

パッキン摺動面における高温時の固着物生成の可視化

Visualization of the adhesive substance generation at high temperatures in the sliding surface of packing

住友重機械（正）*武石 将暉 九大・工（正）田中 宏昌

Masaki Takeishi*, Hiroyoshi Tanaka**

* Sumitomo Heavy Industries,Ltd, **Kyushu University

1. はじめに

パッキンは産業機械の回転および摺動部に対して潤滑剤を密封するために使用されるが、バルク温度で 120℃を超えるような過酷環境で使用した際に、接触域に固着物が生じて油漏れに至ることが確認されている。固着物に対して元素分析を行うと、パッキンの摩耗粉、潤滑剤中の各成分といった多成分の混合物として検出されるため、実際の原因成分やその成分が固着を始めるメカニズムについてまでは言及できないことが多く、根本的な現象理解に至っていない。本研究においては、金属母材のかわりに石英ガラスを使用した摺動部可視化試験機を用いて、実際に固着物が生じる代表的な過酷条件(温度、面圧、摺動速度、成分)を可能な限り再現して試験を行った。

2. 実験方法

本研究では Fig.1 に概略を示すパッキンと石英ガラスを摺動させることで摺動面を可視化する装置を用いた。本試験機では円板型ディスクとパッキンとを線接触させて摺動面を作った。温度はガラスの上面にラバーヒーターを摺動の妨害をしないように装着し、摺動部近傍を熱電対で計測することで管理した。面圧はてこ式ステージによって任意の荷重をおもりで負荷することで調節し、負荷した荷重はロードセルで管理した。また、摺動速度はステッピングモーターを用いて動画の撮影に支障が出ない範囲で設定し、摺動面の摩擦力は二分力計で測定した。本試験条件は実際の現象が再現できるように、可能な限り現物、現状に沿うこととした。使用した潤滑剤およびパッキンの性状と詳細なパラメータをそれぞれ Table1 および 2 に示す。

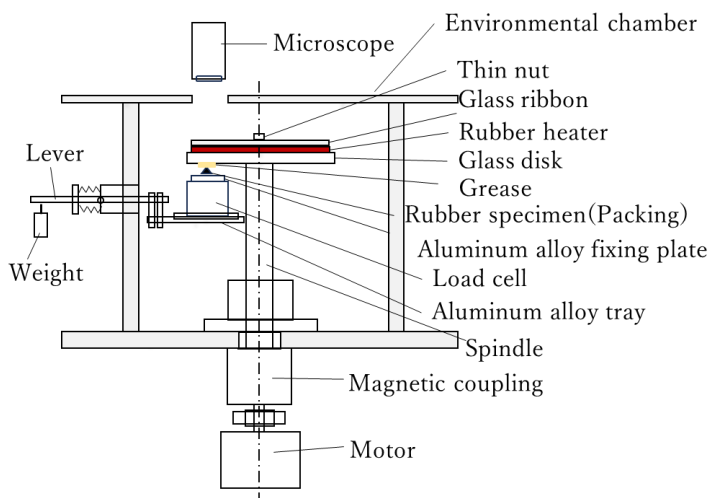


Fig.1 Schematic of testing machine

パッキン試験片はFig.2に示すように周方向長さ6mmになるようカッターで切り出し、瞬間接着剤でアルミプレートに固定して作製した。モーター運転前にヒーターを起動して摺動環境が120℃に達した状態から、3.5 Nの荷重をかけた上で現象再現に十分な長時間の試験を行った。

3. 試験結果と考察

3.1 試験結果

試験中に得られた動画の画像を一部切り出し、Fig.3 に示す。

また、Fig.4 には各動画取得時間から 20 秒間の摩擦力の変化を、Fig.5 には試験後のガラスディスク摺動痕の状態を示す。試験開始当初はリップ表面の粗さに起因するキャビテーションが可視化像の中で明るく観察された。その後 10 分経過までにその分布幅(リップに直交する方向の幅)が広がる様子が確認された。これはリップ先端の摩耗による見か

Table 1 Lubricant and packing

Grease	Base oil	PAO+Mineral oil
	Thickener	Li-soap
	Additives	Mo additive Zn additive (others)
Packing		FKM(デュロメータ A 硬さ 81.1)

Table 2 Test conditions
(Same as the real condition except for speed)

Temperature	120℃
Load	3.5N
Speed	100mm/sec (Stroke10mm)
Sliding pattern	Reciprocating

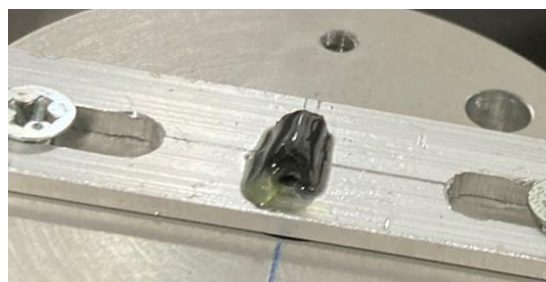


Fig.2 Packing specimen

け接触幅の増大を意味すると考えられる。一方 20 分経過後よりキャビテーションの分布が観察されにくくなった。ここではリップ表面の平滑化が生じているか、潤滑不良になっている可能性があると考え。画像を拡大すると、ところどころ反射率の高い細かな領域が目立ち始め、20 時間経過後にはガラス面へラバー表面の移着、もしくは劣化物の堆積が白い帯状となり観察された。この帯状の堆積物はその後 100 時間の試験終了まで徐々にリップに直交する方向へ広がっていくことも確認できた。

3.2 動画による直接観察

以上を踏まえ、本試験条件におけるグリース潤滑下のパッキン摩擦挙動を考察する。まず可視化においてグリース(ないし基油)の屈折率とラバー表面の屈折率が近い場合、潤滑されている部分とされていない部分を本試験の可視化法で明確に分離することは困難であった。しかしながら、荷重を担うラバー表面の粗さ突起の進行方向後方側にキャビテーションが生じることから、その生成と分布より見かけのリップ接触幅が広がる様子が観察されたものと考えられる。結果として開始時から 60 分まではリップ面の平滑化とそれに伴う摩擦上昇過程を示し、20 時間経過以降は堆積物の生成に伴って徐々に低摩擦化する様子が確認できたと考え。

3.3 表面分析

また、本報告において実施した試験片はグリースその他を拭きとることなくそのまま化学分



Fig.5 Glass and rubber specimen after testing
析可能であるため、Fig.5 に示す接触二固体面(パッキン側、ガラスディスク側)の Ramman, FT-IR 分析も実施した。Ramman (Fig.6 上段)では MoS₂ を FT-IR (Fig.6 下段)からは

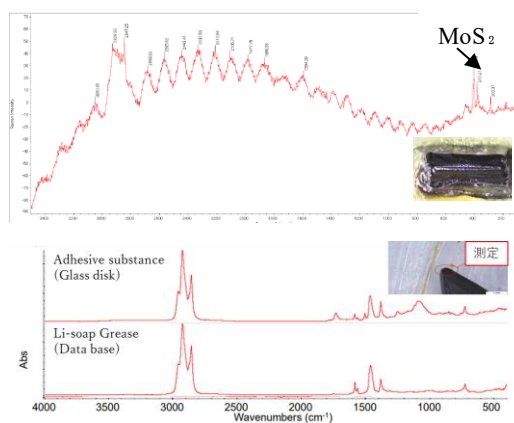


Fig.6 Ramman and FT-IR spectra of Fig.5

4. まとめ

本研究において、実製品における過酷条件を潤滑剤存在下で in situ 試験に適用することができた。可視化像と摩擦力の関係からはゴム表面の状態が考察できるようになり、目標とした固着物の生成現象も再現できた。表面分析結果からは MoS₂ と増ちょう剤と推測されるピークが確認でき、この系における固着物生成への関与が示唆された。

文献

田中・劉・杉村：半球ゴムの摩擦摩耗に及ぼす往復滑りの影響 Friction and wear of hemispherical rubber with reciprocating sliding, トライボロジー会議2022春 東京 予稿集 (2022)。

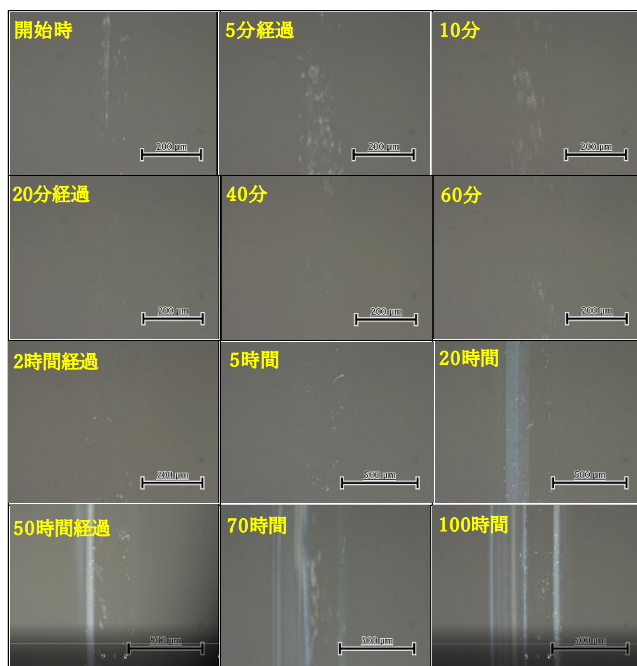


Fig.3 Changes in contact surface image at regular intervals

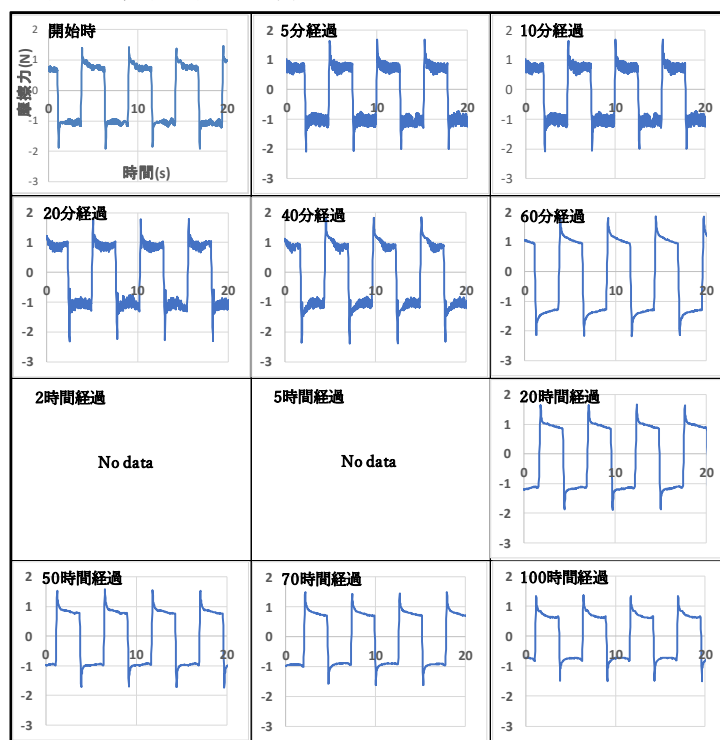


Fig.4 Changes in friction force at regular intervals

カルボニルピークをはじめとした増ちょう剤由来の吸収と考えられるピークが確認されたため、これらの成分が固着物生成に関係している可能性があることも判明した。