

PP射出成形品の衝撃特性

田中 雅夫*

Charpy Impact Property of PP Injection Molding

by Masao TANAKA

[要 旨]

射出成形したポリプロピレン (PP) について、計装化シャルピー衝撃試験を行い、計装化により得られる荷重-変位曲線から衝撃特性に及ぼす射出成形品中の高次構造 (スキン コア構造) の影響について検討した。PPのシャルピー衝撃強度は、スキン層が薄く球晶が小さいほど大きくなる。これは、計装化により得られる荷重-変位曲線において、球晶が小さいほど最大荷重、最大荷重までの伸び、および降伏してから破断までの伸びすべてが大きくなり、最大荷重までの衝撃エネルギー (E_p)と降伏してから破断までの衝撃エネルギー (E_y) は共に大きくなる。従って、それらの和である全衝撃吸収エネルギー (E) は大きくなるからである。又、スキン層が薄いと、最大荷重は小さくなるが、コア層の領域の増加により、最大荷重までの伸びと降伏してから破断までの伸びが大きくなり、 E_p , E_y , および E が大きくなるからである。

1. はじめに

プラスチック成形品の品質は、その成形加工性に大きく依存している。それは、成形品の品質を決定する成形品中の高分子の分子凝集状態 (高次構造) が、成形要因によって変化するためである。本研究では、射出成形したポリプロピレン (PP) を用いて、計装化シャルピー衝撃試験を行い、計装化により得られた荷重-変位曲線から衝撃特性に及ぼす高次構造の影響について検討した。

2. 実験

2. 1 試料の調製

PP (MH 4 日本ポリケム) を用いJIS K 7113 1号型引張試験片を射出成形した。球晶の大きさやスキン層の厚さは射出成形条件の操作により調整した¹⁾。例えば、球晶の大きさを一定にして、

スキン層の厚さを変える場合は、樹脂温度と金型温度を固定し、射出圧力と射出速度を変化させる。

2. 2 高次構造の観察

成形した引張試験片の中央部を流れ方向に直角にマイクロトームを用いて厚さ約 $10\mu\text{m}$ の薄片に切り取り、偏光顕微鏡により直交ニコルの状態で、射出成形品中の高分子の高次構造を観察した。

2. 3 衝撃試験

衝撃試験は、計装化シャルピー衝撃試験機 (CEAST社製 RESIL25) を用いて行った。試験片は、JIS K 7113 1号型引張試験片の平行部を用い、ノッチ無しとした。衝撃荷重の検出は、ハンマーの打撃部に貼り付けられた歪みゲージで検出され、変位は試験片を直接測定するのではなく、検出した荷重の時間的変化からハンマーの速度変化を求めさらに変位として計算される。

* 応用材料グループ

3. 結果と考察

PPの内部組織の形態を図1に、球晶の形態を図2に示す。図1より、表面層にある球晶構造のないスキン層(図中A)、中心にある典型的な球晶構造であるコア層(図中C)、そして、それらの中間にあるせん断力によって形成される球晶構造的なせん断層(図中B)の3層²⁾がある。ここでは、スキン層の厚さとコア層における球晶の大きさを取り上げた。

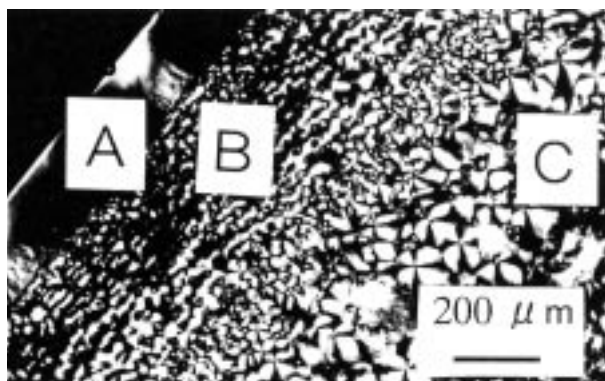


図1 内部組織



図2 球晶組織

スキン層の厚さ、球晶の大きさとシャルピー衝撃値との関係を図3、図4に示す。図3は球晶の大きさを一定(28 μ m)にしてスキン層の厚さを変えたもの、図4はスキン層の厚さを一定(200 μ m)にして球晶の大きさを変えたものである。図3、図4よりシャルピー衝撃値はスキン層が薄く、球晶が小さいほど大きくなる。

計装化により得られた荷重-変位曲線の一例を図5に示す。この曲線の特徴は、降伏してから破断に達するまでの伸びが大きく、降伏荷重はすべて破断荷重より大きく、最大荷重となる。従って、全衝撃吸収エネルギーは最大荷重と変位量(伸び)により決まる。

荷重-変位曲線から得られる最大荷重、破断荷

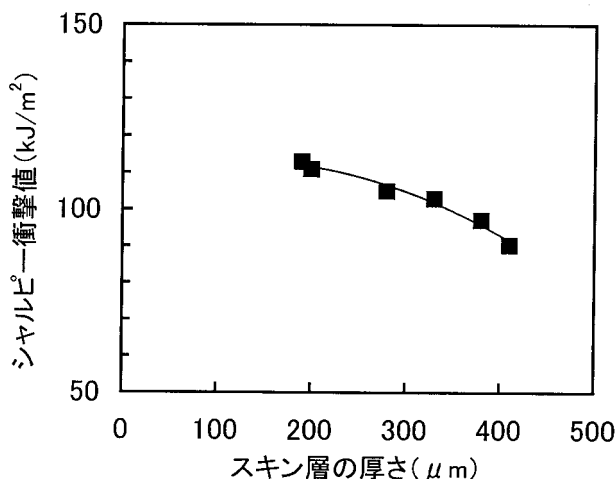


図3 シャルピー衝撃値とスキン層の厚さとの関係

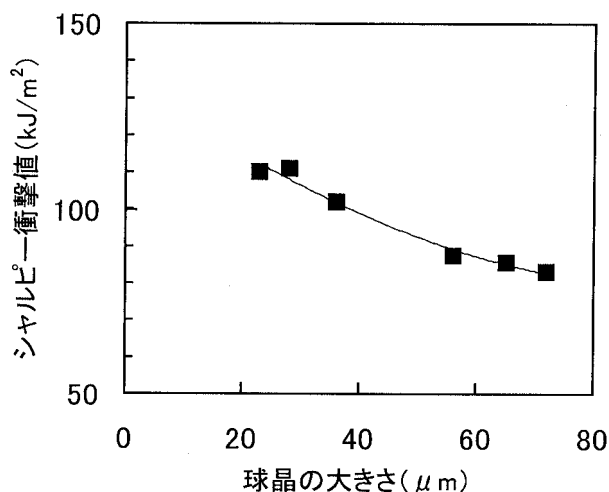


図4 シャルピー衝撃値と球晶の大きさとの関係

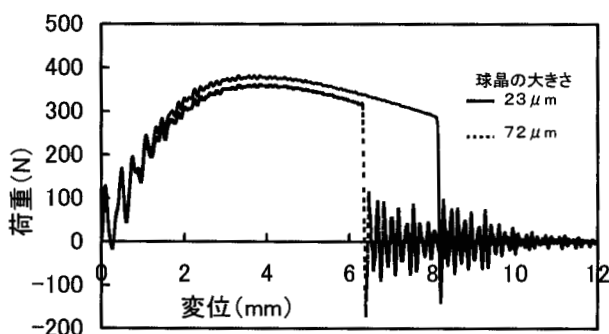


図5 荷重-変位曲線

重、最大荷重までの変位、そして破断までの変位(破断伸び)について、これらと高次構造との関係を調べた。その結果を図6、図7に示す。単位面積あたりの最大荷重は、スキン層が厚く球晶が小さいほど大きく、破断伸びは、スキン層が薄く球晶が小さいほど大きくなる。従って、スキン層の厚さが一定の時、球晶が小さいほど最大荷重、破断伸び共に大きくなることから、最大荷重に達するまでのエネルギー(E_p)と降伏してから破断

までのエネルギー (E_y) も共に大きくなり、 E_p と E_y の和である全衝撃吸収エネルギー (E) が大きくなりシャルピー衝撃強度が大きくなる。このことは、球晶が小さいほど、球晶領域内での球晶数が増加し、球晶密度が大きくなるため耐力が増し、最大荷重が大きくなる。また、球晶はラメラが空間的に成長して形成したもので、そのラメラ構造のほぐれが伸びとなるから、球晶数が多いほ

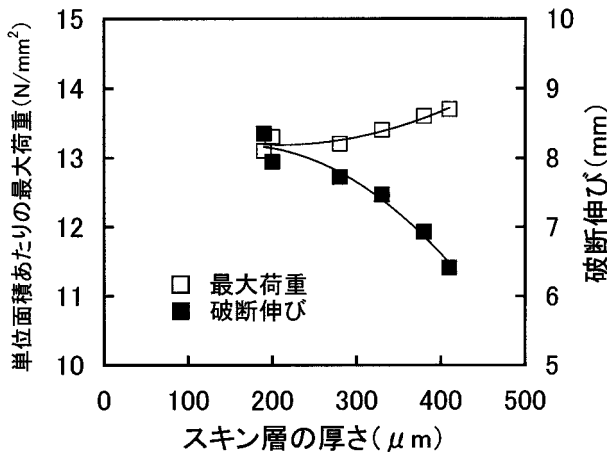


図6 単位面積あたりの最大荷重、破断伸びとスキン層の厚さとの関係

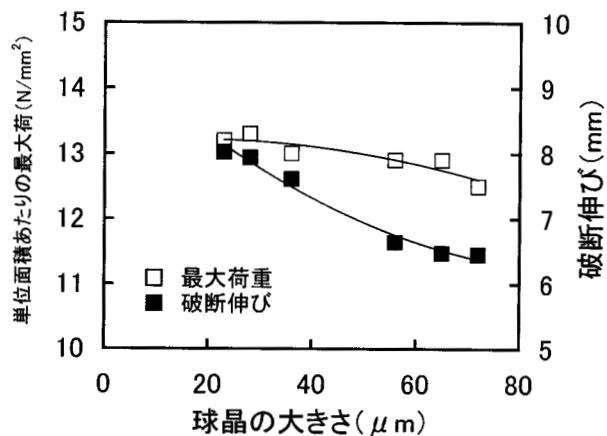


図7 単位面積あたりの最大荷重、破断伸びと球晶の大きさの関係

ど伸びも大きくなると考えられる。

一方、スキン層についてはスキン層が薄いほど、最大荷重は小さくなるが、逆に破断伸びは大きくなる。そこで、 E_p と E_y との関係調べた。その結果を、図8に示す。スキン層が薄いほど、 E_p は僅かであるが大きくなり、 E_y も大きくなり、それらの和である E が大きくなるといえる。このことは、最大荷重までの伸びと降伏してから破断するまでの伸びが共に大きくなり、これらの伸びが各エネルギーに対し最大荷重より大きく影響したといえ

る。スキン層はラメラが表面と平行に且つ流れ方向に配列した構造であるから、この層が厚くなるほど最大荷重は大きくなる。一方、スキン層が薄くなれば、コア層の領域の増加により、球晶数が増大し、伸びが増大するものと考えられる。

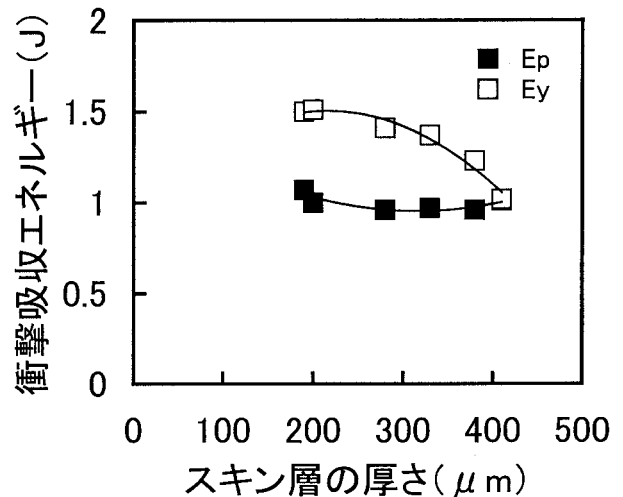


図8 衝撃吸収エネルギーとスキン層の厚さとの関係

4. まとめ

射出成形したポリプロピレン (PP) の衝撃特性について、計装化シャルピー衝撃試験を行い、計装化により得られる荷重-変位曲線から衝撃特性に及ぼす射出成形品中の高次構造の影響について検討した。その結果、次の知見を得た。

- (1) PPのシャルピー衝撃強度は、スキン層が薄く、球晶径が小さいほど衝撃強度が大きくなる。
- (2) 球晶径が小さいと、荷重-変位曲線における最大荷重、最大荷重伸び、および降伏伸びすべてが大きくなり、その結果、 E_p と E_y が共に大きくなり、それらの和である E が大きくなるからである。
- (3) スキン層が薄いと、最大荷重は小さくなるものの、コア層の領域の増加により、最大荷重までの伸びと降伏してから破断までの伸びが増加し、 E_p 、 E_y 、および E が大きくなるからである。

参考文献

- 1) 田中ほか：昭和55年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト，p41-58
- 2) M. R. Kantz et al. : J. Appl. Polym. Sci., 16, 1249 (1972)