

# ドライシール（高圧型ドライシールの紹介）

## Dry Seal

(Newly Developed Dry Seal for High Pressure Use)



(化)技術部  
榎 本 正  
Tadashi Enomoto

軸封装置は反応器用攪拌機のキーテクノロジーである。グランドパッキンに代わって登場したドライシールはその実績を積み重ね、今や軸封装置の一方の主流となった。これにしたがって、ユーザーニーズもより多彩となり、より高圧力で使用出来るドライシールが要望される所となった。今回、耐圧 5 kgf/cm<sup>2</sup> 仕様の高圧型ドライシールを開発したので、紹介する。

Agitator shaft sealing device is one of the key-technology parts of reactor vessel. Dry-Seal which has been used in place of gland packing is one of the maincurrent of sealing device. Accordingly, user's needs are varied, and now, much high pressure operation by Dry-Seal has been desired. This paper describes the newly developed Dry-Seal which can be used at the pressure of 5 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Key Words

軸 封 装 置

Agitator shaft sealing device

### まえがき

反応器用攪拌機の軸シールとして、従来のグランドパッキンに代わって、ドライシールが使用され始めて約15年が経過した。ドライシールの特長である低コンタミ性がユーザーに受け入れられ、当社の実績においては、今や攪拌機用軸シールの30%はドライシールが採用され、軸封装置としての地位を確立するに至っている。シーラントを使用しないというクリーン性により医薬品、食品およびファイン分野で広く適用されるのみならず、近年ではケミカル分野での用途も増加している。これはドライシール

の運転並びにそのメンテナンスの容易性に起因するものである。

このような用途の多様化に応じ、ドライシールへの要求も多彩となっている。従来はグランドパッキンの代替品であるとの考え方から、耐圧限界 2 kgf/cm<sup>2</sup> を標準品仕様として、ユーザーの要望に応えてきたが、近年ではより高圧仕様への対応が求められている。この様なユーザーニーズに答えるべく、従来のシングル型ドライシールの常識を打ち破る、耐圧 5 kgf/cm<sup>2</sup> 仕様の高圧型ドライシールを開発し、上市することとした。

本稿では、この高圧型ドライシールの紹介を中心に、従来型を含めたドライシール全般の特長、用途を紹介する。

## 1. 高圧型ドライシール（特許出願中）

### 1.1 高圧型ドライシールの特長

第1図は今回開発した耐圧5 kgf/cm<sup>2</sup>仕様の高圧型ドライシールである。

主要部の材質は1.2項に示すとおり、ノンメタリックであり、グラスライニング反応器への適用が可能であることは言うまでもなく、ステンレス製反応器、およびフィルタードライヤー、コンカルドライヤー、SVミキサー等の各種機器への適用も可能である。

従来型ドライシール（第2図）と高圧型ドライシールの構造上の相違点は、前者の軸シールはPTFEベローズであるのに対し、後者はOリングを採用している点である。

従来型ドライシールを缶内使用圧力2 kgf/cm<sup>2</sup>以上に耐圧設計するに際しての障害は、主として下記2点であった。

- 1) PTFEベローズの耐圧強度
- 2) 高圧で使用するに従って摺動部の面圧が増加するため、カーボン入りPTFEの耐磨耗性

高圧型ドライシールは耐圧強度上の問題点をOリング型とすることにより、また耐磨耗性に関しては回転環を特殊充填材入りテフロンとすることにより解決した。

また、ドライシールに付き物である“鳴き”現象の問題についてはバランス比および摺動部の形状を工夫することにより解決されている。

したがって、耐圧5 kgf/cm<sup>2</sup>仕様であるにもかかわらず磨耗粉の発生が少なく、且つ従来型と同等以上の寿命を有している。

### 1.2 高圧ドライシールの仕様

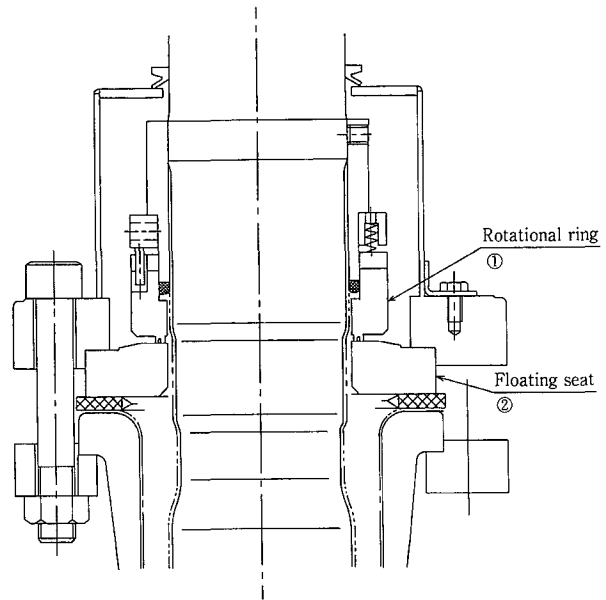
設計仕様を次に示す。圧力範囲を除いて従来の低中圧用ドライシールと同一である。

- 1) 材質：
  - ・回転環（符号①）：特殊充填材入りPTFE
  - ・固定環（符号②）：アルミナソリッド
- 2) 設計圧力：FV~5 kgf/cm<sup>2</sup>
- 3) 設計温度：-30~175℃ 注1
- 4) 使用回転数：最高200RPM 注2

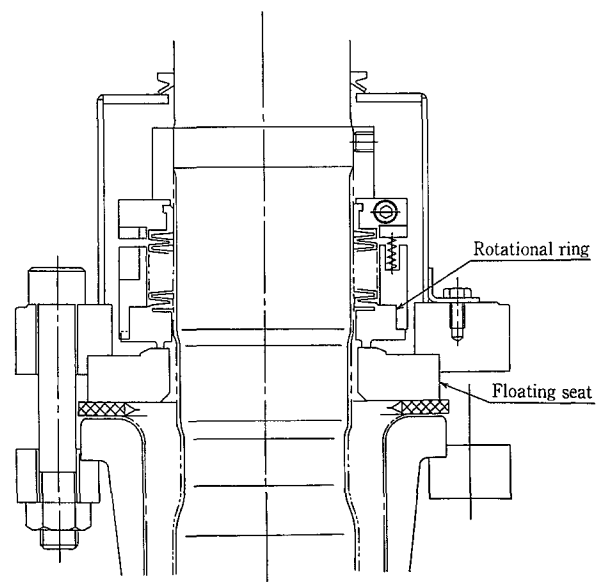
注1) 上記温度は缶体内容物温度であり、缶体内容物からドライシール部への熱伝導を考慮して決定された。したがって、反応器の大きさにより検討を要する場合がある。

注2) 材質の組合せ上のPV値の限界からは、更に高い回転数での使用も可能である。

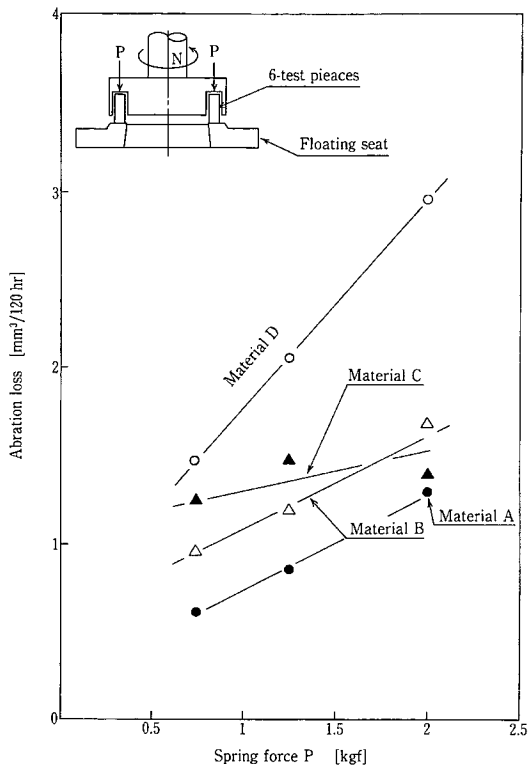
軸シールとしてOリングを使用しており、その標準材質はパーフロであるが、缶内内容物に応じた材質選定も可能である。



第1図 高圧型ドライシール  
Fig. 1 Dry Seal for high pressure use



第2図 ベローズ型ドライシール  
Fig. 2 Bellows type Dry Seal



第3図 回転環材料の磨耗試験  
Fig. 3 Abrasion test of rotational ring material

## 2. 高圧型ドライシールの開発テスト結果

### 2.1 材料選定テスト

ドライシールはバランスシールであるため、密封端面の接触圧力は缶内圧の増加に比例して大きくなる。すなわち高圧仕様になる程回転環および固定環の磨耗が増加するため、材料の選定およびその組合せには注意を要する。

開発に当たって、従来型ドライシールとの互換性および部品点数の削減の観点から、固定環は従来と同材質のアルミナソリッドとし、より磨耗特性の良い回転環材料を選定することにした。

第3図は回転環の候補材料の磨耗試験結果である。図の左上に示す様に、供試材をスプリングを介して回転軸に取り付け、アルミナソリッド製の固定環に押しつけ、一定時間運転した。テスト前後の供試材の重量を計測し、その比重で除することにより磨耗量（体積）を算出、比較することにより、候補材料の優劣を検証した。

その結果、高圧ドライシールの材料として選定した特殊充填材入り PTFE は最も消耗量が少なく、また従来型の材質の 1/2.5 の磨耗特性を示した。

### 2.2 長期運転テスト

磨耗テストで選定した材料で3インチサイズのド

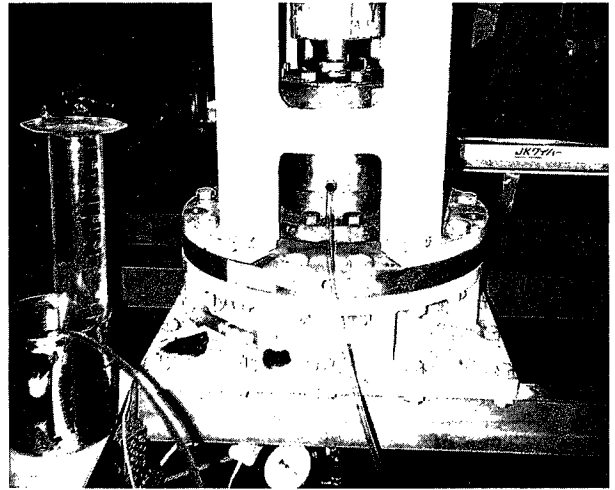
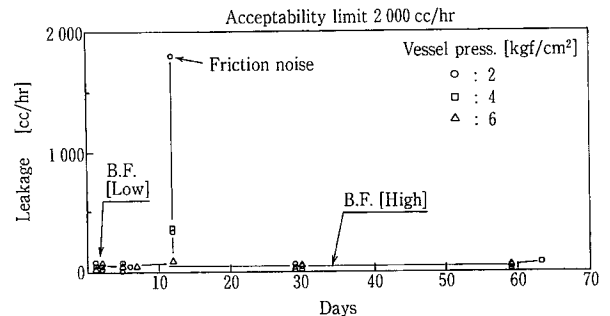


写真1 テスト装置  
Photo.1 Test equipment



第4図 洩れ試験  
Fig. 4 Leakage test

ライシールを試作し、洩れ特性および磨耗特性を測定した。写真1はそのテスト装置、第4図は時間経過に伴う洩れ量のテスト結果である。

第4図より、バランス値（以下 B.F. 値という）が低い場合には11日運転後に“鳴き”現象（摺動部のビビリ振動に起因して、キーキーと高周波数の音が発生するドライシール特有の現象）が生じ、洩れ量が急激に増加した。

“鳴き”現象は必ずしも理論的に説明されておらず、組立精度、摺動材の組合せ、摺動部の構造、密封端面の接触面圧等が影響するとされている。一方 B.F. 値が高い場合には60日を超える運転後にも洩れ量は殆ど変化せず、その値は数10 cc/hr であった。尚、缶内圧力が変化しても洩れ量の変化は少なかった。

第1表は3インチサイズ試作機での磨耗量測定結果である。テスト条件は缶内圧 6 kgf/cm<sup>2</sup>、温度は常温とした。1500時間後の平均磨耗量は0.022 mm

第 1 表 高圧型ドライシール磨耗量

Table 1 Abrasion rate of Dry Seal for high pressure use

	Dimension of test piece	Dimension after testing outer side/inner side	Abration rate outer side/inner side	Abration rate average
Opertion time 1 500 hr	5. 288	5. 288/5. 260	0/0. 028	0/0. 022
	5. 285	5. 285/5. 265	0/0. 020	
	5. 285	5. 290/5. 265	0/0. 020	
	5. 285	5. 285/5. 265	0/0. 020	

第 2 表 ドライシールの種類

Table 2 Variety of Dry Seal

Type of Dry seal	Application range	Type of shaft seal	Material
High press. type	FV~5	O-ring	Filler filled PTFE—Alumina
Medium press. type	ATM~2	Bellows	Carbon filled PTFE—Alumina
Low press. type	FV~1		

であり、1年後の推定磨耗量(δ)

$$\delta = 0.022 \times 8\,760 / 1\,500 = 0.13 \text{ mm}$$

となる。すなわち、1年以上の使用に十分耐えることが出来る。尚、この磨耗量は従来型ドライシールとほぼ同等である。密封端面の面圧が増加しているにもかかわらず、磨耗量がほぼ同等である理由は、回転環材料の磨耗特性が改善されていることに起因している。

### 3. ドライシールの種類と適用範囲

高圧型の開発により、ドライシールの適用圧力は真空から5 kgf/cm<sup>2</sup>までの幅広い範囲に広がった。第2表はドライシールの一覧表であるが、個々それぞれの特長を有しており、使用圧力範囲および内容物に応じて適切な選定が必要である。次にそれぞれの適用範囲と選定の要点を説明する。

#### 3. 1 低圧型

真空での使用に重点を置いた設計がなされている。また材質的には、軸シールにPTFEベローズ、回転環にカーボン入りPTFEが使用されているため、ノンメタリック構造であり耐食的には殆ど全ての内容物の使用に適している。

#### 3. 2 中圧型

材質および基本的な構造は低圧用と同一である。但し、回転環の摺動部には“鳴き”現象の防止の目的で、溝加工が施されており、また使用缶内圧の増加に伴う摺動部の面圧増加に対応するため、B.F.値に工夫が凝らされている。真空での使用は勿論問

題はないが、大気圧以上2 kgf/cm<sup>2</sup>までの缶内運転圧力が主流である場合に最適なドライシールである。

#### 3. 3 高圧型

高圧使用時の洩れ対策と摺動部の磨耗に重点を置いた設計となっている。従来の低中圧型で使用されているテフロンベローは耐圧強度上の限界があり、必然的にOリング型を採用することになった。従って、高圧型の適用可否の判定に際しては、Oリング材の耐食性を考慮する必要がある。グラスライニング機器への適用を考慮し、Oリングの標準材質はパーフロとしたが、カルレッツその他の材質の使用も可能である。

第3表は代表的な薬品に対するパーフロの耐食性を示している。ケトン類、エステル、フラン、有機酸、アルカリ、アミン類に使用可能であるが、炭化水素、含フッ素化合物、エーテル類およびアルデヒド類の使用には注意を要する。また、内容物に対するデータ、使用実績が不明である場合には、個々の使用条件に応じた機能テストを行うことを推奨する。

### 4. ドライシール使用上の注意事項

- 1) シーラントを使用しないためクリーンである。
  - 2) 磨耗粉の発生が少なく、缶内へのコンタミ成分の混入は非常に微量である。
  - 3) 構造がシンプルであり分解組立のメンテナンスが容易である。
  - 4) 回転環の材質が柔軟性を持っているため、分解・組立時に特殊な技能を必要としない。
- 等の特長がある反面、ドライシールは、スプリングの反力および密封気体の圧力を利用して回転環およ

第 3 表 ダイエル パーフロの耐薬品性<sup>2)</sup>  
Table 3 Chemical resistance of DAI-EL PERFLUORO

Chemical	Rating	Exposure		Remarks
		Temp(°C)	Days	
<Inorganic and organic acid>	A			
<Inorganic alkali>	A			
<Nitrogen containig material>	A			
<Hydrocarbon, Hydrocarbon halogenide>				concerning another chemicals see manufacturer' s catalogue
・ Cyclohexene	B	40	21	
・ Iso-octane	B	40	21	
・ Carbontetrachloride	B	40	7	
・ Tetrachloro ethylene	B	40	21	
・ Tetrachloro ethylene	B	100	7	
・ Daiflon solvent R-113	D			
・ Daiflon solvent R-112	C			
・ Daifloil # 10	C			
・ Daifloil # 1	C			
<Alcohol>	A			
<Oil, Steem>	A			
<Ketone, Ester, Ether>				concerning another chemicals see manufacturer' s catalogue
・ Diethyl Ether	B	25	21	
・ Methyl-t-butylether	B	40	21	
<Furan, Aldehyde>				concerning another chemicals see manufacturer' s catalogue
・ Tetrahydrofuran	B	40	21	
・ Dimethyl tetrahydrofuran	B	40	21	
・ Acetaldehyde	B	25	21	

Volume change

A: < 5 %      B: 5 ~ 20 %      C: 20 ~ 50 %      D: > 50 %

び固定環間の摺動面を密着させ、缶内の圧力気体を密封する構造である。したがって、缶内圧力気体の洩れを完全に防止することは出来ない。

#### 4. 1 腐食性ガス

内容物が腐食性ガスである場合には、洩れたガスがシールカバー内に滞留し、攪拌軸の非ガラスライニング部および押さえフランジ（ステンレス製）を腐食するため、シールカバー内をパージする必要がある。濾洩ガスが水蒸気である場合にもエアパージすることが望ましい。

#### 4. 2 結晶物を生成する内容物

内容物が冷却時に結晶物を生成する場合には、摺動面に結晶物が噛み込み異常磨耗を生じる。本質的にはこのような用途にはドライシールの適用は避けるべきである。

連絡先

榎 本 正      化工機事業部  
技術部  
部長  
TEL 0794 - 36 - 2515  
FAX 0794 - 36 - 2578  
E-mail t.enomoto@pantec. co.jp

## む す び

高圧型ドライシールの開発によって、ドライシールの適用範囲は大きく広がり、ユーザー各位の多彩な要望への対応が可能になった。本稿は新規開発した高圧ドライシールを主題として、当社のドライシールのラインアップを紹介した。軸封装置は反応機の要であり、ユーザーニーズを的確に捉えた開発が必要である。

尚、Oリング使用の高圧型ドライシールは100 Lt~8000 LtまでラインアップしたGL規格品にも標準採用されており、ドライシールの軸封装置に占める割合は益々大きくなっていくものと考えらる。

[参考文献]

- 1) 神鋼ファウドラ-技報 Vol. 28. No. 3 (1984) P. 10
- 2) ダイキン技術資料