

高圧ガス、高揮発性液体による ブリストートラブルの原因と解決方法

1. はじめに

OリングやUパッキンといったエラストマー製シール材が使用される機器が、高温、高圧、極低温などの過酷な環境で使用できるように高機能・高性能が進むにつれて、エラストマー製シール材自体が使用される環境も、これまでとは異なり、より厳しく、複雑化してきている。

このような厳しい環境で使用されるエラストマー製シール材の特性が徐々に変化し、使用前と比較して、化学的特性や機械的強度などの性能が低下していく現象を劣化という。

エラストマー製シール材の劣化は、環境要因としては、酸素、オゾン、光、水、油、ガス、薬品、そして静的・動的条件下での引張り、伸び、圧縮、せん断など、化学的あるいは物理的な種々の因子の影響を受けている。¹⁾

今回は、高圧ガスや揮発性液体がエラストマー製シール材内で発泡や亀裂を生じる現象であるブリストーについて、発生メカニズムとその対策について述べる。

2. ブリストー

エラストマー製シール材で発生するブリストーについて、発生メカニズムと、ブリストーを抑制する方法を下記に示す。

2-1) ブリストーについて

ブリストーとは、装置や機器に装着されたOリングやUパッキンといったエラストマー製シール材が、ガスや揮発性液体などの流体と高温・高圧接触する環境下で、急激な圧力変動の影響により、その流体がシール材の内部に滞留したまま膨張して、シール材の内部や表面層に気泡が発生する現象である。エラストマー製シール材を気泡が発生した状態で高温・高圧環境へ戻すと一旦気泡の膨れは元に戻るが、更に急激な圧力変動を繰り返すことで新たに気泡が生成すると共に、もともとあった気泡が起点となり亀裂へと成長し最終的には破裂させてしまう。

水素のような高圧ガスを使用している場合、エラストマー製シール材にブリストーが発生すると、ブリストー部分から高圧水素が漏洩し、爆発するという重大事故につながる恐れがあるので、ブリストーを発生しにくいエラストマー製シール材を選定することが重要になる。

2-2) ブリストー発生メカニズム

ブリストーの発生メカニズムについて、高圧ガスの場合をA、揮発性液体または水の場合をBとして下記に示す。また、高温環境下の高圧ガスによるブリストーの発生メカニズムをFigure1に示す。

A：高圧ガスの場合

- A-① 高温環境下で、高圧ガスとして存在する流体は、エラストマー製シール材と接触し表面層から内部へ浸透及び拡散していく。
- A-② 内部へ浸透及び拡散していった流体の多くはエラストマー製シール材を透過していくが、一部は内部に滞留する。
- A-③ エラストマー製シール材中に滞留している流体が、使用環境の急激な圧力変化(減圧)により気化し、体積の膨張が生じる。
- A-④ エラストマー製シール材は、その気体の急激な体積膨張に耐えきれず、表面層や内部で発泡という形で表れ、更にその発泡に耐えきれなくなれば、亀裂を引き起こす。
- A-⑤ 再度高圧環境下になればエラストマー製シール材の発泡は減少するが、次の急激な減圧により、発



Figure1 ブリストー発生メカニズム

泡や亀裂が更に進行し最終的にはゴム破壊となりシールが出来なくなる。

B: 揮発性流体または水の場合

- B-① 高温下で揮発し気体として存在する流体は、エラストマー製シール材と接触し表面層から内部へ浸透及び拡散していく。
- B-② 内部へ浸透及び拡散していった流体の多くは、エラストマー製シール材を透過していくが、一部は内部に滞留する。
- B-③ エラストマー製シール材中に滞留している流体は、高圧下で、液体へと変化し、シール材中に滞留する。
- B-④ エラストマー製シール材に滞留した液体は、急激な圧力変動(急減圧)により気化し、体積の膨張が生じる。
- B-⑤ エラストマー製シール材は、その気体の急激な体積膨張に耐えきれず、表面層や内部で発泡という形で表れ、更にその発泡に耐えきれなくなれば、亀裂を引き起こす。
- B-⑥ 再度高圧環境下になればエラストマー製シール材の発泡は抑性されるが、次の急激な減圧により、発泡やき裂が更に進行し、最終的にはゴム破壊となりシールができなくなる。

2-3) プリスターを抑性する方法

流体が高圧ガスまたは揮発性液体の場合について、プリスターを抑性する方法は種々存在するが、その中の一部を下記に示す。

① エラストマー製シール材を高硬度にする

高硬度にすることで応力が高くなり、エラストマー製シール材に浸透した流体が減圧された時の発泡及び膨張を抑制する。

② 流体がエラストマー製シール材に浸透及び拡散しにくくする

使用する流体に対して、相溶性の低いエラストマー材料を選定し、流体の浸透及び拡散による発泡や膨張を抑制する。

③ 減圧速度を大幅に遅くする

急激な圧力変化を回避することで、エラストマー製シール材に滞留する流体の急激な圧力変動による発泡及び膨張を抑制する。

④ 使用温度を下げる

使用部位の温度を下げることで、流体のガス化を抑制し、エラストマー製シール材の発泡及び体積膨張を抑制す

る。

⑤ その他

シール断面をできるだけ小さくする、または断面形状の最適化によりプリスター発生源となる流体を滞留しにくくするなど。

3. 事例紹介

当社にて確認された、様々な使用環境下で発生したプリスター現象のトラブル事例について、その原因と対策案について紹介する。

3-1) 高圧ガスでの対策

【事例】往復動圧縮機に使用されたふっ素ゴムOリング70度品(当社材料記号D0270)でプリスターによる亀裂を確認した(Figure2)。

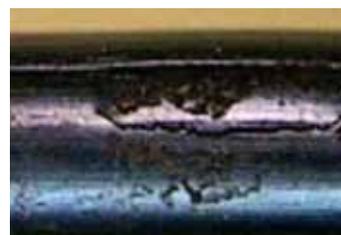


Figure2 往復動圧縮機に使用されたOリングのプリスター痕

【原因】流体が高圧から低圧へ減圧する際、ケーシング内部圧力の減圧に十分な時間をかけなかったため、Oリング内で発泡によりプリスターが発生した。

【対策】ゴム硬度が高いプリスター対策用ふっ素ゴム(当社材料記号D1490)へ変更する。または、減圧時に急激な圧力変動を抑制することで、Oリングに滞留するガスの発泡を抑制する。

3-2) 揮発性液体での対策²⁾

【事例】代替フロンR134aを用いた混合冷媒用シール材として他社製HNBRを使用してきたが、プリスターを確認した。

【原因】R12(クロロフルオロカーボン)やR22(ハイドロクロロフルオロカーボン)が、代替フロンR134aに変更になったことで、HNBRの混合冷媒への耐性が低下した。

【対策】社内評価にて、代替フロンR134aへの耐性評価を実施した結果、EPDM(当社材料記号H0880)がHNBR(当社材料記号B5680)より優れた耐性を持つことが確認された(Figure3)。故に、代替フロンR134aを使

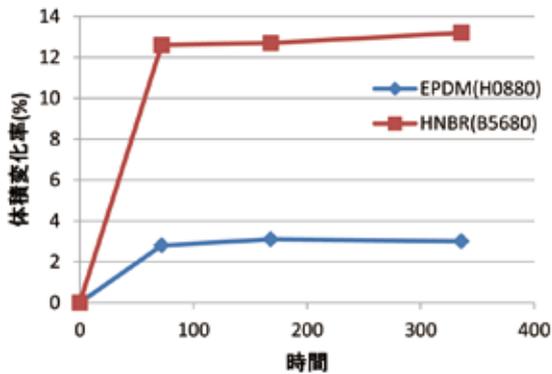


Figure3 R134a浸漬後の体積変化率

用した冷媒にはEPDM (当社材料記号 H0880)を推奨する。また、エラストマー材質をHNBRからEPDMへ変更することにより、材料コストの低減にも貢献できる。

3-3)その他

【事例】作動油中、摺動部にて使用されたふっ素ゴム製リング70度品 (当社材料記号 D0270)においてプリスターによる亀裂を確認した (Figure4)。



Figure4 摺動部で使用されたリングのプリスター痕

(Abstract)

This report will explain formation of blister mechanism and solution of it, which is occurred on the elastomeric product e.g. O-ring, U-packing etc. due to repeated application of pressure cycle and media is highly volatile liquid or high pressure gas. Failure examples of blister mechanism under different environment and solutions for these troubles are also introduced, which are evaluated by our company.

Keywords:

elastomeric product, O-ring, pressure cycle, volatile liquid, high pressure gas, blister

(摘要)

O型圈以及U型圈等橡胶产品用于高压气体、高挥发性液体，或者对这些流体进行反复加减压使用时会发生起泡（气泡、龟裂等损伤）故障。本文对该故障的产生机理及解决方法进行说明。另外，本公司对各种使用环境下发生的起泡现象的故障案例进行了确认并汇总，同时也对这些故障案例的原因和解决方法进行了介绍。

关键词:

O型圈、橡胶、高压气体、挥发性液体、加减压、起泡

【原因】作動油中に含まれる水分や添加剤などの揮発性成分が、Oリング中に浸透し、使用環境の急激な圧力変動や摺動熱によりOリング内部で気化し、発泡を繰り返してプリスターが発生した。

【対策】高硬度ふっ素ゴム (当社材料記号 D1490) または作動油に耐性があり、かつ、高硬度、高応力のHNBR (当社材料記号 B5680)へ変更する。

4. おわりに

本報では、高压ガス及び揮発性液体によるプリスター現象の発生メカニズムと、プリスターを抑制する方法について述べた。更なる研究開発を進めることで、近い将来訪れる水素や天然ガスなどを利用した環境エネルギー社会の発展に貢献していきたい。

5. 参考文献

- 1) 秋葉 光雄ら共著: ゴム・エラストマーの劣化と寿命予測. 12 (2000)
- 2) 圖師 浩文: バルカー技術誌. No.13, No.14, 11-14 (2013)



圖師 浩文
研究開発本部 開発部