

اثر مدت زمان اعمال فشار در قالب گیری بر ضریب نفوذ

۱.

چکیده: پلیمرهای شبکه ای از نظر علمی و همچنین تجاری بسیار مورد توجه می باشند. این شبکه ها در زمینه ها متنوعی از جمله تایرها کاربرد دارند. تایرها از جمله قطعات اصلی در خودرو ها هستند کیفیت تایر به فرمولاسیون آمیزه ها، طراحی ساختار و شرایط پخت آن وابسته است. با این هدف در این تحقیق اثر زمان اعمال فشار بر روی ضریب نفوذ لاستیک تولیدی بررسی شد. آزمون تورم برای اندازه گیری ضریب نفوذ استفاده شد نتایج نشان داد که ضریب نفوذ نمونه هایی با افزایش زمان اعمال فشار ابتدا کاهش و سپس ثابت باقی می ماند.

واژه های کلیدی: تایر، زمان اعمال فشار، ضریب نفوذ

مقدمه

پلیمرهای شبکه ای از نظر علمی و همچنین تجاری بسیار مورد توجه می باشند. این پلیمرها در زمینه های متنوعی مثل انتقال دارو، تایرها، فعال کننده ها، حسگرها و... کاربرد دارند. ما بصورت رایج با بعضی از آنها به صورت روزانه سر و کار داریم از جمله آنها می توان به لنزهای تماسی اشاره کرد از مهمترین خواص مکانیکی این شبکه ها رفتار تورمی آنها می باشد از هیدروژلها که به صورت دقیقی متورم شوند می توان در پمپ ها و شیرهایی که در آنها جریان سیال در مقیاس میکروکنترل می شود کمک گرفت [۱،۲]. رفتار تورمی پلیمرهای شبکه ای بصورت مستقیم برگرفته از ساختار آنها می باشد بنابراین علاوه بر کاربرد های فوق الذکر در اولین قدم از این رفتار می توان در خصوص شناخت ساختارهای ایجاد شده در سامانه های مختلف کمک گرفت. بدین جهت با اندازه گیری تورم می

توان از آن به عنوان یک تست شناسائی استفاده کرد تایرها از جمله مهم ترین محصولات لاستیکی می باشند که ساختار آنها از پلیمرهای شبکه ای تشکیل شده است. با عنایت به وظیفه مهم تایرها در خودرو از جنبه های عملکردی و همچنین امنیتی لازم است پلیمرهای شبکه ای سازنده آنها ساختار و خواص ویژه ای داشته باشند. ساختار شبکه سه بعدی لاستیک ها در نتیجه فرایند ولکانش و از طریق پیوندهای عرضی گوگردی ایجاد می گردد. آزمون تورم راهی برای مطالعه این ساختارها می باشد. در فرایند تولید تایر ابتدا آمیزه ها در بنبوری ساخته می شوند، در مرحله بعد لایه ها و بخش های مختلف تایر ساخته شده و با مونتاژ آنها بر روی هم دیگر گرین تایر تولید می گردد، سپس گرین تایرها در پرس پخت تحت قالب گیری فشاری قرار گرفته و در آن با استفاده از سامانه پخت گوگردی شتاب داده شده پیوندهای عرضی در بین زنجیرهای

ولی زمان پخت یکسان ساخته شد سپس آزمون تورم بر روی آن‌ها اجرا و نمودار مقدار حلال جذب شده بر حسب زمان تا زمان تعادل مطالعه گشت و در نهایت با کمک این داده‌ها ضریب نفوذ برای نمونه‌های مختلف محاسبه شد.

بخش تجربی

ابتدا از آمیزه ترد (آمیزه‌ی رویه‌ی لاستیک) تولید شده در خط تولید که از اختلاط خوب آن اطمینان حاصل شده بود بطور تصادفی از بخش‌های مختلف آن نمونه برداری شد. پس از پیش گرم کردن قالب مناسب برای ساخت نمونه‌های مورد نیاز جهت تست تورم در مرحله بعد مقداری آمیزه در قالب مورد نظر قرار داده شد سپس قالب در پرس پخت قرار گرفت و با بسته شدن پرس و انجام مرحله قالب گیری زمان شروع فرایند یادداشت گردید فشار اعمالی مطابق با جدول (۱) در مدت زمان تعیین شده از روی قالب برداشته و تکمیل فرآیند پخت تا ۴۵ دقیقه بدون فشار در پرس پخت آزمایشگاهی انجام گرفت. در طول فرآیند پخت، دمای پرس آزمایشگاهی ۱۴۵ درجه سانتیگراد و فشار اعمالی ۱۱۰ بار بود

جدول (۱) مدت زمان اعمال فشار

نام نمونه	زمان (دقیقه)
A	0
B	۲۲/۵
C	45

آزمون تورم برای نمونه‌های پلیمری، در حلال تولوئن و در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد انجام شد. برای بررسی تکرار پذیری و گزارش بهترین نتیجه هر آزمایش ۳ مرتبه تکرار گردید. روش کار برای

پلیمری تشکیل می‌گردد. این پیوندها باعث ایجاد شبکه سه بعدی شده و لاستیک پخت شده از حالت ترموپلاستیک به حالت ترموالاستیک تبدیل می‌شود. در نتیجه این فرایند تائیری با خواص الاستیک با استحکام و مقاومت در برابر فشار سایش و دیگر عوامل محیطی تولید می‌گردد.

آزمون تورم یک آزمایش عملی و ساده برای تعیین اتصالات عرضی شبکه است. این آزمون برای نمونه‌های پلیمری، مطابق با استاندارد ASTM D ۴۷۱ در حلال‌های مختلفی مانند تولوئن، بنزن، پنتان، هگزان، هپتان و ... و در درجه حرارت محیط و همچنین دماهای دیگر مانند ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ... درجه سانتیگراد انجام می‌شود. آزمون تورم آزمایشی است که در مقایسه با سادگی اجرای آن اطلاعات خوبی در رابطه با ساختار شبکه لاستیکی می‌تواند ایجاد کند که از این جمله می‌توان به ارزیابی ساختار شبکه لاستیکی، ارزیابی برهمکنش پلیمر-پرکننده و پرکننده-پرکننده، بررسی پارامتر برهمکنش پلیمر-حلال، بررسی سازگاری بین پلیمر و پرکننده، بررسی ظرفیت تقویت میکرو و نانو پرکننده در زمینه لاستیک اشاره کرد [۲].

سه عامل اصلی تعیین کننده کیفیت محصول در پرس پخت دمای پرس، زمان بسته‌بودن پرس و فشار آن می‌باشد. اثر فشار را می‌توان از جنبه میزان فشار و همچنین مدت زمان اعمال فشار بررسی کرد در خصوص مقدار فشار کارهایی انجام شده است [۳] اما در زمینه مدت زمان اعمال فشار تاکنون هنوز کار قابل توجهی صورت نگرفته است.

در این تحقیق اثر مدت زمان اعمال فشار بر پدیده تورم بدین صورت مورد بررسی قرار گرفت که ابتدا نمونه‌هایی با مدت زمان‌های متفاوت از اعمال فشار بر روی پرس،

$$D = \pi(h\theta/\epsilon Q_{\infty})^2 \quad (3)$$

که در آن θ (شیب منحنی جذب قبل از دستیابی ۵۰٪ تعادل) شیب بخش اولیه خط منحنی جذب Q_t در مقابل $t^{1/2}$ است.

نتایج و بحث

شکل (۱) نمودار میزان حلال جذب شده برای نمونه های مختلف می باشد روند همه منحنی های در صد جذب مولی حلال، مشابه همدیگر بوده و میزان تورم در مراحل اولیه بالا بود. در ابتدای فرآیند درصد مول حلال جذب شده به طور خطی با گذر زمان افزایش می یابد و با گذشت زمان از شدت جذب کاسته شده و در نهایت متوقف می شود و به عبارتی سرعت جذب و واجذب یکسان می شود.

از مقایسه نمودارهای مربوط به نمونه های A با B و C مشخص می گردد که جذب در لحظات اول زیاد بوده و سپس شیب نمودار کم می شود این خصوصیت در همه نمودارها مشاهده می شود و این تغییر شیب در نمودار A آهسته تر است. در نمودار C مشاهده می گردد که در لحظات نخستین جذب بسیار ناچیز است و با گذشت زمان سرعت نفوذ بیشتر شده است. بنظر می رسد که این خصوصیت را می توان به نوع خلل و فرج های آمیزه پخت شده نسبت دار بدین صورت که اعمال فشار مانع از ایجاد خلل و فرج ها در بافت آمیزه می شود و زنجیرها پلیمری بصورت فشرده شده- ای کنار هم قرار می گیرند و با ایجاد پیوندهای عرضی گوگردی در سه بعد موقعیت آنها در فضای ثابت می شود. پس امکان ایجاد حفره هایی برای نفوذ سریع حلال کم خواهد شد. بدین سبب تاخیر در جذب حلال در نمونه C منطقی خواهد بود در مرحله دوم این نفوذ در بین زنجیرهای پلیمری اتفاق می افتد که بواسطه این نفوذ زنجیرها کشیده شده و پیوندهای عرضی وساختار سه بعدی به میزان بیشتری تحت تاثیر

هر نمونه بدین صورت بود که ابتدا از نمونه های پلیمری پخت شده قطعه ای به شکل مستطیل بریده شده و وزن اولیه آن ها ثبت گردید سپس با قراردادن نمونه در ۵۰ میلی لیتر حلال تولوئن، نمونه ها متورم شد نمونه در فواصل زمانی مختلف از درون حلال خارج و حلال روی آن ها با استفاده از یک دستمال کاغذی برداشته و به سرعت بر روی یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و بلافاصله به درون حلال برگردانده گشتند. از آنجاکه وزن کردن در کمتر از ۲۰ ثانیه انجام می گرفت خطا در ارتباط با تبخیر حلال قابل اغماض است. حالت تعادل نمونه ۲۴ ساعت پس از قرار دادن در حلال تولوئن بود [۳، ۴]. ولی با این حال هر ۲۴ ساعت بعدی تقریباً تغییری در وزن نمونه ها مشاهده نشد. در حالت تعادل نمونه ها مجدداً وزن شدند که وزن به دست آمده، وزن تعادلی تورم نامیده می شود.

تئوری و مدل

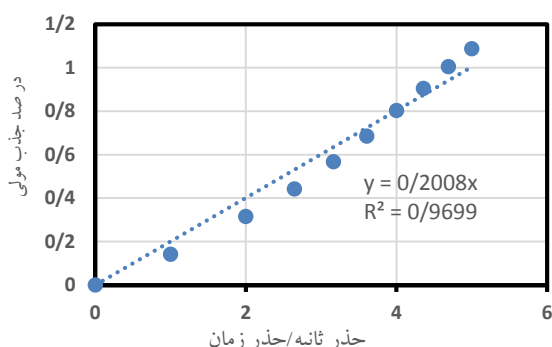
پدیده نفوذ را می توان با کمک قانون نفوذ فیک مطالعه کرد بدین صورت که حل معادله فیک برای یک لایه لاستیکی معادله زیر را نتیجه می دهد.

$$Q_t/Q_{\infty} = 1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \times \exp[-D(2n+1)^2 \pi^2 t/h^2] \quad (1)$$

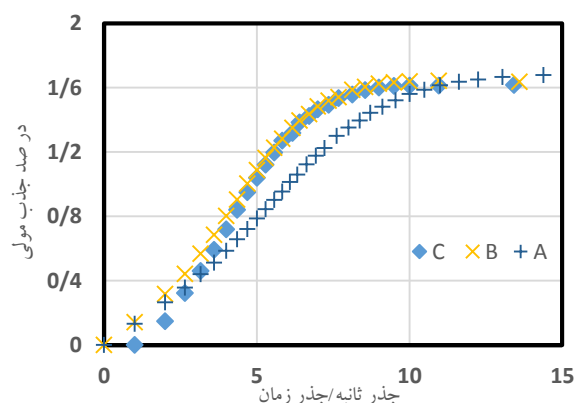
که در این رابطه Q_t و Q_{∞} میزان حلال جذب شده در زمان t و انتهای فرایند می باشد و از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$Q_t \text{ mol } \% = \frac{\text{جرم حلال جذب شده توسط نمونه}}{\text{جرم مولی حلال}} \times \frac{100}{\text{جرم پلیمر}} \quad (2)$$

h ضخامت لایه و D ضریب نفوذ است. برای دوره کوتاه تورم معادله (۱) بصورت زیر ساده می شود [۴]



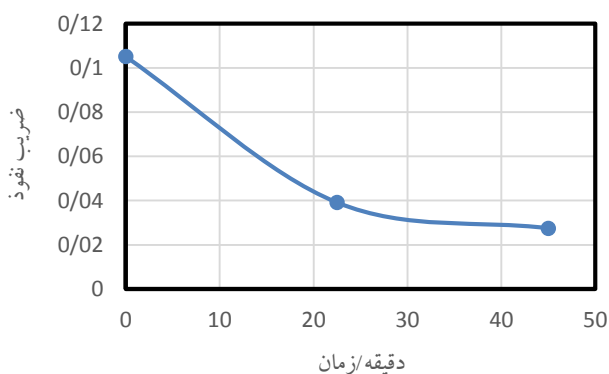
شکل (۲) محاسبه ضریب نفوذ آمیزه B با استفاده از معادله خط حاصل از داده های بخش ابتدای نمودار (۱)



شکل (۱) تغییرات درصد جذب در نمونه های BA و C

می توان ضریب نفوذ بدست آورد. بعلاوه این شکل نشان می دهد که انحراف از خط راست بسیار کم بوده و بنابر این شیب نمودار با دقت خوبی مقدار ضریب نفوذ را نتیجه می دهد.

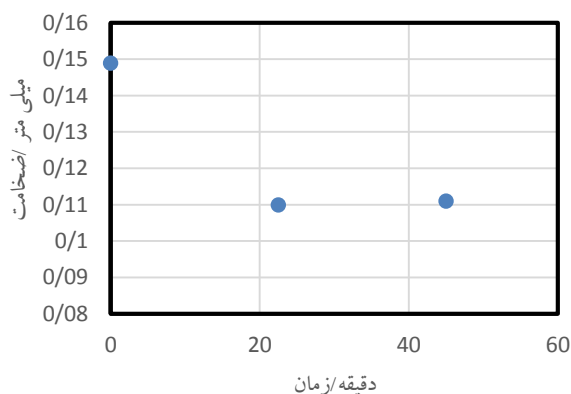
مقادیر ضریب نفوذ بدست آمده از این روش برای نمونه A محاسبه شده و در شکل (۴) رسم شده است. این نمودار نشانگر این است که با افزایش زمان اعمال فشار در پرس پخت ضریب نفوذ در ابتدا کاهش می یابد و پس از بیست دقیقه تقریباً ثابت باقی می ماند و بنابر این با توجه به این نتایج از این زمان به بعد می توان در فشار محیط، پخت را ادامه داد.



شکل (۴) تغییرات ضریب جذب در نمونه های BA و C

فشار حاصل از نفوذ مولکول های حلال قرار می گیرد.

شکل (۲) تغییرات ضخامت لایه لاستیک پخت شده را نشان می دهد همانگونه که مشاهده می شود ضخامت در نمونه A زیاد می باشد چرا که زنجیر ها در زمان تشکیل پیوند های عرضی تحت فشار نبوده و به دلیل خصوصیات الاستیکی خود می توانند حفره هایی را ایجاد کنند که نتیجه آن افزایش ضخامت لایه خواهد بود که این پدیده تاییدی بر روند مشاهده شده در شکل (۱) است.



شکل (۲) تغییرات ضخامت لایه لاستیکی در نمونه های BA و C

شکل (۳) نمودار در صد جذب مولی بر حسب جذر زمان می باشد و همانطور که بیان شد با کمک شیب آن



پنجمین سمینار شیمی کاربردی ایران

(IACS)

۹-۱۱ شهریور ۱۴۰۰، دانشکده علوم، دانشگاه شهید مدنی
آذربایجان



دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

نتیجه گیری

از نتایج بدست آمده می توان چنین نتیجه گرفت که اعمال فشار بر روی قالب مخصوصا در زمان های نخستین بسیار مهم می باشد چراکه از ایجاد خلل و فرج جلوگیری می کند. اما پس از مدتی که بخشی از پیوند های عرضی تشکیل شد می توان فشار روی قالب را برداشت.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از مسئولین شرکت کویر تایر و بویژه از جناب آقای مهندس ضیاء تبار، مدیر تکنولوژی این شرکت جهت همکاری صمیمانه شان کمال تقدیر و تشکر را داریم.

منابع

[۱] Rebello N. J., Beech H. K., Olsen B. D. Adding the Effect of Topological Defects to the Flory-Rehner and Bray-Merrill Swelling Theories, ACS Macro Lett., 10: 531-537(2021)

[۲] George S.C., Thomas S. Transport phenomena through polymeric systems, Prog. Polym. Sci., 26:985-1017(2001).

[3]. Okhrimenko L. S. The Vulcanization of Rubber under High Pressure, *Rub. Chem. Tech.* 33 (4): 1019-1028(1960).

[۴] نیک اختر علی، شیوا مهدی، یاسری نژاد محمد علی، نصیری عبدالعلی، بررسی اثرات ترکیب آمیزه بر رفتار تورمی محصول حاصل از ولکانش قطعه لاستیکی، دومین سمینار شیمی کاربردی ایران، ۵-۶ شهریور ۱۳۹۶.



The effect of pressing time in melding on the diffusion coefficient

Abstract:

polymer networks have attracted great commercial and academic interest in fields such as rubber tires. Tires are one of the main parts in a car. With this aim, in this study, the effect of pressure time on the diffusion coefficient of manufactured rubber was investigated. Inflation test was used to measure the diffusion coefficient. The results showed that the diffusion coefficient of samples decreased and then remained constant with increasing pressure time.

Keywords: Tyre, Pressur time, Diffusion Coefficion

*Corresponding author: anikakhtar@birjand.ac.ir