



مقاله حاضر خلاصه‌ای از بخش مطالعاتی پروژه بازیابی و بررسی فرمولبندی و ساخت فیلمهای رادیولوژی است که در مرکز تحقیقات و توسعه علوم و تکنولوژی مواد پلیمری در دست اجرا است، که اهداف زیر در این پروژه دنبال می‌گردد.

- استفاده مجدد از فیلمهای رادیولوژی مستعمل موجود پس از حذف مواد حساس قبلی و حساس نمودن مجدد.

- خرد کردن فیلمهای مستعمل پس از حذف مواد حساس و تهیه مجدد قسیم بصورت رول و حساس نمودن برای استفاده مجدد.

- بررسی در مورد فرمولبندی و تکنولوژی ساخت فیلمهای رادیولوژی از مواد اولیه.

به طور کلی فیلمهای رادیولوژی از دو قسمت عمده به نامهای پایه و مواد حساس تشکیل یافته‌اند که طی دو مقاله، مروری بر این دو قسمت خواهد شد. موضوع مورد بحث در این مقاله پایه فیلمهای رادیولوژی است که در حال حاضر عمدتاً از پلی اتیلن ترفتالات یا به عبارت دیگر اکسی اتیلن اکسی ترفتالویل ساخته می‌شوند. در ضمن مطالبی درباره فرمولبندی پایه این گونه فیلمها، میزان مصرف و تولید، خواص فیزیکی و شیمیایی و سایر کاربردهای پلی اتیلن ترفتالات و همچنین فرایند ساخت آن ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پایه فیلمهای رادیولوژی - پلی اتیلن ترفتالات.

Key Words:

Radiology films, Base of radiology films, Poly(ethylene terephthalate).

متیل ترفتالات (DMF) یا ترفتالیک اسید (TPA) است و واحد تکراری آن $(CH_2)_4 - O - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - \text{C}_6\text{H}_4 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - O$ می باشد. ترفتالیک اسید محصول اکسایش پارازایلن است و واکنش TPA با متانول DMT ایجاد می کند. از طرف دیگر اتیلن گلیکول از واکنش بین اتیلن اکسید و آب به دست می آید. پلی اتیلن ترفتالات تولید شده به وسیله TPA و اتیلن گلیکول نسبت به پلی اتیلن ترفتالات حاصل از واکنش تبادل استری بین DMT و اتیلن گلیکول، حاوی دی اتیلن گلیکول (DEG) بیشتر است. DEG محصول یک واکنش تشکیل اثر داخل مولکولی بین گروههای استر B-هیدروکسی اتیل (B-Hydroxyethyl) انتهایی است و وجود DEG در محصول نهایی پلی اتیلن ترفتالات سبب کاهش تبلور و در نتیجه کاهش استحکام و نقطه ذوب می گردد. به علاوه ناپایداری گروه استری آلیفاتیکی موجود در DEG می تواند دلیلی بر کاهش مقاومت پلی اتیلن ترفتالات در برابر اکسایش حرارتی و نور UV باشد. [3]

کاربردهای پلی اتیلن ترفتالات را می توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد.

تولید بطری

از پلی اتیلن ترفتالات، توسط روش قالب گیری بادی (Blow Molding) جهت تهیه بطری مایعات خوراکی از قبیل نوشابه، روغن، سس، عسل، شربت، ماست و غیره استفاده می شود. این بطریها در مقایسه با انواع شیشه از دو مزیت برخوردارند. ضمن اینکه جلا و شفافیت ظاهری آنها شبیه به هم است. اولاً شکن هستند، که این مزیت هم از نظر ضایعات تولید، حمل و نقل و هم از لحاظ ایمنی مصرف کننده حائز اهمیت است. ثانیاً سبکترند و این خود کاهش هزینه حمل و نقل را به همراه دارد. در بیشتر این بطریها برای جبران ضعف از یک پایه پلی اتیلن با جرم مخصوص زیاد (HDPE) در قسمت تحتانی استفاده می شود.

تولید فیلم

فیلمهای متنوعی از پلی اتیلن ترفتالات تهیه می شود که عبارتند از:

فیلمهای عکاسی، فیلمبرداری و رادیولوژی

پلی استر (پلی اتیلن ترفتالات) علی رغم قیمت نسبتاً بالا تر به دلیل قدرت مکانیکی، پایداری ابعادی، حساسیت کم ابعاد نسبت به تغییرات دما در دامنه وسیعی از دما و نیز حساسیت کم آن نسبت به تغییرات رطوبت جایگزین استات سلولز در زمینه تهیه فیلم عکاسی و فیلمبرداری شده است.

در زمینه تهیه فیلمهای رادیولوژی نیز پلی اتیلن ترفتالات جایگزین استات سلولز شده است، زیرا در روشهای ظهور خودکار این فیلمها، پایداری ابعادی در برابر حرارت و رطوبت و همچنین استحکام مورد نیاز است.

فیلمهای رادیولوژی از دو قسمت عمده به نامهای پایه (base) و مواد حساس تشکیل یافته اند که در این بخش فقط قسمت پایه مورد بحث قرار گرفته است.

جنس پایه (base) فیلم بر اساس پارامترهایی چون پایداری ابعادی، قابلیت عبوردهی آب به میزان کم، انعطاف پذیری، آزادی از بی قاعدگی سطحی (freedom from surface irregularities)، تراکم، قیمت و ایمنی انتخاب می گردد.

در تکنولوژی تهیه فیلم رادیولوژی سه نوع پایه (base) به منظور نگهداری مواد حساس در برابر اشعه ایکس وجود دارد که عبارتند از: شیشه، کاغذ، پلاستیک.

امروزه از فیلمهای پلاستیکی شفاف برای این منظور استفاده می شود. اولین پایه پلاستیکی از جنس نیترات سلولز بوده که به دلیل آتش گیر بودن و ناپایداری آن از نظر شیمیایی دیگر مصرف نمی شود. برای بهبود فیلمهای رادیولوژی از استرهای سلولز پلی اتیلن ترفتالات به عنوان پایه استفاده می شود. که این مواد علاوه بر موارد ایمنی از استحکام و پایداری ابعادی و شیمیایی خوبی برخوردارند [1]

فیلمهای پلی اتیلن ترفتالات شفافیت، پایداری ابعادی عالی (به میزان خیلی کم با تغییرات دما و رطوبت تغییر ابعاد می دهند)، تورم بسیار کم (کمتر از ۰.۰۶٪ به طور خطی) و استحکام بالایی دارند. این خصوصیات خود تاییدی بر استفاده از فیلمهای پلی اتیلن ترفتالات به عنوان پایه فیلم رادیولوژی در ماشینهای خودکار و سریع فرایند فیلمهای اشعه ایکس است. [2]

به منظور آشنایی با میزان واردات فیلمهای رادیولوژی در سالهای اخیر، به عنوان نمونه، میزان واردات این کالا در سالهای ۱۳۶۳ و ۱۳۶۴ در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- میزان واردات فیلمهای رادیولوژی در سالهای ۱۳۶۳، ۱۳۶۴*

سال	کیلوگرم
۱۳۶۳	۲۹۸۰۲۱
۱۳۶۴	۳۸۱۰۲۲

به طور کلی، طبق آمار به دست آمده از وزارت بهداشت و درمان در سالهای اخیر (سال ۶۵ و ۶۶) در حدود ۲۰ میلیون برگ فیلم رادیولوژی در اندازه های مختلف جهت امور پزشکی وارد شده است که اگر فیلمهای رادیولوژی صنعتی نیز به این تعداد اضافه شوند، رقم قابل توجهی خواهد شد و ارزش زیادی را به خود اختصاص خواهد داد.

تولید پلی اتیلن ترفتالات و کاربردهای آن
پلی اتیلن ترفتالات محصول واکنش تراکمی اتیلن گلیکول بادی

فیلمهای با ضخامت ۵۰ الی ۱۸۰ میکرون برای مصارفی چون فتوگرافیک، میکروگرافیک، هنرهای گرافیک کاربرد دارند.

نوار و صفحات مغناطیسی

فیلم پلی اتیلن ترفتالات به عنوان پایه برای تهیه همه نوع نوارهای مغناطیسی در زمینه‌های کامپیوتر، صوتی، تصویری و غیره مورد مصرف قرار می‌گیرد.

در زمینه کامپیوتر شامل نوار، کارت مغناطیس، کارت تریج و دیسک می‌شود. در زمینه صوتی در برگیرنده کاست، کارت تریج، ریل (reel-to-reel) و نوار مادر است. همچنین در تهیه انواع نوارهای تصویری (video) از پلی اتیلن ترفتالات به عنوان فیلم پایه استفاده می‌شود. و فیلمهای با ضخامت ۶ الی ۳۶ میکرون در تهیه نوارهای مغناطیسی به کار می‌روند.

مصارف بسته‌بندی

فیلمهای بسته‌بندی پلی اتیلن ترفتالات به دلیل چقرمگی (toughness)، شفافیت، استحکام و مقاومت در برابر پارگی، سایش، عبور بخار آب و بخارات آلی مواد شیمیایی و همچنین حفظ پایداری ابعادی تا 200°C و استحکام در برابر ضربه تا 70°C ، جایگزین پلی پروپیلن و سلفونان و آلومینیم می‌شوند. این فیلمها توسط اداره مواد غذایی و دارویی ایالات متحده (U.S. Food and Drug Administration) برای بسته‌بندی مواد غذایی در تمام دماها مورد قبول واقع شده است و در بسته‌بندی گوشت، پنیر و... و بسته‌بندیهایی که از فریزر تا جوشاندن مواد غذایی کاربرد دارند، مثل سبزیجات یخ زده که با بسته‌بندی می‌جوشند، مصرف می‌شود.

کاربردهای متفرقه

سایر کاربردهای فیلم پلی اتیلن ترفتالات عبارت‌اند از: در زمینه‌های الکتریکی مانند تهیه خازنها و روکش کابلها که فیلمهای با ضخامت ۱/۵ الی ۲/۵ میکرون در تهیه خازنها و فیلمهای با ضخامت بیشتر از ۳۵۵ میکرون برای وسایل الکتریکی چون عایقهای مولد و موتور به کار می‌روند.

به صورت پوشیده شده با یک لایه فلز (metallized film) به روش رسوب دادن در حلاله که در نتیجه از عبور رطوبت و بخار و نور ماورای بنفش جلوگیری می‌شود، در تهیه پاکتها، عایقهای حرارتی، نوری و غیره به کار می‌رود.

به صورت نوار جهت نوار ماشینهای تحریر، نوار چسب و غیره.

به صورت برچسب روی پاکتهای نامه و مصارف متنوع دیگر.

تولید الیاف

الیاف پلی اتیلن ترفتالات جزو مهمترین الیاف مصنوعی مورد

مصرف در تهیه انواع منسوجات جهت الیسه، وسایل خانگی، کفپوش و در صنایع لاستیک‌سازی (به عنوان تقویت کننده)، پزشکی و بهداشتی محسوب می‌گردد. الیاف تهیه شده از پلی اتیلن ترفتالات مقاومت خوبی در برابر سایش، آفتاب، اسیدها، بازها، سفید کننده‌ها و حلالهای معمولی دارند. [4,5]

بازار جهانی فیلم پلی اتیلن ترفتالات

فیلم پلی اتیلن ترفتالات بازار گسترده‌ای دارد که در این بخش طی جدولهای ۲ و ۳ به تولید کنندگان بزرگ این فیلمها و میزان تولید و مصرف آن در مناطق صنعتی در سال ۱۹۸۳ اشاره شده است [5,6]. در جدول ۲ شکل و مصرف فیلم پلی اتیلن ترفتالات در مناطق صنعتی در سال ۱۹۸۳ آمده است.

جدول ۲ - تولید کنندگان بزرگ فیلم پلی اتیلن ترفتالات

ظرفیت (هزار تن)		تولید کننده
۱۹۸۶	۱۹۸۲	
۱۰۹	۱۰۲	دوپان (Dupon)
۶۰	۴۹	هوست (Hoescht)
۱۰۷	۷۷	ای - سی - سی (ICI)
۵۸	۲۲	تولین (Tolmin)
۵۲	۲۶	توری (Tory)

جدول ۳ - میزان تولید و مصرف فیلم پلی اتیلن ترفتالات در مناطق صنعتی در سال ۱۹۸۳

میزان مصرف فیلم PET	میزان تولید فیلم PET	منطقه
۲۱۵	۲۱۸	ایالات متحده
۹۲	۱۰۲	اروپای غربی
۹۳	۱۱۰	ژاپن
۲۰۲	۲۲۲	جمع

خواص حرارتی و مکانیکی پلی اتیلن ترفتالات

نقطه ذوب پلی اتیلن ترفتالات خالص و کاملاً آنیله شده 271°C است. اما پلی اتیلن ترفتالاتهای تجاری بین ۲۵۵ تا ۲۶۵ درجه سانتیگراد ذوب می‌شوند و این به دلیل وجود ناخالصی در زنجیر اصلی پلیمر است. ناخالصی اصلی موجود در پلی اتیلن ترفتالات تجاری، دی اتیلن گلیکول است که این ماده محصول فرعی عمل پلیمر شدن است طی آزمایشهای مکرر مشخص شده است که نقطه ذوب پلی اتیلن ترفتالات طبق معادله زیر

نوع مصرف		ایالات متحده		اروپای غربی		ژاپن	
		هزارتن	%	هزارتن	%	هزارتن	%
عکاسی، فیلم‌داری و رادیوگرافی		۷۷	۳۶	۳۲	۳۳	۱۸	۱۹
مغناطیسی		۴۱	۱۹	۱۴	۱۵	۲۹	۳۱
بسته‌بندی		۲۰	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۱۴
فیلم پلاپه فلزی		۹	۴	۷	۷	-	-
الکترونیک		۱۱	۵	۹	۱۰	۱۲	۱۳
نوار و پرچسب		۱۱	۵	-	-	-	-
سایر		۲۶	۱۲	-	-	۲۱	۲۳
جمع		۲۱۵	۱۰۰	۹۲	۱۰۰	۹۳	۱۰۰

در ۲۳°C $a = ۴/۵۶$ $b = ۵/۹۲$ $c = ۱۰/۷۵$
 $\alpha = ۹۸/۵^\circ$ $\beta = ۱۱۸^\circ$ $\gamma = ۱۱۲^\circ$

بر اساس این ابعاد جرم مخصوص پلی اتیلن ترفتالات کاملاً بلوری ۱/۲۵۵ گرم بر سانتیمتر مکعب محاسبه شده است. در حالی که جرم مخصوص پلی اتیلن ترفتالات کاملاً بی شکل ۱/۳۳۵ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. جدول ۶ جرم مخصوص پلی اتیلن ترفتالات را بر اساس میزان تبلور و نظم موجود در پلیمر نشان می‌دهد [7].

جدول ۶ - جرم مخصوص پلی اتیلن ترفتالات بر اساس میزان تبلور

درصد تبلور تخمین زده شده به روش IR*	جرم مخصوص نمونه (سانتیمتر مکعب / گرم)	شکل PET	درصد تبلور تخمین زده شده به روش IR*	
			جرم مخصوص	IR*
۰	۱/۳۳۵	بی شکل، جهت گیری نشده	۰	۲
۲۲	۱/۳۳۵	جزئی بلوری و جهت گیری نشده	۲۸	۲۲
۴۶	۱/۳۹۰	بلوری و جهت گیری شده	۶۵	۴۶
۷۵	۱/۳۸۹		۷۶	۴۵
۷۸	۱/۳۸۱	بلوری (محاسبه شده)	۸۰	۷۸
-	۱/۲۵۵		-	-

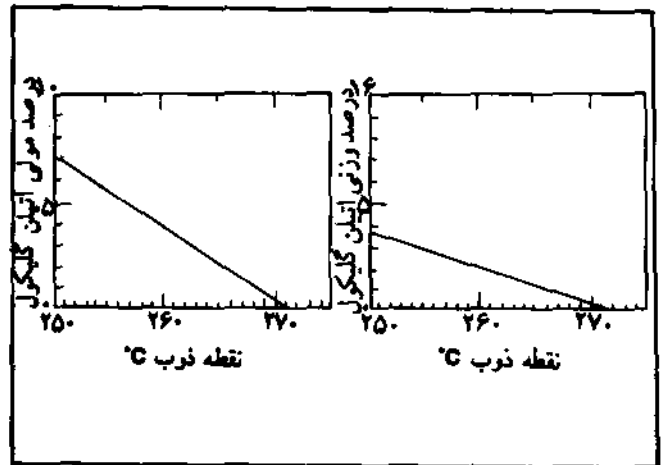
برای ذوب پلی اتیلن ترفتالات گرم / ژول ۱۶۶ (کالری / گرم ۳۹/۷) گرما مورد نیاز است [3]. همان طور که پیش از این اشاره شد، گلیکولهای پلی اتیلن ترفتالات توسط استحکام کششی بالا و پایداری ابعادی عالی، جذب رطوبت کم و حفظ خواص فیزیکی در یک دامنه وسیعی از دما (۷۰- تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد) و داشتن خواص الکتریکی خوب مشخص می‌شود [5]. جدول ۷ خصوصیات پلی اتیلن ترفتالات را به طور کلی نشان می‌دهد. * IR مختلف infra red به معنای زیر قرمز است. [7].

با میزان DEG موجود در پلیمر، ارتباط دارد [3].

(درصد وزنی DEG) $mp^* (^\circ C) = 271 - 0.5 \times$

(درصد وزنی DEG) $mp (^\circ C) = 271 - 3 \times$

منحنیهای شکل ۱ نیز این مطلب را نشان می‌دهند [7].



شکل ۱ - درصد وزنی و مولی دی اتیلن گلیکول نسبت به نقطه ذوب

پلی اتیلن ترفتالات از جمله پلیمرهایی است که با افزایش درصد تبلور، دمای انتقال شیشه‌ای (Tg) آن افزایش می‌یابد. به طوری که Tg نوع بی شکل آن ۶۷°C، نوع بلوری ۸۱°C و نوع بلوری و جهت گیری شده آن ۱۲۵°C است. این متغیر بودن Tg بین ۶۷ تا ۱۲۵°C امکانات زیادی را برای تولیدکنندگان فراهم می‌سازد [7].

درصد تبلور یکی از پارامترهای مؤثر بر روی جرم مخصوص پلیمر است. طبق آزمایشهای اشعه ایکس انجام شده، ابعاد سلول واحد بلوری پلی اتیلن ترفتالات به صورت زیر تعیین شده‌اند.

* m.p. مخفف melting point به معنای نقطه ذوب است.

۲۰۰۰۰ - ۲۵۰۰۰	استحکام کششی (فیلم) (psi)
۷۵	درصد افزایش طول تا پارگی (فیلم)
۲۲۰۰۰ - ۲۸۰۰۰	تنش در نقطه تسلیم (فیلم) (psi)
۶	استحکام در برابر ضربه (فیلم) (Kg/cm ²)
	استحکام در برابر پارگی (فیلم) (g/cm ²)
1.6×10^{-3}	زویه
1.0×10^{-3}	انتشار
	ضریب انبساط حجمی (deg ⁻¹)
$10^{-4} \times 10^{-2}$	۳۰ - ۶۰°C
$10^{-4} \times 10^{-2}$	۹۰ - ۱۹۰°C
$C_p = A + B.T$	حرارت ویژه [cal/g (deg c) ⁻¹]
$A = 0.3722$	برای پلیمر مذاب (مبای ۲۷۰ تا ۲۹۰°C)
$B = 0.00018$	
1.772×10^{-4}	هدایت حرارتی [cal/cm ² sec ⁻¹ deg ⁻¹]
	ضریب نفوذپذیری
۱۸٪	غوطه‌ور در آب ۲۵°C به مدت یک ساعت
	قابلیت عبوردهی گاز (فیلم)
۱۱۰	بخار آب (g/1۰۰ sq m/hr)
۰/۱۰	اکسیژن (g/1۰۰ sq m/hr)
	قدرت هی الکتریک (فیلم) (V/mm)
۷۰۰۰	۶۰ سیکل ۲۵°C
۵۰۰۰	۶۰ سیکل ۱۵۰°C
	تاب هی الکتریک (فیلم)
۲۲۵	۶۰ سیکل ۲۵°C
۲۷	۶۰ سیکل ۱۵۰°C
۲/۱	یک کیلو سیکل ۲۵°C
۲/۱۰	یک مگا سیکل ۲۵°C

در جدول ۸ مشخصات طیف IR پلی اتیلن ترفتالات ارائه شده است [7].

۱۷۱۰	کربن-کربن کششی
۱۶۳۵	کربن-کربن کششی
۱۴۷۰	کربن-کربن کششی
۱۳۷۰	کربن-کربن کششی
۱۲۷۰	کربن-کربن کششی
۱۱۷۰	کربن-کربن کششی
۱۰۷۰	کربن-کربن کششی
۱۰۳۵	کربن-کربن کششی
۱۰۱۹	کربن-کربن کششی
۹۷۲	کربن-کربن کششی
۸۷۰	کربن-کربن کششی
۸۱۷	کربن-کربن کششی
۸۰۹	کربن-کربن کششی
۷۱۲	کربن-کربن کششی
۶۹۲	کربن-کربن کششی
۶۰۲	کربن-کربن کششی

می‌شود. جدول ۹ تعدادی از حلالها و غیر حلالهای پلی اتیلن ترفتالات را نشان می‌دهد [7].

تعیین وزن مولکولی

مقدار پسامترهای k, a در رابطه ماسارک - هونسیک (Mark-Howink)، که بیانگر ارتباط بین ویسکوزیته ذاتی و وزن مولکولی (متوسط

انحلال پذیری پلی اتیلن ترفتالات

پارامتر انحلال پذیری پلی اتیلن ترفتالات در حدود $2 \times 10^{-4} mPa$ است. اما به دلیل تبلور بالای که دارد فقط آزاد کننده‌های پروتون، که قابلیت برهم کشش با گروههای استر را دارند، در انحلال پذیری آن مؤثرند. اغلب برای اندازه گیری وزنه‌های مولکولی پلیمرهای تجارتي، که معمولاً در حدود ۲۰،۰۰۰ است، از مخلوط فنول و تتراکلرواتان استفاده

هیدروکربنها	فتول
هیدروکربنهای کربوهیدرات	فتول/تتراکلروانان (۱:۱ حجمی)
الکلهای آلیفاتیک	فتول ۲ و ۴ و ۶ تری کاروفتول (۷:۱:۰ حجمی)
کتنها	کلروفتول
استرهای کریوستیک	نیتروبتن
واسترها	آلفاتیکهای هالوژن دار
	اسیدهای کریوستیک
	تری فلورو استیک اسید
	ارتو - نیتریتر آلدهید

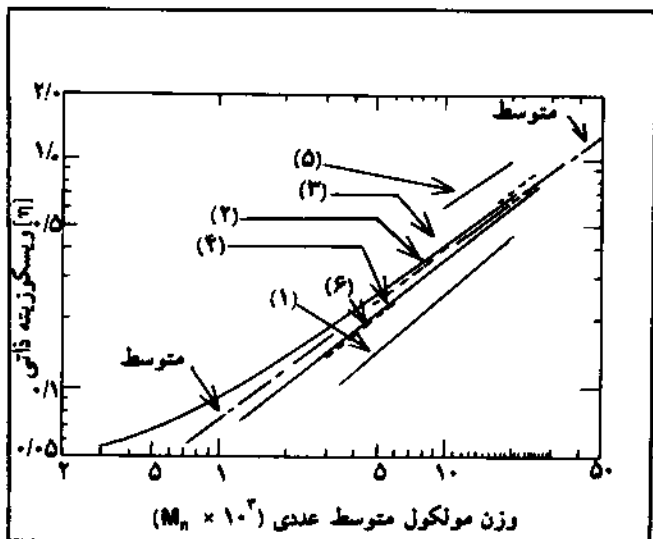
عدد	فتول/تتراکلروانان	عدد	فتول/تتراکلروانان	عدد	فتول/تتراکلروانان
۱	۲۰	۲	۲۵	۳	۲۰
۲	۲۵	۳	۲۰	۴	۲۰
۳	۲۰	۴	۲۰	۵	۵۰
۴	۲۰	۵	۵۰	۶	۲۸۸
۵	۵۰	متوسط			

عددی) است. در دو گروه نمونههای پلی اتیلن ترفتالات جزء به جزء نشده، و جزء به جزء شده آمده است.

رابطه مارک - هویونک $[\eta] = KM_n^a$

جدول ۱۰، حلالها و غیر حلالهای مورد استفاده در روشهای مختلف جدا سازی پلی اتیلن ترفتالات را نشان می دهد [7].

جدول ۱۰ - حلالها و غیر حلالهای مورد استفاده در روشهای مختلف جدا سازی پلی اتیلن ترفتالات



شکل ۲ - تغییرات ویسکوزیته ذاتی بر حسب وزن مولکولی متوسط عددی (M_n)

ب: نمونههای پلی اتیلن جزء به جزء شده: جدول ۱۲ مقدار K و a را برای این نمونهها در حلالها و دماهای مختلف نشان می دهد و شکل ۲ نیز بیانگر تغییرات ویسکوزیته ذاتی بر حسب وزن مولکولی متوسط عددی (M_n) است.

ویسکوزیته ذاتی پلی اتیلن ترفتالات محصولات تجاری از $\frac{dl}{g}$ ۰/۲۵ برای فیلم و الیاف تا $\frac{dl}{g}$ ۰/۹ برای بطریهای نوشابه است که این گستره معادل وزن مولکولی (متوسط عددی) از ۱۵۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰ است. در سرعتهای برشی پایین تا 10^5 پاسکال (۱۵ psi) مذاب پلی اتیلن ترفتالات به صورت مایع نیوتنی عمل می کند. ویسکوزیته مذاب (M_n) آن در $28.0^\circ C$ توسط رابطه زیر با متوسط عددی وزن مولکولی ارتباط پیدا می کند.

$$M_w = 1/77 \times 10^{-10} M_n^{-2/5} \text{ mPa.s}$$

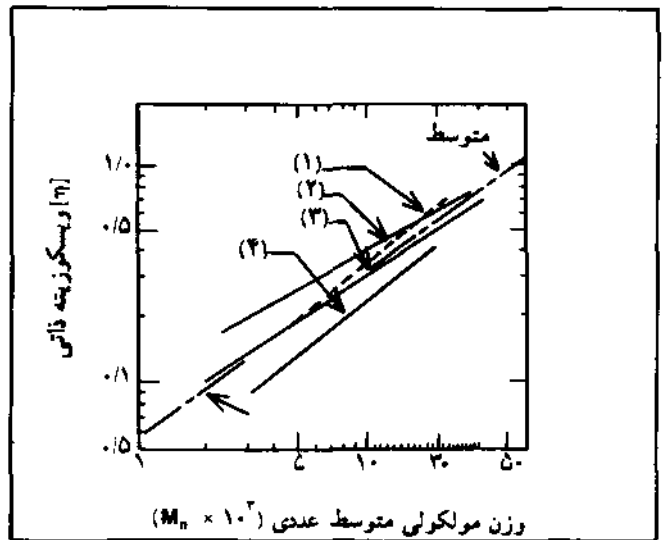
دما	فتول، تتراکلروانان / لیگروین	رسوب گیری جزء به جزء
$70^\circ C$	فتول: سیکلو هگزان	
$50^\circ C$	متاکرزول: لیگروین ($100^\circ C$)	
دمای پائین	$\text{b.p.} \leq \text{میل فرماید}$	
استخراج فیلم $95^\circ C$	فتول: تتراکلروانان (۲:۳) / فوران	حل کردن جزء به جزء
—	متاکرزول / اترنتی	توزیع بین دو مایع امتزاج نابپذیر

* b.p. مخفف boiling point به معنای نقطه جوش است.

الف: نمونههای پلی اتیلن جزء به جزء نشده: جدول ۱۱ مقدار K و a را برای حلالهای مختلف و دماهای مختلف نشان می دهد و شکل ۲ بیانگر تغییرات ویسکوزیته ذاتی بر حسب وزن مولکولی متوسط عددی (M_n) است.

علوم شیمیایی سال دوم، شماره چهارم

۱	فنیل / تراکلو فنول	—	۱۷۸۶	۰/۱۵۹
۲	تراکلو اتان	۲۰	۱/۱۲۷	۰/۱۸۹
۳	فنول / تراکلو فنول	۲۰	۵/۴	۰/۱۶۸
۴	فنول ای کلرواتان	۲۰	۲/۹۲	۰/۱۸۵
	متوسط		۲/۸	۰/۲۶



شکل ۳ - تغییرات ویسکوزیته ذاتی بر حسب وزن مولکولی متوسط عددی (M_w)

در سرعت‌های برشی بالا، بیشتر از ۱۰^۵ پاسکال (۱۵psi)، پلی اتیلن ترفتالات تنش کمی از خود نشان می‌دهد به طوری که ویسکوزیته مذاب (M_e) آن در ۲۸۰°C توسط معادله زیر بیان می‌گردد [3].

$$M_e = 7/0 \times 10^{-5} M_w^{-2/27} \gamma^{-1/11} \text{ mpa.s}$$

(γ = سرعت برشی بر حسب ثانیه)

جدول ۱۳ مقدار پارامترهای موجود در رابطه بین ویسکوزیته و وزن مولکولی، $\eta = K M^a$ را بر اساس روش اندازه‌گیری مورد استفاده، نشان می‌دهد [7].

۱	تراکلو فنول / تراکلو فنول	۲۵	۶۵۶	۰/۱۲	۲/۱۵
۲	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۵	۲۰	۰/۲۲	۱/۸
۳	تراکلو فنول / تراکلو فنول	۲۵	۱۷	۰/۱۸۲	۲/۱۰
۴	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۵	۰/۲۷	۰/۲۵	۱/۲
۵	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۵۰	۱۳/۸	۰/۱۸۷	۰/۱۰
۶	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۰	۲/۱۰	۰/۱۵۸	۰/۱۰
۷	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۰	۷۵/۵	۰/۱۶۸	۰/۱۰
۸	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۵	۲/۱	۰/۱۸۲	۰/۱۵
۹	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۵	۹۲	۰/۱۸	۰/۱۵
۱۰	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۵	۲۶/۸	۰/۱۶۸	۰/۱۵
۱۱	تراکلو اتان / تراکلو اتان	۲۸/۸	۲/۸۰	۰/۲۷	۰/۱۰

* OS مخفف Osmotic Pressure به معنای فشار اسمزی است.

** EG مخفف End group titration به معنای تیر کردن گروه‌های انتهایی.

*** LS مخفف Light scattering به معنای پراکنندگی نور.

OS, EG روشهایی برای اندازه‌گیری وزن مولکولی بر حسب متوسط عددی است و LS روشی برای تعیین وزن مولکول بر حسب متوسط وزنی است.

REFERENCES

- [1] Kirk. R. E, Othmer. D. F, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 17, 3rd Ed. J. Wiley & Sons, 1982.
- [2] Modern plastic encyclopedia 71-72
- [3] Encyclopedia of chemical technology vol 18 Kirk, R. E, Othmer. D. F, John Wiley & Sons, 1982
- [4] Encyclopedia of chemical Tech. 86-87
- [5] Stanford research institute (SRI) Vol 159
- [6] Chemical economic hand book (stanford research institute)
- [7] Handbook of polymer (J. BRANDRUP / E.H. Immergut) John Wiley, 1975, 2nd ed.
- [8] Plastic material (BRYDSON) J. A. BRYDSON, 3rd ed.
- [9] Stanford research institute (SRI) vol 18

ادامه دارد...