

## 線接觸 摩擦機構를 利用한 潤滑特性에 관한 研究

池昌憲\* · 李鍾純\*\* · 李奉九\*\*\*

\* 全北大學院

\*\* 全北大學校 工科大學

\*\*\* 圓光大學校 工科大學

(1986. 12. 23. 접수)

### A study on the Lubricational Characteristics in the Line Contact Frictional Mechanism

Chang Heon Chi\* · Chong Soon Lee\*\* · Bong Goo Rhee\*\*\*

\* Graduate School of Chonbug National University

\*\* College of Engineering, Chonbug National University

\*\*\* College of Engineering, Univ. of Won Kwang

(Received December 23, 1986)

#### ABSTRACT

The purpose of this paper is to study the lubrication characteristics which is occurred in contact surface of two materials.

In this study, experimental apparatus which was modelling of the Cold rolling was used.

Electric resistance, the temperature variation and the friction coefficient, between Disk and Roller were measured by respectively electric circuit system, temperature probe, and strain gauge.

The experiment carried on the disk velocity range of 10m/min to 1000m/min in loading weight 2kg to 18kg.

#### 1. 緒 論

두 物体의 接觸部에 있어서 摩擦과 潤滑은 항상 同一한 次元에서 다루어지며 摩擦을 적게 하므로서 機械의 效率를 向上시키려는 시도가 꾸준히 계속되어져왔으나, 接觸部에 있어서 潤滑上의 문제는 아직 그 원인을 규명하지 못한 것이 많다. 특히 線接觸 摩擦機構 즉, 冷間壓延等에서는 安定된 油膜形成이 製品의 品質에 커다란 영향을 미치며, 모든 摩擦機構에서도 油膜形成 問題는 潤滑特性에 커다란 영향을 미친다. 이에 관해서 Cheng<sup>(1)</sup> 등은 潤滑膜의 連續的인 存在를 가정한 解析을 하였고 Kimura<sup>(2)</sup> 등

은 壓延潤滑에서의 潤滑膜의 파단은 鋼板과 roller의 heat streak의 原因이 된다고 發表한 바 있으며 國內에서도 저어널 베어링의 混合潤滑特性에 對하여 報告된 바 있고<sup>(3)</sup> Soda<sup>(4-6)</sup>는 液体油膜에 古典的인 液体潤滑理論을 近似的으로 適用시켜서 油膜部分과 固体接觸部分과의 荷重分擔比, 接觸面積比의 關係를 近似式으로 表示하여 混合潤滑狀態에 있어서의 摩擦抵抗 및 마모등을 定量的으로 說明하고 있다. 이러한 油膜의 特性은 Courtney, Pratt, Beeck<sup>(7)</sup> 등에 의하여 接觸電氣抵抗法을 利用해서 潤滑의 狀態를 解析된 바 있다.

따라서 本 研究에서는 壓延潤滑을 모델링한

로울러-디스크형 試驗機<sup>8)</sup>를 製作하여 荷重과 速度變化에 따른 摩擦力과 溫度變化와 그에 따른 油膜의 狀態에 의한 潤滑特性을 研究考察하고자 한다.

## 2. 實驗裝置 및 方法과 測定

本 實驗에 使用한 實驗裝置의 概略圖를 Fig. 1에 圖示하였고 Fig. 2는 實驗裝置의 外觀사진이다. 實驗裝置의 主要部分으로는 試驗部, 測定部, 給油部, 動力傳達裝置로 되어있다. 動力傳達裝置는 100V/400W의 直流可變速 모터를 利用하여 驅動力을 發生시켰으며 V-벨트를 통하여 動力이 디스크에 傳達된다.

試驗部는 디스크와 로울러로 구성되어 있으며 디스크와 로울러의 材質을 S45C, 表面硬度는 RC60, 表面粗度는  $Ra \approx 0.7\mu m$ 이다. 디스크의 直徑은 200mm, 두께 15mm이며 roller의 直

徑은 50mm, 幅20mm이다.

Roller는 荷重lever에 고정된 板스프링에 의하여 지지되고 있으며 판 스프링에 strain gauge (Kyowa electric  $R=500\Omega \pm 0.1$ )를 付着시켜 얻은 변형율을 6채널 증폭기(model: CDV-110 A)에서 증폭시킨 후 3~채널 기록계와 멀티미터에 연결하여 로울러와 디스크 사이의 摩擦力을 測定記錄하였다.

試驗部에 作用하는 荷重은 지렛대의 原理를 利用하여 荷重레버에 1~9kg중의 荷重을 加하여 試驗部에 2kg중-18kg중의 荷重이 作用하도록 하였다.

그리고 디스크와 로울러사이의 摩擦前後 試驗油의 溫度變化狀態를 測定하기 위하여 oil hopper 각후 디스크 表面과 디스크와 로울러의 摩擦面 직후의 디스크의 表面에 디스크와 3/100mm의 隔재를 두고 非접촉 temperature probe를 설치하고 디스크表面 試驗油의 溫度變化를 測定하였다.

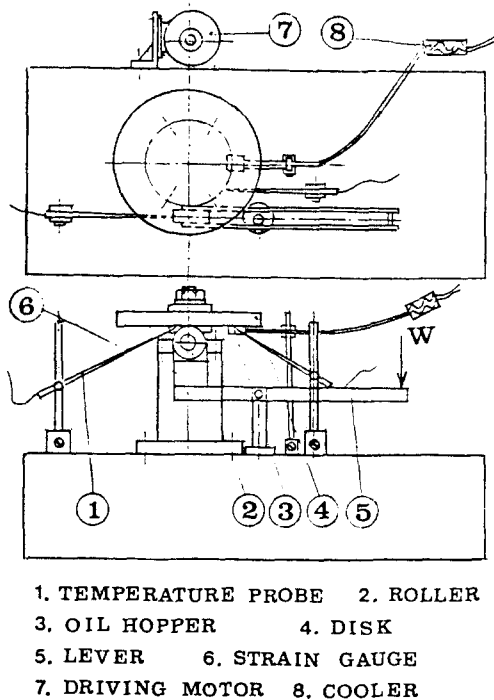


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

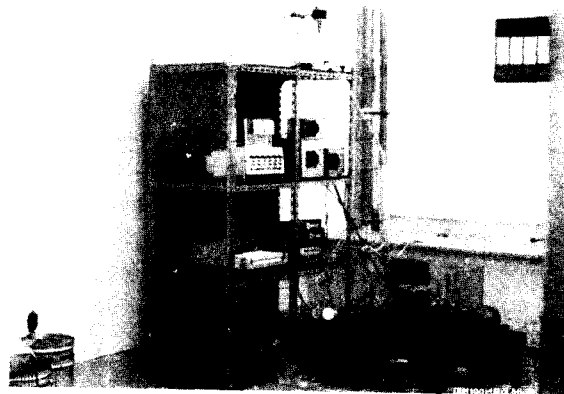


Fig. 2. Photograph of experimental apparatus

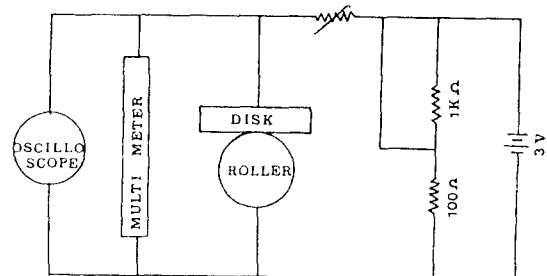


Fig. 3. Schematic diagram of resistance circuit

또한 디스크와 로울러의 摩擦面 사이에서 形成되는 油膜의 形成狀態에 따라 판단하는 潤滑 영역을 확인하기 위하여 Fig. 3의 接觸電氣抵抗 回路를 로울러와 디스크 사이에 설치하여 이때 나오는 出力電壓의 變化값을 오실로스코프와 3-펜 기록계에 記錄하므로써 潤滑영역을 판단하였다.

디스크의 회전수측정은 회전속도계와 스트로보스코우프를 利用 測定하였다.

實驗은 미끄럼을 없애기 위하여 디스크와 로울러의 회전수를 一定하게 하였고, 荷重과 회전속도를 變化시켜 가며 測定하였다. 모든 測定은 測定값을 一定하게 하기 위해 각 조건에서 10분동안 連轉後에 測定하였다.

潤滑油는 Gulf-Harmony 32를 使用 하였으며 Table 1.에 그 性狀을 나타냈다.

Table 1. Properties of applied lubricant

比重	°API	28.6
粘度	CST	(40°C) 30.02
粘度指数	D2270	112
殘留炭素	Rams	0.24
유동점	°C	-15
중화가	D664	0.88

### 3. 實驗結果 및 考察

디스크회전속도 變化를 parameter로 하여 荷重變化에 따른 摩擦後의 Disk接觸表面 油膜의 溫度變化를 Fig. 4에 나타냈다.

圖示한 바와같이 試驗部에 作用하는 荷重이 增加함에 따라 디스크회전속도에 關係없이 로울러와 디스크接觸面의 溫度變化는 增加하는 것을 알수 있으며 그 變化 경향도 類似하다.

또한 회전속도가 빨라짐에 따라 溫度變化의 幅이 커져 荷重이 接觸面의 摩擦溫度 變化에 미치는 영향이 큰것을 알수 있다.

Fig. 5는 一定 荷重下에서 디스크와 로울러가 接觸을 함으로서 發生된 溫度 增加幅과 회전속도와 的 關係를 나타낸 것으로 溫度增加幅  $T_i =$

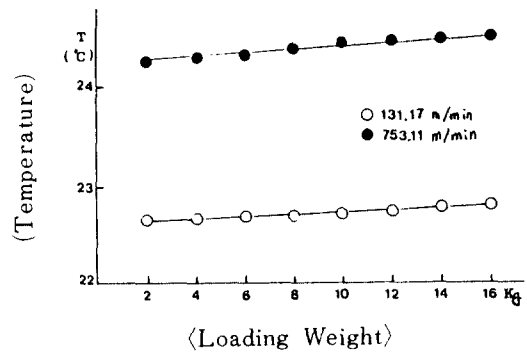


Fig. 4. Relation between temperature and loading weight.

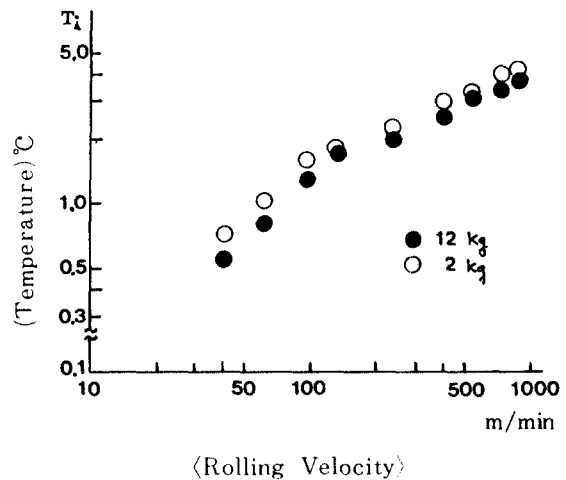


Fig. 5. Relation between Rolling velocity and Temperature

$T - T_0$ 이다. ( $T$ : 로울러와 디스크接觸後 디스크의 接觸面 油膜의 溫度,  $T_0$ : 潤滑油 供給溫度) 그래프에 나타난 바와 같이 荷重變化에 關係없이 디스크회전속도 약 120m/min까지는 溫度上昇 기울기가 크나 그 이후는 적게 나타남을 알수 있다. 이는 接觸電氣抵抗의 測定과 摩擦力의 測定을 通하여 확인한 바, 디스크 회전속도 120m/min 부근이 混合潤滑에서 完全潤滑로 轉이되는 지점으로 추정되며, 회전속도 약 120m/min 이전에서는 摩擦力의 기울기도 크게 나타났으며

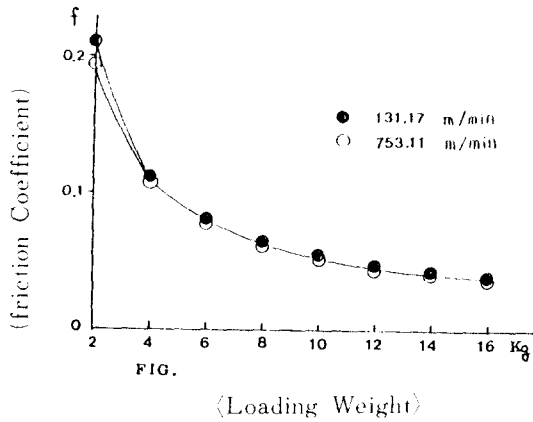


Fig. 6. Relation between friction coefficient and loading weight

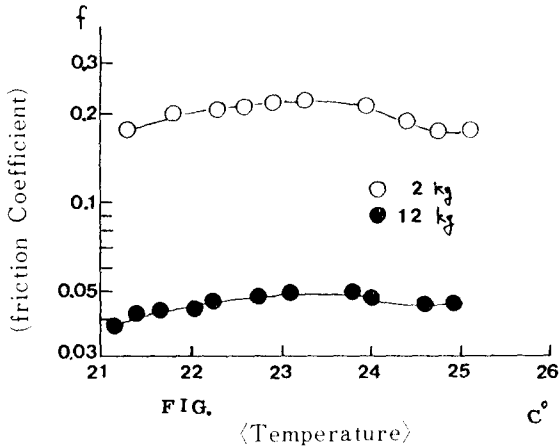


Fig. 7. Relation between friction coefficient and temperature

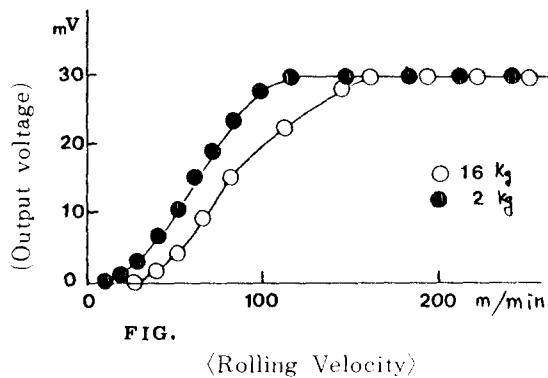
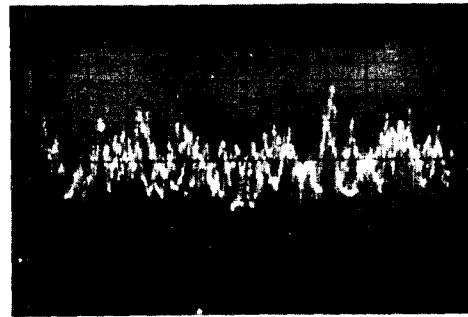
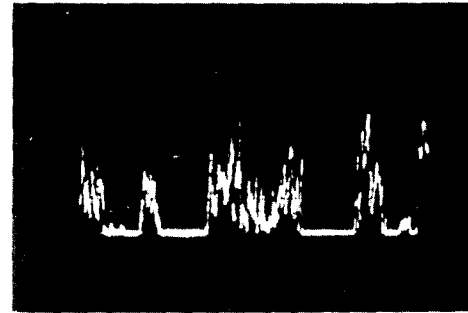


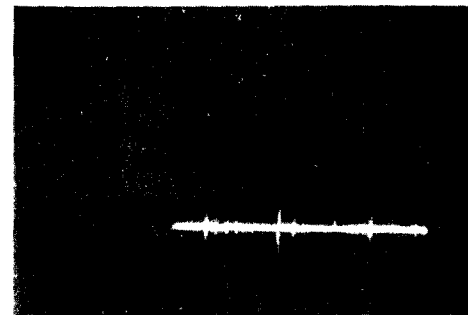
Fig. 8. Relation between rolling velocity and output voltage



( A )



( B )



( C )

Fig. 9. Photographs of electric resistance by oscilloscope

회전속도 약 120m/min 이후에서는 摩擦力의 增加기울기가 적음을 알수 있었다.

따라서 약 120m/min 이후에서는 디스크와 로울러 사이에 完全한 油膜이 形成되어 摩擦力이 감소함에 따라 摩擦熱이 적게 發生되므로 溫

度上昇 기울기도 적은 것으로 판단된다.

Fig. 6은 作用荷重變化에 따른 摩擦係數의 變化를 圖示한 것으로 디스크 회전속도가 131.17m/min과 753.11m/min인 경우 모두 作用荷重在 增加함에 따라 摩擦係數가 감소하는 것을 알 수 있으며 이와같은 樣相은 荷重의 增加에 따른 油膜의 安定으로 摩擦係數가 저하하는 結果로서 Kimura의 研究結果<sup>2)</sup>와 一致하는 現狀이다.

Fig. 7은 摩擦로 인해 상승된 디스크接觸面의 溫度變化와 摩擦係數의 關係를 圖示한 것으로 作用荷重에 關係없이 溫度變化와 摩擦係數의 變化양상이 類似함을 나타내며 本 實驗에서는 약 23°C부근에서는 摩擦係數가 增加하나 그 以上の 溫度에서는 摩擦係數가 減少하는 경향을 보여주고 있다.

Fig. 8에 回轉速度와 接觸電氣抵抗回路의 出力電壓과의 關係를 圖示하였다. 作用荷重在 增加함에 따라 接觸面사이의 油膜形成이 늦어져 固体摩擦에서 混合潤滑영역에 이르는 영역과, 混合潤滑에서 完全潤滑에 이르는 回轉速度가 增加됨을 알 수 있다. 즉 이 現狀은 荷重在 增加하면 混合潤滑領域이 넓어져 完全潤滑에 이르는 時間이 길어진다고 판단될 수 있으며 이때 各 領域에서의 오실로스코프에 나타난 Fig. 9의 波형사진에서 "A"는 混合潤滑狀態 "B"는 固体摩擦에서 混合潤滑로 轉이되어가는 過程이며 "C"는 固体摩擦狀態를 나타내고 있다.

#### 4. 結 論

以上과 같이 線接觸 摩擦機構를 利用한 實驗 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 디스크 回轉速度 增加에 따른 摩擦發生 熱의 增加기울기는 完全潤滑領域에 比하여 混合潤滑領域에서의 기울기가 크다.

2. 摩擦係數와 摩擦後 發生燃과의 關係는 荷重在 關係없이 變化양상이 類似하다.
3. 荷重增加에 따라 變하는 摩擦係數는 速度變化에 關係없이 거의 一定한 기울기를 갖는다.
4. 接觸部에 作用荷重在 增加함에 따라 混合潤滑領域은 넓어진다.

#### REFERENCES

- 1) H · S · CHENG : Friction and lubrication in metal processing, ASME (1966)69.
- 2) 木村好次 · 岡田和三 : 潤滑, 30, 4 (1985)275.
- 3) 李奉九 : Journal Bearing에서의 混合潤滑 特性에 관한 研究(1985)
- 4) Soda "Load-Carrying mechanics for the surface under mixed lubrication" J · JSLE, 24, 11, 729(1979)
- 5) Soda "Mechanics of wear under lubricated conditions (part 2) An expression for wear amount based on lubrication parameters" J · JSLE, 24, 11, 729. (1979)
- 6) Soda "Experimental verification of the theory of wear under lubricated conditions (part 1) Effects of material hardness on wear amount under lubrication" J · JSLE, 25, 9, 613, (1980)
- 7) O · Beek, J · W Givens & A · E SMITH : Proc, Roy, Soc, A, 177(1940)90
- 8) 池田充宏 · 中原網光 : エマルションによる EHD 潤滑의 基礎的 研究. 日本潤滑學會 第27回 通常總會(春季發表會) 予橋集, 昭和58年