بررسی تجربی میزان خمش حرارتی قطعات تولید شده از ترکیب ترموپلاستیک های پلی کربنات و آکریلونیتریل بوتادین استایرن

یوسف گرامی[۱]، سید عبدالمحمد رضاوند[۲*]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد ساخت و تولید، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول ، ایران
[۲] استادیار، گروه ساخت و تولید، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول ، ایران

پذیرش: زمستان ۹۷ پذیرش: تابستان ۹۸

چکیده

در این پژوهش به بررسی تجربی خواص خمش‌حرارتی[۱]قطعات تولید شده از جنس ترموپلاست های اکریلونیتریل بوتادین استایرن[۲]و پلی کربنات[۳] در پنج سطح ترکیبی با فشار تزریق، دمای تزریق ، سرعت تزریق مشخص ودمای نگهداری ثابت پرداخت شده‌است که پس از آزمایش قطعات تولیدی ، داده‌هایی بدست آمده به وسیله‌ی نرم‌افزار مینی تب ۱۶ وبه روش تاگوچی تحلیل وبررسی شده است که نتایج بدین گونه بوده که پلی کربنات خالص بیشترین تاثیر دمای نرم‌شدگی را دارا می‌باشد که در ادامه با افزودن آکریلونیتریل بوتادین استایرن به آن میزان دمای نرم‌شدگی کاهش می‌یابد.

* **عهده‌دار مکاتبات:** m_rezavand@yahoo.com

واژگان کلیدی: اختلاط پلیمرها، پلی‌کربنات ،اکریلونیتریل بوتادین استایرن ، خمش‌حرارتی

Abstract

In this study, the experimental properties of Heat Deflection Temperature of acrylonitrile butadiene styrene and polycarbonate thermoplastics were investigated in five levels of the compound with injection pressure, injection temperature, specified injection speed and constant maintenance. After testing the components, the data obtained for The software for minifrection 16 has been analyzed by Taguchi method and the result is that pure polycarbonate has the greatest effect on the softening temperature, which is then reduced by the addition of acrylonitrile butadiene styrene to the amount of softening temperature.

Key words: Polymer mixing, Polycarbonate, Acrylonitrile butadiene styrene, Heat Deflection Temperature

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.1.1.8]

[1]- **Heat Deflection Temperature**
[2]- **Acrylonitrile Butadiene Styrene**
[3]- **Poly Carbonate**

۱-مقدمه

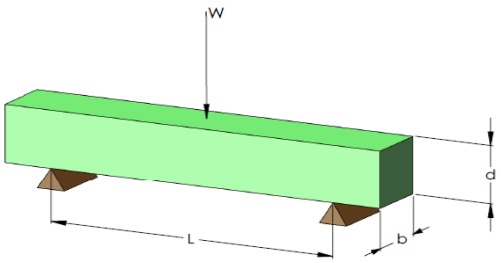
ترکیب نمودن پلیمرها یک روش‌موثر و کارآمد جهت‌دستیابی به خواص‌مکانیکی بهینه جهت‌کاربرد آنهادر صنایع مختلف می‌باشدازاین رو بعلت‌خواص ویژه دو ماده پلیمری پلی کربنات و اکریلونیتریل بوتادین استایرن مخلوط این دو ماده پلیمری در یک دهه اخیر با استقبال و کاربرد فروانی برخوردار بوده است. در این مقاله به‌تحقیقات ، آزمایشات و نتایجی‌که سایر محقیقین پیرامون خواص فیزیکی ، مکانیکی و شیمیایی قطعات تولید شده‌حاصل‌ازترکیب PC/ ABS یافته اند را مطالعه و بررسی نموده و در ادامه از این اطلاعات کمک و استفاده شده است. طی نتایجی که از آزمایش بر روی قطعات تولید شده از ترکیب ABS /PCاستخراج شده است چنین نشان می دهد که خواص خمشی قطعاتی که در آنها از ۶۰ درصد، ۷۰درصد، ۸۰درصد و ۹۰ درصد PC در ABS استفاده شده بیشتر از اجزای خالص مخلوط ها است. بنابراین می توان چنین فرض کردکه جهت دستیابی به یک پلیمر با خواص خمشی مطلوب بهتر است به جای استفاده از مواد خالص این دو پلیمر از ترکیب این دو با نسبت های مشخص استفاده شود .رویه سینرجیستیک نیزدر آزمایشی که بر روی قطعات تولید شده ازاین ترکیب بدست آورده همچین نتیجه ای گرفته است و در انتها چنین مشاهده شده که بهترین خواص خمشی را ازبین قطعات با نسبت های ترکیبی مختلف نسبت ترکیبی ۹۰ درصد PC با ۱۰ درصد ABS را دارا می باشد[۳]. آزمایش خمش حرارتی به منظور دستیابی به دمای تغییر شکل مواد مورد آزمایش تحت بار خمشی (انحنا) انجام می شود و عوامل اثر گذار برنتایج استخراج شده از این آزمایش بلورینگی و افزایش یا کاهش فیلر ناثیر گذار است[۲]. یکی از مهمترین ویژگی هایی که شرکت‌های تولیدکننده در تعیین و تشخیص ماده استفاده می‌کنند. انحرافات دما یا همان انحراف درجه حرارت گرمایی (HDT) پلیمر های شیشه‌ای می باشد .HDT همین طور برای تعیین مقاومت کوتاه مدت گرمایی که به وسیله‌ی ۶۴۸ ASTMD یا ISO۷۵ توصیف می‌شود مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش ها، HDTدر یک آزمایش خمیدگی در سه نقطه،به عنوان دمایی تعریف می‌شود که در آن یک میله استاندارد داده شده تحت یک مقیاس تعریف شده و خاص گرمایی وفشار سطوح خارجی تا ۰.۲۵mmمنحرف می شود.دراستاندارد شماره ASTMD-۶۴۸ دوسطح تنش خارجی به میزان۰.۴۵۵ MPa و ۱/۸۲MPa اعدادی هستند کهبرای ارائه شرایط بارگذاری بالای پایین بکار برده می شوند[۴].

۲-خواص خمش حرارتی (HDT) بر روی قطعات تولید شده از ترکیب ABS /PC

پلی کربنات (PC) یکی از مهمترین مواد پلیمری مهندسی می‌باشد که علاوه بر ویژگی نوری ودوام بالای آن ، مقاومت بالای حرارتی اش هم کاربرد های بسیاری دارد مثلاً در ساخت لنزهای مورد استفاده در چراغهای جلوی اتوموبیل ها و یا لامپ های انتشار نور می باشند . HDT بطور فرضی از ضریب برش در مقابل منحنی حرارتی که در آزمایش (DMA[4]) یا تجزیه و تحلیل مکانیکی دینامیک بدست آمده است را می‌توان پیش‌بینی کردکه به دمای انتقالی شیشه بسیار نزدیک می باشد.برای PCمعمولاً Tg در دامنه ۱۴۲تا ۱۵۹ درجه سانتیگراد (که توسط DSC در مقیاس دمایی ۲۰c°/min) می‌باشد.خمش حرارتی به وزن مولکولی بستگی دارد. به هر حال ،همان طور که در بخش‌های الگوبرداری یا قالب گیری شده وجود دارد هیچ HDT ای به اندازه ی Tg بالا بدست نمی‌آید.HDTبرای۱۳۰درجه سانتیگراد در ۸۲/۱MPa برای پلی کربنات گزارش شده بود اما مقادیر ۱۴۳-۱۴۴ درجه سانتیگراد با تغییر فیزیکی بدست آمده بودند[۴]. افزودن پرکننده (Filler) به مواد پلیمری Tg را افزایش می دهد زیرا افزودن پرکننده به منظور کاهش انرژی سطحی خود با زنجیره های پلیمری وارد برهم کنش شده و در نتیجه حرکت زنجیره ها کند تر می شود که در میان پرکننده ها Ca Co3 کربنات کلسیم است [۱].

۳-نحوه آزمایش HDT

در این آزمایش در خصوص کاربرد این آزمون و ارزش آن باید گفت نتایج حاصل از این آزمون مواردی همچون یکنواختی و کیفیت فرمولاسیون به کار رفته در شیوه های تولیدی هم روزان رانی را مشخص می کند . برای مثال استفاده از ترکیبات مقاوم کننده در برابر حرارت میزان اسمی این دما را افزایش میدهند و از طرفی بدون تغییر فرمولاسیون در برخی تولیدات و تنها با کاهش زمان و حتی دمای اختلاط نتیجه نهایی با کاهش عددی روبرو خواهد شد . حتی عدم پخت مناسب مواد اولیه به شکل بسیار موثری بر روی این نتیجه اثر گذار خواهد بود. این عدد توسط تولید کنندگان به صورت یک مقدار اسمی اعلام می شود که میزان کیفیت و مقاومت تولید را در برابر گرما و فشار بطور همزمان نشان می‌دهد[۳]. این عدد باید در هر صورت با آزمون کردن محصولات تولید کننده به دست آید. افزایش این عدد تا زمانی که خواص مکانیکی دیگر پلیمرها را تحت تاثیر قرار ندهد مفید خواهد بود.برابر استاندارد ASTM D۶۴۸ ، بار W برای یک میله آزمایش که در دو نقطه حمایت شده است بکار بر ده می شود. شکل (۱)را ببینید که برای این نقطه سه تایی با یک شعاع مناسب،انحراف به این صورت داده می‌شود:



شکل شماره (۱):روش آزمون HDT برابر استاندارد ASTM- D ۶۴۸ بر روی قطعه ایی به ابعاد (mm ۱۰۰= طول ، mm ۱۲.۷۷= عرض و 3mm= ضخامت) [۴].

دمای انحراف گرما(HDT)، نیز از قبیل شاخصه هایی است که جهت طراحی محصول می باشدو همچنین محدودیت ثبات بالاتر ماده در

[4] - DeflectionMechanical Analysis

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.1.1.8]

کاربردهای مختلف بدون تخریب فیزیکی مهمی تحت باردهی و تاثیر حرارتی ارائه شده است . از بررسی و آزمایش بسیاری از کارکردهای پلیمرهای ترموپلاست در زمینه (HDT) تنها تلاش نظام یافته برای مشخص کردن عملکرد فیزیکی ماده پلاستیکی در دمای بالا می باشد. (HDT) یک ویژگی اصلی ماده نمی باشد بلکه تنها مقیاسی از ثبات اندازه ی ماده پلاستیکی در شرایط باردهی نرمال و تاثیر حرارتی است[۶].

نسبت های ترکیبی مختلف پلی کربنات ها با اکریلونیتریل بوتادین استایرن جهت دستیابی به نتایج متعدد ازقبیل خواص فیزیکی و مکانیکی آنها را مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته و در با بررسی میزان مقاومت کششی، خواص خمش حرارتی، مقاومت ضربه ای ، خیزش حرارتی و توان جریان ذوب نتایج اینگونه نشان می دهد که تأثیرات ترکیبات اختلاط این دو نوع پلیمر بر میزان ویسکوزیته ی ذوب (میزان مقاومت مواد در برابر جریان) اکریلونیتریل بوتادین استایرن و سازگاری و یا عدم سازگاری این ماده با دیگر ماده پلیمری بنام (PMMA) جهت دستیابی به خواص مکانیکی بهینه تر پیشنهاد می شود[۵].

در این آزمون میزان دمای مناسب برای تغییر شکل نمونه های مستطیل شکل به به ابعاد (عرض ۱۲.۸۸میلی متر و ضخامت ۳ میلی متر وطول ۱۲۷ میلی متر) که مطابق استاندارد ASTM-D648 آماده سازی شده اند را در برابر اعمال نیروی یک میله و وزنه مناسب در روغنی که دمای آن در حال افزایش می باشد را اندازه گیری نمودیم (نوع روغن مورد استفاده در این دستگاه معمولا سیلیکون گلیسیرین اتلین گلیکون و ... می باشد). در آزمون های فوق باید در نظر گرفت که متدهای اجرایی متفاوتی وجود دارد.انتخاب نوع متد گاها در استاندارد های زیر شاخه ای و یا ارجاع دار مشخص می شود و با توجه به نوع ماده مورد آزمون انتخاب می‌شوند. این شیوه های مورد نظر بر اساس دو مطلب در آزمون Vicatتقسیم بندی می شوند .یکی وزن و دیگری سرعت گرم شدند . دما با سرعت ۵۰و یا ۱۲۰درجه در ساعت گرم می شود و وزنه های ۱تا ۱۲۸ گرمی می باشند . اصولا به دلیل سرعت انجام بالا و کمتر بودن خطا شیوه دارای سرعت گرمایشی۱۲۰درجه بر ساعت و وزنه ۱ گرمی انتخاب می‌شود[۷]. شکل(۲) نمایی ازدستگاه تست خمش حرارتی نشان داده شده است .

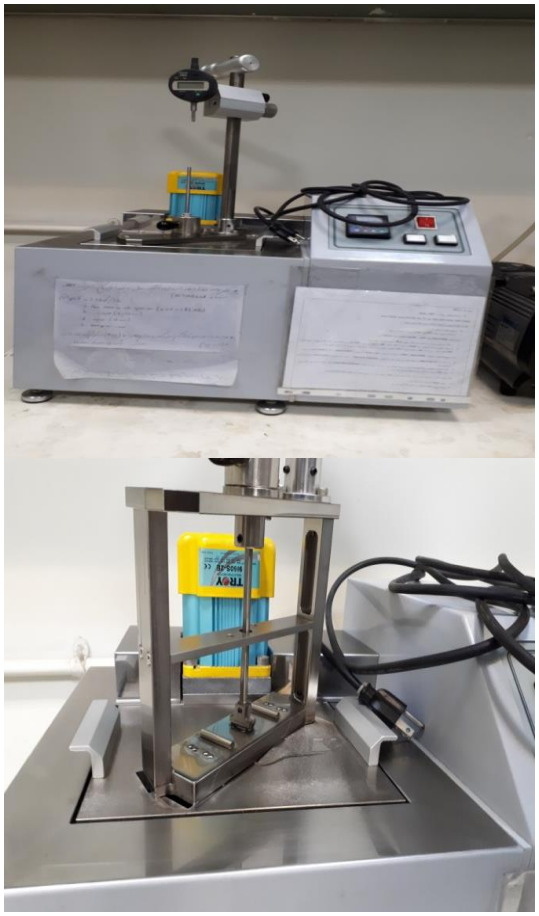
جدول (۲) : قطعات مورد آزمایش HDT

ردیف	درصد ترکیب مواد	فشار تزریق	دمای تزریق	سرعت تزریق
۱	Pc٪۱۰۰	۱۰۰	۲۹۵°C	۱۹
۲	٪۶۵-ABS٪۳۵ PC	۱۰۰	۲۹۵°C	۱۹
۳	٪۵۰-ABS٪۵۰ PC	۱۰۰	۲۹۵°C	۱۹
۴	٪۲۰-ABS٪۸۰ PC	۱۰۰	۲۹۵°C	۱۹
۵	ABS٪۱۰۰	۱۰۰	۲۹۵°C	۱۹

بعدازتولید نمونه های پیشنهادی برابر روش تاگوچی، آزمونHDT بروی تعداد یک عددازهرنمونه و جمعا تعداد پنج نمونه که مطابق بااستانداردD-۶۴۸ASTMآماده شده بودند،انجام شد ، سپس حمام روغن در دمای بین ۲۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید .سپس حمام مرتبا در حال هم خوردن شد تا دما در تمامی نقاط یکسان گردید.سپس نمونه را در محل تعبیه شده قرار دادیم بطوری که نیدل در مرکز نمونه و البته بدون تماس با آن قرار گرفت .وزنه هایN۱۰یاN۵۰ را بر روی نیدل قرار می دادیم . سپس بعد از گذشت ۵ دقیقه میزان جابجایی نیدل را صفر کردیم .دما با سرعت ۵۰ تا ۱۲۰C/h شروع به بالارفتن کرد تا زمانی که نفوذ نیدل به اندازه های مورد نظر در جدول استاندارد ASTM-D۶۴۸و تعداد قطعات مورد آزمایش (۳ mm،۲mm،۱mm،۰.۵mm) رسید دمای حمام روغن را ثبت نمودیم .هنگامی که نمونه mm ۰/۵دچار اعوجاج (انحنا) شد، دما از روی نمایشگر دستگاه خوانده شده و ثبت گردیده است. این عملیات برای ۴ مرحله تغییر ضخامت تکرار و ثبت گردید. لازم به ذکر است که در ABS خالص ، به دلیل حالت رابری کامل نمونه، تغییر ضخامت برای قطعه در بازه ۳mm مشاهده نشده است.

۴-دستگاه خمش حرارتی

این آزمون نمونه ها توسط دستگاه تست خمش حرارتی مدل-HV2000 M1 ساخت شرکت GOTECH تایوان مطابق با استاندارد ASTM-D648انجام گردیده است. درشکل(۲) نمایی ازدستگاه تست خمش حرارتی نشان داده شده است.



شکل شماره (۲) : دستگاه آزمون خمش حرارتیHDT

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.1.1.8]

تعداد ۷ نمونه وزنه جهت این آزمون وجود دارد که بسته به نوع ماده مورد آزمایش و نوع استاندارد تعریف شده مورد استفاده قرار می گیرند و جهت آزمایش قطعات مورد آزمایش تعداد دو وزنه برای انجام این آزمون استفاده می شود ۱۰.Nو۵۰Nکه مجموع وزن نیدل و وزنه روی هم این مقادیررا تشکیل می دهند.



شکل شماره(۳): وزنه های استفاده شده در آزمون خمش حرارتی HDT

۵-نتایج آزمون خمش حرارتی

بعد از نفوذ سوزن در نمونه سوزن در نمونه به اندازه ۱mm دمای به دست آمده به عنوان دمای نرم شدگی ماده پلاستیکی می باشد. بنابراین میزان دمای مورد نیاز برای نفوذ یک سوزن در نمونه پلاستیکی تحت دما و نیروی مشخص توسط این آزمون تعیین می گردد.

جدول شماره (۳): نتایج بدست آمده از آزمایشات میزان خمش حرارتی

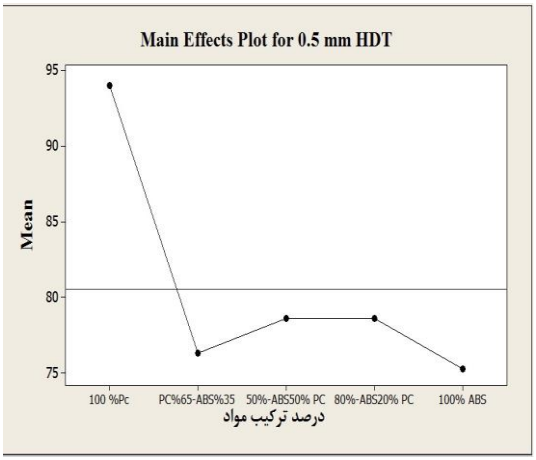
نمونه	۰.۵ mm	۱mm	۲ mm	۳ mm
Pc٪۱۰۰	۹۴°C	۱۰۳°C	۱۱۵.۹°C	۱۲۳°C
٪۶۵-ABS٪۳۵ PC	۷۶.۳°C	۸۲.۳°C	۸۹.۵°C	۹۵.۸°C
٪۵۰-ABS٪۵۰ PC	۷۸.۶°C	۸۱.۷°C	۸۶.۶°C	۹۰.۷°C
٪۲۰-ABS٪۸۰ PC	۷۸.۶°C	۷۹.۶°C	۸۴.۲°C	۸۷.۱°C
ABS٪۱۰۰	۷۵.۳°C	۷۷.۲°C	۸۰.۷°C	–

برای هر نمونه در۴ تغییر طول‌دما ثبت شده است .که تغییرشکل قطعات مورد آزمایش‌در شکل شماره (۴) نشان داده شده است که این نتایج نیز بیان می دارد که در اثر افزودن ABS به پلیمر PC، دمای نرم شدگی کاهش می یابد زیرا ABS حالت رابری داشته و افزودن آن به سامانه موجب نرمی قطعات تولید شده حاصل از ترکیب ABS و PC مورد می‌شود.



شکل (۴) : تغییر شکل قطعات پلاستیکی پس از آزمایش HDT

در نموداری که در شکل شماره (۵) نشان داده شده است هنگامی که نمونه ۰.۵ دچار انحنا گردید بیشترین تاثیر دمای نرم شدگی را ٪PC۱۰۰ دارا می باشد و بعد از آن بیشترین تاثیر را٪ABS۸۰-٪PC۲۰ و بعد از آن نیز ٪PC۵۰-ABS۵۰٪ و سپس٪۳۵ ABS-٪ PC۶۵ و در نهایت کمترین تاثیر نرم شدگی را ٪ABS۱۰۰ را دارا می باشد .

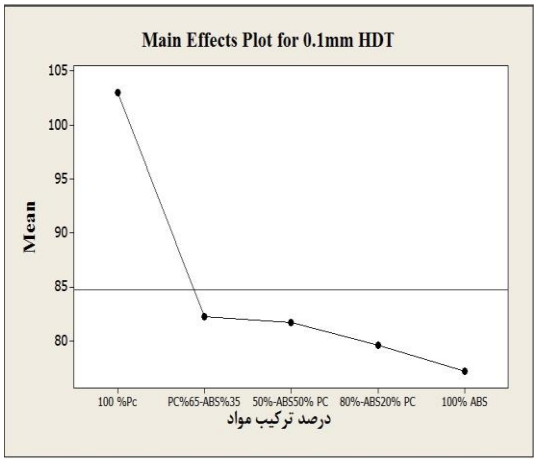


شکل شماره (۵): نمودار تاثیر درصد ترکیب مواد پلیمری بر نتایج آزمایشات HDT در نمونه ۰/۵mm

در نموداری که در شکل شماره (۶)نشان داده شده است هنگامی که نمونه ۱ mm دچار انحنا گردید بیشترین تاثیر دمای نرم شدگی را٪PC۱۰۰ دارا می باشد و بعد از آن بیشترین تاثیر را٪ABS ۳۵- ٪PC۶۵ و بعد از آن نیز٪PC۵۰-ABS۵۰٪ و سپس٪PC۲۰-ABS۸۰٪ و در نهایت کمترین تاثیر نرم شدگی را٪ABS۱۰۰ را دارا می باشد .

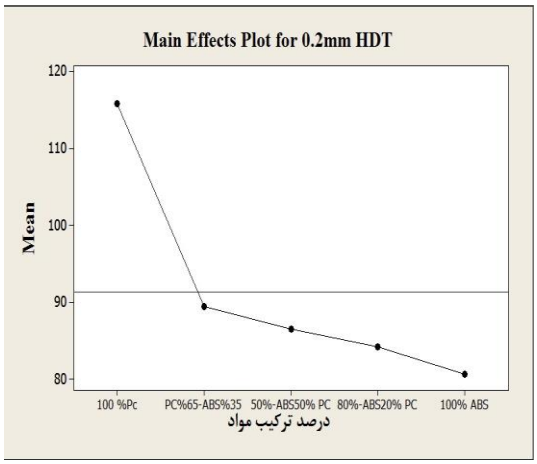
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.1.1.8]



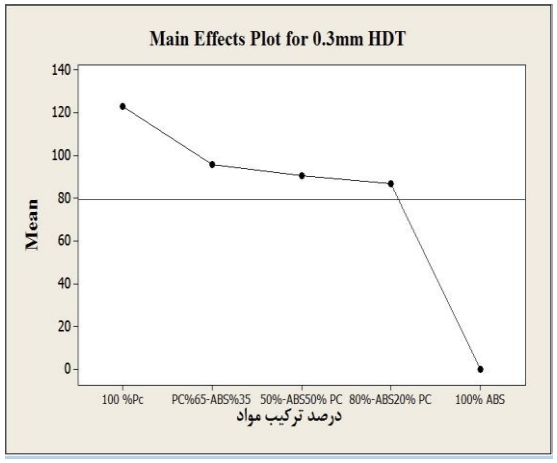
شکل شماره (۶) :تاثیر درصد ترکیب مواد پلیمری بر نتایج آزمایشات HDT در نمونه ۱ mm

در نموداری که در شکل شماره (۷) نشان داده شده است هنگامی که نمونه۲mm دچار انحنا گردید بیشترین تاثیر دمای نرم شدگی را٪Pc۱۰۰ دارا می باشد و بعد از آن بیشترین تاثیر را٪PC۶۵-ABS۳۵ و بعد از آن نیز٪PC۵۰-ABS۵۰ و سپس٪PC۲۰-ABS۸۰ و در نهایت کمترین تاثیر نرم شدگی را٪ABS۱۰۰ را دارا می باشد .



شکل شماره (۷): تاثیر درصد ترکیب مواد پلیمری بر نتایج آزمایشات HDT در نمونه ۲ mm

در نموداری که در شکل شماره(۸) نشان داده شده است هنگامی که نمونه. ۳mm دچار انحنا گردید بیشترین تاثیر دمای نرم شدگی را٪Pc۱۰۰دارا می باشد و بعد از آن بیشترین تاثیر را٪PC۶۵-ABS۳۵ و بعد از آن نیز٪۵۰-PC۵۰٪ABS و سپس ٪۸۰ PC۲۰-ABS و در نهایت کمترین تاثیر نرم شدگی را٪ABS۱۰۰ را دارا می باشد .



شکل شماره (۸) :تاثیر درصد ترکیب مواد پلیمری بر نتایج آزمایشات HDT در نمونه ۳ mm

۶-بحث و نتیجه‌گیری

برابر داده های بدست آمده حاصل از آزمایش بر روی قطعات تولیدی نتایج بدین شرح بوده که ترموپلاست پلی کربنات خالص بیشترین تاثیر دمای نرم شدگی (خمش حرارتی) را دارا می باشد که در ادامه با افزودن آکریلونیتریل بوتادین استایرن به آن میزان دمای نرم شدگی کاهش می یابد و این رخداد به این دلیل است که چون ABS خالص حالت رابری داشته لذا افزودن آن به مواد پایه (PC) موجب نرمی آلیاژمی گردد همچنین لازم به ذکر است در قطعات مورد آزمایش با جنس ABS خالص به دلیل حالت رابری کامل نمونه تغییر ضخامت برای 3mm مشاهده نشد.

۷-منابع

[1]- Balart R ، López J ، Garcia Sanoguera David ، Salvador M. D , (2005) , Recycling of ABS and PC from electrical and electronic waste. Effect of miscibility and previous degradation on final performance of industrial blends , European Polymer Journal , 2150–2160.

[2]- Câmara Costa Vinicius ، Wendel Batista Aquino Francisco ، Marcio Paranhos Caio ، Edenir Rodrigues Pereira Filho , (2017) , Use of laser-induced breakdown spectroscopy for the determination of polycarbonate (PC) and acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) concentrations in PC/ABS plastics from e-waste , Waste Management, 1-9.

[3]- Krache Rachida , Debbah Ismahane، (2011) ،Some Mechanical and Thermal Properties of PC/ABS Blends، Materials Sciences and Applications , 404-410.

[4]- Li Xiangyang *, Mason James (2009).New Perspective on Heat De°ection Temperature of Glassy Polycarbonate ، Product Technology, Polycarbonate Business Unit, Bayer MaterialScience 100 Bayer Road, Pittsburgh, PA 15205.ANTEC .

[5] - Rafizadeh Mehdi , Morshedian Jalil, Ghasemi Ismail and Bolouri Alireza، (2005) , Experimental Relationship for Impact Strength of PC/ABS Blend Based on the Taguchi Method ، Iranian Polymer Journal , 881-889.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.1.1.8]

[6]- Sahoo Saswata, Misra Manjusri , K. Mohanty Amar (2011). Enhanced properties of lignin-based biodegradable polymer composites using injection moulding process ، Bioproducts Discovery and Development Center (BDDC), Department of Plant Agriculture, University of Guelph, Ontario, Canada N1G 2W1b School of Engineering, University of Guelph, Ontario, 1710–1718.

[7]- Wawrzyn Eliza ، Schartel Bernhard ، Ciesielski Michael ، Kretzschmar Bernd ، Braun Ulrike ، Döring Manfred , (2012) , Are novel aryl phosphates competitors for bisphenol A bis(diphenyl phosphate) in halogen free flame retarded polycarbonate/acrylonitrile butadiene styrene blends , European Polymer Journal , 1561–1574 .

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.1.1.8]