

SURE: Shizuoka University REpository

<http://ir.lib.shizuoka.ac.jp/>

Title	10409 短繊維強化複合材料における押出材の剛性と破壊(材料(2))
Author(s)	佐野村, 幸夫; 早川, 邦夫; 水野, 衛; 川村, 宗弘
Citation	日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集. 2006(12), p. 371-372
Issue Date	2006-03-09
URL	http://hdl.handle.net/10297/4697
Version	publisher
Rights	日本機械学会 : 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである

This document is downloaded at: 2017-09-24T23:10:10Z

10409 短繊維強化複合材料における押出材の剛性と破壊

Elastic Constant and fracture of Extruded Short Fiber Reinforced Polymer Composites

正 佐野村幸夫 (玉川大) 正 早川 邦夫(静岡大)
正 水野 衛 (秋田県大) 川村 宗弘 (山口県産技)

Yukio SANOMURA, Tamagawa University, Tamagawa-gakuen, Machida, Tokyo
Kunio Hayakawa, Shizuoka University
Mamoru Mizuno, Akita Prefectural University
Munehiro Kawamura, Yamaguchi Prefectural Industrial Technology Institute

Key Word: Short-Fiber Reinforced Thermoplastics, Fiber Orientation, Extrusion Processing Conditions, Young's Modulus, Tensile Strength

1. 緒 論

熱可塑性樹脂を母材とする短繊維強化複合材料は、成形中の樹脂の流動に伴って、繊維配向する¹⁾。このうち、射出成形²⁾、圧縮成形³⁾、静水圧押し出し⁴⁾ならびにラム押し出し⁵⁾の繊維配向が、報告されている。このような繊維配向は、短繊維強化複合材料部品の剛性⁵⁾⁶⁾と強度⁷⁾に、著しく影響する。

本研究では、ラム押し出し加工した短繊維強化ポリプロピレン丸棒の剛性と強度に及ぼす押出成形条件の影響を調べる。まず、種々の押出温度と押出比の下で短繊維強化ポリプロピレンの押出加工を行った後、実験から測定した配向パラメーターと平均繊維長を押出温度と押出比の関数として、適切に近似する。次に、母材(ポリプロピレン)の押出材に対して縦弾性係数と強度を実験的に測定し、押出温度と押出比の関数として近似する。これらの実験式に Fukuda と Kawada の理論⁶⁾と Fukuda と Chou の理論⁷⁾を適用して、押出加工によって繊維配向した短繊維強化複合材料に対する縦弾性係数と強度の予測を試みる。なお、この論文の詳細は、文献 8)に掲載されている。

2. 供試材料と実験方法

省略。文献 5) 参照。

3. 配向パラメーターによる縦弾性係数と強度の予測

省略。文献 5) 8) 参照。

4. 実験結果と考察

4.1 複合材料の縦弾性係数の予測と実験値

母材の PP は、押し成形したとき、球晶が壊れて分子鎖が押し出し方向に配向する。強化繊維は、その分子鎖の運動に伴って配向する。充填量が増せば、分子鎖の運動のエネルギーが減少するので、繊維の配向ならびに分子鎖自身の配向が減少すると考えられる。しかし、ここでは繊維を含有させても母材の配向には、何ら影響を及ぼさないと仮定する。押出材は、融点以上で押し出しても、延伸による物性の向上が見られない。また、融点以下では、押出比の増加に伴って、べき乗関数的に縦弾性係数が、増加する傾向にある。このため、 E_m に対して次のような近似式を提案する。

$$E_m = \begin{cases} 2.07 + \left(-18.99 \frac{T_E}{T_{em}} + 19.30 \right) \\ \times \left(\frac{R_A - 1}{-15.4 \frac{T_E}{T_{em}} + 16.86} \right)^{-13.56 \frac{T_E}{T_{em}} + 14.33} & \frac{T_E}{T_{em}} < 1 \\ 2.07 & \frac{T_E}{T_{em}} \geq 1 \end{cases} \quad (1)$$

式(3)では、押出温度が融点を越えているか否かで、縦弾性係数の近似式を区別した。すなわち融点以上の押出加工による縦弾性係数を一定値(2.07GPa)とした。

Fig. 1 は、縦弾性係数の実験値と Fukuda-Kawata の理論による計算値との比較を示す。図から短繊維強化複合材料の縦弾性係数における計算結果は、いずれの押出温度においても実験結果をほぼ記述できることがわかる。なお文献 5) では、押出温度 $T_E=433K$ において、このことをすでに確認している。なお、母材の PP は押し出し加工によって、著しい異方性をもつ。このため、半径方向の縦弾性係数は、現在の手法をそのまま適用することは出来ない。配向パラメーターのテンソルでの表現、マイクロメカニクスや均質化法による異方弾性率の予測手法の確立をする必要がある。

4.3 複合材料の引張強さの予測と実験値

母材の強度は、押出比の増加に伴って直線的に増加する。また、押出温度が低いほど同じ押出比で高い強度が得られる傾向にある。したがって、次式のような直線で近似する。

$$\sigma_m^* = \left\{ -3469 \left(\frac{T_E}{T_{em}} \right)^2 + 6385 \frac{T_E}{T_{em}} - 2905 \right\} (R_A - 1) + 36.7 \quad (2)$$

Fig.2 は、複合材料の強度の実験値(各記号)と Fukuda-Chou による予測値(実線)の比較を示す。なお、参考のために、母材の近似式(4)を破線で示す。

Fig.2 から融点以上 ($T_E=443K$) の押出材は、比較的良好に実験値と計算値が一致する。したがって、母材がほとんど延伸されない射出成形品では、この手法を用いて強度の予測を適切に行うことができると考えられる。しかし、融点以下の固相押し出しでは、複合材料の強度は、繊維配向しているにもかかわらず母材の強度(破線)とほとんど変わらない。すなわち、強化繊維の補強効果が失われている。なお、降伏強度(応力)は、縦弾性係数と同様に向上することを申し添える。これは、弾性係数と降伏応力が、それぞれひずみエネルギーならびにせん断ひずみエネルギー(von Mises)に依存する。しかし、破壊は破壊面での垂直応力(応力拡大係数、モード I)に依存するためである。

Fig.3 は、引張り破断後の SEM 写真を示す。処女材では、破断面と垂直な面上で破断しているのが観察される。一方押し出し材では、母材の破断面と平行な面上に多数の繊維が観察される。このことが、固相押し出し材の引張強さに繊維の補強効果の生じない原因と考えられる。Fig.4 は、繊維の補強効果のモードを示す。処女材のように、応力に垂直な面上で母材が破壊するときには、繊維が応力と平行な方向に配列すれば、補強効果が大きくなる。一方、押し出し材のように母材が強度に異方性をもつときには、押出比の増加に伴って破断面が応力と平行な方向に近づく。このとき、繊維も母材と平行な方向に配向するので、補強材の効果がなくな

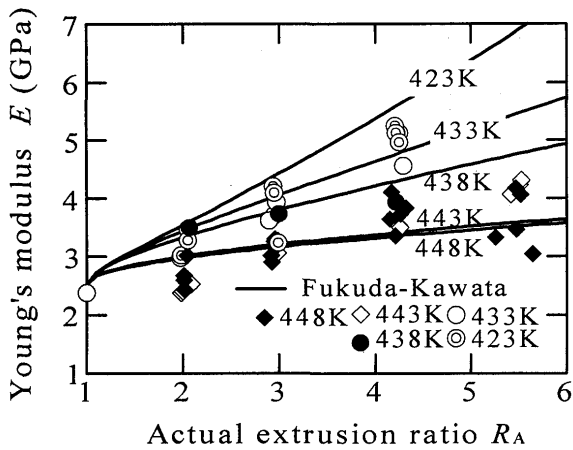


Fig.1 Comparison of Young's modulus obtained from experimental results with predicted results by Fukuda-Kawata.

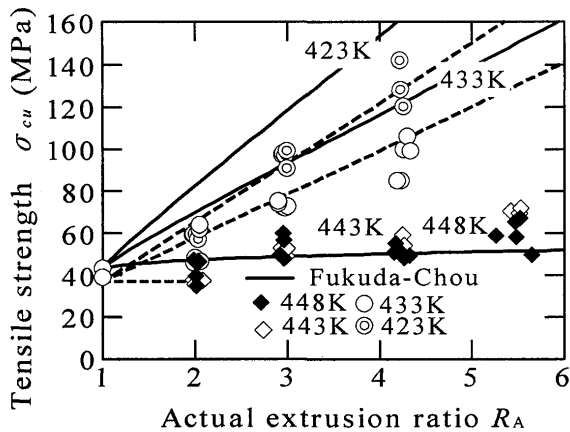


Fig.2 Comparison of tensile strength obtained from experimental results with predicted results by Fukuda-Chou.

る。

5. 結 言

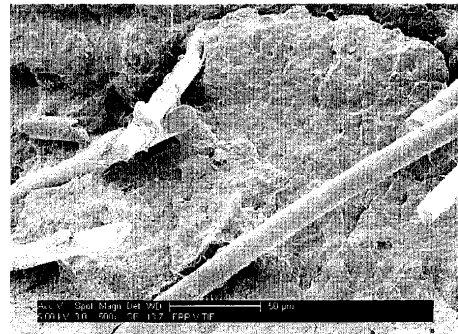
ラム押出加工した短繊維強化ポリブレン丸棒の剛性と強度に及ぼす押出成形条件の影響を調べた。ここでは、配向パラメーターを用いて、繊維配向を有する短繊維強化複合材料の縦弾性係数と強度の予測を試みた。縦弾性係数については、予測値は実験値とほぼ一致した。しかし、固相押出材の引張強度については、繊維の補強効果を得ることはできなかった。

参考文献

- 1) Papathanasiou, T. D. and Guell, D. C.編 : *Flow-induced Alignment in Composite Materials*, (1997), Woodhead.
- 2) Zainudin, E. S., Sapuan, S. M., Sulaiman, S. and Ahmad, M. H. M. : *Journal of Injection Molding Technology*, 6(1),1 (2002).
- 3) Advai, S. G. and Tucker III, C. L. : *Polymer Composites*, 11(3),164 (1990).
- 4) Hine, P. J., Wire, S., Duckett, R. A. and Ward, I. M. : *Polymer Composites*, 18(5),634 (1997).
- 5) Sanomura, Y. and Kawamura, M. : *Polymer Composites*, 24(5), 587(2003).
- 6) Fukuda, H. and Kawata, K. : *Fiber Science and Technology*, 7,207(1974).
- 7) Fukuda, H. and Chou, T.-W. : *Journal of Material Science*,

17,1003(1982).

8) 佐野村・早川・水野・川村：成形加工，(2006-4)，掲載決定。

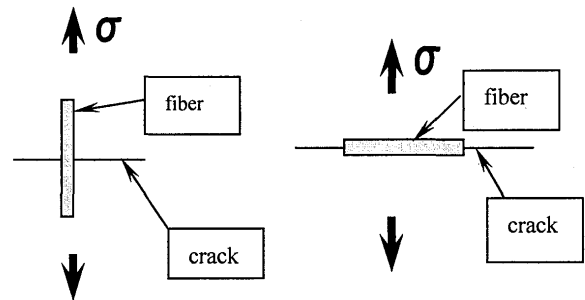


(a) Virgin material

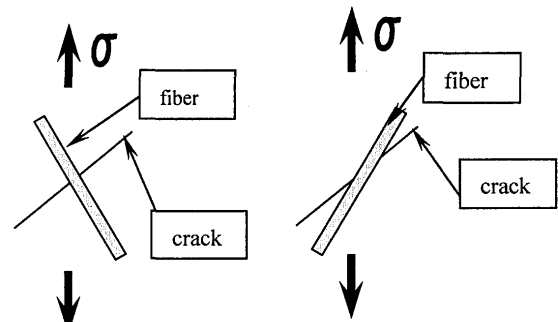


(b) Extrudate ($R_A=4.24, T_E=433K$)

Fig.3 SEM micrographs of tensile fracture in composites



High reinforcement Small reinforcement
(a) Virgin material



High reinforcement Small reinforcement
(b) Extruded material

Fig.4 The strengthening effect of the fiber.