

# プラスチックの 実用強さと耐久性

12

本間 精一\*

## 第7章 成形条件の影響 (その2)

### 7-2. 成形時の熱分解

#### (1) 熱分解と強さ

射出成形のような成形工程では熱履歴を受けるので、成形条件によっては熱分解し初期の材料強さを保持し得ないことがある。成形工程の熱履歴については、温度と熱を受けている時間（滞留時間）が関係する。当然温度が高くて時間も短ければ分解は起こりにくい。逆に、温度が低くても熱を受けている時間が長ければ熱分解は起きる（第7章、5-1節参照）。特に、材料を再生使用する場合には、熱履歴を何回も受けるので熱分解は起こりやすくなる。熱分解すると、分子切断、架橋などが起こり、材料の破断強さ、破断伸びなどが低下しやすい。

また、衝撃強さ、クリープ破壊強さ、疲労強さなども著しく低下することがある。ただ、このような成形時の熱分解特性は、ポリマー自身の熱分解特性、添加されている酸化防止剤の性能、配合剤の影響などが関係する。また、ポリマーの特性として、熱分解によって分子が切断されて分子量が低下しても、機械的強さが分子量に比例して低下するわけではない。その材料の限界分子量以下にまで低下すると、急激に強さが低下する特性があることに注意しなければならない。

一般のプラスチックでは、限界分子量よりかなり高いところで、材料の分子量は設定されているので、成形時に熱分解を起こすことによって、機械的強さの低下にすぐに結びつくことは少ない。PCのように成形性との関係から、限界分子量に近いところで分子量設定された樹脂の場合は、分子量低下によ

て限界分子量以下に低下することで強さが低下することがある。

#### (2) 成形条件と熱分解

射出成形では、熱分解に影響する成形条件としては、成形温度、加熱筒内における滞留時間がある。

成形温度は、一般に加熱筒の設定温度や指示温度で表されるが、実際の樹脂温度は、スクリュにおけるせん断力の影響で設定温度より20~30°C高くなることが多い。図1に加熱筒における成形温度と樹脂温度のプロファイルを模式的に示す。特に、スクリュ径が大きい場合、スクリュ回転数が高い場合などではせん断熱の発生は大きいため、設定温度より樹脂温度は高くなる。熱分解を考える場合には、樹脂温度をもとに熱分解の原因を検討しなければならない。また、一般に材料の成形温度範囲は、下限は溶融樹脂の型内の流れ性の点から、上限は通常の成形で熱分解しない温度から決められる。したがって、成形条件の上限温度に関しては成形時の樹脂温度をもとに成形温度の上限を決めなければならない。

滞留時間については、成形サイクルに関係する。サイクル時間と滞留時間の関係は簡便的に、つぎのようにして測定できる。実生産のサイクルで成形を続行しながら、ホッパ内を空にして成形し、ホッパの上からのぞいて、スクリュが目える状態になった時点で、連続成形中に色相の異なるペレットをスクリュ上に数個落とす。異色ペレットを投下した時間を計測(μ)し、再び材料をホッパに投入して成形を

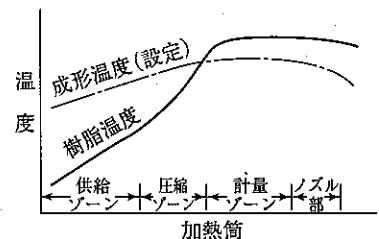


図1 加熱筒における成形温度と樹脂温度の関係

\* Seiichi HONMA, 本間技術士事務所 所長  
〒254-0811 神奈川県平塚市八重咲町 19-23-202

続行して成形品中に異色ペレットの色相が認められる時間を計測(ℓ)する。加熱筒内の滞留時間は(ℓ-ℓ)となる。このようにして測定した滞留時間は樹脂の熱分解を評価する目安にはなるが、加熱筒内に滞留部があると滞留時間はさらに長くなる。加熱筒内に滞留部(デッドポイント)が存在すると、局部的ではあるが、この部分に樹脂が滞留し、長時間後に熱分解する。たとえば、加熱筒内の滞留部としては、逆止弁のコーナー部、ノズルや加熱筒ヘッドの銜合部、加熱筒やスクリュウ面の傷などがある。

以上のように成形温度や滞留時間の関係から、樹脂の熱分解挙動としては、つぎのような二つの状態を想定できる。一つは、成形温度が高く、滞留時間も長くて熱分解する場合である。この場合には、樹脂は全体的に熱分解して外観変化や強さの低下が表れる。もう一つは、加熱筒内での滞留部による局部的な熱分解である。この場合は、局部的な熱分解であるので、通常、成形品に樹脂が分解した黒い筋状の不良が発生することで確認できる。不良が発生している部分に応力を加えると、黒い筋状の箇所から簡単に破損することがある。

### (3) 熱分解の確認

成形品が熱分解しているかは、つぎの方法で簡便的に現場確認できる。

①成形品の外観観察で、黒褐色の樹脂焼け、銀条、気泡、全体的な変色などが観察される。

②正常に成形された成形品と比較して、重量が重い、あるいは重量ばらつきが大きい。

③スプル、ランナなどを曲げると簡単に破損する(正常品との比較)。または、成形品をハンマーでたたくと簡単に破壊する(正常品との比較)。ただ、通常脆い材料では、このような比較は困難である。

一方、分析的に調べる方法としては、つぎの方法がある。

①粘度法やGPC法で成形品の平均分子量を測定する(測定法については後の章で述べる)。

②成形品から試料を切りだし、メルトインデクサーによりMFRを測定する。

ただ、これらの測定法では、成形品の測定値だけでは熱分解の有無を判断することは難しいので、使用した原料ロットの平均分子量やMFRに対する変化量をもとにして判断しなければならない。

表1 成形時の材料吸水率と落錘衝撃破壊率の関係(PC中粘度タイプ)

吸水率 (%)	成形品分子量	落錘衝撃破壊率 (%)			成形品外観
		延性破壊	脆性破壊	全破壊率	
0.014	$2.5 \times 10^4$	0	0	0	良好
0.047	2.4	30	0	30	良好
0.061	2.4	50	0	50	良好
0.067	2.4	90	0	90	銀条若干発生
0.200	2.2	20	80	100	銀条、気泡発生

### 7-3. 成形時の加水分解<sup>1)</sup>

#### (1) 加水分解と強さ

PC, PBT, PETなどのようにエステル結合を有するプラスチックでは、吸水した状態で成形すると、加水分解を起こす。大きく分子量が低下すると機械的強さ、特に破断強さ、破断伸び、衝撃強さ、クリーブ破壊強さ、疲労強さなどが低下する。これらの挙動は、熱分解の場合

(注) 1) 材料の分子量(粘度平均分子量):  $2.5 \times 10^4$

2) 試験方法: コップ状の成形品を成形し、底部に先端が10mmRの重錘を高さ10mから落下させて破壊の有無を調べた。重錘の重量は2.13kg。

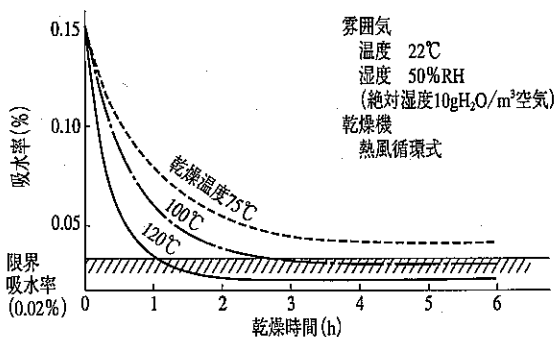


図2 PCの乾燥温度、時間と吸水率の関係(環境湿度は低い場合)

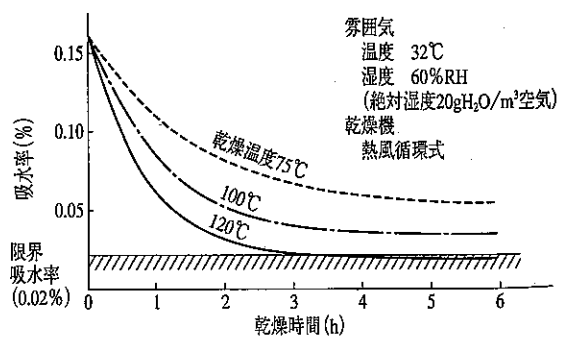


図3 PCの乾燥温度、時間と吸水率の関係(環境湿度の高い場合)

と同じである。

表1は、PCについて材料の吸水率と落錘衝撃の破壊率の関係を示した結果である。同図から分かるように、吸水率が高くなるに従って、衝撃破壊率は高くなり、特に吸水率0.2%では延性破壊から脆性破壊に移行している。

### (2) 成形条件と加水分解

成形時に加水分解しない限界吸水率は大体0.01～0.02%であることは、第5章、5-2.節で述べた。この限界吸水率を達成するためには、予備乾燥の条件が重要である。予備乾燥の例として、PCの乾燥温度と吸水率の関係を図2、3に示す。図2のように環境の湿度が低い場合でも、100°Cの場合にやっとPCの限界吸水率0.02%以下になる。また、図3は、環境の相対湿度が高い場合の乾燥曲線である。図2の環境湿度の低い場合に比較して、環境中の湿度が高い場合には120°Cにおいても、限界吸水率に達するまでの乾燥時間は長くなる事が分かる。したがって、環境湿度の影響を考慮すれば、PCの予備乾燥温度は120°C以上でなければならない(正確には120～130°C)。また、脱湿型の乾燥機では、環境湿度の影響はないが、安全をみて120°Cとすべきである。

一方、成形温度との関係については、同じ吸水率の場合には、成形温度は高い方が加水分解しやすいが、吸水率を上述の限界以下に乾燥すれば成形温度の影響はほとんど無視できると考えてよい。

### (3) 加水分解の確認

成形品が加水分解している場合には、銀条や気泡が発生していることが多いので、外観観察でもある程度判定できる。

また、加水分解すると分子量が低下するので、熱分解の場合と同様に、成形品の分子量(平均分子量)やMFRの値を測定する方法がある。ただ、加水分解は成形時の予備乾燥の問題であるので、成形時の材料の吸水率を測定して予備乾燥条件を調整する方が問題解決には早道である。材料中の微量水分量を測定する方法としてはカールフィッシャー水分測定機がある。また、最近では誘電損失を利用した水分測定機(株カワタ・「AXIO」)も市販されている。

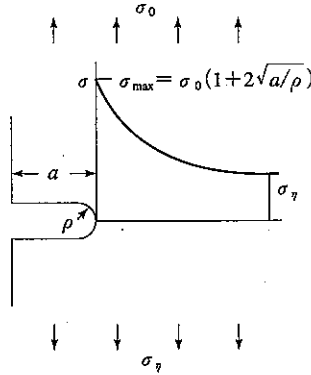


図4 応力集中により最大応力の発生

表2 成形品中の欠陥部

項目	欠陥として作用する可能性のあるもの
材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>未反応モノマー, 反応助剤</li> <li>添加剤, 着色剤</li> <li>充填材</li> <li>異物(金属異物, 炭化物, 塵埃)</li> </ul>
製品設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>シャープコーナー</li> <li>ウェルドライン</li> <li>パーティングラインの段差</li> </ul>
成形条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>気泡, 銀条</li> <li>異物(金属異物, 炭化物, 塵埃)</li> <li>異樹脂</li> <li>ゲート, ばり仕上げ跡</li> <li>離型時に発生する微細な亀裂</li> <li>誤ってついた傷</li> </ul>

## 7-3. 成形時に生じる欠陥部

### (1) 欠陥部と強さ

成形品に欠陥部が存在すると、この部分への応力集中によって強さが低下する。第1章、4節で述べたように、欠陥部に対する応力集中係数はつぎの式で表される(図4)。

$$\sigma_{\max}/\sigma_0 = 1 + 2\sqrt{a/\rho} \quad (7-1)$$

ただし、 $\sigma_{\max}$ : 欠陥部に発生する最大応力

$\sigma_0$ : 平均応力

$a$ : 切り欠きの長さ

$\rho$ : 切り欠き先端半径

(7-1)式から分かるように、切り欠きの長さ  $a$  が大きく、先端半径が小さい場合に応力集中は大きくなる事が分かる。たとえば、円孔の場合には、 $a = \rho$  であるから、(7-1)式から  $\sigma_{\max}$  は  $\sigma_0$  の3倍になる。種々の要因で応力集中源になるような欠陥部が成形品に存在する場合には、強さの低下に影響することがある。

### (2) 成形条件と欠陥部

材料、製品設計、成形条件などを含めて、成形品中に存在する可能性のある欠陥部は表2のとおりである。発生原因として、必ずしも成形工程の条件が原因でなくても、最終的には成形品中に欠陥部が存在すると、強さの低下に結びつくので、同表にはすべての要因をまとめた。同表で成形条件に起因する要因としては、異物、気泡、ウェルド、傷、残留ひずみなどがある。

異物は、使用する材料中にすでに含まれていることもあるが、成形工程では、金属異物、炭化物、異

表3 分子配向, 結晶化度, 残留ひずみに対する成形条件の影響

項目	強さへの影響	成形条件	条件設定	効果*
分子配向	強さの異方性	成形温度 (樹脂温度)	高い	↘
		保圧	低い	↘
		射出速度	速い	↘
結晶化度	強さ・剛性	金型温度	高い	↗
残留ひずみ (凍結ひずみ)	ストレス クラック	金型温度	高い	↘
		保圧	低い	↘

\* 各項目に対する成形条件の影響: ↘小さくなる。  
↗大きくなる。

樹脂, 同種樹脂の未溶融物などがある。金属異物は主としてスクリュ部分の摩耗または破損により発生した金属片などが混入することが多い。炭化物は, 長期間の運転中に加熱筒内壁面に生成した炭化物が剝離して溶融樹脂に混入したものである。異樹脂は, 成形工程で使用していた他の樹脂が乾燥機, ホッパなどに残留して混入することが, 主な原因である。同種樹脂の未溶融樹脂は, 可塑化が間に合わず未溶融の樹脂が射出された場合に発生する。特に, 結晶性樹脂のハイサイクル成形において, 可塑化時間が短い場合には, ペレットの結晶が完全に融解しない状態で計量されることで発生するケースが多い。

気泡は, 成形品の厚肉部分に発生する場合と, 溶融樹脂の分解ガスによる場合がある。厚肉部分に発生する気泡を解消するには, ゲート位置の選定, 金型温度の上昇, 保圧の上昇などの成形条件の調整が必要である。分解ガスによる場合は, 前項で述べた成形時の熱分解や加水分解の防止に対する対策が必要である。

成形品の傷は, ノッチ効果で応力集中により強さの低下を招く。傷の原因としては, 離型時の突き出し時に発生する微細な亀裂, ゲートやばりの仕上げ跡などがある。また, 傷とは言えないが, パーティンングラインの跡などの段差も応力集中源になる。

ウェルドラインについては, 6-2.節(5)項で詳しく述べたので参照されたい。

#### 7-4. その他の成形条件と強さ

成形条件の影響を受ける他の特性としては, 分子配向, 結晶化度, 残留ひずみなどがある。これらの特性については, これまでの項で述べてきたので, ここでは, 物性への影響をまとめておく。分子配向,

結晶化度, 残留ひずみに影響する成形条件の影響を表3にまとめて示す。

成形時に分子配向が起こると, 配向方向の強さは大きくなるが, その直角方向は小さくなる。実用上はそれほど極端な強さの差になることは少ないが, 薄肉の成形品ではかなり差を生じることもある。分子配向に対する成形条件については, 7-1.節, 1)項で詳細について述べたが, 樹脂温度, 射出速度, 保圧などが関係する。

結晶性樹脂では, 結晶化度は高い方が強度・剛性は高くなる。結晶化度に影響する成形条件としては, 金型温度の影響が大きい。金型温度が高い方が型内での結晶化が進み, 結晶化度は高くなる。

残留ひずみ(凍結ひずみ)については, 7-1.節, 2)項で詳細について述べたので参照されたい。成形条件の影響については, 金型温度, 保圧などの条件が影響する。金型温度は高く, 保圧は低い方が残留ひずみは小さくなる。

#### 7-5. 再生材の使用<sup>2)</sup>

##### (1)再生による物性低下の考え方

再生材の使用については, 成形工程でスプル, ランナ, 成形不良品(再生可能なもの)などを粉碎して再使用する工程再生と, 市場で使用された製品を回収して再使用する樹脂再生の二つがある。後者の樹脂再生については, 回収システム, 製品からの成形部品の分離, 減容化, 塗装や異物の分離, 粉碎, 洗浄, リペレット化方法, 物性保持のための材料処方開発, 適性な用途開発などの多岐にわたる応用技術が必要である。ここでは, 前者の工程再生の問題について述べる。

工程再生では, 再生材を粉碎して再使用する場合と, 再生材をリペレット化して再使用する場合がある。粉碎品を再使用する場合には, 粒度や形状がばらつくため成形工程で計量が安定しないことがある。このような場合にリペレット化して成形することがある。リペレットする場合は押出し工程が入るので, 粉碎後に直接使用した場合よりも熱履歴を1回多く受ける。また, 再生材の使用については, 再生材を100%で成形する場合と, 新材(バージン材)に対し再生材をある比率で混合して使用する場合がある。100%再生材を使用する場合は, 再生繰り返とともに物性が低下するので, 製品の性能要求が高くない場合に限定される。新材に再生材を一定の比率で混合する場合には, 繰り返し回数の多い再生成分は再生の系から成形品の方に一定の比率で出て行

くので物性の低下は一方的には低下せず、理論的には一定の値に収斂する。

たとえば、初期物性値  $M_0$  の材料が1回再生で  $\Delta M$  だけ低下すると仮定する。また、再生材の物性低下には加成性が成り立つと仮定する。リペレットしない場合について、新材に対する再生材の混合比率を  $p$  とすると、再生1回目では、物性値  $M_1$  はつぎの式で表される。

$$\begin{aligned} M_1 &= M_0 - \{(1-p)\Delta M + 2p\Delta M\} \\ &= M_0 - (1+p)\Delta M \end{aligned} \quad (7-2)$$

再生2回目では、次式になる。

$$\begin{aligned} M_2 &= M_0 - \{(1-p)\Delta M + 2(1-p)p\Delta M + 3p^2\Delta M\} \\ &= M_0 - (1+p+p^2)\Delta M \end{aligned} \quad (7-3)$$

同様に、再生回数  $n$  回では、次式で表される。

$$M_n = M_0 - (1+p+p^2+\dots+p^n)\Delta M \quad (7-4)$$

したがって、(7-4)式は、等比級数の考え方から、次式で表される。

$$M_n = M_0 - \{(1-p^{n+1})/(1-p)\}\Delta M \quad (7-5)$$

また、 $0 < p < 1$  であるから、 $n \rightarrow \infty$  では  $p^n$  は0に近づくから、(7-5)式は次式になる。

$$M_{n \rightarrow \infty} = M_0 - \{1/(1-p)\}\Delta M \quad (7-6)$$

したがって、(7-6)式から物性値  $M_n$  は一定の値に収斂することが分かる。図5に再生繰り返し回数と物性低下の様子をグラフに示す。

たとえば、再生材の30%での比率での再生繰り返しでは、つぎのようになる。

$$M_n = M_0 - 1.43\Delta M \quad (7-7)$$

一方、100%再生では(7-4)式から、つぎの式で表される。

$$M_n = M_0 - n\Delta M \quad (7-8)$$

したがって、100%再生では繰り返し回数とともに物性は直線的に低下することが分かる。

しかし、実際の再生では、種々の要因が入るので、理論式のように単純ではない。

$\Delta M$  は、再生の繰り返しによって直線的に低下する特性値を意味している。具体的には、分子量の低下のような場合を意味する。注意すべきことは、成形品の分子量が低下しても、強さは比例的に低下することはない。分子量低下が進行し、そのプラスチックの限界分子量に達したときに成形品の機械的強さは大きく低下する。

## (2)再生と劣化

再生の繰り返しによる物性低下の挙動は、それぞれの樹脂の熱分解性、加水分解性などによって異なった挙動を示す。特に、分解によって分子量が低下しても、分子量と物性には比例関係にあるわけでは

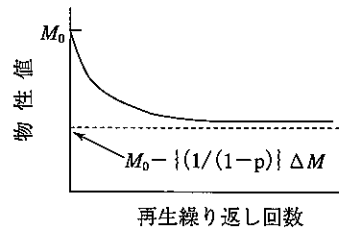


図5 再生材の混合率と物性低下の関係 (理論式)

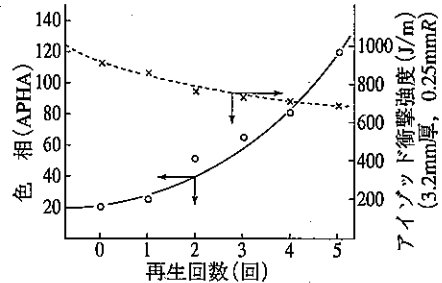


図6 PCの再生回数と特性変化 (100%再生の場合)

ないので、理論的な考え方とは違った結果となる。

再生の繰り返しによる材料の物性低下は、基本的には熱履歴の繰り返しによって熱分解や加水分解が起り、分子が切断されることが主要因である。分子量が低下すると、静的強さにはそれほど影響はないが、ひずみ速度の大きい衝撃強さや長時間強さ(クリープ、ストレスクラック)などには、早い段階に顕著な影響が表れる場合がある。

図6はPCの100%再生繰り返しによるアイゾット衝撃強さ、色相の変化を測定した結果である。衝撃強さは再生繰り返しとともに低下することが分かる。ただ、色相の変化の方が実質的には大きいようである。色相はポリマー鎖の部分的切断によって色相に影響する分子構造が生成するためと考えられる。

PC/PETアロイ樹脂の再生によるアイゾット衝撃強さの試験結果を図7に示す。再生材の20%混合の場合は衝撃強さの低下は認められないが、100%再生では3回目当たりから急激に低下している。この理由は、加水分解にシビアなPET成分が再生の繰り返しで分子量低下したことによるものと思われる。ちなみに、再生繰り返しによる流れ値の変化を調べると、100%再生では再生繰り返し回数とともに流れ値(流動性の指標)は大幅に増大していた。

一方、強化材を配合した材料では、非強化系材料

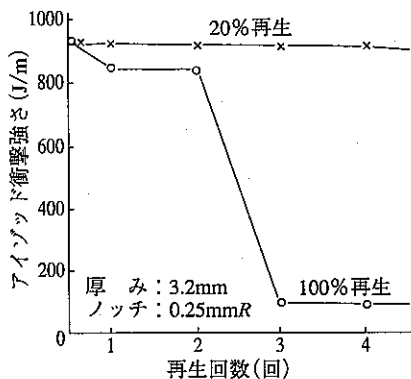


図7 PC/PETアロイの再生回数とアイゾット衝撃強さの変化

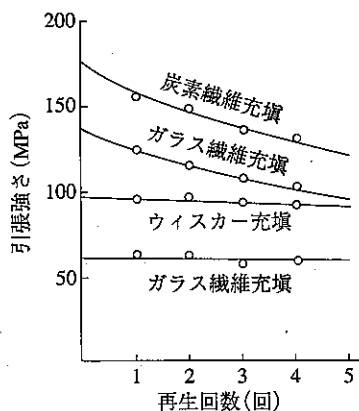


図8 POM強化材料の再生回数と引張強さ

とは異なった挙動を示す。強化材料では、成形過程でスクリューでのせん断力により繊維状強化材が破碎するため、強さの低下を招くことがある。POMに各種強化材を充填した材料について、100%再生を繰り返した場合の引張強さの低下を図8に示す。炭素繊維、ガラス繊維などを充填した材料では、繊維が破碎するため、引張強さの低下が起こる。ウイスキーは、炭素繊維やガラス繊維に比較して繊維径が細く、屈曲強さも大きいため破碎しにくく、引張強さの低下を認められない。ガラスビーズ入り材料もビーズの破碎は起こらないため、同様に引張強さの低下は

表4 再生材の使用上の注意点

項目		注意すべき点
材 料	熱分解 加水分解 着色剤、添加剤 充填材	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸化防止剤の種類と添加量</li> <li>材料の加水分解性による</li> <li>熱分解性への影響</li> <li>繊維系強化材のスクリューでの破碎</li> </ul>
	成形条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備乾燥条件（乾燥温度や時間、環境湿度）</li> <li>成形温度（樹脂温度）</li> <li>成形サイクル（滞留時間）</li> <li>成形機容量とショット重量の関係</li> </ul>
再生材の管理		<ul style="list-style-type: none"> <li>離型剤の混入（前成形で使用した吹き付け離型剤の混入）</li> <li>油の混入（金型油などの付着）</li> <li>焼けごみ（炭化物）の混入</li> <li>金属異物の混入（インサート金具、他）</li> <li>異樹脂の混入</li> <li>その他（塗料、接着剤、塵埃）</li> </ul>

認められない。

### (3) 再生時の劣化要因と対策

再生材の使用に関して、実際の成形工程では成形品の性能低下には種々の要因が関係する。材料、成形条件、異物などについて、表4に性能低下の要因をまとめて示す。これらの要因を踏まえて、再生材の使用に関する注意点について述べる。

#### ①樹脂特性を考慮した再生材の使用

POMのように再生材を使用しても物性低下しにくい樹脂もあるが、PC、PBT、PETなどのように加水分解の要因も加わって物性低下しやすい樹脂もある。使用する樹脂の成形時の熱分解特性を考慮して再生材の混合率や取り扱いをすべきである。また、材料の再生データは、成形現場にはそのまま当てはまらないことが多い。理由は、成形温度、滞留時間、再生材の管理状態などが材料の再生データを取得する場合の成形条件と、成形現場で実際に行われている成形条件とは異なるためである。一般に、成形現場での条件の方が過酷であることが多い。

#### ②再生材の管理

再生材の管理では異物が混入しないようにしなければならない。成形現場で混入しやすいものとしては、異樹脂、離型剤、油、インサート金具、塵埃などがある。粉碎機での異樹脂の混入、成形時に使用した吹き付け型離型剤が成形品に付着したままで再生されることなどに特に注意すべきである。

強さに影響する要因は材料、製品設計、成形条件など多岐わたっている。ここで、本章で述べた製品

「アクセスリスト付」—好評発売中!

2003年プラスチック5月号別冊

**実践成形技術とその利用法**

定価2,000円、B5判 176頁

工業調査会・販売部 (Fax. 03-3817-4709)

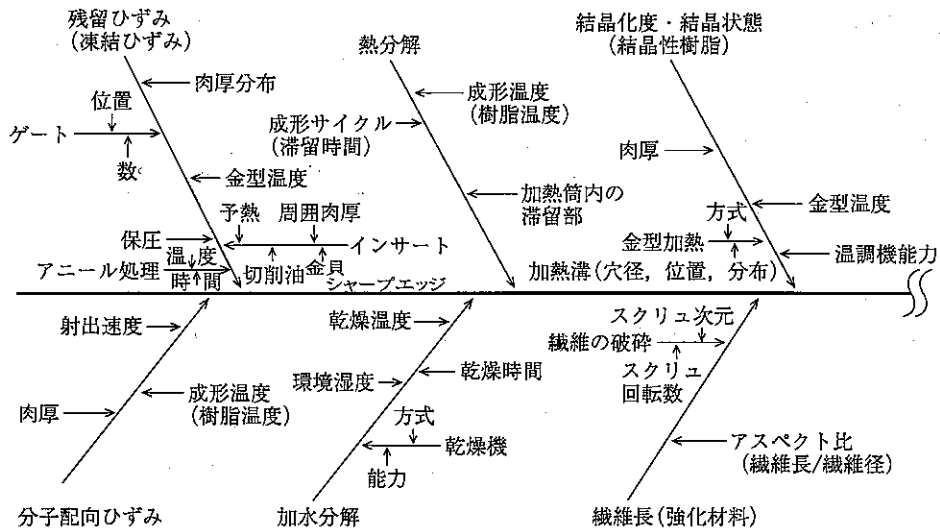
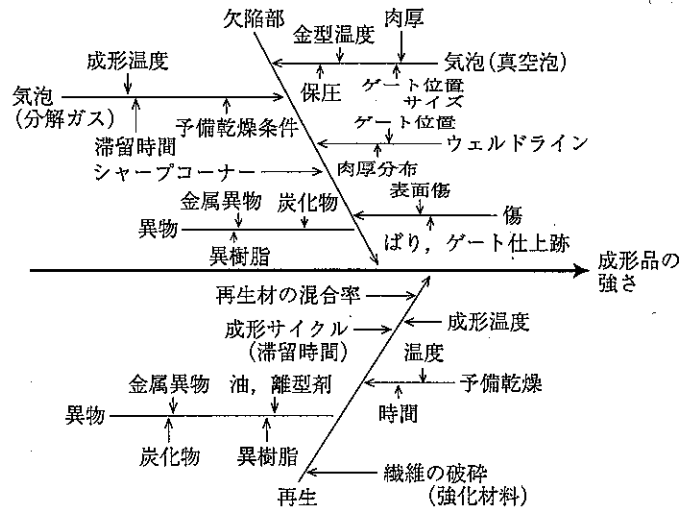


図9 プラスチック成形品の強さに影響する特性要因 (製品設計 成形条件関連の要因)

設計や成形条件に関する特性要因をまとめると、図9のようになる。強さに影響する主な要因としては残留ひずみ、分子配向ひずみ、熱分解、加水分解、結晶化度、強化材料の繊維長、欠陥部、再生などが関係し、さらにこれらの要因に製品設計、成形条件などの要因が関与する。

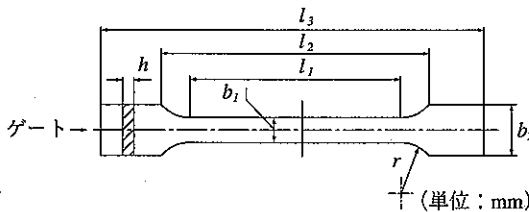
次章で述べる強度不良や割れ事故などについては、これらの特性要因図をもとに原因を究明しなければならない。

(以下、次号に続く)



「材料メーカーのカatalogの物性データは信用できない」という苦言をよく耳にする。このような苦言は、主として材料を使用する設計者の立場の人から指摘されることが多い。材料データを製品の設計データとして利用しようとする、有効な設計データにならないことによるものと思われる。また、Catalogの物性データ表の注には「試験方法に基づいた測定値の代表値であり、保証値ではない」などと書かれているので、設計する人にとっては、何を信用してよいのかとの疑問（不満）が生じる。このような材料データと設計データのミスマッチは、なぜ生じるのであろうか。

材料データは、主として材料（グレード）間の比較のためのデータを意図して取得されている。たとえば、プラスチックのISO規格では、材料の機械的強さを測定するための試験片は、図に示すような多目的試験片を用いることになっている。試験片の形状はいわゆる



試験片の形	A	B
$l_3$ 全長	$\geq 150^{\text{D}}$	
$l_1$ 狭い平行部分の長さ	$80 \pm 2$	$60.0 \pm 0.5$
$r$ 半径	$20 \sim 25$	$\geq 60^{\text{D}}$
$l_2$ 広い平行部分の距離	$104 \sim 113^{\text{D}}$	$106 \sim 120^{\text{D}}$
$b_2$ 末端部分の幅	$20.0 \pm 0.2$	
$b_1$ 狭い部分の幅	$10.0 \pm 0.2$	
$h$ 厚さ	$4.0 \pm 0.2$	

注① 材料によっては、試験機のつかみ部での破壊または滑りを防止するため、タブ（つかみ部）の長さを大きくしてもよい（たとえば、 $l_3=200\text{mm}$ ）。

② 
$$r = \frac{(l_2 - l_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}{4(b_2 - b_1)}$$

③  $l_1$ ,  $r$ ,  $b_1$ および $b_2$ の値で決まるが、それは示された寸法許容差の範囲内で決める。

多目的試験片の形状 (JIS K 7139<sup>1996</sup>)

ダンベルの形をしており、ゲートは長手方向の一端に設けられている。引張試験にはこのダンベル片をそのまま用い、曲げや衝撃試験ではダンベル片の平行部分を切り出して用いる。ダンベル片の標準肉厚は4mmである。このような試験片を用いて材料データを測定することは、材料選定のための比較データとしては有効であるが、その材料を用いて設計する立場の人には、あまり役に立たないことが多い。たとえば、つぎのような問題点がある。

1) 試験片の肉厚は4mmであるが、実際の成形品の肉厚は薄いものから厚いものまで様々である。分子配向、結晶化などは製品肉厚の影響を受けるので、プラスチックの強さは肉厚によって変化する。

2) 試験片のゲート位置との関係で、材料の流れ方向の強さを測っていることになる。実際の成形品では、方向性を考慮した設計は無理なことが多い。また、製品は単純形状であることは少なく、幾何学的形状、ウェルドライン、シャープコーナーなどの影響も加わる。

3) 強さの測定条件も規格では温度、荷重負荷速度なども決められた条件で測定するが、実際の成形品の使用条件は様々である。

以上、試験片について、材料データを設計データに適用する場合の問題点の1例として述べたが、プラスチックは成形加工という工程で製品設計、成形条件などの要因も加わるため、材料データを製品設計のデータベースとして利用することには限界がある。

このようなミスマッチを解消するためには、製品デザインをモデルにした金型を作成し、モデル金型を用いて製品の性能データを取得する方法が有効である。もちろんモデル型は、その製品の重要な要求性能を評価するための部分的なモデル型でもよい。そのためには、時間と金がかかるが、結果としては信頼性の高い製品を開発するには早道である。このような検討を進める場合には、ユーザーと材料メーカーあるいは成形メーカーが共同で、モデル金型に最終製品の設計要因を盛り込むことが大切である。また、モデル金型による製品の性能と材料データの相関関係を把握することによって、さらに最適な材料の開発にも有効な情報をフィードバックできる。

### 〈参考文献〉

1) 三菱エンジニアリングプラスチック(株), ユーピロン技

### 術詳報

2) 本間精一, 桜井正憲, プラスチックスエージ, 33(5), 121/128