

بررسی خواص روکشهای لحیم مقاوم برای تابلوهای مدار چاپی

Study on Properties of Solder Resist Paints for Printed Circuit Boards

سید علی هاشمی، حمید پیروزفر

مرکز تحقیقات پلیمر

چکیده

روکش لحیم مقاوم یکی از مهمترین روکشهای مورد استفاده در تابلوهای مدار چاپی است که قسمت عمده‌ای از تابلو را می‌پوشاند. در این مقاله چگونگی ساخت یک نوع روکش لحیم مقاوم بر پایه رزینهای اپوکسی - نوبالاک مورد بحث قرار می‌گیرد و خواص روکش ساخته شده با نوعی روکش لحیم مقاوم تجاری بر پایه رزینهای پلی استر اشباع نشده مقایسه می‌شود. بررسی خواص گرمایی و شیمیایی این دو روکش نشان می‌دهد که نمونه ساخته شده می‌تواند با موفقیت جایگزین نمونه تجاری شود. بهینه سازی خواص روکش ساخته شده می‌تواند هدف مطالعات بعدی باشد.

واژه‌های کلیدی: روکش، لحیم مقاوم، رنگدانه، شفاف، سخت کننده

Key Words: coating, solder resist, pigment, transparent, hardner

مقدمه

روکشهای مقاوم در برابر آبکاری، برخلاف دسته اول از نقاط بدون طرح محافظت می‌کنند و به هنگام آبکاری فلزی طرح مدار بدون تغییر باقی می‌مانند. دسته سوم روکشهای لحیم مقاوم را در بر می‌گیرد که موضوع مورد بحث در این مقاله است. این روکشها روی تمام سطح تابلو، بجز محل نصب لوازم الکترونیکی، اعمال می‌شوند [۱].

پایه تابلوهای مدار چاپی، کامپوزیت‌های پلیمری از رزینهای فنولی، اپوکسی یا پلی ایمیدی به همراه تقویت کننده‌های شیشه‌ای یا آرامید است. این تابلوها به شکل سخت و نرم هر دو ساخته می‌شوند. در نوع سخت معمولاً کامپوزیت اپوکسی - الیاف شیشه، ماده دی الکتریک پایه است و در نوع نرم و انعطاف پذیر از فیلمهای پلی ایمیدی یا پلی استری استفاده می‌شود [۲].

خواصی که روکشهای لحیم مقاوم باید دارا باشند عبارت‌اند از [۳]:

از دیرباز روکشهای سطح در صنعت الکترونیک کاربرد فراوانی داشته‌اند. نوعی از این روکشها که بیشتر در تابلوهای مدار چاپی مورد استفاده دارند روکشهای مقاوم می‌باشند. این روکشها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- روکشهای مقاوم در برابر حکاکی

- روکشهای مقاوم در برابر آبکاری (plating resist)

- روکشهای مقاوم در برابر لحیم کاری یا روکشهای لحیم مقاوم

این سه روکش هر کدام به نحوی قسمتهایی از تابلوهای مدار چاپی را محافظت می‌کنند. روکشهای مقاوم در برابر حکاکی به هنگام حکاکی تابلوهای مدار چاپی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روکشها از نقاط معینی که به صورت مدار روی تابلو طراحی می‌شود، محافظت می‌کنند.

استفاده می‌شود. برتری نسبی این روکشها فیلم چسبنده‌ای است که به وجود می‌آورند. این فیلم به هنگام لحیم کاری در برابر گرمای بالای ناشی از مواد مذاب مقاومت می‌کند و به راحتی از سطح تابلو بدون برجای گذاشتن هیچگونه آلودگی جدا می‌شوند [۴ و ۵].

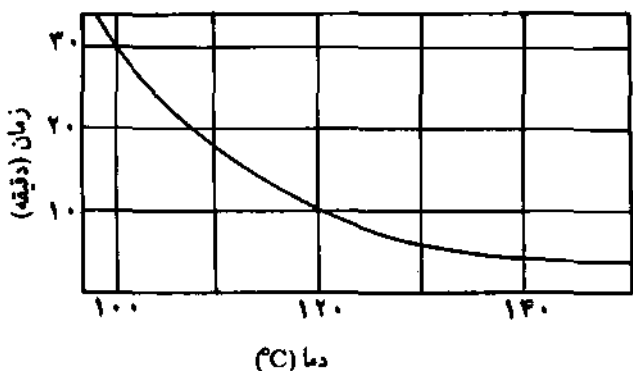
روکشهای لحیم مقاوم علاوه بر ایفای نقش اصلی از سطوح دی الکتریک بین رساناها محافظت می‌کنند. همچنین از برخورد اتفاقی رساناها با یکدیگر و تجمع رطوبت در سطح مدارها ممانعت به عمل می‌آورند. رنگ این روکشها معمولا سبز است و علاوه بر محافظت تابلو گاهی در کارهای تزئینی تابلوها هم کاربرد دارند. بدین معنی که برخی شرکتها تولید کننده وسایل الکترونیکی در رنگ روکشهای لحیم مقاوم تغییراتی داده‌اند. به عنوان مثال، رنگ قرمز را برای مدارهای جریان متناوب (AC) و رنگ سبز را برای مدارهای جریان مستقیم (DC) انتخاب کرده‌اند تا بدین ترتیب از هم تفکیک شوند [۲ و ۵].

تجربی

مواد و دستگاهها

مواد: روکش ۳۰۴-۱۲۰-PR از شرکت آسامی (Asahi)، رزین اپوکسی - نووالاک و سخت کننده پلی آمیدی از شرکت سیباگایگی (Ciba - Geigy) و فتالوسیانین مس، به رنگ سبز و آبی، از شرکت هوخست (Hoechst) تهیه شدند.

دستگاهها: دستگاههای مورد استفاده عبارت‌اند از: طیف سنجی زیر قرمز مدل فیلیس (Phillips 9712) و زیر قرمز تبدیل فوریه مدل بروکر (Bruker - IFS 48)، پرتویکس فلورسانس مدل لینک (Link - 300) و گرماسنجی پوشی تفاضلی، DSC (مدل PL-STA-780)، کریتومتر (Cryptometer)، مدل اریچسن (Erichsen) - ۲۳۷، گریندومتر (Grindometer)، مدل اریچسن - ۲۳۲. آزمایش چسبندگی به سطح توسط روش خطوط متقاطع (cross hatch method) با دستگاه برش خطوط متقاطع مدل اریچسن - ۲۹۵ صورت گرفت.



شکل ۱ - زمان سخت شدن روکش ۳۰۴-۱۲۰-PR در دماهای مختلف [۶]

پایداری گرمایی، نارسایی الکتریکی، مقاومت در برابر عملیات مکانیکی هنگام تولید تابلوهای مدار چاپی، مقاومت سایشی، چسبندگی عالی به سطح تابلو، شفافیت کافی جهت تشخیص طرح مدار از زیر لایه روکش، سخت شدن سریع، مقاومت شیمیایی بالا، ثبات شویی بالا (high wash fastness).

در فرایند تولید تابلوهای مدار چاپی، از سیستمهای روکشی زیر استفاده می‌شود:

- روکشهای لحیم مقاوم یک جزئی، به صورت هواخشک یا کوره‌ای.
- روکشهای لحیم مقاوم دو جزئی، به صورت هواخشک یا کوره‌ای.
- روکشهای لحیم مقاوم سخت شونده با پرتوهای UV.
- روکشهای لحیم مقاوم قابل برداشت (peel - off solder resist)، معمولا به صورت کوره‌ای.

تمام این سیستمها به روش تور چاپی و با دست یا خودکار روی تابلو اعمال می‌شوند. روکشهای لحیم مقاوم یک جزئی کاربرد چندانی ندارند، زیرا این روکشها به علت نیاز به حلال زیاد نه تنها باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند، بلکه خطر آتش سوزی را هم به همراه دارند. پایه رزینی این روکشها معمولا رزینهای فنولی است. این نوع روکشها تقریبا کنار گذاشته شده‌اند و مصرف ندارند.

روکشهای لحیم مقاوم دو جزئی، به ویژه در کشور ما، از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. با توجه به خواص مورد نیاز، پایه‌های رزینی مختلفی برای این روکشها پیشنهاد می‌شود:

- آلکیدهای فنولی به همراه عامل نرم کننده که این رزینها توسط گروههای خاصی (نظیر گروههای ایمیدی) اصلاح می‌شوند. این گروهها می‌توانند از اسیدهای کربوکسیلیک چند والانسی و دیولها ناشی شوند. روکشهایی که به این صورت حاصل می‌شوند، مقاوم و انعطاف پذیر است.

- اپوکسی - پلی یورتانها با برخی اصلاحات

- اپوکسی - فنولی (رزول یا نووالاک)

- سیلیکونهای اصلاح شده

- پلی استرهای اشباع نشده با برخی اصلاحات

- استر ایمیداها

روکشهای لحیم مقاوم سخت شونده توسط پرتوهای UV کاربرد وسیعی دارند. این روکشها از نظر کیفیت، سرعت کار و ایمنی نسبت به سایر سیستمها برتری قابل ملاحظه‌ای دارند. رزین مصرفی در این نوع روکشها اپوکسی - آکریلات است.

روکشهای لحیم مقاوم قابل برداشت بیشتر برای نقاط حساس یک تابلو مدار چاپی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به عنوان مثال، در تابلوهایی که مدار با تماس انگشت یا لبه تیز فلزی به جریان می‌افتد از این روکشها

نتایج

علت این است که مواد رنگدانه بسیار ریز و احتمالاً سایر مواد افزودنی به طور کامل در روکش توزیع شده‌اند. با وجود این، مقداری از مواد افزودنی و رنگدانه ته نشین می‌شوند. پس از تجزیه مواد جامد ته نشین شده توسط دستگاه پرتو ایکس معلوم شد که عنصر سیلیسیم با درصد بالا به همراه عناصر آلومینیم، اکسیژن و مس در روکش وجود دارند. به دلیل اهمیت بالا بودن مقاومت گرمایی و شیمیایی روکش، احتمال می‌رود که در آن ترکیبات سیلیکاتی به عنوان پرکننده وجود داشته باشند. ساختار صفحه‌ای این مواد به صورت ورقه‌های شش وجهی به روکش استحکام می‌بخشد.

- برای شناسایی رنگدانه موجود در روکش، روشهای مقدماتی مانند گرم کردن نمونه تا دماهای بالای 500°C به کار گرفته شد. با توجه به وزن مخصوص و مقدار رنگدانه مصرفی در روکش معلوم شد که از رنگدانه آلی در این روکش استفاده شده است. پس از جداسازی رزین از رنگدانه و با استفاده از روش شیمیایی ASTM D 3256، وجود رنگدانه فتالوسیانین مس محرز شد.

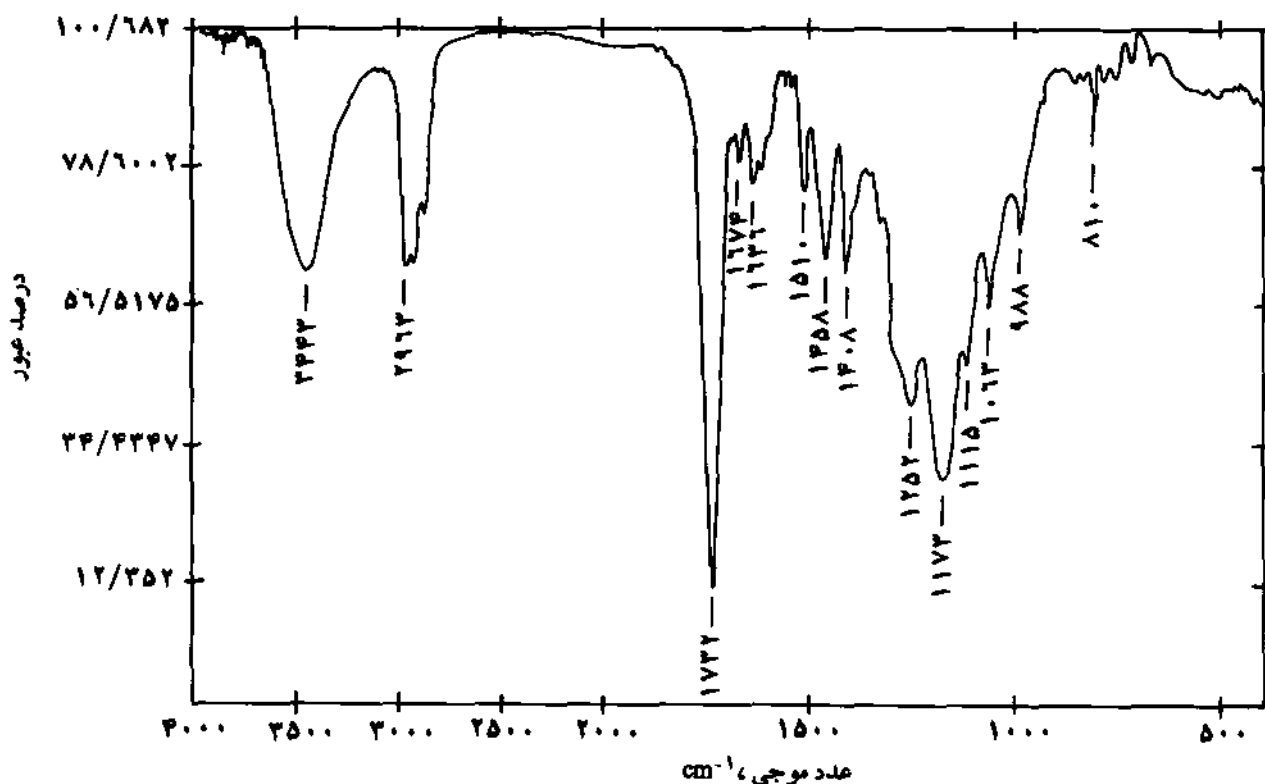
- برای شناسایی رزین مصرفی در روکش، تلاشهای زیادی جهت جداسازی آن از سایر مواد موجود انجام گرفت. ولی، از آنجا که اندازه ذرات رنگدانه در این روکش بسیار ریز بود جداسازی کامل انجام نگرفت. در هر حال، از رزین دارای اندکی ناخالصی طیف FT-IR گرفته شد (شکل ۲). پیکی که در 1732cm^{-1} مشاهده می‌شود، شدیدترین

شناسایی روکش لعیم مقاوم ۳۰-۱۲۰-PR

روکش ۳۰-۱۲۰-PR با شتاب دهنده‌ای از نوع اسیدی به نسبت ۱۰۰ به ۲ ترکیب شده و در دمای 120°C به مدت ۱۰ دقیقه سخت می‌گردد. شکل ۱ منحنی زمان سخت شدن روکش ۳۰-۱۲۰-PR را در دماهای پخت مختلف نشان می‌دهد. منحنی یاد شده تکرار پذیر است. در این قسمت آزمایشهای انجام شده و نتایج به دست آمده از بررسی و شناسایی روکش ۳۰-۱۲۰-PR به طور خلاصه ارائه می‌شود:

- برای تعیین درصد مواد جامد موجود در روکش، مقدار معینی از نمونه تا دمای 500°C گرم شد و از روی اختلاف وزن معلوم شد که حدود $1/42$ درصد از روکش را مواد جامد تشکیل می‌دهد. وجود درصد پایینی از مواد جامد در روکش یکی از دلایل مهم شفافیت قابل توجه آن است. زیرا هرچه مقدار مواد جامد موجود در رنگ کمتر باشد توزیع آنها آسانتر و تجمع ذرات ریز مشکلترا انجام می‌گیرد.

- برای جداسازی مواد جامد موجود در روکش (مواد افزودنی و رنگدانه) از رزین پایه از دستگاه سانتریفوژ استفاده شد. پس از جداسازی جزء جامد معلوم شد که مقداری از رنگدانه همچنان در محلول رزینی باقی می‌ماند و قابل جداسازی از رزین توسط دستگاه سانتریفوژ نیست.



شکل ۲- طیف FT-IR رزین مصرفی در روکش ۳۰-۱۲۰-PR

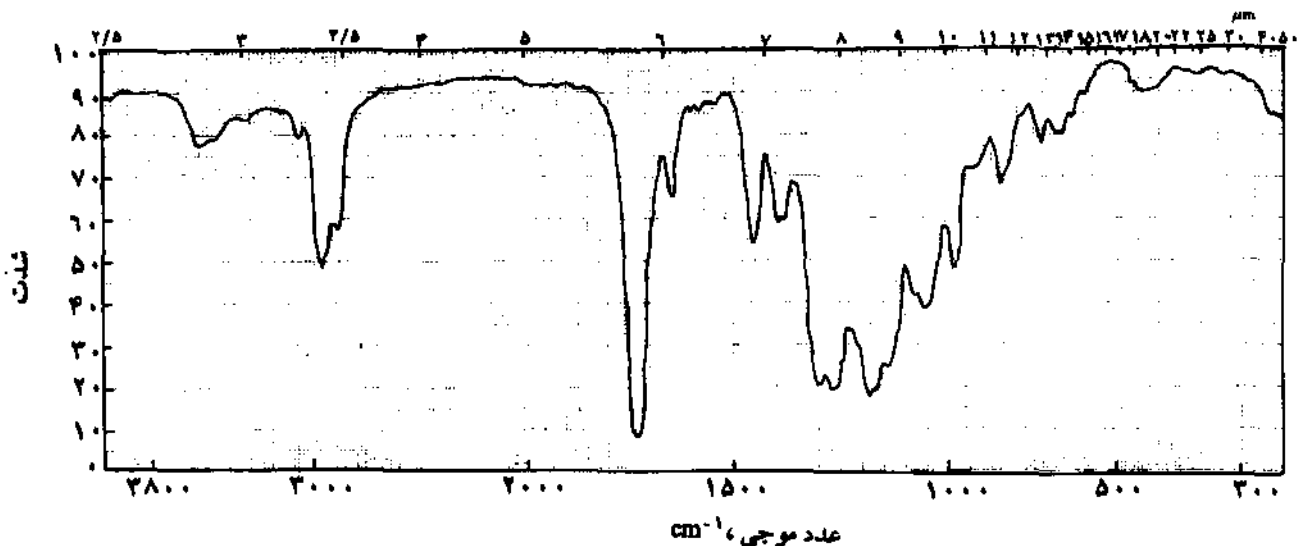
- درصد مواد فرار در روکش با توجه به کاهش وزن نمونه پس از ۳ ساعت گرمادیدن در دمای 105°C تعیین شد. درصد مواد فرار در روکش حدود $58/3$ به دست آمد.

ساخت روکش PRC

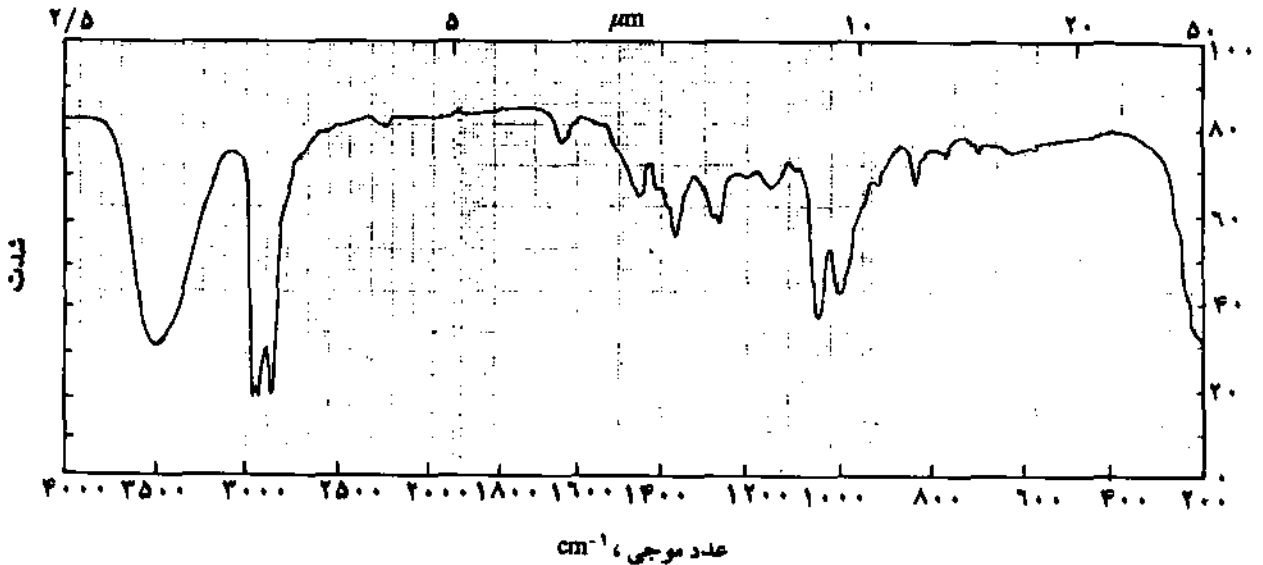
با توجه به خواص گرمایی، الکتریکی و شیمیایی که روکشهای لحیم مقاوم باید دارا باشند روکش دیگری در آزمایشگاه ساخته شد که جانشین مناسبی در این صنعت می باشد. برای ساخت این روکش از رزین اپوکسی - نووالاک استفاده شد که تعداد گروههای فعال در آن $2/6$ و گرانیوی آن بین 120 تا 500 cp است. برای تشکیل اتصالات عرضی و پخت کامل این روکش، عوامل پخت مختلفی آزمایش شد. در جدول ۱ نتایج آزمایشهای انجام شده روی چند نمونه روکش با عوامل پخت مختلف خلاصه شده است. همانطور که مشاهده می شود روکشهایی تحت نام کلی PRC با عوامل پخت و نسبتهای اختلاط مختلف ساخته شد و مورد آزمایش قرار گرفت. در روکش ۱ PRC از رزین اپوکسی - نووالاک به همراه عامل پخت آمینی و رنگدانه آلی با رنگ سبز استفاده شد. این روکش عیبهایی داشت، از جمله می توان به گرانیوی بالا، ناپیکوختی توزیع رنگدانه در روکش و درشت بودن اندازه ذرات اشاره کرد. با وجود این، برای آزمایش سخت شوندگی روکش از عامل پخت آمینی استفاده شد که نتیجه مطلوبی نداشت چون پس از سخت شدن جابجایی روی سطح ایجاد می کرد. از سوی دیگر، کار با آن مخاطرات ایمنی به همراه داشت. بنابراین، سایر خواص بررسی نشد. در روکش PRC2، از عامل پخت فنولی که به نظر می رسید خواص مورد نظر را ایجاد کند استفاده شد. این عامل با اینکه دما و زمان پخت مناسبتری را نشان می داد، ولی برای

جذب در طیف FT-IR پلی استرهاست که مربوط به پیوند $\text{C}=\text{O}$ استری می باشد. عدد موجی 1733 cm^{-1} در این طیف نیز وجود پیوند $\text{C}-\text{O}$ را نشان می دهد. همچنین پیکههایی که در 1636 cm^{-1} و 1674 cm^{-1} وجود دارد مربوط به پیوند اشباع نشده $\text{C}=\text{C}$ است. پیک پهن در ناحیه 3442 cm^{-1} نیز وجود گروههای هیدروکسیل انتهایی را نشان می دهد. اگر این طیف با طیف IR یک رزین پلی استر اشباع نشده، Roskydal W28tix از اطلس IR مقایسه شود (شکل ۳)، چند پیک اضافه در شکل ۲ مشاهده می شود. 1510 cm^{-1} که احتمالاً مربوط به رنگدانه آلی و سایر مواد افزودنی جدا نشده است. برای اطمینان از وجود گروههای استری آزمایشهای شیمیایی نیز انجام گرفت که در تأیید این مطلب بود. آزمایشهای مقدماتی نظیر اثر اشتعال و گرما هم وجود پلی استرها را اثبات کرد.

- برای شناسایی جزء دوم که احتمالاً به عنوان شتاب دهنده در روکش مصرف شده است، چند آزمایش مقدماتی از جمله تعیین نقطه جوش انجام گرفت و مشخص شد که جزء دوم خود از چند ماده تشکیل شده است. بنابراین، نمونه تقطیر جزء به جزء و سپس شناسایی شد. شکل ۴ طیف IR یکی از مواد تشکیل دهنده نمونه را نشان می دهد. در مقایسه طیفهای IR مرجع [۱۱]، وجود یک الکل سنگین مانند دی متیل سیکلو هگزانول در نمونه مشخص شد. عناصر موجود در این شتاب دهنده توسط دستگاه پرتو ایکس شناسایی و معلوم شد که عنصر فسفر نیز در نمونه وجود دارد. چون pH نمونه اسیدی است این عنصر احتمالاً به صورت فسفریک اسید موجود است. آزمایشهای شیمیایی نیز وجود فسفر در نمونه را تأیید کردند [۱۲]. بنابراین، جزء دومی که در روکش لحیم مقاوم $30-120$ PR به کار رفته از یک الکل سنگین و فسفریک اسید تشکیل شده است.



شکل ۳- طیف IR رزین روسکیدال W28tix [۱۱]



شکل ۴ - طیف IR یکی از مواد جزء دوم روکش ۲۰-۱۲۰-PR

مقاومت گرمایی تا دمای حدود 250°C است (دمای قلع مذاب که برای لحیم کاری به کار می‌رود 232°C است)، مورد بررسی قرار گرفت. روش عمل به این صورت بود که پس از اعمال روکش در تابلو مدار چاپی و پخت کامل آن، تابلو در دمای 250°C به مدت ۲ دقیقه قرار گرفت که البته این زمان بیشتر از زمانی است که تابلو باید در حمام لحیم کاری قرار گیرد. سپس، چسبندگی هر دو روکش به سطح بررسی شد. این کار توسط آزمون خطوط متقاطع انجام گرفت و روکش اعمال شده بدون هیچ آثار تخریب، چسبندگی خوبی به سطح تابلو داشت. البته روکش PRC5 برای بهینه سازی احتیاج به اصلاحاتی دارد که از جمله آنها بهبود خواص سیالیت، برایت و شفافیت این روکش است. نکته قابل توجه در انتخاب رزین اپوکسی - نووالاک، تعداد عوامل فعال در آن است، زیرا برای تسریع در تشکیل پیوندهای عرضی این عوامل نقش مهمی دارند. از طرفی سرعت در تشکیل پیوندهای عرضی نباید آنقدر باشد که باعث مسدود شدن مش توری شود.

بحث

در هنگام ساخت و یا کاربرد روکشهای لحیم مقاوم، نکات مهمی مورد بحث قرار می‌گیرند که در اینجا به مهمترین آنها اشاره می‌شود:
- برخی از مشکلات کار با لحیم مقاومهای ساخته شده و حل آنها در جدول ۲ ارائه شده است [۱۰].

- در این پژوهش از روش تور چاپی برای اعمال روکش استفاده شد. در این روش یک چارچوب فلزی دارای توری نایلونی با مش ۲۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است. توسط پارویی (squeegee) و با اعمال فشار یکواخت روکش روی سطح تابلو ایجاد می‌شود. اندازه مش توری در

تابلوهای مدار چاپی مناسب نبود چون چسبندگی لازم را نداشت. برای دو روکش PRC1 و PRC2 به دلیل نداشتن خواص مورد نظر عمر مفید در ظرف سرباز و زمان ژل شدن در دمای محیط اندازه گیری نشد. در روکش PRC3، با مصرف عامل پخت پلی آمیدی به نسبت مناسب و همچنین بهبود اندازه ذرات و توزیع یکنواخت رنگدانه، به نتیجه بهتری رسیدیم. در شکل ۵ چگونگی پخت رزین اپوکسی - نووالاک مصرف شده در روکش PRC5 با عامل پخت پلی آمیدی نشان داده شده است. واکنش پخت توسط دستگاه گرماسنجی پوشی تفاضلی، DSC، و گرماوزنی، TG، بررسی شد که بحث درباره سینتیک پخت خارج از محدوده این مقاله است. آزمایش با نمونه‌ای به وزن حدود $11/7\text{mg}$ زیر فشار اتمسفر و با سرعت گرمادهی 10°C در دقیقه انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که اگر رزین و عامل پخت در روکش PRC5 به نسبت ۲ به ۱ مخلوط شوند، برای پخت کامل، مخلوط را باید به مدت ۱۲ دقیقه در دمای 106°C قرار داد. زمان ژل شدن و عمر مفید در ظرف سرباز مسئله مهمی است، زیرا روکش در سطح توری نباید سخت شود و منافذ آن را مسدود کند. در روکش PRC4، اندازه ذرات باز هم کاهش یافت و در نتیجه خواص بهتری حاصل شد، ولی برای افزایش عمر مفید در ظرف سرباز در نمونه بعدی، PRC5، نسبت اختلاط رزین به عامل پخت کاهش داده شد.

علت تغییر رنگ در روکشهای PRC4 و PRC5 استفاده از نوعی رنگدانه به رنگ آبی بود که قابلیت پخش شدن خوبی در پایه رزینی داشت و می‌توان از رنگدانه مشابهی استفاده کرد. برای بررسی خواص روکشهای تهیه شده دو خاصیت مهم این روکشها که چسبندگی به سطح و

جدول ۱ - خلاصه‌ای از آزمایش‌های انجام شده برای تعیین عامل پخت و بهینه سازی روکش لچیم مقاوم ساخته شده

روکش تهیه شده	رنگ	عامل پخت	عامل پخت: رزین	دمای پخت (°C)	زمان پخت (دقیقه)	اندازه ذرات (میکرون)	زمان ژل شدن در دمای محیط (دقیقه)	عمر مفید در ظرف سرباز در دمای محیط (دقیقه)
PRC۱	سبز	آمین نوع اول	۱۰۰:۳۰	۱۳۸	۲۵	۱۰۰-۱۲۰	-	-
PRC۲	سبز	رزین فنولی	۱۰۰:۵۸	۱۰۰	۱۰	۱۰۰-۱۲۰	-	-
PRC۳	سبز	پلی آمید	۱۰۰:۵۰	۱۱۷	۷	۷۵	۴۵	۳۵
PRC۴	آبی	پلی آمید	۱۰۰:۵۰	۱۱۷	۷	۲۷	۴۵	۳۵
PRC۵	آبی	پلی آمید	۱۰۰:۳۰	۱۰۶	۱۲	۲۷	۵۱	۴۰

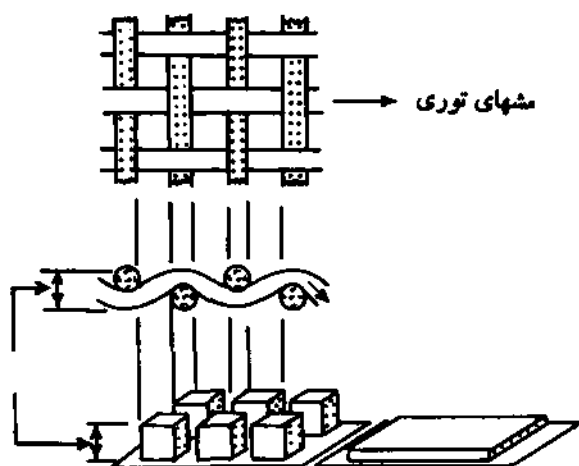
اثر تحت کشش (under tension) را روی یک توری نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، علاوه بر لزوم اعمال نیروی یکسان در سراسر تابلو، باید جدا شدن توری از سطح تابلو به سرعت انجام گیرد. گاهی به علت کافی نبودن فاصله توری از تابلو، محکم نبودن توری در چارچوب یا چسبندگی بیش از حد روکش جدا شدن توری از سطح تابلو به کندی انجام می‌گیرد. در شکل ۷ جدا شدن درست و نادرست توری از سطح تابلو نشان داده شده است. در مورد روکش اشکال در فرمولبندی آن است که معمولاً موجب چسبندگی زیاد می‌شود.

- اثر اندازه ذرات روی خواص مکانیکی اپوکسیها خود مقوله جداگانه‌ای است. اندازه ذرات پرکننده و رنگدانه نه تنها به هنگام کاربرد روکش اهمیت پیدا می‌کند بلکه بر خواص فیلم نیز مؤثرند. از جمله این خواص می‌توان به انعطاف پذیری و مقاومت مکانیکی روکش اشاره کرد. اندازه ذرات ۲ تا ۳۷ میکرون برای این روکشا توصیه می‌شود [۹].
- روکش لچیم مقاوم به عنوان یک روکش دی الکتریک با ضخامت

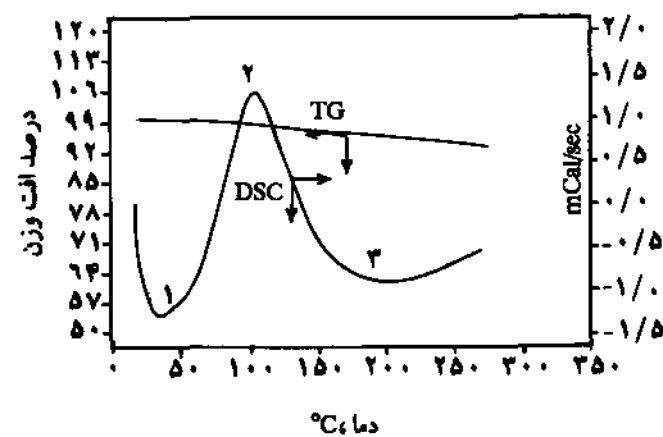
ضخامت روکش تشکیل شده و در نتیجه مقاومت آن اثر مستقیمی دارد. در شکل ۶ عبور سیال و چگونگی به هم پیوستگی آن برای تشکیل روکش نشان داده شده است. بنابراین، برای به هم پیوستگی خوب سیال و به دست آوردن ضخامت مناسب روکش باید در گرانروی و اندازه ذرات سیال (روکش) دقت کرد. اگر اندازه ذرات بیشتر از مش توری باشد منافذ توری را مسدود می‌کند و در نتیجه روکشی ناپیکناخت حاصل می‌شود و با افزایش گرانروی هم ضخامت روکش افزایش می‌یابد [۳].

- برای بهبود خواص گرمایی و شیمیایی از مواد افزودنی مناسبی می‌توان استفاده کرد.

- در روش تور چاپی فاصله توری از تابلو مدار چاپی باید مناسب باشد بدین معنی که توری به سطح تابلو نه باید بچسبد و نه زیاد از آن فاصله داشته باشد، زیرا با فشار پارویی، توری انبساط می‌یابد و به طرف تابلو کشیده می‌شود. نیرویی که در طول مسیر پارویی اعمال می‌شود باید یکسان باشد و اضافه سیال در انتهای چارچوب جمع آوری شود. شکل ۷،



شکل ۶ - چگونگی عبور سیال برای تشکیل روکش از توری و به هم پیوستگی آن برای تشکیل روکش [۳]

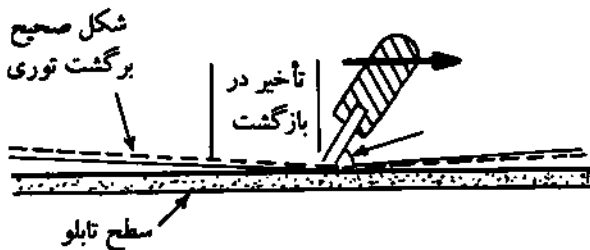


شکل ۵ - منحنی TG و DSC رزین اپوکسی - نووالاک همراه با عامل پخت پلی آمیدی در روکش PRC5

جدول ۲ - برخی از مشکلات کار باروکشهای لحیم مقاوم و راه حل آنها

مشکل	علت	راه حل
ترک خوردگی روکش مقاوم در خلال لحیم کاری	پخت روکش کامل انجام نگرفته است. حلال پس از سخت شدن در روکش محبوس شده است. چسبندگی روکش به سطح تابلو ضعیف است.	در دمای پخت باید به مدت کافی گرم شود. ابتدا در دمای تبخیر حلال روکش گرم شده سپس در دمای پخت سخت شود. سطح تابلو قبل از اعمال روکش باید کاملاً شسته و آلودگیها زدوده شود. این کار را به روش شیمیایی یا مکانیکی می توان انجام داد.
مقاومت کم روکش لحیم مقاوم در برابر حلالها	دمای حمام لحیم کاری بیش از اندازه است. گرمای داده شده به روکش کافی نیست و سخت شدن ناقص انجام گرفته است.	دمای حمام مذاب در محدوده ۲۲۵ تا ۲۵۰°C ثابت نگه داشته شود. در دمای پخت باید به مدت کافی گرم شود تا از تبخیر کامل حلال اطمینان حاصل شود.
چسبندگی کم مواد مذاب به سطح تابلو	روکش اعمال شده ضخامت کمی دارد و در حمام لحیم کاری دچار سوختگی می شود. گرمای داده شده برای تبخیر حلال از روکش لحیم مقاوم کافی نیست. لحیم استفاده شده آلوده است. دمای حمام مذاب بالاست.	گرانروی سیال برای افزایش ضخامت زیادتر شود. حلالهایی که سریع تبخیر می شوند قبل از سخت شدن روکش گرمای کافی ببینند تا تبخیر شوند. آلودگیها از حمام لحیم زدوده شود. دما در محدوده ۲۲۵ تا ۲۵۰°C ثابت نگه داشته شود. سرعت لحیم کاری افزایش یابد.
	تابلو مدار چاپی در حمام لحیم کاری به آهستگی حرکت می کند و امکان باقی ماندن لحیم روی تابلو را به وجود می آورد.	

حلال مصرفی است. بنابراین تا حد امکان باید از حلالها و مواد پایه ای استفاده کرد که سمیت کمتری داشته باشند. هنگام کاربرد این مواد هم رعایت نکات ایمنی ضرورت دارد. البته روکش تهیه شده ۵٪ PRC نسبت به روکش ۳۰-۱۲۰-PR، با توجه به حلال مصرفی سمیت کمتری دارد.



شکل ۷ - چگونگی بازگشت توری پس از اعمال روکش به روش تور چاپی [۳]

ثابتی روی تابلو قرار می گیرد. براساس طرح مدار، این روکش باید ولتاژهای مختلفی را تحمل کند. برای یک فیلم لحیم مقاوم خشک کارآمد، ولتاژی بالاتر از ۱۰۰ ولت برای هر میکرون از ضخامت روکش قابل تحمل است. این ضخامت با توجه به نوع تابلوها و طرح مدار روی آن می تواند تا ۱۵۰ میکرون باشد. بنابراین، روکش لحیم مقاوم ولتاژی حدود ۱۵ کیلوولت را می تواند تحمل کند. البته، ضخامت رساناها در تابلوهای کارآمد، کمتر از ۰/۱۳ میلی متر است. اشاره می شود که ضخامت روکش لحیم مقاوم تابعی از ضخامت رساناهاست و این ضخامت با توجه به ضخامتی که هنگام خشک شدن حاصل می شود قابل ارزیابی است. بنابراین، برای تحمل ولتاژ مورد نیاز روکش خشک شده روی سطح تابلو مورد آزمایش و میزان تحمل ولتاژ آن اندازه گیری می شود [۸].

رعایت نکات ایمنی از موارد بسیار مهم است. به طور کلی، این روکشها در سیستم دو جزئی سمیت بالایی دارند که علت آن رزین یا

چسبندگی هر دو روکش به تابلو در دمای 250°C خوب است. در این دما روکش باید در برابر تغییر شکل احتمالی تابلو (به مقدار کم) مقاومت کند و چسبندگی آن به سطح تابلو ضعیف نشود. قدرت دی الکتریک مناسب رزین مصرفی در هر دو روکش نیز خاصیت عایق بودن روکشها را تضمین می کند. برای بهینه سازی روکش PRC5، سایر خواص آن نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه گیری

با توجه به مطالب پیش گفته می توان نتیجه گرفت که روکشهای لحیم مقاوم در سیستم دو جزئی را می توان به صورتهای مختلف فرمولبندی کرد. روکش لحیم مقاومی که در آزمایشگاه تجزیه و شناسایی شد روکش تجاری PR-120-30 بود که پایداری گرمایی، شفافیت و کوچکی اندازه ذرات از مهمترین ویژگیهای آن است. روکش لحیم مقاوم PRC5 که در آزمایشگاه فرمولبندی شد پاره ای از خواص از جمله پایداری گرمایی، مقاومت الکتریکی، چسبندگی مورد نظر را دارا بود ولی، اندازه ذرات، شفافیت و جلای روکش PR-120-30 را نداشت. به علاوه، خواص نهایی PRC5 به طور کامل قابل پیش بینی نبود و احتیاج به اصلاحاتی دارد که با تهیه مقدراری بیشتر از روکش و دستگاههای آسیاب قویتر این امر میسر خواهد شد.

قدردانی

از مسئولان کارخانه رادیو شهاب و گروه رنگ دانشگاه امیرکبیر که با در اختیار گذاشتن امکانات خود در اجرای این پژوهش همکاری صمیمانه ای داشتند، سپاسگزاری می شود.

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 Holland. D.L., "Polymer Coatings for Printed Circuits", Sanders Assoc. Inc, Annu. Tech. Conf., 74-76, 1973.
- 3 Loskot, Daniel, J., "Application and Curing of Screenable UV Solder Resist", National Electronic Packaging and Production, Conf., USA, 390-399, 1984.
- 4 Peters, Werner, "Solder Resist Lacquers", Eur. Coat., J., 374-378, 1990.
- 5 B.S., Eur. Coat. J., Problem Card, 1992.

با توجه به اینکه عمر مفید در ظرف سرباز روکش لحیم مقاوم باید در حدی باشد که در یک نوبت کاری، روکش به توری نچسبد و به طور پیوسته اعمال آن ممکن شود، از حلالهایی که به آهستگی تبخیر می شوند باید استفاده کرد. از این نظر روکش PRC5 نسبت به روکش PR-120-30 برتری دارد.

در جدول ۳، خواص روکشهای PR-120-30 با PRC5 به طور اجمالی با هم مقایسه شده اند. همان طور که مشاهده می شود تفاوتی به ویژه از نظر قدرت پوشش دهی و شفافیت، بین دو روکش وجود دارد. علت این تفاوت زیاد وجود ذرات بسیار ریز ($1/5$ تا 2 میکرون) این پرکننده و رنگدانه در روکش PR-120-30 است که به طور کامل درون آن توزیع شده اند. ولی، در روکش PRC5 ذرات مواد افزودنی (به ویژه پرکننده) و رنگدانه با اینکه تا حد امکان ریز شده اند، باز هم درشت اند. و به علاوه، توزیع یکواختی در روکش آزمایشگاهی ندارند و به همین دلیل درجه پراکندگی نسبتاً پایین است. ضخامت فیلم خشک شده روکش PRC5 به مراتب بیشتر است که سیالیت و شفافیت کم این روکش باعث ازدیاد ضخامت روکش شده است. در هر دو روکش مش توری استفاده شده یکسان است. درصد مواد فرار بالا و سمیت بیشتر حلال مصرفی در روکش PR-120-30 باعث آلودگی محیط زیست می شود، که از این نظر، روکش PRC5 مناسبتر است. از طرفی، نقطه اشتعال بالاتر روکش PRC5 مزیتی به حساب می آید. پایداری گرمایی و

جدول ۳- مقایسه خواص روکشهای PR-120-30 با PRC5

خصوصیات روکش	روکش PRC5	روکش PR-120-30
درجه پراکندگی رنگدانه	۴-۴/۵	۷-۸
اندازه ذرات	$27-35 \mu\text{m}$	$1/5-2 \mu\text{m}$
قدرت پوشش	$11 \text{ m}^2/\text{lit}$	خیلی ضعیف کمتر از $2/86 \text{ m}^2/\text{lit}$
ضخامت فیلم خشک	$200 \mu\text{m}$	$80 \mu\text{m}$
درصد مواد فرار	۴۰/۵	۵۸/۳
درجه سمیت حلال مصرفی	حد مجاز در هوا ۲۵ppm است.	حد مجاز در هوا ۲/۵ppm است.
نقطه اشتعال	61°C	41°C
پایداری گرمایی در دمای 250°C (۲۳۲ $^{\circ}\text{C}$) قلع مذاب	خوب	خوب
شفافیت	پشت پوش (opaque)	کامل
قدرت دی الکتریک رزین مصرفی*	$400-500 \text{ V}/\text{mil}$	$200-600 \text{ V}/\text{mil}$

* قدرت دی الکتریک رزین مصرفی براساس پایه رزینی به طور دقیق اندازه گیری نشد.

- Mechanical Properties of Epoxy Resin Filled with Angular Shaped Silica", *J. Appl. Polym. Sci.*, **44**, 151-158, 1992.
- 10 Shemilt, H.R., "Screen Printing", *Electroplat. Mat. Finish*, **27**, n10, 16-21, Oct., 1974.
- 11 Hummel/Scholl, "Atlas of Polymer and Plastics Analysis", **2**, Part a/1, 1984.
- 12 A. Krause and A. Lange, "Introduction to the Chemical Analysis of Plastics", 1969.
- 6 Data Sheet, Asahi Chemical Research Laboratory, **5**, 1967.
- 7 Asao Takahashi, Maruzen Oil Co, Ltd, Proc. of Electr./Electronic Insul Conf, 13th, Chicago, USA, 252-256, 1977.
- 8 Weinhold, Michael, "Dryfilm Solder Mask Opens the Door to Benefits", *Electron. Packag. Prod.*, **24**, n2, 152-157, 1984.
- 9 Yoshinobu Nakamura, "Effect of Particle Size on

Walter Hugo Stockmayer

والتر هوگو استوک مایر

چون بین اعضای هیئت علمی معدودند افرادی که در هر دوزمین پژوهش و آموزش سرآمد باشند، قابلیت چشمگیر دکتر والتر هوگو استوک مایر در هر دو زمینه جالب توجه است. وی جوایز بسیاری در زمینه‌های پلیمر، شیمی، شیمی فیزیک و فیزیک پلیمرها دریافت کرده است.

والتر استوک مایر در سال ۱۹۱۴ در راترفورد نیوجرسی متولد شد. وی پس از فارغ التحصیلی از دبیرستان راترفورد در ۱۹۲۷ در مؤسسه تکنولوژی ماساچوست (MIT) به عنوان دانشجوی برجسته شیمی فیزیک ثبت نام کرد و در ۱۹۳۵ موفق به دریافت مدرک کارشناسی علوم شد و به عنوان دیر در آنجا مشغول کار شد. وی در ۱۹۳۷ مدرک کارشناسی دیگری را با استفاده از بورس دانشگاه آکسفورد گرفت. سپس به MIT برگشت و به عنوان عضو پژوهشی مشغول کار شد و درجه Ph.D. را در ۱۹۴۰ دریافت کرد. وی سپس دو درجه دکترای افتخاری از دانشگاه لویی پاستور در ۱۹۷۲ و کالج دارتموت در ۱۹۸۷ گرفت.

دکتر استوک مایر در ۱۹۴۱ تدریس در دانشگاه کولمبیا را پذیرفت و در ۱۹۴۵ آنجا را به قصد پذیرش استادباری در MIT ترک کرد و در ۱۹۴۶ عضو فرهنگستان علوم و هنرهای آمریکا شد. وی در ۱۹۴۶ به درجه دانشیاری و در ۱۹۵۲ به درجه استادی ارتقا یافت و در ۱۹۵۸ مدرس انجمن فارادی در انگلستان بود. وی در ۱۹۶۳ ریاست بخش شیمی در کالج دارتموت را پذیرفت و در ۱۹۷۹ استاد بازنشسته شد. والتر عضو ۶۵ ساله ACS، انجمن فیزیک آمریکا، انجمن شیمی (لندن)، انجمن پیشبرد علوم آمریکا و سیگما Xi است. وی ریاست چند کنفرانس پژوهشی را برعهده داشته و به عنوان مشاور میهمان با گروههای شیمی در آزمایشگاههای ملی بروکهاون، MIT و کالج هانتر همکاری کرده است. وی همچنین عضو هیئت تحریریه مجلاتی مانند "Journal of Physical Chemistry"، "Journal of Chemical Physics"، "Macromolecules" و "Journal of Polymer Science" می باشد.

فلسفه انتشاراتی استاد استوک مایر "کیفیت یا سکوت" به جای "چاپ یا کنار گذاشتن" رکورد انتشاراتی بیش از ۱۸۸ گزارش پژوهشی را در مجلات علمی محدود نکرده است، که موضوعات متنوعی از موضوعات متنوعی از نخستین مقاله وی در زمینه کاتالیزور پالادیوم (۱۹۴۰)، تا تشکیل زل در پلیمرهای شاخه دار (۱۹۴۳)، پراکندگی نور از محلولهای پلیمری (۱۹۵۰)، محاسبات زیم - استوک مایر در مورد ابعاد مختل نشده مولکولهای بلند زنجیر شاخه دار، پدیده انتقال و دینامیک تعادل را در برمی گیرد. همچنین از ذوق خلاق وی برای تضعیف شعر و موسیقی در گردهای شیمی دانان پلیمر استفاده می شود. بنا به گفته دکتر ککونن، رئیس جمهور فنلاند، موسیقی طنزآمیز استوک مایر در "ماریجهای نامنظم و پیوندهای عرضی" و "مارش استودینگر" نخستین درک شیمی را به وی داد.

Polymer News, 1992

Vol.17, No.12