

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3報*・二種の停止時間効果について—

—Thrid report・Two Kinds of the Stop Time Effect—

松永正久**・星本健一***・内山吉隆****

Masahisa MATSUNAGA, Ken-ichi HOSHIMOTO and Yoshitaka UCHIYAMA

1. 緒 言

高真空中における二硫化モリブデンの摩擦において、摩擦を一時中断すると摩擦係数が上昇することはすでに報告した¹⁾。このように摩擦の中断によって摩擦係数の変化する現象をわれわれは停止時間効果と呼んでいる。われわれはこのような停止時間効果には摩擦係数を増加させる場合だけでなく、減少させることもあることを見いだしたので、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¹⁾、真空度は 5×10^{-9} torr で実験をおこなった。そのほかの摩擦条件はつぎのとおりである。摩擦部分は $1/4$ in ϕ の鋼球に 57μ の厚さに銅メッキしたもの、固定板は厚さ 1 mm 純銅板(市販品)を電解研磨後 MoS_2 粉末をつけたもの、 MoS_2 は住鋸潤滑剤(株)製 Super run "P" で、 MoS_2 の銅板への付着は前報¹⁾²⁾ のとおり津谷の方法によった。すなわち、エチルアルコールに懸濁した MoS_2 を水に浮かせ、これを銅板ですくい付着させた。付着した MoS_2 の量は重量法によって測定するとほぼ 1μ に相等する。なお摩擦荷重は 95 g である。

3. 実験結果

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(次ページ)に示すとおりである。摩擦開始直後から比較的低い摩擦係数 $\mu_k \approx 0.08$ を示し、総往復回数 $400 \sim 2600$ まで停止時間効果としては摩擦係数が低下することがわかった。この状態で摩擦をつづけたときの変化は図2(次ページ)に示すとおりであり、摩擦の継続によって摩擦係数はさらに低下した後、再び上昇して定常値にもどることがわかる。

総往復回数 $3,800$ 以降においては、停止時間によっていちぢるしい摩擦係数の上昇がみられる。このときの定常摩擦係数はほぼ $\mu_k \approx 0.04$ であり、停止時間と再開後の摩擦係数との関係を図3(12ページ)に示す。この場合にも摩擦係数は一度定常値より低下し、徐々に上昇して定常値に達するようである。停止時間の増加とともに再

開後の摩擦係数は上昇し、 $\mu_k \approx 0.08$ に接近している。

このように MoS_2 膜が比較的厚いときには摩擦再開後の摩擦係数は停止時間が長くなるとともに低下し、これと反対に MoS_2 膜が比較的薄いとみられるときは停止によって摩擦係数の上昇がみられる。そして興味深いことは再開後の摩擦係数はいずれも $\mu_k \approx 0.08$ で両者が等しいと考えられることである。 10^{-7} torr における実験でも、厚い膜のときおよび薄い膜のときも停止時間による漸近値がほぼ $\mu_k \approx 0.09$ に等しいようである。

4. 考 察

停止時間効果が二硫化モリブデン表面への気体の吸着によるものであろうということはすでに Haltner も指摘している³⁾。そうすると二硫化モリブデンの摩擦係数は本質的に低く、ガスを吸着することによって高くなると考えるのが妥当である。このことはわれわれの実験でも真空度の良いほど摩擦係数が低いこと(津谷⁴⁾の実験では必ずしも真空度の良いほど摩擦係数が高いとは限らず、 10^{-4} torr 付近に極小値がある。このようにちがった結果の現われる理由については十分検討を要する)から類推される。

さらに停止時間効果についても 5×10^{-9} torr の場合よりも 1.1×10^{-7} torr の場合のほうが停止時間効果が少ないこと(参考のために 1.1×10^{-7} torr の場合の停止時間効果を図4(12ページ)に示した)、時間とともに停止時間効果が大きくなること、津谷の実験のように⁴⁾、試料を前もって完全脱ガスしておけば停止時間効果がないことなどの結果は気体吸着の仮定の有利である。しかし気体吸着といっても表面だけの影響ではなくて、内部に吸着されている気体の影響も重要である。同じ真空度であっても二硫化モリブデン膜の厚さが厚いときと薄いときで停止時間効果が逆になることは内部への吸着を考えなければ説明できない。

すなわち、二硫化モリブデンの内部にはかなりの気体が吸着しており、真空中におくだけでは脱ガスできない。膜の厚いときには、摩擦中に膜の内部からも気体が放出されて摩擦が高く、停止時間中に表面では各真空度における平衡吸着量に達し、摩擦再開時には比較的低い。しかし膜の厚いときは内部より表面へ気体が供給さ

* 第1報は文献1)、第2報は文献2)。

** 東京大学生産技術研究所 第2部。

*** 科学技術庁、金属材料技術研究所

**** 金沢大学工学部

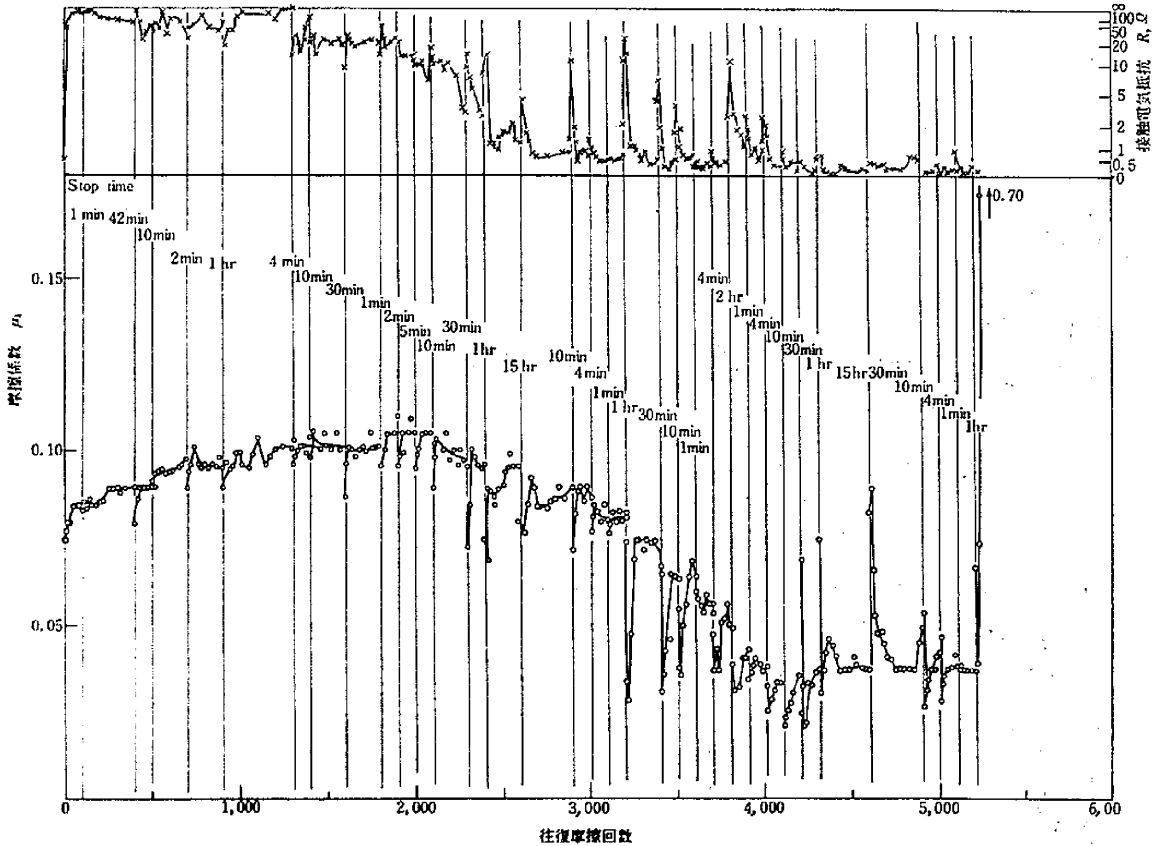


図1 往復摩擦回数と摩擦係数および接触電気抵抗との関係 (真空度: 5×10^{-8} torr)

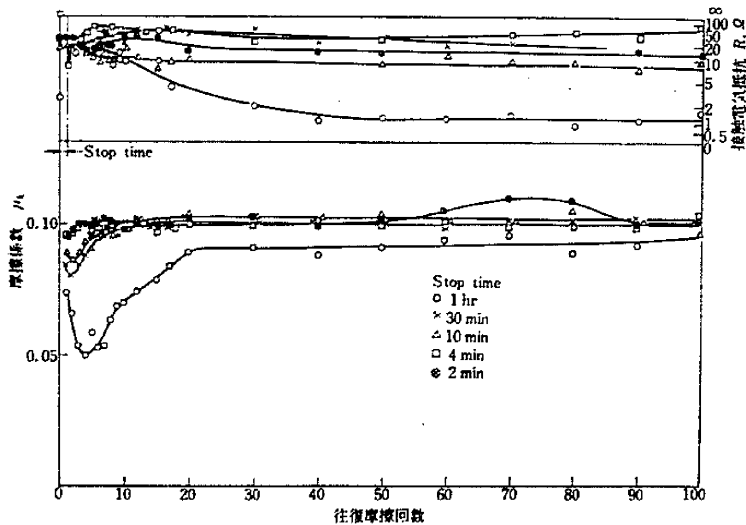


図2 停止時間と摩擦係数および接触電気抵抗の関係 (摩擦係数が低下する場合, 真空度: 5×10^{-8} torr)

れ、かつ表面層も摩耗するので、短時間に高摩擦となるものとする。膜の薄いときには、摩擦中の摩擦発熱は膜の下部までガス放出を行なうのに十分であろうし、膜の変形抵抗も小さく、摩擦は小さいものと考えられる。

停止時間の間にはこれらの被膜は真空中より残留気体を吸着し、摩擦は上昇するであろう。しかもこの表面吸着量は真空度による平衡吸着量であるので、膜の厚いときも薄いときも長時間停止した後に摩擦を再開した場合の

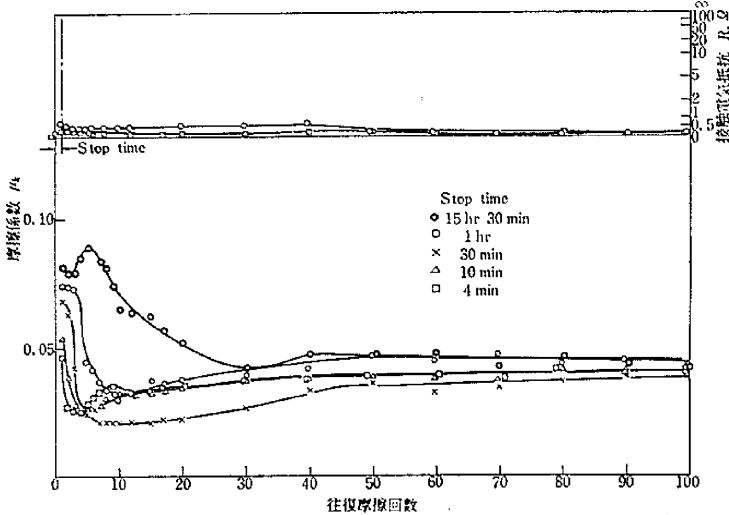


図3 同前 (摩擦係数が上昇する場合, 真空度: 5×10^{-6} torr)

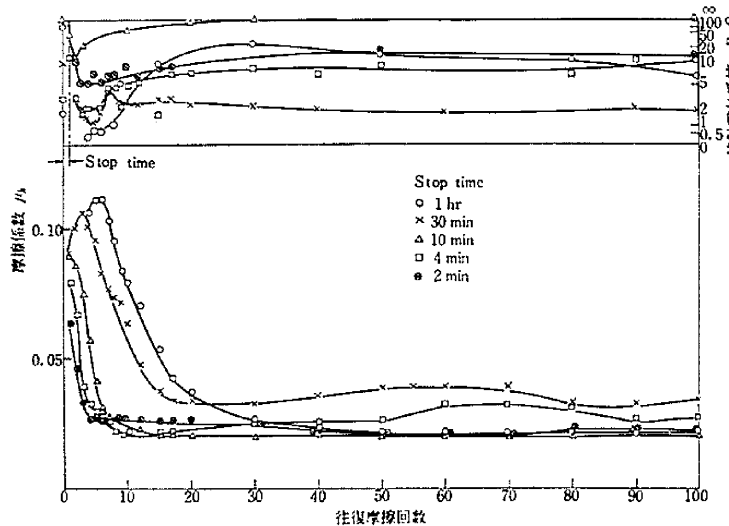


図4 同前 (摩擦係数が上昇する場合, 真空度: 1.1×10^{-7} torr)

摩擦係数はいずれの場合も等しいことは意味があると思われる。

つきにこの気体はいかなる種類のものかという疑問が残る。前報²⁾における実験では水蒸気をもっとも影響が大きいことを見いだしているし、イオンポンプによって、この程度の真空にした場合にはその残留気体は水蒸気が主要なものであることは良く知られているので、われわれは一応水蒸気によるものと考えているが、さらに質量分析などの方法によってたしかめてゆきたいと思っている。

5. 結 言

いろいろご討論を賜った当所富永五郎教授および機械試験所津谷裕子技官に深謝する。

(1169年9月17日受理)

文 献

- 1) 尾本健一: 生産研究 19, 256, 1967.
- 2) 松永・尾本・深田: 生産研究 21, 557, 1969.
- 3) A. J. Haltner, Wear 7, 102, 1964.
- 4) 津谷裕子: 未発表, 私信による.

