

# بررسی اثر سازگارکننده بر خواص مکانیکی آمیخته POM/NBR

## Study of the Effect of Compatibilizer on the Mechanical Properties of POM/NBR Blend

حمیدرضا شیرمحمدی، محمد حسین نوید فامیلی\*

تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی پلیمر، صندوق پستی ۱۴۱۱۵/۱۴۳

دریافت: ۸۱/۸/۸۱، پذیرش: ۸۳/۷/۱۴

### چکیده

در این پژوهش، آمیخته‌ای گرمانرم بر پایه پلی استال و لاستیک نیتریل به روش اختلاط مذاب تهیه شده است. اختلاط در دستگاه اکسترودر دو پیچی ناهمسوگرد انجام گرفته و مقادیر پارامترهای اختلاط نظیر دما، زمان و سرعت اختلاط، زمان اضافه کردن مواد از جمله عوامل پخت و بازدارنده به آمیخته در اکسترودر محاسبه شده است. مطالعات شکل‌شناسی، ساختار دو فازی آمیخته را آشکار ساخت. برای جلوگیری از جدایی فازها SAN و SBS به عنوان سازگارکننده بکار برده شد. با استفاده از سیستم گوگردی، پخت دینامیکی لاستیک نیتریل انجام شد. نتایج آزمایشها نشان می‌دهد که آمیخته‌های سازگار شده با SAN و SBS دارای استحکام کششی و درصد ازدیاد طول بیشتری نسبت به آمیخته خالص است. همچنین، آمیخته سازگار شده و پخت شده بیشترین استحکام کششی و درصد ازدیاد طول را نشان می‌دهد. پخت فاز لاستیک در درصدهای زیاد آن در آمیخته، کنترل کننده خواصی چون استحکام کششی و درصد ازدیاد طول است و همچنین، سازگارکننده SAN سازگاری مناسبی با POM و NBR ایجاد می‌کند.

#### واژه‌های کلیدی

آمیخته، POM، NBR، سازگار کننده، پخت دینامیکی

### مقدمه

بین فازها سازگاری نسبی ایجاد شود. در حالت استفاده از سازگارکننده، مولکول‌های آن در سطح مشترک فازها قرار می‌گیرد و مانند امولسیون کننده تنش سطحی را کاهش می‌دهد. به علاوه ممکن است درهم نفوذ کردن و گره خوردن زنجیرها یا بلورها نیز باعث سازگاری

برای رسیدن به خواص بهینه در پلیمرها گاهی نیاز به اختلاط مواد با یکدیگر است تا آمیخته‌ای با خواص مناسب بدست آید. اما، بیشتر پلیمرها از نظر ترمودینامیکی امتزاج ناپذیرند و باید به روش‌های مختلف همچون استفاده از سازگارکننده، پیوند دادن درشت مولکول‌ها یا پخت دینامیکی

#### Key Words

blend, POM, NBR, compatibilizer, dynamic curing

سازگاری دارد. یوچیرو آگوا و همکاران [۱۰] مواد سازگار با پلی استال را مواد با پایه فنولی مانند رزین فنولی و ترین فنول اعلام کرده‌اند. همچنین هوریون و همکاران [۱۱] نشان دادند که کوپلیمری از پلی استال با ترپلیمر اتیلن متیل آکریلات و آکریلیک اسید ترپلیمر اتیلن پروپیلن دی‌ان سازگاری خوبی دارد. لاستیک نیتریل نیز با پلیمرهای دارای زنجیر قطبی سازگار است و با انواع رزین‌ها از قبیل پلی ایندن، فنول فرمالدهید، آلکید رزین‌ها، اپوکسی‌ها و PVC در درصدهای بالا سازگاری مناسبی نشان می‌دهد [۱۲]. ژرژ و همکاران [۱۳] برای سازگار شدن پلی اتیلن با لاستیک نیتریل، پلی اتیلن را یک بار با مالئیک انیدرید و بار دیگر با رزین فنولی اصلاح کرده، سپس با لاستیک نیتریل مخلوط کردند. آنها نشان دادند که زنجیرهای لاستیک نیتریل با مالئیک انیدرید و رزین فنولی سازگاری دارند.

در این پژوهش، در شرایط بهینه شده اختلاط، خواص کششی بدست آمده از مخلوط این دو ماده سازگار شده با کوپلیمر استیرن آکریلونیتریل (SAN) و کوپلیمر استیرن بوتادی‌ان استیرن (SBS) بررسی شده است.

## تجربی

### مواد

مواد استفاده شده در این پژوهش به شرح زیر است:

پلی استال ۹F شولمن آلمان با شاخص جریان مذاب برابر  $10 \text{ min } g/10$  و  $2/5$  چگالی نسبی  $14 \text{ g/cm}^3$  و وزن مولکولی تقریبی  $20000 \text{ g/mol}$ ، لاستیک نیتریل محصول شرکت Koseon کره با ۳۴ درصد آکریلونیتریل، گرانیوی مونی برابر ۸۵ در  $100^\circ\text{C}$  (۱+۴) ML و وزن مولکولی  $2 \times 10^5 \text{ g/mol}$ ، کوپلیمر استیرن آکریلونیتریل با ۳۷ درصد آکریلونیتریل و خلوص ۹۵ درصد ساخت شرکت محب باکالیت تولید شده به شکل نیمه صنعتی که کوپلیمری تصادفی است و کوپلیمر استیرن بوتادی‌ان استیرن محصول شرکت بایر آلمان.

### دستگاه‌ها

در این پژوهش، از اکسترودر دوپیچی ناهمسوگرد ساخت دانشگاه تربیت مدرس با ظرفیت پیچ حدود  $150 \text{ g}$ ، عمق پیچ  $4/5 \text{ mm}$ ، قطر پیچ  $44/5 \text{ mm}$  و نسبت طول به قطر به ۱۵ و با ترکیبی از اجزای اختلاط و فشار استفاده شده است. دمای اکسترودر  $190^\circ\text{C}$  و سرعت پیچ  $18/27 \text{ rpm}$  انتخاب گردیده است [۷]. برای اندازه‌گیری خواص پخت آمیخته‌های مختلف لاستیک از رثومتر ساخت شرکت Gotech تایوان، برای

دو فاز شود [۱]. افزون بر این عوامل، پخت دینامیکی نیز می‌تواند با درگیر کردن زنجیرهای پلاستیک در گره‌های حاصل از پخت لاستیک باعث توزیع بهتر فازها شود [۲].

پخت دینامیکی باعث تقویت خاصیت برگشت‌پذیری لاستیک، مدول کششی و استحکام کششی آمیخته می‌گردد [۳، ۴]. همچنین، افزایش فاز لاستیک پخت شده باعث افزایش بیشتر درصد ازدیاد طول و استحکام کششی می‌شود. اگر مقدار لاستیک از ۵۰ درصد بیشتر شود لاستیک به عنوان ماتریس عمل می‌کند و پخت لاستیک باعث تقویت خواص مکانیکی آمیخته می‌گردد. اگر مقدار لاستیک در آمیخته بیش از پلاستیک باشد الاستومر گرمانرمی بدست می‌آید که از نظر خواص فیزیکی کاربردی شبیه به الاستومرها و از نظر خواص فرایندی مشابه با گرمانرم‌ها خواهد بود [۵].

در این نوع آمیخته‌ها بخش‌های سخت و نرم باید از نظر ترمودینامیکی امتزاج ناپذیر باشند و در یکدیگر حل نشوند و همچون دو فاز جداگانه رفتار کنند. بنابراین، خواص الاستومر گرمانرم بیش از آنکه متأثر از ترکیب شیمیایی باشد تحت تأثیر شکل شناسی آمیخته قرار دارد [۶].

لاستیک نیتریل (NBR) مقاومت خوبی در برابر مواد روغنی و نفتی دارد. همچنین، خاصیت کشسانی و درصد ازدیاد طول مناسبی را داراست. پلی استال (POM)، گرمانرم مهندسی شبه بلوری است که در حالت طبیعی سخت، ترد و شکننده است و دارای استحکام کششی و سختی بسیار زیاد است. برای بهبود ضربه‌پذیری پلی استال به روش آمیخته‌سازی با لاستیک تاکنون موفقیت‌چندانی حاصل نشده که علت آن ناسازگاری پلی استال با سایر لاستیک‌هاست. در این زمینه مرتضایی و همکاران [۷] سعی در همگن‌سازی پلی استال و لاستیک نیتریل با پخت دینامیکی کرده‌اند. این پژوهشگران بدون استفاده از همگن‌ساز، پخت را با عوامل پروکسیدی انجام داده‌اند. آنها موفق به تولید آمیخته‌ای با چقرمگی نسبتاً زیاد شده‌اند، ولی از خواص قابل پیش‌بینی نظری فاصله داشتند. آنها این اختلاف را در استفاده نکردن از سازگارکننده و استفاده از عامل پخت پروکسیدی (که می‌تواند باعث تجزیه پلی استال گردد) دانستند. کومار و همکاران [۶، ۸] از پلی یورتان گرمانرم (TPU) برای بالا بردن چقرمگی پلی استال استفاده کرده‌اند. همچنین، از ترپلیمر اتیلن پروپیلن دی‌ان (EPDM) اصلاح شده و اصلاح نشده نیز برای این منظور استفاده شده است [۱، ۹].

پلی استال و لاستیک نیتریل در حالت طبیعی ناسازگارند. کومار و همکاران [۱] برای سازگاری پلی استال و ترپلیمر اتیلن پروپیلن دی‌ان از پلی آکریلیک اسید پیوندخورده با پلی پروپیلن استفاده کرده‌اند، زیرا که آکریلیک اسید با پلی استال و پلی پروپیلن با ترپلیمر اتیلن پروپیلن دی‌ان

۰/۳ درصد وزنی برای بدست آوردن نمونه‌های زیر اضافه شده است:  
- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۱۰ درصد وزنی کوپلیمر SAN، پخت شده با گوگرد و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CdvPNxSAN۱۰)،

- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۵ درصد وزنی کوپلیمر SAN، پخت شده با گوگرد و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CdvPNxSAN۵)،

- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۱۰ درصد وزنی کوپلیمر SBS، پخت شده با گوگرد و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CdvPNxSBS۱۰) و

- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۵ درصد وزنی کوپلیمر SBS، پخت شده با گوگرد و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CdvPNxSBS۵).

#### طراحی سیستم پخت و فرمولبندی لاستیک

نظر به اثر تخریبی مواد پخت روی پلی استال [V] قبل از کار با سیستم پخت گوگردی اثر مواد پخت روی خواص مکانیکی پلی استال بررسی شد و سپس بر پایه نتایج بدست آمده از دستگاه رثومتر، آمیخته قابل استفاده در دستگاه اکسترودر طراحی گردید. برای کار در اکسترودر آمیخته‌ای انتخاب شد که دارای زمان پخت طولانی و مدول نهایی بیشتر باشد.

برای جلوگیری از پخت مواد در داخل اکسترودر در دمای اختلاط  $190^{\circ}\text{C}$ ، طراحی فرمولبندی پخت لاستیک لازم شد. با توجه به سرعت پیچ، از محل اضافه کردن عوامل پخت تا محل خروج مواد از اکسترودر به مدت ۵ min و ۳۰ s ساکن است. بنابراین، زمان پخت باید بیشتر از این مدت باشد. با توجه به منحنی‌های رسم شده به وسیله رثومتر برای آمیخته‌های مختلف نه تنها استفاده از شتاب دهنده در فرمولبندی ممکن نیست، بلکه استفاده از بازدارنده ضروری است. در این پژوهش، از بازدارنده تجاری PVI با نام عمومی N-سیکلو هگزریل تیوفتالیمید استفاده شد.

در جدول ۱ اثر عوامل پخت لاستیک نیتریل (۳ درصد گوگرد و ۰/۳ درصد بازدارنده) روی خواص مکانیکی پلی استال نشان داده شده است. کاهش خواص کششی پلی استال بعد از اضافه کردن عوامل پخت بسیار ناچیز است که نشان دهنده اثر کم عوامل پخت روی خواص مکانیکی قطعه نهایی است. جدول ۲ نمایانگر مشخصات نمودار پخت است و شکل ۱ نمودار پخت لاستیک نیتریل همراه با عوامل پخت (۳ درصد گوگرد و ۰/۳ درصد بازدارنده) را نشان می‌دهد. برای دستیابی به

اندازه گیری گرانروی آمیخته لاستیک از دستگاه گرانروی سنج مونی ساخت همان شرکت و برای مقایسه خواص کششی و درصد ازدیاد طول آمیخته‌های مختلف از دستگاه کشش ساخت شرکت پارس پی گیر طبق استاندارد ASTM D ۶۳۸ استفاده شده است.

## روش‌ها

### آمیخته‌سازی

ابتدا گرانول پلی استال به محل تغذیه اکسترودر در ابتدای آن افزوده می‌شود، سپس در محل دوم پس از ۶ min لاستیک نیتریل با نسبت‌های ۲۵، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۷۵ و ۸۰ درصد وزنی نسبت به وزن آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال اضافه می‌گردد و نمونه‌های اولیه PN۲۵، PN۳۰، PN۴۰، PN۵۰، PN۶۰، PN۷۰، PN۷۵ و PN۸۰ (که اعداد نشانگر درصد لاستیک نیتریل در آمیخته است) بدست می‌آید. مجموعه دوم نمونه‌هایی با مواد سازگار شده‌اند. در این آمیخته‌ها بجز لاستیک نیتریل، کوپلیمرهای SAN و SBS، با درصدهای وزنی ۵ و ۱۰ درصد وزنی آمیخته نسبت به مجموع پلی استال و لاستیک نیتریل اضافه می‌شود که نمونه‌های زیر بدست می‌آید:

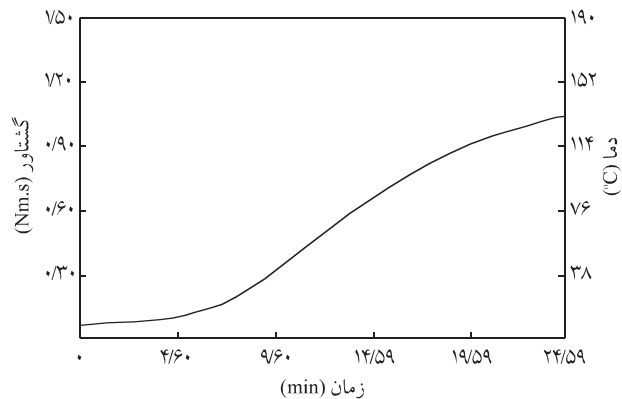
- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۱۰ درصد وزنی کوپلیمر SAN و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CPNxSAN۱۰)،

- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۵ درصد وزنی کوپلیمر SAN و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CPNxSAN۵)،

- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۱۰ درصد وزنی کوپلیمر SBS و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CPNxSBS۱۰) و

- آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال سازگار شده با ۵ درصد وزنی کوپلیمر SBS و x درصد وزنی لاستیک نیتریل نسبت به آمیخته (CPNxSBS۵).

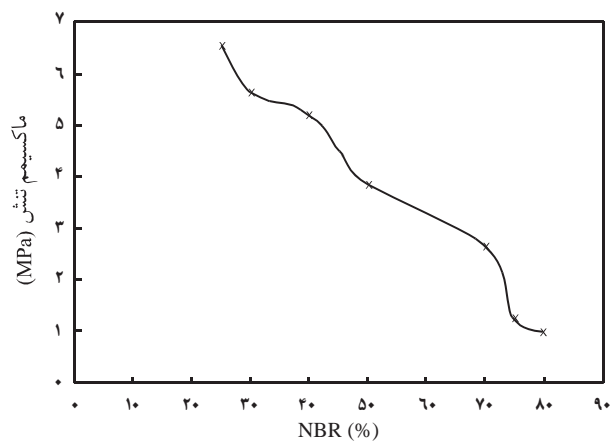
نمونه‌های مجموعه سوم آمیخته‌های سازگار شده و پخت شده به وسیله سیستم پخت گوگردی‌اند. در این مجموعه پس از اضافه کردن لاستیک نیتریل و سازگار کننده از محل سوم واقع در  $L/D = 12$  به آمیخته سازگار شده لاستیک نیتریل/ پلی استال، گوگرد و بازدارنده اضافه شده است. با توجه به سرعت پیچ و زمان سنجی داخل اکسترودر و همچنین برای جلوگیری از پخت لاستیک در داخل اکسترودر و افزایش زمان شروع پخت لاستیک پس از اضافه کردن عوامل پخت به آمیخته (گوگرد به مقدار ۳ درصد وزنی نسبت به لاستیک نیتریل)، بازدارنده PVI به مقدار



شکل ۱- نمودار پخت لاستیک نیتریل با سیستم پخت (۳ درصد گوگرد و ۰/۳ درصد بازدارنده در دمای ۱۸۰°C).

ناشی از عدم امتزاج پذیری کامل یا به عبارت ساده تر عدم حبس پلی استال در شبکه های لاستیک نیتریل باشد. در شکل های ۴ و ۵ درصد ازدیاد طول و استحکام کششی برای آمیخته های لاستیک نیتریل/ پلی استال (پخت نشده) با درصدهای مختلف NBR به همراه ۵ و ۱۰ درصد وزنی از دو سازگار کننده SAN و SBS ارائه شده است.

میزان درصد ازدیاد طول برای آمیخته ۱۰ CPN<sub>x</sub>SAN در نقاط ابتدایی منحنی (۲۵ درصد لاستیک نیتریل) کم است، ولی در نقاط انتهایی مقادیر بسیار زیادی را دربرمی گیرد. علت این است که در نقاط ابتدایی مقدار لاستیک نیتریل کم است در حالی که مقدار SAN، ۱۰ درصد آمیخته است و خاصیت سختی SAN روی خواص مکانیکی آمیخته اثر می گذارد و درصد ازدیاد طول را کاهش می دهد. اما، در نقاط انتهایی به علت ایجاد سازگاری اجزا با SAN، درصد ازدیاد طول افزایش بیشتری دارد. همچنین، در شکل ۵ مشهود است که استحکام کششی ایجاد شده



شکل ۲- حداکثر استحکام کششی آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال بدون سازگار کننده بر حسب درصد لاستیک نیتریل.

جدول ۱- اثر گوگرد و بازدارنده PVI روی خواص مکانیکی پلی استال (اختلاط در داخل اکسترودر دوییچی به مدت ۷ min، ۳ درصد گوگرد و ۰/۳ درصد PVI).

نمونه	استحکام کششی (MPa)		ازدیاد طول نسبی (%)	
	تسلیم	شکست	تسلیم	شکست
پلی استال خالص	۵۸/۹۸	۵۷/۹۶	۱۹/۷۹	۲۸/۱۲
پلی استال مخلوط شده با عوامل پخت	۵۵/۲۹	۵۳/۷۱	۱۸/۶۲	۲۳/۱۱

زمان ماندن بیش از ۵ min در اکسترودر که کنترل بهتر کیفیت را ممکن می کند استفاده از شتاب دهنده در فرمولبندی امکان پذیر نیست و بکار بردن بازدارنده برای جلوگیری از مشکلات پخت در داخل اکسترودر نیز ضروری است. همچنین، استفاده از بازدارنده موجب می شود که با انجام عمل اختلاط در مدت زمان ۵ تا ۲۰ min از پخت زود هنگام در اکسترودر جلوگیری شود و به مصرف کننده قطعه نیز این امکان را می دهد که در حداقل زمان به قطعه ای با خواص نهایی دست یابد.

## نتایج و بحث

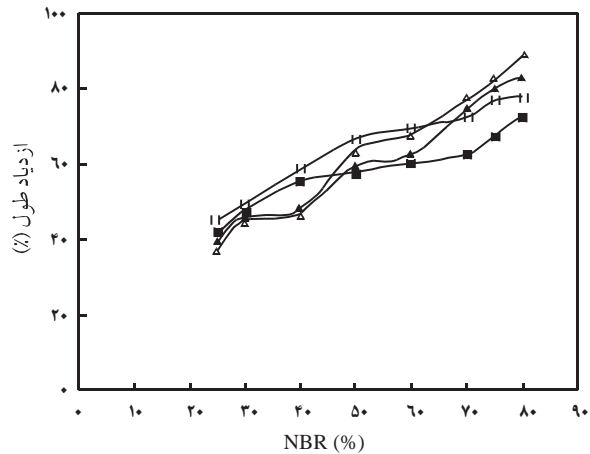
### بررسی خواص مکانیکی آمیخته ها

در شکل های ۲ و ۳ نمودار استحکام کششی و درصد ازدیاد طول آمیخته لاستیک نیتریل/ پلی استال بدون سازگار کننده و مواد پخت ارائه شده است. همچنین، در جدول ۳ مقادیر حداکثر استحکام کششی و درصد ازدیاد طول در نقاط شکست آمده است.

با افزایش درصد لاستیک نیتریل ماکسیمم استحکام کششی در نقطه شکست کاهش و درصد ازدیاد طول افزایش می یابد. درصد کاهش استحکام بیشتر از درصد افزایش ازدیاد طول است. این موضوع می تواند

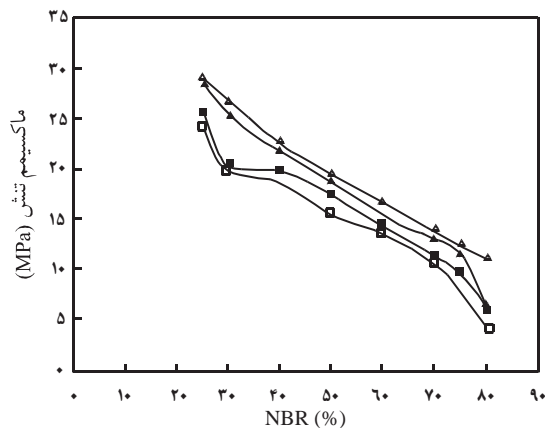
جدول ۲- مشخصات نمودار پخت لاستیک نیتریل.

TC <sub>۳۰</sub>	زمان لازم برای رسیدن به ۳۰ درصد پخت
TC <sub>۴۰</sub>	زمان لازم برای رسیدن به ۴۰ درصد پخت
TS <sub>۱</sub>	زمان برشتگی
CRI <sub>۱</sub>	سرعت پخت در ابتدای ناحیه پخت
CRI <sub>۱۰</sub>	سرعت پخت در انتهای ناحیه پخت

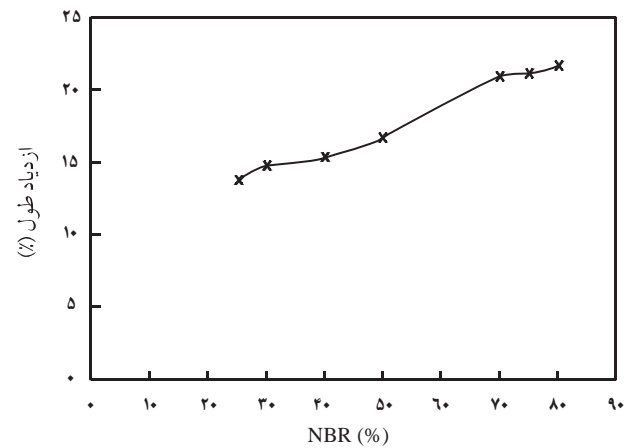


شکل ۴ - تغییرات درصد ازدیاد طول برحسب درصدهای مختلف لاستیک نیتریل در آمیخته های CPN: (▲) SAN۵، (Δ) SAN۱۰، (■) SBS۵ و (□) SBS۱۰.

باعث می شود تا در درصدهای زیاد لاستیک امکان وجود زنجیرهای آکرلیکی بیشتری باشد. این امر موجب افزایش سریع سازگاری شده و در نتیجه با وجود قطبیت بسیار زیاد کوپلیمر SAN، درصد ازدیاد طول در مقادیر زیاد لاستیک نیتریل (۷۵ و ۸۰ درصد) به بیشترین مقدار می رسد. در شکل های ۶ و ۷ خواص مکانیکی نمونه های مجموعه سوم بررسی شده است. این مجموعه شامل نمونه هایی از آمیخته لاستیک نیتریل / پلی استال سازگار شده با دو سازگارکننده کوپلیمر SAN و کوپلیمر SBS با ۵ و ۱۰ درصد وزنی نسبت به مجموع پلی استال و لاستیک نیتریل و پخت شده با ۳ درصد وزنی گوگرد نسبت به لاستیک نیتریل و ۳/۰ درصد وزنی نسبت به لاستیک نیتریل برای جلوگیری از



شکل ۵ - تغییرات استحکام کششی برحسب درصدهای مختلف لاستیک نیتریل در آمیخته های CPN: (▲) SAN۵، (Δ) SAN۱۰، (■) SBS۵ و (□) SBS۱۰.



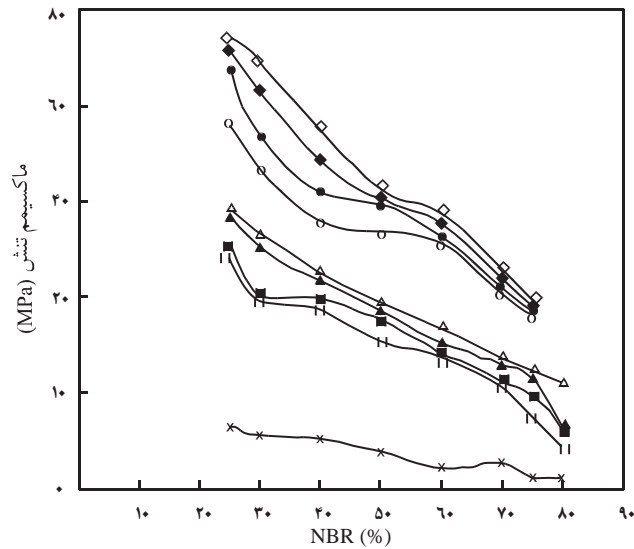
شکل ۳ - حداکثر درصد ازدیاد طول آمیخته پخت نشده لاستیک نیتریل / پلی استال و بدون سازگار کننده برحسب درصد لاستیک نیتریل.

به وسیله کوپلیمر SAN در آمیخته CPNxSAN۱۰ از سایر آمیخته ها بیشتر است. در نتیجه با افزایش درصد کوپلیمر SAN امتزاج پذیری بهتری بوجود می آید. ولی، اختلاط بیش از ۱۰ درصد وزنی کوپلیمر SAN در اکسترودر امکان پذیر نبود.

همچنین، آمیخته های سازگار شده با کوپلیمر SAN خواص مکانیکی بهتری نسبت به آمیخته های سازگار شده با کوپلیمر SBS دارند. به عبارتی عامل آکرلونیتریل در کوپلیمر SAN بهتر از عامل بوتادی ان در کوپلیمر SBS، سازگاری ایجاد می کند. قطبیت زیاد زنجیرها در لاستیک نیتریل و کوپلیمر SAN و وجود عامل آکرلونیتریل در این دو پلیمر

جدول ۳ - مقادیر استحکام کششی و درصد ازدیاد طول آمیخته لاستیک نیتریل / پلی استال بدون سازگارکننده و مواد پخت.

نمونه	ازدیاد طول (%)		تنش (MPa)	
	تسلیم	شکست	تسلیم	شکست
POM	۱۹/۷۹	۲۸/۱۲	۵۸/۹۸	۵۷/۹۶
PN۲۵	۱۵/۷۶	۱۳/۸۲	۶/۵۴	۶/۵۴
PN۳۰	۱۵/۰۲	۱۴/۷۵	۵/۶۴	۵/۶۴
PN۴۰	۱۵/۱۶	۱۵/۳۶	۵/۲۱	۵/۲۱
PN۵۰	۱۵/۶۸	۱۶/۷۵	۳/۸۵	۳/۸۵
PN۷۰	۱۹/۲۱	۲۰/۹۵	۲/۶۵	۲/۶۵
PN۷۵	۱۸/۲۴	۲۱/۱۷	۱/۲۴	۱/۲۴
PN۸۰	۱۸/۳۳	۲۱/۸۲	۰/۹۸	۰/۹۸

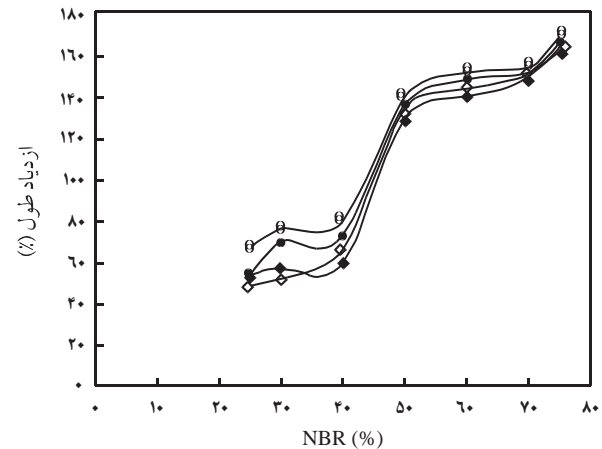


شکل ۸ - تغییرات استحکام کششی برحسب درصدهای مختلف لاستیک نیتریل در آمیخته‌های مختلف: CPN: SAN5(▲), SAN10(Δ), SAN10(■), CdvPN: SAN5(◆), SAN10(◇), SBS5(●), SBS10(□), SBS10(○) و PN(x).

تقویتی خارج می‌شود و به شکل ماتریس در آمیخته عمل می‌کند در حقیقت تقویت لاستیک، تقویت ماتریس است که با پخت لاستیک، ماتریس تقویت می‌شود. بنابراین، شکل ۶ اثر سازگار شدن به وسیله SAN10 را نسبت به سایر آمیخته‌ها یعنی SAN5، SBS10 و SBS5

جدول ۴ - مقادیر استحکام کششی و درصد ازدیاد طول برحسب درصدهای مختلف لاستیک نیتریل در آمیخته.

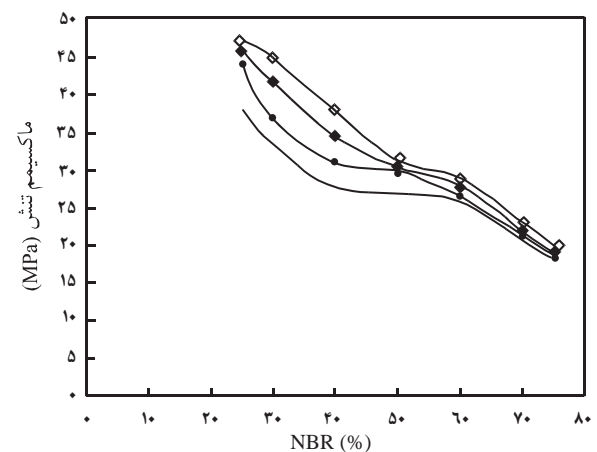
استحکام کششی (MPa)		ازدیاد طول (%)		مشخصات آمیخته
SAN5	SAN10	SAN5	SAN10	
۵۸/۹۸		۲۸/۱۲		POM
۴۵/۸۶	۴۷/۲۹	۴۸/۹۷	۵۳/۷۶	CdvPN25
۴۱/۶۷	۴۴/۸	۵۲/۳۱	۷۰/۳۴	CdvPN30
۳۴/۴۵	۳۷/۷۷	۶۶/۷۳	۷۲/۸۷	CdvPN40
۳۰/۳۴	۳۱/۲۶	۱۳۴/۷۴	۱۳۹/۸۷	CdvPN50
۲۷/۸۵	۲۸/۸۳	۱۴۹/۱۲	۱۵۲/۳۷	CdvPN60
۲۱/۸۲	۲۲/۹۷	۱۵۲/۲۴	۱۵۵/۲۴	CdvPN70
۱۹/۵۸	۱۹/۹۷	۱۶۷/۳۸	۱۶۹/۲۵	CdvPN75
۱۸/۰۸		۶۳۵/۸۰		CdNBR



شکل ۶ - تغییرات درصد ازدیاد طول برحسب درصدهای مختلف لاستیک نیتریل در آمیخته‌های CdvPN: SAN5(◇), SAN10(●), SBS5(◆) و SBS10(○).

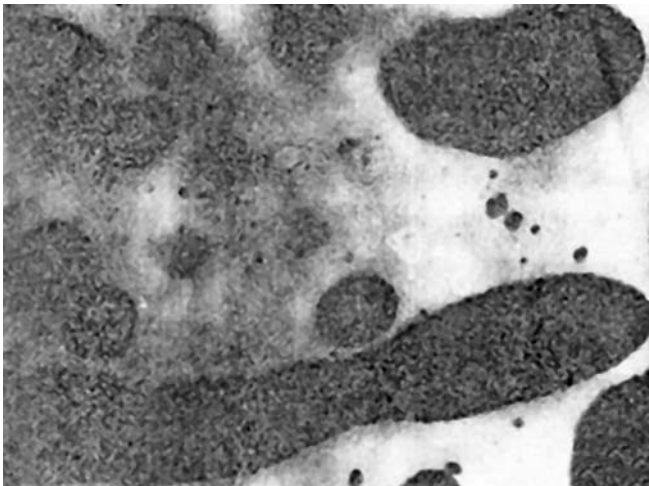
پخت در داخل اکسترودر است.

شکل ۶ نشان می‌دهد که درصد ازدیاد طول ایجاد شده در نمونه‌های پخت شده و سازگار شده از نمونه‌های سازگار شده مجموعه دوم بیشتر است. همچنین، در نقاط ابتدایی هر ۴ منحنی اختلاف درصد ازدیاد طول ایجاد شده بسیار زیاد است. اما، با افزایش درصد لاستیک پخت شده در نقاط انتهایی ملاحظه می‌شود که درصدهای ازدیاد طول تقریباً برابرند. این امر نشان می‌دهد که درصد ازدیاد طول بشدت تحت تأثیر لاستیک نیتریل پخت شده است و با افزایش لاستیک پخت شده بین ۴۰ تا ۵۰ درصد وزنی درصد ازدیاد طول افزایش شدیدی نشان می‌دهد. در این درصد لاستیک نیتریل پخت شده از حالت پرکننده

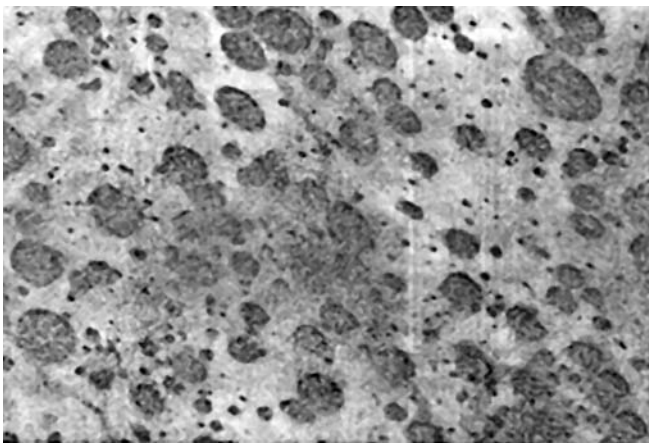


شکل ۷ - تغییرات استحکام کششی برحسب درصدهای مختلف لاستیک نیتریل در آمیخته‌های CdvPN: SAN5(■), SAN10(□), SBS10(○) و SBS5(●).

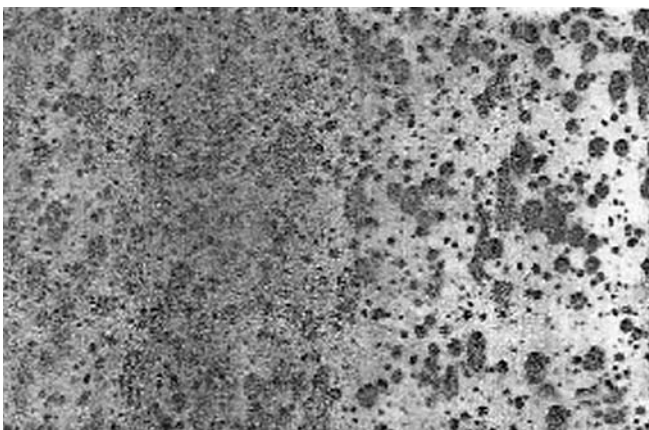




(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱۰ - عکس‌های SEM از سطح برش آمیخته‌های پلی استال / لاستیک نیتریل: (الف) بدون پخت و سازگارکننده (PN5۰)، (ب) پخت شده با گوگرد و بازدارنده و سازگار شده با کوپلیمر SBS (CdvPN5۰SBS۱۰) و (ج) پخت شده با گوگرد و بازدارنده و سازگار شده با کوپلیمر SAN (CdvPN5۰SAN۱۰).

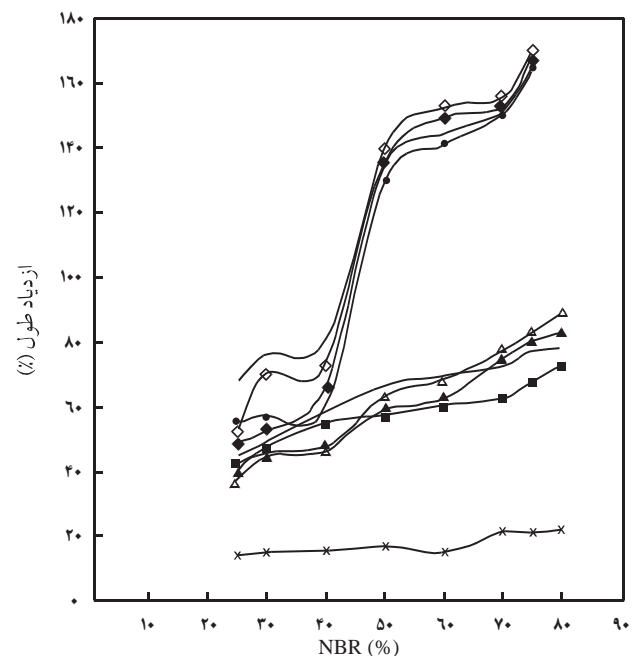
مشخص می‌کند. روند تغییرات در این حالت شبیه به تغییرات ارائه شده در شکل ۸ است.

شکل ۷ نشان می‌دهد که استحکام کششی ایجاد شده در نمونه‌های پخت شده و سازگار شده از نمونه‌های سازگار شده مجموعه دوم بیشتر است. همچنین، در نقاط ابتدایی نمودار اختلاف در استحکام کششی در ۴ آمیخته زیاد است، در حالی که در نقاط انتهایی (۷۰ و ۷۵ درصد لاستیک نیتریل) تقریباً برابر است و نشان‌دهنده این واقعیت است که میزان استحکام کششی بشدت تحت تأثیر لاستیک نیتریل پخت شده است.

برای بررسی اثر پخت گوگردی روی آمیخته لاستیک نیتریل / پلی استال، نتایج مربوط به ۴ آمیخته پخت شده و سازگار شده با ۵ و ۱۰ درصد وزنی از دو سازگارکننده SAN و SBS و ۴ آمیخته سازگار شده با ۵ و ۱۰ درصد وزنی از دو سازگارکننده و همچنین آمیخته لاستیک نیتریل / پلی استال به صورت خالص در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.

### شکل‌شناسی

در شکل ۱۰ عکس‌های SEM آمیخته پلی استال / لاستیک نیتریل در حالت‌های مختلف ارائه شده است. شکل ۱۰ الف بدست آمده برای آمیخته بدون سازگارکننده و عامل پخت نشانگر این مطلب است که دو



شکل ۹ - تغییرات درصد ازدیاد طول برحسب درصد‌های مختلف لاستیک نیتریل در آمیخته‌های مختلف: CPN: (▲) SAN5، (Δ) SAN1۰، (●) SBS5، (■) SBS1۰، (□) CdvPN، (◆) SAN5، (◇) SAN1۰، (○) SBS1۰، (x) PN.

می توان سازگاری این دو پلیمر را بهبود داد. همچنین، پخت دینامیکی لاستیک نیتریل در حین فرایند نقش مؤثری در اصلاح خواص مکانیکی محصول نهایی دارد. آمیخته های سازگار شده و پخت شده از استحکام کششی و درصد ازدیاد طول بیشتری نسبت به آمیخته های دیگر برخوردارند. در آمیخته های سازگار شده و پخت شده در درصد های زیاد لاستیک، درصد ازدیاد طول و استحکام کششی آمیخته تحت تأثیر استحکام کششی و درصد ازدیاد طول لاستیک پخت شده است. از سازگارکننده های آزمایش شده، کوپلیمر SAN در مقایسه با کوپلیمر SBS سازگارکننده بهتری برای آمیخته پلی استال/لاستیک نیتریل است. این اثر را می توان به وجود عامل آکریلونیتریل در آن که باعث ایجاد سازگاری بین پلی استال و لاستیک نیتریل می شود، ربط داد. همچنین، در نمونه های پخت شده درصد ازدیاد طول بشدت تحت تأثیر لاستیک نیتریل پخت شده است و با افزایش لاستیک پخت شده بین ۴۰ تا ۵۰ درصد وزنی افزایش شدیدی در درصد ازدیاد طول ایجاد می شود. این امر نشان می دهد که در این درصد لاستیک نیتریل پخت شده از حالت پرکننده تقویتی خارج شده و به حالت ماتریس در آمیخته عمل می کند و تقویت لاستیک در حقیقت تقویت ماتریس است که با پخت لاستیک ماتریس تقویت می شود.

## مراجع

1. Kumar G., Neel N.R. and Akantan N.S., On the Compatibilization and Dynamic Vulcanization of Polyacetal / Ethylene Propylene-Diene Terpolymer Blend, *J. Appl. Polym. Sci.*, **52**, 483-490, 1994.
2. Moffett A.J. and Dekkers M. E., Compatibilized and Dynamically Vulcanized Thermoplastics Elastomer Blend of Poly(butylene Terephthalate) and Ethylene-Propylene-Diene Rubber, *Polym. Eng. Sci.*, **32**, 1-5, 1992.
3. De S.K., *Thermoplastic Elastomer from Rubber Plastics Blend*, Blackie, London, 112-131, 1990.
4. Folkes M.J. and Hope P.S., *Polymer Blend and Alloy*, Chapman, London, Chap.2, 1990.
5. Chiang W.Y. and Huang C.Y., Properties of Copolymer - Type Polyacetal/Ethylene-Propylene-Diene Terpolymer Blend, *J. Appl. Polym. Sci.*, **47**, 105-112, 1993.
6. Kumar G., Arindam M., Neelakantan N.R. and Subramanian N., Stress Relaxation Behavior of Polyacetal-Thermoplastic Polyurethane Elastomer Blend, *J. Appl. Polym. Sci.*, **50**, 2209-2216, 1993.
7. Famili N., Mehrabzadeh M. and Mortezaie M., On the Compatibilization and Dynamic Vulcanization of POM/NBR Blends, *Iran. Polym. J.*, **14**, 159-164, 2002.
8. Kumar G., Neel Akantan N.R. and Subramanian N., Mechanical Behavior of Polyacetal and Thermoplastic Polyurethane Elastomer Toughened Polyacetal, *Polym. Plast. Technol. Eng.*, **32**, 33-51, 1993.
9. Radhesh Kumar C., Georgy K.E. and Thomas S., Morphology and Mechanical Properties of Thermoplastic Elastomers from Nylon-Nitrile Rubber Blend, *J. Appl. Polym. Sci.*, **61**, 2383-2396, 1996.
10. Egawa Y., Imanishi S. and Matsumoto A., Solid-State <sup>13</sup>C NMR Study on Miscibility of Polyoxymethylene/Terpenephenol Blend, *Polymer*, **37**, 5569-5575, 1996.
11. Horrión J., Cartasegna S. and Agarwal P.K., Morphology Thermal and Mechanical Properties of Polyacetal/Ionomer Blend, *Polym. Eng. Sci.*, **36**, 2061-2068, 1996.

## نتیجه گیری

آمیخته پلی استال و لاستیک نیتریل دارای خواص مکانیکی مناسب از جمله استحکام کششی زیاد، درصد ازدیاد طول مناسب و مقاومت سایشی زیاد هستند. پلیمرهای پلی استال و لاستیک نیتریل در آمیخته سازی بطور خاص ناسازگارند و از معادلات خطی انحراف دارند. در این گزارش ثابت شده است که با استفاده از سازگارکننده



12. Utracki L.A., *Polymer Alloys and Blend*, Hanser, New York, Chap.3, 1989.
13. George J., Joseph R., Thomas S. and Varughese K.T., High

Density Polyethylene / Acrylonitrile Butadiene Rubber Blend : Morphology, Mechanical Properties and Compatibilization, *J. Appl. Polym. Sci.*, **57**, 449-465, 1995.