

社外秘

形状記憶ポリマー(SMP)射出及び押出成形上の推奨項目

**Shape Memory Polymer (SMP)  
Guide for Injection/Extrusion molding**

Technical Note

平成 26 年 6 月 20 日



形状記憶ポリマー(SMP)射出及び押出成形上の推奨項目

**Technical Guide for Injection/Extrusion Molding of Shape Memory Polymer for MM type(pellet)**

射出成形法は、最も安易な大量生産法であり、また成形品外観や成形品寸法精度が得られ、複雑形状にも対応が可能な成形法です。(SMP)は熱可塑性のポリウレタン樹脂と同様、樹脂粘度が樹脂温度に応じて敏感に変化します。成形時金型内での樹脂の流動性はよく、大きな射出圧力は要しませんが、当社としての推奨項目をご説明いたします。

**Injection mold is most popular mass production method. Injection molding provides good finish surface and accurate dimension as well as producing a desired shape. Shape Memory Polymer (SMP) is a sensitive material to temperature. Especially its viscosity is very sensitive to temperature. SMP shows good fluidability in a mold, so it does not require high pressure for injection. Following are our recommendation. Please refer.**

**1. 射出成形機/押出成形機 Injection /Extrusion Molding Machine**

形状記憶ポリマーの熔融粘度は滞留時間にも敏感であるので、スクリーシリンダー内での樹脂の滞留が少ない スクリュー形式を推奨します。

- ア) 射出容量：成形品の 1.5 倍以上の容量を持つこと。
- イ) スクリュー L/D：18 以上。ダルメージや、UB スクリュー（三菱重工業の商品名）でも成形可能。
- ウ) スクリュー圧縮比：2～3.5 程度で良い。
- エ) シャットオフバルブ：使用可能であるが、なくても成形可能

It is recommended to select an injection machine, which has a capability having short material residence in a barrel not to degrade the material while is in there.

- a) Injection Volume: Injection volume should be 1.5 times larger than that of production volume.
- b) Screw L/D Ratio: (Flight length of screw)/(outside diameter of screw) =L/D is recommended to be larger than 18.
- c) Compression Ratio ; (Depth of feed section) / (Depth of metering section) is recommended to have 2 to 3.5
- d)

**2. 射出成型 金型 Mold by Injection Molding**

ポリウレタン系熱可塑性樹脂同様の配慮が望ましい。

**As well as thermoplastic Polyurethane, similar care may be necessary.**

**ア) スプール Sprue**

汎用の PP や、ABS に比べ傾斜をやや大きく、長さを短くすることを推奨。テーパは 3～5° とり、長さは極力短くする。

(SMP)は他の樹脂と異なり軟化温度が低くスプール切れが生じ易く、改修・変更を考慮し、スプールを取り外し可能なブッシュ構造にすることを推奨致します

Compared to ordinary plastic like PP or ABS, a shorter Sprue bushing design is recommended. The preferable taper angle of it is 3 to 5 degrees. Because of low softening temperature of (SMP), the sprue demold risk is exist. So it is recommended to take detachable sprue for a modification.

イ) ランナー **Runner**

Φ 5～8 mmを推奨します。角型のランナーでもかまいませんが、やや大きめの抜きテーパを付けて下さい。

If full round runner is taken, it's diameter is recommended to be Φ 5～8 mm. Box designed runner is also feasible, in that case a larger draft taper is recommended.

ウ) コールドスラグ溜り **Cold slug well**

コールドスラグ溜りは必ずしも必要ではありません。しかし、コールドランナー方式の場合にはランナーの末端またはスプールの末端等にコールドスラグ溜りを設けると、より良好な成形品表面品質が得られます。

Use of cold slug well is not always necessary. However in case of cold runner design, cold slug well at the end of runner or sprue is effective to make a product surface smooth.

エ) ゲート **Gate**

(SMP)は熔融時と固化時の密度差は小さいが、Tgを低くしている関係上、ややひけが発生しやすい傾向にあります、最肉厚部の冷却不良部の保持圧を十分印加させるため、金型最肉厚部付近に配置して下さい。

金型内で流動中の樹脂温度が低下すると粘度が増加しやすい傾向にあるので、肉厚 1mm以下の成形品については、ゲート数を増加して下さい。参考値として、肉厚 1 mm程度の流動距離は 70～80 mm程度です。

また、「ひけ」対策として、ゲート断面積を汎用樹脂の 1.5 から 2.0 倍程度を推奨します。

基本的には汎用樹脂で使用される種類のゲートは全て適用可能です。

The desirable gate location is in thicker portion of a mold for a purpose of maintaining the holding pressure.

When the temperature of the melt polymer flow in the mold is low, a viscosity of the material is increased. So in the case of a mold product having a thickness less than 1-mm, it is recommended to increase the number of gates. For your reference, flow length of it is estimated about 70 to 80 mm. A gate sectional area of 1.5 to 2.0 larger compared to ordinary polymer is preferable in order to reduce bubbles, voids.

Basically any gate type used for popular plastics can be applied to (SMP).

#### ウ) キャビティ **Cavity**

(SMP)は成形品取出時の変形がそのまま形状記憶される場合もあります。成形品機能や用途を考慮のうえ、アンダーカットの採否を決定して下さい。

離形に対しては、他のウレタン樹脂同様、わずかに抜き勾配をつけて下さい。

成形品の突き出しはエア吹出し、突き出しピン等一般的手法で問題ありません。

成形サイクル短縮の為、ガラス転移温度以上で突き出す場合、突き出し抵抗が大きいと、成形品が変形したまま形状記憶される場合があります。これを避けるため、汎用樹脂の1.5倍程度 離形ピンの数を増加するか、又は抜き勾配を増加して下さい。

Due to the shape memory character of (SMP), the deformations created during the ejection process tend to be memorized. When it is required to eject at the temperature above glass transition temperature of the material (Tg), number of ejection pins having more than 1.5 times for ordinary polymer as well as larger draft angle of the cavity are recommended

#### エ) ガス抜き溝 **Venting**

ガス抜き溝の深さは1/100～3/100mm程度にして下さい。ガスの滞留しやすい部分については、金型部品の子入れ方式を推奨します。

The depth of a gap for venting shall be 0.01 to 0.03mm. The existence of the insert may alleviate trapped air problem.

#### オ) 冷却孔 **Cooling**

(SMP)はゴム状領域温度と成形環境温度が近く、金型から取出す成形品をガラス転移温度以下に冷却する必要があるため、金型の冷却能力が要求されます。特にスプール下端で直径の大きな部分の冷却能力を上げるよう工夫して下さい。

Large cooling capacity is required, because the ejecting product is cooled down to the temperature lower than the Tg. Especially cooling capacity around the down stream position of sprue having a large diameter is desired to be increased

### 3. 原料(ペレット)の除湿乾燥 Dehumidification of raw material (pellet)

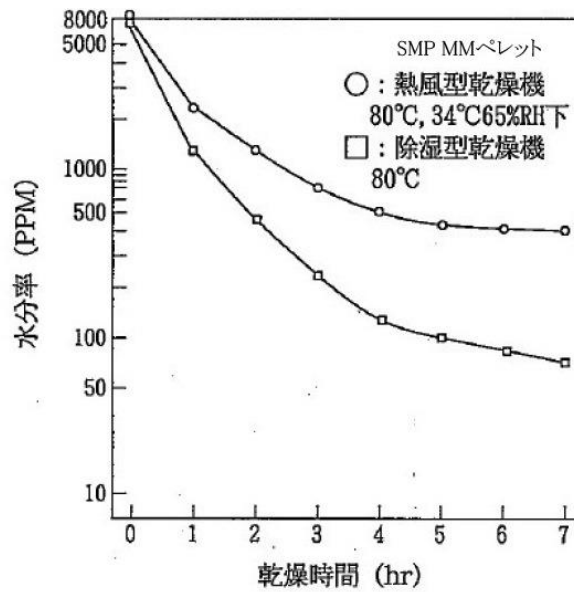
300ppm 以下の水分量を乾燥で保ってください。

除湿乾燥機で 80°CX4 時間乾燥下さい。

またはポッパードライヤーを使用すればより一層効果的です。

Please keep below 300ppm moisture concentration by drying.

It is recommended at 80 C X 4 Hours by dehumidify dryer (with chiller).



SMP MMペレットの乾燥特性 (80°C空気中)

### 4. 成形条件 Suggestion for injection /Extrusion mold

#### ア)成形収縮率 Shrinkage

射出成形後の金型寸法に対する収縮率は、0.4~0.6%程度です。

サイクル短縮のため、表皮だけがガラス状態で成形品内部がゴム状態に取り出した場合、成形収縮率が数%に達する場合があります。

また、夏季等環境温度がガラス転移温度 (T<sub>g</sub>) 以上に達する場合は成形品取り出し後において残留応力が開放され、やや収縮率が大きくなる傾向にあります。

Mold shrinkage of the products after injection is estimated about 0.4 to 0.6%  
In order to shorten an injection cycle, large shrinkage of several percent may result in, when a product is ejected out before its core is cool down at the temperature lower than the T<sub>g</sub> of a material.

In summer if the room temperature is above the T<sub>g</sub>, du to the release of residual stresses, large heat shrinkage also may occur.

#### イ) 成形温度 Melt temperature

射出成形に適した樹脂温度は 205℃～215℃程度です。成形品の肉厚が2mm程度以下においては加熱収縮率を小さくする為、高め、5mm以上ではひけ、ボイド防止の為 低めにしたほうが良い結果が得られます。

一般に射出容量10オンス(約300g)程度以下の射出成形機の場合、スクリーシリンダー先端部の温度と樹脂温度が同程度になります。シリンダー設定温度例を以下に示します。(例示の温度はTgに関係なく共通です。)

スクリー基部(原料ホッパ部)	: 160℃～180℃
スクリー中間～先端部	: 190℃～210℃
ノズル部	: 195℃～205℃

The desirable melt temperature of SMP for injection mold is 205 to 215 degrees C. Smaller shrinkage will be obtained with higher melt temperature for a product of thinner than 2 mm. In case of thicker than 5mm, lower melt temperature is better to avoid an appearance of void and babbles.

The recommended temperature profiles of injection machine smaller than 10 oz (about 284g) are as follows

Feed section : 160 to 180 °C

1st transition section and metering section: 190 to 210 °C

Nozzle : 195 to 205 °C

#### ウ) 射出速度 Injection speed

肉厚が2mm以下では、金型内での樹脂の冷却速度が大きくなるため高速に充填。シルバーストリークのような成形品表面の外観不良が発生するようでしたら射出速度を下げてください。表面外観不良が改善されなければ、シリンダー温度を5℃程度下げてください。

Higher injection speed should be selected for thin product such as 2 mm thick less, that is easy to get higher cooling rate and then the filling material is rapidly cooled. If there is surface defect such as silver streak in the product, slower speed is required. If it is not right remedy for short shot or surface defect, it is recommended to set the barrel temperature lower by 5-10 degree Celsius.

#### エ)射出保持圧時間 **Holding time**

射出保持圧時間を汎用樹脂の1.5～2倍程度長く取ります

1.5 to 2 times longer holding time is recommended compared to ordinary plastic.

#### オ)スクリーュー背圧 **Screw back pressure**

スクリーュー背圧は、スクリーュー形状や圧縮比等により変更すべきですが、樹脂チップ間の空気を抜くため樹脂圧で5Mpa程度かける必要があります。

但し、10Mpaを越さないで下さい。

For the purpose of air vent among pellets, about 5Mpa is required. However the screw back pressure should not exceed 10Mpa

#### カ)金型温度 **surface temperature**

ガラス転移点(Tg)より、5～10℃程度金型の表面温度が低くなるよう、冷却水量、冷却水温を調整して下さい。

ガラス転移点(Tg)が25℃～35℃のグレードを使用される場合、金型の表面温度が20℃以下になるようにして下さい。これらの場合、金型表面に露結が生じない手段をとるようにして下さい。

The surface temperature of the mold is preferably adjusted at 5 to 10 °C lower than the Tg temperature of Shape memory polymer (SMP). In case of utilizing the material of which Tg temperature is lower than 35 °C, the surface temperature of the mold should be lower than 20 °C. In this case, some care must be taken to avoid dew on the cavity surface.

## 不良現象と対策 Troubleshooting Guide and Remedy

不良現象 Trouble	対策 Remedy
ショートショット short shot	シリンダー設定温度（樹脂温度）を上げる <b>Increase melt temperature</b> 各ゾーン5℃程度順次昇温する <b>Increase the temperature in the barrel about 5 °C in each sections in order</b>
	金型冷却機使用の場合、金型の設定温度を上げる。但しT <sub>g</sub> より5℃～10℃低くする。 <b>In case of cooling tool is used, the temperature to be set in the machine shall be lower than T<sub>g</sub> by 5 to 10 °C</b>
	射出速度を上げる <b>Increase injection speed</b>
	射出速度が確保されない場合は、射出圧力を上げる <b>or Increase boosting pressure</b>
	ガス抜き不良（金型パーティング面が先に充填され袋小路になる）によるショート・ショットも場合、射出速度の低下、又は多段射出速度のパターンを変更する <b>In case of short shot due to the luck of gas ventilation, decrease injection speed.</b>
ひけ Voids	射出保持時間を長くする。 <b>Increase holding time</b>
	バリに注意し、射出保持圧力を上げる <b>Increase holding pressure</b>
	金型温度の設定を上げる <b>Increase the mold temperature</b>
	シリンダー設定温度を下げる <b>Decrease the temperature in the barrel</b>
	肉厚1mm程度の成形品では冷却速度が速いため、ひけが発生する可能性がある、この場合は射出速度を上げる <b>In case of the rapid cooling rate for thin product, increase injection speed</b>
フローマーク 表面肌荒れ 表面のくもり Flow mark Surface imperfection Surface bloom	シリンダー設定温度上げる <b>Increase melt temperature</b>
	スクリュウ背圧を上げる <b>Increase back pressure</b>
	スクリュウ回転数を下げる <b>Decrease rotation speed of screw</b>
	表面のくもり部分の射出速度を下げる <b>Decrease injection speed for a part of Surface bloom</b>
シルバー Silver streaking	樹脂の乾燥度を上げる。 <b>Dry material to the extent of vapor contents is less than 300ppm</b> <b>In this case, usually dehumidified dry are is used</b>
	樹脂の熔融温度下げる <b>Decrease melt temperature</b>
	スクリュウ回転数を下げる <b>Reduce screw RPM</b>



<p>シルバー Silver streaking</p>	<p>スクリー背圧を樹脂圧で 5Mpa – 10Mpa 程度にする <b>Desirable back pressure is 5-10Mpa</b></p>
	<p>ノズル温度を下げ、鼻タレを防止する <b>Reduce nozzle temperature to avoid the drooling out of the nozzle.</b></p>
	<p>サックバック量を 5 mm程度以下にする <b>Reduce suck back stroke to be smaller than 5 mm</b></p>
	<p>金型の水漏れ、汚れがないか確かめる <b>Eliminate the water leak from mold and clean the mold surface</b></p>
	<p>ピンゲートタイプなら、射出速度を下げる <b>In case of pin gate, reduce injection speed</b></p>
<p>気泡 Bubble</p>	<p>樹脂の乾燥度を上げる。 <b>Dry material to extent of vapor contents is less than 300ppm In this case, usually dehumidified dry are is used</b></p>
	<p>樹脂の熔融温度下げる <b>Decrease melt temperature</b></p>
	<p>射出保持圧を上げる <b>Increase holding pressure</b></p>
	<p>射出保持時間を延長する <b>Increase holding time</b></p>
	<p>射出速度を上げる <b>Increase injection speed</b></p>