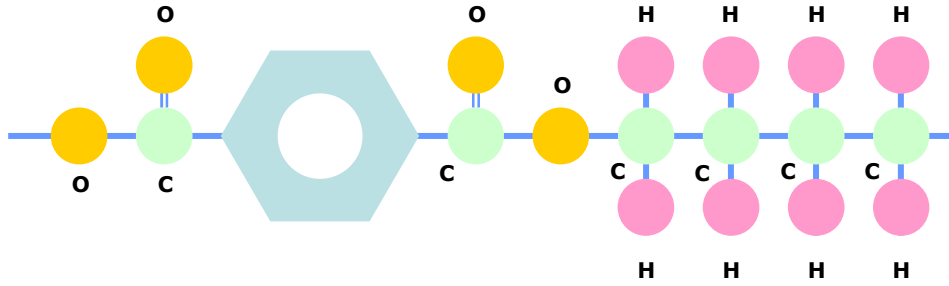


PBT KULLANIMI VE SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

Polibutilen tereftalat (PBT) yüksek performansa sahip dayanıklı bir yarı-kristal polimer malzeme olup mühendislik plastikleri içerisinde sınıflandırılmaktadır. PBT, özellikleri gereği en fazla Poliamid 6 (PA 6) ile mukayese edilmektedir.



PBT; tereftalik asit ve 1,4 - bütandiol'ün transesterifikasyonu ile üretilir ve yoğunlaşma polimerizasyonu ile elde edilmesinden dolayı, aynı zamanda yan ürün olarak su açığa çıkar.

PBT'nin dikkate alınması gereken genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Erime Noktası : 225 °C
- Camsı Geçiş Sıcaklığı : 50 °C
- Yoğunluk : 1,31 g/cm³
- Oksijen Endeksi : % 21
- En Yüksek Kullanım Sıcaklığı : 120 - 140 °C
- Kısa Süreli Sıcaklık Dayanımı : 200 - 220 °C
- Kristal Oranı : % 40 - 60
- Kristalleşme Hızı : Yüksek
- Soğuma Hızı : Yüksek
- Nem Doyma Noktası : % 0.2 - 0.5

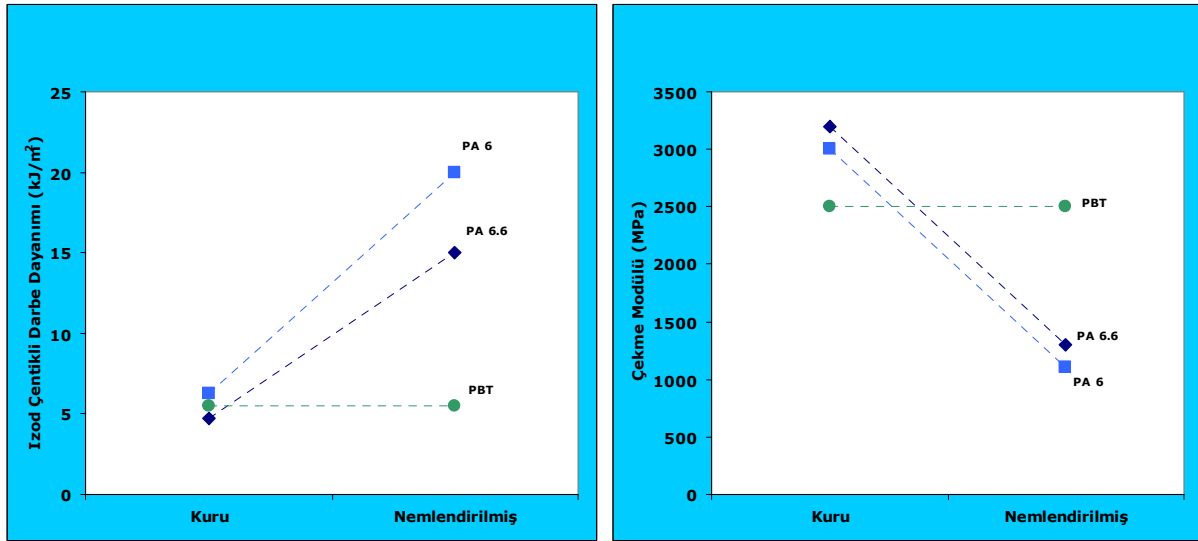
PBT, yüksek kristal yapıya sahip olup, kristalleşme hızlı gerçekleşmektedir. Erime noktası ve camsı geçiş sıcaklığı gibi ısıl özellikleri PA 6'ya yakındır ancak PA gibi higroskopik yapıda olmamasından dolayı bünyesine çok düşük oranda nem çeker.



PBT'yi özel kılan kuvvetli yanları aşağıda sıralanmıştır.

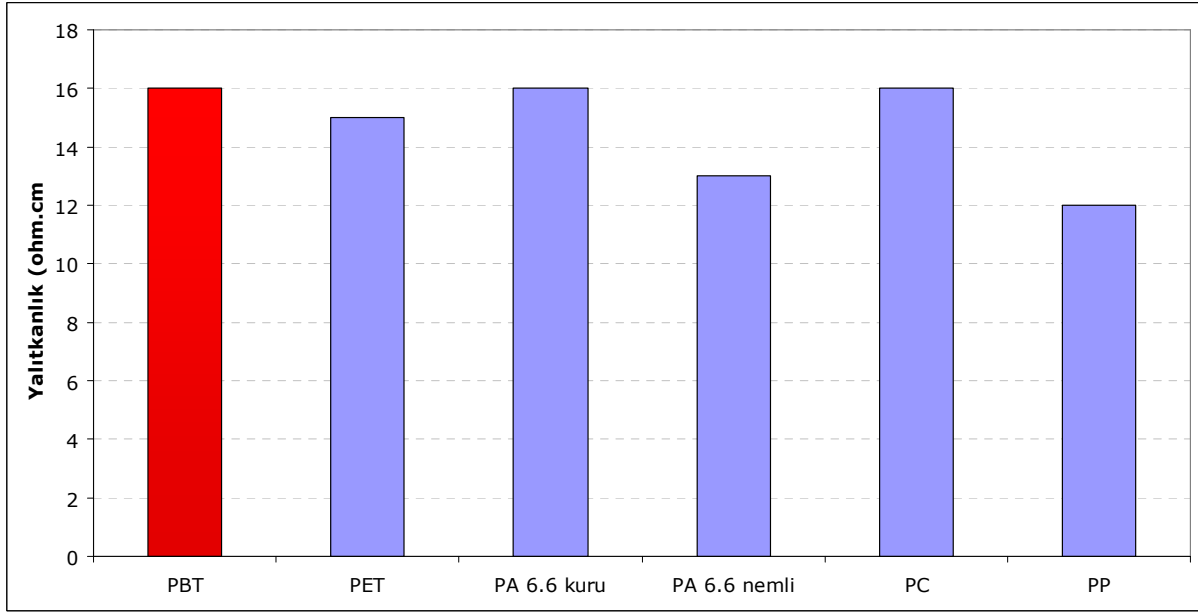
- Düşük nem alma
- Yüksek boyutsal kararlılık
- Yüksek ısı dayanımı ve renk kararlılığı
- Mükemmel sertlik ve mukavemet
- İyi elektriksel özellikler
- Kimyasal dayanım
- İyi aşınma mukavemeti
- Yüksek yanma direnci
- Mükemmel akışkanlık
- Kolay işlenebilirlik
- Mükemmel yüzey görünümü

Bu özellikleri geniş bir sıcaklık ve nem aralığında muhafaza edebilmektedir. Şekil 1'de ortamdaki nemin darbe dayanımı ve sertliğe etkisi görülmekte, aynı zamanda bu özellikler PA ile karşılaştırılmaktadır.



Şekil 1. Nemlendirmenin PBT, PA 6 ve PA 6.6 düz tiplerinin mekanik özelliklerine etkisi.

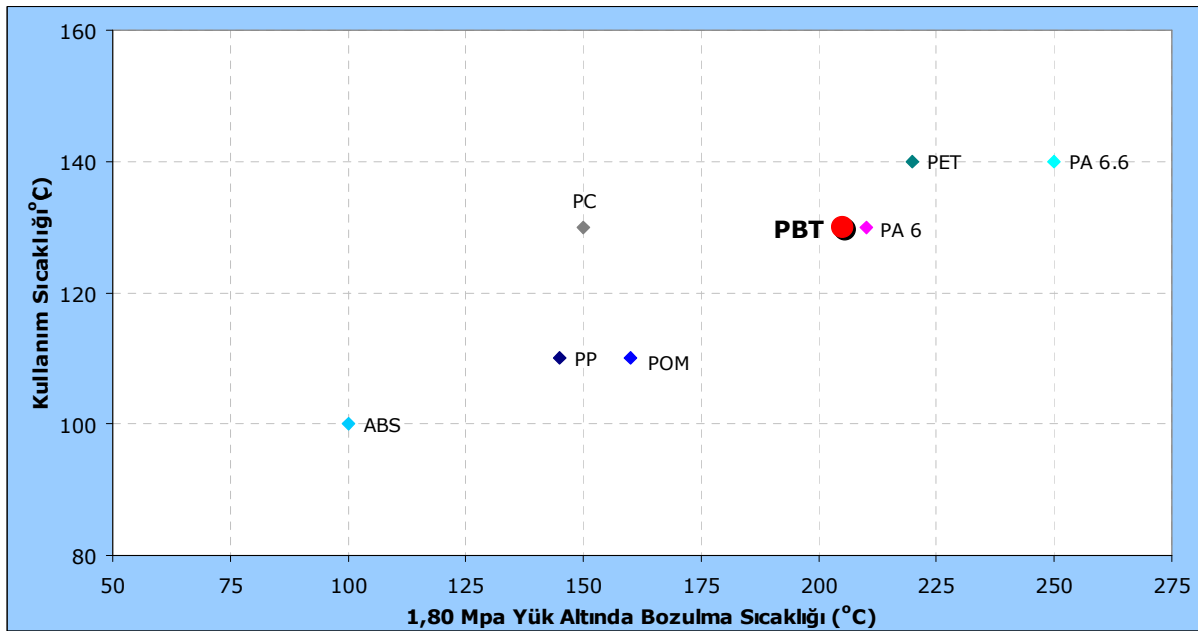
Grafikten görüleceği üzere, nemlendirmenin PBT'de mekanik özelliklere herhangi bir etkisi olmamakta, diğer taraftan ise PA'de esneklik ve darbe dayanımı artmakta ve sertlik azalmaktadır. Nemden etkilenmemesi PBT'yi elektrik/elektronik sektörünün tercih edilmiş malzemelerinden birisi yapmaktadır. Şekil 2'de çeşitli malzemelerin yalıtkanlık değerleri yer almaktadır.



Şekil 2. Çeşitli polimerlerin yalıtkanlık değerleri.

PBT higroskopik yapıda olmamasından dolayı bünyesine çok düşük oranda nem çekmekte, ve PA'de olduğu gibi nemli ortamlarda yalıtkanlık özelliği azalmamaktadır.

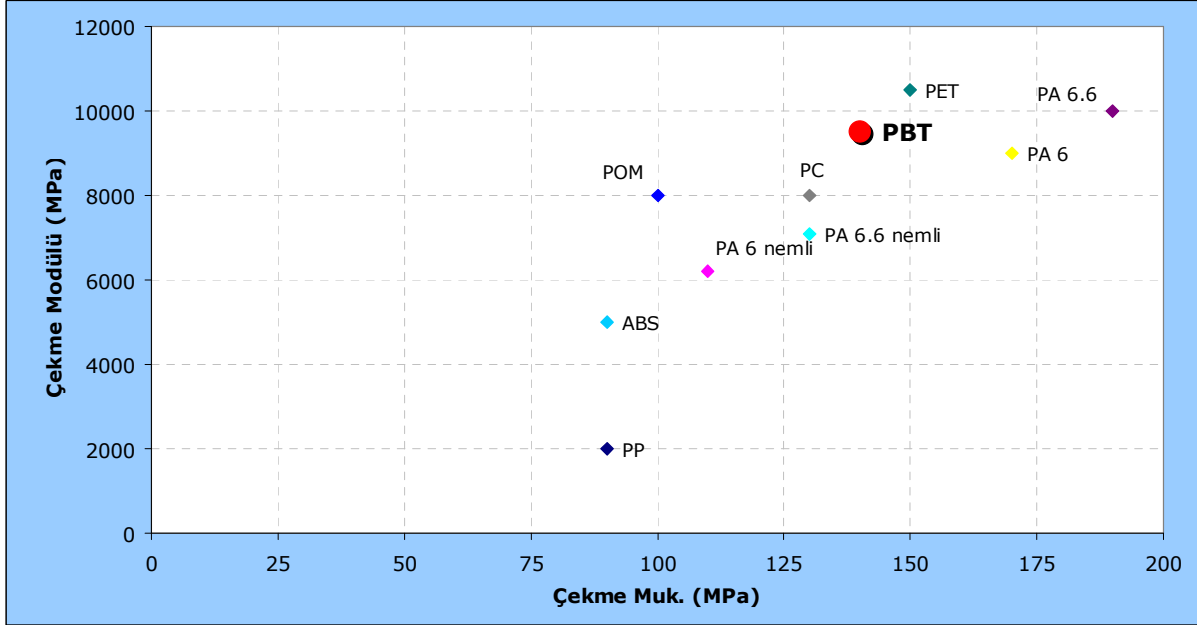
Erime sıcaklığı ve molekül yapısına bağlı olarak PBT mükemmel ısıl özellikler göstermektedir. Yaygın olarak kullanılmakta olan polimerlerin %30 cam elyaf takviyeli tiplerinin ısı ve sıcaklık dayanım özellikleri Şekil3'de sunulmuştur.



Şekil 3. Çeşitli polimerlerin %30 cam elyaf takviyeli tiplerinin kullanım sıcaklığı ve yük altında bozulma sıcaklığı değerleri.

PBT uzun süreli kullanımlarda ortalama 130 °C'ye kısa süreli ve anlık sıcaklık artışlarında ise 220 °C'ye kadar dayanım göstermektedir. Bu değerlere ulaşmak için ise cam elyaf takviyeli ve ısıya karşı dayanımı arttırılmış özel tipleri tavsiye edilmektedir.

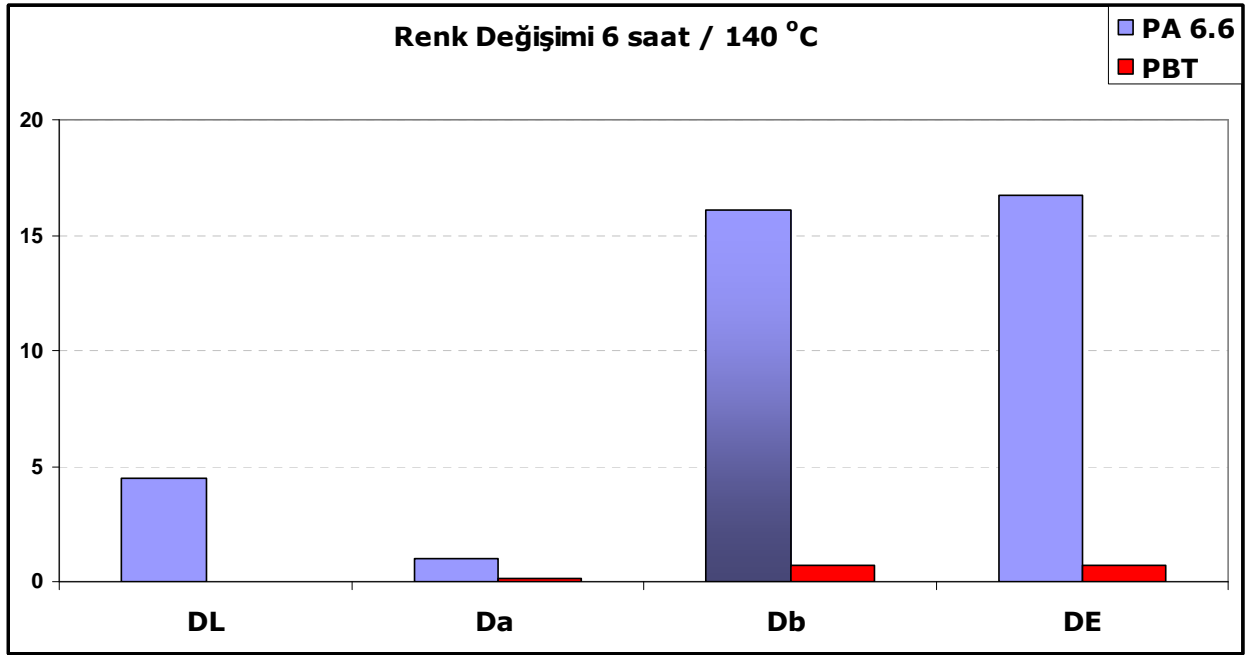
PBT'lerin diğer kuvvetli olduğu özellikleri, yüksek sertlik ve mukavemettir. Şekil 4'de bazı polimerlerin %30 cam elyaf takviyeli tiplerinin karşılaştırması yer almaktadır.



Şekil 4. Çeşitli polimerlerin %30 cam elyaf takviyeli tiplerinin çekme modülü ve çekme mukavemeti değerleri.

PBT'nin mukavemet ve sertlik performansı kuru şartlarda test edilen PA'de göre düşük kalırken, nemli ortamda ise bu özellikleri PA'ye göre daha yüksek gerçekleşmektedir.

Günümüzde termoplastiklerin metaller ve termosetlerin yerine kullanılmasının hızlı artışıyla birlikte malzemelerin yüksek sıcaklık altında renk kararlılığı sergilemeleri de önem kazanmaya başlamıştır. Şekil 5'de 6 saat 140 °C'de fırın testi uygulanmış PBT ve muadil olarak değerlendirilebilecek PA malzemenin renk sapma grafikleri yer almaktadır.

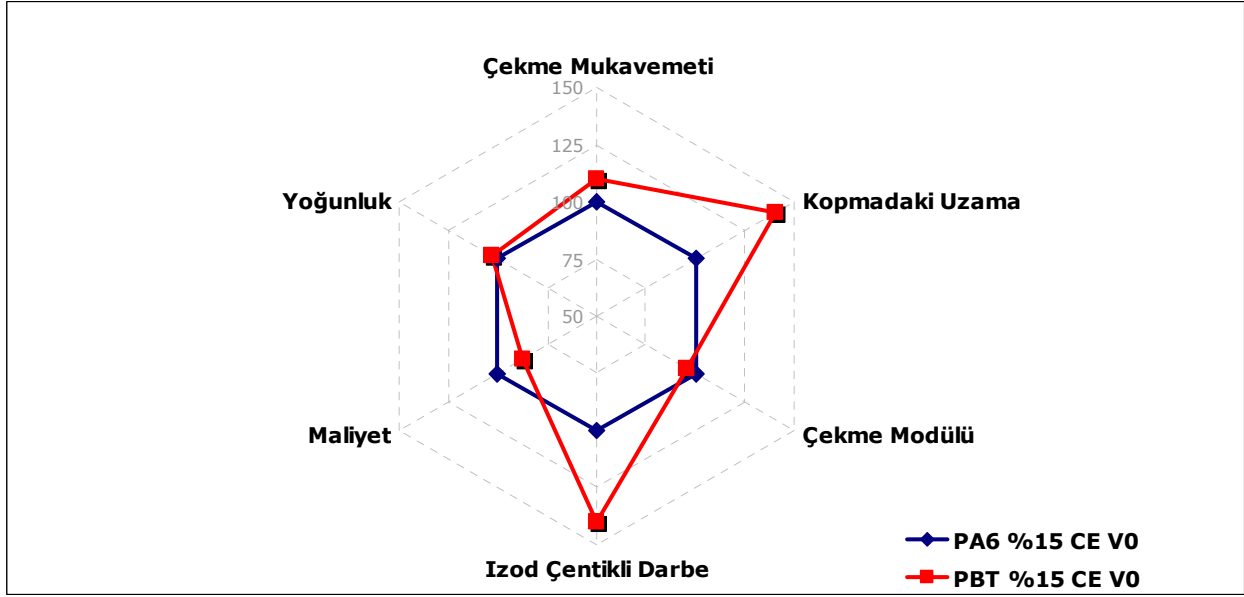


Şekil 5. PA 6.6 ve PBT ısı ile renk değişimi.

Bu grafikte DL değeri ile PA 6.6'nın fırın testi sonrası renginin ciddi miktarda koyulaştığı, Da değeri ile bir miktar kırmızılaştığı, Db değeri ile de rengin çok ciddi oranda saradığı, DE değeri ile de genel renk değişiminin çok yüksek oranda olduğu anlaşılmaktadır. PBT'de ise eser miktarda sararma tespit edilmekte, ve PA'de ki sararmanın PBT'den 15 kattan fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla ısı altında bulunacak ve renk kararlılığı istenilen tüm uygulamalarda PBT kullanılmalıdır. Örnek olarak, artık günümüzde bakalitin yerine geçen ve PBT'den üretilen aydınlatma parçaları ve duylar verilebilir.

Termoplastiklerin yanmaya karşı direnci azdır ve alev kaynağı kesilmedikçe yanmaya devam ederler. Alev kaynağı kesildikten sonra ise termoplastiklerin özellikle elektrik ve elektronik sektörlerinde kendilerini en kısa sürede söndürmeleri ve alevi ortama yaymamaları beklenir. Bunu sağlamak için kullanılan çeşitli alev geciktirici katkıları vardır. PBT'ler yüksek oksijen endeksi ve moleküler yapılarından dolayı uygun maliyetlerde alev geciktirici hale getirilebilmektedir. Özellikle cam elyflü tiplerde PA 6'ya göre üstünlük sağlamakta ve daha iyi özellikler daha uygun maliyetlerde elde edilebilmektedir. Şekil 6'da %15 cam elyaf takviyeli ve UL94 standardına göre V0 PBT ve PA 6'nın karşılaştırması yer almaktadır.





Şekil 6. PBT ve PA 6'nın %15 cam elyaf takviyeli ve alev geciktiricili tiplerinin karşılaştırılması. PA 6'nın tüm değerleri referans olarak 100 alınmıştır.

Alev geciktiricili PBT ve PA karşılaştırıldığında, PBT aşağıdaki üstünlükleri sergilemektedir;

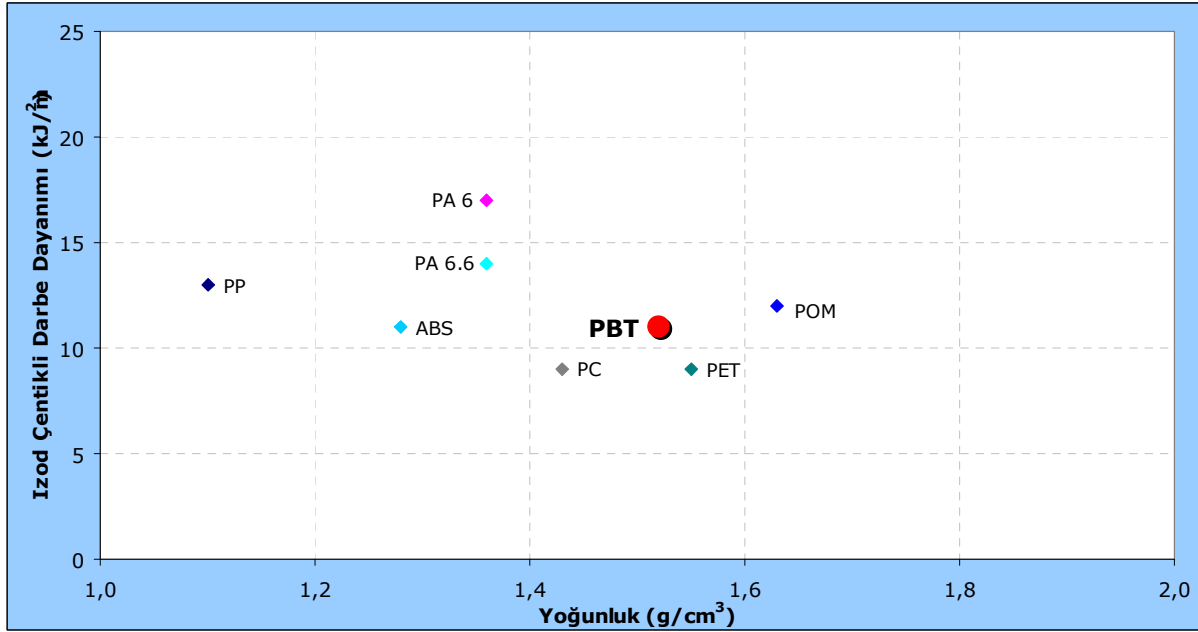
- ✓ Daha iyi mekanik özellikler
- ✓ Düşük malzeme maliyeti
- ✓ Yüksek akışkanlık ⇒ Hızlı baskı ⇒ Düşük işleme maliyeti
- ✓ Çevre şartlarından etkilenmeyen elektriksel özellikler
- ✓ Düşük nem almadan dolayı boyutlarda değişim olmaması
- ✓ Rengini sıcak ortamlarda da muhafaza etmesi ve sararmaması
- ✓ Mükemmel yanma direnci
- ✓ Daha parlak ve düzgün yüzey

Barındırdığı birçok iyi özelliğinin yanında PBT'nin diğer bütün polimerik malzemelerde olduğu gibi bazı zayıf yönleri de muadilleri ile karşılaştırıldığında ortaya çıkmaktadır. Bu özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Düşük esneklik
- Sıcak su dayanımı (< 60 - 70 °C)
- Proses öncesi ön kurutma ihtiyacı
- Yoğunluk

Yaygın olarak kullanılmakta olan polimerlerin %30 cam elyaf takviyeli tiplerinin yoğunluk ve darbe dayanım özellikleri Şekil 7'de sunulmuştur.





Şekil 7. Çeşitli polimerlerin %30 cam elyaf takviyeli tiplerinin yoğunluk ve darbe dayanım değerleri.

Grafikten de anlaşılacağı üzere PBT, PC, PET ve POM ile beraber yüksek yoğunluk ve daha düşük darbe dayanımlı malzemeler içerisinde yer almaktadır. Ancak bu özellikleri elastomer yapılı malzemeler ile karıştırılarak iyileştirilmektedir.

Yukarıda belirtilen tüm özellikler ışığında PBT çok geniş bir yelpazede kendisine uygulama alanı bulmaktadır. Özellikle darbe dayanımı arttırılmış ve cam elyaf takviyeli tipleri otomotiv, cam elyaf ve alev geciktiricili tipleri ise elektrik ve elektronik sektörlerinde tercih edilmektedir.

Otomotiv sektöründe; ayna ve ayna mekanizmaları, aydınlatma sistemleri, kilit mekanizmaları, kapı kolları, silecek gövdeleri, kablo bağlantı elemanları, çeşitli bağlantı elemanları, yağ deposu kapakları

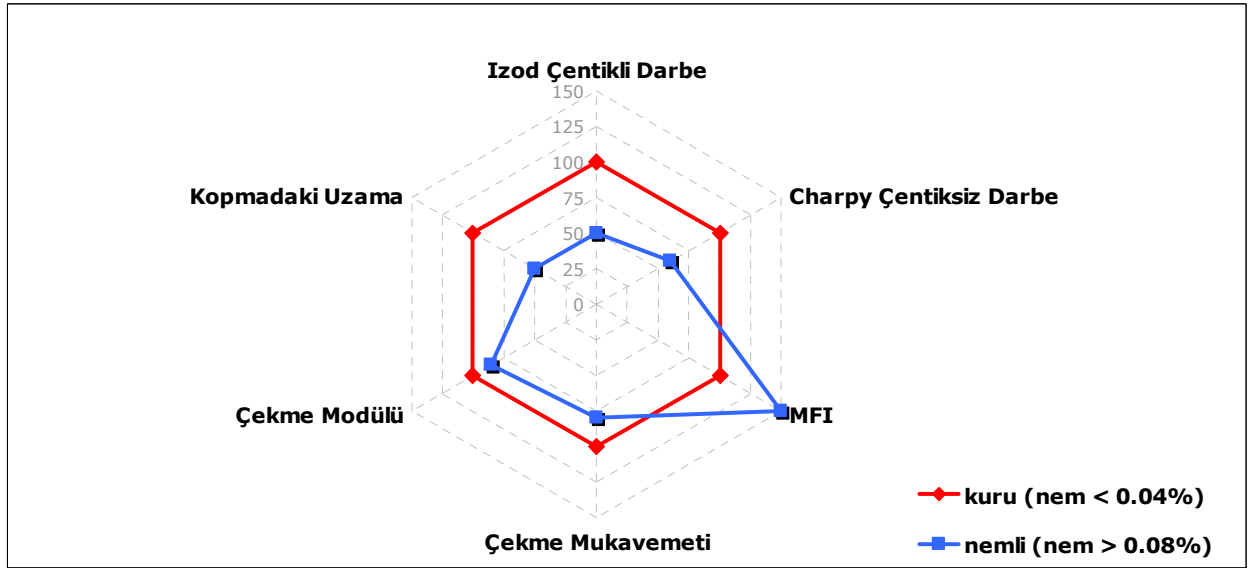
Elektrik ve elektronik sektöründe; kablo bağlantı elemanları, röleler, duylar, spot gövdesi, sigorta kutuları, motor kutuları, şalter gövdeleri, telekom bağlantı parçaları, bobin gövdeleri, fiş ve priz çekirdekleri

Ev eşyaları sektöründe; ütü tabanları, fırın düğmeleri, fırın tutamakları, havalandırma sistemleri, bilgisayar klavye parçaları, çeşitli gövdeler

Bazı uygulamalarından örnek olarak verilebilir. Bunların dışında endüstriyel uygulamalarda dişliler, yataklama parçaları, bantlı taşıyıcılar gibi yüksek dayanım isteyen ve hassas parçalarda da kullanılmaktadır.



PBT'yi işlemek için standart enjeksiyon makinaları rahatlıkla kullanılabilir. Özellikle standart üç bölgeli vidalar uygundur. İşleme sırasında dikkat edilecek en önemli konu uygun şartlarda kurutmadır. Bünyedeki nem, işleme sırasında hidrolitik bozulmaya yol açmakta ve molekül ağırlığında azalma yaratarak, dayanımın düşmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı tavsiye edilen şartlarda doğru kurutma yapılmalı, işleme öncesi nem oranı % 0.04'den küçük olmalıdır. PET ve PC ile olan karışımlarında bu oran % 0.02'yi geçmemelidir. Uygun kurutmanın PBT 30% cam elyaf takviyeli malzemenin mekanik ve akışkanlık özelliklerine etkisi Şekil 8'de yer almaktadır.



Şekil 8. PBT %30 cam elyaf takviyeli malzemede kurutmanın özelliklere etkisi. Uygun kurutulmuş malzemenin değerleri referans olarak 100 alınmıştır.

Uygun kurutma yapılmadığında, malzemenin mekanik özellikleri %10 ile %50 arasında azalmakta, diğer taraftan akışkanlık değeri 2 katı artmaktadır. PBT malzemeler iyi kurutulmadığında yüzeyde herhangi bir problem oluşmadığı dikkate alınmalıdır.

Aşağıda verilen işleme ve kalıp şartları sağlandığında PBT problemsiz bir malzeme olarak kullanılabilir.

- Ön kurutma : 120 °C / 2-4 saat
- Proses sıcaklığı : 240 – 270 °C
- Boğaz sıcaklığı : 50 – 70 °C
- Kalıp Sıcaklığı : 60 – 100 °C
- Ocak hacmi / parça hacmi : 2 – 4
- Malzeme ocakta bekleme : en fazla 4 – 5 dk.
- Kalıp çekmesi - düz : \perp % 1,6 ve // % 1,6
- Kalıp çekmesi - %30 CE'li : \perp % 0,3 ve // % 1,0



Ek olarak PBT hızlı soğuyan bir malzeme olduğundan, özellikle ince cidarlı bölgelerde enjeksiyon esnasında donmayı engellemek için enjeksiyon hızı yüksek tutulmalıdır.

Bir takım özellikleri iyileştirilmek istendiğinde PBT ile bazı diğer polimerin alaşımları hazırlanmaktadır. Örnek olarak;

- Daha sert, parlak ve yüksek sıcaklık dayanımı istendiğinde PBT/PET alaşımları,
- Daha esnek, darbeye dayanıklı, ve boyutsal kararlılığa sahip özellikler istendiğinde PBT/PC alaşımları,
- Güneş ışınlarına yüksek dayanım ve boyutsal kararlılık istendiğinde ise PBT/ASA alaşımları kullanılmaktadır.

Sonuç olarak PBT çok fazla tanınmamasına rağmen, sahip bulunduğu bazı üstün özellikleri ile mühendislik plastikleri içerisinde özel bir yere sahip olmakta ve tüketimi diğer malzemelere göre daha hızla artmaktadır.

