

# تحلیل شرایط دمایی پخت تایر در راستای بهینه سازی زمان پخت

صفیه انجم شعاع\*، عباس نورالدینی، امیرارسلان ابراهیمی، محمدنبی طبخ زاده

گروه صنعتی بارز، اداره تحقیقات و توسعه

عهده دار مکاتبات:

Safie.anjomshoa.88@gmail.com

## چکیده

در فرآیند پخت تایر در راستای افزایش بهره وری، انتخاب دماهای پخت تا حد ممکن بالا به منظور بدست آوردن زمان های پخت کوتاه در مطالعات انجام شده بسیار مورد توجه بوده است. به هر حال، این کوشش ها به ویژه برای قطعاتی با دیواره ی ضخیم نتایج محدودی خواهد داشت. کوتاه کردن دلخواه زمان پخت با بالا بردن دما اغلب ممکن نیست، چون آمیزه قبل از اینکه شروع به پخته شدن کند باید در قالب جریان یابد تا بتواند همه ی حفره های قالب را پر کند. در نتیجه یک محدودیت برای دمای انجام پخت برای همه ی سیستم های پختی وجود دارد که می تواند با انتخاب دمای پخت به روش سعی و خطا<sup>1</sup> اصلاح و تنظیم شود. از طرفی هدایت حرارتی کم لاستیک نیز می تواند سبب ایجاد مقداری فرایخت شدن سطح قطعه و کم پخت شدن نقاط درونی آن شود که این اتفاق به مقدار دمای پخت بستگی دارد. یک قطعه با ابعاد بزرگ که در معرض بارهای دینامیکی قرار می گیرد، باید خیلی خوب و یکنواخت پخت شود زیرا یک حالت پخت ناکافی، حتی در ناحیه ی کوچکی در داخل قطعه، می تواند در طی اعمال بار دینامیکی شدید به لحاظ وجود اصطکاک داخلی، حرارت شدیدی تولید کند و در نتیجه ی آن به خراب شدن محصول از داخل منجر شود. بدین ترتیب به دست آوردن شرایط پختی مناسب که منجر به همپختی تمام نقاط داخلی و سطحی قطعه شود از اهمیت بالایی برخوردار است.

**واژگان کلیدی:** پخت تایر، زمان پخت، جریان یابی<sup>2</sup> مواد.

**محرور مقاله:** ماشین آلات و تجهیزات برای تولید تایر های نسل جدید

## مقدمه

خواص آمیزه ی تایر باید با جریان حرارتی، از بیرون و از داخل آن تنظیم شود زیرا جریان حرارتی در دیواره های جانبی نازک تر متفاوت از ترد یا شولدر تایر که ضخیم تر هستند می باشد. تنظیم سیستم های پختی، یعنی مقدار گوگرد و شتاب دهنده، باید با مقدار اثر حرارتی در لایه های متفاوت تایر مرتبط و هماهنگ باشد. این امر با استفاده از پخت سنج های جدید قابل برنامه ریزی که با ترموکوپل گذاری در داخل تایر در هنگام پخت انجام می شود. با بدست آوردن زمان و پروفایل حرارتی، تنظیم صحیح سرعت های پخت آمیزه در لایه های مختلف تایر و در نهایت اعمال این سرعت های پخت بهینه، رسیدن به شرایط همپختی امکان پذیر می شود. اعمال فشار صحیح به تایر خام در طی فرآیند پخت بسیار با اهمیت است. فقط هنگامی که این فشار به مقدار مشخصی (در حدود ۲۰ بار) می رسد می توان انتظار داشت که حباب های هوای بین لایه ی بیرونی تر تایر و کارکاس از تایر خارج شوند [2,4]. به این معنی که فشار داخلی بالاتر پخت بایستی متناسب با ضخامت تایر محاسبه

<sup>1</sup> Trial and error

<sup>2</sup> Compound flow

گردد و نیروی قفل کننده پرس نیز بر اساس این فشار محاسبه شود و در زمان پخت تایر به پرس اعمال شود. چنین ذرات مزاحم (هوا و حباب) نه تنها باعث بدشکل و بدنما شدن تایر می شوند بلکه از لحاظ مکانیکی، نیز روی سطح بیرونی تایر نقاط نامرغوب و ضعیف ایجاد می کنند. اگر حباب ها داخل تایر باشند، می توانند در طی سرویس دهی سبب جدا شدن لایه ها شوند. اهمیت اصلی کافی بودن فشار تنها در مرحله آغازین پخت است زیرا در این مرحله لایه های لاستیکی خام می توانند به طور پلاستیکی تغییر شکل پیدا کنند و فقط در آغاز پخت، جریان یابی<sup>3</sup> لازم را به منظور جبران ناهمواری های سطحی و یا داخلی داشته باشند. به این ترتیب اهمیت دو پارامتر دما و فشار پخت در تولید تایر با یکنواختی بالا<sup>4</sup> مشخص می شود.

### بخش تجربی:

فرآیند مشابه سازی پخت تایر با دمای برنامه ریزی شده بوسیله پخت سنج ها امکان پذیر می شود. دستگاه پخت سنج شامل ترموکوپل های متصل به سر یک رشته سیم هستند که در نقاط مختلف تایر جای گذاری می شوند. رشته سیم از تایر خارج شده و تایر وارد پرس پخت می شود. در طول این مدت دستگاه دماها را ثبت می کند. بدین ترتیب می توان در طول مدت زمان مورد نیاز، نمودار دما زمان را برای نقاطی که ترموکوپل ها در آن قرار گرفته اند رسم نمود و شرایط دمایی در حین پخت تایر را مورد بررسی و قضاوت قرار داد [3].

### اهمیت حالت پخت یکنواخت

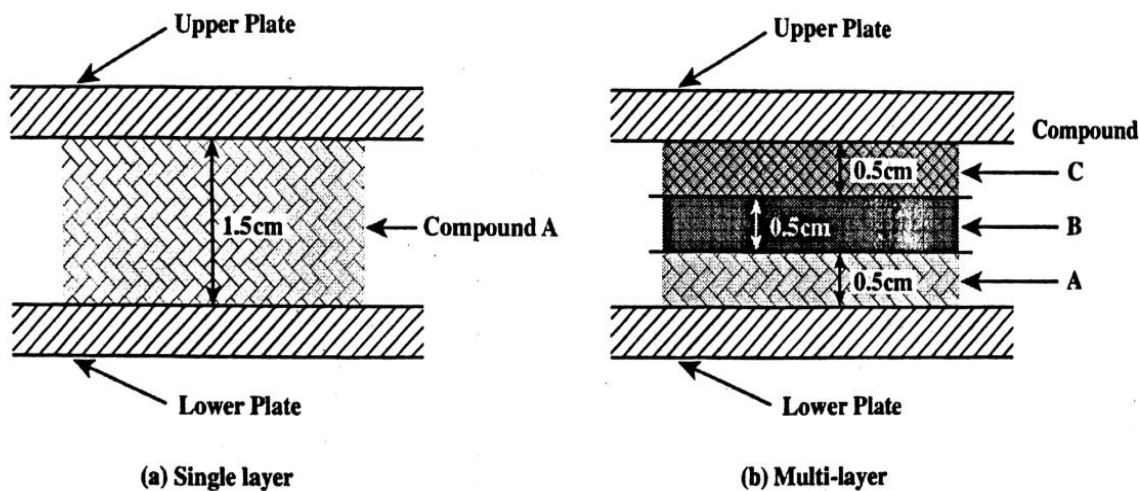
تایری که در معرض بارهای دینامیکی سرویس قرار می گیرد، باید یکنواخت و و به میزان کافی پخت شود زیرا یک حالت پخت ناکافی، حتی در ناحیه ی کوچکی در داخل تایر، می تواند در زمان اعمال بار دینامیکی شدید از سمت خودرو یا درام آزمون تایر به لحاظ وجود اصطکاک داخلی در آن نقطه، حرارت شدیدی تولید کند و منجر به خراب شدن محصول از داخل شود. از سوی دیگر هدایت حرارتی کم لاستیک، سبب ایجاد کم و بیش فرایخت شدن سطح قطعه می شود که این اتفاق به مقدار دمای پخت بستگی دارد. در چنین حالتی مرکز قطعه هنوز می تواند ولکانیزه نشده باشد و منجر به تولید حرارت شدید و خرابی قطعه در هنگام آزمون یا در هنگام استفاده گردد. علاوه بر این پخت نامناسب نقاط سطحی تایر سبب فلوی بیش از حد کامپاند در ناحیه اینرلایتر و بیرون زدن نخ از درون تایر و یا به اصطلاح نخ نما شدن تایر گردد [2].

### درجه حرارت

گرین تایر هایی که پخت می شوند ضخیم تر از نمونه کامپاندهایی هستند که در آزمایشگاه ها برای تعیین شرایط ولکانیزاسیون بهینه بکار می رود. بنابراین اغلب زمان های ولکانیزاسیون مورد نیاز برای تولید یک محصول، براساس زمان های ولکانیزاسیون بهینه ای که برای نمونه های آزمایشگاهی، که به عنوان مثال با ضخامت ۶ میلی متر، تعیین می شود، تخمین زده می شود. تعیین درجه حرارت و زمان ولکانیزاسیون مناسب، به ویژه برای قطعات با ضخامت بالا، اغلب مشکل است. معمولاً این قانون به کار می رود که برای قطعات با دیواره ی ضخیم، مستقل از دمای ولکانیزاسیون، به ازای هر میلی متر افزایش در ضخامت دیواره، به منظور اجازه دادن به نفوذ حرارت ولکانیزاسیون به کناره های قطعه، یک دقیقه به زمان ولکانیزاسیون بهینه ای که در آزمایشگاه برای نمونه های با ضخامت ۶ میلی متر تعیین شده، اضافه می شود. برای پیدا کردن شرایط دمایی بهینه پخت می توان روش صفحه های حرارتی را مورد استفاده قرار داد به این ترتیب که در بین دو صفحه با دماهای یکسان یک بار کامپاند تک لایه و بار دیگر کامپاند چندلایه همانند ساختار لایه ای لاستیک مورد نظر ولی با ضخامت مجموع یکسان قرار داد و سر ترموکوپل سیمی را در نقاط مرزی لایه ها و درون هر لایه قرار داد و پروفایل دمایی را به دست آورد [3]. در (شکل-1) شماتیک این آزمون نشان داده شده است.

<sup>3</sup> Compound flow

<sup>4</sup> High Uniformity

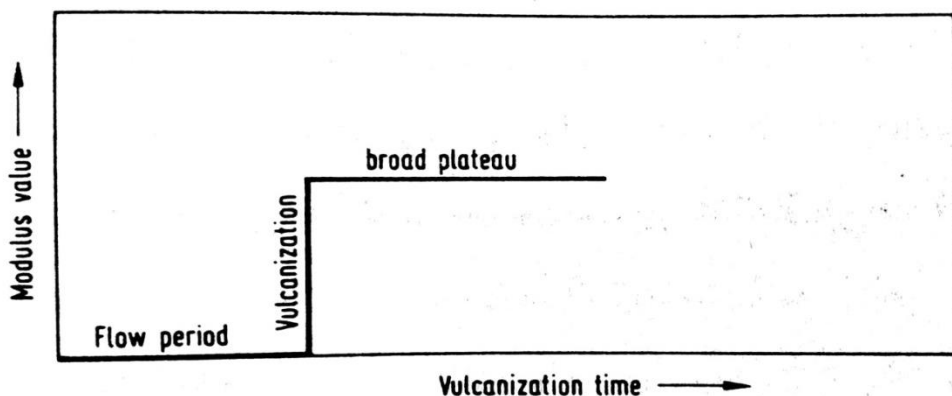


(شکل-1) شماتیک آزمون انتقال حرارت؛ (a) تک لایه (b) چند لایه [3].

### مدت جریان یابی

با توجه به سرمایه گذاری زیاد برای دستگاه های پرس پخت، قیمت های زیاد قالب و مصرف انرژی نسبتاً زیاد، ساده تر کردن عملیات قالب گیری برای تولید اقتصادی تر کالاهای قالبی ضروری ست. پیش نیاز اساسی برای تحقق این امر آن است که زمان های پخت تا جایی که ممکن است کوتاه انتخاب شود [1].

به منظور بدست آوردن زمان های پخت تا حد ممکن کوتاه، زمان جریان یابی آمیزه نیز باید تا حد ممکن کوتاه باشد. این زمان در اصل به مسیریایی که باید در قالب طی شود، ویسکوزیته ی آمیزه، تعداد هواگیری<sup>5</sup> های مورد نیاز و غیره بستگی دارد. در ادامه ی آن، فرآیند پخت باید کوتاه و در حد امکان کامل باشد. منحنی پخت ایده آل برای حرارت دادن در قالب در (شکل-2) نشان داده شده است.



(شکل-2) منحنی پخت ایده آل برای حرارت دادن در قالب [2].

مطالعات نشان می دهد که نزدیکترین منحنی به منحنی ایده آل (شکل-2) با استفاده از شتاب دهنده های بنزوتیازول یادی تیوکربا میل سولفنامید بدست خواهد آمد. بسته به انتخاب انواع شتاب دهنده های سولفنامیدی و سایر اجزای آمیزه، امکان بدست

<sup>5</sup> Vent

آمدن زمان های جریان یابی متفاوت در محدوده ی وسیع و در نتیجه، تطابق یافتن رفتار آمیزه با نیازهای فرآیند وجود دارد. بعد از مرحله ی شروع پخت، سرعت پخت برای شتاب دهنده های سولفنامیدی خیلی سریع است. زمان جریان یابی می تواند با انتخاب دمای پخت اصلاح و تنظیم شود. در دماهای خیلی بالا زمان جریان یابی به اندازه ی کافی طولانی می تواند اغلب با شتاب دهنده های مقاوم در مقابل اسکورچ شدن و یا با استفاده از تاخیر اندازه ها، بدون مواجه شدن با افزایش در مقدار ضایعات ناشی از جریان یابی ناصحیح قالب بدست آید [4,2]. به نظر می آید رفتار آمیزه بایستی بر اساس؛ الف) ضخامت گرین تایر در هر قسمت از قالب (عموما در قسمت ترد)، ب) میزان جریان یابی لازم در آن قسمت جهت پر کردن قالب و نهایتاً ج) مدت زمان لازم برای جریان یابی در دماهای به دست آمده از نتایج ترموکوپل گذاری به روش سعی و خطایی تعیین شود [4].

### بحث و نتیجه گیری

زمان و دمای پخت تایر از جوانب مختلف حائز اهمیت می باشند. دمای بالای پخت سبب پخت زیاد روی سطوح و کم پختی در عمق تایر می شود و کارکرد تایر را به شدت کاهش می دهد. بطور کلی تایر بایستی همپخت باشد و زمان پخت تمام اجزای تایر (که همانا خواص کامپاند این اجزا می باشند) بر اساس مقادیر ضخامت، دما و میزان جریان یابی لازم تعیین گردد. تعیین زمان و دمای پخت بهینه نیاز به تجربه ی زیاد دارد که آن هم در نتیجه ی آزمایش های زیاد و فقط بوسیله ی حدس و خطا و پخت های آزمایشی متعدد و بدنبال آن انجام آزمایشات لازم روی نمونه ی پخت شده ممکن می شود. در ادامه مطالعات می توان با بررسی نقاطی که میزان جریان یابی بالاتری در قالب دارند، روند آزمایشات را دنبال نمود.

### منابع

1. R. B. Simpson, "Rubber Basics", John Wiley & Sons, Germany, 1991
2. Hofmann, "Rubber Technology Handbook", Vol.2, page 700-716
3. In-Su Han, Chang-Bock Chung, \* Jae-Woo Lee, "OPTIMAL CURING OF RUBBER COMPOUNDS WITH REVERSION TYPE CURE BEHAVIOR", 2000

4. "تکنولوژی جامع لاستیک" جلد دوم، هافمن، مریم آباتی، پیمان ابراهیمی، پروین اسلامی، زهرا عابدینی، 1379.