

低締付力メタルシール - サンリーメス[®] の用途開発

Application of Low Compression Force Metal Seals "SUNLIMES[®] I"

機器部品事業部
技術開発部

// 藤堂 聡

■ S.Tohdoh

機器部品事業部
技術開発部

// 假屋 隆広

■ T.Kariya

機器部品事業部
技術開発部

// 池田 毅

■ T.Ikeda

近年機器の高機能化に伴い、シールに対する要求も厳しくなっている。このためガス透過性や耐熱性などの要求から、ゴムシールや樹脂シールからのメタルシールへの置換え要求が増えているが、メタルシールは締付け力が大きい、取り扱いが難しいなどの理由で置換えは容易ではなかった。当社では、これらの点を改善するためにサンリーメス[®] シリーズを開発し、メタルシール化の要求に応えてきた。本報ではサンリーメス[®] の用途開発事例について紹介する。

〔キーワード〕 金属シール, 低締付力, サンリーメス

Requirements for seals have become server with the development of various high performance instruments. For low gas permeability and heat or chemical resistance, metal seals have been required to replace various rubber or resin seals. However, these replacements have not been easy because metal seals have higher torque and are difficult to handle. Mitsubishi Cable Industries has developed the SUNLIMES[®] series metal seals to improve these problems and offers solutions for the above requirements. In this report, some of the latest examples of the development and installation of SUNLIMES[®]I are introduced.

〔Key words〕 Metal Seal, Low Compression Force, SUNLIMES I

1 まえがき

当社では、数年前よりメタル Oリングなど従来のメタルシールの問題点であった締付力の高さを改善した低締付力のメタルシールを開発・商品化している。既に当社時報第 100 号にてサンリーメス I～III として紹介しているが、今回は改めてサンリーメス I について、真空・半導体向け用途、自動車関係用途、その他用途への開発事例を紹介する。

サンリーメス I は、ばね用ステンレス鋼を断面略 S 字状に加工したもので、素材厚さと形状を変化させることにより、数多くのシール性能（低締付力～超高真空性能）を引き出せることを特徴としている。

2 用途開発事例

メタルシールが適用される環境は、ゴムシールや樹脂シールが適用される環境よりも厳しい場合が多い。また、環境が厳しくない場合でも、非常に高度なシール性（Heリークディテクタの感度以下など）を要求されることが多い。

特に半導体の分野では腐食性ガスを使用することもあり、シール性の要求が厳しい。

これとは別に、ゴムシールや樹脂シールと同等のシール性能があれば良いが、使用温度や圧力もしくは信頼性の点からメタルシールが選定される場合もある。この場

合に問題になってくるのがシールの締付力である。Oリングなどのメタルシールにおいては、シール性と締付力はトレードオフの関係にあるが、当社ではサンリーメス I の設計にあたり FEM 解析を導入し、必要なシール性能と要求寸法に合わせて最適な形状を提案している。ここではその一例を紹介する。

2.1 半導体分野での用途開発例

半導体分野でのメタルシールとして、ステンレスとアルミニウムのフランジ間で使用されるサンリーメス I の開発事例を紹介する。設計する際の制約事項を Table 1 に示す。

サンリーメス I でシール性（Heリーク量で 10^{-11} Pa・m³/sec 以下）を満足するのに必要な最低締付荷重は、経験上把握しており、Table 1 の溝寸法を満足する形状を設計し、FEM 解析を用いて締付荷重を算出した。

FEM 解析結果から得られた形状を Fig. 1 に示す。

Table 1 設計条件

Design conditions	
項目	条件
溝内径	φ15.2 [+0.05/0.00 mm]
溝幅	3.6 mm
溝深さ	1.9 [0/-0.05 mm]
使用ボルト	M4 × 4 本
フランジ材質	ステンレス/アルミニウム

製作したサンリーメス I に銀めっきを施し（めっき厚さ 30～50 μm）Table 1 の溝に組み込んだ後室温⇄

150℃のヒートサイクル試験を実施しながら He リーク量を測定した結果を Fig. 2, Fig. 3 に示す。

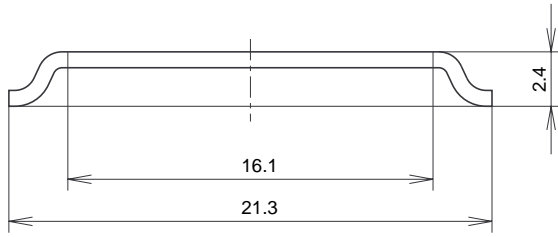


Fig. 1 サンリーメス I の断面形状
Cross-section of SUNLIMES I

Fig. 2, Fig. 3 から解るように昇温時, 高温保持時, 降温時のいずれも He リーク量は 10^{-11} [Pa・m³/sec] 以下であり, 要求仕様を満足する結果が得られた。

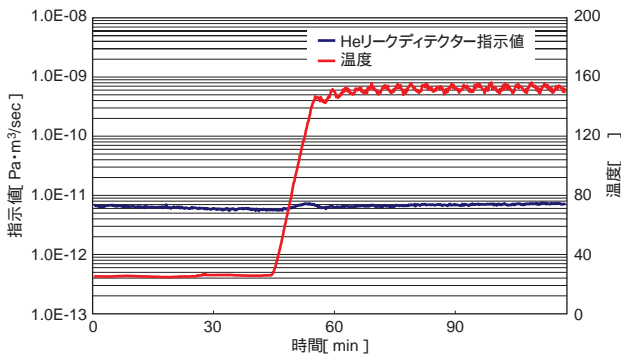


Fig. 2 He リーク試験結果 (室温⇒150℃)
Helium leak test result (Room temperature ⇒ 150℃)

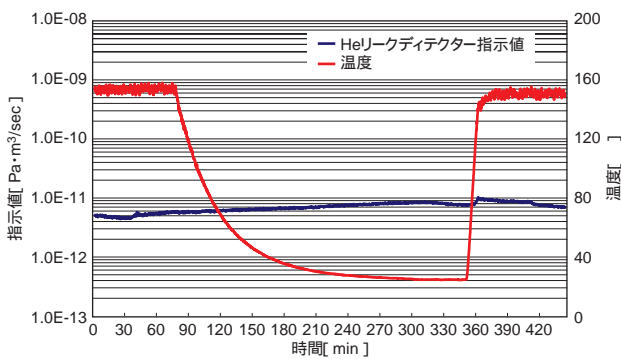


Fig. 3 He リーク試験結果 (150℃⇔室温)
Helium leak test result (150℃ ⇔ Room temperature)

2.2 半導体製造装置分野での用途開発例

この分野では, 特に低締付力の要求があり, フランジが石英の場合や M3 ボルト 4 本での締付けといった要求が多い。一例として片側が石英フランジの場合の開発事例を紹介する。

Table 2 サンリーメス I の寸法
Dimensions of SUNLIMES I

P/N	SL1 -0183 AS
外径	φ18.3 mm
内径	φ13.4 mm
高さ	1.83 mm
表面被覆	銀 (めっき厚 30 ~ 50 μm)

Table 2 に記載したサンリーメス I を使用し, Fig. 4 の状態で He リーク試験を実施した。ヒートサイクル条件は Fig. 5 のとおりである。

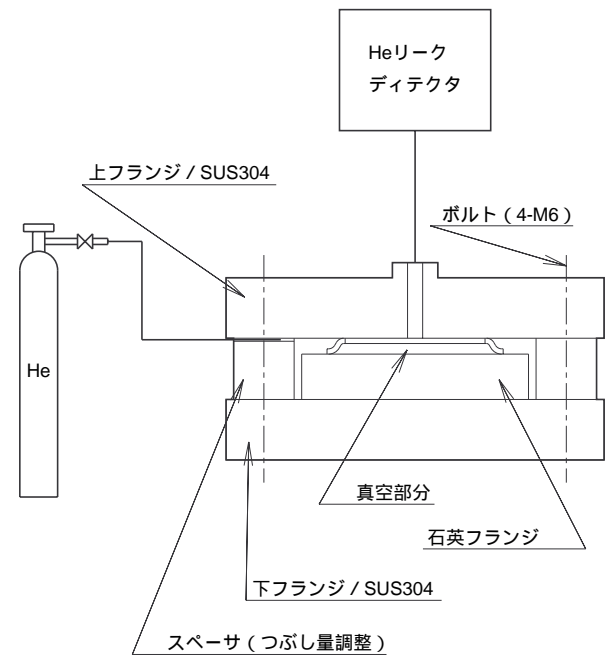


Fig. 4 He リーク試験方法
Helium leak test method

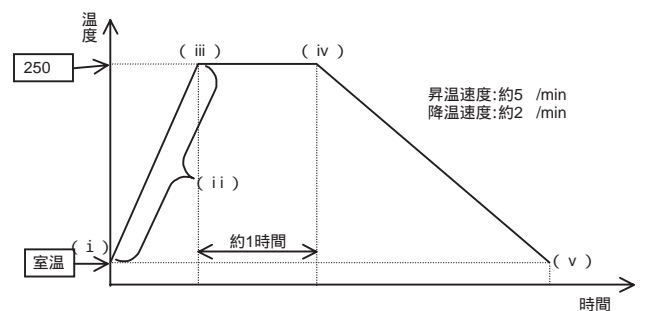


Fig. 5 ヒートサイクル条件
Conditions of the Heat cycle test

得られた試験結果を Table 3 に示す。

メタル O リングでは締付力が大きいため, 石英フランジの割れが問題になるが, サンリーメス I では締付力がメタル O リングの約 1/4 (当社比) と小さいため, 石英フランジの割れは起こらなかった (ヒートサイクル試験 2 サイクル実施)。He リーク量は, 室温⇔250℃のヒートサイクルにおいて, 10^{-9} Pa・m³/sec [He] レベルのシール性能が維持されることが確認できた。

石英フランジへの適用以外にもめっきなし品やニッケルめっき品を配管部分にご使用頂いている。

Table 3 He リーク試験結果

Results of the Helium leak tests					
セット 高さ (mm)	1 サイクル目のリーク量				
	(i) 室温	(ii) 昇温時	(iii) 250°C 到達時	(iv) 250°C 保持後	(v) 室温
1.3	10 ⁻¹¹ レベル	10 ⁻⁹ レベル	10 ⁻⁹ レベル	10 ⁻⁹ レベル	10 ⁻¹¹ レベル
セット 高さ (mm)	2 サイクル目のリーク量				
	(i) 室温	(ii) 昇温時	(iii) 250°C 到達時	(iv) 250°C 保持後	(v) 室温
1.3	10 ⁻¹¹ レベル	10 ⁻⁹ レベル	10 ⁻⁹ レベル	10 ⁻⁹ レベル	10 ⁻¹¹ レベル

2.3 自動車分野での用途開発例

自動車分野には、過去に直噴用インジェクターとシリンダヘッド間のシールとしての実績があるが、最近では二次エアシステム用のシールとして開発を行ったので事例を紹介する。

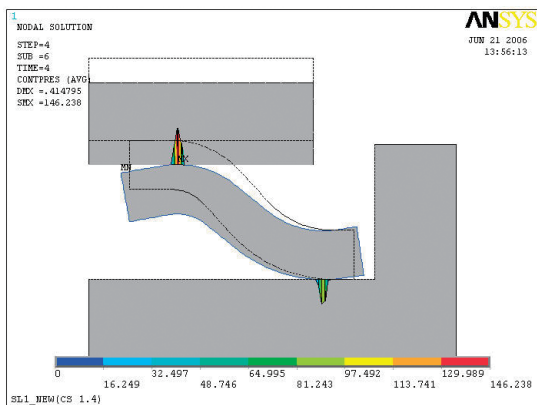


Fig. 6 シール面における接触圧力分布のFEM解析例
Example of FEM analysis of the contact pressure distribution on the seal surface

2.1 項でも記載したように、シール性を確保するのに必要な最低締付荷重を満足する形状を FEM 解析から解析した。一例として Fig. 6 に接触圧力の解析結果を、Fig. 7 に条件を満足したサンリメス I の断面形状を示す。

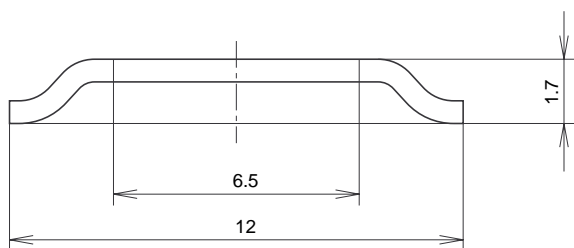


Fig. 7 サンリメス I の断面形状
Cross-section of SUNLIMES I

実際に製作して得られた荷重特性を Fig. 8 に示す。つぶし量 0.4 mm ~ 0.6 mm の広域に渡って荷重が安定していることがわかる。

メタル O リングでは推奨溝深さとして公差を ± 0.05 mm でしか推奨出来ないが、ここで製作したサンリメス I については、± 0.1 mm とメタル O リングの倍の公差を許容でき、溝の設計に幅を持たせることができた。

また、復元量に関しても Fig. 8 からわかるとおりつぶし量 0.6 mm からの復元量は 0.3 mm 以上を確保しており、本使用条件のような温度サイクルや振動のかかる場所ではシールの追従性が従来のメタル O リングよりも良くなる。

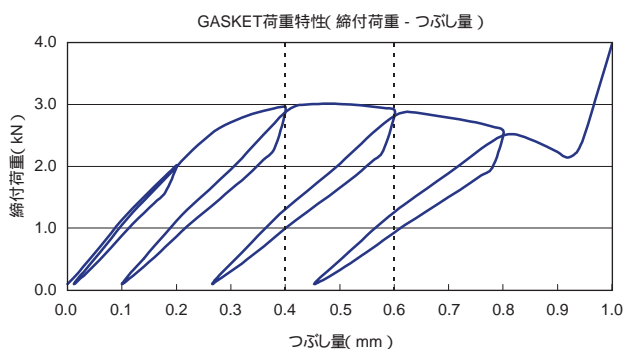


Fig. 8 サンリメス I の荷重特性の一例
Example of a load characteristic of SUNLIMES I

2.4 その他分野での用途開発例

その他分野としては、配管の継手シールとして銅製のガスケットからの変更事例がある。この事例では、材質を銅からステンレスに変更することにより、錆びの問題が解消されることと、銅ガスケットは締め込むと復元量がほとんど期待できないのに対して、サンリメス I は先に述べたように復元量も大きいので環境変化に対応し、結果シール性も向上することが期待できる。

また、サンリメス I の大きな復元量や広域にわたる締付荷重の安定性に着目した応用分野も増えてきている。

3 今後のねらい

サンリメス I の開発事例を紹介したが、今後はさらに形状や製造方法に検討を加え、大型化、異形への対応などを進めていく。

4 むすび

以上、低締付力メタルシール-サンリメス I の用途開発事例を紹介したが、今後は適用箇所の拡大を図るべく更なる改善を実施していく。

本文中のデータなどは当社での実験結果であり、実際の使用条件下での使用を保証するものではありません。実際の運用にあたっては実機確認をお願いします。

注)「サンリーメス」(SUNLIMES)は当社の登録商標です。