

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی شیمی

سنتز پلی یورتان الاستومر - نانو کامپوزیت و بررسی خواص مکانیکی پوشش آن بر سطح فولاد ساده کربنی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر

محسن شناسا

استاد راهنما
دکتر روح اله باقری



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی پلیمر - صنایع پلیمر آقای محسن شناسا
تحت عنوان

سنتز پلی یورتان الاستومر - نانو کامپوزیت و بررسی خواص مکانیکی پوشش آن بر سطح فولاد
ساده کربنی

در تاریخ 1390/1/28 توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر روح اله باقری

1-استاد راهنمای پایان نامه

دکتر محمود معصومی

2-استاد مشاور پایان نامه

دکتر سعید نوری خراسانی

3-استاد داور

دکتر مرتضی صادقی

4-استاد داور

دکتر حمید زیلویی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

تقدیر و تشکر:

حمد و سپاس خدای بزرگ، علیم و معلم راسزد که انسان را شایسته معرفت آموزی و علم اندوزی آفرید.

با تشکر از زحمات پدر و مادرم و خواهر عزیزم که همواره مرا در اجرای این امر یاری نموده‌اند. وظیفه خود می‌دانم که از استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر روح اله باقری که با رهنمود های ارزنده و مفیدشان همواره مرا مورد لطف خویش قرار دادند، کمال تشکر را نمایم. از استاد گرامی جناب آقای دکتر محمود معصومی که مشاوره این پروژه را به عهده داشته و مرا با نظریات و راهنمائیهایشان یاری فرمودند، بسیار سپاسگزارم. از استادان عزیز جناب آقای دکتر مرتضی صادقی و جناب آقای دکتر سعید نوری خراسانی که داوری پایان نامه اینجانب را پذیرفتند، کمال تشکر را دارم. انجام این پژوهش بدون استفاده از امکانات آزمایشگاهی شرکت پیمان صنعت امکان پذیر نبود، بنابراین جا دارد از مدیر محترم شرکت پیمان صنعت قدر دانی نمایم.

من الله توفیق

محسن شناسا

فروردین 1390

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه (رساله)، متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به:

پدرم که وجودش تکیه‌گاه مطمئن و پشتوانه فرا راه تحصیل و زندگی می‌باشد.

مادرم که مظهر مهر و محبت و چشمه ایمان و اخلاق است.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
1.....	چکیده
2.....	فصل اول: مقدمه و شیمی الاستومرهای یورتانی
2.....	مقدمه
4.....	شیمی الاستومرهای یورتان
4.....	1-1- تاریخچه پلی یورتانها
6.....	2-1- طبقه بندی صنعتی پلی یورتانها
6.....	1-2-1- پلی یورتانهای قابل ریخته گری
7.....	2-2-1- پلی یورتانهای غلطک پذیر
7.....	3-2-1- پلی یورتانهای ترموپلاستیک
8.....	4-2-1- پلی یورتانهای پاششی
8.....	3-1- ویژگی ها و موارد کاربرد الاستومرهای یورتانی
9.....	4-1- شیمی الاستومرهای یورتانی
10.....	5-1- واکنشهای ایزوسیانات
10.....	1-5-1- واکنشهای ایزوسیانات با ترکیبات دارای گروه $N-H$
14.....	2-5-1- واکنشهای ایزوسیانات با ترکیبات دارای گروه $O-H$
15.....	3-5-1- واکنشهای ایزوسیانات با ترکیبات دارای گروه $S-H$
15.....	4-5-1- دیمریزاسیون گروههای ایزوسیاناتی
16.....	5-5-1- تریمریزاسیون گروههای ایزوسیاناتی
17.....	6-1- ساختمان شیمیائی الاستومرهای یورتان
18.....	7-1- روشهای تهیه الاستومرهای یورتانی
18.....	1-7-1- روش پیش پلیمری

18	2-7-1- روش شبه پیش پلیمری
20	3-7-1- روش یک مرحله‌ای
20	8-1- ارتباط بین خواص و ساختمان در الاستومرهای یورتانی
20	1-8-1- اثر ساختاری قسمت‌های نرم
22	2-8-1- اثر ساختاری قسمت‌های سخت
24	3-8-1- اثر اندازه قسمت‌های سخت و نرم
24	4-8-1- اثر تشکیل پیوندهای عرضی
26	فصل دوم: نانو کامپوزیت‌های پلیمری
26	مقدمه
26	1-2- تعریف نانو کامپوزیت
27	2-2- نانو کامپوزیت‌های پلیمر-نانو رس
27	3-2- ساختار سیلیکات‌های لایه‌ای
28	4-2- روش‌های تهیه نانو کامپوزیت‌های پلیمر-مونت موریلونیت
29	1-4-2- روش محلولی
29	2-4-2- پلیمریزاسیون بین لایه‌ای درجا
30	4-4-2- پلیمریزاسیون بین لایه‌ای مذاب
31	4-4-2- روش سل-ژل
31	5-2- نحوه توزیع ذرات
33	6-2- بهبود در خواص پلیمر در اثر افزودن نانو ذرات
33	7-2- معایب و مشکلات بکارگیری نانو ذرات
33	8-2- اصلاح نانو رس
35	9-2- پوشش دهی
35	1-9-2- پوشش دهی نواری

36	2-9-2- پوشش دهی با تکنولوژی قالب گیری
39	فصل سوم: مروری بر کارهای پژوهشی انجام شده
39	مقدمه
39	1-3- کارهای پژوهشی انجام شده
68	2-3- نوآوری در کار حاضر نسبت به کارهای پژوهشی انجام گرفته از طریق نتایج کارها
68	3-3- هدف از انجام این پژوهش
70	فصل چهارم: آزمایش‌های تجربی
70	1-4- مواد اولیه مورد استفاده
70	1-1-4- پیش پلیمر
71	2-1-4- زنجیر افزایشنده
71	3-1-4- نانو سیلیکات
71	4-1-4- فولاد ساده کربنی
72	5-1-4- سایر مواد مورد استفاده
72	2-4- تجهیزات و وسایل مورد نیاز
72	3-4- دستگاه‌های مورد استفاده برای انجام آزمون‌های مکانیکی الاستومرهای سنتز شده
73	4-4- تهیه ورقه‌های فولادی و آماده سازی سطح
73	1-4-4- آماده سازی مکانیکی
73	2-4-4- آماده سازی شیمیایی به روش اچ اسیدی
74	5-4- مراحل تهیه نمونه‌های پلی یورتان
74	1-5-4- خشک کردن مواد مورد استفاده در سنتز
74	2-5-4- تهیه پلی یورتان الاستومر از واکنش زنجیر افزایشنده با پیش پلیمر
74	3-5-4- تهیه نانو کامپوزیت پلی یورتان الاستومر - نانو رس
75	4-5-4- ریخته گری آمیزه‌های پلیمری

- 75-5-4 پوشش دهی آمیزه‌های پلیمری..... 75
- 76-5-4 پخت الاستومر..... 76
- 76-5-4 جدا کردن الاستومر از قالب بعد از پایان دوره پخت..... 76
- 77-6-4 آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه‌ها..... 77
- 77-1-6-4 پراش اشعه ایکس (XRD)..... 77
- 77-2-6-4 آزمون طیف سنجی (ATR/FT-IR)..... 77
- 78-3-6-4 اندازه گیری میزان تورم در حلال..... 78
- 78-4-6-4 آزمون کشش سنجی..... 78
- 79-5-6-4 آزمون سختی سنجی..... 79
- 80-6-6-4 آزمون مقاومت سایشی..... 80
- 81-7-6-4 آزمون چسبندگی پوشش نانو کامپوزیت پلی‌یورتان - نانو رس بر سطح فولاد ساده کربنی... 81
- 81-8-6-4 آزمون گرما سنجی - وزنی (TGA)..... 81
- 83..... فصل پنجم: نتایج و بحث..... 83
- 83..... مقدمه..... 83
- 83-1-5 بررسی واکنش‌های انجام شده در سنتز نانو کامپوزیت‌های پلی‌یورتان..... 83
- 85-2-5 ریز ساختار نمونه‌های حاوی نانو ذرات سیلیکات..... 85
- 87-3-5 طیف ATR/FT-IR نمونه‌های سنتز شده..... 87
- 89-4-5 اندازه گیری نسبت تورم نمونه‌ها در حلال..... 89
- 90-5-5 نتایج حاصل از آزمون کشش سنجی..... 90
- 90-1-5-5 اثر مقادیر مختلف نانو ذرات بر خواص کششی..... 90
- 93-2-5-5 اثر دمای پخت بر خواص کششی نمونه‌ها..... 93
- 95-6-5 نتایج حاصل از آزمون سختی سنجی..... 95
- 95-1-6-5 اثر مقادیر مختلف نانو ذرات بر سختی نمونه‌ها..... 95

96	..... اثر دمای پخت بر سختی نمونه‌ها
97	..... نتایج حاصل از آزمون مقاومت سایشی
97	..... اثر مقادیر مختلف نانو ذرات بر سایش نمونه‌ها
98	..... اثر دمای پخت بر مقاومت سایش نمونه‌ها
99	..... نتایج حاصل از آزمون چسبندگی
99	..... اثر مقادیر مختلف نانو ذرات مونت موریلونیت بر چسبندگی نمونه‌ها
101	..... اثر دمای پخت بر چسبندگی نمونه‌ها
103	..... آنالیز حرارتی نمونه‌ها (TGA)
106	..... فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
106	..... مقدمه
106	..... 1-6- جمع بندی کلی نتایج
108	..... 2-6- پیشنهادات برای ادامه کار
109	..... ضمیمه
115	..... مراجع

چکیده:

در این پژوهش نمونه‌های پلی یورتان الاستومر - مونت موریلونیت اصلاح شده آلی، از طریق پلیمریزاسیون در جا یک پیش پلیمر پایه اتری (حاصل از واکنش تولوئن دی ایزوسیانات با پلی تترا متیلن اتر گلیکول) حاوی گروه‌های انتهایی ایزوسیانات و زنجیر افزاینده یک دی آمین (متیلن بیس اورتوکلروآنیلین) در دماهای پخت مختلف در حضور درصدهای مختلف نانو ذرات کلوزیت 30B تهیه گردید. در این روش ابتدا نانو ذرات کلوزیت 30B با چهار درصد وزنی مختلف (5,3,1,0/5) با استفاده از همزن‌های مکانیکی و دستگاه فوق صوت در بستر پیش پلیمر پخش گردید. سپس زنجیر افزاینده به حالت مذاب به پیش پلیمر حاوی نانو ذرات اضافه گردید و به مدت 2 دقیقه بهمزده شد. نانو کامپوزیت‌های مذاب حاصل در قالب‌های فلزی به اشکال ورقه، قرص ریخته‌گری شد و همچنین بر سطح ورق فولاد کربنی پوشش داده شد. تمامی نمونه‌ها در دماهای 130, 120, 90°C پخت گردید. نتایج حاصل از آزمون طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه انعکاسی (ATR) و اندازه گیری نسبت تورم در حلال، نشان دهنده واکنش گروه‌های ایزوسیانات انتهایی پیش پلیمر با گروه‌های هیدروکسیل موجود در نانو ذرات کلوزیت 30B و همچنین کاهش دانسیته اتصالات عرضی نمونه‌ها با افزودن نانو ذرات به بستر پلی یورتان می‌باشد. ارزیابی پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه‌های پلی یورتان الاستومر حاوی نانو ذرات نشانگر نفوذ کامل زنجیرهای پلیمری برای نمونه‌های حاوی 1 و 3 درصد وزنی از نانو ذرات و نیز جدایی کامل لایه‌ها و ساختار شبیه ورقه‌ای (Exfoliated) نمونه حاوی 0/5 درصد نانو ذرات می‌باشد. با افزودن 0/5 درصد از نانو ذرات به بستر پلیمر استحکام نهایی 2 برابر نمونه فاقد نانو ذرات و چسبندگی نمونه پوشش داده شده 2/3 برابر نمونه شاهد گردید. سایش نمونه حاوی 0/5 درصد مونت موریلونیت 16% در مقایسه با نمونه شاهد افت نشان داد. نتایج حاصل از ارزیابی گرمایی سنجی (TGA) بیانگر افزایش 47°C و 40 دمای شروع تخریب به ترتیب با افزودن 1 و 3 درصد وزنی نانو ذرات مونت موریلونیت به بستر پلی یورتان خالص گردید.

واژه‌های کلیدی: پلی یورتان الاستومر، نانو کامپوزیت، مونت موریلونیت اصلاح شده، پوشش دهی، خواص مکانیکی، مقاومت سایشی، چسبندگی، پایداری گرمایی.

فصل اول

مقدمه و

شیمی الاستومرهای یورتانی

مقدمه:

نانو کامپوزیت‌های پلیمری به عنوان یک دسته جدید از مواد مهم صنعتی ظاهر شده‌اند. این مواد در افزودن 2 تا 3 درصد حجمی عملکردی مشابه کامپوزیت‌های پلیمری با 30 تا 50 درصد وزنی مواد تقویت کننده نشان می‌دهند. باید به این نکته توجه کرد که افزودن زیاد پرکننده در کامپوزیت‌های پلیمری منجر به افزایش غیر مطلوب در دانسیته و در نتیجه افزایش وزن قطعات، کاهش جریان مذاب و افزایش شکنندگی می‌شود. علاوه بر این کامپوزیت‌های معمولی اغلب مات بوده و سطح نهایی ضعیفی دارند که این مشکل در نانو کامپوزیت‌های پلیمری وجود ندارد [1].

نانو کامپوزیت‌های پلیمری، برای خیلی از سامانه‌های پلیمری، مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. نانو کامپوزیت‌های حاصل اغلب از خواص بهتری نسبت به پلیمرهای پر شده مرسوم¹ یا کامپوزیت‌هایی با مقیاس بزرگتر مثل میکرو کامپوزیت‌ها² برخوردار می‌باشند. با توجه به نیاز صنعتگران به مواد پلیمری با خواص مکانیکی بالا، این شاخه از مواد نانو کامپوزیتی با استقبال زیادی روبرو شده است. در این نانو کامپوزیت‌ها بستر را پلیمر و فاز تقویت کننده را صفحه‌های نانومتری سیلیکات تشکیل می‌دهد. با توجه به ابعاد تقویت کننده، نانو کامپوزیت حاصل دارای خواص منحصر به فردی است. به عنوان مثال در نانو کامپوزیت‌های پلیمری با توجه به کوچک بودن پرکننده در آن‌ها، خواص بسیار بهتری نسبت به کامپوزیت‌ها

¹-Conventional composite

²-Microcomposites

مشاهده می‌شود. میزان افزایش خواص به چندین عامل بستگی دارد که شامل نسبت منظر پرکننده، درجه توزیع آن، جهت یافتگی آن در فاز زمینه و چسبندگی سطح مشترک بستر و پرکننده می‌باشد. سیلیکات‌های با ساختار صفحه‌ای مانند: مونت‌موریلونیت، هکتوریت، میکا و ساپونیت به عنوان مواد تقویت‌کننده برای پلیمرها، اخیراً توجه بسیار زیادی به خود جلب کرده‌اند. این مواد معدنی، ساختار لایه‌ای (نوعاً با ضخامت 1 نانومتر) دارند که اگر به طور کامل جدا شوند، می‌توانند خواص بستر را شدیداً بهبود بخشند [2].

چنین نانو کامپوزیت‌هایی می‌توانند خواص مطلوبی چون مدول و مقاومت بالا داشته باشند. بهترین خواص در شرایطی بدست می‌آیند که نانو رس به لایه‌های نانو رس مجزا با ضخامتی در حدود یک نانومتر و قطری در حدود 20 تا 500 نانومتر ورقه ورقه شده باشد. در طول فرآیند جدا شدن لایه‌ها، ذرات نانو رس نه تنها خیلی کوچک‌تر می‌شوند بلکه همزمان شکل آن‌ها از قطعات مکعبی به صورت ورقه‌های مسطح درمی‌آید [3].

با توجه به این مطلب و با توجه به تنوع ساختمانی نانو رس‌های موجود در طبیعت. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که نانو رس‌های مونت‌موریلونیت و میکا بهترین ساختمان و خواص را برای استفاده در نانو کامپوزیت‌های پلیمری دارند. به عنوان مثال مونت موریلونیت در مقایسه با نانو رس‌ها، پیوند قوی تری با زنجیره‌های پلیمری ایجاد می‌کند و همین امر باعث می‌شود نانو کامپوزیت حاصل دارای ساختمانی همگن و خواص برتر باشد.

شایان ذکر است اغلب کارهای انجام گرفته بر روی تقویت‌کننده سیلیکات لایه‌ای می‌باشد، بدلیل اینکه اولاً در دسترس می‌باشد، ثانیاً مطالعات شیمیایی بر روی آن‌ها از زمان‌های قبل وجود داشته است. پژوهش حاضر نیز نانو کامپوزیت پلی‌یورتان را مورد بررسی قرار داده است که صفحه‌های فاز تقویت‌کننده، از نوع سیلیکات لایه‌ای می‌باشند. در ادامه شیمی الاستومرهای پلی‌یورتان ارائه می‌گردد. در فصل دوم کلیاتی در مورد نانو کامپوزیت‌های پلیمری و روش‌های پوشش دهی پلی‌یورتان‌ها ذکر می‌گردد. در فصل سوم کارهای پژوهشی انجام شده توسط پژوهشگران و همچنین نوآوری و هدف از انجام این پژوهش شرح داده می‌شود. در فصل چهارم، مواد مورد استفاده، تجهیزات به کار رفته و روش کار شرح داده می‌شود. در فصل پنجم نتایج حاصله از آزمایشات و آنالیزهای صورت گرفته بر روی نمونه‌های تهیه شده گزارش شده است و در فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای ادامه تحقیقات ارائه شده است.

الاستومرهای یورتانی:

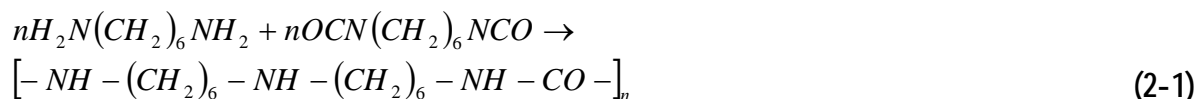
در این قسمت ابتدا به تاریخچه پلی یورتان پرداخته می شود و نیز واکنش‌هایی که از درجه اهمیت بالاتری در شیمی یورتان‌ها برخوردار هستند، معرفی می گردد. همچنین ارتباط بین خواص و ساختمان در الاستومرهای یورتان مورد بررسی قرار گرفت.

1-1- تاریخچه پلی یورتان‌ها

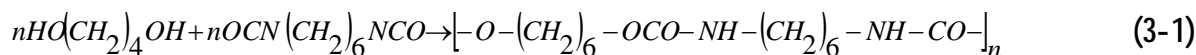
اگرچه شیمی و فتاوری پلی یورتان‌ها قدمت زیادی ندارند، ولی سابقه شیمی ایزوسیانات‌های آلی، به حدود 160 سال قبل می‌رسد. زمانیکه ورتز¹ برای اولین بار در سال 1849 از واکنش بین سولفات‌های آلی و سیانات‌ها، موفق به کشف ایزوسیانات‌های آلی شد [4]



بعد از کشف ورتز، ایزوسیانات‌های دیگری سنتز شدند و بعضی از واکنش‌های مربوط به آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند. در سال 1937 پروفیسور اتوبایر و همکارانش² موفق به کشف پلیمریزاسیون افزایشی دی ایزوسیانات‌ها شدند و از این طریق انواع متعددی از پلی یورتان‌ها و پلی اورها را سنتز نمودند. کارهای اولیه اتو بایر بر واکنش بین دی ایزوسیانات‌ها و دی آمین‌ها که منجر به تولید پلی اوره می‌شد، متمرکز بود.



بالا بودن نقطه ذوب این ترکیبات، استفاده‌ی آن‌ها را در حوزه پلاستیک‌ها و الیاف محدود می‌کرد. لیکن واکنش بین دی ایزوسیانات‌ها و گلیکول‌ها مثل (1 و 4- بوتان دی ال) که منجر به تولید پلی یورتان‌ها می‌شود، دارای محدودیت فوق نبوده، از اینرو استفاده از این مواد در تهیه انواع پلاستیک و الیاف موفقیت آمیز بود [4].



پلی یورتان‌های فوق استفاده تجاری پیدا کردند و با نام‌های تجاری ایگامید-³ یو³ برای پلاستیک‌ها و پرلون-⁴ یو⁴ برای الیاف مصنوعی به بازار عرضه می‌شوند [4].

بسط و توسعه پلی یورتان‌ها به حوزه‌هایی غیر از پلاستیک و الیاف بطور فعالی در آلمان، مقارن با جنگ جهانی دوم، صورت گرفت. در سال 1940، شالاک⁵ از شرکت آی-جی فاربن ایندستری⁶، از واکنش پلی

¹ - Wurtz
² - Otto bayer, et al
³ - Igamid-U
⁴ - Perton-U
⁵ - Schack
⁶ - I,G Farbenindustry

استرهای با گروه‌های انتهائی هیدروکسیل و دی‌ایزوسیانات‌ها (مثل: 1 و 6- هگزامتیلن و دی‌ایزوسیانات) موادی بدست آورد که دارای نقطه نرمی پائینی بودند.

کارهائی هم توسط یکی از شرکت‌های تابعه آجی - فارین ایندستری بنام فارین فابریکن، بر روی فوم‌های سخت، چسب‌ها و پوشش‌ها انجام شد.

یکی از کاربردهای صنعتی ایزوسیانات‌ها در زمینه تولید چسب‌ها می‌باشد [1]. مقارن با جنگ جهانی دوم آلمانی‌ها موفق به چسباندن رابرونا - اس¹ بر روی فلز شدند. این کار با استفاده از تری‌فیل‌متان‌تری ایزوسیانات انجام گرفت.

پوشش‌های یورتانی هم یکی دیگر از حوزه‌های کاربردی پلی‌یورتان‌ها می‌باشند که برای اولین بار در آلمان توسط بایر و همکارانش مورد مطالعه قرار گرفت [5]. این پوشش‌ها قابلیت استفاده بر روی پایه‌های مختلف اعم از چوب، فلز، لاستیک، چرم و کاغذ را دارا بودند. مقارن با پیشرفت کار در زمینه‌های چسب و پوشش‌های یورتانی، کارهائی نیز بر روی اسفنج‌های یورتانی انجام شد. اولین نوع اسفنج‌ها، اسفنج‌های سخت بودند که در آلمان تهیه شدند [5]. این اسفنج‌ها از واکنش بین TDI با نام تجاری دسموجور - تی² و پلی‌استری با گروه‌های انتهائی هیدروکسی با نام تجاری دسموفنز³ تهیه می‌شدند [4]. در ابتدا، از واکنش بین ایزوسیانات و گروه‌های کربوکسیلیک موجود در پلی‌استر برای تولید گاز استفاده می‌شود [4]. (واکنش 1-4)



استفاده از آب در این سامانه‌ها، راه حل دیگری برای تولید حباب می‌باشد. (واکنش 1-5)



پژوهش‌هایی که در شرکت گودیر⁴ در سال 1947 انجام گرفت، منجر به کشف اسفنج‌های با دانسیته کم شد [2]. چهارمین حوزه‌ای که برای کاربرد یورتان‌ها مرتب می‌شوند، حدود کاربردی الاستومرها⁵ می‌باشد. اولین الاستومر یورتانی که در سال 1942 توسط پینتن از شرکت دینامیک آجی تحت نام «آی - لاستیک»⁶ تهیه شد. همچنین اتوبایر و همکارانش پژوهش‌های وسیعی بر روی الاستومرهای یورتانی انجام دادند و در این راستا به لاستیکی به نام ولکان⁷ دست یافتند [4].

¹ - Buna-S

² - Desmodur-T

³ - Desmophens

⁴ - Goodyear Aircraft corp

⁵ - Elastomers

⁶ - I Rubber

⁷ - Vulcollan

2-1- طبقه‌بندی صنعتی پلی‌یورتان‌ها

از نقطه نظر صنعتی، پلی‌یورتان‌ها به پلاستیک‌ها، الاستومرها، فوم‌ها، چسب‌ها، پوشش‌دهنده‌ها و الیاف تقسیم می‌شوند. بطور کلی الاستومرها به آن دسته از موادی اطلاق می‌شوند که وقتی تحت تنش کششی قرار می‌گیرند حداقل دو برابر طول اولیه خود ازدیاد طول یابند.

الاستومرهای یورتانی بر اساس فرآیند پذیری به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند [6]:

الف - پلی‌یورتان‌های قابل ریخته‌گری¹

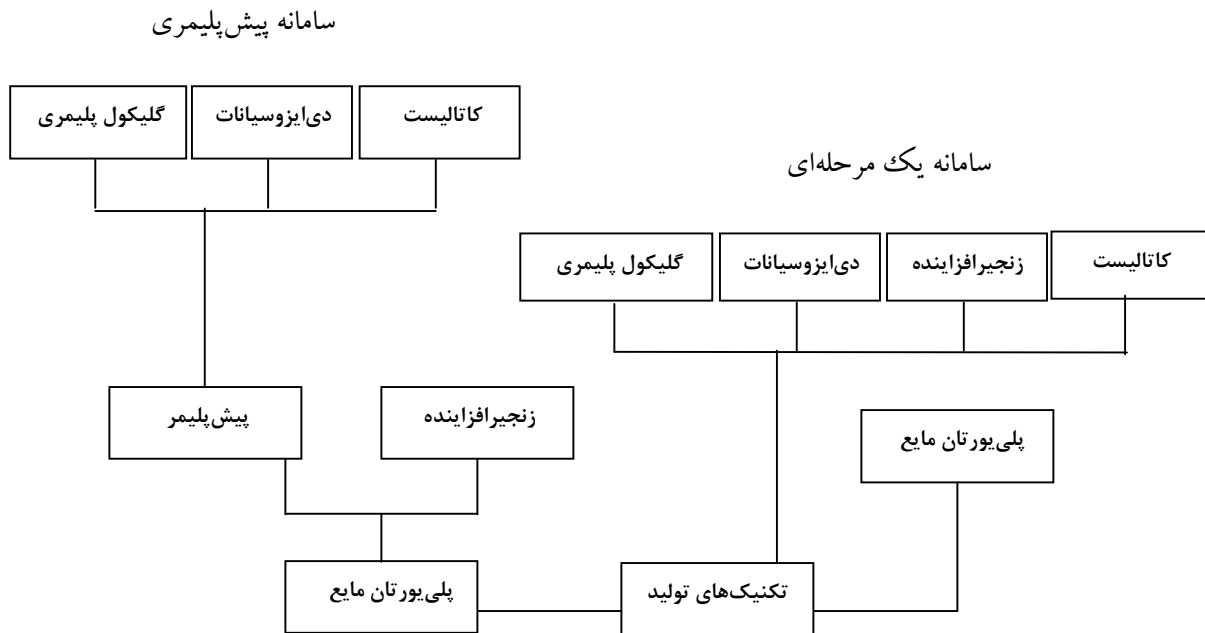
ب - پلی‌یورتان‌های غلطک‌پذیر²

ج - پلی‌یورتان‌های ترموپلاستیک³

د - پلی‌یورتان‌های پاششی⁴

1-2-1- پلی‌یورتان‌های قابل ریخته‌گری

پلی‌یورتان‌های این دسته بیشترین کاربرد را در تولید پلی‌یورتان‌های الاستومری داشته و به یکی از دو روش تولید پیش‌پلیمری⁵ و یا یک مرحله‌ای⁶ فرآیند می‌شوند [7]. (شکل 1-1)



شکل 1-1 معرفی کلی روش‌های تولید الاستومرهای مایع [7]

¹ - Castable PU
² - Millable PU
³ - Thermoplastic PU
⁴ - Sprayable PU
⁵ - Prepolymer Route
⁶ - One Shot systems

با تغییر دادن هر یک از سه عامل مهم شرکت کننده در واکنش (مانند: گلیکول پلیمری (یا پلی ال)، دی ایزوسیانات یا زنجیر افزاینده) الاستومرهای با طیف وسیعی از خواص فیزیکی - مکانیکی بدست می آیند. این طیف خواص از حالت ژلاتینی بسیار نرم شروع و به محصولات بسیار مقاوم و سخت ختم می شود [7].

1-2-2- پلی یورتان های غلطک پذیر

اساس تولید پلی یورتان های غلطک پذیر بر روش پیش پلیمری استوار است و این پلیمرها را می توان جهت تولید محصول ذخیره و نگهداری کرد. پلی یورتان های غلطک پذیر توسط ماشین های مربوط به صنایع لاستیک، فرآیند پذیرند و نیز به همان روش های پخت معمول در صنعت، پخت می شوند. پیوندهای عرضی در الاستومرهای غلطک پذیر یورتانی می تواند با افزودن ایزوسیانات، سولفور و یا پراکسید به آمیزه پلیمری ایجاد شوند. پرکننده های مورد نظر را نیز می توان بر روی غلطک به آمیزه اضافه نمود. کلیه مراحل تولید از جمله پخت الاستومرها در دمای بالا، مطابق روش های معمول در پخت لاستیک، صورت می گیرد. محصول نهائی این گروه در مقایسه با پلی یورتان های بدست آمده از روش ریخته گری، خواص ضعیف تری دارند [7].

1-2-3- پلی یورتان های ترموپلاستیک

پلی یورتان های ترموپلاستیک یا الاستور - پلاستومرهای یورتانی موادی هستند که اخیراً در زمینه فتاوری یورتان ها توسعه یافته اند. این پلیمرها معمولاً از واکنش یک دی ایزوسیانات، یکی پلی ال (پلی اتر یا پلی استر که در انتهای زنجیره پلیمری آن ها عامل OH وجود دارد) و یک گلیکول با وزن مولکولی کم که به عنوان زنجیره افزاینده بکار می رود، سنتز می شوند. در تهیه پلی یورتان های ترموپلاستیک، نسبت دی ایزوسیانات به دی ال بکار برده شده، معمولاً برابر با یک است که این امر باعث می شود هیچگونه پیوند عرضی در پلیمر ایجاد نشود. پلی یورتان های ترموپلاستیک به عنوان موادی که خاصیت الاستومری دارند، شناخته شده اند. این مواد را می توان در دمای بالا به روش های تزریقی¹ و یا اکستروژن² قالب گیری کرد. این پلیمرها دارای خواص فوق العاده خوبی هستند که می توان به: مقاومت ضد سایش عالی، استحکام کششی خوب، استحکام در مقابل پارگی عالی، تراکم پذیری کم، مقاومت در برابر هوا و مواد شیمیائی، انعطاف پذیری در دماهای پائین و قدرت تحمل وزن زیاد اشاره کرد [7].

¹-Injection

²-Extruion

1-2-4- پلی یورتان‌های پاششی

پوشش دادن سطوح بزرگ و نامتقارن انگیزه‌ای برای ابداع و استفاده از سامانه‌های قابل اسپری بوده است. عمل پاشش یا اسپری کردن در دمای بالا انجام می‌گیرد. استفاده از کاتالیست‌های مناسب باعث سرعت بخشیدن به پخت پلیمر می‌شود. این پوشش‌ها با انواع معمول پوشش‌های همراه با حلال فرق دارند، زیرا عاری از هرگونه حلال می‌باشند. البته نوع دیگری از پلی‌یورتان‌های قابل اسپری همراه با حلال وجود دارند. در سامانه اخیراً ابتدا پلی‌یورتان‌های ترموپلاستیک یا پلی‌یورتان‌های غلطک‌پذیر بدون پیوندهای عرضی سنتز می‌شوند و سپس در حلال‌هایی مانند متیل اتیل کتون، استون، اتیل استات و غیره حل می‌شوند که بعد از گذشت زمان، حلال از بستر پلیمر خارج شده و پلیمر به عنوان پوشش بر روی سطح از آنچه که در قسمت‌های بالا گفته شد مشخص می‌شود که فناوری پلی‌یورتان‌های یک فناوری باز و توسعه یافته‌ای است و امکان بالقوه زیادی برای تصحیح در ساختار مولکولی و نهایتاً دستیابی به محصولات دلخواه وجود دارد و این خصوصیات منحصر به فرد الاستومرهای یورتانی می‌باشد [7].

1-3- ویژگی‌ها و موارد کاربرد الاستومرهای یورتانی

الاستومرهای یورتانی از نقطه نظر مقدار سختی¹، مدول الاستیک² و استحکام کششی³ دامنه وسیعی داشت، بطوریکه از این لحاظ هیچ پلیمری نمی‌تواند با آن مقایسه شود. بطور کلی می‌توان خواص عمومی زیر را برای الاستومرهای یورتانی در نظر گرفت: مقاومت خوب در برابر آزن، مقاومت سایشی خوب، ضریب هدایت گرمایی ضعیف، مقاومت ضربه‌پذیری عالی، مقاومت کم در برابر رطوبت، هیستریس تنش⁴ بالا، انعطاف‌پذیری خوب در دمای پائین، دامنه وسیعی از حالت فیزیکی خیلی نرم و ضعیف تا فوق‌العاده سخت و محکم، محدوده سختی از حدود 10 Shore A تا 80 Shore D مقاومت در برابر روغن و گریس [8].

از آنجا که الاستومرهای یورتانی دارای مقاومت سایشی خوب هستند، انگیزه استفاده از این مواد در تایرهای اتومبیل وجود دارد. اما هیستریس بالای این لاستیک باعث گرم شدن آن در سرعت‌های چرخشی بالا می‌شود. با توجه به ضرایب هدایتی گرمایی ضعیف الاستومرهای یورتانی، گرمای ایجاد شده در توده الاستومر تجمع پیدا می‌کند و باعث تخریب گرمایی الاستومر می‌گردد.

الاستومر یورتانی به علت خواص مکانیکی عالی و فرآیند پذیری ساده آن‌ها، موارد کاربرد وسیعی در اتومبیل‌ها، پوشش کابل‌ها شلنگ‌های صنعتی، چرخ‌دنده‌ها، مواد دزدگیر، تسمه نقاله، کفش‌های اسکی و چرخ‌های اسکیت پیدا کرده‌اند.

¹-Hardness

²-Elastic Modulus

³-Ultimate Tensile Strength

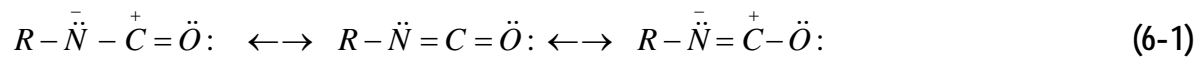
⁴-Hysteresis

قابلیت انطباق فناوری پلی یورتونها در زمینه‌های مختلف (مایعات قابل ریخته‌گری، لاستیک‌های غلطک پذیر، ترموپلاستیک‌ها، چسب‌ها، پوشش‌ها، مواد قابل اسپری شدن و غیره) شعاع کاربرد این الاستومرها را بیش از پیش بزرگ‌تر می‌نماید [7].

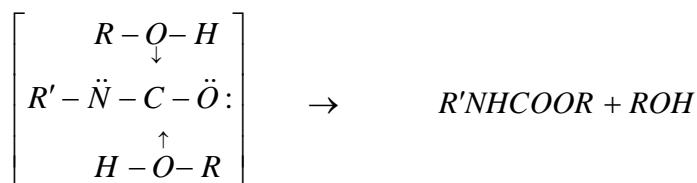
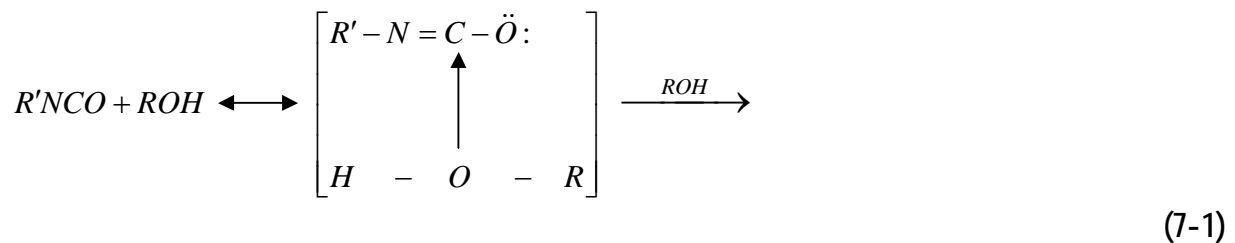
4-1- شیمی الاستومرهای یورتانی

ایزوسیانات‌ها که دارای گروه غیر اشباع ($-N=C=O$) هستند، نسبت به اکثر ترکیبات شیمیایی از فعالیت‌های زیادی برخوردار می‌باشند. ترکیباتی که قابلیت واکنش با گروه ایزوسیانات را دارند، اکثراً دارای هیدروژن فعال و قابل جانشین شدن با اتم سدیم می‌باشند. البته تعداد محدودی از ترکیبات هم هستند که ئیدروژن آن‌ها از درجه‌ی فعالیت کمتری برخوردار می‌باشد، لیکن قابلیت واکنش با گروه ایزوسیانات را دارند (مثل آب).

ساختار الکترونی گروه ایزوسیانات بیانگر احتمال رزونانسی زیر می‌باشد:



ساختار رزونانسی فوق، به روشنی احتمال وقوع واکنش‌های یونی را بیان می‌دارد، به این ترتیب بنیان الکترون دهنده‌ی حامل اتم ئیدروژن فعال، اتم کربن گروه کربنیل را مورد حمله قرار داده و متعاقباً اتم هیدروژن به اتم‌های اکسیژن یا نیتروژن حمله‌ور می‌شود. این واکنش می‌تواند توسط باز یا اسید لوئیس تسریع شود. واکنش ایزوسیانات با الکل، مدل مفیدی برای روشن ساختن سیمای کلی این واکنش‌ها بحساب می‌آید [7]. (واکنش 7-1)



نقش کاتالیستی بازها نیز می‌تواند به همان تأویل (واکنش 7-1) بیان شود (واکنش 8-1).