

2631 潤滑鋼板のトライボ特性 Tribi-characteristics of lubricant pre-coated steel

○正 上田 直春 (名市工研) 正 王 志剛 (岐阜大)
正 中村 保 (静岡大) 正 堂田 邦明 (岐阜大)

Naoharu UEDA, Nagoya Municipal Industrial Research Institute Zhrgang WANG, Gifu University
Tamotsu NAKAMURA, Shizuoka University Kuniaki DOHDA, Gifu University

In recent years, manufacturing engineering for no lubricant metal forming process has been desired from the uneasiness for the global environmental safeguard. From this viewpoint, the lubricant pre-coated steel sheet consisted of resin layer with wax particles has been developed. This research was carried out to investigate the friction behavior of the lubricant pre-coated steel sheet by the method of Bowden-Leben friction testing. The friction behavior was investigated under the conditions that normal load, sliding velocity, temperature and spherical radius of the pin were changed broadly.

Key Words : Lubricant pre-coated steel, Bowden-Leben friction testing, Contact pressure, Sliding velocity, Friction coefficient

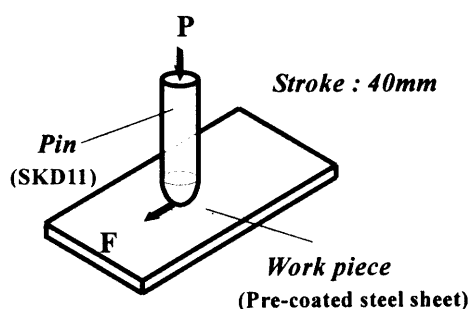
1. 緒言

世界の鉄鋼生産量は、1965年以降、毎年、上昇傾向を示していたが、1980年以降は、一転して下降傾向を示し始め、鉄鋼製品の高品質化・省力化が進められるようになった。特に、近年においては、環境負荷への問題が地球規模において懸念されるようになり、製造技術においても、無潤滑加工への関心が高まってきている。こうした状況下において、無潤滑で成形加工が可能な潤滑鋼板の需要が増えている。しかし、潤滑鋼板の成形加工における潤滑機構は、未だ不明確である。

本研究は、潤滑鋼板に関する Bowden-Leben 試験による摩擦特性評価を行うことにより、その摩擦挙動の解明を試みた。さらに、各種成形試験における摩擦係数との対比から、Bowden-Leben 試験のトライボ性能評価法としての可能性についても検討した。

2. 実験方法及び実験条件

Bowden-Leben 摩擦試験の原理は、Fig.1 に示す様に往復等速直線運動である。ピン(先端球面)潤滑鋼板の組み合わせで、レバーを介して重錘により負荷 P を与えた状態で、鋼板側を往復直線運動させ、この時に発生する摩擦力 F を板バネ



Friction coefficient $\mu = F/P$

Fig.1 Principle of Bowden-Leben friction testing

に取り付けた歪ゲージにより測定した。実験試料(鋼板)の取り付け台には、カートリッジヒータが組み込まれていて、台を適温加熱することにより実験試料を設定温度に伝熱する。

本実験に供した潤滑鋼板は、有機系樹脂皮膜を形成する非脱膜形に分類される5種類である。Table 1 に、潤滑鋼板の表面皮膜の構成を、Fig.2 に表面性状を、それぞれ示す。これらの鋼板は、潤滑膜の構成・厚さ及び鋼板自体の厚さに違いがあり、それぞれ特徴を持っている。

Table 2 に、実験条件を示す。摩擦ピン先端半径と加圧荷重との組み合わせによって、接触面平均圧力は 10, 50, 110, 240, 920 及び 1980 MPa の6種類とした。また、図中の実験条件は、例えば、面圧 $p=920\text{MPa}$ は $p920$ 、速度 $V=10\text{mm/s}$ は $V10$ 、温度 $T=25^\circ\text{C}$ は $T25$ の様に表記する。

Table 1 Composition of surface layer

Work piece	Substrate steel thickness (mm)	Galvanized layer thickness (μm)	Chromate layer thickness (μm)	Lubrication layer thickness (μm)
A	0.58	2.8	0.1	0.3
B	1.00	2.8	0.1	0.8
C	0.78	2.8	0.1	1.5
D	0.80	2.8	0.1	2.2
E	0.80	2.8	Special chromate treatment contained wax	0.5

Table 2 Experimental conditions

Pin	material	SKD11 (by JIS)
	spherical radius	3, 70, ∞ (mm)
	surface roughness	0.5 R_{max} (μm)
Normal load	P	9.8, 49, 98 (N)
Sliding velocity	V	1, 10, 100 (mm/s)
Stroke		40 (mm)
Lubricant		Dry
Plate temperature	T	25, 50, 100, 150 ($^\circ\text{C}$)

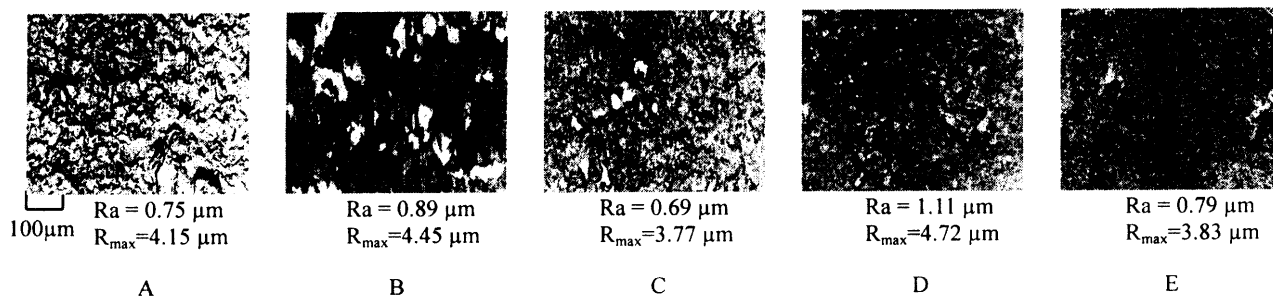


Fig. 2 Surface of lubricant pre-coated steel

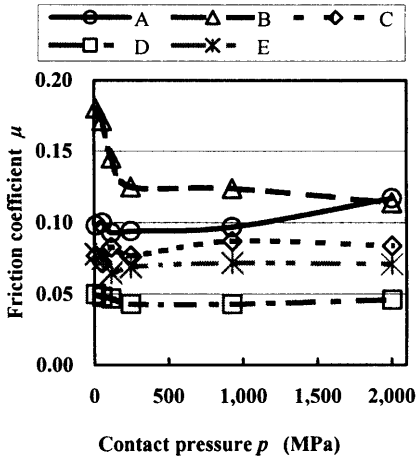


Fig.3 Relationship between friction coefficient μ and mean contact pressure p <V1, T25>

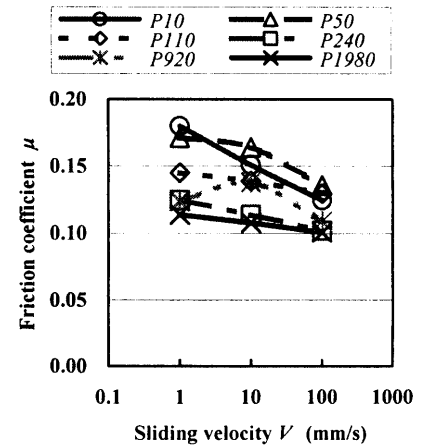
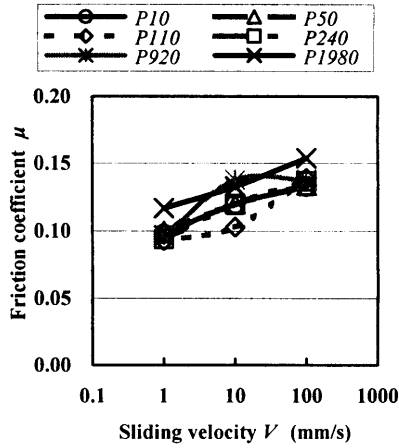


Fig.4 Relationship between friction coefficient μ and sliding velocity V <T25>

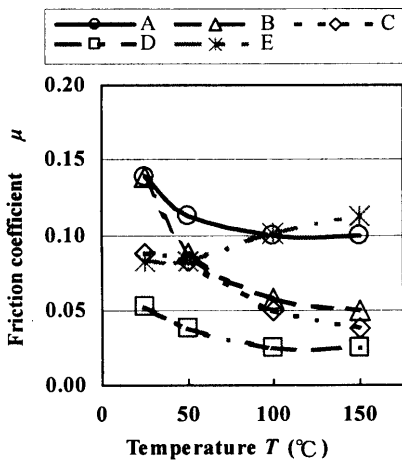


Fig.5 Relationship between friction coefficient μ and temperature T <P920, V10>

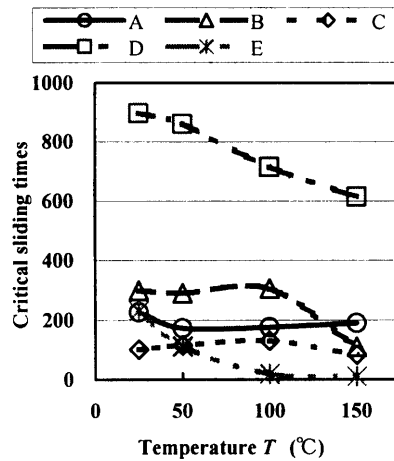


Fig.6 Relationship between critical sliding times and temperature T <P920, V10>

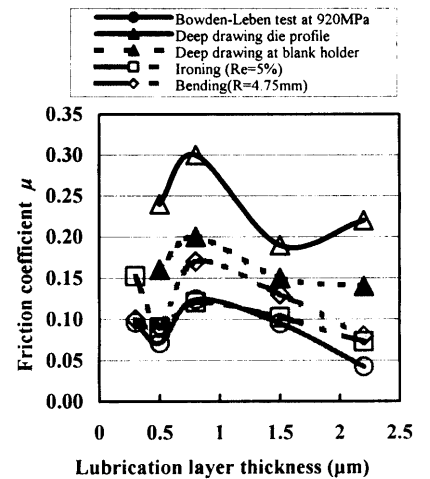


Fig.7 Comparison with the friction coefficient of Bowden-Leben and several forming tests

3. 実験結果及び考察

Fig.3 に、摩擦係数 μ に及ぼす接触面平均圧力 p の影響を示す。平均圧力の増加に伴い、摩擦係数 μ は、試料 A では漸増傾向、試料 B では減少傾向を示しているが、他の試料については、ほぼ一定である。潤滑層の最も厚い試料 D に関しては、 μ は約 0.05 以下で、他の試料に比べて最も小さい値を示した。

Fig.4 に、摩擦係数 μ に及ぼす滑り速度 V の影響を示す。試料 A と E では、滑り速度の増加に伴い、摩擦係数 μ は漸増傾向を示す。試料 B では、低面圧(10~50MPa)においては、摩擦係数 μ は漸減傾向を示すが、高面圧(110~1,980MPa)の場合では、ほぼ一定である。試料 C と D については、摩擦係数 μ は、滑り速度の増加に伴い、ほぼ一定となっている。

Fig.5 に、摩擦係数 μ に及ぼす接触面温度 T の影響を示す。試料 A、B、C 及び D については、接触面温度の上昇に伴い、摩擦係数 μ は大きく減少している。試料 E については、摩擦係数 μ は、ほぼ一定となり、温度の影響を余り受けていない。

Fig.6 に、限界滑り回数(CST)に及ぼす接触面温度 T の影響を示す。摩擦係数 μ が、急激に上昇する時の滑り回数を限界(臨界)滑り回数(CST)と定義する。5 種類全ての試料について、温度上昇に伴い、CST は緩やかな減少傾向を示しているが、その影響は小さい。試料 D は、他に比べ約 3 倍の値を示した。

Fig.7 に、Bowden-Leben 試験の摩擦係数 μ と各種成形試験に

おける摩擦係数 $\mu^{(1)(2)}$ とを対比して示す。試験条件は、室温・低速で、試料 A を除いて、何れの試験においても表面皮膜の損傷が無い条件である。潤滑層厚さ 0.8 μ m 以上では、全ての試験において摩擦係数 μ は、潤滑層厚さの増加に伴い減少している。Bowden-Leben 試験における摩擦係数 μ は、しごき加工及び曲げ加工における摩擦係数 μ と概ね一致しているが、絞りダイス肩部及びブランク部の μ と比較すると、かなり小さい。

4. 結言

潤滑鋼板に関する Bowden-Leben 試験による摩擦特性を評価した結果、以下の結論を得た。

- (1) 摩擦係数は、面圧及び速度の変化に伴う影響を比較的受けないが、温度の上昇に伴い大きな減少傾向を示す。ただし、特殊クロメート層の試料 E は、温度の影響を余り受けない。
- (2) トライボ特性は、概ね、潤滑層厚さに比例して優れた性能を示す。
- (3) Bowden-Leben 試験における摩擦係数は、しごき・曲げ加工の摩擦係数と良く一致し、絞り加工の摩擦係数より小さい。

5. 参考文献

- (1) 春山ほか：引張曲げ形摩擦試験機によるトライボ性能評価、第 53 回塑性加工連合講演会講演論文集(2002),281-282
- (2) 王ほか：潤滑鋼板のしごき加工における摩擦挙動、第 53 回塑性加工連合講演会講演論文集(2002),285-286