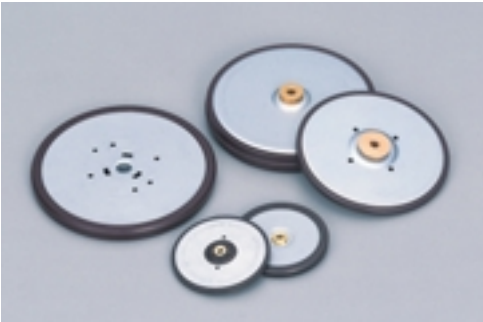
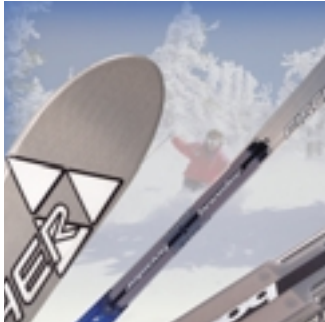
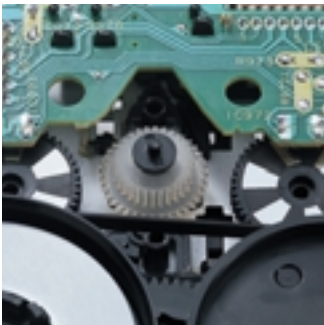




Injection Molding



目次 Contents

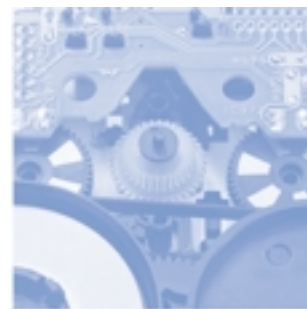
はじめに	3
. 成形前の準備	4
1. ダイアミド、ベスタミドの吸水性	4
2. 予備乾燥方法	5
. 成形条件	6
1. 成形条件の設定	6
2. 成形収縮率	10
3. 不良対策	18
4. 再生使用	20
. ダイアミド、ベスタミドの摺動特性	22
. 付 図	26

ダイアミド、ベスタミドとは、ナイロン12樹脂を主体とするエンジニアリングプラスチックで、優れた性能とバランスの取れた物性を持つ結晶性の熱可塑性樹脂です。

ナイロン12樹脂は、その化学構造上極めて強靱な機械特性を持ち、しかも吸水率が小さいため物性及び寸法が安定し、工業材料として非常に適した素材となっています。また、融点が178℃、分解点は300℃を越えているため、成形温度領域が広く、極めて成形しやすい樹脂といえます。

ダイアミド、ベスタミドの特徴

1. 吸水率が小さく（ナイロン6の約1/6）、吸水による物性及び寸法の変化が極めて小さい。
2. 消音特性に優れている。
3. 摩擦、摩耗特性に優れている。
4. 耐薬品性、耐油性に優れている。
5. 耐候性に優れている。
6. 耐寒性に優れている（脆化温度 約-70℃）。



Preparation

成形前の準備

1. ダイアミド、ベスタミドの吸水性

ナイロン12をベースとするダイアミド、ベスタミドはナイロングループの中では最も吸水率の低い樹脂であり水中での平衡吸水率は約1.5%(ナイロン6、ナイロン66の約1/6)です。
しかしながら、実際の成形に際しては他のナイロン樹脂と同様に銀条、ポイドなどの成形不良を防止するために充分乾燥されている必要があります。

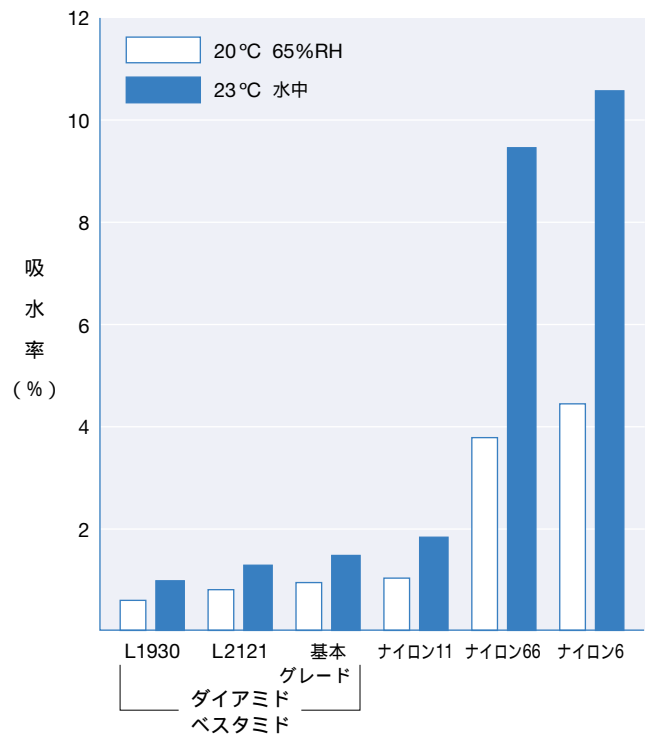


図 1. 各種ナイロンの吸水性

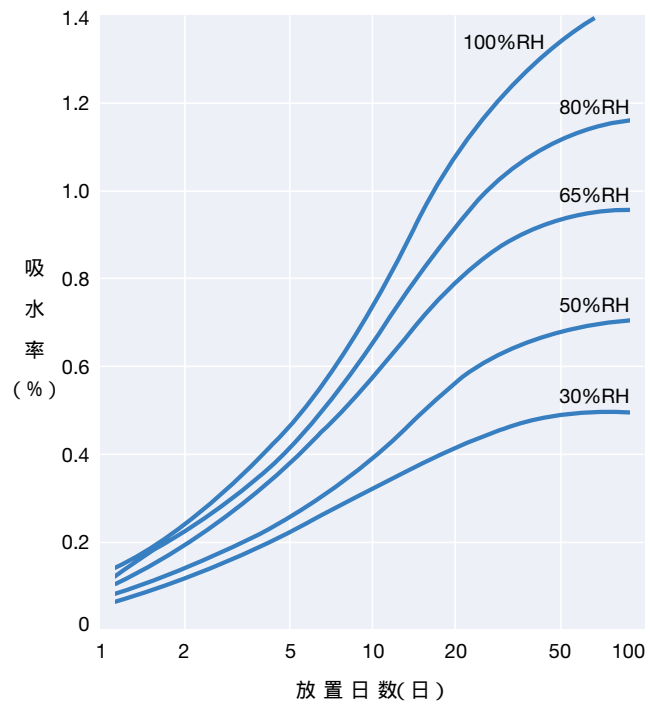


図 2. ダイアミド、ベスタミドの吸水性

弊社から納入致します製品は予め乾燥処理を行い、吸水率を0.12%以下に保つよう防湿袋に梱包しています。従って開封直後にご使用いただく限り予備乾燥は必要ありません。しかし、開封後おおむね一日以上放置された場合は放置条件にもよりますが吸水率は0.2%から0.3%に達し、そのまま使用されると成形不良を生じる恐れがあります。一旦開封され、一日以上放置された樹脂は予備乾燥を充分行った上でご使用ください。

2. 予備乾燥方法

一般的な注意点

- 1) 一般的な乾燥条件は 80 ~ 90 (多湿の時期は 100 程度) で 3 ~ 4 時間程度です。
- 2) 乾燥時間は乾燥機周辺の湿度等の影響を受ける場合があります。 外気の湿度の影響を受けにくい除湿エア-循環式乾燥機の使用を推奨します。
- 3) 熱履歴 (温度、時間、局所加熱) によっては機械物性には大きな影響は出ませんが、若干黄色くなって外観上問題となる場合があります。実際には使用する乾燥機での確認が必要です。
- 4) 高すぎる温度設定、局所過熱、オーバーヒート等によりペレットがブロッキングを起こす場合があります。設定温度を確認の上、過加熱防止装置を 120 ~ 140 程度に設定していただければ安心してご使用いただけます。

ダイアミド、ベスタミドの乾燥は通常の熱風乾燥機(トレイ式乾燥機)、ホッパー式乾燥機を用いて行う事が出来ます。

以下に乾燥機のタイプに応じた乾燥条件、注意点について説明致します。

熱風乾燥機 (トレイ式乾燥機)

熱風乾燥機 (トレイ式乾燥機) を使用する場合、底がメッシュのトレイを使用することが好ましいですが、そうでない場合はペレット間のエア-循環が充分行われるよう層高をできるだけ薄く (好ましくは 3cm 以下) にしてください。

乾燥条件は乾燥機のエア-循環量と容量によっても異なりますが、除湿エア-を循環させる場合は 80 から 90 の温度で約 3 時間から 4 時間程度、除湿エア-を使用せず夏季の湿度の高い場合は 90 から 100 と通常より少し高めの温度で乾燥を行ってください。この際、若干黄色味を帯びる事がありますが機械物性等に大きな影響はありません。

ホッパー式乾燥機

ホッパー式乾燥機はトレイ式乾燥機に比較してペレット間のエア-循環が効率的に行われる為乾燥スピードは速くなりますが、乾燥条件はおおむねトレイ式乾燥機と同様の条件を適用する事ができます。

ホッパー式乾燥機を使用する場合、オーバーヒートには細心の注意を払ってください。ペレット温度が 150 を超えた状態で長時間ホッパー中に放置されると、ペレットがブロッキングを起こしホッパーから取り出せなくなる恐れがあります。加熱防止機の温度を 150 以下好ましくは 130 以下に設定してください。

図-3 にはペレットの乾燥速度に関するデータを示します。

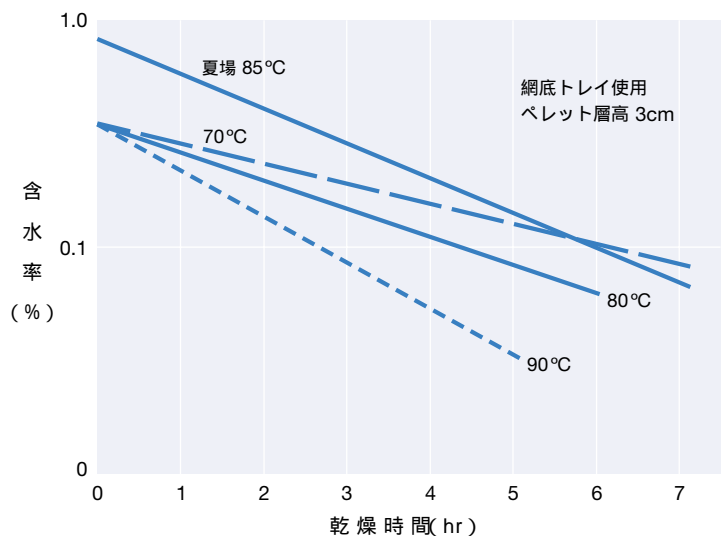


図 3.
ダイアミド、ベスタミドの
乾燥速度

II. 成形条件

1. 成形条件の設定

ダイアミド、ベスタミドは、通常使用されているすべてのタイプの成形機で成形可能ですが、ノズル部の樹脂漏れ(はなたれ)、糸引きを防止するためにはシャットオフ式ノズルを装備した成形機の使用をお勧めします。ナイロン12をベースとするダイアミド、ベスタミドは結晶性樹脂であり融点はグレードにより異なりますが約160℃～180℃の範囲にあります。成形温度の設定に際しては各グレードの融点を確認の上、シリンダーC2、C3、ノズルの温度は低くても融点より10℃前後高い温度になるように設定してください。

表1に代表的なグレードに関して標準的な成形条件を示します。更に、参考までに代表グレードの熔融粘度を図-5～9に示します。

表1. 主要グレードの成形条件の設定例

グレード	融点 ()	成形可能 温度領域	C1 ()	C2 ()	C3 ()	A ()	N ()	M ()
L1640 L1743	180	190～240	170～180	190～220	200～220	200～220	190～210	～50
L1940 X1988	180	200～300	190～220	210～240	220～240	220～250	210～240	～50
L2140	180	220～300	200～220	220～250	230～250	230～250	220～240	～50
L1724K L1724KH	170	180～240	150～180	180～220	180～220	180～220	170～210	～50
E47	160	180～280	170～190	180～220	200～220	200～220	190～210	～50
E55	165	190～290	170～190	190～230	200～230	200～230	190～220	～50
E62	170	210～300	180～200	200～230	210～230	210～230	200～220	～50
EX9200	180	200～300	190～220	210～240	220～240	220～250	210～240	～50
L1930 L1965J L1960T	180	220～300	180～210	220～260	230～260	230～260	220～250	60～80

図4. シリンダーの構造

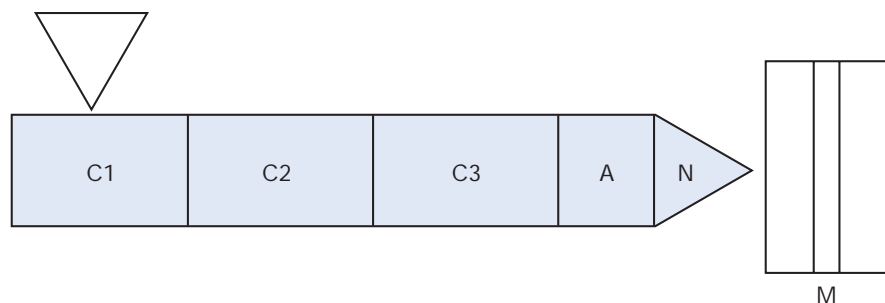


図 5 ~ 9 の溶融粘度はキャピラリーレオメーターを用いて測定しました。

一般的な射出成形は樹脂の溶融粘度が 100 ~ 1000 Pa·s となるように条件設定が行われます。

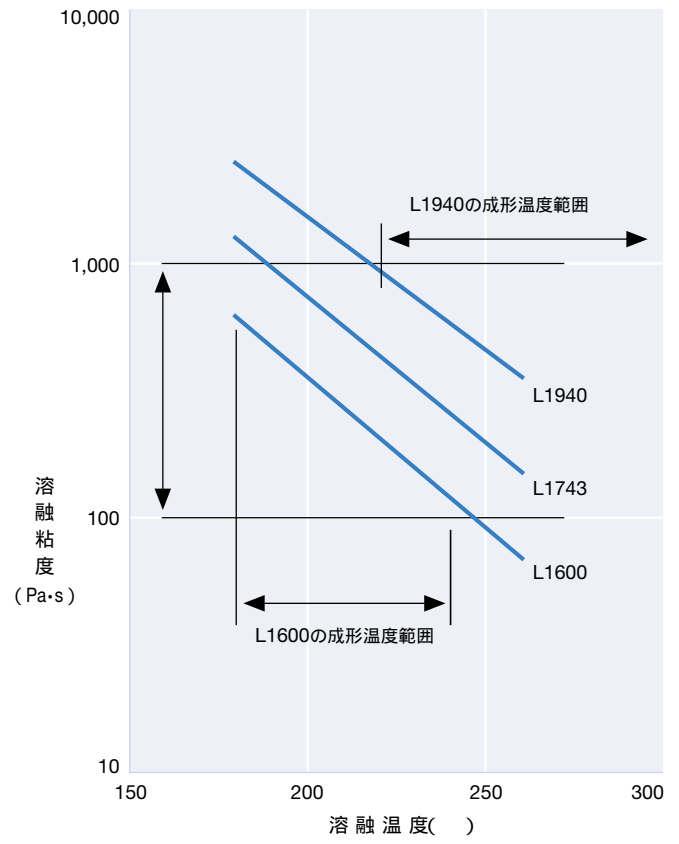


図 5.
基本グレードの溶融粘度 (PA12)

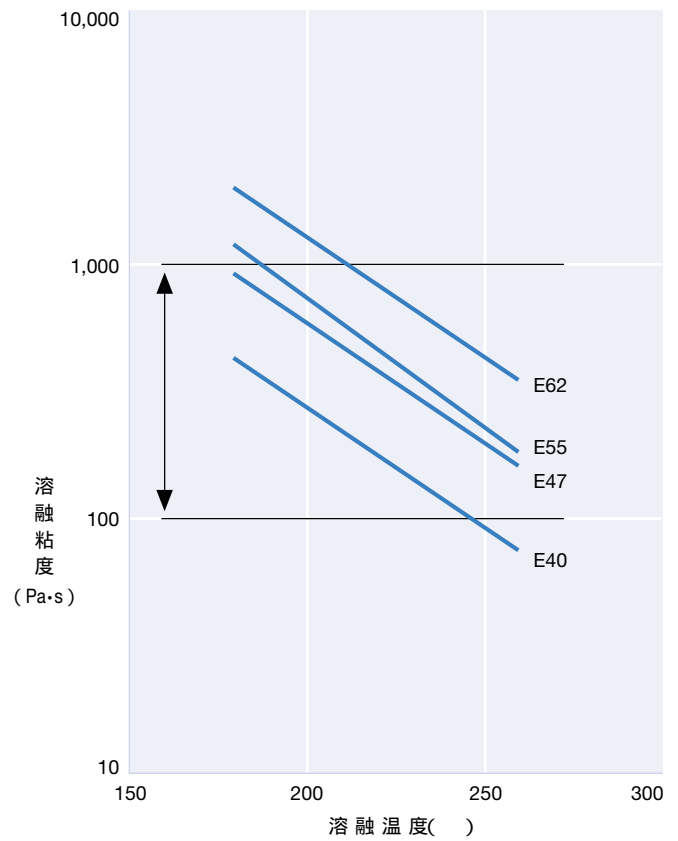


図 6. PAE の溶融粘度

Condition

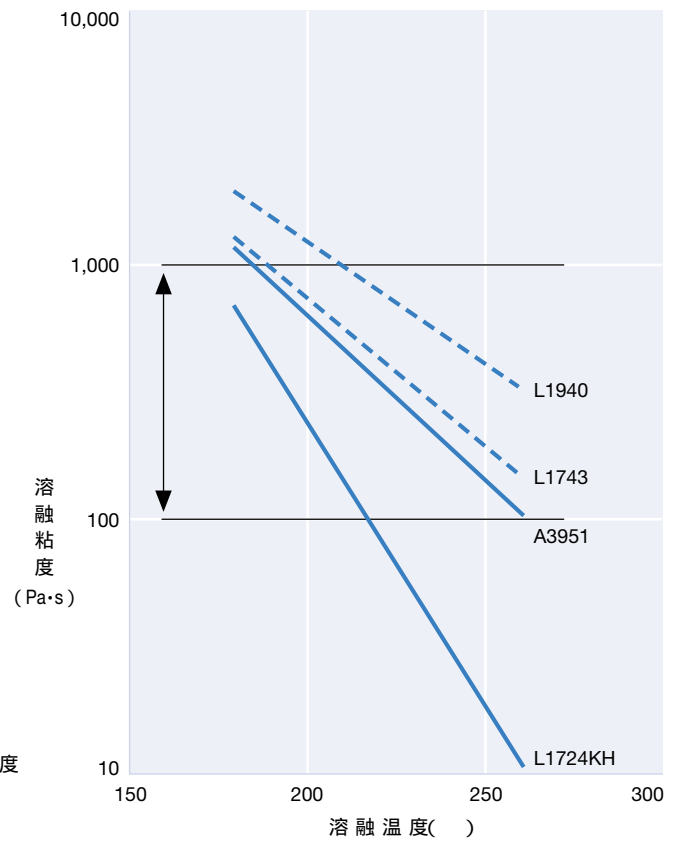


図 7. 可塑化柔軟グレードの溶融粘度

図 7 中の L1940 及び L1743 は可塑剤を含まない樹脂で、比較の為に記載しています。

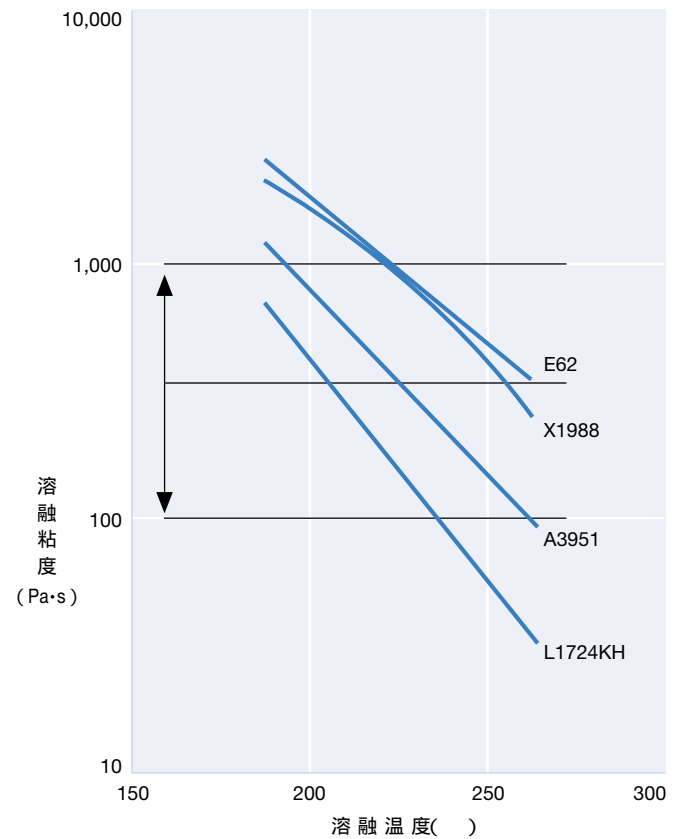


図 8. 主要ギアグレードの溶融粘度

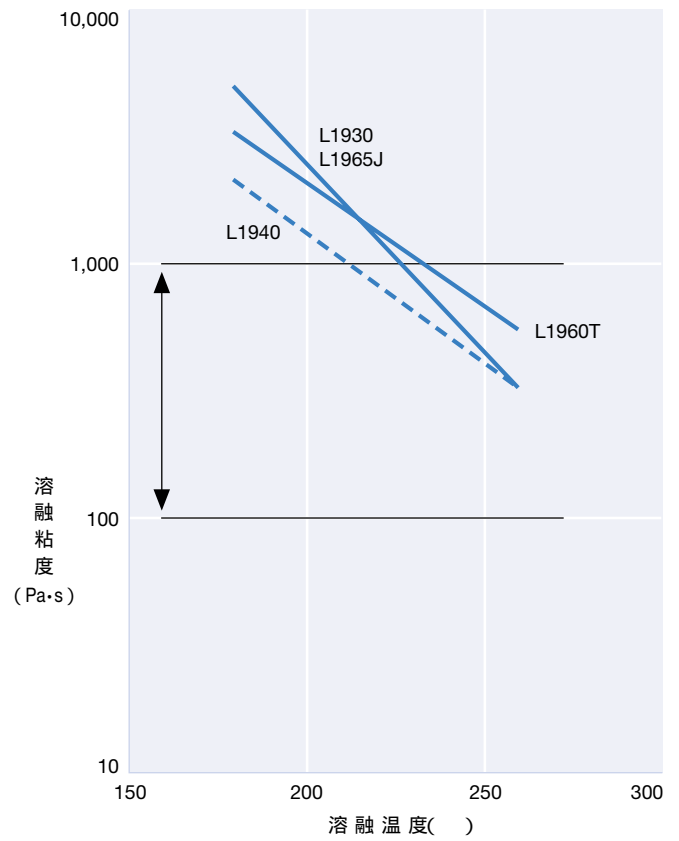


図 9. フィラー入りグレードの
溶融粘度

図 9 中の L1940 はフィラーを含まない樹脂で、比較の為に記載しています。

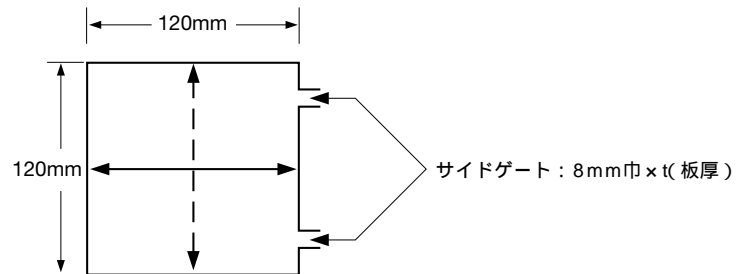


Condition

2. 成形収縮率

サイドゲート

下図のようなサイドゲートを持つ成形板を用いて測定したダイアミドL1940の成形収縮率を図10～13に示します。



尚、流動方向と直角方向の表示方法は次のとおりとします。

—— 流動方向
- - - 直角方向

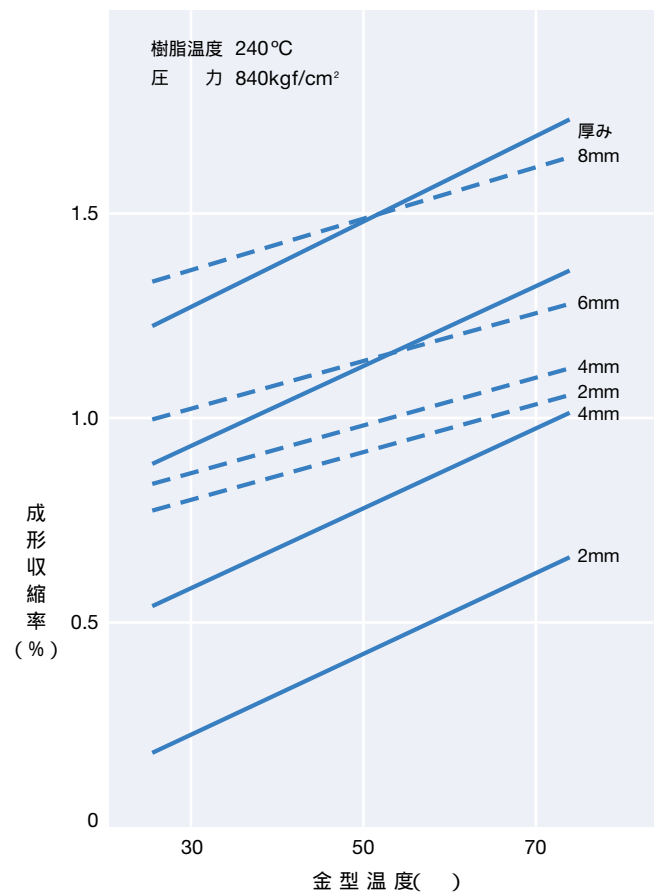


図10. L1940の成形収縮率の金型温度依存性

図 11. L1940 の成形収縮率の樹脂温度依存性

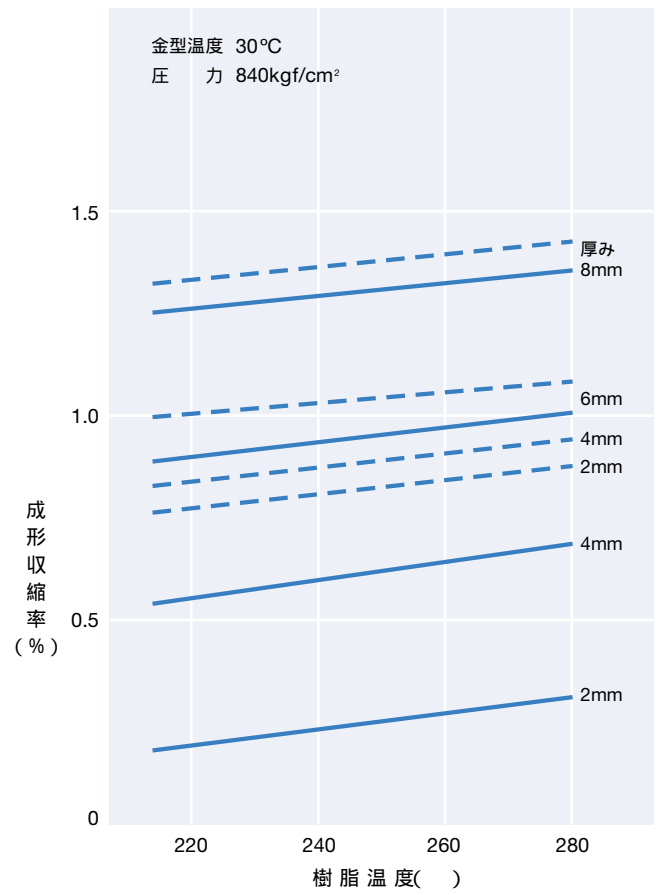
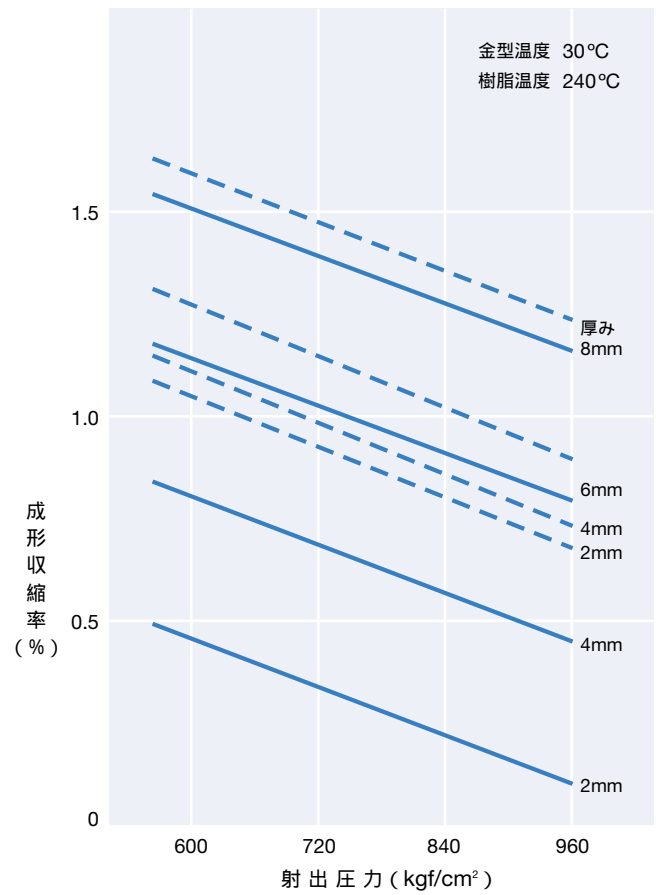


図 12. L1940 の成形収縮率の射出圧力依存性



Condition

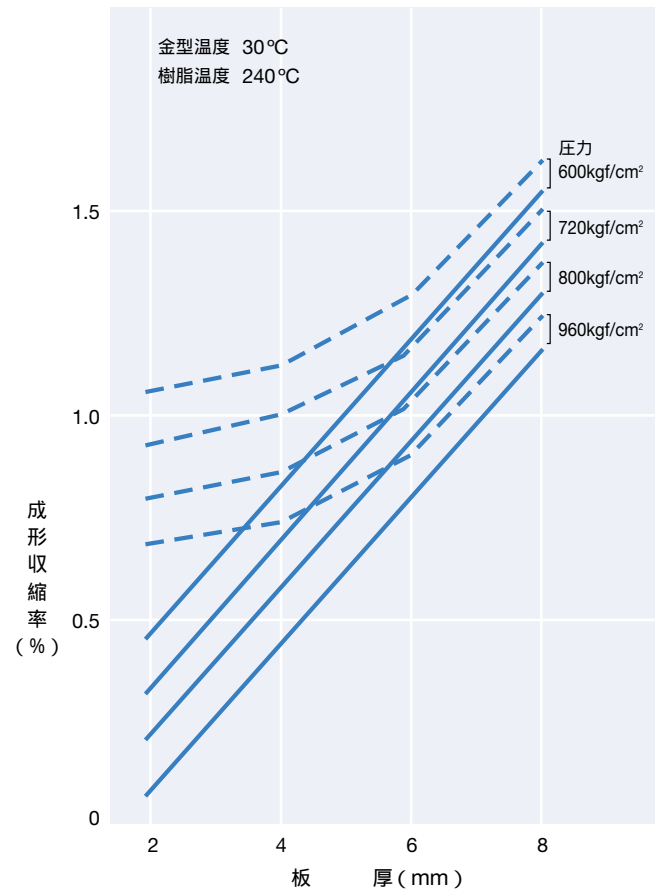
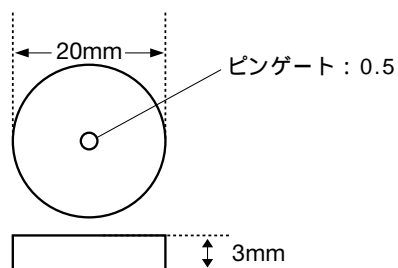


図 13. L1940 の成形収縮率の板厚依存性



ピンゲート

下図のようなピンゲートを持つ円板を用いて測定したダイアミド、ベスタミドの成形収縮率を図に示しています。



成形条件

シリンダー温度：190 ~ 280
金型温度：30
射出速度：3m / sec (シリンダー)
保圧：20、40、60、80、100、120 MPa
サイクル：保圧 7sec
冷却 10sec
中間 3sec

成形品は 25℃、65%RH の空調室に 24 時間放置した後で円板の平均直径を算出しました。



Condition

図 14. ハイサイクルグレード
(220)

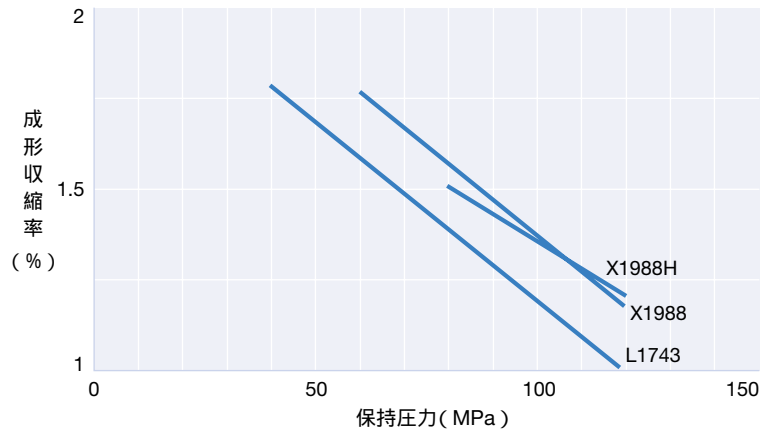


図 15. ハイサイクルグレード
(240)

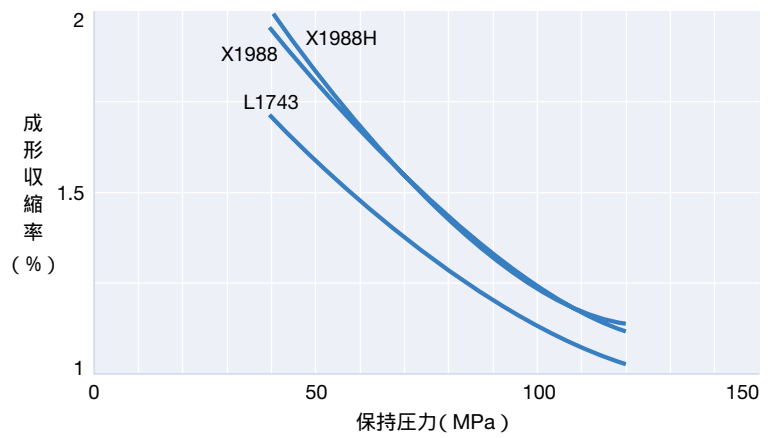


図 16. ハイサイクルグレード
(60MPa)

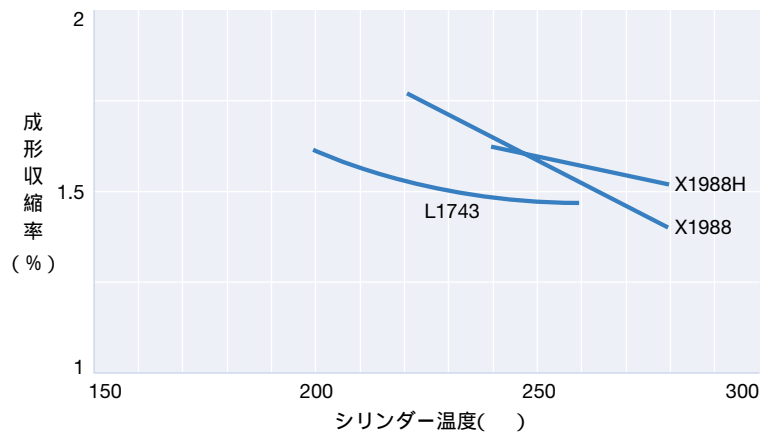


図 17. ハイサイクルグレード
(100MPa)

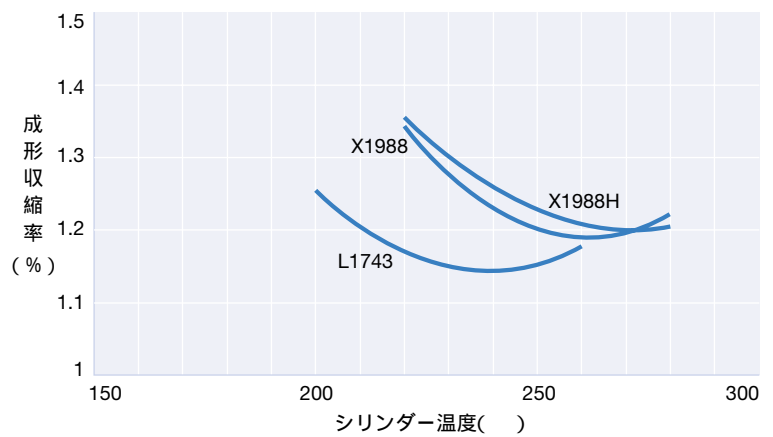


図 18. 軟質ハイサイクルグレード
(220)

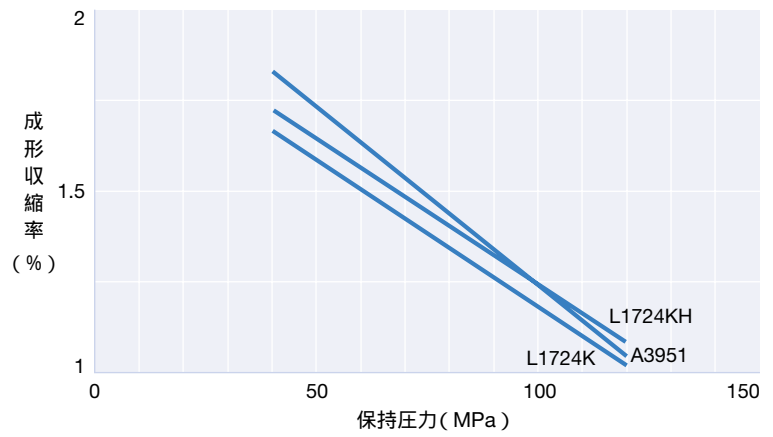


図 19. 軟質ハイサイクルグレード
(240)

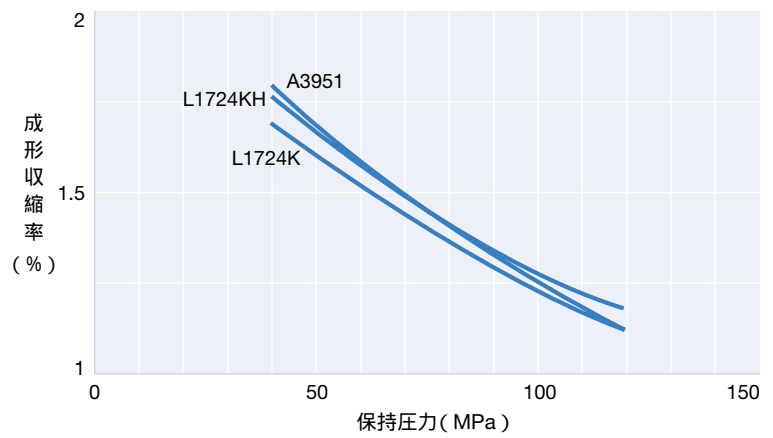


図 20. 軟質ハイサイクルグレード
(60MPa)

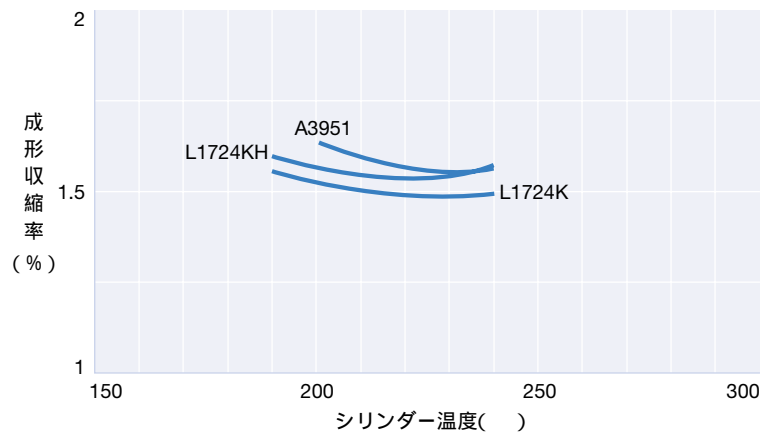
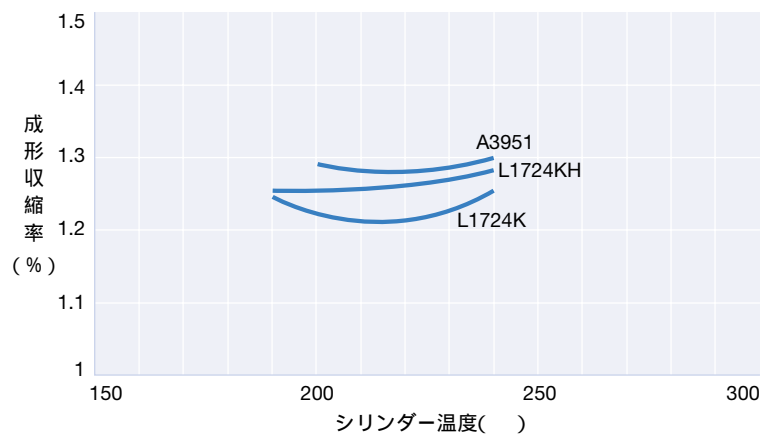


図 21. 軟質ハイサイクルグレード
(100MPa)



Condition

図 22. PAE (220)

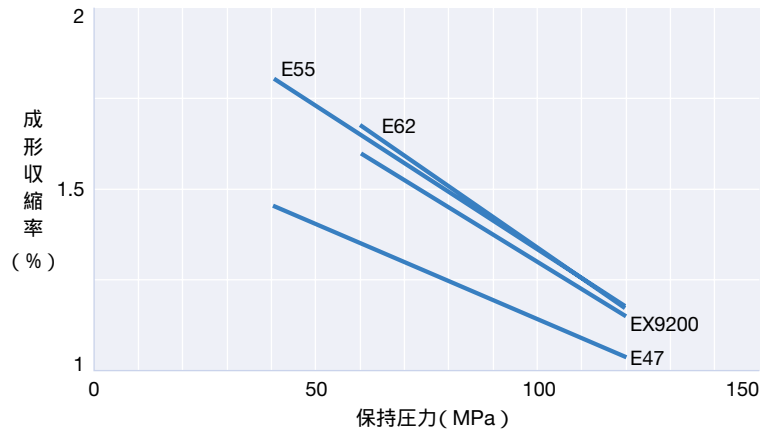


図 23. PAE (240)

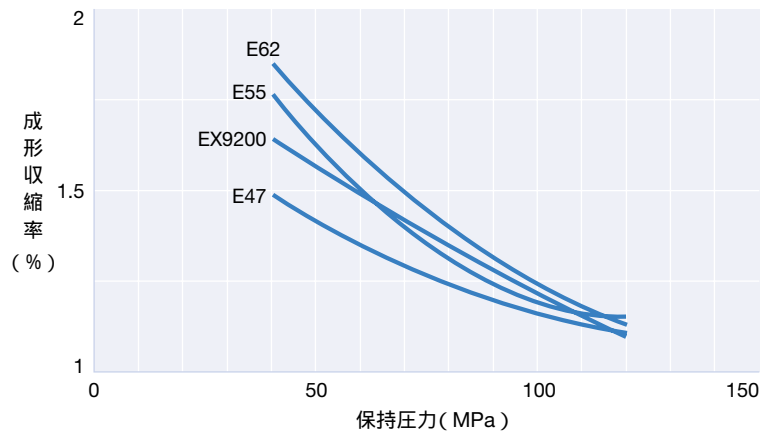


図 24. PAE (60MPa)

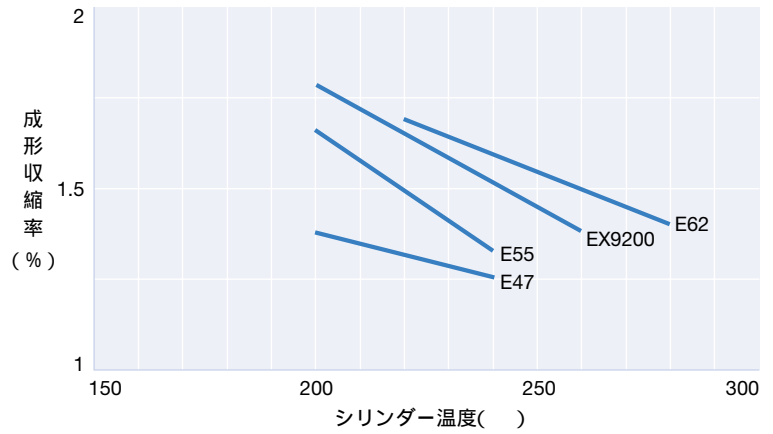
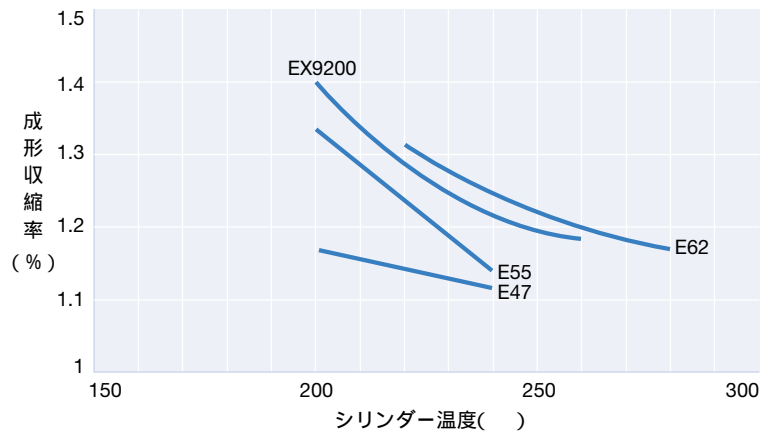


図 25. PAE (100MPa)



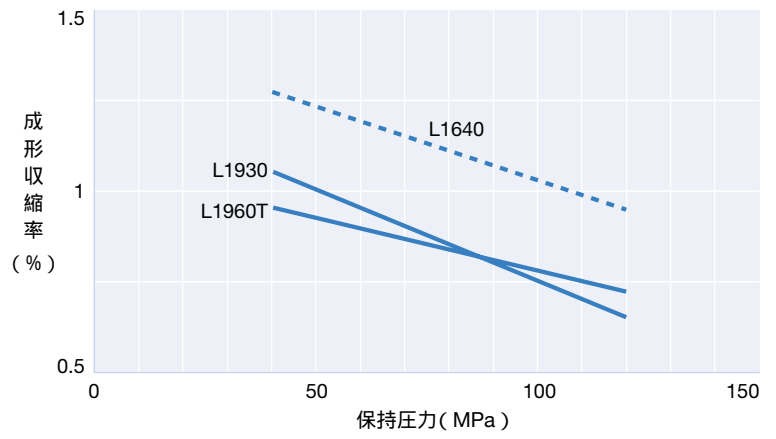


図 26. 強化グレード (240)

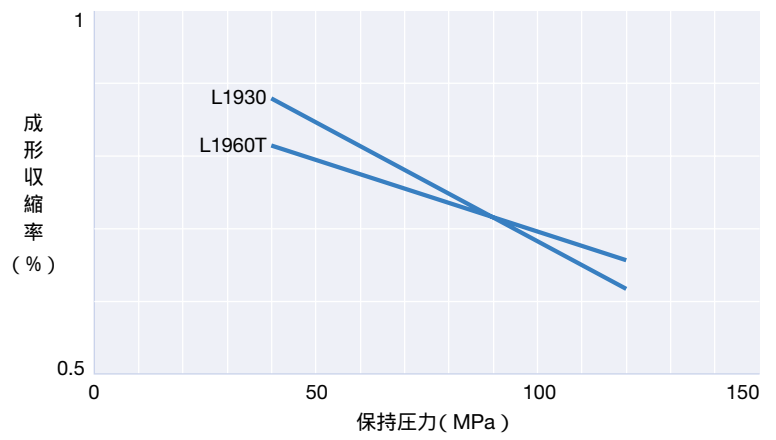


図 27. 強化グレード (260)

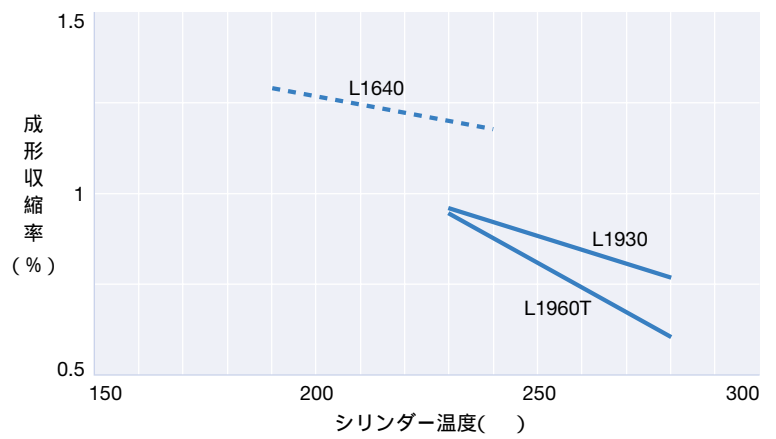


図 28. 強化グレード (60MPa)

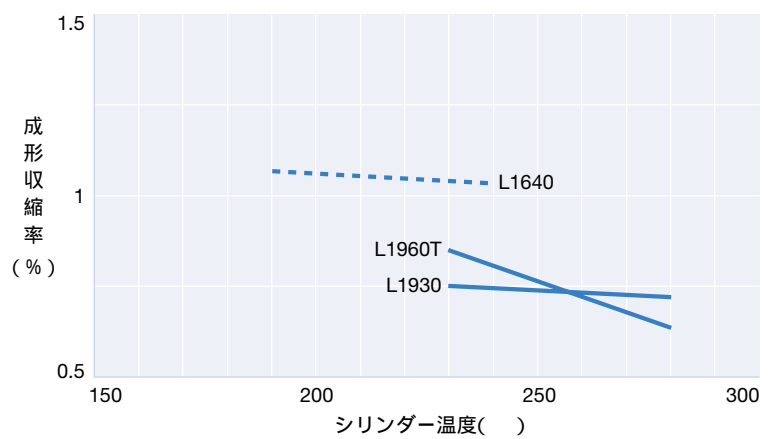


図 29. 強化グレード (100MPa)

図中のL1640は強化グレードではなく、比較の為に記載しています。

Condition

3. 不良対策

		ひ け	ポ イ ド	シ ョ ー ト	ば り	そ り
原	シリンダー温度	高 い	高 い	低 い	高 い	低 い
	射 出 圧 力	低 い	低 い	低 い	高 い	高 い
	射 出 速 度	速 い	速 い	遅 い	速 い	速 い
	金 型 温 度	高 い	低 い	低 い	高 い	低 い
	ゲートサイズ	小 さ い	小 さ い	小 さ い		
	スプルーランナー	細 い	細 い	細 い		
	成形サイクル	短 い	短 い			短 い
因	そ の 他	不均一収縮 保圧不足	乾燥不足 エヤーの巻込み	材料粘度が高い	材料粘度が低い 型締力不足 パーティングライン の乱れ	材料粘度が高い 補強剤が 適していない 成形品の肉厚分布が 不均一 成形品のL/Dが 大きい ゲートの位置が悪い
対 策 (ポ イ ン ト)	ゲートサイズを大きくし、十分に保圧をかける				溶融粘度の高いグレードを選択する	溶融粘度の低いグレードを選択し、分子配向に伴う残留歪みを小さくする
	溶融粘度の低いグレードを選択することにより、樹脂温度を下げるとともに、射出圧力を上げ、金型内への樹脂充填量を上げる ハイサイクルグレードを選択し、冷却固化に伴う収縮の均一化をはかる		溶融粘度の低いグレードを選択する 樹脂温度と射出圧力を上げる スプルーランナーを太くする		ハイサイクルグレードを選択し、固化時間を短縮する 金型温度を下げる とともに型締を十分に する	ハイサイクルグレードを選択し、収縮の均一化を図る 成形品の肉厚を均一化する 成形品にリブをたて歪みにくい形状にする 成形サイクルを長くする
	金型冷却を均一化する	ホッパーサイドのシリンダー温度を下げてエヤーの巻込みを防ぐ 材料の乾燥を十分に行なう			金型のパーティングを修正する	

表 2. 成形不良対策

ウェルド	離 型	ゲートの切れ	や け	銀 条	ガ ス
低 い	高 い		高 い	高 い	高 い
低 い	高 い				
遅 い		速 い	速 い	速 い	速 い
低 い	高 い	高 い			
小さい	大きい	大きい			
細 い					
	短 い	短 い	長 い		
材料粘度が高い ゲートの位置が悪い 離型剤の過剰使用	過剰充填 抜きテーパーの不足 金型の研磨不足	ゲートの形状が悪い 材料の異常発熱	成形機の清掃不足 シリンダー容量が大きすぎ樹脂の滞留時間が長すぎる	乾燥不足 異樹脂の混入	ガス抜き不足
溶融粘度の低いグレードを選択し、十分な射出圧力に設定する ゲートの位置を再検討する 離型剤の使用量を減らす	ハイサイクルグレードを選択し、成形収縮を大きくする 金型温度を下げる 金型の研磨を十分にする 抜きテーパーを大きくとる 滑剤を使用する 成形サイクルを長くする	溶融粘度の低いグレードを選択し、ゲートサイズを小さくする ハイサイクルグレードを選択する 射出速度を下げ、ゲート部での樹脂の異常発熱を避ける 金型温度を下げる	成形前に残留樹脂および異樹脂の置換えを十分にするため、空打を十分に 異樹脂を同一機械で成形する場合、成形後異樹脂を十分にパージする (粘度が比較的高いPP、PE等を使用することを推める) 溶融粘度の低いグレードを選択することにより、樹脂温度を下げる ホッパーサイドのシリンダー温度を下げることにより、樹脂の酸化を避ける 成形サイクルを短くする	乾燥を十分に行なう 含水率が0.3%以上になると銀条となる ケースが多いため、0.1%以下に保つ (4頁の成形前の準備の項参照)	溶融粘度の低いグレードを選択することにより、樹脂温度を下げる ガス抜きを十分にとる

ダイアミド、ベスタミドの摺動特性

4. 再生使用

近年、環境問題やコストダウンのために樹脂のリサイクルに対する要求が益々強くなっています。ダイアミド、ベスタミドはその優れた耐熱安定性の故に優れたリサイクル特性も有しています。ダイアミド、ベスタミドは、下図に示しますように 100%再生を 5 回程度繰り返しても引っ張り機械特性に大きな変化を生じていません。

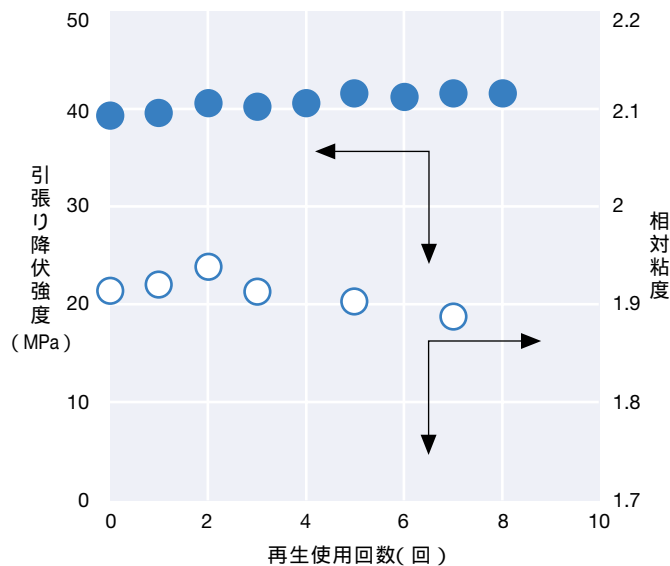


図 30. L1940 の再生使用試験

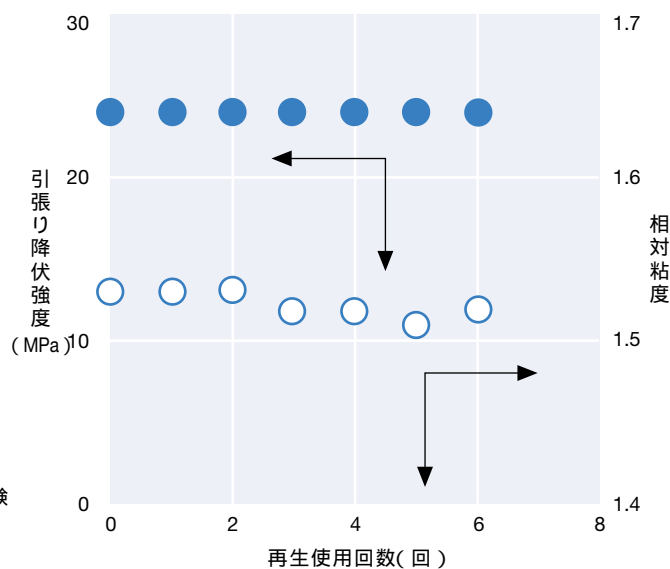


図 31. L1724KH の再生使用試験

このようにダイアミド、ベスタミドは一般的には優れたリサイクル特性を持っていますが、誤った用い方をすると予期せぬトラブルを生じる事があります。このようなトラブルが生じないように注意すべき点を以下に示します。

1) 再生材は十分乾燥した上でお使いください。

樹脂中の含水率が高いと、成形品の表面荒れ、ポイド等の外観不良を生じるだけでなく、成形温度が高い場合は水分によりナイロンの分子鎖を切断してしまい分子量低下、ひいては機械強度の低下等目に見えない不具合を引き起こす場合があります。従いまして長期間放置されたものをリサイクルに供する場合には 80 ~ 100 で 4 時間程度の乾燥が必要です。出来れば使用前に再生品の含水率が 0.1% 以下である事を確認して下さい。

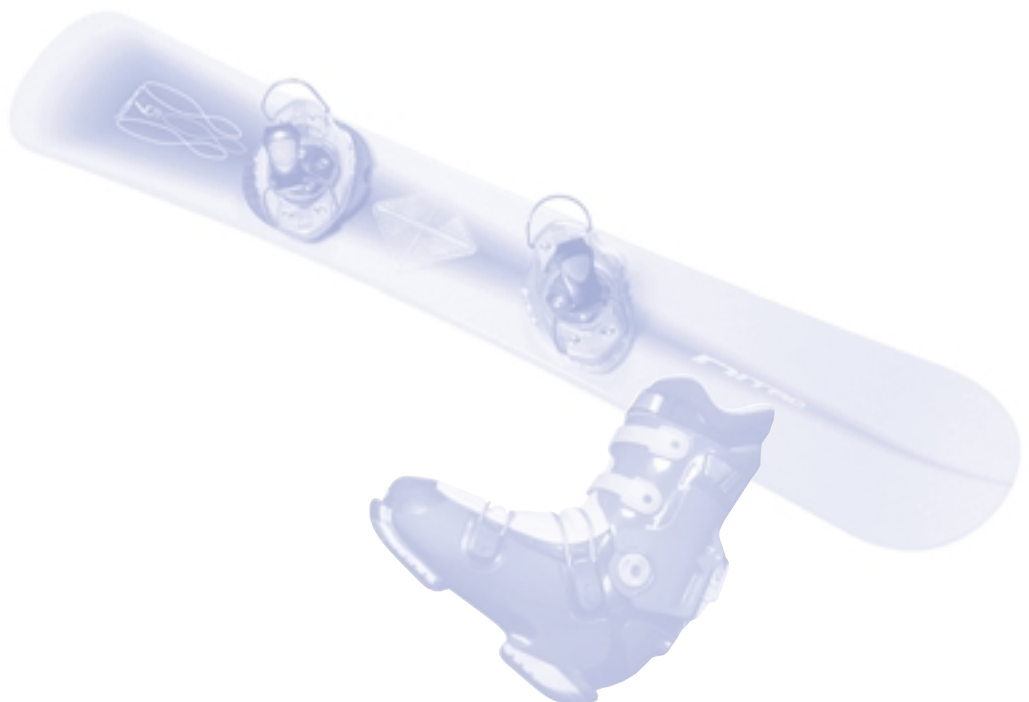
2) 異材異物が混入していない事を確認してください。

ダイアミドは延性に優れるために、クラッシャー内に残留したポリアセタール、ABSといった脆性の高い樹脂の微粉を洗い流してくる場合があります。又同じナイロングループであってもナイロン6やナイロン66が混入すると物性低下を招く恐れがあります。他樹脂から成るスプルー・ランナーの混入を防止するとともに再生品を粉砕する前にはクラッシャーを十分清掃してください。出来れば専用のクラッシャーを準備するのが望ましいです。

3) リサイクル品を使用するときはバージン材と併用する事をお勧めします。

図に示しました様に100%再生使用しても物性上の変化は極めて小さいですが、繰り返し熱履歴を受けることにより、色相の変化、又測定に現れない変化を生じる恐れがあります。これらの変化を出来るだけ小さく抑えるためにはバージン材で希釈し再生材の混合比率を出来る限り低く押える事が効果的です。リサイクル材の使用割合としては20から30%程度とするのが好ましいですが、それ以上混合する場合は実用テスト等で問題の無い事を確認してください。

以上のようにダイアミドは優れたリサイクル特性を有していますが、リサイクル工程の管理レベルによっては問題が生じる恐れがあります。リサイクル使用に関する疑問点については営業担当者にご相談ください。的確なアドバイスを差し上げるべく努めています。



Properties

ダイアミド、ベスタミドは、その優れた寸法安定性、消音特性を活かしAV機器、OA機器などの消音性ギアとして長年にわたり利用されています。ギアとして利用される場合、耐久性の向上、グリスレス化への対応等樹脂の摺動特性、耐磨耗性の改善が常に求められます。ここで標準的なギア用グレードおよび樹脂に特殊な処理を行うことにより摺動特性を改良した特殊摺動グレード(品番の末尾にHが付与されているグレード。但し、A3951は特殊摺動グレードとなります)について鈴木式磨耗試験装置を用いて行った試験結果を説明します。

- 1) 主要ギア用グレードの摩擦係数と比磨耗量
- 2) 面圧と限界摺動速度の関係
- 3) 摺動速度と摩擦係数の関係

- 1) 主要ギアグレードの摩擦係数および比磨耗量

試験方法：

JIS K7218 に準拠して測定を行いました。

相手材：ポリオキシメチレン (POM)

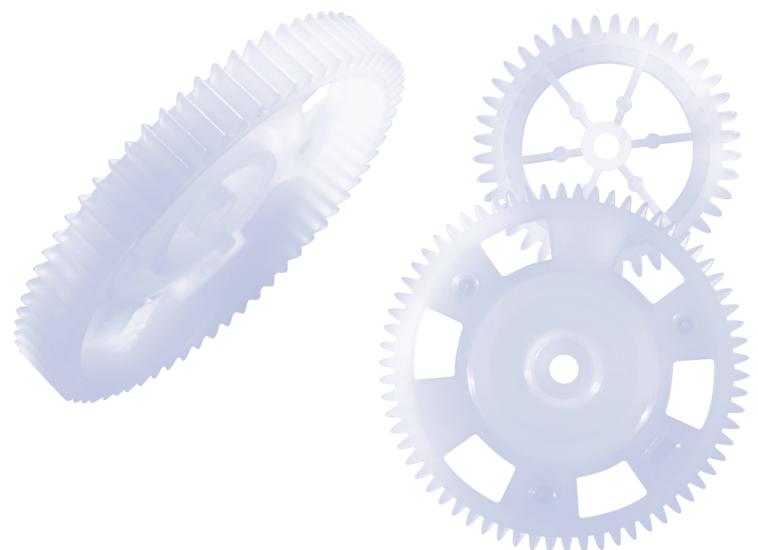
摺動面積：2cm²

試験条件：

測定条件	摺動速度(mm/sec)	面圧(kgf/cm ²)	pv値(kgf/cm/sec)
1	250	0.460	11.5
2	500	0.322	16.1
3	1000	0.138	13.8

結果：

測定条件と摩擦係数の関係、pv値と比磨耗量の関係を図に示します。



測定条件と摩擦係数の関係

L1724K、X1988、E62ともに摩擦係数は0.4程度でグレード間にそれほど大きな違いは見られません。またこれらのグレードの摩擦係数はPOMとほぼ同じレベルになっています。これに対して特殊摺動グレードであるL1724KH、X1988H、E62Hはいずれも摩擦係数が0.2程度となっており、摩擦係数を大幅に低減することができるのがわかります。

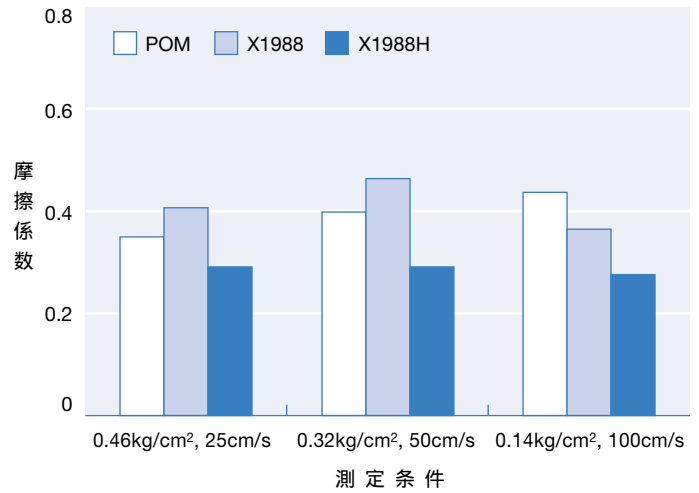


図 32. X1988(H)の摩擦係数

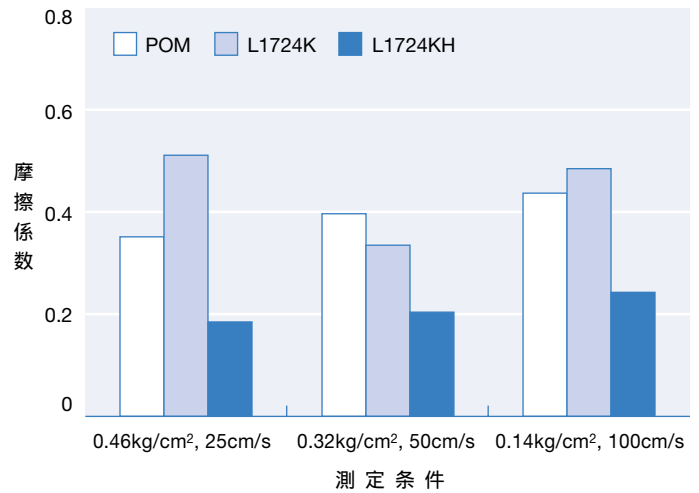


図 33. L1724K(H)の摩擦係数

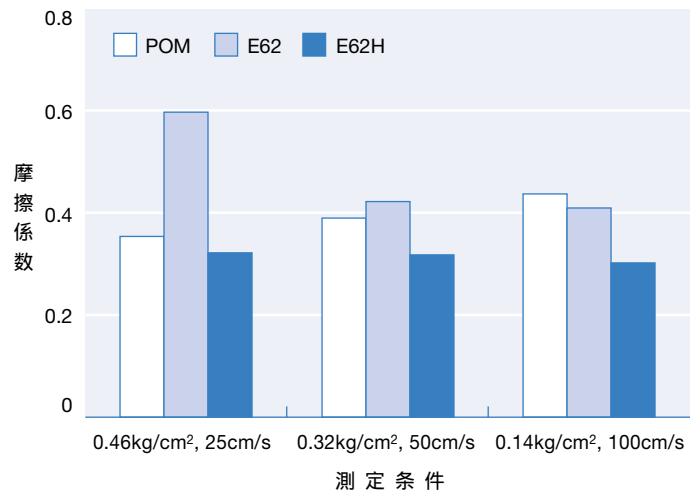


図 34. E62(H)の摩擦係数

Properties

pv 値と比磨耗量の関係

比磨耗量の比較データ(此处で比磨耗量とは一定の摺動距離に対して樹脂がどの程度磨耗したかを示す指標です)からは樹脂の柔軟性、せん断強度等機械特性により多少の違いがあることが解ります。すなわちX1988のような硬いグレードは比磨耗量が小さく、L1724KやE62のような柔らかいグレードでは、比磨耗量が大きくなっています。E62に関しては特殊摺動グレードの効果はあまり見られていませんが、L1724K並びにX1988に関しては特殊摺動グレードを用いることにより比磨耗量が大幅に改善する事がわかります。

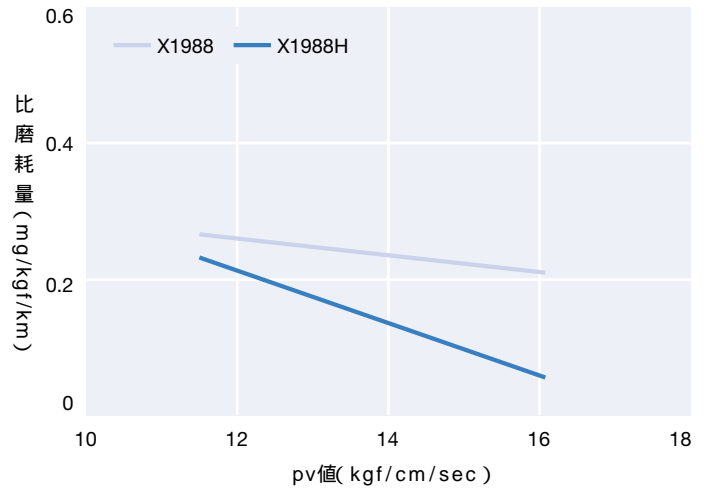


図 35. X1988(H)の比磨耗量

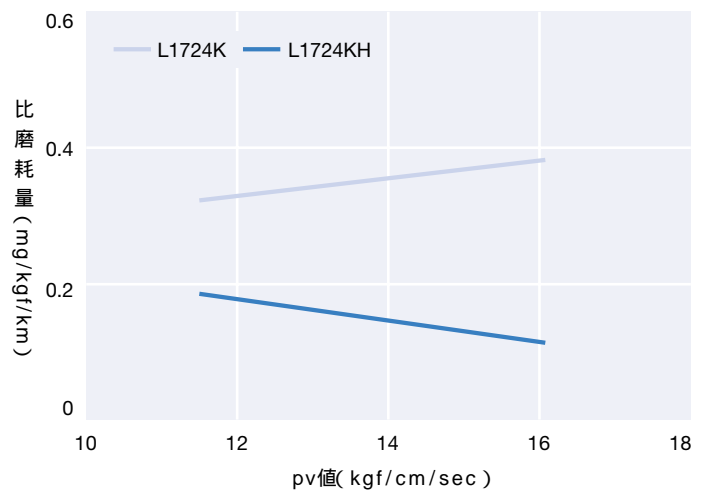


図 36. L1724K(H)の比磨耗量

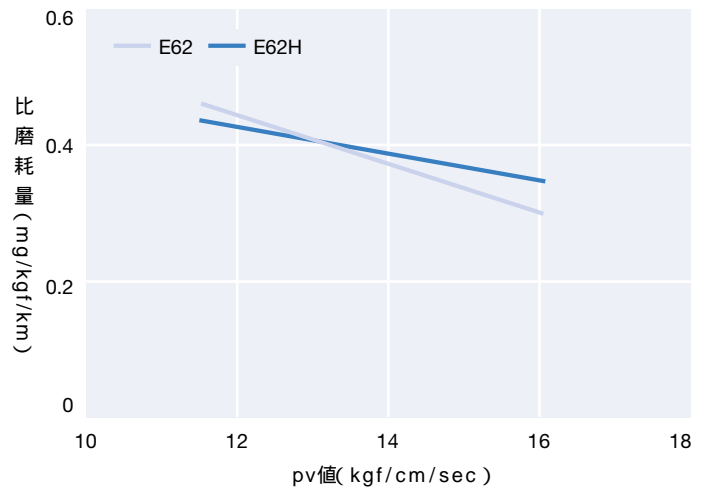


図 37. E62(H)の比磨耗量

2) 面圧と限界摺動速度の関係

摩擦試験において摺動速度をどんどん上げていくと相手材との接触表面の摩擦熱により樹脂表面が溶け始めギアとしての機能を損なう摺動速度に至ります。この速度を限界摺動速度と呼びますがこの速度は、面圧により大きな影響を受けます。ここでは相手材としてPOMを用いた際の、E62並びにE62Hの面圧と限界摺動速度の関係を図に示します。

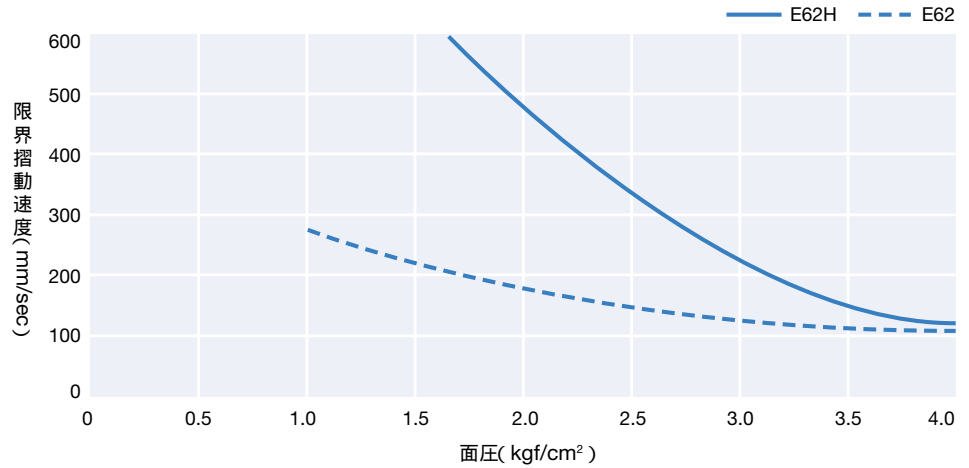


図 38. E62 の限界摺動速度 (対 POM)

面圧が大きくなるにつれて限界摺動速度は低下します。限界摺動速度を高める一つの方法は摩擦抵抗を小さくし摩擦熱の発生を抑えることです。この観点からギアの表面に潤滑材等を塗布する手法が一般に用いられます。上記データから弊社の特殊摺動グレードはギアに潤滑を施したと同様の効果が得られる事が解りいただけます。

3) 摺動速度と摩擦係数の関係

図に相手材としてS45Cを用いた際のE62並びにE62Hの摺動速度と摩擦係数の関係を示しています。(面圧は1kgf/cm²)

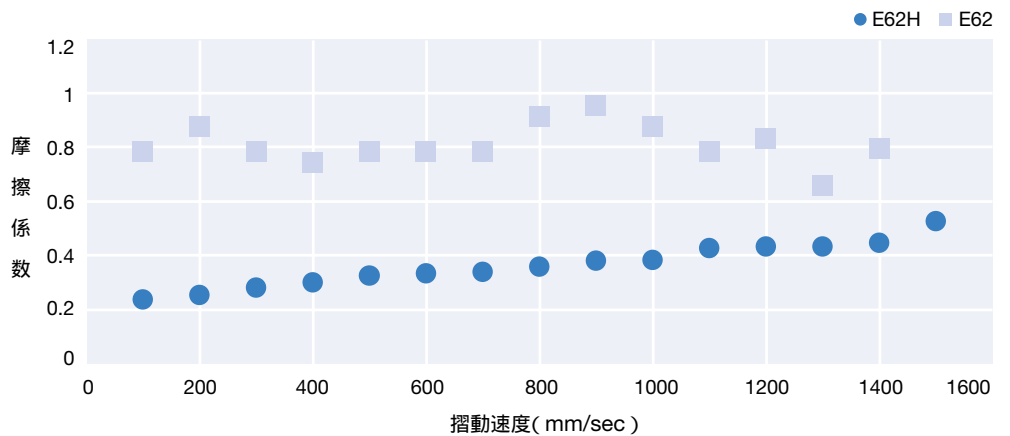


図 39. 摺動速度と摩擦係数の関係 (対 S45C、面圧 1kgf/cm²)

標準グレードであるE62の代わりに特殊摺動グレードであるE62Hを用いることにより、幅広い摺動速度範囲において摩擦係数を低減する効果があることがわかります。

図 40.
 ダイアミド X1988、L1940 の
 融点と結晶化温度

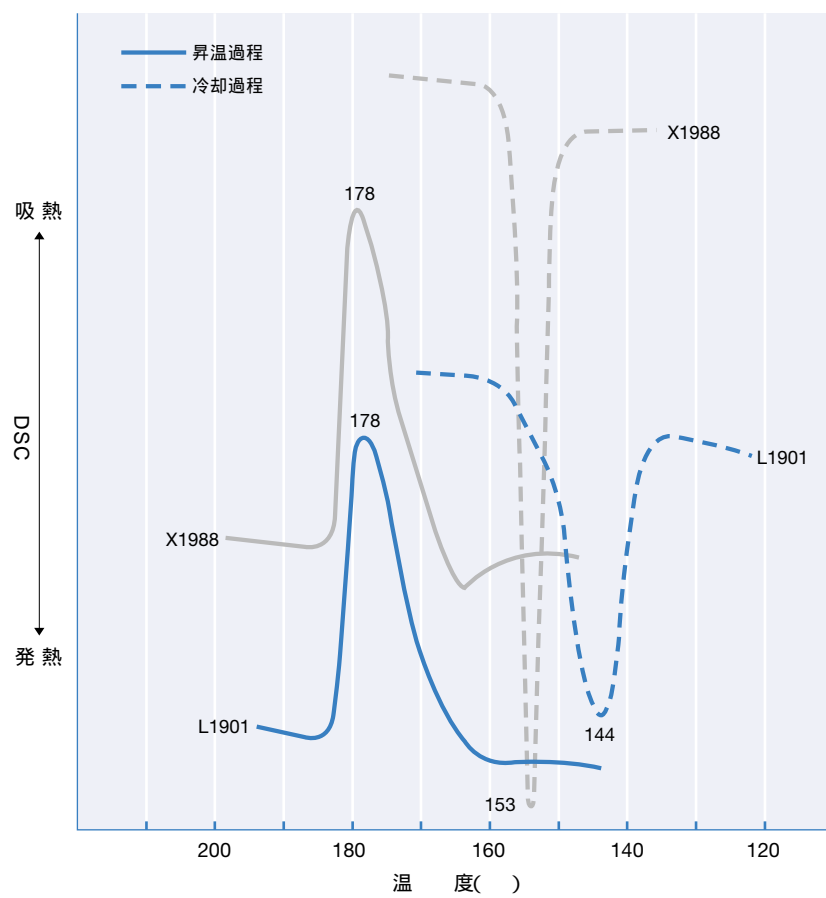


図 41.
 ダイアミド L1724K、L2121 の
 融点と結晶化温度

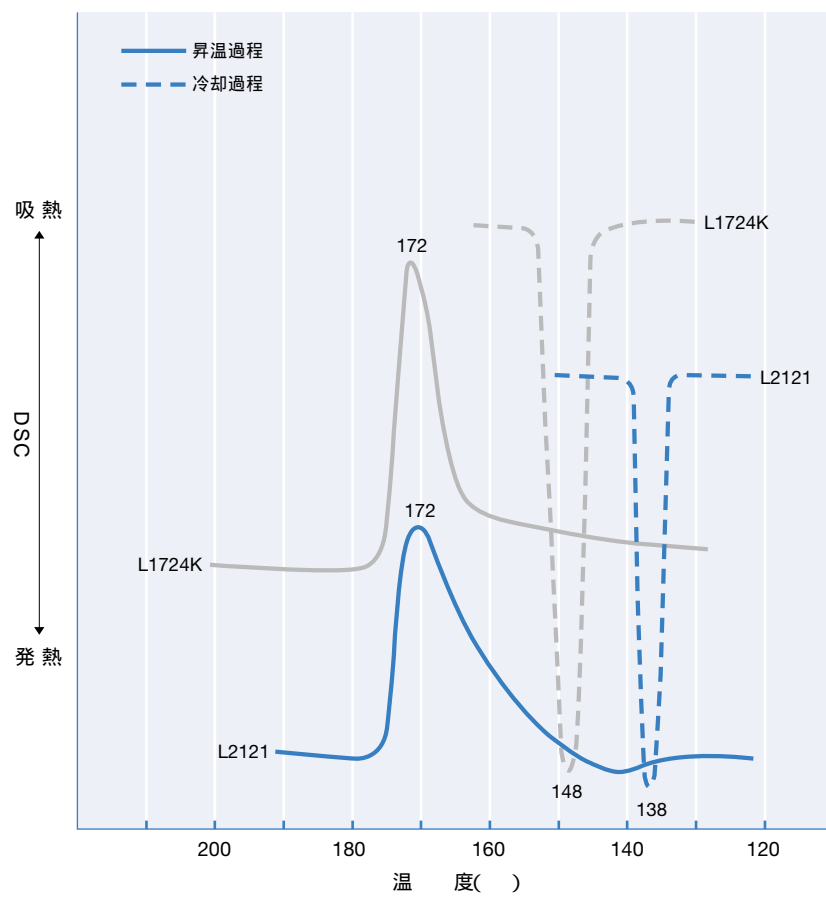


図 42.
ダイアミド、ベスタミドの
等温結晶化速度

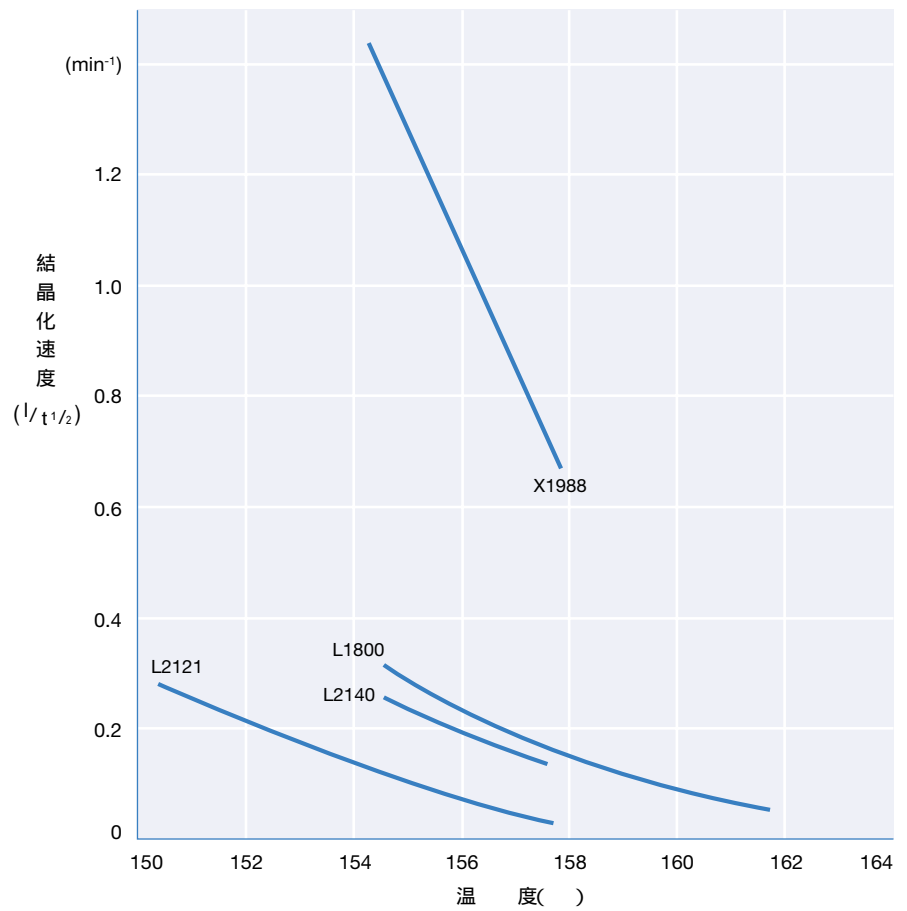
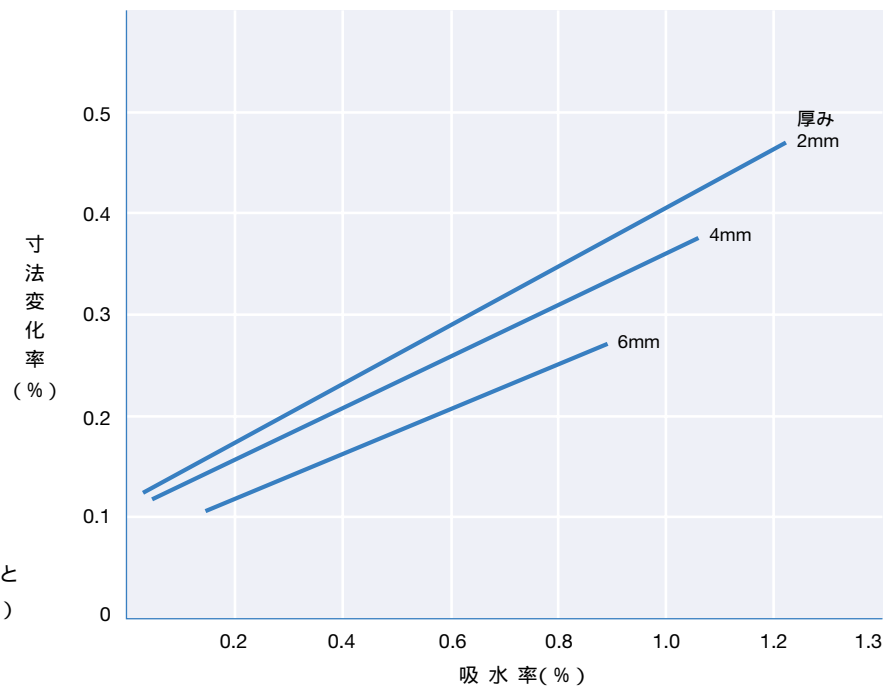


図 43.
ダイアミド、ベスタミドの吸水率と
寸法変化率の関係 (基本グレード)



このカタログに掲載した数値は、ISO等の規格にしたがってダイアミド、ベスタミドを測定した平均的な数値であり、異なった条件下でそのまま適用できるとはかぎりません。また安全性、適合性を保証するものではありませんので、ご利用の目的に応じて、ダイアミド、ベスタミドの安全性、適合性についてご確認していただくようお願いいたします。

ダイセル・デグサ株式会社

東京本社

〒163-0912 東京都新宿区西新宿 2-3-1

新宿モノリス 12 階

Phone 03-5324-6331 (代)

Fax 03-5324-6335

Phone 03-5324-6332 (営)

Fax 03-5324-6336

大 阪

〒530-0001 大阪市北区梅田 3-4-5

毎日インテシオ 20 階

Phone 06-6342-6712

Fax 06-6342-6718

テクニカルセンター

〒671-1281 兵庫県姫路市網干区新在家 1239

Phone 079-273-7034

Fax 079-274-2446

www.daicel-degussa.com