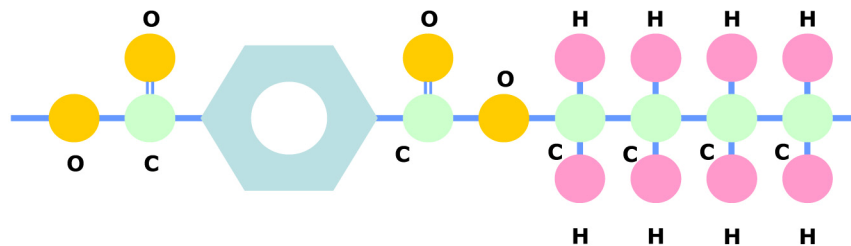


PBT و مزیت‌های آن

پلی بوتیلن ترفتالات‌ها (PBT) مواد پلاستیک مهندسی نیمه کریستالی با خواص عالی می‌باشند. گستره محصول از گونه‌های بسیار مقاوم در مقابل ضربه با سفتی بسیار پایین تا گونه‌های پر شده با الیاف یا مواد معدنی با سفتی و استحکام افزوده شده، پوشش داده شده است.

مولکول PBT



PBT از استری شدن تبادل اسید ترفتالیک و 4-1 بوتان دی ال با روش اسپارش تراکمی تولید می‌شود که آب نیز به عنوان محصول جانبی آن می‌باشد.

خواص کلیدی PBT به شرح زیر است:

- دمای ذوب : 225°C
- دمای انتقال شیشه‌ای (Tg) : 50°C
- چگالی : $1/31\text{g/cm}^3$
- شاخص اکسیژن : 21%

- دمای کارکرد طولانی مدت : 120-140° C

- دمای کارکرد کوتاه مدت : 200-220° C

- درصد بلورینگی : 40-60%

- نرخ تبلور : بالا

- نرخ خنک کاری : بالا

- میزان اشیاعی رطوبت : 0/2-0/5%

PBT دارای درصد بلورینگی بالا و نرخ تبلور سریع در حین خنک سازی می باشد. خواص حرارتی آن مانند دمای ذوب و دمای T_g ، به پلی آمید 6 (PA) شبیه است. از سوی دیگر طبیعت شیمیایی PBT، جاذب رطوبت نمی باشد؛ بنابراین همانند پلی آمید از محیط رطوبت جذب نمی کند.

مهمترین خواصی که PBT را یک پلاستیک منحصر به فرد می سازد:

- جذب رطوبت پایین

- پایداری ابعادی مناسب

- پایداری حرارتی و رنگی بسیار خوب

- سختی و سفتی عالی

- استحکام مکانیکی خوب

- مقاومت سایشی بالا و اصطکاک پایین

- رفتار خزشی و خستگی مناسب

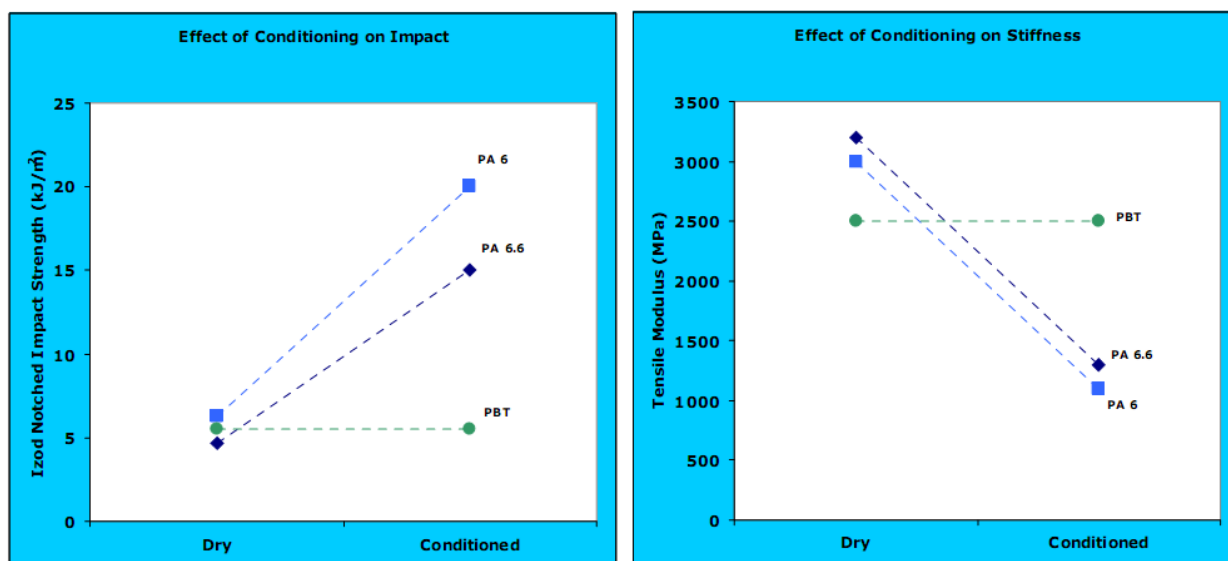
- خواص الکتریکی خوب

- مقاومت شیمیایی بسیار خوب

- مقاومت ذاتی عالی در برابر شعله‌وری
- خواص فرآیندپذیری و روندگی عالی
- سطح پایانی بسیار خوب

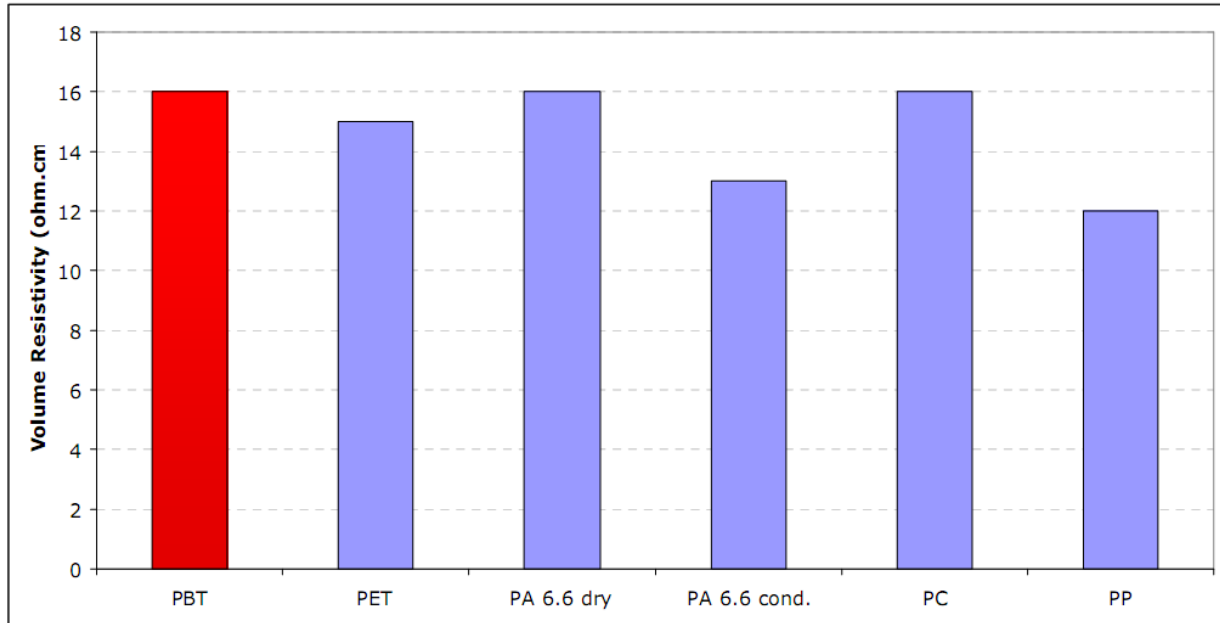
نظر به این که PBT همانند پلی‌آمید جذب رطوبت ندارد، خواص در هر شرایط مرطوبی تقریباً ثابت باقی می‌ماند. مقایسه برای PBT و پلی‌آمید تقویت نشده در شکل 1 نشان داده شده است.

شکل 1. تأثیر رطوبت بر روی خواص مکانیکی PBT، پلی‌آمید 6 و پلی‌آمید 6.6 تقویت نشده



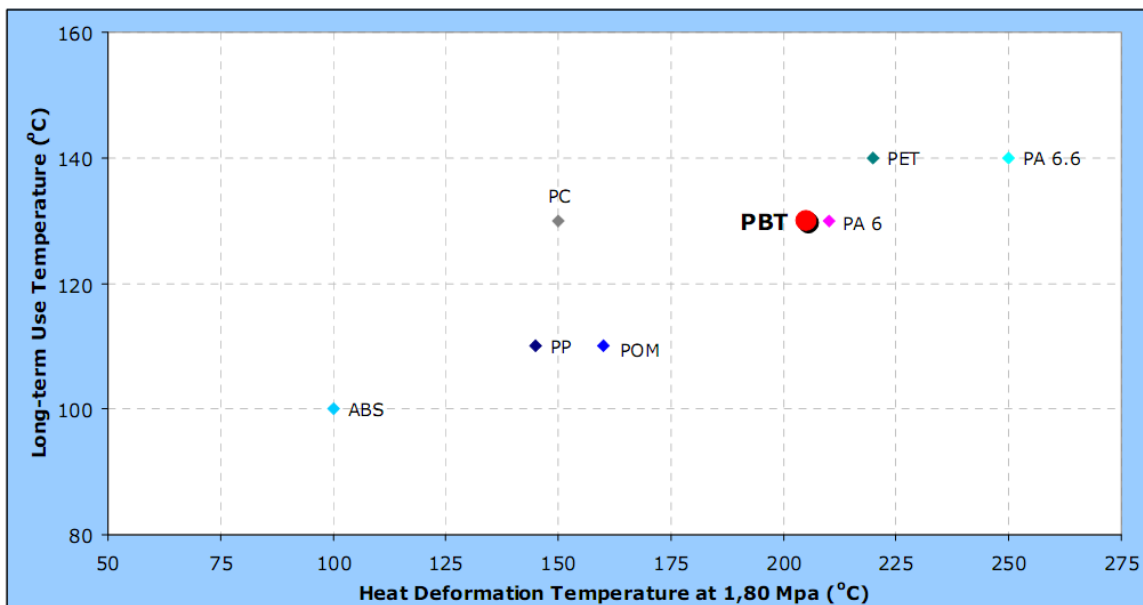
با مشاهده نمودارها واضح است که شرایط مرطوب هیچگونه تأثیری در خواص مکانیکی PBT نداشته در صورتی که انعطاف‌پذیری و مقاومت ضربه در پلی‌آمید افزایش و سفتی کاهش داشته است. با توجه به اینکه PBT تحت تأثیر رطوبت قرار نمی‌گیرد، یکی از پلاستیک‌های اصلی مورد مصرف در صنایع الکتریکی و الکترونیکی می‌باشد. مقاومت الکتریکی انواع پلاستیک‌ها در شکل 2 نشان داده شده است.

شکل 2. مقاومت الکتریکی پلاستیک‌های مختلف



دمای ذوب PBT و ساختار مولکولی آن موجب خواص حرارتی عالی برای آن شده است. آمیزه‌های تقویت شده دارای دمای تغییر شکل بالاتر همراه با استحکام مکانیکی و دمای عملکرد می‌باشند. شکل 3 دمای کارکرد و دمای تغییر شکل حرارتی برای پلاستیک‌های گوناگون را که حاوی 30٪ الیاف شیشه می‌باشند، نمایش می‌دهد.

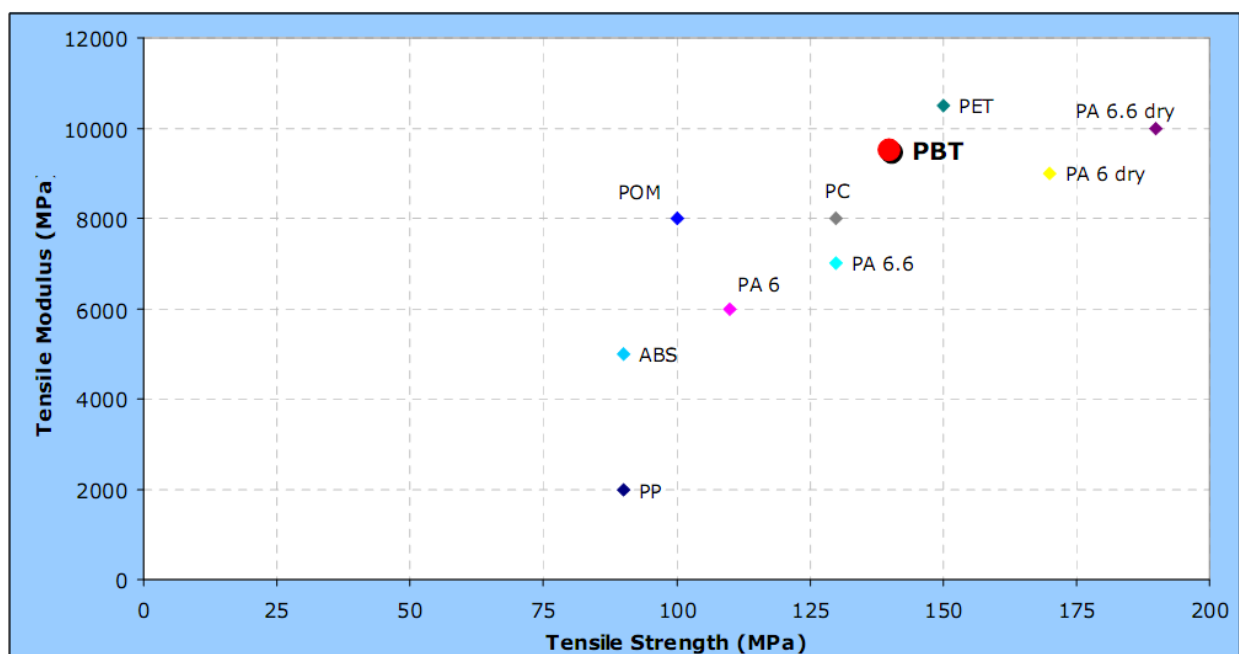
شکل 3. دمای کارکرد مداوم و تغییر شکل حرارتی برای پلاستیک‌های تقویت شده با 30٪ الیاف شیشه



گونه‌های تقویت شده و پایدار شده حرارتی PBT می‌توانند در دماهای پایین‌تر از 130°C به صورت مداوم مورد استفاده قرار بگیرند در حالی که برای مدت کوتاه، PBT می‌تواند تا بالاتر از 220°C مقاومت داشته باشد. کارایی حرارتی PBTها قابل مقایسه با PA6 هستند.

خصوصیات مهم دیگر PBT خواص مکانیکی، به ویژه سفتی و استحکام آن است. می‌توان مقایسه داده‌ها برای پلاستیک‌های تقویت شده با 30٪ الیاف شیشه را در شکل 4 مشاهده نمود.

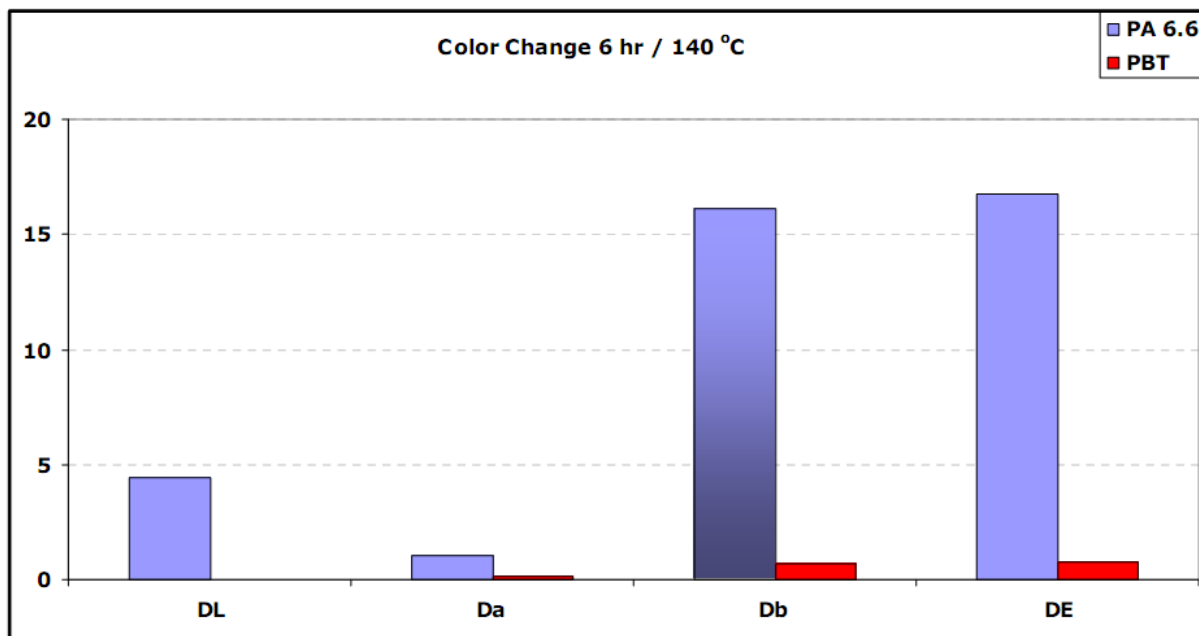
شکل 4. نسبت استحکام-سفتی برای پلاستیک‌های تقویت شده با 30٪ الیاف شیشه



سفتی و استحکام PBT تحت شرایط خشک، پایین‌تر از پلی‌آمید می‌باشد اما در شرایط عادی و در حالتی که پلی‌آمید رطوبت جذب کرده است، PBT دارای خواص سفتی و استحکام بیشتری است.

ثبات رنگی یکی دیگر از مزیت‌های کلیدی PBT بر PA می‌باشد. شکل زیر مقایسه تغییر رنگ پس از عامل حرارتی برای PA6.6 و PBT مقاوم شده در برابر حرارت و بدون تقویت شده‌گی را نشان می‌دهد.

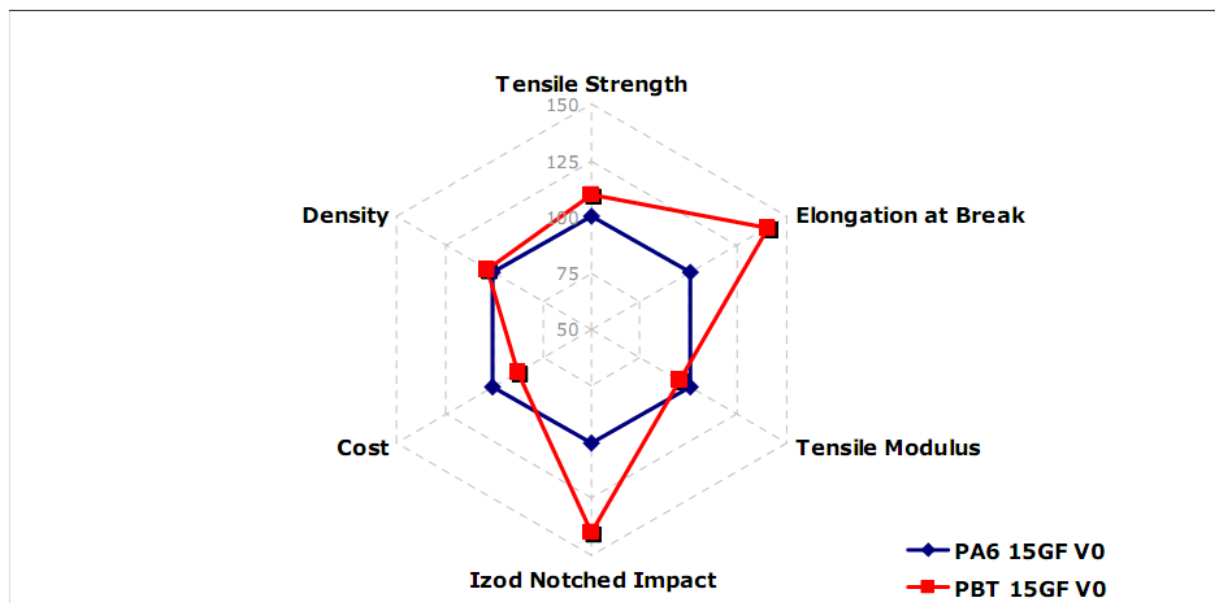
شکل 5. تغییر رنگ برای PA6.6 و PBT پس از عامل حرارتی



واضح است که بعد از قرار گرفتن در دمای 140°C و گذشت 6 ساعت، پلی‌آمید تیره‌تر (DL)، کمی قرمز (Da) و به طور قابل ملاحظه‌ای زرد رنگ می‌شود. در صورتی که در PBT نهایتاً تغییر رنگ، محدود به DE شده است که آن هم نزدیک به صفر است و زردی که 15 برابر کمتر از پلی‌آمید می‌باشد. بنابراین قطعاتی که در معرض دید قرار دارند و رنگی هستند و تحت دمای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند باید با PBTها تولید شوند و نه پلی‌آمید. یک مثال خوب که می‌توان گفت سر پیچ لامپ و پایه اتو می‌باشد.

گرمانرم‌ها به طور کلی مقاومت کمی در برابر آتش و محافظت از سوختن در مواردی که منبع آتش سریع دور نمی‌شود، دارند. برای بهبود مقاومت در برابر آتش گرمانرم‌ها و مقاوم نمودن آنها در برابر شعله، افزودنی‌های خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. PBTها با داشتن شاخص اکسیژن بالا و ساختار شیمیایی مناسب، مواد عالی هستند که به عنوان مواد مقاوم در برابر شعله با قیمت مناسب مورد مصرف قرار می‌گیرند. به ویژه گونه‌های تقویت شده با الیاف شیشه دارای مزایای رقابتی هستند. خواص کلیدی PBT و PA6 تقویت شده با 5٪ الیاف شیشه و مقاوم در برابر شعله در شکل 6 مقایسه شده است.

شکل 6. مقایسه گونه‌های PBT و PA6 تقویت شده با 15٪ الیاف شیشه و مقاوم در برابر شعله. مقادیر برای پلی‌آمید 6 به عنوان مرجع به درصد در نظر گرفته شده است.



در گونه‌های مقاوم شعله و تقویت شده با الیاف، PBT مزایای زیر را در مقایسه با PA دارد:

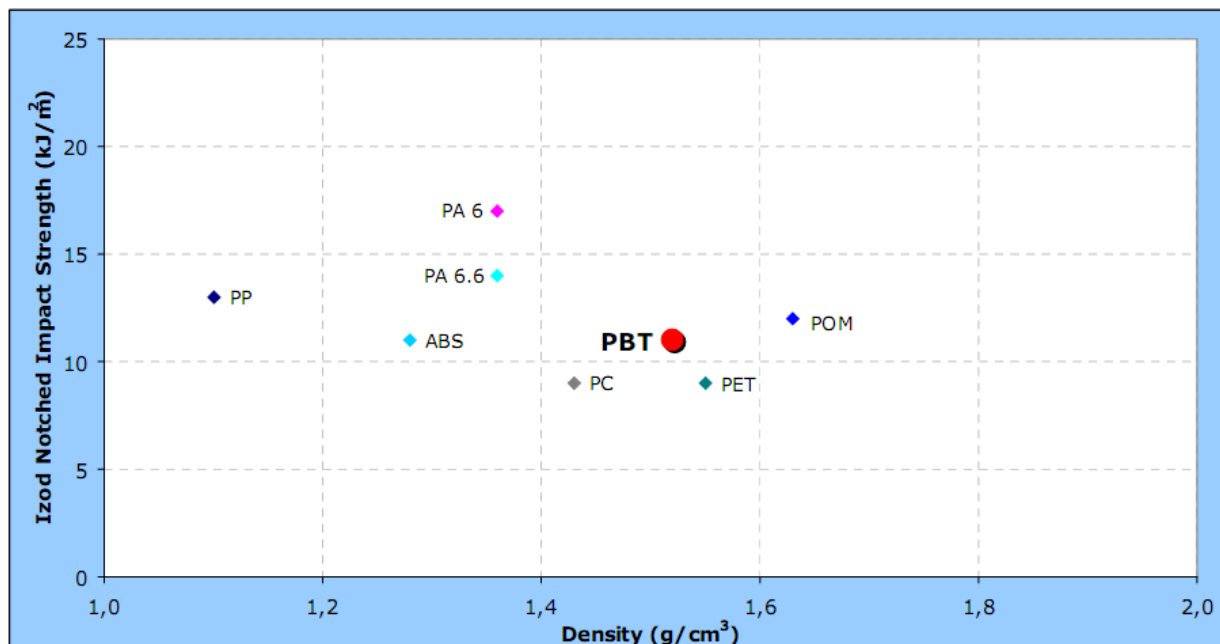
- ✓ خواص مکانیکی بهتر
- ✓ قیمت کمتر مواد
- ✓ روندگی بالاتر ← قالبگیری سریعتر ← هزینه فرآیند کمتر
- ✓ ثبات خواص الکتریکی مستقل از شرایط محیطی
- ✓ جذب رطوبت پایین و به موجب آن پایداری ابعادی
- ✓ ثبات رنگی تحت دمای بالا
- ✓ مقاومت در برابر شعله عالی
- ✓ ظاهر براق و سطح بهتر

اگرچه PBT مزیت‌های مختلفی در مقایسه با سایر پلاستیک‌ها دارد، معایبی نیز دارد که در پایین ذکر شده است:

- انعطاف‌پذیری کم
- مقاومت کم در برابر آب داغ ($60-70^{\circ}\text{C}$)
- گازگیری قبل از مصرف
- چگالی

چگالی و مقاومت ضربه برای پلاستیک‌های تقویت شده با 30٪ الیاف شیشه در شکل 7 نشان داده شده است.

شکل 7. نسبت چگالی-مقاومت ضربه برای پلاستیک‌های تقویت شده با 30٪ الیاف شیشه



با توجه به نمودار، واضح است که PBT به همراه PC، PET و پلی‌استال (POM) در مقایسه با مواد دیگر، چگالی بالاتر و مقاومت ضربه کمتری دارند. این نسبت را می‌توان با اضافه نمودن افزودنی‌های رابری در طول آمیزه‌سازی بهبود بخشید، به ویژه افزایش انعطاف‌پذیری و مقاومت در برابر ضربه.

گونه‌های PBT با دارا بودن تعادل عالی در خواص برای طیف متنوعی از صنایع مناسب هستند. مانند:

خودروسازی؛ آینه‌ها و اجزاء تشکیل دهنده آنها، سیستم روشنایی، ابزارآلات قفل، دستگیره در، بازوهای برف پاک کن، اتصالات کابل‌ها، بست‌ها و درپوش‌ها

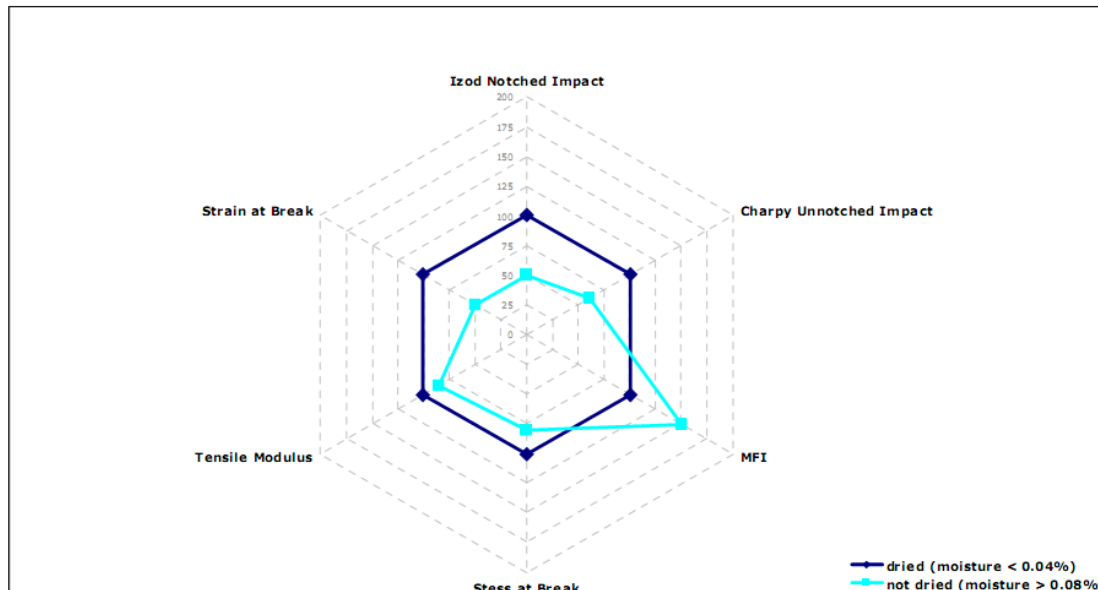
الکتريکي و الکترونيکی؛ اتصالات، رله‌ها، سريچ‌ها، محفظه‌های لامپ، مدارشکن‌ها، جداره الکتروموتورها، سويچرها، قطعات تلفن‌ها، سيم پيچ‌ها، سويچ‌ها و سوکت‌های گوناگون

تجهيزات؛ پایه اتو، دستگیره‌های فر، تکمه‌های فر، سیستم تهویه، دکمه‌های صفحه کلید رایانه، محفظه‌های گوناگون

به علاوه PBT در کاربردهای صنعتی مانند چرخ‌دنده‌ها، یاتاقان‌ها و اجزای نقاله‌ها که نیازمند استحکام بالا و ثبات خواص در طولانی مدت هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

PBT قابلیت فراورش در همه دستگاه‌های تزریق دارد. در استاندارد معمول، ماریچ سه ناحیه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. خشک کردن، مهمترین مسئله قبل از استفاده می‌باشد چون رطوبت سبب تخریب آبکافتی سریع حین فرآیند شده که این مورد هم موجب کاهش وزن مولکولی و به دنبال آن کاهش مقاومت می‌شود. میزان رطوبت قبل از فرآیندسازی باید پایین‌تر از 0/04% باشد. هنگامی که PBT با PET یا PC آمیزه می‌شود میزان رطوبت نباید از 0/02% تجاوز کند. شکل 8 تأثیر خشک کردن مناسب بر روی خواص کوتاه مدت برای PBT تقویت شده با 30% الیاف شیشه را نشان می‌دهد.

شکل 8. تأثیر خشک کردن مناسب بر روی خواص کوتاه مدت برای PBT تقویت شده با 30٪ الیاف شیشه. مقادیر برای حالت خشک به عنوان مرجع به درصد در نظر گرفته شده است.



اگر مواد در شرایط مورد مصرف، خشک نشود خواص آن در حدود 50-10٪ کاهش می‌یابد در حالی که روندگی آن دو برابر افزایش می‌یابد. ذکر این نکته مهم است که گازگیری نامناسب موجب مشاهده نقص در سطح نمی‌شود.

شرایط فرآیندسازی پیشنهادی در زیر داده شده است:

- گازگیری : 2-4/120°C ساعت
- دمای فرآیندسازی : 240-270°C
- دمای دهانه خوراک‌گیری : 50-70°C
- دمای قالب : 60-100°C
- حجم سیلندر به قطعه : 2-4
- زمان اقامت : حداکثر 4-5 دقیقه
- همرفتگی (Shrinkage) - بدون تقویت شدگی : 1/6٪ و // 1/6٪

• همرفتگی (Shrinkage) – 30٪ الیاف شیشه : 0/3٪ و // 1/0٪

به منظور خنک‌سازی سریع مواد برای قطعات جداره نازک، تزریق با سرعت بالا برای کسب قالبگیری مناسب، توصیه می‌شود.

برای بهبود برخی خواص، آمیختن PBT با بعضی از پلاستیک‌ها امکان‌پذیر است؛

• برای سفتی، براقیت بیشتر و نیازمند دمای بیشتر؛ آمیزه PBT/PET

• برای انعطاف پذیری، مقاومت ضربه و پایداری ابعادی بهتر؛ آمیزه PBT/PC

• برای بهبود مقاومت در برابر UV و پایداری ابعادی؛ آمیزه PBT/ASA استفاده می‌شود.