

## استفاده از نمودارهای Finger print برای انتخاب وزن بچ مناسب



### Using Finger Print Graphs to Choose Proper Batch Weight

#### چکیده:

فرایند اختلاط یکی از مهم‌ترین مرحله‌هایی است که هنگام تولید محصولات الاستومری، مواد خام باید از آن عبور کند. کیفیت فرایند پس از اختلاط، به یکنواختی و کیفیت آمیزه‌ی مخلوط شده بستگی دارد. همچنین تولید اقتصادی محصولات لاستیکی، به‌طور مستقیم تحت تأثیر اختلاط است.

هدف اصلی اختلاط فراهم آوردن آمیزه‌هایی است با ویژگی‌های نهایی مناسب و مشخصه‌های پختی که هرچه بیشتر یکنواخت‌تر باشد. درهم‌آمیختگی و توزیع، از مرحله‌های ضروری تمامی فرایندهای اختلاط به‌شمار می‌آید. یک مخلوط خوب مخلوطی است که هم از نظر میزان توزیع و هم از نظر میزان تفکیک، کیفیت بالایی داشته باشد. به‌منظور رسیدن به ویژگی‌های مطلوب و موردنظر در یک آمیزه، تمامی اجزای سازنده می‌باید به بهترین شکل ممکن با یکدیگر مخلوط شوند. در این مقاله سعی شده است با توجه به اهمیت ویژه‌ی اختلاط در تولید یک آمیزه و نقش تعیین‌کننده‌ی ضریب پُرشدگی<sup>(۱)</sup> برای یک پراکنش<sup>(۲)</sup> مطلوب در رابطه با تعیین وزن بچ مناسب، بهینه‌ترین مقدار ضریب پُرشدگی از روی نمودار Fingerprint<sup>(۳)</sup> با استفاده از منحنی توان<sup>(۴)</sup> و منحنی t-Ram موردبررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: زمان رام، توان، ضریب پُرشدگی، پراکنش، اثر انگشت، سایش<sup>(۵)</sup>.

#### نوع مقاله: مروری

محمد مهدی نماینده  
واحد تکنیکال، مجتمع صنایع لاستیک یزد

\* عهده دار مکاتبات:  
nemayandehm@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۹  
تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۲۲

مصرفی موتور که کل انرژی ورودی به سیستم اختلاط است را هم می‌توان به این اثرانگشت اضافه کرد. ویژگی‌های برجسته‌ی این اثرانگشت، افزایش شدید دمای آمیزه و نوسان‌های گسترده در توان ورودی است. کاملاً روشن است که فرایند اختلاط، یک فرایند غیر هم‌دما

#### مقدمه:

با ثبت نمودارهای توان مصرفی موتور، موقعیت وزنه‌ی شناور و دمای آمیزه، می‌توان پیشرفت فرایند اختلاط را ارزیابی کرد. نمودارهای یادشده در یک فرایند کامل اختلاط، اثرانگشت هر بچ آمیزه به‌حساب می‌آید. مجموع توان

۱. Fill factor      2. Dispersion      ۳- اثرانگشت- نمودارهای یادشده در یک فرایند کامل اختلاط، اثر انگشت هر بچ آمیزه به‌حساب می‌آید.  
4. Power      5. Abrasion

و الاستومر فراهم شود. زمانی که لازم است تا فرایند اول تکمیل شود، زمان درهم‌آمیختگی و زمانی که لازم است تا توزیع قابل‌پذیرش و ایده‌آل به‌دست آید، زمان اختلاط نام دارد.

### نقش منحنی Power در تعیین وزن بچ:

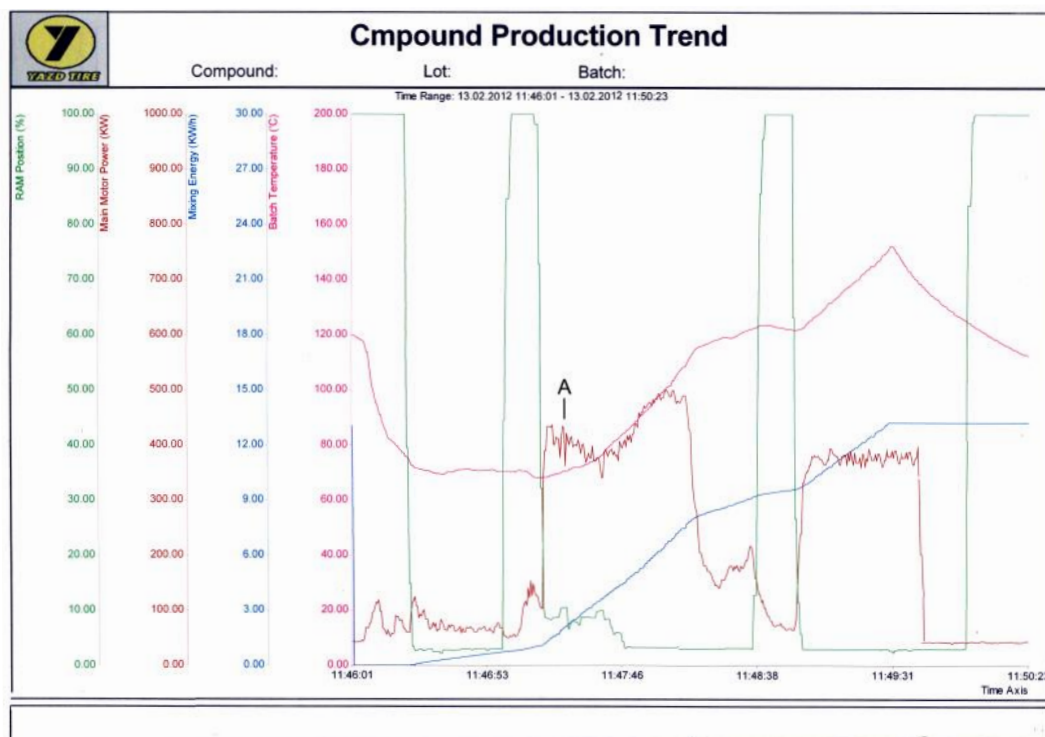
در مرحله‌ی پراکنش در یک اختلاط ایده‌آل، منحنی Pow-er در نمودار اثر انگشت معمولاً از سه قسمت تشکیل شده است: (A) خیس‌خوردگی دوده، (B) درهم‌آمیختگی، و (C) اختلاط.

اختلاطی ایده‌آل است که در مرحله‌ی پراکنش، منحنی Power هر سه قسمت را شامل شود. در این صورت بالاترین درصد پخش دوده وجود دارد. سه نمودار اثر انگشت زیر، وزن بچ بهینه، وزن بچ بالا و وزن بچ پایین را نشان می‌دهد.

(غیرایزوترمال) است. در این نمودار، بیشینه‌ی دما، مربوط به انتهای فرایند اختلاط است و از روی آن می‌توان زمان اختلاط را تعیین کرد.

برای تعیین وزن بچ می‌توان از موقعیت رام در مرحله‌ی پراکنش استفاده کرد. همچنین برای تعیین زمان اختلاط دوده با پلیمر می‌توان از منحنی توان استفاده کرد.

سرعت اختلاط دوده با الاستومر یکی از موضوع‌های مهم تکنولوژیکی در صنعت لاستیک است. دو عامل مشخص وجود دارند که باید در عمل اختلاط دوده در الاستومر در نظر گرفته شوند. یکی مقدار دوده‌ی آزایی‌ست که باید مخلوط شود. در این مرحله مقداری از دوده به‌صورت توده‌های تر نشده<sup>(1)</sup> در آمیزه باقی‌می‌ماند (منظور از توده‌های تر نشده‌ی دوده، همان دوده‌هایی‌ست که کاملاً خرد نشده‌اند)، و دیگری توده‌های غیر تری‌ست که باید به‌شکل مطلوب در الاستومر توزیع شود تا سطح کافی برای تماس بین پُرکننده



شکل ۱- وزن بچ ایده‌آل

1. Unwetted

کامل سر جای خود می‌نشیند و کیفیت اختلاط و پراکنش دوده بدتر از حالت بهینه است.

در شکل (۲) باتوجه به کم بودن وزن بچ، پیستون در تمامی مرحله‌های اختلاط سریعاً جای خود می‌نشیند که در این حالت نیز پراکنش خوبی نداریم.

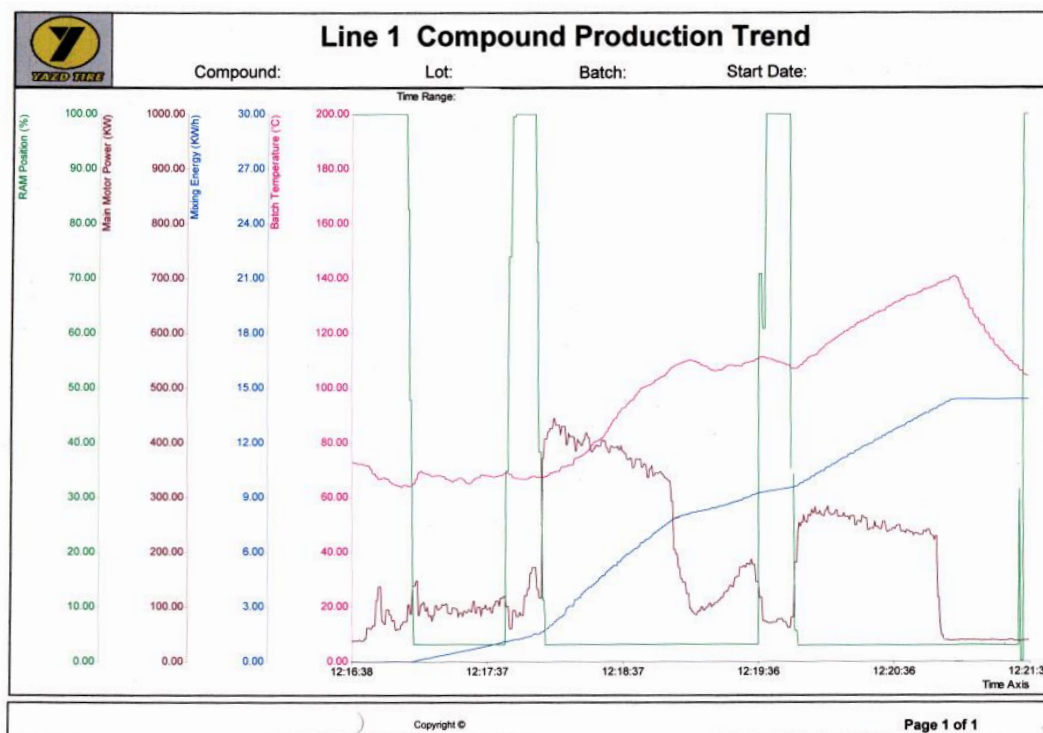
اگر پیستون تا پیش از تزریق روغن، تا موقعیت نهایی‌اش پایین نیاید، نشان‌دهنده آن است که محفظه‌ی اختلاط بیش‌ازاندازه پُر شده که در این حالت نیز پراکنش دوده ضعیف است.

شکل (۳) چون وزن بچ بالاست، رام مرتب در مرحله‌ی پراکنش بالا و پایین می‌رود که در این حالت پراکنش ضعیفی داریم. ضریب پُرشدگی پارامتر بسیار مهمی در فرایند اختلاط است که به‌صورت نسبت حجم بچ به حجم خالص محفظه‌ی اختلاط تعریف می‌شود. به‌عبارت‌دیگر:

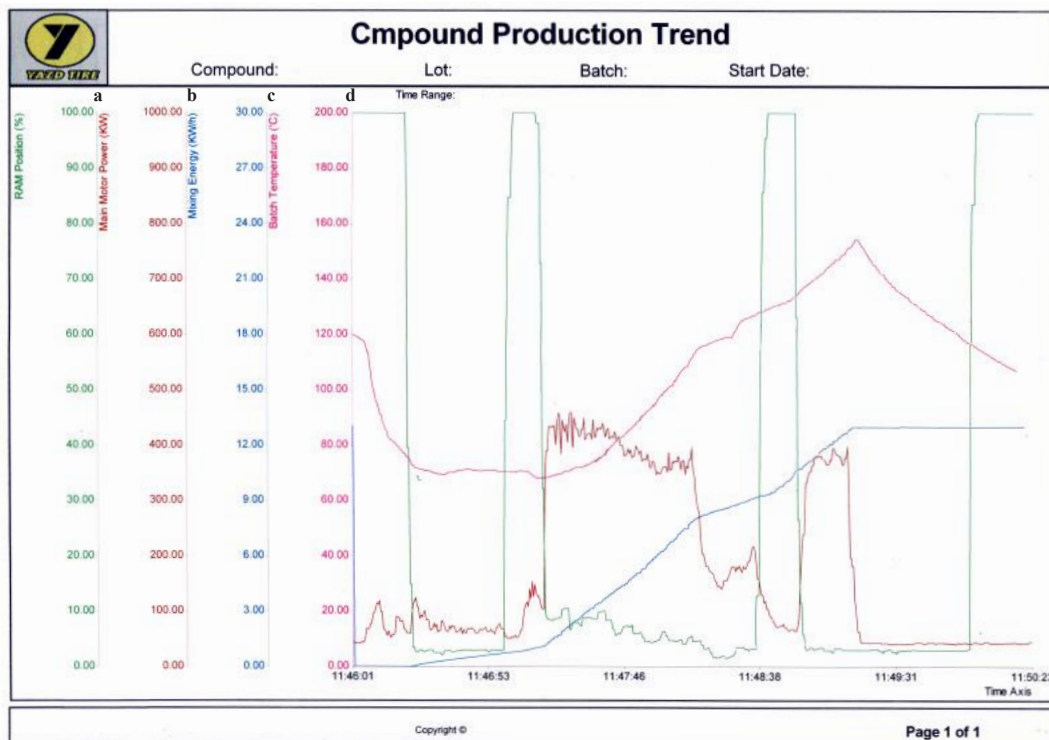
در شکل (۱) وزن بچ بهینه نشان داده‌شده است. در این حالت در مرحله‌ی پراکنش، رام در  $1/3$  زمان (A)، یک جابجایی بالا و پایین دارد. در این  $1/3$  زمان، کلوخه‌های دوده درحال خُرد شدن و برهم‌کنش با الاستومر هستند که این حالت باعث جابجایی (بالا و پایین) در حرکت رام می‌شود و به‌محض وارد شدن نره‌های دوده در ماتریس الاستومر، این جابجایی رام تمام می‌شود و مابقی زمان به‌صورت خط صاف است.

### نقش t-Ram در تعیین وزن بچ:

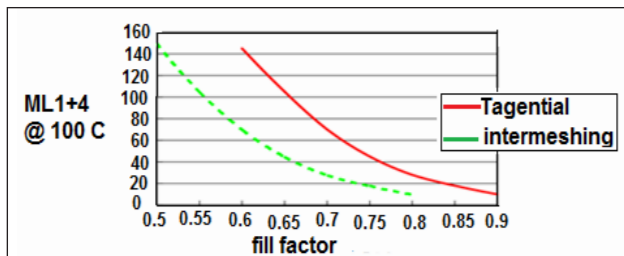
اگر پیستون (Ram) وزنی شناور دقیقاً پس از اضافه شدن دوده به پلیمر و زمان شروع پراکنش، تا میزان زیادی پایین بیاید، نشان‌گر آن است که ضریب پُرشدگی انتخاب‌شده برای وزن بچ بسیار پایین بوده و در این حالت رام به‌طور



شکل ۲- وزن بچ پایین



شکل ۳- وزن بچ بالا  
a: موقعیت رام؛ b: توان؛ c: انرژی؛ d: دما.



شکل ۴- اثر ضریب پُرشدگی بر گرانروی مونی (Viscosity Mooney)

$$\Phi = m/\rho v$$

که در آن  $\Phi$  ضریب پُرشدگی،  $m$  وزن بچ،  $\rho$  چگالی آمیزه و  $v$  حجم محفظه‌ی اختلاط است. ضریب پُرشدگی، به فرمولاسیون آمیزه و نوع روتورهای مخلوطکن بستگی دارد و معمولاً برای آن عددی بین ۰٫۶ تا ۰٫۸ در نظر گرفته می‌شود.

اگر زمان اختلاط کوتاه شود یا ضریب پُرشدگی افزایش یابد، بازدهی و خروجی خط اختلاط بیشتر خواهد بود. هرچند می‌دانیم که در این صورت درجه‌ی اختلاط (میزان پراکنش دوده) پایین خواهد بود؛ بنابراین کاهش زمان اختلاط به همراه پُرشدگی بیش‌ازحد محفظه‌ی اختلاط، نه‌تنها منجر به افزایش بهره‌وری تولید نمی‌شود، بلکه موجب کاهش کیفیت و افزایش دوباره‌کاری و نرخ ضایعات

### بخش تجربی:

برای بررسی نمودار Finger print در انتخاب وزن بچ، از فرمولاسیون آج تایر استفاده شد. آمیزه با وزن ۱۹۰ تا ۲۳۰ کیلوگرم تولید شد. از بنبوری PN 270Litr با شرایط ثابت از آمیزه‌های تولیدشده آزمون مونی در دمای ۱۰۰ درجه، آزمون

جدول ۱- خواص فیزیکی مکانیکی آمیزه‌ی آج تایر- بررسی اثر ضریب پُرشدگی از روی منحنی Power و t-Ram

وزن بچ	۱۹۰	۱۹۵	۲۰۰	۲۰۵	۲۱۰	۲۱۵	۲۳۰
کشش <sup>(۱)</sup> (kg f/cm <sup>2</sup> )	۱۶۸	۱۷۰	۱۶۷	۱۷۵	۱۷۰	۱۷۱	۱۳۵
درصد ازدیاد طولی <sup>(۲)</sup>	۵۰۰	۴۹۰	۵۳۰	۵۱۰	۵۵۰	۵۶۰	۵۱۰
مدولوس	۹۵	۱۰۳	۹۶	۹۹	۹۴	۱۰۶	۹۰
سختی <sup>(۳)</sup>	۶۸	۶۹	۶۶	۶۷	۶۹	۶۸	۶۷
سایش <sup>(۴)</sup> (mm <sup>3</sup> )	۴۳	۴۱,۵	۴۲	۴۰	۴۹	۵۲	۶۵
مونی	۶۳	۶۳,۸	۶۴	۶۴,۷	۶۶	۶۷,۳	۷۰
جهندگی <sup>(۵)</sup>	۳۸	۳۷,۶	۳۴,۹	۳۸,۲	۳۸,۴	۳۶	۴۰
پراکنش <sup>(۶)</sup>	۶۱	۶۲	۶,۵	۷,۱	۵,۸	۵,۳	۵

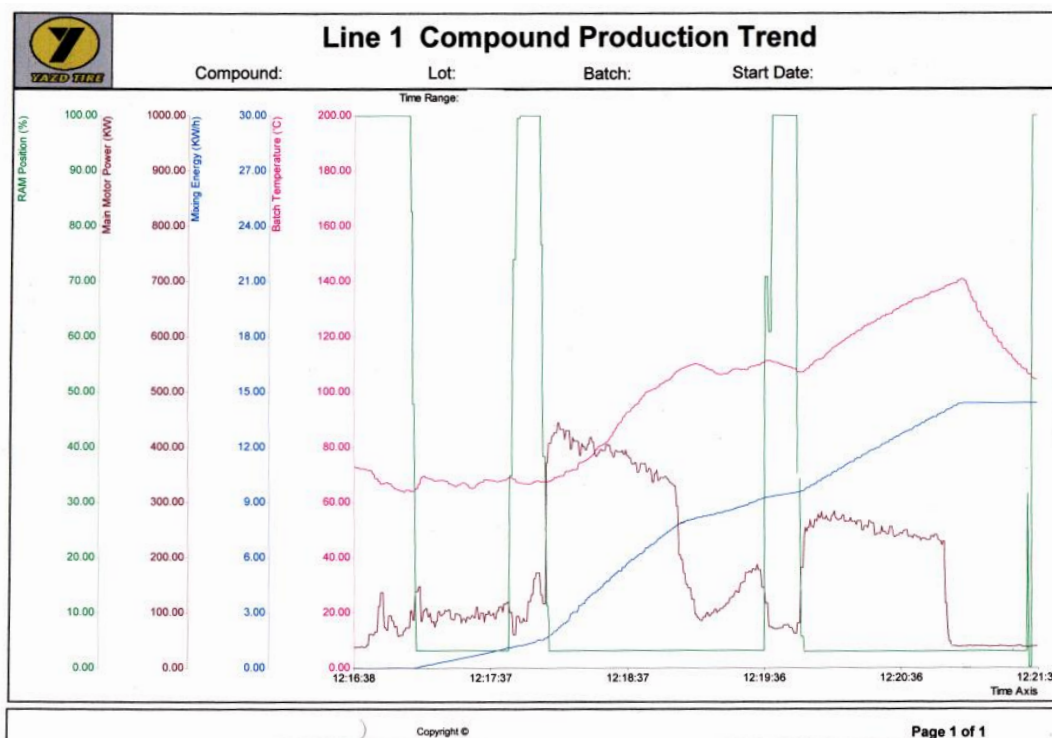
1. Tensilee      2. Elongation      3. Shore A      4. Abrasion  
5. Resilience      6. Dispersion

جدول ۲- فرمولاسیون آج تایر

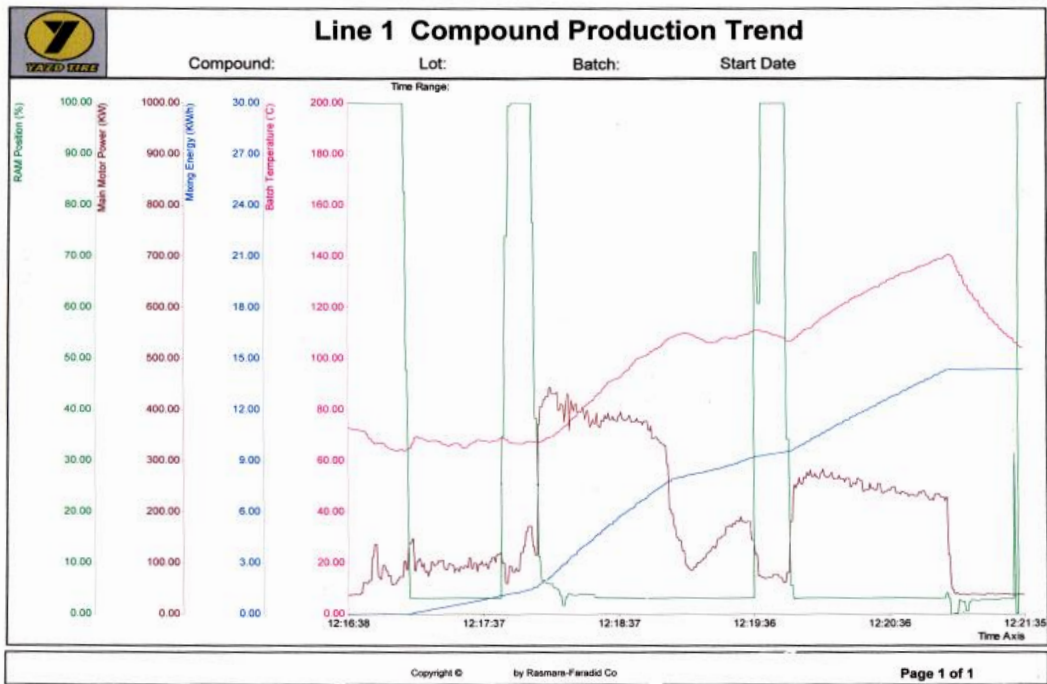
phr	
۱۳۲,۵	Polymer
۹۳,۵	Carbon & Oil
۹	Material Master
۳,۲۸	Material Final

سایش بر اساس استاندارد ASTM، آزمون خواص فیزیکی با دستگاه AGS-500D، آزمون سایش با دستگاه Hiwa و آزمون پراکنش گرفته شده است. سرعت روتور ۳۰ rpm، فشار رام ۶ بار در نظر گرفته شد.

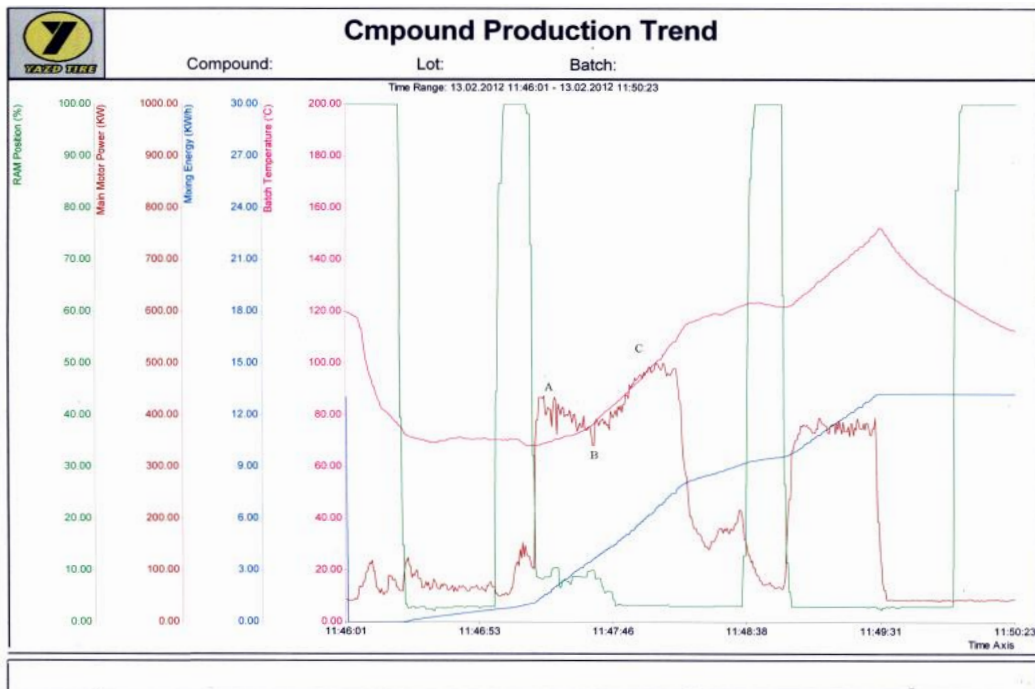
برای بررسی وزن بچ، از فرمولاسیون آج تایر سواری بهره گرفته شده است. ترتیب اضافه کردن مواد بدین صورت است که ابتدا الاستومرها و مواد شیمیایی وارد بنپوری شده و به مدت ۲۵ ثانیه مخلوط می‌شوند (دمای تزریق الاستومر و مواد شیمیایی تقریباً ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است). در مرحله‌ی بعد نوبت تزریق دوده است و مخلوط شدن ۵۰ ثانیه طول می‌کشد (تا دمای ۱۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد). مرحله‌ی آخر تزریق روغن است که ۲۰ ثانیه طول می‌کشد. برای این‌که اختلاط بهتری داشته باشیم، یک پیستون بالا و یک پیستون پایین تعریف می‌شود. دمای تخلیه ۱۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. نتیجه‌ها در جدول (۱) پیوست است.



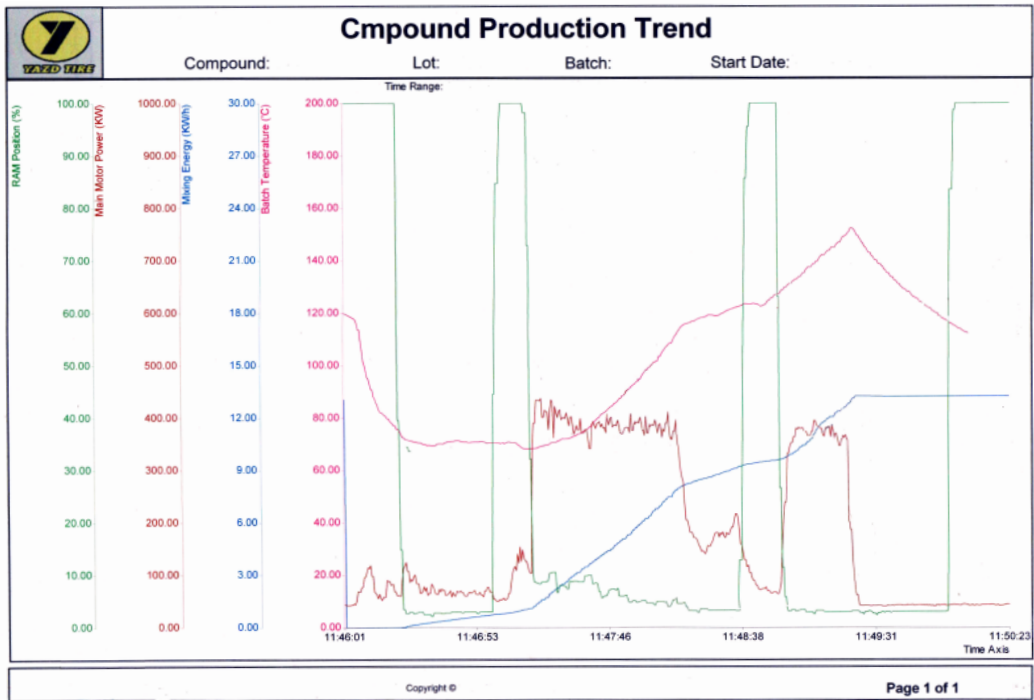
شکل ۵- وزن بچ ۱۹۰ کیلوگرم



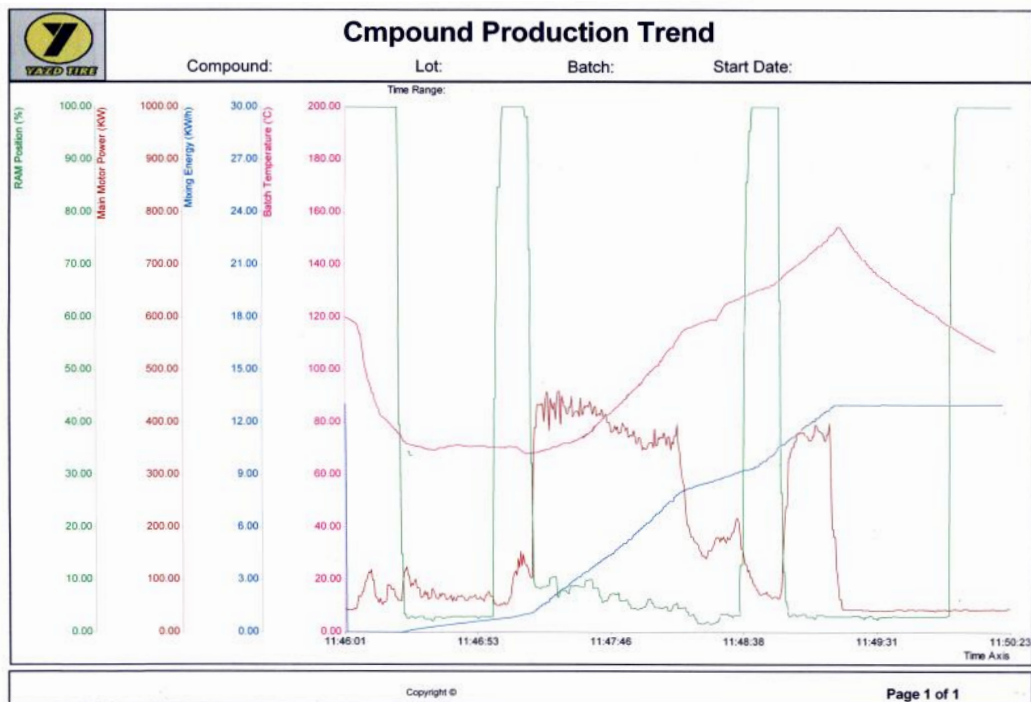
شکل ۶- وزن بچ ۱۹۵ کیلوگرم



شکل ۷- وزن بچ ۲۰۵ کیلوگرم



شکل ۸- وزن بیج ۲۲۰ کیلوگرم



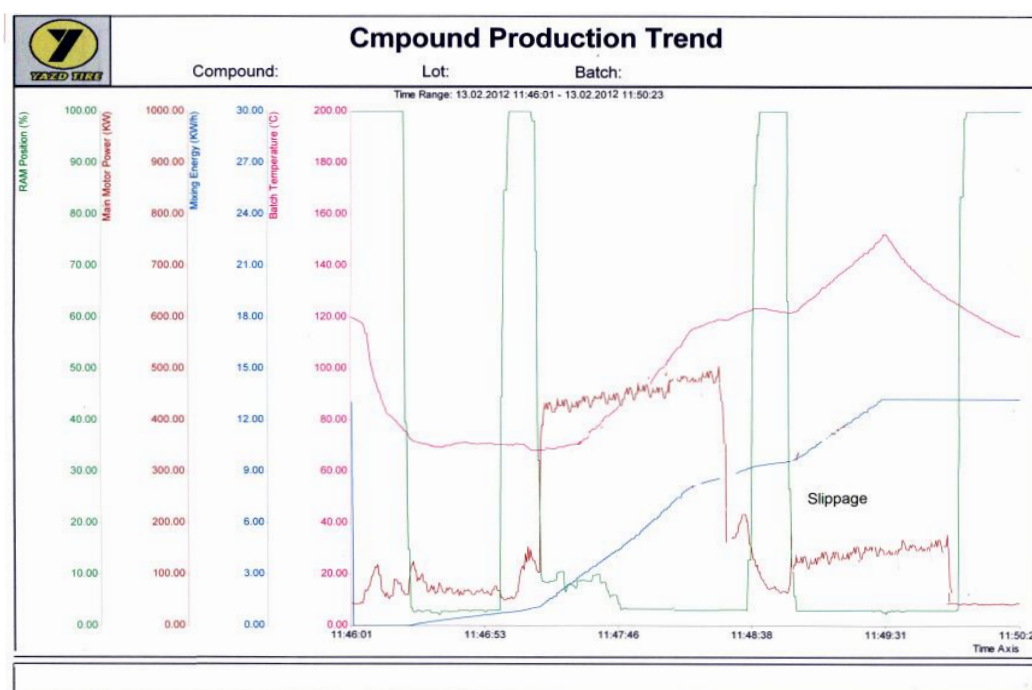
شکل ۹- وزن بیج ۲۳۰ کیلوگرم

نتیجه‌گیری و بحث:

علاوه بر تعیین وزن بچ، می‌توان برای به‌دست آوردن شرایط اختلاط ایده‌آل، از نمودار Finger print استفاده کرد. برای نمونه چنانچه زمان اختلاط دوده با پلیمر زیاد در نظر گرفته شود، پس از تزریق روغن، اُفت شدیدی در منحنی Power ایجاد شده و باعث ایجاد سُرخوری<sup>(۱)</sup> در آمیزه می‌شود. در چنین حالتی می‌توان با یک پیستون بالا و یک پیستون پایین، این مشکل را برطرف

همان‌طور که در منحنی‌ها دیده می‌شود (منحنی t-Ram و منحنی Power) ۲۰۵ کیلوگرم برای وزن بچ، بهترین حالت برای بیپینه‌ترین ضریب پُرشدگی است. منحنی Power سه ناحیه‌ی توصیف‌شده در مقدمه را نشان می‌دهد (A، B و C) و منحنی t-Ram نیز رام در ۱/۳ کل زمان اختلاط در مرحله‌ی پراکنش یک جابجایی (بالا و پایین) دارد که در این حالت توزیع یکنواخت خوبی داریم.

کرد IRM



شکل ۱۰

مراجع

1. Practical Rubber Compounding and processing
2. Lnd.Eng.Chem.1929, 21, (8),PP730- 732
3. Materials Letters, Volume
4. The Mixing of Rubber (Grossman Richard)

1. Slippage



# Using Finger Print Graphs to Choose Proper Batch Weight

M.M. Nemayandeh Najjar\*

Technical unit, Yazd Tire

\*Corresponding author Email: nemayandehm@yahoo.com

Received: June 2018, Accepted: August 2018

**Abstract:** The process of mixing is one of the most important steps in which raw materials must pass through to become the elastomeric products. The quality of after mixing processes depends mainly on the uniformity and quality of the mixed blend. The economical production of Rubber products is also directly affected by mixing process.

The main purpose of mixing is to provide mixtures that are more uniform with the finest properties and baking characteristics. In all processes, mixing and distributing the materials are essential. A good mix is in high quality in terms of both distribution and the degree of separation. In order to achieve the desired properties in a mixture, it is necessary to mix all the components completely together.

Considering the special importance of mixing, in the production of a mixture and determining the role of fill factor in an optimal dispersion in relation to determining the proper batch weight, in this paper, we try to find the optimum fill coefficient from the finger-print graph using the power and t-ram curves.

**Keywords:** RAM Time, Power, Fill Factor, Dispersion, Finger-Print, Abrasion.