

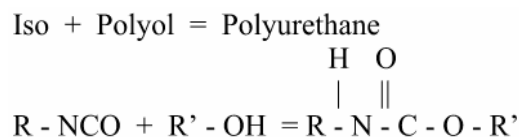
پلی یورتان ۱۰۰ درصد جامد و کاربرد آن به عنوان پوشش محافظ خطوط لوله

چکیده: پلی یورتان، یک پلاستیک ترموست است که کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد. کاربرد گسترده پلی یورتانها به دلیل خواص ویژه آنها مانند سختی و ضربه پذیری بالا، انعطاف پذیری خوب، چسبندگی، مقاومت شیمیایی، قابلیت اعمال در دمای پایین و سمی نبودن است. پلی یورتان ۱۰۰ درصد جامد اخیرا برای محافظت از سطوح داخلی و خارجی لولهها کاربرد پیدا کرده است. پوششهای پلی یورتانی ۱۰۰ درصد جامد محدوده وسیعی از پوششهای مختلف را شامل می شوند. در این مقاله ضمن معرفی پوششهای پلی یورتانی ۱۰۰ درصد جامد، کاربردهای آنها بررسی شده و ویژگیهای آنها در مقابل سایر پوششهای محافظ خوردگی مرسوم بیان شده است.

Abstract: Polyurethane is a thermoset polymer with various applications. Because of special properties of polyurethanes such as high hardness and impact resistance, suitable flexibility, suitable adhesion, high chemical resistance, low curing temperature and safety, they are used in various works. Recently 100% solid polyurethane have been used as the internal and external coatings of pipes. The 100% solid polyurethane coatings include a wide range of anticorrosion coatings. In this paper, 100% solid polyurethane coatings have been introduced and their properties and applications have been discussed.

۱- پلی یورتان ۱۰۰ درصد جامد و کاربردهای آن

پلی یورتان یک پلاستیک ترموست^۱ با کاربردهای گوناگون است. استفاده از این پلاستیک توسط اتو بایر^۲ در سال ۱۹۳۰ برای کاربردهای نظامی گسترش یافت. در یک نگاه کلی پلی یورتان محصول واکنش ایزوسیانات^۳ و پولیول^۴ با یکدیگر است، به طوری که:



¹ thermoset

² Otto Bayer

³ iso cyanate

⁴ polyol

اصطلاح «۱۰۰ درصد جامد» در مورد پوشش‌هایی به کار می‌رود که در آنها از هیچ حلالی برای حل کردن، حمل کردن و یا کاهش مقدار رزین‌های پوشش، استفاده نشده باشد. به‌علاوه اینکه، رزین‌ها که معمولا در حالت مایع هستند، پس از اعمال کاملا به جامد تبدیل می‌شوند. بر خلاف پوشش‌های متداول مانند اپوکسی‌ها که تنها تعداد معدودی از انواع آنها برای پوشش‌دهی قابل استفاده‌اند، پوشش‌های پلی‌یورتان بازه وسیعی از شکل‌ها و گونه‌ها را دارند. عبارت پوشش پلی‌یورتانی، عبارتی کلی است زیرا تقریبا همه چیز را در بر می‌گیرد، از درزگیر چوب گرفته تا کف ساختمان و پوشش‌های مخزن‌های زیر زمین [۱].

امروزه انواع بسیار متنوعی از پلی‌یورتان‌ها در کاربردهای بسیار زیادی استفاده می‌شوند. فوم‌های پلی‌یورتان انعطاف‌پذیر برای ساختن تخت خواب، متکا و صندلی ماشین به کار می‌روند. فوم‌های سخت برای عایق‌سازی فریزرها، یخچال‌ها و سقف‌ها استفاده می‌شوند. بسیاری از سازندگان کفش‌های ورزشی، پلی‌یورتان‌های کشسان ضربه‌پذیر را در ساخت کفی کفش به کار می‌برند. در صنعت خودرو، قسمت‌هایی چون داشبورد و پوشش‌های سپر از جنس پلی‌یورتان ساخته می‌شوند. علاوه بر این، پوشش‌های پلی‌یورتانی، به‌عنوان پوشش پل‌ها، درزگیرها، کف‌ها یا آستر مخزن‌ها نیز کاربرد دارند.

عبارت «۱۰۰ درصد جامد» محدوده انواع پرشمار پلی‌یورتان‌ها را کمی کوچک‌تر می‌کند. اما هنوز صدها ایزوسیانات و پولیول مختلف هستند که با آنها می‌توان پلی‌یورتان‌های بسیاری در این محدوده تولید نمود.

دیگر عاملی که با آن می‌توان پلی‌یورتان‌ها را محدود کرد، نوع ایزوسیانات استفاده شده در آنها است. رایج‌ترین ایزوهایی که در ساخت پلی‌یورتان‌ها به کار می‌روند، آروماتیک‌ها^۱ هستند. پلی‌یورتان‌هایی که با آروماتیک‌ها ساخته می‌شوند، صرفه اقتصادی داشته و کارشان را خوب انجام می‌دهند؛ اما هنگامی که در برابر نور خورشید قرار می‌گیرند، حالت گچی^۲ و تیره پیدا می‌کنند. ویژگی خوردگی و سایر ویژگی‌های فیزیکی سامانه‌های آروماتیکی تحت تاثیر تابش آفتاب قرار نمی‌گیرند. اما اگر نیاز باشد از این پوشش‌ها در کاربردهایی استفاده شود که ظاهر آنها مهم است، سطح رویی آنها باید پوشش شود. ایزوسیانات‌های آلیفاتیک^۳ برای ایجاد رنگ عالی و درخشندگی در ترکیب پلی‌یورتان‌ها مناسب هستند. از رنگ‌های خودرو به‌عنوان بارزترین نمونه این نوع پلی‌یورتان‌ها می‌توان نام برد [۱].

۲- خواص پوشش‌های پلی‌یورتانی

دلایل زیادی برای تمایل به استفاده از پوشش‌های پلی‌یورتانی ۱۰۰ درصد جامد برای پوشش دادن خطوط انتقال وجود دارد. اول اینکه، استفاده از این مواد نتایج بسیار عالی داشته است و این مواد به مضر نبودن، شهره هستند. این مواد با محیط زیست بسیار سازگارتر از پوشش‌های سنتی ضدخوردگی هستند. دوم اینکه، به سبب سرعت پخته شدن^۴ بالای این مواد، لوله‌های پوشش شده را در چند ساعت می‌توان تحت آزمون منافذ ریز پوشش^۵ قرار داده و مدفون کرد. سوم، این مواد قابلیت پخته شدن در دمای پایین را دارا هستند؛ این موضوع در مورد پوشش‌های دیگر غیر ممکن است. در آخر هم به سبب اینکه این پوشش‌ها برای اعمال احتیاج به گرمادهی ندارند، آنها را در هر ضخامت یا هر قطر و طول لوله می‌توان اعمال نمود [۲].

طبیعت واکنش ایزوسیانات و پولیول برای ساختن پلی‌یورتان، گرمازا است. به این دلیل، واکنش خود گرمای مورد نیازش را تامین می‌نماید. در نتیجه این پوشش‌ها را تقریبا می‌توان در هر دمای محیطی اعمال نمود؛ تا جایی که اعمال این پوشش‌ها تا دمای محیط ۴۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر بدون استفاده از گرمای اضافی، غیر معمول نیست [۱].

¹ aromatics

² chalk

³ aliphatic

⁴ curing

⁵ holiday

به غیر از خواصی که ذکر گردید، پلی‌یورتان سخت ۱۰۰ درصد جامد خواص بسیار خوب دیگری نیز دارد که عبارتند از [۳]:

- ۱- نداشتن حفره سوزنی^۱
- ۲- سختی و ضربه‌پذیری بالا
- ۳- انعطاف‌پذیری خوب
- ۴- چسبندگی قوی به سطح فلز
- ۵- مقاوم بودن در برابر نفوذ بخار آب
- ۶- مقاومت به جداسدگی در اثر عوامل آب و هوایی
- ۷- مقاومت شیمیایی

جدول‌های ۱ و ۲، مقایسه‌ای اجمالی بین خواص پوشش‌های پلی‌یورتانی با بعضی انواع دیگر پوشش‌های محافظ را ارائه می‌کنند.

۳- انواع سامانه‌های پوششی پلی‌یورتان

پوشش‌های پلی‌یورتانی را می‌توان با توجه به نوع و مقدار افزودنی آنها دسته‌بندی کرد. در بعضی مواقع افزودنی‌های خاصی برای بهبود ویژگی‌های پوشش‌ها به آنها افزوده می‌شود. اما این افزودنی‌ها معمولاً برای کاهش قیمت اضافه می‌شوند. البته باید توجه داشت افزودنی‌هایی که قیمت را کاهش می‌دهند، کیفیت را هم کاهش می‌دهند. افزودن ۱۰ تا ۲۰ درصد پرکننده (به‌ویژه قیر) اثر موثری روی کاهش قیمت دارد اما اثر آن روی کیفیت پوشش جزئی است. افزایش ۴۰ درصد یا بیشتر قیمت را شدیداً کاهش می‌دهد، اما خواص پوشش را هم به‌مقدار زیادی کاهش می‌دهد. معمول‌ترین پرکننده‌های مورد استفاده در پلی‌یورتان‌های ۱۰۰ درصد جامد، مواد قیری هستند. در این حالت معمولاً نفت خام، آسفالت یا قیرقطران استفاده می‌شوند؛ البته باید توجه داشت قیرقطران سرطان‌زا است.

جدول ۱- نمونه‌ای از نتایج آزمون‌های کارایی در بعضی انواع پوشش‌ها؛ گردآوری شده از بین اطلاعات تولیدکنندگان مختلف [۴].

آزمون	پلی‌یورتان	اپوکسی	ملاک
Impact ASTM G14	۲/۳ ژول	۱/۸ ژول	بالا تر بودن
Flexibility ASTM D-522	۱ mandril	۲ mandril	پایین تر بودن
Abrasion ASTM D-4060	۵۲ میلی‌گرم پرت	۱۲۰ میلی‌گرم پرت	پایین تر بودن
CD Resistance ASTM G8	۳/۲ سانتی‌متر مربع	۹/۷ سانتی‌متر مربع	پایین تر بودن
Adhesion (Elcometer)	۱۴۱۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع	۷۰۵ نیوتن بر سانتی‌متر مربع	بالا تر بودن
Permeability ASTM E-968	۰/۰۰۴۱ perm.cm	۰/۰۰۴۱ perm.cm	پایین تر بودن

^۱ pihole

جدول ۲- مقایسه بین نمونه‌های پوشش ۱۰۰٪ پلی‌یورتان جامد با نمونه‌های پوشش‌های ۱۰۰٪ اپوکسی جامد و قیر و قطرانی [۶].

نوع پوشش	قیر و قطران	۱۰۰٪ اپوکسی جامد	۱۰۰٪ پلی‌یورتان جامد
نیروی چسبندگی (ASTM D4541)	۸/۸ مگاپاسکال	۶/۴ مگاپاسکال	۱۳/۸ مگاپاسکال
سایش (ASTM D4060, 1kg, 1000 times circulating next weight loss)	پرت ۱۲۲ میلی‌گرم	پرت ۱۸۳ میلی‌گرم	پرت ۵۰ میلی‌گرم
کندگی کاتدی (ASTM G95, 3%NaCl, -1.5V, 30d, Peel off radius under 20 ⁰ C)	۱۵ میلی‌متر	۱۵ میلی‌متر	۸ میلی‌متر
Fight impact strength (ASTM D2794)	۵ ژول	۵ ژول	۱۰ ژول
Curved performance (ASTM D522, 2 inch spindle curving 1800)	مردود	مردود	قبول
Salt fog experiment (ASTM B117, 1000h)	قبول	قبول	قبول
جذب آب (ASTM D570, 50 ⁰ C, 48h)	٪۲	٪۲	٪۲
مقاومت شیمیایی (ASTM D714, 1000h)	قبول	قبول	قبول

اخیراً دو افزودنی به پوشش‌های ۱۰۰ درصد جامد سخت پلی‌یورتان افزوده شده است. یکی از آنها پودرهای سرامیکی هستند. این پودرها سبب می‌گردند پوشش‌ها با داشتن همان مقدار خواص کشسانی، مقاومت ضربه و مقاومت سایش بیشتری داشته باشد. دیگر افزودنی، مواد ضد میکروبی^۱ و غیر قابل شستشو هستند که سبب محافظت بیشتر از پوشش و سطح زیرین آن از خوردگی میکروبیولوژی می‌گردند [۲]. جدول ۳ سامانه‌های پوششی ۱۰۰ درصد جامد پلی‌یورتانی مرسوم و روش‌های اعمال آنها را نشان می‌دهد.

۴- استفاده از پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد برای پوشش‌دهی سطح داخلی لوله

پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد از سال ۱۹۸۸ برای پوشش‌دهی سطح داخلی لوله‌های چدنی آب و فاضلاب در امریکا کاربرد داشته است [۶]. هدف از استفاده از پلی‌یورتان به‌عنوان پوشش داخلی لوله‌های فاضلاب، جلوگیری از سایش سطح داخلی لوله‌ها و همچنین جلوگیری از خوردگی میکروبیولوژی است. وجود مقدار فراوان سولفات در فاضلاب سبب تولید H₂S می‌شود؛ در نتیجه، در حالتی که سرعت حرکت فاضلاب در لوله‌ها کم است (نواحی هموار)، اسید سولفوریک تولید شده و در اثر آن سطح داخلی لوله‌ها به‌شدت تخریب می‌گردد. تجربه نشان داده که لوله‌های چدنی بدون پوشش داخلی در این شرایط در کمتر از ۳ سال خورده می‌شوند [۶].

¹ anti - microbial

جدول ۳- سامانه‌های ۱۰۰ درصد جامد پلی‌یورتانی مرسوم امروزی و روش‌های اعمال آنها [۱].

سامانه	نوع شبکه	درصد پرکننده	خواص	کاربردهای مرسوم
آروماتیک - سریع سفت شونده، پاشیدنی	سخت	۰	چسبندگی عالی، مقاومت خوردگی عالی، انعطاف‌پذیری و مقاومت سایش و ضربه بسیار خوب، مقاومت شیمیایی عالی، مقاوت خوب در دمای بالا	خارج لوله‌های نفت و گاز، جوش‌های محیطی، داخل منابع آب قابل حمل و نقل
آروماتیک - سریع سفت شونده، پاشیدنی	سخت	۱۰ تا ۲۰	چسبندگی بسیار خوب، مقاومت خوردگی بسیار خوب، انعطاف‌پذیری و مقاومت سایش و ضربه بسیار خوب، مقاومت شیمیایی خوب	خارج لوله‌های نفت و گاز، خارج لوله‌های شهری، جوش‌های محیطی
آروماتیک - سریع سفت شونده، پاشیدنی	سخت	۲۰ تا ۴۰	چسبندگی خوب، مقاومت خوردگی بسیار خوب، انعطاف‌پذیری و مقاومت به ضربه و سایش بسیار خوب، مقاومت شیمیایی خوب	داخل لوله‌های فاضلاب، جایگزین برای اپوکسی
آروماتیک - سریع سفت شونده، پاشیدنی	کشسان	۰	مقاومت سایش عالی، انعطاف‌پذیری و مقاومت به ضربه عالی، مقاومت به خوردگی مناسب در ضخامت‌های بالا	داخل لوله‌های حامل محلول آهکی و ساینده، پوشش بتون‌های متحرک
آلیفاتیک - سریع سرد شونده، پاشیدنی	متغیر	۰	خواص رنگی و براقی عالی	پوشش لوله‌های روزمینی
آروماتیک دیرسفت شونده، بتونه ضخیم	سخت	۱۰ تا ۲۰	همانند نوع سریع سفت‌شونده، اعمال با برس و غلطک	تعمیر و بهبود سامانه‌های سریع سفت‌شونده، پوشش نواحی کوچک، جوش‌های محیطی
آروماتیک دیرسفت شونده، پاشیدنی	سخت	۰ تا ۱۰	همانند نوع سریع سفت‌شونده، اعمال با پاشنده بدون هوا، برس و غلطک	تعمیر و بهبود سامانه‌های سریع سفت‌شونده، پوشش نواحی کوچک و متوسط

در یک بررسی انجام‌شده در مرکز تحقیقات آب و فاضلاب ویرجینیا [۶]، نمونه‌هایی از لوله‌های چدنی دارای پوشش داخلی پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد در اسید سولفوریک ۲۰ درصد قرار داده شد و مقاومت سطح داخلی آنها ارزیابی شد. این بررسی‌ها، مقاومت بالای این پوشش را نشان داد.

از سال ۱۹۸۸ تاکنون، حدود ۶۱۰ کیلومتر از سطح داخلی لوله‌های با قطر ۱۲ تا ۴۸ اینچ مورد استفاده در شبکه فاضلاب ویرجینیا، با پلی‌یورتان‌های ۱۰۰ درصد جامد پوشش شده و این مصرف روندی افزایشی داشته است. لوله‌های فاضلاب پوشش‌شده، هیچ مشکلی در حین کار در شبکه پیدا نکرده‌اند و نحوه عمل این پوشش‌ها بسیار مطلوب بوده است [۶].

پوشش پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد، غیر سمی بوده و هیچ تأثیری بر بو یا مزه آب آشامیدنی ندارد و آن را آلوده نمی‌کند؛ به‌همین دلیل به‌عنوان پوشش داخلی لوله‌های آب آشامیدنی و پوشش‌دهی سطح داخلی مخازن آب آشامیدنی نیز کاربرد فراوان دارد [۷]. با افزودن عوامل ضدباکتری به پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد، می‌توان پوششی به‌دست آورد که از رشد باکتری‌ها در آب جلوگیری می‌کند [۷]. هم‌چنین با افزودن ترکیبات ویژه به پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد، پوششی به‌دست می‌آید که مقاومت شیمیایی بسیار بالایی داشته و برای پوشش‌دهی سطح داخلی لوله‌های انتقال‌دهنده مواد شیمیایی کاربرد دارد [۸].

۵- جمع بندی

پوشش‌های پلی‌یورتانی ۱۰۰ جامد به سبب خواص مناسبی از جمله: چسبندگی عالی، مقاومت به خوردگی عالی به‌ویژه در خوردگی میکروبی، انعطاف‌پذیری مناسب، مقاومت سایش و ضربه بسیار خوب، مقاومت شیمیایی عالی و مقاومت خوب در دمای بالا کاربردهای متنوعی در پوشش‌دهی داخلی و خارجی تجهیزات مختلف از جمله لوله‌ها دارند. علاوه بر خواص مناسب، سمی و مضر نبودن، سازگاری بیشتر با محیط زیست در مقایسه با پوشش‌های سنتی، سرعت پخته شدن بالا و در نتیجه قابلیت استفاده سریع و دمای پخت پایین این پوشش‌ها و عدم نیاز به گرمادهی سبب شده است پوشش‌های پلی‌یورتانی ۱۰۰ درصد جامد گزینه مطلوبی برای پوشش‌دهی به حساب آیند. از جمله موارد پوشش‌دهی با پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد را می‌توان سطح خارجی لوله‌های نفت و گاز، جوش‌های محیطی، سطح داخلی منابع آب قابل حمل و نقل، سطح خارجی لوله‌های شهری، سطح داخلی لوله‌های فاضلاب، سطح داخلی لوله‌های حامل محلول آهکی و ساینده، پوشش بتون‌های متحرک و پوشش لوله‌های روزمینی ذکر کرد. با توجه به خواص و ویژگی‌های بسیار مناسب پوشش‌های پلی‌یورتانی ۱۰۰ درصد جامد، می‌توان از این پوشش‌ها به‌طور گسترده‌ای در پوشش‌دهی تجهیزات داخل کشور از جمله خطوط لوله استفاده نمود.

مراجع

1. Kennedy, H., "100% Solids Polyurethanes Protective Coatings for Pipeline Internal and Externals", Madison Chemical Industries Inc., 1996.
2. Guan, S. W., "Advanced 100% Solids Rigid Polyurethane Coatings Technology for Pipeline Field Joint and Rehabilitation", NACE Corrosion Papers, 2003, Paper No.03043.
3. Varma, V.N., "100% Solid Polyurethane, The New Technology for Corrosion Protection", NACE Workshop At Haldia, 2002.
4. Kennedy, H., " 100% Solids Polyurethanes, The Next Generation of Water Tank Linings", Corrosion 92, Paper No.433.
5. " 100% Solid Content Polyurethane Anticorrosion Coating Technology and Applies", Jiang yong Group International Company.
6. http://www.madisonchemical.com/pdf_case_histories/020_Hampton_Roads_MIC.pdf
7. http://www.madisonchemical.com/product_pages/corropipe_2_pw.htm
8. http://www.madisonchemical.com/product_pages/corropipe_2_ultraliner.htm