

# تهیه کوپلیمرهای امولسیون وینیل استات - وینیل کلرید

## Emulsion Copolymerization of Vinylchloride - Vinylacetate

محمد حسین رفیعی فنود، قدیر ناعمی

دانشگاه تهران، دانشکده علوم، گروه شیمی

واژه‌های کلیدی:

کوپلیمر، وینیل استات، وینیل کلرید، امولسیون، گرانروی، سنجی

چکیده

هفت نمونه از کوپلیمرهای امولسیون وینیل استات - وینیل کلرید در دمای ۵۰ تا ۶۰°C و زمان واکنش ۶ تا ۱۵ ساعت تهیه شد. از آمونیم پرسولفات به عنوان آغازگر و از مخلوط سدیم لاوریل سولفات و پلی (اتیلن اکسید - پروپیلن اکسید) به نسبت وزنی مساوی به عنوان امولسیون کننده استفاده شد. بازده واکنش ۷۱ تا ۸۴٪ بود. ساختار مولکولی با طیف بینی FT-IR و توزیع وزن مولکولی با GPC بررسی شد.

مقدمه

در ایران سالانه حدود ۴۰ هزار تن هومو پلیمر وینیل استات و کوپلیمرهای امولسیونی آن با بوتیل اکریلات، دی بوتیل مالئات و وینیل استرورساتیک اسید ۱۰ (Vinylester Versatic acid 10) با نام تجاری واووا تولید می شود که در صنایع چسب سازی، رنگسازی و نساجی به مصرف می رسند. هر سه مونومر یاد شده که با وینیل استات، VAC، به کار می روند از وینیل کلرید، VC، گرانترند و در داخل کشور تولید نمی شوند. برنامه‌ای هم برای تولید آنها نیست. در حالی که تولید VC (۳۰۰ هزار تن در سال) و VAC (۳۰ هزار تن در سال) جزء طرحهای تولیدی پتروشیمی کشور است و در حال حاضر سالانه رقمی حدود ۱۰ میلیون دلار ارز برای واردات مونومرهای یاد شده از کشور خارج می شود. در جدول ۱ قیمت این مونومرها ارائه شده است.

هدف این طرح تولید کوپلیمرهای امولسیونی VC-VAC است که در صنایع چسب سازی و رنگسازی بتواند جایگزین کوپلیمرهای پیش گفته شود و گامی در جهت کاهش وابستگی باشد. کاربرد عمده کوپلیمرهای تعلیقی این دو مونومر در صنایع کفپوش، پوششهای محافظ، صفحه گرامافون، نوار عایق بندی و تخته‌های جاذب صدا (acoustic) است.

[1-5]. قابل توجه است که در حال حاضر تنها برای صنایع کفپوش سالانه رقمی حدود ۵ هزار تن کوپلیمر یاد شده به صورت پودر وارد و مصرف می شود که با توجه به روند روبه رشد سازندگی در کشور این رقم افزایش خواهد یافت.

جدول ۱ - قیمت مونومرهای مصرفی در کوپلیمرهای وینیل استات (در سال ۱۹۹۰)\*

مونومر	قیمت هر کیلو (دلار)
بوتیل اکریلات	۲/۵۵
دی بوتیل مالئات	۱/۷
واووا	۲/۶
وینیل استات	۱/۱
وینیل کلرید	۰/۴۶

\* این قیمتها از طریق واحد بازرگانی شرکت کیمیدارو ارائه شده است.

در این طرح، برای نخستین بار از مخلوط سدیم لاوریل سولفات و پلی (اتیلن اکسید - پروپیلن اکسید) به عنوان امولسیون کننده و آمونیم پرسولفات به عنوان آغازگر استفاده شده است. امولسیون کننده یاد شده ارزان است و خاصیت ضد کف دارد.

تجزیه

مواد و تجهیزات

از وینیل استات (یونیون کارباید) پس از تقطیر استفاده شد. ۱، ۲، - دی کلرواتان (مرک)، آمونیم پرسولفات (دگوسا)، سدیم لاوریل سولفات

Key Words: copolymer, vinylacetate, vinylchloride, emulsion, viscometry

که در آن  $h$  عمق عدسی، ضخامت ورق عدسی و  $T$  قطر عدسی ظرف و واکنش و  $P$  فشار داخلی است.  $S$  حداکثر تنش مجاز که بستگی به نوع ورق و جنس آن دارد، برای فولاد ضد زنگ ۳۱۶ در محدوده عملیات، ۱۲۷۵ اتمسفر است.  $E$  راندمان جوش (نسبت کنترل جوشکاری با وسایل دقیق به حد استاندارد) که با توجه به روش ساخت دستگاه برابر ۰/۸۵ در نظر گرفته شد.

$$h = 26/6 = 4/3 \text{ cm}$$

$$t = 8/5 \times 26 / (2 \times 1275 \times 0/85 - 0/2 \times 8/5) = 0/102 \text{ cm}$$

بدین ترتیب عمق عدسی و حداقل ضخامت ورق کف و درب ظرف و واکنش به دست می آید. ضخامت پوسته استوانه ظرف و واکنش از رابطه زیر محاسبه می شود [8]:

$$t = PT/2 (SE - 0/1P)$$

$$t = 8/5 \times 26 / (2 \times 1275 \times 0/85 - 0/6 \times 8/5) = 0/102 \text{ cm}$$

هنگام اتصال ژاکت به بدنه با جوشکاری احتمال دارد که تغییراتی در مقاومت ورق پدید آید، از این رو به جای ورق  $1/02 \text{ mm}$  برای اطمینان بیشتر از ورق  $2 \text{ mm}$  برای ساخت ظرف و واکنش استفاده شد. مقدار فشار طراحی و عملیاتی جدید به صورت زیر محاسبه می شود:

برای کف و درب ظرف و واکنش:  $P = 2SEt/(T + 0/2t)$

$$P = 2 \times 1275 \times 0/85 \times 0/2 / (26 + 0/2 \times 0/2) = 16/6 \text{ atm}$$

برای پوسته استوانه ظرف و واکنش:

$$P = 2SEt/(T + 1/2t)$$

$$P = 2 \times 1275 \times 0/85 \times 0/2 / (26 + 1/2 \times 0/2) = 16/5 \text{ atm}$$

با توجه به حداکثر فشار محاسباتی، فشار عملیاتی  $11/5$  اتمسفر خواهد شد. به علت ویسکوز بودن پلیمر و نیز برای جلوگیری از رسوب کردن لایه های کopolymer روی جداره درونی ظرف و واکنش، معمولاً از یک نوع همزن پارویی استفاده می شود. مشخصات استاندارد این گونه همزنها به شرح زیر است [9]:

$$0/9 \leq D/T \leq 0/98$$

$$b/D \approx 0/1$$

$$0/75 \leq Lv/T \leq 0/1$$

که در آن  $T$  قطر ظرف و واکنش،  $D$  قطر خارجی همزن،  $b$  پهنای تیغه و  $Lv$  ارتفاع همزن است. مقادیر  $D$ ،  $b$  و  $D$  قطر داخلی همزن، به ترتیب زیر محاسبه می شود:

$$D \approx 0/92T = 0/92 \times 26 = 24 \text{ cm}$$

$$b \approx 0/1D = 0/1 \times 24 = 2 \text{ cm}$$

$$D = D - 2b = 24 - 4 = 20 \text{ cm}$$

(هنگل)، پلی (اتیلن اکسید - پروپیلن اکسید)، سدیم وینیل سولفونات و سدیم کربنات (هوخست) به همان صورت تجارتهی مورد استفاده قرار گرفتند. گرانروی سنجی با استفاده از یک گرانروی سنج نوع ابلود (ubbelohd) در حلال تراهایدروفروران (THF) و در دمای  $25^\circ\text{C}$  انجام شد. طیف بینی FT-IR با یک دستگاه بروکر (Bruker IFS-88) و کروماتوگرافی ژل تراوا، GPC، با استفاده از یک سیستم کروماتوگرافی (Waters 150C Millipore)، حلال THF و در دمای  $30^\circ\text{C}$  انجام گرفت. در این سیستم حجم تزریقی  $100 \mu\text{L}$ ، آشکارساز از نوع ضریب شکستی و طول ستونهای آن  $10000$ ،  $500$ ،  $1000$ ،  $100000$  و  $1000000^\circ\text{A}$  است. از منحنی استاندارد پلی استیرن برای درجه بندی استفاده شد. ظرف و واکنش کopolymer شدن ابتدا طراحی و با توجه به محدودیتها و امکانات موجود ساخته شد.

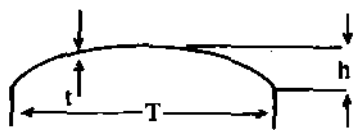
### طراحی و ساخت ظرف و واکنش

به علت گازی بودن وینیل کلرید در دمای اطاق، واکنش زیر فشار صورت می گیرد. برای طراحی دستگاه کopolymer شدن آزمایشگاهی حجم مفید ظرف و واکنش  $12 \text{ L}$  در نظر گرفته شد. در عمل  $0/15$  حجم مفید را به حجم ظرف و واکنش می افزایند تا حجم کل ظرف به دست آید که بدین ترتیب حجم کل  $13/8 \text{ L}$  خواهد شد [6]. به علت محدودیت دستگاه غلتک در کارخانه سازنده، ارتفاع و قطر ظرف و واکنش مساوی در نظر گرفته شد. در نتیجه ابعاد ظرف به صورت زیر محاسبه می شود [7]:

$$V = \frac{\pi T^2}{4} z \quad V = \pi T^2/4$$

$$T = Z = (4V/\pi)^{1/2} = 26 \text{ cm}$$

که در آن  $V$  حجم کل،  $T$  و  $Z$  به ترتیب قطر و ارتفاع ظرف و واکنش است که  $26 \text{ cm}$  محاسبه شد. با توجه به میزان مونومرها و دمای واکنش فشار عملیاتی  $6/5$  اتمسفر در نظر گرفته شد. از آنجا که برای طراحی باید فشار  $30\%$  بیشتر باشد [7]، فشار محاسبه شده برای دستگاه  $8/5$  اتمسفر خواهد شد. همچنین به علت زیر فشار بودن دستگاه، لازم است کف و درب ظرف و واکنش با انحنا و به صورت عدسی ساخته شود تا بتواند فشارهای داخلی را به خوبی تحمل کند. با توجه به شکل این نوع عدسیها، محاسبه فشار و ضخامت مجاز در آنها به شرح زیر است [8]:



$$h = T/6$$

$$t = PT/(2SE - 0/2P)$$

$$P = 2SET/(T + 0/2t)$$

از طریق شیلنگ فشار قوی متصل به انتهای چگالنده به ارلن غوطه‌ور در الکل  $60^{\circ}\text{C}$  - هدایت و جمع آوری می‌شود. بازده واکنش بیش از ۹۰٪ است.

#### انتقال وینیل کلرید به ظرف واکنش

ابتدا مقادیر لازم آب، امولسیون کننده، بافر، پایدارکننده امولسیون و آغازگر به ظرف واکنش انتقال می‌یابد. وینیل کلرید در دمای آزمایشگاه تقطیر شده و در یک پمپ دستی (از جنس فولاد ضد زنگ به طول ۲۳۰ و قطر ۴۰ mm) که درون الکل  $60^{\circ}\text{C}$  - شناور است جمع آوری می‌شود. هوای درون ظرف واکنش با جریانی از نیتروژن خالص خارج می‌گردد. آن گاه، توسط جریان آب سرد در جداره بیرونی دمای ظرف واکنش تا  $10^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یابد. پس از اعمال فشار ۰/۱۴ اتمسفر توسط پمپ خلاء برقی، مونومر وینیل استات و سپس وینیل کلرید (به وسیله پمپ دستی) به ظرف واکنش تزریق می‌شود. در ابتدا فشار آن به ۴ تا ۶ اتمسفر می‌رسد که با پیشرفت واکنش فشار به یک اتمسفر تقلیل می‌یابد. شرایط آزمایشهای انجام شده در جدول ۲ آمده است.

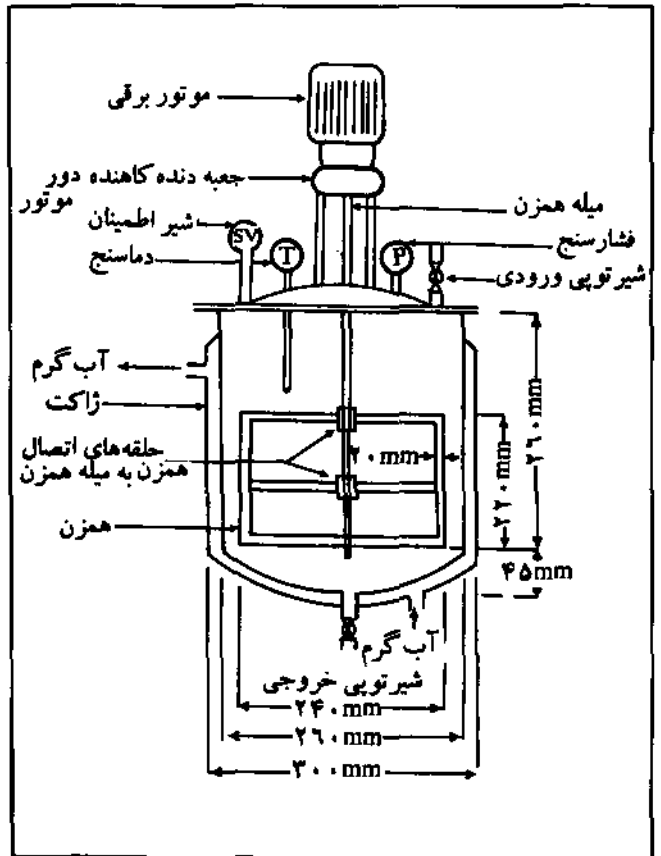
پس از اندازه‌گیری مقدار کopolیمر تشکیل شده (برای محاسبه بازده واکنش) برای تعیین عدد اسیدی (جهت محاسبه میزان درجه آبکافت عامل استات) و درصد مونومر وینیل استات باقیمانده، مقدار کافی متانول به شیرابه حاصل از کopolیمر شدن اضافه می‌شود. رسوب به کمک دستگاه مرکزگریز جداسازی و پس از شستشوی با متانول و آب مقطر، در کوره خلاء (به مدت ۱۲ تا ۱۸ hr در  $40^{\circ}\text{C}$ ) خشک می‌شود.

#### شناسایی کopolیمر

۱- آزمایش انحلال پذیری برای نفی هومولپلیمر شدن: بودر خشک شده در استون به خوبی حل می‌شود و محلول کاملاً شفاف به دست می‌آید. چون پلی وینیل کلرید در استون حل نمی‌شود، شفافیت محلول دلیل نبود هومولپلیمر وینیل کلرید است. همچنین کopolیمر حاصل در متانول کاملاً نامحلول است و از آنجا که متانول حلال پلی وینیل استات است نتیجه می‌شود که در این آزمایش هومولپلیمر وینیل استات نیز تشکیل نشده است.

۲- تعیین درصد مونومرها: کopolیمر ابتدا با حجم معین و اضافی محلول پتاس الکیلی با غلظت مشخص آبکافت (هیدرولیز) قلیائی می‌شود. در این فرایند، استخلاف کلر تنها به طور بسیار جزئی توسط گروه هیدروکسی جایگزین می‌شود. ولی، در زنجیر کopolیمر حاصل از آبکافت تمام گروههای استری آبکافت می‌شوند. سپس پتاس اضافی با محلول استاندارد سولفوریک اسید تیترو می‌شود. در انتها نیز محلول نمک کلرید توسط محلول نقره نترات با غلظت معین تیترو می‌شود. تکرار این آزمایش با نمونه شاهد که فاقد کopolیمر است برای هر دو تیتراسیون، اسید سنجی

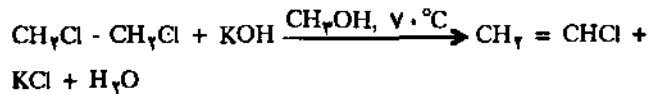
ظرف واکنش دوجداره و به طور کامل از جنس فولاد ضد زنگ ۳۱۶ و همچنین مجهز به همزن برقی آب بند شده، دماسنج، فشارسنج، شیرهای ورودی و خروجی و شیر اطمینان است. تمام جداره خارجی با پشم شیشه عایق بندی می‌شود. دمای ظرف واکنش توسط جریان آب در جداره بیرونی کنترل می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱ - طرح ظرف واکنش برای کopolیمر شدن امولسیون وینیل استات - وینیل کلرید

#### تهیه وینیل کلرید

وینیل کلرید گازی سمی با نقطه جوش  $4^{\circ}\text{C}/13$  - است که به همین علت حمل و نقل آن بسیار مشکل است. بدین جهت این مونومر از هیدروکربورن زدایی ۱، ۲ - دی کلرواتان در محلول پتاس الکیلی تهیه شد.



واکنش در یک بالن سه دهانه یک لیتری مجهز به همزن مغناطیسی، چگالنده و قیف چگالنده انجام می‌گیرد. ۲۵۲ گرم پتاسیم هیدروکسید در ۳۰۰ ml متانول کاملاً حل می‌شود و در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  دی کلرواتان با سرعت تقریبی صد قطره در دقیقه به آن اضافه می‌گردد. گاز وینیل کلرید

جدول ۲ - شرایط کوپلیمر شدن امولسیون وینیل استات - وینیل کلرید\*

بازده (%)	زمان (hr)	فشار (atm)	دما (°C)	امولسیون کننده (g)	آغازگر (g)	وینیل استات (g)	وینیل کلرید (g)	نمونه
۷۲	۶	۴/۵	۵۰	۹۰	۶	۱۵۰	۱۳۵	۱
۷۳	۱۲/۵	۴/۲	۵۰	۶۷	۱	۱۵۰	۱۳۵	۲
۷۱	۱۴	۴/۱	۵۰	۴۵	۱	۱۵۰	۱۳۵	۳
۸۴	۲۵	۵/۷	۵۰	۵۴	۳	۱۳۹	۳۵۰	**۴
۷۲	۱۳/۷	۴/۴	۵۵	۲۲/۵	۱	۱۵۰	۱۳۵	۵
۷۳	۱۲	۴/۷	۶۰	۲۲/۵	۱	۱۵۰	۱۳۵	۶
۷۴	۱۵	۴/۱	۵۰	۲۲/۵	۱	۱۵۰	۱۳۵	۷

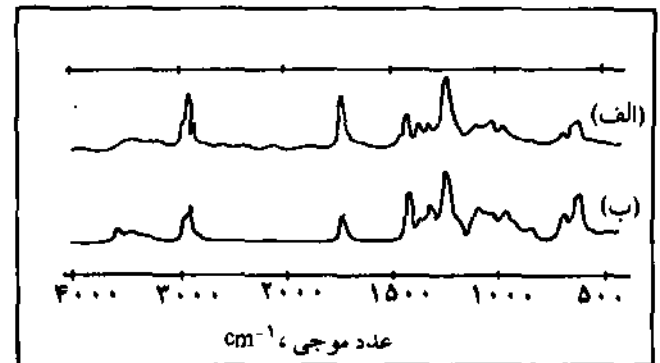
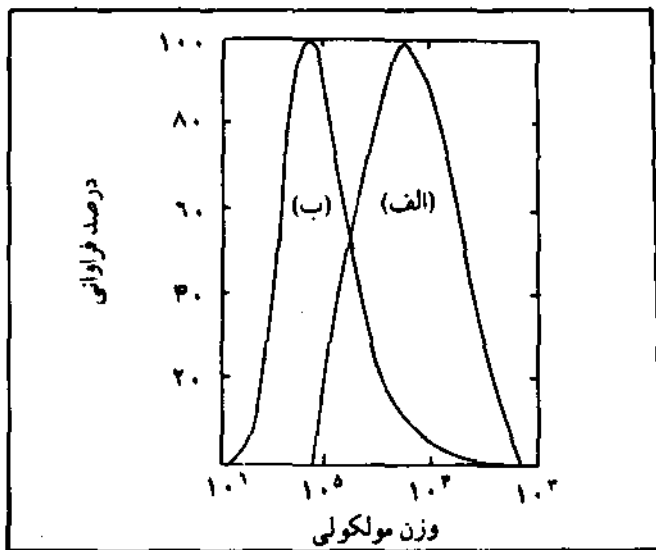
\* مقدار آب (۲۲۵۰g) سدیم کربنات (۴g)، پایدارکننده (۲۲g) در همه آزمایشها ثابت است، مگر نمونه ۴ که مقدار آب در آن ۱۸۰۰g است.  
 \*\* طبق تجربه توماس و هیندز [10]، کومونومرها و آغازگر در سه نوبت به ظرف واکنش افزوده شدند.

مقدار  $A$  (Acidimetry) و نقره سنجی (Silverimetry) ضروری است. اگر  $A$  مقدار اسید مصرفی در آزمایش شاهد،  $B$  مقدار اسید مصرفی در آزمایش اصلی،  $C$  مقدار محلول نقره نیترات مصرفی و  $m$  وزن نمونه مورد مصرف در آزمایش باشد، درصد وزنی وینیل استات در کوپلیمر از رابطه زیر محاسبه می شود [11]:

$$\text{درصد وزنی وینیل استات} = \frac{0.18609(A-B-C)}{m}$$

وزنهای مولکولی متوسط عددی  $\bar{M}_n$  و وزنی  $\bar{M}_w$  و منحنی توزیع وزن مولکولی (شکل ۳) با استفاده از کروماتوگرافی ژل تراوا، GPC، به دست آمدند. مشخصات نمونه‌ها در جدول ۳ آمده است.

۳ - طیف بینی FT-IR: محلول نمونه‌ها در THF، روی ورقه‌ای از پلی اتیلن کشیده می شود و پس از تبخیر کامل حلال، از فیلم حاصل طیف FT-IR به دست می آید (شکل ۲).



شکل ۳ - منحنی توزیع وزن مولکولی: نمونه ۶ (الف) و نمونه تجارتنی (ب)

شکل ۲ - طیف FT-IR: نمونه ۴ (الف) و استاندارد (ب)

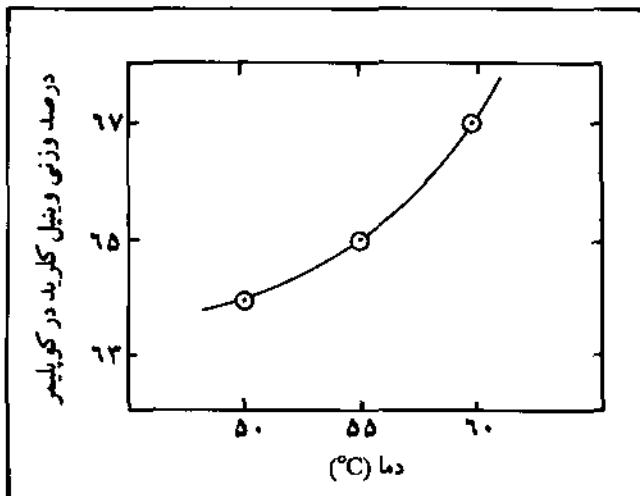
۴ - گرانروی سنجی: گرانروی ذاتی هر نمونه با استفاده از معادله بیلمایر،

جدول ۳ - مشخصات نمونه‌های کوپلیمر وینیل استات - وینیل کلرید

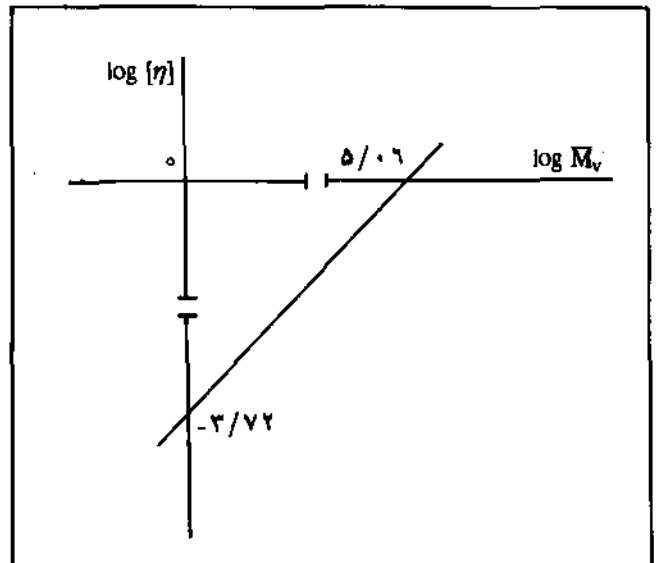
نمونه	عدد اسیدی	درصد وزنی وینیل استات باقیمانده	درصد وزنی وینیل کلرید در کوپلیمر	$[\eta]$ cm <sup>3</sup> /g	$\bar{M}_v$	$K \times 10^3$	$M_n$	$\frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n}$
۱	۵/۵	۳/۷	۶۶	۰/۵۹	۴۹۷۸۸	۵۲/۴	۱۳۴۲۲	۳/۹۰
۲	۶	۳/۴	۶۷	۰/۶۷	۵۸۷۱۰	۵۹/۲	۲۴۱۸۳	۲/۵۸
۳	۵/۸	۳/۲	۶۸	۰/۴۷	۳۶۰۳۶	۴۵/۹	۱۲۹۹۲	۳/۰۰
۴	۶/۴	۲/۷	۸۲	۰/۹۸	۹۷۵۷۲	۶۸/۹	۱۹۹۹۹	۵/۳۸
۵	۶/۲	۳/۲	۶۵	۰/۴۳	۳۲۵۸۵	۴۳/۹	۱۴۷۰۹	۲/۳۲
۶	۶/۱	۳/۵	۶۷	۰/۳۴	۲۳۷۸۵	۳۸/۵	۱۱۲۲۷	۲/۲۰
۷	۶/۳	۲/۸	۶۴	۰/۴۳	۳۱۶۷۸	۴۳/۴	۱۰۸۵۷	۲/۹۷

۵ - محاسبه K و  $\alpha$  معادله مارک - هونینک با استفاده از مقادیر  $\bar{M}_v$  حاصل از GPC، گرانروی ذاتی نمونه‌ها، رابطه لگاریتمی معادله مارک - هونینک  $\log [\eta] = \log K + \alpha \log \bar{M}_v$ ، نمودار تغییرات  $\log [\eta]$  بر حسب  $\log \bar{M}_v$  رسم شد (شکل ۴) و  $K = 1/69 \times 10^{-2}$  و  $\alpha = 0/735$  به دست آمد که نتایج با مقادیر گزارش شده قابل مقایسه است [13].

تأثیر دما بر واکنش پذیری نسبی و شاخص پراکندگی  $\bar{M}_w/\bar{M}_n$ : از آنجا که افزایش دما باعث افزایش واکنش پذیری نسبی وینیل کلرید (نسبت به وینیل استات) می‌شود [15]، انتظار می‌رود که با افزایش دما به علت افزایش تمایل وینیل کلرید برای پیوستن به زنجیر کوپلیمر، درصد وزنی وینیل کلرید در زنجیر افزایش یابد. شکل ۵ این واقعیت را تأیید می‌کند.



شکل ۵ - نمودار تغییرات درصد وزنی وینیل کلرید در کوپلیمر نسبت به دمای کوپلیمر شدن



شکل ۴ - نمودار تغییرات  $\log [\eta]$  بر حسب  $\log \bar{M}_v$  در کوپلیمر وینیل کلرید - وینیل استات

از سوی دیگر، افزایش دما باعث کاهش شاخص پراکندگی  $(\bar{M}_w/\bar{M}_n)$  می‌شود (جدول ۴)، به طوری که در دمای ۶۰°C این مقدار به ۲/۲۰ می‌رسد (نمونه ۶) و با مقادیر گزارش شده کاملاً همخوانی دارد [16]. این رو، نمونه ۶ را می‌توان بهترین نمونه پنداشت.

تأثیر غلظت امولسیون کننده بر وزن مولکولی و سرعت واکنش: با افزایش غلظت امولسیون کننده، ضمن افزایش سرعت واکنش (شکل ۶) وزن مولکولی نیز افزایش می‌یابد (جدول ۴). این نتیجه از لحاظ نظری با معادله

### بحث و نتیجه گیری

بررسی ساختار مولکولی کوپلیمر: طیف FT-IR نمونه‌ها، پیکهای جذبی مشخصه کوپلیمر را نشان می‌دهد که به طور دقیق بر طیف استاندارد منطبق است.

قدردانی:

از اعضای محترم هیئت مدیره شرکت صنعتی کیمیدارو که با تامین هزینه ساخت تجهیزات و تهیه مواد شیمیایی امکان این پژوهش را فراهم ساختند و از همکاریهای مسئولان محترم مرکز تحقیقات و توسعه علوم و تکنولوژی مواد پلیمری صمیمانه قدردانی می‌شود.

$$\bar{X}_n = \frac{NKp [M]}{2Vi}$$

که در آن  $[M]$  غلظت مونومرها،  $Kp$  ثابت سرعت انتشار،  $Vi$  سرعت آغاز،  $N$  تعداد کل میسلها در واحد حجم امولسیون و  $\bar{X}_n$  درجه پلیمر شدن متوسط است. از آنجا که  $N$  با افزایش غلظت امولسیون کننده افزایش می‌یابد،  $\bar{X}_n$  نیز افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه وزن مولکولی فزونی می‌یابد.

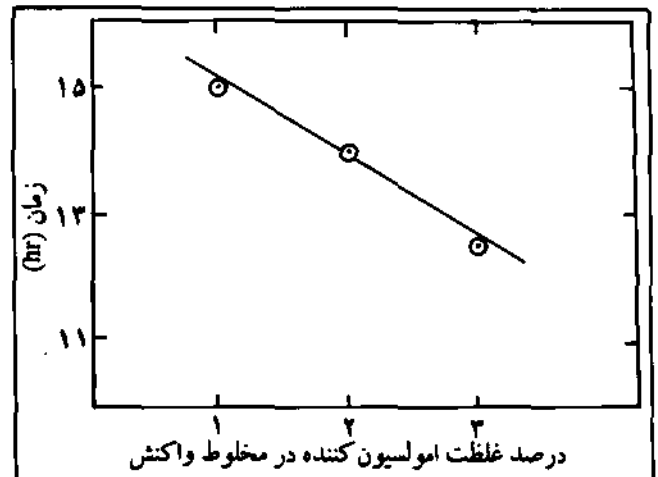
جدول ۴ - مقایسه مشخصات نمونه‌های تهیه شده کوپلیمر وینیل استات - وینیل کلرید

نمونه	درصد وزنی وینیل کلرید در کوپلیمر	امولسیون کننده (%)	دما (°C)	زمان (hr)	$\bar{M}_v$	$\frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n}$
۱	۶۶	۴	۵۰	۶	۴۹۷۸۸	۳/۹۰
۲	۶۷	۳	۵۰	۱۲/۵	۵۸۷۱۰	۲/۵۸
۳	۶۸	۲	۵۰	۱۴	۳۶۰۳۶	۳/۰۰
۴	۸۲	۳	۵۰	۲۵	۹۷۵۷۲	۵/۳۸
۵	۶۵	۱	۵۵	۱۳/۷	۳۲۵۸۵	۲/۳۲
۶	۶۷	۱	۶۰	۱۲	۲۳۷۸۵	۲/۲۰
۷	۶۴	۱	۵۰	۱۵	۳۱۶۷۸	۲/۹۷

برای تولید کوپلیمرهای وینیل استات - وینیل کلرید، برای نخستین بار از مخلوط سدیم لاوریل سولفات و پلی (اتیلن اکسید - پروپیلن اکسید) به عنوان امولسیون کننده و آمونیوم پرسولفات به عنوان آغازگر در این طرح استفاده شد. از آنجا که نوع مصرف این کوپلیمر، وزنهای مولکولی متفاوتی را می‌طلبد می‌توان با ترکیب درصدهای مختلف آن را تولید کرد.

## مراجع

- [1] Modern Plastics, New York, 52 (1973), 1-51.
- [2] M. W. Kline, E. Skiestin and L. I. Nass, ed. Encyclopedia of PVC, Marcel Dekker, INC. New York, 4 (1976), 126-131.
- [3] I. Skeist, ed., Handbook of Adhesives, Van Nostrand Reinhold Publishing (1962), 282.
- [4] J. Shields, Adhesives Handbook, Butter Worth Ltd., Revised (1985), 72.
- [5] R. E. Kirk and D. F. Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Wiley - Interscience, 6 (1982), 428, 459, 478.
- [6] K. Verma and M. Eichberg, Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw - Hill, INC. (1985), 209.
- [7] P. Chopey and G. Hicks, Handbook of Chemical Engineering Calculations, McGraw - Hill, INC. (1984), Chap. 12, 15.
- [8] R. H. Perry, Perry's Chemical Engineers Handbook, International Student ed., McGraw - Hill, INC. (1984), Chap. 6, 108.



شکل ۶ - نمودار تغییرات زمان (سرعت) واکنش نسبت به غلظت امولسیون کننده

- [14] H. Fikentscher, Cellulose Chemie, Mowilith Handbook, Hoechst, AG. (1972), 50.
- [15] R. W. Lenz, Organic Chemistry of Synthetic High Polymers, Wiley - Interscience, New York, (1967), 382.
- [16] J. T. Tsai, E. P. Stahel and V. T. Stannett, J. Appl. Polym. Sci., 23 (1979), 2701.
- [17] جی. ام. کاوی، بسپارها: شیمی و فیزیک مواد جدید، ترجمه غلامرضا [17] بخشنده و کاظم سبحان منش، مرکز نشر دانشگاهی، تهران (۱۳۶۷) صفحه ۹۱.
- [9] F. A. Holland and F. S. Chapman, Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks, Reinhold Publishing Corp., New York, (1966), Chap. I, 1-27.
- [10] C. M. Tomas and J. R. Hinds, Brit. Plast. 31 (1958), 522.
- [11] A. Krause, A. Lange, M. Ezrin, Plastics and Instrumental Methods, Macmillan, (1983), 89.
- [12] F. W. Billmeyer, J. Polym. Sci. 4 (1949), 83.
- [13] H. R. Chen and L. P. Blanchard, J. Appl. Polym. Sci. 16 (1972), 603.

## Otto Vogl

## اتو وگل

اتو وگل در ۶ نوامبر ۱۹۲۷ در اتریش متولد شد. در ۱۹۵۰ دکترای خود را از دانشگاه وین گرفت که در آنجا همراه با فردریک گالینوفسکی روی استروئیدها و الکلوئیدها کار کرده بود. وگل از ۱۹۴۸ تا ۱۹۵۳ به عنوان مربی در آزمایشگاههای تجزیه کمی و کیفی مشغول کار بود.

وگل از ۱۹۵۳ تا ۱۹۵۵، با راندسوت در دانشگاه میشیگان همکاری داشت. وی در کلوب میشیگان فوتبال آمریکایی بازی می کرد و در مرکزین المللی دانشگاه به عنوان نماینده فعالیت داشت. وگل در ۱۹۵۵ با کترین جین کائینگهام از نیویورک ازدواج کرد و از آن پس به مدت یک سال در دانشگاه پرینستون همراه با تیلور سرگرم پژوهش بود. در این دوره، از ۱۹۵۳ تا ۱۹۵۶، کارهای پژوهشی وگل از استروئیدها و الکلوئیدها به مولکولهای چند حلقه‌ای به ویژه پورینها بسط یافت.

وگل در ۱۹۵۶ کار در صنعت را با شرکت دیوان در دلوور آغاز کرد و در آنجا عضو بخش پلاستیک شد. وی سپس به بخش پژوهشی مرکزی منتقل شد و کار گسترده خود را روی پلیمر شدن آلدئیدها آغاز کرد.

وگل در ۱۹۷۰ استاد دانشگاه ماساچوست در برنامه مهندسی و علوم پلیمر شد که در ۱۹۷۴ این برنامه به بخش تبدیل گشت. وی در طی این دوره در دانشگاه ماساچوست سرپرست برنامه های کارشناسی ارشد و دکترا بود و آزمایشگاه پژوهشی مواد را در این بخش ایجاد کرد و نقشی اساسی در خلق یک برنامه مشترک بین صنعت و دانشگاه به نام مرکز دانشگاه ماساچوست و صنعت پژوهش در زمینه پلیمرها (CUMIRP) داشت. وگل در دانشگاه ماساچوست مسئول آموزش بیش از ۴۰ دانشجوی دکترا و تعدادی فوق دکترا بود. پژوهشهای او برای پیشبرد پلیمر شدن آلدئیدها، به ویژه پلیمر شدن فضا ویژه آلدئیدهای سنگینتر ادامه یافت. ابداع تکنیکهای پلیمر شدن جدید مانند پلیمری شدن کریوتاکتیک، پژوهش بر روی پایدارکننده های ماورای بنفش پلیمری، پلیمرهای فعال نوری، یونومرهای پلی (آلکیلین اکسید)، کوپلی آمیدهای منظم و کاربرد آنها به عنوان غشاهای اسمزی معکوس و داروهای پلیمری نیز بخش دیگری از کارهای او بود.

وگل در ۱۹۸۳ به کرسی استادی علوم پلیمر در دانشگاه پلی تکنیک نیویورک رسید. این کرسی جدید نام هرمان مارک مرحوم را داشت که بنیانگذار مؤسسه پژوهشی پلیمر در دانشگاه پلی تکنیک بود و عموماً با عنوان "پدر علوم پلیمر" در آمریکا از او قدردانی می شود. وگل در دانشگاه پلی تکنیک همچنان به پژوهش در زمینه های مورد علاقه خود و آموزش دانشجویان دکترا و همکاران فوق دکترا ادامه می دهد.

استاد وگل در گسترش روابط بین المللی و همکاری جهانی بین جوامع علمی در زمینه پلیمرها بسیار فعال بوده است. وی در دانشگاههای کیوتو (۱۹۸۰ و ۱۹۶۸)، اوساکا (۱۹۶۸)، لویی پاستور در استراسبورگ (۷۷-۱۹۶۷) و مؤسسه سلطنتی تکنولوژی استکهلم (۱۹۹۰ و ۱۹۷۱) دانشگاه فریبرگ (۱۹۷۳)، دانشگاه آزاد برلین (۱۹۷۷) و دانشگاه صنعتی درسدن (۱۹۸۲) استاد میهمان بوده است. وگل همچنین برای سخنرانی در فرهنگستانهای علوم در سراسر دنیا دعوت شده و در بسیاری از سمپوزیومهای بین المللی شرکت کرده است.

استاد وگل مولف ۱۲ کتاب و همچنین حدود ۴۰۰ مقاله و ۴۰ گزارش ثبت شده به تنهایی یا به اتفاق سایرین است. وی عضو هیئت تحریریه مجله لاتین نیز بوده است.

وگل عضو فعال چندین انجمن تخصصی از جمله انجمن شیمی آمریکا، فرهنگستان علوم برلین و اتریش و نیز عضو مؤسسات علمی مانند مؤسسه شیمیدانان آمریکا است. استاد وگل در طول دوران کاری خود مدالها و جایزه های بسیاری در زمینه شیمی و پلیمر دریافت کرده است.

وگل علاوه بر فعالیتهای پژوهشی و بین المللی گسترده به تاریخ، جمع آوری تمبر، مسافرت، معماری کلیسای و موسیقی (به ویژه اپرا) علاقه