

ザイダーは前述のように液晶ポリマー (LCP) として知られる全芳香族ポリエステルの一種で、耐熱性に優れ、しかも優れた流動性を持つ熱可塑性樹脂です。

以下にザイダーの射出成形についての一般的な指針を示します。

5-1 乾燥

ザイダーは成形温度が非常に高いポリエステル系の材料であり、成形時には微量の水分が樹脂の加水分解を引き起こし、分子劣化による諸物性の低下、分解ガス発生による膨れ、粘度低下によるハナタレ等の原因になります。したがって、成形前にはペレット表面の水分を除去するため十分な乾燥が必要です。

乾燥温度と乾燥時間の目安を表5-1に示します。グレードにより乾燥時間は異なりますが、棚式熱風乾燥機またはホッパードライヤーで表5-1の通り乾燥することにより十分な乾燥状態を得ることが可能です。また、連続乾燥時間は24時間以内を目安に管理することを推奨します。

表5-1 標準乾燥条件

フィラー種	グレード例	乾燥条件
ガラス、 ガラス/無機フィラー	NE-121, HM-402, HM-302, MG-350, G-340	130°C以上 4~24時間
ガラス	NX-101, RC-210, FC-110, G-445, G-430, G-330	150°C以上 4~24時間
無機フィラー、 ガラス/無機フィラー	FSR-315, M-450, MG-450, M-350, CM-325, CM-521	150°C以上 8~24時間

5-2 成形機の種類

ザイダーはスクリーインライン式、スクリーブリプラ・プランジャー式など様々なタイプの射出成形機が使用できます。

射出成形機の大きさは1ショットの容量がシリンダー容量の30%~70%の範囲に入ることが望ましいです。成形品に対して大きな容量の機械で成形する場合は、シリンダー内での滞留時間が長くなり樹脂の劣化の原因となりますので、サイクルタイム、クッション量の短縮等の樹脂劣化を防ぐ対

策をする必要があります。一般にザイダーの成形は高速で充填した方がよい結果を得られますので、油圧式の場合はアキュムレータ付、電動式の場合は高トルクモーターの成形機を推奨します。また精密成形には射出のくり返し精度の良い成形機が適しております。

型締力は成形品の投影面積1平方センチ当たり300~600kgfが必要です。

5-2-1 スクリュー

ザイダーの成形には、L/D比20~24:1、圧縮比約2.5~3:1といった標準的なスクリーを使用することができます。ザイダーの多くはガラス繊維や無機充填材を含んでいますので、スクリーやシリンダーは耐摩耗仕様にするを推奨します。また、400シリーズよりも高温タイプを成形する場合は高温耐熱仕様にする必要があります。

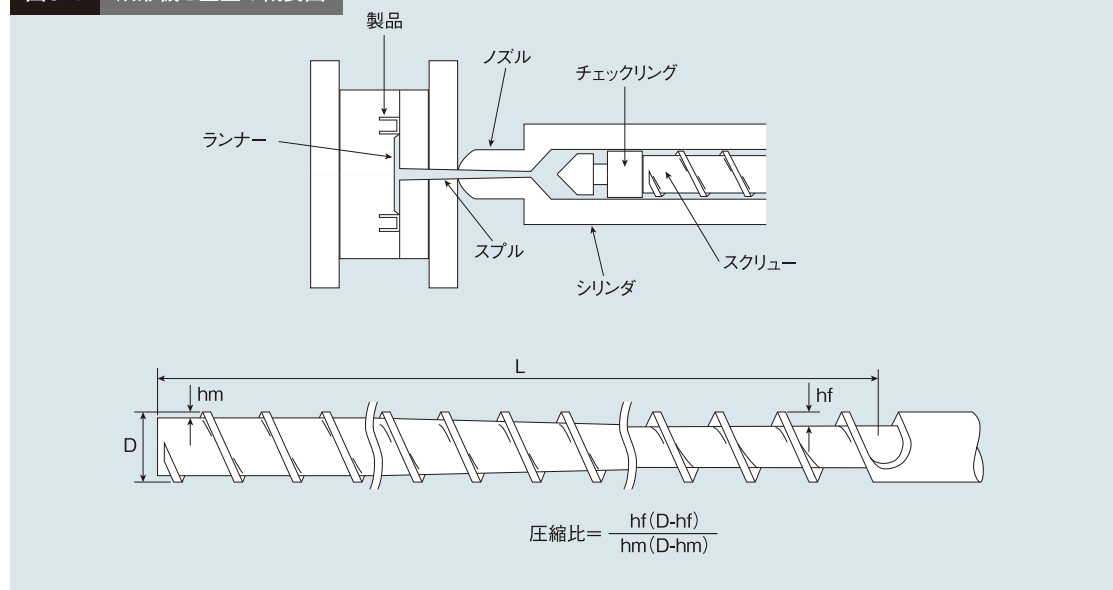
インラインスクリーでの樹脂の逆流防止には逆流防止リングタイプを使用することを推奨します。スクリー先端部品は滞留スペースが少ない単純な形のものが適しております。

5-2-2 ノズル

ザイダーはオープンタイプのノズルで良好な成形が可能です。シャットオフタイプのノズルは、樹脂を滞留させてしまうスペースが多いため好ましくありません。

またノズルでの溶融物の固化、過熱を防ぐため、ノズルには独立温度制御の付いたヒーターを取り付けることが好ましいです。

図5-1 成形機と金型の概要図



5-3 金型設計

液晶ポリマーであるザイダーは収縮率にも異方性があります。その程度はザイダーのグレードや部品の形状によって異なりますので、金型設計においてはこれらを考慮することが必要です。金型の製造においては、修正し易い方向で最初に制作し、成形品の寸法を見ながら微調整を加えることが实际的です。

ザイダーは流動性に優れるため、非常に複雑な金型形状でも薄肉部分でも容易に充填することができます。薄肉部分は剛性を加えるためにフランジ、リブで強化することもできます。シャープコーナーには可能な限りRをつけ、成形品の衝撃強度の低

下を防ぐようにしなければなりません。ウエルド部は強度の低下が起こり易いので、金型設計においてウエルド部がなるべくできないようにゲート位置、製品寸法等に注意する必要があります。

ザイダーには金型への腐食性はありませんが、成形温度が高く、充填材の中には金型を摩耗させるものも含まれていますので、ショットの数の少ないテスト用の金型以外では、適切な鋼材を選び、焼き入れなどによる硬化処理が必要です。

また金型温度を高く設定する場合には、金型取付板と金型の間に断熱板を取り付けることが必要です。

5-3-1 スプル、ランナー

スプルは標準的な1.5～4mm径のものが推奨されます。スプルロックの形状は逆テーパ型またはZピン型が好ましく、Zピン型の場合は切り欠け部分の断面積を大きくすることをお勧めします。スプルエンドには必ずコールドスラグ溜りを設ける必要があります。

ランナーの断面形状は円形、台形、楕円形いずれも使用可能です。ザイダーは流動性に極めて優れるため一般のエンプラに比べて細いランナーで成形可能です。すぎるランナーはサイクルタイムの長期化のみならず成形品の品質を悪化させる原因にもなります。成形可能な範囲でできるだけ細くすることがサイクルタイムの短縮、樹脂使用量の

抑制、成形品品質の向上に効果的です。具体的なランナー径は成形品の形状、取り数等により異なったものとなりますが、成形品重量が0.3gを切るような小物部品の場合、2.0mm程度の径が一般的です。金型作成の際は最初は細く作り成形の具合を確かめながら徐々に太くしてゆくことが实际的です。

液晶ポリマーでは多数個取り金型におけるランナーバランスについて他の樹脂以上に配慮する必要があります。ランナーの分岐はトーナメント方式等を取り入れ、できるだけ各キャビティーまでのランナー長が等しくなるようにしてください。

5-3-2 ゲート、ベント

ザイダーの射出成形には殆どの形式のゲートが使用できますが、ザイダーはダイスウェルが小さいのでジェットング現象が起こらないよう、ゲートの形式や位置を注意することが必要です。サイドゲート、ファンゲート、フィルムゲート等のように比較的広い空間に向けて樹脂を射出するようなケースでは特に注意が必要です。ゲートの厚みは成形品厚みの50%以上、ゲートの幅は少なくともゲート厚の2倍はとることが必要です。またピンゲートやサブマリンゲートのように流入樹脂が金型壁にぶつかり、ジェットングの恐れが少ないケースで

は、一般にむしろ細めのゲート径を推奨します。液晶ポリマーは熔融粘度のせん断速度依存性が高いため、ゲート径の細い方が流動しやすくなることもあるからです。最適ゲート径は成形品の大きさ、形状により異なりますが0.5mm程度が一般的です。ランナーと同様初めは細く、具合を見ながら掘り増しすることが实际的です。

またガス抜きはパーティング面を利用したエアベントが適当で、溝の深さ0.01～0.03mmとすることを推奨します。

5-3-3 成形収縮率

ザイダーの成形収縮率を表5-2に示します。流動方向への配向が強いため流動方向(MD方向)の収縮率は小さい値を示しますが、それに対して直角方向(TD方向)の収縮率はやや大きい値を示します。この異方性は充填材の種類により異なり、一般に無機フィラー入りグレードは小さくガラスファイバー入りグレードは大きな値を示します。また、成形収縮率の成形条件依存性を図5-2に示

しますが、成形条件にはあまり影響を受けません。金型設計において、製品形状が複雑で流れ方向が入り乱れるような場合は流動方向と直角方向の収縮率の平均値を用いることを推奨します。しかし製品の形状によって収縮率は変化しますので、厳しい寸法精度を要求する製品については試作金型を作り収縮率を測定しておくことが必要です。

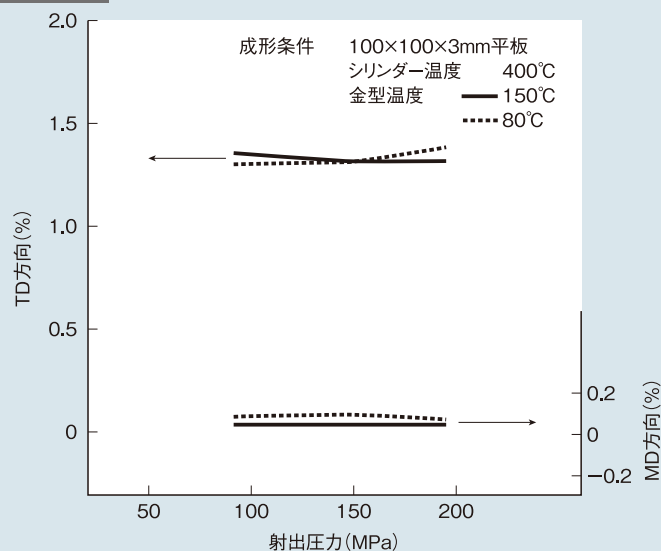
表5-2 ザイダーの成形収縮率

(単位:%)

グレード	MD	TD	金型温度
NX-101	-0.26	0.76	150°C
RC-210	-0.27	0.93	
FC-110	-0.25	1.42	
NE-121	-0.19	1.52	
G-430	-0.26	1.17	120°C
G-445	-0.14	1.09	
HM-402	-0.07	0.51	
MG-450	-0.10	0.73	
M-450	-0.08	0.42	
G-330	-0.13	0.86	80°C
G-340	0.01	0.43	
HM-302	-0.01	0.37	
MG-350	0.00	0.52	
M-350	0.01	0.35	
CM-325	-0.07	0.91	
CM-521	0.08	0.79	

成形品は100×100×1mm フィルムゲート

図5-2 FC-110の成形収縮率



5-4 成形時の注意事項

ザイダーの射出成形における一般的な注意事項を次に記します。
安全かつ良品成形のためにご利用願います。

5-4-1 昇温

一般に、成形機ノズルはシリンダーより先に所定温度に到達しますので、ノズル内部の樹脂の熱劣化防止のため同期昇温設定にするか、ノズル温度を低めに設定し、ノズルの高温待機時間を削減して下さい。
ザイダーの成形温度は高いため、成形機内に残存している樹脂が劣化や炭化する場合がありますので、昇温後は直ちに成形を開始してください。

5-4-2 成形開始時

成形開始に先立ち、パーージを行ってください。
パーージ方法は射出パーージを推奨します。計量値20mm程度、射出速度は速い方が効果的で(100～150mm/secを推奨)、15～20回程度行ってください。
推奨成形条件を参考に成形を開始して下さい。

5-4-3 成形品採取と開始

成形品は成形データ(サイクル時間、クッション、射出ピーク圧力など)が安定してから採取して下さい(10ショット程度)。
条件変更する場合は充填状態安定後に行ってください。サイクルが不安定な状態での条件変更は成形毎の溶融状態などが変化するため、得られた結果の信頼性が問題となる場合があります。

5-4-4 成形中断と再開

何らかの理由で成形が停止した場合はノズルを下げて、5～10ショット程度射出パーージをしてから成形を再開し、成形データが安定してから製品を取りはじめて下さい。

5-4-5 成形終了及び材料の切り換え

成形を終了する場合は次に成形する樹脂によって対応が異なります。

- 次回もザイダーの同じ銘柄を成形する場合
 - (1)材料供給ホッパーからザイダーを取り除きます。
 - (2)シリンダー内に残留しているザイダーをすべて押し出し、スクリュウ最前進位置で停止します。
- 今回は別の材料を成形する場合
 - (1)材料供給ホッパーからザイダーを取り除きます。
 - (2)シリンダー内に残留しているザイダーをすべて押し出します。
 - (3)中空成形用の高密度ポリエチレン(目安として:MFR<0.1g/10min)で射出パーージします。この時、パーージ樹脂から大量の発煙が予想されますので換気に十分配慮願います。
 - (4)ザイダーが出てこなくなったらパーージ完了です
 - (5)シリンダー温度を次に成形する樹脂の温度に設定します。
 - (6)所定の温度まで低下するのに時間がかかる場合は、成形機内の樹脂劣化を防止するため、約2分間隔で高密度ポリエチレンでのパーージをしてください。
 - (7)シリンダーが設定温度に達したら、次の樹脂で成形を開始してください。

なお、高密度ポリエチレンに変えてザイダーの成形温度に見合ったパーージ材を使用することも効果的です。その場合の手順はパーージ材指定の方法に準拠されることをお勧めします。

5-5 成形条件

表5-3にザイダーの一般的な射出成形条件を示します。成形品の形状や製品に要求する特性によって成形条件は多少異なってきますが、通常の成形機を使用して短い成形サイクルで成形が可能です。

表5-3 ザイダーの一般的な成形条件

グレード		300シリーズ	400シリーズ	RC,FCシリーズ	NX-101
シリンダー温度(°C)	後部	300~340	320~350	350~380	350~380
	中部	320~350	340~370	370~400	370~400
	前部	340~360	370~390	390~420	400~430
ノズル温度(°C)		340~360	370~390	390~420	400~430
金型温度(°C)		40~120	60~150	100~170	100~170
射出圧力(MPa)		30~120	40~120	40~120	40~120
射出速度		中~高速	中~高速	中~高速	中~高速

5-5-1 温度設定

最初に温度設定する場合は、シリンダー、ノズルは上記温度範囲のうち高めの温度、金型温度は低めに設定し、樹脂の流れ具合や成形品の外観等を見ながら設定を変え最適条件を見つける必要があります。

なおシリンダー後部(ホッパー下)の温度があまり高すぎますと、ペレットのくい込み不良が起こりやすくなります。またノズル温度が高すぎますと鼻たれを起こしやすくなりますので注意が必要です。

5-5-2 射出圧力と射出速度

成形品品質は一般に圧力制御より速度制御にて成形した方が良好となります。最適条件はグレード、成形品形状および金型設計により異なりますが、射出速度は一般に速めが好適です。成形機(特にオープンループ制御の成形機)によっては、射出圧力を低すぎる設定にすると設定速度ま

で達しないことがありますので、設定速度に見合った設定としてください。保持圧力および切替位置の設定に際しては、それぞれ弱め、早めに設定し、徐々に条件をきつくる方向で追い込むことが一般的です。

5-5-3 可塑化

ザイダーは油圧式成形機の場合背圧をかけずに可塑化することができますが、電動式成形機の場合は30～40MPaの背圧が必要となります。スクリュール回転数は一般に80～100rpm程度の回転数で可塑化することができますが、計量時間の短

縮を計るため回転数をさらに上げることも可能です。しかしガラスの繊維が充填されたグレードでは、あまり早い回転数では繊維の切損が起こり強度の低下を招く恐れがありますので注意が必要です。

5-5-4 滞留時間

滞留による機械的特性の変化を表5-4に示します。成形温度が高いため滞留による物性変化が起

こり易いので、基本的には滞留した樹脂はすべてパージすることが好ましいです。

表5-4 滞留による機械的特性の変化(相対値)

グレード名	成形温度	滞留時間 (秒)	引張強さ (%)	引張弾性率 (%)	IISノッチ無し (%)
G-430	シリンダー:390℃ 金型:120℃	70	100	100	100
		140	100	102	96
		380	99	111	88
		620	91	110	77
G-330	シリンダー:350℃ 金型:80℃	70	100	100	100
		140	98	102	101
		380	92	99	92
		620	89	92	93
MG-350	シリンダー:350℃ 金型:80℃	70	100	100	100
		140	95	100	98
		380	94	98	94
		620	93	98	96

5-6 流動性

図5-3にザイダーのせん断速度 1000sec^{-1} における見かけ粘度の温度依存性を示します。射出成形を行う温度範囲では、ザイダーは非常に低粘度となりますので、他のエンブラに比べて優れた流動性を示します。また、結晶性樹脂よりも、高せん断速度領域において粘度低下率が大きいため、薄肉部での充填性に優れます。更にザイダーは固化

速度が速いため、バリが出にくいといった射出成形に非常に有利な特性も兼ね備えております。これはザイダーが液晶性を持つため、熔融状態と固化状態の相変化に要するエネルギー、すなわち固化エネルギーが他の結晶性ポリマーと比べてかなり小さいことに起因します。

図5-3 見かけ粘度の温度依存性

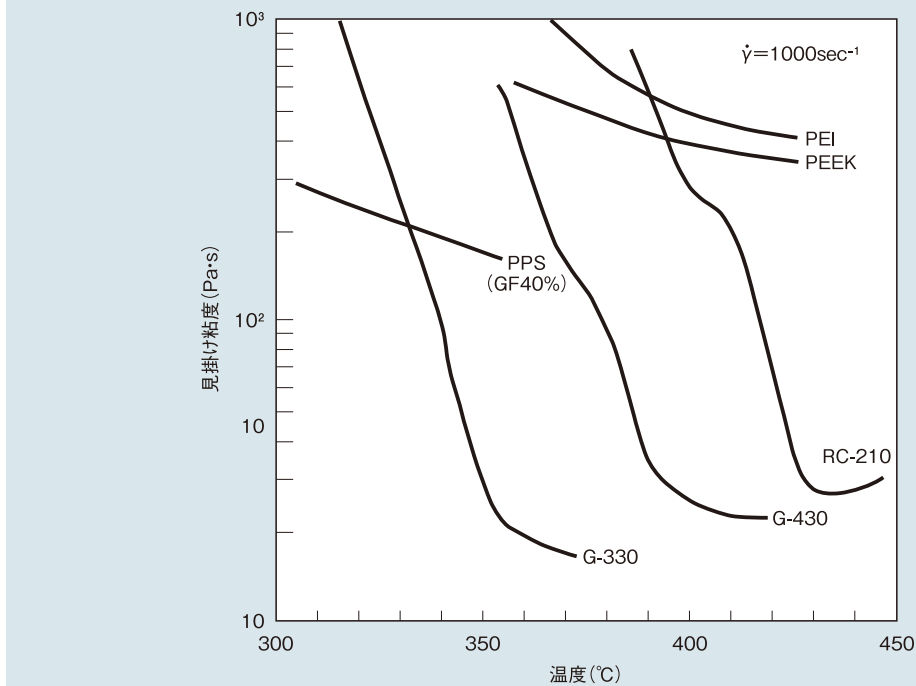


図5-4 にザイダーの射出流動長の圧力依存性を、図5-5 に射出流動長の成形温度依存性を示します。この高流動性のため、ザイダーは超薄肉成

形性に優れ、複雑な形状の部品にも容易に対応可能です。

図5-4 流動長の射出圧力依存性

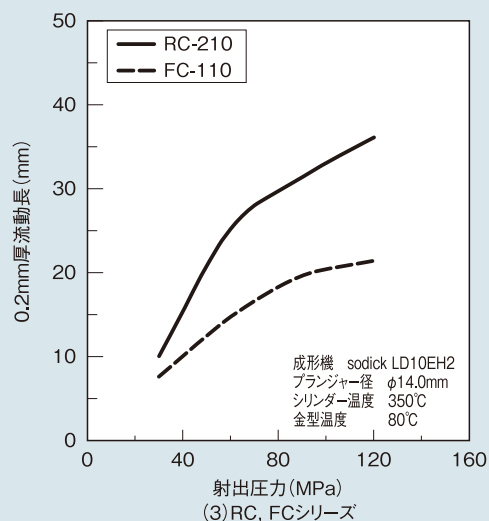
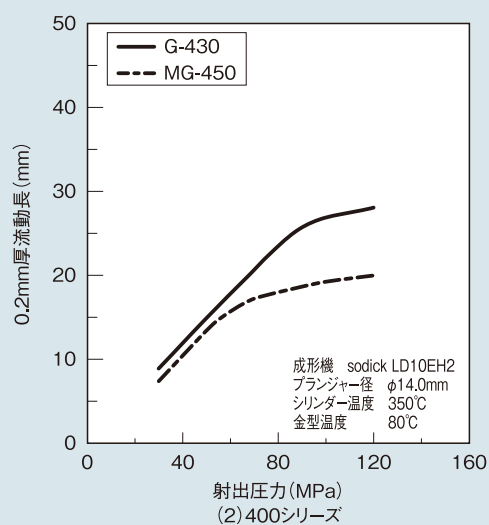
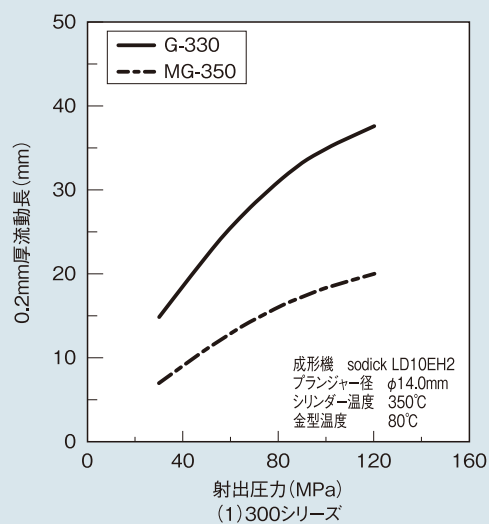
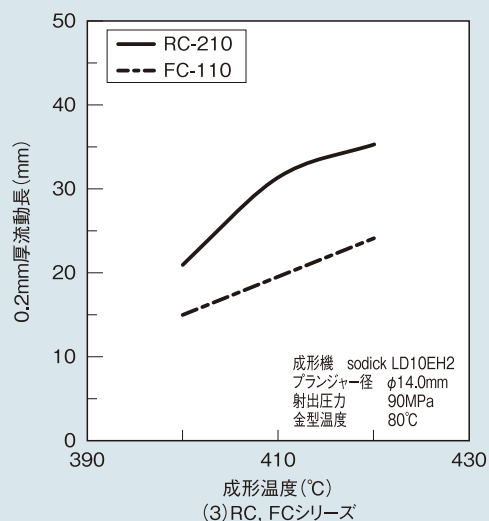
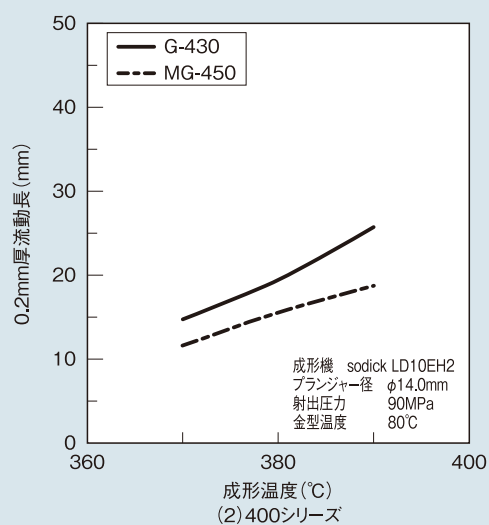
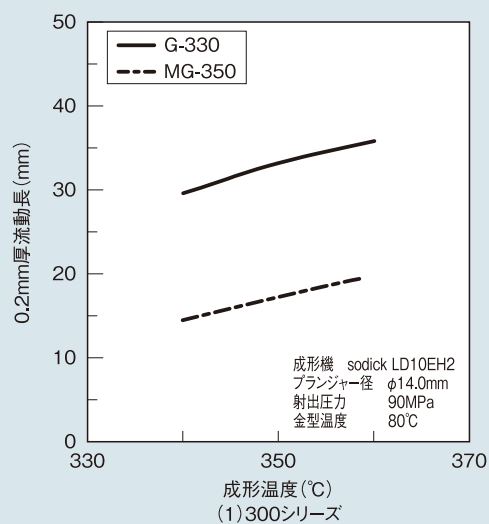


図5-5 流動長の成形温度依存性



5-7 ウェルド強度

液晶ポリマーのウェルド強度は、他の結晶性樹脂に比べて、ウェルド部とウェルドなしの強度差が大きい傾向にあります。表5-5にウェルドなしとウェルド部の強度を比較した例を示しますが、適切なゲート位置や製品設計を行うことによりウェル

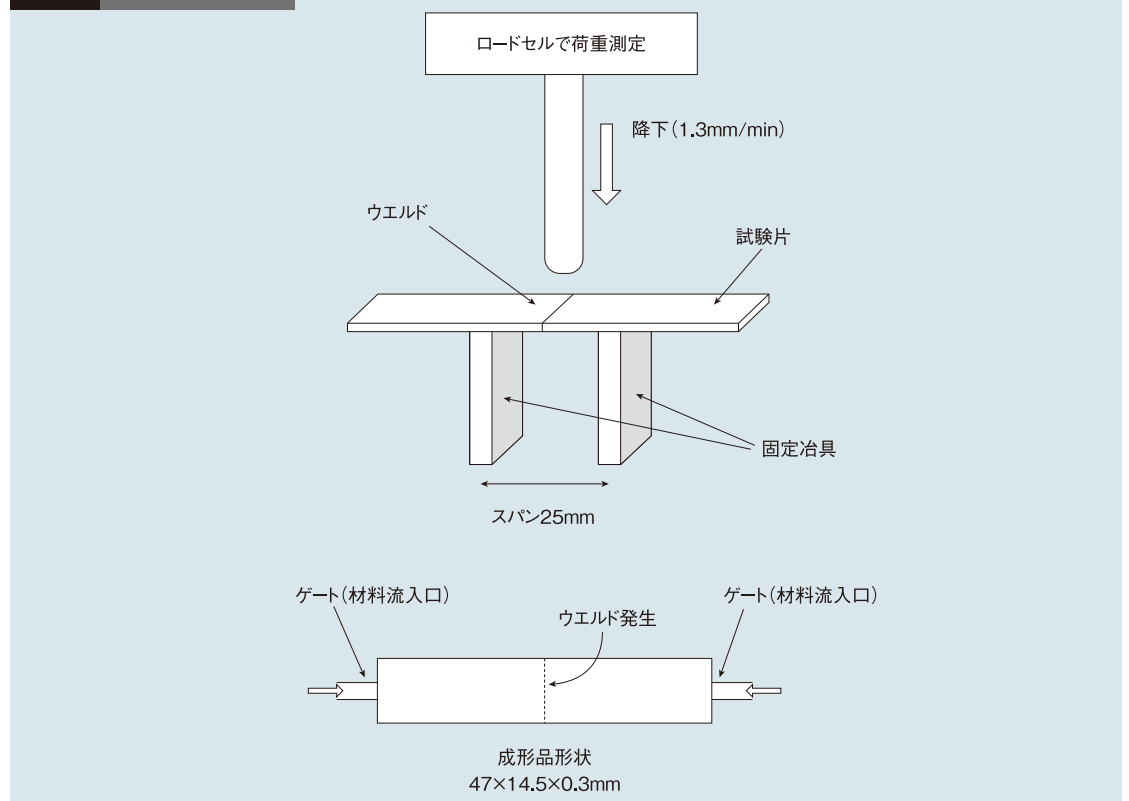
ド強度の改善は可能です。

弊社では、成形品に相応しゲート位置の提案を行っておりますので、個々のケースにつきましては、お問い合わせ下さい。

表5-5 ウェルド部の曲げ強さ

グレード	ウェルド強度 (MPa)
G-340	63
HM-402	63
HM-302	61
RC-210	43
FC-110	46
G-330	34
M-450	39
MG-350	45
M-350	35
CM-325	32
CM-521	36

図5-6 ウェルド強度測定



5-8 再生材の使用

ザイダーは熱的に安定した樹脂ですので再生材の使用が可能です。図 5-6 に新材による成形品の物性を 100 とし、100% 再生を 5 回繰り返したときの物性の変化を示します。アイゾット衝撃強さ (IIS) は再生を繰り返すことにより徐々に低下していきませんがその他の特性については実用上十分な特性を保持しております。また外観については再生を繰り返すことにより変色してきます。

良好な IIS や外観また安定した流動性を得るためには、図 5-7 に示すように再生材は全体の 25% 程度の量で使用されることを推奨します。

しかしこの場合、滞留による変色や汚れのあるスプル、ランナー、成形部品は使用しないようにしなければなりません。安定した成形品を得るためには再生材の混合割合は一定にする必要があります。

図5-7 再生による物性変化

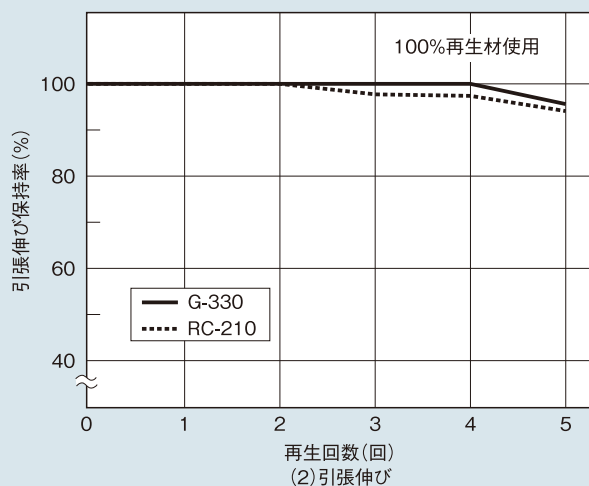
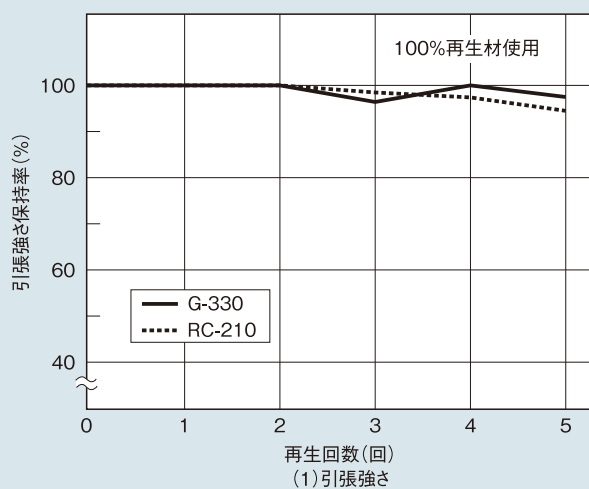


図5-8 再生による物性変化

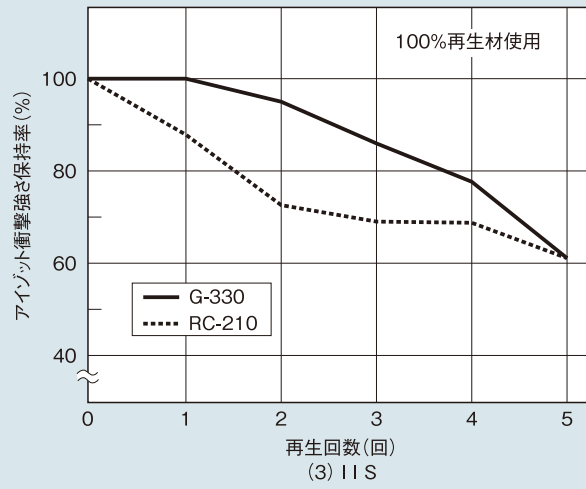
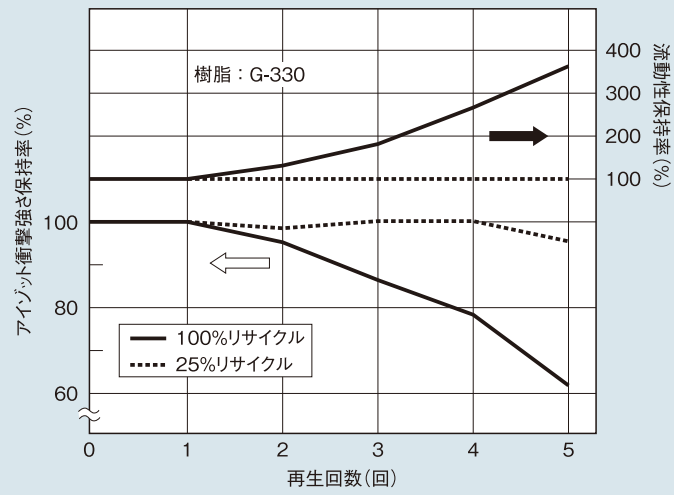


図5-9 再生材使用量の影響



5-9 成形不良対策

ザイダーの成形で、発生が予想される成形不良に対する対策を、表 5-6 に示します。

表5-6 成形不良対策

現象	原因	成形条件による対策	装置(成形機、金型)による対策
1. ふくれ	・エア巻き込み	・射出速度を下げる	・エアイベントをつける
	・分解ガス	・材料を乾燥する ・熱劣化を抑制する ・サイクルタイムを短くする ・シリンダー温度を下げる	—
	・表面剥がれ	・初期型開速度を下げる ・突出し速度を下げる ・金型温度を下げる ・冷却時間を延ばす	—
2. フローマーク	・ジェットティング	・射出速度を下げる	・ゲートの位置を変更する
	・流動性不十分	・シリンダー温度を上げる ・金型温度を上げる	—
3. ウェルド	・流れの合流	・エアイベントが十分な場合は射出速度を上げる ・エアイベントが不十分な場合は射出速度を下げる	・ゲート位置を変更する ・樹脂だまりをつける ・エアイベントをつける
4. クラック	・空気、ガスの巻き込み	・射出速度を下げる	・エアイベントをつける
5. そり	・配向 ・残留応力	・樹脂温度を上げる ・射出速度を上げる ・射出ピーク圧力を下げる	・ゲート位置を変更する
6. バリ	・過充填	・充填量を減らす ・射出ピーク圧力を下げる ・保持圧力を下げる ・射出時間を短くする	—
	・型締力不足	—	・投影面積に合った成形機にする ・投影面積に合った型締力にする
	・金型不良	—	・パーティング面を調節する ・ガイドピン、リターンピンなどの合わせをよくする
7. ガスヤケ	・金型内エアの急圧縮	・充填末端の射出速度を遅くする	・エアイベントをつける
8. モールドデポジット	・固化不足 ・金型への過剰な密着 ・劣化樹脂の金型付着	・金型温度を下げる ・冷却時間を延ばす ・射出ピーク圧力を下げる ・熱劣化を抑制する	・エアイベントをつける ・金型表面に離型コーティング