



۲۹۷۱۶

«بسمه تعالیٰ»



اداره تحصیلات تکمیلی دانشگاه

احتراماً باطلاع می‌رساند که جلسه دفاع از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد خانم نیلوفر آسیم آفولی

تحت عنوان: بررسی اثر پرکننده معدنی تالک بر روی خواص فیزیکی مکانیکی پلی پروپیلن و آلیاژهای آن

در تاریخ ۲۲/۱۲/۱۵ در محل دانشکده علوم دانشگاه تهران برگزار گردید.

هیأت داوران براساس کیفیت پایان‌نامه، استماع دفاعیه و نحوه پاسخ به سوالات، پایان‌نامه ایشان را برای دریافت

درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی معدنی معادل با ۸ / هشت واحد با نمره (۱۹/۲۰) با درجه امتیاز مورد تأیید قرار دارد.

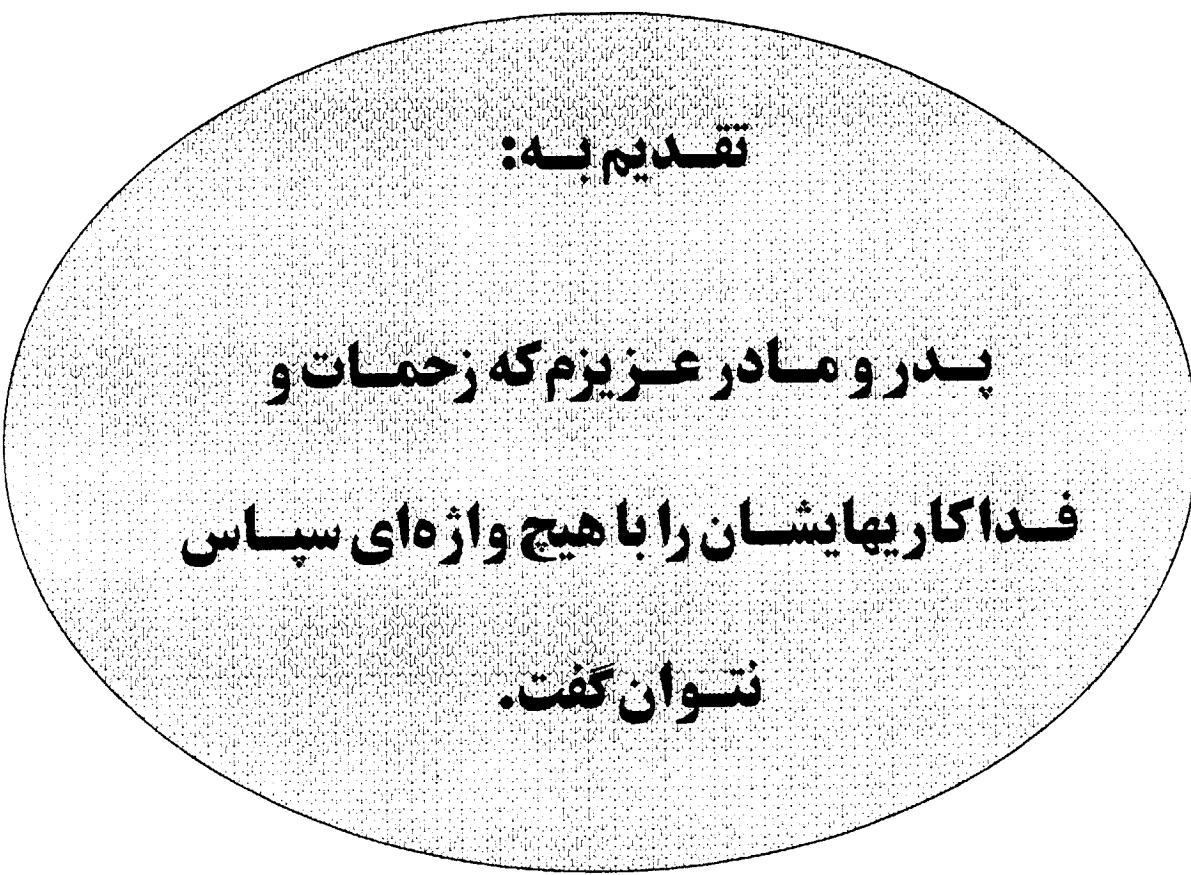
هیأت داوران

مرتبه دانشگاهی - دانشگاه	امضاء	نام و نام خانوادگی	سمت
تهران	دانشیار	دکتر ناصر شریفی سنجانی	۱- استاد راهنما
مرکزیلیق	دانشیار	دکتر مهدی باریکانی	۲- استاد مشاور
تهران	استادیار	دکتر محمدحسین رفیعی فنود	۳- استاد مدعو
تهران	دانشیار	دکتر ایرج رضائیان	۴- استاد مدعو
			۵- نماینده تحصیلات تکمیلی گروه

۳۴۳۲/۲

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	مدیر گروه	دکتر ناصر قائمی
دکتر رسول اخروی	دکتر ناصر قائمی	

۲۴۷۱۹



من علمی حرف افتد صیرنی عبداً

حضرت علی (ع)

سپاسگزاری:

بدین وسیله از کلیه عزیزانی که به نحوی اینجا را در انجام

این پروژه باری نموده‌اند بویژه اساتید محترم پروژه، آقایان دکتر شریفی سنجانی

و دکتر باریکانی و استاد مشاور آقای دکتر رفیعی، کمال تشكیر را دارم.

همچنین از تمامی مسئولین، کارشناسان، تکنسینها و کارگران محترم آزمایشگاهها،

کارگاهها، کتابخانه و سایر قسمتهای پژوهشگاه پلیمر ایران و مرکز استاندارد ایران بویژه

خانمهای مؤیدی، ظاهری، شکرانی، خیارجی، چمنی، حسن نژاد و آقایان: شعبانی،

آوح و محمدس پیروزفر که در احرای این پروژه متقبل زحمات زیادی شده‌اند،

تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

فهرست مطالب :

صفحه

عنوان

چکیده

۱	مقدمه: نکات تاریخی و اهمیت کامپوزیتها
	فصل اول: تئوری
۴	۱- تعاریف
۵	۲- زمینه‌ها (ماتریسها)
۶	۳- ماتریس‌های پلیمری و ۴- کوپلیمرها و ۵- پلاستیک‌های گرمانرم و گرماسخت
۷	۶- دمای انتقال شیشه‌ای و ۷- وزن ملکولی
۸	۸- رفتارتنش- کرنش و ۹- انبساط گرمائی
۱۰	۱۰- ماتریس‌های پلیمری معمولی و ۱۱- بازار پلاستیکها
۱۲	۱۲- آینده پلاستیکها
۱۶	۱۳- افزودنیهای پلاستیکها: مقدار کمتر، کارکرد بهتر
۲۰	۱۳-۱- عوامل پف کننده و ۱۳-۲- روان کننده‌ها
۲۱	۱۳-۳- نرم کننده‌ها
۲۳	۱۳-۴- ضد اکسیدهای گرما و ۱۳-۵- تثبیت کننده‌های گرما
۲۴	۱۳-۶- تثبیت کننده‌های نوری یا فرابینفش
۲۵	۱۳-۷- محافظت کننده‌ها و ۱۳-۸- رنگ دهنده‌ها
۲۶	۱۳-۹- اصلاح کننده‌های ضربه پذیری و ۱۳-۱۰- بازدارنده‌های شعله
۲۷	۱۳-۱۱- عوامل ضد الکتریسیته ساکن و ۱۳-۱۲- عوامل جفت کننده
۲۸	۱۳-۱۳- پرکننده‌ها و تقویت کننده‌ها
۲۹	۱۴-۱- خواص فیزیکی پرکننده‌ها: ۱۴-۱- شکل ذرات
۲۹	۱۴-۲- اندازه ذرات و توزیع آنها و ۱۴-۳- نسبت بسته بندی ذرات
۳۲	۱۴-۴- مساحت سطح و ۱۴-۵- دانسیته پودری و ۱۴-۶- جذب روغن
۳۳	۱۵- تئوری عمل پرکننده‌ها
۳۷	۱۶- مقیاس کاربرد برای پرکننده‌ها و توان دهنده‌ها
۴۰	۱۷-۱- اهمیت اقتصادی پرکننده‌ها و توان دهنده‌ها
۴۲	۱۸-۱- تالک: ۱۸-۱- ازمینه معدنی و ۱۸-۲- خواص
۴۶	۱۸-۳- کاربردها
۵۳	۱۸-۴- منابع تالک موجود در ایران
۵۴	۱۹-۱- دوده
۵۵	۲۰-۱- نقش دوده در پلاستیکها و ۲۰-۲- پایداری در برابر نور ماوراء بینفش
۵۶	۲۰-۲- توان دهنده خواص مکانیکی

۱-۲۱-۱-خواص.....	۲۱-۱-کائولین : ۵۷
۱-۲۱-۱-کائولین سخت و نرم و ۱-۲۱-۳-استفاده کائولین در گرمانزها.....	۵۹
۱-۲۲-۱-ساختار و خواص پلی پروپیلن	۶۰
۱-۲۳-۱-پلی پروپیلن بی آرایش.....	۶۱
۱-۲۴-۱-اسیدهای چرب و مشتقات آنها.....	۶۳
۱-۲۵-۱-پلی اولفینها	۶۵
۱-۲۶-۱-لاستیک استایرن - بو تادین	۶۶
۱-۲۷-۱-کشپار گرمانز	۶۸
۱-۲۸-۱-کشپار پلی اولفینی گرمانز <i>TPO</i> و ۱-۲۸-۱-سایر اجزا مشکله آمیزه سازی	۷۲
۱-۲۸-۲-خواص <i>TPO</i> ها و ۱-۲۸-۳-کاربرد.....	۷۵
۱-۲۹-۱-ذرات پرشده پلی پروپیلن، ساختمان و خواص.....	۷۶
۱-۲۹-۱-تأثیر پرکننده ها و توان دهنده هابر ساختمان زمینه پلی پروپیلن	۸۰
۱-۲۹-۲-تأثیر ویژگیهای پرکننده بر خواص کامپوزیت	۸۱
۱-۳۰-۱-پلاستیکهای تزئینی	۸۷
۱-۳۰-۱-اصلاح سطوح قطعات پلاستیکی	۸۹
۱-۳۰-۲-زبرسازی پلی اولفینهای توسط اسیدکرومیک	۹۲
۱-۳۰-۳-برهم کنش ماده / فیلم رنگ	۹۴
۱-۳۰-۴-معایب رنگ و طرز اصلاح آن و ۱-۳۰-۵-عدم چسبندگی	۱۰۰
۱-۳۰-۶-روش رنگ آمیزی و خشک کردن فیلم رنگ	۱۰۱
۱-۳۰-۷-روشهای خشک شدن فیلم رنگ	۱۰۲
۱-۳۰-۸-آزمودن کیفیت فیلم رنگ روی پلاستیکها	۱۰۲

فصل دوم: دستگاه‌ها و آوری‌ها

۲-۱-لزوم مخلوط سازی مواد پلیمری و ۲-۲-دستگاه‌های آمیزه کاری	۱۰۴
۲-۲-۱-دستگاه هاک و ۲-۲-۲-روزن ران دومار پیچ	۱۰۶
۲-۲-۳-قالبگیری و ۲-۲-آزمودن مواد	۱۱۱
۲-۳-۱-خواص کششی	۱۱۳
۲-۳-۲- مقاومت ضربه‌ای	۱۱۵
۲-۳-۲-۱-دستگاه‌های آزمون و تکنیکها و ۲-۳-۲-روشهای آزمون استاندارد	۱۱۸
۲-۳-۲-۳-۲-دستگاه‌های نوع پاندولی	۱۱۸
۲-۴-۲-۱-دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی <i>SEM</i>	۱۲۶
۲-۴-۲-۱-مساهده و ثبت تصویرهادر <i>SEM</i> و ۲-۴-۲-برهم کنش پرتوونمone	۱۲۷
۲-۴-۲-۳-۴-۲-نمونه سازی و ۲-۴-۴-۲-کاربردها	۱۳۰
۲-۵-۱-تجزیه گرمائی <i>TA</i> : ۱-۵-۲-۱-۵-۲-دستگاه‌های <i>TGA</i>	۱۳۱
۲-۵-۱-۱-۱-تجزیه وزن سنجی گرمائی <i>TGA</i>	۱۳۲

۱۳۵.....	۲-۱-۵-۲-پایداری گرمائی و ۳-۱-۵-۲-ترکیبات.....
۱۳۵.....	۲-۵-۲-تجزیه گرمائی مکانیکی پویا : DMTA : ۱-۲-۵-۲-پارامترهای مکانیک پویا.....
۱۳۸.....	۲-۲-۵-۲-تفسیر و ۳-۲-۵-۲-کاربرد DMTA
۱۴۱.....	۲-۳-۵-۲-گرماسنجدی روبشی تفاضلی DSC
۱۴۵.....	۲-۳-۵-۲-۱-کاربردروشهای DSC درمطالعات و پژوهش‌های پلیمری
۱۴۸.....	۲-۶-آزمون شاخص جریان ذوب.....
فصل سوم: تجربی	
۱۴۹.....	۱-۳-مواد.....
۱۵۱.....	۲-دستکاهها و ۳-۲-بخش تجربی.....
۳-نتیجه و بحث:	
۱۵۲.....	۱-۴-۳-نتایج حاصل از آزمونهای کشش و ضربه.....
۱۶۷.....	۲-۴-۳-نتایج حاصل از گرماسنجدی روبشی تفاضلی - گرماآزن سنجدی STA
۱۶۸.....	۳-۴-۳-نتایج حاصل از DMTA
۱۶۹.....	۴-۴-۳-نتایج حاصل از شاخص جریان ذوب MFI
۱۷۱.....	۴-۴-۳-۵-نتایج حاصل از طیفهای FTIR
۱۷۲.....	۴-۴-۳-۶-مشاهدات ریخت شناسی حاصل از آزمون SEM
۱۷۴.....	۷-۴-۳-نتایج حاصل از آزمون زاویه تماس
۱۷۶.....	۸-۴-۳-رنگ پذیری سطح.....

خلاصه نتایج

پیوست ها

چکیده به زبان لاتین

واژه نامه

چگیده:

اصولا هر پلیمری ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی مشخص و موارد کاربرد محدودی را دارد می‌باشد برای تولید پلیمرهای جدید با خواص بهتر و یا تولید پلیمرهای مهندسی می‌توان آمیزه‌هایی را با استفاده از دو یا چند پلیمر و با افزودن پرکننده‌ها و مواد افزودنی دیگر تهیه کرد.

در راستای این هدف در انجام این تحقیق آمیزه‌هایی با استفاده از درصدهای متفاوتی از کوبلیمر و هموپلیمرپلی پروپیلن و همچنین آلیاژهایی از پلی پروپیلن با لاستیک استایرن - بوتادین همراه با مواد افزودنی شامل دوده، پلی پروپیلن اتاکتیک، سازگارکننده پلی پروپیلن اکسیدشده و پرکننده معدنی تالک و کانولین تهیه شده‌اند . خواص فیزیکی - مکانیکی (آزمونهای ضربه و کشش) و مطالعات گرمائی (TGA-DMTA) و ریخت شناسی (SEM) آمیزه‌های حاصل، همچنین تریپذیری برخی از آمیزه‌های عمل‌آوری شده شیمیائی و پلی پروپیلن خالص، توسط اندازه‌گیری زاویه تماس (Contact angle) مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

با توجه به نتایج حاصل، استفاده از درصد مناسبی از تالک و لاستیک استایرن - بوتادین و دوده همراه

با سازگارکننده می‌تواند خواص فیزیکی - مکانیکی خوبی را ارائه دهد.

مقدمه

پیشرفت‌های تکنولوژی عصر حاضر در واقع، بستگی به پیشرفت‌هایی دارد که در زمینه مواد حاصل شده است و توسعه آتی آنها در گرو مواد موجود قابل استفاده است. در این میان مواد چند سازه‌ای (composite) معرف قدمهای بزرگی است که در راه تکامل مواد مهندسی برداشته شده است. با ترکیب کردن فیزیکی دو یا چند ماده، علاوه بر اینکه موادی سبکتر و محکم‌تر از مصالح سنتی، از قبیل فلزات، سرامیکها، چوبها و پلیمرهای معمولی، به دست می‌آید، بلکه می‌توان برای هر کاربرد مشخصی، خواص مورد نظری را ایجاد کرد. انجام این کار حتی با طراحی دقیق مواد سنتی امکان‌پذیر نیست. در شکل ۱ بعضی از خواص کامپوزیتها جدید با آلومینیوم و فولاد مقایسه شده است. علاوه بر این خواص، طراحی و شکل‌پذیری راحت‌تر و هزینه ساخت و نگهداری پایینتر، نیز از دیگر امتیازهای بارز این کامپوزیتها جدید به شمار می‌رود.

کامپوزیتها یا چندسازهای، از جمله مواد مهندسی و ساختمانی جدیدی هستند که در توسعه و کاربرد آنها متخصصین فراوانی از رشته‌های مختلف مانند: متالوژی، سرامیک، پلیمر، علوم و مهندسی مواد، شیمی، مهندسی شیمی، مکانیک جامدات، مکانیک شکست مواد، کامپیوتر و ریاضی، سهم بسزایی داشته‌اند.

نکات تاریخی و اهمیت کامپوزیتها (چند سازه‌ها):

استفاده از مواد کامپوزیتی (چندسازهای) ایده‌ای جدید نیست. بشر از دیرزمان به اهمیت ترکیب فیزیکی موادی که در دسترسی وی بوده، پی برده است. چینی‌ها و مصریان قدیم از جمله تمدن‌های باستانی بوده‌اند که برای اولین بار از مخلوط کاه و گل و شن برای بناساری استفاده کرده‌اند. فرعونهای مصری و اقوام مایاًی ساکن مکزیک از قدیم می‌دانستند که فیبرهای گیاهی نگهدارنده‌های محکمی هستند و مانع از شکستن و ترک برداشتن خشت و کوزه می‌شوند. مصریان با چسباندن لایه‌های نازک چوب و پارچه به یکدیگر و با استفاده از قیر، قایقهای خود را در برابر متورم شدن در آب، تقویت می‌کردند.

اسکیموها خزه‌ها را برای استحکام بخشیدن به یخها استفاده می‌کردند. لئوناردو داوینچی از ورقه‌های چوب، فلز، کاغذ و... برای تهیه موادی با خصوصیات و خواص جدید استفاده می‌نمود. شمشیر ساموراییها از لایه‌هایی از فولاهای مختلف که بر روی هم قرار داده شده و در کوره حرارت می‌دید ساخته می‌شد به علت اینکه این شمشیرها مکرراً تیز می‌شد، شکل کامپوزیت (چندسازه) فلزی چند لایه تغییر می‌کرد و یک شمشیر خوب با بیش از ۰۰۰/۰۰۰ لایه فولاد تهیه می‌شد.

کامپوزیتها (چندسازه‌ها) در طبیعت نیز به وفور یافت می‌شوند. چوب ماده‌ای است آلی و متشکل از الیاف سلولزی، که لیگنین یا بخش ضعیف آن را تقویت می‌کند. فومها، یا اسفنجهای طبیعی دریایی، معدنی و گیاهی (ساقه درخت آفتتاب‌گردان و استخوانهای تشکیل‌دهنده اسکلت جانداران، مثالهای دیگری از کامپوزیتها طبیعی هستند. مواد غذایی و دارویی، مخلوط پلیمرها با مواد افزودنی و الیاف، مخلوط پلیمرها، آلیاژ فلزات، چسبها، پوششها، روکشها، رنگها، فیلمهای پلیمری چند لایه‌ای، چند لایه‌های چوبی و فلزی و پلیمری، فوم و اسفنجهای پلیمری، سیمان، بتون، آسفالت و آجر نیز از دیگر مواد کامپوزیتی (چندسازه‌ای) هستند. استفاده از کامپوزیتها (چندسازه‌ای) مدرن در حقیقت از اوایل دهه ۱۹۴۰ شروع شد که برای اولین بار از الیاف شیشه جهت تقویت پلاستیکهای مصرفی در ساخت پوشش پلاستیکی آتنن را دار هواییما استفاده شد. در پی آن اولین قایق فایبرگلاس - پلاستیک در سال ۱۹۴۲ ساخته شد و طی جنگ جهانی دوم و بلافاصله پس از کاربرد پلاستیکهای تقویت شده با الیاف در هوایپیماسازی، کامپوزیتها (چندسازه‌ها) موارد استفاده بیشتری یافتد و از سال ۱۹۵۶ منابع فضایی نیز استفاده وسیع از آنها را آغاز کرد.

امروزه علاوه بر صنایع هوافضایی، مواد کامپوزیتی (چندسازه‌ای) در صنایع دیگر از قبیل صنایع شیمیایی، الکتریکی و اتومبیل‌سازی، اسلحه‌سازی، وسایل ورزشی و غیره نیز اهمیت پیدا کردادند. [۱۴]

فصل اول

(تئوری)

تعاریف

واژه کامپوزیت composite، از کلمه انگلیسی "to compose" به معانی ترکیب کردن، ساختن و مخلوط کردن مشتق شده است. کامپوزیت (چند سازه) از ترکیب و اختلاط چند ماده حاصل می‌شود. در اینجا منظور ترکیب و اختلاط فیزیکی است نه شیمیایی، به طوری که اجزاء تشکیل دهنده ماهیت شیمیایی و طبیعی خود را کاملاً حفظ می‌کنند. چون اکثر مواد طبیعی و مصنوعی را می‌توان کامپوزیت (چند سازه) به حساب آورد بنابراین برای محدود کردن موضوع تعریفی علمی‌تر و اختصاصی‌تر به شرح زیر برای کامپوزیت ارائه داده‌اند کامپوزیتها (چند سازه‌ها) موادی هستند:

- ۱) جامد (ترکیبات مایع از نظر خواص مکانیکی فاقد ارزش‌اند)
- ۲) مصنوعی (کامپوزیتها طبیعی مانند چوب و استخوان حذف می‌شوند)
- ۳) متتشکل از دو یا چند جزء (یا فاز) که از نظر شیمیایی یا فیزیکی کاملاً متفاوت هستند و به صورت منظم یا پراکنده کنار هم قرار گرفته‌اند و لایه مشترکی بین آنها وجود دارد. خواص مکانیکی یکی از فازها نسبت به فاز یا فازهای دیگر خیلی بهتر است.
- ۴) دارای خواص و ویژگی‌هایی هستند که هیچ یک از فازهای تشکیل دهنده، به تنها بی نمی‌تواند آنها را داشته باشد.

کامپوزیتها (چند سازه‌هایی) که در آنها فاز ضعیف یا ماتریس (matrix) یا زمینه، توسط الیاف گوناگون تقویت شده باشند، مهمترین دسته کامپوزیتها (چند سازه‌ها) را تشکیل می‌دهند و به کامپوزیتها (چند سازه‌های) لیفی (fiber composites) معروف هستند. چنانچه به جای الیاف از پودر (معمولًاً معدنی) استفاده شود، این مواد را کامپوزیتها (چند سازه‌های) ذره‌ای یا پودری (particulate composites) می‌نامند.

الیاف و پودر تقویت کننده را فاز تقویت کننده (reinforcing phase) می‌گویند و گاهی (ماتریس) زمینه را فاز پیوسته (continuous phase) و فاز تقویت کننده فاز ناپیوسته (Discontinuous phase) نیز می‌خوانند. ممکن است هر دو فاز الیاف و پودر، با هم در زمینه (ماتریس) وجود داشته باشند.

زمینه‌ها (ماتریسها)

کلیه مواد از جمله فلزات، سرامیکها، پلیمرها و غیره بدون استثنای دارای ضعفها، عیوب و ناهمانگیهای اتمی درون مولکولی هستند. وجود این عوامل آنها را از نظر خواص مکانیکی و سایر خواص، در رده‌ای پایینتر از آنچه که تئوری پیش‌بینی می‌کند، قرار می‌دهد.

با بررسی ساختار و خواص مواد و مطالعه تأثیر عیوب و ضعفها بر آنها، می‌توان روش‌هایی برای اصلاح و بهبود این مواد پیدا کرد. فلزات و سرامیکها و پلیمرها به‌ویژه پلاستیکها از جمله پرمصرف‌ترین مصالح موجود هستند و به این جهت مهمترین (ماتریسها) زمینه‌های مورد استفاده در کامپوزیتها را تشکیل می‌دهند. [۱]

زمینه‌های (ماتریس‌های) پلیمری

پلیمرها از نظر ساختاری بسیار پیچیده‌تر از فلزات و سرامیکها هستند ولی با هزینه کم و به سهولت فرآیند می‌شوند. از طرف دیگر، این مواد استحکام و مدول کشسانی کمتر و گسترهٔ دمای کاربردی پایینتری دارند. قرار گرفتن درازمدت پلیمرها در معرض نور ماوراء بنفسنی یا بعضی از حلالها، تضعیف خواص آنها را به دنبال دارد. چون در پلیمرها پیوندهای کوالانس غالب هستند، معمولاً این مواد رسانایی گرمایی، هدایت حرارتی و الکتریکی ضعیفی را از خود نشان می‌دهند. در هر صورت، معمولاً پلیمرها در مقایسه با فلزات در مقابل مواد شیمیایی مقاوم‌تر هستند.

دو گروه اصلی پلیمرها که به وسیله هر دو روش پلیمر شدن تراکمی و افزایش تولید می‌شوند و از نظر رفتار با یکدیگر متمایز هستند، پلیمرهای گرما سخت و گرمانز نامیده می‌شوند. تفاوت رفتار آنها، مبنی بر ساختار شکل ملکولی، اندازه وزن مولکولی و یا مقدار و نوع پیوندها (کوالانسی یا نیتروی و اندروالاس) است. شکل ۱-۱ انواع مختلف آرایشهای فضایی ملکولهای زنجیر پلیمرها را نشان می‌دهد که عبارت هستند از: ۱- پلیمرهای خطی ۲- پلیمرهای شاخه دار ۳- پلیمرهای دارای پیوند عرضی ۴- پلیمرهای نزدبانی

کوپلیمرها

نوع دیگر طبقه‌بندی برمبنای نوع واحد تکرار شونده وجود دارد. هنگامی که زنجیر پلیمر فقط از یک نوع واحد تکرار شونده تشکیل شود، پلیمر را هموپلیمر می‌گویند از طرف دیگر در کوپلیمرها زنجیرهای پلیمری دو نوع مونومر مختلف دارند. شکل ۲-۱ انواع مختلف کوپلیمرها را نشان می‌دهد.

پلاستیکهای گرم‌ما نرم و گرم‌ما سخت:

بیشتر پلیمرهای خطی در اثر گرم‌ما، نرم و یا ذوب می‌شوند. این پلیمرها که گرم‌ماننم نام دارند، برای شکل‌گیری به صورت سیال مناسب هستند. از جمله پلیمرهای گرم‌ماننم می‌توان پلی‌استیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استیرن و... را نام برد. هنگامی که ساختار پلیمر بی‌شکل (آمورف) است، نظم مشخصی بین ملکولها وجود ندارد و زنجیرها به طور اتفاقی کنار هم قرار می‌گیرند. شکل ۳-۱ (الف). نواحی تک بلوری صفحه‌ای شکل که لاملاً یا کریستالیت نامیده می‌شوند را نشان می‌دهد که می‌توان بوسیله رسوب دادن پلیمر از محلول رقیق آن بدست آورد. در لاملا زنجیرهای ملکولی بلند به طور منظمی پیچ می‌خورند شکل ۳-۱ (ب). تعدادی کریستالیت با هم جمع شده و تشکیل گویچه‌ها را می‌دهند که بسیار شبیه دانه‌ها در فلزات هست. پس از اینکه ملکولهای پلیمری به علت ایجاد پیوند عرضی به شکل یک شبکه سه بعدی درآمد دیگر در اثر گرم‌ماننم نخواهد شد. این پلیمرهای پیوند عرضی شده، پلیمرهای گرم‌اسخت نامیده می‌شوند مانند لاستیک پیوند عرضی شده با گوگرد و پلی‌یورتان و پلی‌استر.

پلیمرها می‌توانند بی‌شکل یا به مقدار جزئی بلوری باشند. میزان تبلور در پلیمرهای بلوری از ۹۰٪ تا ۳۰٪ تغییر می‌کند. ملکولهای خطی بدون گروههای جانبی و یا گروههای جانبی کوچک به سهولت متبلور می‌شوند. به طور کلی، سختی واستحکام یک پلیمر با درجه تبلور افزایش می‌یابد. باید توجه کرد که فرآیندهای تغییر‌شکل مانند لغزش و جفت شدن و همچنین انتقالات فازی که در مواد جامد بلوری ماده اتفاق می‌افتد، می‌تواند در بلورهای پلیمری نیز روی دهد. [۱]

دمای انتقال شیشه‌ای

فلزات خالص و بلوری دمای ذوب کاملاً مشخصی دارند. نقطه ذوب دمایی است که در آن دمای بلورهای تشکیل شده در اثر گرما کاملاً منهد و ذوب می‌شوند. ناپدید شدن بلورها در پلیمرها در گستره دمایی وسیعی رخ می‌دهد. شکل ۴-۱ منحنی حجم ویژه (واحد جرم / حجم) را بر حسب دما برای پلیمرهای بی‌شکل (آمورف) و نیمه‌بلوری نشان می‌دهد. هنگامی که پلیمر ذوب شده‌ای، سرد می‌شود منقبض می‌گردد. این انقباض به دلیل کاهش ارتعاش گرمایی مولکولها و کم شدن حجم آزاد روی می‌دهد، بدین معنی که مولکولها فضای کمتری را اشغال می‌کنند.

در مورد پلیمرهای بی‌شکل (آمورف)، این انقباض تا زیر T_g ، نقطه ذوب پلیمر بلوری و T_c ، دمای انتقال شیشه‌ای (دمایی که پلیمر مایع بسیار سرد شده و به علت ویسکوزیته (گرانروی) بسیار زیاد بشدت سفت می‌گردد) ادامه می‌یابد. ساختار ماده در زیر T_g عمدهاً همانند ساختار آن در حالت مایع است. به دلیل اینکه این پدیده، نوعی شیشه‌ای شدن است، این نقطه را دمای انتقال شیشه‌ای می‌نامند. دمای انتقال شیشه‌ای، T_g ، از چند نقطه نظر به نقطه ذوب جامدات بلوری شباهت دارد. بعضی خواص فیزیکی مثل گرانروی (ویسکوزیته)، گنجایش گرمایی، مدول (ضریب) کشسانی و ضریب انبساط گرمایی در T_g بطور ناگهانی تغییر می‌کند. بر این اساس مقدار T_g تابعی از ساختار شیمیایی پلیمر است. مثلاً اگر یک پلیمر، ساختاری با استخوان‌بندی سخت و یا گروههای شاخه‌ای حجیم داشته باشد، مقدار T_g در آن بالا خواهد بود.

وزن ملکولی:

یکی از عوامل بسیار مهم در پلیمرها، وزن ملکولی (M_w) است. بعضی از خواص مکانیکی با افزایش وزن ملکولی افزایش می‌یابند. از جمله این خواص، مقاومت در مقابل تغییر شکل است که با ازدیاد وزن ملکولی افزایش می‌یابد. البته، افزایش وزن ملکولی، فرایند پذیری پلیمرها را مشکلتر خواهد کرد.

رفتار تنش - کرنش:

مشخصه منحنی‌های تنش - کرنش یک پلیمر بی‌شکل (آمورف) و یک کشپار (الاستومر) به ترتیب در شکل ۱-۵الف و ب نشان داده شده است.

قابل توجه است که کشپار رفتار هوکین را از خود نشان نمی‌دهد بلکه رفتار یک کشسان غیرخطی را دارد. مشخصه گستره کشسانی زیادی که در کشپارها وجود دارد، ناشی از سهولت سازمان یافتن مجدد زنجیرهای پیچ خورده، تحت اثر تنش است.

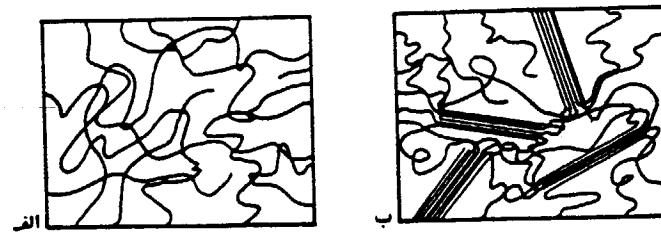
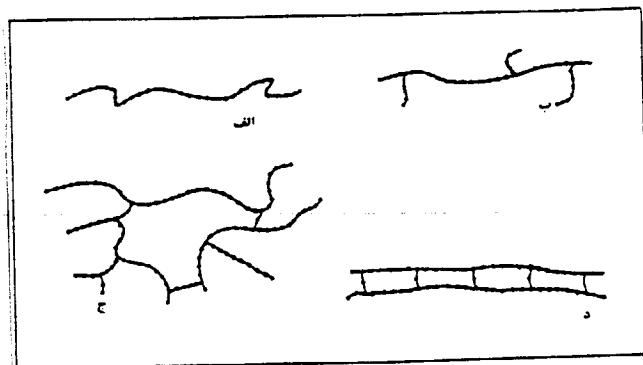
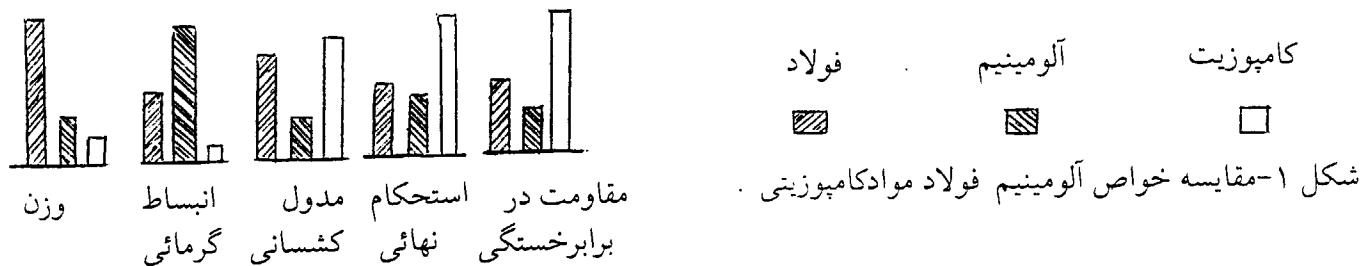
نکته دیگر در مورد تفاوت پلیمرها با فلزات و سرامیکها، به وابستگی بسیار زیاد مدول کشسانی آنها به دما است. شکل ۱-۶ تغییر مدول کشسانی یک پلیمر بی‌شکل را نسبت به دما نشان می‌دهد. در گستره دمایی پایین‌تر از T_g ، پلیمر سخت است و مقدار کشسانی آن حدود ۵Gpa است بالاتر از T_g ، مقدار مدول به میزان قابل توجهی کم می‌شود و پلیمر از خود رفتار لاستیکی نشان می‌دهد. بالاتر از T_g (دمایی که پلیمر سیال می‌شود) مدول به طور ناگهانی کاهش می‌یابد.

انبساط گرمایی

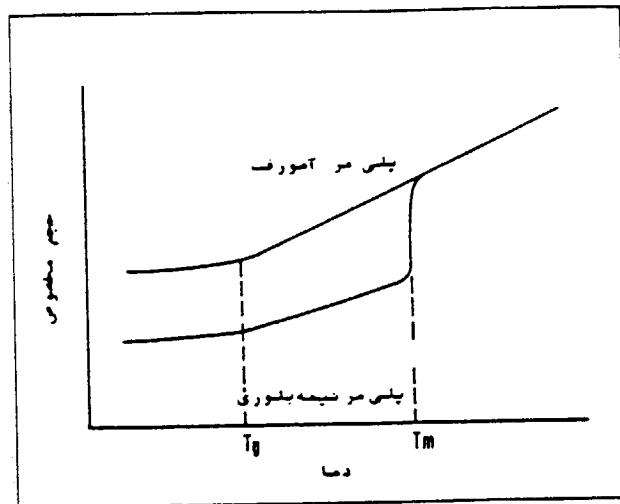
به طور کلی پلیمرها انبساط گرمایی بیشتری در مقایسه با فلزات و سرامیک‌ها دارند علاوه بر این ضرایب انبساط گرمایی آنها کاملاً ثابت نیست بدین معنی که پلیمرها مشخصاً با رابطه‌ای غیرخطی در اثر افزایش دما منبسط می‌شوند. بوجود آمدن تغییرات جزئی در ترکیب می‌تواند اثرات کاملاً محسوسی بر روی خصوصیات انبساط گرمایی پلیمر داشته باشد.

روشهای استحکام بخشیدن به پلیمرها

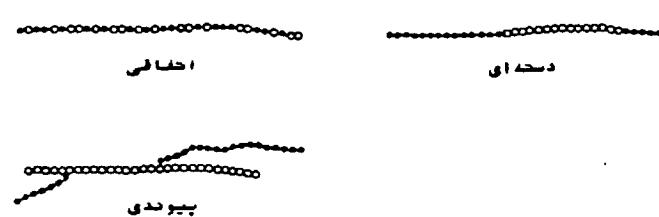
ایجاد استحکام در پلیمرها توسط سه روش یا مکانیزم کلی ۱) تبلور ۲) ایجاد پیوند عرضی ۳) ساختار زنجیری سفت امکان‌پذیر است.^[۱]



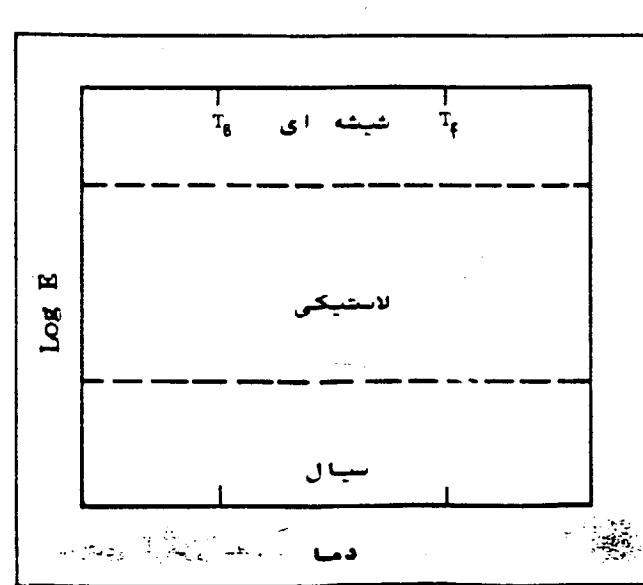
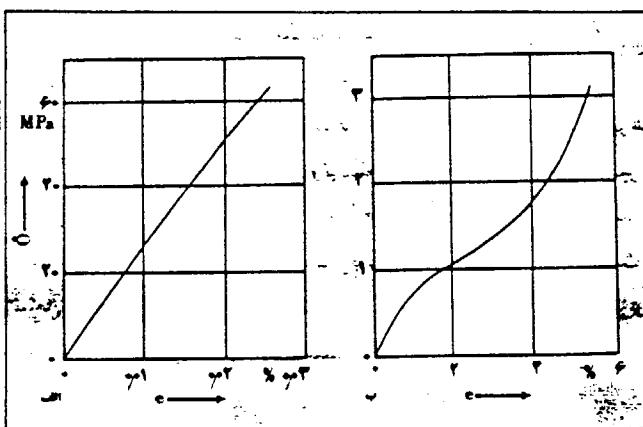
شکل ۱-۴ حجم ویژه بر حسب دما برای یک بلی مر آمورف و یک بلی مر نیمه بلوری



شکل ۱-۶ انواع مختلف کوبیلی مرها



شکل ۱-۷ انواع مختلف کوبیلی مرها



زمینه‌ها (ماتریس‌های) پلیمری معمولی:

از بین مواد گرمانترم، موادی از قبیل پلی آمیدها، پلی استال‌ها، پلی کربنات، پلی پروپیلن، ABS (آکریلوئیتریل - بوتادی ان - استیرن) و اخیراً پلی ایمیدها، در چند سازه‌ها به عنوان آمیزه قالب‌گیری بکار برده می‌شوند. استفاده از رزینهای گرمانترم در ساخت چند سازه‌ها ساده‌تر از بکار بردن رزینهای گرماسخت است از طرف دیگر استفاده مجدد از رزینهای گرمانترم نیز امکان‌پذیر است و برای شکل‌دهی با استفاده از گرما و فشار، آنها را بکار می‌برند.

یک عیب مهم زمینه‌های پلیمری، تأثیرپذیری آنها از محیط است بدین ترتیب که در دماهای نسبتاً بالا و در اثر جذب رطوبت، ممکن است پلیمرها از هم پاشیده و تخریب شوند. جذب رطوبت از محیط علاوه بر کاهش T_g ، سبب تورم پلیمر نیز می‌شوند و در صورت وجود الیاف، اثرات دماهای بالا همراه با جذب رطوبت، می‌توانند تنشهای داخلی جدی در چندسازه‌ها بوجود آورد. علاوه بر این وجود تنشهای گرمایی ناشی از نابرابر بودن گرمای زمینه و الیاف، مشکل تمام انواع مواد چندسازه بخصوص چندسازه‌ای پلیمری است. [۱]

بازار پلاستیکها

بیشترین مصرف پلاستیکها درست پس از جنگ جهانی دوم به عنوان جایگزینی ارزان قیمت بجای مواد مرسوم و رایج بود، در موارد دیگر این ماده به دلیل ارزشی که به علت تازگیش داشت به مصرف می‌رسید. در بسیاری از زمینه‌های فروش مواد پلاستیکی مدت زیادی است که مکانی را برای خود بنا کرده‌اند یک مثال بر جسته در صنعت برق است که ترکیب خواص عالی عایق بودن به همراه چermگی، دوام و یا در صورت تمایل، خواص دیرسوزکنندگی به انواع مختلف عایق دوشاخه، سرپیچ لامپ و عایق سیم و کابل منتهی شده است، توانایی پلی اتیلن برای عایق بودن در فرکانسهای بالا اهمیت زیادی در پیشرفت‌های اولیه را دارد داشت، در این زمینه سه روند جدید قابل تشخیص است. در مرحله اول، مورد قبول واقع شدن فراینده پلاستیکها برای ساخت قاب و سایل برقی و الکترونیکی

بود که باعث افزایش مصرف پلاستیک‌ها بی‌با مصارف عمومی شده است.

در مرحله دوم، توسعه و پیشرفت ریزپردازندگان و چسب‌های سلیکوتی بدين معنی بوده است که اجزای وسایل کوچکتر شده، و بنابراین در ازای هر قطعه مقدار کمتری مواد پلاستیکی بکار رفته و در بعضی از موارد حتی حذف شده است. در مرحله سوم، پلاستیک‌ها در فنون پیچیده مصرف پیدا کردند بطور مثال رفتار قابلیت هدایت نور در پلی (وینیل کاربازول) این ماده را در دستگاه کپی الکترواستاتیک و در تولید هولوگرافها قابل استفاده کرد.

پلاستیک‌ها همچنین در ساختمان سازی بکار گرفته شده‌اند مانند لوله آب و فاضلاب و مجاری آب، لایه‌های ضد رطوبت، کفپوش عایق‌کاری، تزیین دیوار و قاب پنجره. پلاستیک‌ها بعنوان مواد بسته‌بندی به حد وسیعی مورد قبول واقع شده‌اند. بطريقه‌ای پلاستیکی بویژه در حمام که مسئله شکستن ظروف شیشه‌ای باعث بسیاری از سوانح خطرناک شده، مورد تقدیر واقع شده است. توانایی بسیاری از مواد در مقاومت در برابر بسیاری از مواد شیمیایی خورنده برای صنایع شیمیایی و صنایع وابسته به آن مفید بوده است. ضمن اینکه وزن سبکتر این مواد در برابر بطريقه شیشه‌ای، انرژی مورد نیاز برای حمل و نقل آنها را کاهش داده است. ظروف کوچکتر نیز بطور وسیعی از پلاستیک‌ها ساخته می‌شوند و برای داروها بویژه در شکل قرص، استفاده از درپوش‌هایی که توسط بچه‌های کوچک نتوانند بازور باز شوند، از ارزش خاصی برخوردار است. استفاده وسیع از فیلم‌های پلاستیک برای پیچیدن مواد مختلف، ساخت ساک و کیسه تقریباً شناخته شده‌تر از حدی است که نیاز به توضیح داشته باشد.

صنعت اتومبیل در حال حاضر یکی از مصرف‌کنندگان عمدۀ پلاستیک‌ها است که سال به سال با افزایش وزن پلاستیک مصرفی به ازای هر اتومبیل روبرو است. پلاستیک‌ها وسایل برقی اتومبیل مانند باطری، سیمه‌ای نرم، دوشاخه، سوئیچ‌های برق و کلاهک‌های تقسیم و همچنین در لوازم چراغ، روکش صندلی اتومبیل و تودوزی و تزئینات بدنی داخلی اتومبیل و در لوازم زیر کاپوت ماشین مانند پنکه رادیاتور، لوله آب، لوله بنزین و مخازن آب سردکن و همچنین سپر اتومبیل، شبکه‌های رادیاتور و قطعات کمربند بکار گرفته

می شوند.

پلاستیکها همچنین مصرف رو به تزایدی در وسایل نقلیه ترابری آبی و هوایی دارند. قایقهای ساخته شده از پلاستیکهای تقویت شده توسط الیاف شیشه به دلیل اقتصادی بودن تولیدشان، سهولت نگهداری، سبکی وزن برای مقاصد نظامی و خصوصیات ضد美的ناتیسی آنها، بطور وسیعی استفاده می شود. طبیعت غیرقابل خوردگی پلاستیکها همچنین باعث استفاده وسیع از آنها در اسباب و لوازم قایق شده است. در هواپیما، پلاستیکها به ویژه به سبب چگالی پایین شان مفید و قابل استفاده هستند.

مبلمان و لوازم خانگی و اداری بازار مهم دیگری را تشکیل می دهد این مصارف شامل رویه صندلی راحتی، مبلمان اسفنجی، میز تحریر و قفسه لباسهای ضمیم اینکه نئوپان لایه های تریئینی بطور وسیع استفاده می شوند. تنوع کالاهای نهایی امکان پذیر با هزینه نسبتاً کم در مقایسه با مواد رایج قدیمی به اضافه سادگی نگهداری و تعمیرات، در بالا بردن استاندارد زندگی در تمامی جهان مهم می باشد. وسایل و تجهیزات صنعتی زمینه ای این باله دار برای پیشرفت پلاستیکها می باشد. این مواد و مواد دیگری بطور گسترده در جایی که خصوصیاتی مانند چرمگی، مقاومت سایشی، مقاومت خورگی، خواص ضد چسبندگی، عایق الکتریکی و شفافیت مهم هستند، به مصرف می رسد.

در زمینه پزشکی دامنه مصرف این مواد از اعضای مصنوعی مورد استفاده در جراحی مانند مفصل ران و دریچه های قلب، سوند، سرنگ تزریق و سایر وسایل قابل استریل شدن تا مصارف عمومی تر قرار دارند. در کشاورزی و باغبانی، فیلم پلاستیکها شناخته شده ترین هستند ولی در مخازن انتقال آب، وسایل آبیاری اتوماتیک نامی بر جا گذاشته اند اما نه چندان زیاد.

صنایعی که صنایع تفتتی نامیده می شوند گسترده ترین مصرف کنندگان پلاستیکها می باشند. صنعت عکاسی یکی از قدیمی ترین مصرف کنندگان پلاستیکها برای فیلمهای عکاسی است. همچنین در وسایل تاریک خانه برای سالهای متتمادی استفاده وسیعی از پلاستیکها شده است. اخیراً مصرف فزاینده ای از پلاستیکها در دوربین ها، چه گران قیمت و چه ارزان قیمت پذیرفته شده است.

همچنین از پلاستیکها در وسایل ورزشی مانند چوب ماهیگیری، قایق، راکت و... همچنین در اسباب بازیها و سرگرمیها استفاده وسیعی می‌شود.

آینده پلاستیکها

در اصل دلیل رشد چشمگیر پلاستیکها در تأثیر متقابل سه عامل بر یکدیگر می‌باشد:

- ۱) افزایش شناخت خصوصیات و تواناییهای مواد پلاستیکی
- ۲) قابلیت رو به بهبود پلاستیکها به واسطه ظهور مواد جدید، کیفیتهای بهتر تجهیزات فعلی و تجهیزات فرایند بهتر.
- ۳) کاهش مداوم هزینه مواد اولیه پلاستیکها نسبت به هزینه مواد رایج مانند چرم، کاغذ، فلزات و سرامیکها.

در مورد خصوصیات پلاستیکها بطور اجمالی چند نتیجه کلی می‌توان بدست آورد:

- ۱) چون بیشتر پلاستیکها می‌توانند به شکل مذاب و در ماهای بسیار پایین بطور مثال 20°C به قطعه تبدیل می‌شوند، انرژی مورد نیاز برای فراورش آنها کم است. چون پلاستیکها در کل چگالی پایینی دارند، هزینه حمل و کاربری آنها نیز نسبتاً کم می‌باشد.
- ۲) با توسعه فنونی نظیر قالب‌گیری تزریقی، ساخت قطعات بسیار پیچیده در یک مرحله بدون نیاز به کار تکمیلی یا بدون ایجاد کمترین ضایعات امکان‌پذیر است.
- ۳) رنگ زدن اغلب به روی سطح پلاستیک محدود نمی‌شود بلکه رنگ به تمامی پلاستیک اضافه شده بطوری که هرگونه عیوبی که به واسطه خراشیدگی یا سایش ایجاد شود نسبت به فلزات روکش شده، کمتر دیده می‌شود.
- ۴) دامنه بی‌نهایت وسیعی از مواد پرداخت کننده سطح می‌توانند از پلاستیکها باشند، بطوری که نه تنها می‌توانند شبیه مواد غیرپلاستیکی به نظر آیند، بلکه اثرات جدیدی بوجود آورند.
- ۵) این مواد عموماً عایقهای گرمایی بسیار عالی می‌باشند بویژه اینکه در شکل انبساط یافته‌شان قابل استفاده هستند.
- ۶) بسیاری از پلاستیکها عایقهای الکتریکی شگفت‌آوری هستند به عنوان نمونه در

بسیاری از موارد دارای خصوصیات عایق خوب در فرکانس‌های بالا هستند.

۷) پلاستیکها با دامنه بسیار وسیعی از استحکام، انعطاف‌پذیری و چقرومگی در دسترس می‌باشند. بسیاری از انواع تقویت شده با الیاف به ارزی واحد وزنشان دارای استحکام بالایی در حد برخی از فلزات می‌باشند.

۸) پلاستیکها در دامنه وسیعی از مقاومت شیمیایی و مقاومت در برابر حلال، در دسترس می‌باشند بعضی از مواد که در آب حل می‌شوند در حالی که در مقابل موادی مهاجم نظیر هیدروفلوئوریک اسید مقاوم خواهند بود.

بدیهی است که مطالب فوق تنها برخی از متداول‌ترین خصوصیات می‌باشند هر یک از مواد ممکن است ویژگی‌های خاصی نظیر رسانایی نوری، ضریب اصطکاک بسیار کم در برابر فولاد، ثابت دی‌الکتریک بالا، قابلیت عبور بالای نور فرابنفش و غیره دارا باشند.

یکی از مشکلات در صنعت پلاستیک، قیمت نفت و هزینه تبدیل این نفت به مواد پلاستیکی و هزینه حمل و نقل و فرایند آنها می‌باشد. مشکل دیگری که صنعت پلاستیک و درواقع بطور کل، تمدن با آن مواجه می‌باشد و برای اولین بار در دهه ۱۹۷۰ آشکار شد نگرانی در مورد محیط زیست است. برخلاف بسیاری از مواد شیمیایی با وزن ملکولی کم، پلاستیکها باعث آلودگی نمی‌شوند مگر در مواردی که آنها مجازی آب و ماشین‌آلات زیر آب را مسدود و آلوده کرده باشند.

همانند شیشه، فلزات و سایر موادی که باعث ایجاد تمدن شده‌اند این مواد مشکل زباله دارند. بسته‌بندی‌های پلاستیکی به دلیل طول عمر زباله‌های حاصل بسیار انتقادبرانگیز شده‌اند اگرچه مضرات آن بیش از مضرات وسایل تیز فلزی و شیشه‌ای هم که مسئول کثیف کردن سطح زمین هستند، نمی‌باشد.

زمینه‌هایی هم وجود دارد که استفاده از پلاستیکها را بطور بسیار مثبت توجیه می‌کند. برای استخراج هر تن فلن، مستلزم به جابجا کردن صدها تن خاک و از بین بردن چشم‌اندازها هستیم درحالی که جایگزینی آنها توسط پلاستیکهای ساخته شده از نفت که از بستر دریاها استخراج می‌شود به حفظ و نگهداری حومه شهرها و حدائق منابع فلزی ارزشمند برای آینده کمک می‌کند. همچنین شکی نیست که استفاده از پلاستیکها به افزایش

**جدول ۷-۱ فروش مواد پلاستیکی اساسی توسط ایالات متحده در سال ۱۹۸۷
(براساس مقادیر تخمینی مدرن پلاستیک)**

هزارتن	بلی اتیلن کم چگال پرچگال و همبارها پلی برویلن و همبارها بسبارهای استرن بلی استرن ABS SAN نفولی بلی اورتان بلی استر، گرمانرم (PET, PBT) MF و UF بلی استر، سیرنشده آکریلیها نایلوتها رزینهای ایوسکسی بلی کربنات غیره
۷۸۸۲	۴۳۲۲ ۳۵۶۰
۲۶۶۵	PVC
۲۹۴۵	پلی برویلن و همبارها بسبارهای استرن
۲۷۹۹	۲۲۱۰ ۵۴۲ ۴۶
۱۲۵۸	نفولی
۱۲۲۰	بلی اورتان
۸۱۹	بلی استر، گرمانرم (PET, PBT)
۷۱۲	MF و UF
۵۹۸	بلی استر، سیرنشده
۳۰۳	آکریلیها
۲۱۴	نایلوتها
۱۸۴	رزینهای ایوسکسی
۱۷۶	بلی کربنات
۱۶۸۱	غیره
۲۴۴۵۶	کل

جدول ۷-۲ مصرف اروپا (میلیون تن) (براساس مقادیر تخمینی کاناستوف)

۱۹۸۶	۱۹۷۸	۱۹۷۴	۱۹۷۰	
۵۶	۳۶	۳۱۰	۲۰۰	بلی اتیلن با کم چگال
۲۱	۱۳۳	۱۰۳	۱۶۰	بلی اتیلن با پرچگال
۲۴	۱۰۸	۰۶	۰۳	بلی برویلن
۵۱	۳۵	۳۵	۲۳	PVC
۱۵	۱۳۰	۱۱۵	۰۸۶	بلی استرن
۰۴۴	۰۳۵	۰۲۹	۰۱۹	بلی استرن انساطیافته
۰۴۹	۰۲۸	۰۲۴	۰۱۱	ABS
۰۲۷	۰۱۷	۰۱۵	۰۰۹	نایلوتها
۱۱۰	۰۹۴	۰۷۷	۰۴۲	بلی اورتانها

کیفیت زندگی بسیاری از مردم کمک کرده است. تلفن، صفحه گرامافون، ضبط صوت، فیلم عکاسی، رادیو تلویزیون، اتومبیل، یخچال و... وابسته به وجود پلاستیکها هستند. امکان تولید انبوه توسط پلاستیکها، بهبود در استاندارد زندگی بسیاری از مناطق با ثروت کمتر در جهان را مکان‌پذیر ساخته است، درحالی که استفاده پلاستیکها در جراحی و پزشکی عاقبت از منفعت عالم‌گیر برخوردار است. استفاده گسترده از پلاستیکها بدون سرمایه‌گذاری در مقیاس وسیع برای پژوهش و توسعه در مورد آنها بدست نیامده است. در این راستا شیمیدانها، فیزیکدانها، ریاضیدانها، تکنولوژیستها، مهندسها، فروشندهان و طراحان همگی نقش اساسی را ایفا می‌کنند. در بسیاری از موارد وظایف و کارهای این متخصصان مشترک شده است ولی حتی در جایی که تصویر واضح‌تری در کار باشد این مهم است که کارشناس یک زمینه، دانش کار افرادی که وظایف دیگری را به عهده دارد، را داشته باشند.

افزودنیهای پلاستیکها: مقدار کمتر، کارکرد بهتر [۲]

افزودنیهای پلاستیکها گروهی پیچیده و رو به رشد از کانی‌ها و مشتقات شیمیایی هستند. تقسیم فیزیکی افزودنیها به چهار گروه انجام می‌شوند: جامدات، لاستیکها، مایعات و گازها که از مورد آخر در ساخت بسیارهای سلولی استفاده می‌شود. افزودنیها که معمولاً بر بیش از یک مشخصه رزینها اثر می‌گذارند، سبب محدودیت توسعه پلاستیکها شده‌اند زیرا دسترسی به مواد افزودنی که در غلظت کمتر، کارکرد بهتر یا مشابه دارند رو به افزایش است. بطور کلی نیاز به افزودنیها به قدری زیاد است که بسیاری از تولیدکنندگان، سرمایه و کوشش خود را برای گسترش خطوط تولید و ساختن واحدهای جدید صرف می‌کنند. افزودنیهای جدید پلاستیکها همچنان راهی بازار می‌شوند.

آنها همراه با افزودنیهای موجود و بطور متوسط به میزان اندکی کمتر از گذشته در پلاستیکها مصرف می‌شوند. کاهش میزان مصرف، ناشی از بهبود بازدهی افزودنیهای جدید، تکنولوژی پیشرفته فراورش پلاستیکها می‌باشد. با وجود میزان کاربرد کمتر،

محصولات پلاستیکی با سهولت فراورش بیشتر ساخته می‌شوند و هر روز بیش از پیش مورد پسند مصرف‌کننده قرار می‌گیرند. نگرانی مهم در مورد افزودنیها، اثر آنها بر محیط زیست است. دو مورد ویژه در این زمینه، پراکنده شدن افزودنیهای موجود در زباله‌های وسایل پلاستیکی و سلامتی و ایمنی کارگرانی است که حین ساختن محصولات پلاستیکی در معرض افزودنیها قرار می‌گیرند.

هیچگونه جدول‌بندی کاملی از افزودنیهای مختلفی که در پلاستیکها مصرف می‌شوند در اختیار نیست، اما شواهد موجود حاکی از این است که بیش از چهار هزار نوع محصول وجود دارد. بسیاری از افزودنیهای مورد استفاده در پلاستیکها در سایر محصولات مصرفی مانند لاستیک، رنگها و منسوجات نیز وارد می‌شود. مصرف افزودنیها و پلاستیکها گاهی به عنوان «جادو» نامیده می‌شود، زیرا در مورد کاربرد افزودنیها برای بدست آوردن کارکرد و خواص موردنظر در کالاهای پلاستیکی ساخته شده، تهیه‌کنندگان تکیه بر خبرگی خود دارند که گاهی قادر هرگونه پشتونه‌فنه قوی و منطقی است. درنتیجه امیدی نیست که داده‌های دقیق درباره مصرف افزودنیها در پلاستیکها در دسترسی قرار گیرند، بیشتر تخمین‌ها براساس فرضهایی درمورد مصرف متوسط گروه‌های عامل افزودنیها است.

سه گروه عاملی افزودنیها یعنی پرکننده‌ها (Fillers)، نرم‌کننده‌ها (Plasticizer) و تقویت‌کننده‌ها (Reinforcements) حدود ۸۵٪ کل افزودنیهای مصرف شده در پلاستیکها را شامل می‌شود این رقم را گروه فری دنیا (Freedonia Group) تخمین زده است که یک شرکت پژوهشی داده‌های شاخص تجاری است و مرکز آن در کلیوند آمریکا واقع شده است. مواد افزودنی مربوط به رزینها عموماً در برابر مواد شیمیایی بی‌اثرند بجز نرم‌کننده‌ها که تحت تأثیر نور، گرما و اتمسفر نیز قرار نمی‌گیرند. رده عاملی دیگر، رنگ‌کننده‌ها هستند (که حدود ۴/۵٪ افزودنیهای مصرفی را شامل می‌شوند) آنها نیز با بیشتر رزینها واکنش نمی‌دهند.

ده درصد باقیمانده افزودنیهای پلاستیکها که از لحاظ شیمیایی محصولات واکنش‌پذیرند بیشتر شامل بازدارنده‌های شعله می‌شوند (Flame Retardants)

محصولات واکنش‌پذیر از نظر شیمیایی به دلایل زیر نیز در رزینهای پلاستیک مصرف می‌شوند: ۱) دوام بیشتر و کارکرد بهتر محصولات ساخته شده ۲) بهبود فرآیند پذیری رزینها طی ساخت ۳) بدست آوردن اشکالی که در صورت عدم استفاده از افزودنیها به سادگی قابل حصول نیستند.

افزودنیهای اساسی برای آرایه‌گستردهای از پلاستیکها

افزودنیها، فراورش و کارکرد پلاستیکها را بهبود می‌بخشد و اغلب فعالیتهای عاملی مشترکی دارند. افزودنیها را از نظر کاربرد می‌توان به چهار گروه اصلی تقسیم کرد که عبارتند از: ۱) کنترل کننده‌های واکنش الف - کاتالیزورها ب - آغازگرها ج - مواد فراورش کمکی (مانند امولسیون کننده‌ها، حلال‌ها و...)

۲) افزودنیهای فراورش الف - عوامل پف کننده ب - روان‌کننده‌ها

۳) تثبیت کننده‌ها الف - ضد اکسیدهای ب - تثبیت کننده‌های گرمای ج - تثبیت کننده‌های نوری یا فرابینفس د - محافظت کننده‌ها

۴) افزودنیهای کارکردی الف - نرم‌کننده‌های ب - رنگ دهنده‌های ج - اصلاح‌کننده‌های ضربه‌پذیری د - بازدارنده‌های شعله ذ - عوامل ضدالکتریسیته ساکن ر - عوامل جفت‌کننده

چشم‌انداز مصرف افزودنیهای پلاستیکها به گروه آنها بستگی دارد. البته رشد کلی تقاضا برای افزودنیها در ارتباط نزدیک با محصولات پلاستیکی ساخته شده است و رشد محصولات پلاستیکی به این امر وابسته است که این مواد تا چه حد بتوانند از طریق توسعه تکنولوژی فراورش و تولید پلیمر، جایگزینهای بهتر و ارزانتری برای سایر مواد فراهم آورند. منابع صنعتی پیش‌بینی می‌کنند که طی چند سال آینده بازار برای افزودنیهای پلاستیکها در کل رشد سالانه‌ای برابر $2/5\%$ تا 4% خواهد داشت.

برخی از افزودنیهای پلاستیکها که در حجم کم مصرف می‌شوند از لحاظ شیمیایی واکنش‌پذیرند، طبق نظر گروه فریدنیا، رشد مصرف بیشتری به سایر افزودنیهای پلاستیکها خواهد داشت. تثبیت کننده‌های فرابینفس و اصلاح‌کننده‌های ضربه‌پذیری و

جدول ۱-۳: افزودنیهای متعددی را می‌توان در روزن پلاستیک منفردی مصرف کرد

	زیرگوچ	لیکن	پلیت												
آرد	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
لیکن		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
نیمکت			●				●				●				●
کنکر				●				●							●
بازدیدکن			●	●	●		●								
پلی‌پر، سرمه نهاد		●	●	●			●	●			●				●
پلی‌الکن، چکن، پلا		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پیش، چکن، پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●
پلی‌پلست		●	●	●	●		●	●		●	●				●

ترجمه: افزودنیهای مصرفی در بسیاری از پلاستیکها فوق که به آنها اشاره شده است عبارت‌انداز: حلالها، کترل کننده‌ی وزن مولکولی، امولسیون کننده‌ها، عوامل بفت کننده، برکننده‌ها و تقویت کننده‌ها، رنگ‌گذارنده‌ها و عوامل جفت شونده.

الف) ABS: آکریلونیتریل بوتا می‌ان استین

جدول ۱-۴: مقدار کل افزودنیها در پلاستیکها رو به کاهش نهاده است

تغییر سالانه	۱۹۸۷-۹۲	۱۹۷۷-۸۷	۷۰۰۰	۱۹۹۲	۱۹۸۷	۱۹۹۷	۱۹۹۷	سال	
								افزودنیها	برکننده‌ها
۲۰%	۲۱%	۸۵۰	۶۶۰	۵۵۰	۳۹۲۱				
۱/۶	۱/۸	۲۰۹۵	۱۸۳۵	۱۶۹۲	۱۲۱۸				
۵/۰	۳/۸	۱۶۰۰	۱۱۲۰	۸۹۳	۶۱۵				
۵/۳	۳/۰	۹۶۰	۶۶۰	۵۱۳	۳۸۲				
۳/۷	۲/۷	۶۹۰	۵۲۰	۳۲۸	۲۷۸				
۹/۲	۸/۶	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۰	۵۷				
۳/۷	۲/۲	۱۵۰	۱۱۵	۹۶	۷۷				
۱/۹	- ۰/۲	۱۰۲	۹۱	۸۳	۸۰				
۵/۲	۵/۸	۱۳	۹	۷	۴				
۳/۰	۲/۹	۶۰	۵۰	۲۲	۲۶				
۹/۲	۲/۶	۲۰	۵۲	۲۲	۲۳				
۲/۹	-	۱۸	۱۵	۱۳	۱۳				
۹/۹	۶/۲	۱۸	۱۳	۱۱	۶				
۹/۶	۷/۲	۱۳	۱۰	۸	۹				
۲/۱	۴/۱	۹	۷	۶	۹				
۹/۶	۱۰/۳	۱۷۲	۱۳۰	۱۰۴	۳۹				
۳/۹%	۳/۸%	۱۴۹۵۰	۱۱۹۵۰	۹۶۶۸	۶۶۶۳				
۹/۱%	۵/۰%	۸۰۶۰۰	۶۱۰۰۰	۳۹۸۶۲	۳۰۵۰۵				
بُوند افزودنیها در هر ۱۰۰ لیتر پلاستیک									

دسترسی به این مدرک را با پایه اینترنتی بتیت و اشانه، پیشنهادها، رساله‌های تضمیماتی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۶۶ و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اسلامی (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن را عاید کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، پژوهشی و پایه این قوانین و مقررات مربوط شدنی است. اطلاعات ایران (ایرانداک)

عوامل ضدالکتریسیته ساکن، نمونه‌هایی از گروه افزودنیهایی هستند که از رشد بیشتری برخوردارند. بهبود کیفی این افزودنیها عامل مهمی در میزان رشد بیشتر آنهاست. تکنیکها و ماشینهای فرآورش بهتر نیز کاربرد آنها را وسعت می‌بخشد.

مقررات و قوانین دولتی هم نقش کمکی و هم بازدارنده در رشد افزودنیهای پلاستیکها دارند. نیاز شدید به بازدارنده‌های شعله در ساختمان‌های پلاستیکی و محصولات ساختمانی، مصرف افزودنیهای بازدارنده شده را تقویت می‌کنند اما نگرانی از اثر محیطی افزودنیها (همچنین رزینها) و نگرانی درمورد تماس کارگران طی فرآورش و ساخت پلاستیکهای دارای افزودنی با این مواد، مصرف افزودنیها را تضعیف می‌کنند.

در حالت کلی افزودنیها می‌بایست از مشخصات زیر برخوردار باشند مگر آنکه به دلیل عملکردشان چنین نیازهایی منتفی باشد:

- (۱) باید از عملکرد موثر برخوردار باشند.
- (۲) تحت شرایط فرایند پایدار باشند (۳) باید تحت شرایط کارکرد پایدار باشند (۴) نباید مهاجرت یا روآیی (blooming) داشته باشند.
- (۵) باید غیرسمی باشند و طعم و بو به ماده تدهنند.
- (۶) باید ارزان باشند (۷) نباید به شکل معکوس خواص پلیمر را تحت تأثیر قرار دهند.

عوامل پف کننده

این عوامل برای ساختن پلاستیکهای اسفنجی بکار می‌روند پلی یورتانها بیش از دو سوم از تولید پلاستیکهای اسفنجی را در اختیار دارند. عوامل پف کننده فیزیکی (حدود ۹٪ مصرف) گازهای مایع مثل ترکیبات کلروفلوئورو کربن و پروپان هستند. عوامل پف کننده‌های شیمیایی بطور عمده شامل مشتقات پیچیده هیدرازین است. بسیاری از مواد شیمیایی دیگر مانند کاتالیزورها، مواد فعال در سطح و مواد هسته‌زا (Nucleating Materials) برای کمک به عوامل پف کننده مصرف می‌شوند. [۲]

روان کننده‌ها

روان کننده‌ها برای سرعت بخشیدن به ساخت رزین و بهبود خواص محصولات نهایی

به پلاستیکها افزوده می‌شوند در بعضی از کاربردها روان‌کننده‌ها خاصیتی شبیه نرم‌کننده‌ها دارند که با از بین بردن نیروهای بین ملکولی در بین زنجیرهای پلیمری ویسکوزیته را کاهش می‌دهند این کاهش اثر روان‌کننده داخلی است. از طرف دیگر روان‌کننده‌ها مانع چسبیدن پلیمرها به سطوح فلزی، در وسایل فراورش می‌گردند.

روان‌کننده‌ها برخلاف نرم‌کننده‌ها باید تا حدودی از ناسازگاری شیمیایی یا عدم انحلال برخوردار باشند تا هنگام فراورش جدا شده و به سطح پلیمر مهاجرت نمایند تا بدین ترتیب ضریب اصطکاک سطح را کاهش دهند. اصلاح سطح فوق که اثر روان‌کننده‌گی خارجی نامیده می‌شود باعث فراورش راحت‌تر، روزن رانی بهتر و افزایش لغزندگی می‌گردد.

فواید دیگر استفاده از روان‌کننده می‌تواند ایجاد ظاهر با جلا، جدا شدن خوب از قالب، آنتی بلوک شدن (مانع چسبیدن لایه‌های پلاستیک) و کاهش کند شدن وسایل فرآیند باشند.

سازگاری با رزین اغلب عامل تعیین کننده در انتخاب روان‌ساز است. ترکیبات مورد استفاده به عنوان روان‌کننده عبارتند از: استرها، اسیدهای چرب، آمیدهای چرب، استئارات‌های فلزی، موتها، پلیمرهای فلوئوردار و سیلیکونها، پلی‌اتیلن اکسید شده، پلی‌وینیل الکل و پلی‌اتیلن با جرم ملکولی کم و اسید استئاریک و... و صابوهای فلزی بیشتر استئارات‌ها در کنار خواص روان‌کننده‌گی، به عنوان عوامل آزادکننده قالب (mold release agents)، پایدارکننده‌های گرما و عوامل ضدبلوکه شدن (antiblocking agents) عمل می‌کنند و موارد مصرف آنها بستگی به نوع فلز دارد.^{[۲] و [۳]}

نرم‌کننده‌ها

نرم‌کننده‌ها، مایعات واکنش‌ناپذیر یا جامدات دارای وزن مولکولی پایین هستند. این

مواد را به پلاستیکهای سخت اضافه می‌کنند تا انعطاف‌پذیری و فرآیند پذیری آنها را افزایش یابد. نقش این مواد شبیه نقش حلالها می‌باشد، با این تفاوت که نرم‌کننده‌ها به آسانی تبخیر نمی‌شوند. نرم‌کننده‌ها سبب جدا شدن زنجیرهای پلیمر و لیز شدن آنها می‌شود (شکل ۱-۷) و این موضوع باعث می‌شود که زنجیرهای پلیمر با سهولت بیشتری از کنار هم دیگر حرکت کنند. نیروهای واندروالس بین پلیمر و نرم‌کننده، تبخیر نرم‌کننده را به حداقل می‌رساند.

نرم‌کننده‌ها از نظر حجم مصرفی در محصولات پلاستیکی، مقام دوم را بعد از پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها دارند. نرم‌کننده‌ها به منظور رسیدن به یک یا چند خاصیت زیر به کار می‌روند

- (۱) بهبود خصوصیات فراورش و روزن رانی
- (۲) کاهش ویسکوزیته (گرانزوی) مذاب
- (۳) کاهش حداقل دمای لازم جهت فراورش
- (۴) افزایش انعطاف‌پذیری پلاستیک
- (۵) افزایش کشیدگی طولی
- (۶) کاهش سختی پلاستیک
- (۷) بهبود انعطاف‌پذیری در دمای پایین
- (۸) بهبود مقاومت ضربه‌ای

برای کاربردهای معین پلاستیکی، و به منظور مرغوب بودن محصول نهایی استفاده از یک نرم‌کننده مناسب، ضروری است. خواصی وجود دارد که قبل از تصمیم نهایی در انتخاب یک نرم‌کننده، باید به آنها توجه شود. اول اینکه برای یک پلیمر انتخابی، نرم‌کننده مزبور چقدر حلالیت نشان می‌دهند.

ثانیاً: نرم‌کننده آثار متقاوی بر روی خواص دمایی سرد پلاستیکها دارد.

کیفیت مهم دیگر در انتخاب نرم‌کننده، میزان دوام آن است. دوام نرم‌کننده به مقاومت آن برای جدا شدن از آمیزه پلاستیکی از طریق تبخیر، استخراج یا مهاجرت مربوط می‌گردد و عموماً نرم‌کننده‌های دارای جرم ملکولی بالا، نسبت به نرم‌کننده‌های دارای جرم ملکولی کم و از همان گروه، فراریت کمتری داشته و با دوام‌تر هستند. بعضی از انواع نرم‌کننده‌ها عبارتند از: استرهای فتالیک آنیدرید، استرهای فسفریک اسید، استرهای روغن سویای اپوکسید شده، استرهای آدیپیک اسید، تری ملتیک آنیدرید، هیدروکربنها کلردار شده، پلی اتیلن گلیکول و انواع بسیاری از رزینها. [۴۰]

ضداکسنده‌ها:

ضداکسنده‌ها برای پلاستیک‌ها به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم‌بندی می‌شوند. ضداکسنده‌های اصلی شامل فتلهای گوناگون و آمینهای نوع دوم هستند که رادیکالهای آزاد بیگانه را پاک می‌کنند. فسفیتهای مختلف و تیواسترها به عنوان ضداکسنده‌های فرعی (گاهی تشدیدکننده نامیده می‌شوند) مورد استفاده قرار می‌گیرند که پراکسیدها (منبعی از رادیکالهای آزاد) را تجزیه می‌کنند. بسیاری از ترکیبات و مخلوط‌های خصوصی از جمله ضداکسنده‌ها برای پلاستیک‌ها هستند.

ثبت‌کننده‌های گرما

این نوع ثبت‌کننده‌هادر PVC مصرف می‌شوند و در مقادیر کمتر در یورتانها و برخی استیرنها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از این مواد دارای اعمال فرعی هستند و ممکن است با سایر ترکیبات عاملی ترکیب شوند. صابونهای فلزی گوناگون، ترکیبات آلی قلع، نمکهای آلی و معدنی سرب، و مواد شیمیایی خاص در حجم اندک برای ایجاد مقاومت گرمایی مصرف می‌شوند. [۲]

تثبیت‌کننده‌های نوری یا فرابینفشن:

پرتو uv جو، غالباً پلاستیکها را اکسیداسیون نوری می‌کند زیرا فوتونهای uv می‌توانند توسط پلیمرهای مختلف در طول موجهای مختلف جذب شوند. جذب این پرتوها باعث تخریب پلیمرها می‌شود، چون میزان انرژی این فوتونها ($290\text{--}400\text{ nm}$) در حدی است که می‌تواند پیوندها را در پلیمرها بشکند یعنی انرژی جذب شده بیشتر از انرژی پیوند است. پایدارکننده‌های uv که به منظور محافظت به پلیمرهای مختلف اضافه می‌شوند از طریق چند مکانیسم مختلف می‌توانند این کار را انجام دهند در مکانیسم اول که اکثر تثبیت‌کننده‌های uv از طریق آن عمل می‌کنند آنها پرتو uv را جذب کرده و سپس آن را به شکل کم انرژی‌تری (با تغییر ماهیت پایدارکننده) پس می‌دهند. روش دیگری که همان پایدارکننده‌ها می‌توانند برای محافظت پلیمر در برابر پرتو uv انجام دهند «فرونشاندن = Quenching» ماکرومکول برانگیخته شده، به سطح انرژی پایینتر می‌باشد. پایدارکننده‌های uv ، انرژی ملکول برانگیخته فوق را گرفته و به صورت گرماتلف می‌کنند. مکانیسم سومی که یک پایدارکننده مشخص می‌تواند از طریق آن عمل کند جذب رادیکالهای آزاد ناشی از پرتو uv می‌باشد. بعضی از پایدارکننده‌ها نیز می‌توانند به عنوان تخریب‌کننده پراکسیدها عمل کنند.

پلیمرهایی که محافظت نشده‌اند ممکن است در معرض پرتو uv تغییر رنگ داده (معمولًاً زرد یا کدر می‌شوند) و نیز جلای سطحی خود را از دست بدهند و یا حتی بعضی از خواص فیزیکی خود را مانند مقاومت ضربه‌ای و استحکام کششی را از دست بدهند.

پلیمرهای مختلف با درجات مختلف در مقابل پرتو uv تخریب می‌شوند و پایدارنمودن موثر آنها کاری سخت است.

تعداد خیلی زیادی از پایدارکننده‌های uv به کار گرفته می‌شوند زیرا جذب پرتوهای uv توسط پلاستیکهای مختلف، در طول موجهای مختلف انجام می‌گیرد لذا پایدارکننده‌های

uv باید در طول موجه‌ای مورد نظر، پلاستیک را به طور موثر محافظت کنند.
البته خواص دیگر این پایدارکننده‌ها را نیز باید قبل از انتخاب در نظر گرفت. این خواص عبارتند از:

- ۱) سهم آنها در رنگ اولیه
- ۲) پایدارکننگی رنگ
- ۳) پایداری آنها در حین فراورش در دماهای بالا
- ۴) حد انتظار از عمر محصول نهایی
- ۵) فراریت
- ۶) سازگاری (از ترشح کردن اجتناب کنند)
- ۷) قیمت (بعضی از پایدارکننده‌های uv فوق العاده گران هستند)
- ۸) سفّی بودن

از جمله پایدارکننده‌های uv عبارتند از: هیدروکسی بنزو فنوئنا، آریل استرها، آمینهای غیرآزاد و بنزووتری آزولها، ترکیب‌های آلی نیکل، نمک‌های فلزی و دوده و برخی پرکننده‌های معدنی. (مانند کلسیم کربنات و اکسید روی و...) [۲]

محافظت‌کننده‌ها:

این مواد جهت افزایش مقاومت پلاستیکها و افزودنیهای موجود در پلاستیک، مثل نرم‌کننده، مصرف می‌شوند. بیشتر این مواد در PVC مورد استفاده قرار می‌گیرند و در مقادیر کمتر در یورتانها مصرف می‌شوند. آنها به طور نمونه از باکتریو سیدها (Biocides) و بیوسیدها (Backteriocides) هستند. [۲]

رنگ‌دهنده‌ها:

رنگدهنده‌ها از بین مجموعه بزرگی از رنگهای آلی و معدنی انتخاب می‌شوند. برخی از آنها خواص دیگری را نیز موجب می‌شوند، به عنوان مثال دوده پایداری در مقابل نور ایجاد می‌کند. بیشتر رنگ‌دهنده‌ها به شکل تغليظ شده تهیه می‌شوند تا طی فراورش پراکنده شوند.

اصلاح‌کننده‌های ضربه‌پذیری:

این مواد کمک می‌کنند تا پلاستیکهای ساخته شده، در مقابل تنفس مقاومت داشته باشند. بیشتر آنها خواص الاستومری (کشسانی) دارند. بسیاری از آنها از نوع اکریلی و یا پلیمرهای بوتاکس - استیرن اصلاح شده‌اند که معمولاً حاوی اکریلو نیتریل و متاکریلات هستند.

بازدارنده‌های شعله

این مواد کمک می‌کنند که پلاستیکها در مقابل احتراق مقاومت کنند. اشتعال‌پذیری را به چند شیوه می‌توان کاهش داد:

- ۱) کاهش سوخت با استفاده از رزینی با پایداری گرمایی یا پرکننده‌ای خنثی.
- ۲) پدید آوردن مانع یا محافظ گرمایی با استفاده از مواد تشکیل‌دهنده شیشه.
- ۳) متوقف کردن واکنشهای زنجیری شعله با اضافه کردن رفتگرهای رادیکالی.
- ۴) سرد کردن، با وارد ساختن آب یا دیگر مواد گرماینده.

افزودنیهای گوناگون بویژه پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها بر بازدارندگی شعله پلاستیک اثر می‌گذارند و به نوبه خود مقدار بازدارنده شعله مورد نیاز در پلاستیک را تعیین می‌کنند. گروههای مختلفی از افزودنیهای بازدارنده شعله وجود دارند. ترکیبات معدنی (بویژه الومینا تری هیدرات) در مقادیر بیشتری نسبت به مواد آلی نظری ترکیبات هالوژن‌دار گوناگون و مشتقات فسفر، مصرف می‌شوند. برخی از ترکیبات معروف به

بازدارنده‌های شعله‌آلی واکنش‌پذیر، در رزین مربوطه پلیمر می‌شوند.

عوامل ضدالکتریسیته ساکن

عمل این مواد جذب رطوبت از اتمسفر برای تأمین رطوبت سطحی پلاستیکها است. رطوبت بار الکترونی را که اغلب از اتمسفر کسب می‌شود، پراکنده می‌کند. مواد ضدالکتریسیته ساکن را می‌توان طی فرآیند اختلاط فیزیکی پلاستیکها یا بعد از ساخت آنها اضافه کرد. با اینکه مواد شیمیایی بسیاری به عنوان عوامل ضدالکتریسیته ساکن مصرف می‌شوند، اما آمینهای اتوکسیلات شده و نمکهای آمونیم نوع چهارم بازار مصرف بیشتری دارند.

عوامل جفت‌کننده

این مواد به طور نمونه در پلاستیکهای ساخته شده مصرف می‌شوند تا پیوند فیزیکی پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها را با پلیمر بهبود بخشدند. بسیاری از سیلانهای مختلف همراه با الیاف شیشه و با پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌های معدنی حاوی اتمهای سیلیسیم، مصرف می‌شوند. مشتقات آلی تیتان به اتصال مواد غیرسیلیسی مثل دوده، اکسیدهای فلزی، کلسیم کربنات و رنگها، به پلاستیکها کمک می‌کنند. عوامل جفت‌شونده خصوصی بسیاری در مقادیر کمتر و به عنوان اتصال‌دهنده مصرف می‌شوند. بسیاری از عوامل جفت‌شونده اعمال گوناگون دیگری را نیز انجام می‌دهند. [۳۲ و ۳۳ و ۳۴]

یکی دیگر از تثبیت‌کننده‌ها، ضدأزونها می‌باشند که بیشتر در لاستیکها مورد مصرف قرار می‌گیرد و در مواد پلاستیکی کاربرد ندارد. که می‌توان از برخی مشتقات م-فنیلن دی‌آمین نام برد.

مواد افزودنی ذکر شده برای کارکرد بهتر پلاستیکها به آنها افزوده می‌شوند. اما در طی دو دهه گذشته، مواد پلاستیکی مصرف شده در بسته‌بندی و سایر موارد رشد

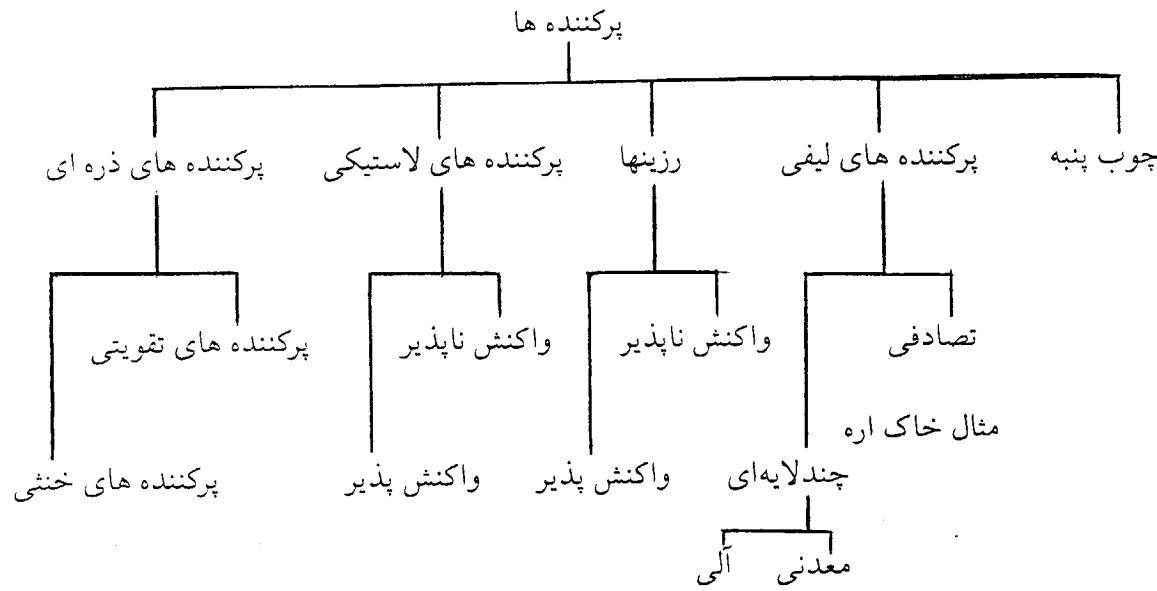
سرسام‌آوری داشته‌اند و حتی اگر در صد بالایی از مردم به امر پاکیزگی محیط تشویق شوند و حتی اگر سیستم‌های جمع‌آوری زباله به شکل معقولی موثر عمل کنند باز هم شاهد صحنه‌های بدمتظر از انباشته شدن زباله‌ها هستیم. با وجود اینکه فیلم‌های سلولوزی، زیست تخریب‌پذیر هستند یعنی به سادگی توسط باکتریها مورد حمله واقع می‌شوند، فیلم‌ها و بسته‌بندی‌های ساخته شده از پلیمرهای سنتزی در حالت عادی با سرعت بسیار کمی مورد تهاجم واقع می‌شوند. این امر سبب شده است تا در زمینه یافتن راههایی که به چنین پلیمرهایی استعداد زیست تخریب‌پذیری بخشد کارهایی انجام گیرد. راه معمول وارد کردن یک ماده جاذب نور فرابنفش به داخل پلیمر (یا به داخل زنجیر بسپار یا به عنوان یک افزودنی ساده) است. که به این ماده افزودنی، تخریب‌کننده‌های نوری گفته می‌شود. این ماده به جای اتلاف انرژی به صورت گرما، حد واسطه‌ای بسیار فعال شیمیایی تولید می‌کند که سبب تخریب پلیمر می‌شود.

سرعت تخریب نه تنها به نوع و مقدار ماده تخریب‌کننده نوری و به مدت زمان بودن در فضای باز بستگی دارد، بلکه به ضخامت نمونه پلاستیکی، مقدار رنگدانه، افزودنیهای دیگر و البته نوع پلیمر مصرفی نیز وابسته خواهد بود.

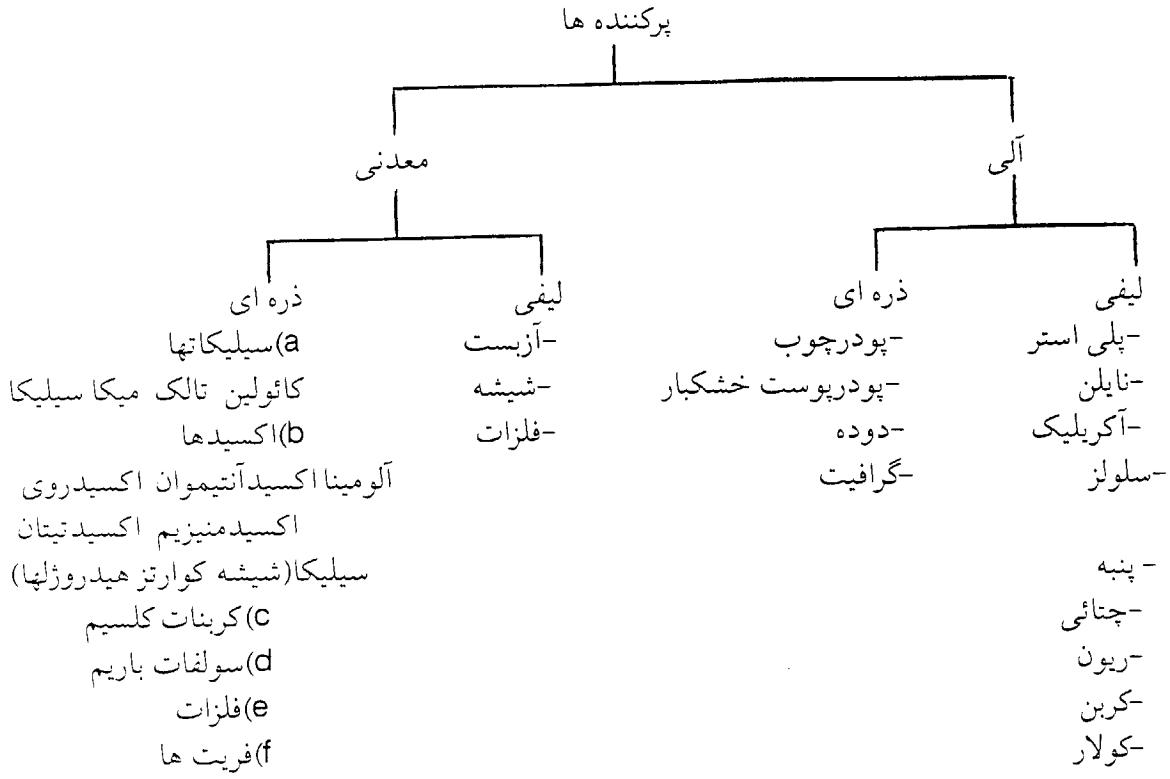
پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها

پرکننده‌ها، مواد افزودنی جامدی هستند که با زمینه‌های ماتریس‌های، پلاستیکی در ترکیب و ساختمان، تفاوت دارند و برای افزایش توده (حجم) و یا بهبود خواص فیزیکی (معمولًاً مکانیکی) به پلیمر افزوده می‌شوند. دو طبقه‌بندی متفاوت را برای پرکننده‌ها در

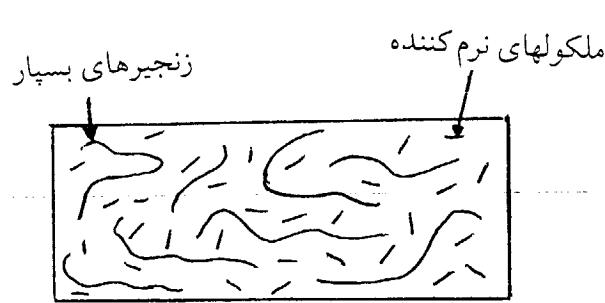
شکلهای ۱-۸ و ۹-۱ می‌بینید: [۲]



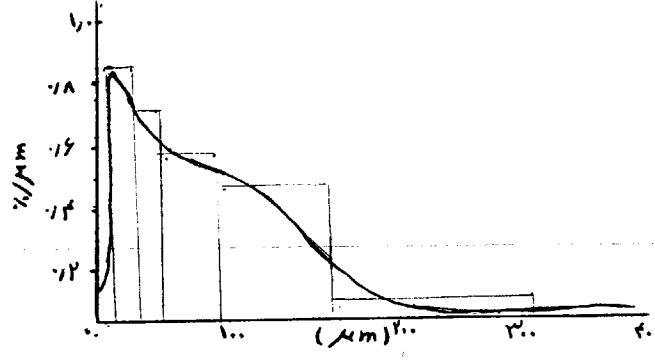
شکل ۱-۸-دسته بندی پرکننده هادرآمیزه های پلیمری.



شکل ۹-۱



شکل ۱-۷-۱ - گرمانزم نرم شده



شکل ۱-۱-۱ - یک نمونه منحنی توزیع اندازه ذرات.

خواص فیزیکی پرکننده‌ها:

مهمترین خواص فیزیکی پرکننده‌ها به شرح زیر است:

شكل ذرات

در پرکننده‌ها شکل‌های مختلف منظم یا غیرمنظمی که نتیجه خرد کردن، آسیاب کردن و تولید سنتزی آنها است به دست می‌آید شکل ۱۰-۱ انواع شکل‌ها را نشان می‌دهد. [۲۵ و ۳۵]

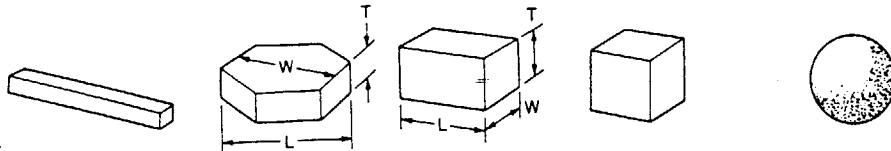
اندازه ذرات و توزیع آنها

ذرات ریز معمولاً قدرت تقویت‌کنندگی بالاتری دارند. اغلب میانگین مطلوب اندازه ذرات بین ۲ تا ۵ میکرون است. ذرات کوچکتر ویسکوزیته (گرانزوی) پلیمرهای مایع و مذاب را بشدت افزایش داده و فرآیندهای شکل‌دهی را با اشکال رو布رو می‌سازند. شکل ۱۱-۱ یک نمونه منحنی توزیع اندازه ذرات را نشان می‌دهد. [۲]

نسبت بسته‌بندی ذرات

این کمیت عبارت است از نسبت حجم خالی بین ذرات و درون ذرات به حجم کل ذرات.

دسته شکل ایده‌آل



طبقه بندی ذره ای	توصیف	نسبتهاي شکلي
سوزني شکل	صفحه اي	بلوك
دراز شده	فلسي	ستوني
ليفي	پيناكوئيد	منشوری
	نامنظم	مكعب
		گويچه اي
		منشوری
		لوز و جهی

طول (L)	پهنا (W)	ضخامت (T)	قطررسوب	معادل مساحت سطحي	مثالها
1	1	1/4-4	-1	1	
<1/1	<1	1	-1	1	
<1/1	0/25-1/1	1-1	-1	1	
esd	esd	esd	esd	1	
1/1/براي 1/87	1/5-9/9	1/26-1/5	1/24	1	
1/2/براي 2/3					
ولاستونيت	کائولین	کلسیت	کلسیت	شیشه	
ترمولیت	میکا	فلدسبار	فلدسبار	گویچه ها	
پودرچوب	تالک	سیلیکا	تالک	گویچه های ریز	
	گرافیت	باریت			
	هیدروس	نفلیت			
	آلومینا				

شكل ۱۵-۱ - تعیین خصوصیات ذره.

این کمیت تأثیر بسزایی در میزان جذب روغن دارد.

مساحت سطح

مساحتی است که یک گرم از ذرات اشغال می‌کند.

دانسیته پودری

نسبت وزن به حجمی است که پرکننده اشغال می‌کند.

جذب روغن

مقدار روغنی است که ۱۰۰ گرم پودر را جذب می‌کند.

باید خاطرنشان کرد که پارامترهایی چون شکل، اندازه، توزیع اندازه ذرات و مساحت سطح، بستگی شدیدی به یکدیگر دارند و ازجمله مهمترین عوامل تعیین‌کننده میزان تقویت و اصلاح خواص و شرایط فرآیندهای شکل‌دهی چندسازه‌های (کامپوزیتها) پودری هستند.

بعضی از خواص ویژه پرکننده‌ها بشرح زیر است:

- (۱) بهبود جذب اشعه ایکس (محافظت)
- (۲) افزایش بازدارندگی در برابر شعله (دیرسوزی)
- (۳) بهبود مقاومت شیمیایی
- (۴) افزایش هدایت الکتریکی
- (۵) افزایش خواص مغناطیسی
- (۶) افزایش هدایت حرارتی
- (۷) کاهش قیمت آمیزه
- (۸) افزایش دانسیته آمیزه

- (۹) کاهش دانسیت آمیزه
 (۱۰) افزایش روان بودن
 (۱۱) بهبود قابلیت فراورش
 (۱۲) بهبود جذب رطوبت
 (۱۳) بهبود مقاومت جوی
 (۱۴) بهبود کنترل رنگ
 (۱۵) بهبود نمای سطح
 (۱۶) افزایش سرعت پخت برای گرماسختها

تئوری عمل پرکننده‌ها

روش عملی پرکننده‌های فعال و غیرفعال را می‌توان با سه مکانیسم شرح داد، بعضی از پرکننده‌ها با پلیمر، پیوندۀای شیمیایی تشکیل می‌دهند، دوده‌های اثر تشکیل پیوندۀای عرضی با زنجیرهای کشپارها (استومرها)، از طریق واکنشهای رادیکالی و جذب این زنجیرها به داخل ذرات، اکثر کشپارها (استومرها) را تقویت می‌کنند. پرکننده‌های دیگر صرفاً از طریق حجمی که در چند سازه (کامپوزیت) اشغال می‌کنند عمل می‌نمایند.

زنجیرهای پلیمری در حضور ذرات پرکننده، کلیه حالات فضایی ممکن را نمی‌توانند اختیار کنند. شواهد زیادی در دست است که نشان می‌دهد، پلیمر حاوی ذرات، از نظر ساختاری و خواص ممکن است با پلیمر اصلی متفاوت باشد. بخش‌هایی از پلیمر که توسط پیوندۀای واندروالس به ذرات اتصال دارند، بخش‌هایی دیگر را از حرکت بازداشت و سبب جهت یافتن آنها می‌شوند. دلیل این کاهش حرکت زنجیرهای پلیمری را می‌توان در ثبات بعدی فوق العاده ذرات پرکننده جستجو کرد. توزیع یکنواخت ذرات در زمینه (ماتریس) از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا تعداد بیشتری از زنجیرهای پلیمری با سطح ذرات در

تماس خواهند بود. انرژی آزاد و قطبیت پیوند بین پلیمر و پرکننده نیز بر استحکام این پیوندها تأثیر دارد.

در مکانیسم سوم هنگامی که ملکولهای زمینه (ماتریس) در معرض تنش قرار گرفته و انرژی واردہ را جذب می‌کنند، براحتی می‌توانند در سطح ذرات بلغزند. با این عمل انرژی ضربه بطور یکنواخت در حجم توزیع می‌شود و مقاومت چند سازه (کامپوزیت) در برابر ضربه افزایش می‌یابد. در بعضی موارد، احتمال تشکیل ترکهای موئی (microcraze) که انرژی واردہ را در سطح مشترک پلیمر و پرکننده تلف می‌کند نیز فزونی می‌یابد. تفاوت عمدہ بین پرکننده‌های خنثی و فعال در این است که کلیه پرکننده‌ها کم و بیش مدول (ضریب) کشسانی را افزایش می‌دهند، در صورتی که افزایش استحکام کشش به مقدار محسوس، تنها با استفاده از پرکننده‌های فعال (اکثرًا از نوع لیفی) امکانپذیر است. افزایش دمای واپیچش گرمایی (heat distortion temperature) نیز با استفاده از نوع لیفی، در مقایسه با به کار گیری نوع پودری، بیشتر است. ذرات صفحه‌ای (مثلاً تالک و میکا) از این نظر بر ذرات مکعبی و کروی شکل برتری دارند. چند سازه‌های (کامپوزیتهای) تهیه شده از پرکننده‌های ذره‌ای تقریباً ایزوتروپی (یکسانگرد - متجانس) هستند، در صورتی که چند سازه‌های (کامپوزیتهای) لیفی به دلیل جهت یافتنگی الیاف خواص غیرایزوتروپیک (نامتجانس) دارند. نظریه‌های فعلی توصیف‌کننده رفتار پرکننده کروی در پلیمرها، براساس معادله اینشتین (معادله زیر) استوارند. اینشتین نشان داد که گرانزوی یک سیال نیوتونی (۱)، بر اثر معلق ساختن دانه‌های کروی کوچک، سخت و خنثی در آن افزایش می‌یابد. بنابر معادله اینشتین، گرانزوی مخلوط (۲)، به حجم جزئی اشغال شده توسط گُرهای (۳) بستگی دارد و مستقل از اندازه آنها یا قطبیت حلال می‌باشد.

$$\eta = \eta_0 (1 + 2.5c), \quad \eta_{sp} = 2.5$$

اگر c کمتر از $1/10$ باشد در صورت معلق ساختن دانه‌های شیشه‌ای در اتیلن گلیکول،

معادله اینشتین پاسخ خوبی می‌دهد. در شرایط خاصی از اندازه دانه‌ها، حداقل انباشتگی تا $c = 90\%$ قابل دستیابی است. با استفاده از یک فاکتور هیدرو دینامیکی یا فاکتور ازدحام (β) که برای انباشتگی فشرده و سست گره‌ها، به ترتیب $1/35$ و $1/91$ است، معادله اینشتین اصلاح شده است. معادله حاصل (معادله مونی)، در شرایط $\beta = 0$ به همان معادله اینشتین تبدیل می‌شود.

$$\eta = \eta \cdot \frac{2.5c}{1-\beta c}, \quad \eta_{rel} / c = 2.5$$

برای پیش‌بینی گرانزوی چندسازه‌های رزینی، معادلات تجربی دیگری نیز براساس معادله اینشتین نوشته شده است. از آنجا که مدول (M) به گرانزوی مربوط است، می‌توان معادله EGG را برای پیش‌بینی تغییرات مدول براثر افزودن پرکننده‌های کروی بکار برد:

$$M = M \cdot (1 + 2/5c - 14/1c^2)$$

استحکام بالای چندسازه‌ها، به نیروهای قوی و اندروالس بستگی دارد. این نوع نیروها براثر وجود گروههای عاملی در پلیمر، و براثر وجود عوامل فعال سطحی از قبیل سیلانها، تیتاناتها و غیره روی سطح پرکننده تشدید می‌شوند. از این نظر و به طور کلی چندسازه‌ها تنوع زیاد و کاربردهای فراوانی یافته‌اند. [۷]

برای پرکننده‌های غیرکروی معادله به صورت زیر درمی‌آید:

$$\eta = \eta \cdot (1 + 0/67fc + 1/62f^2c^2)$$

که فاکتور f برابر نسبت طول (l) به قطر (D) در ذرات غیرکروی می‌باشد.

مشخص شده است که تحرک پلیمر با حضور پرکننده کاهش می‌یابد. ذرات کوچک با قطر کمتر از 10 mm دانسیته پیوند عرضی داده را افزایش داده و پرکننده‌های فعال دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) کامپوزیت را افزایش می‌دهند. [۲۴]

استفاده از پرکننده‌های زیره (یوشا) (extender) می‌تواند سبب تغییرات زیر در گرمانزمه‌ها شود.

- افزایش در دانسیته
 - افزایش در مدول کشسانی (الاستیسیته) و تراکم (compressive) و استحکام خمشی (stiffening)
 - انقباض (shrinkage) (افت حجمی)، کمتر افزایش سختی (hardness) و بهود در کیفیت سطح
 - افزایش دمای انحراف حرارت (heat deflection temperatutve)
 - کم شدن دمای وابسته خواص فیزیکی و مکانیکی
 - کاهش قیمت
- پرکننده‌های توان‌دهنده، بهودهای ذیل را در گرمائزها ایجاد می‌کنند:
- افزایش در تنش کششی و استحکام کششی در نقطه شکست همچنین در تراکم، برش (shear) و استحکام خمشی
 - افزایش در مدول کشسانی و الاستیسیته، صلبیت مواد چندسازه (کامپوزیت)
 - افزایش در دمای انحراف حرارت و پایین آوردن دمای وابسته خواص مکانیکی
 - انقباض (افت حجمی) کمتر

- بهود در رفتار خرزش (creep) و مدول ظاهری، کاهش در تسلیم ویسکوالاستیک (viscoelastic yield) تحت بار (فتشار)، همچنین بهود جزئی در مقاومت ضربه‌ای.

معایب پرکننده‌های توان‌دهنده، عمدتاً به انجزوتروپی (ناهمسانی - نامتجانس) جهت‌گیری) کلی توان‌دهنده، نسبت داده می‌شود.

در پلاستیکهای توان‌داده شده، همیشه دو فاز مجزا وجود دارد. فاز پرکننده غیرپیوسته که استحکام کششی و مدول کشسانی بالاتری از زمینه پلیمری دارد در حالی که فاز پیوسته پلیمر دارای ازدیاد طول در نقطه شکست، بالاتری از پرکننده می‌باشد. به این دلیل الیاف به عنوان عاملهای توان‌دهنده مناسب‌تر هستند. وقتی ماده توان‌دهی

شده با الیاف، تحت بار کششی قرار می‌گیرد، تنشهای کششی محلی توسط نیروهای برشی (برینشی) به سطح مشترک پلاستیک، لیف انتقال یافته و در سطح لیف پخش می‌شود. به این علت لیف باید به خوبی به پلیمر چسبیده و دارای طول ویژه باشد. به طور قابل ملاحظه‌ای می‌توان چسبندگی را از طریق مکانیسم‌های جفت‌کنندگی بین پرکننده و پلاستیک بهبود داد.

مقیاس کاربرد برای پرکننده‌ها و توان دهنده‌ها

هنگام به کارگیری پرکننده‌ها و توان دهنده‌ها، جنبه‌های متفاوت بسیار زیادی را باید در نظر گرفت. به طور مثال:

- بهینه توزیع اندازه ذرات

- فعالیتهاي کاتالیستی ممکن در سطح پرکننده

- دورنما برای توزیع یک شکل (یکنواخت) و ارتباط با زمینه پلاستیکی

- عمل سایندگی (abrasive) (سايشي) پرکننده در ماشینهای فراورش

- خواص ترکیبات

- مشکلات ایمنی صنعتی ناشی از ذرات گرد و غبار (dust)

- هزینه (قیمت)

قیمت یک اصل مهم در پرکننده‌ها می‌باشد. توان دهی یا پرکنندگی یک پلیمر فقط وقتی مورد تأیید می‌باشد که بهبود مشخصی در خواص مکانیکی یا کاهش هزینه در مقایسه با پلیمر پایه توان دهی نشده، به دست آید یا هنگامی که ترکیب خواص ویژه‌ای، با روشهای دیگر قابل دست‌یابی نباشد.

خواص پرکننده‌ها و توان دهنده‌ای موردنیاز، برای کاربردهای ویژه و تأثیر آنها بر روی خواص چند سازه (کامپوزیت) در جدول زیر خلاصه شده است:

نیازهایی که توسط چند سازه (کامپوزیت) تأمین می‌شود	خواص مورد نیاز پرکننده / توان دهنده
ساخت چند سازه (کامپوزیت) <ul style="list-style-type: none"> ● نگهداری پرکننده قبل از آمیزه سازی ● آمیزه سازی بهینه ● گرانروی (اویسکوزیت) پایین در طی آمیزه سازی ● سرعت آمیزه سازی بالا 	<ul style="list-style-type: none"> ● جذب رطوبت پایین، دانسیته توده ای بالا ● توزیع اندازه ذرات مناسب، خیس شوندگی (تریدیری) خوب در زمینه پلیمری، نداشتن بار ساکن، پراکنگی خوب، کوتاه نشدن ذرات لیفی توان دهنده ● ذرات تا حد ممکن گرد با سطح ویژه کوچک و قابلیت جذب کم، انرژی سطح کم، ● حرارت ویژه پایین، هدایت گرمایی بالا
فراورش چند سازه (کامپوزیت) <ul style="list-style-type: none"> ● انقباض (افت حجمی) کم تنشهای داخلی کم بدون ترک (crack)، خارج شدن از قالب (demolding) ● نداشتن مشکل سایش (ساییدگی) در ماشینهای فراورش 	<ul style="list-style-type: none"> ● حرارت ویژه پایین، هدایت گرمایی بالا و انبساط حرارتی کم، توزیع یک شکل (یکنواخت) پرکننده در زمینه چسبندگی خوب بین توان دهنده و پلاستیک ● درجه پایین سختی، ذرات گرد و کوچک، پایداری حرارتی خوب هر عامل عمل آوری سطح مورد استفاده
خواص چند سازه (کامپوزیت) <p>خواص مکانیکی:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● مقاومت کششی و ازدیاد طول بالا ● استحکام خمشی بالا ● استحکام تراکمی بالا ● مدول کشسانی بالا (صلبیت بالا) 	<ul style="list-style-type: none"> ● مقاومت بالا در مقایسه با زمینه، نسبت <u>طول قطر</u> بالا و چسبندگی خوب زمینه / لیف در مورد الیاف توان دهنده، توزیع خوب در زمینه ● نیازهای مشابه همانند مقاومت کششی بالا، بدست آوردن سطح یکنواخت در کالاهای نهایی مهم می باشد. ● قابلیت تراکم پذیری کم، ذرات گرد و کوچک برای برخی از پلیمرهای بلوری ● نسبت <u>طول بالای</u> توان دهنده لیفی

نیازهایی که توسط چند سازه کامپوزیت) تأمین می‌شود	خواص مورد نیاز پرکننده / توان دهنده
<ul style="list-style-type: none"> ● مقاومت ضربه‌ای خوب 	<p>یا صفحه‌ای شکل، مدول کشسانی بالا در مقایسه با زمینه، جهتگیری بالا، پیوند خوب به زمینه</p> <ul style="list-style-type: none"> ● الیاف بلند، چسبندگی به زمینه پلیمری باید کامل باشد.
<ul style="list-style-type: none"> ● عکس العمل (رفتار) بلندمدت خوب (خستگی) fatigue 	<p>● پیوند زمینه / ذرات پایدار، نداشتن ناخالصی خورنده در پرکننده، ذرات گرد و کوچک که ایجاد یک سطح یکنواخت در کالای نهایی می‌کنند.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● درجه بالای سختی 	<p>● درجه بالای سختی، توزیع ذرات مناسب شده برای دانسیته فشرده‌گی (packing) (پرشدگی) بالا، خواص هسته‌زایی در قسمتی از پلیمرهای بلوری</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● سایش (ساییدگی) کم و خصوصیات لغزشی خوب 	<p>● درجه کم سختی، خصوصیات لغزشی خوب (تشکیل یک فیلم لغزشی)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● دانسیته بالا 	<p>● دانسیته بالا، خواص فشرده‌گی خوب</p>
<p>خواص حرارتی:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● دمای انحراف حرارتی بالا 	<ul style="list-style-type: none"> ● پایداری حرارتی خوب، سایر خواص مانند خواص لازم برای استحکام کششی
<ul style="list-style-type: none"> ● مقاومت بالا در برابر شوک حرارتی 	<ul style="list-style-type: none"> ● هدایت گرمایی بالا، تماس خوب زمینه / پرکننده
<ul style="list-style-type: none"> ● انبساط گرمایی پایین 	<ul style="list-style-type: none"> ● ضریب انبساط گرمایی کم، ذرات سخت، ناهمسان (نامتجاش)، چسبندگی خوب به زمینه
<ul style="list-style-type: none"> ● انبساط گرمایی پایین 	<ul style="list-style-type: none"> ● ترکیب شیمیایی مطلوب، هدایت حرارت خوب، پایداری حرارتی بالا
<p>مقاومت التهابی (برافروختگی) و شعله خوب</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● ترکیب شیمیایی مطلوب، هدایت حرارت خوب، پایداری حرارتی بالا

نیازهایی که توسط چند سازه (کامپوزیت) تأمین می‌شود	خواص مورد نیاز پرکننده / توان دهنده
خواص الکتریکی: • عامل (فاکتور) اتلاف پایین (low dissipation factor)، ثابت دی الکتریک مطلوب، خواص عایق‌کاری خوب	• جاذب نرم‌کننده و رطوبت کم، چسبندگی خوب به زمینه، خواص الکتریکی مناسب، خواص عایق‌کاری، عمل هسته‌زایی در برخی پلیمرهای بلوری
خواص شیمیایی: • مقاومت شیمیایی بالا • خواص هوازدگی خوب	• ترکیب شیمیایی مناسب • مقاومت نوری بالا، مقاومت شیمیایی خوب، مقاوم در برابر آب، پیوند پایدار با زمینه
• جذب آب کم	• جذب رطوبت کم، پیوند پایدار با زمینه
خواص نوری: • شفافیت (transparency) خوب • سایه (shade) خوب • کیفیت سطحی خوب	• شاخص انکساری (refractive index) مناسب • ترکیب شیمیایی مناسب • ذرات پرکننده صفحه‌ای شکل یا گرد کوچک
قیمت • بالاترین درجه ممکن پرکنندگی • هزینه‌های فراورش پایین	• شکل، اندازه و توزیع مناسب، قیمت کم پرکننده به ازای واحد حجم • خواص مورد نیاز قسمت (زیر) آمیزه‌سازی را ببینید

اهمیت اقتصادی پرکننده‌ها و توان دهنده‌ها:

پلاستیکهای پرشده و توان داده شده - مواد چندسازه‌ای (کامپوزیتی)، نقش رو به تزايد مهمی را بويژه در كاربردهای سخت (طاقة‌فرسای) تكنیکی (فنی) دارا هستند.
 (جدول ۴-۲-۳ را ببینید) [۱۲]

(1000t) ۱۹۸۶		(1000t) ۱۹۸۱		پرکننده / توان دهنده
۷۰۰		۴۰۰		کربناتها
۳۰۰		۲۲۵		الیاف شیشه ای
۱۱۵		۷۵		هیدروکسید الومینیم
۸۵		۶۰		کائولین
۵۰		۴۵		تالک
۳۸		۲۰		دی اکسید سیلیکون
۲۵		۱۵		ولادستونیت
۱۷		۸		گویچه های شیشه ای
۱۲		۵		سیکا
۱۰		۵		الیاف کربن الیاف آرامید.
۱۴۰۲		۸۵۸		کل

جدول ۱-۲- مصرف تخمینی پرکننده ها و توان دهنده هادرگرمانزمهای (USA)

۱۹۹۰		۱۹۸۵		پلیمر
Mio.US\$	1000t	Mio.US\$	1000t	
۵۷۹	۱۰۴	۳۵۲	۹۶	پلی آمید
۹۹	۵۴	۴۹	۲۸	پلی پروپیلن
۱۱۵	۳۷	۶۲	۲۰	PBT/PET
۱۲۴	۳۱	۷۳	۱۹	پلی فیلن اتر
۶۵	۱۶	۴۱	۱۰	پلی کربنات
۱۸۹	۱۷	۹۳	۹	سایر موارد
۱۱۷۱	۳۰۹	۶۷۰	۱۸۲	کل

جدول ۱-۳ - فروش کامپوزیتهای گرمانزم در اروپا غربی بر حسب نوع پلیمر (قیمت در ۱۹۸۵)

٪ سهم	mio.US\$ ارزش	٪ سهم	مقدار تن	کاربرد
۳۳/۹	۲۲۷	۴۱/۳	۷۵۱۰۰	صنایع اتومبیل
۰/۶	۴	۰/۱	۱۴۰	هوافضا
۳۶/۹	۲۴۷	۳۶/۷	۶۶۸۰۰	تجهیزات دفتری الکترونیکی
۱/۱	۸	۰/۸	۱۵۰۰	مخابراتی
۱۰/۷	۷۲	۱۰/۳	۱۸۸۰۰	ساختمانی
۰/۶	۴	۰/۶	۱۰۰۰	خانگی
۱۶/۲	۱۰۸	۱۰/۲	۱۸۶۰۰	ورزشی
۱۰۰	۶۷۰	۱۰۰	۱۸۱۹۴۰	سایر موارد
				کل

جدول ۱-۴- فروش کامپوزیتهای گرمانزم در اروپا غربی بر حسب زمینه کاربردی (۱۹۸۵)

تالک:

زمینه معدنی

اگرچه تالک یک زبره (پوش) (extender) توان دهنده مهم در پلاستیکها، بویژه در پلی‌پروپیلن می‌باشد، اما کاربردهای صنعتی مهم دیگری نیز دارد. تعدادی از کاربردهای غیرپلاستیکی عمدۀ تالک، در صنایع سرامیک، رنگ و کاغذ است اما مقادیر قابل ملاحظه‌ای هم در وسایل آرایش، حشره‌کشها و مواد سقف‌سازی به کار گرفته می‌شود.

تالک یک کانی بسیار نرم بوده و در استاندارد مقیاس سختی Mohs، با عدد ۱ مشخص می‌شود (تالکهای تجاری اغلب دارای ناخالصی می‌باشند).

نرمی کانی عاملی است که فرسودگی و از بین رفتگی دستگاه روزن‌ران را کاهش می‌دهد.

در واقع، ترکیب شیمیایی تالک براساس نوع سنگ معدن وجود کوچکترین ناخالصی یا وجود عمدۀ کانی دوم، که خواص توده را مشخص می‌کند تغییر می‌کند. مقدار کانی تالک در سنگ معدنهای تجاری بسیار متغیر است. فرمول شیمیایی تالک $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_2$ می‌باشد که ساختمان ملکولی آن در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده است.

کانی از لایه‌های خنثی حاوی یک صفحه $Mg(OH)_2$ (کانی هگزاگونال) مرکزی که بطور شیمیایی توسط اتمهای اکسیژن پلسان، به دو سیلیکا چهار وجهی پیوند داده شده، تشکیل شده است.

لایه‌های منفرد توسط نیروهای ضعیف و اندروالس کنار هم نگهداشته شده‌اند که با سایر کانی‌ها مانند میکا که لایه‌های آن توسط نیروهای یونی کنار هم نگهداشته شده‌اند یا کائولین که نیروی پیوند هیدروژنی، لایه‌های آلومینوسیلیکاتی را کنار هم نگهداشت،

تفاوت دارد.

به علت این بر هم کنش ضعیف، تالک به راحتی می‌تواند متورق شده و معمولاً به ذراتی که دارای نسبت قطر معادل به ضخامت پولک (aspect ratio)، نسبتاً بالای ۲۰:۱ می‌باشند، فراورش شوند.

دلیل اصلی اینکه تالک یک کانی نرم بوده همین برهم کنش ضعیف می‌باشد. ویژگی روان‌کنندگی تالک نیز به علت راحت کنده شدن لایه‌های خارجی آن است. یک فتومیکروگراف الکترونی از تالک در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده است.

بسته به شکل بلوری سنگ معدن ممکن است شکلهای دیگری از تالک مانند ورقه‌ای شده یا سوزنی شکل داشته باشیم اما این شکلهای عموماً در پلاستیکها کاربردی ندارند. در مقایسه با بیشتر کانی‌های طبیعی، تالک دارای سطح بسیار آبگریزی می‌باشد. این حالت را می‌توان توسط خاصیت یونی بالای منیزیم مرکزی مسطح، قطبیت یکنواخت و تقارن ساختمانی و خنثی بودن لایه‌ها، توضیح داد که هم سبب کاهش آبدوستی سطح سیلیکای خارجی کانی، نسبت به سایر کانی‌های سیلیکاتی می‌شوند. این خاصیت افزایش آبگریزی اغلب یک مزیت به شمار می‌آید که به تالک اجازه می‌دهد که معمولاً در رزینهای پلیمری سازگارتر باشد.

خواص

ترکیب شیمیایی تئوریکی تالک خالص ۱۹/۲٪ منیزیم، ۲۹/۶٪ سیلیکون، ۵۰/۷٪ اکسیژن و ۵٪ هیدروژن می‌باشد یا در حالت اکسید عناصر، $\text{MgO}:21/7$, $\text{SiO}_2:63/5$, $\text{H}_2\text{O}:4/8$ است.

در جدول ۵-۱ خواص فیزیکی تالک خالص نشان داده شده است.

مشابه با سایر کانی‌ها، اندازه و شکل ذرات تالک در خواص مکانیکی چندسازه (کامپوزیت)، بسیار مهم می‌باشد. اطلاعات اندازه ذرات برای تالک بویژه برای دانه‌های (عيارها) درشت (نامرغوب) (coarse)، اغلب توسط اطلاعات حاصل از غربال کردن بدست می‌آید. تالکهای درشت (نامرغوب) معمولاً دارای اندازه متوسط $10\text{--}20$ میکرون هستند و حداقل اندازه آنها ۷۵ میکرون می‌باشد. در تالک ریز، اندازه ذرات متوسط در حدود ۱ میکرون و حداقل اندازه آن به ۱۰ میکرون می‌رسد. اطلاعات مربوط به اندازه ذرات انباشته توسط روش غربال کردن یا sedigraphic به دست می‌آید که در شکل ۱۴-۱ نشان داده شده است.

در کاربردهای پلاستیک، تالکهای با پایه بسیار ریز اهمیت بسیاری دارند. دانه‌هایی که سطح آنها عمل آوری شده معمولاً با $1\text{/}5\text{--}1\text{/}1$ ٪ تری الکوکسی سیلان یا استئارات روی، اصلاح می‌شوند.

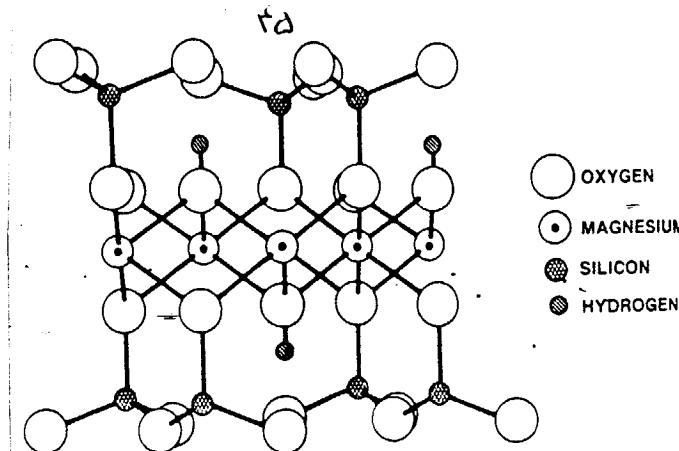
تالک بسته به مقدار ناخالصی‌اش، برای بسیاری از واکنشگرهای شیمیایی خنثی است. وقتی تالک را بین 380°C و 500°C حرارت دهیم آب همراه خود را از دست می‌دهد. در دمای بالاتر از 800°C کانی از طریق یک واکنش گرم‌اگیر به $\text{Mg}_{\text{O}}\text{SiO}_2$ (به صورت سیستم رومبیک کریستال می‌شود) تبدیل شده و آب خود را از دست می‌دهد.

موضوع اینمنی تالک یک موضوع بحث‌انگیز بوده است. بیشتر مباحثات درمورد ناخالصی‌های آزبستی یا شکلهای آزبستی به طور مثال، ترمولیت بوده است. تالکهای حاوی آزبست، دارای استاندارد صنعتی نیستند و آنهایی که به کارگرفته می‌شوند معمولاً تنها حاوی مقادیر خیلی کم آزبست می‌باشند.

وزارت بهداشت و اینمنی شغلی (OSHA) و وزارت بهداشت و اینمنی معدن (MSHA) هردو حداقل مدت قرارگیری، در معرف ذرات گرد و غبار 20×10^6 ذره در فوت مکعب

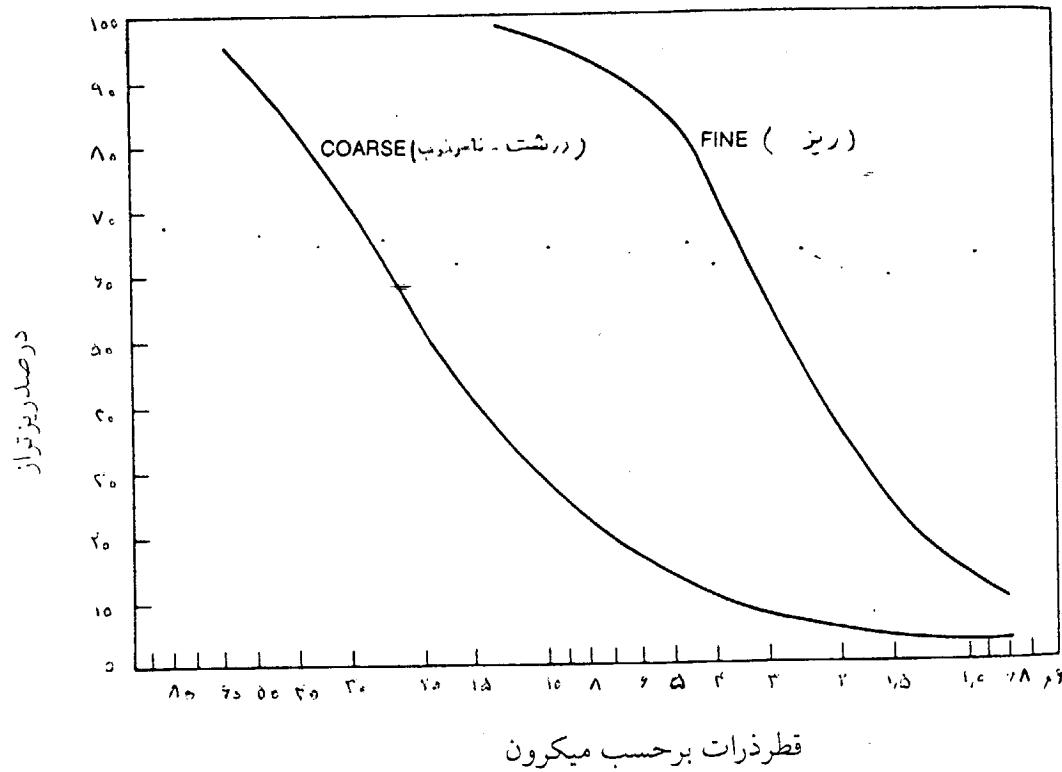


شکل ۱-۱۳- فتو میکرو گراف تالک



MAGNESIUM SILICATE $Mg_3[Si_4O_{10}(OH)_2]$

شکل ۱-۱۴- پیکربندی اتمی تالک



قطر ذرات برحسب میکرون

شکل ۱-۱۵- توزیع نوعی اندازه ذرات فراورده های تالک

اطلاعات	واحدها	خواص
۰-۲۰		نسبت قطر معادل به ضخامت
۰-۸	میکرون	اندازه متوسط ذرات
۲-۸	g/cm ³	ثقل ویژه
۶-۱۰	m / g	مساحت سطحی
۲۰-۵۰		جذب روغن ASTM D-281
۱-۲		سختی Mohs
۰	cal/g.s. c	هدایت گرمائی
۰/۲۰۸	cal/g. c	گرمای ویژه
۸	lin unit/unit c 10	ضریب انبساط گرمائی

جدول ۱-۱۶- خواص فیزیکی و گرمائی تالک

دسترسی به این مدرک بر پایه آینین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادها، رسالهای تحصیلات تکمیلی و میقات از حقوق پدیده ایار در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۹۲۹/۱۹۵۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گیج) در پژوهشگاه علوم و فناوری ایران (پریناک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیده ایار و تنها برای هدف های علمی، آموزشی، پژوهشی و برای افایه حمایت از مؤلفان، مصنفات، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحالات اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

تالک را، مدت ۸ ساعت تعیین کرده‌اند. در صنایع مشخصی، کنترل‌های بسیار شدیدی را برای تشخیص تالک خالص انجام می‌دهند به عنوان مثال برای صنایع تولیدی - شخصی، تشخیص توسط اتحادیه cosmetic, American Industrial Hygiene Association و اتحادیه Toiletry, Fragrance Association (CTFA) انجام می‌شود. همچنین وزارت دارو و غذا، محدودیت‌های ویژه‌ای را در کاربردهای دارویی و غیره دارد.

تالک تحت عنوان Generally Regarded as safe (GRAS) برای کاربردهای غیرمستقیم غذایی فهرست شده است.

کاربردها

استفاده از تالک در گرمائزمهای سبب اثرات ذیل در خواص می‌شود:

- افزایش صلبیت و مدول خمشی

- افزایش در استحکام خمشی

- کاهش در میل خزشی، همچنین در دماهای بالارونده (افزاینده)

- بهبود در دمای انحراف حرارتی و پایداری ابعادی

- بهبود در انقباض (افت حجمی)، از شکل افتادگی (warpage) کمتر، ضریب انبساط حرارتی پایینتر

- هدایت حرارتی بهتر

- افزایش در سختی سطح قسمتهای قالب‌گیری شده

تالک همچنین معاوی زیر را در گرمائزمهای سبب می‌شود:

- کاهش در استحکام کششی و از دیاد طول در نقطه شکست

- کاهش در مقاومت ضربه‌ای (شکافدار)، افزایش شکنندگی
- پایین آوردن شاخص جریان ذوب ترکیبات
- رفتار انقباضی (افت حجمی) و توان دهی ناهمسان (anisotropy)
- فساد استحکام درز (seam) (لایه - بخیه)
- تغییر سایه ماده چندسازه، وابسته به رنگ طبیعی تالک مورد استفاده
- بسته به نوع آن، نامناسب بودن برای تماس با مواد غذایی (داشتن آربیست، فلزهای سنگین)
- محصولات خالص نسبتاً گران هستند
- اثر منفی بر روی پایداری اکسایش پذیری گرمایی پلاستیکهای معین
- تالک نوع سفید رنگ معمولاً حاوی مقادیری از کربنات منیزیم یا دولومیت می‌باشد (ساینده)

PVC

مقادیر کمی از تالک در پلی وینیل کلرید (PVC) به عنوان یک کمک فراورش و بهبود دهنده تیرگی (matte) ظاهری استفاده می‌شود.

پلی اولفینها:

تالک یکی از کانی‌هایی می‌باشد که بیشترین کاربردها را به علت ثقل ویژه بالایش مخصوصاً در پلی‌اتیلن دارد. اگرچه کاهش در خواص مکانیکی حاصل از دانه‌های عمل‌آوری نشده، استفاده از آن را به عنوان پرکننده توده‌ای، محدود می‌کند. دانه‌های عمل‌آوری شده سطح، می‌توانند چermگی و استحکام را بهبود بخشدند که در جدول ۱-۶

برای مقادیر ۲۰٪ و ۳۰٪ بار، در کوپلیمر (همبیمار) پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) نشان داده شده است.

به طور کلی، تالک در بیشتر کاربردها در پلی اتیلن با کلسیم کربنات رقابت می‌کند. اگر پائینتر بودن قیمت محصول، عامل تعیین‌کننده برای استفاده از کانی باشد معمولاً استفاده از کربنات بر تالک غلبه دارد. اما اگر هدف افزایش مدول باشد تالک با مقدار بار بسیار کمتر از کلسیم کربنات، به نسبت بالاتری می‌تواند چقرمگی را بهبود بخشد و بنابراین تالک از لحاظ قیمت بسیار موثرتر می‌شود.

صرف عمدت تالک در پلی اتیلن در کاربردهای سیم (مفتول) HDPE و کابل است. دانه‌های پوشیده شده با استئارات روی، در سیم (مفتول) XLPE غیرسیاه رنگ، به منظور کمک به بازدارندگی شعله توسط افزایش مقدار ذغال به کار برده می‌شود.

تالک همچنین به عنوان دگرروان (thixotrope) (لرزه روان) عمل کرده و چکیدن (dripping) را کاهش می‌دهد. بیشترین حجم صرف تالک، در پلی پروپیلن می‌باشد. تالک استحکام ساختمانی (چقرمگی) و مقاومت خزشی در دمای بالا را که در صنایع اتومبیل و وسایل اهمیت دارند را فراهم می‌کند.

مشکل عمدت تالک در پلی پروپیلن، استحکام ضربه‌ای و خراشیدگی (scratch) پایین آن می‌باشد. تأثیر سطح (مقدار) بارگذاری کانی، بر خواص مکانیکی پلی پروپیلن در جدول ۷-۱ نشان داده شده است. تالک علاوه بر بهبود خواص حرارتی و ساختمانی، برای بهتر کردن پایداری ابعادی نیز به کار می‌رود، کدورت (opacity) شکل دهی با گرما را افزایش داده و بسته به دانه grade (عيار) تالک، سفیدی را افزایش می‌دهد.

خلوص تالک، به ویژه در خواص حرارتی بسیار اهمیت دارد. حضور مقادیر کم یونهای فلزی، می‌تواند سبب کاتالیز شدن تجزیه پلاستیکها شود که پایداری حرارتی بلندمت چند

کوپلیمر				هموپلیمر				خواص	
بارتالک		بارتالک							
%۴۰	%۳۰	%۲۰	پرنشهده	%۴۰	%۳۰	%۲۰	پرنشهده		
۶۳۰	۴۷۰	۳۵۰	۲۱۰	۷۰۰	۵۴۰	۴۳۰	۲۷۰	مدول انعطاف پذیری kpsi	
۷۷	۶۹	۶۲	۵۱	۹۳	۸۰	۴۷	۶۰	دمای انحراف گرمائی در °C	
۷/۷	۸/۲	۹/۳	۱۳/۴	۱/۶	۱/۹	۲/۱	۰/۷	آزمایش ضربه ای ریلهای در °C	
۰/۹	۱/۱	۱/۵	۱/۹	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	Izod ضربه شکافدار ft-lb/in	
۴۷۰۰	۴۷۰۰	۴۸۰۰	۴۹۰۰	۵۷۰۰	۵۷۰۰	۵۸۰۰	۵۷۰۰	استحکام تسلیمی تنشی psi	
۲۰	۳۸	۴۷	۴۴	۱۰	۲۴	۲۲	۲۰	از دیاد طول کششی کل %	

جدول ۱-۷ - خواص مکانیکی پلی بروپیلن تواندهی شده باتالک ریز.

سطح بارکانی			خواص
%۳۰	%۲۰	پرنشهده	
۳۹۰	۲۸۰	۱۶۰	مدول انعطاف پذیری kpsi
۵۵	۴۸	۴۴	دمای انحراف گرمائی در °C ۲۶۴psi
۷/۸	۱۰/۲	۱۳/۴	آزمایش ضربه ای ریلهای در °C ۲۳
۶/۲	۷/۸	۱۲/۱	-۲۰ در °C
۴/۶	۵/۱	۷/۵	Izod ضربه شکافدار ft-lb/in
۵۱۰۰	۴۶۰۰	۴۰۰۰	استحکام تسلیمی کششی psi
۱۹	۴۰	۵۷	از دیاد طول کششی کل %

جدول ۱-۶ - خواص مکانیکی کوپلیمر پلی اتیلن دانسیته بالای توان داده شده باتالک ریز.

سازه (کامپوزیت) را کاهش می دهد.

دانه های عمل آوری شده سطحی، خواص حرارتی را به صورت مخالف، تحت تأثیر قرار نمی دهند. ظاهرآ مولهای ناخالصی موجود در سطح توسط عمل آوری، پوشیده شده، بنابراین اثرات زیان آور آنها را کاهش می دهد. تالک تیره رنگ اغلب برای کاربردهای مهندسی اتومبیل، قسمتهای داخلی و خارجی، جایی که رنگ اهمیت کمتری دارد، به کار برده می شود. اگرچه خواص تواندهی تالک تیره رنگ، کمتر از خواص تواندهی دانه های تالک روشن می باشد، اما تالک تیره رنگ ظاهر قابل قبول و هزینه کمتری را فراهم می کند. اغلب برای این چنین کاربردهایی از تالک و کلسیم کربنات، توأم استفاده می کنند.

اغلب رسیدن به سطح بارگذاری بیش از ۴۰٪ تالک، توسط فراورش روزن رانی، به علت مشکلات تغذیه ای (خوراک دهی) (feeding) مشکل می باشد. طبیعت لغزندگی سطح کانی ها، عمل تغذیه (خوراک دهی) مداوم را در سرعتهای بالا، مشکل می سازد مگر اینکه از پیش مخلوط سازی، استفاده شود.

مزیت عمده تالک نسبت به سایر کانی ها در پلی پروپیلن آبگریز بودن سطح آن است که به تالک اجازه می دهد که به راحتی توسط رزین، تر (مرطوب) (wet) و پراکنده شود.

بیشتر کانی ها برای کاهش طبیعت آبدوستی سطحشان که سبب پراکنده می شوند در رزین آلی می شود، نیاز به یک عمل آوری دارند. با وجود این، دانه های تالک عمل آوری شده سطحی مزیت بیشتری بر دانه های تالک عمل آوری نشده دارند. به طور مثال در حالی که تالک خواص مدول خمشی مفید را حفظ می کند مقاومت ضربه ای نیز به مقدار زیادی بهبود می یابد. [۳۳]

عمل آوری سطح بویژه برای تالک با دانه های ریزتر، موثر است. با سایر کانی ها، برای بهبود سطح مشترک (interface) کانی - پلی اولفین، ناگزیر از اصلاح کردن رزین

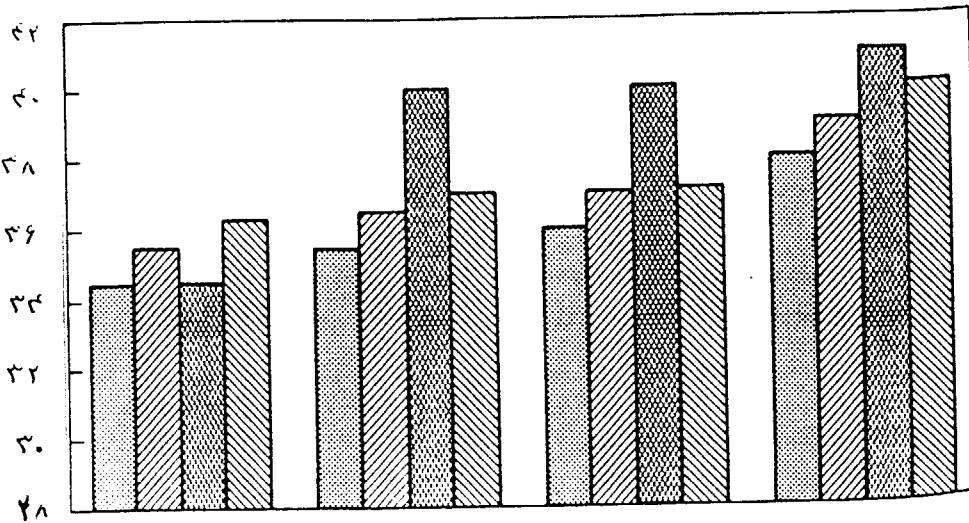
می باشیم. پلی پروپیلن پیوند زده شده به آکریلیک اسید، استحکام کششی، مدول خمشی و دمای انحراف حرارت بهبود یافته تری را از پلی پروپیلن پرشده با تالک، نشان می دهد. اطلاعات استحکام کششی در شکل ۱۵-۱ برای اینچنین سیستمهایی نشان داده شده است. تالک سفیدرنگ، در پلی پروپیلن مورد استفاده در صنایع خانگی و لوازم با غبانی مانند ماشین لباسشویی و خشک کننده ها به کار برده می شود. اغلب در این موارد کلسیم کربنات و تالک، توأمًا به کار برده می شوند. [۱۳و۱۴]

کشپارهای گرمانرم و استیرنی

شبیه به بیشتر کانی ها، تالک کاربرد کمی در بیشتر سیستمهای رزینی کشپاری (الاستومر) دارد، اما احتمال بهبود خواص نیز وجود دارد. به عنوان مثال، کاهش در خواص ضربه ای همراه با افزایش یک کانی به پلی استیرن، می تواند با استفاده از یک کشپار (الاستومر) همراه با تالک، جبران شود.

یک کاربرد تجاری تالک در اسفنج (foam) پلی استیرن پف کننده است که به عنوان یک عامل هسته زایی به کار برده می شود. اغلب موادی با مدول پایین، به سایر سیستمهای رزینی، برای بهبود خواص ضربه ای در دمای پایین، افزوده می شوند. از تالک برای دوباره بدست آوردن، مقداری از چقرمگی کاهش یافته، ناشی از افزایش کشپار (الاستومر) استفاده می شود. این موضوع در شکل ۱۶-۱ جایی که خواص مدول خمشی و ضربه در سطوح متفاوت بارگذاری تالک (عمل آوری شده سطحی) را در غلظتها متفاوت از EPR در پلی پروپیلن داریم، نشان داده شده است. در مقادیر کم EPR، افزایش تالک، مدول را در مقایسه با ضربه بطور خطی افزایش می دهد اما در مقادیر بالاتر EPR افت ضربه بزرگتر

مگا پاسکال استحکام کششی

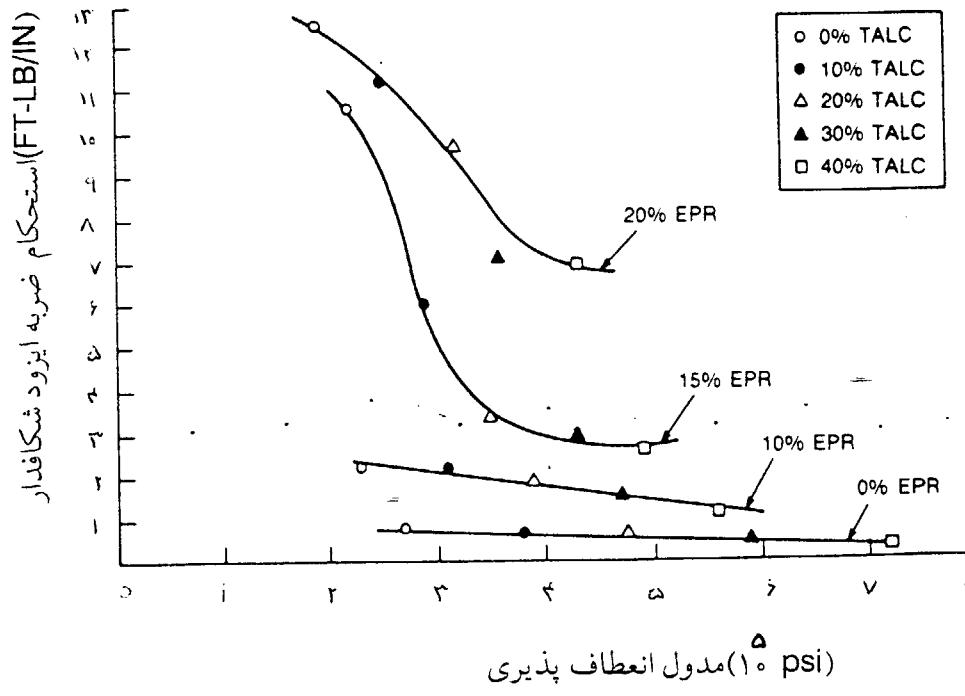


در صدوزنی افزوده شده از پلی پروپیلن اصلاح شده توسط آکریلیک اسید

FINE TALC • COARSE TALC • FINE TALC # MED. TALC #

#بارگذاری ۴۰٪. عمل آوری سطحی شده *بارگذاری ۴۰٪. عمل آوری نشده

شکل ۱-۱۵- خواص کششی پلی پروپیلن اصلاح شده پرشده توسط تالک



شکل ۱-۱۶- چترمگی EPR/PP TPO پرشده با تالک

است.

در فرمولیندی لاستیکی، تالک ممکن است نقشهای متفاوتی را داشته باشد. تالک می‌تواند به عنوان یک عامل ضدچسبیدن (antitack agent) برای جلوگیری از چسبیدن به هم، وسایل لاستیکی شده جدید، به کار بردشود. نسبت قطر معادل به ضخامت بالا، به تالک اجازه می‌دهد که در کاهش نفوذپذیری سیال و هوا در برخی کشپارهای (استومرها) خاص، موثر باشد.

در برخی وسایل لاستیکی سخت که با سیلیکا توانده شده‌اند ممکن است از تالک به مقدار بیشتر از ۶۰ phr به منظور کاهش قیمت استفاده شود.

دانه‌های تالک درشت (coarser) (نامرغوب)، دارای نسبت قطر معادل به ضخامت پایینتر، در کاربردهای توانده‌ندگی، برای چقمه کردن لاستیک و بهبود خواص عایقی آن به کار گرفته می‌شوند. [۱۲و۱۳]

منابع تالک موجود در ایران

معدن زیادی از تالک در ایران موجود است جدول زیر معدن تالک موجود در سال ۱۳۶۴ را نشان می‌دهد. (پروردش ۱۳۶۴) [۸]

نام معدن	محل و موقعیت	احتمالی قطعی	ذخیره(تن)
چندق	۵۹ کیلومتری فرخی (اصفهان)	۱۲۰ هزار	۴۰ هزار
سیرا کرج	۴۸ کیلومتری شمال کرج (تهران)	۱۰۰ هزار	
علی ده گوشه	۲۶ کیلومتری جنوب شرقی بروجرد (لرستان)	۱۲۰ هزار	۲۵ هزار
تیدار	۲۶ کیلومتری شمال شرق دورود (لرستان)	۶۵ هزار	۲۳ هزار
ده حاجی محمودآباد	۲۶ کیلومتری شمال غرب ازنا (لرستان)	۱۵۰ هزار	۳۰ هزار
منطقه فریمان	۱۲ کیلومتری غرب فریمان (خراسان)	۱۱ هزار	

Carbon Black

دوده نامی است که به رنگدانه‌های سیاه بسیار ریز شده بسیار متنوعی که عمدتاً دارای عنصر کربن می‌باشد داده شده است. اینچنین رنگدانه‌هایی معمولاً توسط گرمکافت (پیروولیز) گازهای هیدروکربن یا نفت حاصل می‌شوند. دوده به طور وسیعی به عنوان عامل توانده و رنگ‌کننده در آمیزه‌های لاستیکی، جوهرها، رنگها، پلاستیکها، کاغذ، پوشش محافظ و کاربردهای رسانایی الکتریکی به کار گرفته می‌شود.

نقش دوده در پلاستیکها

دلایل زیادی برای افزودن دوده به پلیمرها وجود دارد. قبل از انتخاب دوده، شخص باید نقشی را که می‌خواهد دوده در کل سیستم ایفا کند، بداند. انتخاب مناسب دوده می‌تواند کارآوری سیستم را افزایش داده در صورتیکه انتخاب اشتباه نوع دوده، دانه‌بندی (عيار) و کمیت آن، نه تنها نمی‌تواند نتیجه مورد نظر را بدست دهد بلکه می‌تواند اثر خواص کلیدی معینی از رزین پایه را از بین ببرد.

هر شخص باید به دقت دلیل افزایش دوده به هر پلیمری را به منظور ارزیابی نوع، عیار

(دانه‌بندی) و کمیت دوده مورد استفاده بداند، سپس با پراکندگی مناسب ماده افزوده، می‌تواند به هدف مورد نظر برسد، استفاده از دوده در پلاستیکها معمولاً به دلیل یا دلایل کاربردی زیر می‌باشد:

- پایداری در برابر نور ماوراءپنفش

- توان دهنگی خواص مکانیکی

- رنگ‌کنندگی و کدرکنندگی (opacifying) (کدورت)

- کاهش قیمت به عنوان یک پرکننده

- تغییر در هدایت الکتریکی

- تغییر در هدایت گرمایی

پایداری در برابر نور ماوراءپنفش

پرتودهی مدام به پلی اولفینها، مانند پلی اتیلن و...، در برابر نور خورشید احتمالاً سبب شکست (failure) (نقسان) دی الکتریکی و فیزیکی می‌گردد. حمله از دو طریق انجام گیرد: گرمایی (اکسیداسیون گرمایی) و نور ماوراءپنفش (اکسیداسیون نوری) عملأً با افزودن حدود ۲ تا ۳٪ وزنی دوده به پلاستیک می‌توان از اکسیداسیون نوری جلوگیری کرد. بارگذاری زیر ۲٪، به طور قابل توجهی از موثر بودن دوده می‌کاهد و مقادیر زیر ۱٪ دیگر اثری از خود نشان نمی‌دهند.

توسط دوده در محدوده اندازه ذرات $15\text{--}20\text{ }\mu\text{m}$ پوشش بسیار موثری در برابر نور ماوراءپنفش (بیش از ۴۰ سال) را می‌توان بدست آورد. توسط دوده با اندازه ذرات بزرگتر هم، مقداری محافظت در برابر نور ماوراءپنفش حاصل می‌شود اما مقدار (درجه) محافظت به سرعت با افزایش اندازه ذرات، کاهش می‌یابد تا آنجا که با استفاده از دوده‌ای با اندازه

ذراتی در محدوده $50\text{-}60\mu\text{m}$ ، کمترین محافظت را در برابر نور ماوراءبنفس داریم. با استفاده از دودهایی با اندازه ذرات بزرگتر از این مقدار، محافظت خیلی کمی حاصل شده یا اصلاً محافظتی نخواهیم داشت. برای تاحدوی جبران کردن استفاده از ذرات با اندازه بزرگتر، می‌توان مقدار دوده را افزایش داد.

تنزل اکسیداسیون نوری پلیمر، یک واکنش خود کاتالیستی می‌باشد، که در آن کسری (قسمتی) از ملکول تنزل یافته، به عنوان کاتالیست برای شروع تنزل ملکولهای اطرافش عمل می‌کند. یک واکنش نوع زنجیری اتفاق می‌افتد که سبب تنزل اکسیداسیونی خیلی سریع تمام سیستم پلیمری می‌شود.

به منظور جلوگیری از شروع اکسیداسیون نوری، دوده باید در سطح بسیار بالایی پراکنده شود. جایی که محافظت در سطح بسیار بالایی مورد نظر است (در پوشش کابل ارتباطات) رسیدن به این سطح بالایی پراکنده با استفاده از دودهایی با اندازه ذراتی در محدوده $15\text{-}20\mu\text{m}$ ، کاری بس دشوار است.

برای محافظتها کمتر مشخص مانند (لولهای غوطه‌ور در آب) (buved water) (pipes)، محصولات مورد استفاده در کشاورزی و فیلمهای پاکت زباله، می‌توان از دوده با اندازه ذرات بزرگتر، که راحتتر پراکنده می‌شوند استفاده کرد.

توان دهنده خواص مکانیکی

اطلاعات حاصل از ویژگی‌های توان دهنده دوده، به مقدار زیادی از کارآوری آن در لاستیک به دست آمده است. خواصی همانند مقاومت انعطاف‌پذیری، قابلیت ارتجاعی (resilience) (ضربه پذیری - برجهندگی)، سایش و مدول یک سیستم حامل (carrier)، می‌تواند توسط انتخاب مناسب پراکنده و غلظت دوده بهبود یابد. به طور کلی، مساحت

سطحی بالاتر و اندازه ذرات کوچکتر، خواص توان دهنگی بهتری را برای دوده فراهم می‌کند. متأسفانه رسیدن به این فاکتورها، با افزایش قیمت همراه است. بنابراین اغلب انتخاب دوده، به جنبه اقتصادی کاربرد مطلوب همراه با بهینه کردن تمام فاکتورهای مورد نیاز بستگی دارد. (جدول ۱-۹ و ۱۲)

کائولین

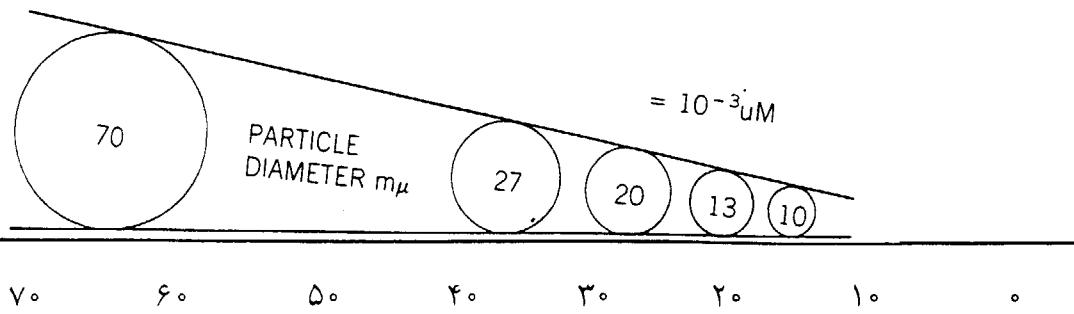
کائولین، محصول نهایی هوازدگی گرانیت و فلدسپات است که در قسمتهایی از دنیا یافت می‌شود اما بندرت دارای خلوص موردنیاز است. کائولین را همچنین تحت عنوان *china clay*، *Dorcelain earth* می‌نامند. کائولین شامل کائولینیت (خاک چینی) نوع اول و دوم است. در ساختمان صفحه‌ای شکل آن، کائولینیت نوع اول دارای نسبت قطر معادل به ضخامت ۱۰:۱ است. شکل بلوری صفحات منفرد آن شش وجهی می‌باشد. (شکل ۱-۱۷ و ۱-۱۸)

خواص

کائولین، سیلیکات آلومینیم آبدار دارای شبکه کریستالی با ساختمان شش وجهی صفحه مانند می‌باشد که به آسانی قابل تشخیص هستند.

ترکیب شیمیایی نوعی یک کائولین سخت با فرمول ملکولی $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ به صورت زیر می‌باشد: $\text{Al}_2\text{O}_3(45/4)$, $\text{SiO}_2(38/8)$, $\text{MgO}(2/0)$, $\text{K}_2\text{O}(97/0)$, $\text{FeO}(0/07)$, $\text{Na}_2\text{O}(0/07)$ (متغیر)

کائولین معمولاً دارای درجات بالایی از سفیدی است و هادی الکتریسیته نمی‌باشد، مقاوم در برابر مواد شیمیایی است و مقاومت خوبی حتی در برابر اسیدهای قوی دارد.



masstone	→ تیره تر
ته رنگ	→ قویتر
رنگ کمرنگ	→ قهوه ای تر
مساحت سطحی	→ بیشتر
تخلخل	→ بزرگتر
DBP	→ بیشتر
PH	→ کمتر
جذب رطوبت	→ بیشتر
فراریت	→ بیشتر
قابلیت پراکندگی	→ سختer
تواندیه	→ بهتر
اثر حفاظتی در برابر UV	→ بهتر
هدایت الکتریکی	→ بیشتر
هدایت گرمائی	→ کمتر

جدول ۹-۱- خلاصه ای از اثرات کلی قطر ذره برخواص دوده

کائولین سخت دارای واکنش کمی اسیدی با $\text{PH} ۵/۶$ است.

کائولین سخت و نرم

صنایع کاغذ در حدود ۵۰٪ از کائولین استفاده می‌کنند. بعلاوه کائولین دو مین پرکننده مهم در صنایع لاستیک بعد از دوده می‌باشد.

شیمیدانهای صنایع لاستیک بین کائولین «سخت» و «نرم» بسته به آنکه محصول نهایی دارای مدول کم یا بالا باشد، تفاوت قائل می‌شوند. از جنبه ریخت‌شناسی (مورفولوژی)، تفاوت عمدی در متوسط اندازه ذرات است، در کائولین سخت حداقل ۷۵٪ تمام ذرات اندازه کمتر از $2\mu\text{m}$ دارند، کائولین نرم درشت (نامرغوب) است.

استفاده کائولین در گرمانزمهای

در گرمانزمهای کائولین به عنوان مثال، بعنوان پرکننده برای رزینهای عایق مفتول (سیم) به کار برده می‌شود، از این رو کائولین خواص الکتریکی را بهبود می‌بخشد. به طور کلی، کائولین مقاومت شیمیایی و خواص مکانیکی را بهبود می‌بخشد. همچنین جذب آب را کاهش می‌دهد. کائولین، تعایل به ترک (crack) خوردن را در وسایل (اسباب) نهایی کمتر کرده و مقاومت در برابر شوک و کیفیت سطح را بهبود می‌بخشد. بعلاوه ساختمان صفحه‌ای شکل آن سبب بهبود سختی سطح وسایل (اسباب) پرداخت شده، می‌شود.

برای بهبود خواص الکتریکی خاک رس کائولین تکلیس می‌شود که طی آن با حرارت دادن به خاک رس در دماهای بالا آب موجود در آن را خارج می‌کنند. فرآیند تکلیس می‌تواند خاک رس را خیلی سختتر و فرساینده‌تر نیز بکند. بخاطر اینمی دست‌اندرکاران،

خاک رسی که میزان ناخالصی سیلیکای آن بیش از حد اینمی باشد نباید مورد استفاده قرار گیرد. [۱۳ و ۱۴]

ساختار و خواص پلی پروپیلن

پلی پروپیلن یک پلیمر هیدرورکربن خطی است که میزان سیرناشدگی آن ناچیز و یا صفر است. بنابراین تعجب آور نخواهد بود که پلی پروپیلن و پلی اتیلن از جهت خواص خصوصاً از جهت تورم و رفتار در محلول و از نظر خواص الکتریکی تشابهات بینیادی داشته باشند. با وجود تشابهات بسیار، حضور گروه متیل چسییده به اتمهای کربن یک در میان بر روی استخوان بندی زنجیر، خواص پلیمر را از جهات مختلف تغییر می‌دهد. برای مثال وجود این حالت تا حدی سبب سخت شدن زنجیر شده و تقارن ملکولی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. اولین اثر منجر به افزایش نقطه ذوب بلوری شده در حالی که تأثیر بر تقارن ملکولی از این اثر می‌کاهد. در پلی پروپیلن‌هایی که از بیشترین نظم برخوردارند، اثر خالص، افزایش ذوب به میزان 50°C در مقایسه با پلی اتیلن‌هایی است که از بیشترین نظم برخوردارند.

گروه جانبی متیل همچنین برخی جوانب رفتار شیمیایی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مثال اتم کربن نوع سوم محلی برای آسایش فراهم می‌آورد، بطوری که پلیمر در مقایسه با پلی اتیلن نسبت به اکسیژن از پایداری کمتری برخوردار است. علاوه براین فرآیندهای گرمایی و پرانرژی به جای شبکه‌ای نمودن، منجر به تقسیم زنجیر می‌شوند. مهمترین تأثیر گروه متیل آن است که منجر به تولید صورت‌بندی‌های مختلف از ساختارهای کاملاً تک آرایش و هم آرایش به ملکولهای بی آرایش می‌شود. پلیمرهای تجاری معمولاً ۹۵٪ تا ۹۹٪ بی آرایش هستند. ساختارهای بی آرایش و هم آرایش ممکن است به صورت

ملکولهای کامل و یا دسته‌هایی با طولهای متغیر در زنجیرها وجود داشته باشند. در غیراینصورت ملکولها بی آرایش خواهند بود. بسیارهای فضا - دسته نیز تشکیل می‌شوند. بطوریکه دسته‌ای از بقایای منومر (تکپار) در مارپیچ راستگرد به دنبال دسته‌ای از مارپیچ چپگرد قرار می‌گیرد. (شکل ۱۹-۱)

تأثیر وزن ملکولی بر خواص توده‌ای پلی پروپیلن اغلب متضاد با آن چیزی است که در مورد اغلب پلیمرهای شناخته شده دیگر تجربه شده است. با وجود آنکه افزایش در وزن ملکولی منجر به افزایش گرانزوی مذاب و استحکام ضربه مثل دیگر پلیمرها می‌شود ولی سبب کاهش استحکام در نقطه تسلیم، سختی، صلبی و نقطه نرمی می‌شود. در ارتباط با دلیل این اثر عقیده بر آن است که پلیمر با وزن ملکولی بالا به راحتی مواد به وزن ملکولی پایینتر بلوری نمی‌شود و همین تفاوت در درجه بلورینگی است که خواص توده‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین باید توجه داشت که افزایش در وزن ملکولی سبب کاهش نقطه شکنندگی می‌شود. داده‌های منتشر شده از پلی پروپیلن‌های تجاری حاکی از آن است که وزنهای ملکولی آنها در محدوده $\bar{M}_n = 38000 - 60000$ و $\bar{M}_w = 220000 - 70000$ قرار دارد و مقادیر \bar{M}_w / \bar{M}_n از ۵/۶ تا ۱۱/۹ متغیر است.

پلی پروپیلن بی آرایش (آمرف) Atactic polypropylene

پلی پروپیلن بی آرایش را می‌توان به صورت یک محصول جانبی از ساخت پلی پروپیلن تک آرایشی تولید کرد و یا از طریق فرآیندهای ویژه طراحی شده جهت تولید مستقیم آن، به دست آورد. با وجود آنکه ماده کاملاً بی آرایش و بی‌شكل است، مواد تجاری از بلورینگی ناچیزی برخوردارند. این را اغلب بر حسب میزان عدم انحلال پذیری در n -هیتان که معمولاً در حدود ۵ تا ۱۰ درصد است می‌توان تعیین کرد. متوسط گرانزوی وزن

ملکولی در محدوده ۲۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰ و چگالی در حدود 86g/cm^3 است.

از جهت ظاهر و موقع کار، ماده تا حدی بینایین یک موسم و یک لاستیک قرار دارد. همچنین نیمه چسبنده است. مشابه پلی پروپیلن تک آرایش مورد حمله اکسیژن قرار می‌گیرد ولی برخلاف تک آرایش، به میزان زیادی در هیدروکربنها آلفاتیک و آرماتیک در دمای اتاق متورم می‌شود. این ماده همچنین با پرکننده‌هایمعدنی، قیر و بسیاری از رزینها سازگار است.

سالها پلی پروپیلن بی آرایش یک محصول جانبی ناخواسته بود ولی امروزه در چندین بازار کاربرد یافته و خصوصاً برای این منظور و نه عنوان یک محصول جانبی ساخته می‌شود. در اروپا استفاده اصلی به همراه قیر در عایقکاری سقفها، نوارهای درزگیری که باید خواص پیری اصلاح شده‌ای به دست دهد، و در راهسازی که پایداری سطح آسفالت را بهبود می‌دهد، می‌باشد. همچنین به عنوان لایه کاری با کاغذ کاربرد دارد و از آلیاژ سنگ آهک / پلی پروپیلن بی آرایش به نسبت ۳۰/۷۰ به عنوان پوشش برای نوعی کاشی استفاده می‌شود. همچنین به عنوان آمیزه درزگیر، در چسب و در ترکیب با نمد یا پلاستیکهای منبسط سلول باز، در لرزه‌گیر اتومبیل و ... استفاده می‌شود.

کوپلیمرها

کوپلیمر اتیلن - پروپیلن یک شکل تغییر یافته از هموپلیمر پلی پروپیلن می‌باشد در این حالت پلی اتیلن را همراه با پلی پروپیلن پلیمریزه می‌کنند که می‌تواند از دو طریق انجام شود. وقتی که مقادیر کمی از اتیلن به زمینه پلی پروپیلن اضافه می‌شود، عموماً با یک ساختمان جایگیری شده تصادفی تطبیق کرده و کوپلیمر تصادفی نامیده می‌شود. در این حالت مقدار اتیلن معمولاً کمتر از ۵٪ است. که اثر عده آن گسیختن نظم زنجیر است و از

این طریق رفتار تبلور ماده را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اگر مقادیر بیشتری از اتیلن افزوده شود، آنها با پروپیلن ترکیب شده و دسته‌ای از لاستیکها را ایجاد می‌کنند که این محصولات را کوپلیمرهای ناهمفاز (heterophasic) می‌نامند.

مقدار نهایی لاستیک اتیلن - پروپیلن (EPR)، خواص فیزیکی کوپلیمر را تعیین می‌کند. به طور کلی، اتیلن می‌تواند برای بهبود ضربه و یا وضوح (نظم و ترتیب)، همراه با اثرات جانبی کمتر شدن استحکام و مقاومت حرارتی، مورد استفاده قرار گیرد.

شکل ۲۰-۱ ساختمانهای کوپلیمری ممکن را نشان می‌دهد.

ایجاد کوپلیمرهای دیگر با توسعه فناوری (تکنولوژی) پلیمریزاسیون (بسپارش) بسیار محتمل است. بنابراین تولیدکنندگان قادر خواهند بود محصولاتی با خواص فیزیکی بسیار متنوع فراهم کنند. این محصولات جدید می‌توانند هم در رزینها و هم در کشسانهای (الاستومرهای) «مهندسی» با محصولات دیگر رقابت کنند.

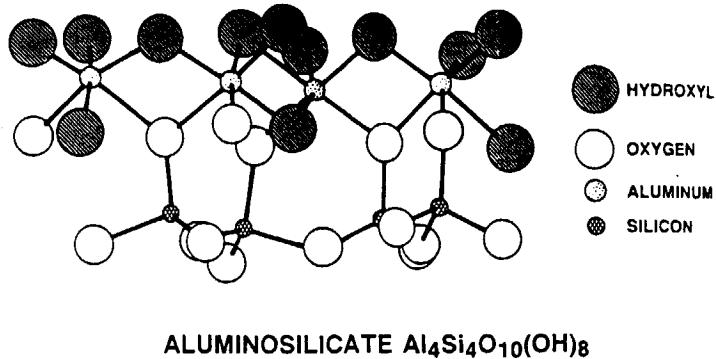
اسیدهای چرب و مشتقان آنها

اسیدهای چرب و اغلب اوقات مشتقان آنها، از اجزاء متشکله همیشگی پلاستیک‌ها هستند که علاوه بر روان‌کنندگی می‌توانند سازگاری، پایداری و کنترل سیال‌شناسی (رئولوژیکی) را فراهم کنند. استئارتهاي فلزی استفاده‌های تجاری زیادی دارند. مشتقات آمید و آمین و استر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

اسید استئاریک معمولی در حقیقت دارایی اسید استئاریک، اسید پالمیتیک (palmitic acid) و اسید میرستیک (myristic acid) است که توزیع طول زنجیر آنجا عموماً حدود $\pm 5\%$ حول این نسبتها تغییر می‌کند.

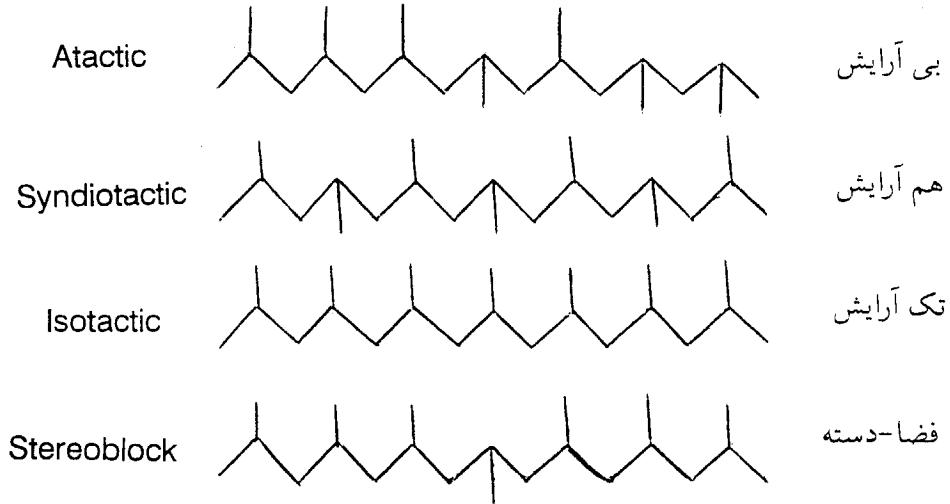


شکل ۱-۱۸- فتو میکرو گراف کائولین تلکیس شده

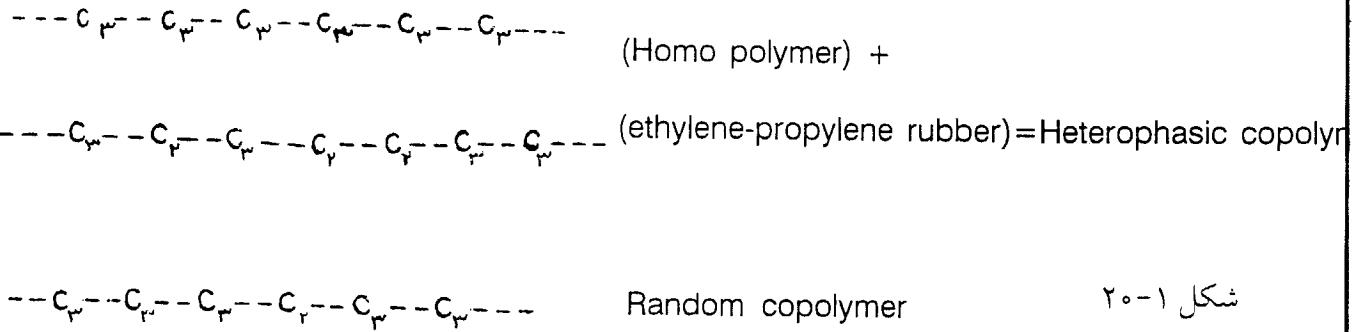


ALUMINOSILICATE $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

شکل ۱-۱۷- پیکربندی اتمی کائولین



شکل ۱-۱۹- آرایشمندی پلی پروپیلن



شکل ۱-۲۰-

C₁₈ stearic 65%

C₁₆ palmitic 30%

C₁₉ myristic 5%

اسید استئاریک به عنوان روان‌کننده پلاستیک‌ها در دماهای فراورش بالا روند است (نایپایدار) (Fugitive) بوده و در بعضی از پلیمرهای میزبان بسیار مهاجرت کننده است.

معمولًاً به اندازه ۰/۵-۰/۲۵٪ واحد (قسمت) به ازای ۱۰۰ واحد (قسمت) از رزین (phr) اضافه شده و روان‌کنندگای خارجی (بیرونی) بسیار خوبی را برای غلتکننی، روزن‌رانی، قالب‌گیری و سایر فرآیندهای شکل‌دهی فراهم می‌کند. پلی‌اولفینها میزبانهای ضعیفی برای استئاریک اسید هستند و استئاریک تمايل به مهاجرت به سطح پلیمر دارد کشسانها (الاستومرهای) گرمانترم و لاستیک‌های سنتزی بطور موقتی آمیزی بصورت داخلی و خارجی تواناً توسط اسید استئاریک روان می‌شوند. افزودن مقدار ۳٪_{phr} مؤثر است.

استئاراتهای فلزی در بسیاری از کاربردها می‌توانند فرآیندهای ساخت را بهبود بخشدند معمولًا به عنوان روان‌کننده در نظر گرفته می‌شوند اما در حقیقت دارای یک اثر نبوده بلکه چند عاملی هستند. آنها می‌توانند به عنوان روان‌کننده، رباينده (رفتگر) اسید (Acid scavenger)، عامل جفت‌کننده (Coupling agents) و بهبود دهنده گرانروی (ویسکوزیته) عمل کنند.

پلی‌اولفینها

بیشتر رزینهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن دارای استئاراتهای فلزی هستند که او لا برای رباينده (رفتگر) باقیمانده‌های اسیدی، شامل اسید هیدروکلریک حاصل از کاتالیست

نوع زیگلر مورد استفاده در پلیمریزاسیون و ... استفاده می‌شود. بعلاوه پلی‌اولفینها می‌توانند در غیاب استئاراتهای فلزی، خواص فیزیکی خود را از دست بدهند. Berth, kay, Lahr، توانایی تجزیه پراکسیدها را به استئاراتها نسبت داده‌اند. استئارات کلسیم نمک فلز گروه II اصلی است که دارای حلالیت و فعالیت خوبی می‌باشد و اغلب استفاده از آن ترجیح داده می‌شود. البته از استئارات روی نیز استفاده می‌شود.

در هر حال یک دانه (عیار) خنثی شیمیایی دارای ذوب مشخص، برای مینیمم کردن انحلال ناپذیری (نامحلولی) اولفین، مطلوب می‌باشد. اینچنین نامحلولهایی باید در طی ساخت رزین بوسیله یک توری انباشت (Screen pack)، در خط روزن ران حذف شوند. مقادیر زیاد جامد‌های نامحلول، سبب پاره شدن توری (صفافی) می‌شوند. اندازه ذرات ریز، پراکنده‌گی و ذوب سریع را تسهیل می‌کند.

استئاراتها در مقادیر ۱-۱٪ برای کنترل سیال‌شناختی (رئولوژیکی)، پایداری و foam افزوده می‌شود. precision

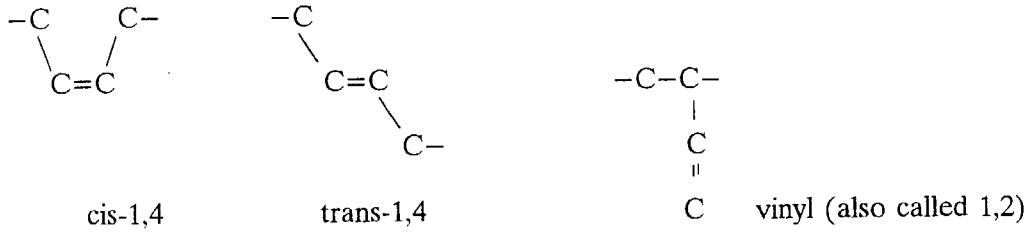
لاستیک استیرن، بوتادین SBR

SBR که کوپلیمری از استیرن و بوتادین می‌باشد، پرمصرف‌ترین لاستیک در دنیا است. معمولاً امروزه SBR را به دو طریق پلیمریزاسیونی تهیه می‌کنند:

۱- پلیمریزاسیون امولسیونی

۲- پلیمریزاسیون محلول

در SBR، واحدهای استیرن، $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ را همراه با ۲ شکل بوتادین در زنجیر پلیمری داریم: (۳ شکل بوتادین)



این کوپلیمر استیرن و بوتادین ممکن است بطور تصادفی (random) مخلوطی از ۲ منomer بوده یا بصورت دسته‌ای (block) (حالتی که قطعه‌ها از هر نوع به دنبال دیگری قرار می‌گیرند SSSSB BBBB SSS BBBB) بوده یا به صورت پیوندی (graft) (حالتی که قطعه‌ها از زنجیر اصلی منشعب می‌شوند) باشند.

SBR تهیه شده در حالت امولسیونی معمولاً دارای حدود ۲۳٪ استیرن است که به طور تصادفی با بوتادین در زنجیر پلیمری پخش شده است. ساختمان واحدهای بوتادین حدوداً ۱۸٪ cis، ۶۵٪ trans و ۱۷٪ وینیل (فقط درصد قسمت بوتادین) است.

SBR تهیه شده در محلول، حاوی حدوداً مقدار مشابهی از استیرن است اما هر دو نوع کوپلیمر تصادفی و دسته‌ای را دارد و دارای درصد ترانس کمتر، اندکی وینیل کمتر و مقدار cis بیشتر از SBR امولسیونی هست.

خواص فیزیکی

دماهی تبدیل شیشه‌ای T_g ، دماهی است که پلیمر نرم (soft) ویسکوز، به شیشه مانند سخت تبدیل می‌شود. از نظر ترمودینامیکی این یک تبدیل درجه ۲ است که بوسیله تغییر کوچکی در شاخص انکساری، حجم ویژه، ضریب انبساط حرارتی، سرعت صوت و ... بدست می‌آید. بعلاوه تعیین T_g توسط اندازه‌گیری این مقادیر، یک رابطه ساده بین دماهی انتقال شیشه‌ای و آزمون Gehman Low-temperatuve torsion flex (ASTM D1053)

بدست آمده است. T_g به ساختمان و درجه در پلیمر بستگی دارد. برای کوپلیمر SBR تهیه شده توسط پلیمریزاسیون امولسیونی در 50°C , T_g از روی مقدار استیرن موجود توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_g = (-87 + 125S) / (1 - 0.5S) \quad S = \text{نسبت وزنی استیرن}$$

برای کوپلیمر تهیه شده در 50°C , T_g توسط رابطه زیر داده می‌شود:

$$T_g = (-78 + 128S) / (1 - 0.5S)$$

اندازه‌گیری گرانزوی (ویسکوزیته) در محلول رقیق نیز اغلب برای محاسبه (تخمین) وزن ملکولی، با استفاده از رابطه Kuhn-Mark به کار برده می‌شود:

$$\eta = kM^a$$

یک گرانزوی (ویسکوزیته) ذاتی (dl/g), M وزن ملکولی پلیمر و a, K ثابت‌هایی هستند که از طریق تجربی بدست می‌آیند. مقادیر a, k برای SBR تهیه شده در 50°C , به ترتیب برابر 5×10^{-4} و $66/40$ است وقتی که اندازه‌گیری گرانزوی (ویسکوزیته) در تولوئن در 20°C انجام می‌شود. [۲۵]

Thermoplastic Elastomers (TPE)

کشپار گرمانرم (TPE) دارای ترکیبی از ویژگی‌های یک گرمانرم معمول (راچ) و خواص کارآوری از یک لاستیک گرماسخت معمول (راچ) می‌باشد. TPE‌ها توسط روش‌های مشابهی مثل روزن‌رانی، قالب‌گیری تزریقی، قالب‌گیری بادی و غیره و توسط دستگاه‌ها (تجهیزات) مشابهی که برای گرمانرم‌ها مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌وینیل کلراید استفاده می‌شود، فراورش می‌شوند. از طرف دیگر خواص یک TPE بی‌نهایت شبیه به یک لاستیک معمول (راچ) مانند لاستیک طبیعی، EPDM یا SBR می‌باشد. رشد سریع TPE‌ها سبب تجارت قراردادی و ترتیب فنی لاستیک و گرمانرم، توأمًا شده است.

TPE‌ها اولین بار به عنوان یک کالای تجاری در اوخر دهه ۱۹۵۰ با معرفی کشپارهای پلی‌یورتان گرمانزم توسط Mobay Chemical و B.F.Goodrich، توأمًا ظاهر شدند.

مزایا و معایب

کشپارهای گرمانزم مزایای عملی متنوعی بر لاستیکهای گرماسخت معمول (رایج) دارند. برخی از این مزایا عبارتند از:

(۱) مصرف این مواد نیاز به آمیزه‌سازی نداشته یا به میزان بسیار جزئی انجام می‌شود. بیشتر TPE‌ها کاملاً فرموله شده و برای مصرف آماده هستند. ارتباط یک TPE تجاری با کشپار گرماسخت همانند ارتباط یک کیک جدید با آرد می‌باشد. یک TPE کاملاً مخلوط شده و آماده برای مصرف است.

(۲) فراورش آسانتر با مراحل کمتر

TPE‌ها دارای فراورش ساده‌ای مانند گرمانزمهای باشند. (شکل ۲۱-۱) که این فراورش بسیار کاراتر و دارای هزینه بسیار کمتری از محصولات لاستیکی نهائی می‌باشد.

(۳) زمان ساخت کوتاه‌تر. (به طور مثال چرخه‌های سریعتر)، که سبب کمتر شدن هزینه می‌شود. یک چرخه قالب‌گیری TPE به طور معمول، در عرض چند ثانیه انجام می‌شود که با دقایق لازم برای قالب‌گیری و لگانیزاسیون (گوگردی کردن) لاستیک گرماسخت مقایسه می‌شود. بنابراین بهره‌دهی یک قطعه از دستگاه فراورش به مقدار زیادی بهبود می‌یابد.

(۴) واگردانی (بازگشت مجدد) مواد ضایعاتی (Scrap) (دوباره خرد کردن) (Regrind) بعد از هر مرحله مواد ضایعاتی حاصل از فراورش گرماسخت، معمولاً دور ریخته می‌شود. برخی از روش‌های تولید، به مقداری مواد ضایعاتی ایجاد می‌کنند که قابل مقایسه با قطعه‌ها (محصولات) نهایی می‌باشد. مانند گرمانزمهای خرد شده‌ای حاصل از

فراورش TPE می‌توانند واگردانی (بازگشت مجدد) داده شود تا محصولات نهایی با خواص یکسان همانند ماده اصلی (virgin) (اولیه) حاصل شود. (شکل ۱-۱)

۵) مصرف (تحلیل) انرژی کمتر، که این نتیجه زمان چرخه کوتاهتر و فراورش آسانتر TPE است.

۶) کنترل کیفی بهتر بر قسمتها (قطعه‌های) ساخته شده.

۷) هزینه‌های کنترل کیفی کمتر، که به علت قابلیت تولید مجدد بزرگتر و دارا بودن خواص روزینهای TPE است.

۸) در بیشتر موارد، دارای یک دانسیته کمتر از آنکه قابل مقایسه با لاستیک گرماسخت باشد، است که سبب افزایش پسانداز در هزینه می‌شود.

همچنین مانند تمام مواد، کشپارهای گرمانرم برخی معایب عملی دارند که شامل:

۱) فن‌آوری جدید

هر تغییر قابل ملاحظه‌ای، نیاز به ارتباط حداقل چندین فن‌آوری جدید دارد. در مورد TPE‌ها، این فن‌آوری، غیر مشابه با تعدادی از فراورش‌های لاستیک و سازنده‌های آنها است اما مشابه با بیشتر سازنده‌های پلاستیک‌ها می‌باشد. مانع (سد) بین این دو صنعت به طور واضح یک باز دارند برای استفاده تجاری از TPE است.

۲) تجهیزات (دستگاه‌های) فراورش غیر مشابه

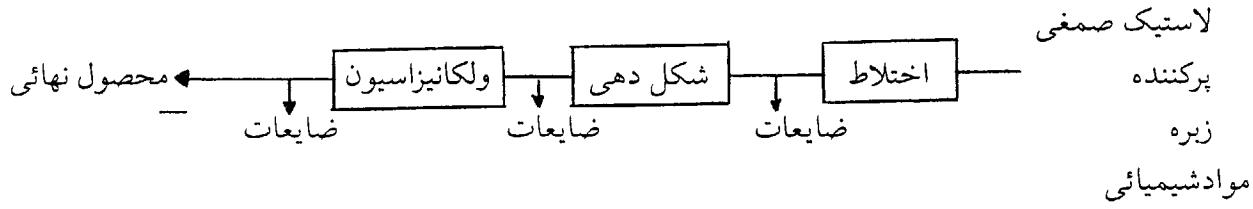
تجهیزات مورد نیاز برای TPE‌ها مشابه با سازنده‌های گرمانرم است اما بیگانه با سازنده‌های لاستیکی گرماسخت معمول (raig) می‌باشد.

۳) خشک کردن قبل از فراورش

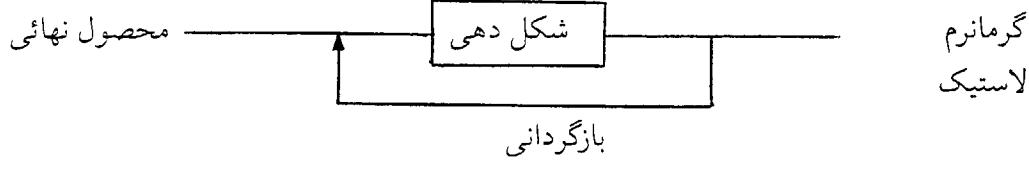
یک مرحله که تقریباً هیچ وقت در فراورش لاستیک معمول (raig) استفاده نمی‌شود اما معمولاً در ساختن اسباب‌ها (وسایل) گرمانرم، معمول است.

۴) تعداد محدود TPE‌های با سختی کم

محصول لاستیکی متداول



محصول لاستیکی گرمانرم



شکل ۱-۲۱- مقایسه فراورش گرما سخت و گرمانرم

بازیابی مواد ضایعاتی ناشی از فرآیند شکل دهی و بعد از آن میسر بوده، حال آنکه این امکان برای ضایعات حاصله از لاستیک پخت شده وجود ندارد.

اکثریت قریب به اتفاق TPE‌های موجود تجاری دارای یک سختی پایه تقویتی shore A هستند. تعداد تجاری موجود، با کاهش سختی به طور فزاینده‌ای کاهش می‌یابد. تعداد TPE‌های موجود با سختی تقویتی زیر shore A^{۰۰}، کاملاً محدود است.

۵) مذاب بودن در دماهای بالا

این خاصیت درونی مانع از کاربرد TPE‌های مورد نیاز، برای قرارگیری کوتاه‌مدت در دمای بالای نقطه ذوب می‌شود. از طرف دیگر، یک لاستیک گرماسخت احتمالاً برای اینچنین قرارگیریهای کوتاه مدت، مناسب هستند. [۲۳]

Thermoplastic polyolefin Elastomer (TPO)

یک دسته از TPE‌ها مخلوط‌های پلی‌اولفین - لاستیک می‌باشد (TPO). TPE‌ها دارای خواصی از کشپار گرماسخت بوده اما در تجهیزات (دستگاه‌های) گرمانزم استاندارد قابل فراورش می‌باشند.

محصولات TPO، یک دامنه از خواص را پوشش می‌دهند و مانند پلی‌بر‌فاصله بین کشپارها، پلاستیک‌ها هستند. فراورش اینچنین محصولاتی در دستگاه‌های گرمانزم استاندارد اجازه برای تولید بزرگ اقتصادی را می‌دهد. استفاده مجدد از دوباره خرد شده‌های حاصل از مراحل مختلف، تقریباً تمام مواد ضایعاتی را حذف می‌کند.

مواد TPO به عنوان ترکیبات مخلوط (آلیاژی)، شامل پلاستیک‌های نیمه بلوری پلی‌اولفینهای متفاوت و کشپارهای بی‌شکل تعریف شده است. بیشتر نوعهای معمول TPO‌ها از ترکیب پلی‌پروپیلن (pp)، و لاستیک اتیلن با دانسیته بالا (HDPE)، پلی‌اتیلن دانسیته کم خطی (LLDPE)، کوپلیمر اتیلن با وینیل استات (EVA)، اتیلن آکریلات (EEA) و متیل آکریلات (EMA)، کوپلیمرهای پروپیلن و اتیلن نیمه بلوری (COPP) و بوتیلن.

محصولات TPO شبیه بیشتر کشپارهای گرمانرم دارای نواحی سخت و نرم هستند. اندازه دقیق و شکل این نواحی همانند خواصشان، خواص فرمول (ترکیب) نهایی را مشخص می‌کند. خواص محصول ممکن است حتی بیشتر از ترکیب آن، توسط فرآیند تولید مخلوط، تعیین شود. بعلاوه خواص یک TPO ممکن است به مقدار زیادی توسط روش فراورش و ساخت محصول نهایی تغییر کند. محصولات TPO را از آمیزه‌سازی مواد موجود تجاری بدست می‌آورند.

وجود مواد اولیه بسیار متنوع تقریباً تعداد محصولات TPO موجود را نامحدود کرده است. هر کدام از این ترکیبات (فرمولها) دارای یک سری خواص مربوط به خود هستند که ممکن است در برخی کاربردها مفید باشد.

خواص ترکیبات تماماً به یک اندازه، توسط فراورش تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. یکی از ویژگیهای بسیار مهم، جهت‌گیری ملکولهای پلیمر در محصول نهایی است. روزن‌رانی بیشترین استحکام را نتیجه می‌دهد و این مسائل در طراحی TPO‌ها حائز اهمیت است.

سایر اجزا متشکله آمیزه‌سازی

در افزودن لاستیک و پلی‌پروپیلن، اجزاء متشکله بسیار متنوعی در آمیزه‌سازی یک TPO استفاده می‌شوند. این اجزاء سازنده ممکن است شامل پرکننده، عامل توان‌دهنده، روان‌کننده، نرم‌کننده، پایدارکننده حرارتی، ضد اکسیدنده، جاذبهای^{۷۷}، رنگ‌دهندها، بازدارندهای شعله، اصلاح‌کنندهای جریان و کمک فراورش باشند.

به طور معمول، در دمای اتاق بیشتر مواد افزودنی در فاز لاستیکی هستند. محققان در Exxon یافته‌اند که حتی در فرمول یک TPO که حاوی ۲۰٪ وزنی دوده می‌باشد؛ حقیقتاً هیچ دوده‌ای در فاز PP وجود ندارد. مواد افزودنی در دمای فراورش ممکن است به فاز PP

بروند. ملکولهای کوچکتر که در PP محلول هستند آزادند تا به آن فازی که، PP ذوب شده بروند. این یک تئوری برای مکانیسم تغییر بزرگ در خواص جریانی فرمولبندی TPO، با افزایش روغن هیدروکربن به آن است. در هنگام جامد شدن، روغن به فاز لاستیکی بر می‌گردد که به این علت نتایج مطلوب نرمی و طویل شدگی (extending) لاستیک نتیجه می‌شود.

فرمولبندی TPO ممکن است برای کاربردهای بسیار ویژه‌ای توسط استفاده از مواد افزودنی مختلف مناسب شود. مواد افزودنی از طریقی مشابه با گرمانزم PP و ترکیب گرماسخت به کار برده می‌شوند. به طور کلی این افزودنی دارای اثر یکسانی مانند آنچه در دیگر پلیمرها دارند، می‌باشد. در برخی موارد ممکن است مواد افزودنی تمایل بیشتری برای مهاجرت به سطح از آنچه فرمولبندی PP یا EPDM دارند، داشته باشند. اما آمیزه‌سازی دقیق می‌تواند مانع از مشکلات ناشی از مهاجرت یا روآیی (bloom) شود.

ریخت‌شناسی (مورفولوژی) یک ترکیب TPO پیچیده است، توزیع، اندازه و شکل فازهای PP و لاستیکی هردو، توسط خواص ترکیب مشخص می‌شود. فاز PP تقریباً همیشه پیوسته است. فاز لاستیکی ممکن است پیوسته یا مجرزا باشد که به مقدار لاستیک موجود در ترکیب که وابسته به مقدار PP است، نوع لاستیک مورد استفاده، روش اختلاط مورد استفاده برای تولید ترکیب TPO و سایر اجزاء مشکله مورد استفاده، بستگی دارد. آنالیز ریخت‌شناسی (مورفولوژی) توسط SEM صورت می‌گیرد.

در بیشتر فرمولبندی‌هایی که مقدار فار لاستیکی بین ۴۵٪ تا ۸۵٪ کل حجم ترکیب باشد، فاز لاستیکی پیوسته است. در این دامنه هر دو فاز PP و لاستیک پیوسته می‌باشند.

ریخت‌شناسی (مورفولوژی) همچنین به سایر مواد موجود در ترکیب بستگی دارد.

ممکن است سازگاری مواد با PP و لاستیک با هم تفاوت داشته باشد و این سازگاری در

تعیین ریخت‌شناسی حائز اهمیت می‌باشد. عامل تعیین‌کننده دیگر در ریخت‌شناسی، شکل فیزیکی ماده افزودنی ذره‌ای (particulate) مانند کلسیم کربنات به عنوان ذرات مجرزا در بین فاز لاستیکی و فاز PP یا هر دو پراکنده می‌شوند. در بیشتر موارد پرکننده‌های ذره‌ای در فاز لاستیکی پراکنده می‌شوند.

خواص TPO‌ها

محصولات TPO یک دامنه از قابلیت انعطاف‌پذیری، که پلی بر فاصله بین لاستیک‌های نرم و پلاستیک‌های مهندسی است را پوشش می‌دهند. TPO‌ها را می‌توان برای داشتن استحکام و چermگی باهم، فرموله کرد. یک TPO بسته به کاربرد موردنظر می‌تواند طوری طراحی شود که بسیار انعطاف‌پذیر و نرم باشد و ظاهر یک محصول لاستیکی معمول (رایج) را داشته باشد یا کاملاً نرم (soft) بوده اما دارای استحکام ضربه‌ای بسیار عالی باشد.

محصولات TPO با سختی پایه موقتی A shore ۷۰ تا D shore ۷۰ موجود هستند. مدول (ضریب) انعطاف‌پذیری آنها در محدوده psi ۱۰۰۰ تا بالای ۲۵۰۰۰۰ می‌باشد. تجمع ویژه خواصی مانند سختی، مدول (ضریب) انعطاف‌پذیری، استحکام کشش و مقاومت پارگی (tear)، استحکام ضربه‌ای و غیره با گراد (دانه‌بندی - عیار) ویژه TPO تغییر می‌کند.

کاربرد

محصولات TPO در کاربردهای مختلفی در ۳ زمینه فروش عمده، مصرف دارند: صنایع اتومبیل، سیم و کابل، و وسایل مکانیکی.

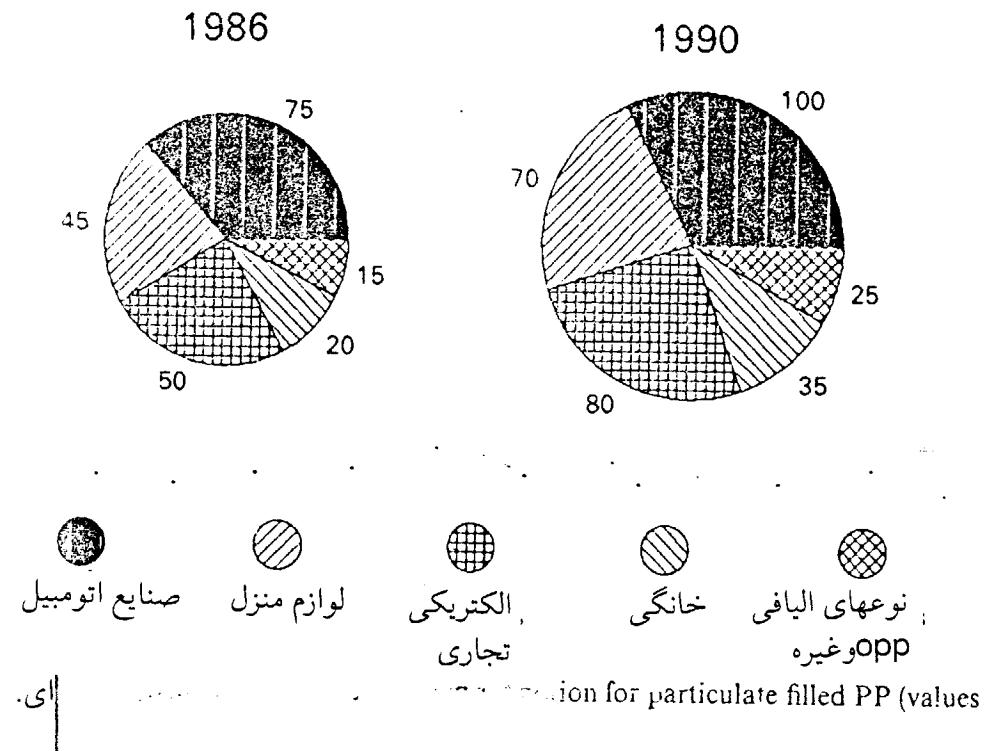
در هر کدام از این زمینه‌ها، TPO‌ها به علت اینکه نیازهای کاربردی مهندسی را براورده کرده و هزینه تولید آنها می‌تواند در رقابت با بیشتر مواد معمول (رایج) باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. [۲۳]

ذرات پرشده پلیپروپیلن، ساختمان و خواص

ذرات پلیپروپیلن پرشده (PP) در مقادیر بزرگی در زمینه‌های کاربردی متفاوتی، در طی سالها به کار گرفته شده‌اند. شکل ۱-۱ نه تنها کاربردهای بسیار مهم بلکه سرعت رشد آشکار این مواد را نشان می‌دهد. موفقیت ذرات PP پرشده به علت مزایای زیاد رابطه کارآوری/حجم/قیمت و این موضوع که چند سازه‌های (کامپوزیتها) PP به طور موفقیت‌آمیزی در زمینه‌های متداول کاربردی سایر مواد، مانند ABS نفوذ کرده، می‌باشد.

تلاش قابل ملاحظه‌ای برای افزایش کاربرد PP پرشده، در زمینه‌های مهندسی گرمانرها که در حال حاضر انحصاری می‌باشد، انجام شده است. اگرچه تعداد زیادی از پرکننده‌ها و توان دهنده‌های متفاوت می‌توانند به PP افزوده شوند. اما ۳ تای آنها نقش غالب داشته و این نقش در آینده هم ادامه خواهد داشت. اگرچه کلسیم کربنات سهم بزرگی را در بازار پرکننده‌های پلاستیک‌ها دارد، اما در مورد PP، مکان دوم را بعد از تالک اشغال می‌کند (جدول ۱۰-۱) و سومین پرکننده یا به طور واقعی‌تر توان دهنده، الیاف شیشه‌ای هستند که در مقادیر کمتری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

انتخاب «ترموپلاستیک‌های مهندسی» اساساً به صلیبت داده شده (چفرمگی انتخابی) و ویژگی‌های مقاومت حرارتی (پایداری ابعادی) بستگی دارد که با پر کردن و توان دادن به PP می‌توان به آن رسید. PP حاصل که دارای خواص بهبود یافته می‌باشد کاربرد بسیار وسیعی در صنایع اتومبیل، وسایل، لوازم و اثاثیه منزل دارد.



نوع پرکننده	پلاستیکها			
	1993	1990	1987	1986
کربنات کلسیم	۷۲	۴۸	۳۴	۸۴۵
تالک	۷۴	۵۰۳	۴۳	۸۵
کاژولین			۳۶	
آزیست			۱۲	
الیاف شیشه ای	۱۱	۸۵	۷	
سیلیکا	کم	کم	کم	۶
ولادستونیت	۰/۵	۰/۴	۰/۲	۲
میکا	۲/۸	۲/۴	۱/۹	۰/۵-۱
الیاف چوبی	۰/۵	۰/۴	۰/۳	
هیدروکسید آلمینیم	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۳۶

جدول ۱۰-۱ فروش پرکننده ها و توان دهنده ها برای پلاستیکها در اروپا غربی (۱۰۰۰ تن)

کنترل خواص PP بهبود یافته (بویژه کارآوری چermگی) احتیاج به یکسری آزمایشها و روش‌های ارزیابی اضافی دارد که شامل مکانیک‌های شکست (fracture) که ثوابت مواد را بدست می‌دهد، دارد.

اطلاعات مکانیک شکست از اطلاعات ناشی از روش‌های استاندارد شده (در مورد چermگی، به طور مثال اندازه‌گیری‌های IZod، charpy، وزن سقوط کننده falling weight)، (Dynstat) که می‌توانند به دقت با یکدیگر مقایسه شوند، اطلاعات بیشتری را بدست می‌دهد. استفاده از PP پر شده و توان داده شده در قسمتها که در معرض بارگذاری (فشار) چرخه‌ای می‌باشند سبب تعیین ویژگی‌های خستگی fatigue (فرسودگی) نیز می‌شود. همچنین می‌توان بر اساس مکانیک‌های شکست این کار را انجام داد.

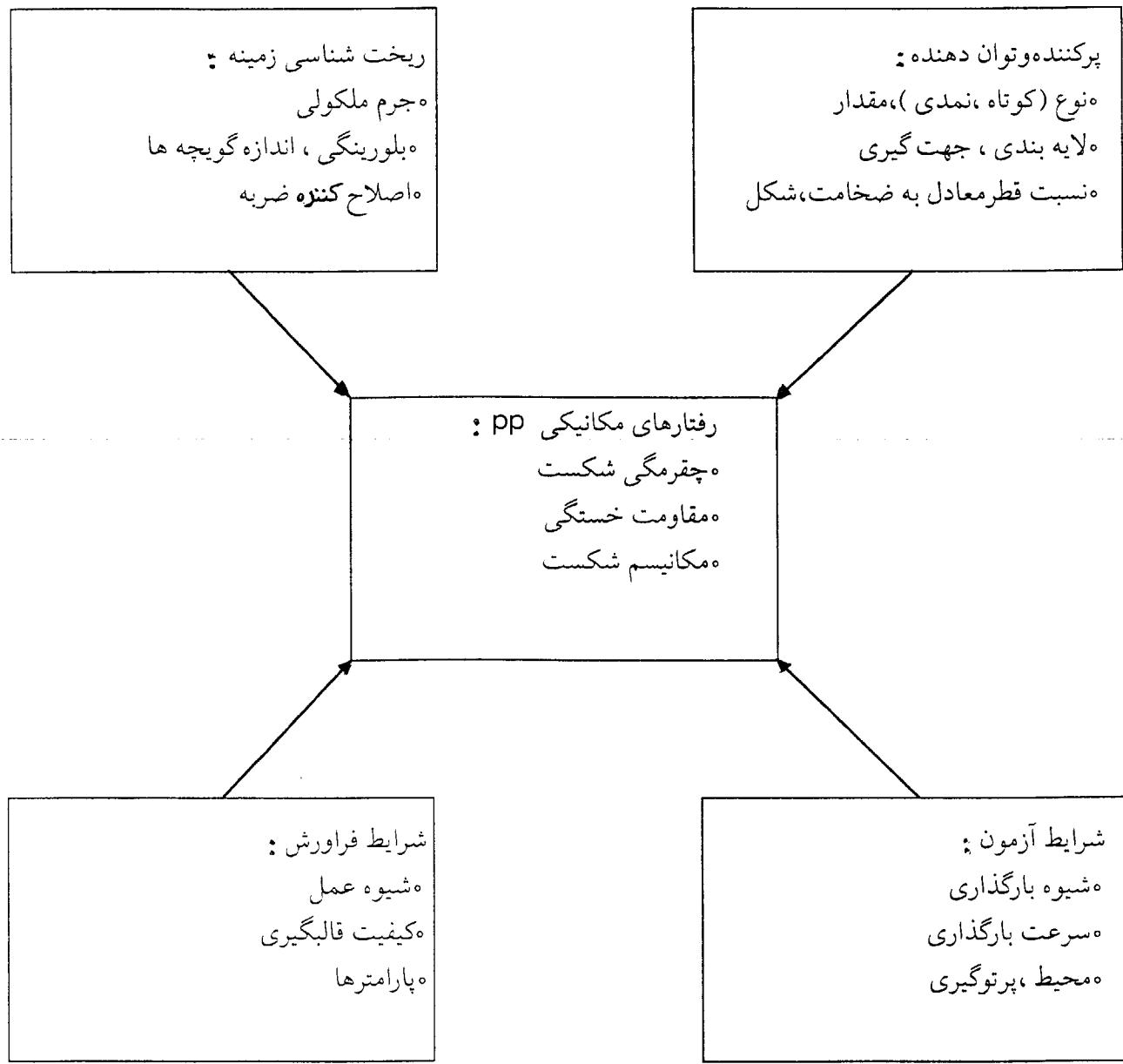
رفتارهای مکانیکی PP، در حالهای پرنشده، پر شده و توان داده شده به مقدار زیادی توسط عوامل مؤثر متفاوتی که آنها نیز به هم وابسته‌اند، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. (شکل ۲۲-۱)

۱) ساختمان ریخت‌شناسی (مورفولوژی) PP (که وابسته به ویژگی‌های جرم ملکولی، حالت بلوری، بلورینگی، حالت و اندازه گویجه‌ها، حضور قسمت لاستیکی، ریخت‌شناسی (مورفولوژی) ایجاد شده - فراورش و غیره می‌باشد)

۲) پرکننده و توان دهنده (نوع آن مانند ذره، ناپیوستگی و شبکه‌ای mat) (نمدی)، مقدار، نسبت قطر معادل به ضخامت، جهت‌گیری و قرارگیری ناشی از فراورش، عمل آوری سطح پرکننده و ...)

۳) فراورش (روشها، ترکیب (اساس) قالبگیری، متغیرهای فراورش و ...)

۴) شرایط آزمایش (شیوه و سرعت بارگذاری، دما، شرایط محیطی، پرتوگیری درونی و بیرونی و ...) [۱۵]



شکل ۱ - ۴۲ - عواملی که بر رفتار مکانیکی سیستم های pp اثر می گذارند.

تأثیر پرکننده‌ها و توان دهنده‌ها بر ساختمان زمینه PP

یک پلیمر نیمه کریستالی می‌باشد خواص آن توسط ساختمان بلوری اش و مقدار نسبی فازهای بلوری، بی‌شکل (آمورف)، اصلاح بلور، اندازه و بی‌نقص بودن بلورها، ابعاد گویچه‌ها و تعداد ملکولهای متصل (بهم پیوسته) که همه بر کارآوری محصولات PP تأثیر دارند، تعیین می‌شود.

با وجود اینکه تعیین ارتباط مستقیم بین یک خصوصیت ریخت‌شناسی ذره‌ای (به طور مثال بلورینگی، اندازه گویچه‌ها و غیره) و خواص ماکروسکوپی، چون با تغییر شرایط تبلور یا در طی تنش زدایی، بیشتر این ویژگی‌ها همزمان تغییر می‌کنند، مشکل می‌باشد، مشخص است که با افزایش بلورینگی و اندازه گویچه‌ها، مدول PP افزایش یافته و استحکام آن و بویژه تغییر شکل آن کاهش می‌یابد.

این ارتباط توسط Coppola و Greco که اهمیت ملکولهای متصل (بهم پیوسته) را در رفتار مکانیکی PP نشان می‌دهند، اثبات شده است. (شکل ۲۳-۱) بویژه ساختمان محصولات PP قالب‌گیری تزریقی شده حائز اهمیت است.

برش و شرایط حرارتی بالاتولید یک ساختمان هسته - پوسته چندین لایه شده می‌کنند که بسته به نوع اندازه و جهت‌گیری فازهای بلوری و بی‌شکل (آمورف) هر دو بطور پیوسته از پوسته به سمت هسته تغییر می‌کند. می‌توان ارتباط نزدیکی را بین ساختمان و خواص پیدا کرد، لایه بسیار برش داده شده دارای عدد β گویچه‌ای قابل ملاحظه‌ای است که بیانگر ضعیفترین نقطه می‌باشد، جایی که ترک شروع به ایجاد شدن کرده و در نتیجه مقاومت ضربه‌ای ضعیف شده و مقاومت خستگی کاهش می‌یابد.

وجود یک ترکیب دوم - پرکننده یا توان دهنده - در پلیمر، می‌تواند سبب تغییر در

ساختمان بلوری شود که متعاقباً سبب تفاوت در خواص می‌شود.

اثر بسیار مهم پرکننده‌های ذره‌ای، توانایی آنها در عمل بصورت عاملهای هسته‌زایی می‌باشد و تالک اثر هسته‌زایی بسیار قویی دارد. هسته‌زایی قوی می‌تواند به تغییر اصلاح بلور منتهی شود. استفاده از تالک به عنوان اصلاح‌کننده β در PP، سبب تغییر کامل در ساختمان بلوری می‌شود. دمای تبلور بالاتر اصلاح α ، از تشکیل فرم β جلوگیری می‌کند. اگرچه اثر هسته‌زایی تالک بی‌تردید اثبات شده اما تأثیر سایر پرکننده‌ها و توان دهنده‌ها هنوز کاملاً روش نیست. برخی پرکننده‌ها اثر هسته‌زایی ضعیفی نشان داده در صورتیکه تعدادی از آنها ساختمان بلوری PP را به طور غیرمحسوسی ترک می‌کنند. همچنین هنوز تعریف و طبقه‌بندی عوامل هسته‌زایی کاملاً مشخص نیست. [۳۶ و ۳۷]

تأثیر ویژگی‌های پرکننده بر روی خواص چند سازه (کامپوزیت)

تأثیر ویژگی‌های پرکننده بر کارآوری و خواص چند سازه‌های (کامپوزیتها) PP، با تأثیر آنها بر روی ساختمان بلوری، کم و بیش مغایرت دارد.

Colleagues Schlum و pf در چندین نشریه نشان داده‌اند که ترکیب شیمیایی پرکننده‌ها که معمولاً توسط تولیدکنندگان، به عنوان اطلاعات مربوطه تهیه می‌شوند برای تعیین ویژگی‌های آنها کافی نیست. بیشتر خصوصیات فیزیکی و اغلب ذره‌ای، را برای پیش‌بینی کارآوری آنها در یک چند سازه (کامپوزیت) برای هر کاربردی نیاز داریم. اهمیت بدست آوری اطلاعات عمومی مربوط به اثرات ویژگی‌های متفاوت پرکننده بر خواص چند سازه (کامپوزیت)، بویژه وقتی آشکار می‌شود که ما تنوع زیاد مواد مورد استفاده یا حداقل آنها را که به عنوان پرکننده در چند سازه‌های (کامپوزیتها) PP استفاده شده‌اند را در نظر بگیریم.

ترکیب شیمیایی و بویژه خلوص پرکننده هم دارای اثر مستقیم و هم غیرمستقیم، بر روی امکان کاربرد و کارآوری آن دارد. وجود مقدار جزئی از فلزات سنگین به عنوان ناخالصی، پایداری PP را کاهش می‌دهد. خلوص نامناسب به رنگزدایی محصول و محدودیت کاربردی پرکننده، منتهی می‌شود.

ترکیب شیمیایی سطح پرکننده، دارای اثراتی بر روی هسته ز ای‌اش می‌باشد. در اغلب کاربردها پرکننده‌ها، عمل آوری سطحی می‌شوند. مشخص شده که در عمل آوری پرکننده توسط سیلان، سطح دارای اسیدیتیه می‌باشد و عوامل کوپلائز را باید بر طبق خصوصیات شیمیایی پرکننده و زمینه پلیمری توأم‌اً، انتخاب کرد.

خواص مکانیکی چند سازدهای PP حاوی پرکننده‌های عمل آوری نشده، عمدتاً توسط ویژگی‌های ذرات‌شان تعیین می‌شوند.

یکی از قسمتهای مهم اطلاعات تهیه شده توسط کارخانجات، اندازه متوسط ذرات پرکننده می‌باشد. آشکارا به نظر می‌رسد که اندازه ذرات اثر تعیین‌کننده‌ای بر روی خواص چند سازه دارد. با کاهش اندازه ذرات استحکام و گاهی مدول افزایش یافته و تغییر شکل مقاومت ضربه‌ای کاهش می‌یابد. همچنین اندازه ذرات به تنها‌ی برای تعیین ویژگی‌های هر پرکننده‌ای، کافی نیست.

Schlumpf نشان داد که اطلاعات مربوط به توزیع اندازه ذرات نیز به همان اندازه دارای اهمیت می‌باشد ذرات بزرگ - top cut - در کنار تغییرات سایش و ظاهر محصول، معمولاً دارای یک اثر مخالف قوی بر روی تغییر شکل و خصوصیات شکل چند سازه‌ها (کامپوزیتها) می‌باشد.

با کاهش اندازه ذرات، تمایل انبوهش (aggregation) پرکننده افزایش می‌یابد. انبوهش زیاد به همگنی نامناسب، صلبیت و مقاومت ضربه‌ای کمتر منتهی می‌شود. ذرات پرکننده

متراکم شده، به عنوان محلهای شروع شکاف (crack) در ضربه عمل می‌کند. توزیع اندازه ذرات پرکننده معمولاً توسط روش‌های رسوب‌گیری تعیین می‌شود. این روش هم می‌تواند گمراه‌کننده باشد. در شکل ۲۴-۱ منحنی‌های توزیع اندازه ذرات دو پرکننده نشان داده شده است. هر دو پرکننده مقداری تمايل به انبوهش دارند و کسری از آنها از ذرات کوچک است و منحنی‌های توزیع اندازه ذرات تعیین شده با استفاده از روش رسوب‌گیری و میکروسکوپی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با هم دارند. این تفاوت‌ها در خواص نیز ظاهر می‌شوند.

مساحت سطح ویژه و توزیع اندازه ذرات پرکننده ارتباط نزدیکی با هم دارند. جذب سطحی (adsorption) برای مواد افزودنی با وزن ملکولی پایین و پلیمر هر دو، متناسب با اندازه سطح مشترک پرکننده - پلیمر می‌باشد.

هنگامی که برهم کنشهای پرکننده - زمینه بطور قابل ملاحظه‌ای خواص مکانیکی بویژه تنش تسلیم (yield stress)، استحکام کششی و مقاومت ضربه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد، جذب سطحی مواد افزودنی ممکن است سبب تغییر در پایداری شود. شکل ذرات نقش مهمی را ایفا می‌کند اثر توان دهنگی، با ناهمسانی ذرات افزایش می‌یابد، در حقیقت، اغلب درجه ناهمسانی متفاوت سبب تغییر زیاد در پرکننده‌ها و توان دهندها می‌شود.

نسبت قطر معادل به ضخامت پرکننده‌های صفحه‌ای شکل مانند تالک و میکا، PP را بیش از پرکننده‌های گویچه‌ای توان دهی می‌کند و تأثیر الیاف شیشه‌ای بزرگتر است (شکل ۲۵-۱)

در مورد پرکننده‌های ناهمسان، به دست آوردن یک تصویر واضح مربوط به اثر ویژگی‌های ذرات بر خواص چند سازه (کامپوزیت) دشوار می‌باشد. به نظر می‌رسد که مدول با نسبت قطر معادل به ضخامت افزایش می‌یابد اگرچه Parrinellno بدست آورد که

مدول PP پر شده با الیاف شیشه‌ای کوتاه، مستقل از طول و قطر الیاف می‌باشد. برطبق گزارشات Riley وقتی که نسبت قطر معادل به ضخامت بزرگی از تمرکز تنفس افزایش یافته، حاصل می‌شود، مقاومت ضربه‌ای با کاهش اندازه ذرات افزایش می‌یابد، ذرات بزرگ همانند ترک (flaws) (عیب، نقص) عمل می‌کنند. از طرف دیگر Fisa و vu-khank علیرغم مقداری افزایش در استحکام در برابر شروع ترک، یک کاهش در انرژی ضربه جذب شده را با کاهش اندازه مشاهده کردند. گفته می‌شود که مقدار استحکام کششی با افزایش اندازه ذرات کاهش می‌یابد اگرچه Trotignan هیچ تغییری در مقدار آن، به عنوان تابعی از ویژگیهای مشاهده نکرد.

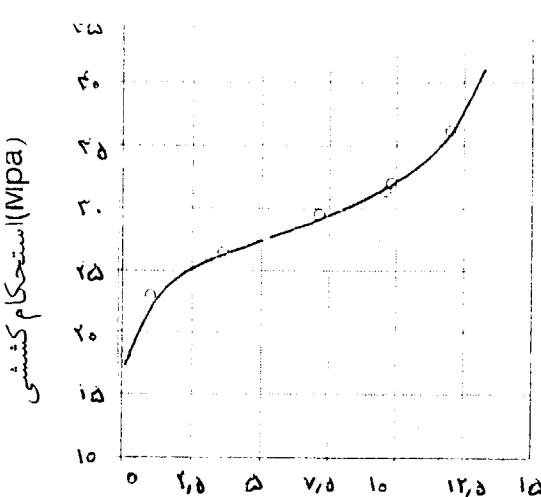
علیرغم این تناقصات و یا شاید به دلیل این تناقصات، باید در کنار اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات، نسبت قطر معادل به ضخامت و توزیع آن، ملاحظاتی را در کاربرد یک پرکننده جدید ناهمسان داشته باشیم. سختی یک پرکننده، اثر بزرگی بر فرسایش (wear) تجهیزات فراورش دارد. البته سختی تنها عامل تعیین‌کننده فرسایش تجهیزات نبود بلکه اندازه و شکل ذرات، ترکیب، گرانزوی (ویسکوزیتی) و سرعت فراورش هم نقشهای مهمی را ایفا می‌کنند.

با استفاده از انرژی آزاد سطح پرکننده، می‌توان برهم کنشهای بین پرکننده - زمینه و بین ذره - ذره را بدست آورد.

ابزار فرم (former)، اثر مشخصی بر خواص مکانیکی چند سازه داشته و انبوهش را تعیین می‌کند. هر دو بر هم کنش را می‌توان توسط عمل آوری سطح، اصلاح کرد. عمل آوری غیرفعال، سبب بهبود پراکندگی می‌شود اما بر هم کنش پرکننده - زمینه را کاهش می‌دهد در صورتیکه کوپلاژ فیزیکی یا شیمیایی سبب بهبود یافتن استحکام می‌شود. (شکل ۱-۲۶) برخی پرکننده‌ها و توان دهندها به شکل عمل آوری شده سطحی

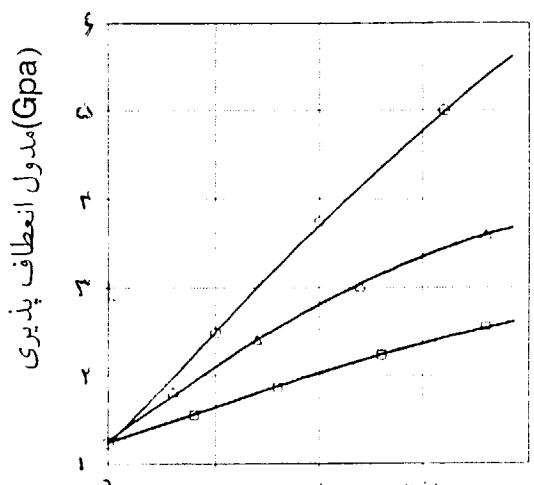
۱۸

شکل ۱-۲۳-۱ وابستگی استحکام کششی به تعداد ملکولهای متصل در پلی پروپیلن



-۱۸ ۱۰× تعداد ملکولهای متصل

شکل ۱-۲۴ توزیع اندازه ذرات پرکننده تمایل به انباستگی را نشان می دهد. وابستگی توزیع به روش اندازه گیری:
(ه) کربنات کلسیم (▲) دولومیت



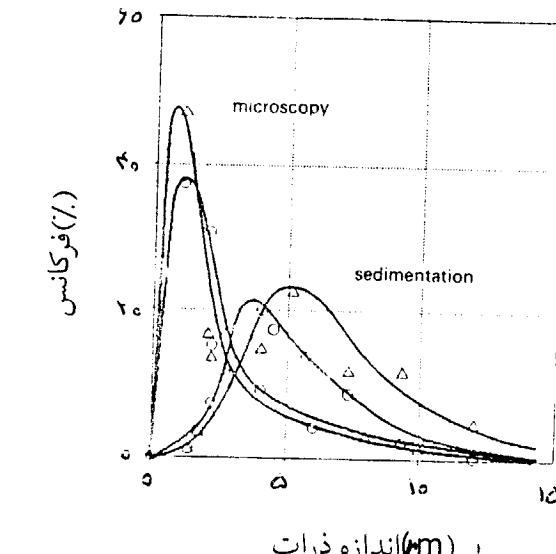
(-) کسر حجمی پرکننده

شکل ۱-۲۵-۱ اثر اصلاح سطح و اتصال (کوپلاز) بر تنفس تسلیم کششی

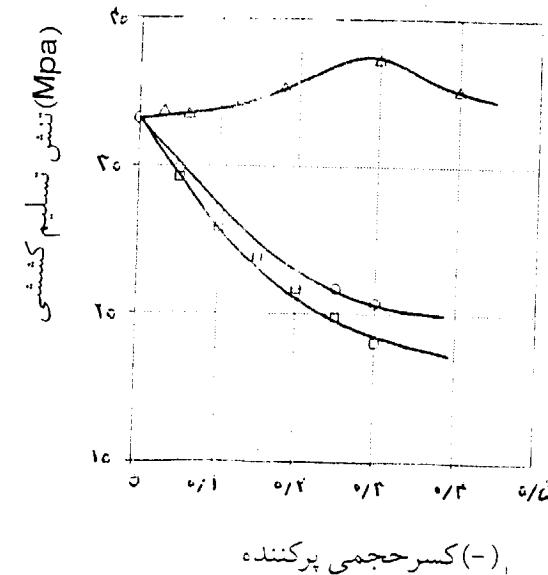
چندسازه های pp/caco_3

(ه) عمل آوری نشده (▲) عمل آوری شده توسط اسید استئاریک

(▲) اصلاح شده pp با مالئیک اندیrid (MA)



شکل ۱-۲۵-۱ تاثیرناهمسانگردی پرکننده بر
چندسازه های پلی پروپیلن (بر مدل انعطاف پذیری)
(ه) الیاف شیشه (□) تالک (○) کربنات کلسیم



(-) کسر حجمی پرکننده

تهیه می‌شوند. دانستن مقدار و ویژگی عمل آوری، برای بکارگیری موفقیت‌آمیز پرکننده ضروری می‌باشد.

خصوصیات حرارتی پرکننده‌ها بطور قابل ملاحظه‌ای با خصوصیات حرارتی PP، تفاوت دارد. این اثر مثبتی بر بهره‌دهی و فراورش دارد؛ ظرفیت حرارتی را کاهش داده و هدایت حرارتی را افزایش داده و زمان انجماد (خنکسازی) را کاهش می‌دهد. تغییر خواص حرارتی در چند سازه (کامپوزیت)، در اثر تغییر ریخت‌شناسی (مورفولوژی) هسته - پوسته (skin-core) بلور و بنابراین خواص قسمتهای قالب‌گیری تزریقی شده می‌باشد. از طرف دیگر تفاوت زیاد در خواص حرارتی ترکیبات، به توسعه تنشهای حرارتی منجر می‌شود که کارآوری چند سازه (کامپوزیت) تحت بار خارجی را، تحت تأثیر قرار می‌دهد.

برای رسیدن به خواص عاملی که پلیمر به تنها‌ی دارای آن نیست برخی از پرکننده‌ها را به PP می‌افزایند. که از جمله مهمترین آنها پرکننده‌های بازدارنده شعله و پرکننده‌های رسانا هستند. تعیین ویژگی‌های ذره و خواص فیزیکی این مواد، تأثیر مشابهی را بر روی خواص چند سازه (کامپوزیت) همانند زبره (پوش) را آشکار می‌کند.

برای رسیدن به هدف مطلوب، تهیه چند سازه (کامپوزیت) با خواص عاملی مشخص شده و خصوصیات aesthetic و مکانیکی قابل قبول در زمان مشابه، تعیین ویژگی‌های کامل این پرکننده کاملاً ضروری است.

معمولًا در هر دو مورد پرکننده‌های زبره (پوش) و پرکننده عاملی، مقدار پرکننده در PP اهمیت دارد. خواص چند سازه (کامپوزیت) به مقدار زیادی به ترکیب بستگی دارد که معمولًا این وابستگی تابع ویژگی ذره می‌باشد. توزیع تنش در چند سازه (کامپوزیت)، با افزایش مقدار پرکننده تغییر می‌کند و با کمک ذرات پرکننده، ساختمان دارای نظم بیشتری

را می‌توان بدبست آورد. بنابراین کارآوری یک پرکننده در هر چند سازه‌ای (کامپوزیتی)، باید همیشه به عنوان یک تابع از مقدار پرکننده، تعیین شود. [۱۵]

پلاستیک‌های زینتی Decorating plastics

در حال حاضر پلاستیک‌های زینتی به علت رقابت در تسريع فروش محصولات، یک مبحث دارای اولویت هستند. آنها در وسایل اتومبیل، دستگاهی، لوازم منزل، ساختمانی، بسته‌بندی و ظروف به کار برده می‌شوند. امروزه انتخاب فن تزیین می‌تواند قابلیت فروش یک محصول را تعیین کرده و به طور قابل ملاحظه‌ای قیمت (هزینه) محصول نهایی را تحت تأثیر قرار دهد. فن آوری جدید امکان نتایج مؤثری را با روشهای تزیین پلاستیک می‌دهد. فن آوری رنگ زدن روی پلاستیک‌ها توسط کمپانی‌های اتومبیل توسعه پیدا کرده‌اند و در سایر صنایع نیز به کار برده شده‌اند. تجهیزات، فن‌ها، کلمات فنی (terminology) و اخیراً آئین‌نامه‌های دولتی استنتاج شده برای سایر مواد، بطور یکسان برای رنگ کردن پلاستیک‌ها نیز به کار برده می‌شوند.

معلومات مورد نیاز برای اطمینان از کیفیت و کارآوری قسمتهای پلاستیکی رنگ شده متفاوت از اینها در رنگ روی فلز، چوب یا سرامیک است. این تفاوت ناشی از شباهت شیمیایی بین پوشش رنگ و سطح پلاستیک می‌باشد. مواد شیمیایی بکار برده شده برای حل کردن رزین رنگ، ممکن است به قسمت پلاستیکی (یا ماده) حمله کند. دمای مورد نیاز برای خشک کردن یا پخت (cu e) رنگ ممکن است بطور خطرناکی به دمای انحراف حرارتی پلاستیک، نزدیک باشد.

با کاربرد رنگ ممکن است مقاومت ضربه‌ای پلاستیک به صورت نموداری (نمایشی)، کاهش یابد. مدولها و یا صلبیت، پلاستیک‌ها به مقدار زیاد با نوع پلیمر و دما توأم تغییر

می‌کند. در رنگ کردن سایر مواد این تفاوتها حقیقتاً فاکتورهایی نیستند که در تعیین ویژگیهای کاربرد و پخت یک فیلم از رنگ، باید در نظر گرفته شوند.

کاربرد رنگ برای هر سطحی (یا ماده‌ای) باید با رعایت ۵ قانون اساسی زیر همراه باشد:

(۱) سطح باید تمیز باشد.

(۲) پوشش (رنگ) باید ماده را خیس کند.

(۳) پوشش باید قبل از خشک شدن یکنواخت (همتران) شود.

(۴) اتمسفر (فضای) خشک‌کننده، باید تمیز باشد.

(۵) باید به حلال اجازه دهیم تا تبخیر شود.

در مورد فن آوری رنگ کردن پلاستیک‌ها، هنگامی که از برهم کنشهای شیمیایی، حرارتی و فیزیکی بین فیلم رنگ و ماده اجتناب کنیم، این فن آوری نیز شامل این قوانین می‌شود. توسعه یک سیستم رنگ موفق برای یک پلاستیک جدید، ممکن است به فعالیت زیاد احتیاج داشته باشد. برای مؤثر بودن این تلاشها احتیاج به یک طرح (نقشه) داریم. در صنایع جدید انواع متنوعی از پلاستیک‌ها را داریم. پلاستیک‌ها می‌توانند خود رنگ، تولید شوند ولی گاهی برای منظورهای تزیینی یا احتمالاً محافظتی، کاربرد رنگ‌های رویه برای آنها ضرورت دارد.

پلاستیک‌ها مواد پلیمری توده‌ای هستند و بنابراین شباهت‌هایی با پوشش‌های رنگ دارند. پلاستیک‌ها را می‌تواند به دو دسته اصلی تقسیم کرد. رزینهای گرم‌انرم و گرم‌اسخت. مواد پلاستیکی اساساً به روش عده قالب‌گیری و شکل‌دهی ساخته می‌شوند. ماهیت مواد پلاستیکی، چه گرم‌انرم و چه گرم‌اسخت، اثر بسیار محسوسی بر مقاومت به حلال، محصول بدست آمده دارد و طبیعتاً این موضوع در انتخاب فرمولیندی اثر دارد.

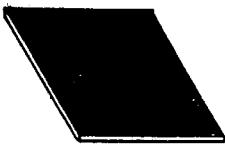
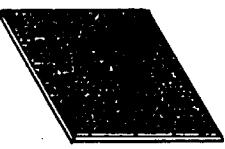
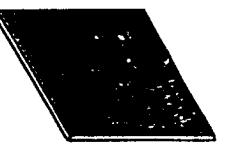
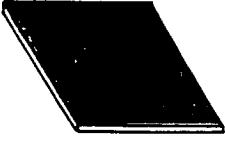
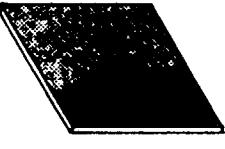
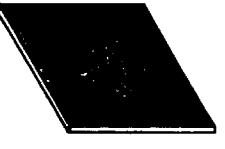
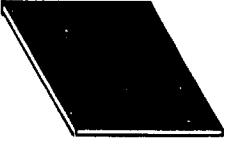
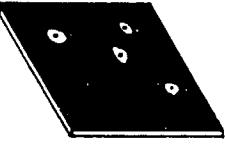
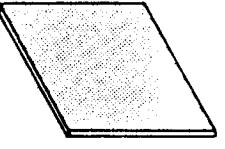
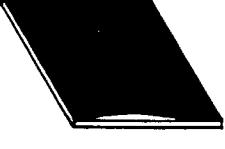
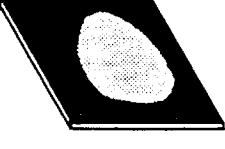
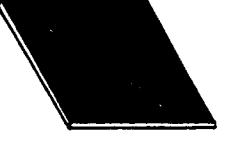
بطورکلی مواد گرماستخت به عنوان یک دسته، در برابر بیشتر حلالهای معمولی مقاوم هستند. از مواد گرمانزم، نایلون در برابر بیشتر حلالها مقاوم است ولی رزینهای دیگر بوسیله دسته‌های خاصی از حلالها تخریب می‌شوند. بیشتر رنگها را می‌توان روی پلاستیکهای گرماستخت زد و فرمول بندیهای هوا خشک و کورهای می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در فرمول بندی کورهای، دمای کوره باید محدود شود تا از تخریب احتمالی محصول، جلوگیری شود. استفاده از رنگهای کورهای در روی مواد گرمانزم به خاطر ماهیت خود مواد پلاستیکی، محدود است.

چسبندگی رنگ به پلاستیکها نیز بسته به نوع خود پلاستیک و رنگ پایه رنگ به کار رفته، تغییر می‌کند. یکی از مشکل‌ترین پلاستیکها برای رنگ‌آمیزی، پلی‌اتیلن هم نوع دانسیته بالا و هم دانسیته پایین می‌باشد. پلی‌پروپیلن نیز می‌تواند تولید اشکال کند. با پلاستیکهای گرماستخت لازم است که برق رویه ناشی از زدن قالب، با زبر کردن سطح پلاستیک از بین برود. سمباده‌کشی بسیار سطحی می‌تواند این کار را انجام دهد چون مواد گرمانزم نسبت به حلالها حساس هستند لذا نیازی به ناهموار کردن سطح پلاستیک در این موارد نیست، چون اگر بتوان پوشش برای این نوع پلاستیکها فرمول بندی کرد مخلوط حلالهای موجود در پوشش اندکی به سطح مواد پلاستیک گرمانزم اثر گذاشته و سطح آن را ناهموار می‌کند.

در رنگ کردن پلاستیک، ممکن است نقصهای مختلفی بر روی قطعه رنگ شده حاصل، مشاهده شوند که در شکل ۲۷-۱ آورده شده‌اند. [۲۲]

اصلاح سطوح قطعات پلاستیکی

قرارگیری در معرض منابع با انرژی بالا، شعله، هاله‌ای (corona)، پلاسماء تشعشع u/v،

لکه دارشدن	افشانه خشک	ته سنجاقی
		
... PAINT, AIR OR POST-MOLDING CONTAMINATION	... SOLVENTS TOO 'FAST' FOR CONDITIONS	... SUBSTRATE OR PRIOR LAYER VOLATILES
شره کردن	سینه دادن	پوست پرتقالی
		
... OVER APPLICATION IN LOCAL AREAS	... VISCOSITY ON SUBSTRATE TOO LOW.	... SOLVENTS TOO 'FAST' CAUSING 'SKINNING'
حفره ای شدن		کدرشدن
		
... MOLD QUALITY OR POOR PART HANDLING	... SURFACE ACTIVE CONTAMINATION	... APPLICATION BELOW AMBIENT DEW POINT
تاول زدگی	خیسیدن	ترک موئی
		
REACTION WITH SUBSTRATE MASSIVE CONTAMINATION	MOLDING COMPOUND FLOW, RHEOLOGY PROBLEMS	... SOLVENT OR THINNERS ATTACK SUBSTRATE

شكل ۱-۲۷-۱-نقشهای رنگ متداول.

شیمی سطح آلی بیشتر پلاستیک‌ها را اصلاح می‌کند. عمل آوری شعله برای اجسام سه بعدی قالب‌گیری شده، جایی که فاصله بین شعله و حجم می‌تواند تغییر کند، مناسب نیست. چون در صورت زیاد نزدیک شدن، ذوب اتفاق می‌افتد و هیچ اثر یا اصلاح لکه‌ای (ناهموار) spotty، اگر شعله خیلی دور از سطح باشد اتفاق نمی‌افتد. در مورد فیلمها، صفحه‌ها و روزن رانی مقطعی، که فاصله می‌تواند کنترل شود، عمل آوری توسط شعله کاربرد پیدا می‌کند. استفاده از شعله باز، بویژه نزدیک یک عمل رنگ‌کنندگی، معمولاً به دلایل ایمنی ممنوع است.

تخلیه هاله‌دار به طور وسیعی برای پیش عمل آوری وسایل پلی‌اولفینی قبل از رنگ کردن، چاپ کردن یا چاپ سیلک به کار برده می‌شود. این فرآیند براساس تخلیه یا هاله بین صفحات جریان متناوب باردار شده الکتریکی است. این فرآیند با رطوبت و گرمایی که سبب تغییر شیمی سطح به اکسید پایه پلیمری پلاستیک می‌شوند، افزایش می‌یابد. گروههای قطبی بسیار آسانتر از پلاستیک‌های عمل آوری نشده، مرطوب می‌شوند و عمل آوری هاله‌دار برای وسایل (اسباب) بی‌دوام مناسب است.

تحت تشعشع شدید، بنزو فنون بکار برده شده در سطح آلیاژ لاستیکی اتیلن-پروپیلن معین (EPDM,TPO,etc) می‌تواند تریپذیری ماده را افزایش دهد. در این فرآیند باید به دقت هم غلاظت بنزو فنون بکار گرفته شده و هم شدت تشعشع u.v. v.u. را کنترل کرد. برای سطوح پلاستیک‌ها می‌توانیم از اصلاح شیمیایی نیز استفاده کنیم. اصلاح شیمیایی پلاستیک‌ها با گازهای مهاجم (aggressive) Cl_2, F_2 موافقیت‌آمیز است اما فرآیندهای پرخطر نیاز به بکارگیری، اندازه‌گیریهای محافظتی زیادی دارند. طبیعت شیمیایی هالوژن (کلر، فلوئور و ...) به اندازه‌ای که بتواند مقداری از اصلاح سطح را توسط مایعهای هالوژنی یا محلولهای هالوژنی ترکیبات هالوژنی معین فراهم کند. مهاجم

می باشد.

قابل توجه ترین اینها آسترهاي تبخيري (flash primers) که براساس ترکيبات كلردار هستند، می باشند. اولفينها بویژه پلیپروپيلن هموپلیمر را می توان با کاربرد اسپری (افشانه)، و خشک کردن تبخيري (۳۰ ثانیه) با آسترهاي شيميايی كلردار، قابل رنگ کردن، نمود. اخيراً اين مواد شيميايی به طور موفقیتآمیزی به پوشش رنگی که اجازه می دهد پلیپروپيلن با سهولت نسبی رنگ شود، مشارکت (همکاري) می کنند. [۲۲]

يکی از روشهای عمل آوري سطح به منظور چسبندگی بهتر رنگ به سطح، زبرسازی می باشد.

زبرسازی پلی اولفینها توسط اسید کرومیک

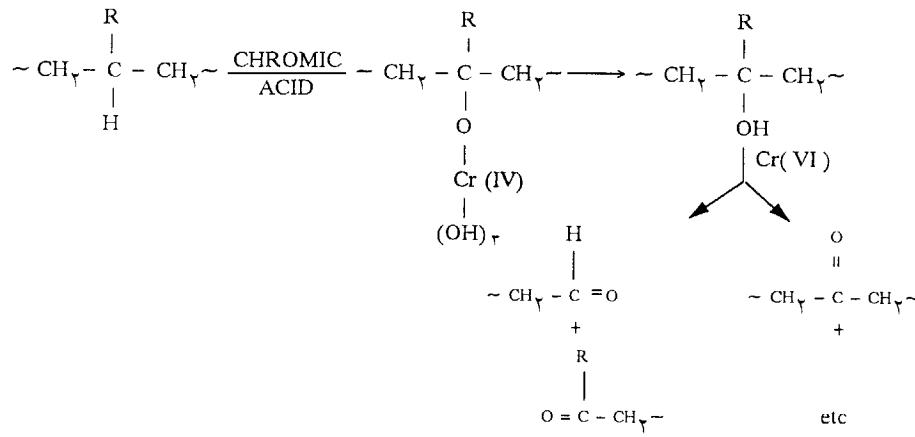
اسید کرومیک به صورت تجاری برای زبرسازی پلیپروپيلن، ABS و ... به کار برده می شود. یک نوع از حمام اسید کرومیک شامل پتابسیم دی کرومات، آب و اسید سولفوریک غلیظ می باشد و نوع دیگر از آن شامل اسید کرومیک (CrO_3)، اسید سولفوریک و اسید فسفریک است.

زبرسازی توسط اسید کرومیک، ترجیحاً نواحی بی شکل (آمورف) یا لاستیکی را حذف می کند. بسته به ریختشناسی (مورفولوژی) بلوری سطح، ممکن است حفره های ریشه مانند (root like cavities) بسیار پیچیده ای بر روی سطح زبر شده ایجاد شده و مقداری نیز اکسیداسیون سطح اتفاق می افتد.

همچنین بهبود نموداری تریپدیری و پیوندپدیری ایجاد شده عمدتاً بیشتر از گروههای قطبی ایجاد شده توسط اکسیداسیون سطح، از توپوگرافی پیچیده می باشد.

انحلال پلیمر هیدروکربنی توسط کرومیم شش ظرفیتی در محیط اسیدی، از طریق تشکیل یک حدواتط کرومیم چهار ظرفیتی که به یک الكل آبکافت (هیدرولیز) می شود،

انجام می‌گیرد. اکسیداسیون بیشتر سبب قطع زنجیر و دادن اولفین و آلدهید و کتون یا کربوکسیلیک اسید به صورت زیر می‌شود:



سرعت نسبی واکنش برای گروههای $\text{C}-\text{H}$ ، $\text{C}-\text{C}$ و $\text{C}=\text{O}$ حدود ۱:۷۵:۴۶۰۰ به ترتیب برای آلکانها است. برطبق این حالت، سرعت زبرسازی برای پلیپروپیلن (حدود $140 \mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{hr}$) سریعترین بوده، سرعت متوسط برای پلیاتیلن شاخه‌دار (حدود $75 \mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{hr}$) بوده و کندترین سرعت برای پلیاتیلن خطی (حدود $98 \mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{hr}$) می‌باشد.

اسید کرومیک هر دو ناحیه بلوری و بی‌شکل را با سرعتهای مشابهی در روی سطوح PP، زبر می‌کند. بنابراین سطح PP زبر شده با اسید کرومیک دارای شکل (کیفیت) کم عمق (anchoring) و اندکی است. اینچنین سطوحی دارای محلهای لنگری (shallow) (سطحی) مکانیکی، اندکی بوده و مناسب برای دادن پوشش فلزی نیستند. برای رسیدن به زبرسازی مناسب نواحی بی‌شکل، پلیپروپیلن توسط غوطه‌وری در هیدروکربن گرم یا یک امولسیون مائی از ترپنتین قبل از زبرسازی، پیش عمل آوری می‌شوند. هیدروکربن، ناحیه بی‌شکل را متورم (swell) کرده و تأثیرپذیری آن را افزایش می‌دهد.

توپوگرافی سطح پلیپروپیلن زبر شده به ریختشتاسی بلوری سطح آن که توسط قالب‌گیری و سرعت سرد کردن تحت تأثیر قرار می‌گیرد، بستگی دارد. توسط ESCA و

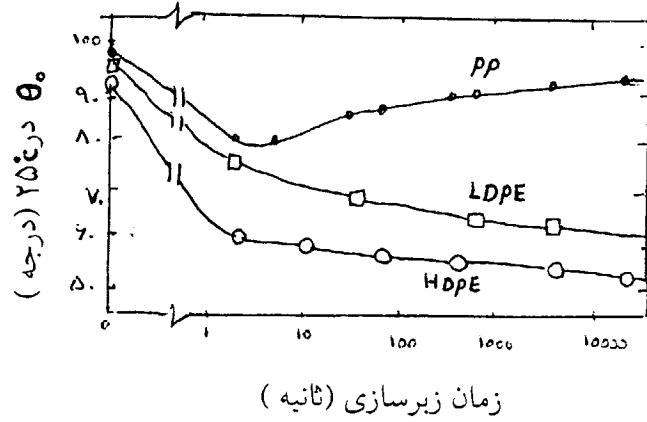
اسپکتروسکوپی IR و u.v گروههای هیدروکسیل، کربونیل و اسید سولفوریک روی سطوح پلی اولفین زبر شده با اسید کرومیک، تشخیص داده شده‌اند. این گروههای قطبی سطح حاصل از اکسیداسیون روی پلی‌اتیلن شاخه‌دار دارای فراوانی زیادی بوده، روی پلی‌اتیلن خطی دارای فراوانی متوسط و روی پلی‌پروپیلن کمترین مقدار فراوانی را دارند. ظاهراً محصولات اکسید شدنی، به طور ثابت از پلی‌پروپیلن برداشته (حذف) می‌شود که باید بسیار حساس باشد در صورتیکه روی پلی‌اتیلن خطی کمترین حمله توسط اسید کرومیک را داریم.

قابلیت ترپذیری پلی‌اولفینهای زبر شده به مقدار زیادی افزایش می‌یابد (شکل ۲۸-۱ و جدول ۱۱-۱) همچنین قابلیت پیوندپذیری پلی‌اولفینهای زبر شده نیز به مقدار زیادی افزایش می‌یابد برخی مثالها در شکل ۲۹-۱ جایی که پلیمرهای عمل آوری شده به یک پارچه (پایه) نایلونی توسط یک چسب آکریلیک پیوند زده شده‌اند نشان داده شده است. استحکام شکستگی (fracture) نه تنها به ترپذیری بلکه (از جهت‌ها و ویژگی‌های دیگر) به توپوگرافی سطح که توسط شرایط زبرسازی ویژه و ریخت‌شناسی پلیمر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، باید بستگی داشته باشد.

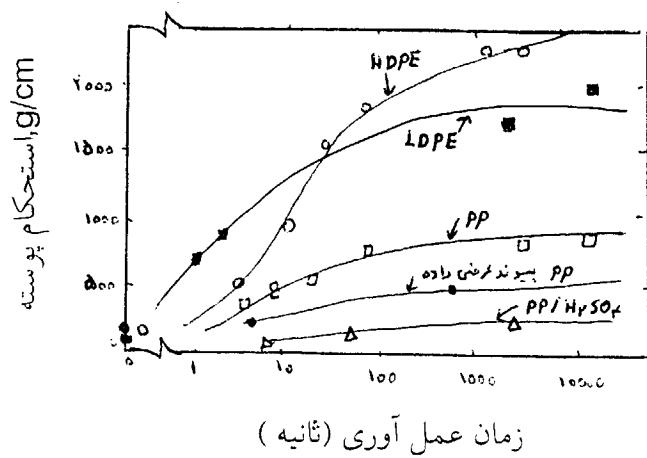
برهمکنشهای ماده / فیلم رنگ

همانطور که قبل گفته شد حلال به کار رفته برای حل کردن رنگ پلاستیک ممکن است ماده پلاستیکی را نیز حل کند، قدرت حلال به طور کلی در دماهای بالاتر، زیادتر می‌شود. در طی خشک کردن حلال و پخت رزین رنگ، این دماها ممکن است باعث شروع حل شدن ماده شوند. اگر مدت قرارگیری در این دماها کوتاه باشد، حلال تبخیر می‌شود و در ماده پلاستیکی دارای ضخامت متوسط، از وجود این مشکل ممکن است صرفنظر یا چشم‌پوشی شود.

مشکل قدرت حلال پوشی معمولاً در رنگ کردن مواد پلاستیکی بسیار نازک روی می‌دهد. مهر زنی گرم (hot stamping) یک لایه بسیار نازک گرماننم را روی ماده



شکل ۱-۲۸-پیشرفت زاویه تماس آب روی پلی اولفینهای زیرشده با اسید سولفوکرومیک. PP,LDPE,HDPE.



شکل ۱-۳۹-استحکام پوسته در رابطه با زمان عمل آوری با اسید کرومیک. HDPE,LDPE,PP,PP/H₂SO₄. (پلی پروپیلن عمل آوری شده با اسید سولفوریک)

زاویه تماس (درجه)

عمل آوری شده با اسید کرومیک

عمل آوری نشده	عمل آوری شده	dyne/cm	مایع مورد آزمایش
۱۵min ۷۱°C	۹۴	۷۲/۸	آب
۵۲	۷۹	۶۳/۴	گلیسرول
۳۳	۷۷	۵۸/۲	فرماید
۲۹	۶۱	۴۸/۳	اپوکسی مایع
۲۰	۴۹	۴۴/۵	پلی (اتیلن گلیکول)
۵۲/۳	۳۴/۲	-	dyne/cm s

زوایای تماس از مرجع کشش سطحی S از معادله روش ایستا (حالت)

جدول ۱-زاویه تماس و کشش سطحی پلی اتیلن شاخه دار عمل آوری نشده و عمل آوری شده با اسید کرومیک.

پلاستیکی رسوب می‌دهد (بجا می‌گذارد). برای دوام آن گاهی مطلوب است تا یک پوشش مقاوم سایشی مشخص بر روی قطعه‌هایی که مهر گرم زده می‌شوند به کار ببریم. این به عنوان راهی برای مشکل انحلال که می‌تواند به عنوان یک گسیختن (شکستن) (disruption) ماده نازک مهر گرم یا شرایطی که drop-through نامیده می‌شود، ثابت شده است. drop-through وقتی اتفاق می‌افتد که حلالها به فیلم رسوب داده شده قبلی نفوذ کرده و ایجاد ترک (craze) کرده، چسبندگی را کم کرده یا ماشویش رنگ‌های لایه‌های فیلم پایین‌تر را داریم. رنگ کردن قسمتهای مهر گرم زده شده وقتی حللالهای پوشش بسیار گرم باشند، می‌توانند مشکلات پیش‌بینی نشده‌ای را باعث شود. چاره کار سرد کردن یا پایین‌تر آوردن قدرت حلال پوشی سیستم رنگ می‌باشد. حالی را که سبب مشکلات انحلال می‌شود مستقیماً می‌توان بعد از رنگ کردن، با بررسی (مشاهده) کیفی بصری موقعیتها، مشخص کرد.

یک مشکل بسیار غافلگیرکننده آن است که ترک‌برداری تنشی (stress cracking)، که یک پدیده‌ای است که ممکن است در طی روزها، هفته‌ها یا ماهها پس از اینکه برانگیخته شده است قابل مشاهده نباشد، ایجاد می‌شود. پلاستیک‌های بی‌شکل مانند ABS، SAN، پلی‌کربنات و استیرن همیشه مستعد ترک‌برداری تنشی هستند. در مورد موادی که نوعاً بلوری فرض می‌شوند (نایلون، استال، پلی‌اتیلن و ...) اگر مقدار ناحیه بی‌شکل آنها در عرض ضخامت ماده امتداد پیدا کند می‌توان برای آنها انتظار ترک‌برداری تنشی داشت.

ترک‌برداری تنشی وقتی که برخی مواد شیمیایی به پلاستیک نفوذ کرده یا رسوخ کرده باشند روی می‌دهد. بلورها، ساختمانهای بسیار جهت‌دار شده هستند که در برابر این نفوذها مقاومت می‌کند.

نواحی بی‌شکل، هدف ترک‌برداری تنشی هستند و آنها اگر تحت یک حد معینی تنش‌دار شوند قادر به مقاومت در برابر نفوذ نیستند. وقوع ترک‌برداری تنشی را تنها با آزمونهای قبلی می‌توان پیشگویی کرد. حرارت و تنش، باعث ایجاد واپیچش (distortion) در قطعات

پلاستیکی می‌شود. مقدار واپیچش ایجاد شده به سطح تنش و دما تواناً بستگی دارد. اثرات بلندمدت به عنوان خرز شناخته شده‌اند در صورتیکه اثرات کوتاه‌مدت توسط مقادیر HDT مشخص می‌شوند. از این‌رو آزمایش HDT مقادیر دمایی دقیق برای هر پلاستیک را بدست می‌دهد. این آزمایش بطورکلی حتی توسط مهندسان پلاستیک تجربی، بد فهمیده شده است.

اگر مقدار HDT ماده‌ای ۲۱۲ درجه فارنهایت (۱۰۰ درجه سانتیگراد) باشد، اغلب نادرست است که فرض کنیم که قرارگیری در معرض دمای بالاتر از ۲۱۳ درجه فارنهایت، در چرخه‌های رنگ سبب واپیچش می‌شود. این الزاماً درست نیست. نگاه دقیق‌تر به آزمون (ASTM-D648) آشکار می‌کند که دمای انحراف، وابسته به سطح تنش بوده و اغلب در سطوح تنشی پایین‌تر بسیار بزرگ‌تر است. متأسفانه سطح تنش اصلی انتخاب شده برای این آزمایش [۰/۴۶۲ و ۱/۸۴۸ N/mm²] (۶۶psi, ۲۶۴psi) بسیار بزرگ‌تر از سطح تنشی که در فراورش رنگ با آن مواجه هستیم، می‌باشد.

بکارگیری فیلمهای رنگ با ضخامت بزرگ‌تر اثر منفی داشته اما بنظر می‌رسد ضخامت ماده تا حدودی اثر مثبت دارد. محققان فهمیده‌اند که این یک مشکل مکانیکی بوده و به فیلم رنگ بخوبی پیوند زده شده روی پلاستیک‌ها مربوط می‌باشد. قرارگیری صفحه‌های مسطح در تمام حللهای سیستم‌های رنگ، ایجاد نتایج شکنندگی (embrittling) مشابهی را نمی‌کند. با وجود این اثرات تجربی، هنوز یک سردرگمی (بیچیدگی)، در صنایع رنگ کردن پلاستیک وجود دارد.

شکل دیگر استفاده از سیستم رنگ مشابه در رنگ کردن سطح فلزی و پلاستیکی است. گذشته از اثرات حرارتی، فیلمهای رنگ با کارآوری خوب روی پلاستیک‌ها، معمولاً ایجاد کارآوری خوب مشابهی را روی فلزات نمی‌کنند. مشکل در تقاضت اساسی در مدول ماده است. بیشتر پلاستیک‌ها تنها دارای ۱٪ صلبیت فولاد هستند. پوشش‌دهی (رنگ کردن) طراحی شده برای پلاستیک‌ها معمولاً کاملاً انعطاف‌پذیر می‌باشد، تا سائیدگی (اصطکاک) ضربه‌ای (impact) و ترک برداری انعطافی (flex cracking) را مینیمیم کنند.

لازم است که یک حلال مناسب نه تنها کارآوری روی پلاستیک و فلز هر دو را بهینه کرده بلکه اجازه دهد تا فیلم رنگ در دماهای به اندازه کافی پایین برای اجتناب از عمل حرارتی با پلاستیک‌ها، پخت شود. این را سیستم پوشش رنگ واحد طراحی شده برای محصولات مجتمع از فلزها و پلاستیک‌ها تواناً می‌نماید. مواد پلاستیکی باید به عنوان مواد شیمیایی فعال در نظر گرفته شوند مگر خلاف آن ثابت شود. رطوبت جذب شده توسط نایلون، پلی‌کربناتها و پلی‌استرها ممکن است با رنگ‌های آزاد - ایزوسیانات اورتان واکنش دهند. نرم‌کننده‌ها، و مواد افزودنی لغزشی و ضد دسته‌ای شدن می‌توانند بکار روند تا ایجاد چسبندگی بادوام کنند. ضد اکسیدهای و بازدارندهای طراحی شده برای جلوگیری از تخریب (تجزیه) مواد پلیمری، ممکن است مانع از مکانیسم‌های پخت فیلم رنگ شوند. این اثرات معمولاً بnderت اتفاق می‌افتد و اگر نتوان کاملاً توسط استفاده از روش عمل، فن‌ها و روش‌های آزمایش توصیف شده، این اثرات را از بین برد می‌توان آنها را کنترل کرد. [۲۱ و ۲۲]

معایب رنگ و طرز اصلاح آن

معمولًا وقتی که در رنگ مورد استفاده عیب کوچکی دیده می‌شود، بلافاصله خود رنگ را محکوم می‌کنیم، در صورتی که بnderت چنین قضاوی صحیح است و قسمت زیادی از عدم موفقیت رنگ و عیوب آن به آماده نبودن سطح در پذیرفتن پوشش و یا دلایل دیگر مربوط می‌شود که برخی از آنها عبارتند از:

- (۱) آماده نبودن سطح کار قبل از زدن پوشش
- (۲) بکار بردن فن‌های ضعیف یا استفاده از روش‌های کاربردی نامناسب
- (۳) استفاده از رنگ بدون در نظر گرفتن شرایط مناسب از قبیل دما و رطوبت مناسب
- (۴) مناسب نبودن ضخامت فیلم رنگ (یا کمتر از حد معمول و یا ضخیم‌تر از حد استاندارد)
- (۵) نامناسب بودن رنگ برای سطح مورد نظر یا شرایط جویی که فیلم رنگ در معرض

آن قرار می‌گیرد.

۶) نامناسب بودن ویژگیهای رنگ (این مورد می‌تواند شامل مواردی که در بالا ذکر شد، باشد)

به شرطی که موارد زیر رعایت شود، اصولاً می‌توان از اکثر معایب زودرس رنگ جلوگیری کرد:

۱) داشتن یک مختصات سالم و صحیح قبل از شروع بکار.

۲) پیوستگی و توافق مختصات در نظر گرفته شده از کلیه جهات. البته موقعی که عیوبی در رنگ ایجاد می‌شود بندرت می‌توان آن عیوب را از یکدیگر جدا کرد، زیرا اکثر عواملی که عیوب را بوجود می‌آورند به یکدیگر مربوط هستند.

عدم چسبندگی

چسبندگی رنگ به سطح بستگی به ترشوندگی و تمیزی سطح دارد. این امکان وجود دارد که تحت شرایط کنترل شده‌ای یک سطح تمیز را برای پوشش دار شدن آماده کرد، اما گاهی تمیز کردن سطح به طور کامل وجود ندارد. شکنندگی (embrittlement) فیلم باعث عدم چسبندگی آن می‌شود که با ترک خوردن و پیوسته شدن فیلم همراه است. از میان علتهايی که شکنندگی فیلم را ایجاد می‌کنند، موارد زیر قابل ذکر است:

۱) هوادیدگی (در معرض هوا قرار گرفتن) رنگهايی که قابلیت اکسید شوندگی دارند. در اين گونه رنگها عمل سخت شدن فیلم رنگ به طور روزافزونی از طریق اکسایش اتفاق می‌افتد، که همراه با خارج شدن محصولات فرعی قابل حل در آب می‌باشد.

۲) از دست دادن نرم‌کننده از طریق تبخیر یا مهاجرت نرم‌کننده از درون فیلمهای غیرقابل تبدیل.

۳) ماندن بیش از حد مجاز رنگهای کورهای در کوره که باعث شکنندگی فیلم می‌شود. این مورد بويژه درباره آستريها صادر است.

۴) جذب فاز مایع رنگ بوسیله سطح بتونه نشده که منجر به عدم چسبندگی و ترک

خوردن اجزای باقی مانده رنگ و شکنندگی فیلم رنگ می‌شود (مانند ترک شدن گل رس بعد از خشک شدن)

روشهای رنگ‌آمیزی و خشک کردن فیلم رنگ

انتقال مایع رنگ از ظرف محتوی آن بر روی یک سطح می‌تواند به طرق مختلفی صورت گیرد. معمولاً رنگهای تزیینی بوسیله قلم مو یا غلطک دستی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما برای رنگ‌آمیزی بسیاری از سطوح خارجی، از رنگپاش استفاده می‌شود. در کاربردهای صنعتی از روشهای مختلفی استفاده می‌شود. برای مثال در کارهای تعمیراتی صنعتی برای رنگ زدن پلها و اسکلت‌های تو در تو و پیچیده از هر دو وسیله رنگپاشی و قلم مو استفاده می‌شود. در بسیاری از این روشهای متعاقباً از عملیاتی که منجر به خشک شدن سریع رنگ می‌گردد استفاده می‌کنند. روشهای اصلی رنگ‌آمیزی در جدول زیر نام برده شده‌اند: [۵]

روشهای رنگ‌آمیزی

قلم مو	
غلطک دستی	رنگپاشی معمولی (با کمک هوا)، گرم، بدون
غوطه‌وری	conventional (Air Assisted) spray
بارشی یا دوشی	Hot spray
پرده‌ریز	Electrostatic spray ,Airless spray
غلطک‌های ماشینی	استوانه لرزان و سانتریفوژ
سیلک	centrifugal coating, Tumbling Barrel
	الکترو دیپوزیشن
	Electrodeposition

روشهای خشک (سخت) شدن فیلم رنگ

واژه «خشک شدن» یا «سخت شدن» عبارت است از تبدیل یک رنگ مایع یا رزین دار به یک فیلم سخت، محکم و چسبنده که در اثر واکنش بین ملکولی اتفاق می‌افتد. این واکنش می‌تواند به یک یا چند شکل، بستگی به طبیعت رنگ پایه و درجه حرارت، فقط در پوشش‌های قابل تبدیل بوجود آید، پوشش‌های غیرقابل تبدیل به عنوان مثال پوشش‌هایی که از لاستیک کلردار شده و نیترات سلولز ساخته شده‌اند، فقط بواسیله تغیر حلال خشک می‌شوند و هیچگونه واکنش بین ملکولی که منجر به خشک شدن آنها گردد در آنجا اتفاق نمی‌افتد.

أنواع روشهای خشک شدن فیلم رنگ

- ۱) اکسیداسیون خودبه‌خود که در درجه حرارت محیط صورت می‌گیرد.
- ۲) در اثر واکنش شیمیایی (در مورد رنگ‌های دو جزئی)
- ۳) در اثر استفاده از حرارت (کوره): مانند کوره صندوقی (Box oven)، کوره‌گردان (Conveyor oven)، کوره همرفتی، کوره مادون قرمز.
- ۴) خشک شدن فیلم توسط تشعشع
- ۵) خشک شدن فیلم توسط پرتوالکترونها
- ۶) خشک شدن فیلم توسط اشعه ماوراءپرتو [۵]

آزمودن کیفیت رنگ روی پلاستیک‌ها

نقایص آشکار فیلم رنگ را می‌توان توسط مشاهده بصری تشخیص داد و این قسمتها هم می‌توانند بازگشت داده شده یا به صورت ضایعات کنار گذاشته شوند و قسمت‌های باقی‌مانده یا می‌توانند یا نمی‌توانند دوام لازم برای کاربرد مورد نظر را داشته باشد. آزمایش‌های آزمایشگاهی متنوع، اختراع شده برای آزمودن قسمتها پلاستیکی رنگ شده، استاندارد شده‌اند. برخی از این روشهای مشابه با آزمایش‌های به کار گرفته شده روی فلزات است و برخی منحصراً برای پلاستیک‌ها است. [۲۱ و ۲۲]

فصل دوم

لزوم مخلوطسازی مواد پلیمری: (آمیزه کاری)

یک رزین پلاستیکی معمولاً قبل از اینکه تحت عملیات قالبگیری و یا روزنرانی قرار گیرد و به محصول نهایی تبدیل شود، با انواع افزودنی‌ها و یا اجزاء آمیزه کاری، آمیخته می‌گردد.

این اجزا توسط تولیدکننده رزین (در یک مخلوطکن معمولی و مجزا) و یا توسط محصول اضافه می‌گردند. افزودن اجزاء فوق به منظور ایجاد یک خصوصیت ویژه، در محصول نهایی ضروری است. خواص فوق می‌تواند بهبود در موارد زیر باشند: پایداری و مقاومت در برابر اکسیدکننده‌ها، مقاومت ضربه‌ای و استحکام بیشتر، افزایش یا کاهش کشیدگی طولی، کاهش هزینه به ازاء واحد حجم، سهولت در قالبگیری در روزنرانی، مقاومت در مقابل اشتعال پذیری و دادن رنگ بخصوصی به محصول و ...

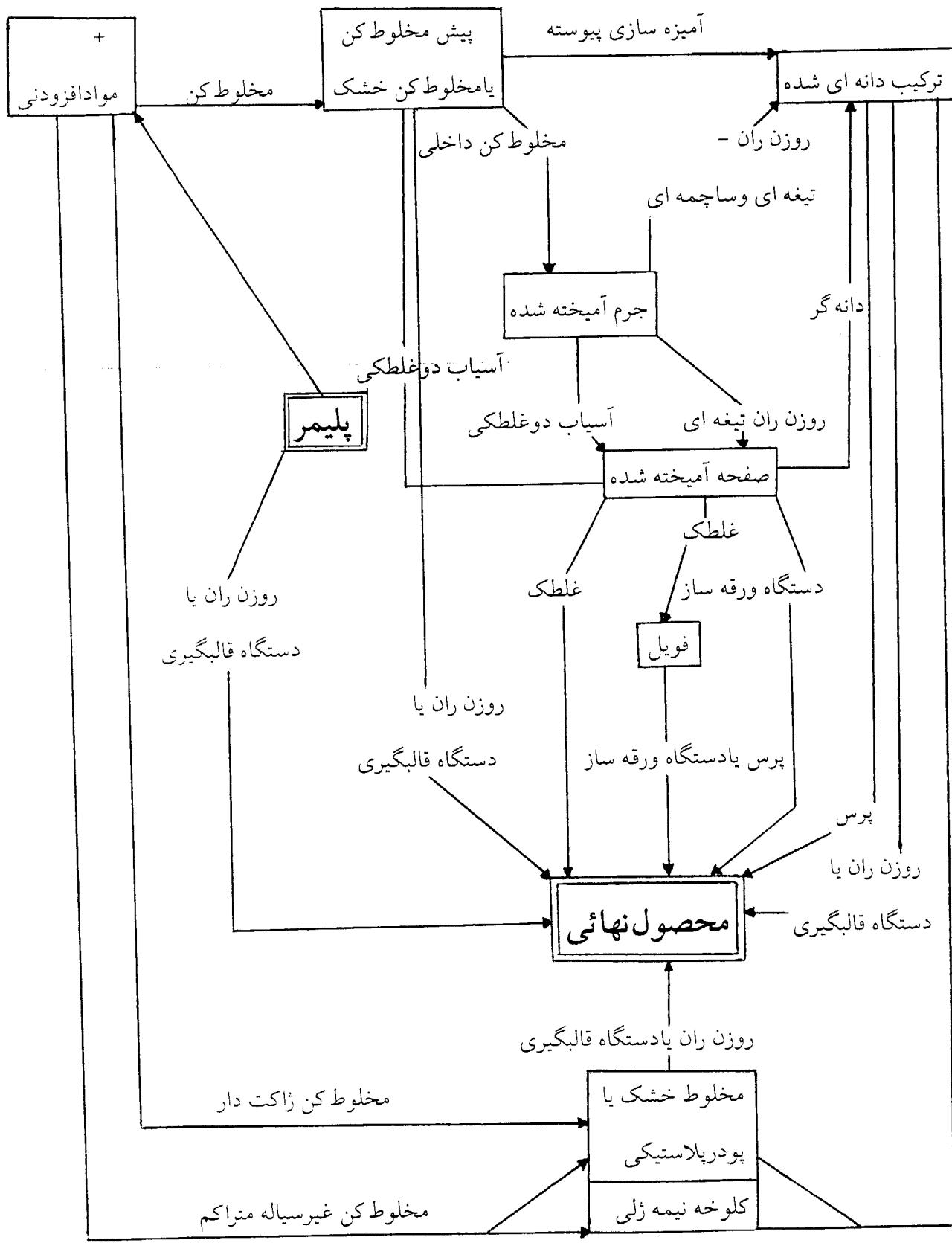
در رزینهای گرماسخت، امکان استفاده از سختکننده نیز وجود دارد که موجب سخت شدن رزین می‌گردد.

بیشترین گروه مواد پلیمری، در حالت مذاب از خود پلیمر یا از حد بواسطه رزین، فراورش می‌شوند. شکل ۱-۲ مسیرها (روشهای) عمدۀ فراورش پلیمرها در حالت مذاب را نشان می‌دهد.

برای بدست آوردن تعداد و نوع و مقدار اجزاء تشکیل دهنده یک آمیزه مناسب، باید امکان وجود تغییرات وسیع در نسبت اجزاء، به طور مثال از ۱ درصد تا چند صد، درصد از پلیمر و اینکه ممکن است رزین پایه، ترکیبی از دو پلیمر مختلف یا بیشتر بوده و یا به صورت هموپلیمر یا کوپلیمر باشد و اینکه خواص فیزیکی آنها می‌تواند حالت‌هایی از متحرک یا سیال ویسکوز تا چسبناک (tacky)، موی شکل (waxy) یا جامد سخت باشد را، درنظر گرفت. [۱۷]

دستگاههای آمیزه کاری

از بین دستگاههای آمیزه کاری متفاوت، در انجام این پروژه از دستگاه مخلوط کن داخلی (هاک) و دستگاه روزنرانی استفاده شده است.



شکل ۱-۲-مسیرهای عمده برای فراورش مذاب پلیمرها.

دستگاه هاک Haake

این دستگاه، یک دستگاه چند منظوره می‌باشد که می‌تواند هم به عنوان روزن‌ران و هم به عنوان مخلوطکن داخلی، مورد استفاده قرار گیرد:

الف: روزن‌ران تک مارپیچ:

این دستگاه دارای قابلیتهای زیر می‌باشد:

(۱) تولید در مقیاس پایین

(۲) بررسی سیال‌شناسی (Rheology) ماده

(۳) تولید نمونه‌هایی با اشکال هندسی موردنظر برای انجام آزمایش‌های فیزیکی -
مکانیکی

(۴) آزمایش استحکام ذوب

(۵) بهینه‌سازی فرآیندها (فراورش‌ها)

با توجه به سیستم کامپیوترا متعلق به این دستگاه، می‌توان اطلاعات مفیدی از قبیل درجه حرارت‌های نواحی مختلف، گشتاور (torque) و گشتاور کل را کنترل و ذخیره نمود.
این دستگاه دارای سه ناحیه حرارتی است و حدیده‌های (die) مختلفی را می‌توان به آن متصل کرد که به عنوان ناحیه چهارم حرارتی می‌باشد. سیستم سرمایشی این دستگاه توسط هوا می‌باشد.

ب: مخلوطکن‌های داخلی:

قسمت مخلوطکن دستگاه هاک به دو نوع تقسیم می‌شود که هر کدام جداگانه بر روی دستگاه سوار می‌شوند یک نوع آن دارای منبع حرارت دهنده الکتریکی است و توسط المنت‌های حرارتی گرم می‌شود و نوع دیگر توسط چرخش روغن‌دانگ، گرم می‌شود که معمولاً نوع اول را بخار ایجاد توزیع حرارتی تیز، برای لاستیک‌ها و نوع دوم که توزیع حرارتی یکنواخت‌تری را ایجاد می‌کند برای پلاستیک‌ها به کار می‌برند.

این دستگاه دارای قابلیتهای زیر است:

- تعیین برخی از مشخصات گرمائزها
- عمل اختلاط در مقیاس کوچک
- تعیین خصوصیات برشتگی (scorch)، کشسانهای قابل پخت
- اختلاط لاستیک‌هادر مقادیر کوچک و آزمایشگاهی
- اختلاط ناپیوسته
- بررسی تخریب پلیمرها

این مخلوطکن‌های دارای سه نوع تیغه (blade) هستند:

- ۱- بنبوری (Roller)
- ۲- خارپیشه (cam)
- ۳- سیگما (sigma)

که هر کدام از این تیغه‌ها سرعت برشی خاصی را ایجاد می‌کنند و در موارد خاصی به کار می‌روند مثلاً برای مطالعات برشی پایین از تیغه نوع سیگما استفاده می‌کنند و برای مطالعات برشی متوسط و بالخصوص مطالعات روی لاستیک‌ها و مواد کشپار از تیغه‌های نوع cam (خارپیشه) استفاده می‌کنند و برای مطالعات برشی بالا از تیغه نوع بنبوری (Roller) استفاده می‌کنند.

این دستگاه دارای سه ناحیه حرارتی می‌باشد و سرمای آن توسط هوای انجام می‌گیرد. در این پروژه از مخلوطکن داخلی با تیغه نوع بنبوری و دور 60 rpm و رو تور کم استفاده شده است.

و مدل دستگاه مورد استفاده HBI systme 90 (A Haake BUCHLER Product) و ساخت کشور آلمان می‌باشد.

روزنران دو مارپیچ Twin-screw Extruders

اصطلاح دو مارپیچ گاهی می‌تواند گمراه‌کننده باشد، زیرا اگرچه «دوتایی» (دو قلوها) (twins) مجبور نیست که یکسان یا خیلی شبیه به هم باشند اما این اصطلاح، این فکر را القا

می‌کند که دو مارپیچ یکسان یا تصویر آینه‌ای یکدیگر می‌باشند اما این حالت، همیشه الزامی نیست.

با استفاده از روزن‌رانی دو مارپیچ، امکان افزایش تغییر در بعد برش مواد، توسط برهم‌کنش بین دو مارپیچ حاصل می‌شود.

اندازه این تغییر بستگی به شکل‌های ردیفهای پله‌ای، (flighths)، درجه intermesh (فاصله کشیده شدن از انتهای یکی به شیار مجاور دومی) و جهت‌های نسبی چرخش مارپیچها دارد.

علت برتری دستگاه‌های دو مارپیچ بر دستگاه‌های تک مارپیچ به دلایل زیر است:

- (۱) زمان اقامت کوتاه‌تر
- (۲) کنترل دمای ذوب بهبود یافته
- (۳) سرعت‌های برشی کنترل شده و بالا
- (۴) عمل مکش مثبت
- (۵) شست (تراوش) (slippage) مذاب کاهش یافته
- (۶) عمل خود - لغزشی (wiping)

در دستگاه دو مارپیچ، حتی با استفاده از مارپیچهای دندایی ساده، (threads) می‌توان کارهای زیادی انجام داد. مارپیچها ممکن است در جهت مخالف یا در یک جهت بچرخدند و ممکن است non-inter meshing، تانزانی شکل - مماس‌دار یا به صورت جزئی یا کاملاً intermeshing باشند.

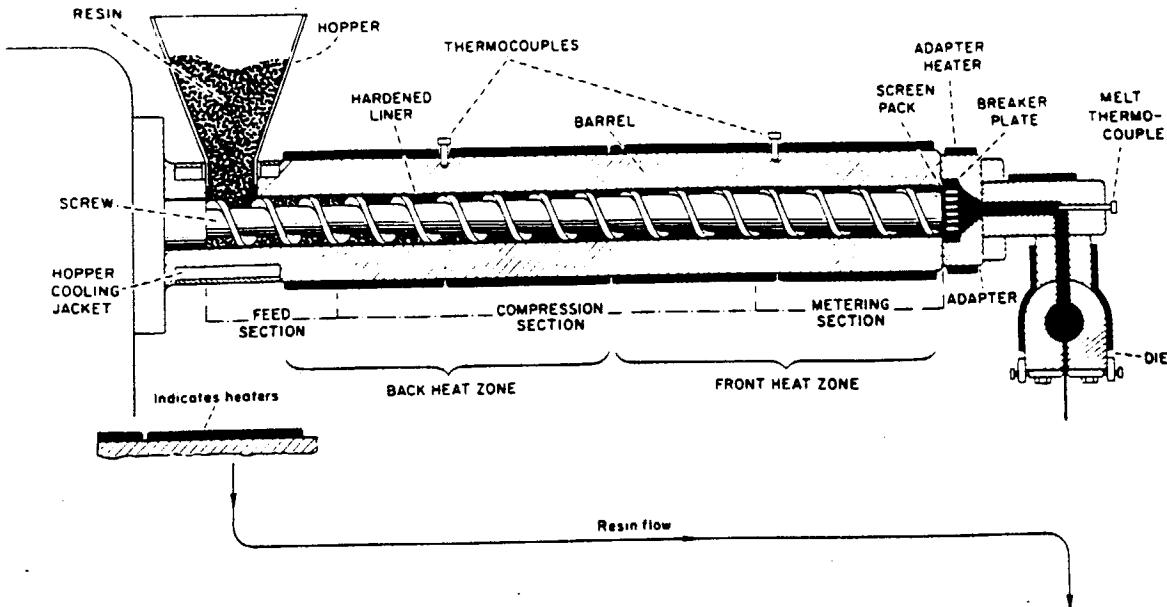
در مورد اخیر، حالتهای متفاوتی از قسمت‌های بین مارپیچها را می‌توانیم داشته باشیم و بر حسب اینکه مارپیچها در جهت مخالف هم یا در یک جهت بچرخدند و اینکه فضای بین آنها چقدر بوده و شکل آنها به چه صورت است، نتایج حاصله با هم تفاوت می‌کنند.

در شکل‌های ۲-۲ و ۳-۲ شمایی از یک روزن‌ران و یک روزن‌ران دو مارپیچ نشان داده شده است. روش روزن‌رانی معمولاً برای گرمانترمها به کار برده می‌شود این روش یک فرآیند پیوسته بوده و برای تولید مصنوعاتی مانند لوله، فیلم، صفحه و حتی برای عایق

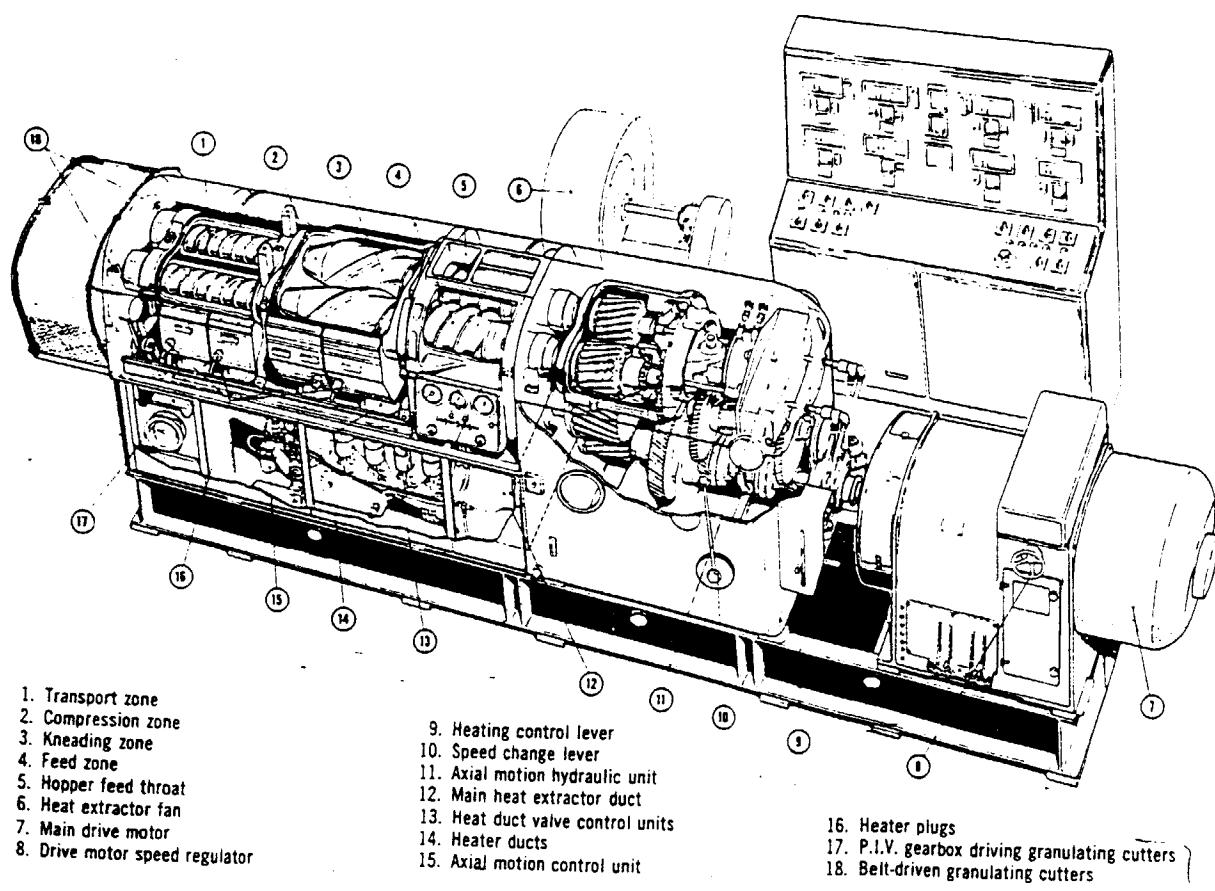
کردن سیمها، مورد استفاده قرار می‌گیرد یک روزن ران دارای قیفی است که رزین و مواد افزودنی دیگر از طریق آن به داخل یک سیلندر داغ حاوی مارپیچ‌ها، هدایت می‌شوند و با چرخش مارپیچ‌ها، مواد در داخل سیلندر به طرف جلو می‌روند دماهای قسمتهای مختلف سیلندر قابل تنظیم بوده و مواد تحت فشار و گرما به صورت یک سیال با گرانزوی بالا ذوب شده و به طرف خروجی دستگاه رانده می‌شوند. هر چقدر مواد به طرف خروجی دستگاه نزدیکتر می‌شوند فشار بیشتری ایجاد شده و پلاستیک از طریق یک منفذ شکل دهنده به شکل محصول موردنظر درآمده و با فشار خارج می‌شود. محصول شکل داده شده فوق با غوطه‌ورشدن در آب یا بوسیله جریان هوای تحت فشار سرد می‌شود. [۱۷] روزن رانی دو مارپیچ مورد استفاده، روزن رانی collin نوع ZK50 می‌باشد که دارای مشخصات مندرج در جدول می‌باشد.

screw diameter	50 mm
processing length	9-18
flight depth	5mm
drive power	8kw
screw speed	0-250 دور/min
Heat power/barrell	100 w
through, depending on processing task arppox	2-25 kg/hs

این روزن ران دارای دو مارپیچ می‌باشد که در جهت خلاف یکدیگر و به طرف خارج پیچ‌ها حرکت می‌کنند. در طول مارپیچ این روزن ران علاوه بر خروجی حدیده (die)، شش ناحیه مجزای حرارتی وجود دارد که دمای هر ناحیه را می‌توان بسادگی کنترل نمود. چهار ناحیه میانی آن بوسیله هوا خنک می‌شوند. محصول خروجی از دستگاه بصورت یک رشته نازک، وارد محفظه خنک‌کننده شامل آب می‌شود و سپس در یک



شکل ۲-۲-سطح مقطع یک روزن ران. (از U.S. Industrial chemicals co.)



شکل ۲-۳-روزن ران دومارپیچ. (از SPE Journal, september 1962)

دستگاه گرانول‌ساز، این رشته‌ها به گرانول تبدیل می‌شوند.

برای داشتن چند سازه‌ای با توزیع مناسب ذرات، مخلوط گرانولی حاصل را دوباره بدرون روزن ران برمی‌گردانیم.

در این پروژه دماهای انتخابی برای ناحیه‌های روزن ران به ترتیب

175°C - 180°C - 190°C - 195°C و سرعت مارپیچیها ۲۵ دور در دقیقه بوده است.

قالب‌گیری

برای قالب‌گیری چند سازه (composite) حاصل، از دستگاه‌های متفاوتی می‌توان استفاده کرد که عبارتند از: قالب‌گیری تراکمی، قالب‌گیری انتقالی، روزن رانی، قالب‌گیری تزریقی، قالب‌گیری بادی، شکل‌دهی حرارتی، ریخته‌گری، لایه‌کاری، غلطکزنی و ریخته‌گری چرخشی.

در این پروژه برای قالب‌گیری نمونه‌های آزمونهای ضربه و کشش از دستگاه پرس (قالب‌گیری تراکمی) استفاده شد.

در این روش مقدار کافی از چند سازه را به صورت پودر یا گرانول و ... در داخل نیمه پایینی قالب موردنظر که در داخل یک پرس سیلندری عمودی قرار دارد، گذاشت و پس از قرار دادن نیمه بالایی قالب بر روی آن، توسط دستگاه پرس در دمای کنترل شده انتخابی امان، فشار اعمال می‌کنیم که چند سازه، ذوب شده و شکل قالب را بخود می‌گیرد. پس از سرد کردن قالب، که توسط دستگاه پرس و از طریق عبور آب از درون سیلندرهای پرس انجام می‌شود. نمونه را از قالب خارج می‌کنیم.

آزمودن مواد

بخش مهمی از مهندسی مواد را، آزمودن مواد تشکیل می‌دهد. در صنعت پلاستیک هم معمولاً برای اطمینان از نحوه انجام فرآیند و کیفیت محصول تولید شده، چند سازه حاصل را تحت آزمونهای متفاوتی قرار می‌دهند. در اینجا، هدف به دست آوردن اطلاعات درباره یکی از ویژگیهای ماده، است در حالی که عوامل جانبی حذف شده و سایر شرایط نیز ثابت نگه داشته شده‌اند.

حذف تمام عوامل، بجز عامل مورد آزمایش، بقدرة امکان‌پذیر است ولی می‌توان تأثیر آنها را تا حدود زیادی کاهش داد. سازمانها و مؤسسات گوناگونی در جهان، روش‌های استانداردی را برای آزمودن مواد پیشنهاد کرده‌اند که می‌توانند در آزمایشگاهها مورد استفاده قرار گیرند.

انجمن آمریکایی آزمون و مواد (American society of testing and material) (ASTM) روش‌های متنوعی جهت آزمون و سنجش مواد، در کتابهای متعددی که توسط این انجمن منتشر شده است، را پیشنهاد می‌کند. سازمانهای دیگری نیز در سایر کشورها، روش‌های استاندارد مشابهی را جمع‌آوری و طبقه‌بندی کرده‌اند.

عوامل بسیاری می‌توانند مجموعاً بر روی خواص و ویژگی‌های مواد اثر بگذارند که عبارتند از:

(۱) دما - بالا و پایین

(۲) کهنجی

(۳) پرتوهای فرابنفش

(۴) اوزون

(۵) تابش هسته‌ای

(۶) خلاء

(۷) رطوبت

(۸) افشاره نمک و دیگر مواد شیمیایی

(۹) بار مکانیکی - تک بار وارد شده، بار تکراری و بارگذاری برای مدتی طولانی [۱۰]

خواص کششی

خواص کشش‌پذیری از مهمترین علائم استحکام یک جسم است که برای بدست آوردن آن نیروی لازم برای کشیدن نمونه همراه با مقدار افزایش طول جسم قبل از شکسته شدن، تعیین می‌شود.

شکل ۴-۲ یک نمودار تنش - کرنش، (strain-stress)، یک نمونه پلاستیکی را وقتی که بر اثر کشش، تنش دار شده است را نشان می‌دهد.
این نمودار ۵ پارامتر ذیل را بدست می‌دهد:

(۱) استحکام کششی - ماکزیمم تنشی که ماده در نقطه گسیختگی (شکستگی) تحمل می‌کند.

(۲) استحکام تسلیمی (yield strength) تنشی که در اثر تغییر شکل ناکشسان (nonelastic) بوجود می‌آید.

(۳) ازدیاد طول نهایی (ultimate elongation) - کل مقدار انبساطی، که نمونه متحمل می‌شود.

(۴) مدول (ضریب) کشسانی (elasticity modulus) - مقدار شبیه، قسمت شیبدار اولیه منحنی، این نسبت تنش - کرنش در ناحیه کشسانی قانون Hooke را نشان می‌دهد.

(۵) چرمگی (Toughness) - یا بطور دقیق‌تر، انرژی شکست در واحد حجم، این مساحت انتگرال گرفته شده زیر منحنی می‌باشد و یک اندازه‌گیری ناقص از چرمگی پلاستیکها

می باشد.

تفسیر اطلاعات از چنین نمودارهایی اطلاعات فنی مفیدی را برای توصیف پلاستیکهای متفاوت نتیجه می دهد. به عنوان مثال: یک پلاستیک سخت (hard) دارای مدول (ضریب) بالایی بوده و پلاستیک (strong) قوی تسلیم - کشش (tensile-yield) بالایی دارد و منحنی یک پلاستیک شکننده (brittle) قبل از رسیدن به نقطه تسلیم، خاتمه می یابد و یک پلاستیک چرمه (tough)، دارای انرژی شکست بالایی در واحد حجم، که معادل با مساحت بزرگ زیر منحنی است، می باشد.

مثالهایی از منحنی های تنش - کرنش، برای پلاستیکهایی با مقاومتهای متفاوت در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.

نتایج کلی مشخصی را، می توان راجع به ارتباط بین ساختمان پلیمر و خواص کششی بدست آورد، اگرچه این نتایج کلی نمی توانند پیشگویی کننده باشند.

پلیمرهای دارای پیوندهای عرضی زیاد و گرمازرمها زیر دمای T_g ، سخت و شکننده هستند آنها می توانند قوی باشند از اینزو تنش در نقطه شکست، حتی قبل از اینکه تسلیم روی دهد، بسیار بالا است. یک گرمازرم در دمای بالاتر از T_g نرمتر است از اینزو راست(منظم) سازی زنجیر و لغزش (slippage) ملکولی، اجازه انبساط بیشتر را می دهد.

تسليم اينچنین موادی توسط وابستگی زمان نسبی به فرآيندهای لغزشی و راستسازی، تعیین می شود. اگر سرعت لغزش در مقایسه با راست(منظم) سازی، آهسته باشد قبل از اینکه اثر غيرکشسانی، لغزش ملکولی آشکار شود، انبساط قابل ملاحظه ای ایجاد می شود. اگر سرعتها معادل باشند، درصد افزایش طولی (permanent set) به طول اصلی، در تنشهای پایین تر روی می دهد.

پلاستیک بلوری سخت تر از پلاستیک بی شکل کامل، می باشد. وجود ناحیه کریستالی

(بلوری)، مدول (ضریب) و تنش تسلیمی را افزایش می‌دهد اما لغزش ملکولی هنوز می‌تواند در ناحیه بی‌شکل، احاطه کننده، روی دهد. در پلیمرهایی با پیوند عرضی کم، می‌توانیم راست‌سازی زنجیر را داشته باشیم اما لغزش ملکولی را نمی‌توانیم داشته باشیم. اینچنین موادی بالای دمای T_g اشان، نرم و قوی هستند بنابراین می‌توانند انبساط کشسانی بزرگی داشته باشند.

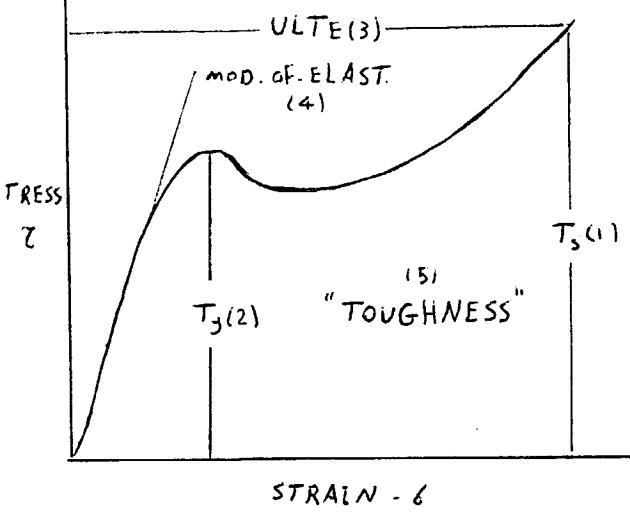
برای بدست آوردن خواص کششی، روش‌های متفاوتی وجود دارد که شکل‌های تعدادی از نمونه‌های مورد استفاده در آزمون کششی در شکل ۲-۶ آورده شده‌اند. [۱۶] دستگاه کشش مورد استفاده Instron مدل 6025 می‌باشد. توان دستگاه تا 100 KN بوده و قادر است تغییرات بار را بر حسب تغییر فرم یا تنفس بر حسب کرنش را رسم کند انتقال داده‌های اولیه برای آزمایش نیز از طریق کامپیوتر صورت می‌گیرد و سرعت باردهی از 0.5 mm/min تا 500 mm/min متغیر است. تمام نمونه‌ها در دمای اتاق آزمایش شده و از هر نمونه حداقل ۴ نمونه در آزمون کشش شرکت داده شده و میانگین نتایج گزارش شده است.

روش استاندارد مورد استفاده ASTM D638 می‌باشد.

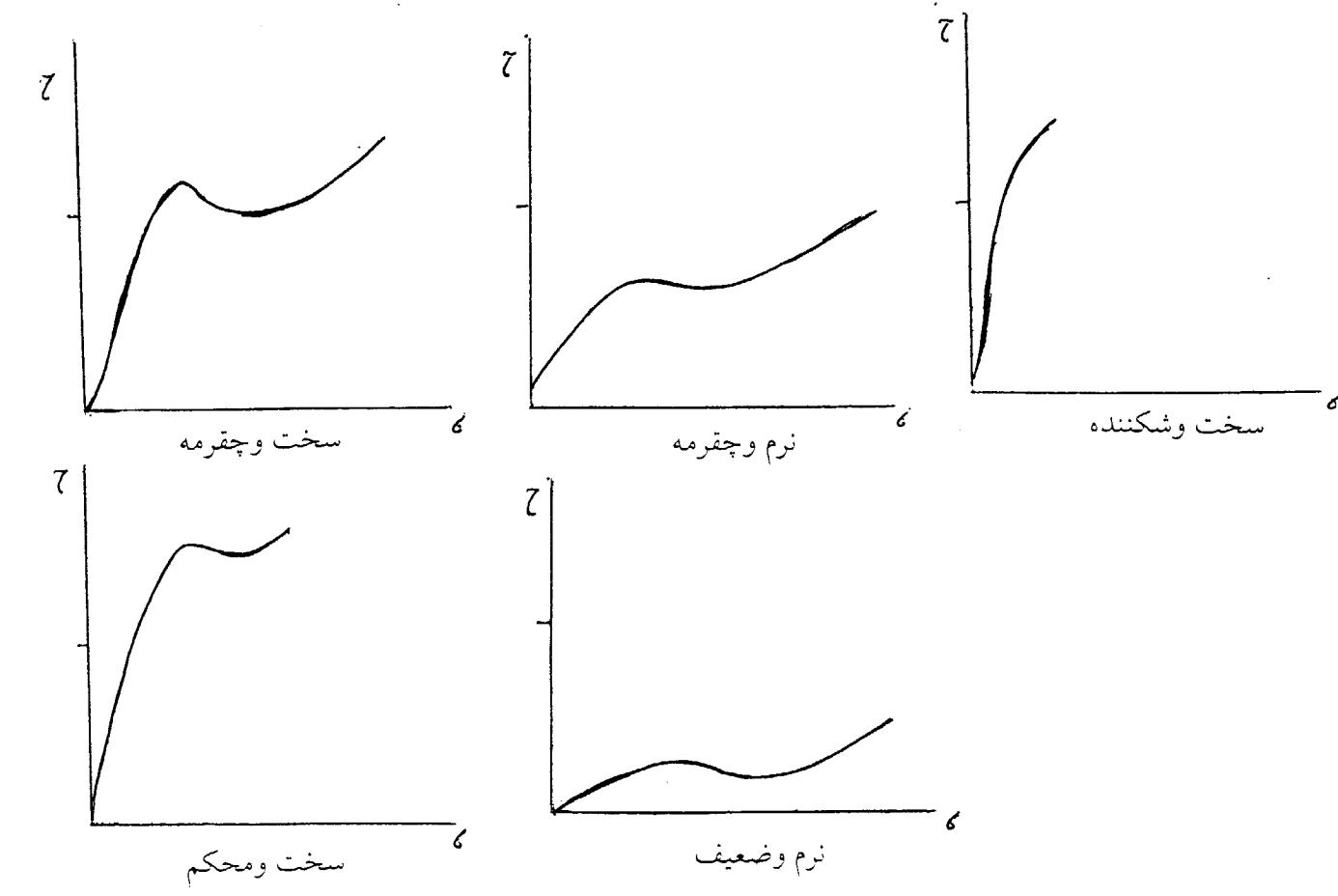
طول نمونه‌های مورد استفاده 5 cm و عرض آن 5 mm و ضخامت آن حدود 0.9 mm می‌باشد. و به شکل دمبلی کوچک هستند و سرعت کشش دستگاه 5 mm/min می‌باشد. ماکریم بار اعمالی در دستگاه کشش برای تمام نمونه‌ها 100 N و برای PP خالص ماکریم بار 200 N می‌باشد.

مقاومت ضربه‌ای

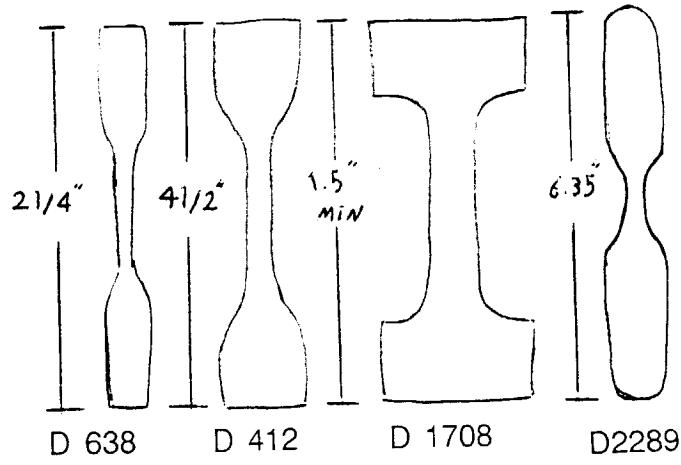
مقاومت ضربه‌ای، اندازه‌گیری توانایی یک ماده یا ساختمان ناشی از مقاومت در برابر



شکل ۲-۴- منحنی نوعی تنش-کرنش برای پلاستیکها.



شکل ۲-۵- منحنی های تنش-کرنش برای نوعهای متفاوت پلاستیکها.



شکل ۲-۶- تعدادی از نمونه های مورد استفاده در آزمون کششی.

به کارگیری یک بار ناگهانی، بدون شکست (failure) می‌باشد. بنابراین مقاومت ضربه‌ای یک ساختمان، تابع پیچیده‌ای از شکل هندسی، شیوه بارگذاری، سرعت به کارگیری بار، محیط، خواص ماده و بویژه تعریف شکست می‌باشد. شکل هندسی تنش یا شیوه بارگذاری دارای اهمیت هستند: یک ماده خیلی مقاوم در برابر شکست در یک شیوه بارگذاری، در شیوه بارگذاری دیگر می‌تواند بشکند.

بنابراین مقاومت ضربه‌ای یک ساختمان، تنها با در نظر گرفتن شیوه خاص بارگذاری، مشخص می‌شود. یک ساختمان طراحی شده پایدار با تغییر شکل هندسی یک جزء سازنده با تغییر تدریجی شکل، پوشش مواد، یا رشد ترک (crack) یا با تغییر شیوه بارگذاری، به عنوان مثال، هنگامی که پوک نیرو از طریق پیش‌بینی نشده‌ای به کاربرده می‌شود، می‌تواند بطور غیرمنتظره‌ای بشکند.

بنابراین گاهی لازم است که مواد یا ساختمان، تحت شرایط دقیق‌تر از شرایط استفاده معمولشان، مورد آزمایش قرار گیرند و شرط احتیاط این است که از خطوط راهنمای طراحی محرز (ثابت) پیروی کرد. ضربه معمولاً با سرعت بالایی به کار برده می‌شود اما معمولاً نوع شکست بسته به ضربه، می‌تواند تحت شرایط ملایم ظاهری، حتی در سرعتهای پایین بار، نیز روی دهد.

هنگامی که سرعت تجمع انرژی کرنش بیشتر از مقدار پراکنده (پخش) شده توسط مواد مجاور یک ترک یا درز (flaw) باشد، شکستگی ناپایدار می‌تواند ایجاد شود که اغلب موجب ایجاد ترک با سرعتهای صدھا متر در ثانیه می‌شود.

بر عکس مقاومت ضربه‌ای، چقرمگی شکست یک پلیمر جامد، برای یک سری شرایط محیطی داده شده، برآتی تعریف می‌شود. چقرمگی توسط مشارکت فاز نرم‌کشسانی، به زمینه پلیمری صلب بهبود می‌یابد. اصلاح مواد به قصد چقرمه کردن، بسیار پیچیده است.

افزایش چermگی، مقاومت ضربه‌ای را بهبود می‌بخشد. کارآوری یک ماده یا یک ساختمان به تفاوت‌های شکل هندسی محلی، و شرایط فراورش مانند سرعت سرد کردن، تنش برشی و مسیرهای جریان مذاب، که در جهت‌گیری و تنش باقیمانده اثر دارد، وابسته است. یک ساختمان ایجاد شده توسط یک فرآیند مشخص شده، ممکن است دارای تفاوت‌های قابل ملاحظه ریخت‌شناسی، از نمونه‌های مورد آزمایش، باشد.

در نتیجه گاهی، آزمون مقاومت ضربه‌ای اجزاء تشکیل‌دهنده (سازنده)، اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو چermگی ضربه یک ماده به تکنیک (فن) اندازه‌گیری، دستگاههای آزمون و تکنیکی (فنی) که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود، بستگی دارد.

دستگاههای آزمون و تکنیک‌ها (فنون)

ماشینهای متنوع به کار گرفته شده در آزمونهای متفاوت، مزايا و معایي عرضه می‌کنند که اطلاعات متفاوتی را، نتیجه می‌دهند. پايداري مقاومت ضربه‌ای توسط روشهای تجربی متفاوتی اندازه‌گیری می‌شوند که بعضی از آنها ممکن است برای ارزیابی کارآمد بودن محصولات به دست آمده، مناسب نباشند.

روشهای آزمون استاندارد

چندین آزمون ضربه استاندارد شده دارای ASTM در جدول ۱-۲ نشان داده شده‌اند.

۱- دستگاههای نوع - پاندولی

ماشینهای نوع پاندولی برای نمونه‌های شکافدار و یا غيرشکافدار که ممکن است اندازه‌های متفاوتی داشته باشند و آنهایی که از یک طرف نگه داشته می‌شوند (Izod) یا به صورت ميله‌ای از دو انتهايis نگه داشته می‌شوند (charpy) به کار بردۀ می‌شود.

آزمون	مشخصه	شرح
دماهی شکنندگی	ASTM D 746	درجه حرارت در پلاستیکها و کشپارهایی که انتظارداریم تحت ضربه شکست شکنندگی داشته باشند تعیین می شود.
آزمایش ضربهای ریلها	ASTM D 3029	مقاومت ضربهای توسط انرژی لازم برای شکست یا ترک پلاستیکهای صلب توسط آزمایش ضربهای ریلها مشخص می شود پیشنهاد می شود از ارتفاع ثابت و وزن متغیر استفاده شود
آزمایش ضربهای ریلها	ASTM D 1709	مشابه D 3029 بوده اما برای اندازه گیری مقاومت ضربه ای ضربه ای فیلم پلی اتیلن از تیر ریلی آزاد استفاده می شود.
آزمایش ضربهای ریلها	ASTM D 2444	برای تعیین مقاومت ضربه ای لوله های گرمانتر و مناسب و مناسب کردن با آزمایش ضربه ای ریلها بکار می رود.
چقرمگی شکست	ASTM E 399	برای کرنش - مسطح چقرمگی شکست.
سرعت بالای تنفس - کرنش (کشن)	ASTM D 2289	از مساحت زیر منحنی تنفس - کرنش برای اندازه گیری مقاومت ضربه ای در سرعتهای آزمایش بالاتر از ۲۵۴m/min استفاده می شود.
آزمایش ضربه ایزود	ASTM D 256	انرژی لازم برای شکستن نمونه شکافدار توسط ضربه با یک پاندول بدست می آید. شکاف، شکست شکنندگی را تسريع می کند. مقاومت ضربه ای غیرشکافدار توسط وارونه کردن نمونه شکافدار در گیره به دست می آید. حساسیت شکاف می تواند توسط استفاده از روش D تعیین شود.
ضربه کششی	ASTM D 1822	برای مواد پلاستیکی بسیار انعطاف پذیر، بسیار نازک یا بسیار صلب که توسط
	ASTM D 256	نمی توانند آزمایش شوند پیشنهاد می شود.
		انرژی لازم برای شکستن، توسط شوک در کشش، توسط یک پاندول شناور به دست می آید.

جدول ۱۰۲ - آزمونهای استاندارد برای مقاومت ضربه ای

آزمون ضربه (Izod) براساس یک آزمون متالورژی مشخص قدیمی است که یک نمونه میله‌ای شکل شکافدار، نگهداشته شده از یک طرف (نقطه اتکا)، با انرژی زیاد ماشین پاندولی مورد آزمون قرار می‌گیرد. آزمونهای (ASTM D256) Izod و charpy و ضربه - کشش (ASTM D1822) را می‌توان با ماشینهای پاندولی انجام داد.

وزنه به انتهای یک بازو که حول یک نقطه محوری (اتکا) می‌چرخد. متصل شده و یک چکش (ضربتزنده) نزدیک این وزنه قرار دارد بازو تا یک محل از قبل تعیین شده، بلند می‌شود وقتی که بازو را رها می‌کنیم به سمت پایین تاب خورده و به نمونه که به سختی توسط یک گیره یا ثبات، ثابت شده ضربه می‌زند.

محل دقیق بالا آمدن و نوع ثبات بستگی به آزمون دارد. وزنه، طول بازو و زاویه محل بالا رفته، مقدار انرژی موجود را تعیین می‌کنند. انرژی کلی باید به اندازه کافی برای دادن یک شکست مناسب، بزرگ باشد.

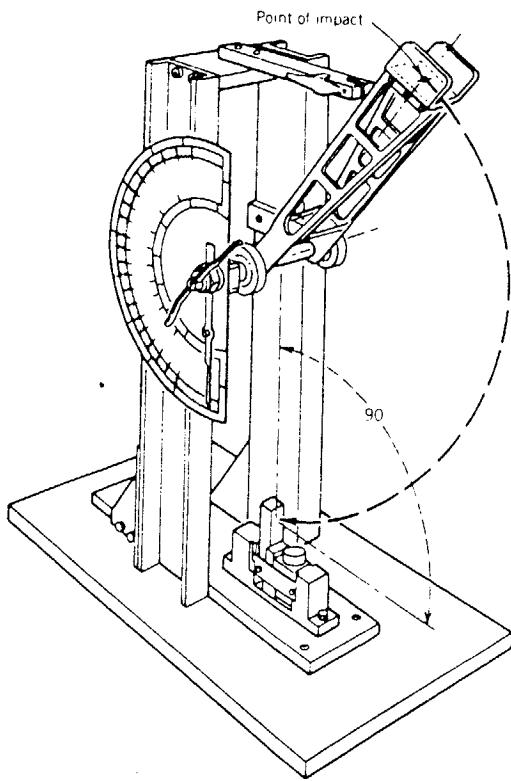
ماشینهای پاندولی نوع Izod و charpy در شکل ۲-۷ و ۲-۸ به ترتیب نمایش داده شده و شکلهای هندسی نمونه در شکل ۲-۹ نشان داده شده است.

بعد از اینکه چکش (ضربتزنده)، نمونه را در پایین‌ترین قسمت تاب خود می‌شکند به تاب خود، تا تمام شدن کل انرژی سینتیکی اش، به سمت بالا ادامه می‌دهد. انرژی جذب شده توسط نمونه E_s توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E_s = E_1 - E_R - E_F - E_W$$

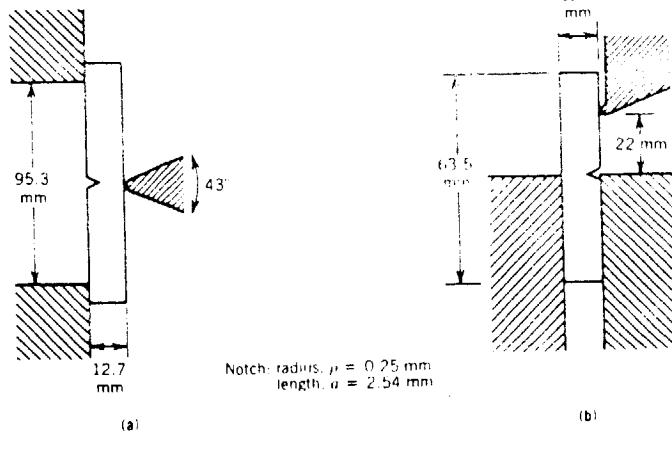
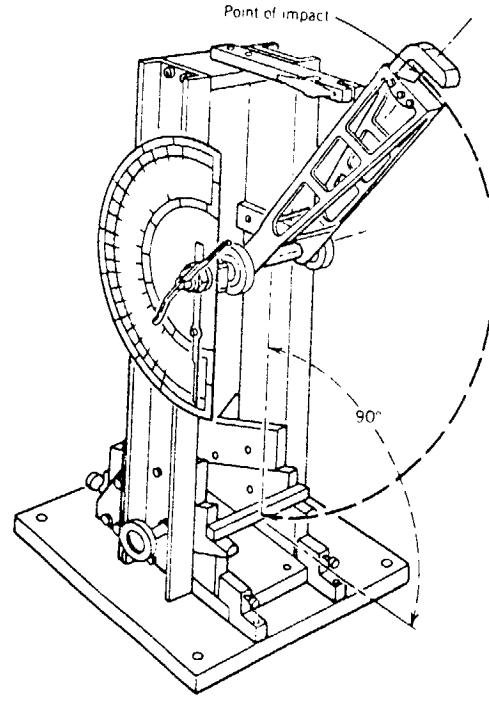
که E_1 انرژی موجود اولیه، E_R انرژی در ماکزیمم زاویه حرکت و E_F انرژی مصرف شده توسط اصطکاک (friction) و E_W انرژی برداشت (جدا کردن) قسمت شکسته شده می‌باشد.

معمولًاً E_W کوچک بوده و E_F می‌تواند توسط انجام آزمون، بدون قرار دادن نمونه در



شکل ۷-۲- دستگاه ضربه پاندولی نوع ایزود ASTM D 256

شکل ۸-۲- دستگاه ضربه پاندولی نوع چارپی ASTM D 256



۹-۳ وضعیت هندسی آزمون و وضعیت نگهداری نمونه
ASTM D 256 مشخص شده در Izod(b) Charpy(a)

محل، بدهست آید. انرژی از ارتباط بار - زمان، توسط یک کامپیوتر متصل به دستگاه محاسبه می‌شود. انرژی کلی می‌تواند توسط یک خروجی رقمی نشان داده شود. در این موارد یک میکروکامپیوتر متصل شده به دستگاه می‌تواند اطلاعات را به طور مطلوب به دست دهد.

برش شکاف، بویژه برای مواد حساس به شکاف احتیاج به دقت ویژه‌ای دارد. اختلافات کوچک، در شکاف می‌تواند اختلافات بزرگی در مقادیر ضربه را نتیجه دهد. شکاف باید توسط یک دستگاه، در شرایط خوب و شکل یکنواختی و ابعاد دقیق، که برای ویژگی‌های آزمون مشخص شده، بریده شود.

خطاهای از اختلافات در فشار محدود کننده (گیره‌بندی) (clamping pressure)، شکست در ضربه نمونه‌های چهارگوش، و شرایط تیغ (برش‌دهنده) و تکنیک‌های (فنون) برش، برای شکافهای ایجاد شده توسط ماشین، ناشی می‌شود.

مقاومت ضربه‌ای با افزایش فشار محدود کننده (گیره‌بندی)، به طور خطی کاهش می‌یابد. یک شیب مدل (taper) (ریخته‌گری مخروط) ۱۳m روی نمونه، سبب خطاهای بالاتر از ۲۵٪ در مقاومت ضربه‌ای مورد انتظار یک نمونه می‌شود در اثر اختلافات در برش‌دهنده (تیغ) شکاف، انحرافات بیش از ۱۰٪ در مقاومت ضربه‌ای موردنظر، مشاهده شده است.

تنشهای پیچشی (Torsional) (ایجاد شده در نمونه Izod توسط پیچ‌خوردگی) بین سندان پاندول و سطح نمونه، مقاومت ضربه‌ای را، حتی برای زوایای کوچک پیچ‌خوردگی، افزایش می‌دهد (جدول ۲-۲)

انرژی کلی شکست که توسط آزمایش Izod اندازه‌گیری می‌شود شامل: انرژی شکستگی اولیه، انرژی پیشرفت شکست در عرض نمونه، انرژی برای تغییر شکل

پلاستیک، انرژی برای جداسازی قطعه از تکه آزمایش و انرژی از دست داده، برای اصطکاک و ارتعاش، می‌شود. انرژی شروع و انتشار شکستگی، به مقدار زیادی به شکل هندسی شکاف بستگی دارد. انرژی برای جداسازی قطعه، در موادی با مقاومت ضربه‌ای پایین و دانسیته بالا به طور مثال رزین فنولیک پرشده با مواد معدنی، حائز اهمیت است. این اثر توسط قرار دادن قطعه بر سندان ماشین و ضربت زدن دوباره به آن، و کم کردن انرژی جذب شده از مقاومت ضربه‌ای ظاهری اصلی، تصحیح می‌شود.

همچنین قطعه ممکن است شیوه‌ها حرکتی متفاوتی را قبول کند. این منبع خطا برای موادی با مقاومت ضربه‌ای بالا و دانسیته پایین، اهمیت کمتری دارد.

در حین انجام کار با ماشین می‌توانیم نقاطی دارای تنفس افزایش یافته یا تجمع تنفسی داشته باشیم که اثرات آنها برای نمونه ASTM از نمونه BS کمتر است. همانطور که در جدول ۲-۲ می‌توان دید، در آزمون ASTM انرژی مورد نیاز برای پیشرفت شکاف در PMMA (پلی‌متیل متاکریلات)، بیش از ۲ برابر انرژی مورد نیاز برای ایجاد شکاف می‌باشد، اما در آزمون BS این دو مقدار تقریباً با هم برابر هستند.

بنابراین نتایج آزمون ASTM خیلی کمتر از نتایج آزمون BS، توسط طرز تهیه نمونه، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. نمونه‌های BS به نقص (ناکاملی) در سطح شکاف و غیره (مانند نقصهای تولیدکننده تنفس) بسیار حساس‌تر می‌باشند.

از آنجاکه یک سطح ساخته شده توسط ماشین، هیچوقت به اندازه یک سطح قالب‌گیری شده، یکنواخت نیست، انتظار می‌رود که نمونه‌های قالب‌گیری شده (شکافدار) مقادیر بالاتری از مقاومت ضربه‌ای را نتیجه دهند. این موضوع توسط نمونه‌های تهیه شده از پلی‌متیل متاکریلات PMMA قالب‌گیری شده، جایی که مقاومت ضربه‌ای برای شکاف قالب‌گیری شده با فاکتور $1/8$ بزرگ‌تر از مقاومت ضربه‌ای برای شکاف ساخته شده

انرژی٪

نسبت انرژی	ایجاد شکاف	توسعه شکاف	مقاومت ضربه شکافدار / جل	
۲/۲۲	۳۱	۶۹	۱۷/۰۸	ASTM
۰/۹۶	۵۱	۴۹	۲۴/۰۲	BS

جدول ۲-۳ - انرژی ایجاد و توسعه شکاف برای PMMA

مقاومت ضربه ای شکاف J/m

فشار گیره

۴۹/۶ MPa	۱۶/۵ MPa	زاویه کجی
۲۲/۴۲	۲۶/۰۵	۱۰°
۲۵/۷۸	۲۷/۷۵	۵۰°
۲۶/۹۵	۲۸/۰۲	۹۱°
۲۹/۳۶	۲۹/۷۸	۴۵°
۲۹/۰۲	۲۹/۷۸	۵۱°

جدول ۲-۴ - اثر کجی قابل توجه بر مقاومت ضربه ای صفحه پلی متیل متاکریلات

(تراش داده شده) توسط ماشین بدست آمد، اثبات شد. این حالت بسویژه در پلیمرهای متببور مشهودتر است که به علت تفاوت آنها در ریخت‌شناسی با تنشهای حرارتی، ناشی از سرد شدن سریع نزدیک به سطح و سرد شدن آرام در نواحی درونی‌تر، می‌باشد که سبب بیشتر شدن مقاومت ضربه‌ای نمونه‌های شکافدار قالبگیری شده نسبت به شکافدار ساخته شده با ماشین است.

در آزمون ضربه از نوع charpy نمونه از دو طرف ثابت نگهداشته شده و توسط یک پاندول تاب خورند؛ به مرکز آن ضربه می‌خورد (شکل ۸-۲) نتایج براساس انرژی شکست در واحد سطح مقطع (cross-section) یا حجم بیان می‌شود. با وجود دقیق و تکرارپذیری بودن آزمون ضربه نوع charpy، خطاهای قابل ملاحظه‌ای نیز ممکن است در آن روی دهد. انرژی ثبت شده ممکن است خطایی در حدود ۲۰۰-۱۰۰٪ در سطوح انرژی پایین و ۲۰-۱۵٪ در سطوح انرژی بالاتر داشته باشد.

تفاوت‌ها معمولاً ناشی از شرایط ماشینهای آزمون، روشهای تهیه (ساخت) توسط ماشین (تراشکاری) و تکمیل نمونه و سرد کردن و آزمایش کردن، می‌باشد. با کنترلهای دقیق و تهیه دقیق نمونه‌ها، یک مقدار مقاومت ضربه‌ای متوسط، باید حدود ۵٪ برای مقادیر بالای $J_27/20\text{ft.Lbf}$ تصحیح شود.

ماشینهای نوع پاندولی گران قیمت نیستند و استفاده و نگهداری آنها آسان است و حداقل سرعت آنها تا $2/4\text{m/s}$ بوده و نتایج آزمایش معمولاً به ضخامت نمونه و شکل هندسی شکاف بستگی دارد.

دستگاه به کار گرفته شده در این پروژه از نوع پاندولی بوده و ساخت مؤسسه Zwick آلمان می‌باشد و قادر است نمونه‌های شکافدار و بدون شکاف را از روشهای Izod و آزمایش کند. چهار پاندول با انرژی‌های $0/5\text{ و }1\text{ و }2\text{ و }4\text{ ژول}$ با توجه به استحکام charpy

نمونه‌ها به صورت مجزا به دستگاه متصل می‌شوند که وزن آنها به ترتیب $116/8$ و $222/6$ و $467/3$ و $943/6$ گرم است سرعت هر پاندول هنگام ضربه زدن به نمونه $2/93\text{m/s}$ و زاویه طی شده 16° می‌باشد و پس از ضربه میزان انرژی مصرف شده توسط جسم مورد آزمایش به صورت رقمی نشان داده می‌شود.

استاندارد به کار برده شده ASTM D256 بوده و از روش ضربه Izod استفاده شده است. و طول نمونه‌های استفاده شده $6/2\text{cm}$ و عرض آن $1/2$ و ضخامت آن $2-3\text{nm}$ می‌باشد.

تمام نمونه‌ها در درجه حرارت اتاق مورد آزمایش قرار گرفته و از هر نمونه حداقل ۵ نمونه در آزمون ضربه شرکت داده شد و میانگین نتایج گزارش گردیده است.

میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) Scanning Electron Microscope

میکروسکوپ الکترونی پویشی با بزرگنمایی بیش از صد هزار مرتبه و قدرت تفکیک حدود 3nm ، ابزاری مطمئن برای مطالعه در زمینه‌های زیست‌شناسی، متالورژی، الکترونیک و پلیمرها است. این دستگاه اطلاعات کاملی درباره ساختار سطح، سطح شکست، پراکندگی فازها، سازگاری بین فازها و جهت‌یافتنگی ارائه می‌دهد. میکروسکوپ الکترونی معمولاً به آشکارساز پرتوایکس مجهز است و امکان تجزیه عنصری در هر نقطه یا ناحیه از نمونه را فراهم می‌سازد. برای افزایش تباین تصویر، روش‌های نمونه‌سازی نظیر حکاکی، لکه‌زدایی و تهیه سطح شکست در دمای کنترل شده بکار می‌روند.

عمق میدان بسیار خوب دستگاه باعث می‌شود تا آماده‌سازی نمونه برای کار میکروسکوپی به آسانی انجام گیرد. تفسیر صحیح نتایج حاصل از دستگاه می‌تواند اطلاعات دقیقی درباره علت تغییر برخی از خواص پلیمرها از جمله خواص مکانیکی در

اختیار بگذارد.

مزیت sem بر سایر روش‌های میکروسکوپی الکترونی همانند میکروسکوپ الکترونی Tem، پراش الکترونی و طیف‌بینی از دست دادن انرژی الکترونی، در این است که در sem نمونه‌های مورد استفاده هر ضخامتی می‌توانند داشته باشند اما در سایر روش‌های نامبرده، احتیاج به نمونه‌هایی با ضخامت فوق نازک (ultrathin) داریم. علائم ایجاد شده توسط پرتو اولیه و واپستگی آنها به ضخامت نمونه در شکل ۱۰-۲ نشان داده شده است. پس از آنکه معلوم شد ذرات متحرک می‌توانند خواص ذره‌ای - موجی نشان دهند این خاصیت در ساخت میکروسکوپ‌های الکترونی مورد استفاده قرار گرفت. قسمت‌های مهم یک میکروسکوپ الکترونی پویشی عبارتند از:

- ۱) مجموعه مولد الکترون که شامل مولد پرتو و ابزار لازم برای جهت‌دهی به آن است.
- ۲) ستون مسیر الکترون‌ها، شامل مولد الکترون، عدسی‌های الکترومغناطیسی (که عبارتند از عدسی متراکم‌کننده و عدسی شیئی و عدسی تصویرده) و آند، سیم‌پیچهای روبش پرتو و محفظه نمونه‌هاست.

(۳) سیستم خلاء

(۴) آشکارساز

مشاهده و ثبت تصویرها در میکروسکوپ الکترونی

علامت‌هایی که به وسیله میکروسکوپ الکترونی دریافت می‌شود باید سرانجام به علامت‌های قابل مشاهده تبدیل شود. یکی از روش‌های متبادل استفاده از سولفیدهای حاوی مقادیر جزئی فلز است برخورد الکترونها با این صفحات تولید نور با طول موج مرئی می‌کند. مخلوط زرد رنگ سولفیدهای روی و کادمیم، که مقدار کمی از ماده‌ای فعال

کننده مثل نقره یا مس به آن اضافه شده است، برای استفاده از میکروسکوپ الکترونی بسیار مفید است. مخلوط یاد شده همراه با چسب مناسب روی سطح پوشش داده می شود. قدرت تفکیک این صفحه به اندازه ذرات پخش شده روی آن بستگی دارد. در میکروسکوپ الکترونی پویشی، تصویر به روشنی متفاوت تشکیل می شود در این دستگاه پس از تبدیل علامت‌های ناشی از برخورد پرتو الکترون به سطح نمونه به علامت‌های الکتریکی، تصویر روی لامپ پرتو کاتدی تشکیل می شود.

در این دستگاه، عدسی‌ها پرتو را کوچک می کنند و نقطه پرتو حاصل سطح مورد مطالعه را مشابه دوربین تلویزیون روبش می کنند. آشکارسازهای مناسب در نزدیکی سطح قرار می گیرند و بطور پیوسته و همزمان با پرتو الکترونی، الکترونهای ثانویه، بازپراکنده، عبوری و پرتو ایکس X یا نور مرئی حاصل از نمونه را دریافت و آشکار می کنند.

برهم‌کنش‌های پرتو و نمونه

در برخورد پرتو الکترون با نمونه، برهم‌کنش‌های مختلف بین پرتو الکترون و نمونه اتفاق می افتد و نوع تصویری که تشکیل و ارائه می شود به نوع برهم‌کنش بستگی دارد. قدرت تفکیک دستگاه با حجم برهم‌کنش و ناحیه‌ای که پرتو و نمونه اثر متقابل دارند و معرف میزان نفوذ پرتو در نمونه است، ارتباط دارد. بررسی حجم برهم‌کنش برای چند نمونه در شرایط مختلف نشان می دهد که این حجم با کاهش عدد اتمی و افزایش ولتاژ ثابت دهنده، زیاد می شود.

اندازه و شکل حجم برهم‌کنش به انرژی اولیه پرتو، شدت تابش، چگالی و عدد اتمی ماده بستگی دارد، عمق و پهناز این ناحیه کمی بزرگتر از قطر پرتو فروندی است. استفاده

از آشکارسازهای مختلف یا ترکیبی از روشهای در بدست آوردن این اطلاعات مربوط به توپوگرافی و ساختار نمونه اهمیت بسزا دارد.

در میکروسکوپ الکترونی پویشی، تجزیه کیفی به سرعت و سهولت انجام پذیر است. اما برای تجزیه کمی انجام این مراحل ضرورت دارد:

- جمع آوری طیف، - شناسایی عناصر موجود، - کم کردن تابش زمینه از طیف، - محاسبه غلظت‌های نسبی، - محاسبه فلوئورسان پرتو ایکس، - محاسبه کارآیی آشکارساز و - محاسبه تصحیحات مربوط به جذب و خودفلوئورسانی.

برای پلیمرهای که در اثر تابش پرتو ایکس دچار کاهش جرم می‌شوند، تصحیحات مربوط به کاهش جرم با زمان نیز، باید اعمال شود.

نمونه‌سازی

نمونه‌سازی برای میکروسکوپ الکترونی باید با توجه به هدف مطالعه انجام شود. اگر بررسی سطح نمونه مورد نظر است، نیاز به انجام مراحل برش یا شکست وجود ندارد. ولی، در اغلب موارد مطالعه، هدف بررسی پراکندگی فازها یا پرکننده در ماتریس (زمینه) است. در چنین مواردی دستیابی به یک سطح بکر و دست‌نخورده از نمونه، ضروری است. بدین منظور، معمولاً نمونه را در دمایی پایین‌تر از دمای انتقال شیشه‌ای آن می‌شکند و سطح شکست را بررسی می‌کنند.

اگر نمونه رسانای الکتریسیته نباشد، لایه نازکی از یک فلز روی سطح آن کشیده می‌شود تا ضمن برخورد الکترونها به سطح نمونه، بار ساکن روی آن جمع نشود. پوشش‌دهی با ضخامت حدود 100 nm به یکی از روشهای تبخیر در خلاء یا تراشه‌سازی انجام می‌شود. متداول‌ترین پوششها طلا، آلیاژ طلا، پالادیم، آلومینیم و کربن است.

کاربردها

رزینها و پلیمرهای مهندسی: از آنجا که ریز ساختار این رزینها تا حدود زیادی با فرآیند تولید کنترل می‌شود، بنابراین میکروسکوپی رزینها و پلاستیکهایی که با روش‌هایی نظیر روزن‌رانی، تزریق و قالب‌گیری فشاری تولید می‌شوند، می‌تواند اطلاعات مفیدی درباره ارتباط خواص با ساختار آنها ارائه دهد.

کامپوزیتها (چند سازه‌ها)

معمولًاً کامپوزیتها (چند سازه‌ها) را به سختی می‌توان برش داد و به همین دلیل ایجاد برش و صاف کردن سطح آنها مشکل است. بنابراین، میکروسکوپی الکترونی سطح شکست، به دلیل عمق میدان زیاد، مناسب‌ترین روش مطالعه آنهاست، نمونه‌هایی که در آزمونهای فیزیکی یا ضمن کار شکسته‌اند از نظر بررسی اندازه، توزیع چسبندگی پرکننده لیفی یا ذره‌ای به ماتریس، مورد توجه‌اند. میزان بیرون‌آمدگی الیاف از سطح شکست، معیاری برای سنجش بعضی از خواص مکانیکی است.

عوامل متعددی روی خواص مکانیکی چند سازه‌ها (composite) مؤثرند. از جمله این عوامل می‌توان غلظت، نسبت طول به قطر الیاف، آماده‌سازی سطح، نوع فرآیند، اندازه متوسط و توزیع اندازه ذرات پرکننده را نام برد. بسیاری از این عوامل را می‌توان به کمک SEM بررسی کرد. [۱۸و۹]

در این پژوهه از میکروسکوپ الکترونی پویشی SEM ساخت شرکت Cambridge مدل S360 ساخت انگلستان مستقر در مرکز تحقیقات پلیمر ایران استفاده شده که روی تکه باریک بریده شده از سطح شکافدار شکسته شده در اثر آزمون ضربه‌ای Izod با استفاده از پلاسمای آرگون، پوششی از طلا به ضخامت حدود $100\text{ }\mu\text{m}$ داده شد که در اثر برخورد

الکترون به این سطح، الکترون‌های ثانویه، از سطح نمونه رها شده و در اثر برخورد با صفحه فسفرسانس، تصویری از سطح نمونه و پستی و بلندی‌های آن را به دست داد.

تجزیه گرمایی (TA) Thermal Analysis (TA)

تجزیه گرمایی شامل مجموعه‌ای از روش‌های است که در آن خواص فیزیکی نمونه به عنوان تابعی از دما، بطور پیوسته اندازه‌گیری می‌شود و این در حالی است که نمونه در معرض تغییر دمای کنترل شده‌ای قرار می‌گیرد.

اگرچه در دهه‌های اخیر، روش‌های تجزیه گرمایی پیشرفته‌ای زیادی کرده است، لکن ریشه تاریخی آن، به زمانهای دورتر بر می‌گردد. کاربرد این روش در صنایع هوایی و دارویی بسیار متنوع بوده و همچنین می‌تواند در بررسی انواع مختلف مواد آلی، غیرآلی، پلاستیکی، فلزی، سرامیکی و شیشه‌ای کارآبی لازم را داشته باشد. همچنین توسط این روشها، می‌توان اطلاعات اساسی را برای بررسی و تحقیق مواد و توسعه، انتخاب بهینه کردن فراورش‌ها، طراحی مهندسی و پیشگویی کارآوری شکل نهایی را فراهم کرد.

مزایای تجزیه گرمایی بر سایر آزمون‌های مشخص‌کننده ویژگی‌های مواد، عبارتند از:

(۱) زمان آزمون کوتاه، معمولاً کمتر از ۳۰ دقیقه

(۲) اندازه‌های نمونه کوچک کمتر از ۵۰ mgr

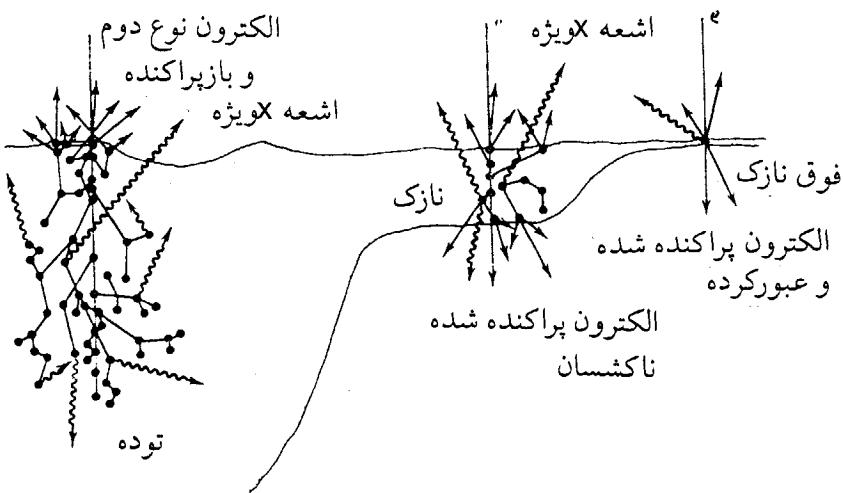
(۳) تهیه نمونه خیلی کوچک و ذردای

(۴) دستگاه‌ش خودکار

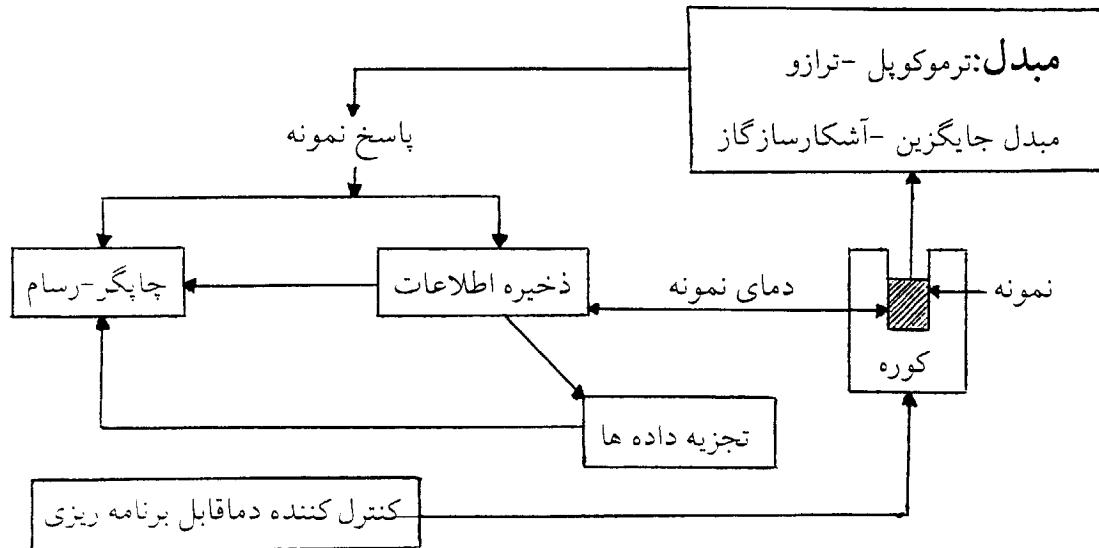
(۵) ارتباط ساده با خواص مورد استفاده نهایی (end-use)

(۶) نتایج کمی

برای هر سیستم تجزیه گرمایی ۲ جزء تشکیل‌دهنده داریم: (شکل ۱۱-۲)



شکل ۱۰-۲ انواع علائم ایجاد شده توسط پرتو الکترونی برخوردی با سطوح نمونه دارای ضخامت متغیر.



شکل ۱۱-۲-اجزاء سیستم تجزیه حرارتی

- (۱) کنترل کننده قابل برنامه ریزی دما، برای تنظیم کردن دمای نمونه
- (۲) یک مدول (ضریب) تجزیه‌ای که حاوی یک کوره (furnace) و مبدل (transducers) است، برای اندازه‌گیری تغییرات در خواص فیزیکی نمونه می‌باشد.
- (۳) یک دستگاه خروجی برای ذخیره اطلاعات، تجزیه داده‌ها و یک ثبات یا ترسیم کننده برای گزارش نتایج بسته به تعیین خواص ماده مورد نظر از روش‌های متفاوت TA استفاده می‌شود:

اندازه‌گیری	تکنیک (فن)	خواص ماده
جریان حرارت	DSC گرماسنجی روبشی تقاضلی (Differential Scanning Calorimetry)	ΔH نقطه ذوب، Tg انتقال، بلورینگی، حرارت ویژه
وزن نمونه	TGA تجزیه وزن سنجی گرمایی (Thermal Gravimetric Analysis)	عمر متوسط تخمینی، ترکیب
آب	تجزیه تغییر (تحول) رطوبت (Moistuve Evaluation Analysis)	مقدار آب
خواص ویسکو الاستیک	تجزیه مکانیکی پویا (Dynamic Mechanical Analysis)	ذخیره و از دست دادن مدولها، حرش و آسایش تنشی
تغییرات بعد (ابعاد)	تجزیه مکانیکی حرارتی (Thermomechanical Analysis)	ضریب انبساط گرمایی، نقطه نرم شدن و گرانسروی (ویسکوزیته) ذوب

تجزیه وزن سنجی گرمایی Themal Gravimetric Analysis

با اندازه‌گیری تغییرات وزن یک نمونه، با تغییر حرارت، TGA اطلاعات قطعی را برای انتخاب مواد و طراحی محصول بدست می‌دهد. نوع کاربرد TGA در تجزیه ترکیبی، پایداری آسایشی و حرارتی و سینتیک واکنش برای پیشگویی عمر متوسط تخمینی،

می باشد.

سینتیکهای تجزیه TGA می تواند اطلاعاتی راجع به پایداری در برابر کهنه‌گی در مدت چندین ساعت را بدهد که با ماههای لازم برای آزمون کهنه‌گی گرمخانه‌ای (oven aging)، مقایسه می شود.

پایداری گرمایی

پایداری گرمایی پلاستیک، با نوع پلاستیک و غلظت مواد افزودنی، تفاوت می کند که پایداری گرمایی فراورش و کارآوری نهایی قسمتهای پلاستیکی را، توأمًا تحت تأثیر قرار می دهد.

در فراورش، توانایی بکار برده شدن مواد وارد شونده، در دمای ایجاد شده توسط دستگاههای فراورش، بدون تخریب (decomposition) (تجزیه)، گرمایی، دارای اهمیت می باشد. به طور مثال تجزیه گرمایی پلی‌اتیلن با دانسیته بالا و پایین در پویش TGA، در شکل ۱۲-۲ نشان داده شده است که نشان می دهد پلی‌اتیلن با دانسیته بالا، پایداری گرمایی بیشتری داشته و می تواند دماهای فراورش بالاتری را تحمل کند.

پایداری گرمایی یکی از خواص انتهایی مهم است. طول عمر محصول نهایی را می توان در دمای به کار گرفته شده تخمین زد. نرم افزار سینتیکی Dupont می تواند با استفاده از اطلاعات TGA برای تعیین سینتیکهای تجزیه و طول عمر تخمینی مواد، توأمًا به کار گرفته شود. شکل ۱۳-۲ نمودار دوام گرمایی، حاصل از TGA و اطلاعات کهنه‌گی گرمخانه‌ای می باشد. خطچین‌ها بهترین خط حاصل برای ۴ نقطه حاصل از اطلاعات کهنه‌گی گرمخانه‌ای می باشد.

دوام گرمایی حاصل از نتایج TGA (خطوط پررنگ در شکل ۱۲-۲، ارتباط نزدیکی با نتایج

کهنجی گرمخانه‌ای، نشان می‌دهد. دوام گرمایی می‌تواند در عرض چندین ساعت توسط TGA بدست آید اما آزمایش گرمخانه‌ای احتیاج به ماهها یا سالها، زمان دارد.

ترکیبات و پلیمرهای پرشده

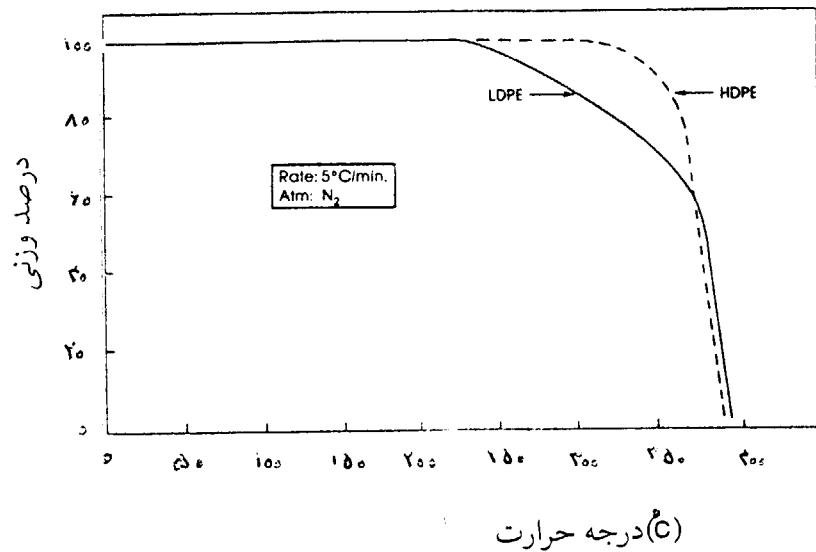
یک پلیمر پرشده پلیمری است که دارای پرکننده خنثی مانند لیفهای شیشه‌ای و ... یا رنگدانه است. شکل ۱۴-۲ تجزیه TGA، نمونه پلیپروپیلن اکسید که حاوی ۳۶/۳٪ پلیمر و ۵/۲۹٪ دوده و ۵/۵٪ پرکننده می‌باشد را نشان می‌دهد.

برخی مواد افزودنی پلیمرها، بازدارندگی در برابر شعله، پلیمر را افزایش می‌دهند با نفوذ سریع مواد پلیمری در صنایع ساختمانی، بازدارندگی در برابر شعله مواد، بسیار اهمیت پیدا کرده است. محصولات دارای مواد افزودنی بازدارنده شعله، باید دارای خواص بازدارندگی در برابر شعله مناسب، بدون نقصان در ظاهر یا خواص فیزیکی باشند.

TGA، همچنین یک روش تجزیه گرمایی سریع و ساده برای تعیین ویژگی‌های سوختن پلیمرها می‌باشد. تجزیه براساس تحریک (تهییج) کاهش وزن (loss weight) مواد پلاستیکی به عنوان تابع درجه حرارت، در سرعتهای گرمایش برنامه‌ریزی شده متفاوت، می‌باشد. این روش، مشابه بسیاری از روش‌های آزمایش ASTM، برای مقایسه ویژگی‌های سوختن مواد متفاوت، مفید می‌باشد اما ارتباط مستقیمی با طراحی محصول یا آزمونهای مهندسی شرایط ساختار (construction) (ترکیب) واقعی ندارد. [۱۸ و ۱۹]

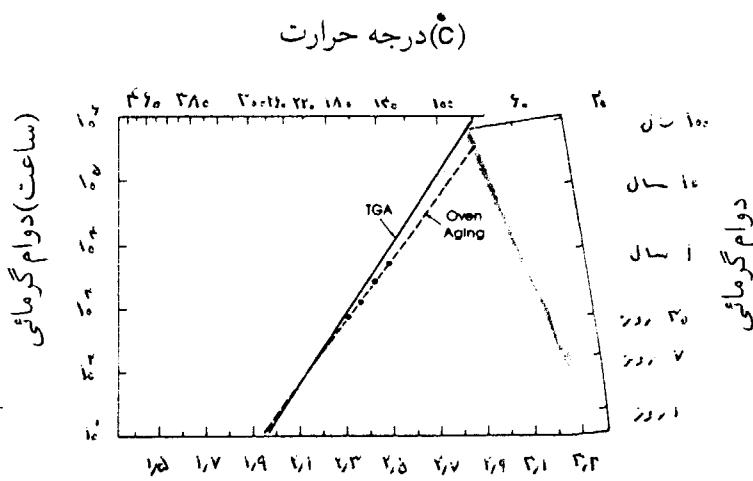
تجزیه گرمایی مکانیکی پویا Dynamic Mechanical Thermal Analysis (DMTA)

در تجزیه مکانیک پویا (DMA)، نمونه معمولاً تحت شرایط ارتعاشی الزامی (forced) (القاگر)، به طور چرخه‌ای تغییر شکل می‌یابد. با تهییج (تحریک) ارتباط تنش - کرنش در



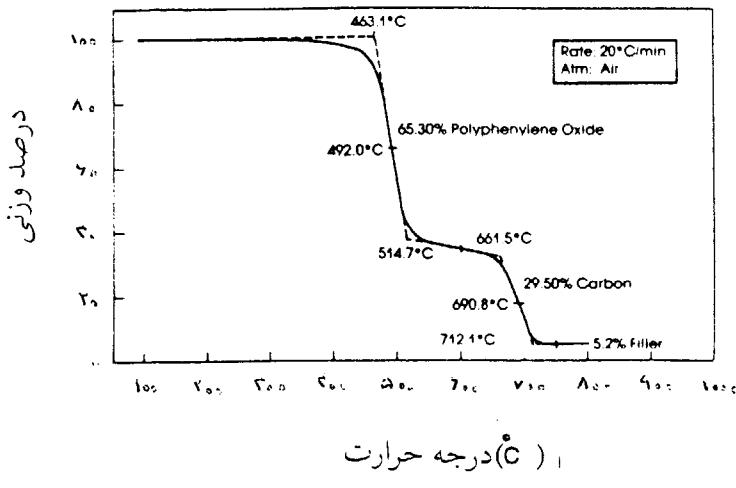
شکل ۲-۲-تجزیه شدن حرارتی TGA پلی اتیلن

دانسیته بالا و پلی اتیلن دانسیته پایین



شکل ۲-۳-محاسبات دوام گرمائی TGA مقایسه

شده با نتایج کهنه‌گی گرمخانه‌ای برای pp



شکل ۲-۴-تجزیه ترکیبی TGA یک پلی پروپیلن اکسید پرشده

حين تغييرات دما، می‌توان اطلاعاتی راجع به رفتار آسایش ماده مورد آزمایش بددست آورد. بنابراین روش را تجزیه گرمایی مکانیکی پویا می‌نامند (DMTA)، اگرچه اغلب استفاده از مخفف DMA حتی وقتی که دمای های متفاوت، مشخصه مهم آزمایش باشد، ارجحیت دارد.

شیوه‌های ارتعاشی متفاوتی وجود دارند اما خمش معکوس بیشتر به کار گرفته می‌شود (به طور مثال بازودار (cantilever) (تیر طره‌دار) دو تایی شکل ۱۵-۲(a)، کشنش محوری معمولاً از بار صفر تا ماکزیم شکل ۱۵-۲(b) پیچش (torsion) شکل ۱۵-۲(c) و برینشی شکل ۱۵-۲(d)

با وجود نداشتن دلیل اساسی برای انتخاب نکردن پیچش، استفاده از حالت‌هایی که به طور نموداری در شکل ۱۵-۲ (a),(b),(d) نشان داده شده‌اند، ارجحیت دارد.

ارتعاش انتخاب شده معمولاً سینوسی است. اگر دامنه نوسان (amplitude) به اندازه کافی کوچک باشد، یک بار سینوسی سبب افزایش تغییر شکل سینوسی می‌شود که اگر آزمایش تحت کنترل بار یا کنترل تغییر شکل باشد، تفسیر آن بدون اشکال است.

اغلب برای انتخاب یکی بر دیگری، دلیل عملی وجود دارد. در هر مورد کرنش با تأخیر پشت (متعاقب) تنش آمده و این توسط زاویه فاز توضیح داده می‌شود. (δ)

پارامترهای مکانیک پویا

تنش (δ) را می‌توان توسط معادله زیر توضیح داد:

$$(\delta - \delta_m) = \delta_0 \sin wt$$

که δ دامنه تنش، w فرکانس دورانی و t زمان است. δ_m میانگین تنش بوده که برای بارگذاری معکوس که دامنه‌های تراکم و کنش دارای مقادیر برابری می‌باشند، برابر صفر

است.

در صفر آزمون کشش، $\delta_m = \varepsilon_m \sin(\omega t - \delta)$ و کرنش متعاقب عبارت است از: $(\varepsilon - \varepsilon_m) = \varepsilon \sin(\omega t - \delta)$ که دامنه کرنش و میانگین (متوسط) کرنش است که دارای حالت‌های خاصی همانند موارد بیان شده برای تنفس می‌باشد. خواص مکانیک پویا مواد، در اصطلاحات مدولها (ضرایب) پویا پیچیده‌ای بیان می‌شود.

$$E^* = (E'^2 + E''^2)^{1/2} = E' + iE''$$

که E' مدول ذخیره‌ای نامیده می‌شود و برابر انرژی کرنش قابل بازگشت، در حجم تغییر شکل یافته است و E'' مدول کاهش (افت) نامیده شده وابسته به صرف انرژی پسماند (هیسترزین) می‌باشد.

$\tan\delta = \frac{E''}{E'}$ زاویه فاز (δ) توسط رابطه زیر داده می‌شود:
بنابراین صلابت و خواص میرایی (کندشوندگی) مواد، می‌تواند بوسیله یکی از دو مقادیر E' ، E'' و $\tan\delta$ (تائزانت کاهش (افت)) بیان شود.

تفسیر

اندازه‌گیری مدولها (ضرایب) به دست آمده توسط دستگاه‌های DMTA، اغلب دارای خطاهای فاحشی است اگر احتیاط‌های لازم به عمل آید، مقادیر ممکن است مقاصد مقایسه‌ای، بین یک ردیف (دسته) آزمایشها که تحت شرایط کنترل شده دقیقی، انجام می‌شوند، به کار گرفته شوند.

همچنین استفاده از DMTA برای تشخیص و دمای‌های آسایش مهم، بدون هیچ تلاشی برای بدست آوردن اطلاعات مدول (ضریب) صحیح، کاملاً معمول می‌باشد. بنابراین در آزمایش یک پلیمر شیشه‌ای، مقدار اندازه‌گیری شده E' ، یک افت (steep fall) را همانطور که

دما از T_g بالا می‌رود، نشان می‌دهد و برای سرعت گرمایش و فرکانس ارتعاش به کار برده شده، مقدار T_g تکرار پذیرد و به اندازه کافی دقیق می‌باشد. در انتقال دوم معمولاً یک تغییر قابل تشخیص در شبیه E ، در مقابل نمودار دما وجود دارد اما دمای انتقال معمولاً به طور خیلی واضح توسط موقعیت پیک در نمودار $\tan\delta$ ، قابل تشخیص است.

البته دمای انتقال شیشه‌ای، با تغییرات صورت‌بندی زنجیر اصلی ملکول ارتباط دارد، اگرچه انتقال دوم شامل تغییرات صورت‌بندی که احتیاج به تحرک زنجیر اصلی ندارد، می‌شود، به عنوان مثال چرخش یک گروه استری آویزان (pendant) حول پیوند c-c که آن را به زنجیر اصلی متصل می‌کند.

جهت‌گیری ترجیحی این چنین حرکتهاست، ممکن است توسط تنفس روی داده با آسایش زنجیر اصلی، تحت تأثیر قرار گیرد و تحت شرایط بارگذاری معکوس ممکن است صورت‌بندی یک گروه ویژه از اتمها به طور تکرار پذیری جلو و عقب سد انرژی تغییر کند و از این‌رو انرژی را از سیستم محرکه بگیرند. این اثر ماکریزم دمای انتقال نامیده می‌شود و با تغییر دما و در هر جهت، یا تغییر متناوب فرکانس سیستم محرکه (بدون یک تغییر جبران‌کننده در دما)، کاهش می‌یابد.

از روی آزمونهای مکانیکی، امکان گفتن آنکه چه تغییرات صورت‌بندی، سبب آسایش‌های متفاوت مشاهده شده می‌شود، وجود ندارد. این اطلاعات را باید بوسیله اطلاعات حاصل از آزمونهای آسایش دیگر یا شاید توسط مقایسه نتایج حاصل از پلیمرهای مشابه یا تفاوت مجموعه‌ای (سیستماتیک) در ساختمان، که منجر به تغییرات یکسان در رفتار آسایشی می‌شود، به دست آورد.

کاربرد

تفکیک و تشخیص انتقال شیشه‌ای (T_g) توسط دستگاه DSC/DTA بویژه در مورد ترکیبات با مقادیر کم، بسیار ضعیف بوده و تشخیص انتقال نوع دوم توسط DSC/DTA، غیرممکن است. روش‌های مکانیک پویا، آسایش ملکولی مانند α و فرآیند T_g را با حساسیت تقریباً 10000 برابر بیشتر از DSC/DTA، تشخیص می‌دهند و تبدیلهای (انتقال‌های) کمی نوع دوم (β و γ) را اندازه‌گیری می‌کنند. به طور مثال شکل ۲-۶ را ببینید.

توسط DMTA می‌توان خواص میرایی (damping) (کندشوندگی) را مقایسه کرد پلیمر دارای مقدار $\tan\delta$ زیاد، خارج از محدوده دما/فرکانس موردنظر، میرایی قویی را نشان می‌دهد. دانستن این خصوصیت ویژه برای موادی که برای لاستیک (تایرها) به کار برده می‌شوند که به علت میرایی بالا می‌توانند شکسته شوند، دارای اهمیت می‌باشد.

در طی مسیر ممکن است دماهای بالایی بر روی غلتنه ایجاد شود و اگر میرایی در دماهای بالا رفته، زیاد باشد، حرارت بیشتری، ممکن است صرف شده (پراکنده شده) و حتی منتهی به دماهای بالاتر شود.

با استفاده از DMTA می‌توان اثر حضور پرکننده توان دهنده را به راحتی مورد تحقیق و بررسی قرار داد. همچنین پخت (curing) رزینهای گرماسخت را می‌توان توسط DMTA بررسی کرد که مدول (ضریب) با پخت افزایش می‌یابد. مقدار $\tan\delta$ معمولاً در اول افزایش یافته سپس به سرعت همانطور که دانسته پیوند عرضی بزرگتر می‌شود و به طور افزاینده‌ای تغییرات صورت‌گیری روی می‌دهد، سقوط می‌کند.

برای تحقیق در این حالت، طراحی یک برنامه آزمایشی مناسب، که مقدار اثرات دما-زمان در واکنش شیمیایی را نتیجه دهد، ضروری می‌باشد. با این روش اغلب می‌توان خصوصیات کوپلیمر را بررسی کرد. اگر فازهای ترکیبات متفاوت جدا شوند، مقادیر T_g مجزا در ارتباط با فازهای جدا شده قابل تشخیص است.

در یک سه بسیار مانند، آکریلوینزیل - بوتادی ان - استیرن، چندین انتقال یافت می‌شود. بنابراین اگر یک نمونه بیش از یک محدوده دمایی وسیع آزمایش شده، سپس سرد شده و دوباره آزمایش شود در دومین دفعه اغلب نتایج متفاوتی را بدست می‌دهد. اینچنین اطلاعاتی ممکن است مستقیماً اخطار دهد که اگر پرتوگیری تا دماهای مشابه ممکن باشد، امکان تغییراتی در خدمات وجود دارد که ممکن است سبب تغییرات خواصی شود.

ترکیب نتایج DMTA با آزمونهای میکروسکوپی، می‌تواند به مشخص کردن آنکه، چه نوع ملکولی در طی تنش زدایی (annealing)، دوباره سازمان یافته، کمک کند.

سازگاری مخلوطها (آلیاژها) و واپستگی خواصشان به سابقه ترمومکانیکی، می‌تواند به روش مشابهی امتحان شود. همچنین با استفاده از DMTA، می‌توان کهنه‌گی فیزیکی سیستم پلیمری را بررسی کرد. [۱۸ و ۱۹]

گرماسنجی روبشی تفاضلی Differential Scanning Calorimetry

یکی از بهترین و مناسبترین روش‌ها برای بررسی رفتار گرمایی مواد، استفاده از گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC) است. در این روش نمونه در معرض تغییر دمای کنترل شده‌ای قرار می‌گیرد و چگونگی تغییر خواص فیزیکی آن به عنوان تابعی از دما به طور پیوسته اندازه‌گیری می‌شود.

روش‌های DSC در مطالعه و بررسی سیستمهای پلیمری کاربردهای بسیار متنوعی دارد. برای مثال در اندازه‌گیری دمای انتقال شیشه‌ای، نقطه ذوب، دمای تجزیه، گرمای انحلال، انرژی فعالسازی و انرژیهای انتقال حالت جامد روش مناسبی است. DSC برای اندازه‌گیری گرمای ویژه، ضریب رسانندگی (هدایت) گرمایی، میزان خلوص نمونه‌های جامد و تعیین درجه بلورینگی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد و علاوه بر آن می‌توان

اطلاعاتی در زمینه سینتیک واکنشها فراهم آورده.

وقتی که یک ماده تحت تأثیر تغییر حالت فیزیکی مانند ذوب، انتقال از یک شکل بلوری به شکل دیگر آن قرار می‌گیرد یا هنگامی که وارد یک واکنش شیمیایی می‌شود گرما را جذب یا آزاد می‌کند. با افزایش دما، شروع بسیاری از فرآیندهای پیش‌گفته به آسانی امکان‌پذیر می‌گردد.

برای تعیین آنتالپی چنین فرآیندهای، گرماسنجهای روبشی تفاضلی جدیدی طراحی شده‌اند که اساس کار آنها اندازه‌گیری میزان جریان گرمایی لازم است تا بتوان همواره دمای ماده نمونه و مرجع را یکسان نگه داشت. ($\Delta T = 0^\circ$)

در این روشها، دما با سرعت از پیش تعیین شده‌ای تغییر می‌کند و گستره گرمایی معینی را می‌پیماید.

همچنین این دستگاهها می‌توانند برای اندازه‌گیری ظرفیت گرمایی، ضریب هدایت (رسانایی) گرمایی و خلوص نمونه‌های جامد مورد استفاده قرار گیرد و علاوه بر آن اطلاعاتی را نیز در زمینه سینتیک واکنشها فراهم آورند.

طرح کلی دستگاه DSC شامل ۴ بخش است:

الف) مدل اصلی DSC

ب) برنامه‌ریز حرارتی

ج) تقویت‌کننده جریان مستقیم (DC)

د) ثبات

الف - مدل اصلی DSC

نمونه درون بوته آلومینیومی یا پلاتینی قرار می‌گیرد و دمای آن به طور پیوسته با دمای

ماده مرجع خنثی مقایسه می‌گردد. اختلاف دما توسط زوج گرمایی که در زیر صفحه نگهدارنده نمونه تعییه شده است، اندازه‌گیری می‌شود. (شکل ۱۷-۲) با توجه به نوع طراحی دستگاه، مجموعه نمونه و ماده مرجع درون یک کوره قرار می‌گیرند یا توسط دو گرمکن جداگانه گرم می‌شوند. (شکل ۱۸-۲)

بدنه کوره معمولاً توسط نیتروژن مایع تا دمای زیر محیط خنک می‌شود و بررسی رفتار حرارتی نمونه‌ها را در دمای پایین امکان‌پذیر می‌سازد. با استفاده از گازهای خنثی می‌توان محیط نمونه را از وجود گازهای احتمالی یا مواد فرار عالمی کرد. در شکل ۱۹-۲ محل ورود و خروج گاز خنثی نشان داده شده است.

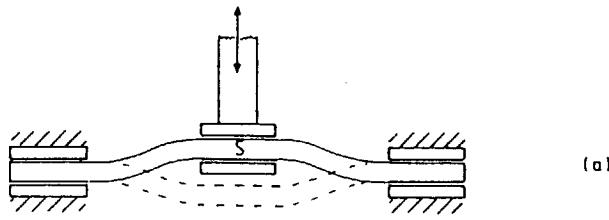
ب - برنامه‌ریز حرارتی

برنامه‌ریز حرارتی، ریزداده‌پردازی است که برای کنترل دقیق دما طراحی شده است و در وضعیتی می‌تواند برنامه‌ریزی شود که تغییرات خطی دما را با زمان ایجاد کند و نمونه را در یک محدوده حرارتی قرار دهد. سرعت گرم و سرد کردن معمولاً بر حسب min^{-1} بیان می‌شود.

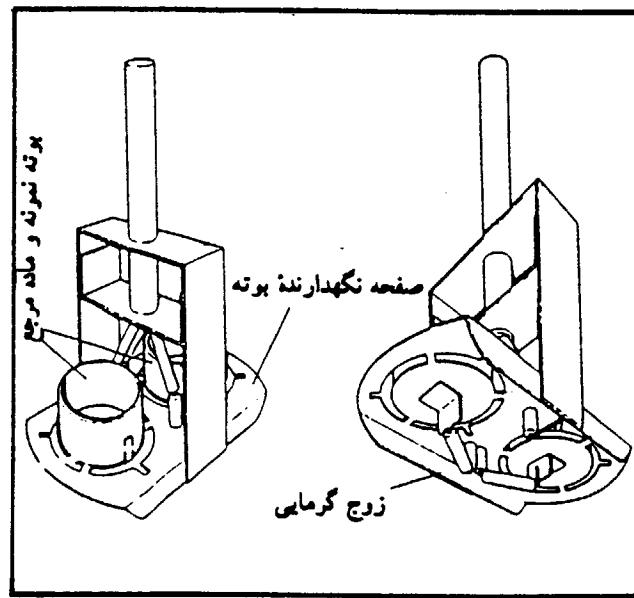
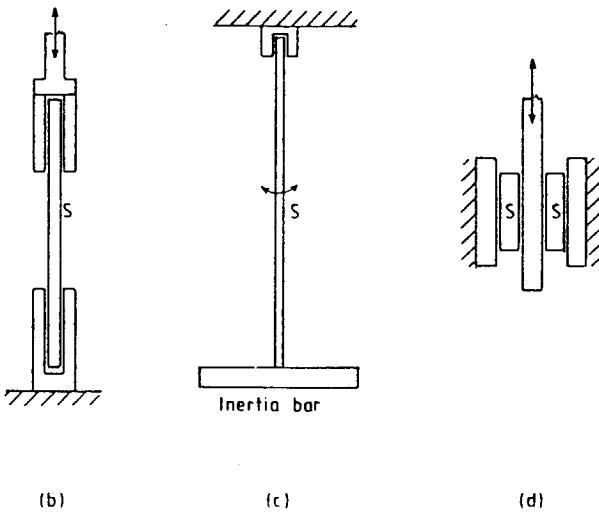
ج - تقویت‌کننده DC

تقویت‌کننده علامت اختلاف دما، ΔT ، را از طریق اتصال بین زوج گرمایی و صفات نمونه و ماده مرجع دریافت و سپس آن را تقویت می‌کند. در مورد اطلاعات DCS، خروجی مستقیماً به خطی کننده DSC وارد می‌شود و پس از تقویت خارج می‌گردد. اطلاعات خروجی معادل با شدت آزادسازی یا جذب گرما می‌باشد و بیان کننده تغییرات آنتالپی نسبت به زمان است. $(\frac{dH}{dt})$

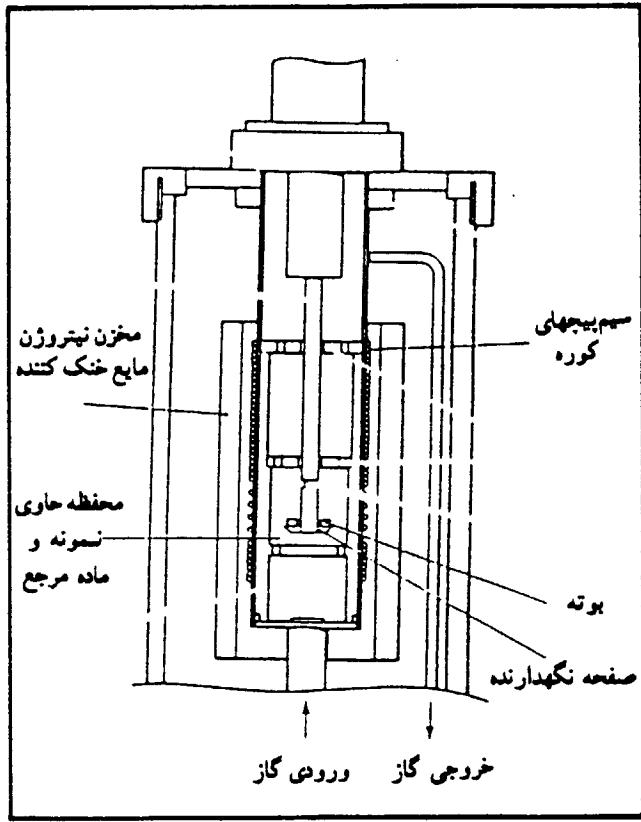
نتایج به ثبات پتانسیل سنجی یا سیستم کسب اطلاعات انتقال می‌یابد در مواردی که



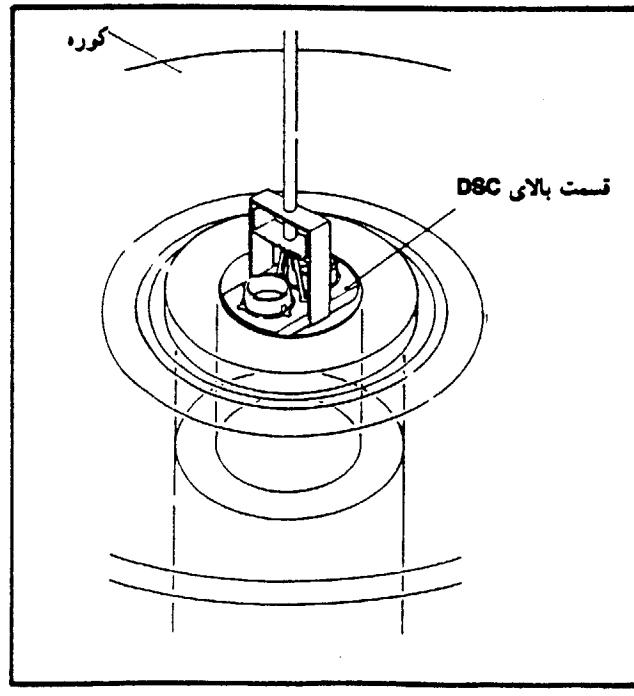
شکل ۲-۲۱۵-۲ حالت‌های بارگذاری برای آزمون مکانیکی
پویا: (a) بازودار (تیرطره دار) دوتائی (b) کششی
تک محوری معکوس شده (c) پیچشی (d) برینشی
در مورد برینشی لازم است که نمونه هایکسان باشند.



شکل ۲-۷ آزمت بالای DSC مدل STA-625
[5] (Stanton - Redcroft Thermal Analyser)



شکل ۲-۱۹ برش طولی کوره مدل STA-625 [5]



شکل ۲-۲۰ انحراف قرار گرفتن قست بالای DSC درون کوره

مدل STA - 625

دسترسی به این مدرک برایه آبین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادهای پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و میقات از حقوق پدیده‌واران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۹۲۹ و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیده‌واران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

دستگاه DSC حاوی دو گرمهن جدأگانه باشد، خروجی دستگاه اختلاف توان ورودی به نمونه و مرجع به شرطی خواهد بود که $\Delta T = 0$ باشد.

د - ثبات

اطلاعات خروجی از دستگاه توسط ثبات یا با استفاده از سیستم کسب اطلاعات جمع آوری می‌گردد. این سیستم حاوی یک مدار میانجی و صفحه نشان دهنده و ترسیم‌کننده است.

کاربرد روش‌های DSC در مطالعات و پژوهش‌های پلیمری
عموماً کاربرد و روش DSC را می‌توان در اندازه‌گیری پارامترهای زیر خلاصه کرد:

- دمای انتقال شیشه‌ای (Tg)

- نقطه ذوب (Tm)

- دمای تجزیه (Td)

روش DSC در اندازه‌گیری مستقیم انرژی جذب شده و آزاد شده نیز به کار می‌رود:

- گرمای ذوب

- گرمای تبخیر

- گرمای بلورینگی

- گرمای واکنش (شامل پلیمر شدن، اکسایش و احتراق)

- گرمای تجزیه (هیدروژن‌زدایی)

- گرمای انحلال

- گرمای جذب (واجدبی)

- گرمای ویژه

- انرژی فعالسازی

(Entropies of transition)

(Solid-state transition energies)

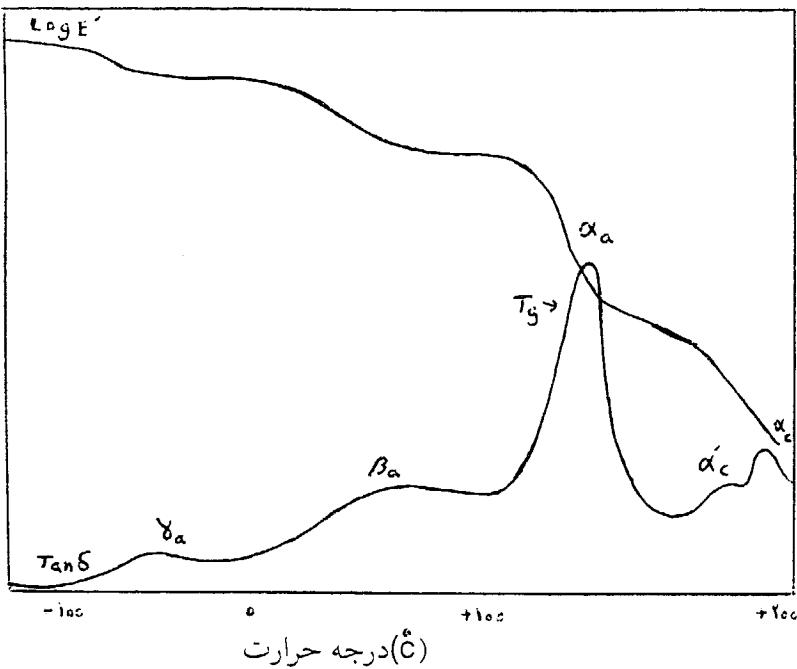
مشکل عمده در بسیاری از آزمایش‌های تجزیه گرمایی، انطباق نتایج ثبت شده با پدیده‌های گرمایی است که درون نمونه اتفاق می‌افتد. در بسیاری از موارد، آزمایش TGA تکمیل کننده نتایج منحنی DSC خواهد بود. روش‌های کلی تفسیر آزمایش‌های DSC به طور خلاصه در جدول ۴-۲ آمده است. برای تکمیل نتایج به سایر روش‌های دستگاهی نیز اشاره شده است.

منحنی DSC یک نمونه پلیمری در شکل ۲۰-۲ نشان داده شده است. اغلب پلیمرها، با سرد کردن ناگهانی (quenching) از حالت مذاب به دماهای پایین‌تر شکل می‌گیرند و به حالت شیشه‌ای در می‌آیند. انتقال از حالت شیشه‌ای به حالت لاستیک مانند (دمای انتقال شیشه‌ای) مثالی از انتقال فاز درجه دوم است. (second order transition). بنابراین انتقال‌ها با تغییر در ظرفیت گرمایی همراه است و هیچگونه تغییری در آنتالپی آنها مشاهده نمی‌شود. در نتیجه در منحنی DSC، انتقال به صورت یک ناپیوستگی در خط مينا مشاهده می‌شود. (baseline).

زمانی که دما به آرامی افزایش می‌یابد در ناحیه قبل از ذوب ممکن است پلیمر دوباره متبلور شود و پیک گرمادهی را نشان دهد. در دماهای بالاتر با توجه به محیط اطراف پلیمر، نمونه اکسید یا تخریب می‌گردد.

دو روش مورد استفاده در تعیین T_g به ترتیب زیر است (شکل ۲۱-۲)

الف - T_g از محل تقاطع خط مينا و امتداد انحراف منحنی به دست می‌آید.

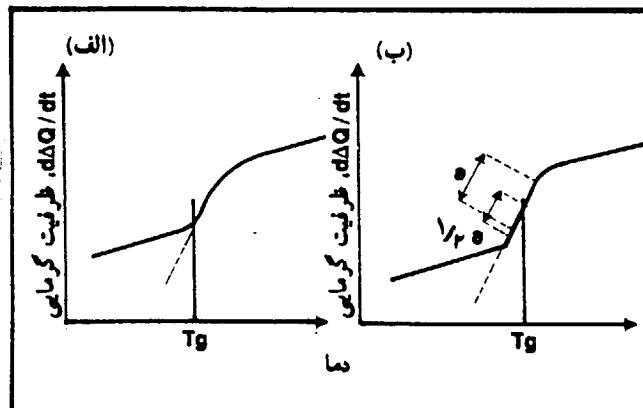


شکل ۲-۱۶- تعیین مشخصات اطلاعات

یک پلیمر نیمه بلوراندازه‌گیری DMTA

شده در دمای نیتروژن مایع بالا
 نقطه ذوبش . نشاندار کردن بالفبای
 یونانی بر حسب کاهش دمای میباشد.

ب) شکل = a = انتقال درجه اول = α
 بلوری = c = انتقال درجه دوم = α_c

شکل ۲-۲۱- تعیین T_g به روش (الف) و (ب) [1]

شکل ۲-۲۰- معنی DSC یک نمونه پلیمری [3]

جدول ۲-۳- تفسیر آزمایش‌های DSC [6]

نابوستگی	بیک	گرمایش	خصوصیت منحنی
گرمایش	بیک	گرمایش	جهت
خیر	بله	خیر	برگشت پذیر
-	-	معمولی	بهانی بیک
-	خیر	بله	افزونی
-	خیر	خیر	(TG) گاز خارج شده (EGD/EGA)***
تکمیل بات	TMA***	XRD	تفسیر احتمالی
DMA***	XRD	XRD***	جزئیه تجزیه جامد یا ذوب
		طیف سنجی	آزمونهای تکمیل کننده میکروسکوپ

* ردیابی گاز خارج شده (Evolved Gas Detection)

** تجزیه گاز خارج شده (Evolved Gas Analysis)

*** تفرق سنج اشعه ایکس (X-ray Diffractometer)

**** تجزیه گرمایش - مکانیکی (Thermomechanical Analysis)

***** تجزیه دینامیکی - مکانیکی (Dynamic Mechanical Analysis)

* entropies of transition

** solid - state transition energies

ب - از نقطه عطف انحراف منحنی حاصل می‌شود. [۶]

آزمون شاخص جریان ذوب Melt Flow Index

آزمون شاخص جریان ذوب معمولاً برای تعیین گرانزوی (ویسکوزیته) مذاب یک رزین گرمانزم مشخص بکار برده می‌شود. در این آزمون سرعت خروج رزین مذاب با دمای معולם، از یک منفذ با قطر معین در سیلندری تحت نیروی معین تعیین می‌گردد، نیروی سیلندر از طریق یک پیستون با وزن استاندارد تأمین می‌گردد. هر چه مقدار شاخص جریان ذوب (MFI) بزرگتر باشد (برحسب گرم در ده دقیقه) گرانزوی (ویسکوزیته) مذاب کمتر خواهد بود. مجموعاً مقادیر MFI بطور تقریبی می‌تواند به نحوه تولید رزین در کارخانه و شرایط خاص فرآیند ربط داده شود. با وجود این، شاخص جریان ذوب تنها خاصیتی نیست که می‌تواند فرآیندپذیری پلیمر را تعیین کند. کم بودن مقدار شاخص جریان ذوب یک پلیمر تقریباً دلیلی بر بالا بودن جرم ملکولی آن است. [۴]

فصل سوم

بخش تجربی

۱-۳ - مواد:

مواد مصرفی در این تحقیق عبارتند از:

- ۱- هموپلیمر پلی پروپیلن ساخت شرکت ملی پتروشیمی اراک نوع 30 D IRAPOL 11 (معادل شرکت هایموت G MOPLEN T 30 G) (آمیزه ۶)
- ۲- کوپلیمر پلی پروپیلن ساخت شرکت ملی پتروشیمی اراک نوع 40 R IRAPOL 12 E 40 (معادل شرکت هایموت (B) MOPLEN EP- C 40 R) (آمیزه ۵)
- ۳- کوپلیمر پلی پروپیلن ساخت شرکت ملی پتروشیمی اراک نوع 30 R IRAPOL 12 D 30 (معادل شرکت هایموت R MOPLEN EP- T 30 R) (آمیزه ۵)

جدول ۱-۳ مشخصات پلی پروپیلن‌های مورد استفاده در تحقیق

کد آمیزه	مقاومت ضربه ای J/m	استحکام کششی MPa	استحکام کششی تا تسليم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	٪ از دیدار طول تا تسليم	٪ از دیدار طول تا پارگی	MFI g/10 min
B6	۶۶/۳۷	۲۲/۷	۱۵/۶۷	۱۰/۸۲/۸۲	۴۲/۱۷۴	۲/۶۰۷	۳ ۱۹۰ C	
B	۶۷/۶۸	۲۳/۶۶	۲۳/۲۷	۸۶/۸/۶	۵/۶۷۴	۲/۴۰۴	۶/۱ ۲۲۰ C	
B5	۱۲۵/۴۷	۲۰/۸۶	۱۶/۰۷	۹۰/۴/۲۲	۴۹/۲۸	۲/۷۸۷	۴/۸ ۲۲۰ C	

- ۴- تالک سفیدرنگ ساخت شرکت تو مو (داخلی) و دارای مش ۲۵۰۰ - ۱۵۰۰
- ۵- دوده (CB) ساخت شرکت پارس ساوه (داخلی)، و دارای مش ۵۵۰
- ۶- کائولین
- ۷- SBR (لاستیک استایرن - بوتاکس) ساخت شرکت ملی پتروشیمی بندر امام.
- ۸- استئارات کلسیم (CS) محصول شرکت مرک آلمان
- ۹- bulk density $\sim ۲۵۰ \text{ kg/m}^3$ melting range = $۱۴۷ - ۱۴۹^\circ\text{C}$
- ۱۰- اسید استئاریک (SA) محصول شرکت مرک آلمان گرید سنتزی.

Gehalt (GC) > ۹۷% = نقطه ذوب و $69 - 67^{\circ}\text{C}$

۱۰- APP (پلی پروپیلن اتاکتیک) محصول جانبی واحد تولیدی پلی پروپیلن پتروشیمی بندر امام (محلول در n-هپتان)

۱۱- SAPP (APP سنتزی) که از کوپلیمر نوع R 40 C در دستگاه مخلوطکن داخلی با دور ۲۵ (دور در دقیقه) و با روتور کم و در درجه حرارت 180°C در مدت دو ساعت و ۴۰ دقیقه در اتمسفر ازت ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفت. در کوپلیمر نوع R 40 C حاصل را در تولوئن جوشان حل کرده و سپس محلول حاصل را در متانول دمای محیط (۲-۳ برابر حجمی) ریخته و هم زده و سپس ماده خالص حاصل را توسط صاف کردن جدا نموده و پس از خشک شدن در دمای اتاق، آزمایشات FTIR ، MFI بر روی آن انجام گرفت.

۱۲- OPP (پلی پروپیلن اکسید شده) که از کوپلیمر نوع R 40 C در دستگاه مخلوطکن داخلی نوع 331 BRABENDER PLASTI- CORDER PLE مستقر در مرکز مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و دمای 200°C و دور ۶۰ دور در دقیقه و مدت زمان ۲ ساعت و ۲۰ دقیقه ساخته شد. پس از ذوب شدن کوپلیمر مقداری در حدود $2/0\%$ وزنی کوپلیمر مصرفی، از دو دکانول - ۱ در طی چند مرحله به آن افزوده شد. (نقش دو دکانول یک تسریع کننده واکنش اکسایش می باشد). هم زمان با افزایش اولیه دو دکانول - ۱، توسط لوله مسی جریانی از اکسیژن را با دبی حدود ۲ لیتر در دقیقه در مجاورت کوپلیمر مذاب وارد نموده تا عمل اکسایش کوپلیمر PP انجام شود.

ماده حاصل از اکسیداسیون ابتدادر تولوئن جوشان حل شده و در متانول (حدود ۲-۳ برابر حجمی) ریخته و هم زده شد سپس رسوبات توسط صافی، جدا و در دمای اتاق خشک گردید. و برای انجام آزمایشات FTIR ، MFI استفاده گردید و نتایج حاصل از FTIR نشان دهنده اکسید شدن مقداری از زنجیر کوپلیمر و تشکیل گروههای کتونی و آنیدریدی می باشد (پیکهای موجود در 1720 cm^{-1} و 1776 cm^{-1}) OPP حاصل به عنوان

سازگار کننده در تهیه تعدادی از آمیزه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۳- دستگاه‌ها:

- ۱- مخلوطکن داخلی نوع 90 Haake HBI System ساخت آلمان مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۲- مخلوطکن داخلی نوع 331 BRABENDER PLASTI-CORDER PLE مستقر در مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- ۳- روزنران دومارپیچ نوع 50 Collin Zk مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۴- دستگاه مقاومت ضربه نوع پاندولی 5102 ZWICK ساخت آلمان مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۵- دستگاه کشش نوع 6025 INSTRON مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۶- دستگاه گرماسنج روبشی تفاضلی (DSC) و گرما وزن‌سنجدی (TGA) (STA, DSC- TGA)
- ۷- دستگاه DMTA ساخت کارخانه PL مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۸- دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی SEM مدل 360 S ساخت کمبریج انگلستان مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۹- دستگاه اندازه‌گیری شاخص جریان مذاب مدل 4100 ZWICK مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۱۰- دستگاه FTIR نوع بروکر مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۱۱- دستگاه پرس هیدرولیک (ساخت داخل) مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.
- ۱۲- دستگاه اندازه‌گیری زاویه تماس مدل 940000 K12 مستقر در پژوهشگاه پلیمر ایران.

۳-۳- بخش تجربی:

تهیه آمیزه‌ها:

آمیزدهای B_1 تا B_9 و A_{11} در دستگاه مخلوطکن داخلی مستقر در پژوهشگاد پلیمر ایران با تیغه بنبوری و روتور کم دور ۶۰ دور در دقیقه و دمای 180°C در مدت ۶ دقیقه و آمیزدهای A_1 تا A_7 در دستگاه مخلوطکن داخلی مستقر در مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران با دور ۶۰ دور در دقیقه و دمای 180°C و مدت زمان ۶ دقیقه ساخته شده‌اند.

آمیزدهای B_1 تا B_2 توسط روزنران دومارپیچ در محدوده دمایی ناحیه‌های روزنران از 170°C - 190°C ساخته شده و محصول حاصل از روزنرانی دوباره به روزنران برگردانده شده‌اند (دو بار روزنرانی شده‌اند). (جدول ۲-۳)

از آمیزدهای حاصل توسط دستگاد پرس در دمای 200°C و زمان تقریبی دو دقیقه نمونه‌های لازم برای آزمونهای مقاومت کششی و ضربه تهیه شده و سیپس قسمت گرمکن بالا و پایین دستگاد پرس توسط لوله‌های حامل آب سرد تا نزدیکی 100°C سرد شده و نمونه‌ها از قالب جدا گردیدند.

۴-۳- نتیجه و بحث:

۴-۳-۱- نتایج حاصل از آزمونهای ضربه و کشش:

انتخاب پرکننده:

در مقایسه آمیزدهای B_1 و B_2 (جدول ۳-۲) مشاهده گردید که آمیزه B_2 که دارای ۲۰٪ وزنی تالک است خواص بهتری را در پلیپروپیلن ایجاد می‌کندبطوریکه مثلاً مقاومت ضربه ای آن ۴۵٪ افزایش رانشان می‌دهد و آمیزه B_1 که دارای ۲۰٪ درصد وزنی کائولین است ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی پائین‌تری را ارائه می‌نماید.

جدول ۳-۲-۳- فرمول آمیزه های تهیه شده بر حسب درصد وزنی اجزاسازنده آنها.

درصد وزنی مواد استناده شده در آمیزه												
کد آمیزه	APP	SAPP	OPP	SA	CS	CB	Talc	Kaolin	PP T 30 G	PP T 30 R	PP C 40 R	SBR
B۶	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	-	-	-
B۷	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۲/۰	۳۰	-	۸۵/۱	-	-	۱
B۸	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۲/۰	۳۰	-	۹۴/۱	-	-	۲
B۹	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۲/۰	۳۰	-	۹۶/۱	-	-	-
B۱۰	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۲/۰	۳۰	-	۹۸/۱	-	-	۸
B۱۱	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	-	-	-
B۱۲	-	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۱	-	۲۰	-	۷۸/۰۰	-	-
B۱۳	-	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۱	۲۰	-	-	۷۸/۰۰	-	-
B۱۴	-	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۱	۰۰	-	-	۴۷/۷	-	-
B۱۵	-	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۱	۲۰	-	-	۷۰/۴	-	-
B۱۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	-	-
B۱۷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۵۹/۰۰	۸	-
B۱۸	-	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۲/۰	۲۰	-	-	-	۵۸/۰۰	۸
B۱۹	-	۱۰	-	۰/۱۵	۰/۳	۰	۲۰	-	-	-	۵۱/۳	۸
B۲۰	-	۱۰	-	۰/V	-	۱۰	۲۰	-	-	-	۴۴/۳	۰
B۲۱	-	۲۰	-	۰/V	-	۱۰	۲۰	-	-	-	۴۴/۰	-
B۲۲	-	۲۰	-	۰/۳	۰/۲	-	۲۰	-	-	-	۵۹/۰	-

۲-۳
بنیه جدول

کد آمیزه	APP	SAPP	OPP	SA	CS	CB	Talc	Kaolin	PP T 30 G	PP T 30 R	PP C 40 R	SBR
B۱۹	-	-	-	۰/۲	۰/۲	-	۲۰	-	-	-	۷۹/۰	-
B۲۰	-	-	-	۰/۱۵	۰/۲	۲/۰	۲۰	-	-	-	۴۹/۰	λ
B۱۱	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۲/۰	۳۰	-	-	-	۵۸/۱	λ
B۱۲	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۱۰	۱۰	-	-	-	۷۰/۰۰	λ
B۱۳	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۰	۱۰	-	-	-	۷۰/۰۰	λ
A۱۱	۱	-	-	۰/۱۵	۰/۳	۱۰	۳۰	-	-	-	۵۰/۰۰	λ
A۱	-	-	۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	۱۰	-	-	-	۶۶/۰۰	λ
A۲	-	-	۱۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	۱۰	-	-	-	۶۱/۰۰	λ
A۳	-	-	۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	۱۰	-	-	-	۷۴/۰۰	-
A۴	-	-	۱۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	۱۰	-	-	-	۶۹/۰۰	-
A۵	-	-	۲/۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	۱۰	-	-	-	۷۹/۰	λ
A۶	-	-	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	-	-	-	-	۸۴/۰۰	-
A۷	-	-	۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	-	-	-	-	۷۱/۰۰	λ
A۸	-	-	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	-	-	-	-	۷۹/۰۰	-
A۹	-	-	۱	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	-	-	-	-	۷۰/۰۰	λ
A۱۰	-	-	۱	۰/۱۰	۰/۳	۱۰	-	-	-	-	۷۰/۰۰	λ

جدول ۳-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه های B1 و B2

کدآمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی MPa	استحکام کششی تا تسلیم	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	٪ از دیداد طول تا تسلیم	٪ از دیداد طول تا پارگی
B1	۵۸/۲۹	۱۴/۹۷	۱۲/۱۲	۹۰/۵/۹	۱۶/۵۸	۱/۹۱۲	
B2	۹۴/۲۱	۱۸/۲۶	۱۵/۲۹	۱۲۱۴/۲	۱۹/۱۲		۱/۸۴۷

از مقایسه این دو آمیزه چنین نتیجه می‌شود که تالک در مقایسه با کائولین در این آمیزه‌ها، پرکننده مناسب‌تری می‌باشد و این موضوع به این علت است که تالک به علت ساختمان خاصش، دارای سطح بسیار آب‌گریزی می‌باشد. (خاصیت یونی بالای منیزیم مرکزی مسطح، قطبیت یکنواخت و تقارن ساختمانی و خنثی بودن لایه‌ها، سبب کاهش آب دوستی سطح سیلیکای خارجی کانی، نسبت به سایر کانیهای سیلیکاتی می‌گردد) و در روزینهای پلیمری به ویژه پلیمرهای غیرقطبی سازگارتر بوده و توسط پلیمر بهتر خیس می‌شود و خواص فیزیکی - مکانیکی بهتری را از کائولین در چند سازه‌ها ایجاد می‌کند. [۱۲ و ۱۳]

افزودن SBR

طبيعي است که افزایش ۳۰٪ وزنی تالک و ۲/۵٪ وزنی دوده، مقاومت ضربه‌ای هموپلیمر نوع G 30 T را کاهش می‌دهد و در این حال افزایش تدریجی ۱ و ۲ و ۸ درصد وزنی SBR، این ویژگی را افزایش می‌دهد به طوریکه در آمیزه دارای ۸٪ وزنی SBR (B10.) در مقایسه با (B9) مقاومت ضربه‌ای در حدود دو برابر بالا می‌رود، مسلماً در این راستا دیگر ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی کاهش را نشان می‌دهد. (جدول ۳-۳ و شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳ و ۳-۳ و ۴-۳)

به طورکلی افزایش بلوریت (در نتیجه مدول) پلاستیک را شکننده‌تر می‌کند که بلوریت را می‌توان با همبسپارش یا شاخه‌دار کردن پلیمر کنترل و شکننده‌گی را می‌توان با کاربرد

یک یا تعداد بیشتری از این تغییرات تعديل نمود. طریق دیگر این است که، می‌توان یک جزء کشپار (الاستومری)، که قدرت برخورد را از طریق کم کردن سختی، بهبود می‌بخشد و تنش ایجاد می‌نماید را وارد نمود. افزایش کشپار کمتر از ۵۰٪ به پلی‌پروپیلن سبب ایجاد گرمانزمهای اصلاح شده با کشپار می‌شود که شکنندگی پلی‌پروپیلن را کاهش می‌دهد و مقاومت ضربه‌ای را افزایش می‌دهد. [۱۱ و ۳]

جدول ۴-۳ مقایسه خواص فیزیکی-مکانیکی آمیزه‌های B۶ و B۷ و B۸ و B۹ و B۱۰

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیاد طول تا تسلیم	% از دیاد طول تا پارگی
B۶	۶۶/۳۷	۲۲/۷	۱۵/۶۷	۱۰۸۲/۸۲	۴۲/۱۷۴	۲/۶۰۷
B۹	۴۹/۵	۲۱/۱۵	۱۹/۵	۱۲۲۰/۸۶	۵/۷۰۲	۲/۶۲۸
B۷	۵۲/۲۲	۲۱/۹۱	۱۹/۰۴	۱۴۶۵/۱۴	۶/۷۷۲	۲/۲
B۸	۵۸/۴	۲۰/۲۵	۱۶/۶۴	۱۳۷۶/۲	۶/۲۴۸	۱/۹۷۶
B۱۰	۸۸/۹۳	۱۲/۰۳	۱۲/۰۹	۷۸۸/۹	۲/۶۸۲	۱/۷۴

استفاده از اصلاح کننده‌های ضربه‌ای لاستیکی، منجر به تشکیل یک سیستم دو فازی واقعی می‌شود. (در صورت تکفاز شدن سختی پلیمر کم می‌شود) اصلاح کننده‌های لاستیکی دمای انتقال شیشه‌ای کمی دارند و به این طریق پلاستیکهای سخت بدون کاهش سختی در مقابل ضربه مقاوم می‌شوند. برای این‌که اصلاح کننده‌های ضربه‌ای به بهترین نحو عمل کنند باید مقدار به کار برده شده، اندازه ذرات و حالت پراکندگی ذرات بهینه گردند. [۴]

این نتایج با مقایسه آمیزه‌های A۹ و A۸ (جدول ۵-۳) و A۳ و A۱ (جدول ۴-۳) با A۲ نیز تأیید می‌شود.

جدول ۳-۵ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_۹ و A_۸

کدآمیزه	مقارمت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	%از دیاد طول تا تسلیم	%از دیاد طول تا پارگی
A _۹	۱۱۱/۶	۲۲/۲	۱۲/۹۲	۱۱۸۸/۲	۱/۵۴۲	۱۸/۱۶
A _۸	۱۱۱/۸۳	۱۶/۲۴	۸	۸۲۵/۷۴	۱/۳۸۲	۱۶/۱۷۷

جدول ۳-۶ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_۳ و A_۱

کدآمیزه	مقارمت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	%از دیاد طول تا تسلیم	%از دیاد طول تا پارگی
A _۳	۴۷/۵	۲۲/۱۸	۱۶/۸۳	۱۰۷۲	۱/۴۵۸	۵/۶۳
A _۱	۵۰/۷۷	۱۵/۵۶	۱۱/۲۹	۷۶۷/۱	۱/۴۵	۴/۶۷

جدول ۳-۷ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_۲ و A_۴

کدآمیزه	مقارمت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	%از دیاد طول تا تسلیم	%از دیاد طول تا پارگی
A _۴	۲۲/۸۳	۲۰/۵۲	۱۷/۰۹	۹۲۶/۴	۱/۳۴۸	۱/۵۲
A _۲	۲۰	۱۵/۸۸	۱۱/۴۷	۷۷۹/۴۶	۱/۳۱۵	۲/۱۱۶

یک مقایسه ساده نشان می‌دهد که در آمیزه‌ای با سازه‌های یکسان از مواد افزودنی آمیزه‌های B_۱ با B_۱ (دارای پایه هموپلیمر نوع G 30) و B_{۱۱} (دارای پایه کوپلیمر نوع R 40) در آمیزه بر پایه هموپلیمر نوع G 30، مقدار مقاومت ضربه‌ای بهبود بیشتری یافته است و مقاومت کششی بیشتری را نشان می‌دهد. و این بدان معناست که افزایش SBR، مقدار افزایش مقاومت ضربه‌ای هموپلیمرهای پلی‌پروپیلن G 30 را در مقایسه با کوپلیمر آن (نوع C 40 R) بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد و مقدار مقاومت کششی، کمتر کاهش می‌یابد. لذا اینگونه موارد استفاده از اصلاح کننده ضربه‌ای در

هموپلیمرها با بلورینگی بالاتر، ترجیح داده می‌شود تا در نهایت مقدار بلورینگی همچنان بالاتر باقی بماند. (جدول ۸-۳)

جدول ۸-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B_{۱۰} و B_{۱۱} و B_۶

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% افزودن تا تسلیم	% افزودن تا پارگی
B	۶۷/۶۸	۲۲/۶۶	۲۲/۲۷	۸۶۸/۶	۵/۶۷۴	۲/۴۰۴
B _{۱۱}	۸۶/۶۸	۱۲/۷۸	۱۲/۷۸	۸۶۵	۱/۲۰۶	۱/۲۰۶
B _۶	۶۶/۲۷	۲۲/۷	۱۵/۶۷	۱۰۸۲/۸۲	۴۲/۱۷۴	۲/۶۰۷
B _{۱۰}	۸۸/۹۲	۱۲/۰۳	۱۲/۰۹	۷۸۸/۹	۲/۸۸۲	۱/۷۴

افزودن تالک:

با مقایسه آمیزه‌های A_۵ و A_۶ (جدول ۹-۳) مشاهده می‌شود که افزایش ۱۰٪ وزنی تالک به آمیزه A_۶ (بدون تالک و دارای ۸٪ وزنی SBR) مقاومت ضربه‌ای از ۸۷/۳ J/m به ۱۰۰/۸ J/m افزایش می‌یابد. با افزودن کشیار (الاستومر) به پلیپروپیلن برای افزایش مقاومت ضربه‌ای، چرمنگی کاهش می‌یابد که با افزودن تالک می‌توان این کاهش را جبران کرد. [۱۲ و ۱۴] و یک کشیار پلی‌لفینی گرمانزم (TPO) می‌تواند هم دارای استحکام و هم چرمنگی باشد. [۲۲] تا آنجا که با وجود پرکننده تالک و کاهش مقاومت ضربه‌ای ناشی از آن، مقاومت ضربه‌ای نهایی، بسیار بیشتر از خود پلیپروپیلن پایه به تنها ۱۰٪ می‌شود.

جدول ۹-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_۵ و A_۶

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% افزودن تا تسلیم	% افزودن تا پارگی
A _۵	۱۰۰/۸	۱۵/۳	۱۲/۶۶	۷۵۹/۹	۱/۹۶۷	۸
A _۶	۸۷/۳	۱۷/۷۶	۱۶/۳۲	۶۷۸/۱۳	۱۰/۹۴	۱۲/۱۸۳

در حالتی که مقدار تالک را از ۲۰٪ در آمیزه B_۴، به ۵۰٪ وزنی در آمیزه B_۳ می‌رسانیم مشاهده می‌شود. (جدول ۱۰-۳) که تنها مدول افزایش می‌یابد و سایر ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی کاهش می‌یابند.

جدول ۱۰-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B_۳ و B_۴

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تاتسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	٪ از دیاد طول تاتسلیم	٪ از دیاد طول تا پارگی
B _۳	۴۰/۹۹	۱۶/۳۶	۱۵/۴	۱۶۴۷/۲	۱/۴۰۷	۰/۸۸۵
B _۴	۷۵/۸۷	۱۶/۴۷	۱۴/۲۴	۱۱۲۴/۶	۵/۱۹۳	۱/۲۵۳

با مقایسه آمیزه‌های A_{۱۱} با B_{۱۲} (جدول ۱۱-۳) به دست می‌آید که افزایش درصد پرکننده تالک از ۱۰٪ به ۳۰٪ وزنی به پلی‌پروپیلن باعث کاهش استحکام ضربه‌ای می‌شود اما مدول با افزایش پرکننده تالک افزایش می‌یابد.

جدول ۱۱-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B_{۱۲} و A_{۱۱}

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تاتسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	٪ از دیاد طول تاتسلیم	٪ از دیاد طول تا پارگی
B _{۱۲}	۱۰۹/۳۶	۱۰/۹۶	۹/۵۸۲	۵۵۶/۴	۴/۳۷	۱/۷۱۷
A _{۱۱}	۸۹/۱۹	۱۳/۰۴	۱۰/۵۴	۸۹۰/۹۶	۱/۱۰۲	۲/۶۸۷

این کاهش برای مقاومت ضربه‌ای در آمیزه‌های دارای SBR کمتر از آمیزه‌های بدون SBR می‌باشد اما برای مقاومت کششی برعکس است. که دلیل آن می‌تواند این باشد که پرکننده به عنوان مرکز تجمع تنش عمل کرده و سبب کاهش استحکام ضربه‌ای می‌شود و همچنین پرکننده سخت به دلیل نداشتن خاصیت کشسانی، سبب کاهش مقاومت کششی

می‌شود و چون از دیاد طولی ندارد و از دیاد طول و کشش مربوط به زمینه پلیمری می‌شود افزایش پرکننده سبب کاهش از دیاد طول نیز می‌شود یا به بیان دیگر می‌توان گفت که کاهش از دیاد طول مشاهده شده در چند سازه‌ها در مقایسه با پلی‌پروپیلن خالص را می‌توان به حجم اشغال شده کمتر، توسط زمینه (ماتریس) در سطح مقطع نمونه چندسازه تحت کشش، نسبت داد. که مقدار این کاهش به درصد پرکننده بستگی دارد و مقدار این کاهش برای پلاستیک‌ها بیشتر از کنیپارها می‌باشد که می‌تواند به دلیل توسعه ترکها در اطراف ذرات پرکننده و انباستگی (به هم چسبیدن) ذرات که بدلیل ایجاد حفره‌های ناشی از کناره‌گیری زمینه از ذرات است، باشد. و افزودن پرکننده سخت به پلیمر سبب افزایش مدول کشسانی می‌شود که با تغییر درصد پرکننده تغییر می‌کند [۲۹]

افزایش در مدول و کاهش در کرنش در نقطه شکست را به ممانعت (جلوگیری) مکانیکی تحمل شده توسط ذرات تالک بر حرکت مولکولی یا تغییر شکل پذیری پلی‌پروپیلن ولی کاهش در مقاومت تسلیمی کشش را به بلورینگی کاهش یافته و تشکیل نقاط تجمع تنشی اطراف ذرات پرکننده نسبت می‌دهند. [۳۰]

همچنین به خوبی می‌دانیم که افزودن مواد پرکننده معدنی صفحه‌ای شکل مثل تالک به پلیمرهای گرمانزم سبب بهبود در سختی، صلابت و مقاومت واپیچش حرارتی می‌شود. [۳۱] و مواد پرکننده معدنی به طور مشابه مانند ناخالصی عمل کرده و می‌تواند سبب تسريع کاهش حاصل از کهنه شدن بشوند و به عنوان یک مرکز ترک (شکاف) عمل کنند. اما از طرف دیگر در سیستم پلی‌پروپیلن/لاستیک/پرکننده، تالک و دوده می‌تواند به عنوان حفاظ در برابر اشعه UV عمل کند تا از کهنه‌گی بیشتر جلوگیری کند. [۲۷]

افزودن دوده:

با افزایش ۲۰٪ وزنی تالک به کوپلیمر پلی‌پروپیلن نوع R ۴۰ C، مقاومت کششی حدود ۲۰٪ و مقاومت ضربه‌ای حدود ۲۵٪ کاهش یافته است. (آمیزه‌های B_{۱۹} و B_{۲۰}) با افزایش ۱۰٪ وزنی دوده و جایگزینی آن با ۱۰٪ وزنی تالک، کاهش مقدار مقاومت کششی نامحسوس ولی مقاومت ضربه‌ای حدود ۳۹٪ و مدول حدود ۲۷٪ افزایش نشان می‌دهد

(آمیزه‌های B و A₉) که اثر تقویت‌کنندگی دوده را می‌رساند و این تغییرات در مورد آمیزه تالکدار تنها، محسوس‌تر می‌باشد. (جدول ۱۲-۳)

جدول ۱۲-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B₁₉ و A₉ و B

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی MPa تاتسلیم	استحکام کششی MPa تاپارگی	مدول MPa	% از دیاد طول تاتسلیم	% از دیاد طول تاپارگی
B	۶۷/۴۸	۲۲/۶۶	۲۲/۲۷	۸۶۸/۶	۵/۶۷۴	۲/۴۰۴
A ₉	۱۱۱/۶	۲۲/۲	۱۳/۹۲	۱۱۸۸/۲	۱/۵۴۲	۱۸/۱۶
B ₁₉	۶۵/۵۳	۱۹/۲۳	۱۸/۴	۹۴۳/۷	۵/۱	۱/۲۷۷

نتایج مشابهی نیز در مورد آمیزه‌های دارای تالک - دوده (آمیزه‌های B₂ و B₅) دارای پایه پلی‌پروپیلن نوع R 30 T مشاهده شده است. (جدول ۱۳-۳)

جدول ۱۳-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B₂ و B₅

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی MPa تاتسلیم	استحکام کششی MPa تاپارگی	مدول MPa	% از دیاد طول تاتسلیم	% از دیاد طول تاپارگی
B ₅	۱۲۵/۴۷	۲۰/۸۶	۱۶/۰۷	۹۰۴/۲۲	۴۹/۲۸	۲/۷۸۷
B ₂	۹۴/۲۱	۱۸/۲۶	۱۵/۲۹	۱۳۱۴/۲	۱۹/۱۲	۱/۸۴۷

در مقایسه نتایج حاصل از آمیزه‌های A₉ با A₈ که در آمیزه A₈ مقدار ۸٪ وزنی از پلی‌پروپیلن توسط SBR جایگزین شده است علیرغم کاهش قابل ملاحظه در مقاومت کششی و مدول، تغییری در مقاومت ضربه‌ای رخ نداده است ولی با جایگزینی نسبی دوده توسط تالک (دوده از ۱۰٪ وزنی به ۲/۵٪ وزنی و تالک از ۱۰٪ وزنی به ۲۰٪ درصد وزنی) در آمیزه B₂، مقاومت ضربه‌ای به طور ناگهانی حدود ۴/۷ برابر کاهش داشته، ولی

مقاومت کششی به طور ناچیزی کاهش می‌یابد که این مسئله نقش دوده را به عنوان اصلاح‌کننده ضربه می‌رساند. به طوریکه حتی بدون حضور SBR مقدار مقاومت ضربه‌ای حدود 112J/m را نشان می‌دهد که برابر حالتی است که 8% وزنی SBR وجود دارد. (آمیزه‌های A_8 و A_9). (جدول ۷-۳)

جدول ۷-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_8 و A_9 و B_{20}

کدآمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیاد طول تا تسلیم	% از دیاد طول تا پارگی
A_9	$111/6$	$22/2$	$13/92$	$1188/2$	$1/542$	$18/16$
A_8	$111/83$	$16/24$	8	$825/74$	$1/382$	$16/177$
B_{20}	$23/3$	14	14	$827/4$	$1/035$	$10/95$

چنین به نظر می‌رسد که آمیزه حاوی 10% وزنی دوده، 10% وزنی تالک، بدون حضور SBR ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی بهتری را نشان داده است. که می‌توان شرایط اختلاط بهینه و جالبتری را برای آن تصور کرد.

در مقایسه آمیزه‌های B_{12} و B_{13} (جدول ۱۴-۳) مشاهده گردید که افزایش دوده از 5% درصد وزنی به 10% وزنی در سیستم دارای 8% وزنی SBR و 10% وزنی تالک و 1% درصد وزنی APP، (دارای پایه پلی‌پروپیلن نوع R 40) مقاومت ضربه‌ای را حدود 22% افزایش می‌دهد ولی سایر ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی را کاهش می‌دهد.

جدول ۱۴-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B_{12} و B_{13}

کدآمیزه	مقاطع ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیاد طول تا تسلیم	% از دیاد طول تا پارگی
B_{12}	$84/29$	$11/41$	$10/31$	$596/9$	$4/972$	$1/857$
B_{13}	$109/36$	$10/96$	$9/582$	$556/4$	$4/37$	$1/717$

با افزایش دوده می‌توان خواصی همانند مقاومت انعطاف‌پذیری، قابلیت ارتجاعی و... را بهبود بخشد و این بهبود سبب افزایش مقاومت ضربه‌ای می‌شود. [۱۲ و ۱۴]

در مقایسه آمیزه‌های A₁₁ و B₁₁ (جدول ۱۵-۳) مشاهده می‌شود که افزایش درصد دوده از ۲/۵٪ وزنی به ۱۰٪ وزنی در سیستم دارای ۸٪ وزنی SBR و ۲۰٪ وزنی تالک و ۱٪ وزنی APP، (دارای پایه پلی‌پروپیلن نوع C 40 R) افزایش نسبی مقاومت ضربه‌ای، مدول، استحکام کششی تا تسلیم و ازدیاد طول تا پارگی را موجب می‌گردد.

جدول ۱۵-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A₁₁ و B₁₁

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی MPa	استحکام کششی تا تسلیم	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیاد طول تا تسلیم	% از دیاد طول تا پارگی
B ₁₁	۸۶/۶۸	۱۲/۷۸	۱۲/۷۸	۸۶۵	۱/۲۰۶	۱/۲۰۶	
A ₁₁	۸۹/۱۹	۱۲/۰۴	۱۰/۵۴	۸۹۰/۹۶	۱/۱۰۲		۲/۶۸۷

مقایسه آمیزه‌های B₁₄ و B₁₅ نشان می‌دهد که افزایش درصد دوده از ۲/۵٪ وزنی به ۵٪ وزنی در سیستم دارای ۸٪ وزنی SBR و ۱۰٪ وزنی تالک و ۱۰٪ وزنی APP (دارای پایه پلی‌پروپیلن نوع C40R)، سبب افزایش مقاومت کششی و مدول می‌شود اما تأثیر چندانی بر مقاومت ضربه‌ای ندارد. (جدول ۱۶-۳) که علت این امر باید در اثر درصد زیاد SAPP باشد که اثر افزودن دوده بر مقاومت ضربه‌ای را خنثی می‌کند.

جدول ۱۶-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B₁₄ و B₁₅

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی MPa	استحکام کششی تا تسلیم	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیاد طول تا تسلیم	% از دیاد طول تا پارگی
B ₁₄	۷۸/۶۳	۱۰/۵۹	۱۰/۳۴	۶۵/۰۸	۶/۱۷۷		۱/۳۲۲
B ₁₅	۷۷/۷۸	۱۲/۹۹	۱۲/۷۴	۷۰۷	۵/۶۶۵		۱/۸۸۴

با مقایسه آمیزه‌های B₁₉ و B₁₈ (جدول ۱۷-۳) مشاهده می‌شود که افزودن ۲۰٪ وزنی SAPP به آمیزه B₁₉ (بدون SAPP و بدون دوده) به علت وزن ملکولی خیلی کم آنچنان سبب افت خواص می‌شود که مقاومت کششی و مدول و... به علت شکنندگی بسیار زیاد، دیگر قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد.

جدول ۱۷-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B₁₉ و B₁₈

کدآمیزه	مقاطومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیداد طول تا تسلیم	% از دیداد طول تا پارگی
B ₁₉	۶۵/۵۲	۱۹/۲۳	۱۸/۴	۹۴۳/۷	۵/۱	۱/۲۷۷
B ₁₈	۵/۹۲	-	-	-	-	-

افزودن سازگارکننده:

افزایش OPP، بدون SBR به میزان بالای ۵٪ در آمیزه A_۴ و ۱۰٪ وزنی در آمیزه A_۴ در مقایسه با آمیزه A_۹ بدون OPP، ویژگی‌های فیزیکی - مکانیکی را کاهش می‌دهد (جدول ۱۸-۳) که مقدار این کاهش برای مقاومت ضربه‌ای بسیار زیاد است که نشانه عدم سازگاری OPP، در درصد وزنی بالا می‌باشد.

جدول ۱۸-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_۹ و A_۳ و A_۴

کدآمیزه	مقاطومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیداد طول تا تسلیم	% از دیداد طول تا پارگی
A _۹	۱۱۱/۶	۲۲/۲	۱۲/۹۲	۱۱۸۸/۲	۱/۵۴۲	۱۸/۱۶۵
A _۳	۴۷/۵	۲۲/۱۸	۱۶/۸۳	۱۰۷۲	۱/۴۵۸	۵/۶۳
A _۴	۲۲/۸۳	۲۰/۰۲	۱۷/۰۹	۹۳۶/۴	۱/۳۴۸	۱/۵۳

همچنین با مقایسه آمیزه‌های A_۲ با A_۴ (دارای ۱۰٪ وزنی OPP) در جدول ۱۹-۳ و آمیزه‌های A_۳ با A_۱ (دارای ۵٪ وزنی OPP) در جدول ۲۰-۳ مشاهده می‌شود که حضور ۸٪ وزنی SBR نه تنها نتوانسته است مقاومت ضربه‌ای آمیزه را به طور محسوسی اضافه نماید بلکه مقاومت کششی و مدول آن را نیز افت داده است.

جدول ۱۹-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_۲ و A_۴

کدآمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	%ازدیاد طول تا تسلیم	%ازدیاد طول تا پارگی
A _۴	۲۲/۸۲	۲۰/۵۲	۱۷/۰۹	۹۲۶/۴	۱/۲۴۸	۱/۵۲
A _۲	۳۰	۱۵/۸۸	۱۱/۴۷	۷۷۹/۴۶	۱/۲۱۵	۲/۱۱۶

جدول ۲۰-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های A_۳ و A_۱

کدآمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	%ازدیاد طول تا تسلیم	%ازدیاد طول تا پارگی
A _۳	۴۷/۵	۲۲/۱۸	۱۶/۸۲	۱۰۷۲	۱/۴۵۸	۵/۶۳
A _۱	۵۰/۷۷	۱۵/۵۶	۱۱/۳۹	۷۶۷/۱	۱/۴۵	۴/۶۷

با کاهش تدریجی درصد وزنی OPP در حضور ۸٪ وزنی CBR مقاومت ضربه‌ای نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد و در مقدار یک درصد وزنی OPP، نه تنها مقاومت ضربه‌ای بالا می‌باشد بلکه مقاومت کششی و مدول نیز به حد ماکزیمم می‌رسد (آمیزه A_۱) به نحوی که ویژگیهای اخیر از ویژگیهای آمیزه بدون OPP هم متجاوز می‌گردند (آمیزه‌های A_{۱۰} و A_۸) (جدول ۲۱-۳ و شکل‌های ۵-۳ و ۶-۳ و ۷-۳ و ۸-۳) مشاهده می‌شود که در شرایط ۱۰٪ وزنی دوده و ۱۰٪ تالک و ۸٪ وزنی SBR، مقدار ۱٪ وزنی OPP، شرایط ایده‌آل را برای تولید و کاربرد یک آمیزه ایجاد نموده و کوپلیمر پلی‌پروپیلن تقویت شده

است و یا بهتر این که بگوئیم OPP نقش سازگارکننده را در این سیستم را به عهده داشته است.

جدول ۲۱-۳ مقایسه خواص فیزیکی-مکانیکی آمیزه‌های A_۸ و A_{۱۰} و A_۵ و A_۱ و A_۲

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	٪ از دیاد طول تا تسلیم	٪ از دیاد طول تا پارگی
A _۸	۱۱۱/۸۳	۱۶/۳۴	۸	۸۳۵/۷۴	۱/۲۸۲	۱۶/۱۷۷
A _{۱۰}	۱۰۲/۲۲	۱۸/۱۳	۱۴/۲۷	۹۰۰/۰۲	۱/۵۸۲	۹/۰۲۲
A _۵	۱۰۰/۸	۱۵/۳	۱۲/۶۶	۷۵۹/۹	۱/۹۶۷	۸
A _۱	۵۰/۷۷	۱۵/۵۶	۱۱/۳۹	۷۶۷/۱	۱/۴۵	۴/۸۷
A _۲	۲۰	۱۵/۸۸	۱۱/۴۷	۷۷۹/۴۶	۱/۳۱۵	۲/۱۱۶

این امر را می‌توان به این صورت در نظر گرفت که OPP در مقادیر حدود یک درصد وزنی حالت سازگارکننده داشته و سبب بهبود خواص می‌شود اما افزایش بیشتر مقدار OPP در آمیزه‌ها، نتیجه معکوس می‌دهد و حالت ضدسازگارکننده می‌گیرد.

زیرا افزایش بیش از مقدار بهینه (حدود ۱٪ وزنی) سبب ایجاد اثرات منفی بر خواص، چسبندگی و ناپایداری حرارتی (حالت ضدسازگارکننده) می‌شود که این حالت در مورد سازگارکننده‌ها و عوامل کوپلاز دهنده نیز [۱۳] وجود دارد. مقدار سازگارکننده مورد استفاده به واحدهای ساختمانی قطبی و غیرقطبی موجود توسط مواد معدنی یا آلی در سیستم زمینه (ماتریکس) پلیمری، و همچنین به میزان پلاریته و واحدهای ساختمانی قطبی و غیرقطبی خود سازگارکننده و... بستگی دارد. (در مورد عوامل کوپلاز دهنده، پروتونهای موجود توسط مواد معدنی یا آلی، در سیستم زمینه پلیمری اهمیت دارند) زیرا هدف، بر هم کنش و اتحدهای ساختمانی قطبی سازگارکننده با واحدهای ساختمانی قطبی موجود در مواد معدنی یا آلی در سیستم زمینه پلیمری و از طرف دیگر، بر هم کنش

واحدهای ساختمانی غیرقطبی سازگار کننده با واحدهای ساختمانی غیرقطبی در زمینه پلیمری می‌باشد که در حقیقت سازگار کننده مانند پلی‌بین قسمت قطبی و غیرقطبی عمل می‌کند. (در مورد عوامل کوپلاز دهنده ما و اکنش بین پروتونهای موجود توسط مواد معدنی یا آلی در سیستم زمینه پلیمری را با گروههای موجود بر روی این عوامل کوپلاز دهنده داریم [۱۳]).

بنابراین استفاده از مقدار اضافی سازگار کننده خوب نیست چون سبب افزایش گروههای قطبی بر هم کنش نکرده، شده و این افت خواص و اثرات منفی چسبندگی و همچنین ناپایداری حرارتی و... را سبب می‌شود. مقدار سازگار کننده (یا عوامل کوپلاز دهنده) می‌تواند متغیر باشد که بستگی به مقادیر سایر اجزاء، مساحت سطحی، تقل ویژه، حجم خلل و فرج ذرات و خواص نهائی مورد نظر آمیزه دارد.

پلیمر دارای تنفس تسلیمی، در این نقطه بدون افزوده شدن نیرو، تغییر شکل می‌دهد و پس از این نقطه با نیروی کمتری تغییرشکل ادامه پیدا می‌کند بنابراین دارای یک پیک ماکزیمم در منحنی تنفس - کرنش است. بعد از این نقطه تغییر شکل ایجاد شده در پلیمر به صورت ماندگار بوده و پلیمر تغییر شکل نهایی را حفظ می‌کند حال اگر عاملی بین زنجیرهای اضافه شود که سبب شود زنجیرهای پلیمری در مقابل تغییر شکل ماندگار، مقاومت کمتری داشته باشند، تنفس تسلیمی مقادیر کمتری را به خود اختصاص می‌دهد ولی اگر عاملی سبب افزایش مقاومت زنجیرهای پلیمری در مقابل تغییر شکل ماندگار شود، تنفس تسلیمی مقادیر بالاتری خواهد داشت که این حالت در آمیزه A_1 دارای ۱٪ وزنی OPP نسبت به آمیزه A_8 بدون OPP مشاهده می‌شود.

همچنین می‌دانیم که از دیاد طول چندسازه در اثر افزودن پرکننده کاهش یافته و بسته به نوع پرکننده و اندازه ذرات و پراکنندگی و... مقدار آن تفاوت می‌کند. اصولاً علت اصلی کاهش از دیاد طول در آمیزه هنگام حضور ذرات پرکننده، محدودیت مکانیکی ناشی از ذرات سخت پرکننده در زنجیرهای پلیمری می‌باشد همچنین پرکننده می‌تواند سبب افزایش نایکنواختی و مکانهای ضعیف در آمیزه شده و سبب تمرکز تنفس در مکانهای

ضعیف شود.

با افزودن مقدار مناسب از سازگار کننده OPP (۱٪ وزنی در آمیزه A₁₀) ملاحظه می‌شود که از دیاد طول این آمیزه از آمیزه بدون سازگار کننده OPP (آمیزه A₈) بیشتر است که دلیل آن می‌تواند افزایش سازگاری و ایجاد یک سیستم هموزن و کاهش محدودیت مکانیکی برای تحرک زنجیره‌های پلیمری توسط پرکننده و همچنین کاهش نایکنواختی و مکانهای ضعیف در آمیزه باشد.

جایگزینی ۱٪ وزنی APP در آمیزه B₁₂ توسط ۱٪ وزنی OPP در آمیزه A₁₀ (جدول ۲۲-۳) نشان می‌دهد که مقاومت ضربه‌ای اندکی کاهش یافته است ولی مقاومت کششی و مدول و از دیاد طول نهایی، افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته‌اند که این امر نشان‌گر افزایش قطبیت محصول OPP و نقش سازگار کننده‌گی آن در مقایسه با APP می‌باشد و نتایج قبل نیز در مورد این آمیزه‌ها صادق می‌باشد.

جدول ۲۲-۳ مقایسه خواص فیزیکی - مکانیکی آمیزه‌های B₁₂ و A₁₀

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی تا تسلیم MPa	استحکام کششی تا پارگی MPa	مدول MPa	% از دیاد طول تا تسلیم	% از دیاد طول تا پارگی
B ₁₂	۱۰۹/۳۶	۱۰/۹۶	۹/۵۸۲	۵۵۶/۴	۴/۳۷	۱/۷۱۷
A ₁₀	۱۰۲/۲۲	۱۸/۱۳	۱۴/۲۷	۹۰۰/۰۲	۱/۵۸۲	۹/۰۲۲

مقایسه آمیزه‌های A₅ و A₆ (جدول ۲۲-۴) حاوی ۰.۸٪ وزنی SBR و ۰.۵٪ وزنی OPP نشان می‌دهد که حذف تالک از آمیزه A₅ سبب کاهش مقاومت ضربه‌ای و مدول در حضور SBR می‌شود. اما مقاومت کششی و از دیاد طول افزایش می‌یابد.

علت این حالت باید اثر توأم پرکننده و سازگار کننده در حضور SBR باشد افزایش پرکننده سبب افزایش مدول و کاهش مقاومت کششی و از دیاد طول و مقاومت ضربه‌ای می‌شود اما افزایش سازگار کننده سبب افزایش مقاومت کششی و از دیاد طول و مقاومت

ضربه‌ای می‌شود و اثر توأم این دو سبب ایجاد این حالت شده است. (با توجه به این مطلب که مقدار OPP ۲/۵٪ وزنی هم مقدار مناسبی برای سازگارکننده نمی‌باشد) این اثر توأم پرکننده و سازگارکننده در آمیزه‌های A_۳ و A_۷ (جدول ۲۳-۳) بدون SBR، سبب تغییر انکی در مقاومت ضربه‌ای در اثر حذف تالک شده اما سبب کاهش مقاومت کششی و مدول و افزایش ازدیاد طول می‌شود. (مقایسه در مقدار ۵٪ وزنی OPP انجام گرفته است)

جدول ۲۳-۳ مقایسه خواص فیزیکی-مکانیکی آمیزه‌های A_۳ و A_۷

کد آمیزه	مقاومت ضربه‌ای J/m	استحکام کششی MPa	استحکام کششی تا سلیم	استحکام کششی تا پارگی	مدول MPa	% از دیاد طول تا سلیم	% از دیاد طول تا پارگی
A _۳	۴۷/۵	۲۲/۱۸	۱۶/۸۳	۱۰۷۲	۱/۴۵۸	۵/۶۳	
A _۷	۴۷/۶۹	۲۰/۰۹	۶/۳۸۸	۸۹۲/۵	۱/۶۹۷	۳/۳۷۵	

۴-۲-۳-نتایج حاصل از گرماسنج روبشی تفاضلی - گرم‌مازنجه وزن سنجی (DSC-TGA) یا STA با بررسی نتایج بدست می‌آید که با افزایش پرکننده، نقطه ذوب کاهش می‌یابد که دلیل این امر کاهش میزان بلورینگی می‌باشد، PP یک پلیمر نیمه بلوری می‌باشد و با افزایش پرکننده، میزان بلورینگی آن کاهش یافته و نقطه ذوب نیز کاهش می‌یابد زیرا انرژی کمتری برای از بین بردن نیروهای بین ملکولی لازم است.

مقایسه آمیزه‌های B_۱ و B_۲ (شکلهای ۳-۹ و ۳-۱۰) که اولی حاوی ۲۰٪ کائولین و دومی حاوی ۲۰٪ تالک می‌باشد نشان می‌دهد که مقاومت حرارتی آمیزه B_۲ حاوی تالک، بیشتر از آمیزه حاوی کائولین می‌باشد و نقطه ذوب آن نیز بالاتر است که این امر قابلیت سازش و آمیزش بیشتر پرکننده تالک را می‌سازند که این نتیجه از مقایسه خواص مکانیکی مقاومت ضربه‌ای و استحکام کششی نیز بدست آمده بود و دلیل آن همانطور که قبل توضیح داده شده است آبگریزتر بودن سطح تالک نسبت به سایر کانی‌های سیلیکاتی مانند کائولین است که سبب بهتر خیس شدن تالک از کائولین می‌شود و به همین دلیل نیز،

اثر کمتری از کاٹولین بر کاهش نقطه ذوب پلیمر دارد. [۱۳ و ۱۴] مقایسه STA آمیزه‌های B₁₂ و B₁₃ حاوی SBR و تالک مساوی و با تفاوت CB٪۱۰ در آمیزه B₁₂ به جای CB در آمیزه B₁₃ (شکلهای ۱۱-۲ و ۱۲-۳) میان این واقعیت است که علی‌رغم درصد زیادتر کوپلیمر PP در آمیزه B₁₃، پلیمر باقیمانده در حرارت‌های یکسان در آمیزه B₁₂ حاوی CB٪۱۰ بیشتر است و این بدان معناست که افزایش درصد CB که دارای مقاومت حرارتی بسیار بالایی می‌باشد در آمیزه‌ها مقاومت حرارتی را افزایش می‌دهد.

مقایسه STA آمیزه‌های A₈ و A₁₀ (شکلهای ۱۳-۲ و ۱۴-۳) نشان می‌دهد که با افزایش ۱٪ سازگار کننده OPP به آمیزه دارای تالک و SBR و دوده و...، با وجود پایداری حرارتی کم OPP، (شکل ۱۵-۲) پایداری حرارتی آمیزه افزایش می‌یابد زیرا به علت پل زدن سازگار کننده بین پرکننده و... و ماتریس پلیمری، بر هم کنش پرکننده و ماتریس پلیمری بالا رفته و پایداری حرارتی نیز افزایش می‌یابد و این بر هم کنش سبب افزایش پراکندگی (دیسپرس) اجزاء، در زمینه پلیمری نیز می‌شود که این نتایج توسط DMTA این آمیزه‌ها نیز تأیید می‌شود.

همچنین دیده می‌شود که نقطه ذوب آمیزه A₁₀ نسبت به آمیزه A₈ کاهش یافته و به نقطه ذوب سازگار کننده OPP تزدیک شده است و این نیز نشان دهنده اثر سازگار کنندگی OPP در آمیزه می‌باشد.

علاوه بر این، نتایج حاصل از آزمونهای فیزیکی-مکانیکی نیز افزایش مقاومت کششی و ازدیاد طول و مدول را برای آمیزه A₁₀ در مقایسه A₈ نشان می‌دهد که این نتایج تأیید کننده یکدیگر هستند.

۳-۴-۳- نتایج حاصل از DMTA

مقایسه DMTA آمیزه B₁₂ حاوی CB٪۱۰ (شکل ۱۶-۳) با B₁₃ حاوی CB٪۵ (شکل ۱۷-۳) نشان می‌دهد که Tg آمیزه B₁₂ افزایش یافته است که این افزایش ناشی از

در صد بیشتر CB می‌باشد. افزایش مقاومت حرارتی T_g نیز با افزایش B_{12} (شکل ۱۸-۳) و افزایش PP (B₅) در آمیزه B_1 (شکل ۱۹-۳) مشاهده می‌شود.

مقایسه آمیزه‌های B_1 (شکل ۲۰-۳) و B_2 (شکل ۲۱-۳) و B_5 (شکل ۲۲-۳) نشان می‌دهد که افزایش ۲۰٪ ماده پرکننده کائولین (آمیزه B_1) یا تالک (آمیزه B_2) به کوپلیمر PP (B₅) (با مقدار جزئی حدود ۱۵٪ SA و سایر مواد افزودنی) سبب کاهش مقدار T_g همانند سایر ویژگی‌های فیزیکی - مکانیکی می‌شود. (مقدار T_g از ۱۳/۳ به ۱۰/۹ ۱۰/۳ می‌رسد).

آمیزه A_8 بدون OPP (شکل ۲۳-۳) مقدار T_g اندکی پائین‌تری را در مقایسه با A_1 ، حاوی ۱٪ OPP (شکل ۲۴-۳) نشان می‌دهد که این امر افزایش پلارتیه OPP را می‌رساند همچنین مقایسه DMTA آمیزه‌های A_8 و A_1 . نشان می‌دهد که آمیزه A_8 (بدون OPP) دارای پیکهای تیزتر (sharp) می‌باشد. در حالیکه در آمیزه A_1 (حاوی ۱٪ OPP) این پیکها پهنتر می‌باشند.

علت این پدیده می‌تواند حضور OPP به عنوان سازگار کننده، در آمیزه A_1 باشد که با حضور سازگار کننده در آمیزه، پیوستگی بین ملکولها بیشتر شده و تحرک آنها کنترل و سختتر از حالتی که سازگار کننده ندارند، گردیده و به همین علت پیکهای آن پهنتر (میرایی بیشتر) می‌شود.

نتایج حاصل از DMTA بر نقش سازگار کننگی OPP همچنین توسط نتایج حاصل از STA و آزمونهای فیزیکی - مکانیکی تأیید می‌شود.

۴-۴-۳- نتایج حاصل از شاخص جریان ذوب :MFI

با مقایسه شاخص جریان ذوب آمیزه‌های B_{18} و B_{19} و B ، و مشاهده می‌شود که با افزایش ۲۰٪ از SAPP همراه با ۲۰٪ تالک و ۰/۳٪ SA (آمیزه B_{18}) به کوپلیمر R 40 دارای MFI برابر $1g/10min$ ، آمیزه حاصل به حدی افزایش می‌یابد که درجه حرارت

متداول 230°C برای بررسی آمیزه نمی‌تواند به کار گرفته شود. کاهش تدریجی حرارت تا 159°C به ما اجازه می‌دهد MFI تقریبی $4/5\text{g}/10\text{min}$ را که در این درجه حرارت بسیار بالا حساب می‌شود، بدست آوریم.

کدآمیزه	($^{\circ}\text{C}$) دما	(Kg) بار	MFI($\text{g}/10\text{min}$)
B	۲۳۰	۶/۱	۲/۶
B _{۱۸}	۱۵۹	۲/۱۶	۴/۵
B _{۱۹}	۲۳۰	۲/۱۶	۶/۵

جدول ۲۴-۳ مقایسه MFI آمیزه‌های B و B_{۱۹} و B_{۱۸}

این مسأله نشان می‌دهد که تغییرات اساسی در ساختمان ماکرولکولی PP، به ویژه از نقطه نظر کاهش وزن ملکولی پدید آمده است به نحوی که نظیر واکنشهای متداول APP عمل می‌نماید و اثر روانکنندگی شدید داخلی بر روی PP دارد. که این نتیجه با نتایج حاصل از آزمونهای فیزیکی - مکانیکی نیز مطابقت دارد.

همچنین مشاهده می‌شود که افزایش $3/0\%$ SA به آمیزه حاوی 20% تالک در آمیزه B_{۱۹}،

مقدار MFI کوپلیمر R 40 C را از $6/1\text{g}/10\text{min}$ به $6/4\text{g}/10\text{min}$ افزایش می‌دهد.

با مقایسه شاخص جریان ذوب آمیزه‌های B_۲ و B_۴ و B_۵ مشاهده می‌شود که اثر توأم و CB و SA ($15/0\%$ و $1/0\%$ SA) در حضور 20% تالک (آمیزه B_۲) موجب شده که MFI در کوپلیمر R 30 T (آمیزه B_۵) از $4/8\text{g}/10\text{min}$ به $7\text{g}/10\text{min}$ افزایش یابد به نحوی که افزایش توأم با $2/3\%$ SAPP (با همان مقدار CB٪۱)، در حضور 20% تالک در آمیزه B_۴ MFI را از $4/8\text{g}/10\text{min}$ به $9/14\text{g}/10\text{min}$ یعنی بیش از دو برابر افزایش داده است که اثر توأم روانکننده داخلی SAPP و روانکننده خارجی SA و پاشیدگی (پراکنندگی - دیسپرشن) جالب توجه CB را در سیستم می‌رساند.

کدآمیزه	($^{\circ}\text{C}$) دما	(Kg) بار	MFI($\text{g}/10\text{min}$)
B _۲	۲۳۰	۲/۱۶	۷
B _۴	۲۳۰	۲/۱۶	۹/۱۴
B _۵	۲۳۰	۲/۱۶	۷

جدول ۲۵-۳ مقایسه MFI آمیزه‌های B_۵ و B_۴ و B_۲

با مقایسه شاخص جریان ذوب آمیزه‌های A_8 و A_{10} مشاهده می‌شود که افزایش ۱٪ در آمیزه (A_{10}) به آمیزه دارای مقادیر مساوی از سایر اجزا (آمیزه A_8) باعث کاهش MFI از $g/10min\ 2/6$ به $g/10min\ 2/2$ می‌شود.

جدول ۲۶-۳ مقایسه MFI آمیزه‌های A_{10} و A_8

کد آمیزه	دما (°C)	بار (Kg)	MFI (g/10min)
A_8	۲۳۰	۲/۱۶	۲/۶
A_{10}	۲۳۰	۲/۱۶	۲/۲

دلیل کاهش MFI از آمیزه A_8 به A_{10} به دلیل افزایش سازگارکننده است زیرا با افزایش سازگارکننده در آمیزه پیوستگی بین ملکولها و مواد پرکننده و... افزایش یافته و از روان بودن آن کاسته شده سبب کاهش MFI می‌شود. که تأیید کننده نتایج حاصل از آزمونهای فیزیکی - مکانیکی و گرمانگاشت DSC و T_g و تجزیه گرمایی مکانیکی - دینامیکی آمیزه‌های A_8 و A_{10} می‌باشد.

هنگام اندازه‌گیری MFI، نمونه‌های B_{18} و SAPP و OPP بسیار نسبت به دما حساس بوده و با تغییر جزئی در درجه حرارت همانند آب کاملاً روان شده و غیرقابل اندازه‌گیری می‌شوند.

۵-۴-۳- نتایج حاصل از طیفهای FTIR

مقایسه طیفهای FTIR نمونه‌های B (کوپلیمر PP شاهد شکل ۲۵-۲) با SAPP شکل ۲۶-۳ نشان می‌دهد که طیف SAPP دارای گروههای قطبی و یا گروههای جدید روی زنجیر پلیمری نمی‌باشد و با توجه به تفاوت در خواص و تغییر بسیار زیاد در MFI و... نتیجه می‌شود که تغییرات اساسی روی ساختمان ماکرو ملکولی PP روی داده و قطع زنجیر و احتمالاً کمی پیوند عرضی روی داده است و حالت روان‌کننگی داخلی پیدا نموده است.

همچنین با توجه به طیف نمونه OPP در شکل ۲۷-۳ و مقایسه آن با طیف B بدست می‌آید که بر اثر اکسیداسیون با اکسیژن، گروههای قطبی کتونی و انیدریدی ایجاد شده است. (طول موجهای cm^{-1} ۱۷۲۰ و ۱۷۷۶) OPP حاصل به دلیل داشتن این گروههای قطبی می‌تواند در بسیاری از پلیمرها نقش سازگارکننده را ایفاء نماید. که نتایج حاصل از MFI و خواص فیزیکی - مکانیکی و آزمونهای STA و DMTA نیز تأیید کننده این نقش می‌باشد.

همچنین با توجه به OPP نمونه MFI و مقایسه آن با نمونه B بدست می‌آید که در نمونه OPP علاوه بر ایجاد گروههای قطبی بر اثر اکسیداسیون، قطع زنجیرهای پلیمری را نیز داشته‌ایم.

۴-۴-۶- مشاهدات ریخت‌شناسی حاصل از آزمون SEM.

از آنجا که مطالعه ساختمان فازی با ریخت‌شناسی سیستم‌های چند فازی پلیمری، همگام با رشد روز افزون آلیاژهای پلیمری و چندسازهای از اهمیت خاصی برخوردار است لذا بررسی و تحقیقات بسیار زیادی در این زمینه انجام شده است. نتایج حاصل از مطالعات تئوریک ترمودینامیکی و نتایج تجربی نشان داده است که در سیستم‌های دو فازی نظری آلیاژهای پلیمری ناسازگار و کوپلیمرهای دسته‌ای، بسته به فرمول‌بندی یا نسبت ترکیب درصدها، تفاوت در گرانزوی و شرایط، سه نوع ریخت‌شناسی می‌توانیم داشته باشیم:

- ۱) نوع پراکنده (دیسپرس): یک پلیمر به صورت فاز پراکنده در پلیمر دوم که نقش فاز زمینه (ماتریس) را دارد توزیع می‌شود.
- ۲) نوع الیافی: توزیع پلیمر فاز پراکنده به شکل الیافی در پلیمر فاز زمینه می‌باشد.
- ۳) نوع لايه‌ای (صفحه‌ای): هر دو فاز به طور پیوسته به شکل لايه لایه تشکیل می‌شوند. طبق بررسیهای انجام شده به دست آمده است که در تعیین نوع ریخت‌شناسی پارامترهای ذیل دخالت دارند.

الف) نسبت اجزاء سازنده: در سیستم‌های پراکنده، در ترکیب درصد خالص معکوس شدن فازی اتفاق می‌افتد.

ب) گرانروی اجزا سازنده: در صورتی که دو جزء دارای گرانروی یکسانی باشند، جزء با غلظت بیشتر فاز پیوسته را تشکیل داده و در صورتی که مقدار دو جزء در آلیاژ یکسان باشد جزء با گرانروی کمتر تشکیل دهنده فاز پیوسته است.

ج) تنش برشی اعمال شده در حین اختلاط: در سیستم‌هایی با ریخت‌شناسی قطره‌ای یا لایه‌ای، افزایش سرعت برش موجب کاهش اندازه ذرت یا ضخامت لایه‌ها می‌شود.

د) نوع مواد افزودنی: این نوع مواد با تغییر در کشش سطحی دو فاز موجب تغییر تمایل دوفاز نسبت به هم می‌شوند.

هدف از انجام آزمایش SEM کسب شواهد بیشتر در مورد ریخت‌شناسی فازها، از جمله شکل هندسی، ابعاد و توزیع فازها و مواد افزودنی به دنبال نتایج حاصله از آزمونهای DMTA و TGA ... می‌باشد. برای انجام آزمون از سطح مقطع محل شکست نمونه‌ها در آزمون ضربه ایزود نمونه‌های تهیه شده استفاده شد و توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی تصاویری از آنها تهیه شد.

اگر خارج شدن پرکننده بدون ایجاد حفره کشیده شده باشد به دلیل آن است که عدم حضور چسبندگی بین دوفاز در سطح مشترک داشته‌ایم و ذرات پرکننده در لحظه اعمال تنش، به راحتی بر روی زنجیرهای پلیمر لغزیده و از جای خود بیرون کشیده شده‌اند اما در غیر این صورت ما چسبندگی بین دو فاز در سطح مشترک داریم. همچنین با استفاده از تصاویر آزمون SEM می‌توان پرکننگی ذرات پرکننده و بقیه اجزا تشکیل دهنده چندسازه را بررسی کرد که در صورت انباستگی، ما پرکننگی خوبی نداشته و افت خواص را خواهیم داشت. اما در صورت پرکننگی خوب این حالت ایجاد نخواهد شد. همچنین طبق تحقیقات انجام شده قبلی بدست آمده است که در سیستم PP/لاستیک/پرکننده، تالک و دوده می‌توانند به عنوان محافظت کننده در برابر اشعه UV عمل کنند تا از کهنه‌گی بیشتر جلوگیری کنند.

بررسی تصاویر حاصل از آزمون SEM مقاطع شکست حاصل از آزمون ضربه ایزود آمیزه‌های B_{12} و B_{19} و B_{13} و B_{18} و B_1 و B_2 و B_{10} و B_{11} شکلهای ۲۸-۳ الی ۳۵-۳ نشان دهنده پراکندگی نسبتاً خوبی از تالک و لاستیک و... در زمینه PP می‌باشد. همچنین باقیمانده پولیمر بر روی سطوح پرکننده دیده نمی‌شود و سطوح پرکننده صاف و یکنواخت هستند که نشان دهنده چسبندگی کم بین تالک و زمینه پلی‌پروپیلن می‌باشد اما اگر چسبندگی بین پلیمر زمینه و پرکننده به علت استفاده از سازگارکننده و یا اصلاح کردن سطح پرکننده و یا اصلاح کردن PP توسط عوامل اتصال دهنده (کوپلاز دهنده)، افزایش قابل ملاحظه‌ای یابد [۳۴-۳۲-۳۲] باقیمانده پلیمری بر روی سطوح پرکننده کاملاً دیده شده و قسمتهایی (یا انتهای) پرکننده با پلیمر، بعد از شکست نیز پوشیده هستند [۳۷].

۳-۴-۷- نتایج حاصل از آزمون زاویه تماس (Contact angle):

برای آزمون زاویه تماس، صفحاتی به ضخامت تقریبی ۱ mm توسط دستگاه پرس از آمیزه‌های B_{12} و B_8 و A_8 و A_3 و A_5 و A_9 و A_{10} و A_{11} و B_{10} تهیه گردید و پس از عمل آوری شیمیایی، زاویه تماس آنها به روش استاتیک با استفاده از آب و برای برخی آمیزه‌ها با مرکب NM₄, بعد از زمان تقریبی ۲-۳ min اندازه‌گیری شد.

نتایج حاصل نشان دهنده ترپذیری بهتر آمیزه‌ها در مقایسه با PP شاهد می‌باشد که تأیید کننده نتایج حاصل از روش آزمون کشش مستقیم می‌باشند. (ترپذیری بهتر نشان دهنده رنگ‌پذیری بهتر می‌باشد). همچنین نتایج حاصله نشان می‌دهند که با افزایش مقدار OPP خاصیت ترپذیری کاهش می‌یابد (زوایای تماس بزرگتر می‌شوند) هم در مورد نمونه‌های حاوی SBR و هم نمونه‌های بدون SBR و این نتیجه در هر دو حالت آب و رنگ مشابه می‌باشد.

%OPP - ۱ ۲/۵

A8 > A10 > A5

۲۹/۵ ۳۳/۵ ۳۹

%OPP - ۱ ۲/۵

A8 > A10 > A5

۵۷ ۵۹/۶ ۶۰/۳

%OPP - ۵

A9 > A2

۵۴/۸ ۵۸/۹

همچنین نتایج نشان دهنده این موضوع می باشد که با افزایش درصد تالک، ترپذیری افزایش می یابد. (زواياي تماس كمتر می شوند)

۳۰ ۱۰٪ تالک - ۱۰٪ تالک

A11 > B12

A5 > A6

A5 > A6

زاویه تماس بارنگ: ۳۹/۲ ۳۹/۲ آب: ۶۶/۹ آب: ۶۱/۵ ۶۰/۳ آب:

همچنین بدست می آید که آمیزه دارای OPP ۱٪ دارای ترپذیری بهتری نسبت به آمیزه دارای ۱٪ APP می باشد و آمیزه بدون APP ترپذیری بهتری از آمیزه دارای APP است. علت این موضوع می تواند این باشد که سازگار کننده با گروههای قطبی موجود بر روی پرکننده معدنی، بر هم کنش می کند بنابراین دیگر این گروههای قطبی نمی توانند با مولکولهای آب بر هم کنش داشته و ترپذیری را افزایش دهند.

- ۱ %APP

%OPP ۱ ۱ %APP

A8 > B12

A10 > B12

۵۷ ۶۶/۹

زاویه تماس با آب: ۵۹/۶ ۶۶/۹

همچنین بدست آمده است که آمیزه دارای SBR ترپذیری کمتری از آمیزه بدون SBR دارد.

%SBR - A

A₉ > A₈

زاویه تماس در آب: ۵۴/۸ ۵۷

نتایج حاصله از زوایای تماس در مورد آب:

A₉ > A₈ > A_۳ > A_{۱۰} > A_۵ > A_۶ > A_{۱۱} > B_{۱۲} > B

۵۴/۸° < ۵۷° < ۵۸/۹° < ۵۹/۶° < ۶۰/۳° < ۶۱/۵° < ۶۲° < ۶۶/۹° < ۷۷/۹°

نتایج حاصله از زوایای تماس در مورد رنگ:

A₈ > A_{۱۰} > A_۵ > A_۶

۲۹/۵° < ۳۲/۵° < ۳۹° < ۳۲/۲°

۳-۴-۱- رنگ پذیری سطح:

رای بررسی رنگ پذیری سطح چندسازه‌های تهیه شده در این پروژه، ابتدا توسط قالب و دستگاه پرس صفحه‌های با ضخامت تقریبی ۱mm از آمیزه‌های B_{۱۰} و B_۶ و B_{۱۲} و B_{۱۹} و B_{۱۴} تهیه شد و سپس با غلطک دستی روی آنها فیلم تری با ضخامت ۳۰ μm کشیده و بعد از رنگ زدن، نمونه را به مدت چند ثانیه در دمای حدود ۸۰°C در oven (گرمخانه) قرار داده و سپس، پس از سه روز این صفحات مورد بررسی قرار گرفت. در حالتی که هیچ عمل آوری قبلی روی صفحات صورت نگرفته باشد، فیلم رنگ روی صفحات با اعمال نیروی کمی برداشته می‌شود که البته مقدار این نیرو برای چندسازه‌ها، بیشتر از کوپلیمر خالص به کار رفته در ساخت چندسازه‌ها می‌باشد. مرکب (رنگ) به کار گرفته شده به نام NM_۴ مرکب سفید چاپ بر پایه نیترو سلولزی بوده و حلال آن اتیل استات: ایزو پروپیل الکل به نسبت ۱:۲ است.

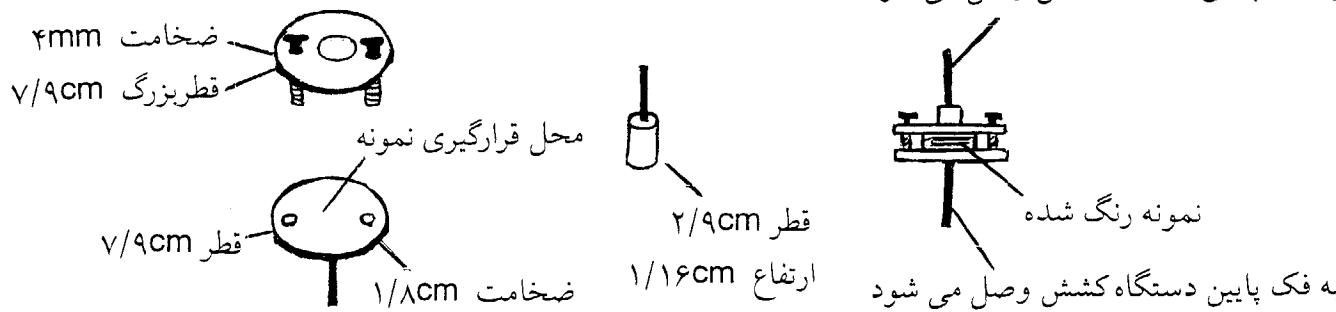
برای بهتر شدن چسبندگی رنگ (مرکب) روی سطح صفحات، از عمل آوری شیمیایی استفاده گردید. ابتدا سطح صفحات را با استن پاک کرده و سپس به مدت ۲ دقیقه در دمای حدود ۷۱°C در محلولی با مشخصات زیر غوطه ور گردیدند:

پتاسیم دی کرومات	۷۵ gr	۱۵ pbw
آب شیر	۱۲۰ gr	۲۴ pbw
اسید سولفوریک غلیظ (۹۵-۹۸٪) (ساخت شرکت ارسطرو داخلی)	۱۵۰۰ gr	۳۰۰ pbw

برای تهیه این محلول ابتدا پتاسیم دی کرومات را در آب حل کرده، سپس اسید سولفوریک را در مقادیر ۲۰۰ gr به آن اضافه کرده و بعد از هر افزودن هم زده می شود. پس از قرارگیری در محلول تهیه شده به مدت ۲ دقیقه، صفحات را از محلول خارج کرده و در آب جاری (روان) حداقل به مدت ۳ دقیقه شستشو داده می شود. سپس این صفحات را با آب مقطر یا آب بدون یون شستشو داده شده و در دمای اتاق به مدت یک روز خشک می شوند. [۲۲]

سپس این صفحات به روش گفته شده و با همان مرکب رنگ گردیده و پس از سه روز مورد بررسی قرار گرفتند. چسبندگی رنگ به سطح صفحات بسیار زیادتر شده بود و برای اندازه‌گیری این چسبندگی و مقایسه از روش آزمون کشش مستقیم استفاده شد. به علت نداشتن تجهیزات استاندارد مربوط به این آزمون که بر دستگاه کشش سوار می شود از دستگاهی ساخته شده در پژوهشگاه پلیمر ایران استفاده گردید که دارای مشخصات (شکل ظاهری) ذیل می باشد.

به فک بالای دستگاه کشش وصل می شود



سطح رنگ شده طوری در دستگاه قراد داده می‌شود که پیستون (قپه) روی آن قرار گیرد. پس از اطمینان از صافی و تمیز بودن پیستون (قپه) چند قطره چسب قطره‌ای (پایه سیانوآکریلات) روی سطح پیستون (قپه) زده و روی فیلم رنگ روی صفحه نمونه قرار داده شد (باید دقت کرد که مقدار چسب زیاد نباشد تا از این قپه بیرون بیاید) و بدون تکان خوردن (زیرا تکان خوردن باعث حل شدن رنگ در چسب شده و باعث ایجاد خطاهای زیادی می‌شود) در دستگاه کشش قرار گرفت و نیروی کمی حدود 3 N را بر آن وارد کرده و به مدت ۲ ساعت در این حالت قرار داده شد تا چسب خشک شده و کاملاً به فیلم رنگ بچسبد.

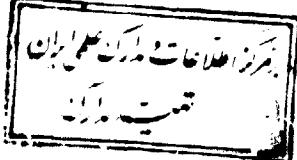
فاصله بین دوفک دستگاه کشش در این حالت حدوداً 10 cm بوده و پس از ۲ ساعت با سرعت 50 cm/min فکها از هم فاصله گرفته و آزمایش اندازه‌گیری چسبندگی انجام می‌شود. با رعایت دقیق یکسان بودن شرایط آزمون برای تمام نمونه‌ها و شاهد می‌توان با استفاده از اعداد به دست آمده تقریبی، به طور نسبی، نمونه‌ها را با هم و با شاهد مقایسه کرد و نمونه‌های دارای چسبندگی بیشتر فیلم رنگ به سطح صفحاتشان را، تعیین کرد. این آزمون را با استفاده از نتایج آزمون زاویه تماس (contact angle) می‌توان تأیید کرد. با بررسی نتایج حاصله از این آزمونها مشاهده می‌شود که آمیزه سازی توسط پرکننده و دوده و... رنگ پذیری فیلم را بهبود می‌بخشد که مقدار این بهبود بستگی به نسبت اجزاء سازنده چندسازه‌ها دارد.

به علت استاندارد نبودن دستگاه، عده‌ها مبنا نبوده و اختلافات بررسی می‌شوند.

نتایج حاصل از این آزمون عبارتند از:

$$\begin{array}{l} \text{at peak} \\ \text{B}_{10} \end{array} \left| \begin{array}{l} 1/22 \times 10^{-1} \text{ kN} \\ 7/5 \times 10^{-1} \text{ mm} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{at break} \\ \text{B}_{10} \end{array} \left| \begin{array}{l} 3/06 \times 10^{-1} \text{ kN} \\ 1/06 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{at peak} \\ \text{B}_6 \end{array} \left| \begin{array}{l} 2/129 \times 10^{-3} \text{ kN} \\ 2/8 \text{ mm} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{at break} \\ \text{B}_6 \end{array} \left| \begin{array}{l} 9/572 \times 10^{-4} \text{ kN} \\ - \end{array} \right.$$



که نشان دهنده رنگ پذیری بهتر آمیزه از PP شاهد می باشد که این نتیجه با آزمون زاویه تماس نیز تأیید می شود. (هرچه مقدار نیروی لازم برای کندن فیلم بزرگتر باشد یعنی رنگ پذیری بهتر است) $B_{12} > B$

$$B_{12} \text{ at peak} \left| \begin{array}{l} 8/989 \times 10^{-2} \text{ kN} \\ 1/87 \text{ mm} \end{array} \right. \quad \text{at break} \left| \begin{array}{l} 3/974 \times 10^{-2} \text{ kN} \\ 1/80 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$B \text{ at peak} \left| \begin{array}{l} 7/387 \times 10^{-2} \text{ kN} \\ 1/85 \times 10^{-1} \text{ mm} \end{array} \right. \quad \text{at break} \left| \begin{array}{l} 1/059 \times 10^{-3} \text{ kN} \\ - \end{array} \right.$$

$$B_{12} > B$$

$$B_{14} \text{ at peak} \left| \begin{array}{l} 1/848 \times 10^{-1} \text{ kN} \\ 1/87 \text{ mm} \end{array} \right. \quad \text{at break} \left| \begin{array}{l} 7/908 \times 10^{-2} \text{ kN} \\ 1/84 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$B_{14} > B$$

$$B_{14} \text{ at peak} \left| \begin{array}{l} 1/204 \times 10^{-1} \text{ kN} \\ 1/36 \text{ mm} \end{array} \right. \quad \text{at break} \left| \begin{array}{l} 5/746 \times 10^{-2} \text{ kN} \\ - \end{array} \right.$$

$$B_{14} > B$$

روند این نتایج با نتایج حاصله از تحقیق موجود در مرجع [۲۸] نیز هماهنگی دارد در این تحقیق نیز بدست آمده بود که پرکننده ها رنگ پذیری فیلم را بهبود می بخشدند.

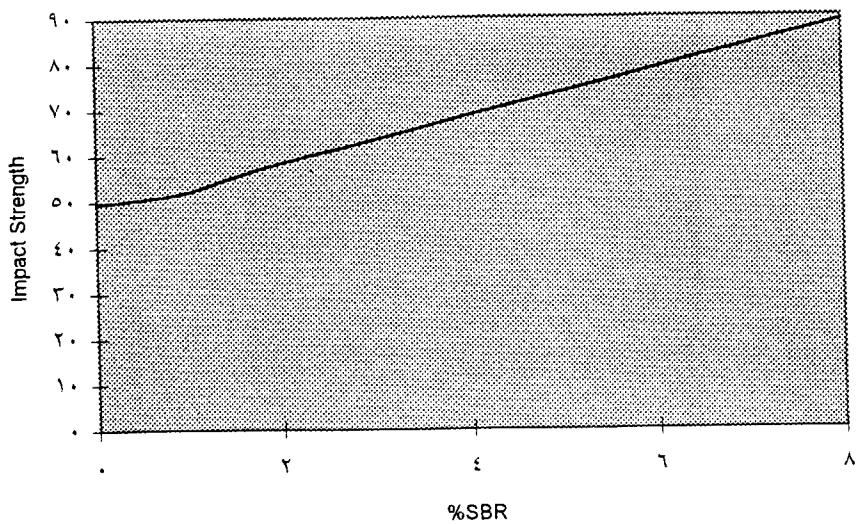
نتایج:

- (۱) تالک به علت ساختمان خاکش پرکننده بهتری نسبت به کائولین می‌باشد و خواص فیزیکی - مکانیکی بهتری را از کائولین در آمیزه (چندسازه) ایجاد می‌کند.
- (۲) افزایش SBR (کشپار) کمتر از ۵٪ وزنی به PP و چندسازه‌های آن به علت ایجاد گرمانم‌های اصلاح شده با کشپار، شکنندگی PP را کاهش داده و مقاومت ضربه‌ای را افزایش می‌دهد.
- (۳) SBR ویژگی مقاومت ضربه‌ای هموپلیمرهای PP را بیشتر از کوپلرهای PP تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- (۴) افزایش دوده به علت افزایش انعطاف‌پذیری و قابلیت ارتجاعی سبب افزایش مقاومت ضربه‌ای می‌شود.
- (۵) افزودن پرکننده تالک بدون حضور سازگار کننده OPP، سبب کاهش مقاومت ضربه‌ای می‌شود ولی مدول را افزایش می‌دهد اما در حضور مقدار مناسب سازگار کننده افزایش مقاومت ضربه‌ای و مدول را سبب می‌شود.
- (۶) افزودن سازگار کننده OPP با درصد مناسب (حدود ۱٪ وزنی) سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقاومت کشش و مدول و از دیاد طول نهایی می‌شود که بیانگر نقش سازگار کننده OPP می‌باشد که این امر با آزمایشات FTIR و DMTA و STA نیز تأیید می‌شود.
- (۷) افزودن سازگار کننده OPP بیش از درصد مناسب (حدود ۱٪ وزنی) سبب افت خواص می‌شود. زیرا حالت *anticompatible* یا ضد سازگار کننگی می‌گیرد.
- (۸) با افزودن پرکننده، ترپذیری (wetability) آمیزه افزایش می‌یابد. اما آمیزه دارای SBR ترپذیری کمتری از آمیزه بدون SBR دارد.
- (۹) افزودن سازگار کننده به میزان مناسب سبب افزایش ترپذیری آمیزه می‌شود. اما افزودن بیش از میزان مناسب سبب کاهش ترپذیری می‌گردد.
- (۱۰) ترپذیری آمیزه دارای یک درصد سازگار کننده از ترپذیری آمیزه دارای یک درصد APP بیشتر است. اما ترپذیری آمیزه بدون سازگار کننده و روان‌کننده از هر دوی اینها

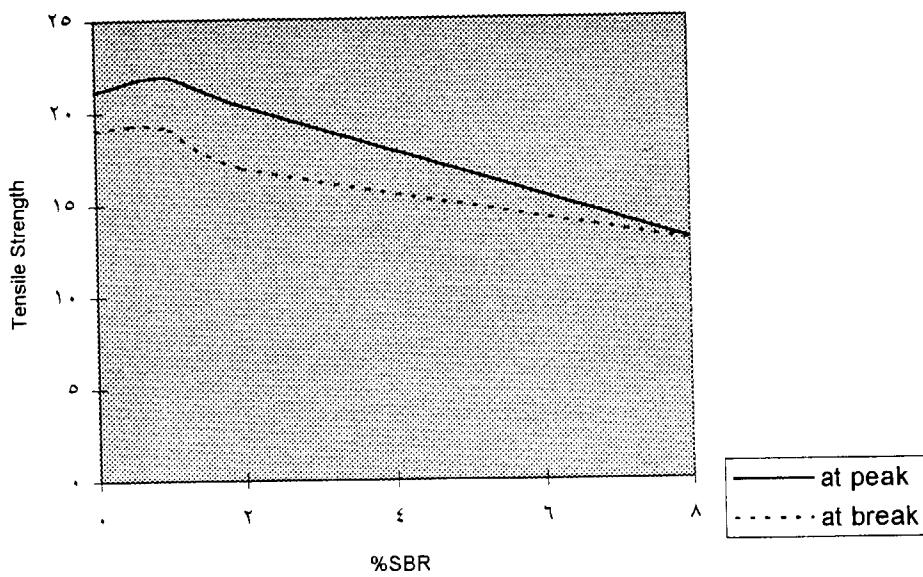
بهتر می‌باشد.

(۱۱) با افزودن سازگار کننده OPP به میزان مناسب، MFI آمیزه کاهش می‌یابد.

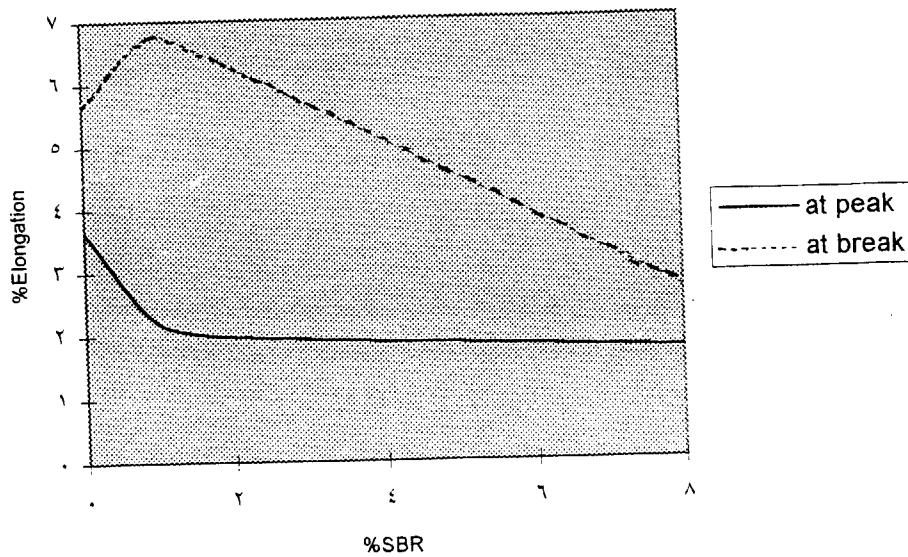
(۱۲) سازگار کننده OPP، در کارهای پژوهشی دیگر نقش سازگار کننده پلی‌پروپیلن با پلی‌آمید را داشته است.



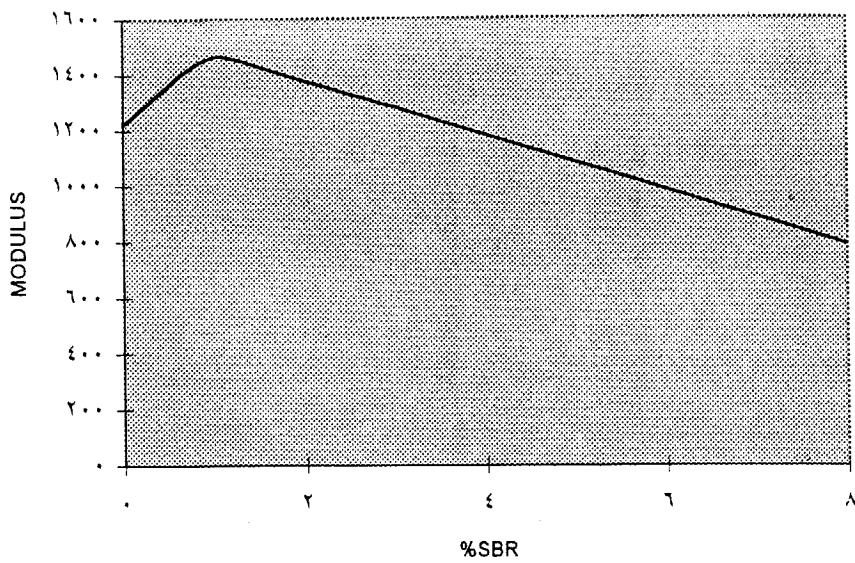
شکل ۱-۳ - مقاومت ضربه ای بر حسب٪SBR



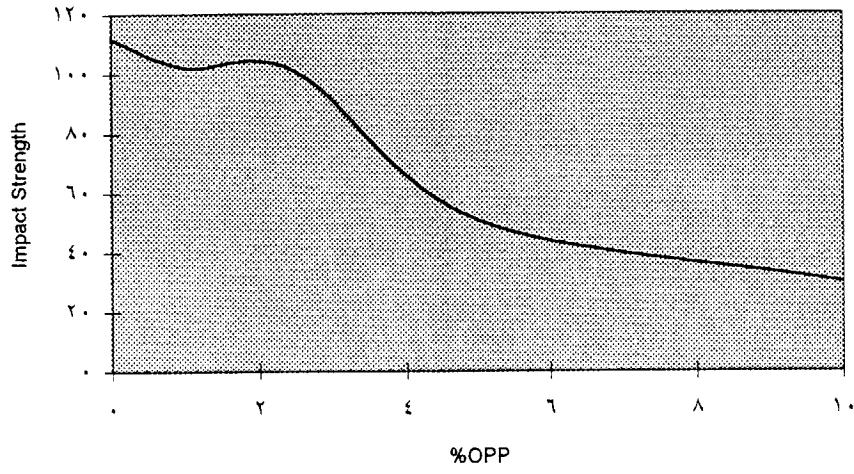
شکل ۲-۳ - استحکام کششی تاتسلیم و تا پارگی بر حسب٪SBR



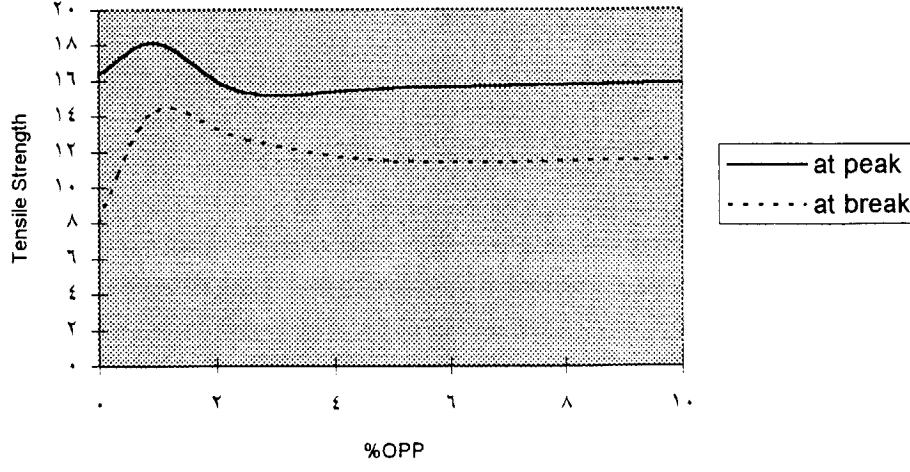
شکل ۳-۳ - افزایاد طول تاتسلیم و تا پارگی بر حسب٪SBR



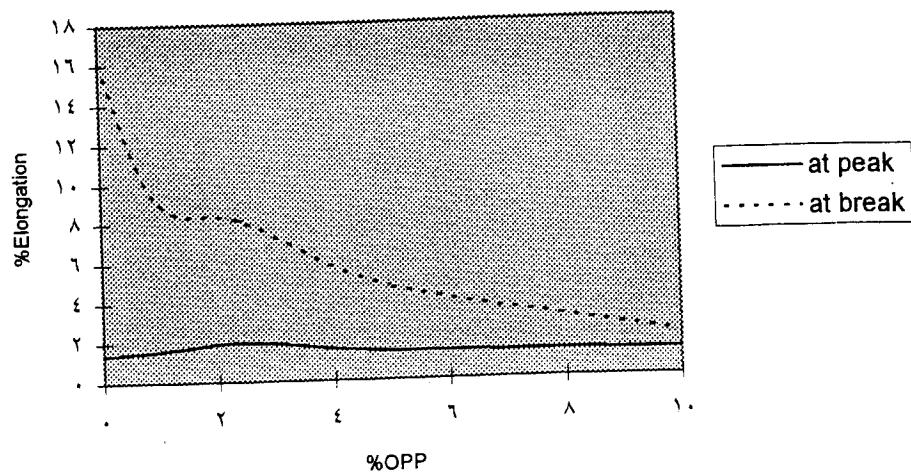
شکل ۴-۳ - مدول بر حسب٪SBR



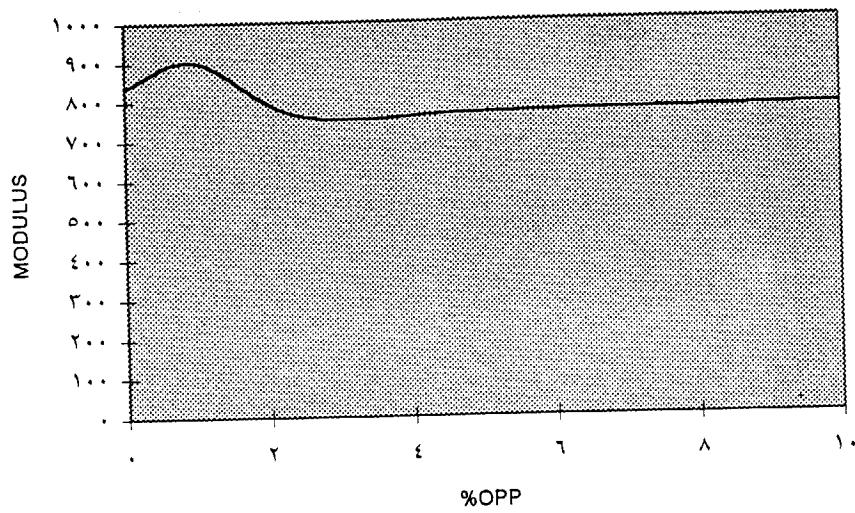
شکل ۵-۳ - مقاومت ضربه‌ای بر حسب٪OPP (برای آمیزه‌های دارای SBR)



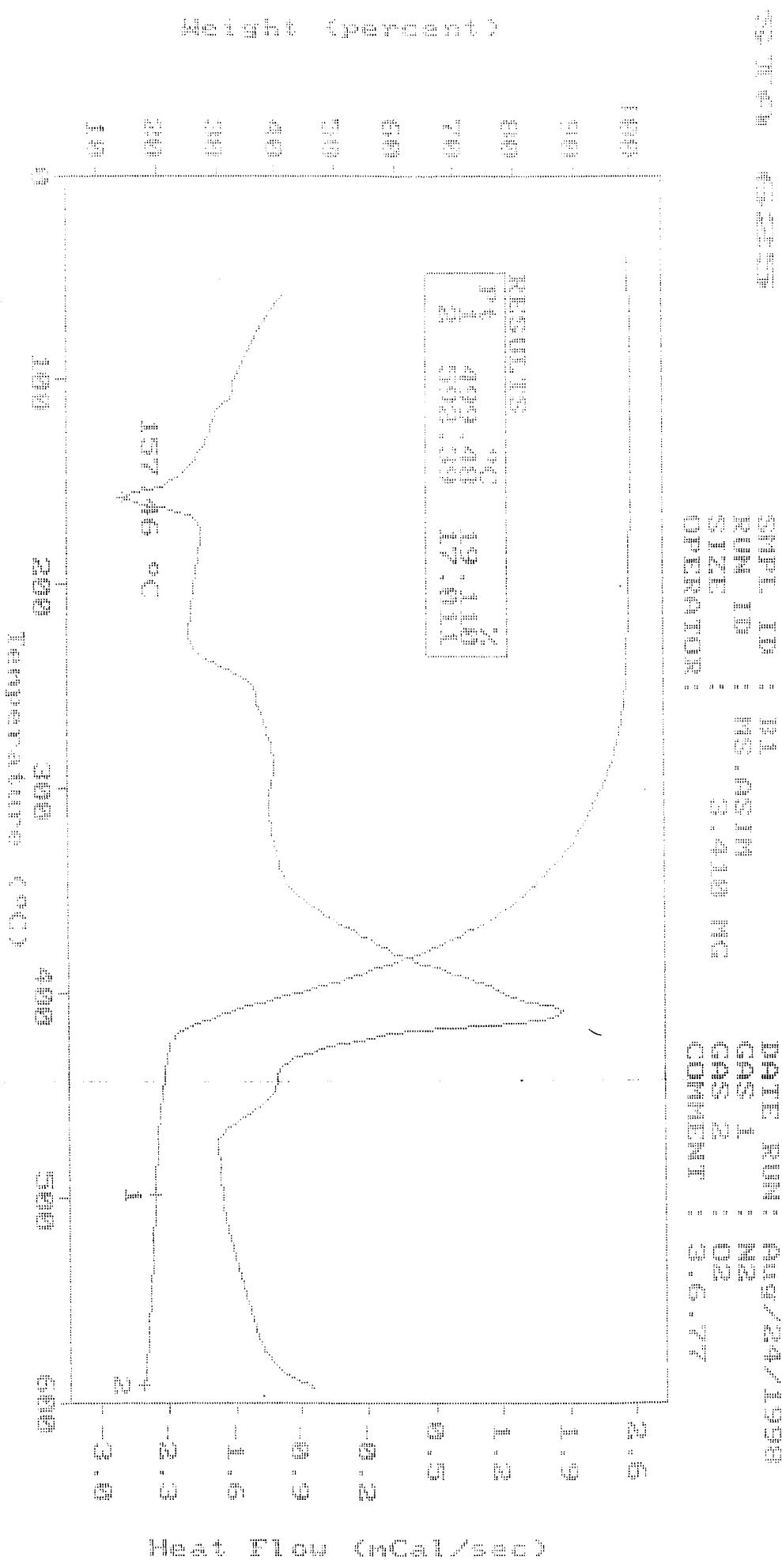
شکل ۶-۳ - استحکام کششی تا تسلیم و تا پارگی بر حسب٪OPP (برای آمیزه‌های دارای SBR)



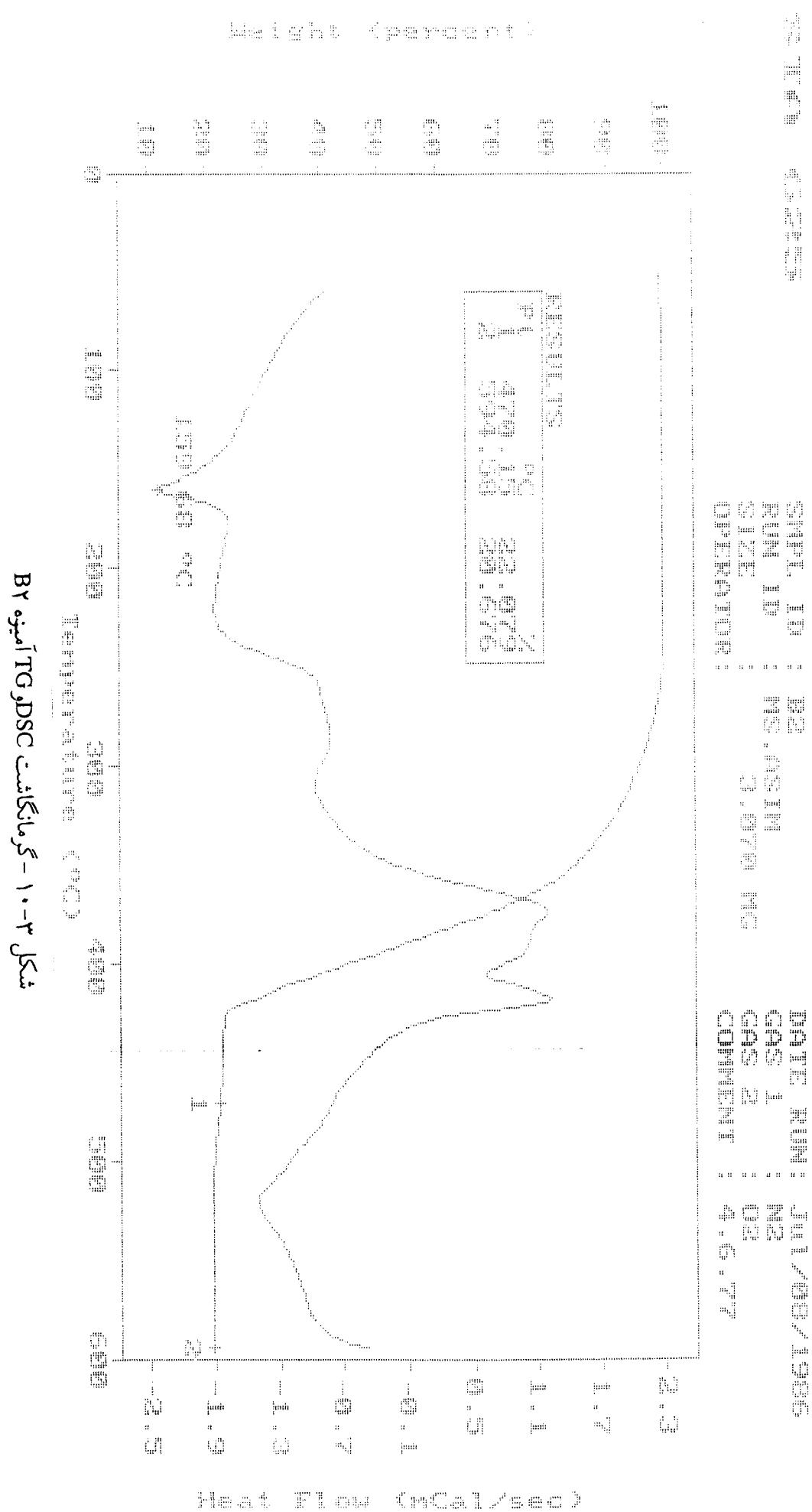
شکل ۷-۳ -٪ ازدیاد طول تاتسلیم و تاپارگی برحسب %.OPP (برای آمیزه های دارای SBR)



شکل ۸-۳ - مدول برحسب %.OPP (برای آمیزه های دارای SBR)

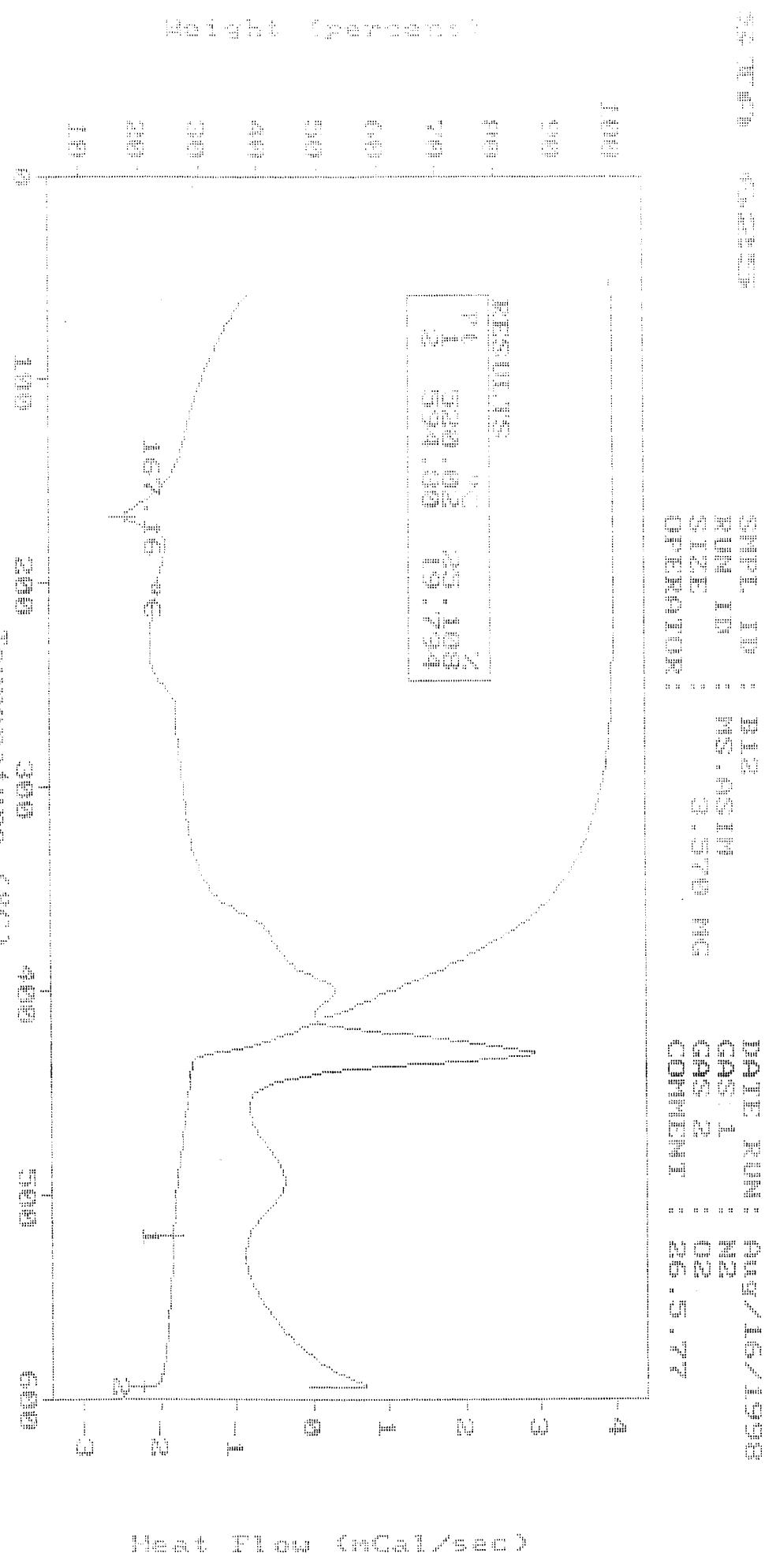


شکل ۹-۳ - گرماگشت TG, DSC آزمایش B



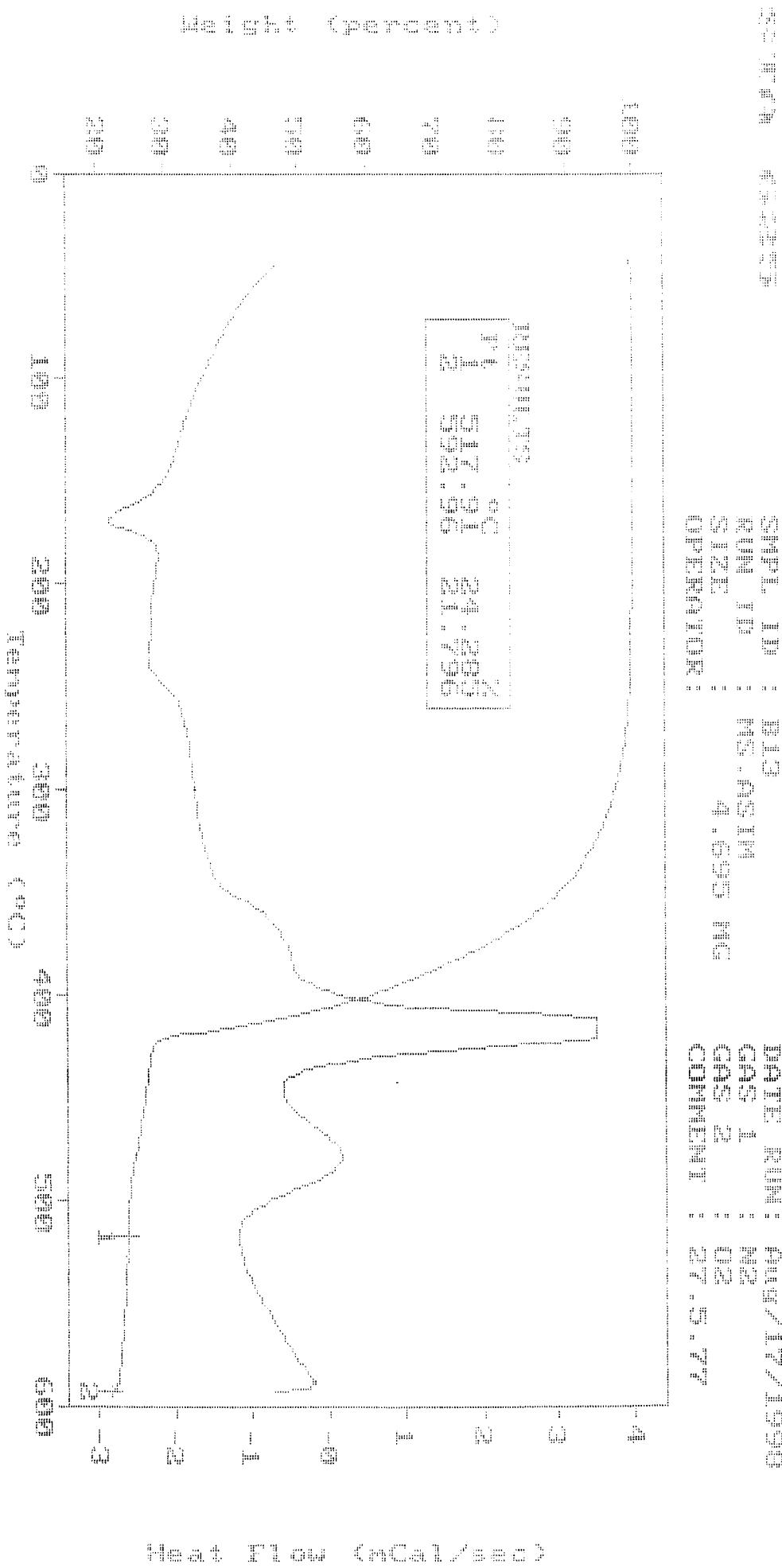
شکل ۳-۱۰-۱-گرماگاشت TG,DSC آمیزه B۲

دسترسی به این مدرک بر پایه آینینه ثبت و انشاعه پیشنهادهای پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحقیقات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۹۵۹۲۹/۱۰/۱۴۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراناک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفات، و هنرمندان (۱۳۴۸) و اححات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

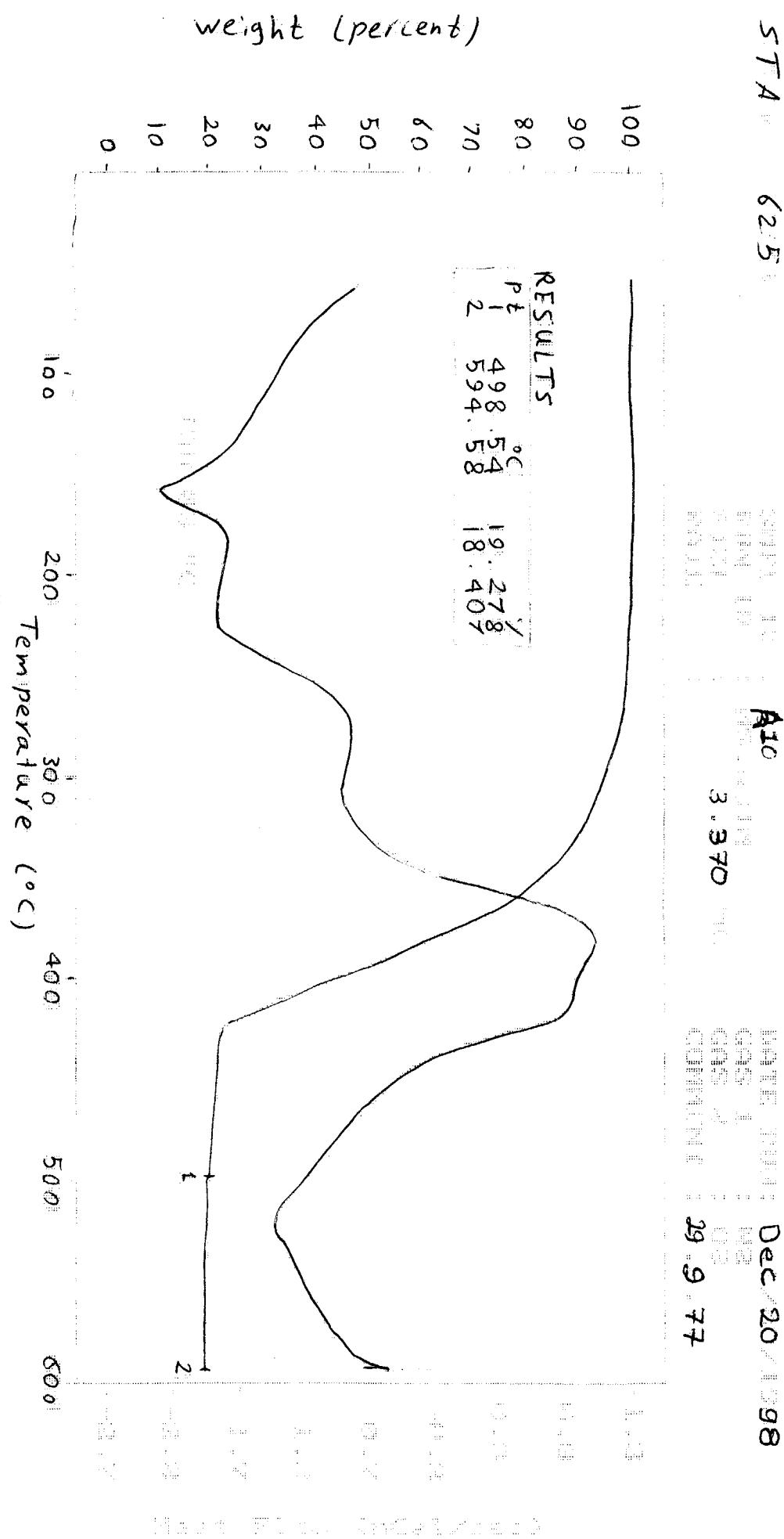


شکل ۱۱-۳ - گرمگاشت TG,DSC آزمایش B۱۲

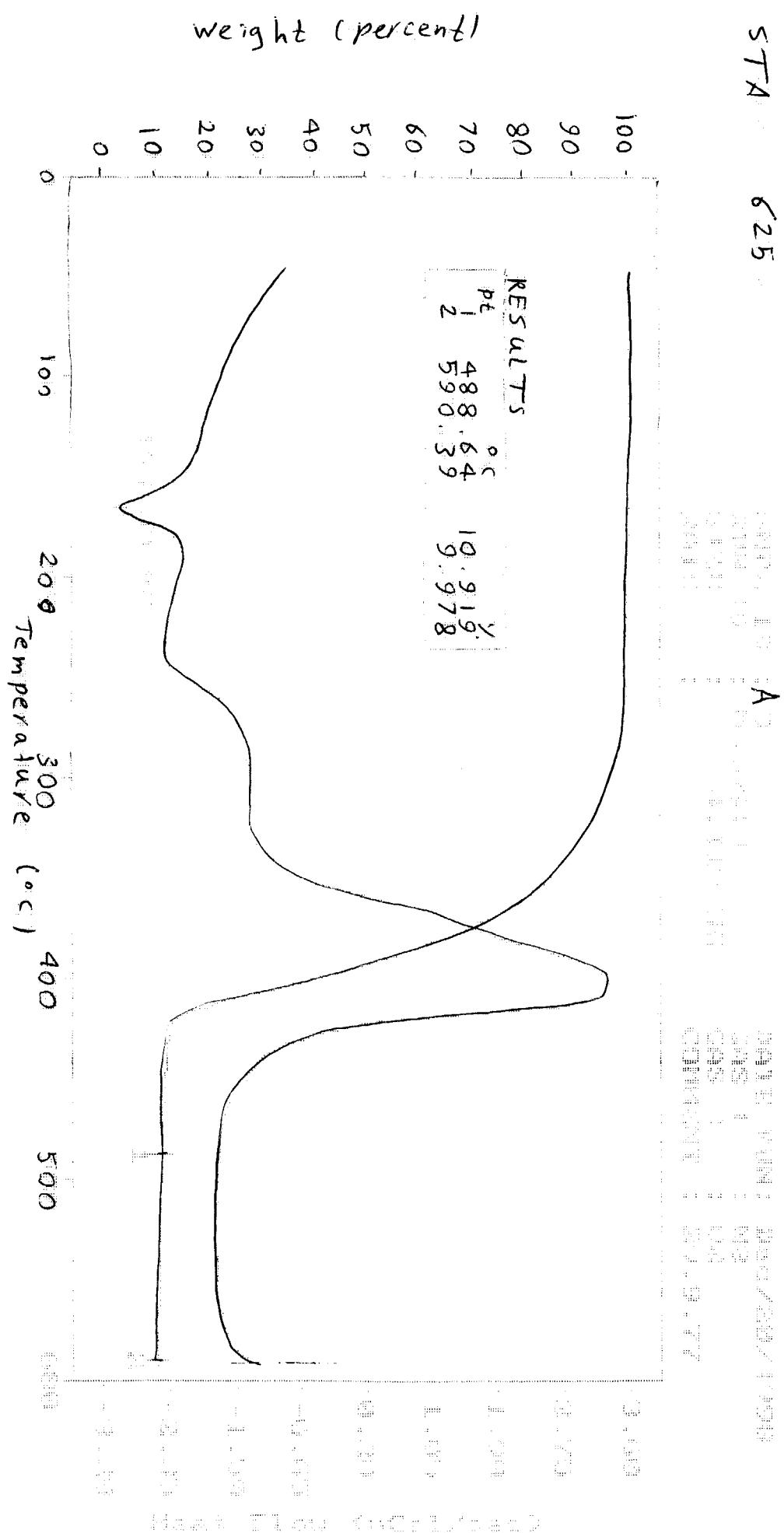
دسترسی به این مدرک بر پایه آینینه ثبت و اشاعه پیشنهادها، بایان نامهها، رسالهای تخصصات تكمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۹۶/۰۱۰) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گچ) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراندак) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدفهای علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفات، و هنرمندان (۱۳۴۸) والحقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



شکل ۱۲-۳ - گرمکاست TG، DSC و Heat Flow (mW/m²)

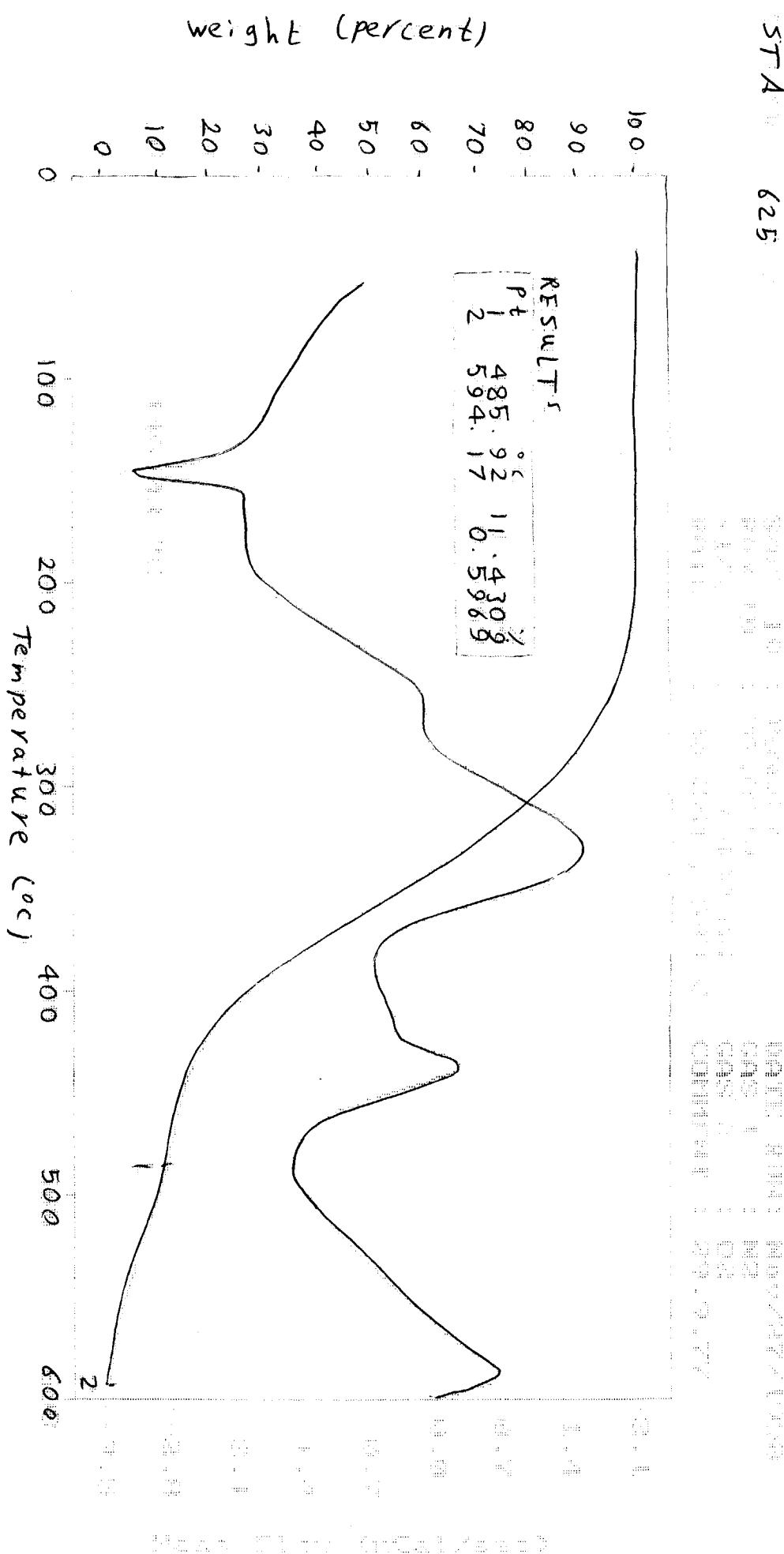


شکل ۱۳-۳ آمیزه TG و DSC گرمابنگاشت

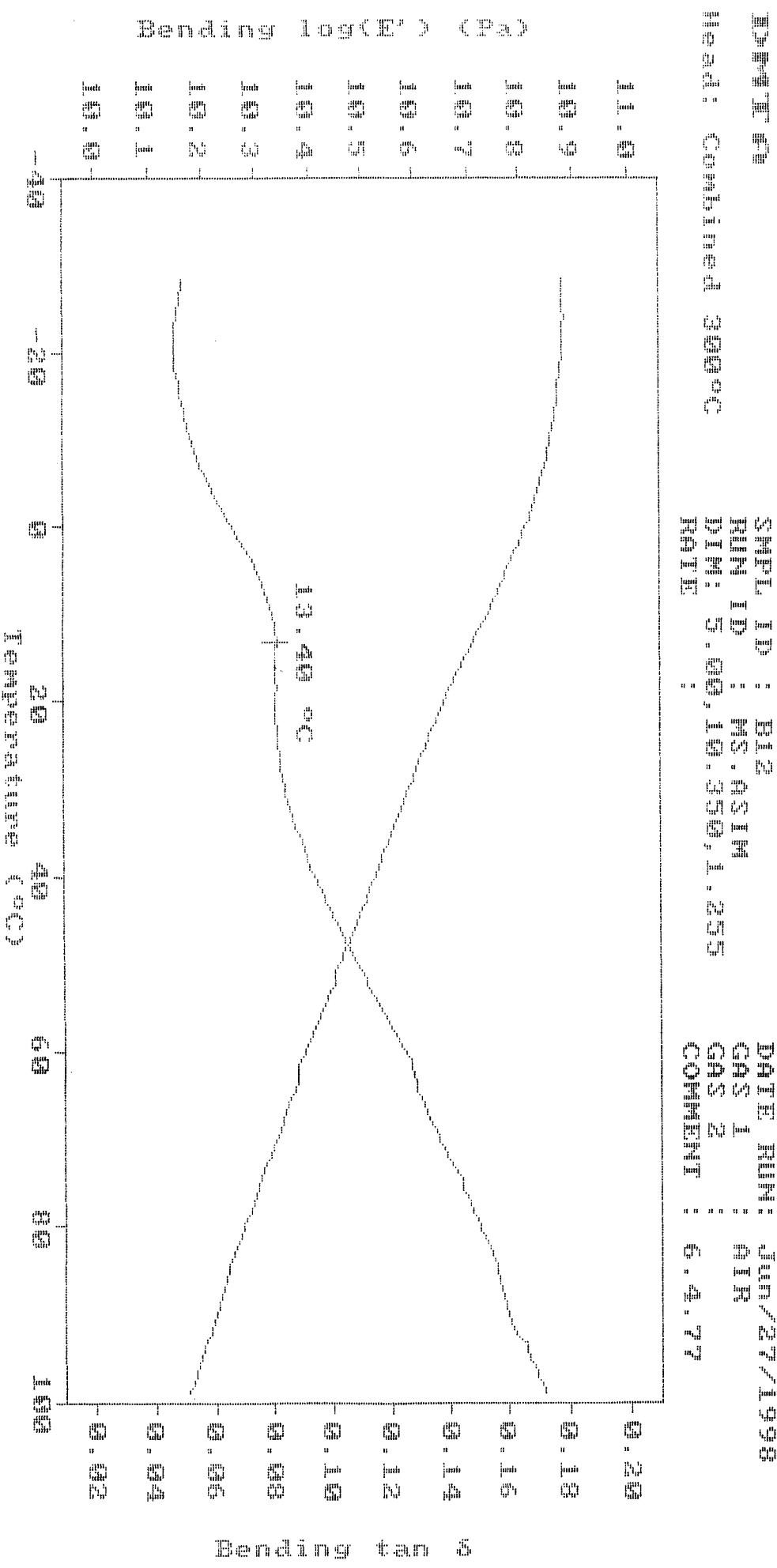


شکل ۳-۱۴- گرماگاشت STA, TG, DSC و آنالیز

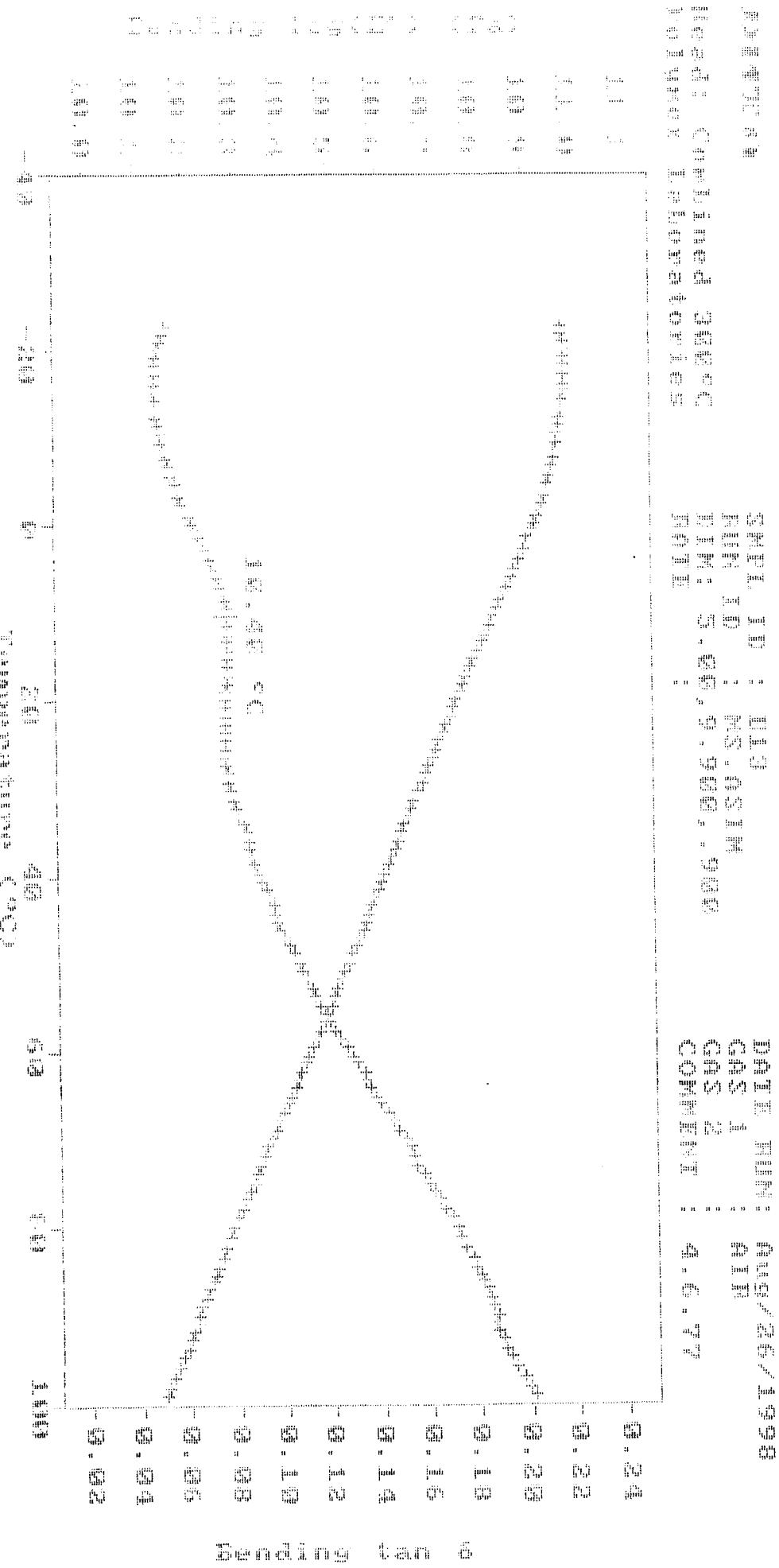
OPP
استریل
کیمی



شکل ۳ - گرمابگاشته - ۱۰۳ TG، DSC و OPP

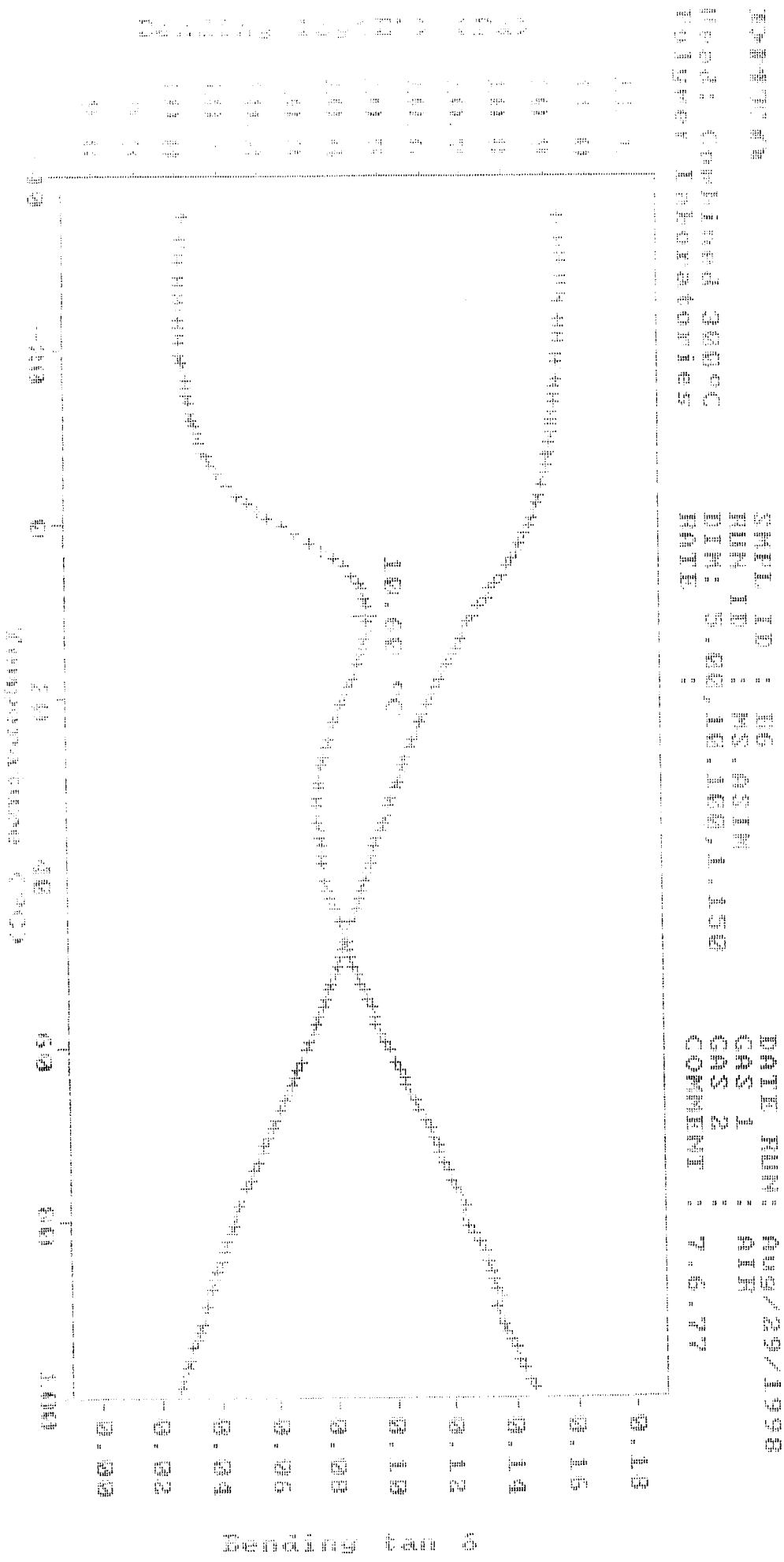


شکل ۳-۱۶-۱ - تجزیه گرمائی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) (آمیزه B12)



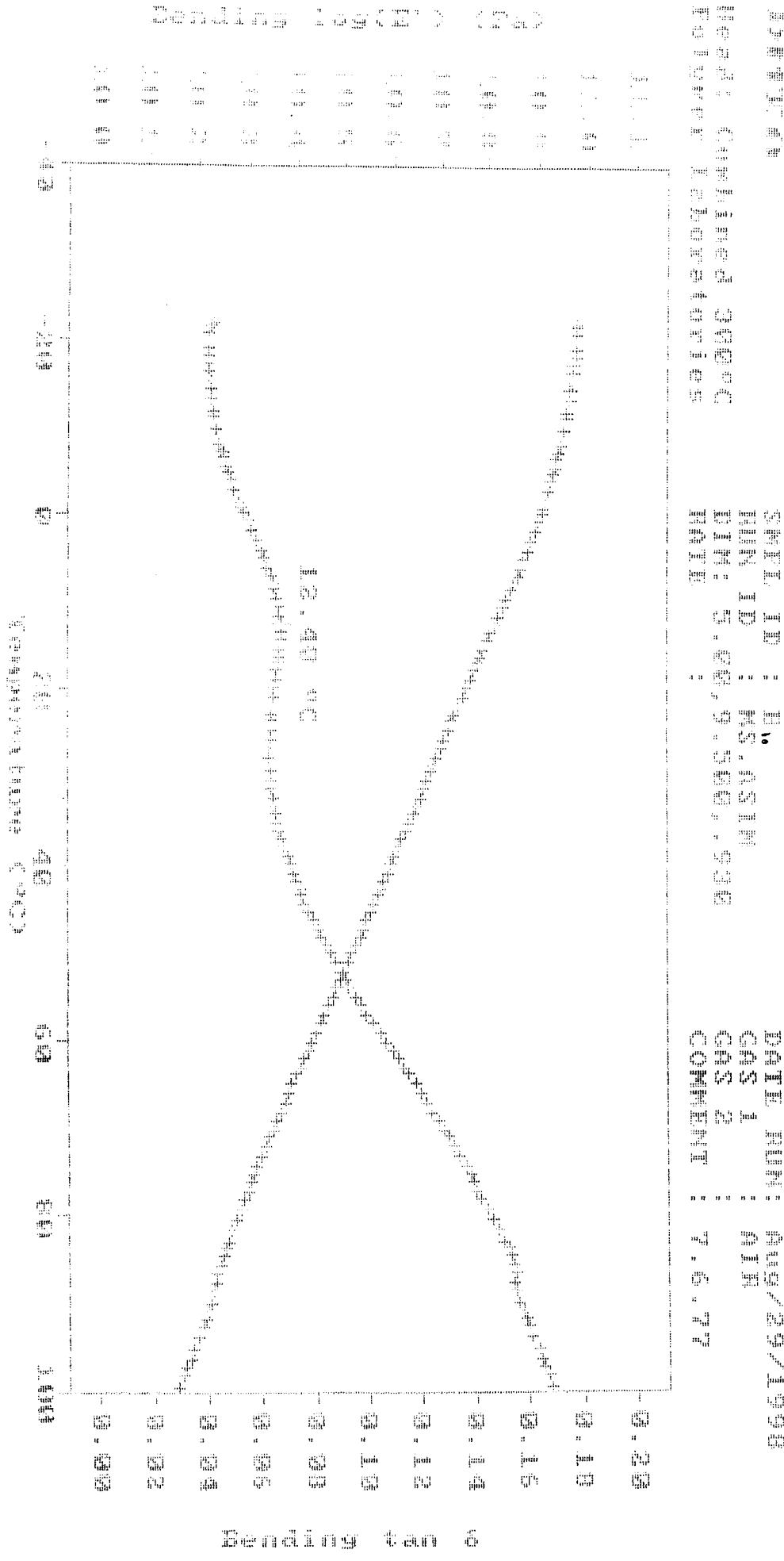
شکل ۱۷-۳ - تجزیه گرمائی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) آمیزه ۳

شکل ۳-۱۸ - تجزیه گرمائی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) ماده B۶

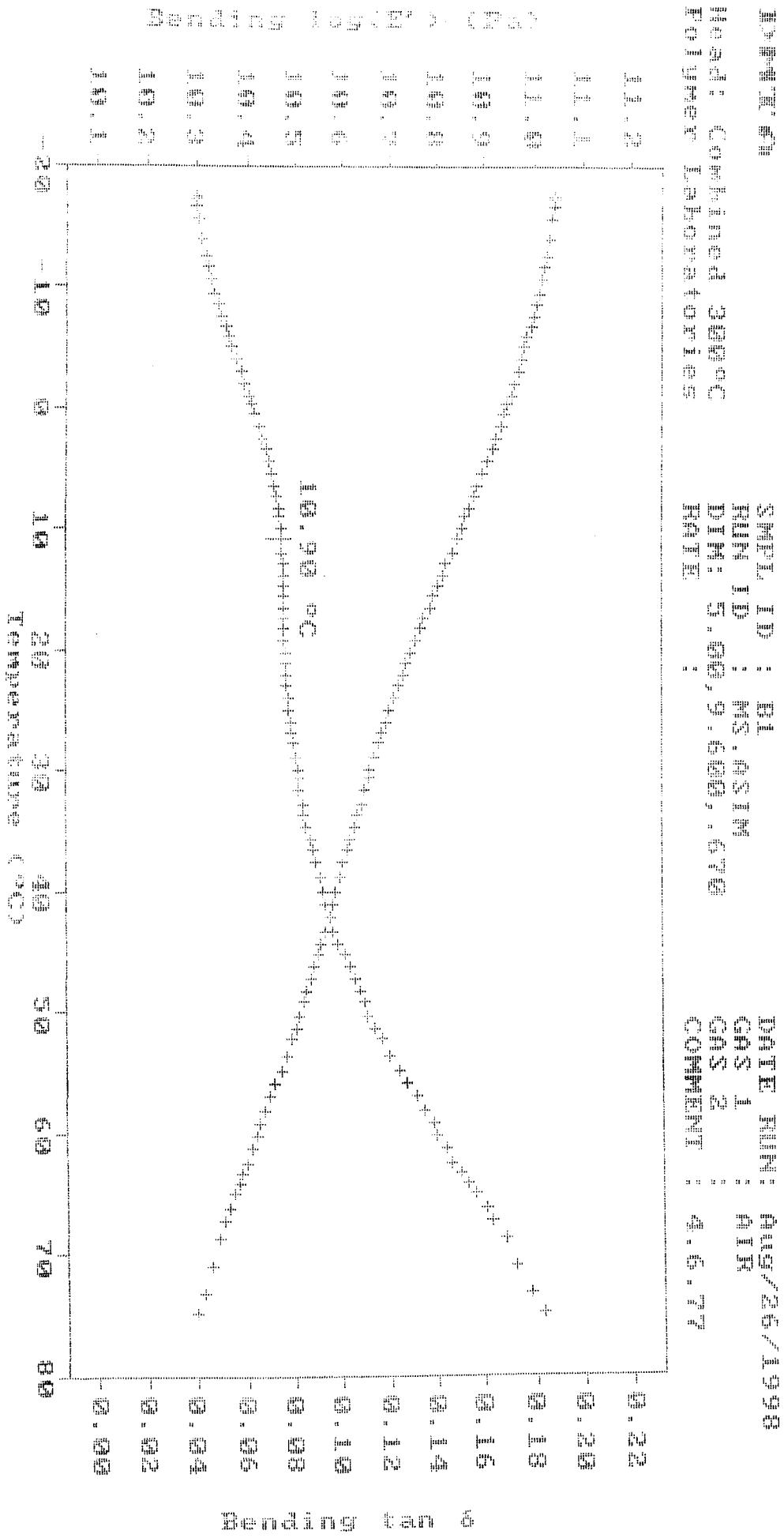


دسترسی به این مدرک برایه آنین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادهای پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحقیقات تکمیلی و صفات از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۹۲۹ /۱۹۵۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراناک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و احلاف و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

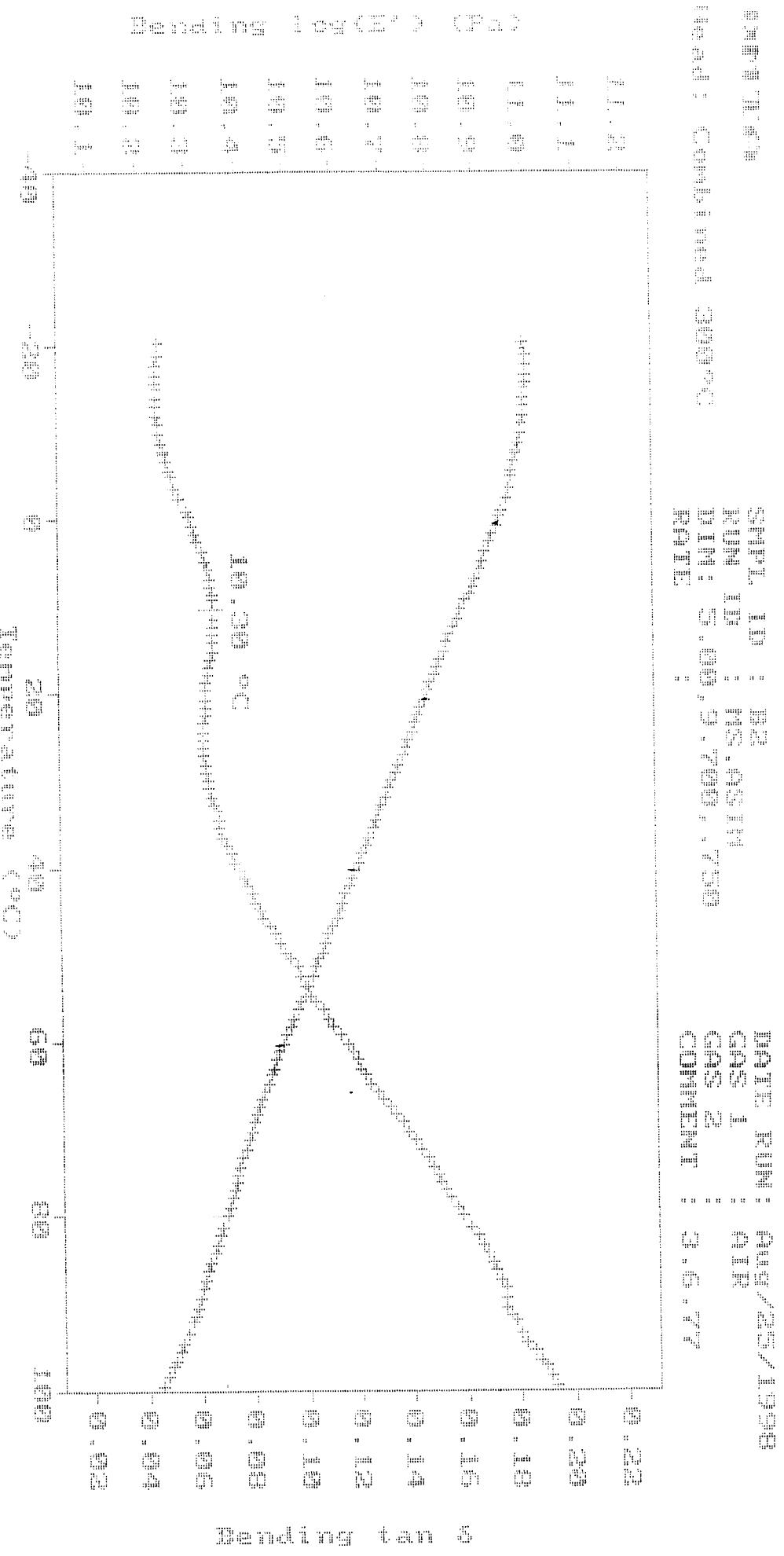
B100-DMTA (DMTA) کنترل - سیستم کنترل دامنه - ام-۲



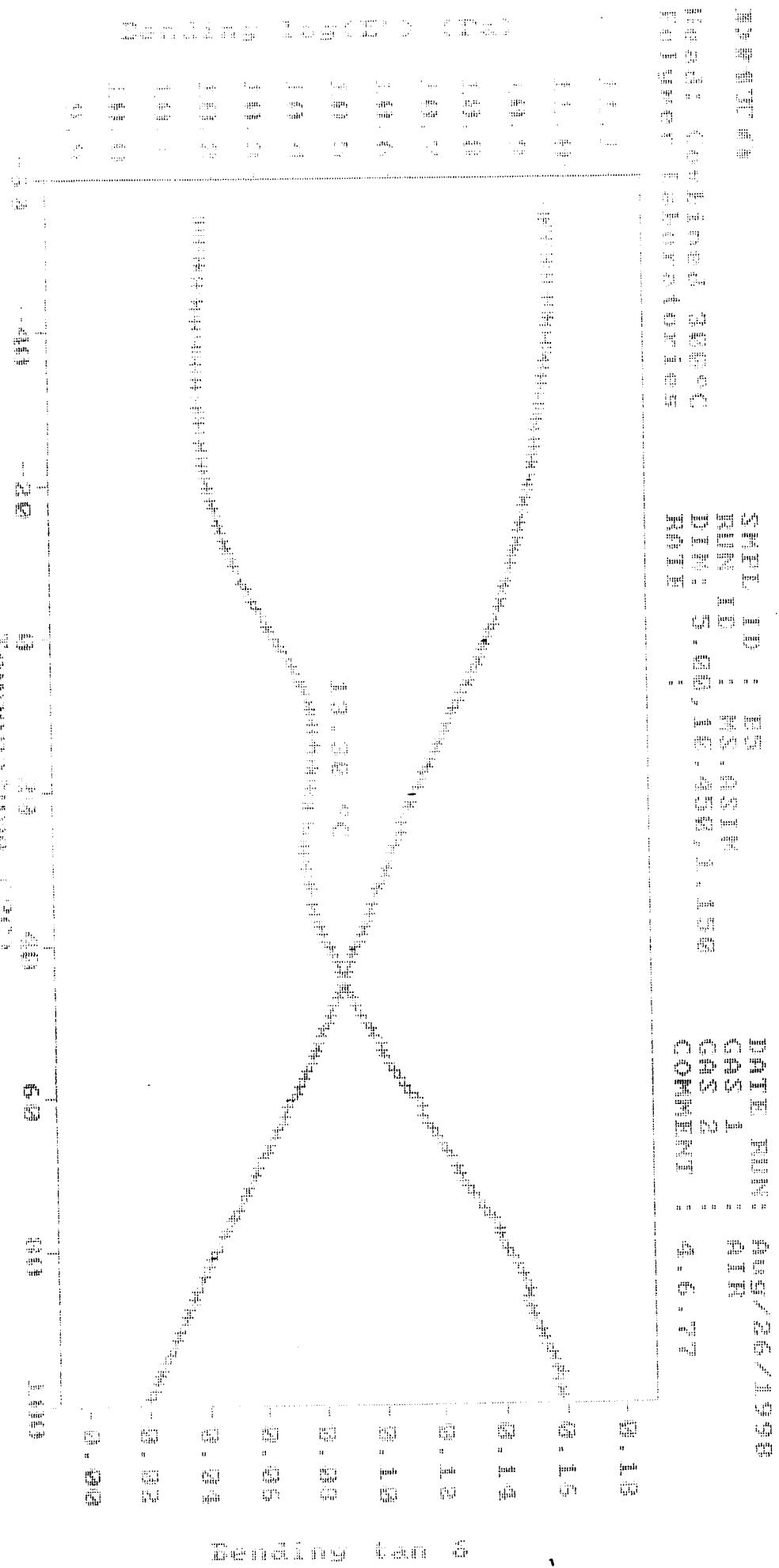
شکل ۳-۲۰ - تجزیه گرمائی مکانیکی - دنامیکی (DMTA) آمزره ۱



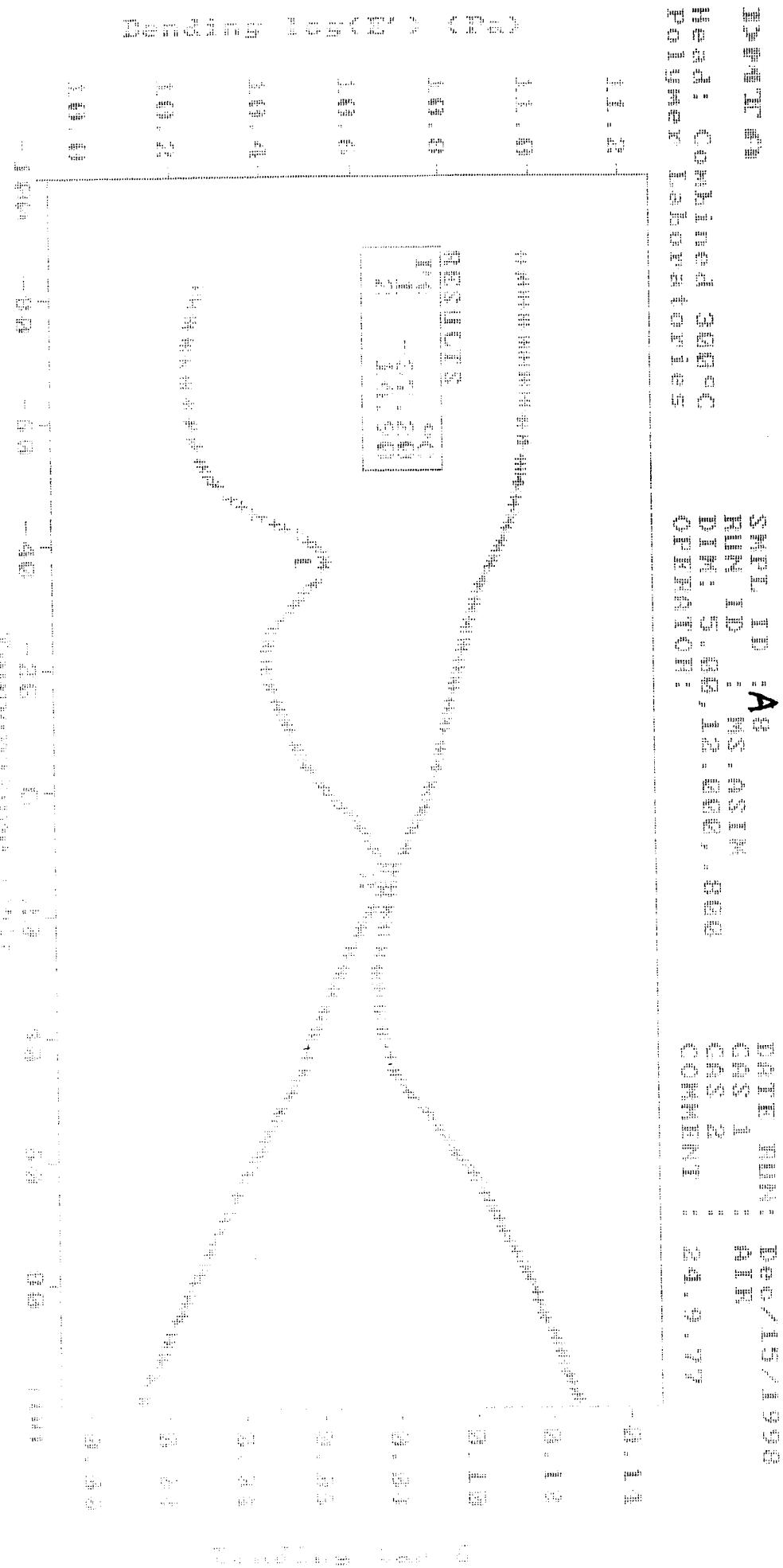
دسترسی به این مدرک بر پایه آینینه مأمه ثبت و اشاعه پیشنهادهای پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحقیقات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۹۵۹۲۹/۱۰۵/۶/۱۰ تاریخ ۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراناک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحالات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



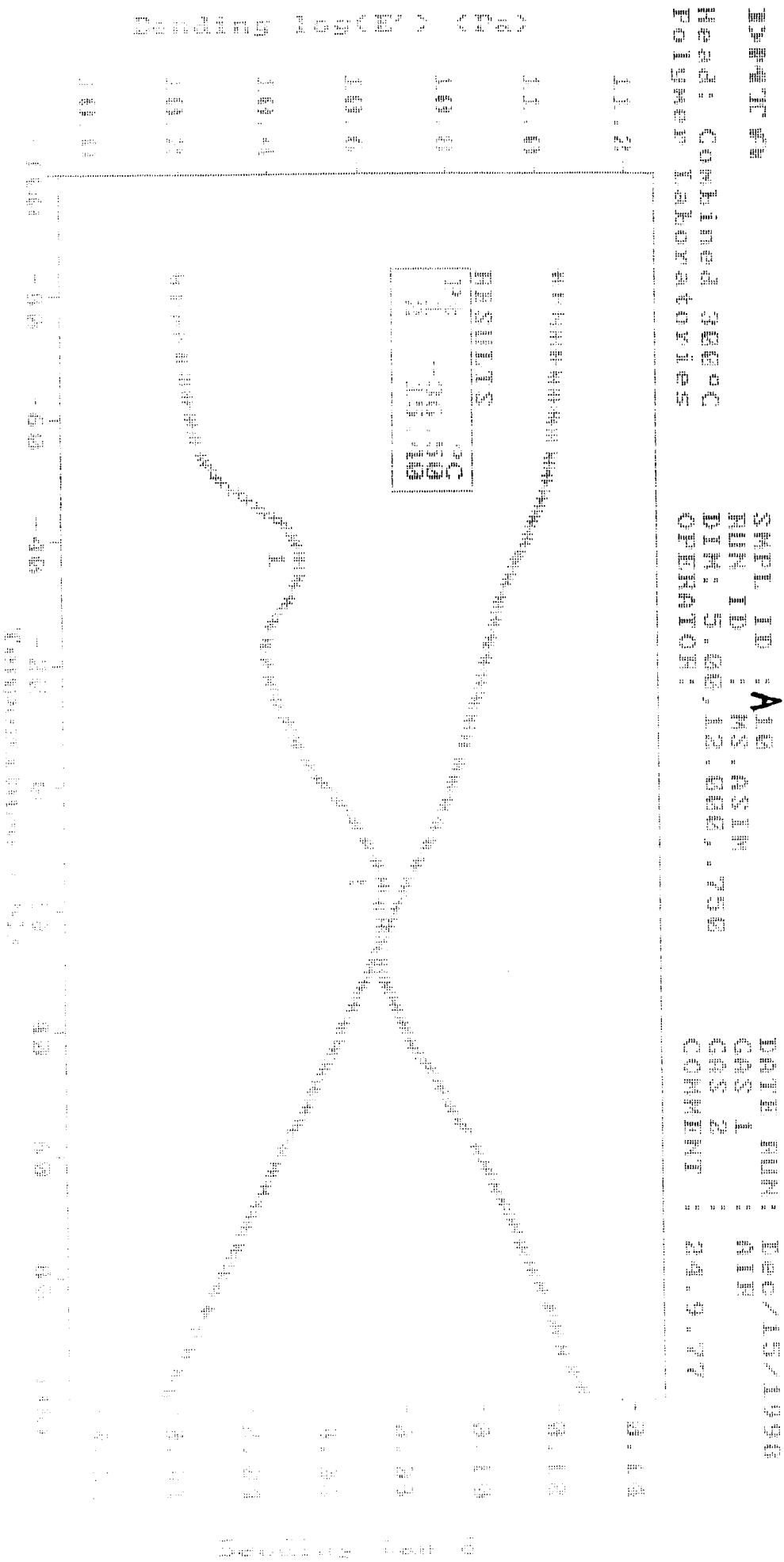
شکل ۲-۱-۳ - تجزیه گرمائی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) آمیزه ۲



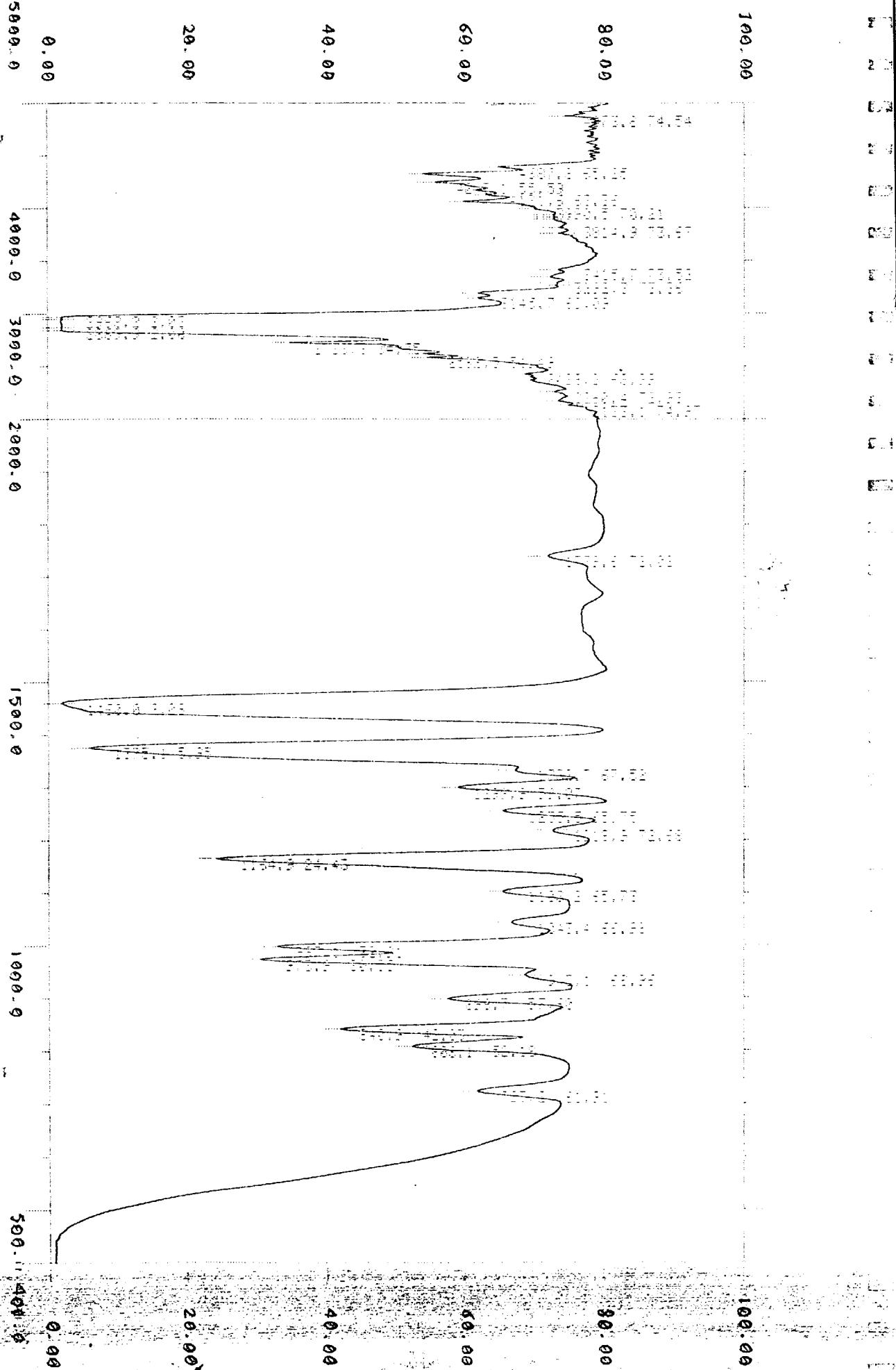
شکل ۲۲-۳ - تجزیه گرمائی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) ماده B5



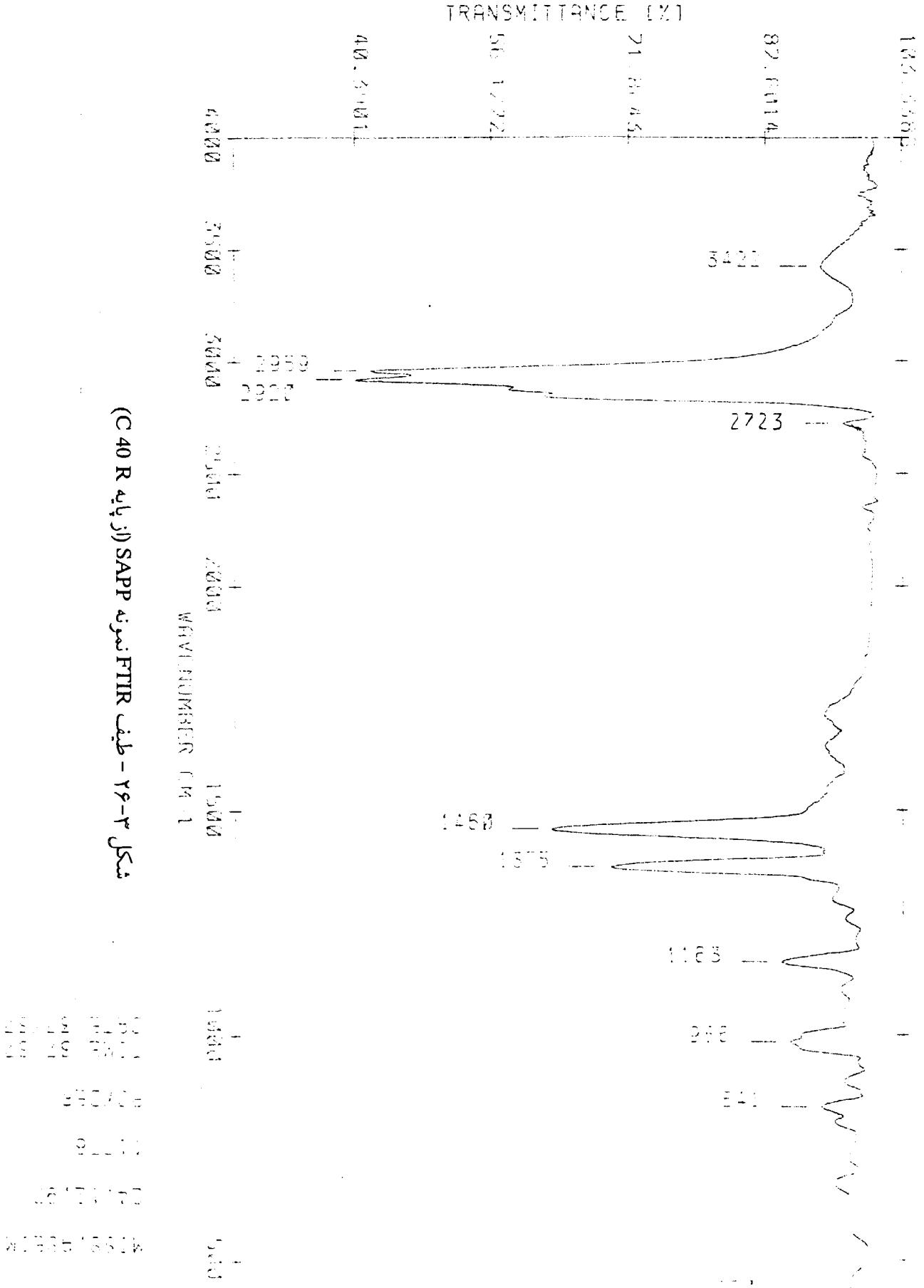
شکل ۳-۲۳ - تجزیه‌گرایی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) آمیزه



شکل ۲۴-۳ - تجزیه گرمائی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) آمیزه

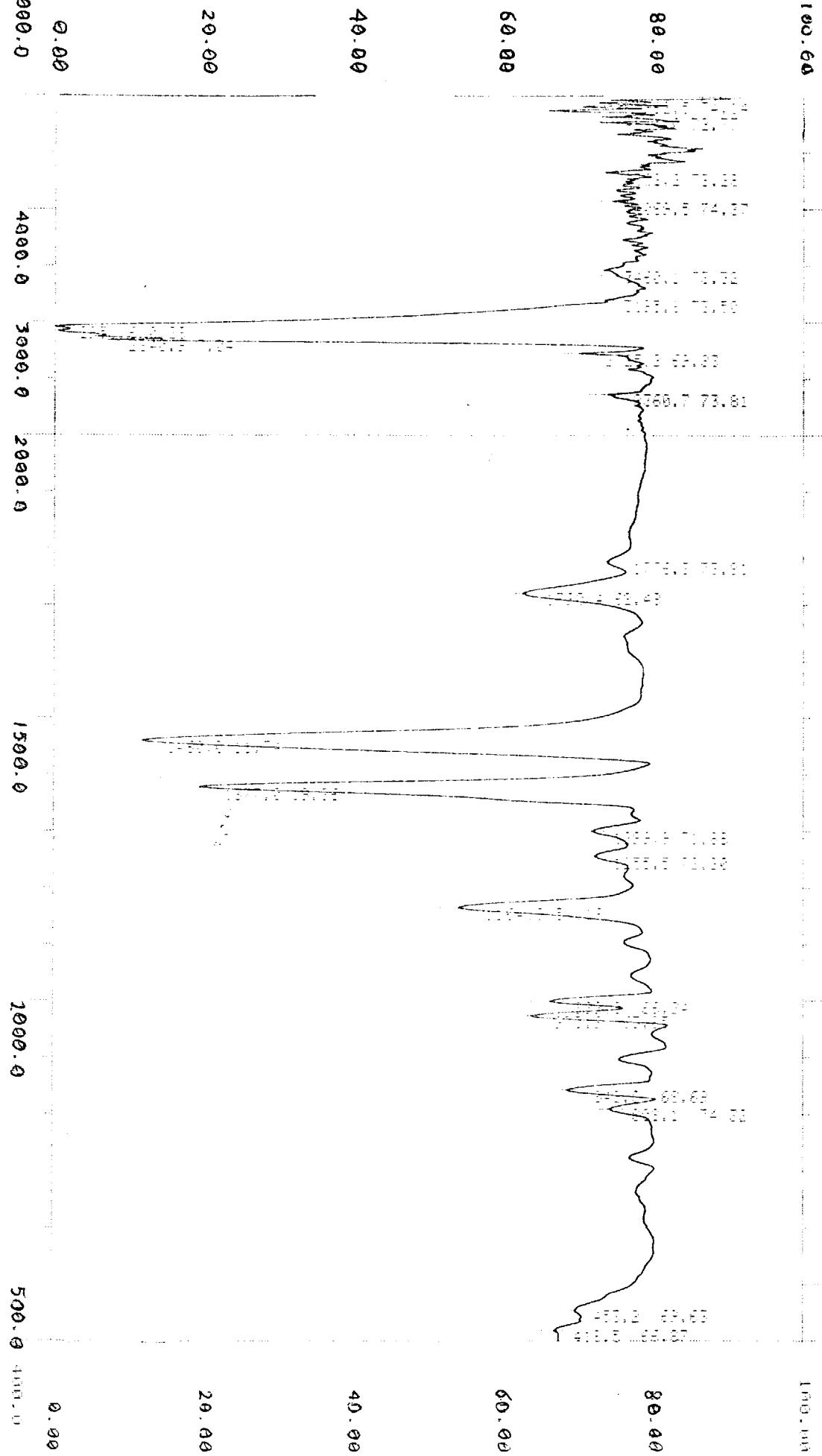


شکل ۲۵-۳ - طیف FTIR مربوط به کوبیلمبریلی پرولین نوع (B) (آمیزه C 40 R)



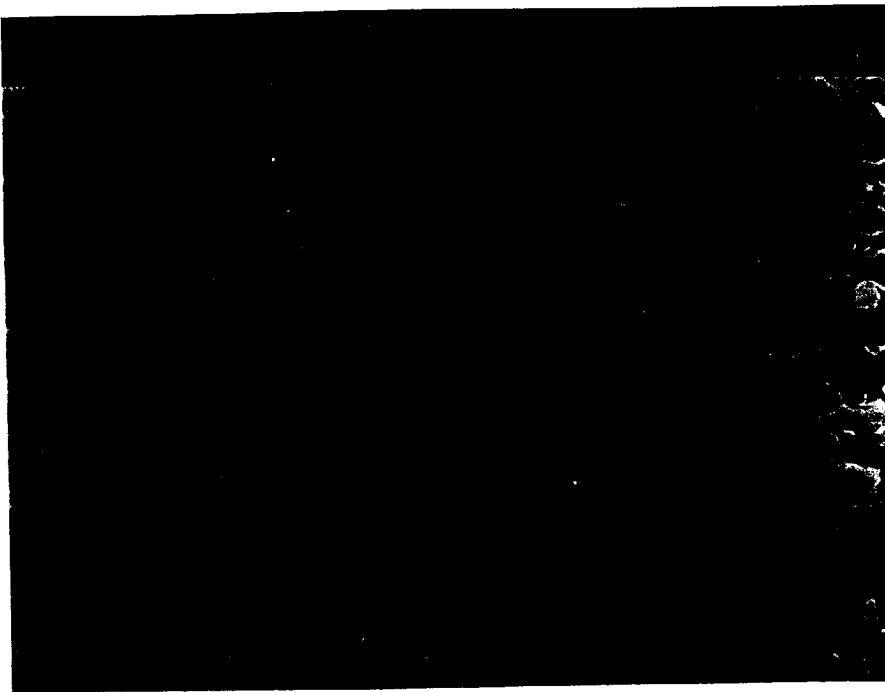
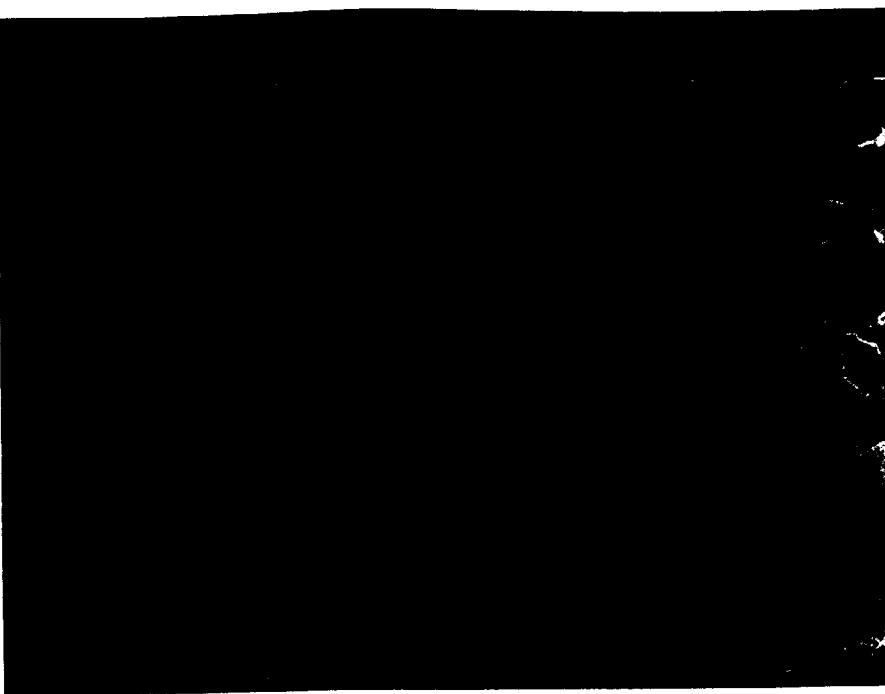
شکل ۲۶-۳ - طیف FTIR نزدیک SAPP (از پایه C 40 R)

شکل ۳-۲۷ - طیف FTIR مربوط به سارگارکنده (C 40 R) OPP

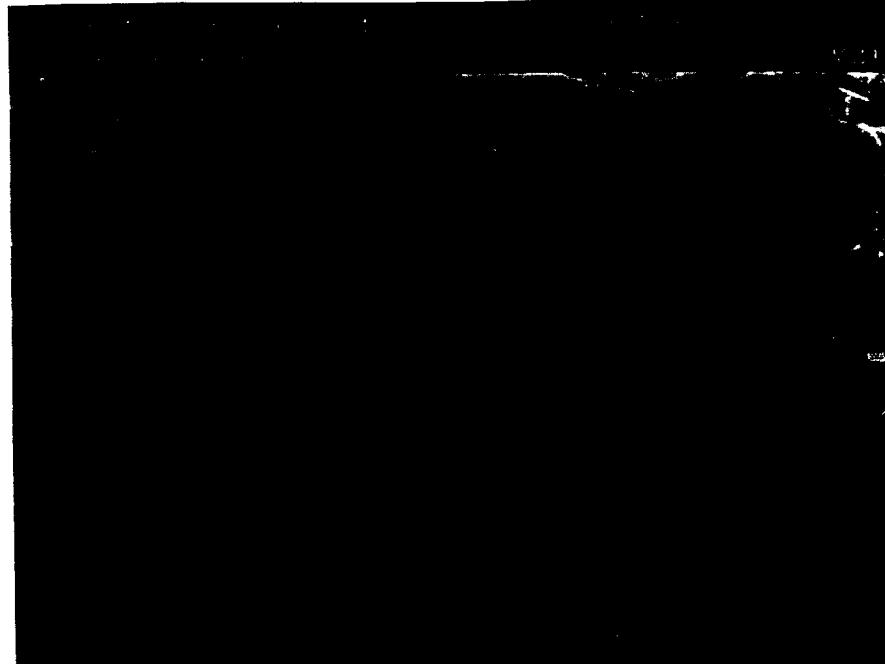


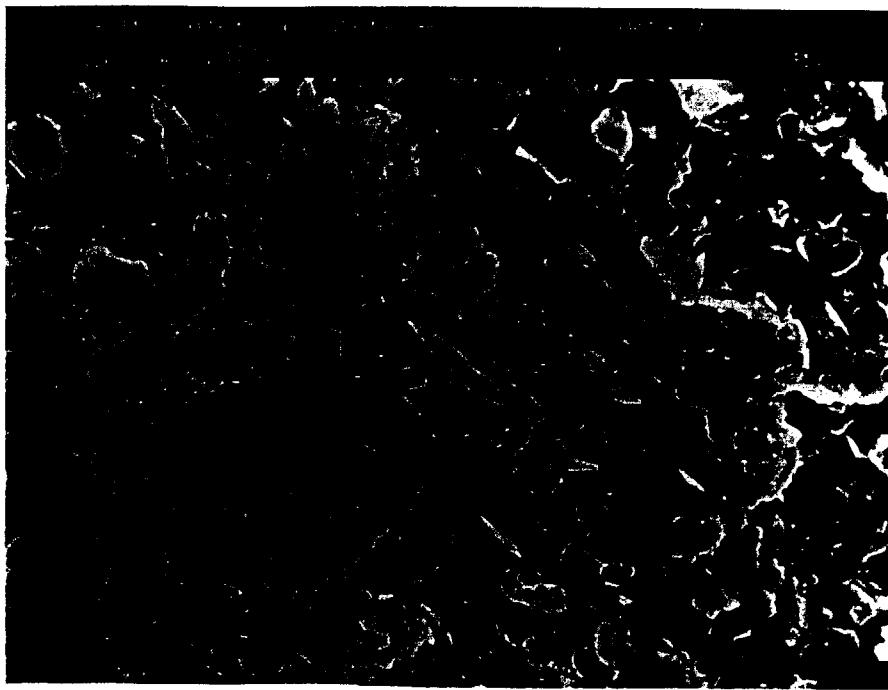
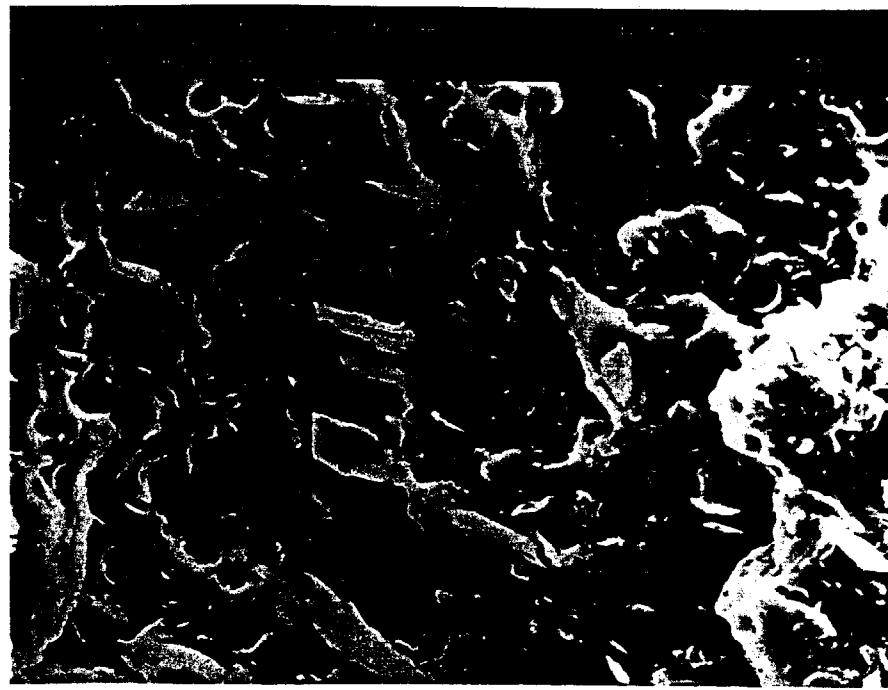
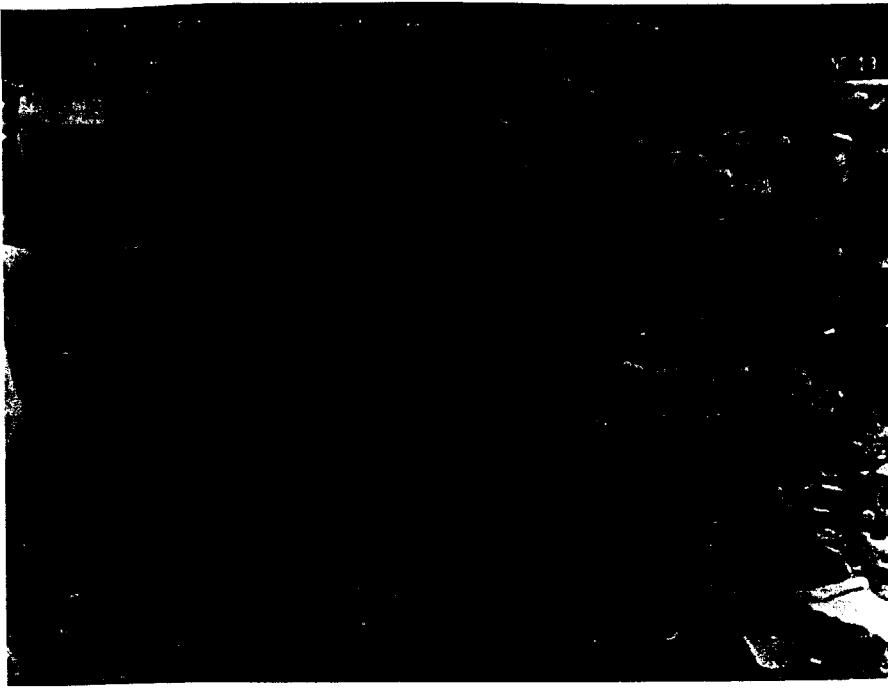
دسترسی به این مدرک بر پایه آینین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحقیقات تكمیلی و میثاق از حقوق پذیرداوران (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۶۹) او تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶ (کج) در تزویه‌گاه علم و فناوری اطلاعات ایران (ایراناک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پذیرداوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، پژوهشی و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) والحقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

شکل ۲۸-۳ - تصاویر SEM
مریبوط به آمیزه B۱۲



شکل ۲۹-۳ - تصاویر SEM
مریبوط به آمیزه B۱۹

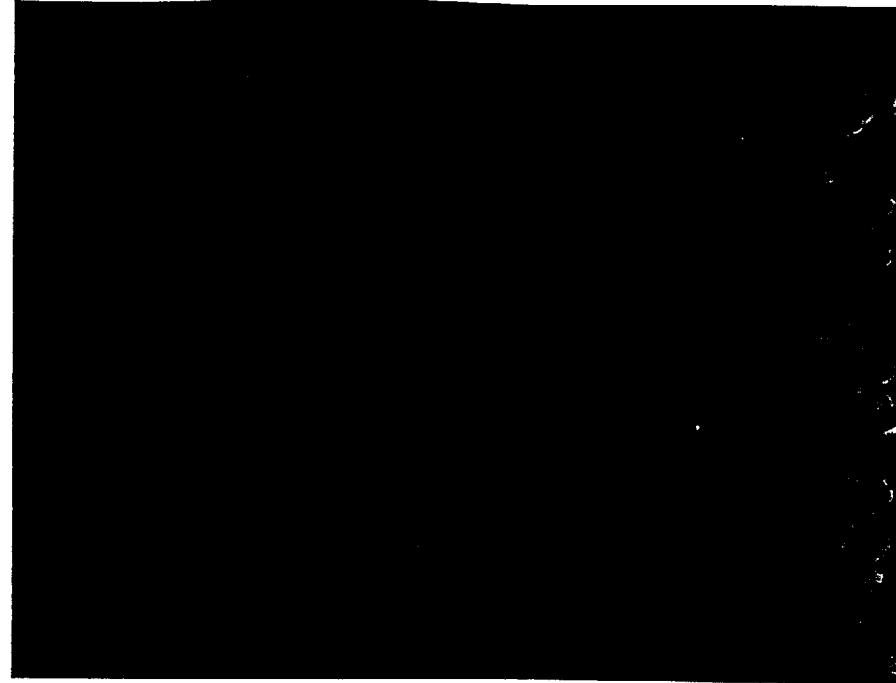




شکل ۳-۳۰ - تصاویر SEM
مربوط به آمیزه B1۳

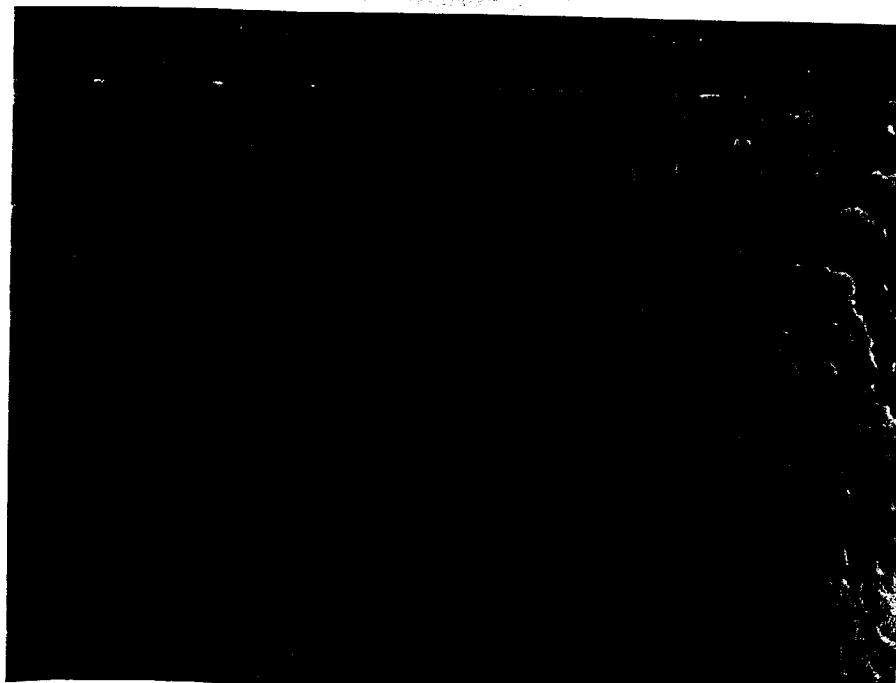
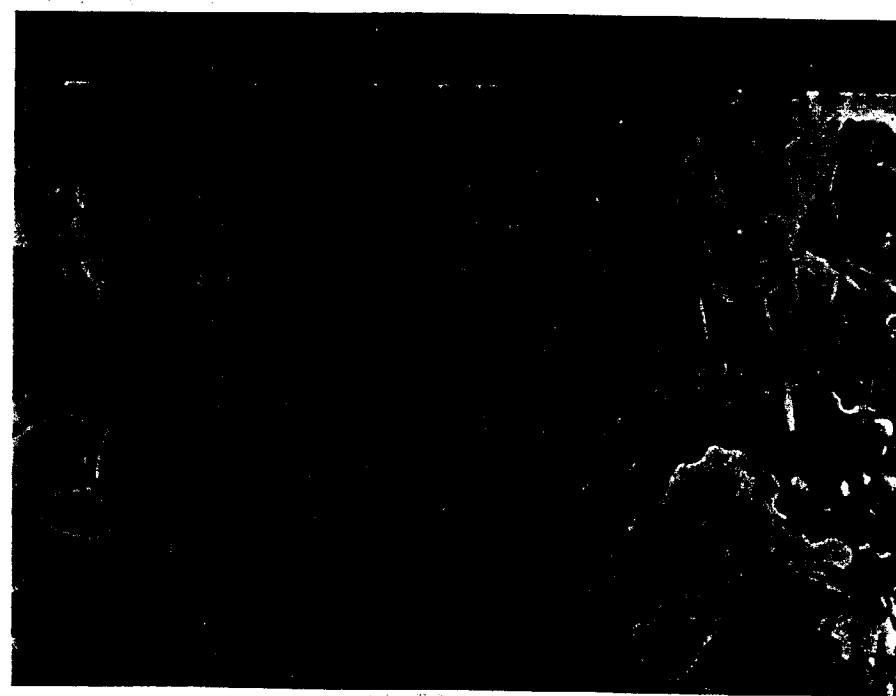
شکل ۳۱-۳ - تصاویر SEM

مریبوط به آمیزه B18



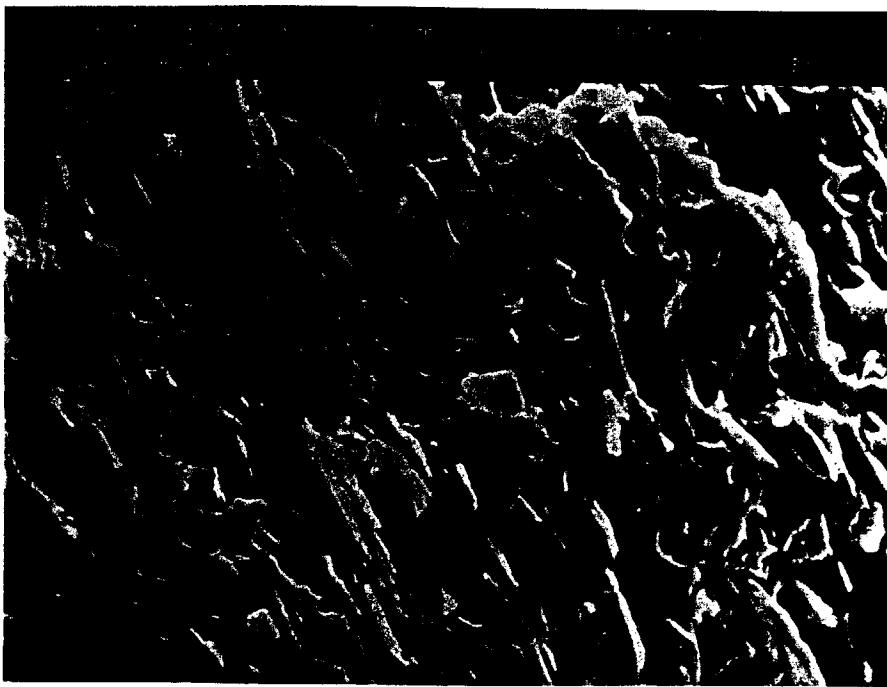
شکل ۳۲-۳ - تصاویر SEM

مریبوط به آمیزه B1

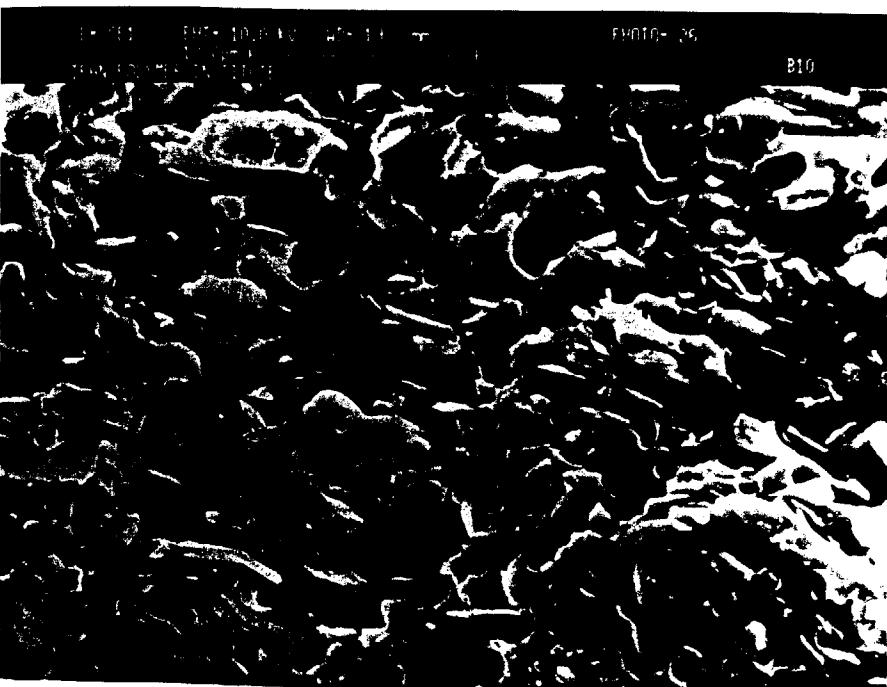


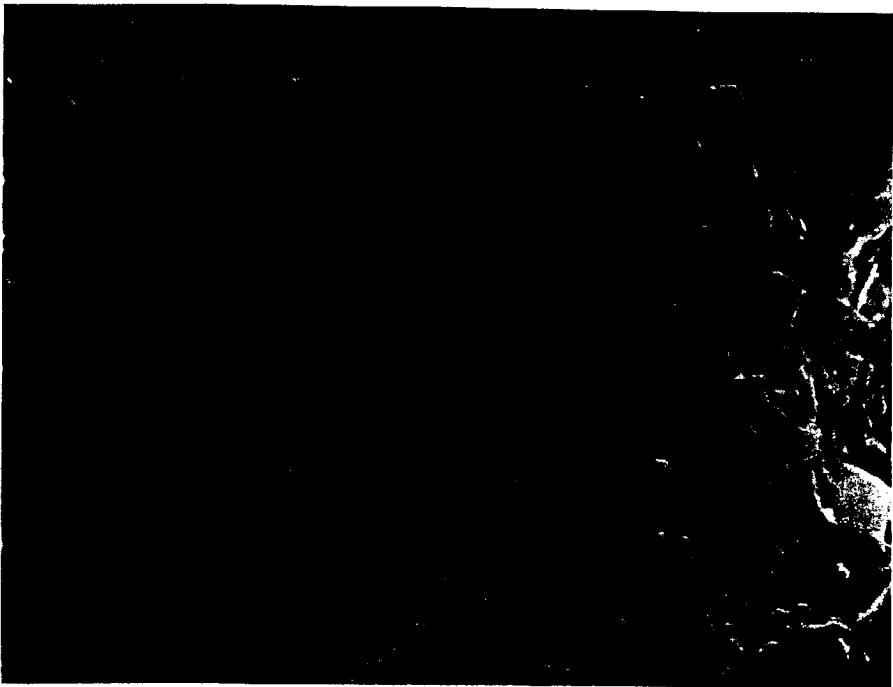
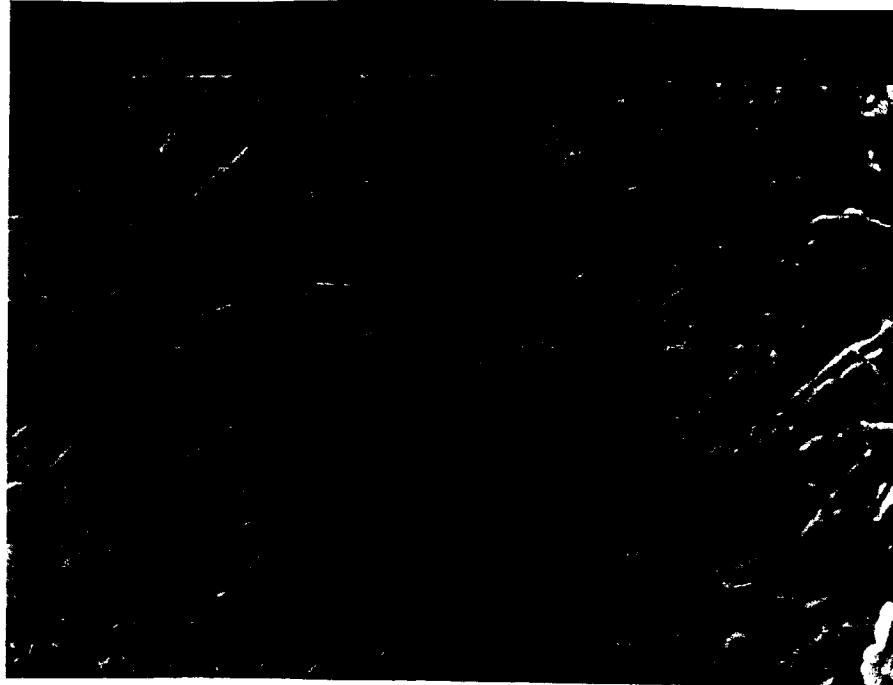


شکل ۳-۳ - تصاویر SEM
مریبوط به آمیزه B۲

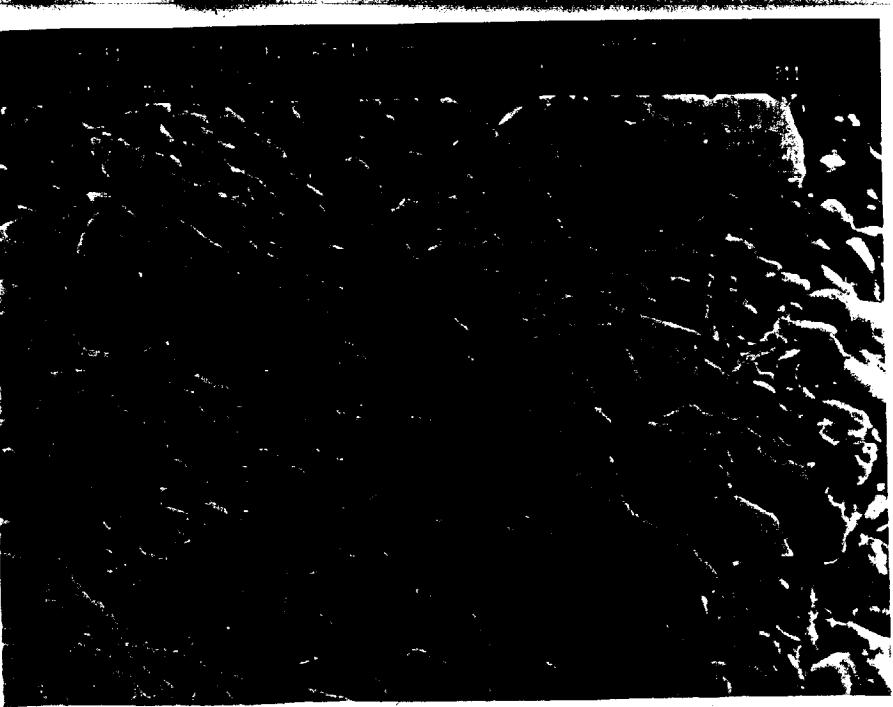


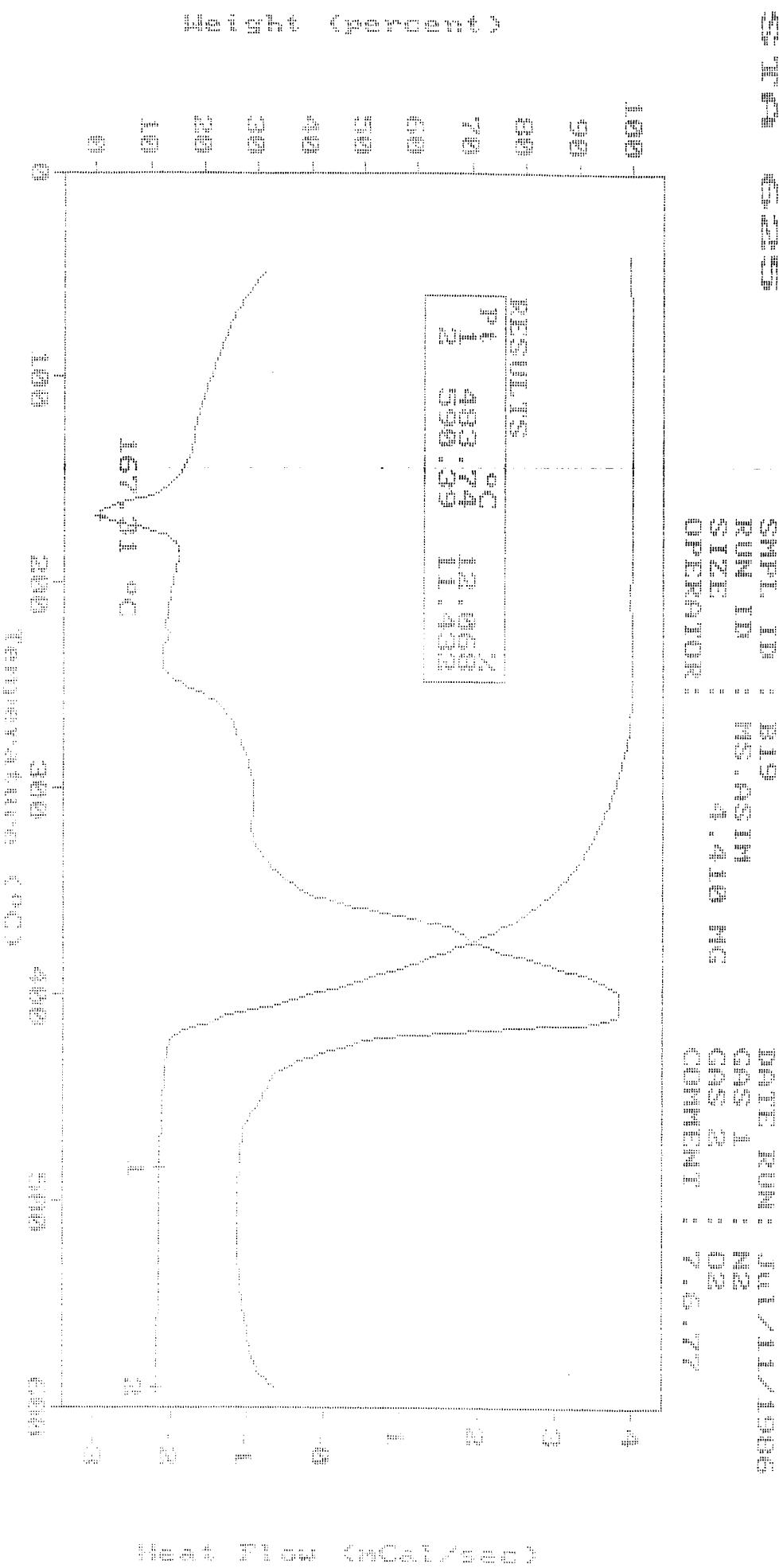
شکل ۳-۴ - تصاویر SEM
مریبوط به آمیزه B۱۰



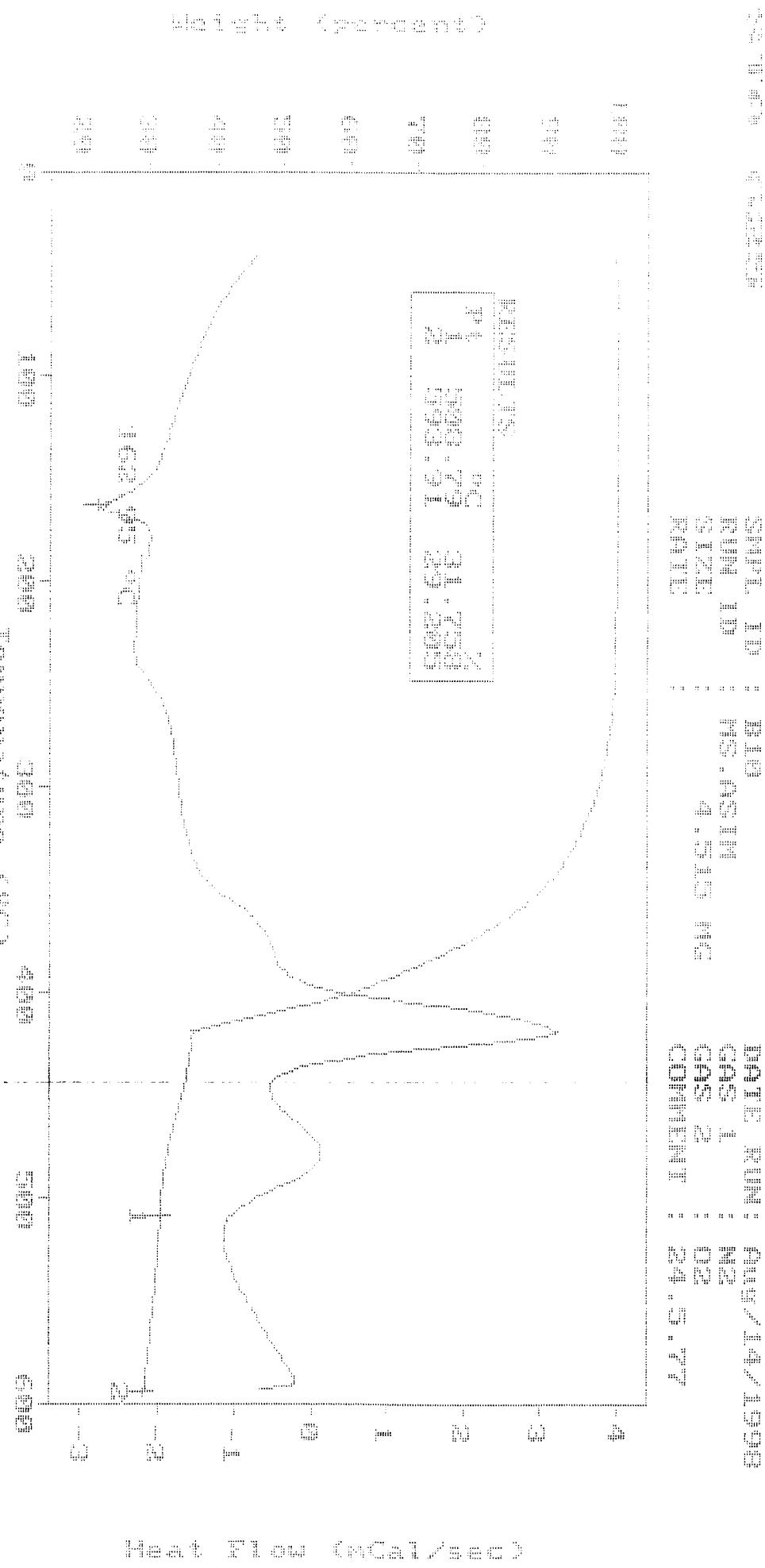


شکل ۳۵-۳ - تصاویر SEM
مریبوط به آمیزه B11

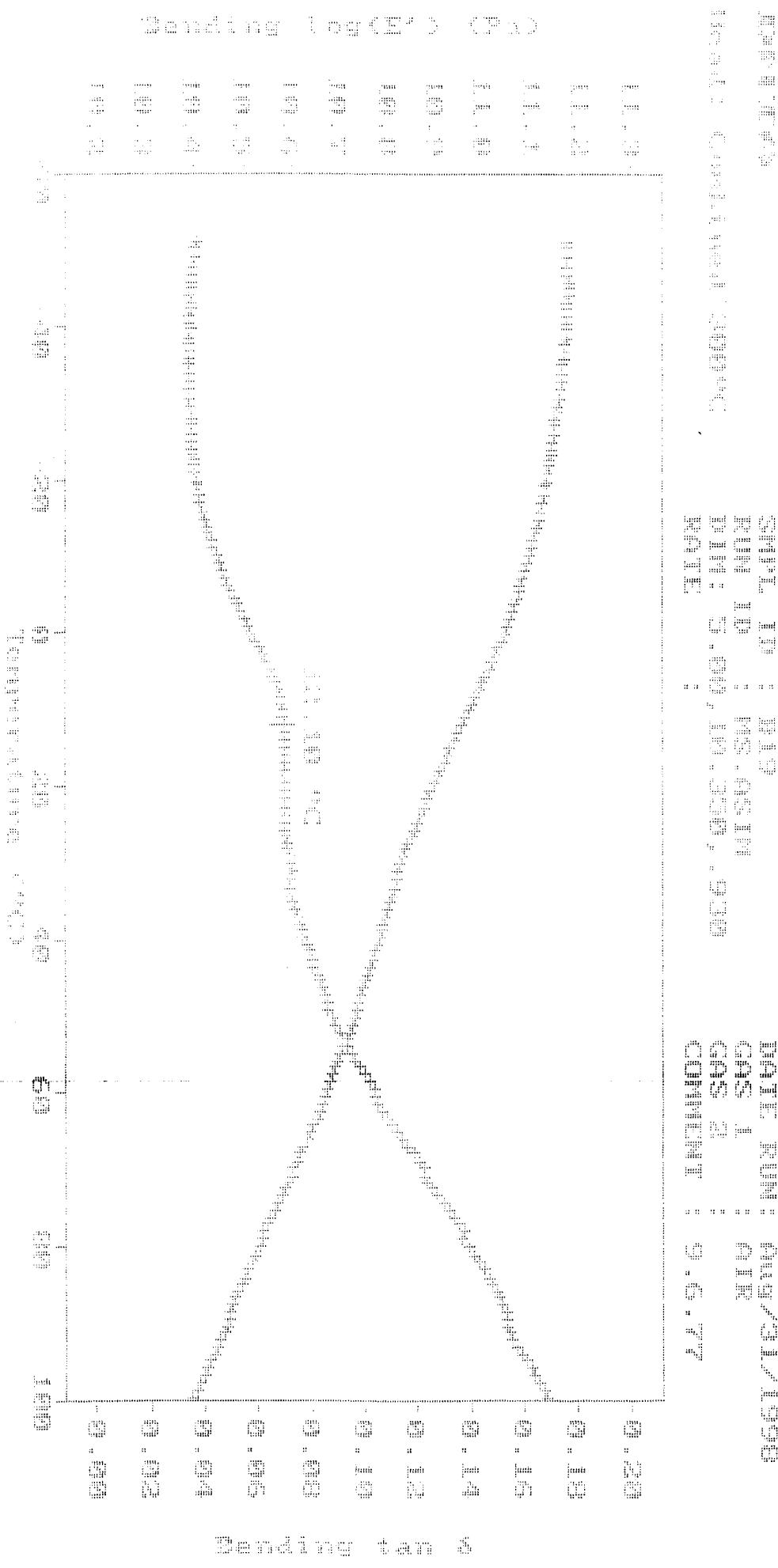




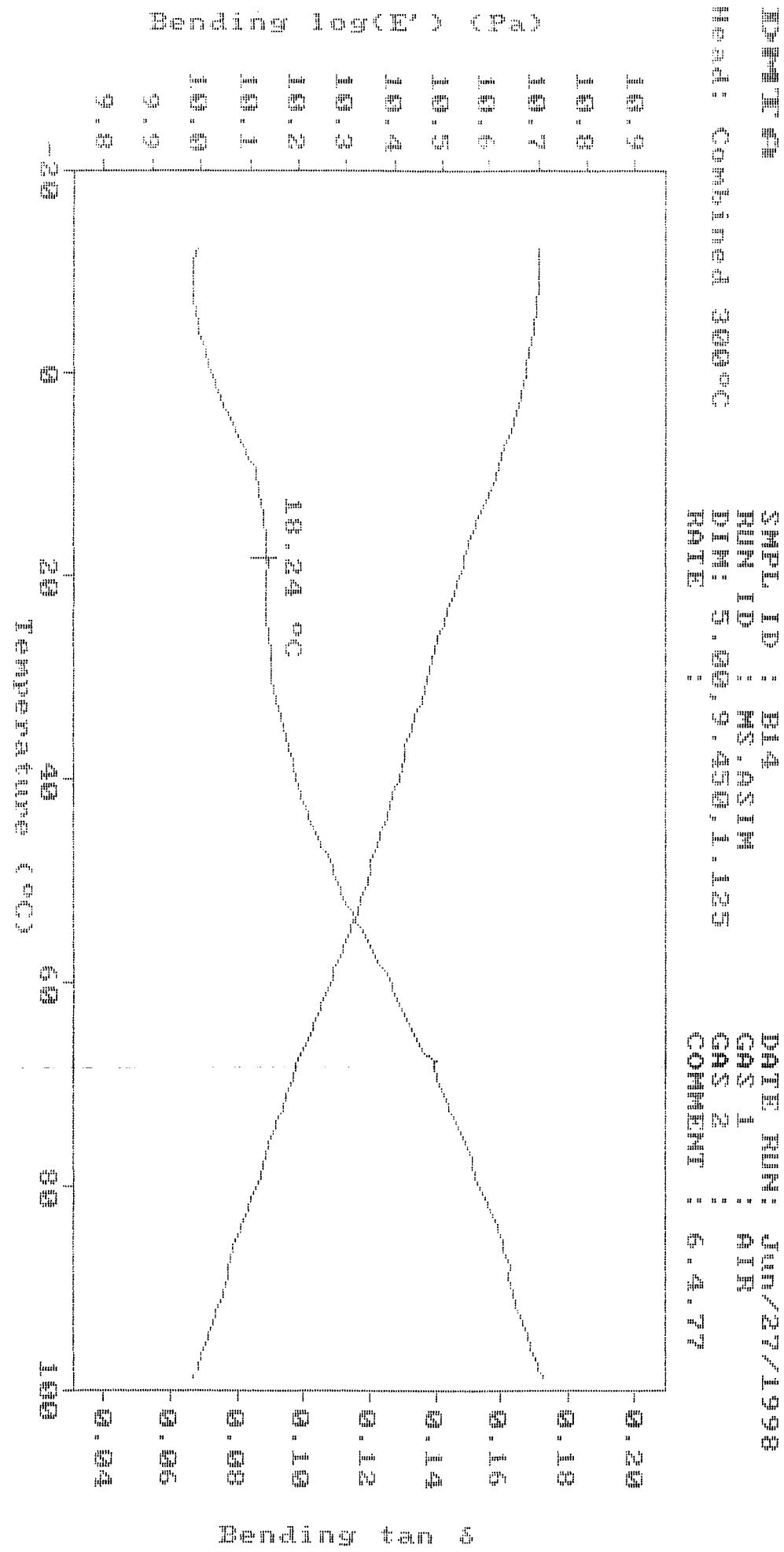
شکل ۳-۳۶-۱۹ آزمایش TG-DSC و گرمگاشت



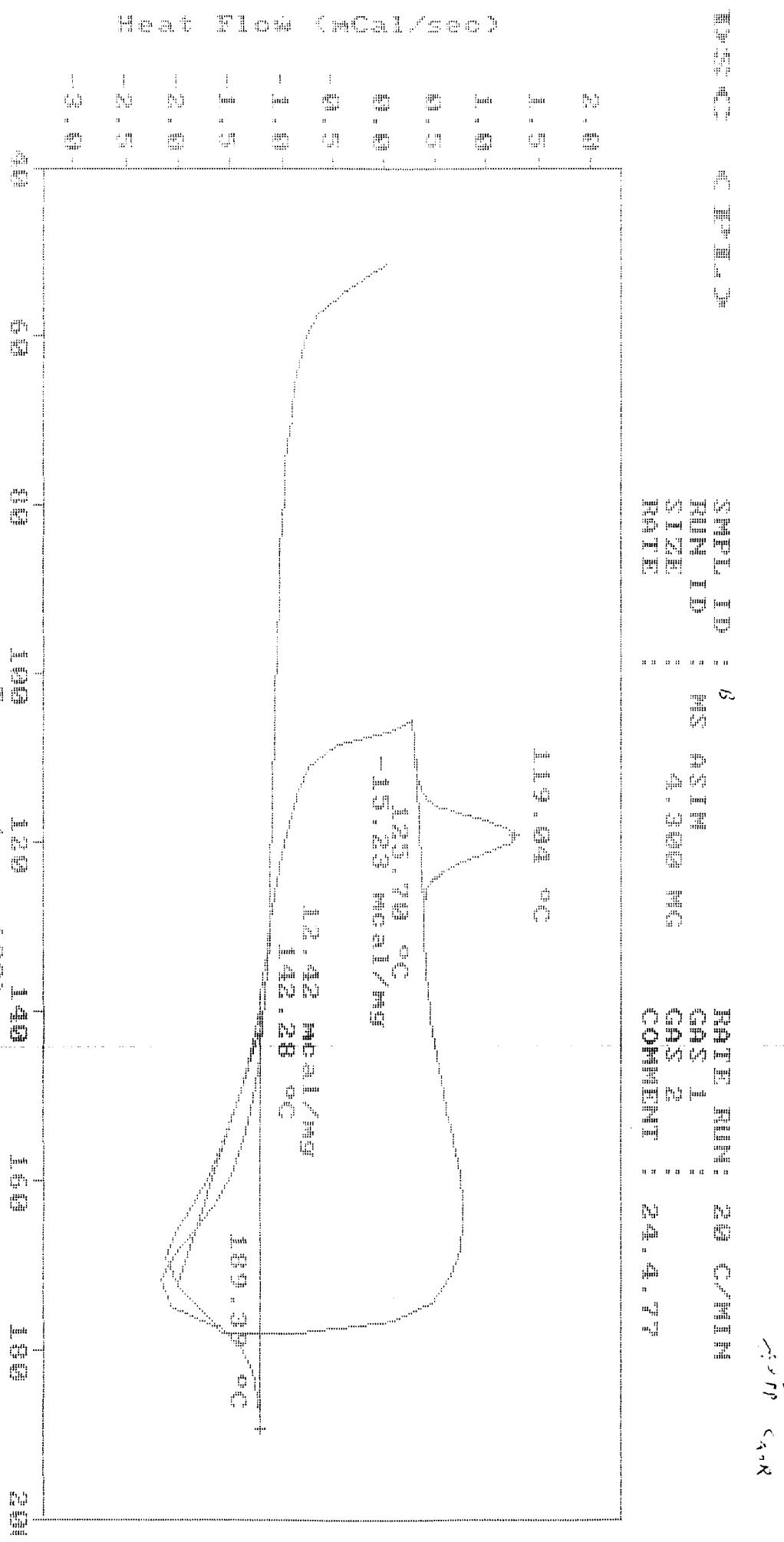
شکل ۳۷-۳ دسترسی به این مدرک بر پایه آینین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادهای پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحقیقات تکمیلی و صفات از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۹۲۹/۱۹۵۹/۶ تاریخ ۱۳۹۵) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراناک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحالات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



شکل ۳-۸-۱ - تجزیه‌گرایی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) آمیزه ۹



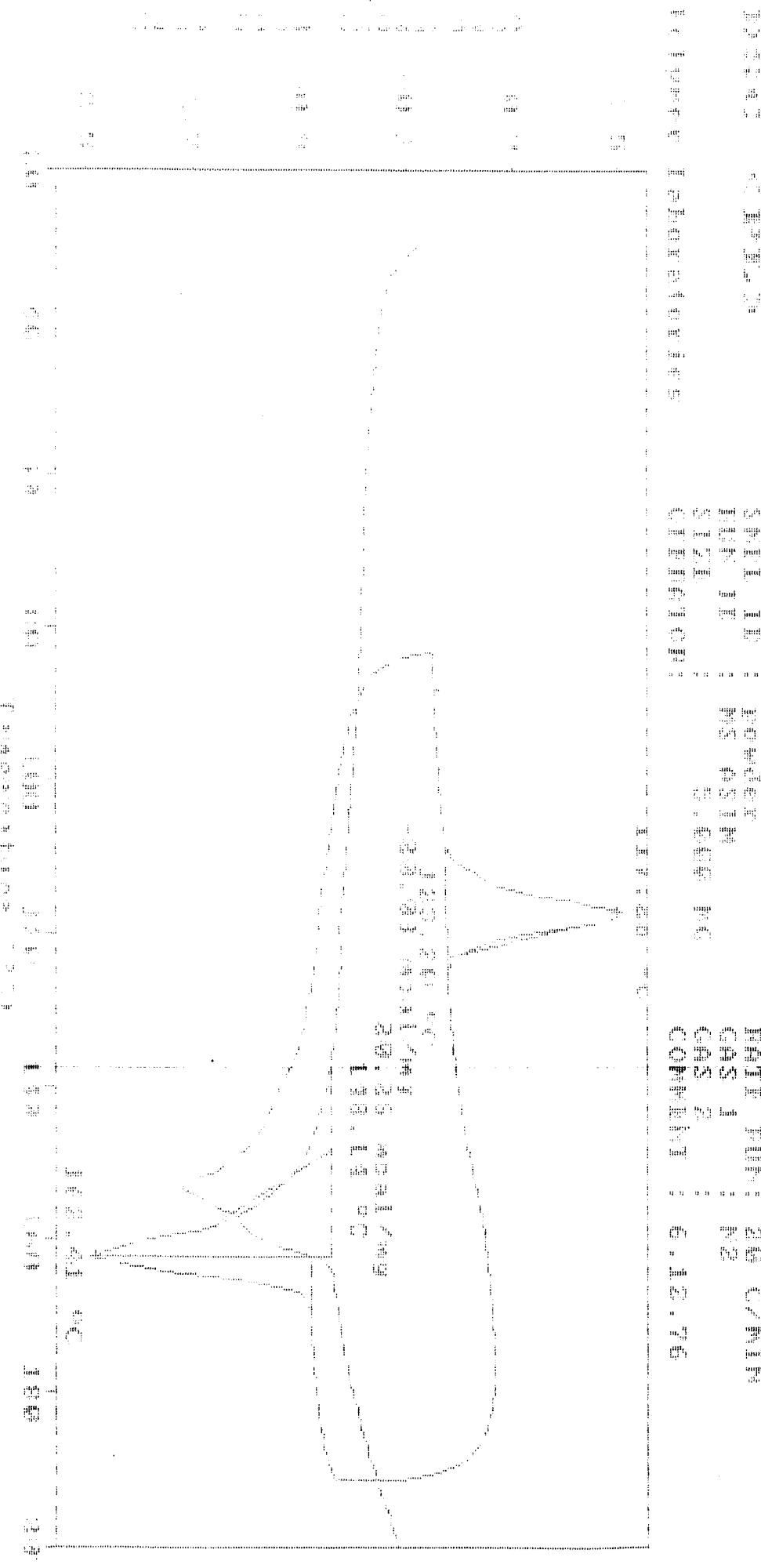
شکل ۳-۳۹-۳ - تجزیه‌گرماکی مکانیکی - دینامیکی (DMTA) آمیزه ۲



شکل ۳-۴-گرماگاشت DSC ماده B

SAPP
۱۹۸۲
۲.۴۰۲

شکل ۳-۴۱-گرماگاشت DSC ماده SAPP



دسترسی به این مدرک برایه آینینامه ثبت و اشاعه پیشنهادهای پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحقیقات تکمیلی و صفات از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۶۹/۱۹۵۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراناک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحالات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

منابع:

- (۱) کامپوزیتها و دکتر محمود محرب زاده و ماسیس اکبریان؛ مجله علوم و تکنولوژی پلیمر (۱۳۶۸-۱۳۶۷)
- (۲) افزودنیهای پلاستیکها؛ ترجمه دکترا عظم رحیمی؛ مجله علوم و تکنولوژی پلیمر (شهریور ۱۳۶۸)
- (۳) مواد پلاستیک جلد ۱؛ تألیف جی ای بریدسون؛ ترجمه حسین امیدیان، مهدی و فائیان؛ مرکز نشر دانشگاهی تهران (۱۳۷۵)
- (۴) آمیزه کاری در صنایع پلیمر؛ تالیف جان اس دیک؛ ترجمه دکتر پارسا فر، مهندس مخزونی؛ مرکز انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۷۳)
- (۵) شیمی تحربی رنگ؛ احمد مومن هروی، علیرضا عظیمی نانوائی؛ موسسه انتشارات امیرکبیر تهران (۱۳۷۵)
- (۶) گرماسنجی روبشی تفاضلی و کاربرد آن در شناسائی پلیمرها؛ مهندس شهره طلوعی؛ مجله علوم و تکنولوژی پلیمر
- (۷) مبانی شیمی پلیمر؛ ترجمه سید احمد میر شکرائی (۱۹۸۸)
- (۸) بررسی صنعت پلاستیک در ایران از دیدگاه طرح جامع صنایع شیمیائی؛ بلاغی، حسینلو؛ شرکت ملی صنایع پتروشیمی
- (۹) میکروسکوپ الکترونی پویشی؛ پروین شکرالله؛ مجله علوم و تکنولوژی پلیمر (بهمن ۱۳۷۵)
- (۱۰) شیمی و تکنولوژی پلاستیکها؛ والتر ادرایور؛ ترجمه عیسی یاوری، موسی قائمی؛ مرکز نشر دانشگاهی، تهران (۱۳۷۰)
- (۱۱) بسیارها: شیمی و فیزیک مواد جدید؛ جی ام جی کاوی؛ ترجمه غلام رضابخشند، کاظم سبحان منش؛ مرکز نشر دانشگاهی، تهران (۱۳۶۷)
- 12) Gachter, Muller; Plastic Additives; Hanser Publishers, Munch Viena , New York
Barcelona (1993)
- 13) Harry Kats, Milewski ; Handbook of Fillers For Plastics ; Van Nostrand Reinhold ,
Newyork (1987)
- 14) Jesse Edanbaum; Plastics Additives and Modifier Handbook; Van Nostrand
Reinhold , Newyork (1992)
- 15) J.Karger-Kocsis; Polypropylene structure, blends and composites; Chapman and
Hall, London
- 16) Seymours Schwarts, Sidney H. Goodman; Plastiics Material & Processes;Van
Nostrand Reinhold , Newyork (1982)
- 17) George Matthews; Polymer Mixing Technology ; Applied Science Publishers,
London (1982)
- 18) Campbell, J.R.Whitr; Polymer Characterization;Chapman and Hall, London(1989)
- 19) J.V.Dawkins; Developments in Polymer Characterization - 5; Applied Science
Publishers, London (1978)
- 20) Raymond F.Wegman; Surface Preparation Techniques for Adhesive Bonding; Noyes

Pub. Park Ridge,N.J

- 21) *Souheng Wu; Polymer Interface and Adhesion; Marcel Dekker ,Newyork (1982)*
- 22) *James M.Margolis;Decorating Plastics; Hanser Macmillan, Munch ,New york (1986)*
- 23) *Benjamin M.Walker,Charles P.Rader; Handbook of Thermoplastic Elastomers; Van Nostrand Reinhold , Newyork (1988)*
- 24) *Raymond Benedict Seymour; Polymer Chemistry (1992)*
- 25) *Robert F.Ohm; The Vanderbil Rubber Handbook ;R.T.Vanderbilt Coompany,Inc. LosAngeles,Toronto (1990)thirteenth edition*
- 26) *Jacqueline I.Kroschwitz; Encyclopedia of Polymer Science and Technology ;Wiley New york (1991)*
- 27) *Yulong,Bill E.Tiganis and Robert A.Shanks ; Evalution of Recycled PP/Rubber/Talc Hybrids; J.Appl.Polym.Sci 1995,58(3),527-35*
- 28) *Markku Arina ,Arto Honkanen; Mineral Fillers in Low Density-Polyethylen Films; Polymer Engineering and Science ,1979,19(1),30-9*
- 29) *A.A.Berlin.S.A.Volfson; Principles of Polymer Composites; Springer-Verlag Berlin (1986)*
- 30) *N.Maiti,K.K.Sharma; Studies on Polypropylene Composites Filled with Talc Particles; Journal of Material Science 27(1992),4605-4613*
- 31) *J.Tatanco,J.M.Martinez,O.Laguna and E.P.Collar; Polypropylene Composites; Journal of Polymer Engineering Vol.13,No.4,(1994),287*
- 32) *J.Taranco,J.M.G.Martinez,O.Laguna and E.P.Collar; Polypropylen/Talc Composites:Interfacial Modifications; Journal of Polymer Engineering ; Vol.13,No.4,(1994),287-304*
- 33) *Viera Khunova,M.Msain; Studies on the Effect of Reactive Polypropylene onthe Properties of Filled Polyolefin composites.Part3;Polym-Plast.Technol.Eng. 32(4),311-320(1993)*
- 34) *J.I.Velasco,J.Apesaja and A.B.Martines; Crystallization Behavior of Polypropylene Filled with Surface-Modified Talc ; Journal of Applied Polymer Science Vol.61,125-132(1996)*

- 35) *L.J.Michot,F.Villieras,J.Yvon; Multistage Wet Grinding of Talc:Relation Between Physico-Chemical Parameters of the Filler and Mechanical Properties of Filled Polypropylenes; Journal of Materiials Science 28(1993) 1856-1866*
- 36) *P.M.McGenity,J.J.Hooper,C.D.Paynter; Nucleation and Crystallization of*

Polypropylene by Mineral Fillers:Relationship to Impact Strength; Polymer,
(1992)Vol.33,No.24 5215-5224

37)*Lothar Engel,Herman Klingele; An Atlas of Polymer Damage;Wolf Science Books in Association with Carl Hanser Variay Munich,Vienna (1981)*

Abstract:

Each polymer has certain physical-mechanical properties and definite application.
for making new polymers including engineering polymers with improved properties,it is
possible to make a blend of two or more polymers with addition of fillers and other
additives.

In this research, compounding mixtures containing various percentage of copolymer
and homopolymer of polypropylene and polypropylene-SBR blends with additives
consist of:carbon black, atacticpolypropylene, oxidized polypropylene compatibilizer and
talc,kaolin fillers,have been prepared.

Then the Physical-Mechanical properties(Impact strength,Tensile strength) and
thermal studies(TGA,DMTA),and the morphology(SEM) of the blends have been
studied.

The wettability of some treated compounds have been examined.
With regard to the results,usage of proper percent of talc,SBR,carbon black,...with
compatibilizer can yield good physical-mechanical properties.

واژه نامه:

A:

<i>anvil</i>	سنداں
<i>annealing</i>	تنش زدائی
<i>arc resistance</i>	مقاومت در برابر قوس الکتریکی
<i>annular die</i>	حدیده استوانه ای
<i>abrasion resistance</i>	مقاومت سایشی
<i>adhesion</i>	چسبندگی
<i>aging</i>	پیرسازی
<i>anti-wind up</i>	ضد تجمع
<i>aeration</i>	هوادهی
<i>aggregation</i>	اجتماع - توده
<i>anisotropy</i>	ناهمسانگردی
<i>acicular</i>	سوزنی شکل
<i>agitator</i>	هم زن

B:

<i>bamping</i>	هواگیری
<i>bar</i>	میله
<i>brittleness</i>	شکنندگی
<i>bumper</i>	سپر - ضربه گیر

C:

<i>crack</i>	ترک - تجزیه به ملکولهای کوچکتر
<i>ceiling temperature</i>	سقف دما
<i>compounding</i>	آمیزه کاری
<i>calender</i>	ورقه ساز
<i>co extrusion</i>	هم روزن رانی
<i>coil</i>	مارپیچ
<i>composite</i>	چندسازه - کامپوزیت
<i>craze</i>	ترک موئی
<i>creep</i>	خزش
<i>cohesion</i>	هم چسبی
<i>cure</i>	پخت - پروزاندن
<i>core</i>	هسته
<i>coarse</i>	درشت - زخت
<i>char</i>	ذغال - سوزاندن
<i>grader</i>	یکنواخت کننده

D:

<i>dial</i>	شاخص
<i>die</i>	حدیده
<i>decay</i>	زوال
<i>deep etch</i>	خوردگی عمیق
<i>deflection</i>	انحراف
<i>diffraction</i>	پراکندگی - پاشیدگی
<i>dispersion</i>	قابلیت تورق یامفتوں شدن
<i>ductility</i>	تیره - مات
<i>dull</i>	دوام
<i>durability</i>	میراثی
<i>damping</i>	ورقه ورقه شدن
<i>delaminated</i>	

E:

<i>exposure</i>	پرتوگیری - پرتوهی
<i>etching</i>	زبرسازی
<i>effeciency</i>	کارآیی
<i>elongation at break</i>	از دیاد طول تا پارکی
<i>erosion</i>	سایش - فرسایش
<i>extender</i>	زبرد - پوشش - رنگدانه یار

F:

<i>faliated</i>	ورقه ورقه شده
<i>furance</i>	کوره ذوب
<i>flake</i>	فلس - ورقه - پولک
<i>features</i>	شكل - ترکیب
<i>flaw</i>	ترک - موبراداشتن
<i>fatigue</i>	خستگی
<i>fracture</i>	شکستگی
<i>flexed</i>	خم شده - انحنادار
<i>fragment</i>	قطعه - خرد
<i>flexural</i>	خمش
<i>failure</i>	پارگی - نقص

G:

<i>grating</i>	توری (برای جداسازی طول موج)
<i>striker</i>	ضربت زننده - چکش زن

<i>garbage</i>	زباله-پس مانده	<i>scratch resistance</i>	مقاومت خراشیدگی
<i>H:</i>		<i>stress relieve</i>	رهاسازی تنش
<i>helix</i>	مارپیچ	<i>seamless surface</i>	سطح بی درز
<i>hopper</i>	قیف تغذیه	<i>staining</i>	لکه کذاری شیمیائی -لکه زائی
<i>L:</i>		<i>seal</i>	درزگیری-آب بندی
<i>lamellar</i>	برگی-صفحه ای شکل	<i>shrinkage</i>	افت حجمی-آب رفتن
<i>lubricant</i>	روان کننده-لیزابه	<i>slit die</i>	حدیده تیغه ای
<i>linkage</i>	بهم پیوستگی	<i>spinning</i>	ریسنگی-رشتن
<i>M:</i>		<i>strain</i>	کرنش
<i>mild</i>	ملایم-معتدل	<i>strip</i>	باریکه
<i>mat</i>	نمد	<i>stiffness</i>	صلبیت-سفتی
<i>mill</i>	آسیاب	<i>soft</i>	نرم
<i>P:</i>		<i>T:</i>	
<i>pivot</i>	محور- نقطه انتکا	<i>taper</i>	باریک شونده- مخروطی شدن
<i>peel</i>	کنده شدن	<i>torsional</i>	پیچش
<i>peel test</i>	آزمایش استحکام پوسته	<i>toughness</i>	چرمگی
<i>permenance</i>	دوم	<i>tendering</i>	پوسیدگی
<i>promoter</i>	ترویج کنند	<i>trans miscibility</i>	امتراج پذیری متقابل
<i>permeability</i>	تراوایی	<i>tear</i>	پارگی
<i>performance</i>	کارآور	<i>treatment</i>	عمل آوری
<i>processing</i>	فراورش	<i>transparency</i>	شفافیت
<i>pale</i>	کمرنگ-تیره	<i>W:</i>	
<i>porosity</i>	پرمنفذ- متخلخل	<i>wettability</i>	ترپذیری
<i>pellet</i>	ساقمه- قرص	<i>wipping</i>	لغزش
<i>R:</i>			
<i>reinforcing agent</i>	معرف توان ده- تقویت کننده	<i>Y:</i>	
<i>refractive</i>	انكساري	<i>yield point</i>	نقطه تسلييم
<i>repulsion</i>	دافعه		
<i>recycling</i>	بازگردانی		
<i>residual stress</i>	تنش باقیمانده		
<i>resilience</i>	قابلیت ارجاعی- برجهندگی		
<i>S:</i>			
<i>solution casting</i>	انحلال پلیمرها در حلول		

Aging یا **کهنجی** - پیرسازی: فرآیند یا نتیجه قراردهی پلاستیکها در معرض شرایط محیطی طبیعی یا مصنوعی برای یک دوره ممتد (طلانی) از زمان

Annealing: تنش زدایی: فرآیند رهاسازی تنشی در وسایل پلاستیکی قالبگیری شده توسط حرارت دادن تا دمای از قبل تعیین شده و نگهداشتن این دما در مدت زمان از قبل تعیین شده، و به آرامی سرد کردن وسایل می‌باشد.

فرآیندی که برای رهایی (رهاسازی) تنش در وسایلی که باید رنگ شوند که به علت حمله حلال ممکن است دارای شبکه‌ای از شکافهای ریز شوند، به کار برده می‌شود.

aspect ratis: در تکنولوژی لیف، نسبت طول به قطر لیف (الیاف) و در مواد صفحه‌ای (فلسی شکل) نسبت قطر معادل به ضخامت فلس

abrasion resistance: مقاومت سایشی: توانایی مقاومت ماده در برابر اعمال مکانیکی مانند: ساییده شدن (rubbing)، فرسودگی یا قراضه شدن (scraping) یا خوردگی مکانیکی (فرسودگی) (erosion) که بطور فزاینده‌ای تمایل به برداشتن مواد از سطحشان دارد.

blooming: روآیی: این پدیده وقتی روی می‌دهد که یک افزودنی در دمای فرآیند در پلیمر بطور کامل حل شده باشد ولی در دمای محیط از انحلال پذیری جزئی برخوردار باشد در نتیجه مقداری از افزودنی به محض سرد شدن از حالت محلول درآمده و مقداری از آن روی سطح توده پلیمر جمع می‌شود

coarse = lowgrade: درشتی - نامرغوبی: سنگ معدنهای دارای مقادیر کم ازکانی.

کیفیت نامرغوب

crack: شکستن ترکیب به ملکولهای ساده‌تر. شکاف

craze: شکاف ریز: یک شبکه از شکافهای ریز، رویا زیر سطح موادی مانند فلزها، پلاستیکها و ...

crazing: توسعه شبکه شکافهای ریز

creep: خزش: تغییر آهسته در ویژگی‌ها با زمان یا استفاده از آن، یک حرکت پایین‌روند غیرمحسوس (آهسته) و آرام سنگ یا خاک و ... تحت تنفس برشی

curee: پخت یا پروراندن: تغییر خواص پلاستیکها یا رزینها توسط واکنش شیمیایی که بطور مثال ممکن است واکنش تراکم، پلیمریزاسیون یا واکنش افزایشی باشد که توسط حرارت یا کاتالیست یا هر دو و با فشار یا بدون فشار صورت می‌گیرد.

curing: عمل پخت

damping: میرابی: تحلیل (پراکندگی) انرژی در حرکت از هر نوعی، بویژه حرکت نوسانی و متعاقباً کاهش یا زوال حرکت

ductility: قابلیت مفتول شدن یا شکل‌پذیری: توانایی یک ماده که بطور پلاستیکی توسط از دیاد طول بدون شکست، تغییر شکل یابد.

etching: زبرسازی: ایجاد خطوط تراشیده شده بر روی صفحه فلز، شیشه یا سایر مواد، توسط پوشاندن آن توسط پوشش مقاوم در برابر اسید، خراشیدن در طی پوشش و سپس اجازه دادن برای شستشو توسط یک اسید به منظور خوردن (ساییدن)، قسمتهای آشکار صفحه

خوردن و تحلیل بردن (ساییدن) سطح یک فلز به منظور آشکارسازی ترکیب و ساختمان آن.

extender: زبره یا پوشانه: ماده مورد استفاده برای رقیق کردن یا افزایش دادن یا تغییر دادن خواص رزینها، سرامیکها، رنگها، لاستیک و ...

failure: شکست - نقص: یک تغییر ثابت در حجم پودر یا تنشهای درون آن. شرایط ایجاد شده توسط متلاشی شدن، شکستن یا خم شدن، بنابراین ساختمان یا عناصر ساختمانی برای انجام هدفشنan نمی‌توانند به کار گرفته شوند.

fatigue: خستگی: شکست (نقص) کانی توسط شکافهای ناشی از تنشهای دوره‌ای (چرخه‌ای) یا تکرارشونده

flaw: ترک - درز - مو: ناپیوستگی در ماده بیش از حد قابل قبول مشخص شده. یک قسمت معیوب از سنگ معدن مانند ترک، تبلور ناکامل قابل رویت یا دوتایی شدن داخلی یا شکافتگی

fracture: شکستگی: یک شکست در کانی جز در طول شکاف صفحه‌ای. عمل، فرآیند یا

حالی که سبب شکسته شدن می‌شود.

strain: کرنش: تغییر طول یک ماده در برخی جهتها در واحد طول تغییر شکل نیافته (ناواپیچیده) در برخی جهتها، که لازم نیست یکی باشند. در آزمون کشش، نسبت از دیار طول به اندازه (درجه) طول نمونه، مورد آزمایش که عبارت است از تغییر در طول در واحد طول اصلی.

stress: تنش: نیرویی که تغییر شکل در ساختمان (کالبد) جسم اندازگیری شده توسط نیروی بکار گرفته شده در واحد سطح ایجاد می‌کند.

shrinkage: انقباض - افت حجمی: انقباض یک ماده قالبگیری شده مانند فلز یا رزین بر اثر سرد کردن، انقباض ریخته‌گری پلاستیک بر اثر پلیمریزاسیون و ...

stiffness: صلبیت: گنجایش (ظرفیت) یک ماده برای مقابله با جابجایی کشسان (الاستیک)،
تحت تنش

seam: درز - بخیه: یک خط ایجاد شده روی قطعه قالبگیری شده یا ورقه‌ای شده ماده پلاستیکی که در ظاهر از بقیه سطح تفاوت دارد و توسط جدا شدن قالب ایجاد می‌شود. یک چین خورده‌گی یا بخش جوش نخورده یا شبیه یک ترک روی سطح در محصول قالبگیری شده یا شکل داده شده.

seal: درزگیری - آببندی: یک انسداد یا اتصال کامل و بی‌عیب و محکم

لکه‌گذاری - رنگی کردن: هر ماده آلی رنگدار مورد استفاده برای رنگ کردن باfte (منسوج) سلول، مواد سلولی، محتوای سلول و ...

peel: کند شدن (پوسته): کندن یک لایه از ماده از لایه دیگر، شکست یک دسته از پیوندها در زمان

آزمایش استحکام پوسته: peel test

torsion: پیچش: تنش ایجاد شده توسط پیچ و تاب دادن یک ماده.
تغییر شکل پیچ و تابی یک جسم جامد حول یک محور است که در ابتدا تمامی خطوط موازی با این محور که الان پیچیده شده، بودند.

toughness: خاصیت یک ماده قادر به جذب انرژی توسط تغییر شکل پلاستیک، حد واسطه بین نرمی (softness) و شکنندگی (brittleness) چرمگی معمولاً عبارت است از نداشتن شکنندگی، داشتن از دیاد طول در نقطه شکست بسیار بالا همراه با استحکام کششی بالا.

و یک تعریف دیگر، انرژی مورد نیاز برای شکستن یک ماده است که برابر با مساحت زیرمنحنی تنش - کرنش می‌باشد.

wiping effect: اثر لغزشی: فعالسازی سطح یک فلز توسط مالش دادن مکانیکی یا برخورد به منظور افزایش تشکیل پوشش دهی تبدیلی

yield: تسلیم: تنشی در ماده که در آن تغییر شکل پلاستیک روی می‌دهد.