

高真空中における二硫化モリブデンの摩擦の研究

Studies on Friction of Molybdenum Disulfide in High Vacuum

—第7報, 試料脱ガスの効果—

—Seventh report, Effect of Outgassing—

松永正久*・内山吉隆**

Masahisa MATSUNAGA and Yoshitaka UCHIYAMA

1. 緒 言

二硫化モリブデン(以下化学記号を用い MoS_2 と書く)の摩擦が雰囲気によって影響を受け、高真空中の摩擦において2種の停止時間効果が観察されることについてはすでに報告した¹⁾。このような停止時間の効果の一つは摩擦中断による摩擦係数の低下がおこることであり、 MoS_2 被膜が比較的厚く、吸着ガスも多いと考えられる条件において観察されたものである。もう一つは従来から観察されているように²⁾³⁾、摩擦中断により摩擦係数の上昇がおこり、 MoS_2 被膜が薄く、吸着ガスも少ないと考えられる条件で観察された。これらの実験において、試料の脱ガスはせいぜい 150°C の真空中でおこなったものであり、試料の脱ガスは十分とは言えない。そこで、本報では試料の脱ガスを十分におこなうため、 MoS_2

を付着した試料を実験前に真空焼鈍炉を用い高温加熱し、脱ガスをおこなった後実験に使用した。このように脱ガスした試料と脱ガスしない試料とを真空中で摩擦をおこない停止時間の効果を調べ、試料の前処理としておこなう試料脱ガスの効果について比較検討をおこなったので、ここに報告する。

2. 実験装置および方法

装置は前報に報告したものと同一であり²⁾、荷重 95 g, 1 往復に要する時間 3 秒で往復摩擦をおこない、摩擦係数と接触電気抵抗を同時に測定した。摩擦試料として、 $1/4$ in ϕ の鋼球に 57μ の厚さに銅メッキしたもので、および平板は厚さ 1mm 純銅板(市販品)を電解研磨後パフ盤を用いて MoS_2 被膜を付着させたもので、重量法によって測定するとほぼ 1.3μ の厚さに相当す

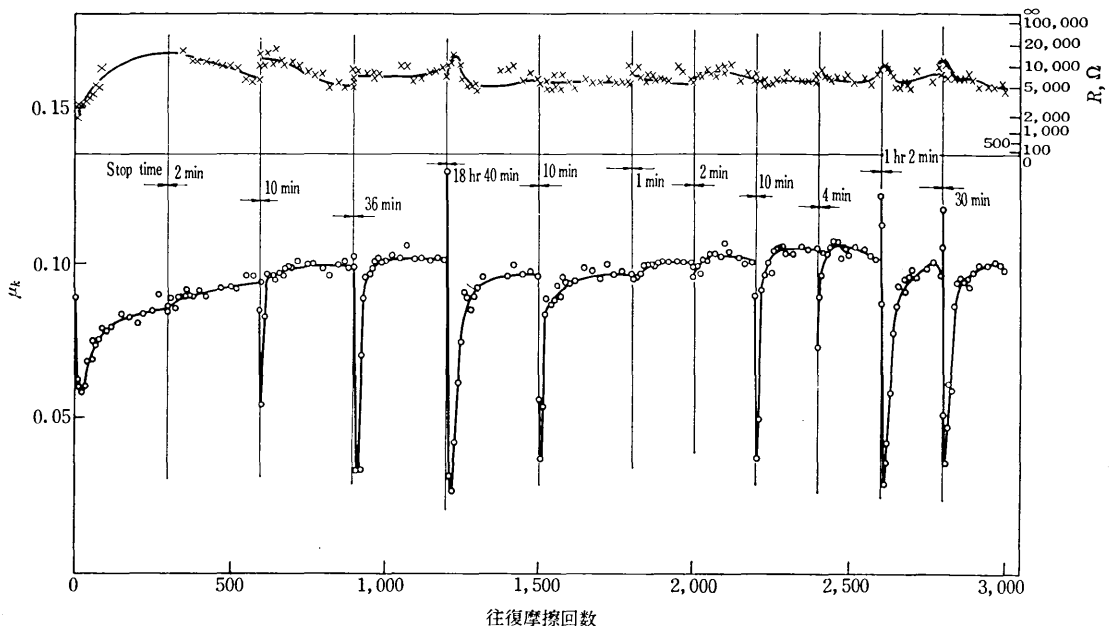


図1 往復摩擦回数と摩擦係数および接触電気抵抗との関係(真空度: 1.2×10^{-8} torr, 脱ガスしない試料)

* 東京大学生産技術研究所 第2部

** 金沢大学工学部

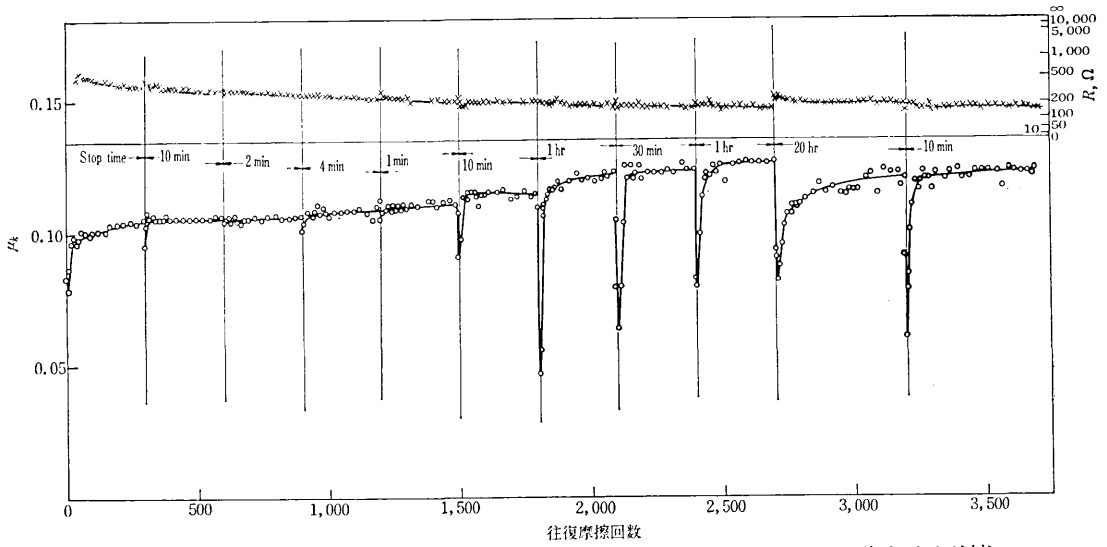


図 2 往復摩擦回数と摩擦係数および接触電気抵抗との関係 (真空度: 5.8×10^{-9} torr, 脱ガスした試料)

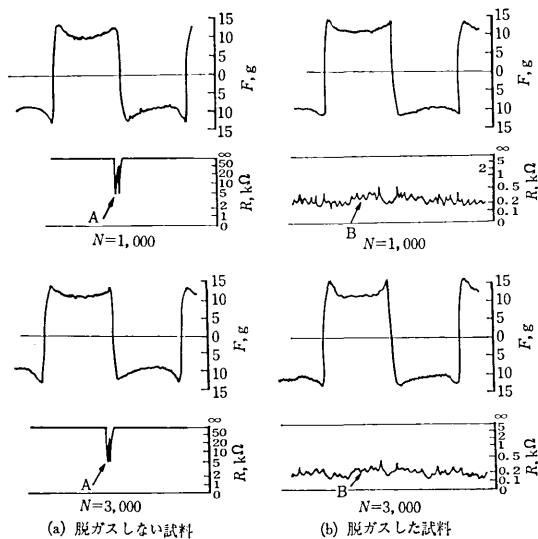


図 3 往復摩擦回数 $N=1,000$ および $3,000$ における接触電気抵抗 R および摩擦力 F

る。試料の脱ガスは、 MoS_2 被膜を付着させた平板を真空焼鈍炉を用い、 10^{-5} torr の真空中で 30 分 600°C に加熱しておこなった。なお、実験に際し試料を実験装置に取り付け、真空容器全体を 150°C まで加熱し真空排気をおこなった。

3. 実験結果

真空焼鈍炉で脱ガスをおこなわない試料および脱ガスをおこなった試料で、くりかえし摩擦をおこなった場合の摩擦係数および接触電気抵抗の推移は図 1, 図 2 に示すとおりである。このような高真空中においても、摩擦

はじめは摩擦係数が比較的高くほぼ 0.1 程度であり、摩擦中断により摩擦係数が低下するいわゆる停止時間の効果がみられた。このように脱ガスした試料と脱ガスしない試料とに摩擦の推移に著しい差異はみられないが、接触電気抵抗は脱ガスしない試料にくらべ脱ガスした試料ではほぼ 1/10 以下に減少しているのがわかる。

往復摩擦回数が 1,000 回および 3,000 回における接触電気抵抗および摩擦力の変化を図 3 に示す。それぞれの試料の 1 往復中の接触電気抵抗の形は、摩擦回数が変わってもそれ程大きく変化せず、 MoS_2 の被膜が強固に銅板に付着し、摩擦によって容易に移動しないことを示して

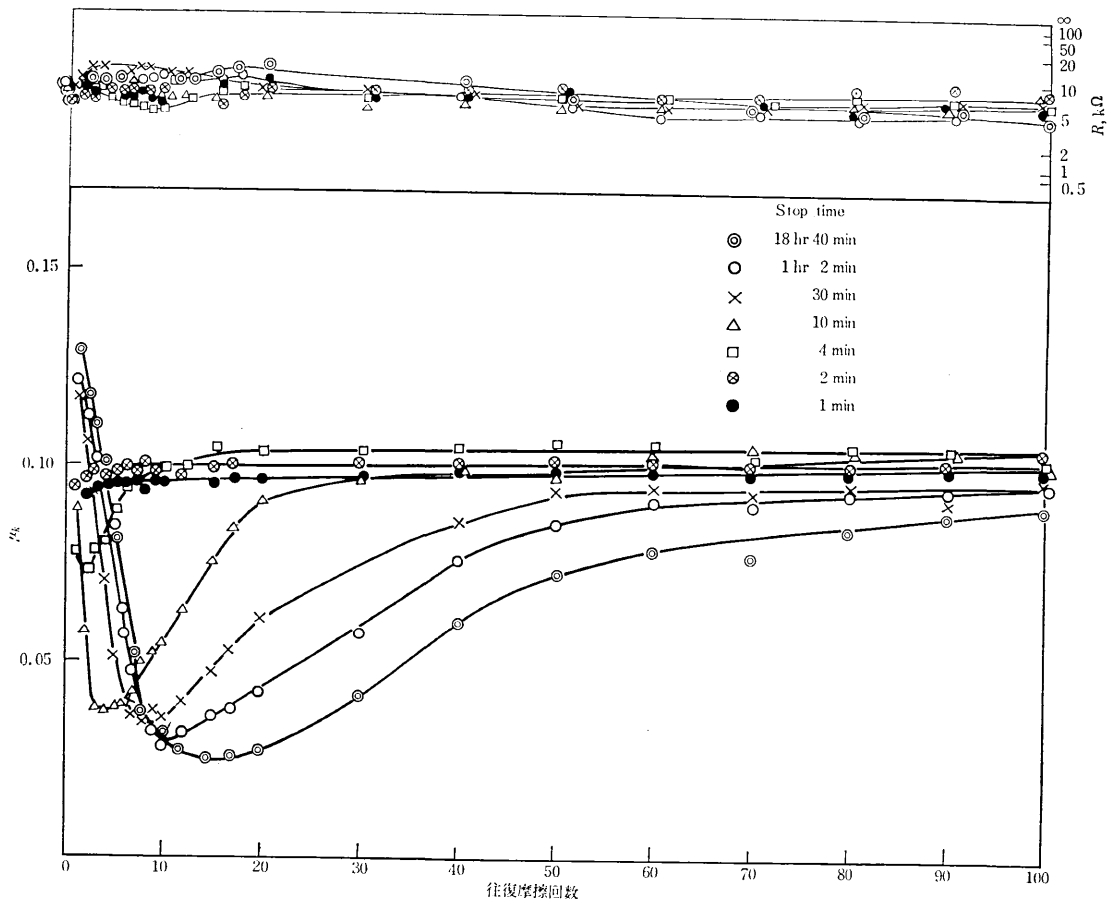


図4 停止時間と摩擦係数および接触電気抵抗の関係 (真空度: 1.2×10^{-8} torr, 脱ガスしない試料)

いる。脱ガスしない試料の電気抵抗は1往復中ほとんど100 kΩ以上もの高抵抗を示している。図1, 図2に示した接触電気抵抗は、図3中のそれぞれA, B部に相当するものである。脱ガスしない試料および脱ガスした試料の摩擦ははじめにおいてみられる停止時間の効果の特征的なものを、それぞれ図4, 図5にまとめて示す。摩擦を再開すると摩擦係数は低下した後に極小をすぎ、上昇した定常値にもどった。停止時間の効果は、脱ガスした試料および脱ガスしない試料において同じ傾向を示しているが摩擦係数の低下のみられる時間は脱ガスしない試料の方が明らかに長い。

このように摩擦中断後摩擦を再開すると、摩擦係数の著しい変化がみられたが、接触電気抵抗の変化はそれほど著しくなかった。前報¹⁾で報告したように被膜が比較的薄く、吸着物も少ない時には、摩擦の変化に対応して接触電気抵抗の変化が数十Ωみられた。しかし、図1, 図2のように被膜が厚く、高い接触電気抵抗を示している場合には、被膜表面の接触電気抵抗が変化しても抵抗

全体からみれば変化の割合は少なく、停止時間による接触電気抵抗の変化はみられなかったと考えてもよい。

脱ガスしない試料で、ほぼ30,000回以上往復摩擦し被膜の寿命近くにおいて、図6に示すような摩擦中断による摩擦の上昇する現象がみられた。同様の現象が脱ガスをおこなった試料においてもみられた。

このように2種の停止時間の効果が脱ガスをおこなった試料および脱ガスをおこなわない試料の両方にみられたのは、この程度の脱ガスでは試料脱ガスの効果は十分でないことを示すものであろう。

4. 考 察

本報の実験において試料の脱ガスを真空焼鈍炉でおこなった後、2時間程空気にさらし、その後真空容器に入れ150°Cに加熱して排気脱ガスをおこなったが、真空容器に入れるまで試料の短時間の空気との接触のため、MoS₂被膜へ気体の吸着がおこったと考えられる。このため、試料脱ガスによって摩擦係数の変化がほとんどあ

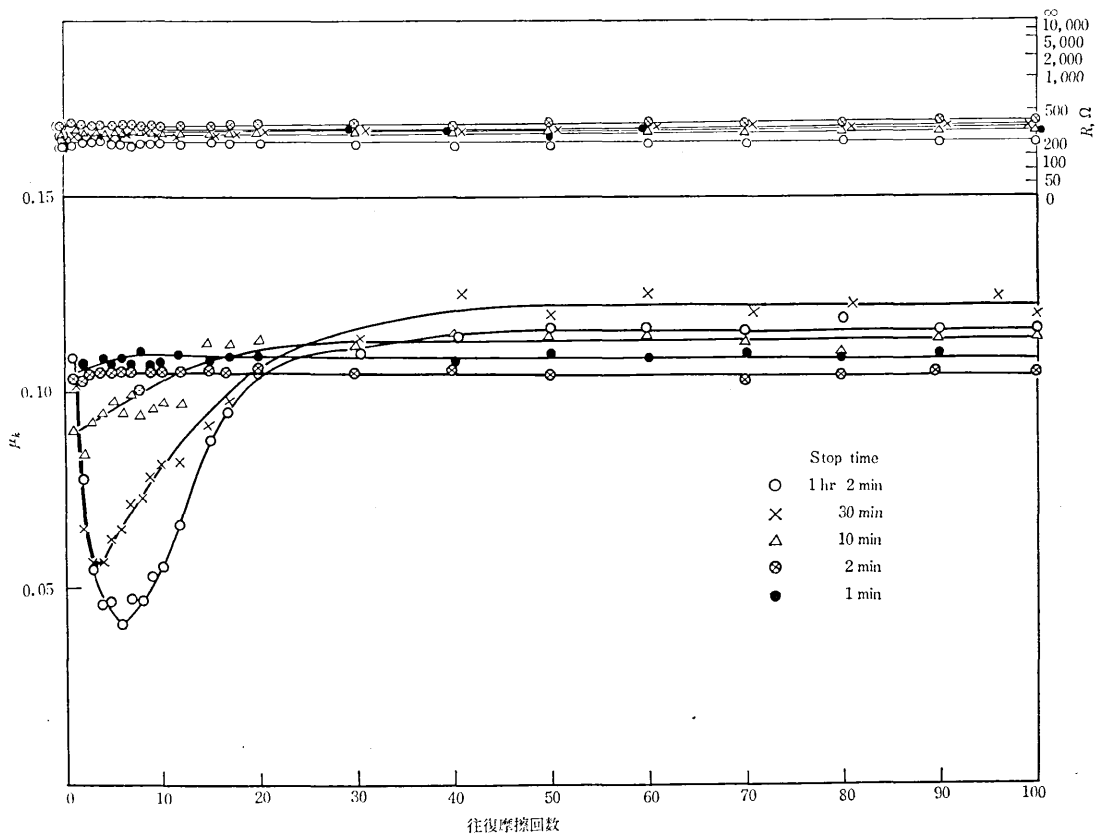


図 5 停止時間と摩擦係数および接触電気抵抗の関係

らわれなかったものと考えられるが、接触電気抵抗は減少している。Ross と Sussman⁴⁾ によれば、空気中においても MoS₂ 結晶表面に酸化膜が形成されることが報告されており、さらに、これらの酸化膜は電気抵抗を高くすることが知られている⁵⁾。MoO₃ の蒸発温度が 10⁻⁵ torr で 307°C であることから⁶⁾、600°C 30 分の加熱は MoO₃ を蒸発させるには十分な温度であろう。脱ガスによって接触電気抵抗の低下がみられたことから、酸化膜のかなりの減少がおきたものと考えてよい。

Haltner ら⁷⁾ は MoS₂ の摩擦におよぼす水蒸気分圧の影響を調べ、MoS₂ の履歴によって影響を受けることを報告しているが、われわれの結果も MoS₂ が履歴によって影響を受けることを示すものであろう。MoS₂ 被膜を空気中においてバフ盤で作成する際、各結晶がおしかためられ、被膜の下層においても吸着物で覆われた結晶が存在し、図 1、図 2 の摩擦の推移にみられるように、摩擦はじめでは MoS₂ 被膜が厚く、摩擦加熱によって表面層のみで吸着物の脱離がおこったにすぎないが摩擦を中断すると MoS₂ 被膜表面の吸着物の脱離がおこり、摩擦

を再開すると低摩擦を示すが、MoS₂ 被膜の摩耗にともない汚れた層が下から出てくるため比較的高い定常摩擦係数にもどる。一方、被膜が薄く寿命近くにおいて、MoS₂ 被膜はかなり清浄になっているものと考えられ、この時には摩擦中断により吸着がおこり摩擦再開時に比較的高い摩擦係数を示すが、やがて低い定常摩擦係数へと減少していく。このように、停止時間の効果は、MoS₂ 被膜の汚れの程度により、2 種類あらわれることがわかる。

5. 結 言

前処理として試料脱ガスをおこなうことによって、接触電気抵抗の低下が観察され、吸着不純物がかなり減少したことがわかる。しかし、この程度の脱ガスでは十分でなく、清浄な MoS₂ で摩擦実験をおこなったとは言えず、どうしても真空中でガス出しをしてそのまま真空中で摩擦実験をする必要がある。このように MoS₂ の摩擦は強固に付着した微量の吸着物によって影響を受け、前におかれた雰囲気によって影響を受けるものであるこ

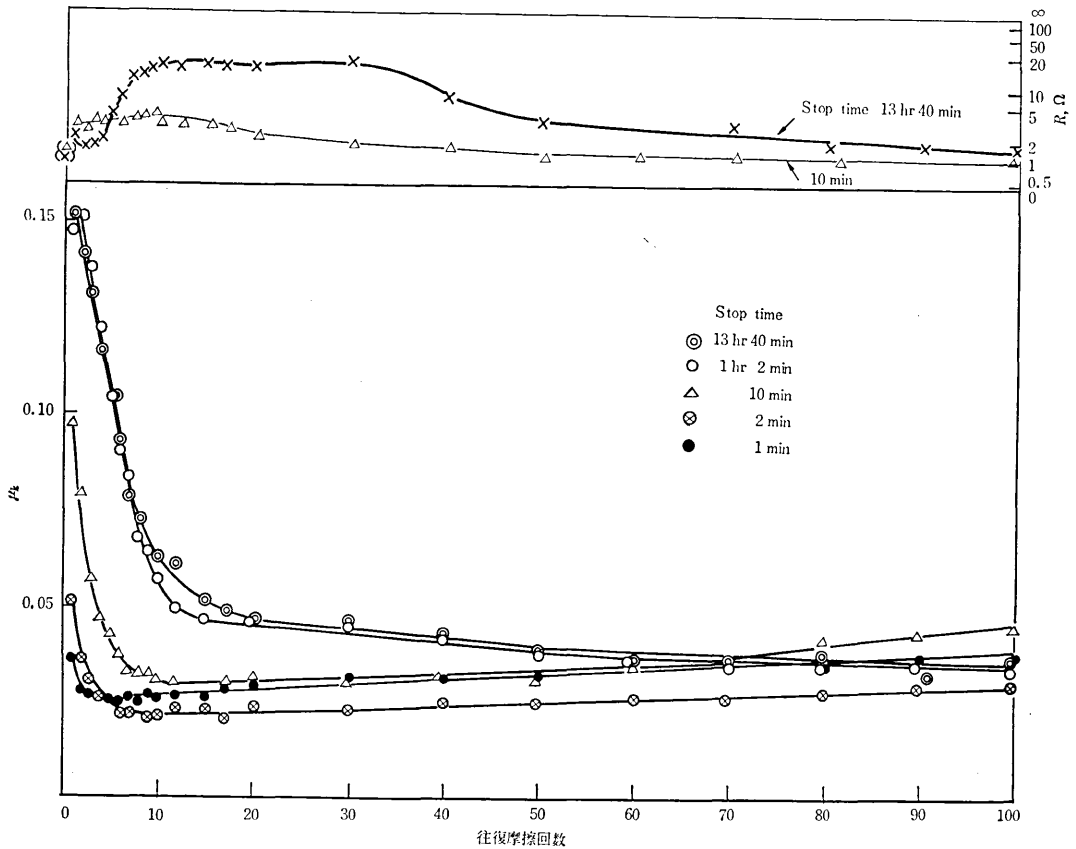


図 6 停止時間と摩擦係数および接触電気抵抗の関係 (真空度: 1.3×10^{-6} torr, 脱ガスしない試料)

とがわかった。

最後に、装置の設計および製作にあられた金属材料技術研究所、星本健一技官およびいろいろご討論くださった金沢大学、田中久一部教授、機械試験所、津谷裕子技官に感謝します。
(1970年3月7日受理)

文 献

- 1) 松永・星本・内山: 生産研究, 21, 658, 1969.
- 2) 星本健一: 生産研究, 19, 256, 1967.
- 3) A.J. Haltner: Wear, 7, 102, 1964.
- 4) S. Ross and A. Sussman: J. Phys Chem, 59, 889, 1955.
- 5) W.O. Winer: Wear, 10, 422, 1967.
- 6) 真空技術常用諸表編集委員会: 真空技術常用諸表, 日刊工業新聞, 昭 40.
- 7) A.J. Haltner and C.S. Oliver: I & EC Fundamentals, 5, 348, 1966.

