

کاربرد فوم پاششی پلی یورتان در صنایع ریلی

نام محور مقاله: فناوری های نوین در ناوگان های باری و مسافری

فریبرز خنارصنمی

علی خوئینی

چکیده

فوم پلی یورتان که به فرآورده نفتی است، به عنوان بهترین عایق حرارتی در صنعت کاربرد دارد، ولی به دلیل گرانی نسبی تا کنون استقبال چشمگیری در صنایع کشور از این محصول نگردیده است. در صورتی معرفی و توجیه کاربرد فوم پلی یورتان و منافع اقتصادی استفاده از آن در دراز مدت می توان از آن بخوبی بهره مند گردید. این مقاله به فوائد فوم پلی یورتان و استفاده از آن در صنایع ریلی به عنوان عایق جایگزین پشم شیشه اشاره دارد.

کلمات کلیدی

فوم - پلی یورتان - عایق حرارتی - پشم شیشه

۱- مقدمه

با پیشرفت تکنولوژی و تاثیرپذیری صنایع مختلف از آن و تغییر در نیازهای مصرف کنندگان، از جمله ضرورت استفاده بیشتر از فضا، افزایش سرعت ساخت و ساز، صرفه جویی در مصرف انرژی و تامین رفاه بیشتر، و تاثیر این نیازها بر صنعت، پیوند میان علوم مختلف با صنعت افزایش یافته است.

در این میان پلیمرها توانسته اند طی ۴ دهه، تاثیر بسیار زیادی برصنعت بگذارند به طوری که استفاده از این مواد به خوبی توانسته است سازندگان را در رسیدن به اهداف مهمی چون عایقکاری و افزایش سرعت ساخت کمک نماید. مواردی چون انواع عایق های حرارتی، رطوبتی و صوتی، انواع چسب ها، رزین ها، الیاف، روکش ها و کفپوش ها، قسمتی از موارد کاربرد پلیمرها در صنعت هستند.

پلی یورتان مجموعه ای از پلیمرهای بسیار مهم است که به دلیل دارا بودن خواص فیزیکی خاص، از جمله مقاومت در مقابل پارگی و سایش، قدرت کششی و چسبندگی بالا و مقاومت خوب در مقابل روغن ها، مصارف بسیار زیادی در صنایع مختلف دارد. همچنین سایر خواص پلی یورتان مانند مقاومت بسیار زیاد در مقابل خوردگی و مقاومت عالی در برابر نفوذ حرارت، برودت، رطوبت و صدا و نیز سبک بودن و خاصیت ارتجاعی بالا باعث شده است تا از این محصول در صنایع مختلف در سراسر جهان، استفاده گسترده ای شود.

در کنار تمامی ویژگی های منحصر بفرد و خواص عالی پلی یورتان، تا کنون بدلیل گرانی این محصول - علیرغم نیاز فراوان - استقبال گسترده ای از این محصول در کشور صورت نپذیرفته است. استفاده از پلی یورتان در زمان های طولانی دارای کارایی بهتری است و در صورت استفاده از آن - با کاهش مصرف انرژی - تمامی هزینه های اولیه جبران خواهد گردید. و در صنایع ریلی نیز می توان از آن به عنوان جایگزین مناسب برای بطور مثال عایق پشم شیشه استفاده نمود.



شکل ۱: نمایی از استفاده فوم پاششی پلی یورتان به عنوان عایق داخلی



شکل ۳: نمایی از اعمال فوم پاششی پلی یورتان



شکل ۲: نمایی از اعمال فوم پاششی پلی یورتان

۲ - تاریخچه

اگرچه اولین واکنش های منتج به پیدایش یورتان ها به سال ۱۸۴۹ برمی گردد ولیکن تا سال ۱۹۳۷ فعالیت های خاصی در این زمینه صورت نپذیرفت. اولین مواد در سال ۱۹۴۱ به صورت الیاف، با نام پرلون یو و ایگامیدو در کشور آلمان به بازار عرضه گشت و پس از آن قابلیت کاربرد یورتان ها در تهیه چسب ها، اسفنج ها، روکش ها و چرم های مصنوعی مورد توجه واقع گشت. فعالیت های موازی نیز در کشورهای انگلیس و آمریکا بین سال های ۱۹۴۱ تا ۱۹۵۸، باعث به دست آمدن انواع متنوعی از محصولات یورتانی گردید. در این میان فوم های پلی یورتانی بیش از سایر محصولات مورد استفاده قرار گرفتند و کاربرد آن ها در صنایع مختلف تشبیت گشت و استفاده از آنها به شدت افزایش یافت.

۳- فومهای پلی یورتان

به طور کلی فوم های پلی یورتان را می توان به ۳ دسته کلی فوم های نرم، فومهای نیمه نرم و سخت تقسیم بندی نمود.

۱-۳ فومهای نرم

فوم های نرم پلی یورتان فوم هایی با سلول باز هستند که هوا به راحتی از داخل آنها عبور می کند و دانسیته آن ها در محدوده ۰/۹۳ الی ۲/۸۰ پوند بر اینچ مکعب می باشد. از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی، استحکام کششی و ازدیاد طول بهتری از خود نشان می دهند. این فوم ها دارای خواص عالی جذب صوت و ضریب هدایت حرارت پایین هستند و در برابر اغلب حلال ها مقاومت خوبی دارند. در صورتی که در معرض اشعه ماوراء بنفش قرار گیرند به سرعت رنگ خود را از دست می دهند. همچنین در برابر اسید ها و بازهای قوی مقاومت ضعیفی دارند. مقاومت توانی آنها پایین است و با اعمال فشار در شرایط دمایی خاص تغییر شکل های ماندگار از خود نشان می دهند.

۲-۳ فوم های نیمه نرم

فوم های نیمه نرم از ترکیب مناسب پلی استر و ایزوسیانات ها ساخته می شوند، در این فوم ها مانند فوم های نرم با تغییر در فرمولاسیون، تغییرات قابل ملاحظه ای در سختی و سایر خواص حاصل می گردد. اگر چه این مواد جاذب آب هستند ولیکن رطوبت هوا را جذب نمی کنند.

۳-۳ فومهای سخت

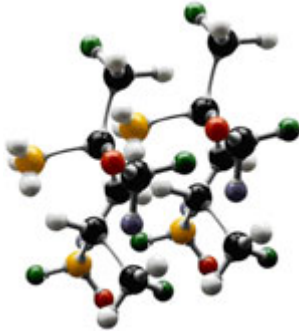
فوم های سخت پلی یورتان در سال ۱۹۴۰ به میزان کم در ساختارهای ساندویچی به کار رفتند ولی در سال ۱۹۶۰ توسعه واقعی تولید و مصرف فومهای سخت پلی یورتان تحت تاثیر دو عامل زیر تشدید شد.

- استفاده از مونوفلوروترتری به عنوان عامل پف زا.
- استفاده از MDI؛ پلیمری که علاوه بر بهبود خواص باعث ساده شدن فرایند گشت.

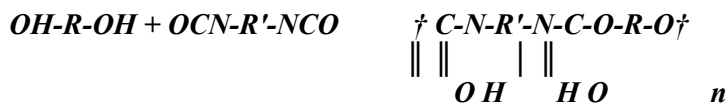
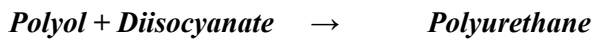
ضریب هدایت حرارتی فوم های سخت پلی یورتان از تمام فوم های پلیمری دیگر کمتر است و همین امر باعث شده است که از فوم های سخت پلی یورتان برای کاربردهای عایق بیشتر استفاده گردد.

۴- اجزای فرمولاسیون پلی یورتان

یک سیستم واکنش فوم پلی یورتان از اجزای مختلف پلی ال و ایزوسیانات تشکیل می گردد.



شکل ۴: مولکول پلی یورتان



همچنین عوامل پف زا، کاهش دهنده کشش سطحی، کاتالیزور و سایر افزودنی ها، در موارد کاربردی مختلف، قابل افزودن به این فرمولاسیون هستند.

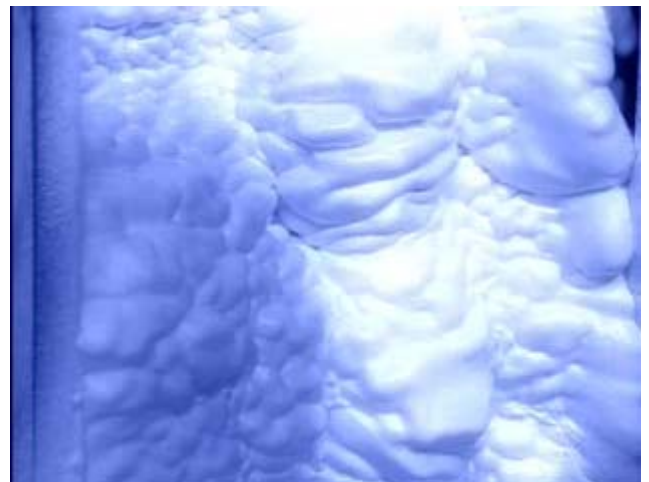
افزودنی هایی همچون مواد رنگی، پایدار کننده اشعه ماوراء بنفش، تاخیر اندازهای شعله و پرکننده ها در ترکیبات پلی یورتانی استفاده می شوند که استفاده از هر کدام باعث تغییر خواص شیمیایی و فیزیکی محصول نهایی می گردد.

۵- فرآیند فیزیکی فوم شدن

وقتی که اجزای فرمولاسیون فوم با یکدیگر اختلاط پیدا کردند ، واکنش های شیمیایی به طور هم زمان شروع می شوند و پس از گذشت زمان اندکی، رنگ سیستم در حال واکنش ، کدر می گردد. در این مرحله تشکیل حباب های گاز، با چشم قابل مشاهده است. پس از این مرحله، عمل بالا آمدن فوم شروع می گردد . با ادامه فرایند تولید گاز ،عمل انتقال مولکول های گاز تولید شده از مایع به داخل سلول های به وجود آمده صورت می پذیرد. با ادامه این فرایند ، از تعداد سلول ها کاسته شده و بر اندازه آن ها افزوده می شود.



شکل ۶: فوم پلی یورتان بعد از پاشش



شکل ۵: فوم پلی یورتان بعد از پاشش

۵-۱ دانسیته فوم ها

"یکی از مهمترین مشخصه های هر فومی، دانسیته آن می باشد که باعث تغییر خواص فیزیکی فوم می شود. در فوم های قالبگیری شده، با توجه به ثابت بودن حجم قالب، دانسیته مواد به مقدار موادی که به داخل قالب ریخته می شود بستگی دارد. اما در روش های تولید فوم به روش غیرقالبگیری یا آزاد، پارامترهای مختلف دیگری هم بر دانسیته فوم تاثیر دارند. یکی از این پارامترها، اندازه و یک دست بودن ساختمان سلولهای فوم می باشد، که این امر توسط راندمان اختلاط و هسته گذاری در مخلوط فوم کنترل می شود.

درجه حرارت مواد اولیه از دیگر پارامترهای موثر بر دانسیته فوم ها می باشد. این دما بر سرعت فوم شدن، سرعت پلیمریزاسیون و درجه حرارت نهایی واکنش موثر است. به طور کلی درجه حرارت بالای مواد اولیه باعث ایجاد فوم با دانسیته نسبتاً پایین، با کمی زبری می شود.

ظرفیت تولید نیز از دو طریق بر روی دانسیته فوم موثر است. فوم های تولیدی توسط ماشین های کوچک (مثلاً ظرفیت خروجی ۵۰ کیلو پلی ال در دقیقه) نسبت به فوم های تولیدی مشابه توسط ماشین های بزرگتر دارای توزیع دانسیته پهن تری هستند، به طوری که در این فوم ها دانسیته مرکز فوم نسبت به دانسیته متوسط فوم از اختلاط بیشتری برخوردار است. تنظیم هم زمان سرعت ژل شدن و سرعت رشد فوم نیز بسیار مهم است. کوچکترین تغییرات در موازنه این سرعت ها، تاثیر به سزایی در دانسیته و نفوذپذیری فوم های نرم دارد.

تغییرات فشار جو نیز بر روی دانسیته فوم موثر است. دانسیته یک فوم با فرمولاسیون معین، رابطه مستقیمی با فشار جو در لحظه تولید دارد. این تغییرات جو می تواند در اثر تغییر در شرایط آب و هوایی و یا تعویض فصول ایجاد شود. مثلاً در بعضی از کارخانه ها تحت تاثیر جو، علی رغم استفاده از یک فرمولاسیون یکسان، کاهش ۳۰ درصدی در دانسیته، مشاهده شده است."

۶- دلایل جایگزینی فوم پلی یورتان به عنوان ماده ای موثر و متفاوت

فوم همانطور که تولید می گردد اجرا می شود بنابراین مرحله پیش تولید حذف می شود، فوم تولید شده در کلاس B1، B2 و B3 می باشد که از استاندارد DIN-4102 تبعیت می کند (کلاس B1؛ خود خاموش شونده است)، چسبندگی بالا به تمامی سطوح (آجر، بتن، فلز، ...) بنابراین نیازی به چفت و بست یا قاب جهت چسبیدن به محل مورد نظر ندارد، عایق پیوسته است بنابراین ناپیوستگی ناشی از لبه به لبه وجود ندارد، مقاوم در برابر پارگی و سایش، مقاومت فشاری برای دانسیته ۶۰ در محدوده ۴-۴.۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، مقاومت بالا در برابر خوردگی، طول عمر زیاد (۳۰ سال)، استفاده از فوم پلی یورتان به عنوان عایق حرارتی و صوتی اجازه حرکت هوا و نفوذ رطوبت غیر قابل کنترل از راه بدنه را نمی دهد و باعث ایجاد پوسته ای کاملاً بدون درز و نفوذ ناپذیری می شود. درزها و سوراخ ها را می پوشاند و محافظی بسیار با ارزش در مقابل نفوذ غیر قابل کنترل هوا، کوران هوا، رطوبت و صدا می باشد.

همچنین سبکی زیاد نیز از مزایای آن می باشد (۱ متر مربع با قطر ۲.۵ سانتیمتر حدود ۱۳۰۰ گرم). همچنین معایب پشم شیشه از جمله امکان جابجایی در هنگام حرکت واگن و سرطان زای بودن مواد تشکیل دهنده پشم شیشه در این مورد مشاهده نمی گردد.

سرمایه گذاری اولیه جهت استفاده از فوم پلی یورتان در طولانی مدت به شکل مصرف پایین انرژی، کنترل کیفیت هوای داخل واگن، سلامت و ایمنی بالا قابل بازگشت می باشد.

به علت ساختار فوم پلی یورتان که بصورت سلول های بسیار نزدیک به هم و فشرده می باشد (و در نتیجه بیشترین میزان مقاومت حرارتی در هر واحد را به ما می دهد)، وسایل و تجهیزات گرمایشی-سرمایشی نیز بسیار کارآمدتر بوده و سوخت کمتری مصرف می گردد.

و نیز فوم پلی یورتان در برابر سایر عایق ها دارای پایین ترین قابلیت هدایت حرارتی است.

جدول ۱: مقایسه قابلیت حرارتی عایق های مختلف

مصلح	وزن مخصوص (kg/m^3)	قابلیت هدایت حرارتی ($W/c.m$)
الیاف معدنی (پشم شیشه و یا سنگ)	۲۰-۳۰	۰.۰۴-۰.۰۴۵
الیاف معدنی به صورت پانل (پشم شیشه و یا سنگ)	۲۰۰-۳۰۰	۰.۰۴۵-۰.۰۶
پلی استایرن (یونولیت)	۲۰-۵۰	۰.۰۳-۰.۰۳۵
پلی یورتان	۲۰-۵۰	۰.۰۳-۰.۰۳۵
پوکه	۳۲۰-۸۰۰	۰.۰۳-۰.۰۳۵

۷ - برخی ملاحظات هنگام استفاده از فوم پلی یورتان

- بیشتر انواع عایق های فوم شکل به سختی آتش می گیرند ولی در صورتی که این اتفاق بیفتد، دودی سیاه ، غلیظ و سمی تولید می کنند که در بعضی مواقع شامل گاز سیانید هیدروژن که کشنده است ، می باشد. خاصیت آتش گیری همه فوم ها، بستگی به درجه احتراق آن ها دارد که آن هم با توجه به نوع فرمولاسیون هر فوم متغییر است . برای جلوگیری از آتش گیری می توان از مواد تاخیر انداز شعله در ترکیب فوم پلی یورتان استفاده کرد.
- با وجود اینکه عایق های فوم شکل ، هیچ ارزش غذایی برای حشرات ندارند ولی موربانه ها به راحتی در داخل آن تونل سازی می کنند. این تونل ها، میزان مقاومت حرارتی عایق را کاهش می دهند. بعضی از تولید کنندگان ورقه های فوم عایق در ترکیب محصولاتشان از بعضی مواد حشره کش استفاده می کنند تا جلوی هجوم حشرات را بگیرند. و البته ساختار عایق بندی داخل واگن و شرایط محیطی آن به صورتی است که امکان بروز این مشکل بعید به نظر می رسد.

۸- استفاده از فوم پلی یورتان به عنوان ماده نگهدارنده

قدرت چسبندگی فوم های پلی یورتان به اکثر سطوح (به جز سیلیکون ها و پلیکا) بسیار زیاد است به طوری که پس از چسبیدن ، جدایی به سختی انجام می شود و در بعضی موارد عمل جدایی با تخریب انجام می گردد. از آنجایی که چسبندگی آن ها بر روی بسیاری از بسترها مناسب است ، از محلول های پلی یورتان به منظور افزایش قدرت چسبندگی در سایر سیستم های پوششی استفاده می شود. همچنین میزان سختی ، مقاومت تراکمی و کشش مارپیچی آنها بیش از سیمان است به طوری که در ترکیب با برخی پر کننده ها می توان پوشش های سخت و مقاوم در برابر محیط تولید کرد. در این روش فوم پلی یورتان را می توان به عنوان جایگزین دوغاب ماسه و سیمان استفاده کرد به بیانی دیگر ، نه تنها از پلی یورتان به عنوان عایق حرارتی استفاده می شود ، بلکه به جای دوغاب نگهدارنده نیز عمل میکند. بدین منظور از ترکیبات مناسب پلی یورتان با روش ریخته گری رزین مایع استفاده می گردد. (از این خصوصیت فوم پلی یورتان می توان در صنایع عمرانی استفاده نمود).

در این فرایند سیستم های فعال پلی یورتانی ابتدا با یکدیگر مخلوط می شوند و سپس قبل از انجام واکنش (فوم شدن) رزین مایع بین سنگ و دیوار ریخته می شود. واکنش پس از چند ثانیه انجام شده ، باعث پف کردن فوم می گردد و کمتر از ۲۰ ثانیه فوم به صورت جامد در می آید. در این حالت ، سنگ به وسیله فوم به دیوار چسبیده است. با توجه به انرژی آزاد شده در این واکنش، لازم است قبل از ریختن فوم ، سنگ با نگهدارنده مناسب مهار گردد.

جزئیات اجرای مهار سنگ به دو شکل قابل اجرا است که در اینجا به توضیح آن می پردازیم.

۸-۱ مهار دائم

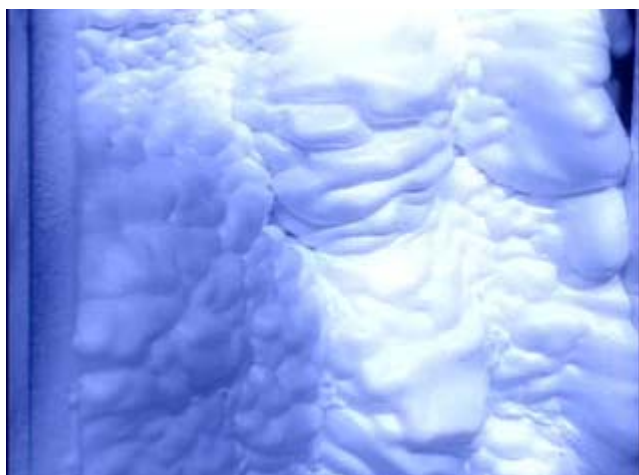
در این روش از بست های فلزی مناسب، به منظور ثابت نگاه داشتن سنگ و جلوگیری از افتادن آن قبل از فوم ریزی و حرکت سنگ در زمان فوم ریزی، استفاده می شود.

۸-۲ استفاده از سازه های پشتیبان

در این روش از قطعات سنگ با استفاده از نگهدارنده های موقت ، ثابت می مانند به طوریکه سنگ در حین واکنش فوم تغییر مکانی نداشته باشد این سازه پس از گذشت زمان گیرایش نهایی ، قابل باز کردن می باشد.

۹- روش استفاده از فوم پلی یورتان بصورت پاشش بر روی سطوح

در این روش مواد تشکیل دهنده فوم به صورت دوجزء (بیس و هاردنر) از مخازن جداگانه خارج و در یک تفنگ پاشش به نسبت یک به یک با هم ترکیب شده و به سطح مورد نظر پاشیده می شوند و بلافاصله بعد از پاشش پف میکنند، این کار باید توسط یک اپراتور با مهارت بالا انجام گیرد. و در هر مرحله بعد از انجام پاشش اضافه ها را برش می زنند . بیشترین استفاده از این روش برای حفاظت از خوردگی و عایق بندی سطوح فلزی انجام می شود.



شکل ۶: فوم پلی یورتان که بعد از پاشش پف کرده است.

شکل ۵: فوم پلی یورتان به صورت پاششی بر روی سطوح



شکل ۸: اپراتور در حال برش برای صاف کردن فوم پاشش شده.

شکل ۷: اپراتور در حال پاشش فوم

بررسی مطالعه و پژوهش فوق بیانگر این است که در صورت توجه و مطالعه کافی و با اجرای روش پاشش فوم های پلی یورتان به عنوان عایق حرارتی و صوتی به جای پشم شیشه می تواند از فوائد بسیار این روش بهره جست. البته اجرای دقیق این روش نیازمند انجام تحقیقات و آزمایشات تکمیلی می باشد.

مراجع

- [1] باریکانی ، مهدی ، شیمی پلی یورتان ها ، جزوه شیمی و تکنولوژی پلی یورتان ها، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و الیاف و نانو پلیمر ها ، ۱۳۸۳
 - [2] برمر،محمد، فوم های پلی یورتانی، جزوه شیمی و تکنولوژی پلی یورتان ها ، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و الیاف نانو پلیمرها،۱۳۸۳
 - [3]برمر، محمد، دستگاه ها و روش های فرایند پلی یورتان ها، جزوه شیمی و تکنولوژی پلی یورتان ها، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و الیاف و نانو پایمرها، ۱۳۸۳
 - [4]مهدی پور، شهرام، روکشهای پلی یورتانی، جزوه شیمی و تکنولوژی پلی یورتان ها، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و الیاف و نانو پلیمر ها، ۱۳۸۳
 - [5]یگانه، حمید، الاستومرهای پلی یورتانی ، جزوه شیمی و تکنولوژی پلی یورتان ها، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و الیاف و نانو پلیمر ها، ۱۳۸۳
- [6] <http://materialbalances.blogfa.com>