

# تأثیر دما، زمان و غلظت شتاب دهنده بر روی سرعت پخت<sup>۱</sup> روکش پلی یورتان دو جزئی

محمد طیب عزیزی\* محمد نجفی زیارانی\*\*

**چکیده:** روکش پلی یورتان دو جزئی به دلیل انعطاف پذیری مناسب، چسبندگی بالا، مقاومت به مواد شیمیایی و خوردگی بالا در رنگ آمیزی قطعات پلیمری و تعمیرات قطعات بدنه خودرو از اهمیت بالایی برخوردار است که در این مقاله تأثیر عواملی نظیر زمان، دما و غلظت شتاب دهنده بر روی سرعت پخت روکش پلی یورتان دو جزئی بررسی شده است.

**واژه‌های کلیدی:** روکش، پلی یورتان، شتاب دهنده

امروزه پلی یورتان در بسیاری از صنایع نظیر صنعت خودرو، هوافضا، پزشکی، پوشش و روکش و ... استفاده می شود و در خانواده پلیمرها به عنوان یکی از پرمصرف ترین آنها به شمار می آید. از آنجایی که روکش های پلی یورتان دارای براقیت، سختی، مقاومت به سایش، مقاومت به مواد شیمیایی، پایداری در برابر اشعه فرابنفش دارند کاربرد زیادی پیدا کرده اند. روکش پلی یورتان شامل: آلیفاتیک پلی ایزوسیانات، اکریلیک پلی ال یا پلی استر پلی ال، حلال، کاتالیزور، رنگ دانه و مواد افزودنی (پایدار کننده در برابر اشعه فرابنفش، اصلاح کننده، ویسکوزیته و غیره) است.

## ۲. پلی یورتان

جهت ساختن روکش پلی یورتان عواملی مورد نیاز است که این عوامل در ذیل به آنها اشاره می شود.

### ۱-۲. پلی ایزوسیانات ها

پلی ایزوسیانات ها به دو روش تهیه می شوند:

۱. **تراپمر:** از واکنش سه مول دی ایزوسیانات در حضور کاتالیزور مناسب تراپمر ایجاد می شود.

۲. **بیورت:** از واکنش یک مول دی ایزوسیانات همراه یک مول آب، بیورت تولید می شود.

شکل ۱ واکنش های تهیه بیورت و تراپمر را نشان می دهد.

## ۱. مقدمه

اولین کار انجام شده بر روی پلیمرهای پلی یورتان به سال ۱۹۳۷ توسط بایر و همکارانش در آلمان برمی گردد. آن ها دریافتند که با استفاده از پلیمریزاسیون افزایشی دی ایزوسیانات ها و دی اول های مایع ماده ای حاصل می شود که آن را پلی یورتان نام گذاری کردند که قابل رقابت با بسیاری از پلاستیک های موجود را دارد که از پلیمریزاسیون اولفین ها به دست می آید. اولین محصولات جهت تولید ابرهای نرم و الیاف استفاده شد که بعد از جنگ جهانی دوم تولید ابر نرم پلی یورتان تجاری گردید. [۱]

اولین روکش حلالی پلی یورتان که از واکنش تولوئن دی ایزوسیانات و تری متانل پروپان جهت نوارهای ویدیو و چوب استفاده شد به سال ۱۹۵۹ برمی گردد اما به دلیل آن که در مقابل نور خورشید به زردی می گرایید تحقیقات در خصوص اصلاح آن منتج به توسعه پلی ایزوسیانات های آلیفاتیک شد که در برابر نور خورشید مقاوم است. امروزه پلی ایزوسیانات های آلیفاتیک که برای روکش دهی خارج سطوح استفاده می شود بر اساس پلی ایزوسیانات HDI (هگزا متلین دی ایزوسیانات) و IPDI (ایزوفرون دی ایزوسیانات) هستند.

\* کارشناس مسئول مدیریت مهندسی تولید

آدرس پست الکترونیک: azizi\_m@saipacorp.com

\*\* کارشناس مدیریت مهندسی تولید

آدرس پست الکترونیک: najafi\_m@saipacorp.com

<sup>1</sup> Curin

<sup>2</sup> Trimer

<sup>3</sup> Biuret

استرها، کتون ها، هیدروکربن های آروماتیک و غیره جالب است بدانیم حلال هایی نظیر الکل ها، تیول ها، آمین ها، اسیدهای کربوکسیلیک یا آب به دلیل آن که می توانند با ایزوسیانات ها واکنش دهند نمی توانند در تینرهای مصرفی استفاده گردند.

#### ۴-۲. نسبت NCO/OH

در روکش پلی یورتان  $NCO/OH=1$  به عنوان نسبت استوکیومتری معرفی می گردد طوری که عدد مذکور کمتر از یک باشد خواص فیلم نهایی دارای انعطاف پذیری بالاتر، چسبندگی بهتر اما مقاومت کمتر به مواد شیمیایی و حلال است. [۴]

نسبت بیشتر از نسبت استوکیومتری دارای انعطاف پذیری کمتر، چسبندگی ضعیف تر و مقاومت به مواد شیمیایی و حلال بالاتری دارد.

#### ۳. آزمایش

در انجام تست ها مواد و وسایل ذیل مورد نیاز است:

- پلیت فلزی ۱۰ در ۲۰ سانتیمتر مربع با روکش الکتروفورز
- شتاب دهنده DBTL
- لایه شفاف دو جزئی پلی یورتان همراه تینر مربوطه (نسبت اختلاط پلی اول/پلی ایزوسیانات ۱/۲ است).
- پیستوله
- آون
- سختی سنج پرسوز

#### ۴. روش تهیه نمونه

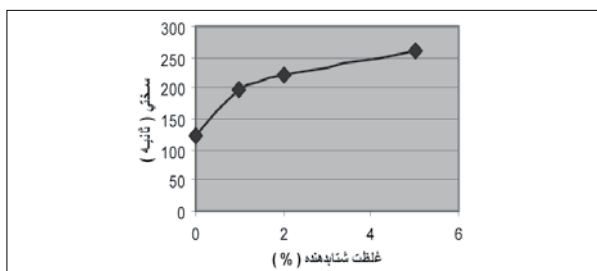
بر روی پلیت های فلزی با روکش الکتروفورز، لایه شفاف با غلظت های ۱، ۲ و ۵ درصد توسط پیستوله اعمال شد. (باید دقت شود تا ضخامت لایه الکتروفورز و شفاف تقریباً روی تمامی پلیت ها یکسان باشد چون اختلاف ضخامت، باعث اختلاف سختی می شود).

#### ۵. نتایج آزمایش

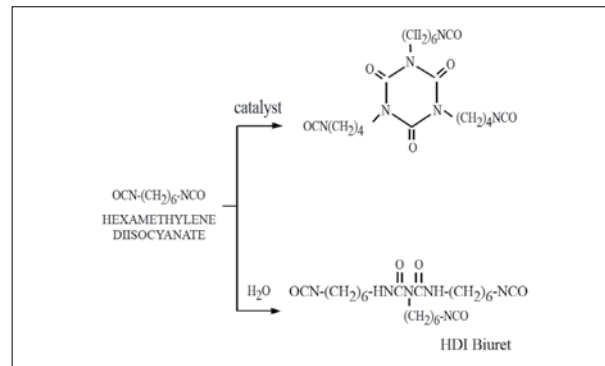
به منظور ارزیابی تأثیر دما، زمان و غلظت شتاب دهنده روی لایه روکش از خاصیت سختی استفاده شد.

##### ۵-۱. تأثیر غلظت شتاب دهنده

بعد از اعمال لایه شفاف و پخت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه تأثیر غلظت شتاب دهنده بر سختی روکش بررسی که نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. تغییرات سختی با غلظت شتاب دهنده



شکل ۱. واکنش های تهیه پلی ایزوسیانات ها

#### ۲-۲. پلی ال ها

پلی ال هایی که برای تهیه روکش پلی یورتان استفاده می شوند از نوع پلی استر پلی ال و اکریلیک پلی ال هستند که دارای گروه عاملی هیدروکسی بوده و با گروه عاملی سیانات واکنش می دهند. دلایلی که باعث می شود تنها از این دو نوع پلی ال استفاده شود عدم وجود حلقه بنزنی و زردشدگی در اثر نور خورشید است که در جدول ۱ نشان داده شده است. [۲]

#### ۲-۳. کاتالیزور و حلال های مصرفی

روکش های پلی یورتان می تواند در دمای اتاق یا اعمال حرارت پخت شوند که در این میان افزایش کاتالیزور سرعت واکنش را افزایش می دهد. [۳]

#### جدول ۱. جدول پلی ال های مصرفی در روکش

| ردیف | بازار مصرف     | پلی ال   | درصد جامد | ویسکوزیته (cps) | Tg(c) |
|------|----------------|----------|-----------|-----------------|-------|
| ۱    | تعمیرات خودرو  | اکریلیک  | ۷۰        | ۱۲۰۰۰           | ۳۰    |
| ۲    | محیط کار سنگین | اکریلیک  | ۷۰        | ۸۵۰۰            | ۶۱    |
| ۳    | محیط کار متوسط | اکریلیک  | ۷۷        | ۵۱۰۰            | ۱۸    |
| ۴    | محیط کار سبک   | اکریلیک  | ۸۰        | ۵۰۰۰            | ۱۲    |
| ۵    | محیط کار متوسط | پلی استر | ۷۵        | ۱۰۰۰۰           | *     |
| ۶    | صنعت هواپیمایی | پلی استر | ۸۰        | ۲۶۰۰            | *     |

کاتالیزورهای مصرفی عبارتند از دی بوتیل دی لورات قلع، آمین های نوع سوم، اکتات فلز قلیایی، استیل استونات ها، تیتانات ها و مخلوطی از آن ها است که در این میان دی بوتیل دی لورات قلع بیشترین کاربرد را دارد. مقدار کاتالیست مصرفی در فرمولاسیون مصرفی متناسب با زمان کارکرد و زمان خشک شدن است. متداول ترین حلال های آلی مناسب که از ترکیب آنها تینرهای مصرفی حاصل می شوند عبارتند از:

### ۶. نتیجه گیری

با توجه به تست‌های انجام گرفته می‌توان عنوان کرد:

- با افزایش زمان، سختی روکش در سیستم‌های مختلف زیاد می‌شود.
- سخت شدن اولیه روکش نسبت به زمان در سیستمی که حرارت اعمال می‌شود نسبت به حالتی که کاتالیزور استفاده می‌شود بیشتر است.

- در سیستمی که بر روی روکش هم کاتالیزور و هم دما اعمال می‌شود سختی اولیه معادل با سختی نهایی است.

- وقتی که امکان اعمال حرارت به سطح وجود نداشته باشد استفاده از کاتالیزور باعث سریع خشک شدن سطح می‌شود.

نتایج این فعالیت نشان می‌دهد در سیستم حاوی کاتالیزور بدون حرارت و سیستم بدون کاتالیزور و حرارت (۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) سختی روکش بعد از ۲۴ ساعت برابر می‌شود لذا در فعالیت‌هایی که امکان نگهداری قطعات به مدت ۲۴ ساعت وجود داشته باشد فرآیند روکش دهی باعث کاهش هزینه به دلیل کوره حرارتی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌گردد.

### ۷. تشکر و قدردانی

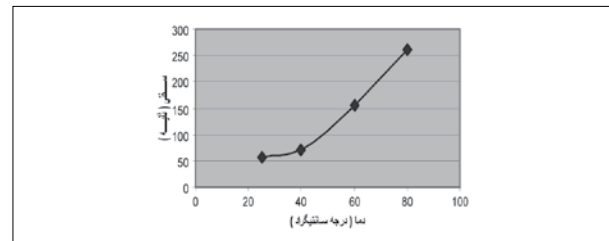
از همکاری همکاران محترم آزمایشگاه شیمی و پرسنل محترم سالن رتوش زانتیا در شرکت سایپا تشکر و قدردانی می‌گردد.

### منابع

- [1] <http://www.Ezine Article.com>
- [2] A. T. Chen and R. T. Wojcik, "Polyurethane Coatings for Metal and Plastic Substrates", Metal Finishing, 98(6), 143-154 (2000).
- [3] J. Stamenković, S. Cakić, S. Konstantinović, S. Stoilković " Catalysis of the Isocyanate-Hydroxy Reaction by Non-Tin Catalysts in Water Borne Two Component Polyurethane Coatings" Working and Living Environmental Protection Vol. 2, No 4, 2004, pp. 243 – 25 0
- [4] Chien-Yu Li , Yuan-Hau Li , Kuo-Huang Hsieh , Wen-Yen Chiu "High-Molecular-Weight Polyurethanes Prepared by One-step Miniemulsion Polymerization " Journal of Applied Polymer Science, Vol. 107, 840–845 (2008).

### ۵-۲. تأثیر دما

در این مرحله روکش پلی‌یورتان در سه دمای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه و دمای محیط و غلظت شتاب‌دهنده ۵ درصد پخت گردید که نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است.

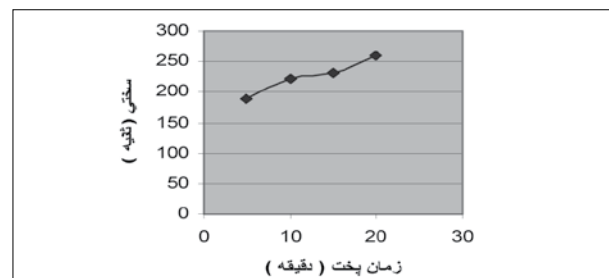


شکل ۳. تغییرات سختی با دمای پخت

نتایج نشان می‌دهد با افزایش دما، میزان پخت روکش نیز افزایش می‌یابد که نشان دهنده پیشرفت پلیمریزاسیون است.

### ۵-۳. تأثیر زمان پخت

به منظور ارزیابی تأثیر زمان پخت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۵ درصد نتایج در شکل ۴ نشان داده شده است.

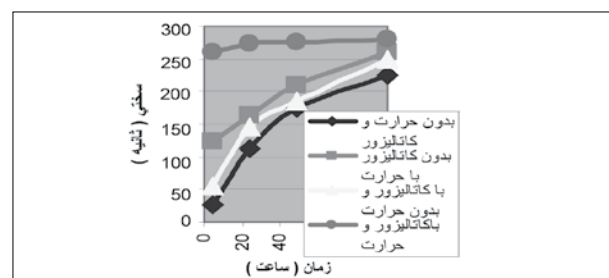


شکل ۴. تغییرات سختی با زمان پخت

نتایج نشان می‌دهد با افزایش زمان پخت، سختی روکش نیز افزایش می‌یابد طوری که پس از اتمام فرآیند تقریباً ۵۰ درصد از سختی نهایی روکش حاصل می‌شود.

### ۵-۴. تغییرات سختی روکش با زمان

شکل ۵ نشان می‌دهد در تمامی موارد سختی لایه شفاف با زمان افزایش یافته و به عدد ثابت نزدیک می‌شود اما سرعت سخت شدن در سیستم‌های مختلف متفاوت است.



شکل ۵. تغییرات سختی روکش با سیستم‌های مختلف نسبت به زمان