
1

第 章

プラスチックの 成形加工とは

Section 1 「流す・形にする・固める」～プラスチック成形加工の基本

Section 2 流す～高温化し材料を流しやすくする工程

Section 3 形にする～自分の想い通りの形をつくる工程

Section 4 固める～自分の想い通りの形に固める工程

Section 1

「流す・形にする・固める」

～プラスチック成形加工の基本

プラスチック成形加工とは「高温化などによって流動性を与えたプラスチック材料に、最終製品とほぼ同じ形状を付与し、固体化して取り出す加工法である」と定義されています。この成形加工法は、①流す（プラスチック材料に流動性を与える）②形にする（所定の形状にする）③固める（所定の形状のままで固体化する）という3つのプロセスで構成されています。このプロセスにより、材料を溶かし、これに加圧して所定の形状に変形させ、そのまま固めて製品を得る、という意味では、プラスチック成形加工は金属の溶融成形加工（鉄の鋳造やアルミダイカスト成形）と共通しています。

しかし、プラスチック成形加工が金属溶融成形加工と本質的に異なるのは、プラスチックが「粘弾性を示す高分子材料である」という点です。粘弾性材料とは、流体としての性質と固体としての性質の両方を併せ持つ材料のことです。粘弾性材料は、高温で流体としての性質を強く示す状態でも固体としての性質をもち、低温で固体としての性質を強く示す状態の時でも流体としての性質をもつ材料です。この点が、融点以上の温度では流体だけの性質（液体）を示し、融点以下の温度では固体だけの性質を示す金属材料と、決定的に異なるのです。

従ってプラスチック成形加工では、材料に流動性を与える工程を「溶かす」ではなく「流す」という言葉を用いています。「流す・形にする・固める」が基本プロセスになります。プラスチック材料がこの性質を示すことにより、思惑通りの形状の製品を得ることが困難になるなど、成形加工とはプラスチックの粘弾性特性との戦いである、と言っても過言ではありません。従ってプラスチック成形加工学では、粘弾性体の変形を考察するレオロジーと高分子化学及び伝熱工学の3つが最重要的学問となり、更に機械工学、熱力学、材料力学などの知識も要求されます。

「溶かす」ではなく「流す」

プラスチックは粘弾性を示す高分子材料

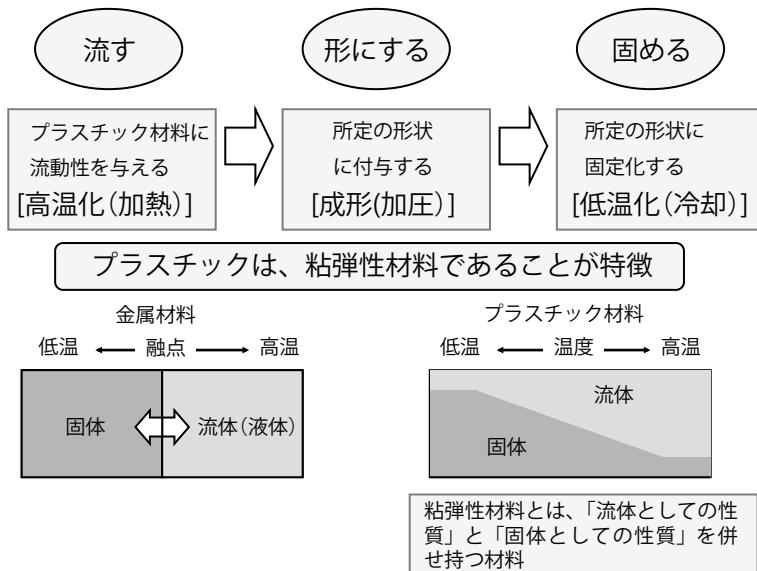


図1-1 プラスチック成形加工の3つの基本プロセス

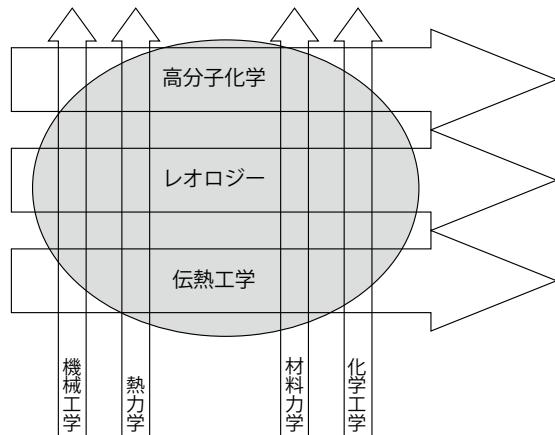


図1-2 プラスチック成形加工学の領域

Section 2

流す

～高温化し材料を流しやすくする工程

固体状態に近い常温付近の熱可塑性プラスチック材料（以降プラスチックを樹脂と呼ぶ）は、加熱によって温度が上昇するのに伴い、徐々に流体としての性質を顕著に示すように、いわゆる流れやすくなります。樹脂材料はC・H・O・N・Sなどの元素でできた高分子です。結晶性樹脂は融点を有し、それは100～350℃位で、金属の融点（鉄1538℃、アルミ660℃）に比べとても低いです。このため、低温で比較的小さな熱エネルギーにより流動性を持たせることができるので、加熱筒などの設備の材料としては汎用的な鉄鋼材を用いることができます。融点が低いということは、逆に耐熱性が劣ることを意味します。

樹脂材料では融点を越えて温度を上昇させていくと、やがて分解を生じるという特徴があります。たとえば飽和炭化水素 C_nH_{2n+2} 系の材料では、 $n = 18$ のオクタデカンまでは沸点を有していますが、それ以上の炭素数の分子は、沸騰する前に分解が起こります。樹脂材料では一般に融点と熱分解温度との温度差はあまり大きくなく、流動性を付与するための加熱はこの温度間を狙って行なう必要があり、流動性を付与する工程での1つの制約条件となっています。樹脂材料の具体的な加熱方法は後ほど説明します。

水などの低分子には融点と沸点があり、それを境として固体・液体・気体という物質の三態があります。また液体において水分子は自由に動き回るブラウン運動をします。しかし高分子材料である樹脂には沸点がないため、気体は存在しません。従って水のような三相の状態図はなく、その代わりにPVT曲線が用いられています。また流動性が付与された樹脂においても、一つひとつの高分子は水分子のようには自由に動き回ることはできないなどの理由により熱伝導率が小さく、樹脂材料内部で熱が伝わりにくいです。このことが流動性を付与する工程での制約条件になります。

樹脂材料は金属に比べ融点が低い

樹脂材料は流せる温度幅が狭い

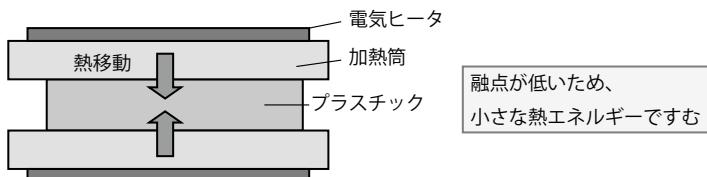
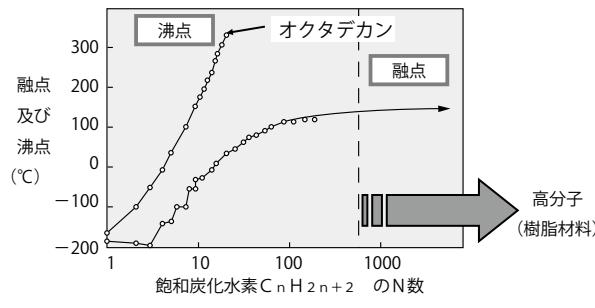


図 2-1 プラスチック材料への流動性の付与する方法



高分子（樹脂材料）では沸騰する前に、熱分解する

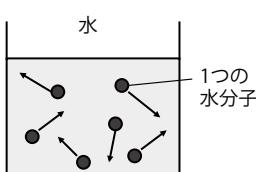


融点と熱分解温度との温度差が小さい

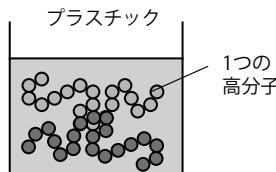


加熱温度幅が狭い・・・流動性を付与する工程での制約条件 1

図 2-2 飽和炭化水素の融点と沸点



激しくブラウン運動する



高分子鎖が互いに絡み合っているため、激しいブラウン運動はしない (49節参照)



熱伝導率が小さい・・・流動性を付与する工程での制約条件 2

図 2-3 流動性が付与されたプラスチックの特徴

Section 3

形にする

～自分の想い通りの形をつくる工程

前工程の高温化による「流す」プロセスで、“流動性を与えられた（流体的性質が高められた）”樹脂材料に、力を加えて所定の形状に成形するのが「形にする」プロセスです。樹脂材料の形状付与の方法は次のように分類できます。(1) 型の三次元形状を転写する方法①雄型と雌型の両型を用いて、両型間に所定の三次元形状（キャビティ）を予め作成しておき、その空間に材料を加圧しながら閉じ込める方法です。射出成形や圧縮成形など。②雌型だけを用い、雌型の表面に材料を加圧しながら張り付ける方法です。ブロー成形や真空成形など。(2) ダイ（絞り口）の二次元形状を転写する方法。流動性のある材料をダイから押し出して、予めダイに作成してある所定の二次元形状を連続的に転写する方法です。押し出し成形、引抜き成形、フィルム成形、紡糸成形など。

これらの中の方法の中で(1)①は、金属の成形プロセスと類似します。射出成形は、アルミダイカストや鉄の鋳造に、圧縮成形は鍛造成形に相当します。しかし(1)①以外の方法は、溶融金属では実現困難で、樹脂材料ならではの工法といえるでしょう。なぜ樹脂材料だけがブロー成形や押し出し成形できるのでしょうか？それは樹脂材料のみが粘弾性挙動を示し、流動性を有している状態においても流体としての性質だけでなく、固体としての弾性的な性質をもっているからなのです。これらの工法は樹脂材料のこの特徴をうまく活かしているのです。

それに対して溶融金属は流体的性質しかなく、ブロー成形しようにも風船の形状ができないため、これらの工法を用いることができません。この形状付与のプロセスにおいて、単に形状をつくるだけではなく、成形品に色々な機能を付加する場合があります。例えばフィルム成形や紡糸成形では、材料の流動する方向に合わせて高分子鎖を配向させることにより、その方向の強度を向上させています。