



## 研究ノート

## BMCの射出成形

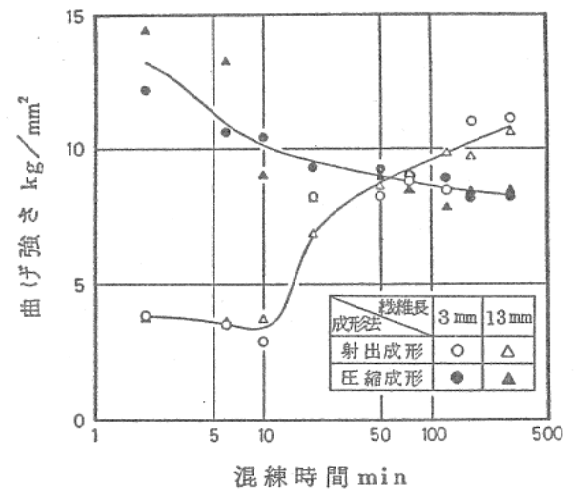
藤原 順 介\*

## 1. ま え が き

BMC (Bulk Molding Compound)<sup>1)</sup> とは一般に不飽和ポリエステル樹脂に細断したガラス繊維、充填材、硬化触媒、内部離型剤等を成形前にあらかじめ混練機で混練して作るパテ状の成形材料のことである。形態としては以前から用いられてきたプリミックスと同じであるが、増粘により流動性が良くなること、低収縮であることなど工業部品としての種々の特性を備えている。このBMCの成形方法には圧縮成形、トランスファ成形、射出成形があるが、最近開発されたBMCの射出成形法は自動化、省力化が可能で、高能率生産に適しているため各方面から注目を浴びている。しかしまだ歴史が浅く、種々の問題点があるので限られた用途にしか用いられず、熱可塑性樹脂の分野へ本格的に進出するには至っていないが、収縮が少ないうえに耐熱性にも優れているので今後さらに用途は拡大すると思われる。

## 2. 機械的性質と混練時間の関係

この成形法の最大の問題点は、他の成形法に比べて機械的強度が低いことである。これは補強材として混入されたガラス繊維が混練時および金型内へ流入するときに損傷を受けるためであり、また繊維とマトリックスの接着の弱さにもよるようである。このうち繊維とマトリックスの接着の問題については、カップリング剤を用いてガラス繊維に表面処理を施し、繊維とマトリックスの界面の接着性を向上させることにより機械的強度を改善する試みが行われている。



射出成形圧力 302 kg/cm<sup>2</sup>, 圧縮成形圧力 50 kg/cm<sup>2</sup>,  
金型温度 130°C

図1 曲げ強さと混練時間の関係

一方ガラス繊維の損傷は主として混練時に生ずるため、混練時間は短いほうが良いが、ガラス繊維をマトリックス中へ均一に分散させ、ポイド、ピンホールの発生を減らして有効接着面積を増加させるためには、混練時間は長いほうがよい。こうしたことから現状ではガラス繊維の破損に重点を置いた考えで、混練時間は必要最小限短いほうがよいとされ、せいぜい10分程度である。

筆者も同じように考えていたので、混練時間を変えて成形品の強度を調べているとき、10分までは混練時間の増加に伴って強度が低下したので、それ以上は実験を行う必要がないと思っていた。ところが当時大学院の学生だった永井孝明君が、一度混練時間を30分にして実験を行うと言ったとき、たぶん無駄だと内心は思ったが、実際にやってみるとその結果は非常に高い強度を示し、それによってこの研究の一端が明らかになった。そこでさらに詳しく調べてみると、図1に示すように混練時間を増加させることにより、繊維とマトリックスの界面の接着性

\* 藤原順介 (Junsuke FUJIWARA), 大阪大学, 工学部, 機械工学科, 長谷川研究室, 工学博士, 機械工作

が改善され、繊維の分散もよくなるため強度が向上することがわかった<sup>2)</sup>。よく言われていることであるが、あまり一つの事にとらわれ過ぎるとよくないということを筆者も痛感した次第である。何事にも新しい発想というものは常識を越えたところにあるということだと思っている。

### 3. 予熱の効果

BMC の構成素材である不飽和ポリエステル樹脂は熱硬化性樹脂であるため、熱を加えると硬化するし、しかも硬化が速やかであるため、射出シリンダ内で硬化すると後始末が非常に厄介である。また成形圧力、成形温度も低いので、通常は予熱は行われず、室温のまま成形されることが多く、BMC の場合も同様である。しかし熱硬化性樹脂は加熱により最初粘度が低下して流動性を増し、その後硬化反応をおこして硬くなるが、この粘度が低い間に射出すれば、射出の際に必要な圧力も低くて済み、金型のすみずみまで BMC が流動するため欠陥の少ない製品ができると考えた。また BMC が金型内へ流入するときのガラス繊維の損傷の点からは、BMC の粘度が低いことが望ましく、予熱によりそのような効果が期待できる。そこで射出シリンダを加熱して、BMC を予熱した。射出シリンダの温度はノズルで BMC が硬化することなく射出でき、また射出シリンダ内からキャビティ内に充填されるまでは、流動性が良好な状態に保たれる範囲で、できるだけ高くすることが望ましい。しかし予熱温度が高くなるほど流動性はよくなるが、硬化速度が速くなり流れの継続時間が短くなるため、かえって射出が困難となるという相反した性質があるので、射出シリンダの温度制御は非常に厄介な問題であった。いろいろ予備実験を行って、最適な予熱方法や予熱温度を見つけている過程においては、何度もノズル内や射出シリンダ内で BMC が硬化して、それを取り除くのに多くの時間をとられたが、努力の甲斐あって、うまく予熱して成形することができるようになった。その結果は図2に示すように、予熱することによって成形品の強度は向上した<sup>3)</sup>。これは予熱により

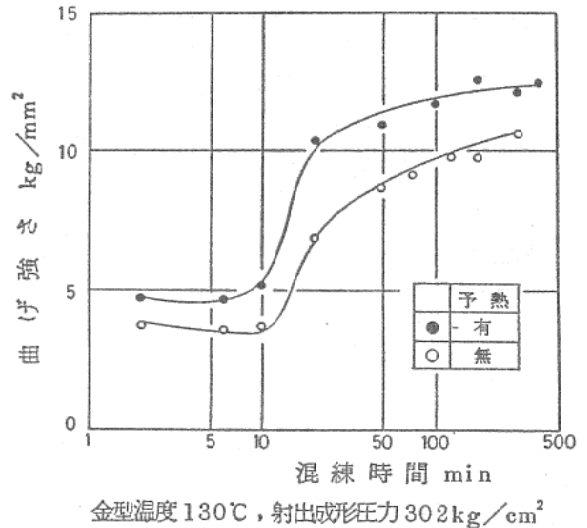


図2 予熱した場合の曲げ強さと混練時間の関係

BMC の粘度が減少し、BMC が金型内を流動するときのガラス繊維の破損が減少するため、繊維とマトリックスの界面の接着性が向上したためである。さらに予熱することにより金型キャビティ内の圧力も減少したが、これは予熱により樹脂のキャビティ内での熱膨脹が減少したためである。

BMC を予熱して成形するという事は、予熱しなくても成形できるし、困難であるのでほとんど行われないが、一般に常識とされている事の反対側に興味深い、新しい発見があるというもう一つの例である。

### 4. 射出成形品の繊維配向

一般に繊維状充填材を含む成形材料では、成形の際に充填材がある方向に配列する配向現象を生じるが、このため成形収縮率や機械的強度などに方向性を持った成形品となる。特にBMCの射出成形ではガラス繊維が配向しやすく、このことがこの成形法の応用上の問題点となっている。

繊維の配向を調べる研究は、今までにも行われてきたが、ガラス繊維は非晶質であるためこれを充填材として用いた場合、X線回折によりその平均配向度を評価することは困難であり、電子顕微鏡などにより直接観察したり、着色した有機繊維を用いて行ったものばかりで、実際のガラス繊維の配向を調べたものはなかった。

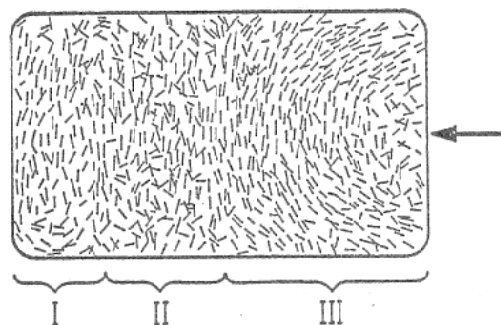


図3 長方形成形品の繊維の配向状態

ところがある日、某ガラス繊維のメーカーの人に、ガラス繊維に着色する方法についての話を伺ったとき、ガラスを繊維のように細くすると顔料を入れても色は無色に近くなって区別が付きませんよと言われがっかりしたが、少し雑談しているうちに、光ファイバの話が出て、光学繊維には鉛化合物が40%近くも含まれているという事を聞いた。そこでこれをトレーサとして用いて、ガラス繊維と同じ状態にしてBMC中に混練してやれば、X線透過写真によりガラス繊維の配向がわかると考えた。そこで光学繊維の含有率を変えたり、X線透過写真の撮影条件をいろいろ変え、成形品の繊維配向が観察できるようにした。その結果、たとえば長方形の射出成形品では図3のように配向していることがわかった。またこの方法を用いれば複雑な形状の成形品においても、X線透過写真を撮ること

により繊維の配向状態が簡単にわかるので、強度的に弱い部分などをあらかじめ知ることができるようになった。

## 5. おわりに

BMCの射出成形という新しいが、まったく未知の分野に首を突っこんで、いろいろ研究してきたが、昔から言われているように、新しい発想というものはそのことをいつも考えている人よりも、あまり知らない人のほうが自由に考えられるので、いろいろ興味深いことが見つけられるという典型のような私の研究である。

また研究者は研究に直接関係がなさそうに思えるような雑談でもよくしておくと、そのような雑談の中に新しい発想が生まれることがあると思う。

なお最後に当研究を行うに際し、終始御懇切なる御指導と御鞭撻を賜りました長谷川嘉雄教授、ならびに同研究室の皆様深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 竹鼻, FRP—生産と技術一, (1971), 110, プラスチックエージ社.
- 2) 長谷川・ほか2名, 複合材料学会誌, 3—4, (1977), 133.
- 3) 長谷川・ほか2名, 複合材料学会誌, 6—2, (1980), 66.