

تکنولوژی ساخت ساخت تایر و محصولات لاستیکی

پلیمری برای اینکه **الاستومر** (Elastomer) یا لاستیک نامیده شود، باید دارای ساختار و خواص مکانیکی خاصی باشد. شرایط کلیدی عبارتند از:

شبکه‌ای شدن ضعیف (Cross-linking): مهم‌ترین ویژگی این است که زنجیره‌های پلیمری باید به صورت کم و با اتصالات ضعیف و موقتی (معمولاً از طریق پیوندهای کووالانسی کم در فرآیندی به نام **ولکانیزاسیون**) به هم متصل شده باشند.

اگر شبکه ضعیف باشد، پلیمر می‌تواند در هنگام اعمال نیرو به شدت کشیده شود (انعطاف‌پذیری بالا).

اگر شبکه‌بندی بسیار زیاد باشد، پلیمر سفت و شکننده شده و به یک پلاستیک ترموست تبدیل می‌شود.

ساختار زنجیره‌ای (زنجیره‌های بلند و نامنظم): زنجیره‌های پلیمری باید بلند، انعطاف‌پذیر و مارپیچی باشند. این ساختار نامنظم به آن‌ها اجازه می‌دهد که در حالت آزاد، یک ساختار درهم‌ریخته (Disordered/Amorphous) داشته باشند.

انتقال شیشه‌ای پایین (Tg پایین): دمای انتقال شیشه‌ای (Tg) پلیمر باید **پایین‌تر از دمای عملیاتی** باشد.

Tg دمایی است که در آن پلیمر از حالت شیشه‌ای و سخت (مانند یک اسباب‌بازی پلاستیکی سخت) به حالت لاستیکی و نرم تغییر می‌کند.

برای الاستومرها، این دما معمولاً زیر دمای اتاق است تا حتی در شرایط محیطی عادی، ماده خاصیت کشسانی داشته باشد.

سه خاصیت کلی مکانیکی مهم الاستومرها عبارتند از:

کشسانی بسیار بالا (High Elasticity): الاستومرها می‌توانند تحت تنش (کششی، فشاری یا برشی) تا صدها درصد تغییر شکل دهند و کرنش‌های بسیار بزرگی را تحمل کنند، بدون آنکه دچار تغییر شکل دائمی شوند.

بازیابی شکل کامل (Complete Shape Recovery): پس از حذف نیروی اعمال شده، این مواد تمایل دارند تقریباً به شکل و اندازه اولیه خود بازگردند. این خاصیت به دلیل وجود شبکه‌بندی ضعیف (ولکانیزاسیون) است که امکان حرکت زنجیره‌ها و سپس بازگشت آن‌ها به حالت آنتروپی بالاتر (درهم ریخته) را فراهم می‌کند.

مدول پایین (Low Modulus): در کرنش‌های کوچک، مدول ینگ (مقاومت در برابر تغییر شکل) این مواد بسیار پایین است. این بدان معناست که آن‌ها بسیار نرم هستند و به نیروی کمی برای تغییر شکل اولیه نیاز دارند، که آن‌ها را از پلاستیک‌های سخت متمایز می‌کند.

تفاوت اصلی بین یک جامد الاستیک (Elastic Solid) و یک الاستومر (Elastomer) در میزان و ماهیت پاسخ آن‌ها به تغییر شکل و دمای عملیاتی است، اگرچه هر دو خاصیت کشسانی دارند:

ویژگی	الاستومر (Elastomer)	جامد الاستیک (Elastic Solid)
میزان تغییر شکل	بسیار زیاد (صدها درصد کرنش برگشت‌پذیر)	کم تا متوسط (کرنش معمولاً زیر چند درصد)
دمای انتقال شیشه‌ای (TgT_gTg)	پایین‌تر از دمای عملیاتی (در دمای کار خاصیت لاستیکی دارند)	بالتر از دمای عملیاتی (در دمای کار سفت و شیشه‌ای هستند)
رفتار در دمای کار	نرم، انعطاف‌پذیر، لاستیکی	سخت و شیشه‌ای
شبکه‌بندی	ضعیف و کم (مثال: لاستیک طبیعی)	قوی و متراکم (یا ذاتی ساختار بلوری)
مثال	لاستیک، سیلیکون	فلزات، سرامیک‌ها، پلاستیک‌های ترموپلاستیک در محدوده الاستیک

نگارنده را حفظ لایک

آئینه باز (Compounding) عبارت است از اختلاط الاستورهای خام و مواد

غیر لایک برای ساختن محصول نهایی
چرا آئینه باز را (باز) میگویند؟

الاستورهای خام را با لایک و **Nerve** با لایک میزنند به نحای قابل زایل نیستند
و به وجود میآورند زاینده نوری. آن ها را آئینه (Compound) میگویند

الاستورهای خام به نحای معدوم سیستم رنگهای قابل شکسته نیستند و
می توانند به رنگهای مختلف زایل به خود بگیرند

در نتیجه لایک الاستور بدن ^{آئینه} می تواند خاص نیرنگی و مطابق مورد نیاز باشد و در

در تمام موارد به خاص نیرنگی و مطابق رنگ قبلی باشد و به محصول بعدی قابل بگیرد. آئینه باز را
(Compounding) را اینها میگویند

یکی دیگر از دلایل کامیابی آئینه باز، کمتر خوردن رنگ قبلی و حاصل

است زیرا الاستورهای لایک قبلی، خوردن بالایی دارند.

بوجود میآورند
صفحات آئینه باز را - قابلیت شکسته شدن در شکل نهایی
بوجود خاص نیرنگی و مطابق
رنگ قبلی

افزاینده تریلر دهنده آنتیرو :

- 1- الاستور : الاستور پایه آنتیرو یا الاستیک محسوب می شود
- 2- تقویت کننده (reinforcing Agent) : محبت تقویت خواص الاستور که در مورد مواد که بتوان تقویت کننده به الاستیک یا الاستور اضافه نمود باید به ملح فاضل داشته باشند

(تقویت کننده ها Nerve) و تریلر که در محبت تقویت الاستیک داشته باشند

- تقویت کننده ها

که غیر دوده آ : خاک رس - سیلیکان - سلیکان آلومینوم

sq

- 3- پرکننده ها (Fillers) : برای کاهش قیمت و کنترل دانسیته پذیرش استفاده می کنند

کاهش Nerve بهبود استیلاکس و کاهش تمام در آن وجود دارند

پرکننده ها

تقویت کننده

تقویت کننده

تقویت کننده

تقویت کننده : تقویت اقتصادی کردن دانه - تقویت کننده

- 4- نرم کننده (plasticizer) : برای افزایش دانسیته پذیرش و کاهش دانسیته پذیرش

استفاده می کنند

الاستورها در این زمینه خاص باید توجه داشت که در این الاستورها این نوع خاصیت برای بهبود

سیالیت و حرکت الاستور در این زمینه است و به بلاستی و نرم کننده استفاده می کنند

نرم کننده ها با توجه به خواص خاص ترسایب الاستور را دارا می باشند و می توانند به شکل - لایه - افزودنی نیز

- 5- محافظت کننده ها : برای محافظت الاستور در مقابل رطوبت و سایر عوامل و همچنین استفاده می کنند

الاستورها اثر غیر از این هستند که در برابر رطوبت افزودنی معادن یا سایر عوامل را اضافه می کنند

الاستورها نیز در مقابل رطوبت و سایر عوامل و همچنین استفاده می کنند

6 - مواد رنگ (Pigment)

7 - سیستم پخت (Curing systems) : بهترین بخش الاستوراک رنگ پیکر

و خواص بعد از دکانیزاسیون حاصل را تعیین کننده

External Softener : نرم کننده الاستوراک رنگ
Internal Softener : نرم کننده الاستوراک رنگ

سیستم پخت
→ ماده شکر کننده
→ ماده فعال کننده
→ ماده شتاب دهنده

اختلاط (Mixing)

در فرایند اختلاط الاستوراک با مواد افزودنی مخلوط میشوند و یکپارگی تمام افزودنی در برابر

الاستور توزیع یکنواخت و یکپارچه صورت میگیرد و ثابت و دقیق برآیند

دیگر نیزها هم توزیع یکنواختی مییابند و یکپارگی تمام خواص یکپارچه بود

(به اصطلاح aggregate و agglomerate ها شکسته میشوند)

یک فرایند اختلاط از 3 مرحله تشکیل میگردد

1 - اختلاط ساده Simple Mixing

2 - اختلاط لایه Laminar Mixing

3 - اختلاط توزیعی Dispersive Mixing

این سه مرحله را به اختلاط میگویند

اختلاط ساده با اختلاط مواد و افزودنی بدون تغییر در حالت فیزیکی مواد و ذرات همراه است

و توزیع غیر یکنواخت مواد و افزودنی در برابر الاستور را به اختلاط توزیعی میگویند (آنها استوکی مخلوط را در دسترس)

در واقع اگر در همان مختلاط اول سیستم را متوقف کنیم و مواد را از آن جدا کنیم

(به لایه یا لایه)

2- اختلاف بسیار: در این حالت تنش و نیروها برش آسانی را پیدا می کند. اما استور می شود
و گشت تنش برش نیز می شود و تجمع مواد افزودنی نیز شکسته می شود. این باعث
می شود مواد افزودنی بیشتر در الاستور نفوذ کند.

(در این حالت الاستور بصورت فاز پراکنده درآمده و به خاطر تغییر در مواد تغییر می کند)

برای نفوذ مواد افزودنی در توده (پاک) پلیمر با لایه توافق می کند:

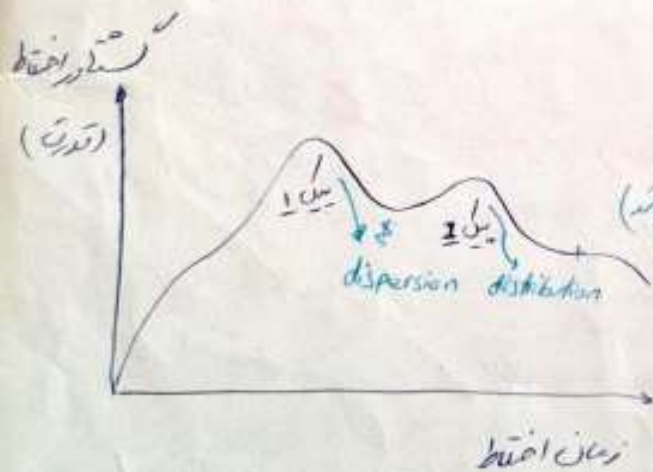
1- و گویا به الاستور سطح می یابد.

2- بر چسب و آب طاری مناسب بین الاستور و مواد افزودنی برقرار می شود (wetting) می شود.

در واقع با چسب نوکیزش، الاستور حالت سیال پیدا می کند و قابلیت نفوذ کردن ذرات زیاد می شود
همچنین در شکاف نفوذ می کند - تنش برش shear stress - به مربع برابری $\sigma = \mu \cdot \dot{\gamma}$ μ = $\sigma / \dot{\gamma}$ σ = σ_{shear} $\dot{\gamma}$ = $\dot{\gamma}_{shear}$

3- اختلاف توپیر: در این حالت توپیر می تواند مواد افزودنی در توده الاستور اتفاق می افتد.

مشارکت در اختلاف میزان:



در مرحله اول Incorporation (در حد تماس) -
حالت در تماس با سطح الاستور می شود (نفوذ اختلاف می افتد)

2- یکسان: ذرات نفوذ توسط نیروهای الاستور

لحاظ می شود و در این مرحله بر چسب ها نیز می بیند

نیروها و به چسب پلیمری نشاندن اختلاف (تویر) می یابد

نقد نشاندن به یکسان در نمودار به این دلیل است که بر لایه های یکسان که به مواد داده می شود
نیروها شکسته می شوند و این باعث نشاندن به یکسان شدن ذرات می شود.

(دلیل اعتبار آمادگی wetting : تعدادی نمونه بین آنزیم و سطح ذرات فیلل در محلول را بر (کامی)
و تغییر ذرات فیلل را با هم آنزیم و سطح

الحج در دلیلی وجود عوامل مختلف بسیار فعال است و فیللها در آن آنزیم و سطح با هم هستند مواد
الاستورین چون مواد آن هستند آنزیم و سطح با هم دارند. وقتی فیللها را با الاستور
تکامل می‌دهند آن‌ها را فیلل می‌کنند تا آنزیم و سطح خود را با هم بیاورند.

(نمونه فیلل و تقویت کننده Nerve را گزین می‌کنند. wetting باعث می‌شود که فیللها و تقویت کننده
که در نتیجه Nerve را گزین می‌کنند.)

انزیمها که نمونه را می‌سازد :

- 1- یک مرحله one stage
- 2- دو مرحله Two stage

1- یک مرحله : در این حالت تمام مواد از درون سیستم بچیت به تریس خاص می‌آیند و فیللها را می‌سازند.
سیستم بچیت تعدادی مواد دیگر را در بر می‌گیرد.

در هر دو مرحله یک مرحله و در زمان دوم فیللها را می‌سازند و فیللها را می‌سازند و فیللها را می‌سازند.
شروع نمود.

2- دو مرحله : در این حالت تمام مواد از درون به فرایند سیستم بچیت اضافه می‌شود (مترج)
و در واقع ابتدا مترج master batch می‌سازند و بعد از آن فیللها را می‌سازند و فیللها را می‌سازند.
فیللها را می‌سازند و فیللها را می‌سازند.

سپس این مواد به محلی سیستم بچیت به حالت احتیاط فیللها را می‌سازند.

استیعاب را می توان تا ۴۸ ساعت نگهداری کرد (آمنه بخار) رساند
در نهایت ۲۴ تا ۴۸ ساعت نگهداری داده شود تا به نقطه الاستیک آن نرسد.

(این در درجه در خون داریم)

معمولاً برای تولید قطعات کوچک، لایه بر لایه در تولید قطعات حجیم از درجه الاستیک
نمی شود چون ممکن است خط تولید متوقف شود و حجم زیاد کار را آسان تر می ماند

(در حد درجه احتمال تجمع مجدد (re agglomeration) وجود دارد زیرا در این حالت
تجمع آسان تر وجود دارد و برای این منظور و قبل از سرد کردن اختلاط مجدد (remix)
انجام می شود.)

ترتیب خرد کردن:

ابتدا الاستیک و سپس فیبرها و در نهایت سیستم خنک کننده افزوده می شود.

(الاستیک RMS (RheoMechanical spectroscopy) توزیع زمان الاستیک

(relaxation time) و سپس زمان لازم برای الاستیک به خنک کننده)

۱. انواع سیستم های اختلاط:

۱- سیستم اختلاط باز Open Mixing

۲- سیستم اختلاط بسته Close Mixing

سیستم اختلاط باز:

در این سیستم که در سطح بالا قرار دارد، مواد در یک مخزن قرار می گیرد و با یک سیستم اختلاط باز و open نموده می شود.

ولکانیزاسیون (Vulcanization)

فرآیندی شیمیایی است که در آن زنجیره‌های پلیمری بلند (معمولاً پلیمرهای الاستومری مانند لاستیک طبیعی یا مصنوعی) از طریق تشکیل پیوندهای عرضی ((Cross-links با یکدیگر متصل می‌شوند.

هدف اصلی: تبدیل ماده‌ای نرم، چسبنده و ضعیف (لاستیک خام) به ماده‌ای قوی، الاستیک پایدار و مقاوم در برابر دما و حلال‌ها (لاستیک ولکانیزه شده).

مکانیسم اصلی:

عامل ولکانیزاسیون: معمولاً گوگرد (Sulfur) یا ترکیبات گوگردی است، اما برای برخی الاستومرها از پراکسیدها یا رزین‌ها نیز استفاده می‌شود.

واکنش: تحت حرارت (و معمولاً با کمک شتاب‌دهنده‌ها و فعال‌کننده‌ها مانند اکسید روی)، اتم‌های گوگرد گروه‌هایی از هیدروژن را از زنجیره‌های مجاور جدا کرده و پل‌های گوگردی (S_x) بین آن‌ها ایجاد می‌کنند.

نتیجه ولکانیزاسیون:

افزایش سختی و مدول: مقاومت ماده در برابر تغییر شکل افزایش می‌یابد.

کاهش خاصیت چسبندگی: ماده دیگر در دماهای بالا ذوب نمی‌شود.

افزایش مقاومت کششی و دوام: ماده می‌تواند تنش‌های بیشتری را تحمل کند.

حفظ خاصیت ارتجاعی (الاستیسیته) در محدوده‌ای وسیع از دماها.

پلاستی سائزرها (Plasticizers)

موادی هستند که به آمیزه پلیمری (به ویژه در لاستیک‌ها و برخی پلاستیک‌ها مانند PVC) اضافه می‌شوند تا انعطاف‌پذیری ((Flexibility و قابلیت فرآوری ((Processability آن را بهبود بخشند.

مقاصد اصلی استفاده از پلاستی سائزرها:

کاهش دمای انتقال شیشه‌ای (T_g): پلاستی سائزرها بین زنجیره‌های پلیمری نفوذ کرده، نیروی بین مولکولی (مانند نیروهای واندروالسی) را تضعیف می‌کنند و در نتیجه دمای گذار شیشه‌ای پلیمر را کاهش می‌دهند.

افزایش انعطاف پذیری و کاهش سختی: این مواد باعث می شوند پلیمر در دمای محیط نرم تر شده و در برابر خمش و کشش مقاومت کمتری نشان دهد (کاهش مدول).

بهبود قابلیت کار و اختلاط: ویسکوزیته مذاب پلیمر را کاهش می دهند که این امر فرآیندهایی مانند اکستروژن (بیرون ریختن) و قالب گیری (Molding) را آسان تر می کند.

کاهش شکنندگی در دماهای پایین: با کاهش T_g ، از شکننده شدن و ترکیدن ماده در دماهای سرد جلوگیری می کنند.