

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 Disulphide in High Vacuum

— 第 10 報 拡散係数および結論 —

— 10th report, Diffusion Coefficient and Conclusions —

松 永 正 久*・星 本 健 一**

Masahisa MATSUNAGA and Ken-ich HOSHIMOTO

1. 増加型停止効果の場合

前報¹⁾において減少型の停止時間効果については、潤滑剤被膜内部からの不純物の拡散、蒸発の考えから式(28)を用いることによって良く説明できることを示した。増加型の停止時間効果も清浄化した MoS₂ 表面の再汚染およびその内部への拡散を考えると減少型と全く同様に式(28)にしたがうはずである。この場合の摩擦にともなう単調減少の曲線を得るために式(28)を次のよ

うに変形する。

$$\frac{\mu_N - \mu_s}{\mu_i - \mu_s} = 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{1}{2\sqrt{D^*t}} \sum_{n=1}^{n-1} \mu_n \right) \quad (29)$$

図1に示すペレット試料における増加型の停止効果の曲線を式(29)によって整理すると図2となる。また図3に示す銅片上の MoS₂ 薄膜に対する実験結果を同様の手法で整理すると図4となり、いずれの場合にも実験結果は式(29)によってよく説明できることがわかった。

2. 拡散係数について

以上のように実験結果と理論式(28)または(29)とを比較してきたが、式(28)および(29)は未知の定数

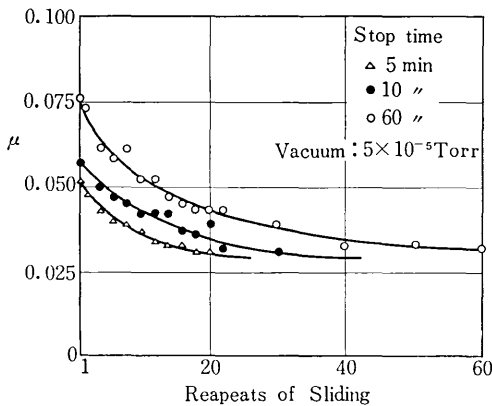


図 1 ペレットの摩擦における増加型の停止効果

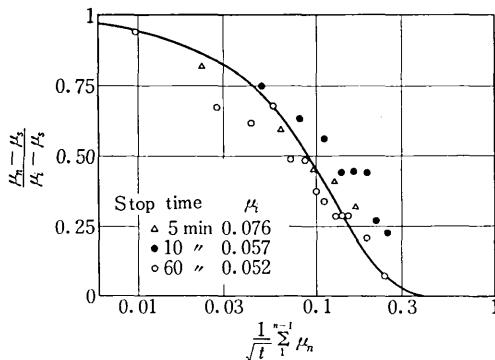


図 2 増加型の停止効果の理論値と実験値との比較, $\mu_s = 0.033$, 実線は式(29)を示す。

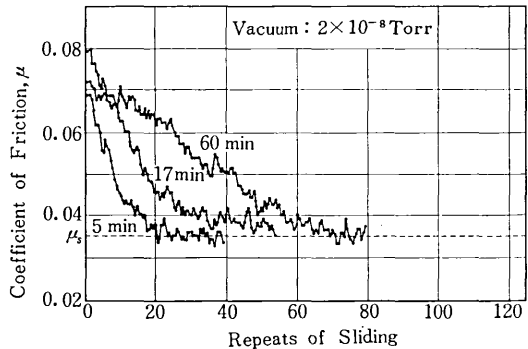


図 3 増加型の停止効果の停止時間依存性, 下地: 銅

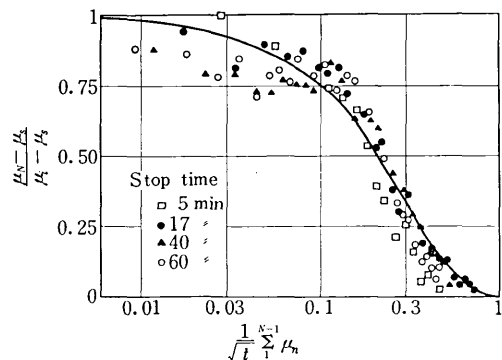


図 4 図3に示した増加型の停止効果と式(29)との比較. 実線は $D^* = 0.053$ とした時の式(29)の曲線を示す, $\mu_s = 0.033$

* 東京大学生産技術研究所 第二部
** 科学技術庁, 金属材料技術研究所

研究速報

D^* を含んでいる。摩擦実験の比較的近接した段階で得られた実験結果に対しては前項で示したように D^* を定数と考えることができるが、実験を長期的に見渡すと D^* は大きな変動を示した。多くの実験を総合すると D^* の変動の範囲は 0.005 ないし 0.24 であった。ところで計算途中の置換えから

$$D^* = D/a^2 \quad (30)$$

であり、 D^* の変動の原因としては式 (23) の妥当性と拡散係数 D 自体の変化とがまず挙げられる。

$D^* = 0.24 \text{ min}^{-1}$ というような大きな値の得られた実験結果では式 (23) の代りに

$$\omega_n = a'(\mu_n - \mu_c) \quad (31)$$

ここに、 μ_c は清浄な MoS_2 の摩擦係数と置くことによって隣接する実験結果を良く説明できる場合も見られた。したがって清浄にした MoS_2 の摩擦速度は式 (23) で評価される値よりもさらに小さいと考えられる。

さらにここで取扱っている潤滑剤被膜は空げきを多く含んだ圧縮体であり、したがって拡散も被膜全体としての空げきを通しての拡散と個々の結晶内部での拡散の二つが考えられ、そのいずれが律速段階となるかによって実験に表われる拡散係数 D の値も変わってくるであろう。さらに空げきによる拡散についても、不純物が潤滑剤粒子に多層吸着している場合と単層吸着のみが存在する場合とでは D の値は変わってくるであろう。それ故にさらに詳細な検討は摩擦速度の厳密な測定や拡散係数の測定などにまたなければならない。

以上のような変動はあるが、 D^* の値として各実験を通じて最も多く得られた値は $D^* = 0.03$ ないし 0.08 であった。ところで MoS_2 の高真空中の摩擦における 1 回の摩擦による摩擦量は平均するとたかだか数 Å と評価される。そこでいま仮に

$$a = 100 \text{ \AA}, \quad D^* = 0.06 \text{ min}^{-1}$$

とすると、式 (30) から

$$D = 1 \times 10^{-15} \text{ cm}^2/\text{sec}$$

となり、常温における拡散係数としては、このていどの値は妥当なものであろう。

3. 第 10 報までのまとめ

以上、第 1 報より第 10 報までに示した研究によって得られた結論は次のとおりである。

- 1) MoS_2 の潤滑の機構はきわめて多様であり、その置かれた条件によってさまざまな挙動を示す。
- 2) 清浄な MoS_2 の摩擦係数は低く、気体とくに水蒸気を吸着することによって高くなる。
- 3) 超高真空中における摩擦でも、その初期には MoS_2 中には多量の吸蔵物質が存在し、そのために摩擦係数は比較的高い。高真空中において長時間摩擦することによって清浄化された MoS_2 は 0.02 ないし 0.03 というきわめて低い摩擦係数を示し、摩擦速度もまたきわめて小さい。
- 4) MoS_2 の高真空中の摩擦における停止効果には増加型・減少型・混合型の 3 種類が存在する。減少型の停止効果は吸蔵物質の蒸発・放出による MoS_2 の清浄化に、また増加型の停止効果は一度清浄にした MoS_2 の再汚染に帰因すると考えられ、この理論によってあるていど定量的にも説明できる。
- 5) 水蒸気などのある種の吸着物質に汚染された MoS_2 ではそれらの物質が MoS_2 の結合剤としてはたらくことによって潤滑剤被膜の強度は増加する一方、大気中では金属と MoS_2 との結合は弱く、したがって大気中で汚染された MoS_2 では金属と間のほうがすべりやすい。
- 6) 水蒸気で汚染された MoS_2 同志の摩擦係数はきわめて高くなるが、さらに水素、アルゴン、窒素、酸素などが複合的に吸着すると摩擦が低下し、いわゆる *Vapour Lubrication* の考えが適用できる。

4. 謝 辞

実験に協力された金沢大学工学部 内山吉隆講師および、種々有益な御討論を賜った機械技術研究所 津谷裕子技官に深謝します。(1972年10月27日受理)

文 献

- 1) 松永・星本, 生産研究, 24, 531 (1972)

正誤表 (12 月号)

ページ	段	行	種 別	正	誤
18	左	24	研究解説	高温 X 線回折実験	高温 X 線回折実現