

توانایی رئولوژیکی و مکانیکی فرمولاسیون یو.پی.وی.سی تجاری

لابراتوار، مرکز توسعه تحقیقات روزین

چکیده:

این مقاله به آنالیز رئولوژیکی و مکانیکی فرمولاسیون یو.پی.وی.سی با مواد اولیه، بازیافتی و پیگمنت شده که در تولید پروفیل ساختمانی استفاده می‌شود، پرداخته است. نشان داده شده است که ویسکوزیته برشی، خواص کششی و خواص حرارتی مکانیکی دینامیک فرمولاسیون‌های مختلف به نوع استیلایزر، دمای فرآیندی و تمرکز پیگمنت وابسته است. پروفیل‌هایی که با استیلایزر پایه سرب ساخته شده‌اند از مقاومت به ضربه بالاتری نسبت به پایه کلسیم زینک برخوردارند و تفاوت کوچکی در دمای انتقال شیشه‌ای T_g ، مودول ذخیره E در آزمایشات برای همه فرمولاسیون‌ها گزارش شده است.

مقدمه:

استیلایزرها نقش مهمی در تولید پروفیل‌های یو.پی.وی.سی دارند و از آن در برابر تجزیه حرارتی و UV محافظت می‌کنند. انواع متفاوتی از استیلایزرها وجود دارند که شامل ترکیبات سرب (سولفات سرب و استنارات)، ترکیبات تین و کادمیم، و نمک‌های پیچیده Ba/Zn و Ca/Zn می‌شوند.

اثر کیفی فلزات سنگین استفاده شده در استیلایزرهای یو.پی.وی.سی به خوبی برای ما آشکار است. فرم سرب به دلیل اثرات تجمع‌ی‌اش، به شدت برای انسان مضر و خطرناک است و سبب کم‌خونی، اثرات نورولوژیکی، آسیب به کلیه، عقیمی و سقط جنین و احتمالاً سرطان می‌شود.

تین فلزی عموماً بی‌ضرر شناخته شده است، اگرچه ترکیبات اورگانوشن می‌تواند برای ریه سمی و خطرناک باشد. کادمیم آسیب‌هایی به کلیه می‌رساند و در بعضی مواقع سبب بیش فعالی و کم‌خونی می‌گردد.

کلسیم و زینک هر دو به‌عنوان بی‌ضرر برای بدن انسان شناخته شده‌اند، بنابراین از لحاظ زیست محیطی برای تولید پروفیل‌های یو.پی.وی.سی مناسب‌ترند.

آزمایشات:

مواد اولیه فرمولاسیون پروفیل یو.پی.وی.سی از شرکت پروفیل‌سازی روزوین تهیه شد. این فرمولاسیون‌ها شامل سیستم‌های استیلایزر پایه سرب و کلسیم

زینک است. در این مقاله از فرمولاسیون پیگمنت شده و بازیافتی نیز استفاده شد.

قالب‌گیری تزریق: جهت ساخت نمونه تست کشش، پیچش و تست ضربه از تمامی ترکیب‌ها با استفاده از دستگاه تزریق مدل EASYMASTER با قطر ماردون ۴۵ میلیمتر و نسبت ۱۸ L / D ساخته شد. همه نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت قبل از تست در شرایط اتاق قرار داده شدند. تعداد ۱۰ نمونه برای همه آزمایشات استفاده گردید.

آنالیزهای رئولوژیکی: آنالیزهای رئولوژیکی همه مواد توسط دستگاه رنومتر Rosand مدل RH7 انجام شد. داده‌های رئولوژیکی همه مواد در محدوده نرخ برش بین ۱۰ الی ۱۰۰۰ معکوس ثانیه در دماهای ۱۷۰، ۱۸۰ و ۱۹۰ انجام شدند.

آنالیزهای مکانیکی: خواص کششی نمونه‌ها مطابق با استاندارد ASTM638 انجام شد، و از دستگاه تست کشش گیل آزما برای انجام آزمایشات استفاده گردید. سرعت تست کشش ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه در نظر گرفته شد. خواص پیچشی نمونه‌ها مطابق با استاندارد ASTM790 با استفاده از دستگاه گیل آزما به همراه لودسل ۲۵ کیلو نیوتنی استخراج گردید. خواص ضربه نمونه‌ها هم با استفاده از دستگاه پرتاب وزنه و تست ضربه معین شد. در دستگاه نیروی بیشینه N، انرژی بیشینه J و انرژی کل J ثبت گردید و مقاومت ضربه با تقسیم انرژی بیشینه به ضخامت سطح مقطع نمونه به دست می‌آید.

آنالیزهای حرارتی مکانیکی دینامیک: آنالیزهای حرارتی مکانیکی دینامیک نمونه‌ها با استفاده از دستگاه آزمون Polymer Lab mark 2 انجام شد. نمونه‌ها به ابعاد ۳۵×۱۳×۳ میلی‌متر در DMTA به صورت پایه دوگانه نصب گردید. نمونه از دمای محیط ۲۵ درجه الی دمای ۱۵۰ درجه با نرخ حرارتی ۲ درجه در دقیقه با فرکانس ۱ هرتز تست گردید.

نتیجه‌گیری و بحث و گفتگو:

رئولوژی: آنالیز رئولوژیکی ترکیبات یو.پی.وی.سی در دمای ۱۷۰ درجه (شکل ۱)، ۱۸۰ درجه (شکل ۲) و ۱۹۰ درجه (شکل ۳) در محدوده نرخ برش ۱۰۰ الی ۵۰۰ معکوس ثانیه انجام شد. رئوگرام اثر نوع استیلایزر و دمای فرآیندی را روی رئولوژی انواع یو.پی.وی.سی‌ها نمایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که ویسکوزیته مواد استیلایزد شده توسط Ca/Zn و سرب تقریباً همسان هستند، به‌خصوص در دماهای بالا. ویسکوزیته یو.پی.وی.سی بازیافت

استبلازیر Pb در نرخ برش‌های بالا مشاهده شده است. این انرژی فعال‌سازی بالا در نرخ برش‌های بالا می‌تواند به علت کراس لینک شدن دوباره باشد.

به جهت بررسی پایداری حرارتی نسبی ترکیبات مختلف، آنالیز رئولوژیکی دردمای ۱۸۰ درجه در رئومتر با نرخ برش ثابت ۰.۵ معکوس ثانیه صورت گرفت. نتایج در شکل ۵ افزایش شدیدی در ویسکوزیته با افزایش زمان در رئومتر به استثنای یو.پی.وی.سی پیگمنت شده نشان می‌دهد. یو.پی.وی.سی پیگمنت شده کاهش در ویسکوزیته بعد از گذشت حدود ۴۵ دقیقه نشان داد. شایان ذکر است که نرخ تغییر در ویسکوزیته برای مواد بازیافت شده بیشتر است که به مفهوم این است که ماده ضعیف‌تر نسبت به مواد اولیه پایدار شده است و این ناشی از تاریخچه تحمل حرارتی است.

خواص مکانیکی: تاثیر سیستم استبلازیر روی مدول کششی ترکیبات در شکل ۶ نمایش داده شده است. نتایج تفاوت ناچیزی در مدول کششی بین ترکیبات پایداریافته با Ca/Zn و Pb و بازیافتی نشان می‌دهد. کمترین مقدار مدول برای یو.پی.وی.سی پیگمنت شده قابل مشاهده است. نوع استبلازیر و تاریخچه حرارتی یو.پی.وی.سی تاثیر کمی روی ازدیاد طول در شکست برای تمامی نمونه‌های پی.وی.سی دارد. در شکل ۷ نمایش داده است. مدول پیچشی پایین برای یو.پی.وی.سی بازیافت شده و یو.پی.وی.سی پیگمنت شده گزارش شده است (شکل ۸). کمینه مدول ضربه برای مواد بازیافتی و بیشترین مقدار آن برای Pb همان گونه که در شکل ۹ مشخص است گزارش شده است. نشان می‌دهد که CrossLink شدن سبب ترد شدن مواد می‌گردد.

این تغییرات در خواص مکانیکی تمایل به بیان مورفولوژی متفاوت که در ترکیبات متفاوت به سبب وجود انواع استبلازیر، تاریخچه حرارتی و افزودنی پیگمنت به‌وجود آمده را دارد. آنالیز حرارتی مکانیکی دینامیک: ترموگرام در شکل ۱۰ تاثیر استبلازیر روی $\tan \Delta$ و انتقال فاز یو.پی.وی.سی دارد. ترموگرام به‌وضوح انتقال فاز یا T_g همه مواد را در محدوده ۹۳ الی ۹۵ درجه نشان می‌دهد. مقادیر ضبط شده در محدوده ۰.۹۳ الی ۰.۹۵ است که نشان می‌دهد مواد نسبتاً با خواص ویسکوالستیکشان سازگار هستند. مدول ذخیره، $\log E$ در ۴۰ درجه (شکل ۱۲) تغییر بسیار کوچکی در ارتباط با نوع استبلازیر نشان می‌دهد.

شده از استبلازیر پایه سرب نشان داده شد که از مواد اولیه بیشتر است، که نشانگر به‌وجود آمدن شبکه‌های CrossLink مازاد ناشی از حرارت انتقال یافته حین عملیات بازیافت است. نتایج در شکل ۱ نشان می‌دهد که ویسکوزیته یو.پی.وی.سی پیگمنت شده از مواد اولیه کمتر است و این بیانگر این است که مواد پیگمنت تاثیر Shear Thinning روی ویسکوزیته مذاب یو.پی.وی.سی دارد.

اگرچه این برای ما مشخص است که ویسکوزیته برخی از پلیمرها به دما حساس‌تر از بعضی دیگر است. و این تفاوت به سبب ساختار مولکولی خصوصی خود پلیمر است که ممکن است جریان پلیمر را محدود کند. جریان پلیمر باید مقداری انرژی جذب کند به سبب این که بتواند به نیروهای بین مولکولی فائق آید، و این پدیده به نام انرژی فعال‌سازی جریان شناخته می‌شود. در فرمولاسیون یو.پی.وی.سی این انرژی فعال‌سازی برای هر نوع استبلازیر متفاوت است، بنابراین افزایش دمای متناسب با هر یک از استبلازیرها لازم است تا جریان مذاب رخ دهد.

ویسکوزیته توسط رابطه آرنهیموس به دمای مذاب پلیمر مرتبط می‌شود:

$$\mu = e^{Ea/RT}$$

که μ ویسکوزیته پلیمر، A ثابتی است که به پلیمر وابسته است، Ea انرژی فعال‌سازی جریان، R ثابت گازها و T دما در درجه کلوین است.

خواص رئولوژیکی تمامی ترکیبات از یو.پی.وی.سی در دماهای ۱۷۰، ۱۸۰ و ۱۹۰ اندازه‌گیری گردید، به‌جهت اینکه تاثیر تغییر دما روی ویسکوزیته جریان در محدوده نرخ برش ۱۰ تا ۵۰۰ معکوس ثانیه مشخصه‌سازی شود. این داده برای محاسبه انرژی فعال‌سازی استفاده گردید Ea در نرخ برش‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ معکوس ثانیه برای هر ماده و نتایج در شکل ۴ نمایش داده شده است. مقدار Ea برای ترکیبات مختلف نشان داده شده که با افزایش نرخ برش کاهش می‌یابد که بیانگر انرژی پایین مورد نیاز برای جریان در نرخ برش‌های بالاست. عموماً مقدار Ea برای استبلازیر Ca/Zn بیشتر از Pb است. همچنین قابل اشاره است که بیشترین مقدار انرژی فعال‌سازی برای یو.پی.وی.سی بازیافت شده با

