

# بازیابی و فرمولبندی ضایعات پلی وینیل کلرید در صنایع بسته‌بندی دارویی ایران

Recovery and Formulation of PVC Wastes of Pharmaceutical Packing Industries in Iran

آقای عبدالمجید دهش، دکتر محمدحسین رفیعی فنرد

دانشگاه تهران، دانشکده علوم، گروه شیمی

وزنهای کلیدی:

بازیابی پی وی سی، فرمولبندی، نوار آنتی‌بیوتیک، صنایع دارویی

چکیده

پی وی سی مصرفی در صنایع داروسازی ایران تجربه و معلوم شد که ۹۹٪ آن از پی وی سی خالص تشکیل شده است. اکتیل مرکاپتو استات به عنوان پایدار کننده و بستی استین گلیکول مرتوالفات به عنوان روان کننده و هیدالکتریسیت ساین نیز مناسبی شدند. پس از بازیابی پی وی سی ضایعاتی به روشهای گوناگون معلوم شد که در شرایط ایران بازیابی به کمک نرم‌سازهای دی بوتیل فتالات و دی اکتیل فتالات عملی و اقتصادی است. از اختلاط پی وی سی بازیابی شده با پی وی سی تازه و افزودنیهای لازم آمیزه‌هایی ساخته شد که بعضی از خواص مکانیکی آنها حدود ۸۳٪ پی وی سی تازه می‌باشد.

پی وی سی بازیابی شده در صنایع کفالتی، کابله سازی، تهیه فسیلتر هوائی اتومبیل... قابل استفاده است. این قابلیت توسط یکی از کارخانه‌های مصرف کننده پی وی سی در ایران تأیید شده است.

مقدمه

الف - تاریخچه

بازیابی پی وی سی علاوه بر استفاده اقتصادی برای حفظ محیط زیست هم اهمیت فوق العاده‌ای دارد، لذا برای بازیابی آن از روشهای مختلفی استفاده شده است. در یکی از این روشها برای جداسازی پی وی سی از سایر مواد، مانند کامپوزیتها، مس، سایر فلزات یا الیاف، مخلوطی از حلالهای ایزوبوتیل متیل کتون، تری کلرو اتیلن و دی متیل سولفو کسید به کار برده می‌شود. این مخلوط در دماهای حدود  $100^{\circ}\text{C}$  -  $80^{\circ}\text{C}$  پلی وینیل کلرید را حل می‌کند. پس از جدا ساختن محلول از مواد غیر محلول، حلالها به کمک تبخیر جدا می‌شوند و دوباره برای حل کردن پلی وینیل کلرید موجود در ضایعات به مصرف می‌رسند. مخلوط حلالهای پیش گفته پلی وینیل کلرید را به خوبی حل می‌کنند ولی دی متیل سولفو کسید آتشگیر است [1]. در روش مشابهی از حلالهای استون و تولوئن استفاده شده است [2].

برای جداسازی پی وی سی از ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای و ریونی (rayon) که پوشش پی وی سی دارند، ابتدا ذرات را خرد می‌کنند آنگاه ذرات را با خشک کنهای مخصوص خشک کرده وارد یک راکتور در جداره مجهز به همزن مکانیکی می‌کنند. این راکتور توسط بخار آب یا منبع گرمایی مناسب دیگری گرم می‌شود. این ذرات در جوی از شیتروژن، طی سه مرحله متوالی یا حلال تراهدرو فوران شسته می‌شود. محلول حاصل که در حدود ۱۰٪ وزنی پی وی سی دارد در یک تبخیر کننده تا ۲۰٪ وزنی پی وی سی تغلیظ می‌شود. سپس این محلول غلیظ به صورت لایه‌ای نازک از روی استوانه‌های گرم یک تبخیر کننده لایه نازک (thin film evaporator) در جوی از گاز بی اثر عبور می‌کند تا حلال آن تبخیر و در چگالنده مایع شود و در ضمن پی وی سی بازیابی گردد. پی وی سی بازیابی شده در آمیزه‌های جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد و الیاف بازیابی شده پس از خشک شدن به مصارف صنعتی می‌رسند [3].

برای جداسازی ذرات مس از پی وی سی از مخلوط بنزن و استون استفاده می‌شود. در این روش ابتدا حلالها پی وی سی را متورم می‌کنند. سپس با عمل سانتریفوژ مس از پی وی سی جدا می‌گردد [4]. در روش دیگری برای جدا کردن پی وی سی از مس، ضایعات را با سه برابر وزنی آن سدیم کلرید در استوانه‌ای می‌ریزند که تا  $300^{\circ}\text{C}$  گرم شده است و ۳۰ دقیقه به هم می‌زنند. در این مدت دمای سدیم کلرید به حدود  $250^{\circ}\text{C}$  و دمای پی وی سی به  $100^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. ذرات سدیم کلرید با عمل ساییدن، پی وی سی را از سیمهای مسی جدا می‌کند. بعد از این مرحله ذرات پی وی سی با الک کردن از مس جدا می‌شود. پی وی سی حاصل خواص فیزیکی خوبی برای استفاده مجدد دارد [5]. برای جداسازی ذرات آهن از پی وی سی از آهن‌ربا استفاده می‌شود [6]. برای جداسازی پی وی سی از ضایعات چسب

Key Words:

Recovery, PVC, Formulation, Wastes, Al-foil, Pharmaceutical industries.

مصنوعی و کاغذ دیواری، ضایعات را ۳۰ دقیقه در آب ۸۵°C فرو می‌برند تا پی وی سی از کاغذ یا پارچه جدا شود. سپس عمل جداسازی پی وی سی از کاغذ یا پارچه را با جریان هوا انجام می‌دهند [7].

بک روش بازیابی پی وی سی از ضایعات، افزودن نرم‌کننده و افزایش دما تا حدود ۱۳۰°C - ۱۲۰°C می‌باشد. در اثر افزودن نرم‌کننده دمای جریان یافتن (flow temperature) پی وی سی کاهش می‌یابد و مخلوط به صورت مایعی یا گرانروی نسبتاً زیاد جاری و از سایر ضایعات جدا می‌شود [8]. در روش دیگر ذرات پی وی سی ضایعاتی را در آب پاسته‌پوده و به آن یک نرم‌کننده پی وی سی و یک ترکیب آلی (مانند هگزان) می‌افزایند که برای پی وی سی ناهلال و در ضمن با آب امتزاج نپذیرد. طبق این روش مخلوطی از ۱۲۰۰ گرم پی وی سی، ۱۲۰ گرم بیس (۲ - استیل هگزیل) فنالات و ۳۲۰ گرم هگزان نرمال به مدت ۳۰ دقیقه در محیط آب به هم زده می‌شود و در انتها فاز آبی از فاز آلی که شامل ذرات جامد پی وی سی است، جدا می‌گردد [9]. برای بازیابی پی وی سی و نوار آلومینیم (Al-foil) از ضایعات کارخانه‌های داروسازی، ۲۰ قسمت (از ضایعات را که شامل ۸۵٪ پلی وینیل کلرید (با جرم مخصوص ۱/۴ g/cm<sup>3</sup>) و ۱۵٪ آلومینیم (با جرم مخصوص ۲/۷ g/cm<sup>3</sup>) است به ابعاد حدود ۱mm خرد می‌کنند. سپس آنها را در یک جبهه‌کننده با ۸۰ قسمت کربن تستراکلرید مخلوط کرده و مخلوط را تا نقطه جوش کربن تستراکلرید (۸۰°C) گرم می‌کنند و ۱/۵ ساعت به هم می‌زنند. پس از سرد شدن مخلوط پی وی سی (۸/۵ قسمت در ساعت) شناور شده و آلومینیم (۱/۵ قسمت در ساعت) نه‌شین می‌گردد [10]. اگر فقط بازیابی ضایعات آلومینیم مورد نظر باشد، ضایعات را ۵ ساعت در دمای ۲۵۰°C قرار می‌دهند تا رزین ذوب شده و از آلومینیم جدا گردد. در این روش آلومینیم با درجه خلوص ۹۸/۴٪ به دست می‌آید. [11].

ب - اهمیت بازیابی پی وی سی در ایران

صنایع داروسازی برای ارائه بهداشتی محصولات خشک خود (قرص، کپسول، فرص پوشش‌دار یا درآه) از نوار پی وی سی سخت و نوار آلومینیم استفاده می‌کنند. محصولات فوق‌الذکر کارخانه‌های داروسازی به کمک ماشین آلات بسته‌بندی دارویی بین دو نوار پی وی سی و آلومینیم به صورت پوسته (بلیستر blister) بسته‌بندی و به بازار ارائه می‌شوند. نوار آلومینیم پوشش بسیار نازکی از پلی استیلن دارد که پی وی سی را به کمک گرما به نوار آلومینیم می‌چسباند (heat-sealed).

ضایعات پی وی سی و نوار آلومینیم به دو صورت در کارخانه‌های داروسازی ایران ایجاد می‌شوند:

۱ - ضایعات ناشی از پاره شدن و آلودگی نوارها به هنگام حمل و نقل یا گیر کردن آنها در ماشین بسته‌بندی که در ایران حدود ۵٪ کسل مصرف برآورد شده است. در این ضایعات نوار پی وی سی و آلومینیم از هم جدا بوده ولی پی وی سی برای مصارف دیگر باید آماده‌سازی شود.

۲ - ضایعات حین تولید که از حواشی پوسته جدا می‌شوند. این

ضایعات برای پی وی سی ۹٪ و برای نوار آلومینیم ۸٪ کل مصرف محاسبه شده است. جدول ۱ مقادیر مصرفی و ضایعاتی این دو کالای وارداتی را در صنایع داروسازی ایران در سال ۱۳۶۶ و مقادیر پیش‌بینی شده آنها را برای سال ۱۳۷۰ به دست می‌دهد.

جدول ۱ - مقادیر مورد نیاز و ضایعات پی وی سی و نوار آلومینیم در کارخانه‌های داروسازی ایران [12]

قرص، کپسول قرص پوشش‌دار	پی وی سی (کیلوگرم)		نوار آلومینیم (کیلوگرم)	
	مصرف کل	ضایعات	مصرف کل	ضایعات
سال تعداد (میلیون عدد)		٪ (۵۰۹)		٪ (۵۰۸)
۱۳۶۶	۱۰۰۵۰	۸۲۵۱۲۲	۱۱۵۵۱۷	۳۰۲۸۷۴
۱۳۷۰	۱۴۳۹۳	۱۱۸۸۶۸۹	۱۶۶۴۱۶	۴۳۳۷۵۷

هزینه ارزی این ضایعات در سال ۱۳۷۰ حدود یک میلیون دلار خواهد بود. از طرف دیگر، حفظ محیط زیست نیز اهمیت بازیابی پی وی سی را بیشتر می‌کند. معمولاً این ضایعات به حاشیه شهرها (محل جمع‌آوری زباله‌های شهری) منتقل می‌شود که به مرور زمان به علت تخریب پی وی سی و آزادسازی HCl محیط زیست به شدت آلوده می‌شود.

پخش تجربی

شناسایی پی وی سی مصرف در صنایع بسته‌بندی داروسازی ایران پی وی سی مصرفی در صنایع بسته‌بندی داروسازی ایران بشرح زیر شناسایی گردید:

الف - طیف IR: از سه نمونه پی وی سی مصرفی در صنایع دارویی ایران با نام‌های «۱۴۶» بی‌رنگ، «۱۴۶» قرمز و «۱۶۱» بی‌رنگ، طیف IR گرفته شد. طیف IR آنها نشان داد که اجزای تشکیل‌دهنده این سه نمونه یکی است و فقط نوع رنگی حاوی رنگ است. در ضمن سایر افزودنیها در هر سه نمونه یکسان می‌باشند و تنها ضخامت نوار پی وی سی با توجه به نقش آن در مصرف متفاوت است (شکل ۱).

ب - تعیین مواد معدنی: سوختن پی وی سی در کوره ۱۰۰۰°C و سوختن آن به وسیله مولفوریک اسید غلیظ\* در ۵۵۰°C، خاکستری پر جای می‌گذارد که به ترتیب ۱/۱۵ تا ۰/۳۰ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد. این خاکستر در HCl و HNO<sub>3</sub> حل نمی‌شود. لذا مقدار مواد معدنی در پی وی سی ناچیز بوده و می‌تواند گردوغبار هوا باشد.

ج - استخراج افزودنیها: از آنجا که پی وی سی در بسیاری از حلالهای آلی اترهایدروفروران، استیل استیل کتون، سیکلو هگزانون،

\* سوختن با مولفوریک اسید به این ترتیب انجام می‌شود که ابتدا نمونه پی وی سی در کوره، چینی با مولفوریک اسید غلیظ مرطوب و حد اکثر به مدت یک ساعت در دمای ۵۵۰°C گرم می‌کند سپس خاکستر به‌صورت تریزین می‌شود.

سیکلوپنتانون، دی‌متیل فرمامید، نیتروبنزن، دی‌متیل سولفو کسید، تولوئن، کسپین، متیل کلرید، اتیلن کلرید، دی‌سوکسان، ۲،۱-دی‌کلروبنزن و دی‌ایزوپروپیل کتون) انحلال‌پذیر است و در تعدادی از آنها (هیدروکسینهای آروماتیک، آنیلین، استون، استیک اسید و نیتروپاراتینها) منورم می‌شود [13]. اثر معمولی به عنوان یک انحلال مناسب و استخراج کننده افزودنیهای آن انتخاب و عمل استخراج در یک حمام گرم ۶۰°C به کمک دستگاه سوکسله (soxhlet) انجام شد. بعد از ۶ ساعت این عمل متوقف و پس از تخریر اثر، مواد جامد باقیمانده نوزین می‌شوند. میزان مواد افزودنی پس از این مدت ۰/۳ درصد و پس از ۴۸ ساعت ۰/۶ درصد وزن پی‌وی سی می‌باشد و زمان بیش از ۴۸ ساعت (تا ۷۲ ساعت) درصد مواد استخراج شده را افزایش نمی‌دهد. طیف IR مواد استخراج شده در  $1770 \text{ cm}^{-1}$  پیوند کربونیل و در  $3400 - 3200$  پیوند هیدروژنی نشان می‌دهد.

با استفاده از کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) و حلالهای مختلف مشخص شد که باقیمانده جامد از چند ماده تشکیل شده است. لذا با استفاده از یک ستون کروماتوگرافی به طول ۵۰ سانتیمتر و قطر ۳ سانتیمتر که تا ارتفاع ۳۰ سانتیمتری از سیلیکاژل - ۶۰ پر شده بود، و به کمک مخلوطی از حلالهای اتربنترول (اتر ۴۰/۶۰) ماده، اکسیل مرکاپتو استیک اسید ( $\text{HS-CH}_2\text{-COOC}_6\text{H}_5$ ) و پلی اتیلن گلیکول ۲۰۰ مونواولئات ( $\text{HO(CH}_2\text{CH}_2\text{O)}_n\text{COOC}_6\text{H}_5$ ) جدا و توسط IR = FT شناسایی شدند (شکل ۲ و ۳). در ضمن ماده در ۱۸۰°C تخریب می‌شود.

د - تعیین وزن مولکولی و عدد K به کمک گرانروی سنج: ابتدا خالص سازی پی‌وی سی به این طریق انجام شد که نمونه پی‌وی سی در نتر ایدرو فوران حل و سپس در متانول راسب گردید. این عمل سه بار تکرار شد تا پی‌وی سی عاری از افزودنیها گردد. برای خارج کردن حلال از پی‌وی سی از گرمخانه ای (oven) با دمای ۳۰°C و در حلاله (۲۰ میلی‌متر

جیوه) استفاده شد. سپس محلول پکتواخت و شفاف ۰/۵۰۰٪ پی‌وی سی در سیکلو هگزانون تهیه و با استفاده از یک گرانروی سنج (Ubbelohde) در حمام آب ۲۰°C، زمان ریزش محلول پلیمر اندازه گیری شد و با رفیق کردن محلول فوق تا ۰/۱۶۷٪ این عمل ادامه پیدا کرد. با استفاده توأم از روابط هوگینس (Huggins) [14]:

$$\eta_{sp}/C = [\eta] + k[\eta]^2 C$$

و کریمر (Kraemer) [15]:

$$\ln \eta_r/C = [\eta] - k[\eta]^2 C$$

گرانروی ذاتی یا عدد گرانروی حد (limiting viscosity number)،  $[\eta]$ ، تعیین و مساوی  $0.8375 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$  گردید. با استفاده از رابطه مارک - هونیک (Mark - Hounik):

$$[\eta] = KM^a$$

و به کاربردن مقادیر  $a = 0.85$  و  $K = 1.16 \times 10^{-4}$  در شرایط عمل [13]،  $M_n$  برای پی وی سی مساوی ۲۳/۶۴۳ محاسبه شد. برای اندازه گیری عدد

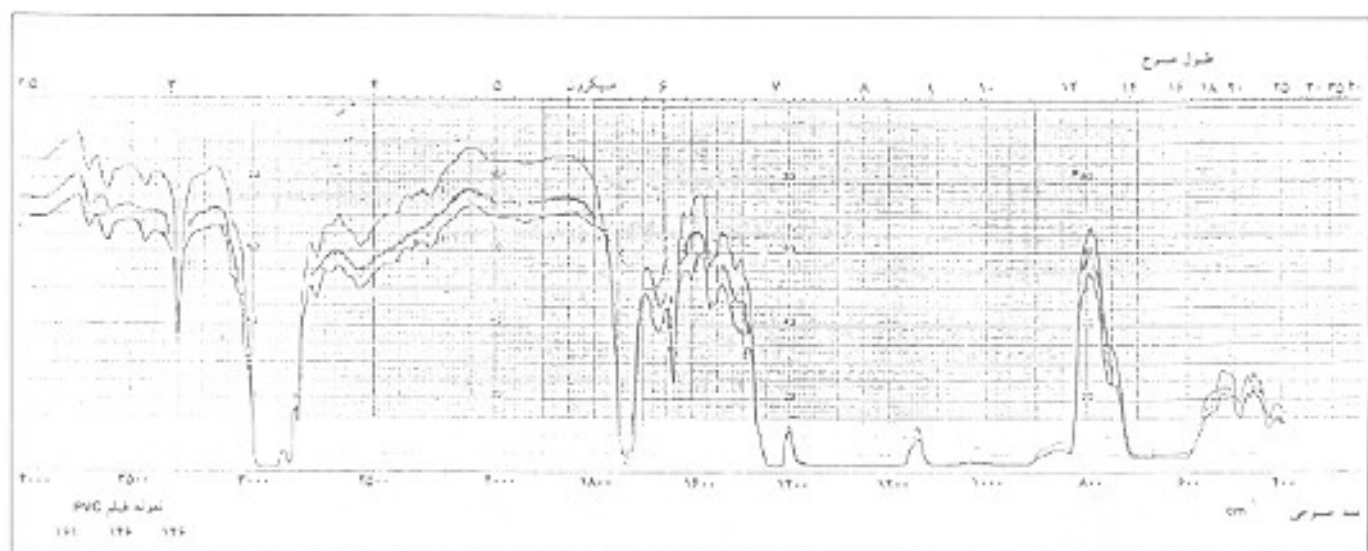
K (K-value) از رابطه فیکن چر (Fikentscher) [16]:

$$\log Z = \left[ \frac{V_{DK}}{1 + V_{DK}} + K \right] C$$

استفاده شد که در آن Z عبارت است از زمان ریزش (t) محلول ۱٪ پی وی سی در سیکلو هگزانون به زمان ریزش (t<sub>i</sub>) هگزانون خالص:

$$Z = \frac{t}{t_i} = \frac{732/176}{339/126} = 2/16$$

و C، غلظت محلول پلیمر بر حسب گرم در  $100 \text{ cm}^3$  می‌باشد. از آنجا که معمولاً به علت کوچکی K آن را در عدد ۱۰۰۰ ضرب می‌کنند، مقدار K برای پی وی سی مصرفی در صنایع بسته بندی مواد دارویی مساوی ۶۲/۹ محاسبه شد.



شکل ۱ - طیف IR سه نمونه از پی وی سی مصرفی در صنایع داروسازی (به صورت فیلم)

از آنجا که اطلاعات تجربی لازم از نحوه عمل بازیابی پی وی سی مصرفی در صنایع بسته‌بندی دارویی دست یافتنی نبود [8, 10, 11] آزمایشهای زیر انجام گرفت:

الف - جداسازی با کربن تتراکلرید: ابتدا ضایعات به وسیله آسیاب (تا ابعاد حدود ۲ میلی‌متر) خرد شدند. سپس ۱/۵ قسمت وزنی از ضایعات با ۸/۵ قسمت وزنی کربن تتراکلرید، در حالی که به هم زده می‌شد، به مدت ۲ ساعت در دمای جوش حلال (۸۰°C) بازروانی (رفلاکس Reflux) شد. در پایان لایه بسیار نازک پلی اتیلن که بین پی وی سی و نوار آلومینیم واقع است در حلال حل شده، پی وی سی روی محلول و آلومینیم در ته ظرف جمع می‌شوند. پس از برداشتن پی وی سی از روی محلول، باقیمانده صاف شده آلومینیم خالص جدا می‌گردد.

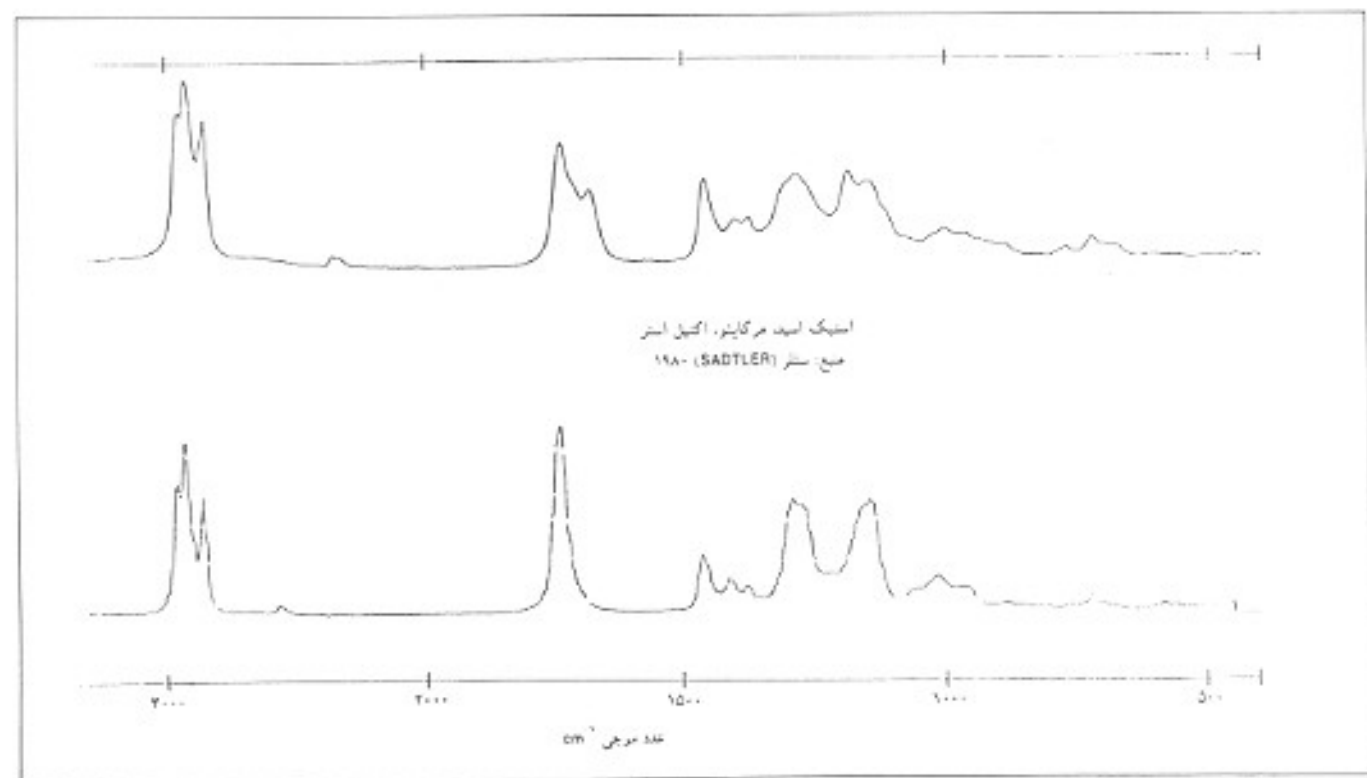
ب - جداسازی با حلالهای نفتی و محلول سیر شده کلسیم کلرید: ۱/۵ قسمت از ضایعات (به ابعاد ۲ میلی‌متر) با ۸/۵ قسمت وزنی حلال نفتی ویژه (AW410) مخلوط گردید و در حالی که مخلوط به هم می‌خورد در دمای جوش حلال (حدود ۱۰۰°C) به مدت یکساعت بازروانی شد. لایه نازک پلی اتیلن بین پی وی سی و آلومینیم در حلال ویژه حل و بسدین ترتیب این دو از هم جدا شدند. مخلوط حاصل صاف شده و قسمت جامد آن (پی وی سی و نوار آلومینیم) با ۷ برابر وزنی محلول سیر شده کلسیم کلرید مخلوط گردید. پس از به هم زدن شدید و رها کردن مخلوط به حال خود، آلومینیم در ته ظرف و پی وی سی و محلول کلسیم کلرید سیر شده

قرار می‌گیرند. یادآوری می‌شود که حدود ۱٪ آلومینیم از پی وی سی جدا نشده و روی محلول باقی می‌ماند.

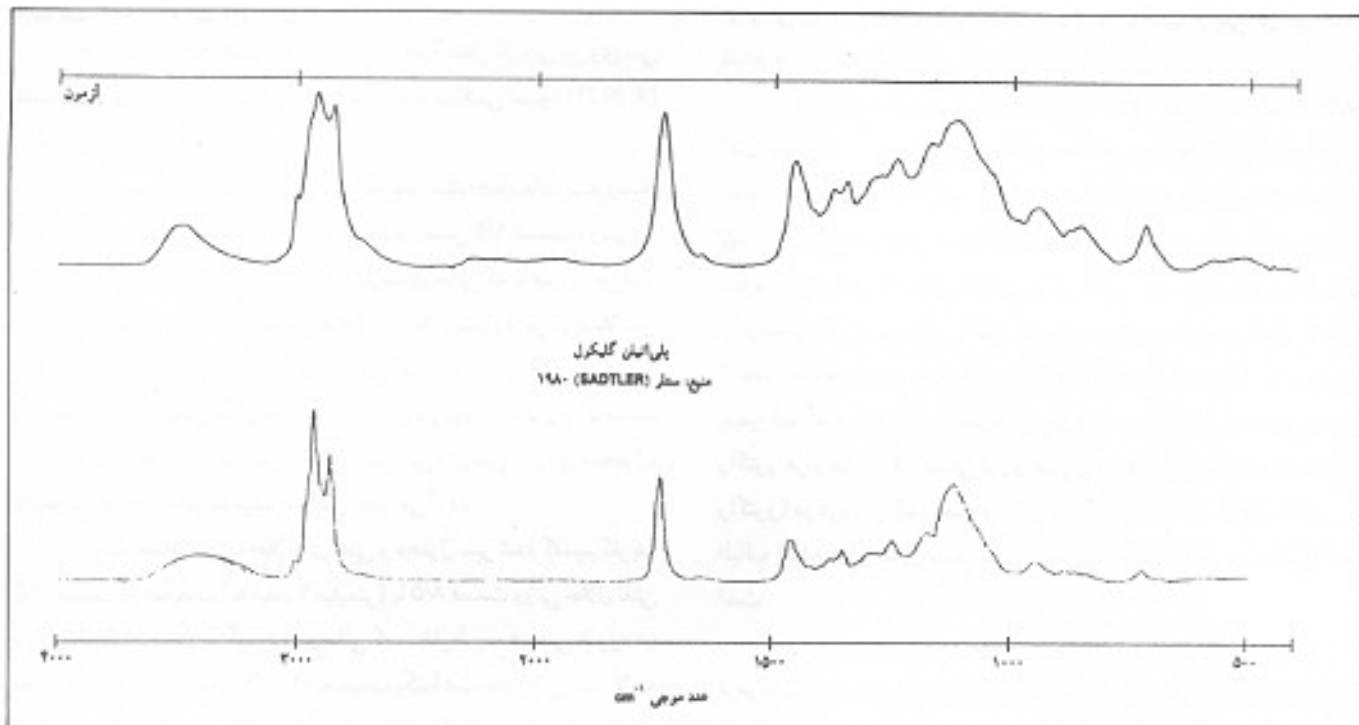
ج - جداسازی با نرم‌کن‌های DOP (دی اکتیل فتالات) و DBP (دی بوتیل فتالات): برای این منظور دستگاهی مطابق شکل ۴ طراحی و ساخته شد. این دستگاه یک راکتور دو جداره دارد و مجهز به دماسنج و بهم زن از نوع مازبیچی است که توسط یک الکتروموتور با دور قابل تنظیم می‌چرخد. راکتور دارای روغن گرم است و دمای روغن با ترموستات کنترل می‌شود. راکتور مجرای ورودی و خروجی گاز N<sub>2</sub> دارد تا عمل جداسازی در غیاب اکسیژن انجام گیرد و ناساخت امکان از تخریب پلیمر جلوگیری شود. شیر خروجی پی وی سی بازیابی شده در پایین راکتور قرار دارد. یک صافی توری فلزی و به شکل استوانه (به شکل راکتور) در درون راکتور تعبیه و برای جلوگیری از انلاف گرما، راکتور با الباف شیشه عایق بندی شده است. طراحی از مراحل عمل در شکل ۵ آمده است.

فرمولندی پی وی سی بازیابی شده و مقایسه بعضی از خواص مکانیکی آن با پی وی سی بکر

الف - تهیه آمیزه از پی وی سی بازیابی شده و پی وی سی بکر برای مقایسه بعضی از خواص مکانیکی پی وی سی بازیابی شده با پی وی سی بکر (که وزن مولکولی آن تقریباً مساوی پی وی سی مصرفی در صنایع داروسازی بود. عدد K برای آن ۶۳ بود). آمیزه‌های مختلفی از این



شکل ۲ - طیف FT-IR اکتیل مرکاپتو استنیک اسید



شکل ۳ - طیف IR - FT پلی‌اتیلن گلیکول ۲۰۰ مونواولنات

دو همراه با پرکننده، پایدارکننده، نرم‌کننده و روان‌کننده طبق جدول ۲ ساخته شد. روش کار به این ترتیب بود که هر یک از آمیزه‌های پیش گفته در دمای  $110 - 100^\circ\text{C}$  به هم زده شد تا پسور حاصل دارای توزیع یکتواختی از اجزای مختلف خود باشد. سپس پایدارکننده نیز به آن افزوده شد.

ب - تهیه ورقه از آمیزه‌های ساخته شده

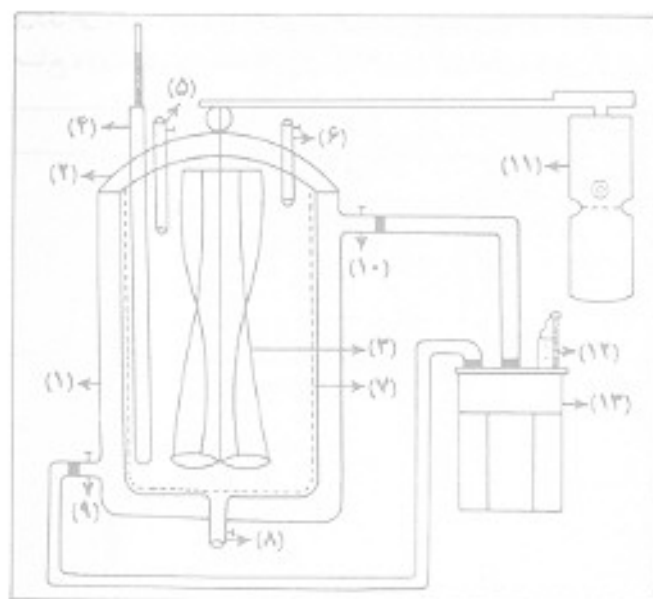
به وسیله یک دستگاه ورقه‌ساز (Polystar 300 S) در دمای  $180^\circ\text{C}$  ورقه‌هایی به ضخامت  $0.15\text{ cm}$  ساخته و از آنها قطعاتی به ابعاد  $10 \times 10 \times 0.15$  تهیه شد و سپس دمیلهایی برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی فراهم شد.

ج - اندازه‌گیری بعضی از خواص مکانیکی

برای اندازه‌گیری حداکثر نیروی وارد بر سطح پلیمر، حداکثر نیرو در نقطه پارگی و درصد ازدیاد طول تا پارگی از دستگاهی (ZWIC1445) استفاده شد که در آن سرعت کشش پلیمر  $50\text{ cm min}^{-1}$  بود. آزمایش برای هر نمونه چهار مرتبه تکرار شد که میانگین اعداد در جدول ۳ آمده است.

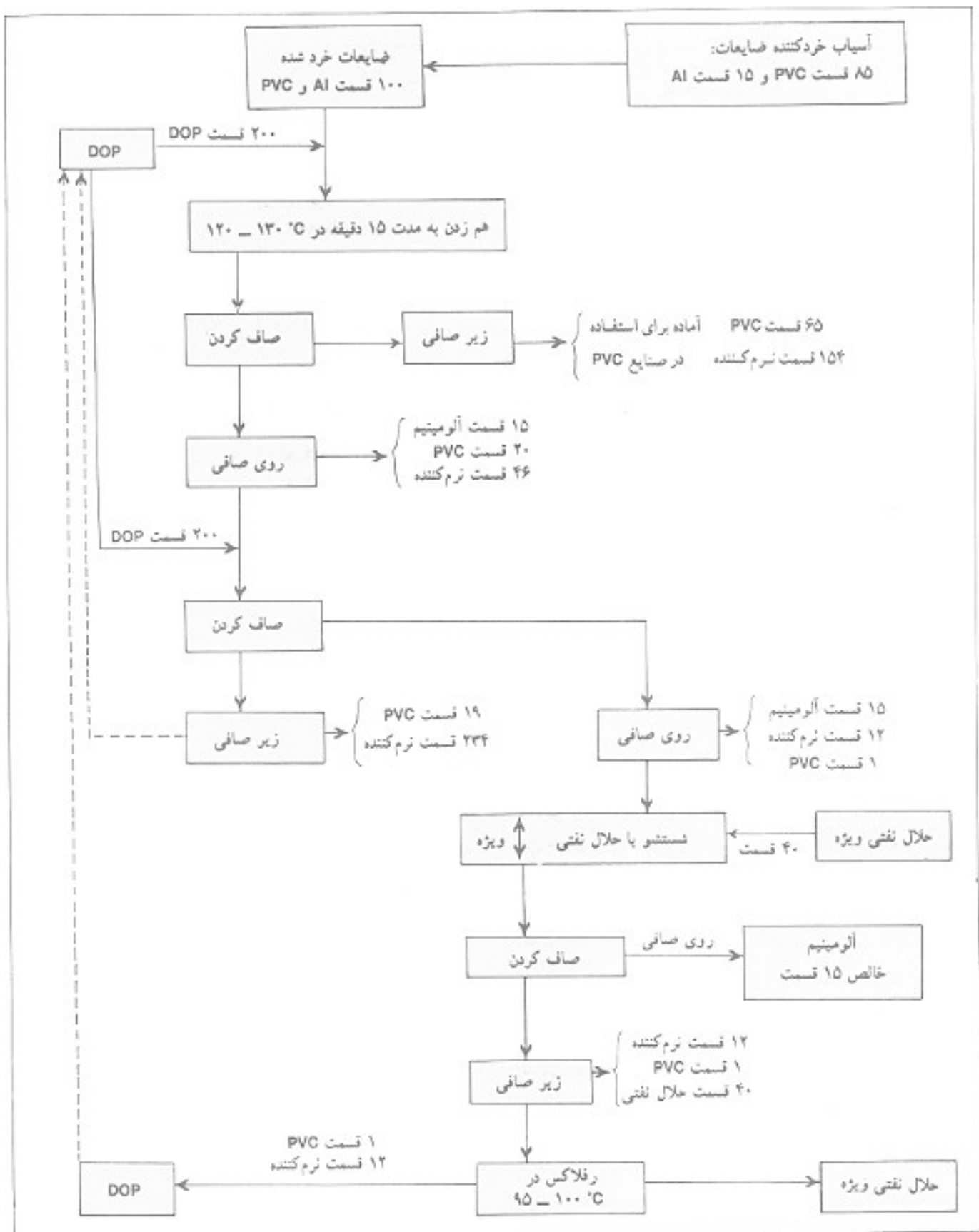
#### بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه کمی پی‌سی‌وی مصرفی در صنایع بسته‌بندی داروسازی ایران نشان می‌دهد که مواد افزودنی آن کمتر از ۱٪ است و این مقدار و جنس مواد مزبور برای کاربرد پی‌سی‌وی‌سی‌بازایی شده در صنایع دیگر، محدودیتی ایجاد نمی‌کند.



شکل ۴ - راکتور طراحی شده برای بازایی PVC

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| (۱) بدنه اصلی راکتور       | (۸) خروجی مواد      |
| (۲) درب راکتور             | (۹) ورودی روغن داغ  |
| (۳) بهم زن از نوع مارپیچی  | (۱۰) خروجی روغن     |
| (۴) محل قرار گرفتن دماسنج  | (۱۱) مونور الکتریکی |
| (۵) ورودی گاز $\text{N}_2$ | (۱۲) ترموستات       |
| (۶) خروجی گاز $\text{N}_2$ | (۱۳) حمام روغن      |
| (۷) صافی                   |                     |



شکل ۵ - طرح بازیابی PVC

شماره نمونه	نمونه PVC	نرم کننده	پرکننده (کلسیم کربنات) (قسمت)	روان کننده (کلسیم استئارات) (قسمت)	(قسمت) پایدار کننده‌ها		
					استئاراتهای باریم - کادمیم	اکتیل دی فنیل فسفیت	دی بوتیل قلع بیس (لوریل) مرکاپتید
۱*	۱۰۰ بکر	DOP ۸۰	۳۰	۰/۵	۲	۱	۱
۲*	۳۴ بازیابی شده و ۶۶ بکر	DOP ۸۰	۳۰	۰/۵	۲	۱	۱
۳*	۱۰۰ بکر	DOP ۱۰۰	۲۰	۰/۵	۲	۱	۱
۴*	۴۳ بازیابی شده و ۵۷ بکر	DOP ۱۰۰	۲۰	۰/۵	۲	۱	۱
۵	۱۰۰ بکر	DOP ۱۰۰	۱۰۰	۰/۵	۲	۱	۱
۶	۴۳ بازیابی شده و ۵۷ بکر	DOP ۱۰۰	۱۰۰	۰/۵	۲	۱	۱
۷	۱۰۰ بکر	DBP ۸۰	۳۰	۰/۵	۲	۱	۱
۸	۳۴ بازیابی شده و ۶۶ بکر	DBP ۸۰	۳۰	۰/۵	۲	۱	۱
۹	۱۰۰ بکر	DBP ۱۰۰	۲۰	۰/۵	۲	۱	۱
۱۰	۴۳ بازیابی شده و ۵۷ بکر	DBP ۱۰۰	۲۰	۰/۵	۲	۱	۱
۱۱	۱۰۰ بکر	DBP ۱۰۰	۱۰۰	۰/۵	۲	۱	۱
۱۲	۴۳ بازیابی شده و ۵۷ بکر	DBP ۱۰۰	۱۰۰	۰/۵	۲	۱	۱

\* از این چهار نمونه ورنه‌هایی تهیه و خواص مکانیکی آنها اندازه‌گیری شد که نتایج در جدول ۲ آمده است.

صنایعی که مصرف پی‌وی‌سی خالص در آنها ضروری است، روش مناسبی نیست. ولی برای صنایعی که می‌توانند پی‌وی‌سی بازیابی شده را با این مقدار نوار آلومینیم به کار ببرند، روشی کاملاً اقتصادی است. در مورد استفاده از نرم‌کننده‌های DBP و DOP به علت کاهش دمای جریان یافتن (flow temperature) پی‌وی‌سی، این ماده به راحتی و به کمک صافی فیزی از نوار آلومینیم جدا می‌شود. افزایش مقدار نسبتاً زیاد نرم‌کننده به پی‌وی‌سی موجب می‌شود که نتوان از آن به همین صورت استفاده کرد. به علاوه با افزودن پی‌وی‌سی بکر (مصرف نشده)، پرکننده و سایر مواد لازم به آن به خوبی در صنایع مختلف قابل استفاده است. بدین ترتیب احتیاجی به جداسازی نرم‌کننده از پی‌وی‌سی نیست. که این امر عملاً مورد تأیید شرکت تولیدی تهران قرار گرفته است. که یکی از مصرف‌کننده‌های عمده پی‌وی‌سی می‌باشد. در این روش مواد مورد نیاز داخلی ارزان و تجهیزات کار ساده و ساخت داخل کشور است. لذا برای صنایعی که فقط باید پی‌وی‌سی خالص مصرف کنند و ۱٪ نوار آلومینیم همراه پی‌وی‌سی مزاحم است، این روش توصیه می‌شود. مقایسه میانگینهای نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد نمونه‌ای

بازیابی ضایعات پی‌وی‌سی و نوار آلومینیم به وسیله کسرین تراکلرید بر این اساس استوار است که در نقطه جوش این حلال، لایه بسیار نازک پلی‌اتیلن موجود بین پی‌وی‌سی و نوار آلومینیم در  $CCl_4$  حل شده و به دلیل جرم مخصوص مناسب این حلال ( $1.59 \text{ g cm}^{-3}$ ) که بین جرم مخصوص پی‌وی‌سی ( $1.4 \text{ g cm}^{-3}$ ) و آلومینیم ( $2.7 \text{ g cm}^{-3}$ ) واقع است، جداسازی آنها ممکن می‌شود. جداسازی در این روش کامل بوده ولی به علت جذب مقدار نسبتاً زیادی از کسرین تراکلرید به وسیله پی‌وی‌سی، سعی بودن حلال، وارداتی بودن کسرین تراکلرید و گرانی آن، این روش در ایران اقتصادی نیست.

حلالهای نفتی در حالی که لایه پلی‌اتیلن موجود بین پی‌وی‌سی و نوار آلومینیم را در دمای جوش خود حل می‌کنند ولی به دلیل جرم مخصوص نامناسب ( $0.8 \text{ g cm}^{-3}$ ) نمی‌توانند پی‌وی‌سی را از نوار آلومینیم جدا کنند. از این رو در مرحله بعدی از محلول سیر شده کلسیم کلرید با جرم مخصوص  $1.5 \text{ g cm}^{-3}$  برای جداسازی استفاده می‌شود. حلالها و مواد مورد استفاده در این روش ارزان و از تولیدات داخلی می‌باشند ولی به دلیل وجود ۱٪ از نوار آلومینیم در پی‌وی‌سی بازیابی شده، برای

نمونه	نمونه	تعداد آزمایش	درصد ازدیاد طول تا پارگی	حداکثر نیرو در نقطه پارگی، $N (mm)^{-2}$	حداکثر نیرو وارد بر سطح، $N (mm)^{-2}$
۱	۱	۱	۲۱۶	۶۳	۶۱۵
	(PVC بکر)	۲	۲۳۷	۶۷	۶۱۸
		۳	۲۲۳	۶۳	۶۱۵
		۴	۲۲۹	۶۷	۶۱۹
		میانگین	۲۳۱.۳	۶۵.۳	۶۱۶.۸
۲	۲	۱	۵۲۷	۵۸	۵۹
	(۳۱ قسمت PVC)	۲	۴۲۷	۵۲	۵۲
		۳	۲۸۲	۵۶	۵۸
		۴	۲۶۱	۵۲	۵۳
		میانگین	۳۷۹.۷	۵۳.۵	۵۲.۶
۳	۳	۱	۲۸۱	۵۳	۵۷
	(PVC بکر)	۲	۲۶۲	۴۹	۵۳
		۳	۲۳۲	۴۸	۵۲
		۴	۲۵۳	۵۱	۵۲
		میانگین	۲۵۷.۲	۵۱.۳	۵۲.۵
۴	۴	۱	۵۶۸	۲۲	۲۱۸
	(۳۳ قسمت PVC)	۲	۵۲۲	۲۳	۲۱۲
		۳	۴۸۵	۲۹	۲۱۷
		۴	۲۹۷	۲۱	۲۱۴
		میانگین	۵۱۸.۵	۲۳.۸	۲۱۵.۲

- [2] Battecca A. "Reuse of Electrical Cable Waste", Chem. Abs., 59: 208031 p (1990).
- [3] Sussman W. B., et al., Reclaiming Commercially Useful Fibers and Resins from Scrap Materials., Chem. Abs., 79: 101138 a (1972).
- [4] Okhita T., et al., "Recovery of Waste Poly (vinyl chloride) Wire Insulation by the Swelling Method", Chem. Abs., 79: 34839b (1973).
- [5] Fulco V., "Recovery of Plastics from Thermoplastic Material and Elastomer Wastes", Chem. Abs., 85: 144222 b (1976).
- [6] Stewart H., Pollution - free Reclamation of Copper from Insulated Wire., Chem. Abs., 79: 57249 y (1973).
- [7] Takahashi K., et al., "Recovery of PVC from Leather Substitutes or Wall Paper.", Chem. Abs., 88: 24003 w (1978).
- [8] Matsuyama T. et al., "Recovery of Waste PVC", Chem. Abs., 89: 7318 f (1978).
- Japan Kokai 78 17, 675 (cl. B 29 C29/100).
- [9] Nippon Zeon Co. "Recovery of Waste Resins in Aqueous Dispersion," Chem. Abs., 97: 93355 k (1982).
- [10] Otsuka N., "Recovery of Aluminium and Resin from Resin - Laminated Aluminium Scrap", Chem. Abs., 92: 97349 f (1980), Japan Kokai Tokkyo Koho 79, 127, 983 (cl. Co 8 J 11.00).
- [11] Hoshino T., "Recovery of Aluminium Foil from Aluminium Foil Composite.", Chem. Abs., 92: 97352 b ( 1980), Japan Kokai Koho 79, 134, 010 (cl. C22 B21/100).
- [12] آمار ستاد عالی برنامه‌ریزی دارویی کشور، ۱۳۶۷.
- [13] Brandrup J. and Immergut E. H., ed., "Polymer Handbook", 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc. New York (1975), IV-246.
- [14] Huggins M. L., J. Am. Chem. Soc., 64, 2716 (1942).
- [15] Kraemer E. O., Ind. Eng. Chem. 30, 1200 (1938).
- [16] Ref-13, IV-153.

## پاول ساباتییه Paul Sabatier

پاول ساباتییه در سال ۱۸۵۹ در فرانسه متولد شد. پس از اتمام تحصیل در سال ۱۸۸۲ و یک سال تدریس، استادیار آزمایشگاه کالج فرانسه شد. در سال بعد در صفت دکتری خود را با ارائه پایان نامه‌ای دربارهٔ شیمی گرمایی گسر کرده و سولفیدهای فلزی دریافت کرد و سپس به مدت یک سال دانشیار رشته فیزیک و آنالیز علوم سوربور (Sorbonne) بود و بعد عهده‌دار تدریس فیزیک در دانشگاه تولوز (Toulouse) شد. که تا آخر عمر در آنجا باقی ماند. وی در سال ۱۸۸۴ به استادی شیمی رسید و در سال ۱۹۲۱ در گذشت.

پس از اتمام پایان نامه، توجه ساباتییه به دسته‌ای از مسائل فیزیکی و معدنی مربوط به گرمایشی سولفیدها، کربنها، کسروماتها جلب شد. در دو دهه اول گذار و فعالیت وی شامل یک مطالعه مفصل در بارهٔ سرعت تبدیل متاسفریک اسید، مطالعاتی در زمینه طیفهای جذب و اندازه‌گیری ضریب تقسیم یک باز بین دو اسید بود.

تلاشهای وی در زمینه شیمی آنی در حدود سال ۱۸۹۷ شروع شد و منجر به اعلام نظریه هیدروژن‌دار کردن کاتالیزوری روی پودر فلزاتی نظیر نیکل، مس، کبالت، آهن و پلاتین گردید.

وی با کمک همکارانش، نه تنها مطالعات تجربی زیادی بر روی هیدروژن‌دار کردن کاتالیزوری به انجام رسانید بلکه نظریه‌ای در زمینه کاتالیز کردن ارائه داد که حتی امروزه نیز مفید و معتبر است. وی پیشنهاد کرد که واکنش هیدروژن‌دار روی کاتالیزور با یکدیگر ترکیب می‌شوند که به علت تشکیل ترکیبها و کمپلکس‌های پایدار با سطح کاتالیزور است.

ساباتییه جوایز و مدالهای زیادی به واسطه فعالیت‌های علمی‌اش دریافت کرد و

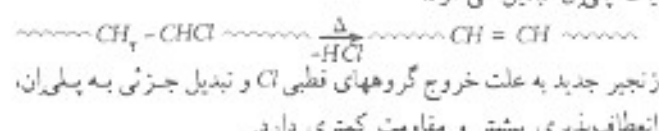
به دلیل ابتلاع روش هیدروژن‌دار کردن ترکیبهای آلی در حضور پودر نیکل، جایزه

نوبل شیمی سال ۱۹۱۲ به وی تعلق گرفت.

منبع: Encyclopedia of World Biography

Vol 6, 1973

که با ۳۴ قسمت پی‌وی‌سی بازیابی شده و ۶۶ قسمت پی‌وی‌سی بکر تهیه شده است نسبت به نمونه‌ای که تماماً از پی‌وی‌سی بکر است (در حالیکه مقدار نرم‌کننده، پرکننده و... در هر دو مورد یکسان است)، ۱۱/۲٪ ازدیاد طول تا پارگی، ۱۶/۵٪ کاهش در حداکثر نیرو در نقطه پارگی و ۱۶/۲٪ کاهش در حداکثر نیرو وارد بر سطح، داشته است. این اختلاف مربوط به مکانیسم تخریب گرمایی (thermal degradation) جزئی پی‌وی‌سی در غیاب اکسیژن می‌شود که به هنگام گرما دادن به پی‌وی‌سی ضایعاتی پیش می‌آید. پی‌وی‌سی در مرحله بازیابی HCl از دست داده و به طور جزئی به یک پلی‌ان تبدیل می‌شود:



از اعضای محترم هیئت مدیره شرکت صنعتی کیمیاژ که بنا است ضمن هزینه مساعدت تجهیزات، تهیه مواد شیمیایی و پرداخت کمک هزینه تحصیلی، امکان این تحقیق را فراهم سازند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

## REFERENCES

- [1] Spiller L. Solvent Reclaiming of Synthetic Resins, Chem. Abs., 77: 62719 (1972)