

プラスチック成形品の性能評価技術(第3報)

-プラスチックの熱特性-

中島 秀樹* 望月 政夫*

1. 緒言

エンブラ・複合プラスチックなどの高機能・特殊機能樹脂の登場により、プラスチックは木材、金属、ガラスなどに代わって使われるようになった。しかし、プラスチックはそれらの材料とは異なる性質を持っており、その性質が十分理解されていない。また、プラスチックの成形加工を行い、各種のプラスチック材料を適材適所に合理的に使用していくためには、材料のもついろいろな固有の性質、すなわちその物性について十分知らなければならない。

本研究は、基礎物性試験を充実することにより、プラスチック特有の性質の解明、プラスチックを使って製品を作る上で必要なデータを蓄積するのが目的である。

プラスチック材料は、金属材料に比べて熱による状態変化や物性変化を生ずる温度が低く、またその温度範囲の狭いところが大きな特徴である。そこで今回は特にプラスチックの熱特性に注目し、荷重たわみ温度試験、ビカット軟化温度試験、高温度における引張試験を実施したので報告する。

2. 実験方法

表1に示す9種類の樹脂について各試験を行った。試験片はすべて市販のプラスチック板から機械加工により作成した。

2.1 荷重たわみ温度試験

荷重たわみ温度試験は、熱変形試験機(S3-MEH、(株)東洋精機製作所)を用いて、試験片に加える負荷荷重(曲げ応力)をいろいろ変えて、120 /hの昇温速度でJIS K7207に準じて試験を行った。試験片は、長さ127mm、幅5mm、高さ12.7mmのものを用いた。

2.2 ビカット軟化温度試験

ビカット軟化温度試験は、前述の熱変形試験機により、試験片に加える負荷荷重をいろいろ変化させて、120 /hの昇温速度でJIS K7206に準じて試験を行った。試験片は縦15mm、横20mm、厚さ5mmのものを用いた。

表1 樹脂の種類

樹脂名(略号)	文中記号	備考
アクリロトリル・ブタジエン・スチレン樹脂(ABS)	ABS	ABS樹脂
ポリアミド(PA)	PA1	ナイロン MC901ST
ポリアミド(PA)	PA2	ナイロン MC601
ポリアミド(PA)	6N	ナイロン6
ポリエチレン(PE)	PE	高密度ポリエチレン
ポリカーボネート(PC)	PC	ユーピロン・シート
ポリメタクリル酸メチル(PMMA)	PMMA	アクリライト L
ポリプロピレン(PP)	PP	———
ポリアセタール(POM)	POM	ポリベンコアセタール

*繊維工業指導所編織部

2.3 高温における引張試験

高温における引張試験は、疲労試験機(EHF-ED -20, 島津製作所)を使用し、恒温槽(7833特形, 島津製作所)により試験片に熱を加えながら、引張速度10mm/minでJIS K7113に準じて試験を行った。試験片は、JIS K7113 1号形を使用した。

3. 試験結果

3.1 荷重たわみ温度試験¹⁾

曲げ応力18.5kgf/cm²(JIS K7207 A法)のときと4.6kgf/cm²(同B法)のときの温度上昇に伴う各樹脂のたわみ量の推移を図1及び図2に示す。

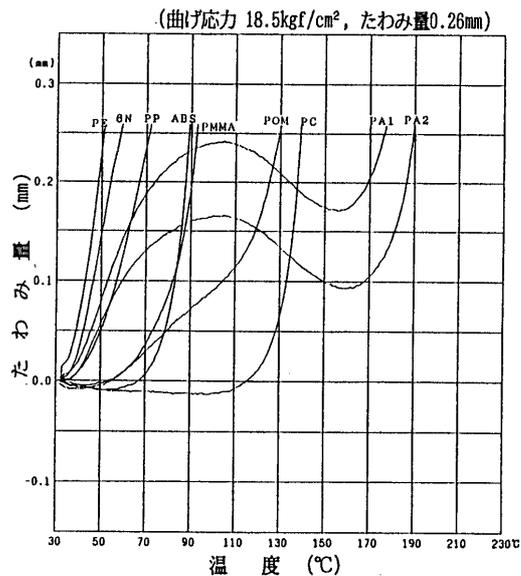


図1 温度とたわみ量の推移(A法)

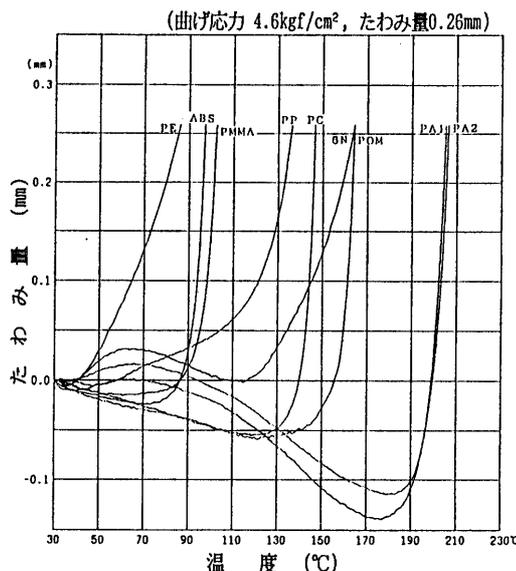


図2 温度とたわみ量の推移(B法)

各樹脂とも温度の上がり始めには熱により膨張しているが、温度上昇が進むに連れて軟化するのでたわんでいく。PA1, PA2もやはり熱膨張をしてからたわんでいくが、再び膨張する傾向を示した。これは、試料の中にまだモノマーが残っているために、そのモノマーが温度上昇によって溶融し、更に沸騰して気化するので、餅の様に試料が膨らむからだと考えられる。

曲げ応力が18.5kgf/cm²(A法)のときよりも、4.6kgf/cm²(B法)のときのほうが当然荷重たわみ温度は高くなるが、中でも結晶性樹脂は比較的大きな差がみられた。特にPE, 6N, PPは、A法とB法では変形の仕方がいちしるしく異なり、荷重たわみ温度も大きく変化している。このような樹脂は、A法の曲げ応力では荷重依存性が大きいことを示しているので、曲げ応力の小さなB法で荷重依存性よりも温度依存性を大きくして試験片をたわませないと耐熱温度を知ることができない。

次に、曲げ応力と荷重たわみ温度の関係を図3に示し、曲げ応力の増加に対する荷重たわみ温度の変化及び荷重依存性

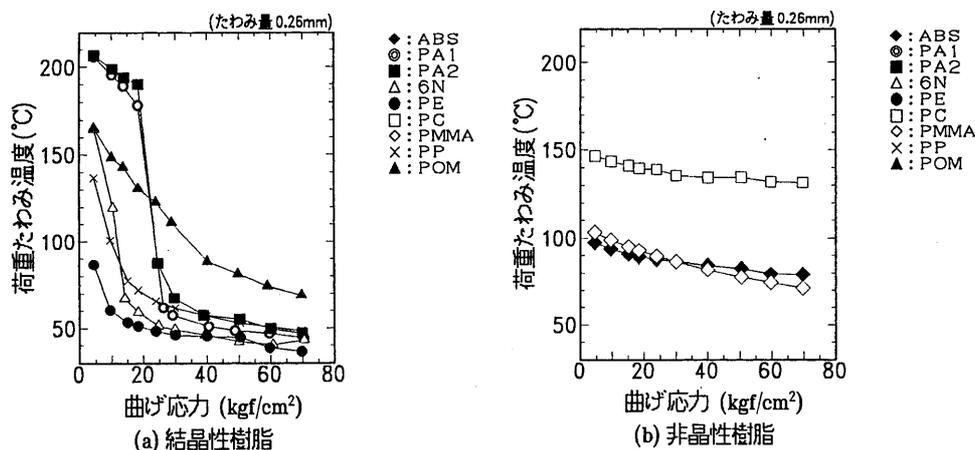


図3 種々の曲げ応力に対する荷重たわみ温

について見た。各樹脂とも曲げ応力を大きくしていくと、荷重たわみ温度は低下していった。結晶性樹脂は、曲げ応力が小さい所では耐熱性はよいが、大きくなっていくと急激に耐熱温度が低下していく傾向を示した。一方、非晶性樹脂は、曲げ応力を大きくしていても低下が少なく安定した耐熱性を示した。

結晶性樹脂は曲げ応力によって荷重たわみ温度が大きく変化するので、結晶性樹脂の製品の耐熱温度を荷重たわみ温度試験により求める場合には、実際に使用する環境にあった曲げ応力で試験をしたほうがよい。また、現在使用している樹脂から新しい樹脂に替える場合、JISの18.5や4.6kgf/cm²という曲げ応力においては新しい樹脂がすぐれていても、曲げ応力の大きさにより逆転して現在使っている樹脂のほうが良い耐熱性を示す可能性もあるので、その使用環境にあった曲げ応力で試験し、比較したほうが確かである。そして、この荷重たわみ温度の10t程度低い温度を使用可能の上限温度とすれば、耐熱性は十分だと考えられる。²⁾

3.2 ビカット軟化温度試験¹⁾

負荷荷重の増加に対するビカット軟化温度の変化を図4に示す。荷重たわみ温度試験において荷重依存性が大きかった6N、PE、PPは、ビカット軟化温度試験においても負荷荷重を増していくとビカット軟化温度が直線的に低下していき、荷重依存性の大きいことを示した。しかし他の樹脂は、負荷荷重を増していてもある負荷荷重から先はあまりビカット軟化温度は低下せず、ある温度に収束していくような傾向を示した。

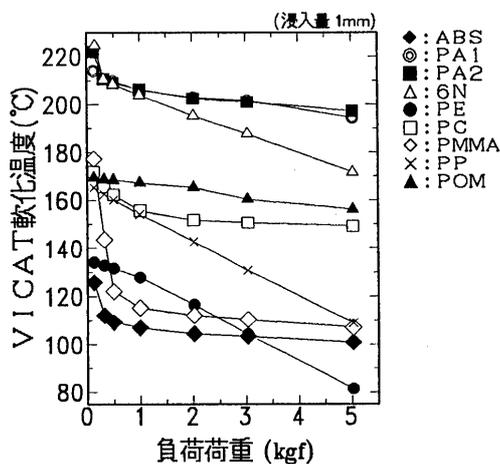


図4 種々の負荷荷重に対するビカット軟化温度

結晶性樹脂の場合、負荷荷重が0.125kgf (6Nは0.161kgf)と小さいときのピカット軟化温度は、ほぼ融点と一致した値を示した。また、非晶性樹脂の場合は、負荷荷重がJISのA法1kgfのときのピカット軟化温度がほぼガラス転移点と一致した値を示し、負荷荷重が小さい0.125kgfのときは図5のように、ちょうどガラス転移点の所に変曲点が現れた。以上のようなことから、負荷荷重の小さいピカット軟化温度試験を行うことにより、結晶性樹脂では融点を、非晶性樹脂ではガラス転移点を正確に知ることができそうである。

3.3 高温度における引張試験

室温(約25℃)における引張強度及び引張弾性率を100%としたときの各樹脂の高温度における引張強度保持率、引張弾性率の保持率を図6及び図7に示す。50℃においては、ABS、PC、POMが引張強度を80%以上保っており、ABS、PCは弾性率も90%以上の保持率を示した。また100℃においては、PCが引張強度、弾性率ともに高い保持率を示し、熱安定性にすぐれていることを示した。150℃における引張強度保持率は、PCよりもPA1、PA2などのほうが高いが、引張弾性率はPA1、PA2よりもPCのほうが高い保持率を示した。この150℃におけるPCのように、引張弾性率の保持率が高いということは高温においても試料が外力に対して変形しにくいことを意味しているが、引張強度保持率が低いということは、小さな力で試料が破壊してしまうことを示している。

高温度におけるPMVAの「応力-伸び曲線」を図8に、PA2の「応力-伸び曲線」を図9に示す。図8を見ると、室温においては硬くて脆い性質体であったが、高温になるのにもない弾性率や最大応力

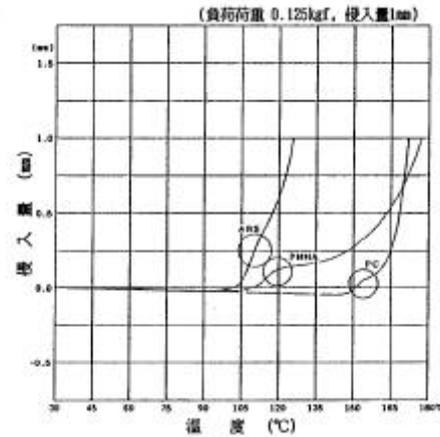


図5 温度と侵入量の推移(負荷荷重)

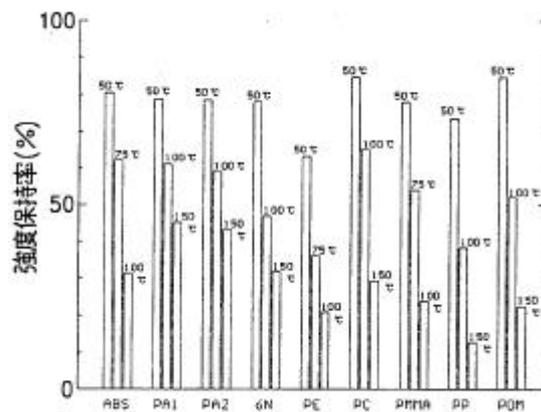


図6 高温度における引張強度保持率

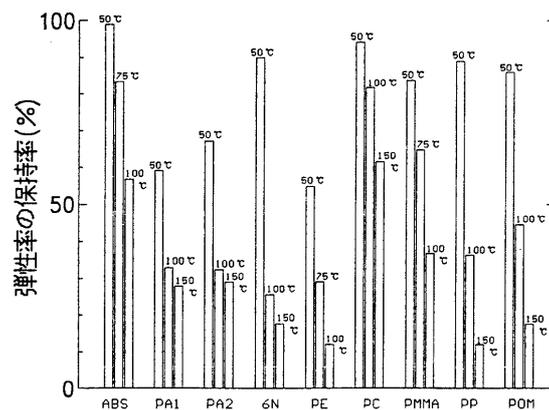


図7 高温度における引張弾性率の保持

は低下し、逆に伸びは大きくなって 100 のときには 50mm 引張っても破断しなくなっている、高温では粘性状態に変化しているのが分かる。室温で硬くて粘り強いじん性体である図9のPA2は、温度を高くすると弾性率及び最大応力ともに低下するが、伸びはあまり増加せず、室温のときと同じように硬くて粘り強いじん性体をまだ保っている、高温においても状態があまり変わっていないことがわかる。

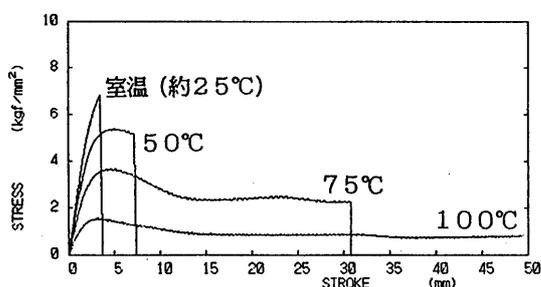


図8 応力-伸び曲線(PWA)

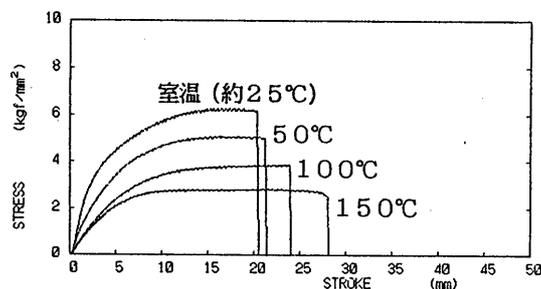


図9 応力-伸び曲線(PA2)

今回の高温度における引張試験により、高温においてもPA1、PA2の様に引張強度の低下が少なく、またPCの様に引張弾性率の低下が少ないような物性の変化の少ない樹脂で、加えてPA2の様に高温になっても状態のあまり変わらない樹脂が、耐熱性や熱安定性にすぐれているプラスチック材料であると言える。今回試験した樹脂の中にはこれらすべてを満たすものはなかったが、高温において引張強度及び状態の保持のよいPA2が一番耐熱性のすぐれている樹脂であると考えられる。

4. 結言

- (1) 負荷荷重の大きさにより各樹脂の耐熱性の優劣が入れ替わったり、また結晶性樹脂では荷重たわみ温度が大きく変化するので、使用環境にあわせた負荷荷重で試験して荷重たわみ温度を求め、そして、その温度より 10 程度低い温度を使用可能の上限温度としたほうがよい。
- (2) 負荷荷重の小さいピカット軟化温度試験を行うことで、結晶性樹脂では融点を、非晶性樹脂ではガラス転移点をだいたい知ることができる。
- (3) 常温で粘弾性体であるプラスチックは、高温になるとほとんどのものが粘性状態に変化するが、PA2の様に状態変化の少ない樹脂もあった。プラスチックは熱による強度などの低下が問題になるので、状態は変化しても物性の変化の少ない樹脂のほうが好ましいものだと言える。

参考文献

- 1) プラスチック物性入門 広恵章利 他, 日刊工業新聞社
- 2) エンプラの本 松島哲也 他, 工業用熱可塑性樹脂技術連絡会