

ارزیابی تجربی شکل هندسی جدید روتورها در مخلوط کن های مماسی

E

Experimental Evaluation of an Innovative Rotor Geometry on a Tangential Internal Mixer

چکیده:

به طور متداول بیشترین آمیزه های تایر با مخلوط کن های داخلی مماسی تولید شده اند. کیفیت تجهیزات اختلاط یک عامل بسیار مهم در فرآیند آمیزه می باشد و برای شرکت های تولید کننده، افزایش کیفیت و تولید به بهینه سازی پارامترهای فرآیند و ماشین آلات وابسته است. هدف از این تحقیق، طراحی شکل هندسی جدید و بهینه سازی شده به جای آزمایش های سنتی با استفاده از شبیه سازی عددی بود که یک آزمایش تاییدی در پایان از روتورهای جدید توسعه یافته انجام شده است. در این تحقیق، نتایج مطالعات تجربی بر روی مخلوط کن های داخلی GK50 UK بررسی و شکل هندسی روتور استاندارد قدیمی برای مخلوط کن های داخلی مماسی با شکل هندسی روتور جدید توسعه یافته مقایسه شده بود. کارایی اختلاط پراکنشی و توزیعی روتورها به عنوان مهم ترین عوامل برای دستیابی به یک فرآیند اختلاط مورد بحث قرار گرفته و علاوه بر این نتایج استانداردها و تست های پیشرفته بر روی فرآیند آمیزه کاری ارائه شده است.

واژه های کلیدی: روتور، پراکنش، توزیع، طیف رنگی، GK50 UK

نوع مقاله: ترجمه

رضا عابدی^{۱*}، سمراء نیکبخت سرداری^۲

۱- کارشناسی ارشد، کارشناس تکنولوژی شرکت لاستیک سبلان رازی، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد، کارشناس تکنولوژی شرکت لاستیک سبلان رازی، تهران، ایران

ایمیل نویسندگان و عهده دار مکاتبات:

1- *abedi._reza@outlook.com

2- samra.nikbakht.s@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۱

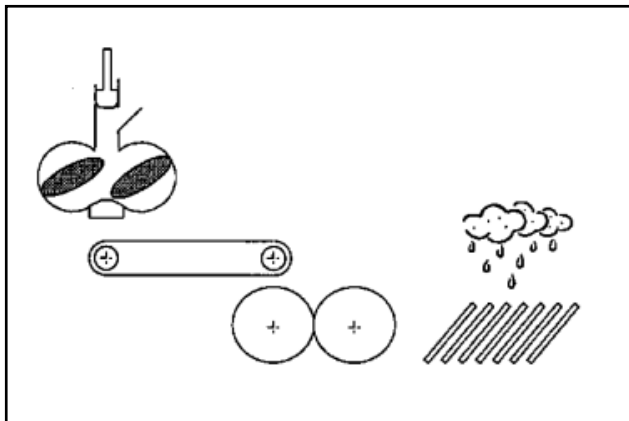
۱- مقدمه

هدف از این تحقیق توسعه یک شکل هندسی جدید، بهینه‌سازی و نوآوری شده از مخلوط‌کن‌های داخلی است. این تحولات به طور گسترده به وسیله شبیه‌سازی عددی و به عنوان یک روش نوین با "رویکرد خطا و آزمایشات" مقایسه شده است [۱]. روتورهای جدید توسعه یافته باید کارایی اختلاط پراکنشی را بهبود دهند و آن‌ها برای مخلوط‌کننده‌های داخلی مماسی طراحی شده‌اند. هر رویکردی که برای بهینه‌سازی انتخاب شده است، باید به عنوان یک توسعه جدید برای شکل هندسی روتور به صورت آزمایشی بر روی مخلوط‌کن داخلی موجود تایید شود که مهم‌ترین مساله انتخاب سائز مخلوط‌کن برای ارزیابی تجربی است. ساده‌ترین و کم‌ترین ارزیابی بر روی مقیاس آزمایشی (حدود ۳ لیتر) می‌باشد، در حالی که بهترین ارزیابی بر روی مخلوط‌کن‌های داخلی صنعتی است. در صنعت تایر، توان مصرفی مخلوط‌کن‌های داخلی و کارایی خط اختلاط به طور کلی به وسیله توسعه مخلوط‌کن‌های داخلی بزرگ انجام می‌شود. در حال حاضر مخلوط‌کن‌های داخلی مماسی معمولاً با حجم آزاد بالای ۲۰۰ لیتر در تولید استفاده می‌شوند. متأسفانه توقف خط تولید برای توسعه به راحتی امکان پذیر نیست. در شروع تحقیق، برای انجام ارزیابی تجربی از یک روتور کوچک با شکل هندسی جدید استفاده شد، اما مخلوط‌کن سائز صنعتی ارزان قیمت برای انجام این پروژه به عنوان مخلوط‌کن مقیاس آزمایشی انتخاب شده است. مخلوط‌کننده GK50 UK با حجم آزاد ۸۰ لیتر در مرکز تحقیقات میشلن برای آمیزه‌کاری در مقیاس صنعتی انتخاب شده بود. در چارچوب این تحقیق دو هدف اصلی به وسیله ارزیابی تجربی بررسی شده است.

اول: چندین آزمایش برای جمع آوری اطلاعات مرجع با روتور استاندارد قدیمی برای تایید مدل‌سازی عددی دوم: آزمایش‌هایی با روتور استاندارد قدیمی و جدید توسعه یافته برای ارزیابی تجربی دو اختلاط متفاوت پراکنشی و توزیعی با دونه‌های شکل هندسی روتور

۲- خط اختلاط

مخلوط‌کن مماسی GK50 UK، در مرکز تحقیقات میشلن اروپا در Ladoux فرانسه در اواخر دهه شصت به وسیله شرکت warner & pfeiderer نصب شده است. در ابتدا مخلوط‌کن، با روتور استاندارد قدیمی از شرکت warner & pfeiderer مجهز شده (شکل ۱) و برای آزمایش‌های مرجع انتخاب شده بود [۲]. در مخلوط‌کن‌ها سه ناحیه تنظیم‌کننده مستقل دمایی، یکی برای روتورها، یکی برای محفظه و دیگری برای درب تخلیه و رام پنوماتیکی موجود می‌باشد و دما می‌تواند از ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد به وسیله گردش آب تنظیم شود. در مخلوط‌کن یک دریچه اصلی با تسمه نقاله برای انتقال کائوچو و دیگر مواد و یک دریچه جدا هم برای دریافت پرکننده در پشت بدنه رام موجود می‌باشد.



شکل ۱- خط مخلوط‌کن GK50 UK

سیستم تزریق روغن، پیش‌گرم شده و محل تزریق در دیواره فوقانی محفظه روتور قرار گرفته است. تمام پارامترهای مخلوط‌کن مانند حرکت رام، سرعت روتور، تزریق روغن و باز شدن درب تخلیه به صورت دستی انجام می‌شود و انتقال آمیزه نیز دستی است. برای کنترل فرآیند، مخلوط‌کن‌های داخلی دارای یک سیستم اطلاعاتی با حداقل پنج حالت پایدار و جداگانه برای سرعت روتور، دمای

برای آزمایش‌های مختلف درمخلوط‌کن‌های GK50 UK روتورها تغییر داده شده‌اند و هیچ اصلاحی بر روی خط اختلاط یا بازسازی محفظه اختلاط انجام نشده است. بنابراین حجم آزاد بر روی مخلوط‌کن GK50 UK برای هر دو شکل هندسی روتور اندازه‌گیری می‌شود. با روتور استاندارد قدیمی حجم آزاد ۷۸ لیتر به‌دست می‌آید، درحالی‌که با روتور جدید حجم آزاد ۷۵٫۵ لیتر به‌دست آمده است. درمخلوط‌کن GK50 UK حدود ۳ درصد حجم آزاد در مقایسه با حالت مرجع از دست رفته است.

۳- ارزیابی تکنیک‌های فرآیند

درتجزیه و تحلیل فرآیند اختلاط مخلوط‌کن‌های داخلی، دوجنبه اصلی را باید درنظرگرفت. اختلاط پراکنشی به‌طور کلی همراه ذرات پرکننده و اختلاط توزیعی با دوحالت توزیع اجزا و توزیع دما انجام می‌شود [۴]. برای ارزیابی کارایی اختلاط پراکنشی و توزیعی مخلوط‌کن داخلی، مستقل از فرمول آمیزه، چندین آزمایش تعریف شده است. برخی آزمایش‌ها بر روی اندازه صنعتی کوچک مخلوط‌کن GK50 UK و برخی بر روی اندازه مخلوط‌کن آزمایشگاهی انجام شده است.

اول: آزمایش‌های طیف رنگی به‌منظور شناسایی مناطق مرده در محفظه اختلاط و کارایی اختلاط توزیعی روتورها ارزیابی شده است.

دوم: آزمایش‌های ایزوترمال برای پیدا کردن شرایط انرژی تعادل برای اختلاط انجام شده است و نشان می‌دهد که نیروی ورودی مشخص از روتورها به‌طورخاص استفاده می‌شود تا مدل شبیه‌سازی شده تایید شود.

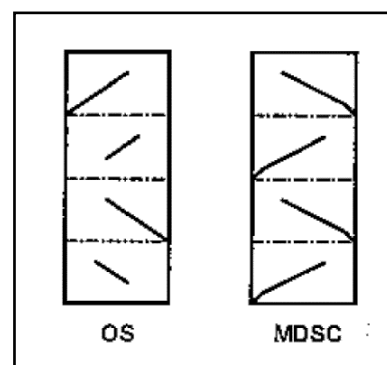
سوم: سینتیک و فرآیند اختلاط و پراکنش با روش وارونه برای اختلاط پراکنشی و توزیعی به‌وسیله اندازه‌گیری مونی و دانسیته، ارزیابی شده است.

چهارم: آزمایش‌هایی بر روی تخریب کائوچوی طبیعی انجام گرفته و نیروی ورودی از روتورها و ظرفیت تغییر شکل کائوچوی

محفظه، دمای اختلاط، نیروی ورودی و جابه‌جایی رام هستند. بعد از بازشدن درب تخلیه، آمیزه تهیه شده بر روی تسمه نقاله می‌افتد و بر روی میل‌های ورقه‌کننده (آسیاب غلتکی روباز) برای ورقه‌شدن و خنک‌کردن انتقال داده می‌شود (شکل ۱). درجه حرارت هر دو غلتک از غلتک‌های اختلاط را می‌توان مستقل از دما با گردش آب تنظیم کرد. کنترل دستی وزن آمیزه را هم می‌توان بعد از بازیابی مجدد آمیزه‌ها از غلتک‌های اختلاط انجام داد. یک سیستم سرمایش برای خنک کردن دمای محفظه اختلاط و یک سیستم خشک‌کن هوا (دمنده‌ها) فرایند خط را کامل می‌کند. این خط اختلاط کاملاً دستی است و مهم‌ترین تطبیق‌پذیری را برای اصلاح فرآیند در طول آزمایش‌ها در اختیار ما قرار می‌دهد.

۱-۲- شکل هندسی روتور

تفاوت بین روتور استاندارد قدیمی و جدید توسعه‌یافته را می‌توان در شکل ۲ مشاهده کرد. در هر دو روتور چهار لبه روتور برای اختلاط مماسی وجود دارد، اما، طول، جهت‌یافتگی و شکل لبه‌های بین روتور استاندارد قدیمی و جدید توسعه‌یافته متفاوت است [۳]. شکل هندسی روتور جدید توسعه‌یافته بیشتر در دو طرف دیواره محصور است و جریان جهت‌یافتگی اختلاط خیلی بیشتر از روتورهای قدیمی است. به‌طور متداول روتور استاندارد قدیمی برای تمام مراحل فرایند اختلاط (مستریج، میل اختلاط، فاینال) توسعه داده شده و روتور جدید به‌طورخاص برای اختلاط مستریج طراحی شده است.



شکل ۲- شکل هندسی روتورها

طبیعی تخمین زده شده است [۵].

مخلوط کن‌ها را مقایسه کرد. بچ به صورت ورقه‌ای برش داده شده، قالب‌گیری و پخت می‌شود. قالب‌های پخت شده سپس به تکه‌هایی برش داده شده و فوتوگراف‌های عددی از پخت این تکه‌ها تشکیل می‌شوند. در این مورد تصاویری از رنگ خاکستری به دست می‌آید که می‌تواند با نرم‌افزار مناسب، یک هیستوگرام از رنگ خاکستری که چگونگی تغییر در هیستوگرام از سفید تا خاکستری را نشان می‌دهد، آنالیز شود.

۳-۱-۲- فرمول‌ها

فرمول زیر برای تمام آزمایش‌های طیف رنگی آمیزه استفاده شده است (جدول ۱).

جدول ۱- آزمایش‌های طیف رنگی

مستریج سیلیکا سفید	۱۰۰ کسر جرمی
مستریج کربن سیاه	۱ کسر جرمی

مستریج سفید یک مخلوط بسیار سخت با ویسکوزیته مونی حدود ۱۲۰ ML 1+4 (100 C) برای مخلوط کردن مجدد انتخاب شده که بعد از اختلاط باید شکل پایدار داشته باشد. هدف در واقع ایجاد شرایط (مخلوط ویسکوزیته، ضریب پرشوندگی) و محدودیت اختلاط بود. در این حالت می‌توان از آزمایش‌های طیف رنگی نتیجه‌گیری کرد و روش‌هایی برای اختلاط صنعتی ارائه داد.

۳-۱-۳- روش کار اختلاط

مخلوط‌کن‌های آزمایشگاهی و GK50 UK با روش کار یکسان مورد توجه قرار گرفته‌اند. (جدول ۲)
یک مقدار کوچک (یک درصد جرمی) از مستریج‌های سیاه در حضور مستریج سفید، سیلیکای نرم شده پیش گرم شده تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد در مخلوط‌کن‌های داخلی گرم شد.

۳-۱-۳- آزمایش‌های طیف رنگی

چندین آزمایش طیف رنگی برای ارزیابی کارایی اختلاط توزیعی روتور استاندارد قدیمی درمقایسه با شکل هندسی روتور ZZ2 و شکل هندسی روتور جدید توسعه یافته انجام گرفته است. در شروع پروژه یک سری از آزمایش‌ها با همکاری بین شرکت‌های میشلن و TKEL بر روی تجهیزات آزمایشگاهی انجام شده است. شرکت میشلن آزمایش‌ها را بر روی مخلوط‌کن GK2N ۳/۴ لیتری با روتور قدیمی و شرکت TKEL بر روی مخلوط‌کن GK4 N با روتور ZZ2 انجام داده است و همچنین آزمایشات مشابه در این تحقیق با مخلوط‌کن GK4 N با مدل روتور جدید انجام گرفته است. در مخلوط‌کن GK50 UK آزمایش‌ها با روتور قدیمی به‌عنوان مرجع و همچنین با روتور جدید انجام گرفته است.

۳-۱-۱- اهداف آزمایشات

هدف کلی از آزمایش‌های طیف رنگی شناسایی مناطق مرده در مخلوط‌کن داخلی و ارزیابی کارایی اختلاط توزیعی بود. تعریف یک منطقه مرده شامل موادی است که قادر به شرکت در فرآیند اختلاط توزیعی و پراکنشی نیستند. در یک آزمایش در یک مخلوط‌کن، مستریج سفید محفظه را پر کرده و فقط مقدار اندکی مستریج سیاه اضافه شده است. اگر اختلاط کامل باشد در پایان چرخه اختلاط، بچ خاکستری خواهد بود. یک ناحیه مرده می‌تواند به آسانی بر روی بچ به عنوان نواحی سفید باقی‌مانده، شناسایی شود. کارایی اختلاط توزیعی با سینتیک طیف رنگی ارزیابی می‌شود و اختلاط در زمان‌های مختلف کاهش می‌یابد. در نمونه‌های برش داده شده از بچ، ارزیابی از رنگ اختلاط سیاه و سفید تا خاکستری، سفید و بیشتر خاکستری می‌تواند تخمین زده و بررسی شود. مقایسه بین شکل هندسی دو روتور به‌طور خاص به انتخاب نوع برش بستگی دارد. در مقیاس آزمایشگاهی می‌توان به راحتی این

(جدول ۳)

جدول ۳- آزمایش‌های ایزوترمال و سینتیک پراکنشی

۱۰۰ phr	محلول استایرن بوتادین رابر
۵۰ phr	دوده
۳ phr	اکسید روی
۲ phr	اسید استتاریک
۱ phr	آنتی اکسیدانت 6PPD

۳-۲-۳- روش کار اختلاط

روش کار اختلاط زیر برای آزمایش‌های ایزوترمال استفاده شده است (جدول ۴).

جدول ۴- روش کار اختلاط برای آزمایشات ایزوترمال

اقدامات	دما (سانتیگراد)	زمان (ثانیه)
همه مواد تشکیل دهنده در ۵۰ دور بر دقیقه		۰
کاهش سرعت تا ۵ دور بر دقیقه	۱۲۰	
افت دما		+۹۰

۳-۳- سینتیک پراکنش

۳-۳-۱- اهداف آزمایش

روش دیگر در مخلوط‌کن داخلی ارزیابی کارایی اختلاط پراکنشی روتورها به وسیله دوده استاندارد مخلوط شده در تکنیک اختلاط وارونه در زمان‌های مختلف است. همه مواد تشکیل دهنده که در یک مخلوط‌کن در زمان یکسان و بعد از تعداد دورهای متفاوت اختلاط کاهش یافته است به عنوان B.I.T^۱ (زمان تلفیق سیاه- لحظه‌ای که تمام پرکننده درآمیزه ترکیب می‌شود) [۶] تعریف خوبی برای مخلوط‌کن‌های صنعتی نیست. کاهش

جدول ۲- روش اختلاط برای آزمایش‌های طیف رنگی

اقدامات	دما (سانتیگراد)	زمان (ثانیه)
مستریج سفید رنگ		۰
مستریج سیاه رنگ پیش گرم شده	۱۰۰	
(افت دما از تغییر X)		

در طول آزمون اختلاط، دمای روتور و محفظه اختلاط بر روی ۳۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد و فشار رام نیز در ۷ بار برای مخلوط‌کن GK50 UK ثابت شد. سرعت روتور در طول نرم کردن مستریج سفید رنگ در ۵۰ دور بر دقیقه تنظیم و بعد از حضور مستریج سیاه به ۳۰ دور بر دقیقه کاهش یافت. در تجهیزات آزمایشگاهی می‌توان مخلوط‌کن داخلی را متوقف کرد و مخلوطی با حداقل تغییر شکل بدست آورد. در آزمایش بر روی روتور GK50 UK درب تخلیه بعد از تعدادی چرخش مشخص باز شده و انتقال بیج بر روی نوارنقاله و سپس انتقال آن بر روی میل‌های اختلاط بهبود یافت.

۳-۲- آزمایش‌های ایزوترمال

۳-۲-۱- اهداف آزمایش

هدف از آزمایش‌های ایزوترمال تعادل بین تغییرات انرژی حرارتی ایجاد شده به وسیله سطحی از محفظه اختلاط و انرژی مکانیکی گرفته شده از موتور است. بعد از بدست آوردن این تعادل، آزمایشات بر روی مخلوط‌کن GK50 UK با سرعت کم روتور انجام و مشاهده شد که دمای تعادل یک نتیجه مطلوب است. این شرایط ایزوترمال در این تحقیق، برای تنظیم شرایط مدل‌سازی عددی استفاده شده و واضح است این نوع تعادل به حجم مخلوط‌کن بستگی دارد. تعادل، در مخلوط‌کن‌های صنعتی نسبت به سایر مخلوط‌کننده‌های آزمایشگاهی خیلی سخت به دست می‌آید.

۳-۲-۲- فرمول‌ها

فرمول‌های زیر برای آزمایش‌های ایزوترمال استفاده شده است

1. Black incorporation time-the moment when the whole filler is incorporated into the rubber

ارزیابی به وسیله جستجوی یک لایه نازک کائوچوی طبیعی نرم نشده^۲ انجام شده که این لایه نازک به وسیله یکبار عبور از میل‌های اختلاط (آسیاب غلتکی روباز) به دست آمده است. علاوه بر این، اندازه‌گیری‌های مونی بر روی حداقل شش نمونه از بیج‌های یکسان انجام شده و ارزیابی بر روی میزان پراکنش از میانگین مقادیر ویسکوزیته مونی مشاهده شده است.

۲-۴-۳- فرمول‌ها

فرمول زیر انتخاب شده است (جدول ۶).

جدول ۶- فرمول آزمایش کائوچوی طبیعی

۱۰۰ phr	کائوچوی طبیعی (لاستیک استاندارد تایلد STR20)
۰,۱۵ phr	اکسید تیتانیوم

مقدار کمی اکسید تیتانیوم به کائوچوی طبیعی اضافه شده برای اینکه تفکیک بخش‌های نرم نشده آسان‌تر شود.

۳-۴-۳- روش کار اختلاط

برای این ارزیابی مقدار کمی از کائوچوی طبیعی را برای مخلوط کردن در نظر گرفته و اختلاط در دمای معینی کاهش داده می‌شود (جدول ۷).

جدول ۷- روش اختلاط آزمایش کائوچوی طبیعی

اقدامات	دما (سانتیگراد)	زمان (ثانیه)
همه مواد تشکیل دهنده در ۵ دور بر دقیقه		۰
حرکت رام	۱۲۰	
افت دما	۱۷۰ یا ۱۵۰	

محفظه اختلاط و روتورهای مخلوط‌کن داخلی در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد برای آزمایش‌ها تنظیم شده‌اند و سرعت روتور و فشار رام، پارامترهای متغیری هستند.

زمان‌های مختلف به ما اجازه شناسایی لحظه‌ای که تمام پرکننده در ماتریس آمیزه ترکیب شده را می‌دهد. در سراسر مستریج نمونه برداری، ویسکوزیته مونی و دانسیته اندازه‌گیری و کارایی اختلاط پراکنشی و اختلاط توزیعی روتورها ارزیابی شده است. اندازه‌گیری‌های دستگاه Dispergrader می‌تواند در ارزیابی کارایی اختلاط پراکنشی استفاده شود. اندازه‌گیری‌های مونی و دانسیته، میانگین کارایی اختلاط پراکنشی و انحراف استاندارد کارایی اختلاط توزیعی را نشان می‌دهد.

۲-۳-۳- فرمول‌ها

برای سینتیک پراکنشی و آزمایش ایزوترمال، فرمول یکسان استفاده شده است. (جدول ۳)

۳-۳-۳- روش کار اختلاط

روش زیر برای سینتیک پراکنشی انتخاب شده است (جدول ۵).

جدول ۵- روش کار برای سینتیک پراکنشی

اقدامات	دما (سانتیگراد)	زمان (ثانیه)
همه مواد تشکیل دهنده در ۲۰ تا ۳۰ دور بر دقیقه		۰
یک حرکت رام	۱۲۰	
افت دما		زمان متغیر

۳-۴-۳- نرم کردن کائوچوی طبیعی

۱-۴-۳- اهداف آزمایشات

به طور کلی آمیزه‌های مورد استفاده در صنعت تایر بر پایه کائوچوی طبیعی است. از طرفی کائوچوی طبیعی خام، همیشه دارای خواص رئولوژی مناسب و مطلوب نیست، تخریب حرارتی- مکانیکی در طول فرآیند اختلاط یک فاکتور مهم است. برای اندازه‌گیری ظرفیت مخلوط‌کن‌های داخلی، مخلوط‌کن را با کائوچوی طبیعی خام پر کرده و اختلاط تا افت دما انجام می‌شود.

۴- منسوجات آمیزه‌های تایر

به طور کلی آزمایش‌های ارزیابی کارایی اختلاط توزیعی و پراکنشی روتورها و همچنین تولید بعضی از مخلوط‌های تایر با هر دو حالت اختلاط توزیعی و پراکنشی می‌باشد. دو نوع روتور به وسیله اندازه‌گیری رئولوژی مقایسه شده و آزمون‌های پیشرفته و آزمون تایر انجام شده بود. در ابتدای آزمایش تمام مواد اصلی مانند کائوچو و مواد پرکننده برای هر دو حالت اختلاط، جداسازی شده و تاثیر مواد خام بر روی نتایج به حداقل رسیده است.

۴-۱- نوع اختلاط

هدف اصلی تحقیق، بهبود اختلاط پراکنشی و تایید آن به وسیله افزایش دوام در تایر بود که برای انجام آزمون‌های سایشی در پایان پروژه چهار فرمول آج تعریف شده است.

۴-۱-۱- فرمول دوده برای آمیزه‌های آج تایر

فرمول‌های انتخاب شده برای آمیزه‌های دوده در جدول ۸ مشاهده می‌شوند. فرمول A یک فرمول سنتی دوده بدون روغن برای آج تایر است و فرمول B اختلاط مشابه حاوی روغن آزاد است.

جدول ۸- دوده برای آج تایر

فرمول B	فرمول A	
۱۰۰	۱۰۰	استایرن بوتادین رابر
۶۵	۵۰	دوده
۲۰		روغن
۳	۳	اکسید روی
۱	۱	اسید استناریک
۲	۲	6PPD
۱,۴	۱,۲	سولفور
۱,۴	۱,۲	CBS

۴-۱-۲- فرمول سیلیکا برای آمیزه آج تایر

برای اختلاط سیلیکا دو متغیر انتخاب شده است. فرمول C بدون

روغن آزاد و فرمول B حاوی روغن آزاد است (جدول ۹).

جدول ۹- سیلیکا برای آمیزه آج تایر

فرمول D	فرمول C	
۱۰۰	۱۰۰	استایرن بوتادین رابر
۸۰	۵۰	سیلیکا
۶,۴	۴	سیلان
۴۰	۰	روغن
۳	۳	اکسید روی
۲	۲	اسید استناریک
۲	۲	6PPD
۱	۱	سولفور
۲	۲	CBS
۱,۵	۱	DPG

۴-۲- اندازه‌گیری‌های رئولوژی

هدف اصلی بهبود کیفیت پراکنش مخلوط کن و تمرکز بر روی اختلاف اندازه‌گیری‌ها در پراکنش پرکننده است. اولین بار دستگاه Dispergrader ۱۰۰۰ NT برای ارزیابی پراکنش ماکرو استفاده شد که علاوه بر این، میکروسکوپ نوری و آزمون خستگی نیز استفاده شده بود.

۴-۲-۱- فتوگراف‌های میکروسکوپی

تصاویر در حالت انعکاس با یک میکروسکوپ نوری استاندارد و با بزرگ‌نمایی X ۴۰ گرفته شد. تصاویر میکروسکوپی می‌تواند یک سطح زبر را که به پراکنش پرکننده مرتبط است، نشان دهد.

۴-۲-۲- اندازه‌گیری‌های ویسکوزیته مونی

اندازه‌گیری‌های مونی با روتور بزرگ در ۱۰۰ درجه سانتیگراد و برحسب واحد (ML 1+4 100 C) انجام شد. همچنین، اندازه‌گیری بعد از ۴ دقیقه و با زمان پیش گرم یک دقیقه انجام می‌شود.

۴-۲-۳- اندازه‌گیری خستگی

اندازه‌گیری‌های خستگی جهت ارزیابی حالت پراکنش بیج‌های مختلف انجام شد.

۴-۲-۴- سختی (SHORE A)

سختی A از خواص مهم انتخاب شده برای آزمودن تایر است که اندازه‌گیری‌های انجام شده براساس استانداردهای بین‌المللی انجام می‌شوند.

۴-۲-۵- مقادیر Z از Dispergrader

در طول تحقیق روتور مقادیر استاندارد توصیف شده در قوانین ASTM به‌وسیله Dispergrader ارائه داده شده است و X و Y به خوبی تفاوت بین اختلاط را بررسی نمی‌کند. بنابراین یک رابطه از نتایج NT.X Dispergrader 1000 و اختلاط پراکنشی بدست آمده است که این رابطه مقدار Z را نشان می‌دهد [۹]. این مقادیر به طور مستقیم می‌تواند بر سائز هیستوگرام ارائه شده به‌وسیله Dispergrader و سطح ناحیه سفید مربوط باشد.

۴-۲-۵- Dispergrader

۴-۲-۵-۱- مقادیر X و Y

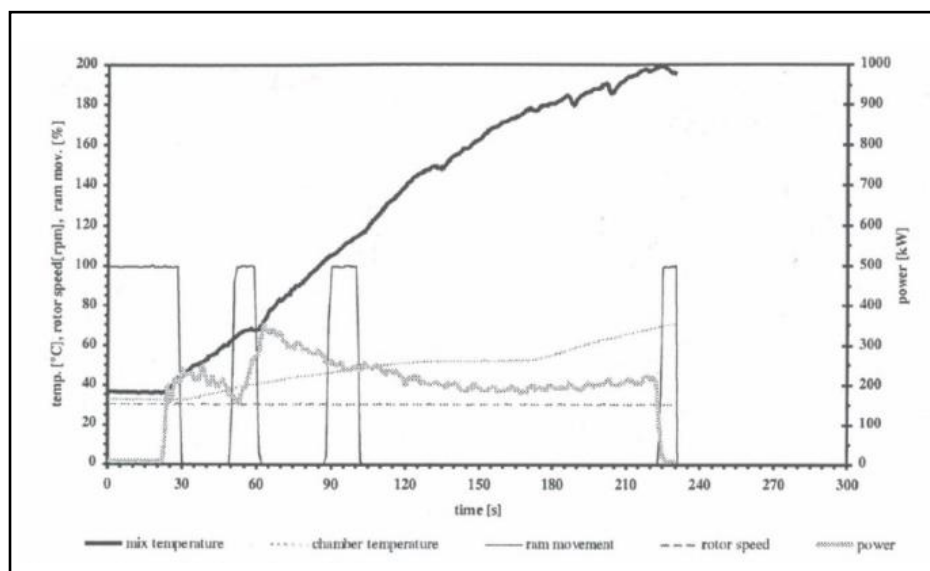
X و Y مقادیر استاندارد محاسبه شده به وسیله Dispergrader 1000 NT.X هستند که مقدار نسبی به‌عنوان قوانین استاندارد بین‌المللی [۷] و Y مقدار محاسبه شده با اندازه توزیعی هیستوگرام با در نظر گرفتن یک تراکم بزرگتر از ۲۳ میکرون است [۸].

۵- نتایج ارزیابی تکنیکی فرآیند

۵-۱- آزمایش‌های طیف رنگی

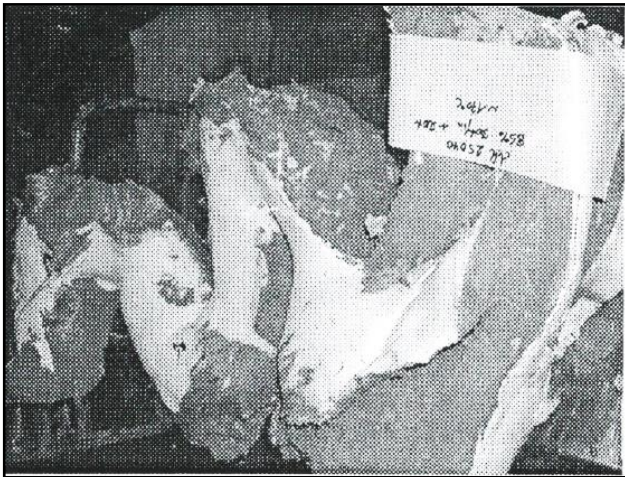
۵-۱-۱- GK50 UK

در مخلوط کن GK50 UK برای آزمایش‌های طیف رنگی اختلاط با ۵، ۱۰، ۲۰ و ۶۰ دور بر دقیقه و زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۱۲۰ ثانیه در ۳۰ دور بر دقیقه کاهش مشاهده می‌شود. شکل ۳ یک نوع منحنی اختلاط برای آزمایش طیف رنگی با وجود مستریج سفید در دو زمان مختلف و مستریج سیاه در ۱۲۰ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد.



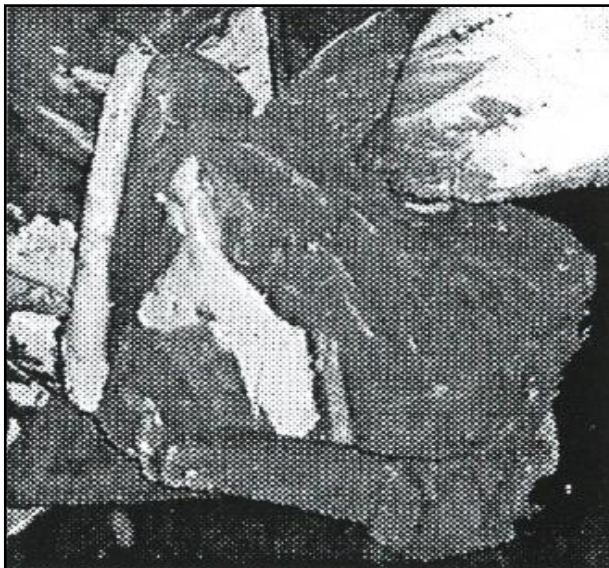
شکل ۳- منحنی اختلاط آزمایش‌های طیف رنگی

که کارایی اختلاط توزیعی در مخلوط‌کن کاملاً خوب است و تنها سطوح نازکی از مناطق مرده تاثیر اختلاط توزیعی را برهم می‌زنند.



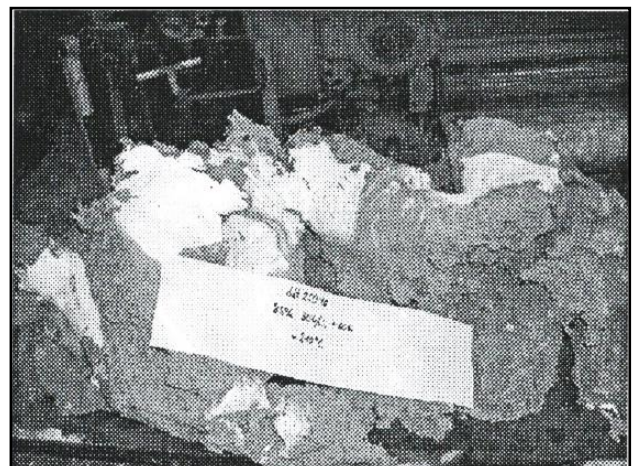
شکل ۵- GK50 UK، روتور جدید، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۲۰ دور

یک نگاه دقیق به یک سطح برش (شکل ۶) تایید می‌کند که مخلوط به‌طور یکنواخت خاکستری و تنها یک منطقه مرده در آن باقی مانده است.



شکل ۶- GK50 UK، روتور جدید، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۲۰ دور

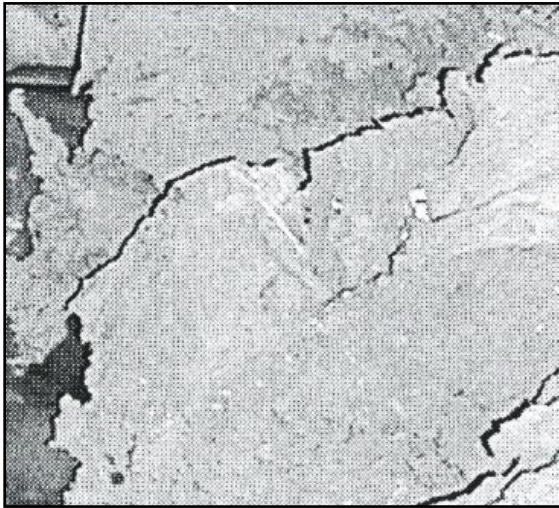
همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بعد از ۶۰ دور بر دقیقه، یک بچ همگن به رنگ خاکستری تشکیل شده و تنها برخی از مناطق به رنگ سفید (مرده) باقی مانده است. بررسی دقیق‌تر این مناطق، نشان می‌دهد که موقعیتهای مرده در مقابل نوک باله و در لبه درب تخلیه قرار دارند.



شکل ۴- GK50 UK، روتور جدید، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۲۰ دور

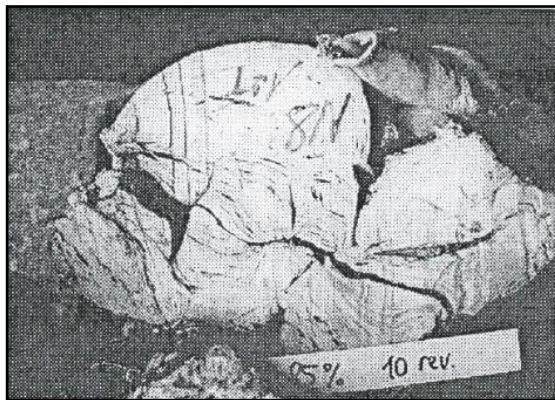
مناطق مرده نزدیک به لبه در ورودی روتور استاندارد قدیمی وجود دارد که این روتور می‌تواند به‌عنوان یک روتور مستقل در نظر گرفته شود. از طرفی دیگر، اندازه مناطق مرده در مقابل نوک باله، به شکل هندسی روتور، عامل پرکننده و سرعت روتور بستگی دارد. بهینه‌سازی در مخلوط‌کن آزمایشگاهی GK 4N نشان می‌دهد که تغییر جزئی شکل هندسی روتور به حذف این مناطق مرده منجر می‌شود. در مخلوط‌کن GK50 UK توده‌های عظیم در مناطق مرده به هیچ‌وجه کوچک نیستند. در تخمین تقریبی مناطق مرده، کمتر از ۰٫۴ درصد حجم بچ را نشان می‌دهد. حتی اگر اختلاط توزیعی پس از ۶۰ دور بر دقیقه انجام شود باید به زمان‌های مخلوط کوتاه‌تر توجه کرد، زیرا زمان باقی‌مانده بین عرضه اولیه مواد و پایان چرخه اختلاط همیشه آنقدر طولانی نیست که بتواند ۶۰ دور بر دقیقه را انجام دهد. اگر بچ‌های شکل ۵ به شکلی در نظر گرفته شوند که تنها ۲۰ دور بر دقیقه را نشان دهند، می‌توان مشاهده کرد

طیف رنگی بعد از ۶۰ دور بر دقیقه داشت (شکل ۹) و مشاهده کرد که اختلاط توزیعی خیلی بهتر از ۲۰ دور بر دقیقه نیست (شکل ۶).



شکل ۹- GK50 UK، روتور جدید، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۶۰ دور

به عنوان یک نتیجه گیری، اول در مورد آزمایش های طیف رنگی بر روی GK50 UK می توان نتیجه گرفت که با مناطق مرده بر روی روتورها و درب تخلیه مشکلات کمی وجود دارد که می تواند با تغییرات درب خروجی و شکل هندسی روتور حذف شوند. دوم اینکه می توان تایید کرد که بازده اختلاط توزیعی روتورهای جدید نسبتا بهتر و به حدود ۲۰ دور نیاز دارد تا به درستی یک ماده خام جدید که به مخلوط کن وارد شده است توزیع شود. اختلاط توزیعی با روتورهای قدیمی با سرعت کمتری نسبت به روتورهای جدید انجام می شود که در شکل ۱۰ و ۱۱ مورد ارزیابی قرار گرفته است.

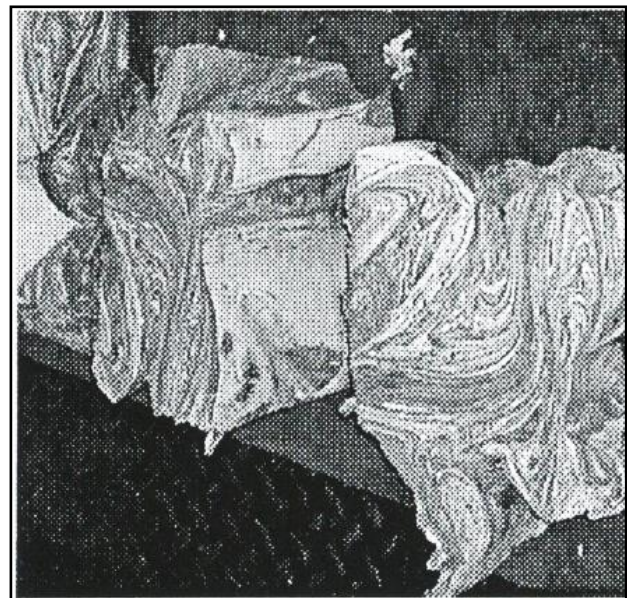


شکل ۱۰- GK50 UK، روتور قدیمی، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۱۰ دور

در شکل ۷ و ۸ می توان از سینتیک توزیع استنباط کرد که پس از ۵ دور بر دقیقه اختلاط توزیعی آغاز شده، اما بعد از ۱۰ دور بر دقیقه مقدار سطح خاکستری از اهمیت بیشتری برخوردار است.



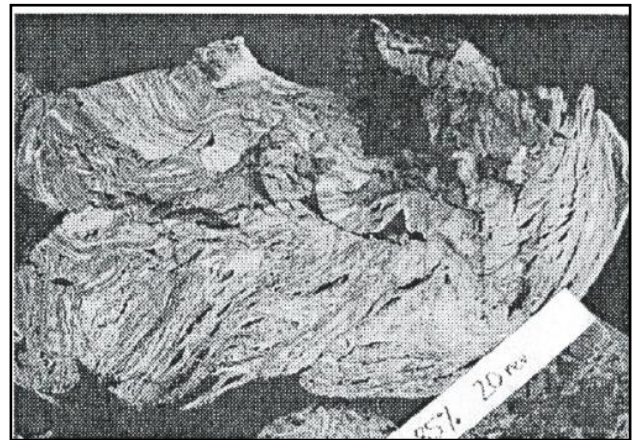
شکل ۷- GK50 UK، روتور جدید، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۵ دور



شکل ۸- GK50 UK، روتور جدید، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۱۰ دور

برای تکمیل سینتیک طیف رنگی می توان نگاهی دقیق به کاهش

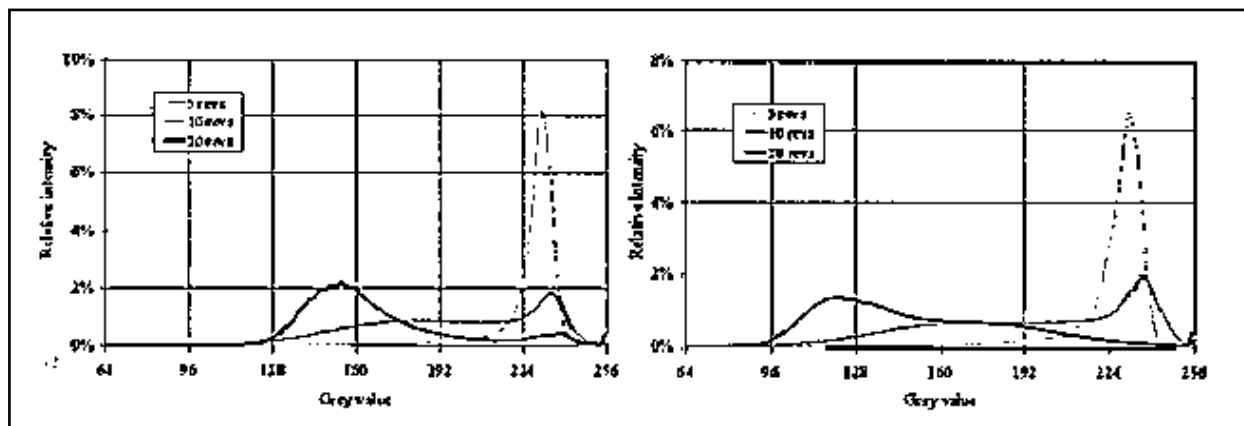
قدیمی، ZZ2 و روتور جدید توسعه یافته است. همان طور که در بخش ۴-۱-۱ توضیح داده شد، سینتیک اختلاط از ۱۰،۵ و ۲۰ دور بر دقیقه به دست آمده است و تمام بچها به صورت برش برای آنالیز نوری آماده شده‌اند. نتایج حاصل از آنالیز مقیاس خاکستری را می‌توان در شکل ۱۲ با روتورهای قدیمی در سمت چپ و روتورهای ZZ2 در سمت راست مشاهده نمود. با شیب بسیار باریک در مقیاس خاکستری منحنی به سمت چپ تغییر می‌کند. مشاهده می‌شود که بعد از ۲۰ دور بر دقیقه در روتور ZZ2 توزیع بسیار بزرگتر و پیک باقی‌مانده از مستریچ سفید کوچک‌تر است. می‌توان نتیجه گرفت کارایی اختلاط توزیعی برای روتورهای ZZ2 نسبت به روتورهای استاندارد قدیمی بیشتر است. برای روتورهای جدید توسعه یافته نیز از همین روش استفاده شده است.



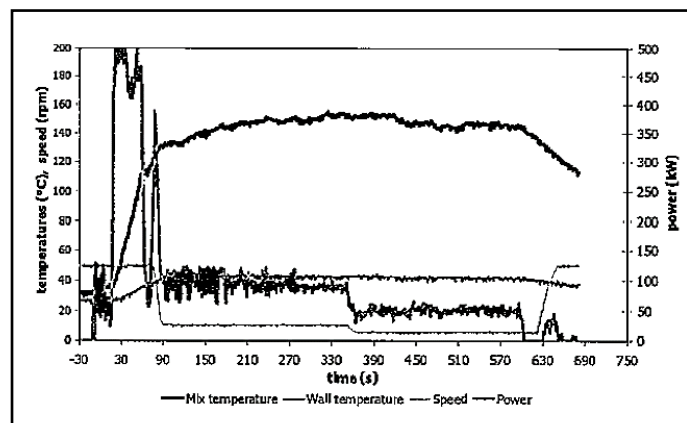
شکل ۱۱- GK50 UK، روتور قدیمی، ضریب پرشوندگی ۸۵ درصد، ۲۰ دور

۲-۱-۵- مخلوط‌کن‌های آزمایشگاهی

مقایسه مخلوط‌کن‌های آزمایشگاهی شامل روتورهای استاندارد



شکل ۱۲- توزیع مقیاس خاکستری OS (چپ) و روتورهای ZZ2 (راست)



شکل ۱۳- منحنی اختلاط آزمایش ایزوترمال در GK50 UK با روتورهای استاندارد قدیمی

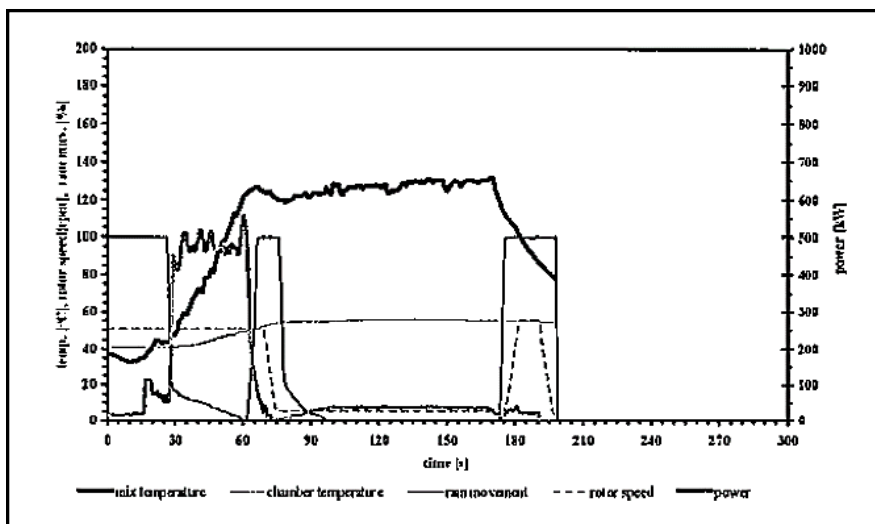
۵-۲- آزمایش‌های ایزوترمال

با توجه به منحنی اختلاط (شکل ۱۳ و ۱۴) می‌توان مشاهده نمود که شرایط ایزوترمال در مخلوط‌کن GK50 UK در دمای قابل قبول برای هر دو شکل هندسی روتور با سرعت روتور ۵ دور بر دقیقه به دست آمده است. این یک سرعت بسیار پایین است که نمی‌توان آن را به طور منطقی بر روی یک مخلوط‌کن انجام داد. زمان اختلاط بیشتر برای آزمایش با روتورهای استاندارد قدیمی انتخاب شده است. بنابراین باعث تعجب نیست که برای مونی از ۱۱۸ واحد و انرژی ویژه از ۹۲۱ J/g از روتورهای جدید استفاده

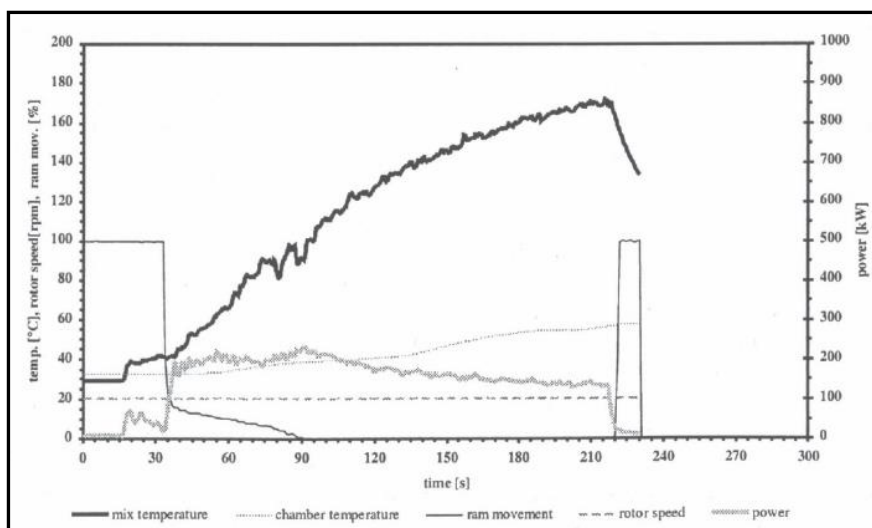
شود (۱۲۵,۵ واحد مونی و ۳۱۴,۴ J/g). دمای ایزوترمال در ۵ دور بر دقیقه برای روتورهای قدیمی (۱۴۵ درجه سانتیگراد) نسبت به روتورهای جدید (۱۳۰ درجه سانتیگراد) بیشتر است.

۵-۳- سنتیک پراکنشی

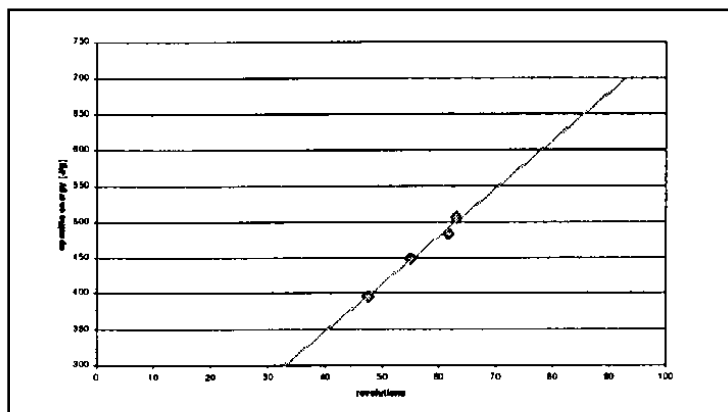
با استفاده از روش وارونه برای روتور قدیمی و جدید در مخلوط‌کن GK50 UK اختلاط انجام شده است. منحنی اختلاط بدون حرکت رام را می‌توان در شکل ۱۵ مشاهده نمود. با توجه به شکل ۱۶ و ۱۷ می‌توان پی برد که انرژی به‌عنوان تابعی از تعداد دورها یک همبستگی خطی را دنبال می‌کند.



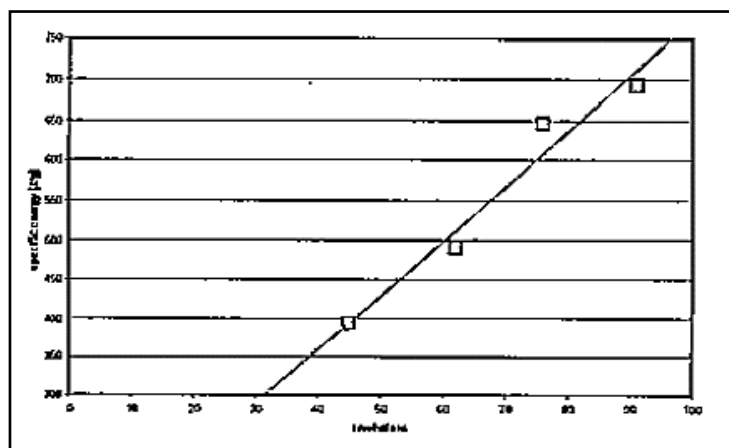
شکل ۱۴- منحنی اختلاط آزمایش ایزوترمال GK50 UK با روتورهای جدید



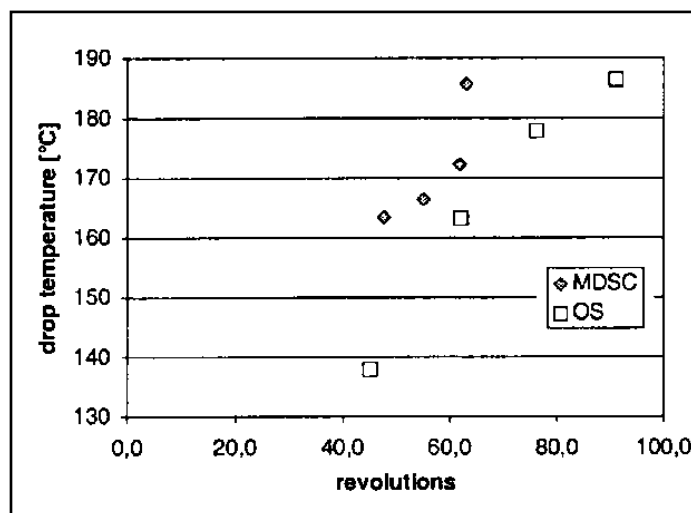
شکل ۱۵- منحنی سینتیک پراکنشی



شکل ۱۶- سینتیک پراکنشی در روتور جدید: انرژی در مقابل تعداد دورها



شکل ۱۷- سینتیک پراکنشی در روتور قدیمی: انرژی در مقابل تعداد دورها



شکل ۱۸- سینتیک پراکنشی: کاهش دما در مقابل تعداد دورها

تفاوت بین دو نوع روتور وقتی ظاهر می‌شود که به شکل ۱۸ دمای بدست آمده بعد از تعداد معینی از دورها، زمانی که از روتور توجه شود. حتی اگر انرژی به عنوان تابعی از تعداد دورها باشد، جدید نسبت به روتور قدیم استفاده شده بسیار بیشتر است.

نتایج بدست آمده با مخلوط کن‌های مختلف در جدول ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. ضریب پرکننده برای تمام مخلوط‌های انجام شده ۸۰ درصد با روتورهای استاندارد قدیمی و جدید تنظیم شده است. با روتورهای قدیمی می‌توان تعداد زیادی از دورها را بدست آورد، درحالی‌که افزایش سریع درجه حرارت با روتورهای جدید باعث می‌شود که سرعت روتور در طول آزمون تغییر یابد. با این حال حتی با سرعت روتور کمتر تعداد دورها به بیش از ۶۰ دور بر دقیقه نمی‌رسد. از آنجا که تعدادی از دورها بسیار شبیه به تمام بچ‌های روتورهای جدید است مقادیر مونی چندان متفاوت نیستند.

جدول ۱۰- روتورهای جدید. نتایج حاصل از سینتیک پراکنشی

اختلاط	n* 3 MDSC	n* 4 MDSC	n* 5 MDSC	n* 6 MDSC
انرژی ویژه (ژول بر گرم)	۵۰۵,۹	۳۹۶,۱	۴۸۳,۱	۴۴۸,۴
سرعت روتور (دور بر دقیقه)	۳۰	۳۰	۲۰	۲۰
زمان اختلاط بهینه	۱۲۶	۹۵	۱۸۵	۱۶۵
چرخش (دور)	۶۳	۴۷,۵	۶۱,۷	۵۵
دمای تخلیه (سانتیگراد)	۱۸۵,۷	۱۶۳,۴	۱۷۲,۲	۱۶۶,۴

جدول ۱۱- روتورهای قدیمی. نتایج حاصل از سینتیک پراکنشی

اختلاط	n* 3 OS	n* 4 OS	n* 5 OS	n* 6 OS
انرژی خاص (ژول بر گرم)	۳۹۴	۴۹۱	۶۴۶	۶۹۳
سرعت روتور (دور بر دقیقه)	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
زمان اختلاط بهینه	۹۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۰
چرخش (دور)	۴۵	۶۲	۷۶	۹۱
دمای تخلیه (سانتیگراد)	۱۳۸	۱۶۳,۳	۱۷۷,۹	۱۸۶,۵

جدول ۱۲- اندازه‌گیری چگالی در روتورهای جدید توسعه یافته

اختلاط	n* 3 MDSC	n* 4 MDSC	n* 5 MDSC	n* 6 MDSC
میانگین دانسیته (گرم بر سانتی متر مکعب)	۱,۱۳۰۵	۱,۱۲۹۲	۱,۱۳۲۰	۱,۱۳۵۸
انحراف معیار	۰,۰۰۱۰	۰,۰۰۱۱	۰,۰۰۰۹	۰,۰۰۰۶
مینیمم	۱,۱۲۶۰	۱,۱۲۶۰	۱,۱۳۰۰	۱,۱۳۴۰
ماکزیمم	۱,۱۳۱۰	۱,۱۳۱۰	1,۱۳۵۰	۱,۱۳۷۰
ماکزیمم - مینیمم	۰,۰۰۵۰	۰,۰۰۵۰	۰,۰۰۵۰	۰,۰۰۳۰

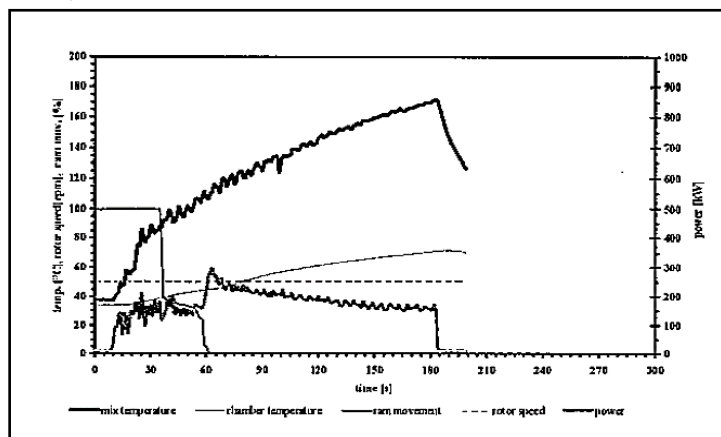
قدیمی به دست آمده است و شکل ۱۹ یک منحنی اختلاط را در طی آزمایش‌های نرم‌سازی بدون حرکت رام نشان می‌دهد. یک تجزیه و تحلیل از بیج روتورهای جدید نشان داده است که استفاده از عوامل پرکننده بالاتر از ۸۰ درصد منجر به عدم نرم‌سازی کائوچو و حتی حبس کائوچو زیر رام می‌شود. تمام عوامل پرکننده کمتر از ۸۰ درصد نتایج مشابهی با عدم نرم‌سازی گره‌ها (برآمدگی) در بیج از خود نشان داده‌اند

بیشترین نتایج را می‌توان در شکل ۲۰ مشاهده نمود. مقدار مونی به عنوان تابعی از انرژی اختلاط ترسیم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار مونی با افزایش انرژی کاهش می‌یابد (هر نقطه یک مقدار متوسط از شش اندازه‌گیری از یک بیج است). مقادیر مختلف مونی با انرژی معادل تغییر پارامترهای فرآیندی دیگر مانند افت دما و ضریب پرکنندگی متناظر است.

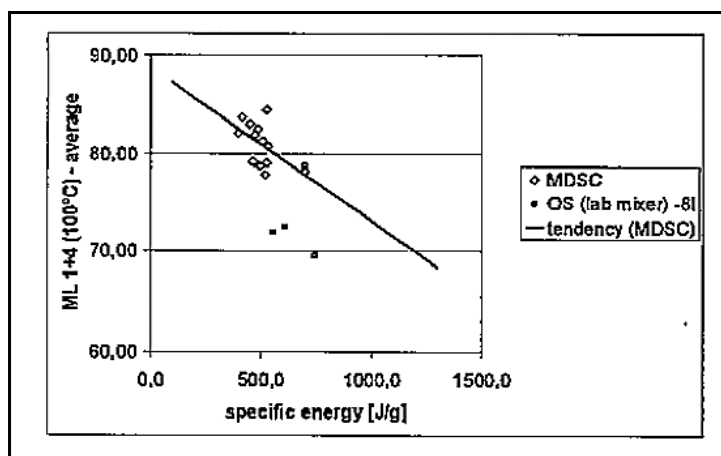
همانطور که در جدول ۱۲ و جدول ۱۳ مشاهده می‌شود، چگالی میانگین بیشتر از چگالی تئوری است که این مسئله را می‌توان به وسیله دوده سیاه حاصل از آمیزه قبلی که در داخل مخلوط‌کن به دام افتاده تشریح کرد. این حقیقت که مخلوط‌های قدیمی دارای چگالی میانگین کوچکتری هستند را می‌توان با کربن آزاد در بیج توضیح داد.

۴-۵- نرم کردن کائوچوی طبیعی

آزمایش نرم کردن تنها با روتورهای جدید توسعه یافته و با مخلوط کن GK50 UK انجام شده است. عوامل پرکننده مختلف در دماهای پایین و سرعت‌های مختلف روتور به گونه‌ای استفاده شده که می‌توان آن‌ها را در شکل‌های زیر مشاهده نمود. مقادیر مرجع در شکل ۲۰ در یک مخلوط‌کن ۸ لیتری با روتورهای استاندارد



شکل ۱۹- منحنی آزمایش‌های نرم سازی



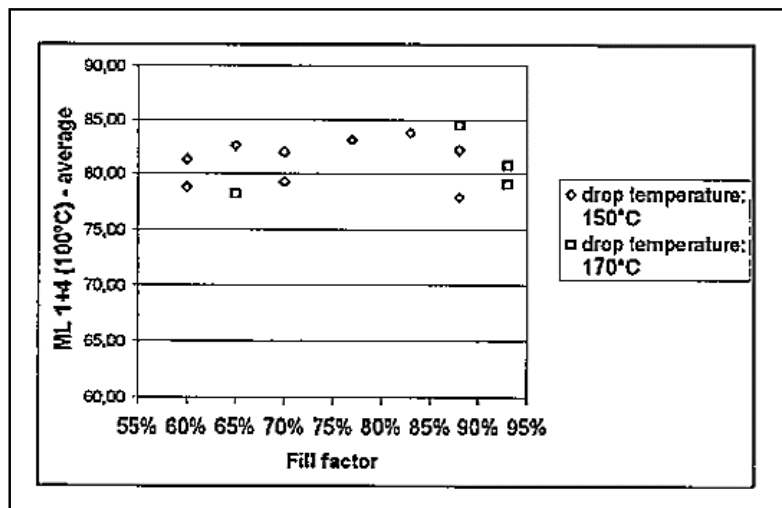
شکل ۲۰- نرم‌سازی کائوچوی طبیعی. مقدار مونی در مقابل انرژی

۶- نتایج حاصل از آمیزه شکننده

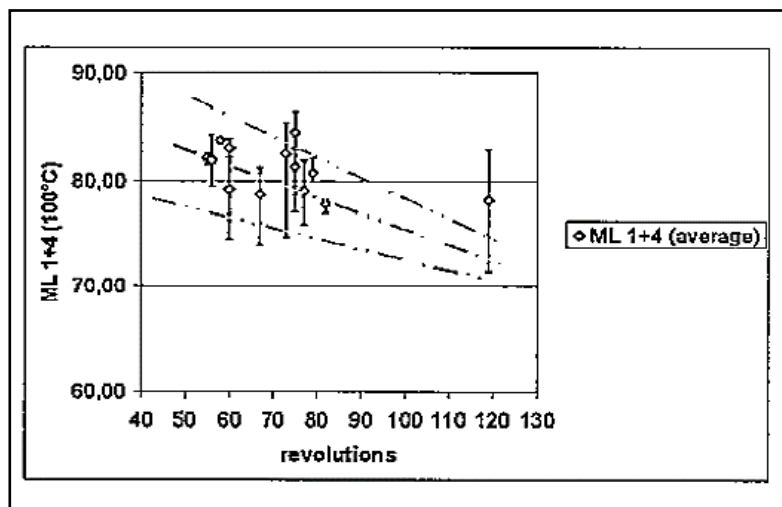
زمان اختلاط و دمای کمتر دو پارامترهایی هستند که سعی شده ثابت نگه داشته شوند یا حداقل برای آزمایش با هر دو روتور مشابه عمل شود. با توجه به سرعت روتور و ضریب پرکنندگی برای هر روتور و هر ترکیب یک حالت بهینه پیدا می‌شود. آزمایش‌های اولیه در این تحقیق نشان می‌دهد که عامل پرکننده بهینه برای روتورهای جدید نسبت به روتورهای قدیمی کمتر و دما بسیار سریع‌تر بالا می‌رود و همچنین سرعت کمتر روتورهای جدید را نسبت به روتورهای قدیمی مقایسه شده است [۱۰].

در شکل ۲۱ می‌توان مشاهده کرد که ضریب پرکنندگی تنها تاثیر اندکی در مقدار میانگین مونی دارد. حتی دمای بالا نیز به وضوح بهبود مونی را نشان نمی‌دهد.

در شکل ۲۲ مقدار مونی به عنوان تابعی از تعداد دورها ترسیم و با در نظر گرفتن حداقل و حداکثر برای محاسبه مقدار میانگین استفاده شده است. بیج‌هایی با پراکنشی بسیار کوچک از اندازه‌گیری مونی وجود دارد اما هیچ همبستگی مشخص بین اندازه‌گیری مونی و تعداد دورها وجود ندارد.



شکل ۲۱- نرم کردن کائوچوی طبیعی در روتور جدید مقدار مونی در مقابل ضریب پراکنشی

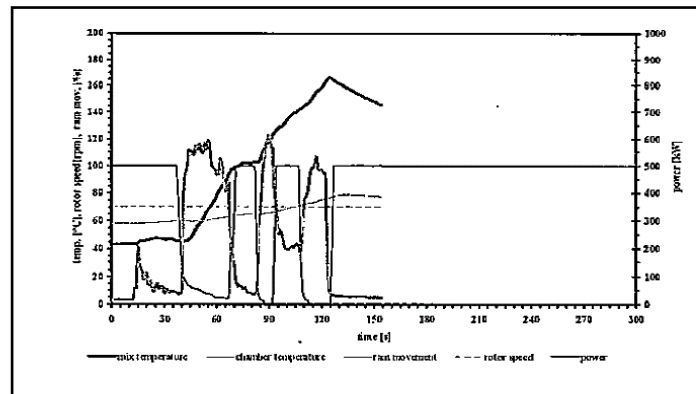


شکل ۲۲- نرم‌سازی کائوچوی طبیعی در روتور جدید مقدار مونی در مقابل تعداد دورها

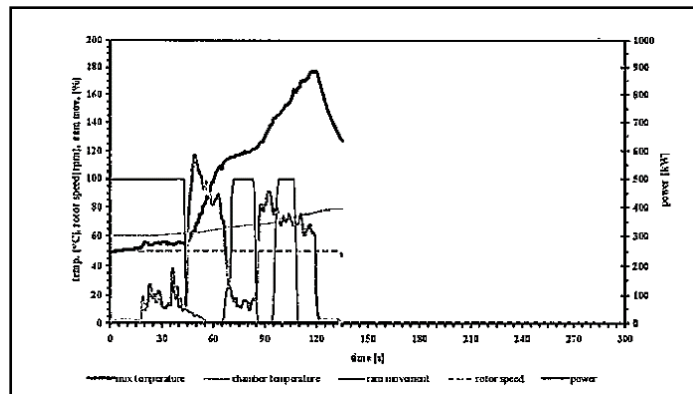
۱-۶- دوده SBR

یافته است (۵۰ دور بر دقیقه به جای ۷۰ دور بر دقیقه) و چسبندگی آمیزه در حرکت دوم رام با روتورهای جدید بهتر به نظر می‌رسد. اگر به نتایج اندازه‌های مختلف در جدول ۱۴ توجه شود مشاهده می‌شود که پراکنش ترکیب با روتورهای جدید بهتر است حتی اگر مقدار مونی کمی بالاتر باشد.

شکل ۲۳ و ۲۴ منحنی‌های اختلاط بدست‌آمده از مخلوط‌کن GK50 UK در حین تولید آمیزه A را نمایش می‌دهد. حتی اگر پروفایل دما و زمان کلی اختلاط کاملاً شبیه هم باشند می‌توان مشاهده کرد که سرعت روتور بسیار کمتر از روتورهای جدید توسعه



شکل ۲۳- منحنی اختلاط مخلوط کردن A با روتورهای استاندارد قدیمی



شکل ۲۴- منحنی اختلاط مخلوط کردن A با روتورهای جدید

جدول ۱۴- نتایج کربن سیاه با مخلوط A

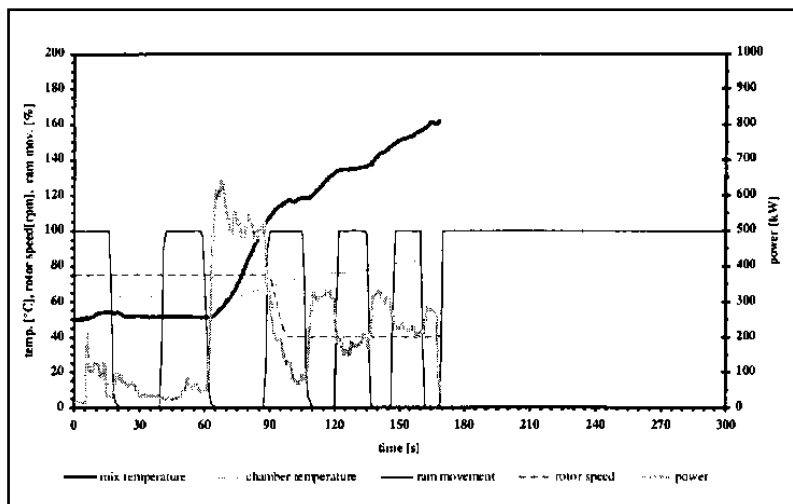
Gain	روتور جدید توسعه یافته	روتور استاندارد قدیمی	
	n* 3	رفرنس	
۲,۴۱ درصد	۸۵	۸۳	مقادیر Dispergrader X
۱۱,۳۲ درصد	۵,۹	۵,۳	مقادیر Dispergrader Y
۵,۴۹ درصد	۹,۶	۹,۱	مقادیر Dispergrader Z
-۲,۹۱ درصد	۱۲۳,۴	۱۲۷,۱	ML 1+4 (100°C)-overshoot
۸,۰۷ درصد	۹۱,۱	۸۴,۳	ML 1+4 (100°C)-final value
۱۶,۲۱ درصد	۲۸,۷	۲۴,۷	Faligue to failure - (kcycles)

در مخلوط کن GK50 UK بدست آمده است. در مورد اختلاط دوده نیز سرعت روتور کاهش یافته تا پروفایل دمایی مشابهی بدست بیاید. با این وجود، این آمیزه تقریباً ۳۰ ثانیه زودتر با روتورهای جدید کاهش می‌یابد. نتایج رئولوژی و اندازه‌گیری پراکنشی همگی مثبت است که می‌توان آنها را در جدول ۱۵ مشاهده نمود. کیفیت پراکنش در حدود ۴ درصد براساس نتایج دستگاه Dispergrader و حدود ۲۰ درصد براساس اندازه‌گیری خستگی^۱ بدست آمد، در این حالت مقدار مونی نیز

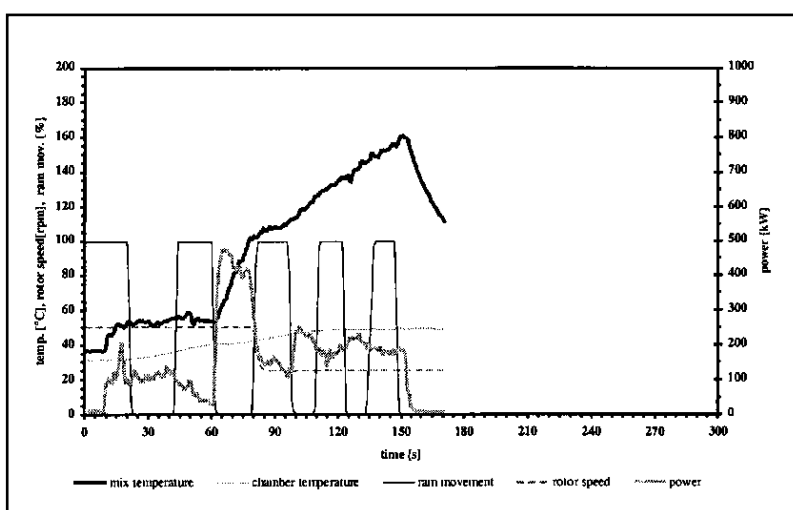
متاسفانه این افزایش در مخلوط‌کن با ضریب پراکنشی کمتر بدست می‌آید (۶۹ درصد به جای ۷۴ درصد) درحالی که حجم آزاد کمتری در نظر گرفته می‌شود، وزن بچ برای روتورهای جدید ۱۰ درصد کمتر نسبت به روتورهای قدیمی برای افزایش معادل کیفیت پراکنش هستند.

۶-۲- سیلیکا SBR

شکل ۲۵ و ۲۶ منحنی اختلاط را نشان می‌دهد که با آمیزه C و



شکل ۲۵- منحنی اختلاط آمیزه C با روتورهای قدیمی



شکل ۲۶- منحنی اختلاط آمیزه C با روتورهای جدید

در آخرین آزمون‌های آزمایشگاهی پیشنهاد شده بودند. با توجه به روند اختلاط که باید با روتورهای جدید توسعه یافته اعمال شوند در آزمایش‌های مقدماتی به اثبات رسیده است که باید از عوامل پرکننده کمتر و سرعت روتور پایین‌تر نسبت به روتورهای قدیمی استفاده کرد. کاهش ضریب پرشدگی و حجم آزاد کمتر برای روتورهای جدید نصب شده GK50 UK تمایل به کاهش توان مصرفی مخلوط‌کن را دارد. برای برخی از مخلوط‌کن‌ها زمان اختلاط می‌تواند کاهش یابد به طوری که تجزیه و تحلیل باید شامل کل خط اختلاط باشد و افزایش پتانسیل زمان اختلاط در نظر گرفته شود.

سپاسگزاری

IRM ...

کاهش می‌یابد. برای این فرمول، ضریب پرشدگی بهینه کاملاً مشابه بوده و وزن بچ که با روتورهای جدید بدست آمده تنها ۴,۵ درصد کمتر از روتورهای استاندارد قدیمی است.

۷- نتیجه‌گیری کلی در مورد کارایی روتورهای جدید

آزمایش‌های انجام شده بر روی مخلوط کن GK50 UK با روتورهای جدید باعث بهبود کارایی اختلاط توزیعی در مخلوط‌کننده داخلی شده و نتایج بهتری را در اندازه‌گیری Dispergrader و اندازه‌گیری‌های خستگی را از خود نشان می‌دهد. امید است که این نتایج با آزمون آمیزه و آزمایش پیشرفته نیز تایید شود و آزمایش‌های طیف رنگی نیز نشان می‌دهد که کارایی اختلاط توزیعی روتورهای قدیمی به غیر از مناطق مرده مناسب است. با این وجود، روتورهای جدید پیشرفت‌های مکمل هستند که

جدول ۱۵- نتایج حاصل از سیلیکا با آمیزه C

Gain	روتور جدید توسعه یافته n* 3	روتور استاندارد قدیمی رفرنس	
۷,۵۵ درصد	۵,۷	۵,۳	مقادیر Dispergrader X
۳,۳۰ درصد	۹,۴	۹,۱	مقادیر Dispergrader Y
۰,۰۰ درصد	۸۱	۸۱	مقادیر Dispergrader Z
۲۱,۱۱- درصد	۱۴۲	۱۸۰	ML 1+4 (100°C)-overshoot
۲۲,۲۱- درصد	۱۰۲	۱۳۱	ML 1+4 (100°C)-final value
۱۸,۵۲ درصد	۸,۰	۶,۸	Faligue to failure - (kcycles)

مراجع

1. Contract of the European Research Project ROTOR: Annexe 1, Description of work, 2001
2. Patent of Werner and Pfeleiderer, DE 738 787, 1943

3. Patent of ThyssenKrupp Elastomertechnik: MDSC rotor, 2004
4. Manas-Zloczower I., Tadmor Z : Mixing and Compounding of Polymers, Theory and Practice, Hanser Publishers, Munich, 1993
5. Otto S., Malle, J.; Cantaloub, B.: Experimental Evaluation of an Innovative Rotor Geometry on a Tangential Internal Mixer, Conference on European Rubber Research - Practical Improvements of the Mixing Process, Paderborn 2005
6. Cotten G.R.: Mixing of carbon black with rubber I. Measurement of dispersion rate by changes in mixingtorque, Rubb. Chem. Technol. 57_ (1984) 118- 133
7. ISO 11345, on the evaluation of carbon black dispersion
8. Manual of the Dispergrader 1000NT, Optigrade, 99
9. Otto S., Randl O., Goncalves O., Cantaloube B.: New reference value for the description of filler dispersion with the Dispergrader 1000 NT, submitted to Kautschuk Gummi Kunststoffe, 2004
10. European research project ROTOR: Progress report on experimental results obtained on GK50 UK, 2004

E Experimental Evaluation of an Innovative Rotor Geometry on a Tangential Internal Mixer

R Abedi^{1,*}, S. Nikbakht-sardari²

1. Master, technology expert of Sabalan Razi Rubber Company, Tehran, Iran
2. Master, technology expert of Sabalan Razi Rubber Company, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: abedi._reza@outlook.com

Abstract: Traditionally; most of the rubber mixes for the tire industry are produced in tangential internal mixers. The quality of the mixing equipment contributes in an important way to the quality of the semi-finished rubber profiles and further on to the performance of the tires. To enhance quality and to increase production output, manufacturers are always interested in optimizing process parameters and machinery equipment. The geometry of the rotors of an internal mixer is one of the key elements of the machinery equipment. The aim of the European research project rotor is to develop an innovative and optimized rotor geometry by the means of the numerical flow simulation, instead of a classical trial and error approach. At the end of the project an experimental validation of the newly developed rotors is done. In the present paper, the authors describe the results of experimental studies on a GK50 UK internal mixer. The old standard rotor geometry for tangential internal mixers (OS geometry) is compared to the newly developed rotor geometry (MD-SC geometry). The most important aspects of mixing, as dispersive and distributive mixing efficiency of the rotors, are discussed.

Keywords: rotor, dispersion, distribution, coloration, GK50 UK