Archive of SID

# دستیابی به فرمول شیمیایی ساخت بویه EVA به روش مهندسی معکوس

حمید رضا شاهمحمدی
h_r_shahmo@yahoo.com
موسسه تحقیقات شیلات ایران، تهران صندوق پستی : ۶۱۱۶-۱۴۱۵۵

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۸۴

## چکیده

برای استخراج فرمول ساخت بویه صیادی از جنس کوپلیمراتیلن وینیل استات (EVA) این تحقیق به روش مهندسی معکوس انجام گردید. برای این منظور از آزمایشهای تجزیه شیمیایی و دستگاهی پیشرفته از جمله DSC و FTIR, TG بر روی محصول نهایی و مواد میانی خط تولید (که از یک کارخانه خارجی بدست آمده بود) استفاده شد. نهایتاً ترکیبات بکار رفته بصورت کمی و کیفی شناسایی و بهمراه مطالعات تئوریک فرمول ساخت بشرح زیر تعیین گردید:
کوپلیمراتیلن وینیل استات PHR ۸۴، پلی اتیلن سبک PHR ۱۶، یآزو دی کربن آمید ۶ ، اکسید روی ۳، کائولین ۳، دی کیومیل پر اکساید ۱/۷، استاریک اسید ۲ و رنگ به میزان دلخواه (همه نسبتها به PHR)

**لغات کلیدی:** بویه، کوپلیمر اتیلن وینیل استات (E.V.A)، اسفنج ساختمانی

## مقدمه

بویه (Float) وسیله‌ای برای شناور ساختن اجسام بر روی آب یا غوطه‌ور ساختن آنها در عمق بخصوصی از سطح آب می‌باشد. برای نمونه در روش صید گوشگیر یا انتظاری برای نصب تور در آب از قدرت شناوری بویه‌ها در بالا و سنگینی وزنه‌های سربی در پایین تور استفاده می‌شود. همچنین باز نگه داشتن دهانهٔ تور در عمق آب در روش ترال یا ترال میانی به همین روش انجام می‌گردد ( شکل ۱).

از بویه علاوه بر استفاده در تورهای ماهیگیری در نصب علائم دریایی نیز استفاده می‌شود. با توجه به کاربرد بویه، این وسیله باید از قدرت شناوری زیادی برخوردار بوده و در عین حال مقاومت سایشی و مکانیکی لازم برای جلوگیری از فرسایش ناشی از اصطکاک با طناب و حداکثر مقاومت در برابر نفوذ و جذب آب را داشته باشد، چرا که در صورت جذب آب سنگین شده و شناوری خود را از دست می‌دهد. پاره‌ای از بویه‌ها در عمق آب تحت فشار (هر ۱۰ متر آب حدود یک اتمسفر فشار) متراکم و منقبض شده و لذا وزن مخصوص آنها افزایش و خاصیت شناوری آنها کاهش می‌یابد. این وسیله همچنین بدلیل کاربرد آنها در مقابل آفتاب باید مقاومت کافی در تحمل نور خورشید را داشته باشد. بویه یک پلاستیک اسفنجی محسوب می‌شود که خواص آن متاثر از نوع پلیمر بکار رفته در تولید و ساختمان اسفنج است. ویژگی‌های پلیمر (شامل آرایش یافتگی، بلورینگی، تاریخچه حرارتی و خواص شیمیایی آن) خواص فاز پلیمری را تعیین می‌کنند ولی چگالی یک اسفنج تعیین‌کننده خواص فیزیکی و مکانیکی است (Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 1985).

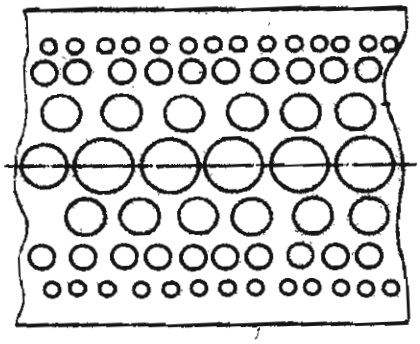

www.SID.ir

Archive of SID

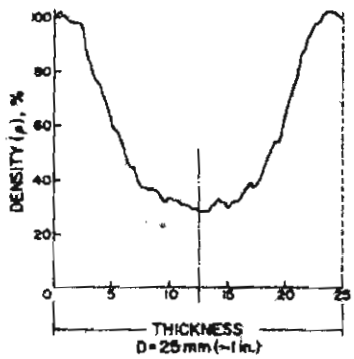
شکل ۱ : بویه صیادی
سمت راست، نمونه خارجی؛ سمت چپ، نمونه تولیدی پروژه

برای دستیابی به چنین خواصی معمولاً از مواد اسفنجی (فوم) توپر از جنس پلیمرهای مختلف از قبیل پلی اورتانها، پلی کلراید و غیره استفاده می‌شود. طی سالهای اخیر نوع جدیدتری از جنس کوپلیمر پلی اتیلن وینیل استات (E.V.A) به بازارهای جهانی راه یافته است که دارای خواص مناسب و عمر طولانی می‌باشد. اما روش تولید و فرمول ساخت آنها در انحصار پاره‌ای شرکت‌های تولیدی خارجی بوده و از ارائه آن به هر عنوان خودداری می‌کنند و این اطلاعات در منابع علمی نیز منتشر نشده است. لذا هدف از این تحقیق دستیابی به فرمول شیمیایی این محصول به طریق مهندسی معکوس بوده است. در انجام این تحقیق علاوه بر بویه‌های وارداتی (که در برخی سالها میزان واردات انها بیش از یک میلیون دلار بود) مقداری از مواد میانی تولید مستربچ بدست آمده از یک شرکت خارجی نیز در اختیار بود.

بطور کلی اسفنجهای ساختمانی (Structural foam) دارای یک مغز سلولی بوده و بتدریج به سمت پوسته بر چگالی افزوده می‌شود تا آنجا که در پوسته تبدیل به یک ساختار غیرسلولی و متراکم می‌شوند (شکل۲) (Semerdjiev, 1982). پوسته متراکم سبب سختی و خواص فیزیکی و مکانیکی شده، در حالیکه ساختار اسفنجی قسمت میانی کاهش جرم مخصوص را موجب می‌شود (شکل ۳) و بدین ترتیب اینگونه اسفنجها از نسبت استحکام به وزن بالایی برخوردارند که برای کاربرد در بویه‌های صیادی مناسب است.



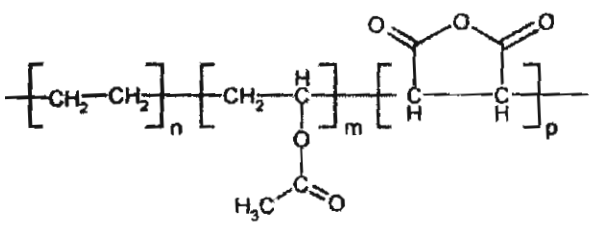
شکل ۲: چگونگی توزیع وزن مخصوص یک اسفنج ساختمانی




شکل۳: پروفیل وزن مخصوص یک اسفنج ساختمانی

ترکیبات اصلی بکار رفته در اسفنجهای ساختمانی معمولاً عبارتند از:

- پلیمری با وزن ملکولی بالا مثل پلی اتیلن و کوپلیمرهای آن مثل EVA، پلی استایرن، پلی پروپیلن و پلی اورتان که فرمول شیمیایی اتیلن وینیل استات (EVA) در زیر ارائه شده است.



- برای ایجاد ساختار سلولی استفاده از یک عامل پفزا "Blowing Agent" ضرورت دارد. این عوامل به سه دسته مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی تقسیم می‌شوند که مهمترین آنها عوامل پفزای شیمیایی


www.SID.ir

Archive of SID

(C.B.A: Chemical Blowing Agent) مثل آزودی کربن آمید "Azodicarbon Amid" است.
- دیگر ماده اصلی در یک اسفنج، عوامل شبکه کننده "Cross linking Agent" می‌باشند که برای بهبود خواص فیزیکی، مکانیکی و همچنین پایدارسازی سلولهای تشکیل شده بکار می‌روند. دی کیومیل پراکسید از جمله مواد پر مصرف در این صنعت می‌باشد که برای ایجاد اتصالات عرضی زنجیره‌های پلیمر بکار می‌رود.
- مواد پرکننده برای بهبود خواص مکانیکی یا کاهش قیمت تمام شده مثل الیاف شیشه، اکسیدها، نمکهای فلزی و غیره.

سایر مواد از قبیل پایدار کننده های حرارتی، تاخیر دهنده‌های آتشگیری، مواد جاذب اشعه فرابنفش، رنگدانه ها، بهبود دهنده های مقاومت ضربه ای، کاهش دهنده های دمای تجزیه عامل پفزای شیمیایی ، هسته سازها و غیره نیز ممکن است مورد استفاده واقع شوند اما ترکیب الزامی محسوب نمی شوند.

## مواد و روش کار

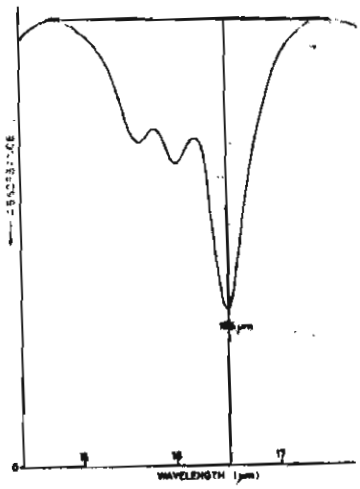
موادی که از یک شرکت خارجی تولید کننده بویه به مقدار کمی در اختیار بود جهت آنالیز کمی و کیفی مورد استفاده قرار گرفت این مواد عبارت بودند از :
- گرانول پلی اتیلن وینیل استات
- مستربچ "Master batch" زرد کم رنگ
- مستربچ زرد پررنگ
- نمونه بویه کره‌ای
- نمونه رنگ استفاده شده در بویه کره‌ای

و از روش طیف‌سنجی مادون قرمز استفاده گردیده است. در این روش پس از تولید یک فیلم مناسب از پلیمر (بصورت مذاب یا از محلول پلیمر دریک حلال) و قراردادن فیلم در دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز "IR"، طیف حاصله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با بررسی پیک مشخصه طیف نسبت به محاسبه درصد کومنومر اقدام می‌شود. (Ting *et al.*, 1974). برای تعیین درصد وینیل استات کوپلیمرهای حاوی ۳ تا ۳۰ درصد وینیل استات از رابطه زیر استفاده شده است (Haslam *et al.*, 1972).

$$\text{درصد وینیل استات} = K \times \frac{\text{میزان جذب در طول موج ۱۶/۵ میکرومتر}}{\text{ضخامت فیلم}}$$

برای استفاده از این رابطه فیلمی از کوپلیمر مورد نظر تهیه می شود که میزان جذب پیک مشخصه (در طول موج ۱۶/۵ میکرومتر) بین ۲۰ تا ۷۰ درصد باشد تا بیشترین دقت حاصل شود. برای محاسبه ضریب K از طیف کوپلیمرهایی با درصد وینیل استات مشخص استفاده می شود.

در نمودار ۱ بخشی از طیف مادون قرمز یک کوپلیمر حاوی ۲۸ درصد وینیل استات که از فیلمی به ضخامت ۰/۰۷ میلی‌متر تهیه شده ارائه شده است (Haslam *et al.*, 1992).




نمودار ۱ : طیف جذب یک پلیمر EVA حاوی ۲۸ درصد وینیل استات

میزان جذب در طول موج ۱۶/۵ میکرومتر دراین طیف ۰/۲۷۳ است که با در نظر گرفتن درصد وینیل استات کوپلیمر و ضخامت فیلم می‌توان مقدار ضریب ثابت را بدست آورد یعنی:

$$\frac{۰/۲۷۳}{۰/۰۷} \times K = ۰/۲۸ \rightarrow K = ۷/۱۸ \times ۱۰^{-۲}$$

برای اطمینان از این عدد از کوپلیمر اتیلن وینیل استات حاوی ۱۸ درصد وینیل استات با مارک تجاری


www.SID.ir

Archive of SID



Pielene 1802 تولیدی شرکت Polyolefines Industries limited استفاده و فیلم با ضخامت های ۰/۰۵۴ و ۰/۱۹۰ میلی‌متر تهیه و مشاهده شد که فیلم اول در طول موج ۰/۱۴۸ و فیلم دوم در طول موج مورد نظر ۰/۴۸۵ جذب نشان می‌دهد سپس با ضریب K بدست آمده از کوپلیمر ۲۸ درصدی، درصد کوپلیمر را در این نمونه محاسبه شد:

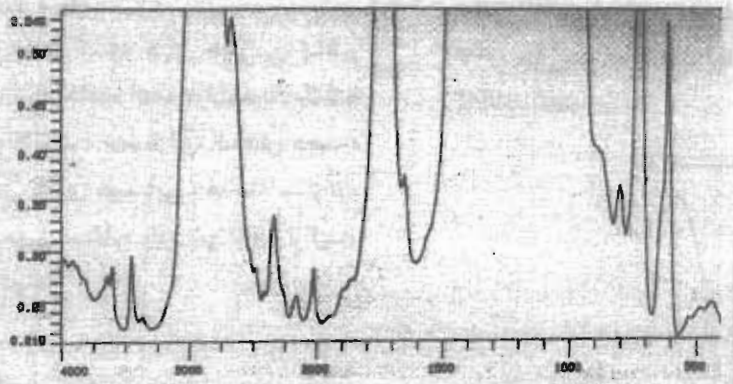
فیلم با ضخامت ۰/۰۵۴ میلی‌متر:

$$\text{درصد وینیل استات} = \frac{۰/۱۴۸}{۰/۱۹۰} \times ۷/۱۸ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰۰ = ۱۹/۶$$

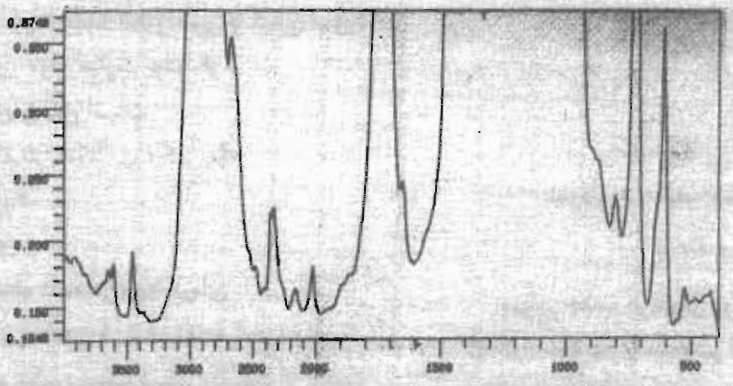
چون هر دو فیلم از یک کوپلیمر تهیه و هر دو حاوی ۱۸ درصد وینیل استات هستند فیلم ضخیم‌تر پاسخ درست‌تر داده است. حال با داشتن ضریب K و تهیه فیلم با ضخامت ۰/۲۴ و ۰/۱۷ میلی‌متر از نمونه مجهول و آزمایش IR جذب پیک مشخصه در این دو فیلم بدست آمد:

فیلم با ضخامت ۰/۱۹۰ میلی‌متر:

$$\text{درصد وینیل استات} = \frac{۰/۴۸۵}{۰/۵۴} \times ۷/۱۸ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰۰ = ۱۸/۳$$



نمودار ۲ : طیف FTIR فیلم کوپلیمر اتیلن- وینیل استات مجهول با ضخامت ۰/۲۳٤ میلی‌متر



نمودار ۳ : طیف FTIR فیلم کوپلیمر اتیلن- وینیل استات مجهول با ضخامت ۰/۱۷۱ میلی‌متر

فیلم با ضخامت ۰/۲۳۴ میلی‌متر:

$$\text{درصد وینیل استات} = \frac{۰/۵۲۵}{۰/۲۴۳} \times ۷/۱۸ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰۰ = ۱۵/۵$$

فیلم با ضخامت ۰/۱۷۱ میلی‌متر:

$$\text{درصد وینیل استات} = \frac{۰/۳۵۸}{۰/۱۷۱} \times ۷/۱۸ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰۰ = ۱۵/۰$$



www.SID.ir

Archive of SID

(لازم به ذکر است که ابتدا فیلمهای با ضخامتهای مختلف تهیه و میزان جذب فیلمهایی که در محدوده ۰/۲ تا ۰/۷ قرار داشت یعنی دو فیلم فوق انتخاب گردید).

برای تعیین نوع و درصد مواد مصرفی شامل انواع پرکننده‌ها، هسته سازها، فعال‌کننده‌ها عوامل پفزا و شبکه کننده و غیره از روش متداول کوره ASTM, 1992 استفاده شد. خاکستر حاصله تحت آزمایش مادون قرمز (IR) قرار گرفت و طیف مربوطه که در نمودار ۴ نشانگر آن است که خاکستر دارای دو نوع ماده مصرفی است. همچنین مخلوط آماده برای قالب‌گیری دارای سه بخش مشخص شامل گرانولهای EVA سفید رنگ، خرده‌های حاوی مستربچ زرد کمرنگ و زرد پررنگ که درصد وزن این سه با کمک ترازوی دیجیتال دقیق اندازه‌گیری گردید.

برای تعیین نوع رنگدانه مصرفی در تولید بویه، آزمایش IR از طریق تهیه قرص استاندارد (مخلوط کردن رنگ با پودر پتاسیم برمایید (KBr) و پرس کردن آن) و سپس تهیه طیف جذب نمونه استفاده شد. مقایسه طیف حاصله با طیفهای بانک اطلاعاتی خود دستگاه FTIR نوع رنگدانه را با نام تجاری SUN FAST YELLOW مشخص نمود. این رنگدانه توسط شرکت .Sun Chem Corp. در ۵ نوع مختلف تولید می‌شود که تنها کد یک آن با نقطه ذوب ۲۵۶ درجه سانتیگراد در آب نامحلول و برای اینکار مناسب می‌باشد.

و خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه تولیدی و نمونه خارجی براساس استاندارد ASTM مطابق جدول ۲ اندازه‌گیری گردید.

## نتایج

کار تولید آزمایشی براساس فرمول جدول ۱ بوسیله یک دستگاه رول میل آزمایشگاهی و یک دستگاه پرس انجام گرفته است.

ضریب K در رابطه (۱): $K = 7/18\times10^{-2}$

درصد وینیل استات (فیلم با ضخامت ۰/۲۳۴ میلی‌متر: ۱۵/۵ درصد

درصد وینیل استات ( فیلم با ضخامت ۰/۱۷۱ میلی متر): ۱۵/۰ درصد

در نمودار ۴ جذب در طول موج $cm^{-1}$ ۴۰۰-۵۲۰، ۳۴۰۰ و ۲۹۰۰ حاکی از وجود اکسید روی دارد که بعنوان فعال‌کننده عوامل پفزای شیمیایی از نوع آزودی کربن آمیدها مورد استفاده قرار گرفته است.

جذب‌های موجود در طول موج $cm^{-1}$ ۹۰۰-۱۱۰۰ انحصاراً به ترکیبات سیلیکاتی اختصاص دارد و با توجه به جذب‌های موجود در طول موج $cm^{-1}$ ۱۴۰۰-۱۵۰۰ و ۳۶۰۰-۳۷۰۰ حاکی از وجود Kaolin Clay می‌باشد (Hummel & Scholl, 1981).

با توجه به سطوح زیر منحنی پیک‌های نشر این طیف می‌توان پیش‌بینی کرد که غلظت این دو ماده تقریباً مساوی است.

درصدوزنی گرانول EVA ۷۵/۵ درصد

درصد وزنی مستربچ زردکمرنگ ۱۶/۴ درصد

درصد وزنی مستربچ زرد پررنگ ۸/۱ درصد

طیف DSC مستربچ زرد پررنگ (نمودار ۸) یک پیک گرماگیر کاملاً مشخص و تند در دمای ۱۲۰/۸ درجه سانتیگراد تشکیل داده که حکایت از نقطه ذوب کریستالی پلیمر مورد استفاده را دارد که با EVA تطبیق ندارد. چرا که این کوپلیمر در حداقل وینیل استات که حداکثر نقطه ذوب را دارد بیش از ۱۰۵ درجه سانتیگراد نیست. از طرفی طیف TG (نمودار۶) در دمای ۱۲۰/۸ درجه سانتیگراد هیچ افت وزنی نشان نمی‌دهد و لذا در دمای فوق تنها یک تغییر فازی (ذوب کریستالی) روی داده است و از آنجا که این پلیمر باید یک پلی الفین قابل استخراج با EVA باشد می‌توان نتیجه گرفت که یک پلی اتیلن سبک تا نیمه سنگین است. از طرفی طیف DSC (نمودار ۸) یک تحول شدید گرمازا در دمای ۱۷۴/۱ درجه سانتیگراد گزارش می‌کند.

نقطه شروع این تحول در طیف TG (نمودار ۶) یک افت وزنی ۹/۵ درصدی دارد که حاکی از تجزیه عامل پفزای شیمیایی و خروج گاز ناشی از افت وزنی با افزایش دما و تخریب پلیمر بوده که ادامه یافته تا اینکه در ۶۰۰ کل پلیمر از بین رفته و ۱۶/۱ درصد ماده معدنی باقی مانده است .

از طرفی در بخشهای قبلی وجود دی اکسید روی که همان ماده معدنی است مشخص شده بود که بعنوان فعال‌کننده عامل پفزای آزودی کربن آمید است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که عامل پفزا همان آزودی کربن آمید بوده و مقدار دی اکسید روی ۱۶/۱ درصد از مستربچ زرد پررنگ که حاوی عامل پفزا (BLA) است، می‌باشد.

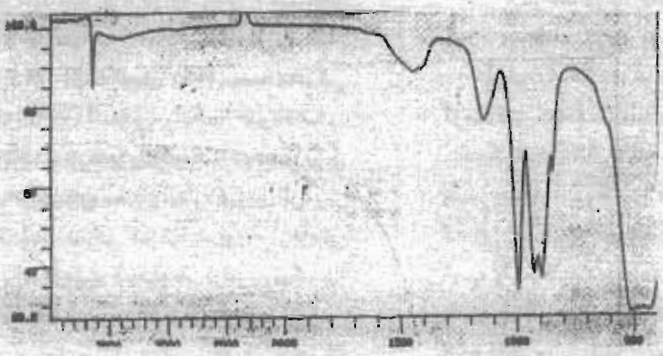
طیف DSC مستربچ زرد کمرنگ (نمودار ۷) حاکی از یک رویداد گرماگیر در دمای ۹۱/۸ درجه سانتیگراد می‌باشد که دقیقاً با نقطه ذوب کریستالی کوپلیمرEVA منطبق است. در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد نیز یک تحول گرمازا روی داده است. متناظر این دما در طیف TG (نمودار ۵) حاکی از یک افت وزنی به میزان یک درصد دارد که قطعاً متعلق به تجزیه عامل شبکه‌کننده از قبیل


www.SID.ir

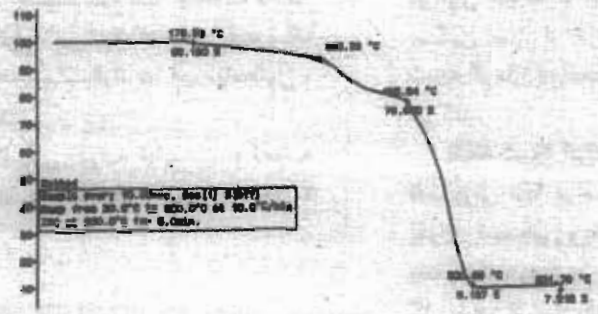
Archive of SID


دی کیومیل پراکسید است.

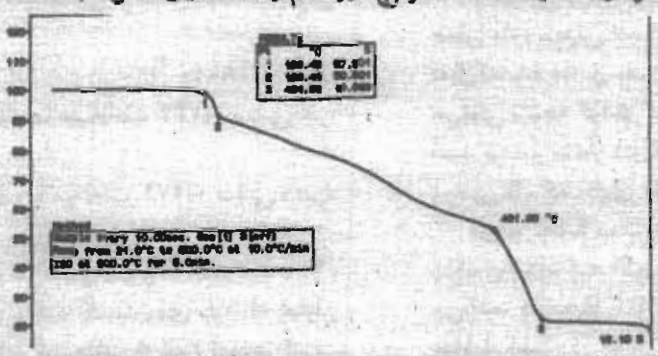
پدیده گرماگیر (نمودار ۷) در ۲۵۰ درجه سانتیگراد احتمالاً نقطه ذوب رنگدانه و کاهش وزن از دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد به بعد و عدم تغییر وزن ۵ دقیقه در ۶۰۰ درجه سانتیگراد نشانگر تجزیه مواد پلیمری و آلی و باقی ماندن مواد مصرفی است که به میزان ۹/۱ درصد می‌باشد. چون طیف IR فقط اکسید روی و کائولن را مشخص کرده بود این ماده معدنی پودر کائولن است که معمولاً همراه عوامل شبکه کننده پراکسیدی برای کاهش خطر انفجار و افزایش پایداری آنها استفاده می‌شود. پراکسیدهای موجود در بازار معمولاً با غلظت‌های ۳۰ تا ۷۰ درصد عرضه می‌شوند لذا می‌توان میزان پراکسید مصرفی را حدود ۱/۸ تا ۰/۸ درصد برآورد نمود که کمتر از میزان مورد انتظار است.



نمودار ۴: طیف FT IR خاکستر مستر بچ (پرکننده موجود در پویه)



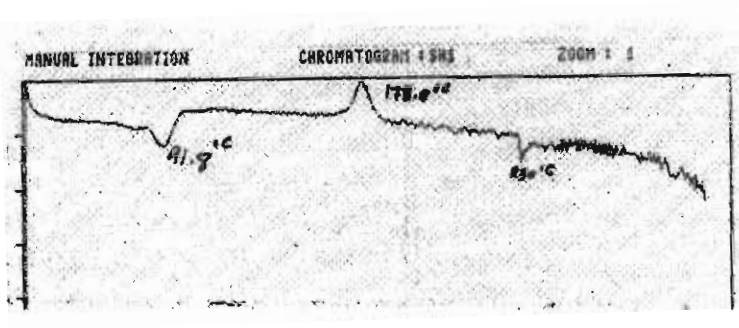
نمودار ۵ : طیف TG مستر بچ (زرد کم رنگ) حاوی عامل شبکه کننده



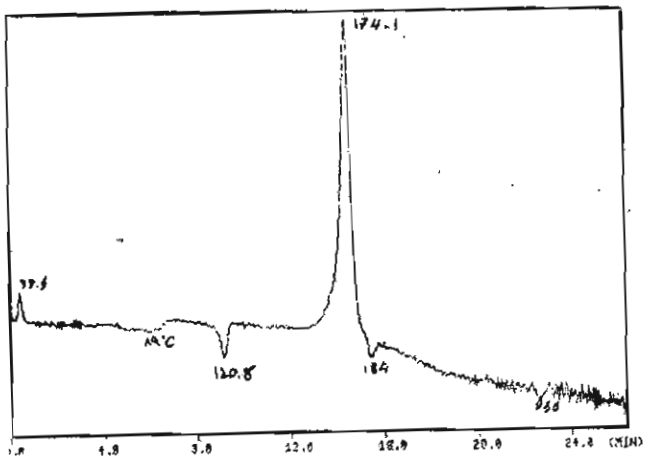
نمودار ٦ : طیف TG مستر بچ (زرد پر رنگ) حاوی عامل پفزا

www.SID.ir

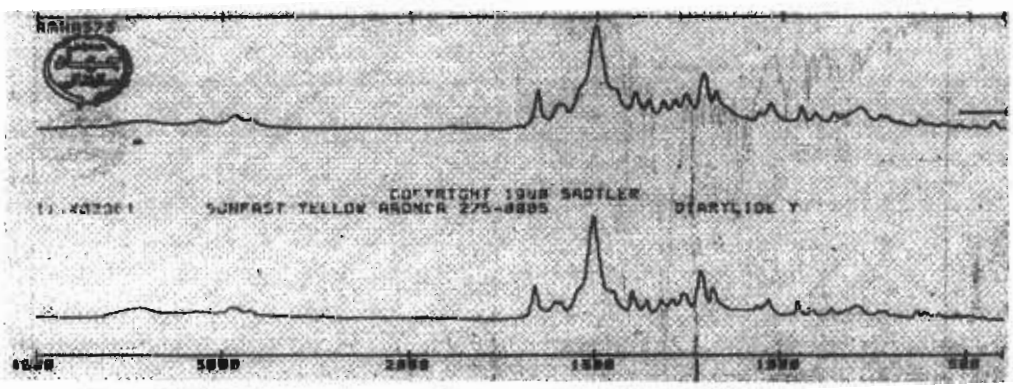
Archive of SID




نمودار ۷ : طیف DSC مستر بچ (زرد کم رنگ) حاوی عامل شبکه کننده




نمودار ۸ : طیف DSC مستر بچ (زرد پر رنگ) حاوی عامل پفزا




نمودار ۹ : طیف جذب FTIR رنگدانه مصرفی در بویه


www.SID.ir

Archive of SID



ارائه فرمولاسیون:

۱) پلیمر پایه E.V.A : چنانچه قبلاً اشاره گردید ۷۵/۵ درصد کوپلیمر اتیلن وینیل استات (با حدود ۱۵ درصد وینیل استات) قبل از تزریق بطور خالص با دو مستر بچ زرد کمرنگ و زرد پر رنگ (جمعاً ۲۴/۵ درصد بوده و عمدتاً حاوی EVA است) می‌توان میزان کل EVA را ۸۳/۶ درصد برآورد نمود.

(۰/۳۳×۰/۲۴۵) + ۰/۷۵۵ = ۰/۸۳۶

۲) پلیمر PE: میزان PE مصرفی را صرف نظر از مواد افزودنی با استفاده از میزان مستر بچ زرد پر رنگ می‌توان برآورد نمود.

(۰/۶۷ × ۰/۲۴۵ = ۰/۱۴۶)

و چنانچه اشاره گردید PE مصرفی دانسیته کم الی متوسط خواهد بود. بدین ترتیب اگر پلیمر مصرفی را در مجموع ۱۰۰ PHR فرض کنیم می‌توان ۱۶ PHR آنرا PE و ۸۴ PHR آنرا EVA فرض نمود.

۳) ماده پفزا B.L.A : تجزیه عامل شیمیایی که آزو دی کربن آمید ADCA تشخیص داده شده در مستربچ زرد پر رنگ تولید ۹/۵ درصد وزنی گاز نموده و تجزیه ACDA منجر به تولید ۳۲ درصد گاز خواهد شد. بنابراین می‌توان تخمین زد که ۲۹/۷ درصد عامل پفزا در مستر بچ حاوی PE بکار رفته است.

۰/۰۹۵ × (۱/۰/۳۲) = ۰/۲۹۷

لذا در کل ترکیب میزان عامل پفزا عبارت خواهد بود از :

۰/۱۶۴×۰/۲۹۷=۰/۰۴۸۷

یعنی حدود ۵ درصد کل ترکیب از عامل پفزای ADCA است.

۴) فعال‌کننده: چنانچه قبلاً نشان داده شد از پر اکسید روی بعنوان فعال‌کننده استفاده شده است و میزان آن حدود نصف ماده معدنی موجود یعنی ۲/۶ درصد برآورد گردیده است.

۵) فیلر که نوع آن کائولین تشخیص داده شده برابر میزان اکسید روی یعنی ۲/۶ درصد تعیین شده است.

در مجموع با بررسی‌های مشابه که بدلیل رعایت اختصار از ذکر همه آنها خودداری می‌گردد. نتایج فرمولاسیون حاصل از این آنالیز در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱: نتایج فرمولاسیون حاصل از آنالیز

| ردیف | نقش | نام ماده شیمیایی | نسبت(PHR) |
|---|---|---|---|
| ۱ | پلیمر اصلی | E.V.A | ۸٤ |
| ۲ | پلیمر فرعی | پلی اتیلن سبک (LDPE) | ۱٦ |
| ۳ | عامل پفزا (B.L.A) | آزودی کربن آمید (ADCA) | ٦ |
| ٤ | فعال کننده | اکسید روی (ZnO) | ۳ |
| ٥ | فیلر | کائولین | ۳ |
| ٦ | عامل شبکه کننده (C.L.A) | دی کیومیل پراکسید | ۱/۷ |
| ۷ | روان کننده | اسید استاریک | ۲ |
| ۸ | رنگ | زرد (SUN FAST YELLOW) | به اندازه دلخواه |

## بحث

خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه تولیدی و نمونهٔ خارجی براساس استاندارد ASTM مقایسه گردید. چنانچه در جدول ۲ ملاحظه می‌شود. جرم حجمی نمونهٔ تولیدی ۵/۳ درصد کمتر از نمونهٔ خارجی آن است.

یعنی بویانسی آن که خاصیت اصلی و مورد انتظار بویه است بیشتر بوده و کارایی آن در بالا نگه داشتن تور بهتر خواهد بود. دو خاصیت میزان جذب آب و میزان سایش به مقدار جزئی با نمونه خارجی تفاوت داشته و بیشتر است. میزان سایش به عمر نگهداری بویه مربوط بوده و مقاومت بویه را در مقابل سایش با طناب تور نشان می‌دهد. در واقع زیاد بودن آن عامل منفی محسوب می‌گردد. میزان جذب آب نیز در سنگین شدن بویه ناشی از جذب آب و کاهش کارایی مؤثر خواهد بود و اما نشست فشاری شاخص است برای سنجش میزان متراکم و منقبض شدن بویه وقتی تحت فشار هیدرو استاتیک در اعماق آب قرار می‌گیرد. بدیهی است هر چه این عامل بیشتر باشد منجر به کاهش کارایی بویه در روشهای صیدی که از بویه در اعماق آب استفاده می‌شود، خواهد


www.SID.ir

Archive of SID

شد. برای نمونه روش ترال و روش لانگ لاین که اصولاً در این گونه روشهای صید برای آبهای عمیق بویه‌های اسفنجی کمتر مورد استفاده می‌باشند. اما در سایر روشها مانند صید انتظاری (Gill net) و صید محاصره‌ای (persine) صید پره در شمال که قریب به اتفاق صید کشور را شامل می‌شود. از بویه در سطح آب استفاده می‌گردد، لذا ضعف ۲۸ درصدی در این عامل هر چند قابل رفع است اما مانعی در بهره‌برداری از آن شمرده نمی‌شود.

بخش قابل توجهی از کاستی‌های فوق‌الذکر بدلیل نبود امکانات کافی خصوصاً دستگاه تزریق باز می‌گردد که موجب عدم دسترسی به محصولی کاملاً یکنواخت گردید. لذا قبل از انجام هر گونه تغییر در فرمول، تکرار تولید با امکانات کافی توصیه می‌گردد. پس از این مرحله با تغییر در فرمولاسیون نیز می‌توان خواص محصول را بهینه نمود.

برای نمونه کاهش اندک میزان عامل پفزا هر چهار شاخص جدول ۲ را در جهت معکوس حرکت خواهد داد یعنی باعث افزایش جرم حجمی و کاهش نشست فشاری، جذب آب و سایش خواهد شد. یعنی خواص آن به نمونه خارجی نزدیکتر می‌شود. اما با افزایش نسبت پلی اتیلن به پلی‌اتیلن وینیل استات ضمن کاهش جرم حجمی می‌توان توقع داشت که جذب آب نیز کاهش یابد. چرا که پلی اتیلن غیر قطبی و پلی اتیلن وینیل استات یک مولکول قطبی است و لذا جذب آب بیشتری می‌تواند داشته باشد. اما این تغییر نیز تا حدی که به مقاومت محصول در مقابل اشعه فرابنفش نور خورشید آسیب نرساند مجاز خواهد بود.

در مجموع می‌توان بیان نمود، به رغم وجود پاره‌ای نواقص در ابزار تولید، نمونهٔ تولیدی حاصل از فرمول ارائه شده کاملاً رضایت‌بخش است و با انجام اصلاحاتی براحتی می‌تواند جایگزین نمونه خارجی گردد و سالیانه از خروج صدها هزار دلار ارز جلوگیری نماید.

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سازمان شیلات ایران که هزینه‌های پروژه را تامین نمود، مرکز تحقیقات مهندسی جهاد، مرکز تحقیقات مهندس عصر انقلاب، شرکت مهندسین مشاور شایان پلیمر، مرکز تحقیقات و توسعه علوم و تکنولوژی مواد پلیمری که آزمایشهای مورد نیاز با امکانات آنان صورت گرفته نهایت تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

## منابع

**ASTM (American Society for Testing and Material) , 1984.** Annual book of ASTM standards. Vol. 8.2-D4218.

**Bugada, D.C. and Rudin, A. 1992.** Euro. Polymer Journal. Vol. 28, No.3, pp.219-227.

**Copolymers Center**.www.specialchem4adhesives.com/tc/ethylene-copolymersEthylene-product-Ethylene vinyl acetate.

**Dawkins, F. , 1978.** Development in polymer characterization. Applied Science Publishers LTD., London, UK. 282P.

**Encyclopedia of Polymer Science and Engineering , 1985.** Wiley J. & Sons Inc. New York, USA. Vol. 3, 820P.

**Haslam, J. ; Willis H.A. and Squirrell, D.C.M. , 1972.** Identification and analysis of plastics. Iliffe Book. London, UK., pp.381-384.

**Hummel, O. And Scholl, F. , 1981.** Atlas of polymer and plastic analysis. Carl Hanser Verlag, Munich, Germany. Vol. 3, 587P.

**Semerdjiev, S. , 1982.** Introduction to structural Polymer foam. Phys. Ed 12, pp.901-911.

Society of Plastics Engineers Inc. Manchester, UK. 120P.

**Ting, K.W. , 1974.** Journal of Polymer Science.

جدول۲: مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه تولیدی و نمونه خارجی

| خاصیت فیزیکی | استاندارد آزمایش | نمونه خارجی | نمونه تولیدی | درصد اختلاف |
|---|---|---|---|---|
| جرم حجمی (کیلو گرم بر مترمکعب) | ASTM D3575A | ۱۴۹ | ۱۴۱ | - ۵/۳ |
| نشست فشاری (درصد) | ASTM D3575 | ۱۱/۸ | ۱۵/۱ | +۲۸ |
| میزان جذب آب (کیلو گرم بر مترمکعب) | ASTM D3575 | ۰/۲۱۰ | ۰/۲۲۴ | + ۶/۶ |
| میزان سایش (میلی‌مترمکعب) | DIN 53516 | ۳۵۰ | ۳۵۶ | + ۱/۷ |


www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Scientific Fisheries Journal Vol. 15, No. 2, Summer 2006

# Developing the chemical formulae for production of EVA Buoy using Reversed Engineering Method

**Shahmohammadi H.R.**

h_r_shahmo@yahoo.com

Iranian Fisheries Research Organization, P.O.Box: 14155-6116 Tehran, Iran

Received: July 2005 Accepted: March 2006

**Keywords:** Buoy, (Ethylene Vinyl Acetate) EVA, Chemical Formulae, Reversed Engineering

## *Abstract*

A series of chemical and instrumental analyses was employed using final buoy samples in a Reversed Engineering Method to develop the formulation for production of Ethylene Vinyl Acetate (EVA) buoys. To accomplish the goal, FTIR, DSC, and TGA and chemical analyses such as Furnace Test were conducted on the samples. The formulation was found to be composed of Co-Polymer Ethylene Acetate PHR 84, LDPE 16 PHR, ADCA 6 PHR, Zinc Oxide 3 PHR, Kaolin Clay 3 PHR, Dicumil Peroxide 1.7 PHR, and Stearic Acid 2 PHR.

www.SID.ir