

Oリングの固着トラブル要因と解決法

1. はじめに

ゴム製Oリングは静的シール(ガスケット)、動的シール(パッキン)の両方に適用できるシール材である。また、材質が軟質な弾性体であるため、相手面となじみやすく、小さな締付力でシールすることができるなど、その他にも以下に示すような数多くの利点を有している。

- ・低圧から高圧までの広範囲で使用可能。
- ・装着部分の省スペース化が可能。
- ・装着部の構造が簡単であり装着作業が容易。
- ・規格化されており、入手が容易で低コスト。

そのため、最も汎用性があるシール製品として、自動車、油空圧、工作機械、食品、半導体、航空宇宙などをはじめとする様々な産業分野の各種装置、機器で使用されている。

ゴムは本来、もとの形に戻るという弾性の他に、滑りにくい、くっつきやすいという性質を有している材料であり、動きを止める、抜けにくいなどの性質をうまく生かしてタイヤ、ホース、ベルトなど様々な機器部品に使用されている。その反面、それらの性質は製品を取り扱う際の事象として装着しにくい、外しにくいなどの不具合として問題となることがある。ゴム製Oリングの場合では、製品同士がくっついたり、相手面に固着するというトラブルに発展する場合がある。

本報では、Oリングの固着要因とその解決法について述べ、固着低減を目的として開発された当社製品を紹介する。

2. 固着現象と要因

2-1) Oリングの固着

ゴムOリングは加圧された状態で金属などの相手面に接触させると、相手面に固着する現象が発生することがある。この現象は程度が小さい場合は粘着と呼ばれていることもある。使用環境によっては、剥がす際にゴムの材料破壊が起こるほど強固に固着する場合もある。静的シールの場合、シール性能自体は固着が発生しても問題にならないことが多い

が、Oリング交換の際にフランジの開放に非常に大きな力が必要となったり、大口径Oリングの場合では相手面との接触面積が大きく、相当な固着力となるためフランジの開放ができない状態に陥ることもある。また、フランジ開放の際に固着したゴムが破断して溝や相手面に付着して清掃が困難になるなどのメンテナンス上の問題が生じることもある。

一方、動的シールの場合では固着により、Oリングが溝から脱落することによるシール性能自体への影響や、動作の遅れ、異音や異常振動などの機器の動作不具合の要因となり、使用されている機器の不具合へ直結する。

2-2) 固着メカニズム

固着現象はゴムが相手面に接触することにより、ゴムセグメント分子が相手面へ拡散、吸着することによる二次結合(水素結合やファンデルワールス力など)によって界面を形成し、まず、初期固着(物理固着)が発生すると考えられている。明確な区分はなく諸説あるようだが、固着の程度が小さい場合は粘着と呼ばれることもある。また、初期固着には投錨効果や負圧効果などが影響している場合もある。続いてその界面において一次結合(化学結合など)が生成し始めるとともに、固着強度が徐々に増加し、強固な固着(化学固着+物理固着)へと発展していくと考えられている。¹⁾²⁾

2-3) 固着に影響を与える因子

ゴムの種類や相手材の材質により固着強度は異なるが、それ以外に固着強度に影響を与える主な因子としてはゴムの硬さ、使用される温度や湿度、ゴムや相手面の表面粗さなどがあげられる。これら因子の固着強度への影響については他の因子も含めて詳細が報告されているが、³⁾ その報告を元に代表的な因子を一部抜粋して以下のようにまとめられている。⁴⁾

- ・ゴムは硬度が高いほど固着強度が小さい。
- ・温度は高いほど固着しやすい傾向があるが一概には言えない。

- ・湿度の影響はゴムと相手材との組み合わせによって異なる。
- ・表面粗さはゴム、金属とも粗いほど固着強度が小さくなる。これは接触面積が関係する。

3. 固着対策

固着を防止する方法として、簡易的にはグリスや潤滑剤の塗布などが行われているが、製品や装着部の汚染の要因となりやすく、また、作業時間の短縮などの観点から、Oリングそのものに固着防止対策を施した製品が求められている。Oリングの代表的な固着防止手法をFigure1に示した。

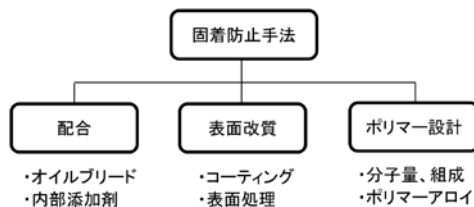


Figure1 固着防止手法の分類

3-1) 配合による手法

ゴム混練時にオイル、PTFEなどの固体潤滑剤、あるいは潤滑成分、離型成分などの内部添加剤を練り込むなど、配合薬品を選定して固着低減を図る手法である。一般的にこれらの配合薬品はゴムの物性や圧縮永久ひずみなどに影響を及ぼすことが多く、諸特性のバランスを考慮する必要がある。

3-2) 表面改質による手法

ゴムの表面に固着しにくい性質を付与させて固着低減を図る手法である。ゴム表面に固着しにくい薄膜を形成させるコーティングによる手法と、薬液などに浸漬したり、プラズマや放射線を照射して表面処理をする手法がある。コーティングには物理的に融着させているタイプとゴム母材との密着性を向上させるためにゴム表面と反応した薄膜を形成させるタイプがあり、薄膜がゴム母材との追随性を有していることも重要である。表面処理では加硫剤を含む薬液にゴムを浸漬、加熱して表面を硬化させる手法がよく知られている。しかし、表面改質による改質範囲は表面近傍のみにとどまり、摩耗により改質層がなくなると効力がなくなってしまうため、動的シールへ適用には注意が必要である。

3-3) ポリマー設計による手法

Oリングの原料となるポリマー自体を改良することにより固着低減を図る手法である。一般的に分子量の高いポリマー

は固着が少ないとされており、側鎖や末端基(例えば-COOH、-OH、>COなど)が少ない方が固着低減を図れると考えられている。また、分子鎖の運動を抑制するような構造、例えばガラス転移点の高い構造の付与なども考えられる。ただ、ゴムの弾性を保持しつつ固着低減を発現するような構造を合わせ持たせることは一筋縄ではいかないようであるが、今後、新規構造をもったポリマーやポリマーアロイなどによる分子設計レベルでの検討に期待したいところである。

当社では様々な固着防止手法を駆使して固着低減を図った製品をラインアップしており、その中でも代表的な製品をいくつか紹介する。

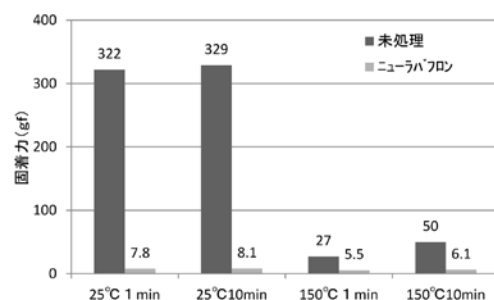
4. ニューラバフロン

固着防止に効果がある当社製品の一例としてニューラバフロン(ラバフロンは当社の登録商標)を紹介する。

ニューラバフロンは表面改質手法を用いた製品であり、単なるコーティングではなく、反応性処理であるため、ゴム母材との密着性に優れ剥離を起こしにくい。また、ゴム母材の物性に影響を及ぼさず、ニトリルゴムやフッ素ゴムなど、シリコンゴムを除くほとんどのゴム材料へ処理が可能である。ニューラバフロンは低固着性と同時に低摩擦性も合わせて有していることから製品同士や相手面への固着防止はもちろんのこと、円筒面シールなどのOリング装着時の挿入抵抗の低減も図ることができる。⁵⁾⁶⁾ ニューラバフロンの固着力測定結果をFigure2に示し、摩擦係数測定結果をFigure3に示した。

ニューラバフロン処理をOリングに施すことにより、次のような効果が期待できる。

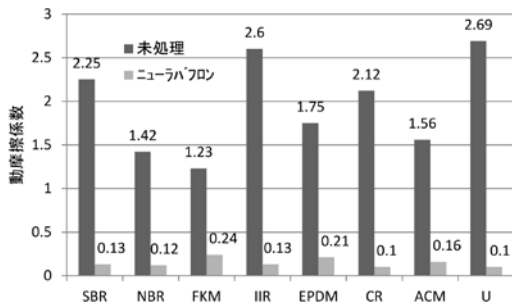
- ・Oリング同士の固着防止
- ・相手面への固着防止
- ・Oリングの装着性改善(グリースレス)
- ・Oリングのねじれ現象や損傷の防止



試験方法: タッキング試験機

試験片にプローブを所定条件で接触させた後引き離す際の力を測定
試験片: 厚さ2mmアクリルゴムシート、荷重: 100gf、
プローブ: ステンレス(φ5mm)、引き上げ速度: 600mm/min

Figure2 ニューラバフロン処理ゴムの固着力



試験方法：ボール圧子試験機、試験速度：60mm/min
試験片：厚さ2mmゴムシート、荷重：200gf、ボール圧子：SUS(φ6)
SBR：ステレンブタジエンゴム、NBR：ニトリルゴム、FKM：ふっ素ゴム、IIR：ブチルゴム
EPDM：エチレンプロピレンゴム、CR：クロロブレンゴム、ACM：アクリルゴム、U：ウレタンゴム

Figure3 ニューラバロン処理ゴムの動摩擦係数

5. 非粘着用ふっ素ゴム D2370

ふっ素ゴムは耐熱性、耐薬品性などに優れることから幅広い分野で使用されている。一般的に「ふっ素」と言えば、くっつきにくい、滑りやすいというイメージがあるかもしれない。しかし、ふっ素ゴムは予想に反して相手面への固着現象が発生することが多々あり、決して固着しにくい材料ではない。

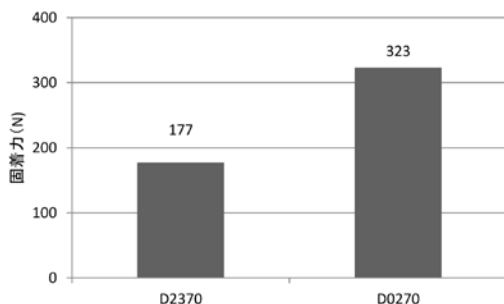
D2370 は当社独自の配合手法を用いて従来のふっ素ゴムの耐熱性や物性などの特性を維持したまま、固着低減を図った材料である。

Table1 にD2370 の物性一覧を示し、Figure4 にD2370 の固着力測定結果を示した。

Table1 非粘着用ふっ素ゴム D2370 の物性一覧

	D2370 非粘着用ふっ素ゴム	D0270 当社標準ふっ素ゴム
硬さ(Shore A)	70	71
引張り強さ(MPa)	14.0	13.9
伸び(%)	190	230
圧縮永久ひずみ率(%)*)	14	16

*) 200℃ /70hrs、25%圧縮、φ 29ディスク
表中の値はすべて測定値の一例であり、規格値ではありません。



試験方法：試験片に相手材を所定条件で接触させ、温室で4時間冷却した後引き離す際の力を測定
試験片：厚さ2mmゴムシート、接触面積：5.88MPa、加熱条件120℃：×20hrs
相手材：φ 25 × φ 19のリング状(SUS304)、引き上げ速度：50mm/min

Figure4 D2370 の固着力測定結果

D2370 は、一般的なふっ素ゴム O リングを使用しているドアシール、ゲートバルブシールなど各種バルブにおいて、一般的なふっ素ゴムの代替材料としてシール材の固着現象を低減することにより開閉個所の動作不具合の改善に役立つと考えられる。また、フランジなど相手面への固着対策としても効果が期待される。

6. おわりに

O リングの固着現象について、固着要因と固着防止手法について説明し、当社の固着対策製品を紹介した。

静的シールの場合、固着現象はメンテナンス性を著しく悪化させる要因の一つである。しかし一方では、永久変形が大きく使用不可と判断されるような領域での使用において、O リングが固着しているためにシール性を保持し、延命されている場合などもあり、単に固着改善だけではなく、様々な使用状況を加味した上で対策を進める必要があると考えている。

また、固着現象は使用環境、条件など様々な因子が影響するため、シール材料だけで解決するのはなかなか困難なのも事実である。そのため、Oリングが使用されている状況を適切に把握する必要があると重要であり、ユーザーの皆さまの生のご意見、情報をいただきながら、ゴム材料の特性を十分に生かした付加価値の高い製品を開発し、ご紹介していきたいと考えている。

7. 参考文献

- 1) 森邦夫ら、ゴム協会誌、第60巻 第7号(1987)
- 2) 日本ゴム協会編、ゴム工業便覧第四版(1994)
- 3) 森邦夫ら、ゴム協会誌、第60巻 第4号(1987)
- 4) 目功、バルカーレビュー、第38巻 第8号(1994)
- 5) 目功 岡崎雅則、バルカーレビュー、第41巻 第1号(1997)
- 6) 目功、月刊トライボロジー、1998.3 (1998)



岡崎 雅則

研究開発本部 開発部