

*THERMOPLASTIC POLYESTERS **PBT***

フ。ラ。ナ。ック® *PLANAC*

PLANAC の基本的性質
PROPERTIES OF PLANAC

……………ご利用前にお読み下さい

ポリブチレンテレフタレート樹脂 (PBT)
CAS No. 26062-94-2
安全性に関する事項

プラナックを安全にご使用いただくために本書に記載の'加工上の注意事項'およびMSDSをご覧ください。

一般注意事項

1. 本書に掲げる情報('本情報')は、プラナックを選択していただくための参考としてご需要家各位に提供されるものです。
2. '本情報'は作成時点において弊社が信頼し得ると考えられる試験または調査に基づくものですが、弊社は、その正確性および完全性を保証するものではありません。
3. '本情報'をご参考にされるにあたり、ご需要家各位におかれましては、意図される応用、加工または使用に対する適合性の試験を行うことが必要です。'本情報'は当該試験の必要性を免除するものではありません。
4. 弊社はご需要家各位における'本情報'または'プラナック'の応用、加工、使用およびこれらに伴う結果についての責任を負いかねます。
5. '本情報'の提供は当社がご需要家各位での具体的応用、加工または使用に関して、第三者の知的財産権を侵害しないことを保証するものではありません。
6. '本情報'に含まれる種々のデータは、特に本文中でことわりが無い限り、以下の標準的な成形条件で作成された試験片を用いて計測されたものです。

- ・予備乾燥: 130°C/4Hrs.
- ・シリンダー温度設定: 250°C(ガラス繊維強化タイプ)
240°C(非強化タイプ)
- ・射出充填時間: 0.3~0.7 sec.
- ・保持圧力: 10~60MPa
- ・金型温度設定: 60°C(ガラス繊維強化タイプ)
40°C(非強化タイプ)

Polybutyleneterephthalate resin (PBT)
CAS No. 26062-94-2
Safety Information:

See 'Precaution for processing' in this brochure and Material Safety Data Sheet (MSDS) for safety precautions during use.

Important Notice to Recipient:

1. The Information contained in this brochure ('Information') shows typical data of natural resins prepared for the purpose of assisting the selection of PLANAC ('Products').
2. The Information is based on tests or research TOYOBO Co., Ltd ("TOYOBO") believes to be reliable, but no warranty is given by TOYOBO concerning the accuracy or completeness thereof.
3. The supply of the Information does not release the recipient from the obligation to test the Products as to their suitability for the intended applications and processes.
4. TOYOBO has no liability for any consequence of the application, processing or use of the Information or the Products.
5. Information concerning the application of the Products is not and should not be construed as a warranty as to non-infringement of intellectual property for a particular application.
6. The following standard processing conditions are adopted for preparing to the test pieces unless any comments in this brochure .

- ・ Pre-drying:130°C/4Hrs.,
- ・ Cylinder set temperature:250°C for reinforced grades and 240°C for un-reinforced grade,
- ・ Injection rate:0.3~0.7sec.,
- ・ Holding pressure:10~60MPa and
- ・ Mold set temperature:60°C for reinforced grade and 40 for un-reinforced grade.

PLANACの基本的性質

第1版
 発行日 2010年 4月1日
 発行者 東洋紡績株式会社

PROPERTIES OF PLANAC

1st edition
 Issued April 01, 2010
 by TOYOBO Co., Ltd.("TOYOBO")

1. はじめに

"プラナック(PLANAC)"は、東洋紡のポリブチレンテレフタレート樹脂(PBT)成形材料の商標です。

PBTは、テレフタル酸もしくはテレフタル酸ジメチルと1,4ブタンジオールの重縮合によってえられるFig.1.1に示す化学構造を持った結晶性の熱可塑性ポリエステル樹脂です。この樹脂は、約225°Cの高い融点(MP)を持ち、ガラス転移温度(Tg)が約30°Cと低い上に結晶化が速く、成形の容易な樹脂です。

この樹脂をガラス繊維(GF)などの繊維強化材で強化することによって耐熱性や強度、剛性の向上はもちろん優れた寸法安定性や耐クリープ性を示す典型的なエンジニアリングプラスチックの性質を発揮します。また難燃剤との併用で容易にUL94V-0クラスの難燃化が達成されます。

プラナックの特性は、以下に示すような応用面での要求性能に応えることのできる成形材料で、デザイナーやモールドーにとって使い易く、性能とコストがバランスのとれたエンジニアリングプラスチックと言えます。

- 120~140°Cで連続使用が可能な耐熱性
- 強度、剛性に優れたGF強化グレード
- 高度の難燃性のUL 94 V-0 グレード
- 吸水が少なく強度低下、寸法変化が少ない
- 特に有機溶剤、油、酸に対して優れた耐性を有する
- 高度な電気絶縁性
- 易成形性

1.GENERAL INFORMATION

"PLANAC" is the registered trade name of TOYOBO'S Polybutyleneterephthalate resin (PBT) molding materials.

PBT is polymerized by terephthalic acid or dimethylterephthalate and 1,4-butanediol, and its chemical construction as shown in Fig.1.1. Having melting point of about 225C and glass transition temperature of approximately 30C, therefore this polymer shows rapid crystallization during processing and has easy process ability.

PLANAC which is reinforced with glass fibers possesses an excellent combination of properties of interest to the designer and processor. It improves heat resistance, strength, rigidity, creep resistance and dimensional stability comparing to the unreinforced grades. PLANAC is the typical engineering plastics combined with superior physical properties and excellent processability and is non-burning by established industry flammability test with specific flame retardant chemicals.

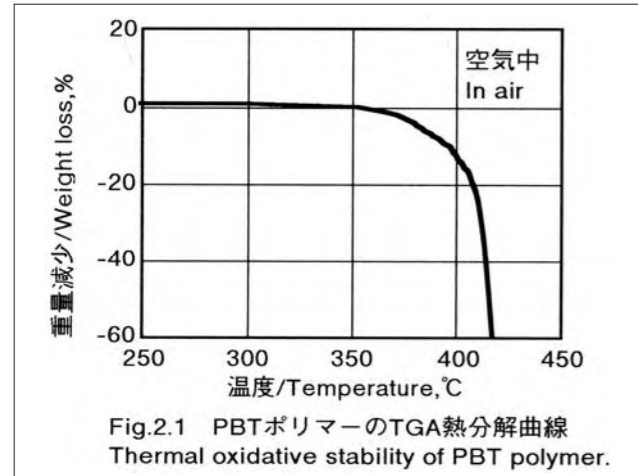
This well balanced combination of superior physical and mechanical properties and process ability provide the designer and processor with a unique material in applications which require;

- Heat resistance in short and long term,
- Superior mechanical properties,
- Excellent fire resistance of UL94V-0 grades,
- Low water absorption,
- Chemical resistance to wide range of chemicals,
- Excellent electrical insulation properties and
- Easy processing properties.

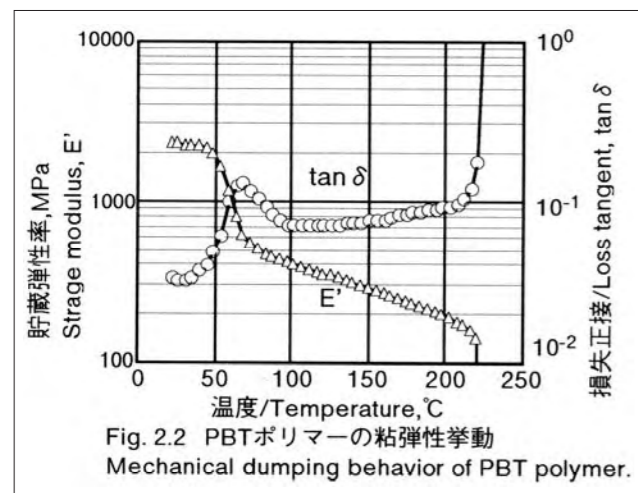


2.PBTポリマーの性質

PBTは、TGA分析(熱重量分析)によればFig.2.1に示すように空気中での熱分解開始温度は340℃以上の熱安定性を示します。



DSC分析によるとPBTは、約225℃の融点(MP)を示す部分結晶性のポリマーです。また、ガラス転移温度(Tg)は測定法により若干異なりますが、25~30℃付近の値を示します。これらの温度は、PBT成型品の機械的特性をはじめ種々の特性にとって重要な意味を持っています。この重要性はFig.2.2のポリマーの粘弾性挙動を示すダンピング特性の温度依存性でも明らかです。この特性はASTM D-5418に準拠し、周波数0.1HZで二重片持ち曲げ法で測定したもので、Tg以上の温度では力学特性が急変する結晶性樹脂特有の性質を示します。



PBT樹脂と他の樹脂との比較をTable2.1に示します。これからもPBT樹脂は耐熱性、耐薬品性に優れた樹脂であることがわかります。特に化学構造が類似のPET樹脂と比べて結晶化速度が速く、常温に近い金型温度でも成形可能でハイサイクル成形に特長があります。

2.PROPERTIES OF POLYMER

PBT polymer exhibits exceptional resistance to thermal oxidative degradation. Its decomposition temperature, as determined by thermo-gravimetric analysis (TGA), is over 340C in air at Fig.2.1. The high decomposition temperature in air is indicative of PBT's good resistance to oxidation. PBT polymer is partially crystalline and the glass transition temperature;Tg is approximately 25 to 30C, and the melting point is about 225C by differential scanning calorimetry (DSC). These values are critical for the mechanical properties of the moldings as the function of temperature, as illustrated by the dynamic dumping properties for the neat polymer as shown in Fig.2.2. The properties are measured by ASTM D-5418 used dual cantilever loading. Typical crystalline polymer shows the reduction in mechanical properties at the temperatures above the glass transition region. The comparison with PBT and other engineering polymers is shown in Table 2.1. This table shows that PBT has excellent heat resistance and chemical resistance compared with others. Especially PBT has fast crystallization, therefore it can be molded with comparatively low mold temperature and has excellent processing characteristics compared with others.

Table.2.1 他のエンプラとの比較
Comparison with other engineering polymers.

	PBT	PA-66	POM	PC	PPE
吸水性 Water absorption	少 Excel.	多 Poor	中 Fair	中 Fair	少 Excel.
耐熱性 Heat resistance	良 Excel.	中 Fair	中 Fair	中 Fair	中 Fair
強度 Strength	高 Excel.	高 Excel.	中 Fair	高 Excel.	中 Fair
剛性 Rigidity	中 Fair	低 Poor	中 Fair	中 Fair	中 Fair
靱性/Toughness	中 Fair	高 Excel.	中 Fair	高 Excel.	中 Fair
加熱水性 Hot water resistance	弱 Poor	中 Fair	中 Fair	弱 Poor	強 Excel.
耐溶剤性 Solvent resistance	強 Excel.	強 Excel.	強 Excel.	弱 Poor	弱 Poor
耐アルカリ性 Basic resistance	中 Fair	中 Fair	中 Fair	弱 Poor	弱 Poor
耐酸性 Acid resistance	強 Excel.	中 Fair	弱 Poor	弱 Poor	弱 Poor

3.PLANACの品番

プラナックにはいろいろな用途要求に適応できる品番が用意されています。

- UL94/HB(徐燃)タイプ
- UL94/V-0(難燃)タイプ

本資料では、PBTニートポリマーとPLANACの基本である以下の品番を中心に説明します。他の品番については"PLANACの品番と特性"を参照下さい。

- BT-1030-05 :ガラス繊維30%強化HBタイプ
- BT-2230-90 : ガラス繊維30%強化V-Oタイプ

3.VARIATIONS OF PLANAC

PLANAC is available in a variety of grades in order to coincide with various properties of requirements.

- UL94/HB type and
- UL94/V-0 type.

In this information the properties of PBT neat resin and representative two PLANAC grades are mainly described and other various grades are shown in "PLANAC Guide Data".

- BT-1030-05: GF30% reinforced HB and
- BT-2230-90: GF30% reinforced V-O grades.

4. プラナックの基本的性質

4.1. 機械的性質

プラナックは広い温度範囲でも優れた機械的特性を示します。Fig.4.1は、代表的な品番の引張りならびに曲げの応力-歪曲線(S-Sカーブ)を示します。この図から明らかなようにPBT樹脂は伸びが大きくねばりのある材料です。Fig.4.2はそれぞれ引張り強さと曲げ強さの温度依存性を、Fig.4.3は曲げ弾性率の温度依存性を示します。いずれもガラス転移温度T_gである30℃を越える付近から強度、剛性共に大きく低下を始めます。しかしながらガラス繊維強化タイプのBT-1030-05やBT-2230-90は、150℃もの高温域でも常温時の約1/3の高い強度と弾性率を保持します。

4. KEY PROPERTIES

4.1. Short-Term Mechanical Properties

PLANAC shows excellent mechanical properties over comparatively wide temperature range. Figure 4.1 shows the tensile and flexural stress-strain curves for the representative grades. Also Figs. 4.2 and 4.3 show the relationship between strength and modulus and the environmental temperature respectively. In these figures, above 30C which is glass transition temperature;T_g of PBT, the strength and rigidity fall lowering. However, PLANAC reinforced grades as BT-1030-05 and BT-2230-90 retain about one third of the strength and modulus at room temperature even at high temperature of 150C.

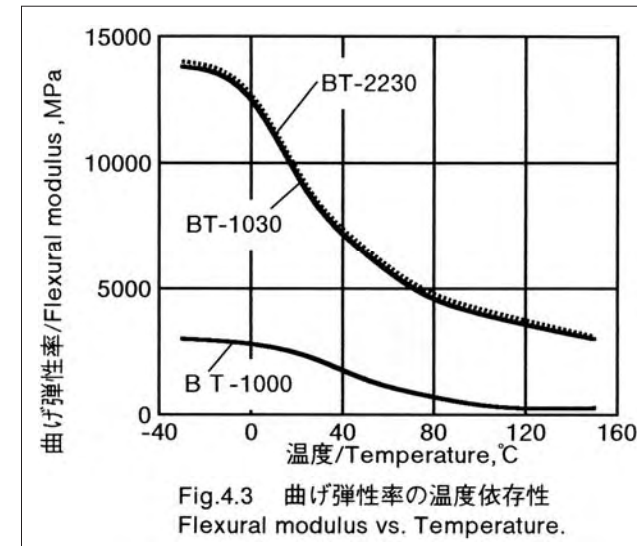
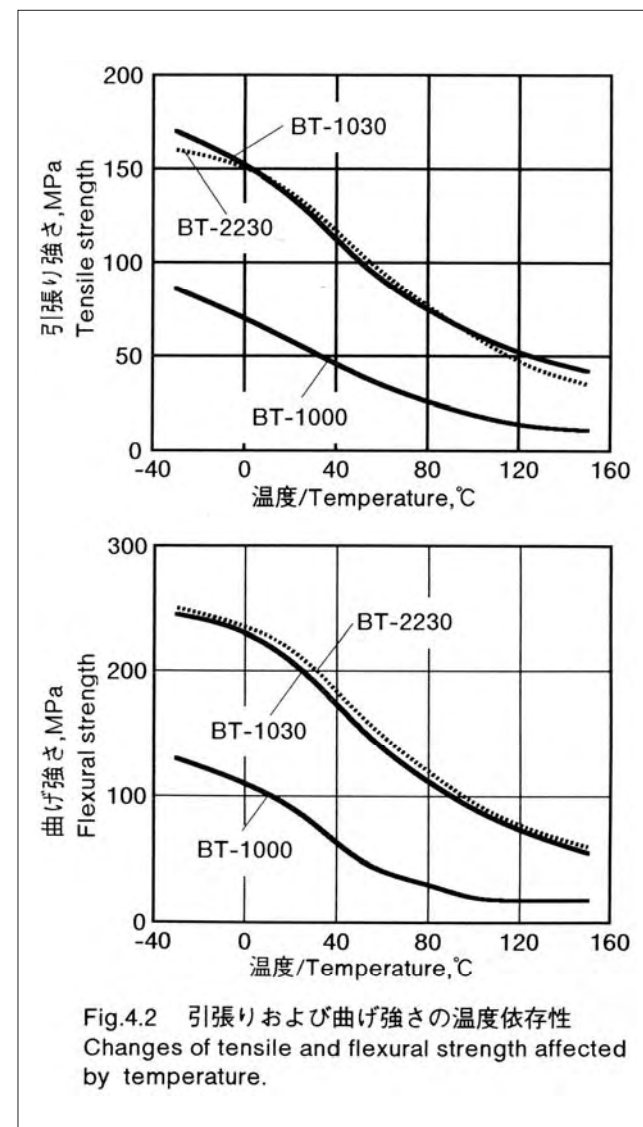
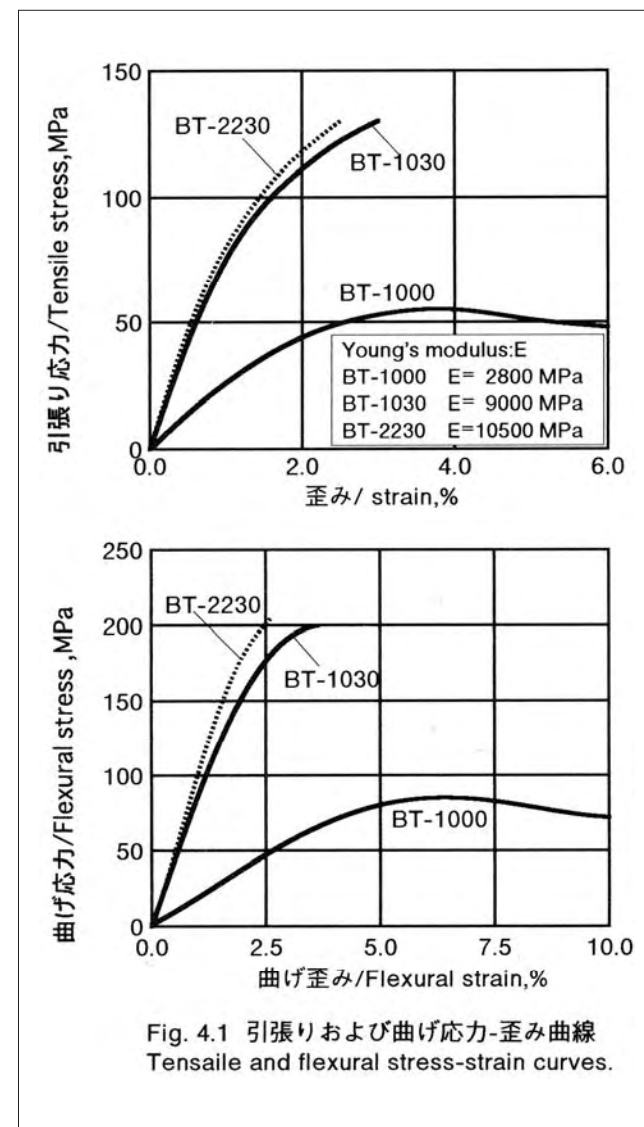
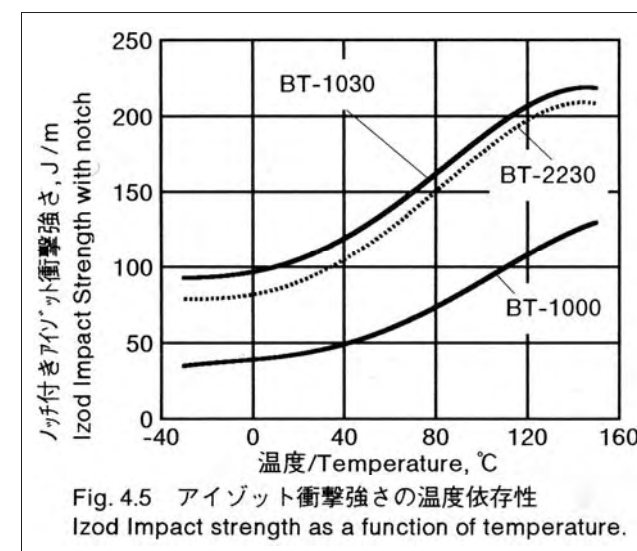
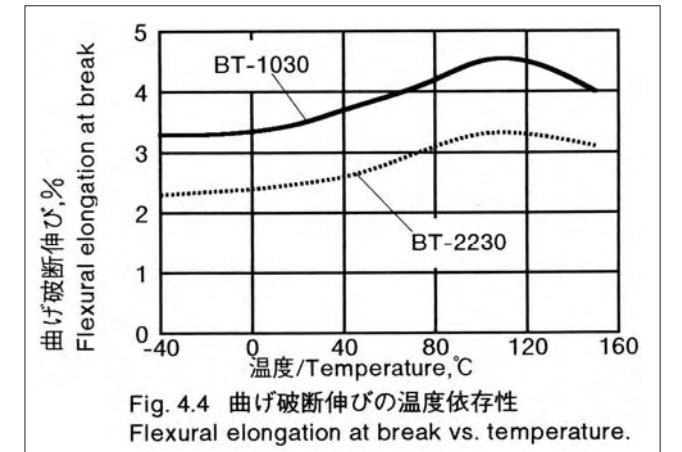
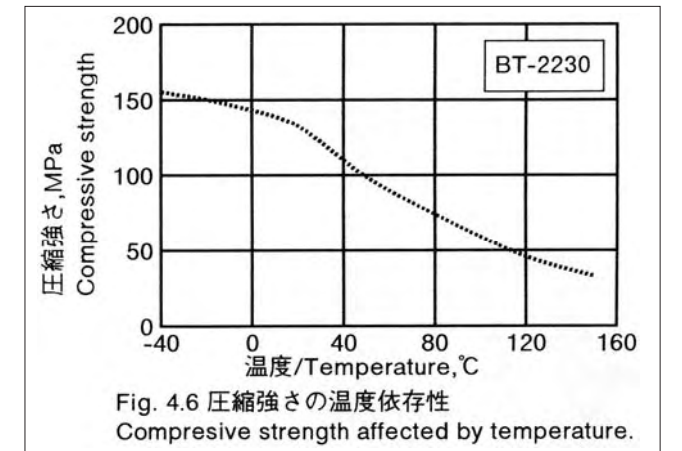


Fig.4.4には曲げ破断時の伸びの温度依存性を示します。ガラス転移点T_gを越えると大幅に伸びが大きくなります。衝撃強さならびに圧縮強度の温度依存性についてはFig.4.5、4.6に示します。

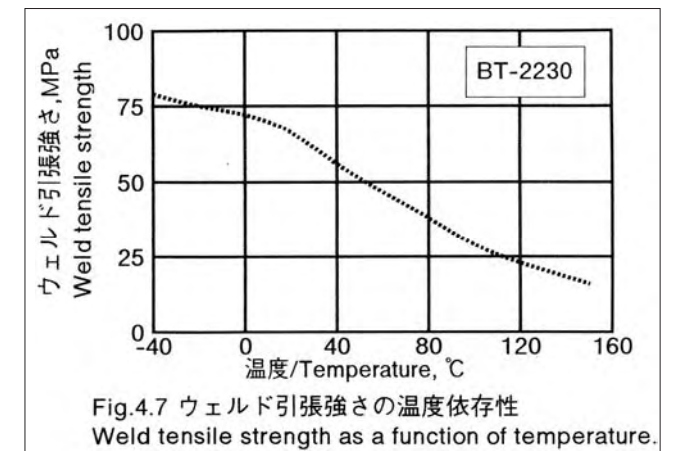
The flexural elongation at break affected by the temperature is shown in Fig.4.4 and the elongation is increasing at higher temperature than T_g. As shown in Figs.4.5 and 4.6, the impact strength and compressive strength affected by temperature show the similar curves to the elongation and strength of it, respectively.



成型品のウィークポイントの一つであるウエルドはたいていの場合、避けることができません。特に、ガラス繊維強化タイプのウエルド強度は、非ウエルド部に比べて低いため、設計上注意が必要です。Fig.4.7に強化難燃タイプBT-2230-90のウエルド引張り強さの温度依存性を示します。この図からもウエルド強さは引張りや曲げ強さと同様な環境温度依存性を示します。



It is almost impossible to avoid the weld lines in actual moldings. Especially, the weld strength is weakened compared to non-welding portion for the reinforced grades. Figure 4.7 shows the weld tensile strength affected by temperature.



4.2. 機械的性質の材料異方性

PBTのみならず、ガラス繊維などの剛性の高い繊維で強化された材料は、成形時の繊維の配向によってその性質が支配される材料異方性を示します。PBTのような結晶性ポリマーの場合、さらに分子配向も加わり異方性を強くしています。異方性の程度は、成型品の板厚さや成形条件さらにはゲート形状などさまざまな因子に支配されます。配向により影響を受ける特性は、強度、弾性率、伸びなどの機械的性質と、成形収縮率や線熱膨張などの寸法に関する特性さらには熱変形温度などもあげられます。

本項では機械的特性を中心に異方性につき説明しますが、便宜上、Fig.4.8のような二次元座標の表記を使用します。

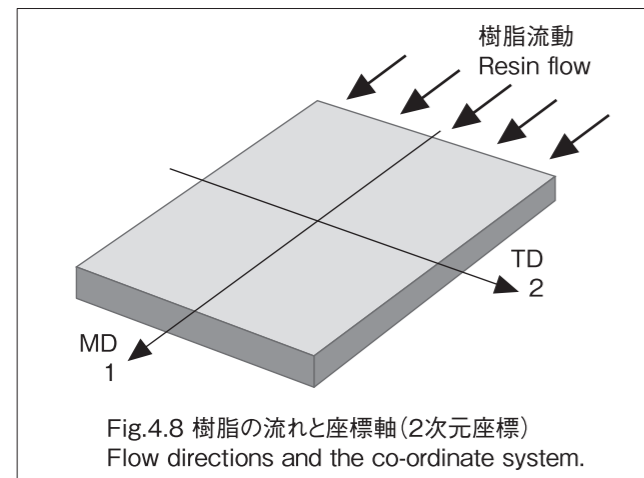


Fig.4.8 樹脂の流れと座標軸(二次元座標)
Flow directions and the co-ordinate system.

強度、弾性率および破断時の伸びについて、MD方向およびTD方向による差を Table 4.1に、またそれぞれの温度依存性をFig.4.9から4.11に示します。このようにガラス繊維強化タイプのTD方向の強度、弾性率は共にMD方向の約1/2程度のため、配向が明確な成型品の場合にはウエルド部と同様に配慮が必要です。

Table 4.1 機械特性の異方性
Anisotropy of mechanical properties.

特性 Property	方向 Direc.	BT-1000	BT-1030	BT-2230
曲げ強さ FS ¹⁾ ,MPa	MD	90	200	205
	TD	83	116	113
曲げ弾性率 FM ²⁾ ,MPa	MD	2300	8000	9500
	TD	2300	4240	4700
曲げ破断伸び Fe ³⁾ at break,%	MD	N.B.	3.5	3.0
	TD	N.B.	4.3	2.3

1)Flexural strength 2)Flexural modulus 3)Flexural elongation

また、異方性の材料の機械的特性を表現する上で重要な弾性率に関しては、Table 4.2に記載の表記を行い、常温におけるそれら値をTable 4.3に示します。

4.2. Anisotropy on Mechanical Properties

Molding plastics filled rigid fibrous reinforcement shows anisotropy which is different properties governed by the directions of fiber arrangement. For the PBT which is a polymer, anisotropy is governed by not only fibrous arrangement but also molecular orientation. A intensity of anisotropy depends on molding wall thickness, molding conditions and gates in the moldings. The characteristics affected with anisotropy are mechanical behaviors including strength, modulus and elongation at break, dimensional properties including mold shrinkage and linear thermal expansion, and heat distortion temperature.

In this section, mechanical properties in the mold direction, MD and transverse direction, TD are described and as shown in Fig.4.5, the co-ordinate system is introduced to explain the anisotropy.

Table-4.1 are the values of flexural strength, modulus and elongation at break in MD and TD respectively. And Figs.4.9 to 4.11 show the dependence on temperature for flexural strength, modulus and elongation at break. These values are compared with the properties in MD.

The elastic moduli for anisotropic materials are very important in order to define the relationship between stress and strain. In Table 4.2, five elastic moduli are defined. And these values at room temperature are shown in Table 4.3.

Table 4.2 直交異方性材料の弾性係数
Elastic moduli of orthotropic body.

Modulus	定義/Definition
E1	MD方向の縦弾性係数(ヤング率) Young's modulus in MD.
E2	TD方向の縦弾性係数(ヤング率) Young's modulus in TD.
ν_{12}	MD方向のポアソン比 Poisson's ratio in MD.
ν_{21}	TD方向のポアソン比 Poisson's ratio in TD.
G12	せん断弾性係数(横弾性係数) Shear modulus.

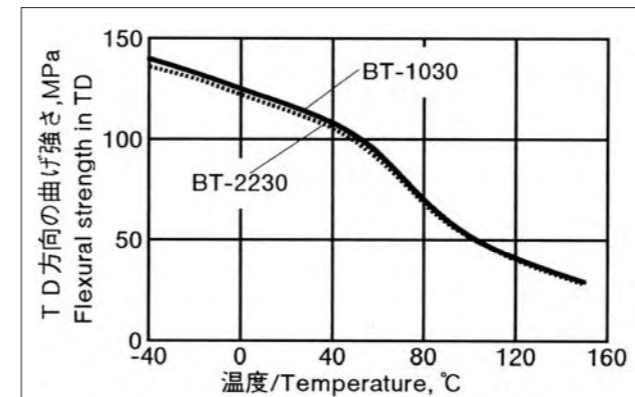


Fig.4.9 TD方向の曲げ強さの温度依存性
Flexural strength in TD as a function of temperature.

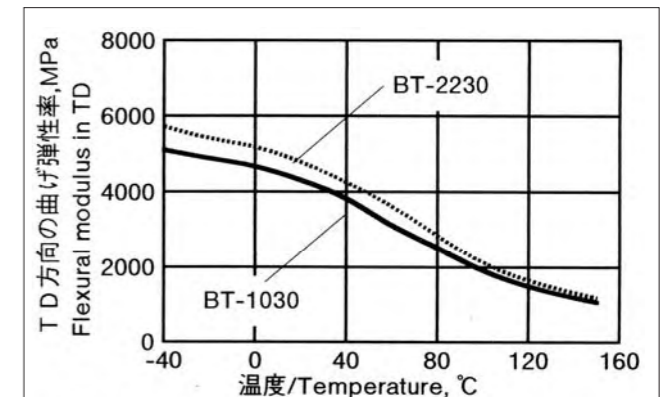


Fig.4.10 TD方向の曲げ弾性率の温度依存性
Flexural modulus in TD as a function of temperature.

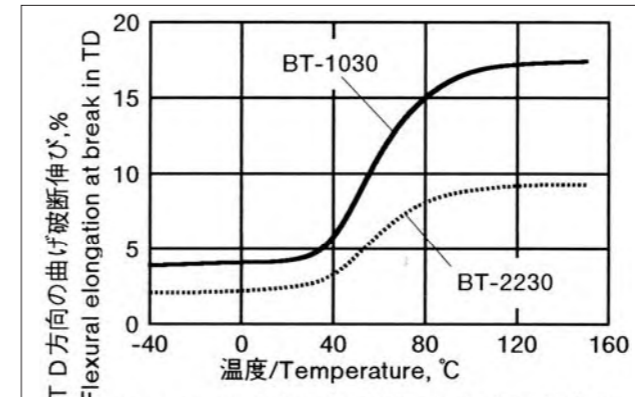


Fig.4.11 TD方向の曲げ破断伸びの温度依存性
Flexural elongation at break in TD as a function of temp.

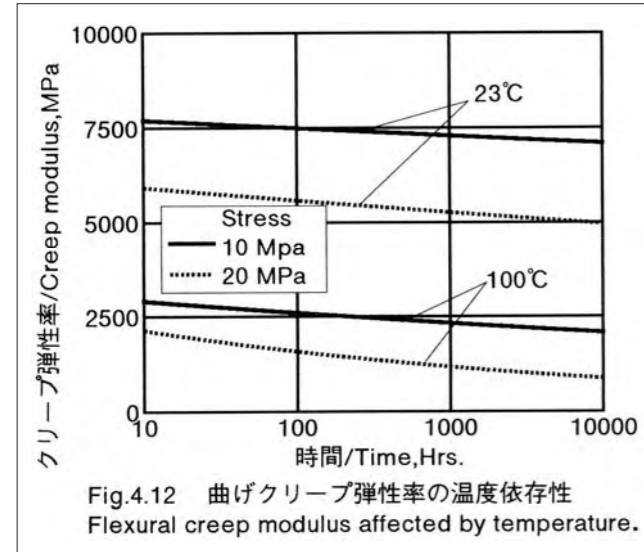
Table 4.3 プラナックの弾性定数
Elastic moduli of PLANAC.

	BT-1000	BT-1030	BT-2230
E ₁ , MPa	2800	9000	10500
E ₂ , MPa	9500	4600	5200
ν_{12}	0.35	0.36	0.36
ν_{21}	----- E ₁ ν_{21} =E ₂ ν_{12} ¹⁾ -----		
G ₁₂ , MPa	780	1600	1700

1) Maxwellの相反理論/Maxwell's reciprocal theory.

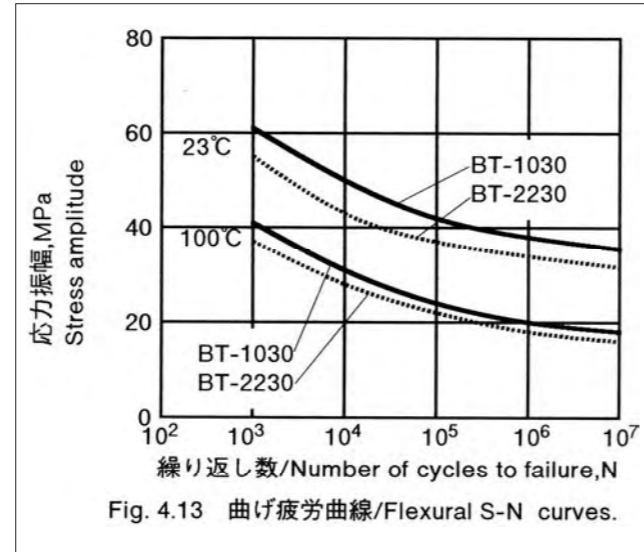
4.3.機械物性の耐久性

PLANACは成型品に継続して負荷される、すなわちクリープ応力が作用する場合でも常温下では変形量が比較的小さい良好なクリープ特性を示します。この特性は、クリープのみならず応力緩和特性においても同様です。これらクリープや応力緩和は、PBTの粘弾性に起因する特性であり当然ながら温度の影響を強く受け、T_g以上では変形が大きくなります。Fig.4.12にこれら常温と高温の曲げクリープデータを示します。



4.3.Long Term Mechanical Properties

PLANAC parts show the small permanent deformation during continuous static loading under room temperature or lower temperature. It is often understood creep phenomena or stress relaxation and strongly affected by environmental temperature because of the peculiar characteristics to the PBT. The flexural creep properties under room temperature and 100C are shown in Fig4.12.



クリープ特性に並んで重要な機械特性の耐久性を表す指針として疲労特性があげられます。機構部品は、動的な繰り返し負荷や周期的な応力を受けることがあります。このような場合は、以下の繰り返し曲げ疲労特性を考慮して耐疲労設計を行う必要があります。Fig.4.13はASTM D-671に準拠した定応力両振り曲げ疲労試験結果をBT-1030-05およびBT-2230-90について示します。疲労限度応力(疲労強度)は107回の繰り返しの耐える最大応力として定義されます。PBT材料は経験上一般に疲労限界応力は同一環境、同一条件下での静的強度の20~25%が目安です。PLANACの種々の温度条件下での疲労限界応力をTable4.4にまとめて示します。

PBT molded parts even withstand the prolonged application of high dynamic or cyclic loads. In this case, the fatigue characteristics should be considered for the molding design. The fatigue strength or endurance is defined as the maximum stress which should not break at 107 repetitive stresses. Generally, the fatigue endurance of PBT is about 20 to 25% of the static strength in the same conditions. Figure 4.13 demonstrates the flexural fatigue S-N curves of BT-1030-05 and BT-2230-90 as typical fatigue endurance curves. This fatigue tests were carried by ASTM D-671 under the condition of constant stress. The flexural fatigue endurance in various environment temperatures are shown in Table 4.4.

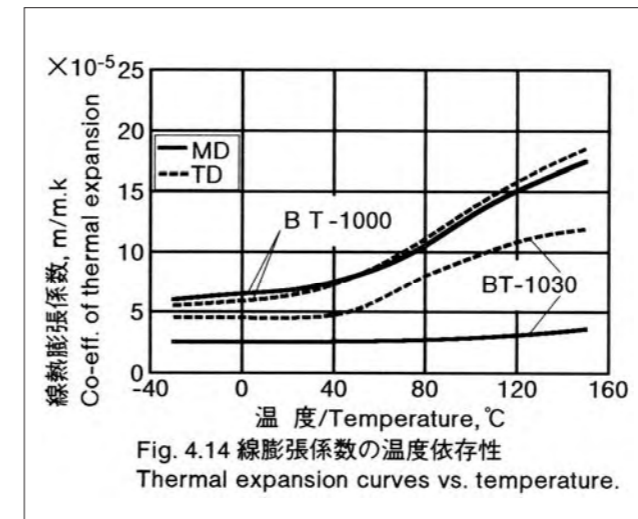
Table 4.4 PLANACの107回曲げ疲労強さ
Fatigue endurance in 107 cycles.

品番/Grade		23°C	100°C
BT-1030	曲げ Flexural	36MPa	20MPa
	引張り Tensile	27	16
BT-2230	曲げ Flexural	31	17
	引張り Tensile	23	12

4.4.熱的性質

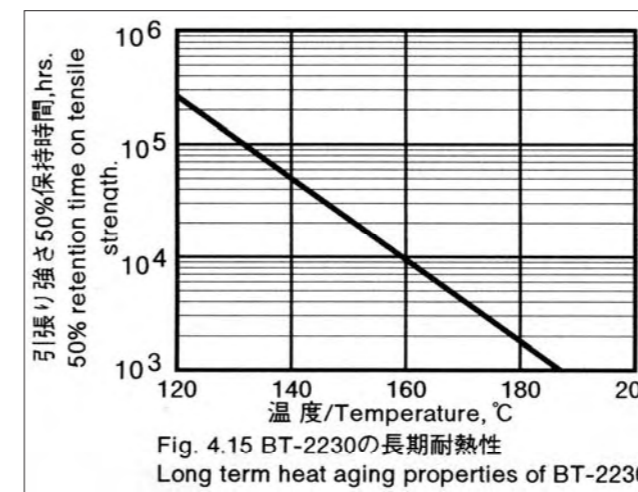
4.4.1.線熱膨張係数

PLANACの線熱膨張係数は、他の異方性を示すコンパウンドと同じく強化繊維の配向に依存します。Fig.4.14には配向の強い場合のMD方向とTD方向の線熱膨張係数カーブを示します(BT-2230-90の線熱膨張係数カーブはBT-1030-05に準じます)。配向が不明瞭なピンゲトで成形されたような場合にはMD方向とTD方向の平均の値をとります。



4.4.2.長期耐熱性

PBTは、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリアセタルなどの他のエンジニアリングプラスチックに比べて耐熱耐久性に優れた材料です。Fig. 4.15 にBT-2230-90の耐熱寿命曲線を示します。またTable4.4は、UL746B (FileNo.E53829)で認定されている温度定格を示します。Fig.4.16にはシート状成形品(長さ105mm幅50mm厚み2mm)の耐熱寸法変化の測定結果で、プラナックの良好な寸法安定性を示しています。



4.4.Thermal Properties

4.4.1.Linear thermal expansion

As with any other anisotropic materials, PLANAC shows varying degrees of thermal expansion depending on the orientation of the reinforcing fibers. The thermal expansion curves measured in MD and TD are shown in Fig.4.14 (The thermal expansion curve of BT-2230-90 is the same of BT-1030-05). If the intensity of anisotropy is weakened, the values of thermal expansion coefficient are middle values between MD and TD.

4.4.2.Long term heat aging properties

At high temperature in air, aging results in surface oxidation. The degree of oxidation depends on the length of aging time and temperature. When PBT is subjected to high temperature aging, an increasing in crystallinity during the first few hours and causing a slight reduction in strength. Figure 4.15 shows the diagram of heat aging properties of BT-2230-90 and Table 4.4 shows the continuous service temperature certified in UL file number E-53829. Dimensional stability of PLANAC under elevated temperature is based on rigid crystalline construction of the polymer.. The dimensional change after heat aging tests is shown in Fig.4.16.

Table 4.4 PLANACの107回曲げ疲労強さ
Fatigue endurance in 107 cycles.

品番 ¹⁾ Grade ¹⁾	厚み Thickness (mm)	電氣的 Electrical	機械的/Mechanical	
			衝撃有り With impact	衝撃無し Without impact
BT-2215 *	0.75	130	110	110
	1.5	130	115	115
	3.0	130	120	120
BT-2230 *	0.75	140	125	125
	1.50	140	140	140
	2.90	140	140	140

1) *-may be followed by color, hyphen and any number

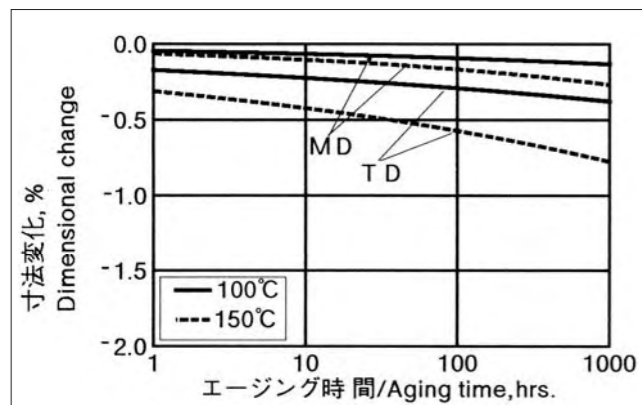


Fig. 4.16 BT-2230の加熱時寸法変化
Dimensional change on heat aging of BT-2230.

4.4.3.熱伝導率

熱は温度の高い所から低い所に流れます。PBTの熱伝導率は、定常状態における熱流量の比率を表すもので、当然温度により変化します。また結晶部分と非晶部分では熱伝導率が異なるため結晶化度によっても変化します。Table 4.6に代表的な品番の常温に於ける熱伝導率の値を示します。

4.4.4.定圧比熱

比熱は定圧状態において、単位質量当たりの物質の熱容量を表し温度と共に変化します。Fig.4.17にプラナックの比熱の温度依存性を示します。

4.4.5.熱拡散

熱拡散は、成型品を通しての熱の拡散する速度を示し、材料の冷却のし易さを表す指針となります。すなわち、熱拡散 λ は、 $\lambda = \text{熱伝導率} / (\text{比熱} \times \text{密度})$ で表されます。

4.4.6.PVTカーブ

PVTデータは、圧力P、比容積V、温度Tの相互関係を表すものでFig.4.18~4.20のようにPBTの場合、融点付近で比容積が急変、すなわち固化に依って体積が急に小さくなるのが判ります。これが結晶性樹脂成型品の反り変形の一因です。

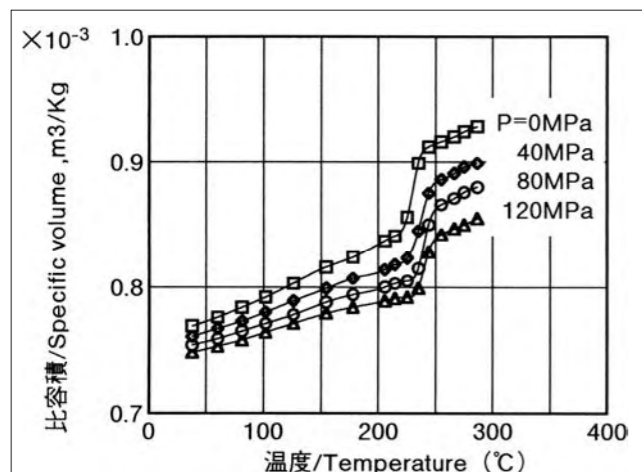


Fig.4.18 BT-1000のP V T 曲線
PVT diagram of BT-1000.

4.4.3.Thermal conductivity

Thermal conductivity is defined in steady state condition as the flow of heat exchanged. Therefore the thermal conductivity depends on temperature and Table 4.6 shows thermal conductivity of PLANAC at room temperature. Also it is affected by the degree of crystallinity, because the thermal conductivity of crystalline portion is different from the amorphous.

Table 4.6 プラナックの熱伝導率(室温)
Thermal conductivity of PLANAC at room temp.

品番 Grade	GF含有量, wt.% Glass fiber content	熱伝導率, W/mk Thermal conductivity
BT-1000	0	0.23
BT-1015	15	0.29
BT-1030	30	0.31
BT-2230		0.32

4.4.4.Specific heat

The specific heat, at constant pressure, measured using an adiabatic calorimeter, varies according to temperature; it is shown in Fig.4.17.

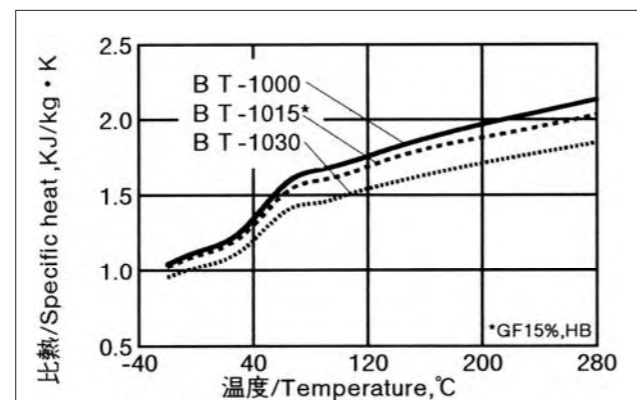


Fig. 4.17 比熱の温度依存性
Specific heat depending on temperature.

4.4.5.Thermal diffusivity

Thermal diffusivity is a measure of the speed at which heat is diffused through sample. Thermal diffusivity λ is a function of specific heat η , thermal conductivity ζ , and density ρ as;

$$\lambda = \zeta / (\eta \cdot \rho)$$

4.4.6.PVT curves

The specific volume varies according to the temperature of the material and the pressure applied to the latter. Figures 4.18 to 4.20 show the relation between pressure;P, volume;V and temperature;T. These data are useful to predict the warp of moldings by computer simulation.

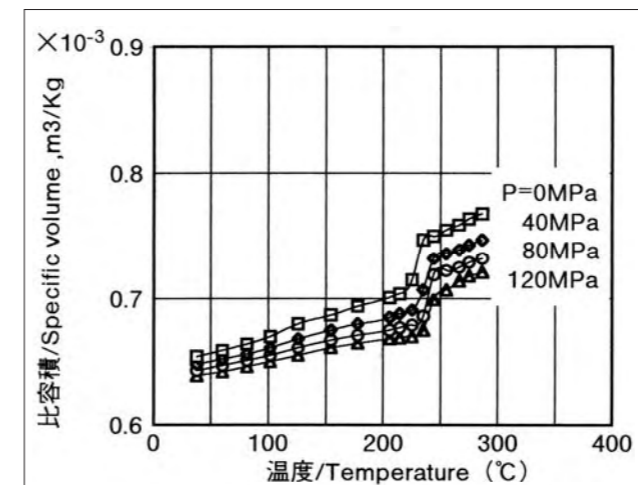


Fig.4.19 BT-1030のP V T 曲線
PVT diagram of BT-1030.

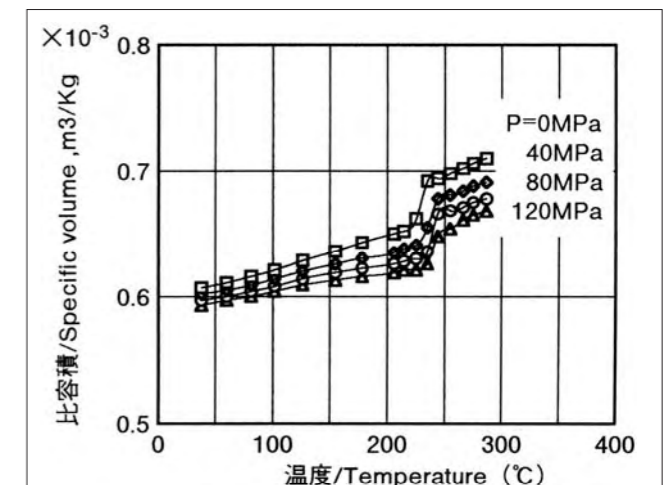


Fig.4.20 BT-2230のP V T 曲線
PVT diagram of BT-2230.

4.5.電気的性質

一般的に電気絶縁材料の性能評価は、絶縁耐力、体積または表面抵抗率で表される絶縁抵抗、誘電率、誘電正接、耐アーク性ならびにトラッキング特性などに依って評価されます。

絶縁耐力は絶縁オイル中で、交流電流を徐々に昇圧し、成型品が破壊される時の電圧です。プラナックは、高い絶縁耐力を有しておりFig.4.21に厚み依存性、Fig.4.22に温度依存性、Fig.4.23に長期の熱エージング特性を示します。また、Fig.4.24に耐アーク性の熱エージング特性を示します。

4.5.Electrical Properties

Generally, electrical insulating properties are estimated by the insulation resistance including volume and/or surface resistivities, dielectric strength, dielectric constant and dissipation factor, arc resistance and tracking index. Dielectric strength is determined by the voltage at which a molding becomes blown out by A.C. voltage in insulating oil. PLANAC possesses excellent insulating properties and the dielectric strength depends on the wall thickness, environmental temperature and heat aging, as shown in Figs.4.21, 4.22 and 4.23 respectively. Also, the arc resistance properties depending on heat aging are shown in Fig.24.

絶縁抵抗は、絶縁材料の特性を示す基本的な性質ですが、プラナックは、他のエンジニアリングプラスチックに比べて吸湿性が少なく、また耐熱性にも優れているためFig.4.27に示すように吸湿による変化、またFig.4.28と4.29に示すように温度の依存性が少なく、さらにヒートエージングによる影響も極僅かです。

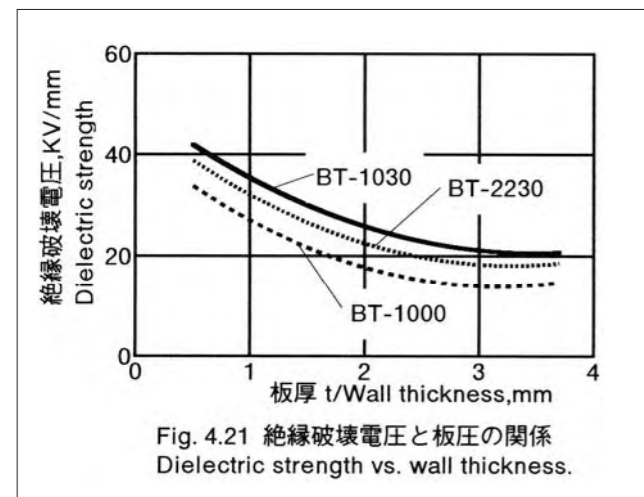


Fig. 4.21 絶縁破壊電圧と板厚の関係
Dielectric strength vs. wall thickness.

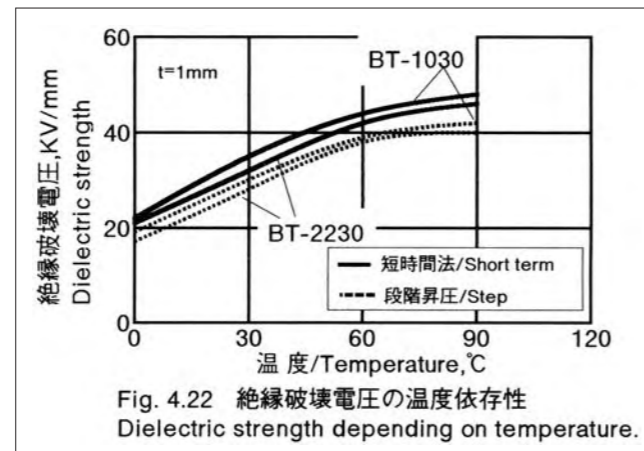


Fig. 4.22 絶縁破壊電圧の温度依存性
Dielectric strength depending on temperature.

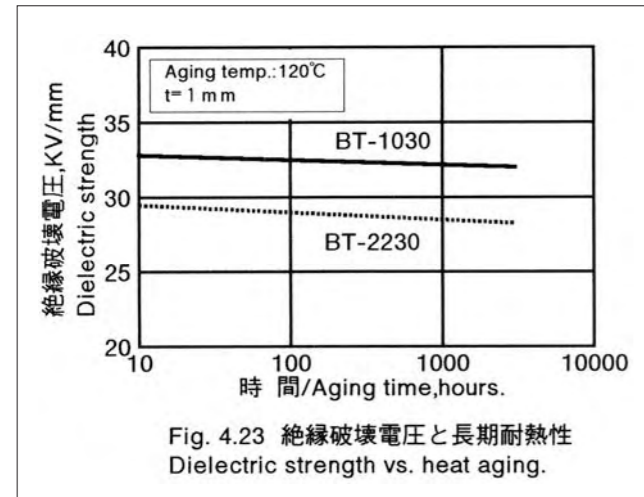


Fig. 4.23 絶縁破壊電圧と長期耐熱性
Dielectric strength vs. heat aging.

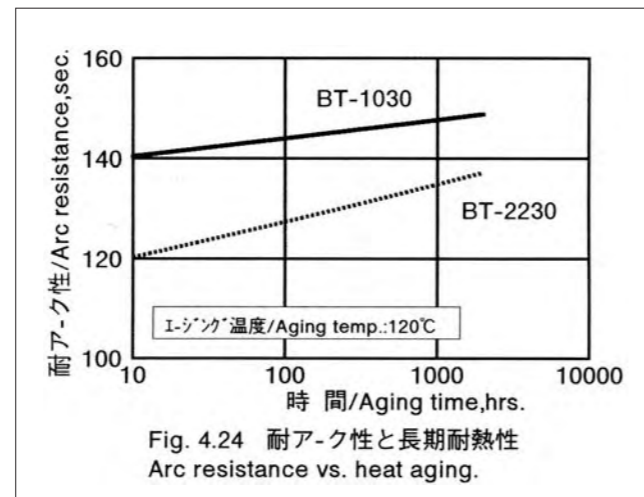


Fig. 4.24 耐アーク性と長期耐熱性
Arc resistance vs. heat aging.

Modern electronic circuits, which are becoming increasingly dense and miniaturized, with ever higher quality requirements in term of electric signal transmission, call for dielectrics with a low dielectric constant and low dissipation factor, over a wide range of frequency and temperature. Figs.4.25 and 4.26 show the dielectric and dissipation properties of PLANAC.

絶縁体に交流電圧を負荷すると絶縁体内部に誘電損と呼ばれる電力消費現象が起こり、この電力消費の大部分は熱に変換され絶縁体の温度上昇を招きます。誘電損は材料固有の誘電率と誘電正接の積に依って決まり一般に周波数依存性、温度依存性が高いことが知られています。プラナックの誘電特性につきFig.4.25、Fig.4.26に各々周波数依存性と吸湿依存性を示します。

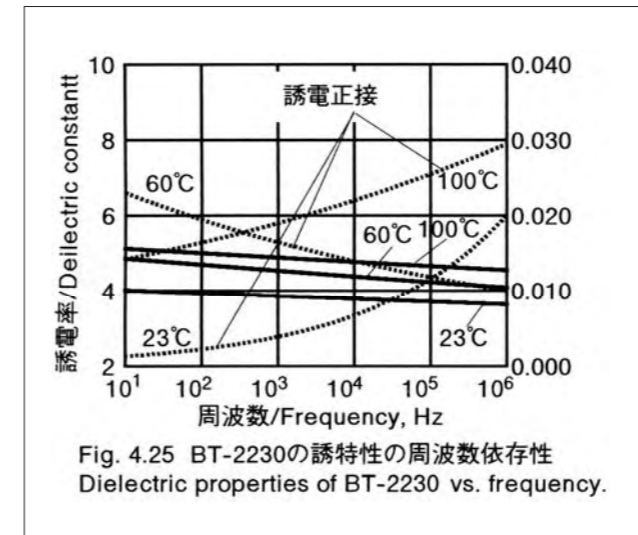


Fig. 4.25 BT-2230の誘電特性の周波数依存性
Dielectric properties of BT-2230 vs. frequency.

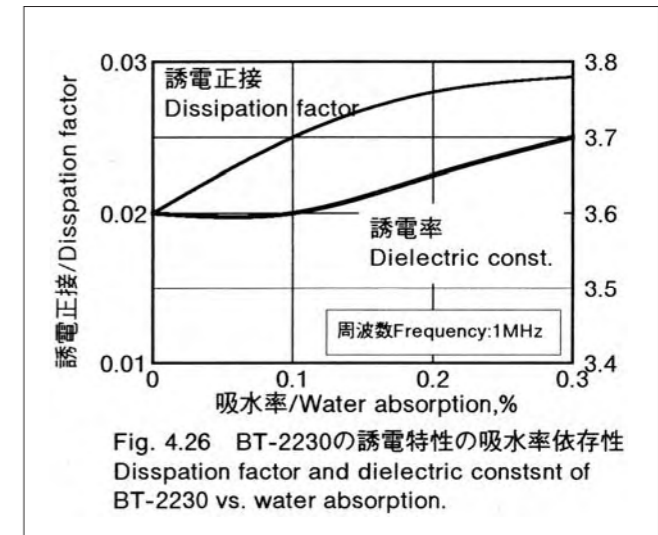


Fig. 4.26 BT-2230の誘電特性の吸水率依存性
Dissipation factor and dielectric constnt of BT-2230 vs. water absorption.

絶縁抵抗は、絶縁材料の特性を示す基本的な性質ですが、プラナックは、他のエンジニアリングプラスチックに比べて吸湿性が少なく、また耐熱性にも優れているためFig.4.27に示すように吸湿による変化、またFig.4.28と4.29に示すように温度の依存性が少なく、さらにヒートエージングによる影響も極僅かです。

The insulation resistance is important electric insulating property. Because of low water absorption of PLANAC, the volumetric resistivity is not strongly affected by a humid comparing to other materials, Also PLANAC are not strongly affected by a temperature or long term heat aging. These superior insulation resistances of PLANAC are shown in Figs.4.27 to 4.29.

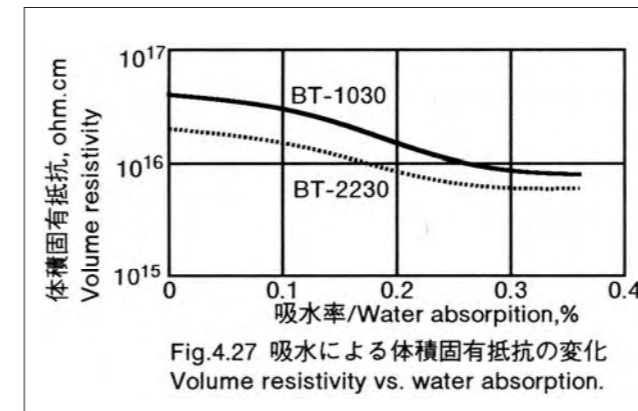


Fig.4.27 吸水による体積固有抵抗の変化
Volume resistivity vs. water absorption.

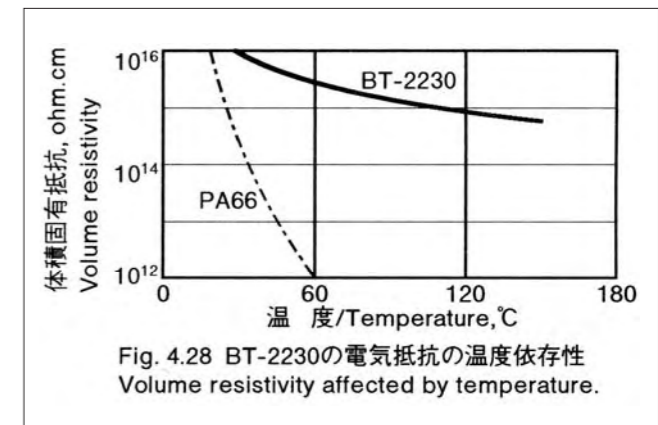


Fig. 4.28 BT-2230の電気抵抗の温度依存性
Volume resistivity affected by temperature.

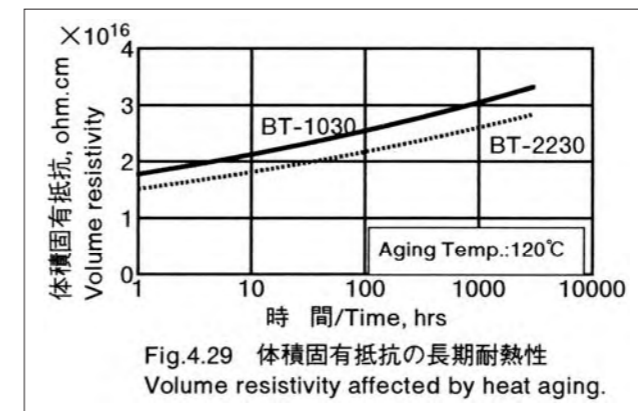


Fig.4.29 体積固有抵抗の長期耐熱性
Volume resistivity affected by heat aging.

また、材料表面が汚染された状態においては、CTI (耐トラッキング性) という評価が行われます。一般に難燃化されたPBTは耐トラッキング性が特段優れた材料ではありませんが、プラナックBT-2230-90は250V以上のCTI値を示し、ULよりランク2(250V~399V)に認定されています。

The comparative tracking index (CTI) refers to the resistance of a given insulating material to surface tracking, when the surface of molding is subjected to electric voltage in a humid and/or contaminated environment. The CTI value of BT-2230-90 is over 250V and certified as rank-2 by UL.

4.6.耐薬品と耐水性

プラナックは、有機溶剤、油脂等の広範な化学品に対して極めて強い耐久性を持っています。Table4.7に特性を示します。また、図-4.30に示すようにガソリン、エンジンオイル、温水等に対してもかなり高温領域まで長時間に耐えることが出来ます。酸に対しては濃度が低い場合は耐久性がありますが、高濃度の酸あるいはアルカリにたいは注意が必要です。また、耐水性についてはPBTは加水分解性があるため60℃以上での熱水中での長期の使用は避ける必要があります。

Table 4.7 耐薬品性;1000Hrs.浸せき後の特性変化
Chemical resistance: 1000Hrs. immersed in chemicals.

薬品 Substance	温度 Temp	BT-1030		
		重量 Weight	引張強さ Tensile strength	外観 ¹⁾ Apperance
		変化率 Change	保持率 Retention	変化率 Change
H ₂ SO ₄ ,30%	23℃	±%	96%	A
HCl,10%	23	0.1	90	A
HNO ₃ ,10%	23	±	90	A
NaOH,10%	23	1.0	27	C
NaCl,10%	23	0.2	99	A
CaCl ₂ ,30%	23	0.09	99	A
エタノール/Ethanol	23	0.2	99	A
メタノール/Methanol	23	0.4	94	A
アセトン/Acetone	23	1.0	90	A
トルエン/Torene	23	0.2	95	A
テトラクロロメタン Tetrachloromethane	23	0.1	100	A
ジクロロエタン Dichloroethane	23	4.5	75	B
トリクロロエチレン Trichloroethylene	23	2.0	80	A
モーターオイル/Motor oil	23	0.1	99	A
ブレーキオイル Brake fluid	23	±	100	A
タービン油/Turbine oil	23	±	99	A
ウインドウォッシャー Window washer fluid	23	0.6	94	A
不凍液 Anti-freeze fluid	23	±	99	A
ガソリン/Gasoline	23	0.1	98	A
軽油/Kerosene	23	0.20	98	A
ガソホル/Gasohol ²⁾	23	0.2	96	A

1) 目視/Visual, A:変化無し、使用可/Not changed, B:変化有り、使用注意/Slightly changed and caution, C:変化有り/Changed and not use.
2) ガソリンGasoline/メタノールMethanol=85/15wt.%

4.6.Chemical and Water Resistance

PLANAC broadly resists to a wide range of chemicals including organic solvents, fuels, engine and transmission fluids. Table 4.7 provides an overview of the excellent chemical resistance after storage in various solvents, alkalis, acids and oils. Figure 4.30 shows the long term resistance of PLANAC for gasoline, motor oil and hot water under elevated temperature.

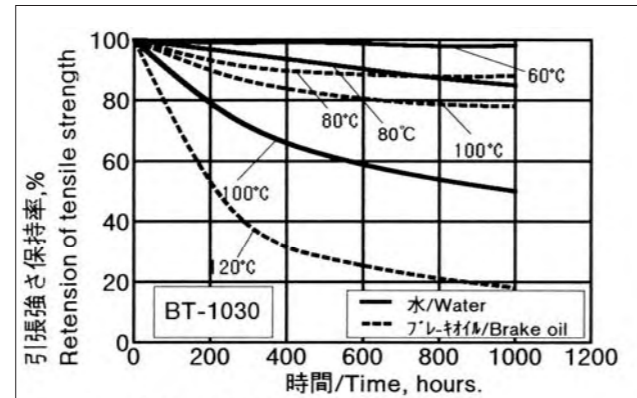


Fig. 4.30 高温下での耐油耐熱水性
Oil and water resistances under elevated temperature.

5.その他の性質

5.1.耐候性

Fig.5.1,5.2にサンシャインウェザノメータによる促進耐候性試験の結果を示すようにプラナックは、耐候性が極めて優れています。ただしガラス繊維強化グレードでは表面が荒れる場合があるので注意が必要です。

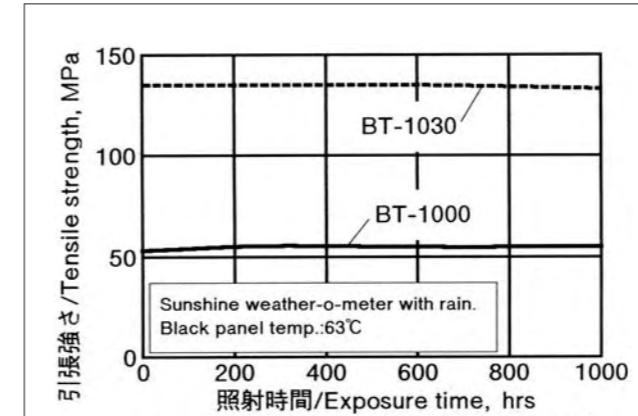


Fig. 5.1 促進耐候性試験による引張強さの変化
Weather resistance of BT-1000 and BT-1030.

5.OTHER PROPERTIES

5.1.Resistance to UV Weather

PLANAC has good weather resistance, as shown in Figs.5.1 and 5.2. However surface micro cracks and color change would be caused occasionally in case of the Glass fiber reinforced.

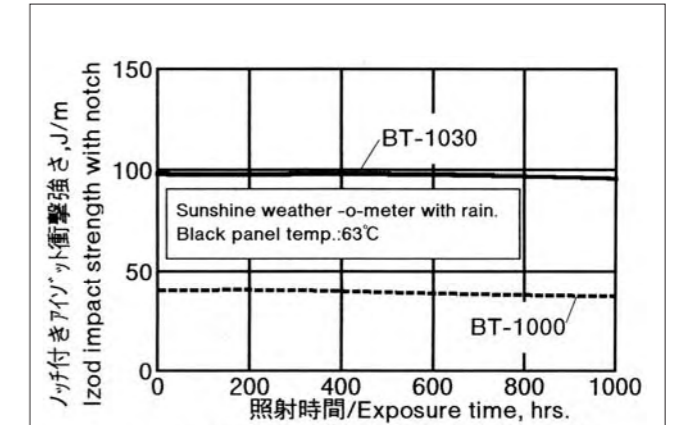


Fig. 5.2 促進耐候性試験による衝撃強さ変化
Weather resistance of BT-1000 and BT-1030.

5.2.摩擦磨耗

砥石とのざらつき磨耗は、その砥石の粒度によって変わります。また、滑り摩擦については軟鋼との摩擦係数のデータを Table 5.1に示します。なお、摩擦係数はFig.5.3に示すような円筒試験片を用い、プラナックと炭素鋼とのすべり摩擦特性を測定したものです。ただし圧力P=150kPa、速度V=0.3m/sec.の条件です。

Table 5.1 摩擦磨耗特性
Abrasion and frictional properties.

摩擦磨耗特性 Wear & frictional properties	BT-1000	BT-1030 BT-2230
Taber磨耗量/Taber abrasion mg/1000 cycles (CS-17)	10-15	25-35
摩擦係数/Co-efficient of friction PLANAC vs. steel		
動摩擦係数/Dynamic	0.14	0.21
静摩擦係数/Static	0.16	0.19
PLANAC vs. PLANAC		
動摩擦係数/Dynamic	0.19	0.27
静摩擦係数/Static	0.21	0.24

5.2.Abrasion & Wear by Sliding Friction

The resistance to abrasion,which measures wear due to contact with an abrasive substance,is determined using the Taber abrasion tester. Sliding friction caused to a plastic material mounted on a steel rotary cylinder can be measured using apparatus shown in Fig.5.3. The properties of wear and sliding friction data are in Table 5.1.

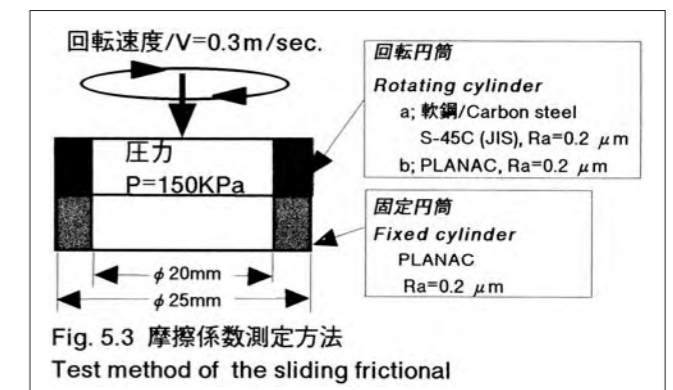


Fig. 5.3 摩擦係数測定方法
Test method of the sliding frictional

5.3.硬度

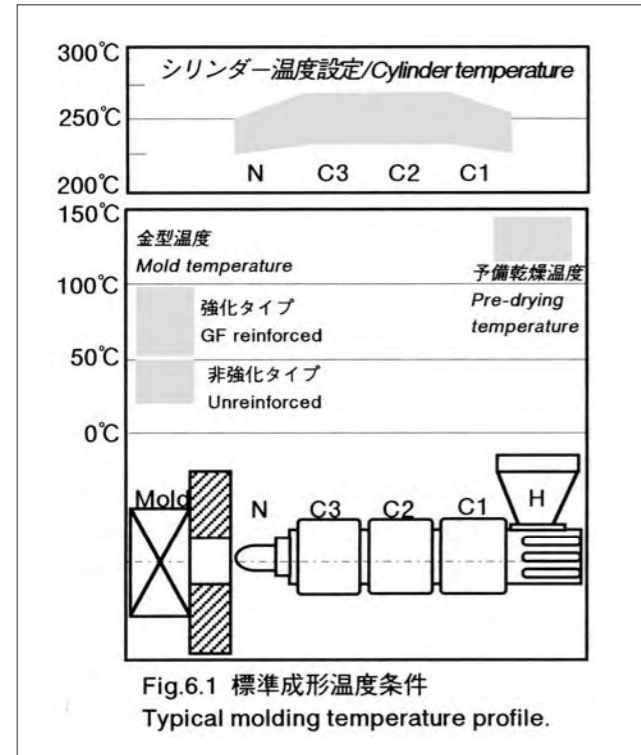
プラスチックの硬度は一般的にロックウエル硬度で表しますが、ショアー硬度並びにマイクロビッカース硬度と類似のダイナミック硬度との相関を Table 5.2に示します。また硬度は、PBTの結晶性と強い相関が有り結晶化度が高い程、硬くなります。

5.3.Hardness

The hardness obtained using the most common testing methods, Rockwell, Shore and Dynamic hardness which is very similar to the Micro-Vickers hardness is shown in Table 5.2. And hardness is governed by the crystallinity of PBT. Therefore, highly crystallized molded parts are harder than the poor crystallized parts.

6.2.3.射出速度

良好な外観を得るためには高速が適当です。一方、成形品の反りやガス焼けを招く恐れが有りますので通常は成形品の外観で判断し、充填時間は通常、0.5-1.5秒程度になるように設定します。



6.2.4.射出保持圧力

重要なのは、キャビティへの充填完了後の保持圧力です。通常、50MPa以上あれば充分です。特に保持圧力はヒケが発生しなければ低目の保持圧の方が好ましいと言えます。

6.2.5.スクリー回転数と背圧

スクリー回転数は、40~150rpmが適当です。回転数や背圧が高過ぎると、強化材であるガラス繊維の損傷を招く事があり強度低下をもたらす場合があります。

背圧は、通常ゲージ圧で1-2MPa程度です。ただし計量が不安定、すなわちショートショットが時々発生するような場合、3-4MPaまで上げることができます。なお背圧を高くすると計量時間が長くなる場合があります。

6.2.6.パージング

成形後の成型機のシリンダーは高粘度のポリエチレンなどでパージングするのが適当です。また、市販の洗浄材も使用できます。

6.2.3.Injection rate

PLANAC grades have high to very high setting and crystallization rates a feature which gives very fast cycle times. high injection rates are therefore necessary to prevent the melt from cooling and solidifying during the injection process, resulting in homogeneous, poor quality surfaces. Suitable filling time range should be settled from 0.5 to 1.5 seconds.

6.2.4.Injection and holding pressure

In view of the high injection speeds recommended, correspondingly high injection pressures are often necessary. Holding pressures should be relatively high 50 MPa or over.

6.2.5.Screw speed and back pressure

The plastication process requires slow to medium screw speeds between 40-150rpm., and low back pressures of between 1-2 MPa. If both screw speed and back pressure are high, excessive crushing of the glass fibers may result, reducing the mechanical properties of the end product.

6.2.6.Purging

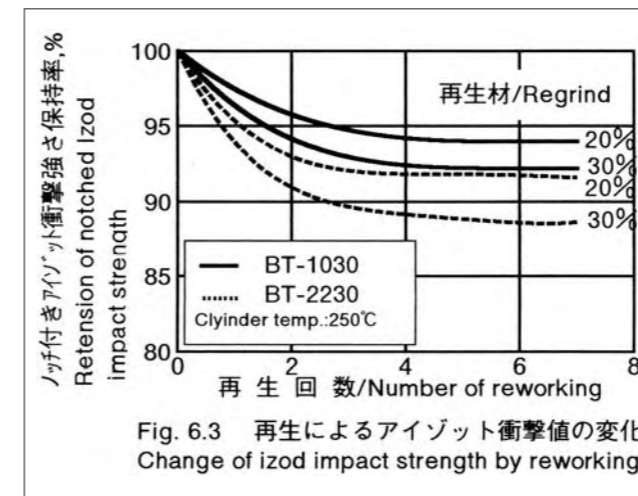
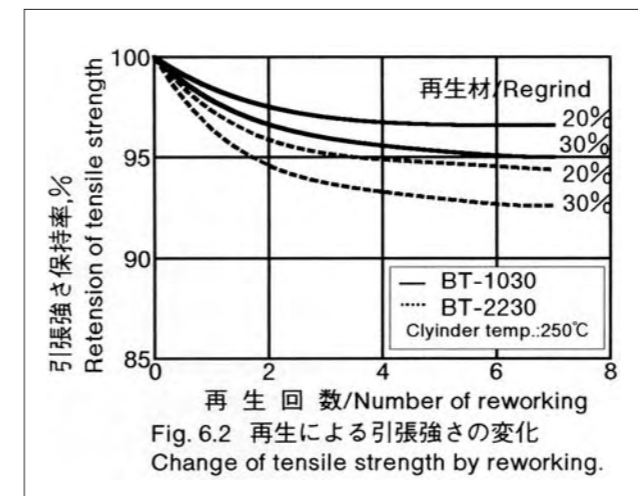
Purging can be readily accomplished using high molecular high density polyethylene.

6.3.再生利用

プラナックは、スプルやランナーの再生利用は可能です。ただし再生に当たっては3つの重要なポイントが有ります。

まず第一に、再生材が通常の成形が行われたもので有ること。第二に再生材は、篩等で粒度が均一にされていること。特に粉碎粉があると成形安定性を阻害します。第三に成形品が電気絶縁用途の場合、再生材は強力な、例えば9000 Gauss程度の磁石で、粉碎機から発生した金属粉が磁石などで除かれていることなどです。また、PBTの場合、再生材が充分乾燥されている必要があります。

一般的には再生材比率は、成型品の品質を確認して決めます。ただし再生材の混入量を30%以下、好ましくは25%以下にすることをお奨めします。以下のFig.6.2~6.3には再生材を20,30,50%とした場合の引張強さ、衝撃強度変化を示します。再生使用時の特性の変化は、ポリマーの熱分解と強化材であるガラス繊維の長さ変化に主として起因するため、強度の低下のみならず粘度低下に依る成形流動性の変化を伴う場合が有ります。



6.3.Reworking of Scrap.

There are three important criteria for recycling scrap. Firstly, the original material must have been correctly processed and secondary the scrap must be carefully screened. The use of regrind material with a granule size of less than 2mm and the presence of the powdered has a highly detrimental effect on finished product properties. And thirdly, the scrap should be removed metal fragments mixed during crushing process in order to clear away electric obstacles for electric and electronic appliances. Also the regrind materials must be dried enough on PBT. The regrind of less than 25% can be added in the repetition use, depending on the level of property reduction considered acceptable. The following Figs.6.2 and 6.3 denote the changes of tensile strength and impact strength by repetitive rework of BT-2230-90. PBT polymer has excellent heat stability, however the cause of degradations or changes in strength and flow will be a change of fiber length and thermal decomposition of the polymer during processing.

Table 5.2 プラナックの硬度
Hardness of PLANAC molding surface.

硬度/Hardness	BT-1000	BT-1030	BT-2230
Rockwell			
R scale	R-116	R-118	R-118
M scale	M-75	M-89	M-88
Shore D	D-81	D-85	D-82
Dynamic	23	23	23

5.4.限界酸素指数LOI

限界酸素指数LOIは、燃焼性を表す相対的な数値で、その材料が燃焼を継続するのに、あるいは一定量の材料が燃焼しつくすのに必要とする最少必要な酸素の濃度を示します。したがって指数の高い材料ほど燃え難い材料といえます。

Table5.3はASTM D-2863に準じた方法でプラナックと他のプラスチックの限界酸素指数を比較したのですがプラナック難燃(FR)グレードは極めて高い指数を示す高度な難燃性材料といえます。

Table 5.3 プラナックと他のプラスチックの限界酸素指数
Limiting oxygen indexes of PLANAC and the others.

材料 Materials	限界酸素指数、LOI Limiting oxygen index
PBT	
PLANAC BT-1000	21
PLANAC BT-1030	20
PLANAC BT-2230(FR grade)	33
LCP GF30	
タイプII/G.P. grade	35
タイプI/Heat resistant grade	47
PPS GF40	47
ナイロン66/Nylon-66	28
難燃変性PPE Modified PPE(FR grade)	30
難燃PC Polycarbonate(FR grade)	34
PPS GF40	16
ナイロン66/Nylon-66	95
PPS GF40	18
ナイロン66/Nylon-66	48

5.4.Limiting Oxygen Index

Limiting oxygen index (LOI) is a relative indication of flammability. It is the minimum concentration of oxygen when the test piece continue to burn for a definite time or until a specified amount of piece is consumed.

Table 5.3 shows a comparison of the LOI of PLANAC with other plastics under the method of ASTM D-2863. These values for PLANAC flame retardant grades indicate excellent resistance to burning compared with the others.

6.成形加工

プラナックは複雑な成形も比較的簡単に出来る優れた加工性を持った材料です。以下にその成形法につき解説します。

6.1.成形準備

6.1.1.射出成形機

通常のスクリーインラインタイプの射出成形機が使用できます。なお、ガラス繊維強化品に対してはシリンダーならびにスクリーは、耐摩耗仕様が必要です。逆流防止弁付きのオープンタイプノズルが通常使用されますが、さらに安定成形、高精度成型品を得るために耐摩耗仕様シャットオフノズルの装着が有効です。

6.1.2.予備乾燥

PBTは加水分解性があるため、空気中の僅かな水分でも成形中に分解し、発泡、鼻たれ、外観不良を招くだけでなく、物性の低下を引き起こします。従って、成形安定性や成型品の品質確保のために必ず予備乾燥を実施して下さい。予備乾燥の条件は、乾燥設備や乾燥量に依って多少異なりますが、以下の条件が標準です。

120℃:4~6時間
130℃:3~5時間
140℃:2~3時間

6.PROCESSING

The processing characteristics of PLANAC make it an excellent materials for precision injection molding of intricate and complex parts.

6.1.Preparing to Injection Molding

6.1.1.Molding machine

Any conventional injection molding machine can be used with. Anti-wear screw, cylinder and mold for the glass fiber filled compounds are recommended to protect machine and mold wear. Normally, open nozzle with non return valve is used and positive shut-off nozzle also useful in molding PLANAC to get the precise moldings.

6.1.2.Drying

PLANAC pellets must be dried prior to processing in order to prevent the forming or drooling phenomena and decrease of the physical properties. Drying should be accomplished in the following conditions,

120C:4~6 hours,
130C:3~5 hours or
140C:2~3 hours.

6.2.成形条件

Fig.6.1にプラナック成形上の標準的な温度条件を示します。

6.2.1.シリンダー温度

シリンダー温度の最適範囲は非強化型で230~260℃、GF強化系で240~270℃です。ホッパー側の温度が必要以上に低いとペレットの噛み込み性が悪くなるばかりかスクリー、シリンダーの磨耗が早くなります。またノズルの設定は、中央部より若干低目にし、ドローリングを軽減することは可能です。他方270℃を越えると着色黄変や物性低下の恐れがあります。特に難燃グレードでは難燃剤が熱に対して不安定であるため、シリンダー温度設定には注意が必要です。

6.2.2.金型温度

プラナックは、結晶化が比較的低温でかつ速い為に金型温度は常温から100℃まで範囲が広いのが特長です。ただし、成形サイクルを考慮すれば非強化タイプでは金型温度は常温から50℃が標準で、ガラス繊維強化品の場合、成型品の外観を平滑で光沢のある仕上がりにするには60℃~100℃必要です。

6.2.Operating Conditions

Figure 6.1 shows the standard temperature conditions of the injection molding.

6.2.1.Processing temperature

Generally, cylinder temperature should be settled 230 to 260C for PLANAC unreinforced type and 240 to 270C for the reinforced type. Higher cylinder temperature above 270C may causes color change or decrease of physical properties.

6.2.2.Mold temperature

A wide range of mold temperatures from room temperature to 100C can be selected because of the rapid crystalline characteristics of PLANAC. In order to obtain better surface finish on mold parts, the mold temperature of 60 to 100C are normally recommended for reinforced grades. On the other hand the mold temperature of room temperature to 50C is recommended for the unreinforced.

6.4.金型デザイン

6.4.1.金型材質

金型についても耐摩耗にすぐれた高合金鋼をお奨めします。ガラス繊維強化タイプにはJISに規定されているSKD-11が最も一般的で、他にSKD-61やSUS420、SUS440系のステンレス鋼材も使用されます。いずれも焼き入れ処理後ロックウェル硬度でR55以上好ましくはR60程度で使用します。またゲートなど特に磨耗しやすい部分にはタングステンカーバイドやチタンカーバイドのような耐摩耗性材を入れ子方式で使用すると経済的です。さらにイオンプレーティングやセラミックコーティングなどの表面硬化処理も金型の耐久性向上に効果が有ります。

6.4.2.温度調節

金型の温度調節には通常、カートリッジヒータ、温水または油温調を使用します。油温度調節の方が金型内の温度が均一になり、好ましいと言えます。金型温度の均一性を保つために金型とプラテンの間に断熱材を使用すると有効です。

6.4.3.ランナーとスプルー

一般に、断面が円あるいは台形断面のランナーとします。半円や矩形断面は避けます。またコールドスラグウエルは、ランナーおよびスプルーの先端に必ず設けて下さい。スプルーは標準タイプで充分です。

ホットランナーはプラナックに使用できますが温度コントロールが正確でかつチップが十分な耐摩耗性を持っているものを選定する必要があります。

6.4.4.ゲート

サイド、フィルム、ディスク、センター、トンネル、ピンおよびサブマリゲートなどさまざまなゲート方式が可能ですがサイドゲートが最もポピュラーです。フィルムゲートは、一般に成形品をフラットに仕上げるのに有効であるのに対してディスクゲートは円形あるいはシリンダー状の成型品の円形精度を確保するのに効果があります。サブマリゲートやトンネルゲートは後行程でのゲートカットが不要のため合理的です。

6.4.5.抜き勾配

型の研磨精度に大きく左右されますが、一般的にはキャビティ深さが10-50mmの成型品では一般的に片側0.4度程度の抜き勾配が必要です。ただし、深さが10mm以下のキャビティの場合、0.2度程度でも成形可能です。また深さ50mm以上では1度の抜き勾配が必要となります。

6.4.Mold Design

6.4.1.Mold

The choice of steel and finish for cores and cavities for high volume production is important to their longevity and in helping to hold critical tolerances. Wear resist tool steels which is alloy steel containing C, Cr, Mo and V have excellent resistance to the erosive effects of glass fiber and /or flame retardant PBT compounds. These steels should be hardened to over 55 by Rockwell C hardness. Titanium carbide or tungsten carbide tips are effective to minimize wear of the cavity and ion plating or ceramic coating are helpful to protect wear.

6.4.2.Temperature control

Heat should be supplied to the mold by cartridge heaters, heated water or oil. In any method selected to heat, insulation should be used between the mold and platens to keep down heat transfer to the platens.

6.4.3.Runner and spur

Generally, full round or trapezoid runners are recommended and half-round and square runner systems are not recommended. The cold slug wells are needed at the ends of spur and runners. Standard spur bushings are used with.

Hot runner systems are also used. However, for the introducing of hot runner systems, precise temperature control systems and wear protected tips are needed.

6.4.4.Gating

Side, film, disc,center,tunnel,pin and submarine gates have been used with success in molding PLANAC. Disc gate are used to help keep cylindrical parts round while film gates are used to help keep molded parts flat. Also,submarine gates are useful while automatic operation is required.

6.4.5.Draft angles for molds

Generally, 0.4 degree per side is used for 10 to 50mm depth cores. Though, a minimum of quarter degree per side should be used for short cores and shallow cavities less than 5mm. If core depth is over 50mm, draft angle of one degree per side should be used.

6.5.成形収縮率

一般的にPBTの成形収縮率は、他の樹脂に較べて、小さいとは言えません。ガラス繊維などで強化されていること、ならびに結晶性樹脂であるためポリカーボネートなどの非結晶性樹脂に較べて成形収縮率およびその異方性が大きく、製品形状によっては反りを起こしやすい樹脂です。

成形収縮率や反りは、流動性、肉厚、ゲート形状、金型温度、樹脂温度を含む成形条件などさまざまな因子に影響されます。さらに、強化材や充填フィラーの種類、量によっても影響を受けるため、適切なプラナックの品番を選択して下さい。

Fig.6.4,6.5は、短辺からフィルムゲートを有する105×50×2mmシートの収縮率異方性が極めて大きい場合について射出圧力、金型温度と収縮率の関係を示したものです。またFig.6.6には肉厚依存性について示します。以上のデータは、収縮の異方性の大きい場合ですが、例えばピンゲートの場合には樹脂の流動に伴うガラス繊維や分子の配向は弱く異方性は顕著ではありません。このような場合の収縮率は、流動方向(MD)と直角方向(TD)の中間の収縮率となります。

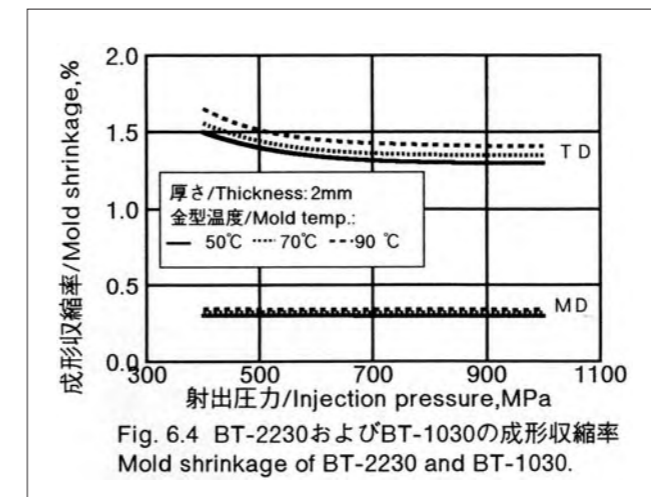


Fig. 6.4 BT-2230およびBT-1030の成形収縮率
Mold shrinkage of BT-2230 and BT-1030.

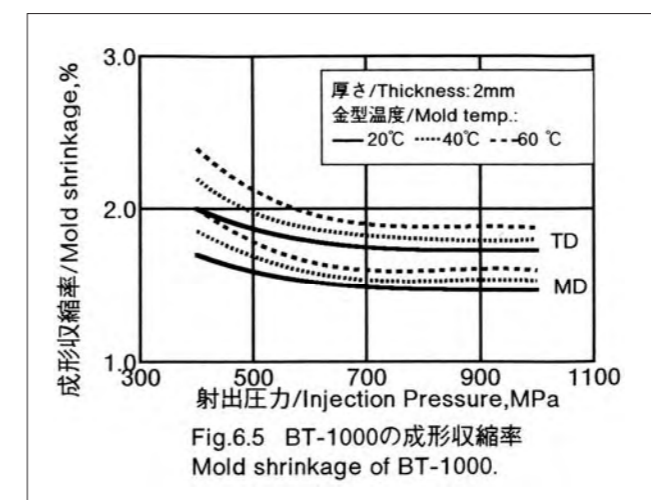


Fig.6.5 BT-1000の成形収縮率
Mold shrinkage of BT-1000.

6.5.Mold Shrinkage

The mold shrinkage of reinforced PBT are greater anisotropy than other reinforced amorphous thermo-plastics. Shrinkage and warping are influenced by the following factors as flow length/section thickness ratio, location of gate, melt or mold temperature, injection speed and others. In addition to these factors, the type and content of filler also affect shrinkage and warping. The difference in the shrinkage values measured with and across the flow direction (anisotropy) can be reduced by choosing a suitable grade of PLANAC. This is significantly reduces the tendency of flat articles to warp.

Figures 6.4 and 6.5 give the mold shrinkage depending on injection pressure and mold temperature for mold direction (MD) and transverse direction (TD) to flow. These data were determined on the rectangular molded sheet of 105x50x2mm with 1mm thickness film gate at narrow side. Figure 6.6 illustrates the influence of wall thickness to the mold shrinkage. However, in the case of weakened anisotropy which has been molded with pin gate, the shrinkage should be adopted the average values between these of MD and TD.

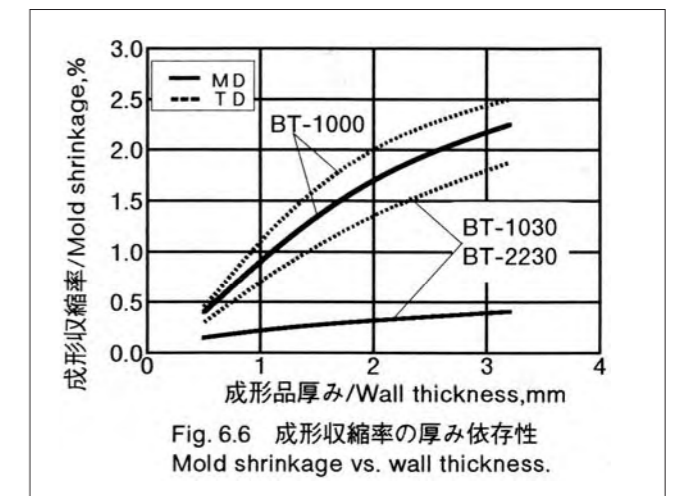
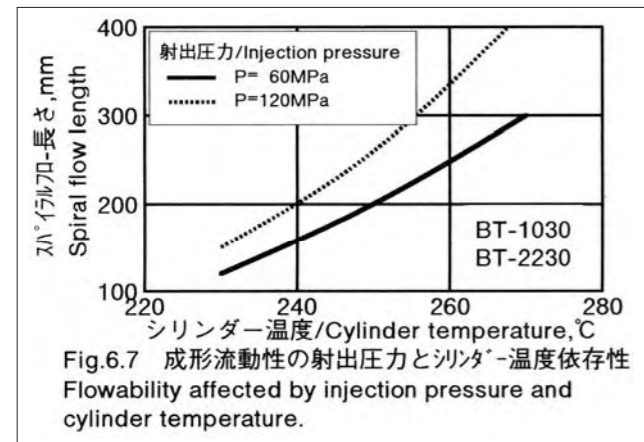


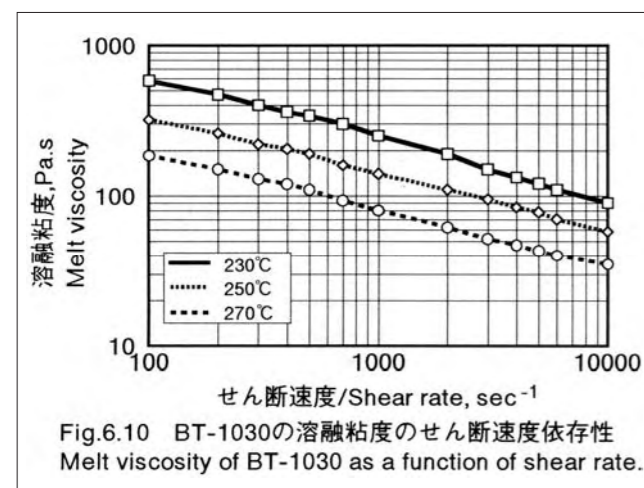
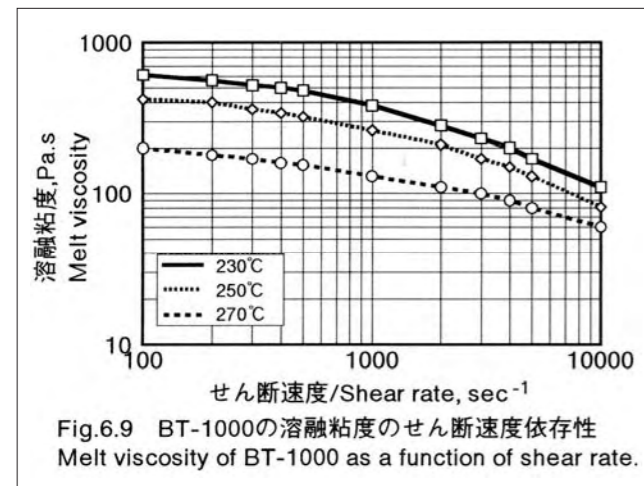
Fig. 6.6 成形収縮率の厚み依存性
Mold shrinkage vs. wall thickness.

6.6.成形流動性

プラナックは比較的流動性が良いため小物部品では厚さ0.3mmを限度として0.5~1.0mmの成型品の成形が可能です。Fig.6.7,6.8はそれぞれ厚みが1.6mmのスパイラルフローで測定した流動長と成形条件の関係を示したものです。流動性は、成形品の厚み、射出圧力と樹脂温度が大きく影響します。ただし金型温度の影響は僅かです。

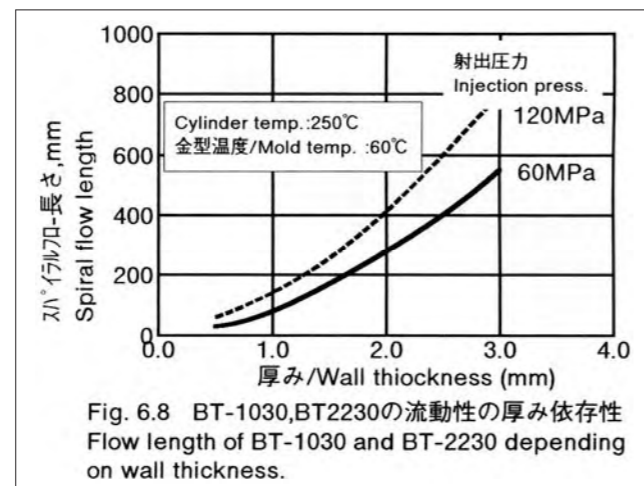


一方、樹脂の熔融粘度の基本データあるいはコンピュータに依る流動解析の基データとしての熔融粘度のせん断速度依存性をFig.6.9~6.11に示します。

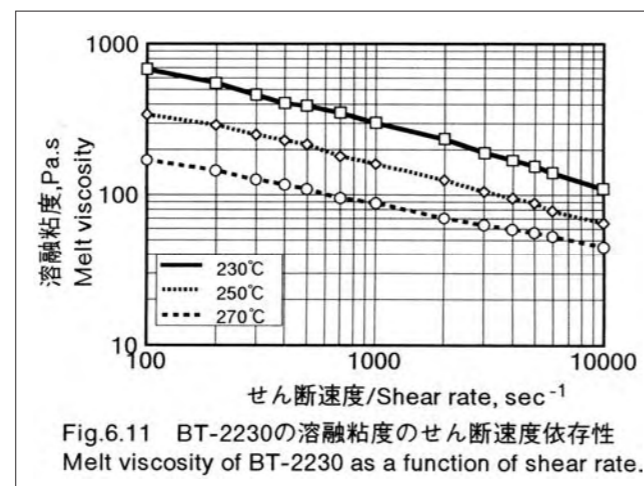


6.6.Flow Ability

PLANAC has excellent flow ability. Therefore, in case of small molded parts, PLANAC can be molded the parts with wall thickness 0.3 to 1.0mm. Figures 6.7 and 6.8 show the relation between flow length, molding conditions and wall thickness. Spiral flow is strongly affected by wall thickness, injection pressure and resin temperature but not strongly affected by mold temperature.



Figures 6.9 to 6.11 show the apparent melt viscosity data affected by shear rate. These data are used in computer flow simulation in the mold cavity.

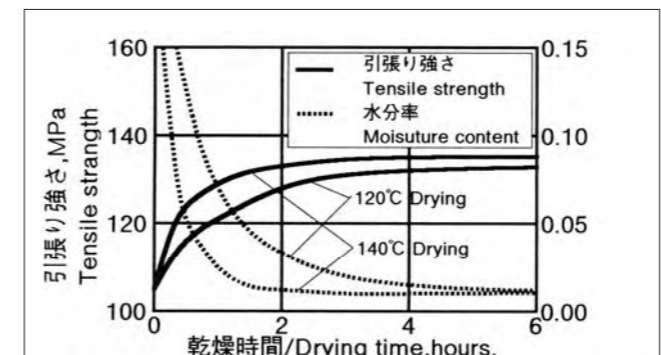


6.7.成形条件と特性

プラナックの特性は、当然ながら成形条件によって変化します。特性に影響を与える因子として樹脂温度、射出圧力、金型温度などさまざまですが、シリンダ-温度が最も大きな影響を与えます。以下に金型温度、射出圧力、樹脂温度がプラナックの特性に与える影響について解説します。

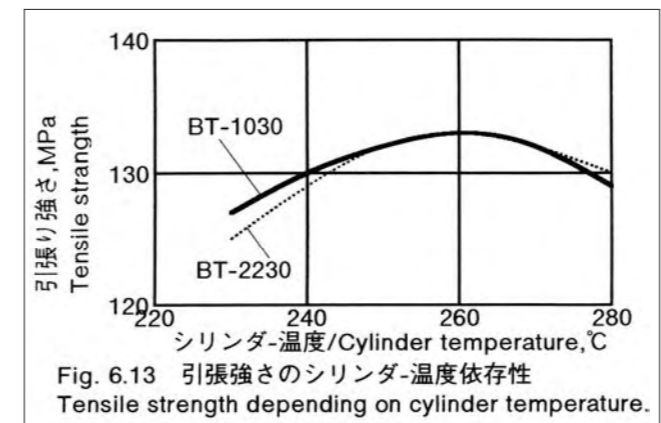
6.7.1.予備乾燥

PBTは、他の熱可塑性ポリエステル樹脂と同様に加水分解性があるため、本資料の6.1.2項に示すように成形加工時には、十分にペレットを予備乾燥する必要があります。Fig.6.12には参考として熱風乾燥機を用い、ペレットを30mmの厚さにした場合の乾燥条件と水分量、強度の関係を示します。



6.7.2.樹脂温度

適正な温度範囲内で樹脂温度がコントロールされていたとしても、シリンダ-温度設定の変更などにより樹脂温度が変化すれば、物理的な性質が変化します。これらの変化の原因は、樹脂の分解とそれに依る熔融粘度の変化、結晶化速度の変化およびガラス繊維の配向の変化などです。特に、樹脂温度が高くなれば、樹脂の分解が起こりやすく、注意が必要です。一般的には270℃から280℃以上の高温ではFig.6.13,6.14のように機械的特性の低下が大きくなります。



6.7.Properties and Molding Conditions

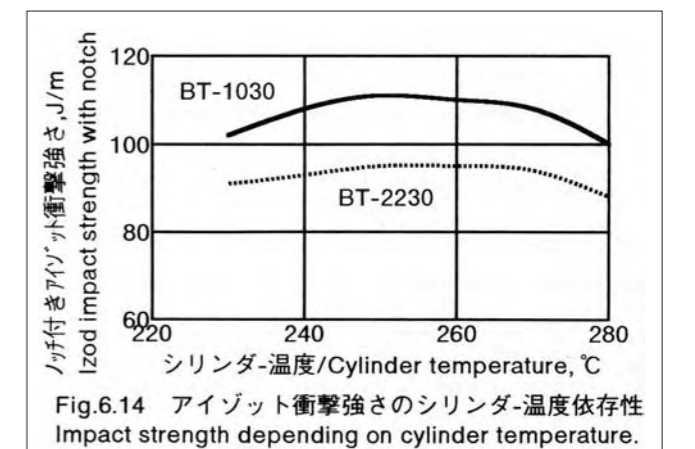
Properties of PLANAC are varied by the molding conditions as melt temperature, molding pressure, mold temperature and so on. The cylinder temperature is the most important and too high cylinder temperature gives degradation of mechanical properties. Some properties affected by molding conditions are described as follows.

6.7.1.Drying

PBT in common with other thermoplastic polyesters are liable to hydrolysis. As a result, they may suffer irreversible damage if their moisture content is too high during processing. Therefore pre-drying should be needed under the condition in section 6.1.2 in this brochure. Figure 6.12 shows the strength and moisture content depending on pre-drying condition.

6.7.2.Melt temperature

As melt temperature is varied within a suitable melt temperature range, some changes in physical properties may occur. These changes are largely a result of degradation of the polymer, or a result of changes in melt viscosity, crystallinity and glass fiber arrangement. Especially, mechanical properties are largely affected as cylinder temperature is above 270C to 280C, as shown in Figs.6.13 and 6.14.



6.7.3.Residence in cylinder

Excessive residence should be avoided in cylinder. Figure 6.15 shows change of Melt Flow Rate during residence in the cylinder of injection machine. And the decrease of mechanical properties are shown in Figs.6.16 and 6.17 on residence in the cylinder.

6.7.3. シリンダ-内における滞留

シリンダ-内に長時間滞留させるとプラナックは熱劣化し、熔融粘度の低下、機械的強度の低下並びに変色を招きます。Fig.6.15には高温滞留時のMFRの上昇(熔融粘度の低下)する様子を示します。滞留時間は短くし、特に難燃グレードに関しては注意して下さい。滞留時間による機械的特性の低下をFig.6.16,6.17に示します。

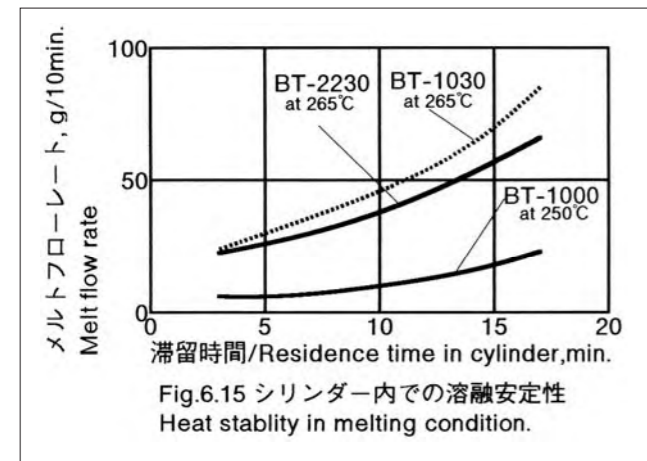


Fig.6.15 シリンダ-内での熔融安定性 Heat stability in melting condition.

6.7.4. 成形圧力

成形圧力は通常、保持圧力で50-100MPaの範囲が使われます。しかしながら、成形品の厳しい寸法精度の確保を必要とする場合など時としてより高い圧力が必要な場合があります。Fig.6.18に示すように一般的に、70MPa前後までは、保持圧力が高い程、機械的な物性は若干、高くなる傾向にあります。

6.7.5. 金型温度

Fig.6.19は金型温度と引張強さの関係を示します。プラナックは、金型温度が60°Cに近づくにつれ若干ですが、強度が高くなる傾向にあります。また、一般的には金型温度が高い程結晶化度が高くなり硬くなります。これは結晶性樹脂に共通の性質ですが、その程度は僅かです。

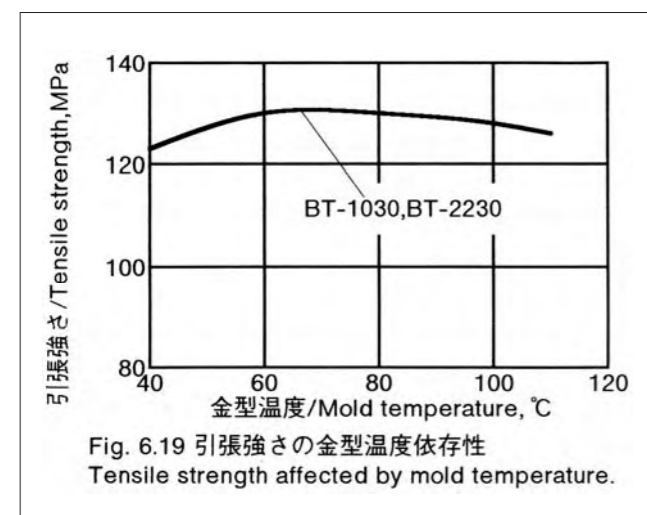


Fig. 6.19 引張強さの金型温度依存性 Tensile strength affected by mold temperature.

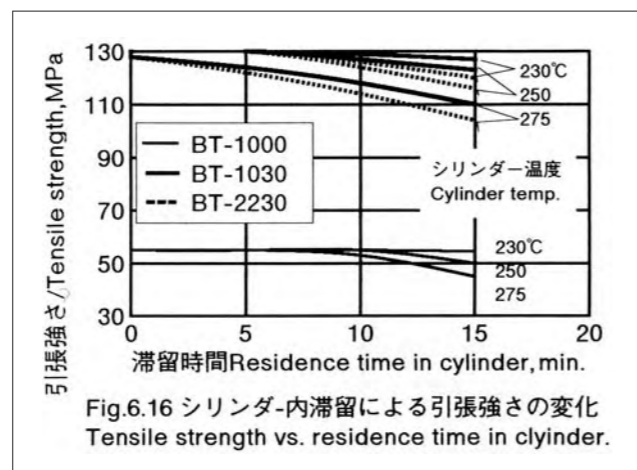


Fig.6.16 シリンダ-内滞留による引張強さの変化 Tensile strength vs. residence time in cylinder.

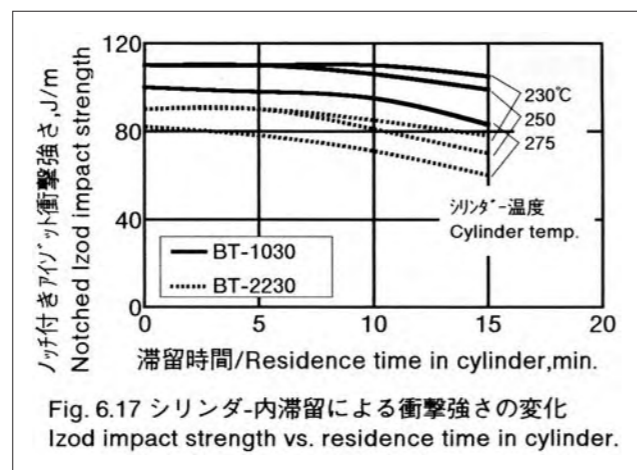


Fig. 6.17 シリンダ-内滞留による衝撃強さの変化 Izod impact strength vs. residence time in cylinder.

6.7.4. Molding pressures

Most parts can be molded using holding pressures from 50 to 100 MPa. However, occasionally higher pressures may be needed. The variation of holding pressure may affect to the mechanical properties as shown in Fig.6.18

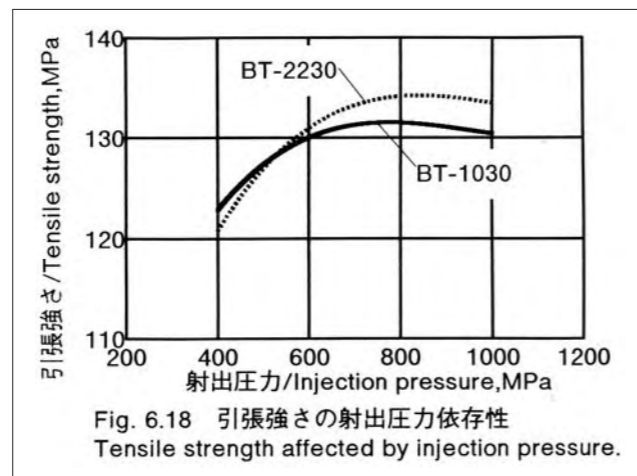


Fig. 6.18 引張強さの射出圧力依存性 Tensile strength affected by injection pressure.

6.7.5. Mold temperature

Figure 6.19 show the effect of mold temperature on tensile strength. Tensile strength increases until 60C as mold temperature increasing.

7. 二次加工

プラナックの成型品の機能を付加する目的で二次加工をすることができます。二次加工には機械加工、接着剤接合、熱融着や超音波融着、塗装、メッキ、アニールなどです。

7.1. 機械加工

機械加工には旋盤加工、ボール盤による穴あけ、フライス盤加工、切断などがあります。これらの加工は可能ですが、プラナックのほとんどの品番はガラス繊維が充填されているために工具は、耐久性を考慮して硬度が高く耐摩耗に優れた超硬チップを使用されることをお勧めします。また、表面仕上げにはバフ研磨やラップ研磨が可能です。機械加工のみならず成型品のデザインにおいてもエッジ部の仕上げやアール処理は、応力集中を避けることが必要です。

7.2. 接着

PBTは耐薬品性に優れる反面、溶剤ベースの接着剤による接合は出来ませんが、エポキシ系、シリコン系、シアノアクリレート系の接着剤が使用されます。特にプラナックの難燃グレードは、エポキシ接着剤に依る接着力が高いのが特長です。また、さらに接着力を高める手段としては成型品表面を短波長UV処理、コロナ処理、プラズマ処理などを行うと表面活性が高くなり接着力が改善されます。ただし、このような表面改質の効力が時間と共に低下しますので注意が必要です。目安として処理後4-5日以内に接着することをお勧めします。

7.3. 溶着接合

プラナックの接合の方法として超音波接合、摩擦融着、熱融着、誘導加熱融着などが利用できます。これらの方法の中で最も簡便で効率の高い方法は、超音波接合です。超音波接合の場合には通常、シアージョイント方式を採用しますが、重要なのはジョイント部分の寸法形状です。溶着条件は超音波の振幅を20-50μm、溶着時間は0.2-0.4秒、加圧力は低目とします。

7.4. 塗装

接着と同じく成型品の表面処理を行うことによって塗膜の密着性が改善されます。プラナックに最も適した塗料は、アクリルウレタン系、次いでアクリルメラミン系、エポキシ系、シリコン系などです。

7. FINISHING OPERATIONS

PLANAC offers particular versatility for the effective subsequent treatment of moldings and semi-wrought products. Finishing processes include machining, adhesive bonding to itself or other materials, thermal and ultrasonic welding, painting, metallizing and annealing.

7.1. Machining

Turning, drilling, milling and sawing of PLANAC molded parts present no problems provided the machining equipment is fitted with carbide-chipped tools. However, the machined sharp edges should be avoid to stress concentrations.

7.2. Adhesive Bonding

Because of the excellent chemical resistance, PLANAC molding parts can not be bonded together using solvent-based adhesives. Best results are obtained with other types of adhesive, such as epoxy based resin, silicone resin and cyanoacrylates. Better bonding strength is obtained by the surface improvement such as corona, plasma and UV. Especially, UV treatment is most suitable method.

7.3. Welding

Available welding method for PLANAC are ultrasonic welding, friction welding, heated tool welding and induction welding. The ultrasonic welding is better method for PBT. Impulse times should be set between 0.2-0.4 sec., welding forces low and amplitudes should be between 20~50 micro meter and the shear joint design is generally recommended for good welding.

7.4. Painting

Same as adhesive bonding, surface treatment improves paint adhesion. Suitable painting system for PLANAC moldings include one or two component acrylic resin, silicone resin and PU-based coatings, priming with PU is essential.

7.5.セルフタッピング

プラナックの成形部品どうしあるいは他の材料からなる部品との結合にしばしばネジやボルトを用いた締結が行われます。この場合、金属ネジをインサート成形したり超音波圧入することによって強力な結合が可能です。簡便な結合方法としてセルフタッピングネジによる結合が良く利用されます。この場合、下穴径やボス部の壁厚みが重要となります。セルフタッピングネジの種類としてはJIS B1115記載の2種タッピングネジ(溝あり)が広く使用されますが、二条スクルーネジ(Pタイなど)がさらに強力です。

7.6.アニーリング処理

PBTの成形品は成形後、高温雰囲気下に曝された場合、収縮による寸法変化が見られる場合があります。プラナック成形品のアニーリング(100℃、120℃)による寸法変化の結果をFig.7.1、7.2に示します。使用雰囲気温度で30分以上の加熱でほぼ一定の寸法になります。

7.5.Fasten by Tapping-Screw

It is often desirable to fasten the PBT moldings together or to connect different materials with bolts or screws. Molded-in metal screw inserts or ultra sonically staked inserts are generally used for good holding force in plastic moldings. Other important connecting method is to use the self-tapping screws because of the excellent strength ,rigidity and toughness of PLANAC.

7.6.Post Annealing

The injection molded parts are slightly caused dimensional change by being exposed in elevated temperature atmosphere. The dimensional changes are investigated during annealing (at 100℃,120℃) in Figs.7.1 and 7.2.ial.

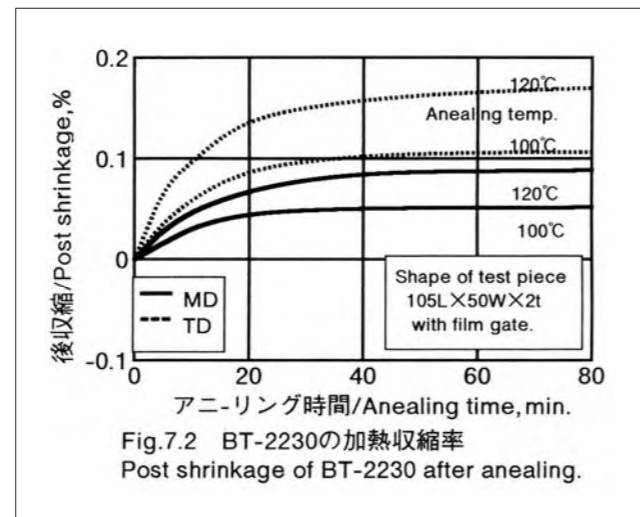
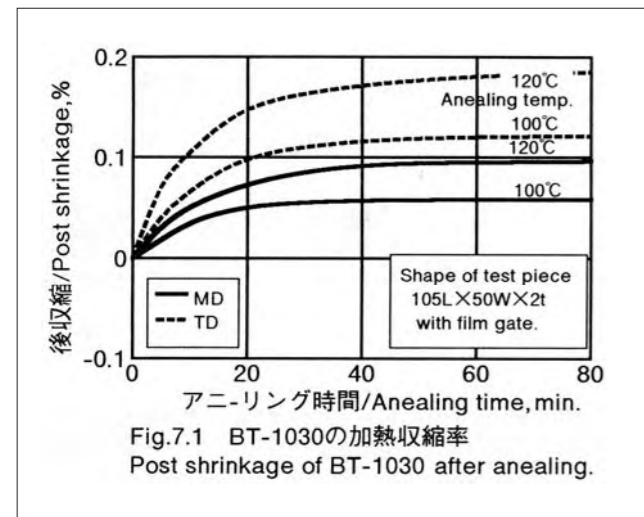


Table A プラナックの代表物性値/Representative properties of PLANAC.

項目	試験方法	単位	BT-1000	BT-1030-05	BT-2230-90
Method		Unit	Neat Resin	GF30% HB	GF30% V-O
物理的性質					
比重	D-792	-	1.31	1.53	1.65
吸水率,23°C/24Hrs./水中	D-570	wt.%	0.08	0.06	0.06
成形収縮率,MD/TD ^a	D-955	%	1.5/1.9	0.3/1.5	0.3/1.5
機械的性質					
引張り強さ	D-638	MPa	55	130	130
引張り弾性率	D-638	MPa	2800	9000	10500
引張り破断伸び	D-638	%	280	3.0	2.2
ポアソン比	-	-	0.35	0.36	0.36
曲げ強さ	D-790	MPa	90	200	200
曲げ弾性率	D-790	MPa	2300	8000	9500
曲げ破断伸び	D-790	%	NB	3.5	2.6
アイゾット衝撃強さ	D-256	J/m	45/NB	120/800	95/650
ノッチ付/ノッチ無し					
圧縮強さ	D-695	MPa	84	130	130
ロックウェル硬度,R	D-785	-	117	118	118
摩擦係数 ^b ,静摩擦/動摩擦	-	-	0.16/0.19	0.19/0.21	0.19/0.21
熱的性質					
荷重たわみ温度,1.82MPa	D-648	°C	70	205	205
線熱膨張係数,-30~90°C	D-696	m/mk	9.0×10 ⁻⁵	2.7×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁵
燃焼性 ^c ,t=1.6mm	UL-94	-	HB	HB	V-0 ^d
電氣的性質					
絶縁破壊強さ,t=1.6mm	D-149	kv/mm	26	26	26
誘電率,1MHz	D-150	-	3.3	3.6	3.6
誘電正接,1MHz	D-150	-	0.02	0.02	0.02
耐トラッキング性(CTI)	D-3638	Volt	>600	500	260
耐アーク性	D-495	sec.	160	130	130
体積固有抵抗	D-257	Ω.cm	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶
Thermal					
Distortion temp. of under load,1.82MPa					
Co-eff. of thermal expansion,-30~90°C					
UL Flammability,t=1.6mm					
Electrical					
Dielectric strength,t=1.6mm					
Dielectric constant,1MHz					
Dissipation factor,1MHz					
Comparative tracking index(CTI)					
Arc resistance					
Volume resistivity					

a: MD;樹脂流動方向/Mold direction,TD;流動に直角方向/Transverse direction, b: P=150KPa,V=0.3m/s,対S45C(PPS vs. Steel), c: UL file No. E53829, d: t=0.3mm

Table B 単位変換表
Unit conversion table from SI to Gravimetric units.

項目 Items	SI単位 SI Unit	変換係数 Conversion factor	重力単位 Gravimetric Unit
荷重、力 Load, Force	N	× 0.10197	= kgf
応力、強さ、圧力、弾性率 Stress, Strength, Pressure & Modulus	MPa(N/mm ²)	× 10.197	= kgf/cm ²
衝撃強さ Impact strength	J/m	× 0.10197	= kgf.cm/cm
トルク Torque	Nm	× 0.00102	= kgf/cm
溶融粘度 Viscosity	Pa.s	× 10	= Poise
熱量 Heat quality	kJ	× 0.2389	= kcal
熱伝導率 Thermal conductivity	W/m.K	× 0.8600	= kcal/m.h.°C
線熱膨張係数 Co-eff. of thermal expansion	m/m.K	× 1	= cm/cm°C
比熱 Specific heat	kJ/kg.K	× 0.2389	= cal/kg.°C
温度 Temperature	K °C	- 273.15 × 1	= °C
比容積 Specific volume	m ³ /kg	× 10 ⁻³	= cm ³ /g

Table C 補助単位
Metric Prefixes

Numerical values	Term	Symbol
10	deka	da
10 ²	hecto	h
10 ³	kilo	k, K
10 ⁶	mega	M
10 ⁹	giga	G
10 ⁻¹	deci	d
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻³	milli	m
10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁻⁹	nano	n

プラナック成形上の注意事項

プラナックの成形作業の際には、安全のために以下の項目をお守り下さい。以下の情報は、この材料を使用するに際し現在弊社が知り得ている範囲のもので、ただしその情報の正確性や完全性につきあらゆる面にわたり確認しているものではない事をおことわりしておきます。なお、安全に関するより詳細な情報は、MSDS(製品安全データシート)をご覧ください。

1. 予備乾燥

ペレットは、以下の3条件を目安に選択して予備乾燥して下さい。乾燥温度が高すぎる場合や必要以上の長時間乾燥は、色調の変化や流動性が変化する場合があります。

- ①120°C/4~6時間
- ②130°C/3~5時間
- ③140°C/2~3時間

2. シリンダ温度設定

適正シリンダ温度設定は、一般的には230~270°Cで、280°C以上には加熱しないで下さい。なお、品番により適正シリンダ温度が異なる場合がありますので必ず確認下さい。

3. シリンダ内での滞留時間

一般的には230°Cで60分以内、240°Cでは30分以内、260°Cでは15分以内を目安として下さい。ただし品番、成形条件や成形機種など諸条件により異なります。

4. 成形トラブルの場合

樹脂の分解、それに準じる様な事態の場合、シリンダ温度を下げ、シリンダー内に残留している樹脂を排出して下さい。

5. 成形休止

成形の休止の場合にはシリンダ内残留樹脂の排出の後、ヒーター電源を切って下さい。

6. 樹脂替え

他の樹脂に置換の場合は、シリンダー内残留樹脂の排出の後、高粘度(例えばフロ-成形用)の高密度ポリエチレンでシリンダー内をバージング後、他の樹脂に置換下さい。なお、スクリューを抜き、洗浄すればさらに洗浄効果があります。

7. 弊社がお勧めする以外の着色剤、添加剤等を混入しないで下さい。

8. 作業時の安全確保

- 8-1. 局所排気または全体換気をして下さい。
- 8-2. 保護メガネ、必要に応じて保護手袋を着用し、長袖上着として下さい。
- 8-3. ノズル近くに近寄らないで下さい。
- 8-4. 溶融樹脂には火傷防止の為、手を触れないで下さい。

9. 廃棄

不要材料、ランナー、スプルー等の廃棄は、"廃棄物の処理および清掃に関する法律"に従って、指定の廃棄物処理業者もしくは地方自治体に委託し処理下さい。

Precautions for molding

Be aware of the followings and the Material Safety Data Sheet. And to the best of our knowledge, the information contained herein is accurate. However, the manufacturers do not assume any liability whatsoever for the accuracy or completeness of the information contained herein.

1. Predrying of pellets.

Predrying at about 120°C/4 to 6Hrs., 130°C/3 to 5Hrs. or 140°C/2 to 3Hrs. is recommended.

2. Suitable Cylinder temperature.

Range of most suitable cylinder temperature is 230°C to 270°C and do not heat over 280°C. However, most suitable temperature for each PLANAC grades should be confirmed.

3. Residence time in cylinder.

The followings give a standard, and may vary on grades of PLANAC and different conditions.

Temperatur	Max. Residence Time
230°C	60min.
240°C	30min.
260°C	15min.

4. Degradation or decomposition of resin.

In case of degradation or decomposition of resin or any fear of decomposition, reduce the cylinder temperature and purge the resin out.

5. Shutting down.

When shutting down the operation, purge resin out completely and the heater off.

6. Replacing to other resins.

When PBT is replaced to other resins, PBT should be purged first by high molecular polyethylene of blow molding grade.

7. Addition of pigments and others.

Do not mix colorants, additives or other resins with PLANAC except materials which DIC recommends.

8. For safety during operation.

- 8-1. Ventilation system is recommended.
- 8-2. Wear protective goggles and gloves.
- 8-3. Keep operator away from nozzle section.
- 8-4. Do not touch molten resin without gloves.

9. Disposal method.

Dispose or incinerate under safe conditions of in accordance with local regulations.

× ㄷ / MEMORANDUM

ゆたかな未来のパートナー



東洋紡

<http://www.toyobo.co.jp>

〈お問い合わせ先〉

東洋紡績株式会社 エンブラ事業部

本社

〒530-8230 大阪市堂島浜二丁目2番8号
TEL (06) 6348-3770・3771 (ダイヤルイン)
FAX(06) 6348-3783

東京支社

〒141-8633 東京都品川区東五反田二丁目10番2号 東五反田スクエア
TEL (03) 6422-4880(ダイヤルイン)
FAX (03) 6422-4887

名古屋支社

〒460-0008 名古屋市中区栄三丁目2番3号(日興證券ビル)
TEL (052) 261-1314(ダイヤルイン)
FAX(052) 261-1336

TOYOBO STC (THAILAND) CO., LTD

Lumpini Tower Building 20th Floor, 1168/53-54, Rama Iv Road,
Thungmahamek, Sathorn Bangkok 10120, Thailand
Tel: +66-2285-6318-24
Fax: +66-2285-6325

TOYOBO STC (SHANGHAI) CO., LTD

Room No.2009, 20th Floor, Shanghai International Trade Center,
2201 Yan-An Road(W.), Shanghai, 200336, China
Tel: +86-21-6208-3030
Fax: +86-21-5257-0332

SANTOYOKO (HONG KONG) CO., LTD

Suite 506, 5/F., South Tower, World Finance Centre, Harbour City,
Tsim Sha Tsui, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2314-5939
Fax: +852-2730-2892

TOYOBO SPECIALTIES (USA) Inc.

TOYOBO PLASTICS DIVISION (Detroit Office)

39555. Orchard Hill Place Suite 230 Novi, MI 48375, U.S.A
Tel: +1-248-449-3323
Fax: +1-248-449-3324

エンジニアリングプラスチックの製品情報は

<http://www.toyobo.co.jp/seihin/xj/enpla/index.htm>
でご覧になれます。