

サンフロン[®] Uシールの特性

Characteristics of SUNFLON[®] U-seals

機器部品事業部
技術開発部

松浦 王昭

■ K. Matsuura

サンフロン Uシールは、耐熱性、耐寒性、耐薬品性、耐摩耗性に優れたサンフロン (PTFE) と金属ばねを使用したシール部品で、主に高温、極低温、各種薬剤の雰囲気下といったゴム製のシールが使用できない条件下で使用されている。

しかし、近年の機器の高機能化に伴い、標準設計のサンフロン Uシールでは十分に機能を発揮できない条件下で使用されることも多くなり、各使用条件に適した特殊設計のサンフロン Uシールが求められるようになってきている。本報では、標準設計のサンフロン Uシールの紹介と共に、これまで開発してきた特殊設計のサンフロン Uシールの一部を紹介することとする。

【キーワード】 サンフロン Uシール, 耐熱性, 耐寒性, 耐薬品性, 耐摩耗性

The SUNFLON U-seal is an advanced all-purpose seal consisting of a SUNFLON U-ring and a corrosion resistant stainless steel spring. SUNFLON U-seals cannot be damaged by most chemicals and solvents, and may be used under wide temperature ranges, various pressure ranges from vacuum to high pressure, and for reciprocating and static applications. However recent equipments tend to be operated under extremely high pressure and high speed, and therefore, SUNFLON U-seals need to be stable in low torque for a long period of time and under severer conditions.

In this report, characteristics of standard SUNFLON U-seals and specially designed SUNFLON U-seals for use under severer conditions are introduced.

【Key words】 SUNFLON U-seal, Heat Resistance, Cold Resistance, Chemical Compatibility, Wear Resistance

1 はじめに

サンフロン Uシールは、断面が U 字状のサンフロンリングと耐屈曲疲労性に優れた金属製ばねを組み合わせた複合シールで、耐熱性、耐寒性、耐薬品性、耐摩耗性に優れたシールである (図 1)。

このような特性を有するため、ゴム製のシールよりも広い温度域 (-200℃ から 250℃) で使用が可能であり、ゴム製のシールが使用できないような各種の薬品や有機溶剤に触れる条件下においても、固定、往復動、回転、揺動といった運動形式を選ばず使用が可能である。



図 1 サンフロン Uシール外観
Schematic of a typical SUNFLON U-seal

また、当社標準設計のサンフロン Uシールでは十分に機能を発揮できないような苛酷な環境下においては、標

準以外の配合材料の使用や形状改良をした特殊設計のサンフロン Uシールによって要求を満たせる場合もある。

本報では、従来の標準設計のサンフロン Uシールを紹介するとともに、これまで開発してきた特殊設計のサンフロン Uシールの一部を紹介する。

2 シール構造

2.1 形状

サンフロン Uシールは U 字型の溝部を流体の高圧側に配置して使用することで、圧力がシールリップ部を加圧する構造になっている (図 2)。つまり、真空から低圧条件下では、ばねの反発力によってシール性を維持し、中圧から高圧になると、ばねの反発力に加えて流体圧力がシールリップ部を加圧してシール性を維持する (一般的にはこれを自封性と呼ぶ) という特徴をもつ。この特徴により、標準的なサンフロン Uシールは真空から高圧 (~35 MPa) までの広範囲圧力での使用が可能である。

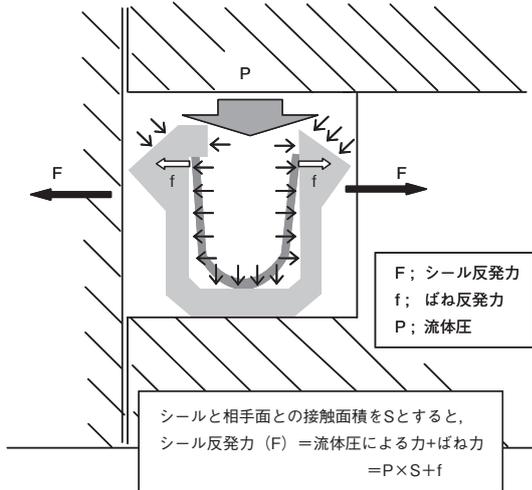


図2 自封性メカニズムについて
Seal mechanism of SUNFLON U-seals

2.2 材質

2.2.1 サンフロンリング

サンフロン Uシールのサンフロンリングの材質は、標準として表1に示す5種類を用意している。これらは四フッ化エチレン樹脂 (PTFE) もしくは、これに充填材を配合した材料であり、耐熱性、耐寒性、耐薬品性に優れた材料である。また、PTFEの摩擦係数は固体中最も小さく、サンフロン Uシールは潤滑が期待できない個所でも無給油で使用が可能である (初期にグリースは必要)。

その他、用途に適應した材料の開発を実施してきており、表2に示す材料もよく使用されている。

表1 サンフロンリングの材料特徴と用途 (標準タイプ)

Compounds for standard SUNFLON rings		
サンフロンリング材料	用途	特徴
S4101	固定部用, もしくは0.1 m/sec以下での往復動用	界面漏れが少なく、ガス密封性、耐薬品性に優れる。耐摩耗性には劣るため、固定部用もしくは、低摺動条件用。
S4111	往復動用	耐摩耗性に優れる。しかし、水潤滑下では、異常摩耗するため使用不可。
S4134	水潤滑用, 水蒸気雰囲気下での運動	耐クリープ性、水潤滑下での耐摩耗性に優れる。
S4175	軟質相手材での運動用	相手材を傷つけにくいいため、相手材が軟質金属用。界面漏れが少なく、特にガスの密封性に優れる。
S4151	低摩擦運動用	耐摩耗性、耐クリープ性に優れる。S4111よりも低摩擦。

表2 サンフロンリングの材料特徴と用途 (特殊タイプ)

Compounds for special SUNFLON rings		
サンフロンリング材料	用途	特徴
S4105	固定部用, もしくは0.1 m/sec以下での往復動用	S4101よりも耐クリープ性に優れる。
S4120	高温高速条件用	無潤滑、過酷な雰囲気下での耐摩耗性に優れる。
S4131	水潤滑用, 水蒸気雰囲気下での運動	耐薬品性、水潤滑下での耐摩耗性に優れる。相手材を傷つけにくいいため、相手材が軟質金属用。
S4160	高温, 高压条件下用	耐クリープ性に優れた材料。高温、高压での固定部用として実績あり。
S5502 S5503	極低温環境下用	LOXのシール用として実績あり。極低温環境下での、機械的特性に優れている。
S6303	水潤滑用途	水潤滑環境下での耐摩耗性に優れる。耐熱性は約80℃。

2.2.2 ばね

サンフロン Uシールのばねの材質として、表3に示す2種類の材料を標準として用意している。

表3 ばねの標準材質について

Standard materials for springs	
材料	特徴
SUS631	標準ばね
インコネル	耐食、耐水素脆化に優れる

3 サンフロン Uシールの密封性について

3.1 低温サイクル試験

サンフロン Uシールの最大の特長は、ゴム製シールでは弾性を失い使用できないような、極低温における優れた密封性である。

図3に-196℃⇔15℃の熱サイクルを経たサンフロン Uシールの-196℃での漏れ量を示す。熱サイクルを繰り返していくと漏れ量は、減少する傾向にあった。

<条件>

シリンダ内径; φ9

試料 ; サンフロン Uシール (S4101)

流体 ; 窒素ガス, 液体窒素

圧力 ; 21 MPa

試験温度 ; -196 ⇔ 15℃

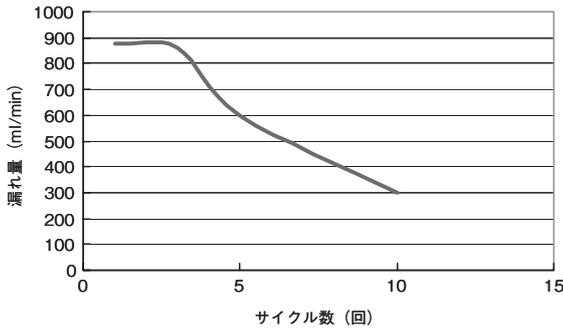


図 3 極低温サイクル試験結果
Leak test results (at -196°C ⇄ 15°C cycle)

3.2 高温サイクル試験

図 4 に 15°C ⇄ +250°C の熱サイクルを経たサンフロン U シールの漏れ量を示す。熱サイクルを 10 回繰り返しても、250°C での漏れ量は 0 (ml/min) のままであり、変化がなかった。

<条 件>

- シリンダ内径 ; φ9
- 試料 ; サンフロン U シール (S4101)
- 流体 ; 窒素ガス
- 圧力 ; 21 MPa
- 試験温度 ; 15 ⇄ 250°C

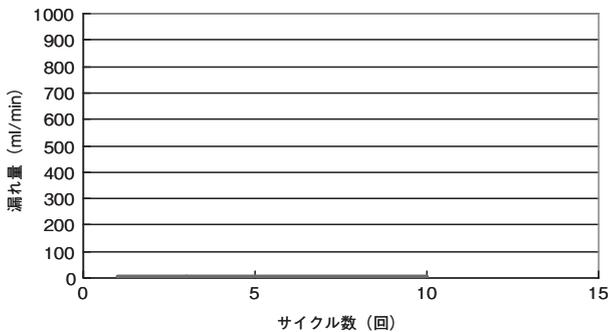


図 4 高温サイクル試験結果
Leak test results (at 15°C ⇄ 250°C cycle)

4 サンフロン U シールの摺動特性について

サンフロン U シールとゴム O リングの始動抵抗、摺動抵抗について、図 5 および図 6 に示す。

摺動抵抗は、サンフロン U シールとゴム O リングとでは同程度であるが、始動抵抗は明らかに差があり、サンフロン U シールの方が小さい。

<条 件>

- シリンダ内径 ; φ60
- シリンダ仕上げ ; 0.8 S

- 試料 ; サンフロン U シール (S4101)
- 流体 ; MIL-H-5606 A 油
- 試験温度 ; 25°C
- 加圧休止時間 ; 60 min (始動抵抗測定)
- 摺動速度 ; 0.1 m/s (摺動抵抗測定)

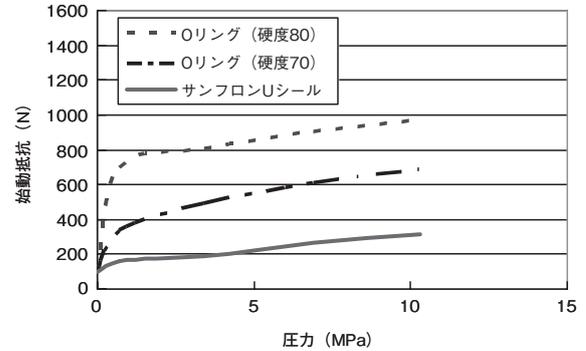


図 5 圧力による始動抵抗の変化
Relationship between initial resistance and pressure

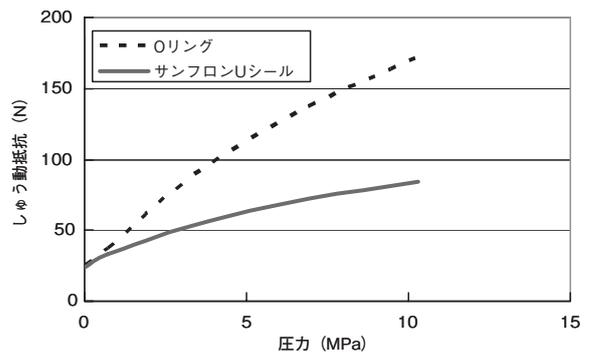


図 6 圧力による摺動抵抗の変化
Relationship between sliding resistance and pressure

5 回転動用サンフロン U シールの使用限界

回転動用サンフロン U シールについてドライ条件下での使用限界を調査したので、その結果を図 7 に示す。

使用限界を超えて使用すると、シールリップ部にクラックが発生するなどの現象が確認された。

<条 件>

- シリンダ内径 ; φ55
- シリンダ仕上げ ; 1.6 S (S55C 硬質クロムめっき処理)
- 試料 ; サンフロン U シール (S4175)
- 流体 ; ドライエア
- 圧力 ; 0.1 ~ 0.7 MPa
- 周速 ; 1 ~ 7 m/s
- 試験温度 ; 25°C
- 運転時間 ; 250 hr

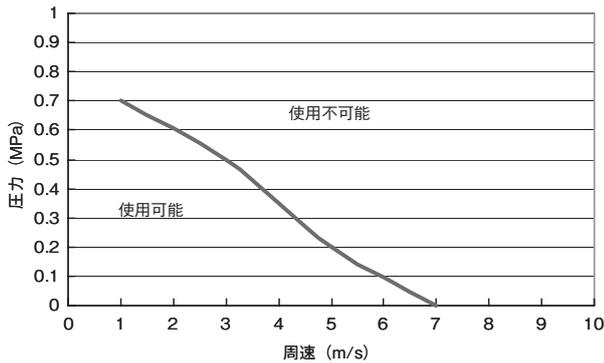


図7 回転動用サンフロンUシールの使用限界範囲
Application limit of SUNFLON U-seals

6 特殊設計のサンフロンUシール

標準設計のサンフロンUシールが使用できないような特殊環境の場合、形状や材料の検討を実施して新しいサンフロンUシールを開発してきたが、これまでに量産化されたサンフロンUシール実例の一部を紹介する。

6.1 超臨界CO₂用サンフロンUシール

<使用条件>

密封流体 ; 超臨界CO₂
 圧力 ; 最大30 MPa
 温度 ; 最大220℃

高温、高圧のため、サンフロンリングの材質としてファイバ充填材入りのサンフロンを使用して、耐はみ出し性を向上させている。

最近では、特殊形状のバックアップリングと組み合わせが可能なサンフロンUシールを設計し、さらに耐はみ出し性を向上させ、長寿命化に成功している。

6.2 H₂ ロケット用燃料配管接続部シール

<使用条件>

密封流体 ; 液体酸素, 液体水素
 圧力 ; 1.5 MPa

極低温環境下においてPTFEよりも機械的特性に優れ、線膨張係数の小さい材料をサンフロンリングとして使用し、極低温下でも優れた密封性を発揮できるように設計されている。

6.3 スクロール型コンプレッサ固定部用シール

<使用条件>

圧力 ; 0.5 ~ 4 MPa
 温度 ; -40 ~ 150℃のヒートサイクル
 運動 ; 微振動

サンフロンリングに特殊充填材とファイバ充填材を配合した材質を使用し、耐圧性、耐摩耗性及びヒートサイクル履歴後も優れた密封性を発揮できるように設計している。既に10年以上の量産納入実績があり、優れたシール性能、耐久性で、好評を頂いている。

7 むすび

サンフロンUシールは耐熱性、耐寒性、耐薬品性、耐摩耗性に優れたシールであり、ゴム製シールが使用できない環境下において使用が可能である。また、従来の標準設計のサンフロンUシールでは使用できない厳しい環境下においても形状や材料を改良することで、使用できるようになった実例は多く存在し、可能性の尽きないシールである。

近年、市場の要求はますます多様化してきており、この要求に応えるため、サンフロンUシールの開発を継続して進めていきたい。

注)「サンフロン」および「SUNFLON」は当社の登録商標です。