

高面圧すべり接触における水溶性加工油添加剤と

極圧添加剤のトライボロジー特性(1)

-実用品の性能に関する検討-

山口 永人*・大山雄介*・八木大輔*・奥津晶彦**・中辻 武***

Tribological Properties of Water-soluble Processing Oil Additives and Extreme Pressure Additives under High Pressure in Sliding Contact(1)

Tribological discussion on the performance of useful articles

Eito YAMAGUCHI*, Yusuke OYAMA*, Daisuke YAGI*, Akihiko OKUTSU**,
Takeshi NAKATSUJI***

ABSTRACT

Boundary lubrication can easily be broken to yield severe adhesion when subjected to high pressure sliding contact. In such a case, it is easy to fail into the state yielding severe wear and scuffing under thermal influence. In our study, the processing oils blending additives of Amine's for oil having oiliness to dissolve in water were used to protect these failures.

Keywords: water lubrication, additives, protect, severe wear and scuffing

1. はじめに

機械要素の接触面において流体潤滑では滑っている2面間に摩擦はないが、急速な加減速や荷重増加などの運転条件に変化等が生じる場合、容易に潤滑油膜が破断され乾燥摩擦に近い厳しい潤滑状態になり、完全流体状態を維持するのは困難である。そして高面圧状態では境界潤滑や金属接触が支配的な状態となる。接触面が境界潤滑に至った時には、摩擦や焼きつきが生じやすい。圧延や深絞り等、加工条件が厳しい場合には、そのような状態に陥りやすい。一般にこのような加工油剤としては、鉱油（以下、不水とする）の加工油剤に極圧添加剤を混入したものが用いられる。しかしながら、不水の加工油剤は、廃油処理時に二酸化炭素を発生する。また、これ

は、石油から精製されるものであり、化石燃料等の資源を守る意味からも、できるだけ不水の加工油剤は使用しない方がよいと思われる。そこで、本報では環境に良いと思われる水溶性加工油剤がこのような厳しい加工条件でも適用可能かどうかについての検討を行った。加工油剤としては、水にリシノレイン酸、メルカプタン系脂肪酸およびジズルフィド系極圧添加剤を混入したものをを用いた。リシノレイン酸は、接触面への物理吸着を期待してOH基が、脂肪酸は化学吸着を期待してCOOH基が、ジズルフィド系極圧添加剤は接触面との化学反応を期待してSが、それぞれ含まれている。また、水溶性加工油剤は冷却効果も望める。

実験は加工油剤の一般的指標を得るため、高速四球形摩擦試験機を用い、すべり速度一定、荷重を高荷重に設定し、上述の趣旨に沿うよう原液、5倍、10倍希釈による特性の変化について検討⁽¹⁾した。

* 神戸高専専攻科 機械システム工学専攻

** (株)大和化成工業

*** 神戸高専機械工学科 教授

2. 実験装置および実験方法

本研究には、図1に示されるシェル式高速四球形摩擦試験機が用いられる。これは主に、試験部分、立軸駆動装置、負荷装置、計測装置、操作盤から構成されている。また図1の試験部分の試料油容器を拡大したのが図2である。荷重は油圧によって負荷され、オイルカップを固



図1 シェル式高速四球形摩擦試験機

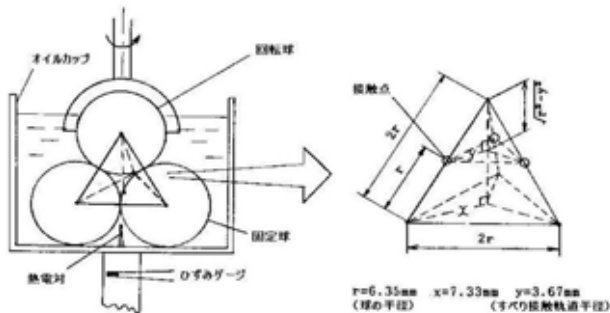


図2 試験装置主要部

定しているトーションバーに貼り付けられたひずみゲージによって摩擦係数を測定する。球は直径1/2インチSUJ2JIS1級の高炭素クロム軸受鋼球、表面粗さ(算術平均高さ)は0.01[μm]、表面のピッカース硬度は7840HVである。以下に今回の実験に用いる試料油の成分の表を示す。

表1 試料油(ダイアン系統)の成分

	300 E	500 E	SL200
水	74.3%	67%	78%
リシノレイン酸(OH基)	19%	20%	-
メルカプタン系脂肪酸(COOH基)	-	-	15%
メルカプタン系防腐剤	1%	1%	1%
脂肪酸アミン系防腐剤	0.5%	1%	1%
アミン	5%	7%	5%
消泡剤	-	-	極微量
ジズルフィド系極圧添加剤	-	4%	-
増粘剤(ポリエチレンオキサイト)	0.2%	-	-
界面活性剤	-	-	-

実験はすべり速度 $V = 0.46[\text{m/s}]$ 、単位球あたりの垂直荷重 P は $681[\text{N}]$ で行った。そのときの荷重比 ($= \text{max} / \text{HV}$; max =最大ヘルツ応力[MPa], HV =球のピッカース硬度[MPa])は約0.7で、かなりの高荷重領域である。試験時間はJIS法を採用し60秒とした。

3. 実験結果および考察

図3~8に代表例として、それぞれの加工油における摩擦係数の5倍,10倍希釈の結果を示す。図9には原液,5倍,10倍希釈の摩耗径の測定結果を示す。

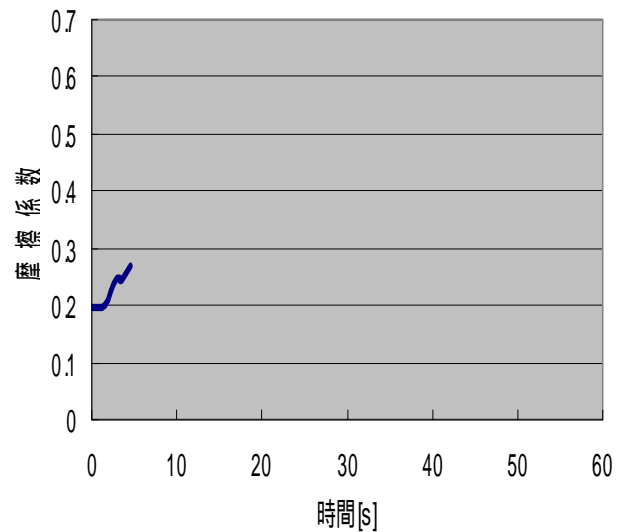


図3 ダイアン300 E (5倍希釈)

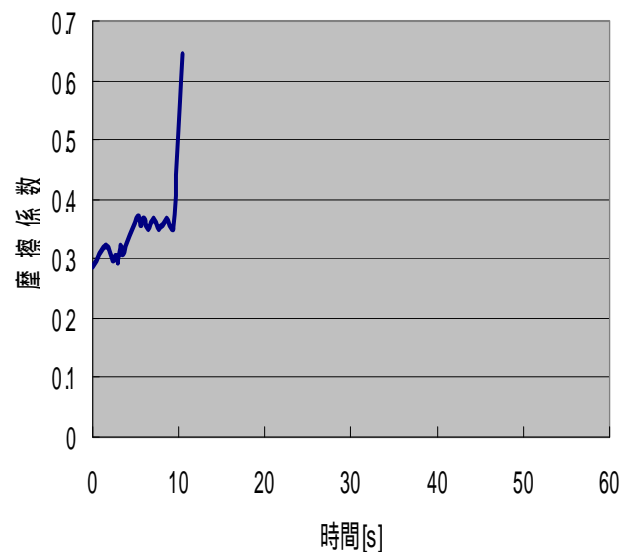


図4 ダイアン300 E (10倍希釈)

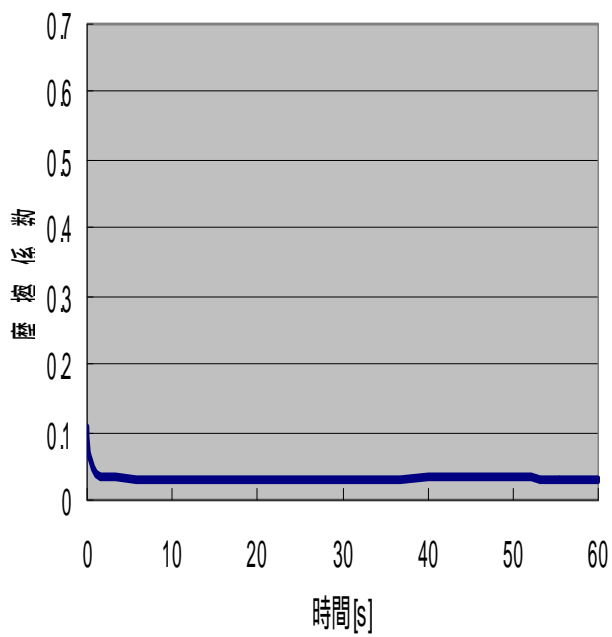


図5 ダイアソ 501 E (5倍希釈)

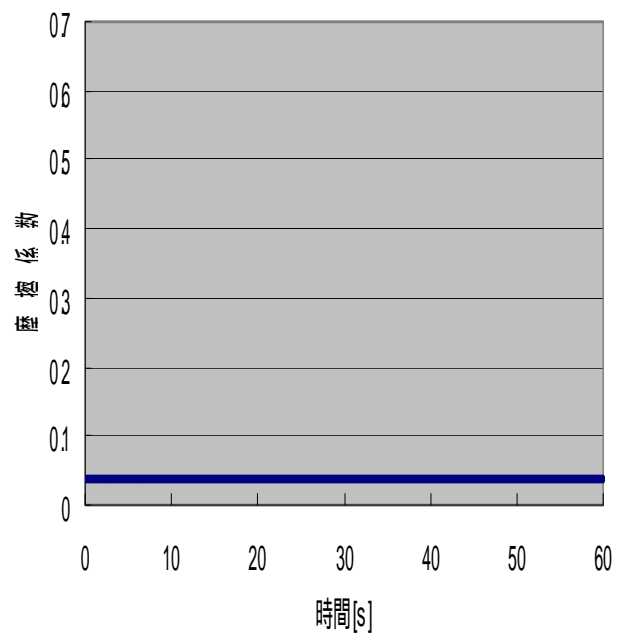


図7 SL200(5倍希釈)

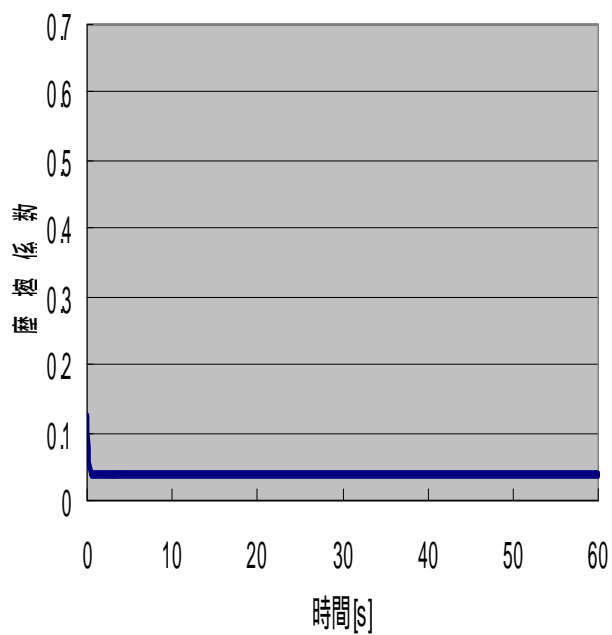


図6 ダイアソ 501 E (10倍希釈)

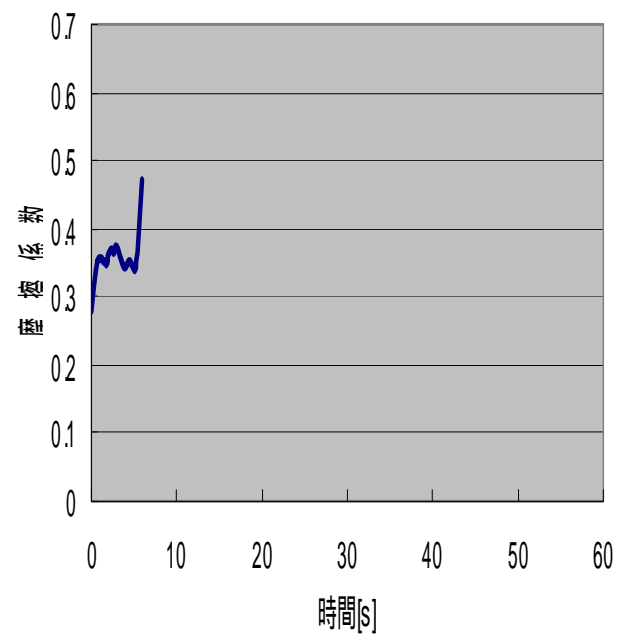


図8 SL200(10倍希釈)

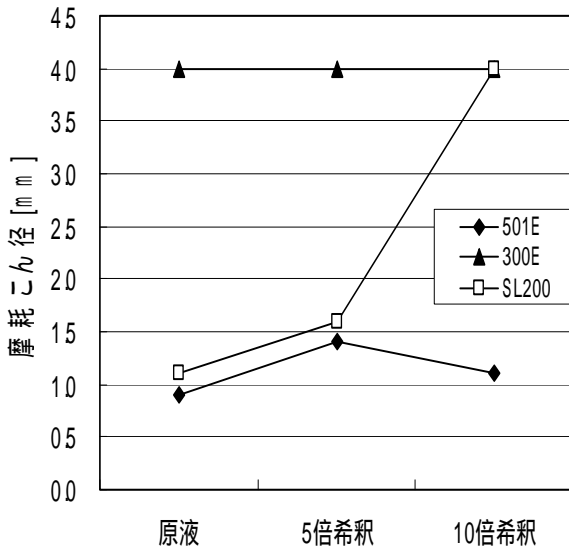


図9 摩耗こん径の比較(0.7)

図3と図4より300Eは、作用直後より0.2や0.3の高い摩擦係数値を示し、2面間が凝着(摩擦係数が0.1を越えると金属接触に入る)していることが分かる。これは、5倍希釈と10倍希釈の結果であるが、希釈無しの場合も同様であった。図5と図6より500Eは、作用直後に0.1の摩擦係数値を示すが、すぐに0.08以下の境界潤滑の値を示すようになり、十分潤滑された状態に至っている。これは、希釈無しの場合も同様であった。図7と図8より、SL-200は、5倍希釈では作用直後より境界潤滑の摩擦係数値を示し、非常に良好な潤滑状態を示したが、10倍希釈では凝着を生じた。この場合、希釈無しは5倍希釈と同様の結果を示した。

したがって、摩擦係数値から見ると、OH基が主体である300Eは、その油性剤としての効果が低いと言える。それに比較してCOOH基が主体であるSL200は、油性剤の物理吸着以外に化学吸着が期待でき、より効果を発揮したと考えられる。価格の点では、COOH基を添加したSL-200の方が高価であり、より安価なOH基入り油剤にジスルフィド(硫黄)系極圧添加剤を混入すれば、これまた、高価になるが、これらの結果より、SL200を5倍希釈で用いるか、硫黄系添加剤を混入した500Eを10倍希釈で用いれば、より安価になり実用的だと思われる。

次に、凝着が摩耗こん径と比例するとみなして、摩耗こん径の観点から、これらの油性剤や極圧添加剤の効果について考察する。このような高荷重領域では、荷重によって球自体も塑性変形する。したがって、避けられない摩耗こん径dは、

$$d = \{4P / (\sigma_y)\}^{1/2}, \quad P = \text{垂直荷重}$$

$$\sigma_y = \text{球の降伏応力} = (1/3)HV$$

より、約0.67mmとなる。この値と図9を比較すると、約1mm~1.5mm程度の摩耗こん径であれば、摩擦(0.1程度の摩擦係数)によるジャンクションの成長を考慮しても、それほど凝着していないと言える。

300Eは希釈なし、希釈ありのいずれの場合も凝着を起こし摩耗こん径が大きくなった。300Eは表1に示すように、リシノレイン酸が主体の潤滑油であり、これによりOH基による油性剤の効果が低いと考えられる。501Eは希釈なし、希釈ありのいずれの場合も最もよい性能を示した。これは摩擦係数の結果より、S系の極圧添加剤が作用したからだと思われる。2面間の状態が最も安定していた。SL-200は表1に示すように、メルカプタン系添加剤が主体の加工油であり、5倍希釈までは、501Eと同様優れた特性を示した。これによりCOOH基による油性剤の効果はOH基よりも優れていると思われる。しかしながら、10倍希釈になると焼付きが生じた。したがって5倍希釈までは、COOH基による油性剤の効果があったと思われる。これは、COOH基による化学吸着性の効果と思われる。したがって501Eの10倍希釈とSL200の5倍希釈までが効果があったといえる。

4. おわりに

油性添加剤や極圧添加剤が混入された、市販の深絞り用水溶性加工油剤について、その性能の比較を行った。その結果、OH基を主体とする300Eについては、このような高荷重下の加工に適していないことが分かった。COOH基を主体とするSL200は5倍希釈まで適用できることがわかった。OH基を主体とするが、そこに硫黄系極圧添加剤を混入すれば、10倍希釈しても十分に実用に供せられることがわかった。

このように、水溶性加工油剤の厳しい加工のもとにおける適用の可能性について検討したが、不水に代わって、適用できる可能性を見出した。

参考文献

(1) Takeshi NAKATSUJI, Yusuke OYAMA, Daisuke YAGI and Akihiko OKUTSU: "Tribological Properties of Water-soluble Processing Oil Additives and Extreme Pressure Additives under High Pressure in Sliding Contact", Proceeding of CJGHMTMD-2008, pp222-227