

高性能ポリアミド樹脂

Reny™

成形編

0. 射出成形編	3
1. 射出成形方法	3
1-1. 成形機	
1-2. 材料の予備乾燥	
1-3. 成形条件の設定材料の予備乾燥	
1-4. 不良現象の原因とその対策	
2. 再生材の使用	11

0. 射出成形編

レニーは、三菱ガス化学が世界にさきがけて開発したポリアミドMXD6を主成分として成る、複合成形材料の総称です。

ポリアミドMXD6は、メタキシリレンジアミン（MXDA）とアジピン酸とから得られる結晶性の熱可塑性樹脂であり、ポリアミド6やポリアミド66とは、多少性質が異なります。

成形性は、ポリアミド6、ポリアミド66と近似しておりますが、ポリアミドMXD6固有の性質に基づいて、その条件を適正に選ぶ必要があります。

最近、成形機の高性能化、成形及び金型技術の進歩などによって、個々には高度な技術を駆使して成形する場合がありますが、ここでは、レニーの一般的な射出成形について述べます。

1. 射出成形方法

1-1. 成形機

レニーは、プランジャータイプ、スクリュープリプラタイプ、インラインスクリュータイプのいずれの成形機でも成形できますが、インラインスクリュータイプが最も一般的です。

成形機としては、次の仕様を有している事が望まれます。

- 1) スクリューヘッドには、逆流防止リングがついている事。逆流防止リングがついていないと、樹脂が逆流し、ヒケや寸法のバラツキの原因となります。尚、レニーは、ガラス繊維強化のグレードが主体となっていますので、逆流防止リング、スクリュース及びシリンダーは、耐摩耗仕様になっているのが望ましい。
- 2) ノズルはオープンタイプで、加熱用バンドヒーターが巻かれ、温度制御ができる事。
- 3) 鼻タレ防止にバルブ付のノズルを使用する場合は、スプリング式ニードルノズルが一般的です。尚、バルブ式のノズルは、樹脂の滞留部が多く、焼け等の原因になりますので、注意を要します。又、最近の成形機には、強制的にスクリュースを後退させるサックバック機構が装備されていますので、これを使用すればバルブ付ノズルは不要です。尚、鼻タレが著しい場合には、材料の水分によることが多いのでその場合は、ペレットの乾燥が必要です。

1-2. 材料の予備乾燥

レニーの25kg入袋は、アルミニウム/ポリエチレンで完全にシールされていますので、開封直後のペレットは、特に乾燥する必要はありません。

開封されたペレットをそのまま放置しますと、吸湿が進み乾燥が必要となります。

ペレットの吸湿は、材料を放置する環境条件によって異なりますが、一例を図1に示します。

吸湿したペレットを再乾燥する際は水分率が0.3%以下になる迄乾燥することが好ましく、乾燥条件はペレットの吸湿状態にもよりますが、熱風乾燥機で、80℃・12時間程度の乾燥を行ってください。除湿機付き乾燥機の使用は、乾燥効率を高めます。

尚、熱風乾燥の場合は、90℃以上での乾燥は酸化着色の原因となるおそれがありますので、ご注意ください。

真空乾燥は、酸化着色と乾燥時間の短縮に有利で、この場合には、120℃・3時間程度の乾燥を行ってください。

図2に乾燥時間とペレット水分率の例を示します。

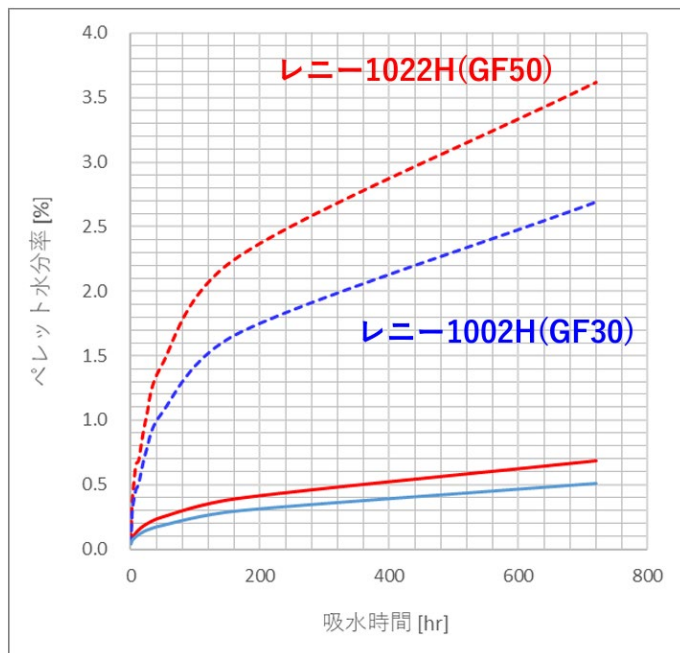


図1 ペレット吸水曲線

実線：23℃50%RH

破線：40℃95%RH

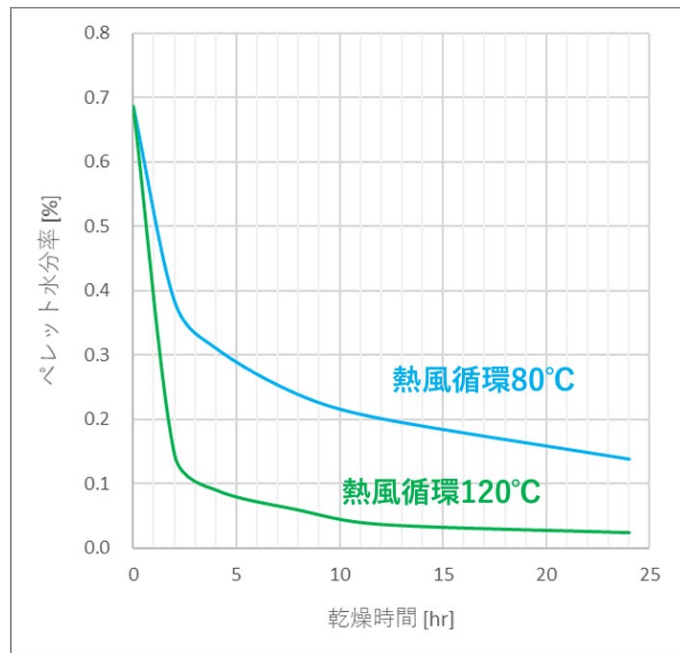


図2 ペレット乾燥曲線

グレード：レニー1002H(GF30)

1-3. 成形条件の設定材料の予備乾燥

レニーの射出成形における条件を以下に記します。実際の成形においては、材料の流動性、成形収縮率、寸法精度、金型構造を考慮する必要があり、これらは金型製作前に検討することが望まれます。

(1) 樹脂温度

ポリアミドMXD6は、243℃の融点をもつ結晶性高分子材料です。その為、樹脂温度は245～290℃の範囲で成形可能ですが、250～270℃の範囲が一般的です。

尚、約300℃より分解が生じますので、300℃以上の樹脂温度はさけて下さい。
 一般に樹脂温度は、加熱筒の設定温度より、10～20℃程度上昇する場合があります。これは、スクリー回転によるせん断発熱に起因するもので実際の成形に当たっては、空射した熔融樹脂を温度計で測定し、設定温度と樹脂温度との関係を調べておく事が望まれます。

表1に成形機のシリンダーに材料を滞留させた時の性能変化を示します。60分間程度の滞留では、性能に大きな変化はありません。

表1 成形機シリンダー内の滞留時間と引張特性の変化

滞留時間 分	1022H			1501AH		
	引張強度 保持率	引張伸び 保持率	引張弾性率 保持率	引張強度 保持率	引張伸び 保持率	引張弾性率 保持率
	%	%	%	%	%	%
1	100	100	100	100	100	100
30	100	100	100	100	100	100
60	99	96	99	99	94	98

樹脂温度：280℃

(2) 射出圧力

射出圧力は、金型構造や他の成形条件等を考慮して設定する必要があります。

レニーの成形では、金型温度は130℃程度の比較的高い温度を推奨しています。レニーは、流動性に優れていますので、成形条件によっては、バリが発生する事があります。1次圧力だけの成形は避けて、2次圧、3次圧を使用して、バリの発生を抑えるようにしてください。

(3) 金型温度

金型温度は、レニーの成形にとって最も重要な因子の1つです。

金型温度としては、150℃の範囲まで成形可能ですが、90℃以下の金型温度ですと、成形品は急冷されて、成形品の表面は無定形状態となり、ガラス繊維が浮き出したような状態になります。

金型温度を120～150℃にしますと、成形品は十分結晶化し、ナチュラル色の場合には乳白色となり、表面も光沢のあるきれいな外観を呈するようになります。

表2にレニーの代表的グレードの、金型温度75℃と金型温度130℃での成形品の物性を示します。

性能的には、金型温度の高い方が多少良い傾向にありますが、常温での物性値に大きな差はありません。

但し、成形品の結晶化が不十分ですと、上述の外観不良に加え、吸水率の増加や高温時の物性低下等に繋がり、実使用時においてレニー本来の性能を発現できなくなる恐れがありますので、注意が必要です。

表2 レニー代表グレードの金型温度と物性

グレード	単位	1002H		1022H		1501AH	
		75	130	75	130	75	130
金型温度	℃	75	130	75	130	75	130
比重	g/cm ³	1.43	1.44	1.65	1.65	1.54	1.54
引張強度	MPa	177	178	226	228	181	183
伸び	%	2.1	1.9	1.9	1.8	2.2	2.1
引張弾性率	GPa	11.6	11.7	16.3	17.5	11.8	12.2
曲げ強度	MPa	228	235	330	335	255	261
曲げ弾性率	GPa	10.8	11.0	16.4	16.8	11.3	11.4
圧縮強度	MPa	206	225	218	231	213	228
圧縮弾性率	GPa	6.6	7.2	8.3	9.4	7.2	7.5
アイゾットノッチ付衝撃強度	J/m	78	76	110	120	83	77
アイゾットノッチなし衝撃強度	J/m	380	330	880	900	570	480
引張衝撃強度	kJ/m ²	103	92	198	178	124	74
ロックウェル硬度	Mスケール	111	112	110	111	109	110
荷重たわみ温度 (1820KPa)	℃	220	222	221	226	220	221
テーパー摩耗量	mg	28	25	43	33	34	28
吸水率 (20℃ 24Hr)	%	0.57	0.20	0.42	0.18	0.48	0.22
成形収縮率 (102Φ×3.2mmt円板)	%	0.53	0.55	0.42	0.44	0.50	0.52

特に薄い成形品を低い金型温度で成形しますと、内部まで急冷されて結晶化度が十分に上がらず、低い熱変形温度の成形品となりますので、注意が必要です。薄肉成形品の場合は、130℃程度 of 金型温度で成形してください。

やむをえず、低い金型温度で成形しなければならない時は、その成形品を130℃で30～60分間程度加熱処理をして、結晶化度を高めることができます。しかし、その場合、結晶化の進行にともない、寸法変化及び変形が生じる事がありますので、ご注意ください。

低金型温度成形品に対する熱処理の効果を表3に示します。

表3 低金型温度成形品の熱処理と荷重たわみ温度

グレード	金型温度 ℃	熱処理条件	荷重たわみ温度 ℃
1002H	50	なし	78
	50	130℃/1時間	178
	130	なし	182
1022H	50	なし	85
	50	130℃/1時間	182
	75	なし	95
	75	130℃/1時間	186
	130	なし	185

試験片厚み：1.6mmt

試験荷重：1.82MPa

成形品外観については、すでに述べましたが、光沢のあるきれいな成形品を得る為には、金型温度は120℃以上が必要で

す。しかし、薄肉成形品の場合、高い射出圧力で成形しますと、80～90℃程度 of 金型温度でも、光沢のある成形品が得られる事があります。これは、高い射出圧力によって金型表面が転写されたのにすぎず、十分結晶化していないため、数日後、光沢が失われる事があります。このような状態は、成形直後の成形品を水の中に投入したり、あるいは130℃の熱風循環乾燥機に数十分間放置すると、光沢が失われることで確認することができます。

金型の加熱方式は、熱媒循環式が望ましい。

金型加熱の要点は、

- (a) 金型を所定の温度に維持する事。
- (b) 金型内の温度分布を均一に制御する事。
- (c) 樹脂によって運ばれてきた熱を除去する事。

であり、カートリッジヒーターによる加熱は簡便的ではありますが、温度調節精度に難がありますので注意してください。

又、高温金型成形では、金型と成形機の金型取付板の間に断熱版を挿入する事が望まれます。

レニーの成形の場合、金型温度は、安定した寸法精度、成形品物性を維持する為にも最も重要であります。

(4) 射出速度

射出速度は、樹脂の流動性、外観（バリ、フローマーク、ヒケ、表面カスレ）等を考慮に入れて適宜調節すれば良く、表面状態は、高速の方が良い結果を与えます。

(5) 背圧

材料の分散を良くしたり、成形品の気泡を抑えたり、あるいは計量精度を高めるために適宜背圧をかけて頂く必要がありますが、あまり高い背圧をかけると、ガラス繊維が短くなり、性能が低下する事がありますので、注意して下さい。

(6) 成形サイクル

成形サイクルは、

- (a) 射出時間
- (b) 保圧時間
- (c) 冷却時間
- (d) 中間時間等でコントロールされます。

射出工程は、ゲートシール時間完了まで、保持することが望ましいです。

ゲートシール時間は、ゲート断面形状、金型温度、樹脂温度等により変化する為、成形品重量や、成形品寸法が一定範囲におさまるような射出時間を見い出す必要があります。

1-4. 不良現象の原因とその対策

レニーの成形において現れる、成形不良現象の原因とその対策は、表4に示す通りです。

表4 不良現象の原因とその対策

不良現象	原因	対策
銀条（シルバーストリーク）	ペレット中の水分	ペレットを80°Cで12時間程度乾燥する。
変色	樹脂の加熱 又は、滞留時間の長すぎ	樹脂温度を下げる。 小容量成形機の使用。 シリンダー、ノズルの滞留嵌合部の点検。
局所的な変色又は、焼け	金型内の脱気不十分。 空気の断熱圧縮による発熱。	金型合わせ面にベントをつける。
局所的なガラス繊維の浮出し	同上	同上
光沢面とガラス繊維の浮出し面がまばら	金型温度が100°C前後ないし、それ以下であることによる結晶化不十分。	金型温度を130°C程度に上げる。
暗黒色又は、黒色の点又は、小片の混入	異物の混入。 シリンダー内壁に徐々に形成された分解樹脂被膜の剥離。	樹脂の貯蔵、ホッパー仕込みに注意する。 シリンダー内壁の清掃。
ヒケ又は、内部の気泡	冷却の際の収縮が保圧によって十分補われていない。	保圧時間を長くする。 保圧を高くする。 肉厚をなるべく薄くする。 ゲートを肉厚の厚い部分につける。 クッション量を取る。 樹脂温度を下げる。
バリ	型締力不足。 射出圧力の高すぎ。 射出速度の速すぎ。 金型の摩耗、型材の硬度不足。 樹脂温度の高すぎ。	型締力の増加。 射出圧力、保圧の低減。 射出速度の低減。 金型の修正、更新。 樹脂温度を下げる。
ウエルドマーク	樹脂が合わせ目に達するまでに冷却してしまう。	樹脂温度、金型温度を高くして高速射出する。 ゲートを拡大する。
フローマーク (ジェッティング)	早く流入して冷却した樹脂又は、金型に衝突して冷却した部分が溶融樹脂によって、再び押し流される。	ゲートを拡大する。 ゲート位置を変更する。 スプルー、ランナーにコールドスラッグの溜をもうける。

不良現象	原因	対策
離型不良又は、離型の際の変形 (成形品が柔らかい)	<p>高い離型力を必要としている。</p> <p>金型と成形品との間が減圧になる。</p> <p>離型力が成形品と金型との密着部分に十分に作用していない。</p> <p>成形品が離型の際、十分結晶化又は、冷却していない。</p> <p>樹脂温度の高すぎ。</p>	<p>樹脂圧の減圧。</p> <p>抜きテーパーをつける。</p> <p>金型を良くみがく。</p> <p>金型に減圧をやぶる箇所をつける。</p> <p>突き出しピンを増加する。</p> <p>冷却時間を長くする。</p> <p>金型温度を130°C程度に上げるか、80°C以下に下げて冷却固化させる。</p> <p>樹脂温度を下げる。</p>
充填不足	<p>樹脂温度の低すぎ。</p> <p>流路の固化の速すぎ。</p> <p>金型温度の低すぎ。</p> <p>肉厚の薄すぎ。</p> <p>各キャビティの充填がそろわない。</p> <p>材料供給不足。</p>	<p>樹脂温度を上げる。</p> <p>流路の拡大。</p> <p>金型温度の昇温、射出圧力及び射出速度の増加。</p> <p>肉厚の増加。</p> <p>流路の変更又は、拡大により同時充填をはかる。</p> <p>計量値の増加。</p>
成形品の破損脆化	<p>ノズル温度の低すぎ。</p> <p>型温の低すぎ、射出圧の高すぎ、著しい肉厚分布の相違等に基づく内部残留応力の発生。</p> <p>ノッチ効果。</p> <p>加熱分解。</p> <p>異物の混入。</p>	<p>ノズル温度を高め、コールドスラッグを除く。</p> <p>射出圧、保圧の調整、肉厚分布の均一化をはかる。</p> <p>金型のシャープコーナーに丸味をつける。</p> <p>加熱部の温度を下げる。</p> <p>シリンダー、ノズルの分解清掃。</p>

2. 再生材の使用

成形時にできるスプルー、ランナー等を破碎し、繰返して使用した場合の強度変化の保持率を表5～7に示します。再生材使用による強度低下は少なく、連続した繰返し使用ができます。

再生材使用にあたっては、成形直後、破碎して使用する場合を除いて、十分乾燥して使用して下さい。

<再生条件> ※UL規格が適用されるグレードは、個別の認可を受けた場合を除き、再生率上限は25%

再生回数0：100%バージン材再生回数1：100%バージンの成形品を粉碎した材料50%とバージン材料50%をブレンドして使用

再生回数2：上記再生回数1の成形品を粉碎再生した材料50%とバージン材料50%をブレンドして使用

再生回数3以降：上記再生回数2の繰返し

表5. レニー1002Hの再生材使用時の物性 (強度保持率 %)

再生回数		0	1	2	3	5
引張	強度	100	98	97	97	96
	伸び	100	97	98	95	95
	弾性率	100	106	102	103	104
曲げ	強度	100	99	98	96	97
	弾性率	100	98	98	99	98
圧縮	強度	100	97	100	96	98
	弾性率	100	98	101	94	100
アイゾット衝撃強度		100	93	93	92	91

表6. レニー1501AHの再生材使用時の物性 (強度保持率 %)

再生回数		0	1	2	3	5
引張	強度	100	97	95	93	94
	伸び	100	101	99	96	102
	弾性率	100	103	99	101	97
曲げ	強度	100	97	98	96	95
	弾性率	100	97	97	98	97
アイゾット衝撃強度		100	93	93	92	97

表7. レニー1022Hの再生材使用時の物性 (強度保持率 %)

再生回数		0	1	2	3	5
引張	強度	100	96	94	94	94
	伸び	100	97	97	100	100
	弾性率	100	96	100	96	93
曲げ	強度	100	98	98	96	97
	弾性率	100	99	99	98	98
圧縮	強度	100	106	106	105	103
	弾性率	100	100	100	100	97
アイゾット衝撃強度		100	90	89	90	87