ۵۰ مقاله در مجلات علمی منتشر کرده است و ۵۵ اختراع در اداره ثبت اختراعات آمریکا دارد.

جایزه IR مجله پژوهشهای صنعتی و جایزه دستاوردهای مهندسی شیمی کیرک پاتریک را در ۱۹۶۵ و ۱۹۶۷ به ترتیب برای توسعه و تجارتی کردن PPO گرفت.

دکتر هی این جوایز را نیز دریافت کرده است. انجمن مهندسان پلاستیک (۱۹۷۵)، مؤسسه پژوهشهای صنعتی (۱۹۸۱) و مؤسسه شیمی دانان امریکایی (۱۹۸۵). وی در سال ۱۹۸۱ به عنوان عضو انجمن سلطنتی لندن برگزیده شد و جایزه کارودرز را در ۱۹۸۴ دریافت کرد.

Polymer News, 1988

Vol.13, No.4

[4]Darryl Lindsey, "The Design & Drafting of Printed Circuits", Mc Graw-Hill Book Company, pp.261-7 (1986).

[5]European Coating Journal, Vol.3, P.142 (1992).

[6]Dr.P.Olding & G.Hayward, C.Chem, "Resins for Surface Coatings", Selective Industrial Training Association Limited London pp.76-110 (1987).

[7]H.R.Shmilt, "Screen Printing", Electro Plating and Metal Finishing, Vol.27, No.10, P.16-18 (1974).

[8]Hummel/Scholl, "Atlas of Polymer and Plastics Analysis", Vol.2, Part b/L, VCH Publishers, 1988.

Allan Stuart Hay

آن استوارت هی

بدون شک، پلیمرهای مهندسی در سالهای اخیر بزرگترین سهم را در پیشرفت علم درشت مولکولها داشته اند. یکی از نخستین مواد بسیار کارآمد، پلی فیلن اکسید (PPO) است که اکنون تا نزدیک ۱۰۰۰۰۰ تن در سال تولید می شود. این پلیمر، که به وسیله یک واکنش جفت شدن اکسایشی بی نظیر تولید می شود در ۱۹۵۶ توسط دانشمند پیشگام پلیمر، آن استوارت هی ابداع شد. برخلاف بیشتر شیمی دانان پژوهشگر صنعتی آمریکا، دکتر هی در ۱۹۵۹ یافته های خود را در مجله انجمن شیمی آمریکا به چاپ رساند.

واکنش جفت شدن اکسایشی که در دمای اتاق، در حضور اکسیژن، یک نمک مس (I) و یک آمین در محلول روی می دهد منحصر به فرد و غیر منتظره بود. در ۱۹۳۲ هاتر و دالردی رادیکالهایی را جفت کردند که از نمک فلزات تری هالوفنولها تولید شده بودند، ولی توضیح دادند که جفت شدن بدون حضور گروههای استخلافی هالوژن در حلقه آروماتیک روی نمی دهد. دکتر هی و همکارانش نشان دادند که جفت شدن اکسایشی با ۲- و ۶- دی متیل فنول و مشتقات ۴- کلرو و ۴- برومی آن و با ۶ و ۲ دی الکیل فنولها همراه با گروههای الکیل کوچک روی می دهد. واکنش پلیمر شدن جفت شدن اکسایشی برای تولید پلی اتیلنها و ترکیبات پلی آرو همچنین به کار می رود.

مشکلات فراورش که در مورد PPO اصلی وجود داشت در اثر مخلوط کردن آن با پلی استیرن (PS) رفع شد. پلیمر تجارتي (نوریل®) یک آلیاژ مخلوط (از PPO و PS) است. این محصول دمای انحراف گرمایی بالایی (heat deflection temperature) دارد. از نوریل به عنوان جانشینی برای فلزات در بسیاری کاربردها استفاده شده است.