

微細射出発泡成形 MuCell®

当社は 2010 年に東洋機械金属製 350 トン MuCell 成形機を導入し、技術開発に取り組んで参りました。MuCell®技術の概要と当社における検討結果についてご紹介いたします。

MuCell®は Trexel Inc.の登録商標です。

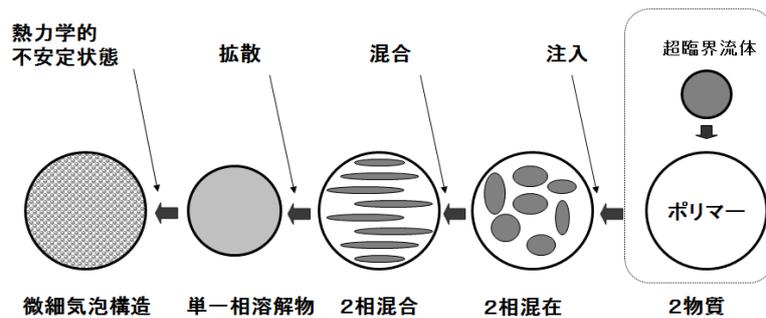
微細射出発泡成形 MuCell の®概要

微細発泡成形は、近年アプリケーションの広がりや技術の複合化により注目を集めている。元々は MIT の産学協同プログラムから生まれたプラスチックの加工技術である。プラスチックの中に μm オーダーの気泡を多数発生させることで軽量化する技術であり、地球温暖化を抑える技術のひとつとして注目されている。欧州では自動車部品への本技術の採用が加速している。

微細射出発泡成形を最も特徴付けるのは発泡剤として超臨界流体（主に窒素）を用いる点である。超臨界状態とは気体を臨界温度・臨界圧力以上にしたときに得られる状態で、気体と液体の区別がなくなった状態である。すなわち、分子運動速度と密度がともに大きい状態である。窒素の場合、臨界温度 T_c は -147.0°C 、臨界圧力 P_c は 3.39 MPa である。超臨界流体を発泡剤として用いる利点は、高圧で溶解させることで溶解量を大きくできることと、流量制御によって添加量を正確に制御できる点にある。

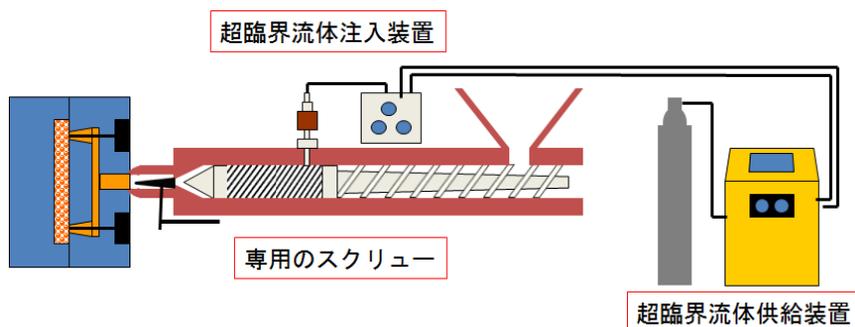
微細発泡の原理は、大量の発泡剤（超臨界流体）を溶融ポリマーに溶かしておいて、急激に減圧して多数の気泡を発生させる手法である。

第 1 の工程は、加熱可塑化されたポリマー（熱可塑性樹脂）に高圧下（通常 $10\sim 24\text{ MPa}$ ）で超臨界流体（通常は窒素）を注入する工程である。溶解量は成形材料にもよるが、通常 $0.1\sim 0.7$ 質量%の範囲である。第 2 の工程は、成形機のスクリー・フライトによる掻き取りで超臨界流体を液滴状にしてポリマーに混ぜる工程である。第 3 の工程は、スクリーによってポリマーと超臨界流体を混合する工程である。第 4 の工程は超臨界流体がポリマー中に拡散して単一相溶解物を形成する工程である。スクリーの回転・後退によって計量された単一相溶解物は、射出開始までの間は発泡剤が分離しないように圧力をかけ続ける。第 5 の工程は、急激な脱圧により微細な気泡を形成する工程である。形成した微細な気泡は冷却されてポリマーが固化することによって固定される。



通常の射出成形とは異なり、微細射出発泡成形のためには図.2 に示すような専用の附帯設備が必要になる。超臨界流体供給装置はポンプから供給されたガスを昇圧して超臨界状態にするとともに、流量制御装置で一定の流速で送り出す装置である。一定の流量は、流量調整デバイスの上流と下流の圧力を制御することにより得られる。

超臨界流体注入装置は射出成形機の計量工程（ポリマーを可塑化しながらスクリーが後退する工程）のみ超臨界流体を流す制御を行う装置である。専用のスクリーは超臨界流体の微細な液滴を形成するための掻き取りゾーンと、ポリマーに分散・混合させるためミキシングゾーンから成っている。



微細射出発泡成形プロセスの利点の多くは気泡の拡大が充填を助けることに由来する。すなわち、通常の射出成形の場合、金型内で冷却固化により収縮する樹脂分は、保持圧力と呼ばれる工程により、高圧（数十 MPa）で追加充填される。いっぽうで、微細射出発泡成形では固化収縮分の体積を気泡の拡大で補うことになる。

気泡の拡大で充填を行うことで、金型内の樹脂圧力を低くすることが可能になる（5～15 MPa）。産業上の利点として挙げられるものには、①軽量化、②薄肉化、③ソリ・ヒケ解消、④寸法精度向上、⑤型縮力低減、⑥成形サイクル短縮等がある。軽量化の割合は同じ製品形状の場合、8～15%程度であるが、微細発泡成形に合わせた製品設計を行うことで更なる軽量化が可能になることもある（例えば、薄肉化との組合せ）。

当社における検討例

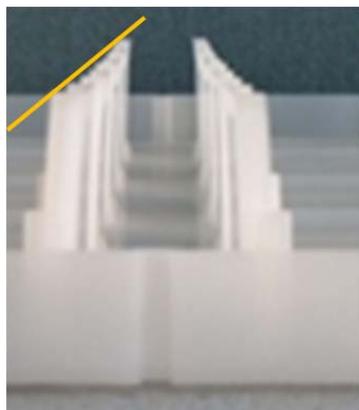
当社における試作結果では、変形抑制、ヒケ軽減、軽量化のメリットが確認されています。



通常成形



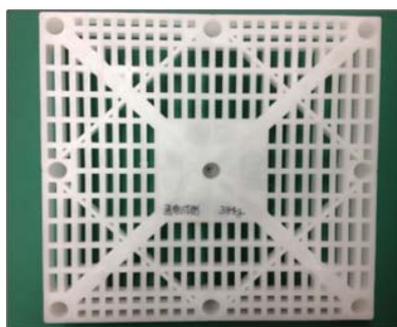
MuCell



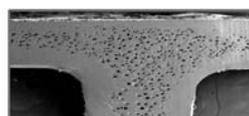
通常成形



MuCell



通常成形
(384g)



MuCell
(301g)