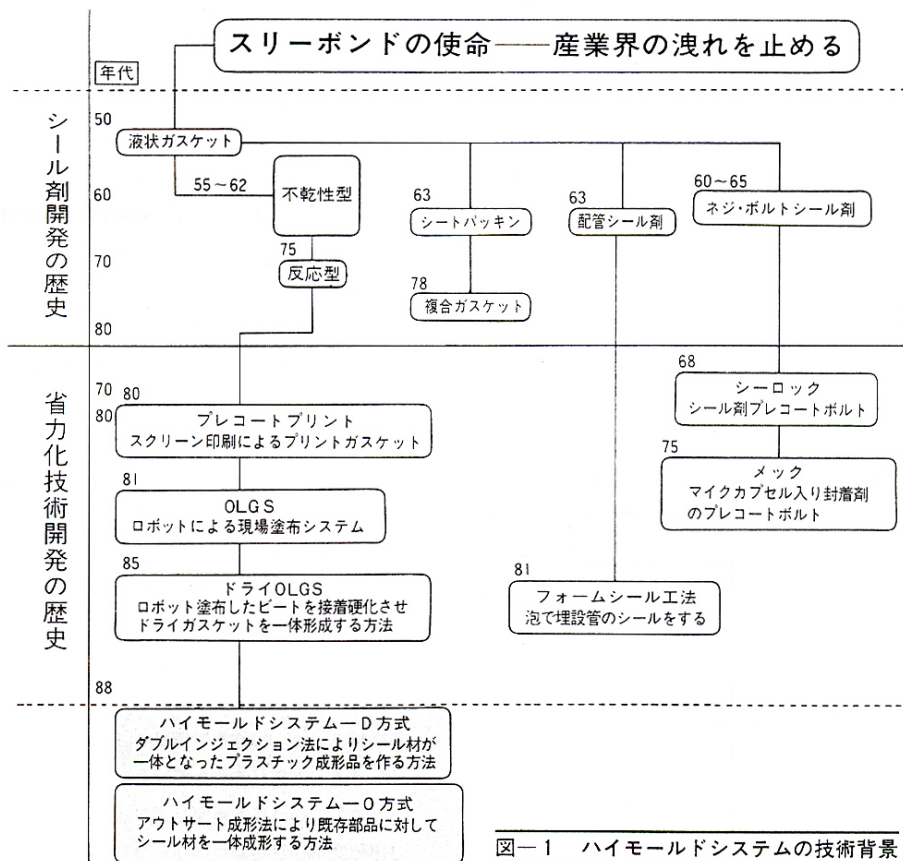


ハイモールドシステム



図—1 ハイモールドシステムの技術背景

目次	次
1. 技術背景	2
2. ハイモールドシステムの概要	2
3. ハイモールドシステムの特徴	3
4. ダブルインジェクションの種類と成形サイクルの比較	4
5. ハイモールド用成形機	4
6. ハイモールド用シリコーン樹脂	6
7. 今後の展望	10

1 . 技術背景

スリーボンドは 34 年前、産業界の洩れを止めるという使命のもとに液状ガスケットをはじめとしてシートガスケット、配管シール剤、ネジのロック・シール剤など各種のシール剤を開発してきました。

ところでこの分野での大きな課題は、シール剤の性能も去ることながら、いかに産業界の合理化に貢献できるかと言うことでもあります。シール剤を人の手で一つ一つ塗布して組み付けると言うことはたいへん手間のかかることでもあり、人為的な要素での品質のバラツキの原因にもなります。これらの要因は結果として製品コスト全体に大きく影響を与えています。そこで、いかに簡単に確実にシールできるかという命題は、ますますきびしくなっていく企業間競争、国際競争を考えた場合、経営面からも、設計面からも、製造面からも、購買面からもあらゆる立場に於て全社的にたいへん重要なテーマではないかと思えます。

このような思想の基にスリーボンドではシール分野に於て近年いくつかの省力化技術を開発してきました。まずその流れを紹介させていただきますと、ネジのシール・ロック分野ではシール剤をプレコートしたシーロック、次に封着剤をマイクロカプセル化してプレコートしたメックを開発し、これらは現場で締込むだけで簡単にシール・ロックが出来ます。また、配管分野では管を埋設したままでシールメンテナンスが出来るフォームシール工法を開発しました。そして合わせ面のシール分野では、シール剤をあらかじめスクリーン印刷して硬化させたプレコートプリント、次にシール剤をロボットにより組立ライン上で塗布する OLGS (オールグス)、さらに、ロボットにより塗布したビートをあらかじめ接着硬化させて一体化して用いるドライ OLGS を開発してきました。ここで、プレコートプリントもドライ OLGS も、シール材が一体化しており、現場では組み付けるだけでシールできるわけですが、プレコートプリントの場合フラットなプレートものの部品にしか使用できない、シール材の厚みが大きく取れないという問題点があります。また、ドライ OLGS ではロボットにより塗布するために塗布ビートの形状に制限があり、ビートのつなぎ目の精度が出にくいという問題点があります。

そこでこれらの問題点を一挙に解決し、さらに合理化、高

品質化を可能にする技術として日精樹脂とスリーボンドが共同で開発いたしましたのが、ダブルインジェクション成形法によりシール材が一体となったプラスチック部品を成形するハイモールドシステムD方式と、現在開発中のアウトサート成形法により既存部品に対してシール材を一体成形するハイモールドシステムO方式です。ここで、ハイモールドのハイは Hybrid (混成物) を略して取った名前です。また、D方式は Double Injection のDをとったものであり、O方式は Outsert Injection のOをとったものです。(図 - 1 参照)

2 . ハイモールドシステムの概要

ハイモールドシステムD方式は、弾性シール材が一体化(ハイブリッド化)された、プラスチック複合成形部品を製造する全く新しいシステムです。

ダブルインジェクション射出成形法の一次射出でプラスチック部品本体を成形し、次いで二次射出で弾性シール材を成形、一台の成形機で成形と同時にアッセンブリーを行い部品とシール材を一体化(ハイブリット化)します。これにより生産工程の大幅な合理化と高品質化を可能にしました。

また現場では成形部品を組付けるだけで簡単に、しかも確実なシールが出来ますので、これまでのように固形シートガスケットやOリングを取付けたり、液状ガスケットを塗布したりする後工程作業は全く不要となります。なおハイモールドシステムはスリーボンドと日精樹脂工業の共同開発によるものです。

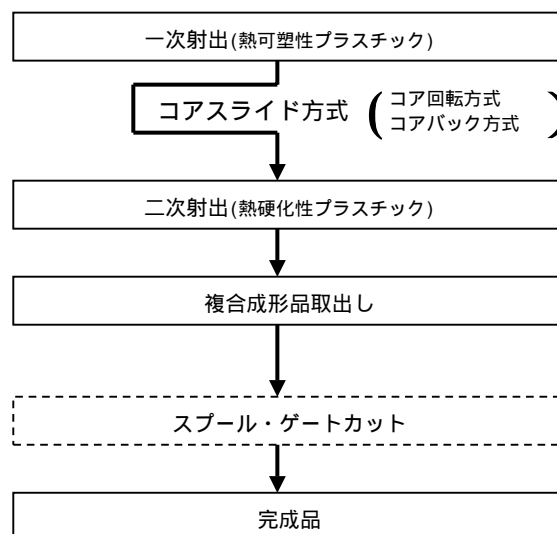


図 - 2 生産工程

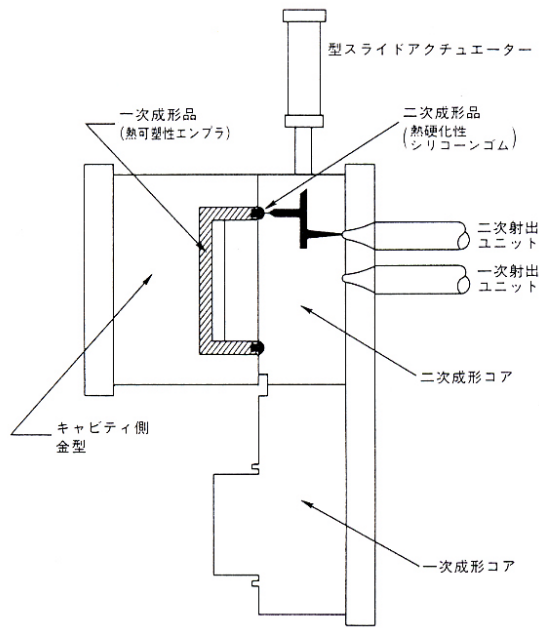


図-3 コアスライド方式射出機構

3. ハイモールドシステムの特徴

1 異材質複合成形

一台の成形機で、**熱可塑性エンジニアリングプラスチック**（構造部材）と、**熱硬化性シリコンゴム**（弾性シール材）という全く異なる硬化形態、機能材料を一緒に成形して、さらに成形と同時にアッセンリーを行なうことができるため、高品質な複合成形物を短時間に生産できます。

2 逆テーパ構造により

シール材が完全に一体化

ハイモールドシステムD方式では二次成形時のシール材成形キャビティを逆テーパ構造にすることにより、シール材のぬけを防止し、プラスチック部品本体とシール材を一体化します。

その原理は、一次成形品が余熱をもって、まだ柔らかいうちに二次成形型についている押し切り突起を押しつけ一次成形品のシール溝の両サイドをくびらせて逆テーパ状に変形させます。こうしてできた成形キャビティ内で、二次成形樹脂を射出硬化させることにより、シール材はしっかりグリップされ一体化します。

またこの押し切り溝は、ノーバリ成形としての効果や、ガスケットのシール設計面からはガスケットの圧縮しるとして

も動くために工程の簡略化につながる他、優れた耐圧性を得ることにもつながります。

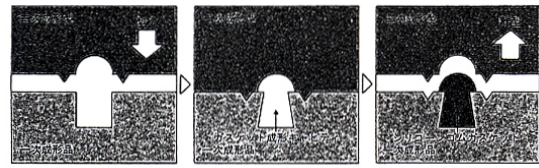


図-4 逆テーパ構造とその原理

3 低温速硬化性シリコン樹脂により ハイサイクル成形が実現

ハイモールド成型ではシリコン樹脂の硬化温度が一次側成形の金型温度により制限されるために、低温での硬化性が生産性の大きなポイントになります。ハイモールド用シリコンシール剤は低温での硬化性を改良し、一次側成形とほぼ同じサイクルで成形できるために、トータルでも従来の成形サイクルに近いサイクルタイムで複合成形物を生産することが可能となりました。

4 高品質成形

一次成形品を金型より取り出すことなく二次成形でき、さらに一次、二次とも一連のプロセスで生産できるために、異物の混入といった問題もなく高品質な成形品が生産できます。

5 自動化が可能

インサートマシン、取り出し機、スプール・ゲートカット機、製品整列機などを組み合わせることにより自動生産が可能となります。

今回、JP88（大阪）では5軸のインサート、取り出し、カット、整列ロボットを組み合わせ、自動生産を行ないました。

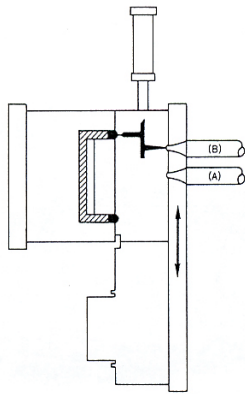
6 低コスト生産システム

一台の成形機で、プラスチック構造部品と弾性シール材の両方を成形し、成形と同時にアッセンリーを行なうために一次、二次の加工費が共有され、アッセンリーコストが削減されます。ハイモールドシステムは低コスト、省エネルギー化を実現する量産システムです。

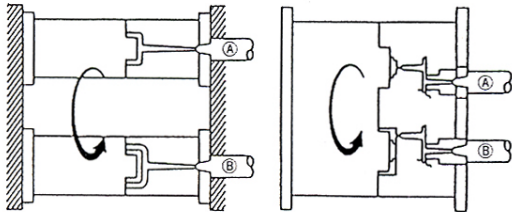
4. ダブルインジェクションの種類と成形サイクルの比較

ハイモールドシステムD方式はダブルインジェクション成形法によりプラスチック部品と弾性シール材を一体成形するわけですが、一次成形と二次成形の間で何らかの金型の置き換えをして二次成形キャビティーを作る必要があります。この金型の置き換え手法には代表的なものとして次の3種類があります。

1 コアスライド方式 図-5



2 コア回転方式 図-6



3 コアバック方式 図-7

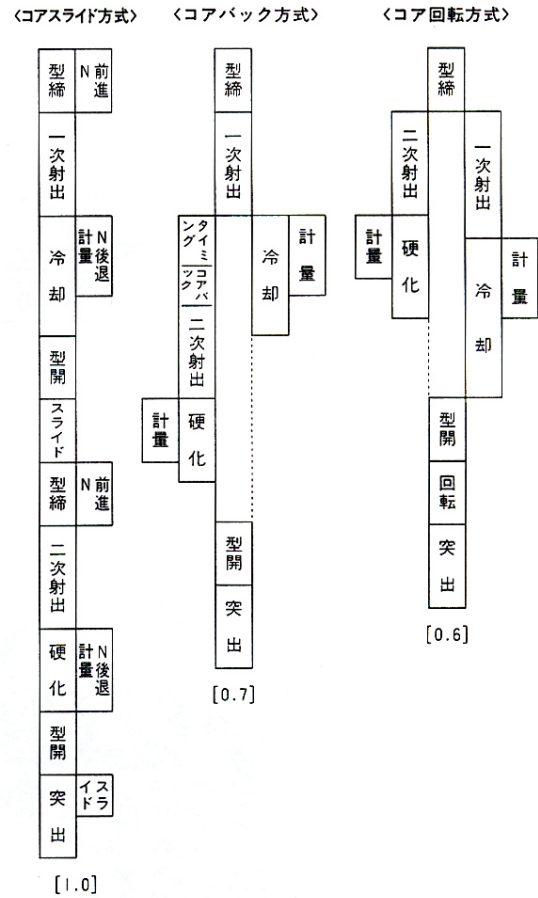
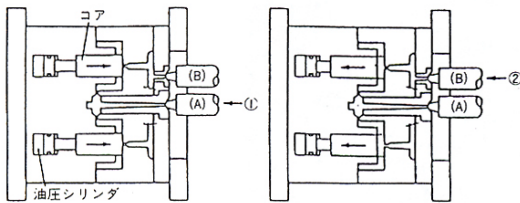


図-8 成形サイクル相対時間比較

5. ハイモールド用成形機

ハイモールドシステム用成形機の特徴を上げると次のようになります。

熱可塑性樹脂用と、熱硬化性シリコーン用の2機の射出機構がある。

コアスライド方式、コア回転方式、コアバック方式といった金型の置き換え機構が付いている。

液状シリコーン供給装置が付いている。

図9はJP88出品機のシステム図ですが、本出品ではこれらの特徴のほかに、

- ・一次成形樹脂の材料乾燥ユニット
- ・金型温調機
- ・取り出し機（インサートも同時に行なう）
- ・スプール、ゲートカット機
- ・製品ストッカー

といった周辺機を装備して自動成形を行ないました。

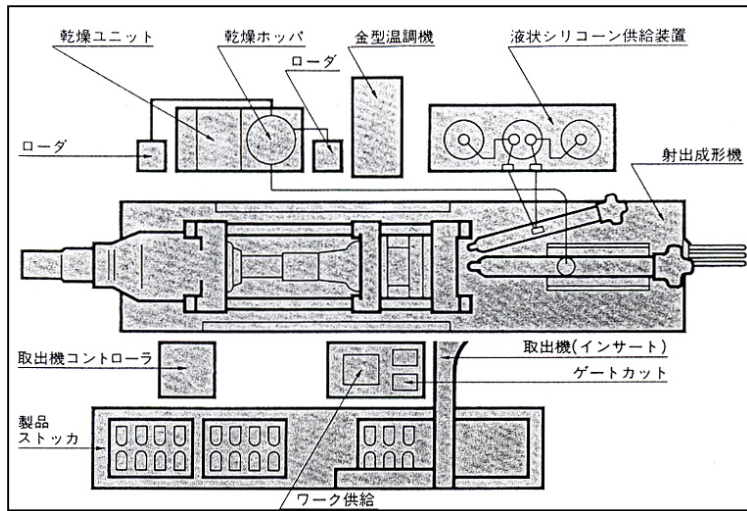


図 - 9 JP88 出品機システム

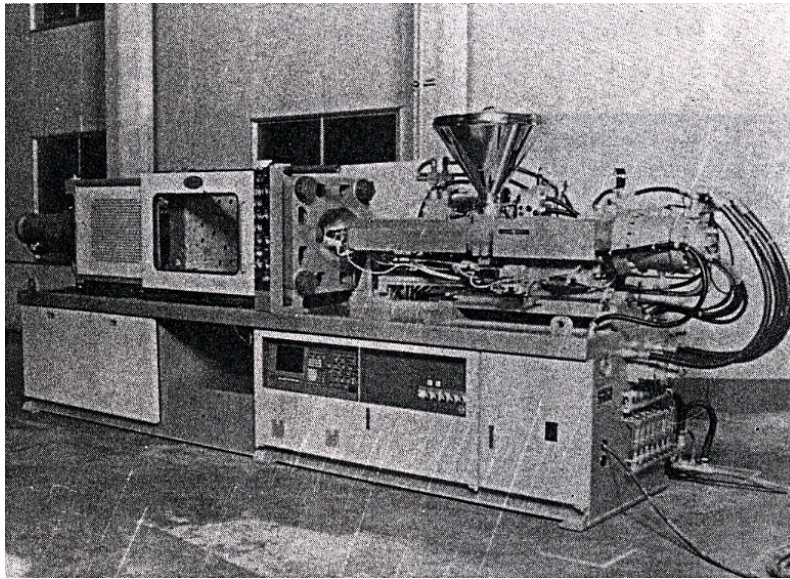


写真 - 1
ハイモールドシステムD方式
射出成形機(コアスライド方式)

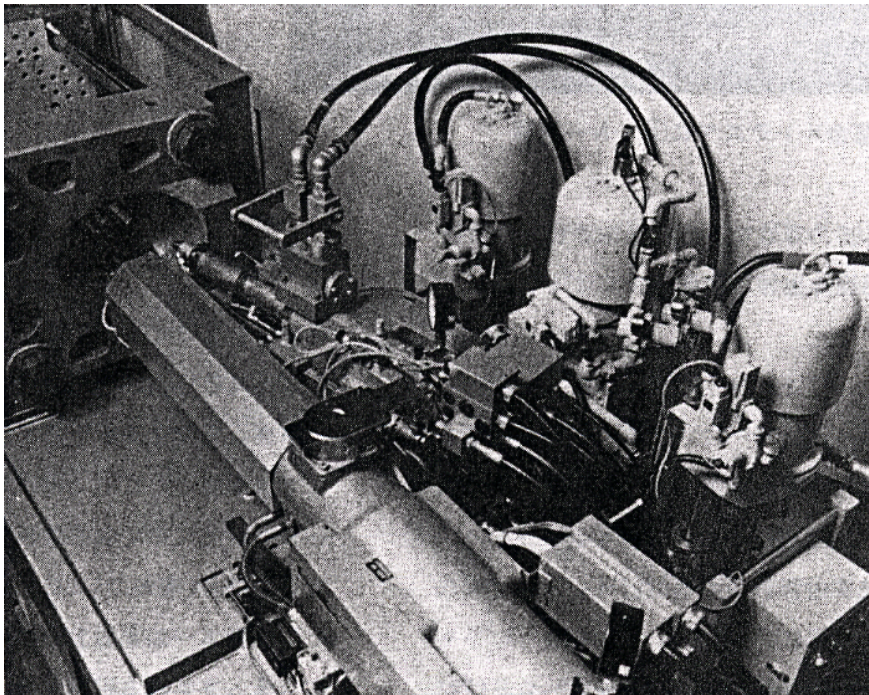


写真 - 2 一次、二次射出ユニットとシリコン供給装置

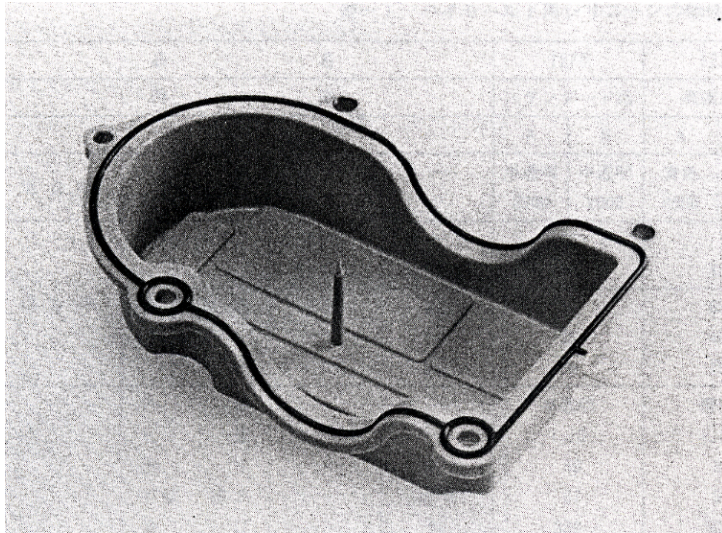


写真 - 3 JP88 成形モデル

- 「シリンダーヘッドカバーの模型」
- 一次側ナイロン6 (GF30%入り)
- 二次側熱硬化性液状シリコーンゴム
- 一次側成形サイクル 30 秒
- 二次側成形サイクル 30 秒

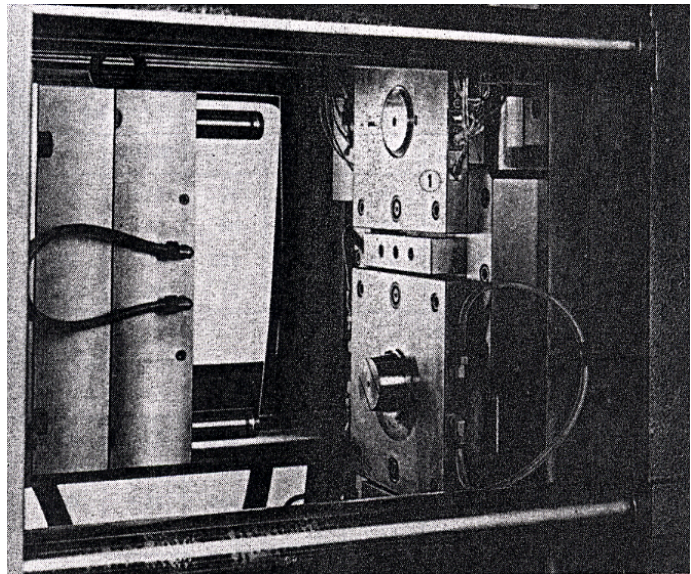


写真 - 4 コアスライド金型

6 . ハイモールド用シリコーン樹脂

スリーボンド 1270 シリーズはダブルインジェクション成形法により弾性シール材が一体化されたプラスチック複合成形部品を製造する、ハイモールドシステム専用に開発された熱硬化性、射出整形用シリコーン樹脂です。

ハイモールドシステムは熱可塑性のプラスチック(一次側)と熱硬化性のシリコーンゴム(二次側)との複合成形のために、シリコーンゴムの硬化温度は一次側のプラスチックの金型温度により大きく制限されます。そこでスリーボンド 1270 シリーズは低温での硬化性を速め、なおかつ十分なポットラ

イフが取れるように改良した、ハイモールドシステム専用の射出成形用液状シリコーンゴムです。

さらに、スリーボンド 1270 シリーズの硬化物は従来のミラブルタイプのシリコーンゴムと同様優れた耐熱性、耐久性、圧縮復元性、耐薬品性などを有しています。

ハイモールド用シリコーン樹脂はスタンダードタイプのスリーボンド 1270 の他にも高強度タイプの 1271、耐油タイプ、耐スチームタイプの 1272、1272 の高硬度品の 1272B など用途に応じて各種のグレードがあります。

表 - 1 ハイモールド用シリコーンの物性表

品名				1270		1271		1272		1272B		
特徴				スタンダード品		高強度品		耐油、耐スチーム品		1272の高硬度品		
				A	B	A	B	A	B	A	B	
混合前	外観	粘度	P	半透明	半透明	青色	青色	黒色	黒色	赤褐色	赤褐色	
				2000	2000	8000	8000	6000	5000	13000	11000	
混合時	ポットライフ	25	h	20		7		10		7		
		5~10	h	96		30		40		30		
	硬化時間 (4mm厚シート)	110	sec	50		65		65		50		
		120	sec	35		40		40		30		
		130	sec	25		25		25		25		
硬化後	外観	比重	25	半透明		青色		黒色		赤褐色		
				1.10		1.13		1.24		1.32		
	硬さ	JIS A	50		50		53		67			
			Kg/cm ²		67		85		64			
	引張り強さ	%	330		500		340		200			
			%		10		38		15			
	伸び	JIS A	Kg/cm		18		35		20		18	
			JIS B	Kg/cm		20		45		14		12
	引裂き強さ	150 /22h		%		2.18		2.35		1.56		1.17
			%		1.5 × 10 ¹⁶		2.5 × 10 ¹⁶		5.7 × 10 ¹⁶		1.0 × 10 ¹⁶	
圧縮永久歪	%		5.3 × 10 ⁻⁴		5.5 × 10 ⁻⁴		6.5 × 10 ⁻⁴		7.9 × 10 ⁻⁴			
	Cal/cm·sec											
				変化率		変化率		変化率		変化率		
耐油性	10W-30 150 /7日	硬さ	JIS A	36	-13	38	-11	45	-8	57	-10	
				47	-30	60	-32	49	-23	63	±0	
		引張り強さ	Kg/cm ²	220	-33	320	-36	210	-38	150	-25	
				13	-28	14	-44	12	-40	12	-33	
		伸び	%	20		45		15		13		
+23				+25		+21		+18				
引裂き強さ	JIS B	Kg/cm		+19		+14		+11				
		%										
耐スチーム性	150 /3日	硬さ	JIS A	56	+7	60	+10	56	+3	69	+2	
				66	-2	68	-20	58	-9	59	-6	
		引張り強さ	Kg/cm ²	250	-24	280	-44	290	-15	190	-5	
				15	-17	30	-14	17	-15	14	-22	
		伸び	%	35		70		20		25		
%												
引裂き強さ	JIS B	Kg/cm										
		%										
圧縮永久歪	22h	%										
		%										

ハイモールド用シリコーンの長期耐油性

ハイモールド用シリコーンゴムは、通常ミラブルタイプのシリコーンゴムと同様に優れた耐性を有しています。エンジンオイルに120で1200時間強浸漬試験をしたところ、ゴム物性は膨潤により多少変化はしますが、すぐに飽和状態に達して長期間安定した物性を示します。

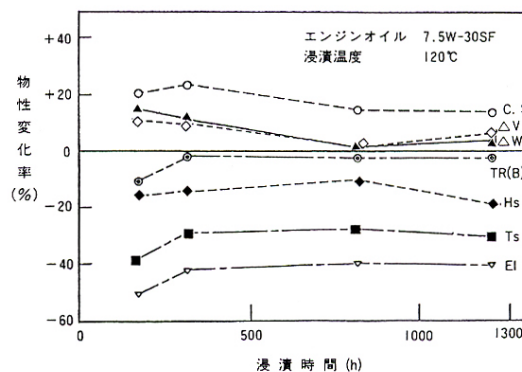


図 - 10 ハイモールド用シリコーンの長期耐油性

ハイモールド成形品の性能試験

テスト対象成形品

写真 - 5 のような丸フランジモデルについて、試験を行ないました。

一次成形樹脂 - - ナイロン 6 (30%GF 入)

二次成形樹脂 - - スリーボンド 1270

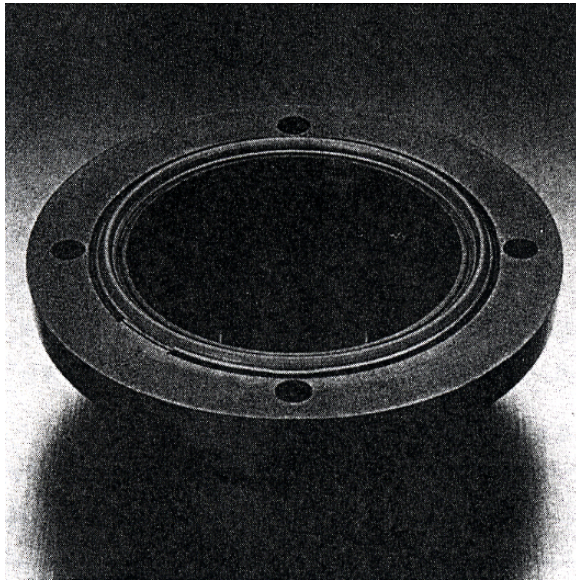


写真 - 5 丸フランジモデル

シリコンの硬化時間とゴム物性の関係

二次成形で成形したシリコンゴム物性を成形時の硬化時間との関係で見ると、15 秒の硬化時間で最終強度に達していることがわかります。

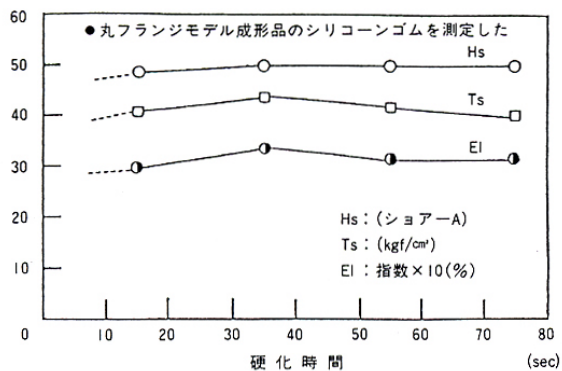


図 - 11 硬化時間とゴム物性の関係

硬化時間と耐圧性の関係

実際の成形実験では 5 秒でも成形可能ですが、耐圧性との関係で見ると、15 秒で最終性能に達していることがわかります。

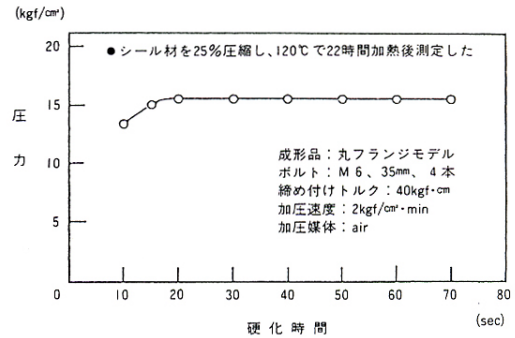


図 - 12 硬化時間と耐圧性の関係

長期耐熱性と繰り返し使用性

40kgf・cm の締め付けトルクで締め付け、120 で熱エージングした後、耐圧テストを行ないます。次に、これを一度分解し、再度組み付けるというサイクルを成形時の硬化時間が 10 秒、30 秒、60 秒の成形品について行ないました。熱エージングはトータルで約 800 時間行い、その間 7 回再セットしました。

これを見ると、どの硬化時間のものでも耐圧性にほとんど変化がなく、優れた信頼性を有していることがわかります。

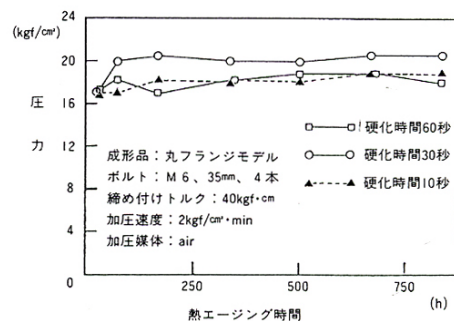
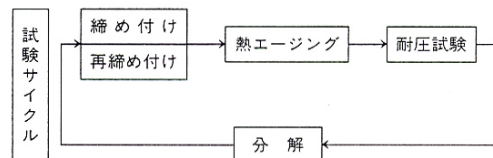


図 - 13 長期熱エージングと再締め付けによる耐圧性の変化

ハイモールドシステムD方式のコストメリット

従来の成形法では、プラスチック部品とシリコーンゴムを別々に成形して、後からアッセンブリーします。材料費で見るとハイモールド法の方が高くなっていますが、加工費で見るとミラブルゴムは 150 ~ 190 という高温で、5 分から 15 分という非常に長い加硫時間が必要なために、エネルギーコストが高くなります。また、前工程としてのロール作業、部出し作業が必要なために加工コストが高いものになります。さらに、後工程でアッセンブリー作業がかかってきますのでトータルとして 20% のコストダウンになります。これは単純な丸フランジについて比較したのですが、形状が複雑になればさらに大きなコストメリットが期待できます。

さらにこれに含まれないものとして、一連のプロセスで自動成形できるために品質の安定化、不良率の低下、あるいは

パーツの移動コストの削減、管理費の削減なども大きなコストメリットとして考えられます。

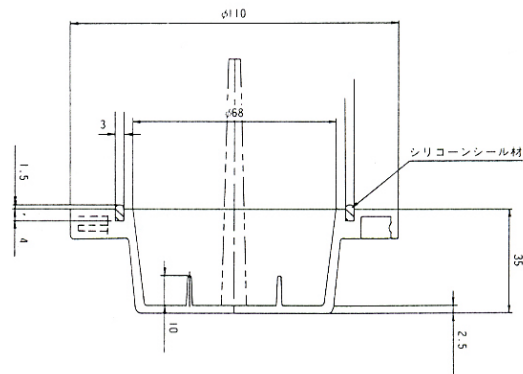


図 - 14 対象成形品

表 - 2 ハイモールドシステムD方式と従来成形法のコスト比較例

No.	区 分	算定方法	ハイモールドシステムD方式	従 来 成 形 法	
				ナイロンの成形	シリコーンの成形
1	成 形 サ イ ク ル		45 秒	30 秒	10 分
2	取 り 数 (個)		2	2	9
3	成 形 機 型 締 力 (ton)		120	120	45
4	初 期 投 資 額 (成形機) (万円)		3000	1500	3000
5	" (2本ロール) (万円)		-	-	1500
6	" (金型) (万円)		500	300	900
7	生 産 能 力 (万個/月)		7.6	11.5	7.7(3台)
8	ナ イ ロ ン 製 品 重 量 (g)			77.9	
9	シ リ コ ー ン ゴ ム 製 品 重 量 (g)			4.5	
10	ナ イ ロ ン 6 材 料 単 価 (円/kg)			800	
11	ハイモールド用シリコーン材料単価 (円/kg)			6000	
12	従 来 シ リ コ ー ン 材 料 単 価 (円/kg)			3000	
				単価当り金額 (円/個)	
13	ナ イ ロ ン 6 (材料ロス3%)		64.19	64.19	-
14	ハイモールド用シリコーン (材料ロス3%)		27.81	-	-
15	従 来 シ リ コ ー ン (材料ロス5%)		-	-	14.18
16	計	13+14+15	92.00	78.37	
17	成形機・ロール原価償却 (8年)		4.07	1.36	6.03
18	金 型 原 価 償 却 (50万ショット)		5.00	3.00	0.67
19	電 気 代		4.63	3.09	12.96
20	成 形 人 件 費 (1600円/時間)		10.00	6.67	9.88
21	ロ ー ル 人 件 費 (1600円/時間)		-	-	9.88
22	組 付 け 人 件 費 (1400円/時間)		-	-	11.67
23	計	17~22の合計	23.70	65.21	
24	製 造 原 価	16+23	116	144	
25	指 数		(80)	(100)	

注：成形機、プレス機の原価償却を計算するための稼働率は 24 時間 / 日、20 日 / 月とした。

成形機およびロールはオペレーターが一人つくことで試算した。(従来方法のシリコーン成形は一人で 3 台受け持つ)

この他、運賃、土地、建物の年金率および税金、検査費などは今回のコスト試算では省略した。

ハイモールドシステムの用途と

用途のバリエーション化

ハイモールド用シリコーンは優れた耐熱性、耐久性、耐薬品性、圧縮還元性を有していますので、優れたシール性と信頼性が期待できますので幅広いご用途にお応えできるものと思います。

《エンジン周りのプラスチック部品》	シリンダーヘッドカバー、ダストカバー、ラジエーターコア etc
《電装部品》	リレーボックス、ハーネス、スイッチ類 etc
《ランプ周りのシール》	シールドビーム、ソケット部 etc
《家電製品》	ポット、炊飯器、アイロン etc
《医療機器》	人工透析器、シリンジ etc
《このほかプラスチック周りでシールの必要な部品》	

ハイモールドシステムは基本的にはプラスチックとシリコーンゴムの複合形成ですから、単にシール材としてだけではなく、いろいろな応用の可能性もあると思います。例えば防振や防音を目的とした用途や接合面の隙間を埋めるといった

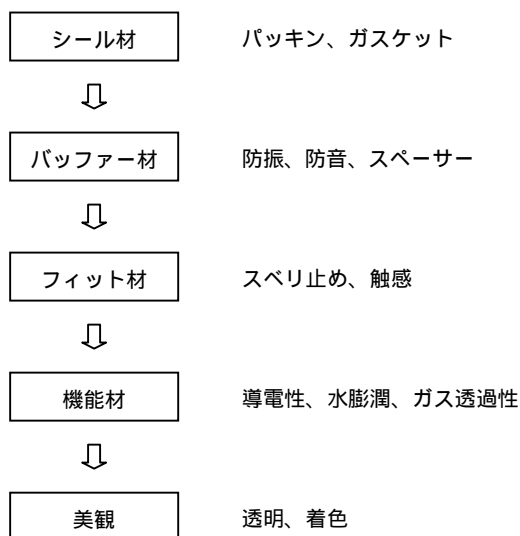


図 - 15 ハイモールドシステムの用途のバリエーション化

スペーサーとしての使い方や、またシリコーンゴムは独特なしっとりとした触感がありますので、滑り止めとしてや触感を生かした用途もあると思います。次にシリコーンゴムに導電性や、水膨潤性といった機能性を付与して、機能材として使うようなことも考えられます。さらに、シリコーンゴムの透明性や、自由に着色できるといった外観、美観性を生かした用途もあるのではないのでしょうか。

7. 今後の展望

ハイモールドシステムD方式は基礎技術が完成しいよいよ実用段階を迎えようとしています。このシステムはこれで完成したのではなく、実は今からが本当の開発ではないかと考えております。皆様からいろいろご意見、ニーズを頂戴しまして実際の製品で本当にコストダウン、高品質化ができる方法はなにかということのスリーボンド、日精グループは皆様とご一緒に考えさせていただきたいと思っておりますので、多数のご意見をいただきこのシステムを育てていただければ幸いです。

また今後スリーボンドでは、既存部品にたいしてシール材を後付け成形するハイモールドシステムO方式のほか、スポンジパッキンを一体成形する方法など第二、第三のハイモールドシステムを開発してシール材の合理化技術分野において、トータルコーディネーターの役割を果たしていきたいという夢を描いております。

今回、大阪において11月10日から6日間開かれましてJP88(ジャパンプラス)ショーにハイモールドシステムを出品いたしまして、お蔭様で大反響をいただいて成功裡に終わりましたことをこの誌面をお借りして皆様に深く御礼申し上げます。

研究所 シール・防錆・潤滑材研究室

勝野 宣広

