複合化による機能構造のつくり込み

小山 清人

高分子を複合化することによって得られる機能は、力学的なものが多く利用されているが、熱的、電気・磁氣的、光学的、気体透過的な効果を求めるものもある。さらに、重量化や軽量化などが主目的な利用もある。

複合化による機能の利用方法には、複合化によって原材料の高分子の欠点を補うもの、複合化によって高分子の長所をさらに高度な長所にするもの、複合化によって原材料とは別の機能を付与して材料の特徴をつくりだすものなどが考えられる。

これらの機能を発現するには複合構造が重要となる。高分子をマトリックスとする複合材料の構造について考えると、固体と固体、固体と液体、固体と気体、液体と液体、液体と気体などの二元系、固体・液体・気体などの三元系、さらに多元系など多くの可能性がある。また、連続構造のみからなる構造と海島構造をとるものがあり、それぞれ連続構造、海島での島の形・大きさ・数などの構造因子を制御して望ましい機能を発現する。さらに二元系などでも2つの構造の界面あるいはある厚みのある界面層が機能の決め手になる場合もある。

最近では、望ましい機能発現のためのシミュレーションを用いた最適化構造設計の研究も活発になされている。

これらの機能発現構造をもつ高分子複合材料製品には、その製品の成形加工工程が重要となる。この成形加工工程では「流す」プロセスが不可欠なため、マトリックスには液体を利用することが多い。そこでは、液体マトリックス中に固体、液体、あるいは気体が島状に分散した状態で流し、製品形状をつくるケースが一般的である。

固液複合材料の場合の「流す」では、原則的には繊維状固体あるいは粒子状固体はその周りの液体に接着した状態で流れる。固体が繊維の場合には、繊維配向が機能発現構造に重要な因子である。繊維は液体流れの全変形量に比例して配向し、構造形成する。マトリックスの全変形量に比例した配向形成以外にも、電場や磁場などによる繊維配向制御も可能である。粒子の場合には、粒子の凝集が構造形成での重要な問題となり、粒子の分散には流す応力が支配的な因子となる。

液液複合材料の「流す」でも、お互いの液体界面では接着条件が成立し、全体の流れはおもにマトリックスとなった液体の粘度が支配的である。島成分の形状は流れの変形履歴で決まり、大きさは流れでの応力と変形履歴との両方によって決まる。さらに、海島構造の制御には電場や超音波場などの外場も利用できる。したがって、この場合の構造制御は固液の場合よりは容易である。

気液複合材料の「流す」は上記2つのケースに比較して複雑である。一般には高分子液体に気体を導入・溶解して「流す」を実現化する。この場合には、気体の高分子への溶解度や拡散速度が重要となる。流すプロセスの後に、気体の構造形成プロセスがあるが、その大きさ、大きさの分布、形と数の制御が難しいケースが多いが、構造設計はバラエティーに富み、今後も期待される分野である。

このように、エンジニアリングプラスチック、構造設計シミュレーションと成形加工などの進歩によって、複合材料の機能制御がますます発展し、より多くの分野で複合材料が使われると確信している。

KOYAMA, Kiyohito 山形大学工学部 (992-8510 米沢市城南 4-3-16)・工学部長・教授、工学博士。1974年 山形大学大学院工学研究科修士課程修了。専門はレオロジー、超音波工学。
Fabrication of Functional Composite Structure