

令和元年5月14日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06037

研究課題名(和文)非接触ガスケットの開発：液体粘度の温度依存性を逆用した密封機構の検証と実験

研究課題名(英文) Development of Non-Contacting Gasket: Verification and Experiment of Sealing Mechanism Inversely Using Temperature Dependence of Liquid Viscosity

研究代表者

風間 俊治 (Kazama, Toshiharu)

室蘭工業大学・工学研究科・教授

研究者番号：20211154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：「ガスケット」は静止面を密封する機械要素(部品)であり、相対する固体表面間の接触が基本である。本申請は、油の粘度が温度で変化する、通常、好まれない特性を逆に利用するアイデアに基づく。すきまを局部的に冷却して、非接触あるいは低面圧で漏れの防止や低減を図る、新型ガスケットの試作開発と実証研究の取り組みである。この考案を実験的に検証するために、2枚の円板とペルチェモジュールで主に構成されるシンプルな装置を設計、製作した。すきま、温度、圧力などをパラメータとしてシール面からの漏れを計測した。幾つかの実験条件のもとに、すきまを有していてもシール面を冷却することで密封性を高められ得る可能性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ガスケットは静止壁面間に適用される接触式のシールであり、一般的な産業機械から日常的な社会生活に至る、漏れが容認されない、極めて多岐の分野に利用されている。近年、その信頼性や安全性に対する要請は一段と高まっている。ガスケットには、銅合金やゴムなどの一般に柔らかい材料が用いられる。密封性能を高めるためには、接触荷重を増してすきまを減じることに帰着される。そのため、必然的に表面の損傷や部材の変形を伴う。締結材の緩みや振動による漏れの発生や増加が生じることもある。厳しい条件や特殊な環境のもとでの封止は著しく困難である。構成部品の組合せや分割を前提とする容器からの漏れを防ぐ新しい視点の取り組みである。

研究成果の概要(英文)："Gasket" is a static seal of machine elements and the basic mechanism is contacting two surfaces. In this study we focus on the viscosity-temperature characteristics of lubricants. By cooling locally the sealing land, the viscosity of the sealed liquids is controlled. A new type gasket is developed under the conditions of non-contact situation and low contact pressure. In order to confirm and evaluate the idea experimentally, simple testers mainly consisted of two disks and the Peltier modules were designed and manufactured. The gap, temperature, and pressure were mainly selected as the experimental parameters and the leaked flow rate was measured. Under the several conditions, the possibility of reducing leakage by cooling the sealing parts with gap was confirmed.

研究分野：トライボロジー

キーワード：トライボロジー ガスケット 液体 粘度 密封

1. 研究開始当初の背景

(1) 「ガスケット」は、静止壁面間の密封面に用いる接触式シールである。ガスケットは、一般的な産業機械から日常的な生活用品に至る、極めて多岐の分野で利用されている。近年では、原子力発電所の汚水タンク用シールも含めて、その信頼性や安全性に対する要請は一段と高く求められている。

(2) ガスケットには、銅合金などの金属あるいはゴムやプラスチックなどの比較的柔らかい材料が用いられる。密封性能を高めるためには、接触荷重を増してすきまを減じることに帰着される。そのため、必然的に表面の損傷や部材の変形を伴う。さらに、締結材の緩みや振動による漏れの発生や増加が生じることもある。

(3) ガスケットは工業製品の中でも歴史が長く、その基礎研究および応用開発は数多い。しかしながら、厳しい条件や特殊な環境のもとでは完全な封止は著しく困難である。構成部品の組合せや分割を前提とする容器からの漏れを如何に防ぐか、という課題は永遠のテーマである。このような背景を踏まえて、新たな視点によるガスケットの密封性能の向上方法について取り組んだ。

2. 研究の目的

(1) 本取り組みでは、サーモモジュール(ペルティエ素子)を用いて、シール部を局部的に冷却することにより、すきまを流れる液体(潤滑油)の粘度および流速の分布を制御する方法の提案と確立を目指した。第一に、非接触状態であっても漏れを抑制する可能性を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、3年度間にペルティエ素子搭載型のガスケット試験装置の試作と実験を主に実施した。初年度は試験装置の設計・製作、計測システムの考案・構築を、次年度以降は、加圧条件や加振条件などの検証も踏まえつつ、試験装置の試作や改造ならびにその装置を用いた実験や考察を進めた。

4. 主な研究成果

(1) 以下に、圧力ヘッドを利用することで基礎現象を確認した実験ならびにポンプにより密封液体を加圧供給した実験の方法ならびに結果の一部を記す。他の取り組みとしては、装置の姿勢や加振の影響ならびに簡易的な数理モデルによる検討などを進めた。

(2) はじめに、ヘッド利用法による実験について述べる。実験装置の概観を図1に示す。装置は主に、2枚の金属円板とペルチェモジュールから成る試験装置本体、供試油を供給するタンク、給油量を計測する流量計で構成された。上部円板は直径200mm、厚さ10mmであり、上部円板の中央部に直径120mmの樹脂円板を埋め込んだ。上下部円板は、その間に小さなシムリングを挟み、ボルトで固定された。この手段により、一様なすきまのシール部を構成させた。下部円板には3本の脚を備え、本体をオイルパン上に設置した。下部円板の中央部の窪みに、装置本体の上方に設置したタンクより、圧力ヘッドを利用して給油した。ペルチェモジュールは空冷式であり、最大冷却能力は83Wであった。供試油はナフテン系原料油であった。給油ラインに設置した羽根車式小形流量計を用いて流量を測定し、これをすきまからの漏れ流量とした。なお、流量計の表示値とすきまからの漏れ滴下量との一致を事前に把握しておくことで、計測方法の妥当性を確認した。温度は、白金測温抵抗体をペルチェモジュールと上部円板の間に挿入して計測した。また、シール部に3種類の金属製円環板のスペーサを装着して、シールの長さの影響を検討した。

(3) 本実験では、シール長さ、すきま、タンク高さ、温度を代表パラメータとして、一定時間の流量を測定することで、シール特性を評価することとした。手順は、ペルチェモ

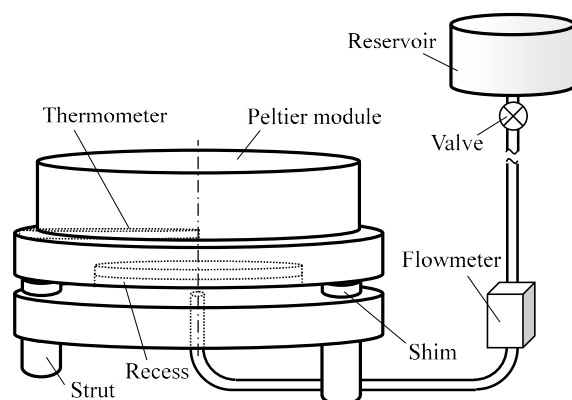


図1 供試ガスケット

ジュールで温度を目標値に設定しつつ、タンク下部に取り付けたバルブを開いて装置本体に供試油を供給し、流量を60秒間の積算値で計測した。温度は、室温、10、5、室温、30、40、室温の順に変化させた。各設定温度における計測は、温度が安定するまで十分に時間を掛けて、熱平衡および定常流れの状態になるように注意した。

(4) 図2は、すきまを0.1mmとし、タンクの高さを変化させた場合の流量の実験結果を示す。この場合、管路内の流速は極めて遅いことから、管路や継手部分の流れの損失を無視すると、内圧はタンクの高さに比例することになる。同図より、漏れ流量は高さにほぼ比例しており、妥当な結果であったと判断できる。また、温度を下げると流量は低下し、逆に温度を上げると流量は増加した。さらに、冷却と加熱に伴う流量の上昇と下降の繰り返し性が認められ、現象に可逆性があることを確認できた。

(5) 図3は、シール長さが漏れ流量に及ぼす影響を示す。流量は長さに概ね反比例した。また、シール長さに応じて、また繰り返しの実験データの一致具合も高く、冷却に伴い流量は減少した。

(6) 図4は、すきまが流量に及ぼす影響を示している。実験結果は、流量がすきまの約3乗に比例している。したがって、すきま流れの基本的な関係を得るとともに、冷却による漏れの低減の効果も現れたことが分かる。

(7) 以上の結果より、設計自由度や使用条件の制約等がある場合においても、基本的にシール部の温度を下げて流体の粘度を上げることで、漏れを低減あるいは抑制し得るといえる。

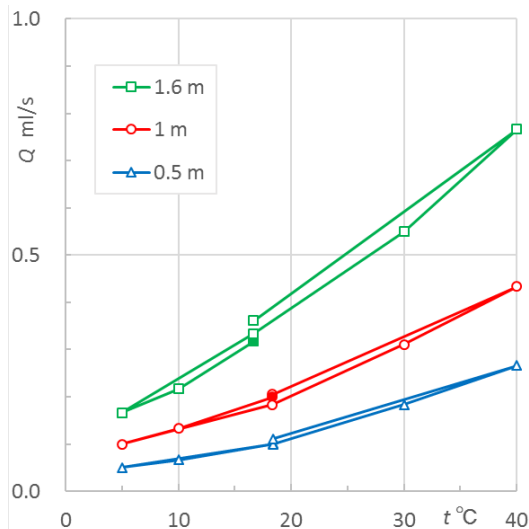


図2 温度とヘッドの影響

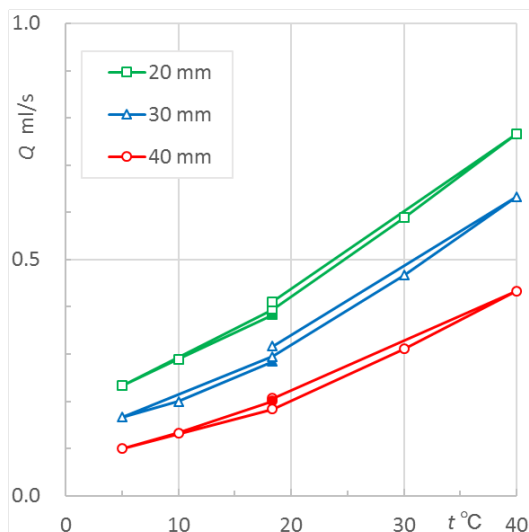


図3 温度とシール長さの影響

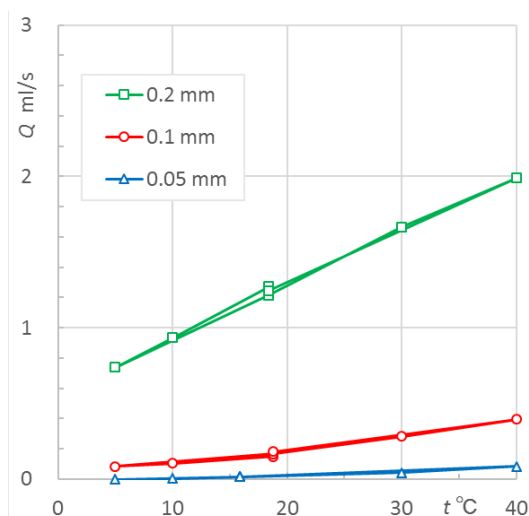


図4 温度とすきまの影響

(8) 次に、ポンプ利用法による実験について述べる。図5は実験装置の模式図である。供試ガスケットは、直径150mmのステンレス製円板を対向させて、その間に4個のシムリングを挟み、ボルト締めした。円板上面には4個のペルチェモジュールを等配させ、中央部の窪みに歪みゲージ式圧力計と白金測温抵抗体を装着した。チューピングポンプにより加圧した供試油を供給し、ペルチェモジュールにより温度を変化させたときの漏れ流量を計測した。

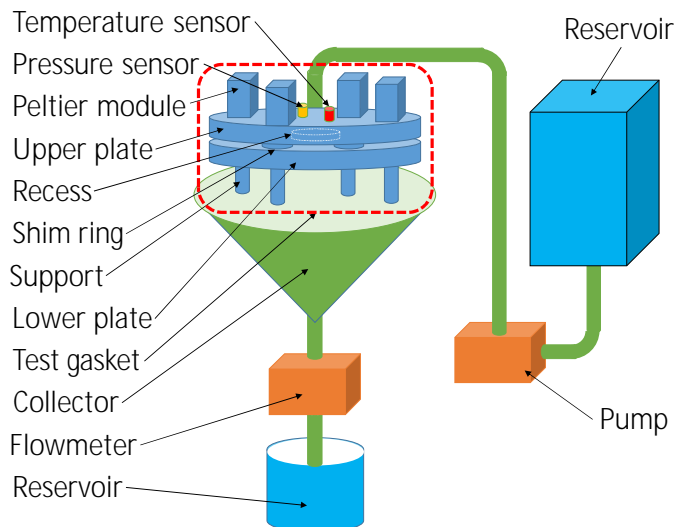


図5 供試ガスケット

(9) 図6には、ポンプで加圧した供試油を供試ガスケットの中央の窪みへ供給した場合の、すきまからの漏れ流量を、基準においた条件で無次元化した結果を示す。供給圧力を2倍あるいは0.5倍とすると、幅広い温度範囲において、流量はそれに比例して増減するとともに、冷却および加熱による温度に追従した。すなわち、加圧条件下においても、冷却による漏れの低減効果ならびに現象の可逆性を確認するに至ったと判断できる。

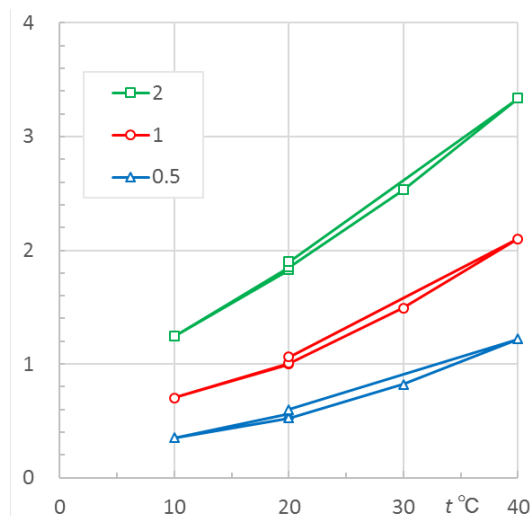


図6 温度と供給圧力の影響

< 引用文献 >

- 風間俊治、温度粘度制御式ガスケットの開発研究(考案と検証)、トライボロジー会議 2017 春東京予稿集、2017、187 - 188
- 下山隼平、風間俊治、非接触形ガスケットの研究開発(予備実験の結果)、2017 年度年次大会講演論文集、2017、G1110103
- 下山隼平、風間俊治、温度粘度制御式ガスケットの開発研究(設置方法の差異の影響)、日本設計工学会北海道支部 2018 年度研究発表講演会講演論文集、2018、7 - 8
- 風間俊治、下山隼平、温度粘度制御式ガスケットの開発研究(加圧条件下の検証実験)、日本機械学会 2018 年度年次大会講演論文集、2018、S1130105

5 . 主な発表論文等

[学会発表](計4件)

- 風間俊治、温度粘度制御式ガスケットの開発研究(考案と検証)、トライボロジー会議 2017 春東京、2017
- 下山隼平、風間俊治、非接触形ガスケットの研究開発(予備実験の結果)、2017 年度年次

大会、2017

下山隼平、風間俊治、温度粘度制御式ガスケットの開発研究（設置方法の差異の影響）、日本設計工学会北海道支部 2018 年度研究発表講演会、2018

風間俊治、下山隼平、温度粘度制御式ガスケットの開発研究（加圧条件下の検証実験）、日本機械学会 2018 年度年次大会、2018

〔産業財産権〕

出願状況（計 1 件）

名称 : 密封装置及び密封方法
発明者 : 風間俊治
権利者 : 国立大学法人 室蘭工業大学
種類 : 特許権
番号 : 特願 2017-012963
出願年 : 2017
国内外の別 : 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www3.muroran-it.ac.jp/kazama/seal-j.html>

6 . 研究組織

(2)研究協力者

研究協力者氏名 : 下山隼平

ローマ字氏名 : Syunpei Shimoyama