



نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران
۳-۵ آذر، ماه ۱۳۸۳

مطالعه چگونگی توزیع دوده در آلیاژ NR/SBR و تأثیر آن بر خواص آلیاژ (تأثیر پارامترهای فرآیندی)

غلامرضا بخشنده^x، مجتبی ابطحی، آرش فرحمندینیا
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران پژوهشکده فرآیند گروه لاستیک
تهران صندوق پستی: ۱۴۹۶۵/۱۱۵

چکیده

توزیع دوده در آلیاژهای لاستیکی، اثرات مهمی را در خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژ برجا می‌گذارد به نحوی که در صورت توزیع نامناسب دوده، خواص مورد نظر در آمیزه‌های لاستیکی طراحی شده قابل دستیابی نخواهد بود و حتماً شاهد بروز یکسری نواقص در آمیزه خواهیم بود. در این مقاله پارامترهای فرآیندی (دور روتورها، درجه حرارت شروع اختلاط، تغییرات fill factor، زمان اختلاط، ترتیب اختلاط و...) بررسی شده‌اند و سعی شده است که با بهینه کردن شرایط ممکنه برای اختلاط از توزیع نامناسب دوده در آمیزه‌های لاستیکی (NR/SBR) و مضرات ناشی از آن جلوگیری بعمل آید.

کلمات کلیدی: دوده، آلیاژ، NR/SBR، الاستومر، توزیع دوده

مقدمه

مسئله توزیع (distribution) دوده بین دو فاز مجزا در یک آلیاژ مسأله‌ای بسیار پیچیده می‌باشد. برای آلیاژهای الاستومری که فازهای آنها از نظر غیراشباع بودن، قطبیت، بلورینگی، ویسکوزیته و... باهم متفاوتند، اگر بخواهیم به یک مقدار بهینه از توزیع دوده در محصول نهایی دست یابیم، پیچیدگیها رو به فزونی می‌گذارند (۱-۳). به طور کلی تفاوت‌های توزیع دوده در آلیاژهای مختلف پلیمر را به دلایل زیر نسبت داده اند:

- فاکتورهای ترمودینامیکی (روابط مابین تنشهای سطحی مرزی مابین پلیمر پرکننده (γ_{pf}) و پلیمر - پلیمر (γ_{pp}) (۴).
- فاکتورهای سینتیکی (روابط مابین ویسکوزیته‌های اجزای پلیمری) (۵).
- فاکتورهای فرآیندی (مانند روش ورود پرکننده به ماتریس پلیمری که می‌تواند بر دو فاکتور قبلی نیز تأثیر گذار باشد (۶ و ۷)).

محققان توسط روشهای مختلفی نظیر تورم تفاضلی (differential swelling)، تجزیه تفاضلی (differential pyrolysis)، DSC، NMR، اسپکتروسکوپی و میکروسکوپی نوری و الکترونی، مطالعاتی را جهت درک تفاوت بین فازها انجام دادند (۸-۱۱). اما هیچ یک از این موارد جهت بدست آوردن توزیع دوده به صورت کمی با دقت بالا، کارآیی لازم را نداشتند اما بهترین روش بدست آوردن توزیع دوده در یک آلیاژ به صورت کمی، روش mechanical damping studies (مطالعات میرایی مکانیکی) شناخته شده است. که در آن از نسبت G''/G' به G''/G' که همان loss factor (فاکتور اتلاف) است استفاده می‌شود (۱۲).

در این روش از خواص مکانیکی damping (میرایی) برای بدست آوردن توزیع دوده استفاده می‌شود (۱۳) خواص دینامیکی یک ماتریس رابری تا حد زیادی متأثر از اضافه کردن فیلر و یا دوده است. در آلیاژها مهاجرت ترجیحی فیلر به یک فاز، شدیداً برخواص دینامیکی آلیاژ تأثیر می‌گذارد و با مطالعه تغییرات پیک مربوط به damping پلیمر ($\tan\delta$)، توزیع دوده به طور کمی اندازه گیری می‌شود. اضافه کردن فیلر به ماتریس رابر، مقدار پیک مربوط به $\tan\delta$ را که به آن $\tan\delta(\max)$ گفته می‌شود، کاهش می‌دهد (در نمودار $\tan\delta$) برحسب دما انتظار می‌رود که این کاهش به مقدار Loading (بارگذاری) فیلر و نوع ماتریس (پلیمر) وابسته باشد). در یک آلیاژ نسبت فیلر به پلیمر در دو فاز به دلیل مهاجرت ترجیحی فیلر از یک فاز به فاز دیگر متفاوت است. این اثر کاهش $\tan\delta(\max)$ ما را قادر می‌سازد که توزیع دوده را در دو فاز محاسبه کنیم. برای این منظور ترم R به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$R = \frac{(\tan\delta_g)_{\max} - (\tan\delta_f)_{\max}}{(\tan\delta_g)_{\max}}$$

به طوری که اندیسه‌های g و f به ترتیب نمایانگر سیستمهای بدون فیلر و فیلردار هستند. مقدار $(\tan\delta)_{\max}$ مستقیماً از آزمایش (DMTA) بدست می‌آید. ترم R را می‌توان توسط رابطه زیر به یا جزء وزنی filler/polymer ربط داد:

$$R = \alpha \omega \quad (۲)$$

که در آن α نشاندهنده پارامتر تأثیر متقابل پلیمر به فیلر است. با توجه به معادله بالا برای سیستمهای یک جزئی و آلیاژی معادلات زیر به طور جداگانه حاصل می‌شود:

$$R_2 = \alpha_2 \omega_2 \quad (۴) \quad R_1 = \alpha_1 \omega_1 \quad (۳)$$

$$R'_2 = a'_2 w'_2 \quad (۶) \quad R'_1 = a'_1 w'_1 \quad (۵)$$

در این معادلات نشانه‌های ۱ و ۲ به معنی پلیمر ۱ و پلیمر ۲ است و شاخص () نشان‌دهنده سیستم‌های آلیاژی است. w'_1 و w'_2 به ترتیب جزء وزنی فیلر توزیع شده به کل پلیمر (در آلیاژ) در پلیمرهای ۱ و ۲ می‌باشند. بنابراین کل جزء وزنی فیلر یعنی ω در آلیاژ، برابر مجموع w'_1 و w'_2 است:

$$\omega = w'_1 + w'_2 \quad (۷)$$

حال با در نظر گرفتن $a_1/a_2 = a'_1/a'_2$ از معادلات ۳ تا ۶ خواهیم داشت:

$$\frac{w'_1}{w'_2} = \frac{R'_1 R_2}{R'_2 R_1} \quad (۸)$$

و از معادله‌های ۷ و ۸ داریم:

$$w'_1 = \frac{R'_1 R_2 w}{R'_1 R_2 + R'_2 R_1} \quad (۹)$$

اگر مقادیر w'_1 و w'_2 را در عدد ۱۰۰ ضرب کنیم مقادیر فیلر تجمع یافته در پلیمرهای ۱ و ۲ به صورت درصد بدست می‌آید. پس برای محاسبه توزیع فیلر در آلیاژهای امتزاج ناپذیر می‌توانیم از معادله ۹ استفاده کنیم. دانشمندان توسط روشهای ریاضی، کاربرد و صحت معادله (۹) را برای آلیاژهای دوتایی الاستومری immiscible (امتزاج ناپذیر) قویاً اثبات کرده‌اند.

فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی

در این تحقیق از یک دستگاه مخلوط کن داخلی آزمایشگاهی (HAKKE) جهت تهیه آمیزه‌ها استفاده شده است. به همین دلیل برای هر آمیزه باید وزن اجزاء آن در داخل بنبوری به صورت دقیق محاسبه شود که محاسبات آمیزه اول به عنوان نمونه در زیر آورده شده است. ابتدا فرمولاسیون آمیزه FN1 را به صورت زیر تهیه می‌کنیم:

	M	ρ	m/ρ
NR	100	0.92	108.7
Zno	5	5.57	0.897
St-acid	2	0.85	2.35
N330	0	1.8	0
S	2	2.07	0.96
CBS	1.8	1.18	1.52
TMQ	2	1.1	1.8

$$\sum m/r = 116.227 \quad \sum m = 112.8$$

$$\sum r = \sum m \div \sum m/r = \frac{112.8}{116.227} = 0.97$$

$$V \times \sum r \times f = M = \text{وزن ماده در بنبوری}$$

درفرمول بالا f عبارت است از مقدار fill factor که در این جا برابر 0.7 در نظر گرفته شده است و V عبارت است از حجم بنبوری که مقداری ثابت و برابر 70 cm^3 است پس خواهیم داشت: $M=70 \times 0.7 \times 0.97=47/53$ پس وزن تک تک اجزاء آمیزه FN1 به صورتی که ذکر شد، بدست می آید:

ماده	NR	ZnO	St-acid	S	CBS	TMQ
وزن	۴۲،۱۳۶	۲،۱	۰،۸۴	۰،۸۴	۰،۷۵۸	۰،۸۴

اجزاء توسط بنبوری HAKKE با هم مخلوط شدند. سپس مانند مراحل قبل وزن اجزاء آمیزه FN4 محاسبه شد. اجزاء این آمیزه مانند آمیزه FN1 است. با این تفاوت که میزان بارگذاری دوده در آمیزه FN4، برابر 40 phr است. سپس برای SBR هم مانند NR همین مراحل صورت گرفت. به طوری که مثلاً آمیزه FS1 مشابه آمیزه FN1 است با این فرق که در آن به جای NR، از SBR استفاده شده است و الی آخر. سپس آمیزه FS4 با بارگذاری 40 phr دوده تهیه شد. همچنین آمیزه FBN1S1 تهیه شد در تمامی این آمیزه ها دور روتورهای بنبوری 60 rpm و درجه حرارت شروع اختلاط 60°C بود. این آمیزه همان آلیاژ NR/SBR بدون دوده است که محاسبات وزن اجزاء و اختلاط آن مانند آمیزه های قبلی انجام شد. $(\text{NR/SBR}=50/50)$. سپس توسط دستگاه DMTA در شرایط فرکانس 1 Hz از تمامی نمونه ها گراف تهیه شد. حال با مراجعه به قسمت تئوری روش studies Mechanical damping و با توجه به داده های بدست آمده از طیف های DMTA می توان محاسبات را به صورت زیر انجام داد (مطابق شکل ۱).

$$(Tand_g)_{\max} = 2.1872 \quad (\text{برای آمیزه FN1})$$

حال قرارداد می کنیم که برای NR از اندیس ۱ و برای SBR از اندیس ۲ استفاده کنیم. به همین ترتیب برای بارگذاری 40 phr دوده می توان نوشت (مطابق شکل ۲):

$$R_1(40) = \frac{2.1872 - 1.0911}{2.1872} = 0.5011$$

عیناً همین اعمال بالا برای پلیمر SBR به صورت زیر انجام شد (مطابق شکل ۳):

$$(\tan d_g)_{\max} = 1.5685$$

به همین ترتیب برای بارگذاری 40 phr دوده می توان نوشت (مطابق شکل ۴):

$$R_2(40) = \frac{1.5685 - 0.8871}{1.5685} = 0.4344$$

از آنجایی که در شرایط صنعت و کارخانه ای معمولاً از 40 phr دوده استفاده می شد لذا در این مقاله این مقدار به عنوان مقدار دوده موجود در آمیزه ها انتخاب شده است و تمامی آزمایشات این مقدار دوده را شامل می شوند. حال که ثوابت R_1 و R_2 برای 40 phr دوده بدست آمدند توسط فرمول ۹ قادر خواهیم بود که جزء وزنی فیلر در هر جزء آلیاژ را محاسبه کنیم. مقادیر R_1 و R_2 هنگامی که بارگذاری دوده برابر با 40 phr باشد عبارتند از:

$$R_2 = 0.4344 \text{ و } R_1 = 0.5011$$

مقادیر R'_1 و R'_2 برای هر آمیزه توسط نمودار DMTA مربوطه همان آمیزه بدست می آیند.

$$R' = \frac{(\tan d_g)'_{\max} - (\tan d_f)'_{\max}}{(\tan d_g)'_{\max}}$$

که در آن g و f به ترتیب نماینده سیستمهای بدون فیلر و فیلردار هستند در شکل ۵ که مربوط به آلیاژ NR/SBR بدون فیلر است مقادیر زیر بدست آمده‌اند:

$$(\tan d_g)'_{1\max} = 0.5822 \quad \text{برای پلیمر NR در آلیاژ بدون فیلر}$$

$$(\tan d_g)'_{2\max} = 1.2946 \quad \text{برای پلیمر SBR در آلیاژ بدون فیلر}$$

همانطور که قبلاً اشاره شد با بدست آوردن مقادیر $(\tan d_f)'_{1\max}$ و $(\tan d_f)'_{2\max}$ از گراف DMTA مربوط به هر آمیزه مقادیر w'_1 و w'_2 بدست می‌آیند.

پخت کلیه آمیزه‌ها در شرایط یکسان در دمای 165°C و تحت فشار ۵ (MPa) انجام شد. زمان پخت برای تمامی نمونه‌ها توسط دستگاه رثومتر Zwick محاسبه شد و جهت اینکه تمامی شرایط یکسان باشد. کلیه نمونه‌ها توسط قالبی به ابعاد $35 \times 12 \times 1/8 \text{ mm}^3$ پخت شده و به قسمت آنالیز حرارتی جهت تست DMTA فرستاده شدند.

نتایج و بحث

دوده را به روشهای متعددی در آلیاژها می‌توان توزیع کرد: در این قسمت نتایج چند روش به شرح زیر آورده شده است.

روش اول Mixing (فرمول FM_1)

در این روش به این صورت عمل شد که ابتدا پلیمر NR و SBR توأم درون بنبوری قرار گرفتند (شرایط عملکرد بنبوری برای تمامی آمیزه‌ها به صورت دور روتورها = ۶۰ rpm و درجه حرارت شروع اختلاط = 60°C منظور گردید). سپس بعد از مدت زمان ۲ دقیقه دوده اضافه شد (۴۰ phr) و در این حالت عمل اختلاط ۳ دقیقه دیگر انجام گرفت و بعد سایر افزودنی‌ها اضافه شدند و بعد از مدت ۳ دقیقه عمل اختلاط متوقف شد. یعنی کل زمان اختلاط برابر ۸ دقیقه بود. در این حالت توزیع دوده در فازهای آلیاژ NR/SBR به صورت زیر محاسبه شد:

$$NR \text{ در فاز} = w'_1 = 22/95\%$$

$$SBR \text{ در فاز} = w'_2 = 77/05\%$$

همانگونه که انتظار می‌رفت مشاهده می‌شود که میزان Affinity پلیمر SBR با دوده به دلیل ساختمان خاص و شیمیایی آن به مراتب بیشتر از NR است.

روش دوم Mixing (فرمول FM₂)

در این روش ابتدا SBR با تمام دوده به طور کامل مخلوط شد. سپس این آمیزه با NR ترکیب و به مدت ۵ دقیقه عمل اختلاط انجام شد و پس از آن افزودنی ها اضافه شدند و سه دقیقه دیگر عمل اختلاط صورت گرفت و سپس متوقف شد. نتایج محاسبات این روش به صورت زیر است:

$$\text{NR فاز در دوده درصد} = w'_1 = 19/9\%$$

$$\text{SBR فاز در دوده درصد} = w'_2 = 80/1\%$$

روش سوم Mixing (فرمول FM₃)

این روش عیناً عکس روش دوم است، یعنی به جای SBR، ابتدا NR با تمام دوده مخلوط شدند و بعد این آمیزه با NR و سایر افزودنی ها مخلوط شد (به همان صورت روش دوم). در این حالت نتایج محاسبات به شرح زیر است:

$$\text{NR فاز در دوده درصد} = w'_1 = 31/7\%$$

$$\text{SBR فاز در دوده درصد} = w'_2 = 68/3\%$$

روش چهارم Mixing (فرمول FM₄)

در این روش ابتدا NR و SBR به مدت ۸ دقیقه با هم مخلوط شدند و سپس دوده به آن اضافه شد (یعنی زمان Mastication چهار برابر روش اول بود) و مراحل روشهای قبل عمل اختلاط ادامه یافت. نتایج حاصل از محاسبات به شرح زیر است:

$$\text{NR فاز در دوده درصد} = w'_1 = 22/84\%$$

$$\text{SBR فاز در دوده درصد} = w'_2 = 77/16\%$$

روش پنجم Mixing (فرمول FM₅)

در این روش ابتدا نیمی از دوده با NR (مستربج H1) و نیم دیگر آن با SBR (مستربج H2) به مدت ۲ دقیقه به طور جداگانه مخلوط شدند. سپس بعد از اینکه H1 و H2 با هم به مدت ۵ دقیقه درون بنبوری ترکیب شدند. سایر افزودنی ها اضافه شدند و بعد از ۳ دقیقه عمل اختلاط متوقف شد. در این حالت نتایج حاصل از محاسبات به صورت زیر بدست آمد:

$$\text{NR فاز در دوده درصد} = w'_1 = 25/79\%$$

$$\text{SBR فاز در دوده درصد} = w'_2 = 74/21\%$$

با در نظر گرفتن نتایج بدست آمده از پنج روش مختلف اختلاط معلوم می شود که روشهای دوم و سوم، نسبت به سایر روشها، میزان توزیع دوده را بیشتر دستخوش تغییر قرار داده اند.

تغییرات مقدار Fill Factor و اثرات آن بر توزیع دوده در فازهای آلیاژ NR/SBR

برای آمیزه‌هایی که در قسمت بررسی اثر روشهای اختلاط تهیه شدند، مقدار fill factor بنبوری برابر ۰/۷ اختیار شد. در این قسمت هدف تغییر دادن مقدار fill factor از ۰/۶ تا ۰/۸ است. لازم به ذکر است که روش اختلاط آمیزه‌ها، بعد از این همگی مطابق روش اول اختلاط (آمیزه FM1) است. اگر میزان Fill Factor برابر ۰/۶ باشد خواهیم داشت:

Fill factor	۰،۶	۰،۷	۰،۷۵	۰،۸
w'_1	۲۲/۳۱	۲۲/۶۲	۲۲/۲۵	۲۲/۲۷
w'_2	۷۷/۶۸	۷۷/۳۸	۷۷/۷۵	۷۷/۷۳

با توجه به مقادیر بدست آمده معلوم می‌شود که با تغییر مقدار Fill Factor، اثر قابل ملاحظه‌ای بر توزیع دوده در فازهای آلیاژ مشاهده نمی‌شود و به عبارت دیگر تغییرات Fill Factor (در دامنه ۰/۸ تا ۰/۶ که توجیه صنعتی دارد). بر روی توزیع دوده بی‌تأثیر است.

تغییرات درجه حرارت شروع اختلاط و اثرات آن بر توزیع دوده در فازهای آلیاژ NR/SBR

برای این منظور در درجه حرارت‌های مختلف آمیزه‌هایی تهیه شدند و از دامنه ۴۰°C تا ۱۰۰°C تغییرات اعمال شد و نتایج زیر بدست آمد:

دما	۴۰	۵۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
w'_1	۲۲/۳۱	۲۱/۲۸	۲۲/۷۷	۲۲/۴۱	۲۲/۳۲
w'_2	۷۷/۳۵	۷۸/۷۲	۷۷/۲۳	۷۷/۷۹	۷۷/۶۸

مشاهده می‌شود که تغییرات درجه حرارت شروع اختلاط اثر محسوسی بر توزیع دوده در فازهای آلیاژ ندارد. در قسمت بعد زمان اختلاط و اثر آن بر روی توزیع دوده در فازهای آلیاژ NR/SBR بررسی می‌شود.

زمان اختلاط و اثر آن بر توزیع دوده در فازهای آلیاژ NR/SBR

در این قسمت زمان اختلاط (mixing time) آمیزه‌ها از ۶ تا ۳۰ دقیقه بررسی شدند و نتایج زیر بدست آمد.

Mixing time	w'_1	w'_2
۶	۲۸،۱۷	۷۱،۸۳
۸	۲۲،۷۳	۷۷،۲۷
۱۰	۲۳،۰۷	۷۶،۹۳
۱۲	۲۳،۲۲	۷۶،۷۸
۱۶	۲۲،۹۸	۷۷،۰۲
۳۰	۲۷،۸۴	۷۲،۱۶

با توجه به مقادیر بدست آمده مشاهده می‌شود هنگامیکه زمان اختلاط آمیزه کمترین حد خود یعنی ۶ دقیقه است، نسبت به سایر آمیزه‌ها، درصد بیشتری از دوده در فاز NR قرار گرفته است (۲۸/۱۷٪) در حالیکه پس از اینکه زمان اختلاط از ۸ دقیقه گذشت و تا ۱۶ دقیقه ادامه یافت تغییر محسوسی در توزیع دوده در فازهای آلیاژ مشاهده نشد. این مطلب را می‌توان بدین صورت توجیه کرد که بعد از زمان ۸ دقیقه که فاز SBR بیشترین مقدار دوده را در خود قبول می‌کند، این فاز با این مقدار دوده تقریباً اشباع شده و با اضافه کردن زمان اختلاط تنها انتقال دوده مرتباً از فاز SBR به NR و بالعکس صورت می‌گیرد. اما در ۳۰ دقیقه این روند به هم می‌ریزد که شاید به خاطر تخریب زنجیره‌های پلیمرها باشد.

تأثیر تغییرات سرعت روتورهای بنبوری بر توزیع دوده در فازهای آلیاژ

در این قسمت سرعت روتورهای بنبوری به ترتیب از ۴۰ rpm تا ۱۰۰ rpm تغییر کردند نتایج به دست آمده به شرح زیر است:

دور	۴۰	۶۰	۷۰	۸۰	۱۰۰
W'_1	۲۸.۷۱	۲۲.۸۵	۲۱.۹۳	۲۴.۰۴	۳۱.۸۴
W'_2	۷۱.۲۹	۷۷.۱۵	۷۸.۰۷	۷۵.۹۶	۶۸.۱۶

هنگامی که دور روتورها کم و در حدود ۴۰ rpm است فاز NR، ۲۸/۱۷٪ دوده را شامل می‌شود و به تدریج با اضافه شدن سرعت روتورها تا ۶۰ rpm و ۷۰ این مقدار کاهش یافته از ۸۰ rpm مجدداً شروع به افزایش کرده و در ۱۰۰ rpm به بالاترین میزان خود می‌رسد. این مطلب را می‌توان بدین صورت توجیه کرد که هنگامی که سرعت روتورها کم است در مقایسه با سرعتهای بعدی، ذرات دوده در کل کمتر متحمل shear (برش) شده و disagglomeration ضعیفتری داریم. از آنجایی که affinity پلیمر SBR با ذرات دوده نسبت به NR به مراتب بیشتری است. هنگامی که این مزیت مؤثرتر است که disagglomeration دوده‌ها کاملتر باشد چنانچه مشاهده می‌شود با افزایش دور روتورها به ۶۰ rpm و ۷۰ و کاملتر شدن disagglomeration درصد دوده در فاز SBR افزایش می‌یابد اما این روند تا وقتی ادامه دارد که mastication به ساختار مولکولی پلیمر آسیب نرسانده و آنرا دگرگون نسازد، کما اینکه مشاهده می‌شود در سرعتهای بالاتر یعنی ۸۰ و ۱۰۰ rpm، درصد دوده در فاز SBR رو به کاهش می‌گذارد. زیرا علت affinity کمتر دوده با NR (در مقایسه با SBR) به دلیل ساختمان شیمیایی و ممانعت فضایی موجود در آن است.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده ثابت شد که میزان affinity دوده با پلیمر SBR به مراتب بیشتر از NR است و البته ثابت شده است که در مورد این نوع آلیاژ (NR/SBR) امتزاج ناپذیر وزن مولکولی پلیمر اثری بر میزان affinity دوده با پلیمر ندارد.

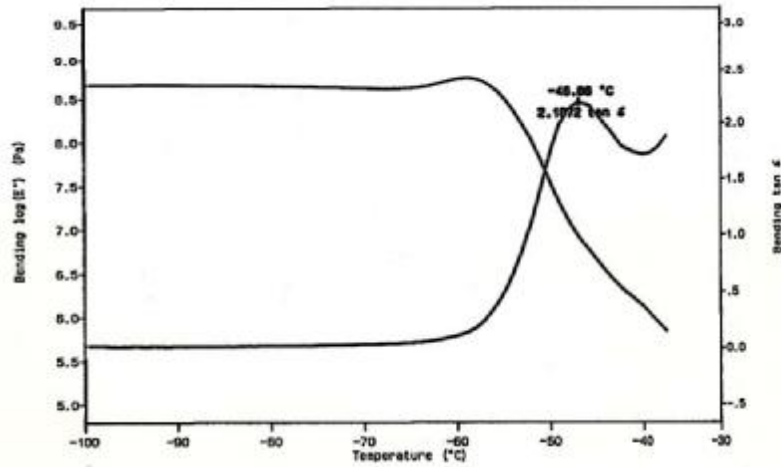
دلیل اصلی affinity شدید دوده با SBR به دلیل ماهیت ساختمانی SBR و وجود باندهای دوگانه در آن است. (درجه اشباع بودن) این فرض این تصور را به وجود می آورد که پس در NR باید برهمکنش بین پلیمر و دوده در محل باندهای دوگانه برجسته تر باشد. اما عملاً این چنین نیست و چنین روندی مشاهده نمی شود. طبیعی است چنانچه چند پیوند دوگانه مجاور یک پلیمر با سطح دوده برهمکنش داشته باشد، قدرت اتصال (attachment) افزایش می یابد. اما متأسفانه در NR پیوندهای دوگانه برای هم ممانعت فضایی به وجود می آورند. به گونه ای که امکان اینکه دو پیوند دوگانه مجاور به طور همزمان به سطح دوده نزدیک شوند وجود ندارد و این امر منجر به تضعیف قدرت این اتصالات می گردد و میزان affinity پلیمر NR با دوده را کاهش می دهد. در حالیکه در پلیمر SBR به علت وجود نداشتن این ممانعت فضایی، باندهای دوگانه به راحتی می توانند با سطح دوده اتصالات قوی برقرار کنند.

اما در مورد اثرات پارامترهای فرآیندی طبق نتایج بدست آمده مشخص شده است که روشهای مختلف اختلاط، تاثیر قابل توجهی بر توزیع دوده دارد. این در حالی است که تغییر مقدار Fill factor (فاکتور پرکنندگی) و درجه حرارت شروع اختلاط، اثر محسوسی بر توزیع دوده نداشتند. در حالی که تغییر سرعت روتورهای بنبوری و زمان اختلاط نیز دارای اثری نوسانی بر توزیع دوده بودند، به نحوی که پس از رسیدن به حالت بهینه، اثری منفی داشتند.

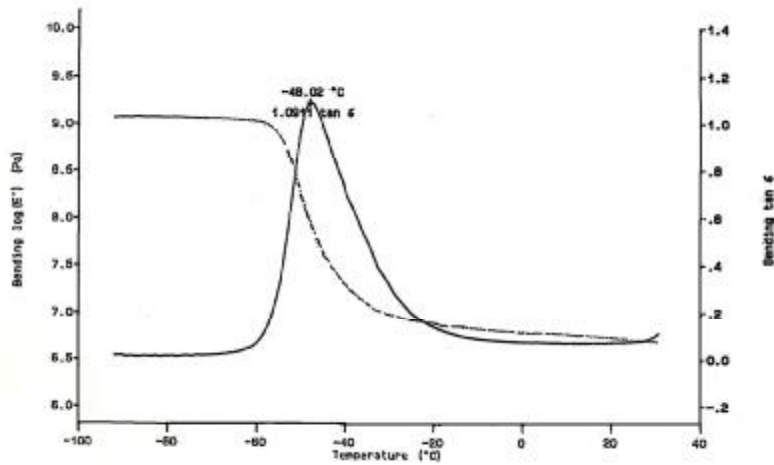
باتوجه به این مطلب و نتایج بدست آمده در این مقاله می توان در صنعت تایرسازی با بهینه سازی در شرایط فرآیندی به یک توزیع دوده مناسب در آمیزه NR/SBR دست یافت.

منابع و مراجع

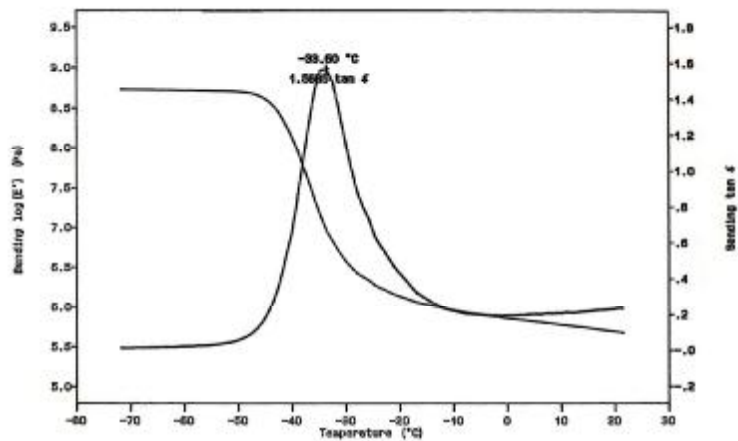
1. C.P. ofarrel and M.G Gerspaeher, H.Yang, Role of carbon black in polymer blends, presented at rubber division meeting of the ACS. November 2-7, (1992) (1-12).
2. George R. Cotton and Lauwrence J. Murphy, mixing of Carbon Black with Rubber VI. Analysis of NR/SBR blends, Based on a paper presented at a meeting of the rubber division, ACS, octover 6-9, 1987 vol 61 (609-618).
3. G.R. cotton, Influence of carbon black on processability of rubber stocks (I. Bound Rubber Formation). ACS May 6-9, 1975 bol 48 (542-557).
4. Revgen Mamunya, polymer blends filled with carbon black, structure and electrical properties, Macromol. Symp. 170, 257-264 (2001).
5. Gang Yu, Ming qiu zhang, Han Min zeng Yan Hui Hou, HAI Bo Z hang, Effect of filler treatment on temperature dependence of resistivity of carbon-black-filled polymer blends, Journal of Applied polymer science vol 73, 489-494 (1996).
6. K Cheah, GP simon and M forsyth, Effects of polymer matrix and processing on the conductivity of polymer blends polymer international 50, 27-36 (2001).
7. M. Bellander, B. Stenberg and S. Persson ,Effect of temperature and pressure on carbon black reinforcement, plastics, rubber and composites processing and application vol 27 No.8 1998 (369-372).
8. J.E. callan, W.M.Hess and C.E. Scott, Elastomer blends. Compatibility and relative response to fillers, RCT, (presented at a meeling of the division of rubber chemistry (ACS) April 29-May2, 1969 (814-837).
9. A.K. Sircar and T.G. Lamond., Carbon Black Transfer in Blends of cis-poly (Butadiene) with other elastomers,. Presented at a meeting of the Rubber division, (ACS) october 3-6, 1972 (172-191).
10. Peter A. Marsh, Andries voet and L.D. price, Electron microscopy of heterogeneous elastomer blends, presented at a meeting of (ACS) RCT September (14-16). 359-370 (1966).
11. Raymond C. Ferguson., Elucidation of polymer microstructure By high resolution NMR spectroscopy, kautschuk und Gummi kun ststoffe 18, (1965) 723-728.
12. Sudarsan maiti, S.K.Dedand Anil Bhowmick , Quantitative estimation of filler distribution In Immisible Rubber Blends By mechanical damping studies, RCT Vol 65, 10, (293-302) 1991.
13. Chakrit Sirisinha and Nootjaree prayooneh at phan ,A study of carbon black distribution and properties in BR/NBR Blends, polym-plast. Technol. Eng 40(4) 577-592 (2001).



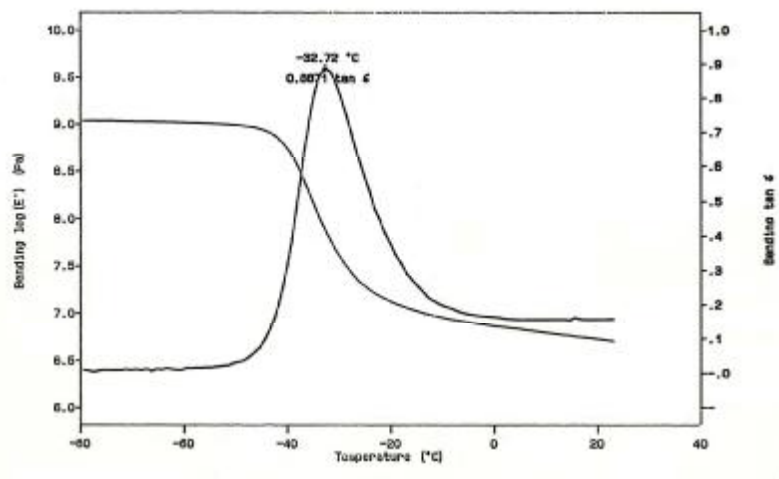
شکل ۱- آمیزه NR بدون دوده



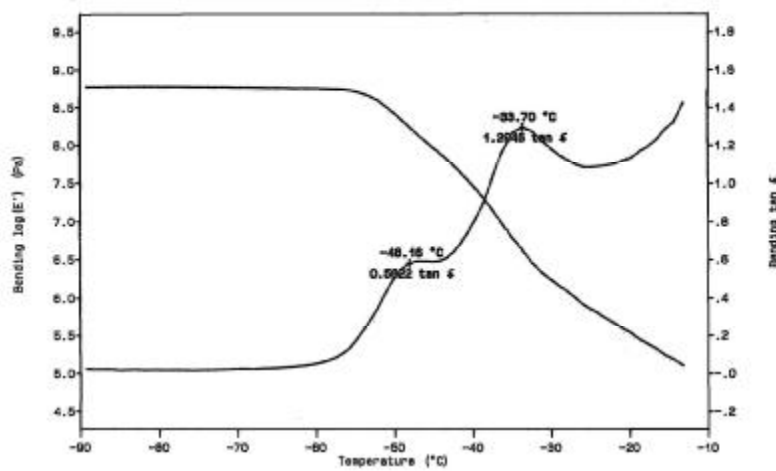
شکل ۲- آمیزه NR با (۴۰ phr) دوده



شکل ۳- آمیزه SBR بدون دوده



شکل ۴- آمیزه SBR با (۴۰ phr) دوده



شکل ۵- آلیاژ NR/SBR بدون دوده