به نام آفریدگار پاک

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر

مهندسی صنایع پلیمر

گزارش کار آزمایشگاه شیمی فیزیک پلیمرها

گردآورنده: علیرضا خلیلی پور

شماره دانشجویی: ۸۷۰۶۵۲۷۲۰

سال تحصیلی: ۱-۱۳۹۱-۱۳۹۰

استاد: آقای رضا آقاجری موخر

گزارش کار آزمایشگاه شیمی فیزیک پلیمرها

آزمایش شماره ۱ (تعیین چگالی برای یک پلیمر)

سکشن: یک شنبه ۱۸-۱۶

استاد: آقاجری موخر

تهیه کنندگان:

محی الدین چم کوری ۸۶۸۱۶۰۱۰۱۰m

علی رضا خلیلی پور ۸۷۰۶۵۲۷۲۰

علی رضا کریم پور ۸۷۰۳۰۴۴۳۱

علی هنر کار ۸۷۰۳۰۴۴۵۴

آزمایش شماره‌ی اول (تعیین چگالی برای یک پلیمر) روز یکشنبه ۱۳۹۰/۰۷/۲۴

تئوری آزمایش:

برای تعیین چگالی از دو اصل استفاده می‌کنند.

۱- هروقت جامدی داشته باشیم که درون یک محلول یا یک حلال غوطه‌ور باشد، دانسیته جامد با دانسیته حلال و محلول برابری می‌شود.

۲- اگر دو سیال داشته باشیم و این دو سیال را با هم میکس کنیم به قسمی که حجم آن‌ها برابر با مجموع حجمی باشد (یعنی درصد میکس کردن تغییر حجمی نداشته باشد) حجم کل افزایش پیدا کند. یعنی حجم میکس برابر شود با

$$V_m = V_1 + V_2 \quad \text{حجم میکس}$$

از این کم‌تر یا بیش‌تر نشود. پس اگر حجم میکس برابر با مجموع حجمی شود در آن حالت دانسیته محلول (دانسیته میکس) برابری شود.

$$d_m = \phi_1 d_1 + \phi_2 d_2 \quad \text{فرمول دانسیته محلول}$$

ϕ_1 : کسر حجمی برای حلال اول

$$\phi_1 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} \quad \text{کسر حجمی}$$

$$\phi_2 \quad \frac{V_2}{V_1 + V_2}$$

۲: d_1 و d_2 درواقع همان دانسیته (چگالی) هستند.

نتیجه :

پس اگر یک مخلوط داشته باشیم که از دو حلال تشکیل شده باشد با این شرط که مجموع حجم‌شان برابر با حجم میکس شود، در این صورت از طریق این رابطه می توان دانسیته محلول را به دست آورد.

حال از این دو اصل استفاده می کنیم برای این که دانسیته پلیمر را به دست آوریم.

* روش تجربی

- لوازم آزمایش :

بشر - لوله ی آزمایش - ترازو - گرانول - متانول - آب مقطر - قطره چکان

- شرح آزمایش :

ابتدا لوله ی آزمایش را که درون آن گرانول می‌اندازیم را درون یک بشر می گذاریم و آن را وزن می کنیم و وزنی که به دست می آید به آن می گوییم g_1 . سپس یک محلولی که دانسیته اش از دانسیته ی گرانول کم تر است را اضافه می کنیم . پس چون دانسیته ی گرانول از دانسیته ی محلول بیشتر است ته نشین می شود و مجددا آن را وزن می کنیم و می شود g_2 .

اگر بخواهیم مقدار حلال یا وزن حلالی که اضافه کردیم را به دست آوریم ، g_1 را از g_2 کم می کنیم. در این صورت وزن مقدار حلالی را که اضافه کردیم به دست می آید. پس از طریق تفاضل این دو $g_{s1} = (g_2 - g_1)$ به دست می آید. یعنی g حلال اول

سپس یک فلاسی داده می شود که چگالی اش از گرانول بیشتر است و با قطره چکان قطره قطره اضافه می کنیم تا زمانی اضافه می کنیم که گرانول به شکل غوطه ور تبدیل شود و از آن جا به بعد دیگر اضافه نمی کنیم . حال می توان نتیجه گرفت که دانسیته گرانول طبق چیزی که گفته شد ، چون غوطه ور شده است برابر با دانسیته محلول می شود . بعد از این که غوطه ور شد دوباره آن را وزن می کنیم که می شود g_3 . حال اگر g_3 را از g_2 کم کنیم وزن حلالی که در مرحله ی دوم اضافه کردیم به دست می آید که می شود g_{s2} .

طبق چیزی که گفته شد دانسیته ی پلیمر برابر با دانسیته محلول می شود و با توجه به اصل دوم می توان دانسیته محلول را می یابد بدین که دانسیته محلول را ، d_1 و d_2 داده می شوند. (یعنی در واقع

دانسیته دو محلول داده می شود و ϕ_1 و ϕ_2 را باید محاسبه کرد، برای محاسبه ی ϕ_1 و ϕ_2 ، حجم ها را نیاز داریم.
حال که وزن ها را داریم باید حجم ها را به دست آوریم. با استفاده از فرمول دانسیته به شکل زیر

$$d = \frac{g \longrightarrow \text{وزن}}{V \longrightarrow \text{حجم}}$$

d ← density
دانسیته

با استفاده از این فرمول d را به دست می آوریم. V_s ها می شوند :

$$V_s = \frac{g_s}{d_s}$$

در آخر تمام داده ها را در فرمول $dm = \phi_1 d_1 + \phi_2 d_2$ قرار می دهیم و چگالی پلیمر به دست می آید

- داده ها و محاسبات :

$g_1 = 74,19\ gr$ وزن بشر، لوله، گرانول

$g_2 = 77,23 gr$ وزن بشر، لوله، گرانول، حلال (آب)

$g_{s_1} = 77,23 - 74,19 = 3,04\ gr$ وزن آب

$g_{s_2} = 80,11\ gr$ وزن بشر، لوله، گرانول، حلال اول (آب) و حلال دوم (متانول)

$g_{s_2} = g_2 - g_1 = 80,11 - 77,23 = 2,88\ gr$ وزن متانول

$$\text{دانسیته} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \quad , \quad d = \frac{g}{V}$$

$d_{\text{آب}} = 1\ \frac{gr}{cm^3}$, $d_{\text{متانول}} = 0,79\ \frac{gr}{cm^3}$

$$1 = \frac{3,04}{V} \longrightarrow V_1 = 3,04\ cm^3 \text{ آب}$$

$$0,79 = \frac{2,88}{V} \longrightarrow V_2 = 3,646\ cm^3 \text{ متانول}$$

$$\Phi_1 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{3,04}{3,04 + 3,646} = 0,454968\ cm^3$$

$$\Phi_2 = \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \frac{3,646}{3,04 + 3,646} = 0,545031\ cm^3$$

دانسیتی محلول $d = \Phi_1 d_1 + \Phi_2 d_2$

$$d = (0,454968)(1) + (0,545031)(0,79) = 0,88\ \frac{gr}{cm^3}$$

جواب سوالات مربوط به جلسه اول

آگر روش های دیگری که برای محاسبه دانسیته پلیمرها وجود دارد را بگویید ؟

روش های مختلف تعیین دانسیته پلیمر:

روش غوطه وری - استفاده از دنسیومتر - DSC (Differntial scaning Calorimeter).

راه تعیین دانسیته روش استفاده از ستون دانسیته gradiant density column است که جزییات آن در AS TMD آمده است. برای تعیین دانسیته در پلاستیک ها می توانند از استاندارد ISO 1183 استفاده کرد.

آیا رابطه ای بین ساختار و دانسیته پلیمر وجود دارد. اگر وجود دارد توضیح دهید ؟

با افزایش دانسیته ساختار پلیمر محکم تری شود و وقتی درصد بلور پلیمر زیاد شود، یعنی زنجیرهای پلیمر در کنار هم چیدمان مرتب تری پیدا می کنند و به همین دلیل در واحد حجم، تعداد بیشتری زنجیر می تواند در کنار هم قرار بگیرد به همین خاطر، جرم زنجیر قرار گرفته شده در واحد حجم از پلیمر بیشتر شده و دانسیته پلیمر افزایش پیدا می کند.

گزارش کار آزمایشگاه شیمی فیزیک پلیمرها

آزمایش شماره ۲ (اندازه گیری وزن مولکولی با استفاده از ویسکومتری برای محلول های رقیق)

سکشن: یک شنبه ۱۸-۱۶

استاد: آقاجری موخر

اعضای گروه:

محی الدین چم کوری ۸۶۸۱۶۰۱۰۱۰m

علیرضا خلیلی پور ۸۷۰۶۵۲۷۲۰

علیرضا کریم پور ۸۷۰۳۰۴۴۳۱

علی هنر کار ۸۷۰۳۰۴۴۵۴

جلسه‌ی دوم
۱۳۹۰/۰۸/۰۱

آزمایش شماره‌ی دوم (اندازه گیری وزن مولکولی با استفاده از روش ویسکوزیمتری برای محلول های رقیق)

- تئوری آزمایش:

محلول های رقیق محلول هایی هستند که شکل هر زنجیر در واقع مستقل از زنجیرهای دیگر است در محلول. یعنی شکل کلی زنجیر ناشی از ساختار خود زنجیر است. این برای زمانی است که غلظت خیلی کم باشد یا غلظت به سمت صفر میل می کند. یعنی خیلی زیر غلظت همپوشانی (C^*) باشد.

حال می خواهیم جرم مولکولی را برای چنین محلول هایی به دست آوریم.
برای محلول های رقیق از رابطه‌ی پویسله استفاده می شود تا ویسکوزیته را به دست آوریم.

رابطه‌ی پویسله:
$$\eta = \frac{\Delta P\ \pi r^4}{8 \bar{V} L} \cdot t$$

- ΔP: اختلاف فشار دو سر لوله
- r: شعاع
- L: طول لوله
- $\bar{V}$: حجم مخصوص
- t: زمان سقوط حلال

در واقع این رابطه اساسش براین است که یک لوله‌ی مویین را در نظر می گیریم که دو شاخص مشخص دارد و زمانی که مایع سقوط می کند یا مایع از شاخص بالایی به شاخص پایینی می رسد را اندازه گیری می کنند و براساس این رابطه ویسکوزیته اش را به دست می آورند.

حال برای محلول های رقیق معمولاً از ویسکوزیته‌ی نسبی استفاده می شود.

$$\eta_r = \frac{\eta_{solution}}{\eta_{solvent}} = \frac{t}{t_0}$$

- η_r: ویسکوزیته‌ی نسبی
- $\eta_{solution}$: ویسکوزیته‌ی محلول
- $\eta_{solvent}$: ویسکوزیته‌ی حلال خالص
- t: زمان سقوط محلول رقیق
- t_0: زمان سقوط حلال خالص

اما یک رابطه‌ی دیگر برای ویسکوزیته بیان شده است که به آن ویسکوزیته ویژه می گویند.

ویسکوزیته‌ی ویژه تعریف می شود:

$$\eta_{sp} = \frac{\eta_{solution} - \eta_{solvent}}{\eta_{solvent}} = \eta_r - 1$$

- η_{sp}: ویسکوزیته ویژه
- $\eta_{solution}$: ویسکوزیته‌ی محلول
- $\eta_{solvent}$: ویسکوزیته‌ی حلال

(۱)

یک رابطه‌ی دیگری نیز نیز وجود دارد به نام ویسکوزیته‌ی کاهش یافته

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} = [\eta] + K'[\eta]^2 \cdot c$$

ویسکوزیته‌ی کاهش یافته — ویسکوزیته‌ی ویژه — غلظت — ویسکوزیته‌ی ذاتی — ویسکوزیته‌ی ذاتی — غلظت

ویسکوزیته‌ی کاهش یافته از طریق رابطه‌ی های گینز تعریف شده است.

K': ثابتان است، ویسکوزیته ها مطلق داده می‌شوند و غلظت ها نیز مشخص هستند.

این معادله، یک معادله‌ی خط است که ویسکوزیته‌ی مطلق عرض از مبدأ آن است.

رابطه‌ی دیگری نیز وجود دارد به نام رابطه‌ی کرمیر.

این رابطه با معادله می‌گوید:

$$\frac{\ln \eta_r}{c} = [\eta] - K''[\eta]^2 \cdot c$$

این نیز یک معادله‌ی خط است که c یک متغیرش است و $\frac{\ln \eta_r}{c}$ متغیر دیگر است و عرض از مبدأ آن برابر با ویسکوزیته‌ی مطلق است.

ویسکوزیته‌ی مطلق برابر می‌شود:

$$\Longrightarrow [\eta] = \lim_{c \to 0} \frac{\eta_{sp}}{c} = \lim_{c \to 0} \frac{\ln \eta_r}{c}$$

ویسکوزیته‌ی مطلق — ویسکوزیته‌ی ویژه — غلظت — ویسکوزیته‌ی نسبی

این رابطه به ما می‌گوید که نقطه cشان به سمت صفر می‌رود و برابر با ویسکوزیته مطلق می‌شود.

رابطه‌ی مهم دیگری که نیز وجود دارد:

$$[\eta] = K M^a$$

ویسکوزیته مطلق — جرم مولکولی

M = وزن مولکولی (که داده خواهد شد)

K و a ثوابت معادله.

* تجربی :

- لوازم و مواد آزمایش :

تولوئن ۱درصد - محلول پلی استایرن

ویسکومتر آبلود - پیپت - پیپت پرکن - کرونومتر - بشر

- شرح آزمایش :

در این آزمایش می‌خواهیم ویسکوزیته‌ی مطلق را به دست آوریم و با استفاده از معادله بالا K و n را به دست می‌آوریم و ویسکوزیته‌ی مطلق را به دست می‌آوریم و در آخر جرم مولکولی را به دست می‌آوریم.

چگونه ویسکوزیته‌ی مطلق را به دست آوریم ؟

محلولی که داریم محلول ۱درصد پلی استایرن در تولوئن است. (پلیمری که داریم پلی استایرن است و حلال یا تولوئن است)

ویسکومتر آبلود که از آن برای اندازه‌گیری زمان سقوط محلول استفاده می‌کنیم دو شاخص دارد که وقتی از شاخص بالایی می‌گذرد یا این شاخص پایین می‌آید زمان‌ها را اندازه‌گیری می‌کنیم.

در ابتدا برای این که ویسکوزیته‌ی نسبی را به دست آوریم t_0 را نیاز داریم که t_0 زمان حلال خالص است. ۱۰ سی‌سی حلال خالص (تولوئن از شاخه‌ای که بزرگ‌تر این قطر را دارد در ویسکومتر می‌ریزیم. اما قبل از ۲ یا ۳ بار خالی می‌کنیم. پیپت پرکن را با لاستیکی که دو شاخص داریم می‌گذاریم و انگشت را خیس می‌کنیم تا انگشت بسیار و نار لوله‌ی کناری می‌گذاریم و با فشار دادن مایع را بالا می‌بریم و می‌گذاریم تا خط شاخص بالایی بیاید و پیپت پرکن را برمی‌داریم و وقتی که به شاخص پایین رسید با کرونومتر زمانی که به دست می‌آید t_0 است که برای حلال خالص می‌باشد. بعد حلال‌ها را در یک بشری که در آزمایشگاه بود خالی کردیم.

بعد از آن ۱۰ سی‌سی محلول یک درصد پلی استایرن می‌ریزیم. دقیقاً همان روش را انجام دادیم و بالا کشیدیم تا بالای خط شاخص برسد و انگشت را برداشتیم و زمان سقوط را اندازه گرفتیم، همین که به دست آمد t_1 می‌باشد و غلظتش برابر ۱٪ است.

رابطه‌ی غلظت :

$$C_1 = \frac{gr}{CC} = \frac{gr}{10\,CC} = \%0.1 \longrightarrow \text{از} = gr$$

ما در آزمایش ۱۰ سی سی برداشتیم و غلظت پلیمر ۰٫۵ گرم است و ۰٫۱۵ گرم پلیمر در این محلولی است که برداشتیم.

با استفاده از این t_1 را به دست می آوریم.

بعد از این که زمان را اندازه گیری کردیم و t_1 به دست می آمد، ۲ سی سی تولوئن (حلال خالص) را اضافه کردیم به ۱۰ سی سی پلیمر (پلی استایرن) و حجم ۱۲ سی سی شد. حال باید غلظت را به دست آوریم. غلظت کم نمی شود. چون گرم پلی استایرن (پلیمر) ثابت است. اما در واقع حلال را افزایش داده ایم. یعنی حجم را به جای این که ۱۰ سی سی باشد، ۱۲ سی سی کرده ایم. $\frac{0.1}{12cc}$ می شود غلظت جدید. پس:

$$C_2 = \frac{0.1 gr}{12\ cc}$$

در اینجا C_2 به دست آمد. باز همین امر را دوباره انجام می دهیم و زمان سقوط را برای این نیز به دست می آوریم که می شود t_2.

حال بعد از انجام این کار مجدداً ۲ سی سی تولوئن خالص که حلال است را اضافه می کنیم. حال غلظت جدید ما می شود:

$$C_3 = \frac{0.1}{14cc}$$

و مجدداً زمان سقوط را اندازه گیری می کنیم و t_3 به دست می آید.
برای این محلول جدید.

پس در واقع ۳ غلظت و ۳ زمان داریم. از طریق تقسیم هر زمان بر زمان حلال خالص ویسکوزیته ی نسبی به دست می آید.

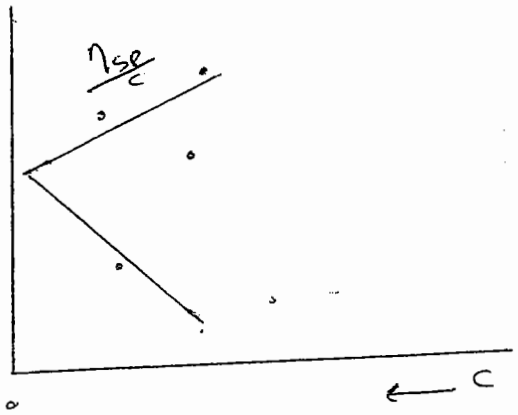
$$\eta_{r_1} = \frac{t_1}{t_0} \quad , \quad \eta_{r_2} = \frac{t_2}{t_1} \quad , \quad \eta_{r_3} = \frac{t_3}{t_2}$$

پس سه ویسکوزیته ی نسبی دست می آید. سه غلظت را نیز با عددی که گفته شد محاسبه می کنیم و $\frac{\ln \eta}{C}$ می شود سه نقطه و عرض از مبدأ آن ویسکوزیته ی مطلق است و یا اگر ویسکوزیته ویژه را بر غلظت تقسیم کنیم باز سه نقطه به دست می آوریم و عرض از مبدأ آن ویسکوزیته ی مطلق است. پس از این طریق می توان ویسکوزیته ی مطلق را به دست آورد. بعد از به دست آوردن ویسکوزیته ی مطلق ثوابت را برای پلی استایرن به دست

می آوریم و در آخر جرم مولکولی پلی استایرن را گزارش می کنیم.

از تقسیم هوزمان بر زمان اولیه ویسکوزیته نسبی به دست می آید.

t	η_r	c
۰		
۱		
۲		
۳		



- محاسبات و داده‌ها :

$t_0 = 124s$

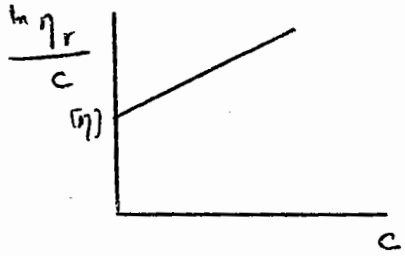
$t(s)$	$\eta_r = \frac{t}{t_0}$	c	$\frac{\ln \eta_r}{c}$	$\eta_{sp} = \eta_r - 1$	$\frac{\eta_{sp}}{c}$
۳۲۳	۲,۱۱۱۱	۰/۰۱	۷۴,۷۲۱	۱,۱۱۱۱	۱۱۱,۱۱
۲۴۸	۱,۷۵۱۴۳	$۸,۳۳۳ \times ۱۰^{-۳}$	۶۷,۲۴۸۳	۰/۷۵۱۴۳	۹۰,۲
۲۵۹	۱,۴۹۲۸	$۷,۱۴۲۹ \times ۱۰^{-۳}$	۵۳,۴۹۳۳	۰/۴۹۲۸	۹۴,۹۹۱

غلظت $(c) = \frac{gr}{cc}$

$۰/۰۱ = \frac{gr}{۱۰cc} \longrightarrow ۰/۱ gr$ میخواهیم

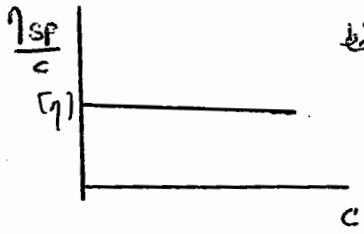
$c = \frac{۰/۱gr}{۱۲cc} = ۸,۳۳۳ \times ۱۰^{-۳}$

$c = \frac{۰/۱gr}{۱۴cc} = ۷,۱۴۲۹ \times ۱۰^{-۳}$



شیب خط $= ۴۴۴/۱۵۸۰۸۷$

عرض از مبدا : $۴۴/۵۹۳۸۷۰۳$



شیب خط $= ۵۳۳۰/۷۳۷۳۴$

عرض از مبدا $= ۵۳/۳۱۴۰۴۲۱$

$[\eta] = K M_r^{a}$

ثوابت مارک هاوینک $\begin{cases} a = ۰/۷۹ \\ K = ۴,۱۴ \times ۱۰^{-۳} \end{cases}$

(۲) $۵۳,۳۱۴۰۴۲۱ = ۴,۱۴ \times ۱۰^{-۳} M_r^{۰/۷۹} \longrightarrow \boxed{M_r = ۱۵۸۳۸۰/۴۷۷۲}$

گزارش کار آزمایشگاه شیمی فیزیک پلیمرها

آزمایش شماره ۳ (اندازه گیری شاخص حلالیت و وزن مولکولی محصول بین دو پیوند عرضی)

سکشن: یک شنبه ۱۸-۱۶

استاد: آقاجری موخر

اعضای گروه:

محی الدین چم کوری ۸۶۸۱۶۰۱۰۱۰m

علیرضا خلیلی پور ۸۷۰۶۵۲۷۲۰

علیرضا کریم پور ۸۷۰۳۰۴۴۳۱

علی هنر کار ۸۷۰۳۰۴۴۵۴

جلسه‌ی سوم
روز یکشنبه ۱۳۹۹/۰۸/۰۸

آزمایش سوم (اندازه‌گیری شاخص حلالیت و وزن مولکولی محصول بین دو پیوند عرضی)

- تئوری آزمایش

بحث این آزمایش در مورد پلیمرهای شبکه‌ای می‌باشد.

پلیمرهای شبکه‌ای از دو طریق به دست می‌آیند:

۱- مونومرا اولیه‌شان چندعاملی است. چون از چند جهت می‌توانند واکنش دهند و بعد از پلیمریزاسیون تقریبی یک پلیمر شبکه‌ای به ما می‌دهد.

۲- پلیمری که تولید می‌شود خطی است و توانایی پخت دارد. آن را پخت می‌کنیم و بعد از پخت شبکه‌ای می‌شود.

پلیمرهای شبکه‌ای مشخصه‌شان پیوندهای عرضی است. مقدار این پیوندها و طول این پیوندها در خواص فیزیکی و شیمیایی پلیمرها بسیار موثر است. اگر دانسیته پیوندها زیاد باشد یعنی تعداد پیوندها زیاد باشد زنجیرها کوتاه‌تری می‌شوند و بنابراین پلیمرها سخت‌تر می‌شوند. اما اگر تعدادشان کم باشد در واقع از دانسیته‌شان باز تر می‌شود و اگر درحد که پلیمر پخت نشده باشد، کاملاً خواصش با پلیمری که پخت شده است متفاوت است. به دلیل پیوندهای عرضی.

وقتی که یک پلیمر را در حلال می‌اندازیم اولین مرحله‌ای که اتفاق می‌افتد تورم است. یعنی زنجیرها متورم می‌شوند. اگر پلیمر شبکه‌ای باشد اولین مرحله نیز آخرین مرحله هم می‌باشد. یعنی مرحله تورم هم اولین مرحله و هم آخرین مرحله است. چون زنجیرها دیگر بیشتر از این نمی‌توانند از هم جدا شوند. چون از طریق پیوندهای عرضی به هم دیگر وابسته شده‌اند. یکی از شاخص‌هایی که هنگام انحلال مهم است، شاخص حلالیت است.

دو ماده که دارای شاخص حلالیت نزدیک به هم یا مثل هم باشند در هم دیگر انحلال پذیرند. برای پلیمرها شبکه‌ای که قابلیت انحلال ندارند می‌گوییم اگر شاخص انحلال پلیمر شبکه‌ای با حلال تقریبا یک هم باشد پلیمر را متورم می‌کند. پس هرچه پلیمرها شبکه‌ای تورم بیشتر می‌شود.

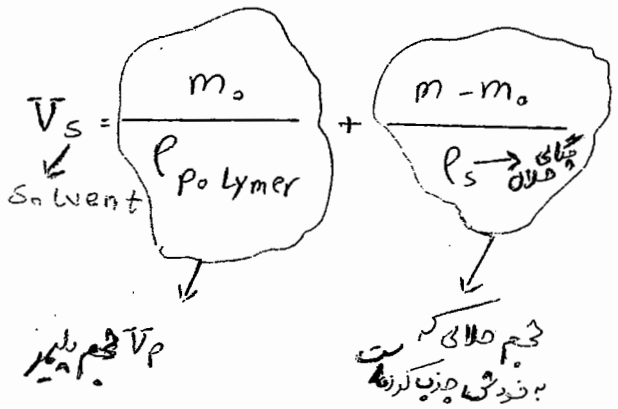
اولین رابطه‌ای که داریم میزان تورم است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q = \frac{m - m_0}{\rho_p \times m_0}$$

- m: جرم پلیمر بعد از این که در حلال انداختیم.
- $m - m_0$: جرم اولیه پلیمر
- m_0: جرم اولیه پلیمر
- ρ_p: چگالی پلیمر

پس این رابطه (رابطه‌ی صفحه‌ی قبل)، رابطه‌ای است که با استفاده از آن می‌توان میزان تورم را به دست آورد. طبیعتاً هر چقدر که m (بعد از این که پلیمر را در حلال انداختیم) بزرگ‌تر باشد Q بزرگ‌تر می‌شود.

رابطه‌ی بعدی، حجم تورم است:



$\frac{m_0}{\rho_{Polymer}}$ به ما حجم پلیمر را می‌دهد، $m-m_0$ مقدار حلالی است که جذب شده است (یعنی مقدار حلالی که پلیمر به خودش داده است)

(گفته که تقسیم بر دانسیته حلال می‌شود حجم حلال)

پس حجم پلیمر بعد از تورم می‌شود حجم اولیه‌اش بعلاوه حجم حلالی که به خودش جذب کرده است که از این راه به دست می‌آید.

اگر اجازه دهیم که پلیمر خیلی درون حلال بماند (به مدت یک شبانه روز)، بعد از یک مدتی افزایش حجم متوقف می‌شود و به یک تعادل ترمودینامیکی با حلالش می‌رسد. این تعادل بعد از مدت زمان زیادی است که پلیمر درون حلال باشد.

برای پلیمرهای شبکه‌ای این تعادل چگونه به دست می‌آید؟

$$-\left[\ln(1-c) + c + \chi c^2\right] = \left(\frac{\bar{V}\rho_p}{M_n}\right)\left(c^{\frac{1}{3}} - \frac{c}{2}\right)$$

- χ: ضریب برهم‌کنش پلیمر و حلال
- c: غلظت پلیمر
- ρ_p: چگالی پلیمر
- $\bar{V}$: حجم مولی
- M_n: وزن مولکولی
- سمت چپ: قدم انحلال (باعث کاهش انرژی سیستم شده)
- سمت راست: قدم الاستیسیته

توضیح:

قدم اول باعث انحلال می‌شود و انحلال یک فرآیندی است خود به خودی که باعث کاهش پتانسیل می‌شود. ولی اگر پلیمر شبکه‌ای باشد چون انحلال باعث تغییر شکل کلی پلیمر می‌شود، پلیمر شبکه‌ای چیزی دارد به نام الاستیسیته. الاستیسیته همیشه [illegible] تغییر شکل مقاومت می‌کند. این مقاومت باعث

باعث افزایش انرژی می‌شود.

پس انحلال باعث کاهش می‌شود و مقاومت در مقابل تغییر شکل به دلیل پیوندهای عرضی باعث افزایش می‌شود. پس از مدتی که این دو با هم به تعادل رسیدند یک تعادل ترمودینامیکی برقرار می‌شود. رابطه منفی قبل تعادل ترمودینامیکی بین حلال و پلیمر را نشان می‌دهد.

ترمی که منفی دارد باعث کاهش انرژی سیستم شده و همان ترمی است که باعث انحلال شده است.

ترمی که مثبت دارد ترم مربوط به الاستیسیته است.

پس بعد از این که مدت زیادی گذاشتیم بماند این دو ترم با هم مساوی می‌شوند.

هر پلیمر و حلالی یک χ (کایا) مخصوص به خود را دارد.

* تجربی:

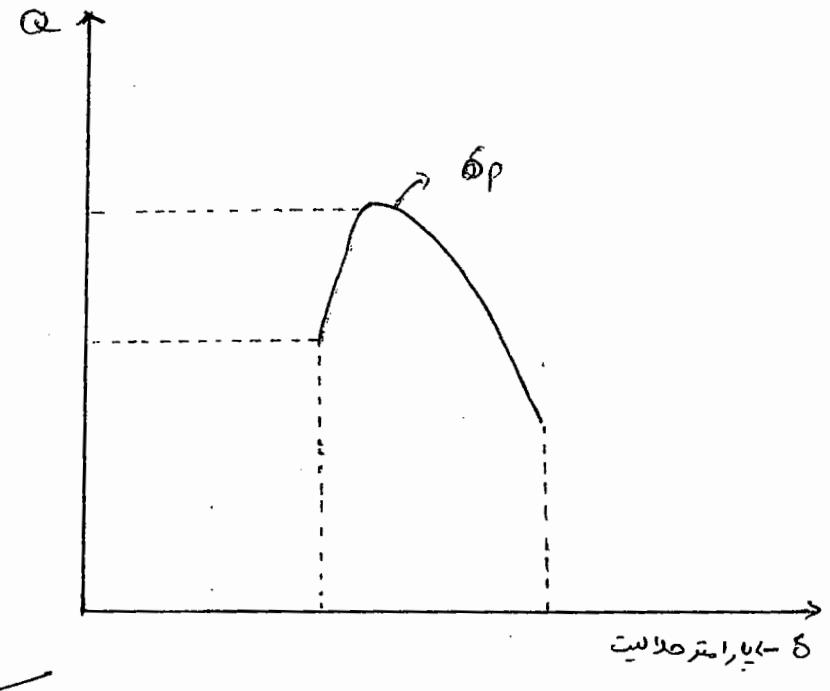
- لوازم و مواد آزمایش:

بشر - لاستیک SBR - پنس - ترازو (۴ رقم اعشار) - آب مقطر - کاغذ صافی - نرمال هگزان - تولوئن

- شرح آزمایش:

سه بشر داریم، پلیمری که استفاده می‌کنیم SBR است که یک لاستیک پخته شده می‌باشد. این را باید به سه شکل گوناگون (مکعبی - بیضی - مستطیلی) درآوریم و هر شکل مربوط به یک حلال است. بعد این شکل‌ها را به دقت وزن می‌کنیم و درون یک بشر می‌اندازیم. به بشر اول آب مقطر اضافه می‌کنیم تا جایی که آب مقطر بالای پلیمر برسد. به بشر دوم نرمال هگزان و به بشر سوم تولوئن می‌ریزیم. بعد از گذشت ده دقیقه تولوئن می‌ریزیم. بعد از گذشت ۱۰ دقیقه با پنس SBR‌ها را درمی‌آوریم و روی کاغذ صافی سطحش را می‌کشیم تا خشک شود و بعد آن را وزن می‌کنیم. بعد از وزن دوباره درون حلال می‌اندازیم و می‌گذاریم ۱۰ دقیقه بماند و مجدداً وزن می‌کنیم. بعد از وزن دوباره درون حلال می‌اندازیم و می‌گذاریم ۱۰ دقیقه بماند و دوباره وزن می‌کنیم.

t	m	Q	$\bar{V}_s$	C	m_{ax}
۱					
۲					
۳					
٤					

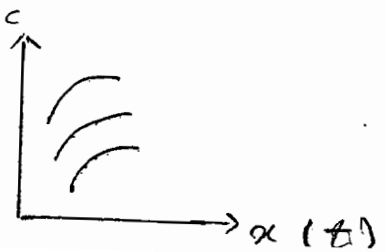


ماده‌ای که بیشترین تورم را ایجاد کرده شاخص حدالیتش را به‌عنوان شاخص حدالیت پلیمر گزارش می‌کنیم. پس برا
تورم فقط زمان‌های ۳۰ دقیقه را استفاده می‌کنیم.

مخلوط پلیمری

زمان‌هایی که در ۱۰، ۲۰، ۳۰ به دست آوردیم برای هر سه حلال، غلظت را در زمان‌های مختلف برا حلال
های مختلف به دست می‌آوریم. بعد گراف غلظت مخلوط پلیمری را براساس زمان برای هر سه حلال رسم
می‌کنیم. طبق رابطه‌ی زیر

$$C = \frac{m_0}{\rho_p \bar{V}_s} = \frac{\bar{V}_0}{\bar{V}_s} < 1$$



برای به دست آوردن m_s نمونه‌ای گرهای تولوئن است پس از ۲۴ ساعت وزن می‌کنیم و V_s را به دست می‌آوریم و هم چنین α را به دست می‌آوریم و λ (کاپا) را از روی هندبوک‌ها به دست می‌آوریم (برای SBR تولوئن کاپا (λ) را به دست می‌آوریم)

حجم مولی را برای تولوئن به دست می‌آوریم و در آخر m_α را گزارش می‌کنیم. (در ۴ تایم m_α را گزارش می‌کنیم)

محاسبه تورم دقیق آب : $Q = \frac{m - m_0}{\rho \times m_0}$

$m_0 = 1,2449\ gr$
$m_1 = 1,2501\ gr$
$m_2 = 1,24\ gr$
$m_3 = 1,2478\ gr$
$\rho = 1,043$

$Q = \frac{1,2501 - 1,2449}{1,043 \times 1,2449} = 0,0042$

$Q = \frac{1,24 - 1,2449}{1,043 \times 1,2449} = 0,0101$

$Q = \frac{1,2478 - 1,2449}{1,043 \times 1,2449} = 0,0234$

محاسبه تورم داخل نرمال شدن :

$m_0 = 0,4743\ gr$
$m_1 = 0,4744\ gr$
$m_2 = 0,4749\ gr$
$m_3 = 0,4747\ gr$

$Q = \frac{0,4744 - 0,4743}{1,043 \times 0,4743} = 0,0021$

$Q = \frac{0,4749 - 0,4743}{1,043 \times 0,4743} = 0,0121$

$Q = \frac{0,4747 - 0,4743}{1,043 \times 0,4743} = 0,0081$

محاسبه تورم در تونل :

$m_0 = 0,4708\ gr$
$m_1 = 1,2118\ gr$
$m_2 = 1,2947\ gr$
$m_3 = 1,2847\ gr$
$m_4 = 2,1270\ gr$

$Q = \frac{1,2118 - 0,4708}{1,043 \times 0,4708} = 1,5$

$Q = \frac{1,2947 - 0,4708}{1,043 \times 0,4708} = 1,68$

$Q = \frac{1,2847 - 0,4708}{1,043 \times 0,4708} = 1,66$

$Q = \frac{2,1270 - 0,4708}{1,043 \times 0,4708} = 3,37$

محاسبه Vs در حلال آب

$$Vs = \frac{m_0}{\rho_f} + \frac{m - m_0}{\rho_s}$$

$$Vs = \frac{۱,۲۴۴۹}{۱,۰۴۳} + \frac{۱,۲۵۰۱ - ۱,۲۴۴۹}{۱} = ۱,۲$$

$$Vs = \frac{۱,۲۴۴۹}{۱,۰۴۳} + \frac{۱,۲۴۹ - ۱,۲۴۴۹}{۱} = ۱,۲۰۸$$

$$Vs = \frac{۱,۲۴۴۹}{۱,۰۴۳} + \frac{۱,۲۴۸۲ - ۱,۲۴۴۹}{۱} = ۱,۲۴۱۷$$

محاسبه Vs درحلال نرمال گلیسرین

$$Vs = \frac{۰/۴۸۴۳}{۱/۰۴۳} + \frac{۰/۷۲۴۴ - ۰/۴۸۲۳}{۰/۴۵۹} = ۰/۷۴۲$$

$$Vs = \frac{۰/۴۸۴۳}{۱/۰۴۳} + \frac{۰/۷۵۵۹ - ۰/۴۸۲۳}{۰/۴۵۹} = ۰/۷۷$$

$$Vs = \frac{۰/۴۸۲۳}{۱/۰۴۳} + \frac{۰/۷۷۳۷ - ۰/۴۸۲۳}{۰/۴۵۹} = ۰/۸$$

محاسبه Vs درحلال تولوئن

$$Vs = \frac{۰/۹۷۰۸}{۱/۰۴۳} + \frac{۱/۴۱۱۸ - ۰/۹۷۰۸}{۰/۸۹۹۹} = ۱/۲۰۹$$

$$Vs = \frac{۰/۹۷۰۸}{۱/۰۴۳} + \frac{۱/۳۹۴۷ - ۰/۹۷۰۸}{۰/۸۹۹۹} = ۱/۴۲$$

$$Vs = \frac{۰/۹۷۰۸}{۱/۰۴۳} + \frac{۱/۵۲۸۹ - ۰/۹۷۰۸}{۰/۸۹۹۹} = ۱/۵۷$$

$$Vs = \frac{۰/۹۷۰۸}{۱/۰۴۳} + \frac{۲/۴۸۹ - ۰/۹۷۰۸}{۰/۸۹۹۹} = ۲/۹۱$$

محاسبه C در حلال آب

$$C = \frac{M_0}{\rho_S \sqrt{S}}$$

$$C = \frac{1,2449}{1 \times 1,2} = 1,04$$

$$C = \frac{1,2449}{1 \times 1,208} = 1,032$$

$$C = \frac{1,2279}{1 \times 1,217} = 1,025$$

محاسبه C در حلال نرمال هگزان

$$C = \frac{0,4523}{0,459 \times 0,722} = 1,365$$

$$C = \frac{0,4523}{0,459 \times 0,7} = 1,328$$

$$C = \frac{0,4543}{0,459 \times 0,8} = 1,279$$

محاسبه C در حلال تولوئن

$$C = \frac{0,9508}{0,8449 \times 1,209} = 0,93$$

$$C = \frac{0,9508}{0,8449 \times 1,24} = 0,91$$

$$C = \frac{0,9508}{0,8449 \times 1,25} = 0,91$$

$$C = \frac{0,9508}{0,8449 \times 2,91} = 0,38$$

گزارش کار آزمایشگاه شیمی فیزیک پلیمرها

آزمایش شماره ۴ (اندازه گیری ویسکوزیته برای محلول های غلیظ)

سکشن: یک شنبه ۱۸-۱۶

استاد: آقاجری موخر

گروه شماره ۲

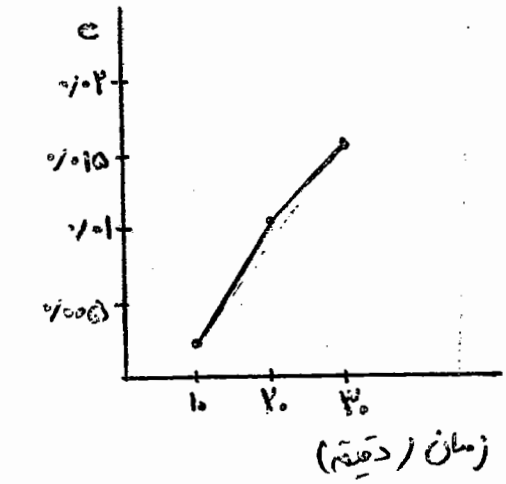
اعضای گروه:

محی الدین چم کوری ۸۶۸۱۶۰۱۰۱۰m

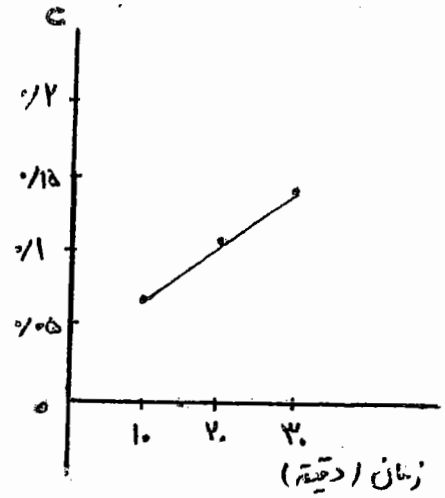
علیرضا خلیلی پور ۸۷۰۶۵۲۷۲۰

علیرضا کریم پور ۸۷۰۳۰۴۴۳۱

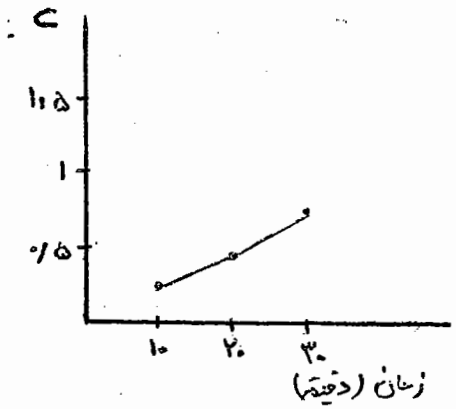
علی هنر کار ۸۷۰۳۰۴۴۵۴



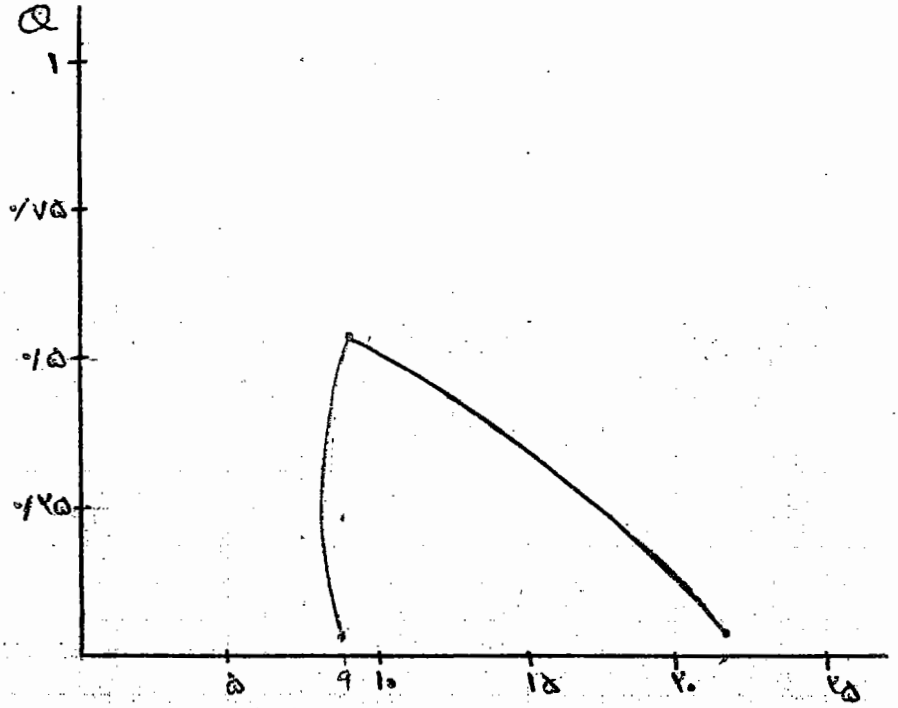
SBR در حلال آب



SBR در حلال نرمال هگزان



SBR در حلال تولوئن



پارامتر حلالیت (δ)

نمودار فوق بر حسب پارامتر حلالیت

چون SBR در حلال تولوئن بیشترین میزان تورم را دارد پارامتر حلالیتش $\delta = 8.9 \left(\frac{Cal}{Cm^3}\right)^{\frac{1}{2}}$ را می‌توان برابر پارامتر حلالیت SBR در نظر گرفت

$$\begin{cases} \delta_{\text{آب}} = 23.4 & \left(\frac{Cal}{Cm^3}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \delta_{\text{نرمال هگزان}} = 9.1 & \left(\frac{Cal}{Cm^3}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \delta_{\text{تولوئن}} = 8.9 & \left(\frac{Cal}{Cm^3}\right)^{\frac{1}{2}} \end{cases}$$

$$-\left[\ln(1-c) + c + \chi c^2\right] = \left(\frac{V\rho_p}{Mc}\right)\left(c^{\frac{1}{3}} - \frac{c}{2}\right)$$

$$-\left[\ln(1-0.38) + 0.38 + (0.38)^2\right] = \left(\frac{1.043 \times 3332}{Mc}\right)\left[(0.38)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{0.38}{2}\right)\right]$$

$$\rightarrow Mc = 291.26$$

جلسه چهارم
۱۳۹۰/۰۸/۱۵

آزمایش چهارم (اندازه‌گیری ویسکوزیته برای محلول های رقیق):

- تئوری:

وقتی غلظت نزدیک به غلظت همپوشانی (c^*) عواملی مثل جرم مولکولی زنجیر، توزیع جرم مولکولی زنجیر و ماهیت زنجیری که شاخه‌ای یا خطی یا شبکه‌ای (cross linking) باشد باعث تغییر در ویسکوزیته می‌شود.

وقتی بحث از محلول های پلیمری می کنیم دو عامل دیگر مهم است:

۱- حلال (پلیمری را باید در حلالی حل کنیم که کاملاً اختلاط پذیر باشد تا زنجیرها از هم باز شوند)

۲- دما (بعضی از خواص دارهای خاری براساس دما رسم می‌شوند)

باید در دمایی کار کنیم که بیش‌ترین اختلاط پذیری را دارد برای سیستم وقتی بحث در مورد محلول پلیمری می‌شود بیشتر بحث در مورد محلول ها غیر نیوتنی است. در محلول های نیوتنی سرعت برش اهرم ویسکوزیته موثر است. یعنی برای مقایسه ویسکوزیته دو محلول، اولاً باید در حلال های مناسب هر دو را حل کرده باشیم و بعد باید دردماها مناسب باشند و سرعت برشی باید برای هر دو یکسان باشد.

ماهیت بروکفیلد:

یک موتور است که یک سری اهرم که به آن اسپیندل می گویند به موتور وصل می‌شود و یک سرعت برشی به دستگاه می‌دهیم و دستگاه برای این که اهرمش را با سرعت برشی که ما دادیم بچرخاند باید یک گشتاور به پیچش اعمال کند. یعنی یک گشتاور به اهرمش بدهد. هرچه قدر مایع ویسکوزیته‌اش بالاتر باشد در نتیجه گشتاور بیشتری می خواهد و بالعکس. هرچقدر ویسکوزیته کم‌تر باشد در نتیجه ویسکوزیته ی کم‌تری می خواهد. براساس همین اصل ویسکوزیته را اندازه می گیرند.

$$\text{تنش برشی } \tau = \frac{2t}{\pi D^2 L}$$

(t: گشتاوری که می خواهیم با آن سرعت دستگاه را بسنجیم)

(D: قطر اسپیندل، L: طول اسپیندل)

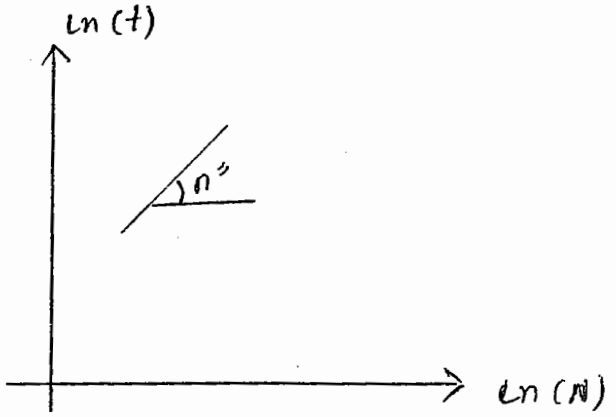
✓ دستگاه چندین اسپیندل دارد. با توجه به آن ویسکوزیته، اسپیندل مناسب را می گذاریم.

RPM (سرعتی) که به دستگاه می دهیم.

$$\frac{dw}{dt} = \frac{4\vec{N}\ T}{n''}$$

n'' از معادله زیر به دست می آید.

$$n'' = Slop\ \ of\ \frac{Ln(t)}{Ln(N)}$$



پس چند N به دستگاه می دهیم یعنی چند دور تعریف می کنیم به دستگاه و دستگاه به ما چند گشتاور می دهد. بعد از نقطه ها Ln گیری می کنیم و Ln t براساس Ln (N) را رسم می کنیم که شیب نمودار می شود n'' و n'' به دست می آید. بعد از به دست آمدن n'' می توان سرعت برشی را محاسبه کرد و در نتیجه، ویسکوزیته را به دست می آوریم. از طریق رابطه ی زیر:

$$M = \frac{T \longrightarrow \text{تنش برشی}}{\left(\frac{dw}{dt}\right) \longrightarrow \text{سرعت برشی}}$$

$$D = 1$$

$$L = 20$$

دو نوع بروکفیلد داریم در اینجا:

یکی از آن ها سرعت اش ثابت است که به ما ویسکوزیته را می دهد. یک نوع بروکفیلد دیگر داریم که آن جابجایی گران تر است و با آن می توان تست های متعدد انجام و هم چنین می توان تست های رئولوژیکی انجام داد.

✓: محلول هایی که داریم محلول های پلی استایرن در تولوئن هستند. غلظت ۱۴٪ ۱۸٪ ۲۰٪

محلول ۱۴٪ پلی استایرن

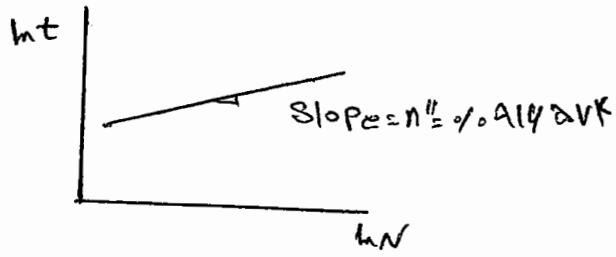
N	t	n''	$\frac{d\omega}{dt}$	τ	μ
۱۰۰	۱۳۰	۰/۹۱۴۵۷۴	۱۳۷۱۰/۱۵۳۹۱	۴۱۳۸۰۲۸۵۲۰	۳۰۱۸۲۲/۱۷۸۴
۷۰	۱۳۵	۰/۹۱۴۵۷۴	۸۲۲۷/۰۹۲۳۵	۴۲۹۷۱۸۳۴۷۳	۵۲۲۳۸۴/۵۳۹۴
۵۰	۱۳۹	۰/۹۱۶۵۷۴	۴۸۵۵/۰۷۷۹	۴۴۲۴۵۰۷۴۱۸	۶۴۵۴۳۵/۱۳۵۳

$$\tau = \frac{\pi t}{\pi D^2 L} \quad \begin{cases} D = 1mm \\ L = 20mm \end{cases}$$

$$\tau = \frac{(2 \times 130)}{\pi (1\times10^{-3})^2 \times 2\times10^{-2}} = 413805250$$

$$\tau = \frac{(2 \times 135)}{\pi (1\times10^{-3})^2 \times 2\times10^{-2}} = 4297\,183\,473$$

$$\tau = \frac{(2 \times 139)}{\pi \times (1\times10^{-3}) \times 2\times10^{-2}} = 44225075418$$



$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{4N\pi}{n''}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{400\pi}{0.914574} = 13710.15391$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{4\times70\pi}{0.914574} = 8224.09235$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{4\times50\pi}{0.914574} = 4385.0779$$

$$\mu = \frac{\tau}{\left(\frac{du}{dt}\right)}$$

$$\mu = \frac{\text{۶۱۳۸.۲۸۵۲۰}}{\text{۱۳۷۱۰/۱۵۳۹۱}} = \text{۳۰.۱۸۲۲/۱۷۸۴}$$

$$\mu = \frac{\text{۶۲۹۷۱۸۳۶۹۳}}{\text{۸۲۲۹۰۹۲۳۵}} = \text{۵۲۲۳۸۴/۵۳۹۴}$$

$$\mu = \frac{\text{۶۶۲۲۶۵۰۷۶۱۸}}{\text{۹۸۵۵/۰۷۷۹}} = \text{۶۶۵۶۳۵/۱۲۵۳}$$

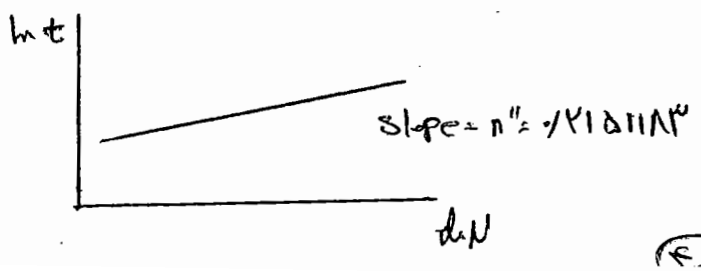
محلول ۲۰٪ بلی استرین

N	t	n''	τ	$\frac{du}{dt}$	μ
۵۰	۳۹۰	۰/۲۱۵۱۱۸۳	۱,۲۶۱۶۲۱۲۱۰^۱۰	۲۹۲۰/۸۰۶۷۶۹	۶۲۵۰۲۲۲/۱۹۵
۹۰	۳۷۵	۰/۲۱۵۱۱۱۸۳	۱,۱۹۳۹۹۲۲۱۰^۱۰	۳۵۰۶/۹۹۵۵۷۹	۳۶۰۵۹۳۱/۱۹۳

$$\tau = \frac{۲۰}{\pi D^2 L}$$

$$\tau = \frac{۲ \times ۳۹۰}{\pi (۱\times۱۰^{-۳})^۲ \times ۲۰\times۱۰^{-۳}} = ۱,۲۶۱۶۲۱\times۱۰^{۱۰}$$

$$\tau = \frac{۲\times۳۵۵}{\pi (۱\times۱۰^{-۳})^۲ \times ۲۰\times۱۰^{-۳}} = ۱,۱۹۳۹۹۲\times۱۰^{۱۰}$$



$$\frac{du}{dt} = \frac{4N\pi}{n''} -$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{4 \times 50\pi}{\%\ 21 \cdot 11 A^2} = 2490.18.44\ 49$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{4 \times 70\pi}{\%\ 21 \cdot 21\ 1N^2} = 350.4,44\ 55V9$$

$$\mu = \frac{\tau}{\left(\frac{du}{dt}\right)}$$

$$\mu = \frac{1,24\ 4\ 1\ 4\ 1 \times 10^{10}}{2490.18.44\ 49} = 4250.2\ 44/\ 1\ 99$$

$$\mu = \frac{1,1\ 9\ 3\ 44\ 4 \times 10^{10}}{350.4,44\ 55V9} = 34.05\ 43\ 1,\ 14^2$$

(16)

(a)