

پلی یوریا، راهبر تحولی عظیم در کنترل خوردگی، آب بندی و محافظت از سطوح

مانی نقدی

مهندس عمران - عمران

مدیرعامل شرکت مهندسی آب سازه ماک



ساناز قلمبر دزفولی

مهندس پلیمر و کارشناس ارشد MBA

معاونت فنی و مهندسی گروه پوششهای محافظتی جنوب



نیاز مبرم به حفاظت از سازه ها در برابر خوردگی، تنشهای مکانیکی و نفوذ سیالات، تلاش های وسیعی را جهت فرموله کردن محصولات پوششی با خواص متنوع، در صنعت امروز می طلبد. در طی سالیان اخیر، دانشمندان و مهندسين شیمی نو آوری هایی را در صنعت پلیمر عرضه نموده اند تا جوابگوی این نیازها باشند. از جمله پیشرفته ترین این پلیمرهای توسعه یافته، پوشش های مهم پلی یورتان و پلی یوریا هستند.

از آنجایی که یک سیستم ایده آل حفاظتی باید در کلیه مراحل اعمال، نصب و سرویس با محیط زیست سازگار بوده، دوام و مقاومت بالایی در برابر شرایط محیطی و صدمات مکانیکی و مواد داشته باشد و همچنین از نظر هزینه مواد، اجراء و تعمیرات و نگهداری، مقرون به صرفه باشد پوشش های پلی یورتان و خصوصا پلی یوریای ۱۰۰ درصد جامد، به دلیل خواص ویژه خود، کلیه این نیازها را برآورده می نمایند.



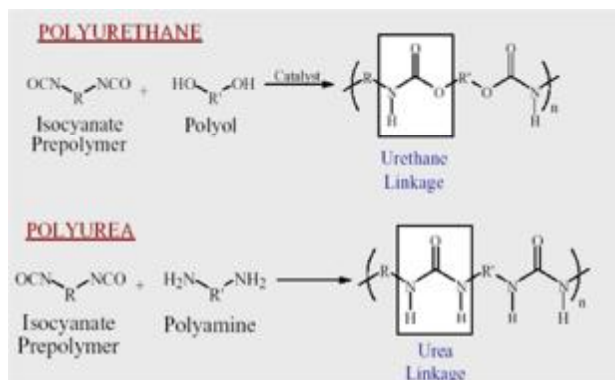
تاریخچه پیدایش پلی یورتان و پلی یوریا

تاریخچه ابداع پوششهای پلی یورتان به سال ۱۳۹۰ و کشف پلیمریواسیون افزایشی دی ایزوسیانات، توسط اتویایر و همکاران بر می گردد. همین واکنش، کلید تولید پلی یورتان و پلی یوریا گردید. پلی یورتان حاصل واکنش گرمازا بین دی یا پلی ایزوسیانات با ترکیبات حاوی گروه های هیدروکسیل مثل پلی ال می باشد.

اما اغلب پلی یا دی ایزوسیانات ها می توانند با ترکیبات حاوی هیدروژن فعال، چون آمین ها، واکنش خیلی سریع تری داشته باشند. این واکنش مبنای تشکیل ساختمان پلی یوریا است.

از آنجا که وجود زنجیره پلی یوریا در بسیاری از محصولات پلی یورتان، به دلیل مصرف آمین ها به عنوان extender زنجیره و یا جزء رزین که به صورت جزئی و یا کلی به جای پلی ال قرار می گیرد غیر قابل پیش بینی نیست اصطلاح ((پلی یورتان)) و یا ((یورتان)) جهت توصیف کلیه پلیمرهایی که حاصل واکنش دی یا پلی ایزو سیانات هستند و از جمله ((پلی یوریا)) مصرف می شده است.

این مبحث تا سال ۱۳۸۹ که شرکت Texaco chemical پوشش های الاستومری پلی یورتان ۱۰۰ درصد جامد قابل پاشش را بر پایه پلی اتر جفامین، به عنوان محصولی ویژه با مزایا و مشخصات فوق العاده به بازار عرضه نمود، ادامه داشت. از آن پس الاستومر پاششی پلی یورتان ۱۰۰ درصد جامد به عنوان یک تکنولوژی پیشرفته جدید پذیرفته شد و متعاقبا انجمن توسعه پلی یوریا (PDA) در سال ۲۰۰۰ تاسیس یافت. مطابق استانداردهای این انجمن محصولی پلی یوریا نام می گیرد که محتوی آمین یا پلی اتر آمین آن حداقل ۸۰ درصد باشد و محصولی پلی یورتان نام می گیرد که محتوی پلی ال هیدرول آن از ۸۰ درصد کمتر نباشد. بنابر این دو پارامتر می توان سیستمی از ترکیب یا هیبرید پلی یوریا/ پلی یورتان داشت.



پلی یورتان و پلی یوریا - تفاوت و شباهت

شیمی پلی یورتان بر اساس واکنش گرمازا بین دی یا پلی ایزو سیانات و ترکیبات حاوی گروه پایانی هیدروکسیل، چون پلی ال ها می باشد.

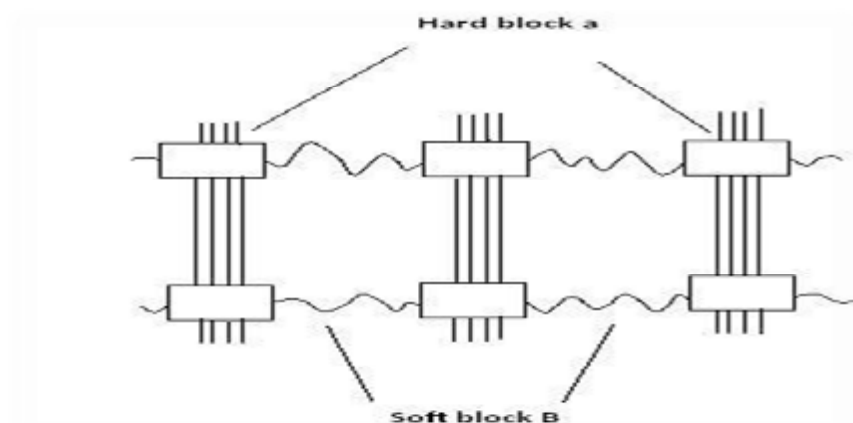
شیمی پلی یوریا بر پایه واکنش گرمازا بین دی یا پلی ایزو سیانات با ترکیبات حاوی هیدروژن فعال چون آمین ها می باشد.

این تفاوت ساختار، زمان واکنش بسیار سریع و متعاقبا زمان ژل شدن، خشک شدن سطحی و خشک شدن کامل سریع تر پلی یوریا را نسبت به پلی یورتان توجیه می نماید.

باند C-N در ساختار پلی یوریا از باند C-O در الاستومر پلی یورتان قوی تر است. این خاصیت باعث حصول دوام حرارتی بهتر پلی یوریا نسبت به پلی یورتان می شود. در نتیجه سیستم پلی یوریای ۱۰۰ درصد جامد دوام حرارتی بهتری را در مقایسه با الاستومر پلی یورتان بروز می دهد.

پوشش الاستومر پلی یوریای ۱۰۰ درصد جامد، شامل ساختار بلوکی نرم و سخت است. جزء دی ایزو سیانات به عنوان Hard Block و پلی اتر آمین جفامین به عنوان Soft Block عمل می نمایند.

خصوصاً آمین ها به طور عام از ستون فقرات پلی اکسی پروپیلن نرم و انعطاف پذیر برخوردارند که بر خلاف پلی یورتان منجر به حصول طبیعت هیدروفوبیک / ضد آب پلی یوریا می گردد.



نکته کلیدی در فناوری پوشش های الاستومر پلی یوریا این است که واکنش آمین / دی ایزو سیانات تقریباً فوری انجام می گیرد (زمان زل شدن ۳ تا ۱۰ ثانیه) که این واکنش سریع بدون حضور کاتالیست صورت می پذیرد. این واکنش دهی سریع تر از زمانی است که ایزو سیانات فرصت می یابد تا با رطوبت و آب وارد واکنش شود (واکنشی که منجر به تولید حباب های ناخواسته دی اکسید کربن می گردد). بنابراین پلی یوریا در مناطق شرجی و یا بر روی سطوح مرطوب قابل اعمال خواهد بود و نسبت به پلی یورتانها از حساسیت کمتری نسبت به رطوبت محیط و سطح در حین اعمال و کیورینگ، برخوردار است.

پوشش پلی یوریا نسبت به رطوبت حساس نبوده و عیوب مرتبط با رطوبت، چون ایجاد حباب، کف و یا تورم و تاول را بروز نمی دهد. اگرچه، توجه به این نکته ضروری است که جهت حصول حفاظت از خوردگی بلند مدت اعمال هیچ یک از سیستم های پوششی بر روی سطح مرطوب و یا خیس توصیه نمی گردد مگر اینکه با استفاده از پرایمر مخصوص از میزان چسبندگی به سطح اطمینان حاصل شود.

عدم وجود کاتالیست جهت سخت شدن و طبیعت اتوکاتالیست پلی یوریا، باعث تامین خواص عالی در معرض نور UV و یا دماهای بالا می شود چرا که وجود کاتالیست در سیستم، تخریب و افت خواص پلیمر را در شرایط مزبور افزایش می دهد. حفظ خواص فیزیکی پلی یوریای آلیفاتیک در شرایط مختلف جوی، بهتر از پلی یورتان آلیفاتیک حاوی کاتالیست می باشد. اگرچه در سیستم های الاستومر پلی یوریای آروماتیک تمایل به زردگرایی پلی اتر آمین و سایر واکنش گرهای آمینی، کمی بیشتر از پلی یورتان های بر پایه هیدروکسیل پلی ال می باشد. این تغییر رنگ و تمایل به زرد شدگی در سیستم های دکوراتیو به راحتی با استفاده از لاک های آلیفاتیک قابل مرتع نمودن است. لازم بذکر است اشعه UV بر سایر خواص پلی یوریا و پلی یورتان، از جمله مقاومت های مکانیکی و شیمیایی بی تاثیر است.



مزایای پلی یوریا:

زمان واکنش سریع:

زمان واکنش سریع پلی یوریا (۵ تا ۱۵ ثانیه) سریع تر از کلیه محصولات پوششی رقیب می باشد. این پوشش اتوکاتالیزت، به دلیل واکنش دهی سریع، با رطوبت محیط و یا سطح وارد واکنش نشده و بر روی سطوح سرد و یا مرطوب فلزی، بتنی، چوبی، سنگی، آجری، فوم پلی یورتان و ... قابل اعمال است.

در ضمن داشتن این خاصیت، امکان طولانی تر کردن زمان ژل شدن پلی یوریا از ۲۰ ثانیه تا چند دقیقه، جهت مصرف در مواردی که ژل تایم طولانی تر مورد نیاز است وجود دارد.

زمان واکنش و خشک شدن سریع پلی یوریا از مهمترین مزایای این پوشش محسوب می گردد. خصوصا در مواردی که برگشت به سرویس سریع سازه پس از اعمال پوشش یک فاکتور بحرانی است پلی یوریا این امکان را در اسرع وقت فراهم می نماید.

خشک شدن کامل پلی یوریا در عرض چند ساعت صورت می پذیرد این در حالی است که مدت زمان اعمال و خشک شدن دیگر پوشش های محافظتی گاهی هفته ها به طول می انجامد.



از آنجا که پلی یوریا به عنوان پوشش ضد خوردگی استاندارد در صنعت جهت پوشش خطوط لوله نیز مطرح شده است تجهیزات اتوماتیک پوشش خطوط لوله (lathe) امکان اعمال پوشش در احجام بالا و با سرعت زیاد را فراهم آورده است. تجهیزات اعمال متحرک، اعمال پوشش را در نقاط استراتژیک با کاهش هزینه های حمل و نقل امکان پذیر می نماید. همچنین تعمیرات بسیار سریع فاکتور بسیار جذابی برای مصرف کنندگان به حساب می آید. در سراسر دنیا در بسیاری از خطوط لوله از جمله **Trans-Alaska Petroleum Pipeline** و **Natural Gas Pipeline** در SE آسیا از پلی یوریا جهت پوشش استفاده شده است که نتیجه این پروژه ها اعمال و بهره برداری سریع، کاهش هزینه ها، بهبود کیفیت و کارایی و به حداقل رساندن هزینه تعمیر و نگهداری بوده است.



عدم حساسیت نسبت به رطوبت:

بر خلاف پلی یورتان که نسبت به رطوبت هوا و سطح حساس بوده و در اثر واکنش با رطوبت، ایجاد گاز دی اکسید کربن و متعاقباً کف یا نوک سوزنی می نماید پلی یوریا تحت تاثیر رطوبت واقع نمی شود. واکنش بین دو جزء پلی یوریا به قدری سریع انجام می گیرد که این مواد فرصت واکنش با رطوبت را پیدا نمی کنند. این مورد خصوصاً در شرایط جوی حاد و شرجی از مزایای این پوشش به شمار می رود.

حتی اگر سطح اعمال پوشش مرطوب باشد پلی یوریا به مراتب بهتر از پلی یورتان عمل خواهد کرد. نکته جالب توجه این است که پلی یوریا بدون تاثیر پذیری یا ایجاد واکنش، بر روی یخ و آب نیز قابل اعمال می باشد. اگرچه اعمال هر پوششی بر روی سطوح خیس، بدون پرایمر یا آماده سازی می تواند اثیریاتی بر چسبندگی سیستم داشته باشد. در مجموع پلی یوریا یک محافظ بتن کارا به حساب می آید. این ماده جهت مصارف آبنندی و محافظت استخرها، مخازن، آبنماها، کولینگ تاورها، زیر زمین ها، پل ها، پارکینگ ها، رمپ ها، فرودگاه ها، پالایشگاه ها و ... ایده آل است.



چسبندگی عالی:

سیستمی که شامل آماده سازی کامل سطح باشد چسبندگی را خصوصا در شرایط بحرانی چون اعمال بر روی بتن مربوط به کف پوش ها و یا پوشش داخلی مخازن بهبود می دهد. این مورد شامل اعمال بر روی فلز، چوب، سنگ، ژئوتکستایل و ... نیز میشود.

پلی یوریا در تست های چسبندگی بسیار خوب عمل می کند. به دلیل همین چسبندگی، تراوش ناپذیری و مقاومت در برابر شارژهای الکتریکی، نتیجه تست های جدایش کاتدی این پوشش عالی است.

مقدار جدایش کاتدی پلی یورتان در عرض ۳۰ روز و در دمای 23°C ، مطابق استاندارد DIN-30671 کمتر از ۱۲mm می باشد. این مقدار در مورد پلی یوریا به کمتر از ۴ mm تقلیل یافته است.

این فاکتور در پوشش سطوح فلزی و خطوط لوله از اهمیت به سزایی برخوردار است.



مقاومت کششی عالی:

پلی یوریاهاى جدید با نیروی کمتری کشیده می شوند و همپای پلی یورتان ها و حتی بهتر از آنها در برابر سوراخ شدگی و پارگی مقاومت می نمایند.

درصد افزایش طول و مقاومت کششی عالی پلی یوریا قابلیت ایجاد پل بر روی ترک ها و پرکردن شکاف های سطح را فراهم آورده و از ضعف پوشش در این حالات جلوگیری می کند.

مطابق استاندارد ASTM C-836 مقدار قابل قبول crack bridging $1/4$ میلیمتر است. این در حالی است که این مقدار در پلی یوریا به بیش از ۵ میلی متر افزایش می یابد. (این تست در دمای 30°C - و 50°C + تکرار شده و هیچگونه آثار جدایش و یا کاهش چسبندگی رویت نشده است).

همین مقاومت کششی بالا، پلی یوریا را برای استفاده در مواردی که سطح ممکن است در طی زمان تغییر جهت دهد، تحت لرزش یا ضربه باشد و یا زمان های که تنش های جدید اعمال میشود، ایده آل می نماید. این فاکتور در محافظت و آبنندی سطوح بتنی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.



درصد مواد فرار برابر صفر:

درصد مواد فرار بسیار کم و یا صفر پلی یوریا سبب شده است که این محصول در مواردی که عدم آلودگی و یا سمیت پوشش از اهمیت خاصی برخوردار است بسیار خوب عمل کند. این خاصیت پلی یوریا امکان استفاده از آن را در فضا های کاری محدود و بسته فراهم می آورد. پلی یوریا به دلیل VOC حدود صفر، در تماس با آب آشامیدنی، کاربرد های پزشکی، لوازم بهداشتی، صنایع غذایی و سیستم های تبرید، قابل مصرف بوده و دارای تاییدیه های مرتبط می باشد.

تا سال های اخیر بسیاری از تولید کنندگان مواد غذایی و نوشیدنی ها به دلیل بهداشتی نبودن محیط و نداشتن تاییدیه مجبور به توقف تولید و یا پرداخت جریمه های سنگین برای ادامه کار بودند. در حال حاضر پلی یوریا بهترین راه حل برای پوشش کف و دیوارهای سالن های تولید و انبار، تجهیزات و لوازم و ... در اینگونه کارخانجات است. همچنین از این ماده می توان در پوشش و آبنندی مخازن و لوله های آب، آکواریوم و دلفیناریوم نیز استفاده نمود.



مقاومت سایشی بالا:

پلی یوریا در محیط های بسیار ساینده به خوبی عمل میکند. مقاومت آن در برابر سوراخ شدن، پارگی، ضربه و سایش، این محصول را برای پوشش سطوح تحت سایش مانند انبارش و حمل محصولات زغال سنگی، پسماندهای هسته ای، زباله ها، دستگاه همزن سیمان، خطوط آهن و مسیرهای ریلی، صنایع قایق سازی، کف پوش کامیون ها، سیلوها، کف کارخانجات و صنایع سنگین، تونلها و لوله ها و دایجسترهای فاضلاب و دیگر موارد مناسب مینماید.

در مقایسه مقاومت سایشی پلی یوریا با پلی یورتان و اپوکسی مطابق استاندارد ASTM-D4060 مقاومت سایشی پلی یوریا حداقل ۶/۵ برابر الاستومر پلی یورتان و ۱۶ برابر اپوکسی گزارش شده است.



مقاومت در برابر برودت، حرارت و آتش:

پلی یوریا مقاومت حرارتی و برودتی خوبی دارد. پلی یوریای سخت در مقابل گرما تغییر شکل نداده و شره نمی کند. همچنین در دمای پایین شکننده نشده و خواص خود را از دست نمیدهد. در عین این که انعطاف پذیری خود را حفظ کرده و در مقابل ضربه مقاومت بالایی از خود نشان می دهد. در این مورد پلی یورتان ها تمایل به شره کردن دارند.

چنانچه این محصول در معرض شعله آتش قرار گیرد، پلی یوریا بهتر از اکثر پلیمر ها عمل نموده و دود کم و پخش شعله بسیار محدود دارد. در ضمن در بخارات متصاعد شده آن در حالت مشتعل، مواد سمی و سرطانزا وجود ندارد.



دوام طولانی مدت:

بسیاری از پلی یوریاها بر پایه ایزو سیانات های آلیفاتیک هستند که مقاومت جوی و دوام رنگی بالایی دارند. محصولاتی که بر پایه ایزو سیانات های آروماتیک هستند، دوام رنگی نداشته و در معرض نور به سمت زرد شدن و یا تیره شدن رنگ تمایل دارند.

پیشرفت های علمی اخیر در زمینه تکنولوژی محصولات آلیفاتیک منجر به توسعه فرمول های جدید آسپارتیک شده است. این پلی یوریاهای آلیفاتیک - آسپارتیک با یک لایه بسیار نازک ۷۵-۱۲۵ میکرونی، دوام رنگی و مقاومت در برابر UV را تامین نمایند. این ضخامت در سیستم هایی که استفاده از پلی یوریای آلیفاتیک به تنهایی مدنظر است تا ۵۰۰ میکرون افزایش خواهد داشت.

نکته قابل توجه این است که علی رغم تغییر رنگ پلی یورئای آروماتیک در تست های weathering این تغییر فقط محدود به سطح بوده و در سایر خواص مکانیکی و شیمیایی و فیزیکی پوشش تغییر ایجاد نمی شود. لذا در مصارف صنعتی که ثبات رنگ اهمیت چندانی ندارد میتوان از پلی یورئای آروماتیک به تنهایی و با قیمت مناسبتر استفاده نمود.



حفاظت محیطی:

میتوان پلی یوریا را جهت پوشش دیوارها و کفهای در تماس با مواد شیمیایی، اسیدهای رقیق، قلیاها، محلولهای نمک، حلالهای آلی و روغنهای استفاده نمود.

پلی یوریا سد محکمی در برابر ریزش و آلوده سازی محیط زیست توسط مواد فوق ایجاد مینماید.

در این گونه مصارف، پلی یوریا خود را با شکل خط لوله، انشعابات و اتصالات، تطابق داده و این سازه ها را کاملاً سیل و آبنده می نماید.



سازگاری با محیط زیست:

علی رغم وجود گروه های ایزو سیانات در فرمولاسیون پلی یوریا، این ماده به عنوان محصولی سازگار با محیط زیست طراحی شده، هیچ گونه آسیبی به محیط و مجریانی که از تجهیزات ایمنی استفاده کرده اند وارد نمیکند. پلی یوریا در هیچ کدام از مراحل تولید، انبار، نقل و انتقال، کاربرد و یا مصرف، آلودگی ایجاد نمی کند.

برخی از گرید های پلی یوریا دارای تاییدیه مصرف در تماس با آب آشامیدنی و در پلنتهای مواد غذایی می باشند.

نتیجه تست Gas analysis شرکت SGS بر روی پلی یوریا بدین صورت گزارش شده است که درصد گاز HCN متصاعد شده از پلی یوریا در حالت مشتعل صفر بوده است.

انعطاف پذیری در فرمولاسیون:

معمولا پوشش های پلی یوریا، به دلیل زمان ژل شدن سریعشان و متعاقبا تاثیر ناپذیری پوشش در برابر رطوبت سطح یا محیط، معروف شده اند. اما امکان تولید گرید های مختلف پلی یوریا با زمان ژل شدن طولانی تر نیز وجود دارد. در این صورت پوشش فرصت می یابد که یکنواخت شده و سطحی صاف و براق ایجاد نماید. این محصول Slow Gel در مصارفی که ظاهر و پرداخت کار از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و یا محصول خود تراز شونده و یا نفوذ کننده در سطح مد نظر باشد، مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین در تجهیزات با اشکال نامنظم مانند شیرآلات، استفاده از پلی یوریا با زمان ژل شدن طولانی تر آسانتر است.

پیشرفت در فرموله کردن افزودنیهای جدید باعث تامین مزایا و خواص اعجاب انگیزی در پلی یوریا شده است. افزودنی های مخصوص بهبود چسبندگی، نیاز به پرایمر را به حداقل رسانده اند. این مزیت باعث حذف مرحله پرایمر، کاهش هزینه های اعمال و زمان پروسه اعمال خواهد شد.

همچنین افزودنیهای مقاوم UV، طول عمر بیشتر قرارگیری در معرض نور خورشید را تضمین می نمایند.

پلی یوریا های هیبریدی میتوانند بسته به نوع ساختار از خواص خوب پلی یورتانها یا اپوکسی ها نیز توانمند برخوردار باشند.

تنظیمات فرمول، امکان مصرف پلی یوریا را در هر موردی فراهم می نماید. امکان تغییر میزان سختی، انعطاف پذیری، مقاومت شیمیایی، مقاومت در برابر اشعه UV، مقاومت حرارتی و... با تغییر فرمولاسیون وجود دارد.

سطوح قابل اعمال:

پلی یوریا بر روی سطوح فلزی، بتنی، ژئوتکستایل، چوبی، فایبرگلاس، سنگی، فوم های پلی یورتان، پشم های معدنی، آجری، شاتکریت و ... قابل اعمال است.



کاربردهای پلی یوریا

پلی یوریا در صنایع مختلف کاربرد دارد. از جمله این صنایع عبارتند از: صنعت نفت و گاز و پتروشیمی، صنعت آب و فاضلاب، تولید نیرو، صنایع نظامی، صنایع استخراج معدن، تاسیسات عام المنفعه، پوشش سقف و کف، صنایع دریایی، صنایع کشاورزی، صنایع اتومبیل سازی، ساخت و ساز، فوم و کامپوزیت و...

پلی یوریا در مصارف زیر و روی سطح زمین و مغروق در آب شور و شیرین و... و در شرایط جوی و محیطی مختلف قابل مصرف است.



نتیجه گیری

در دنیای امروز، پلی یوریا اثبات کرده است که انتخابی موثر، کارا و اقتصادی در صنعت پوشش های محافظتی و ضد خوردگی و صنایع مرتبط به حساب می آید.

تولید محصولاتی با خواص بهبود یافته و پیشرفته ترین تجهیزات اعمال و پاشش جهت حصول بهترین کیفیت و تامین خواسته مصرف کنندگان، هر روز بر محبوبیت و مقبولیت این پوشش در صنایع جهان می افزاید.

