

<論 文>

摩擦加工에 있어서의 雰圍氣 影響에 관한 研究(第一報)

孫 明 煥*

(1981年 8月 12日 接受)

A Study on the Influence of Atmospheres
in Frictional Machining(Part I)

Myung-Whan Sohn

Abstract

Honing, lapping, polishing and superfinishing are applied for a precision machining to finish the metal surface, but these precision machining are micro-cutting by hard and micro-abrasive grains. Frictional machining is the new method to finish mirrorlike surface without using these abrasive grains. The frictional machining produces high pressure and high temperature instantly by compressing a tool material against the metal surface in sliding motion. The metal surface is given plastic deformation and plastic flow by the above mentioned frictional motion, but the surface roughness of the metal surface is influenced by physical and chemical reaction in surrounding atmosphere. Therefore, the atmosphere around the metal surface is the most important factor to minimize the surface roughness. Present study tried to obtain the optimum atmosphere in the frictional machining. The part I of the study was performed in liquid atmospheres. Diesel oil, lubricant, grease, lard oil, bean oil and cutting fluid were used as such atmospheres. Medium carbon steel SM 50 C was used as a workpiece and ceramic tip was applied as a frictional tool. The result of the experiment showed characteristic machining conditions to generate the best surface roughness in each atmospheres.

1. 緒 論

機械類의 精密度가 점점 향상되고 高精度化됨에 따라 機械를 構成하는 要素들이 高度의 精密度로 가공되어 조립되므로써 소기의 性能을 발휘할 수 있다. 이러한 高度의 精密度 要求를 充足시키기 위하여 새로운 精密加工法이 研究開發되고 있다. 精密度에는 치수精密度와 表面精密度로 구분할 수 있으며, 本 研究에서는 表面精密加工法을 研究의 對象으로 하였다. 從來의

表面精密加工法으로서로는 주로 硬質研削粒자를 利用하여 工作物表面으로부터 微量씩 削除하는 일종의 切削加工들이 利用되어 왔다. 이 加工法들에 의한 加工表面은 微視的으로 보면 패어진 오목부와 擦過傷으로 構成된 凹凸의 連續面이다.⁽¹⁾ 이러한 面들이 서로 접촉하여 相對運動을 하면 높은 頂點部만이 접촉하게 되고 따라서 接觸部의 高壓에 의한 凝着과 摩擦熱에 의한 融着이 일어나고, 이것들이 靱斷되며 이러한 作用들이 反復됨으로써 磨滅이 促進되고⁽²⁾ 치수精密度가 低下하게 된다.

本 研究는 從來의 加工原理와는 다른 摩擦作用을 利用하여 칩을 발생시키지 않고 金屬表面의 凹凸을 塑性

* 正會員, 高麗大學校 工科學

流動시킴으로써 鏡面으로 다듬질하는 方法을 試圖하였 으며, 이 加工法에 의하여 상당히 깨끗한 鏡面을 얻을 수 있었으며⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾이 加工法으로 인한 表面의 殘留 應力⁽⁴⁾ 및 摩擦特性에 관해서도 이미 報告한 바 있다.⁽⁷⁾ 그러나, 本 加工法은 아직도 시작에 불과하며 加工條 件과 特性에 대해서는 未知의 分野가 남아 있다. 지금 까지의 本 加工法에 의한 實驗은 주로 輕油를 潤滑劑 로 사용한 實驗이었다.

Wanheim⁽⁸⁾, Chivers⁽⁹⁾, Greenwood와 Rowe⁽¹⁰⁾, Cane⁽¹¹⁾ 등에 의하면 金屬表面에 힘을 가하면 硬度가 높아지고 塑性流動이 곤란해져서 완전한 기하학적 表面을 얻기가 어렵다고 한다. 또한 두 면이 상호 접촉 하여 相對미끄름運動이 있을 때는 그 사이에 磨滅粒子가 生成된다. 이 粒子는 荷重에 의한 凝着과 摩擦에 의한 融着結合部가 미끄름運動에 의하여 塑性剪斷되어 生成된 것으로서⁽¹²⁾, 그 粒子의 處女面은 活性에너지가 강하며 周圍雰圍氣에 따라 化學作用을 일으킬 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 즉 化學作用에 의하여 表面에 얇은 皮膜이 生成되어 相對面과의 附着이 일어나 지 못할 경우에는 微粒子로서 脫落하게 되고 表面은 圓滑하게 된다. 그러나, 化學作用이 일어나지 못할 때는 再附着이 일어나고 成長하여 表面은 거칠게 된다.⁽¹³⁾

이와 같이 두 면에 接觸壓力를 가하여 相對미끄름運動을 시켰을 때 表面精密度를 높이기 위해서는 塑性流動을 시킬 뿐 아니라 活性雰圍氣를 造成하여 再附着이 일어나지 않도록 하는 것이 絕對要件이다.

本 研究에서는 摩擦加工의 雰圍氣가 加工表面에 어떠한 影響을 미치는가에 대하여 여러가지 加工雰圍氣로서는 液體, 氣體, 固體潤滑劑등 여러가지 雰圍氣를 造成할 수 있으며, 이들의 雰圍氣 중에서 液體에 대한 實驗結果를 第1報로서 綜合하였다. 液體雰圍氣 造成에 쓰인 液體는 鑛物性油인 輕油, 潤滑油, 切削油, 半固體인 그리이스, 動物性油인 豚油, 植物性油인 大豆油를 使用하였다. 工作物材料로서는 中炭素鋼 SM 50 C, 摩擦工具材料로서는 切削工具材料인 세라믹을 택하였다.

實驗結果는 각각의 液體雰圍氣 나름대로의 特性을 나타냈으며, 各雰圍氣에 따라서의 最良의 表面거칠기를 얻을 수 있는 加工條件을 究明할 수 있었다.

2. 實驗機器 및 實驗材料

2.1. 實驗機器

(1) 研削機

實驗素材를 研削하기 위하여 사용된 研削機는 Okuma Machinery Works LTD 製로 主要諸元은 다음과 같다.

베드 위의 스윙	205 mm
센터 사이의 거리	610 mm
外徑研削寸돌바퀴	205×13×38.1 mm
	WA-80-K-m-V

(2) 旋 盤

摩擦加工을 하기 위하여 사용된 旋盤은 Kullenkampff 사제 Model Emato 200 DN이며, 主要諸元은 다음과 같다.

베드 위의 스윙	195 mm
센터 사이의 거리	850 mm
主軸回轉數	40~2,000 r.p.m.(18段)
移送速度	54段: 0.08~2.225 mm/rev.

(3) 表面粗度計

表面거칠기를 측정하기 위하여 사용된 表面粗度計는 Tokyo Scimitsu Co. LTD제 觸針電氣式連續指示型 Surfcom 으로서 主要諸元은 다음과 같다.

檢出器	EDT-RC
觸針	다이아몬드 5μmR
測定壓	1 gf
驅動部	ERM-E
移動距離	1.5~75 mm
移動速度	3 mm/sec, 0.3 mm/sec
增幅指示部	EDM-R75 C
指示方式	中心線平均거칠기 自乘根平均거칠기
指示範圍	0.075, 0.25, 0.75, 2.5, 7.5 μm

(4) 工具顯微鏡

接觸面積을 測定하기 위하여 사용된 것으로서 Union Optical Co. LTD제 TM-50이며 主要諸元은 다음과 같다.

測定精密度	0.005 mm
倍率	30 X, 100 X, 400 X

(5) 摩擦工具材料의 固定 및 加壓裝置

Fig. 1은 摩擦工具材料 固定具와 加壓裝置를 도시한 것이다. ①은 摩擦工具材料, ②는 固定具, ③은 ②와 ④를 내장한 호울더이며, ④는 加壓스프링이다.

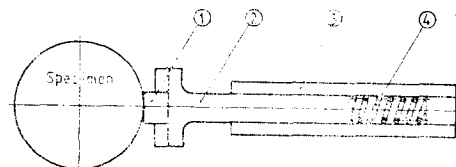


Fig. 1 Tool holder and compression equipment.

2.2. 實驗材料

摩擦工具材料는 金屬과 親和力이 없는 切削工具材料의 一種인 세라믹을 사용하였으며 常溫硬度는 Hs=102

이다.

加工材料로서는 機械要素材料로 많이 쓰이는 中炭素鋼 SM 50 C를 사용하였으며, 그 化學成分 및 機械的性質은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of testing material.

Chemical compositions					Mechanical properties			
C	Si	Mn	P	S	Yield point kg/mm ²	Tensile strength kg/mm ²	Area contraction %	Vickers hardness Hv
0.51	0.31	0.73	0.015	0.018	33.81	68.58	28.05	174

實驗材料의 모양은 $\phi 75 \times 100 L$ 의 軸으로 成形하였으며, 兩端面에는 센터구멍을 뚫어서 센터加工을 할 수 있게 하였다. 材質의 均一을 期하기 위하여 常溫에서 500°C까지는 4시간 동안에 加熱하고 840°C까지는 1.5시간에 加熱한 다음 그 溫度에서 3시간 유지한 후 爐內冷卻하였다.

加工에 있어서의 工具의 移送速度는 0.138 mm/rev.으로 하여 모든 加工에서 一定하게 유지하였다.

加工表面거칠기를 測定하면 最高値와 最低値의 範圍가 있다. 瞬間的인 最高最低値는 除外하고 線圖에는 最低値로 表示하도록 하였다.

3. 實 驗

3.1. 實驗方法

摩擦加工의 前加工으로 研削加工을 하여 中心線平均 거칠기 0.14~0.18 $\mu m Ra$ 즉 平均 0.16 $\mu m Ra$ 로 一定하게 하였다. 摩擦工具의 加工表面과의 접촉면적은 磨滅된 痕跡의 表面積으로 하고 모든 實驗을 통해서 약 2.1 mm²가 유지되도록 하였다.

摩擦工具와 加工表面과의 相對미끄름速度는 15 m/min에서 300 m/min까지를 10 단계로 나누어서 한가지의 미끄름速度에 대하여 接觸壓力을 3 kg/mm²에서부터 等差級數의으로 增加시켜 加工表面에 接擦傷이 생길 때까지 계속하였다. 따라서 各 雰圍氣마다 相對미끄름速度를 媒介變數로 하고 接觸壓力의 變化에 따른 表面거칠기의 變化에 대한 相關關係를 線圖로 表示하도록 하였다. 또 同一미끄름速度에서 接觸壓力의 變化에 따라 雰圍氣가 달라지면 表面거칠기가 어떻게 變化하는가를 比較 檢討할 수 있는 線圖도 作成하여 雰圍氣가 表面거칠기에 미치는 影響을 알 수 있게 하였다. 加工表面은 1회만의 加工으로 完成되지 않고 여러번 反復해야 하므로 反復回數는 이미 實驗에 의하여 確認된 最小回數인 4회로 하였다.⁽⁵⁾

加工表面에 대한 觸針의 移動速度는 사용규정에 따라 0.3 mm/sec로 하고 指示範圍는 表面의 精粗에 따라 0.25 μm 과 0.075 μm 로 하였다.

3.2. 實 驗

實驗에 사용된 液體로는 디젤油(輕油), 潤滑油, 그리이스, 豚油, 大豆油 및 切削油劑이다. 디젤油는 一般市販用輕油이고 潤滑油는 Gulflube Motor Oil이며, 그리이스는 半固體인 粘性流體로서 液體로는 곤란하나 粘性劑라는 點에서 포함시켰다. 豚油은 直接 豚肉으로부터 抽出한 것을 사용하였으며, 大豆油는 市販되고 있는 食用油이다. 切削油劑는 研削用으로 쓰이는 것을 原液 그대로 및 1:20으로 稀釋한 두 가지에 대하여 實驗하였다. Fig. 2~Fig. 7은 各雰圍氣에 대한 미끄름速度를 媒介變數로 했을 때의 接觸壓力에 따라서의 表面거칠기의 變化를 表示한 線圖이다. 또한 Fig. 8(a)~(j)는 相對미끄름速度를 一定하게 했을 때 接觸

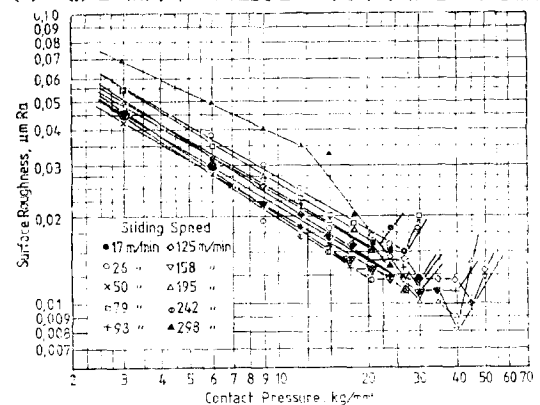


Fig. 2 Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of diesel oil.

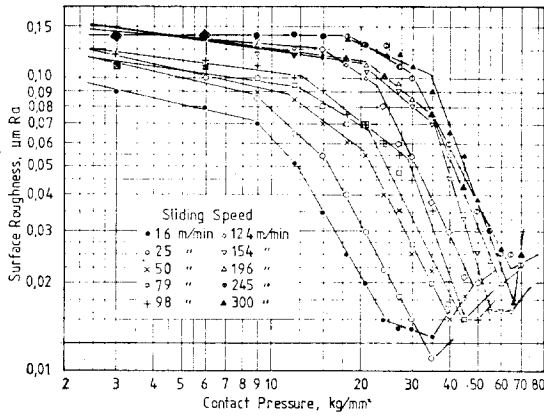


Fig. 3 Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of lubricant.

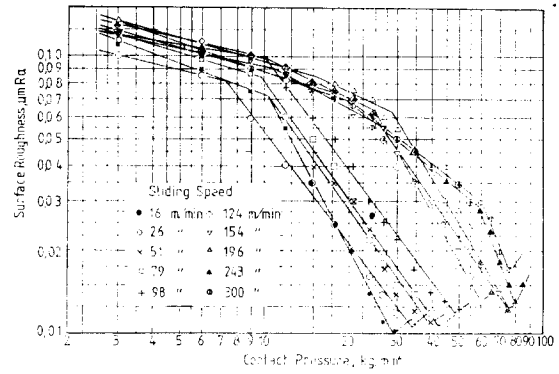


Fig. 6 Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of bean oil.

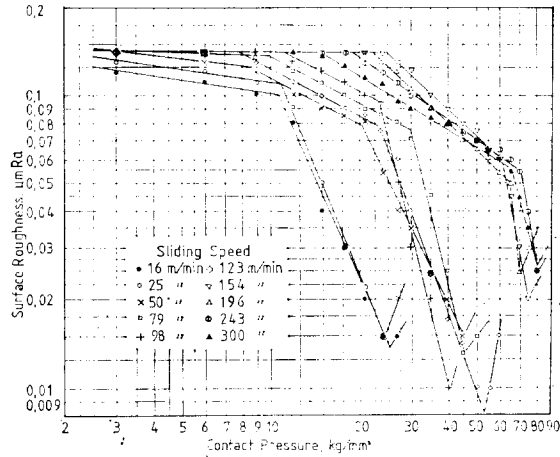


Fig. 4 Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of grease.

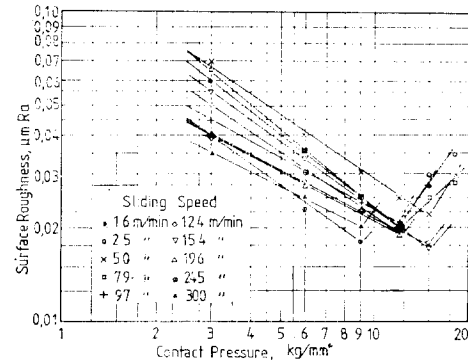


Fig. 7(a) Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of original cutting fluid.

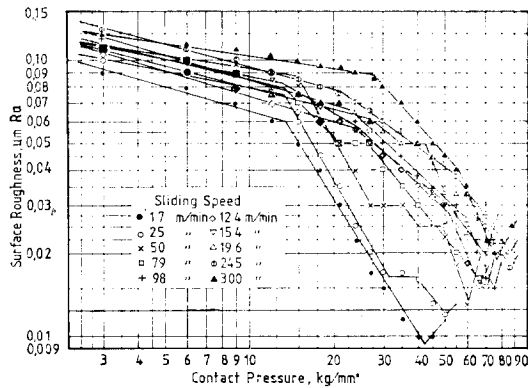


Fig. 5 Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of lard oil.

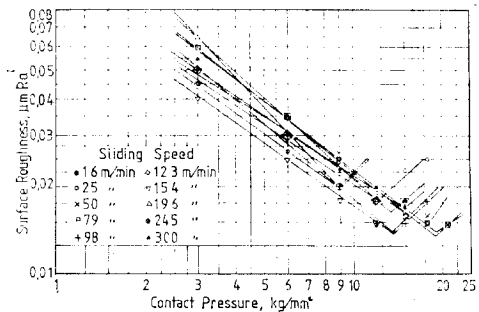
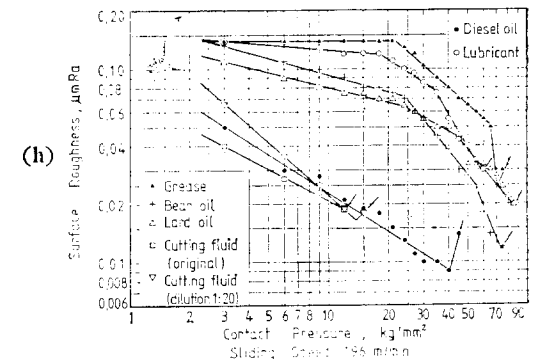
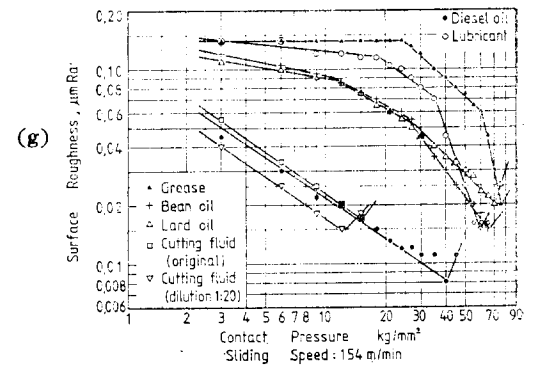
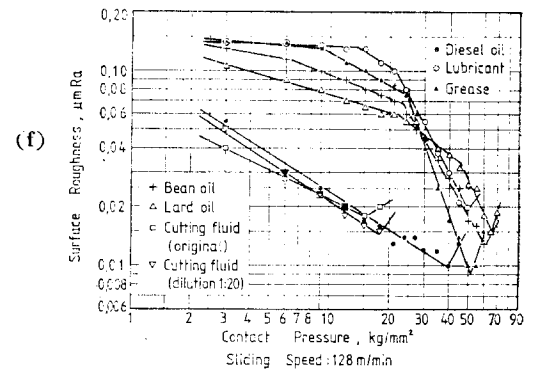
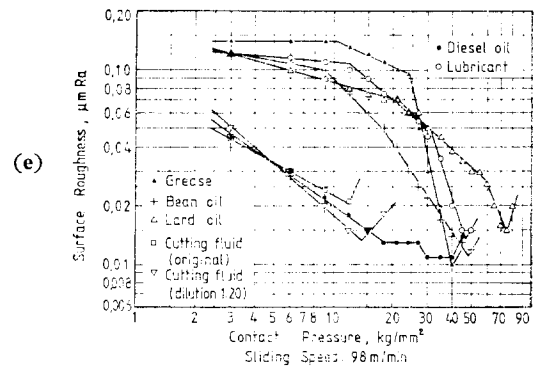
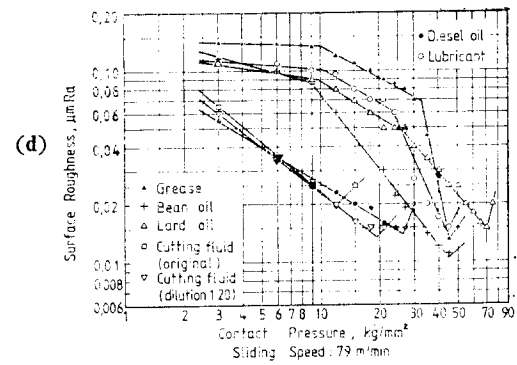
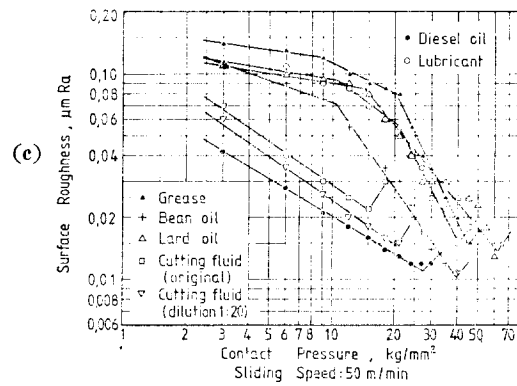
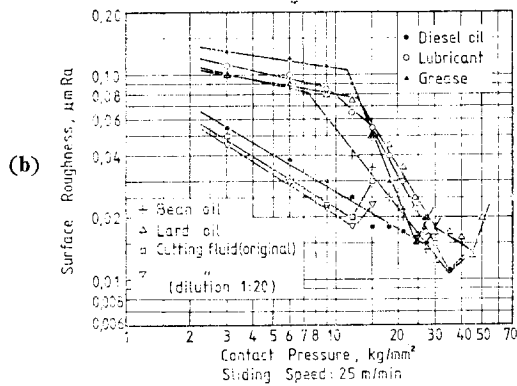
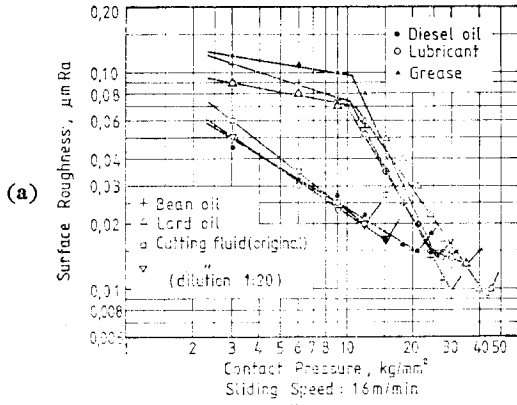


Fig. 7(b) Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of diluted cutting fluid(1:20).



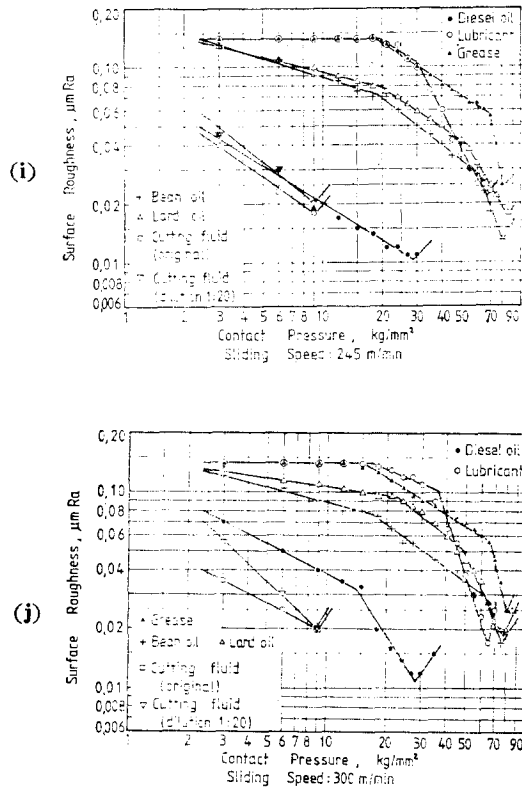


Fig. 8 Comparison of surface roughness vs contact pressure in the each atmospheres.

壓力的 增加에 따라 霧靄氣가 表面거칠기에 어떠한 變化를 주는가를 比較한 線圖이다.

4. 實驗結果에 대한 考察

4.1. 總括的 考察

摩擦加工에 있어서는 變向點을 境界로 하여 低接觸壓力部에서는 彈性變形域이, 高接觸壓力部에서는 塑性流動域이 나타났을 이미 보고한 바 있다.⁽⁶⁾ 本 研究에서 Fig. 2~Fig. 8을 통하여 보는 바와 같이 潤滑劑의 種類에 따라 塑性流動域만이 존재하는 경우와 兩領域이 존재하는 경우가 있음을 알 수 있다. 즉 粘度가 낮은 디젤油(輕油)나 切削液의 경우는 塑性流動域만이 존재하고 粘度가 높은 潤滑油, 그리이스, 豚油, 大豆油의 경우는 兩領域이 존재하고 있다. 이 경우라도 兩領域의 中間에는 미끄름速度的 增加에 따라 兩領域이 共存하는 接觸壓力 範圍가 있음을 明確하게 나타냄과

同時에 粘度가 클수록 共存範圍가 넓게 나타나고 있다. 이러한 現象은 摩擦工具와 工作物 사이의 接觸部에서 形成되는 潤滑劑에 의한 膜에 起因하는 것으로 생각된다. 디젤油나 切削液의 경우는 粘度가 낮기 때문에 膜을 形成했을 때 같은 壓力이 加해져도 쉽게 膜의 두께가 얇아질 수 있으며, 다른 潤滑劑에 比하여 炭素數가 적으므로 膜의 強度도 낮으며⁽¹⁴⁾ 工具面이 쉽게 工作物 表面의 凸部와 接觸할 수 있어서 磨滅에 의하여 脫落하든가 塑性流動을 하여 面을 平滑하게 할 수 있기 때문이다. 그러나, 粘度가 높을수록 膜이 쉽게 얇아지지 않을 뿐 아니라 炭素數가 많기 때문에 膜의 強度가 强하여 얇아지지 못하므로 磨滅이나 塑性流動이 不充分하고 따라서 表面거칠기도 前者에 比하여 떨러지는 것으로 생각된다. 특히 後者の 경우 彈性變形域에서는 表面거칠기 向上程度가 極히 느리고 共存域에서는 多少 빠르며 塑性流動域에서는 急速度로 빨라지고 있다. 이것은 低壓部에서는 膜이 두꺼워서 磨滅이 極히 限定되어 일어나고 있으며, 共存域에서는 磨滅과 塑性流動이 共存하여 일어나고, 高壓部에서는 塑性流動이 表面거칠기 向上의 主作用으로 생각된다. 또한 그림에서 보는 바와 같이 共存域의 接觸壓力 範圍가 넓을수록 塑性流動域은 좁아지고 表面거칠기도 좋지 않다. 反面에 塑性流動域이 넓을수록 一般의 表面거칠기도 良好해지고 있다.

一般의 變向點은 10~25 kg/mm^2 이며, 表面거칠기가 가장 良好할 때의 接觸壓力는 30~40 kg/mm^2 이다. 이 때의 미끄름速도는 粘度가 낮은 潤滑劑에서는 中速部에서, 粘度가 높은 것에서는 低速部에서 最良의 表面거칠기가 얻어지고 있다. 이것은 高壓에서 抵抗할 수 있는 膜의 強度가 높다고 해서 表面거칠기가 最良으로 된다는 것은 아니라는 事實을 뜻한다. 膜의 두께가 너무 두꺼우면 彈性流動潤滑膜이 되어 이 膜을 通하여 工作物 表面을 塑性流動시킬 만큼의 充分한 힘이 傳達되지 않을 뿐 아니라 미끄름速度가 빠르면 힘을 傳達할 時間의 餘裕가 없기 때문에 생각된다.

Cameron 등에 의하면 彈性流動膜은 50~100 kg/cm^2 의 靜的接觸壓力에서 10⁻²cm의 두께가 되어 表面거칠기보다 크며, 이 接觸壓力는 凹凸의 塑性流動을 이 르키는데 충분한 값이라고 하나⁽¹⁵⁾, 實際의 動的 實驗에서는 이 정도의 接觸壓力으로는 塑性流動이 不可能하고 상당히 더 큰 壓力이 아니면 塑性流動이 일어나지 않음을 알 수 있다. 이러한 事實은 壓力이 增加하면 膜의 粘度도 增加하며 耐荷重能力을 增加시키는데도 起因한다.⁽¹⁶⁾

4.2. 디이질油 潤滑劑의 경우

Fig. 2는 디이질油를 潤滑劑霧圍氣로 하여 加工한 結果이며, 液體霧圍氣中에서 가장 良好한 表面거칠기를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 變向點이 없으며, 塑性流動域만이다. 接觸壓力 약 40 kg/mm^2 , 미끄름速度 158 m/min 前後에서 $Ra=0.008 \mu\text{m}$ 까지의 表面거칠기를 나타내고 있다. 그러나, 低速部나 高速部에서는 $20\sim 30 \text{ kg/mm}^2$ 의 壓力에서 $Ra=0.012\sim 0.015 \mu\text{m}$ 로 惡化하고 있다. 즉 低速域에서는 摩擦熱에 의한 粘度低下의 영향이 적어서 形成된 油膜이 두껍고 低溫이기 때문에 化學作用도 충분히 일어나지 못하여 塑性流動을 충분히 안전하게 이르게 하지 못하고, 高速部에서는 摩擦의 過熱에 의하여 油膜이 破斷되고 酸化膜도 酸素過不足形인 FeO 가 生成되어서 쉽게 破斷하기 때문인 것으로 생각된다. 158 m/min 前後의 中速部에서는 油膜의 두께나 Fe_2O_3 의 酸化膜이 生成되어 가장 安定된 상태에서의 塑性流動이 일어나기 때문인 것으로 생각된다.⁽⁶⁾

4.3. 潤滑油의 경우

Fig. 3은 潤滑油 霧圍氣下에서 加工한 結果이며, Fig. 2와 대비하면 彈性變形域, 共存域 및 塑性流動域이 뚜렷이 나타남과 동시에 表面거칠기는 미끄름速度의 增加에 따라 같은 加工條件에서는 惡化하고, 最終 接觸壓力가 높으며, 低速部 中速部 및 高速部の 3群으로 區分되고 있다. 最良의 表面거칠기는 低速部 25 m/min 에서 $Ra=0.011 \mu\text{m}$ 를 나타내고 있다. 또한 低速部에서는 變向點이 낮고 高速이 될수록 높아지고 있으며, 變向點에 있어서의 表面거칠기도 高速일수록 좋지 않다. 潤滑油는 粘度가 높기 때문에 힘을 받아서 油膜이 얇아지기 위해서는 힘을 받는 시간이 필요하다. 따라서 低速에서는 힘을 받을 시간이 충분하기 때문에 油膜이 얇아지고, 凝着에 의한 摩擦熱도 附加되어 쉽게 材料가 塑性流動을 할 수 있는 두께에 도달할 수 있으나, 高速이 될수록 힘을 받을 시간이 짧아서 油膜이 얇아지지 못하고 凝着도 적으며 摩擦熱도 적어서 材料로 하여금 塑性流動을 이르게 할 만큼의 油膜두께에 쉽게 도달하지 못하기 때문인 것으로 생각된다.

4.4. 그리이스의 경우

Fig. 4는 그리이스를 潤滑劑霧圍氣로 하여 加工했을 경우의 結果이다. 그리이스는 粘性固體로서 粘度가 높으며 그 特性이 뚜렷이 나타나고 있다. 즉 低速部에서

는 變向點이 10 kg/mm^2 에서 나타나고 있으나 中速部 以上에서는 미끄름速度에 따라 다르기는 하나 $9\sim 25 \text{ kg/mm}^2$ 範圍에서는 加工되지 않고 있으며, 中速部에서는 變向點이 $20\sim 30 \text{ kg/mm}^2$ 에서 高速部에서는 $60\sim 70 \text{ kg/mm}^2$ 에서 나타나고 있다. 低速部에서는 摩擦熱은 높지 않으나 힘의 傳達時間이 충분하기 때문에 膜의 두께가 얇아질 수 있어서 彈性變形域이 처음부터 나타날 수 있으나, 中速以上에서는 $9\sim 25 \text{ kg/mm}^2$ 이상의 接觸壓力를 받지 않으면 工作物表面의 凸部에 工具表面이 接觸만큼의 膜의 두께가 되지 않음을 나타내고 있다. 따라서 $9\sim 25 \text{ kg/mm}^2$ 이상으로부터 비로소 加工이 시작되므로 變向點이 높아지고 있다. 低速 中速 高速部の 區分이 明確하며, 中速部の $98\sim 123 \text{ m/min}$ 의 미끄름速度 및 접촉압력 $40\sim 50 \text{ kg/mm}^2$ 에서 最良의 表面거칠기 $Ra=0.01 \mu\text{m}$ 가 얻어지고 있다. 高速部에서는 接觸壓力가 높음에도 불구하고 表面거칠기는 不良하다. 低速部에서는 힘의 傳達는 충분하나 摩擦熱이 적고 溫度가 낮아서 金屬비누의 生成이 불충분한데 비하여 中速部에서는 溫度도 상당히 높아서 金屬비누 生成에 의한 보호작용이 良好함과 동시에 膜도 비교적 얇아서 塑性流動에 알맞은 상태인 것으로 생각된다. 高速部에서는 溫度가 過度하게 높아서 膜이 너무 얇아지고 塑性流動域의 壓力가 너무 높아서 쉽게 膜이 破斷됨으로써 表面거칠기가 不良해지는 것으로 생각된다.

4.5. 豚油의 경우

Fig. 5는 豚油를 潤滑劑霧圍氣로 하여 加工했을 경우의 結果이며, 低速部에서는 彈性變形域과 塑性流動域으로 中速이상에서는 共存域이 존재하여 3領域으로 構成되어 있고, 低速部 中速部 高速部로 區分되어 있으며, 變向點은 $13\sim 28 \text{ kg/mm}^2$ 에 있고, 共存域은 $13\sim 60 \text{ kg/mm}^2$ 로 廣範圍하게 分布되어 있다. 最良의 表面거칠기는 低速 40 kg/mm^2 의 接觸壓力에서 $Ra=0.01 \mu\text{m}$ 이며 미끄름速度의 增加에 따라 不良해지고 있다. 低速에서 最良의 表面거칠기가 얻어진다는 것은 動物性油의 油膜이 弱하다는데 起因한다. 油膜의 強度는 吸着에너지와 單位面積當의 吸着分子數에 比例하고 油膜두께와 亞보가도數에 反比例한다고 한다.⁽⁷⁾ 礦物性油에 비하여 豚油는 安定하고 不活性으로서 吸着에너지도 弱하고 따라서 吸着分子數도 적을 것이므로 油膜이 弱할 것으로 생각된다. 따라서 溫度가 낮은 最低速에서도 쉽게 油膜이 얇아지고 材料가 塑性流動을 할 수 있는 두께에 도달할 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

4.6. 大豆油의 경우

Fig. 6은 大豆油를 潤滑劑霧圍氣로 하여 加工했을 경우의 結果이며, 미끄름速度 98 m/min 이하의 低速部와 그 이상의 高速部로 區分할 수 있고, 低速部에서는 共存域이 없는 反面에 高速部에서는 共存域이 존재한다. 低速部에서의 變向點은 10 kg/mm² 정도이고 最良의 表面거칠기는 最低미끄름速度에서 接觸壓力 28 kg/mm² 때 $Ra=0.01 \mu\text{m}$ 를 얻고 있다. 미끄름速度 增加에 따라 表面거칠기는 점차 不良해지고 있으며, 最高速部에서는 共存域의 範圍가 넓고 表面거칠기도 가장 좋지 않다. 大豆油와 같은 植物性油도 動物性油와 같은 油性이기 때문에 油膜이 弱하여 비슷한 特性을 나타내는 것으로 생각된다.

4.7. 切削油劑의 경우

Fig. 7은 切削油劑를 潤滑劑霧圍氣로 하여 加工한 結果이며, Fig. 7(a)는 原液의 경우이고 Fig. 7(b)는 1:20으로 稀釋한 경우이다. 柴油油의 경우와 같이 塑性流動域만이 있으며, 稀釋한 경우가 原液에 비하여 表面거칠기가 良好한 結果를 나타내고 있다. Fig. 7(a)에서는 미끄름速度 124~154 m/min의 中速部에서 接觸壓力 15 kg/mm² 때 表面거칠기 $Ra=0.018 \mu\text{m}$ 인데 비하여 Fig. 7(b)에서는 역시 中速部에서 12~18 kg/mm² 때 $Ra=0.015 \mu\text{m}$ 로서 약간 좋은 面이 얻어지고 있다. 切削油劑는 粘度가 낮고 膜이 弱하므로 低接觸壓力部分에서만 加工이 可能하다. 미끄름速度가 低速일 때는 接觸壓力에 의하여, 高速일 때는 摩擦熱에 의하여 膜이 破斷되는 것으로 생각된다. 稀釋液의 경우는 原液보다 약간 더 높은 壓力에서 더 좋은 表面거칠기를 얻을 수 있는 것은 稀釋함으로써 코로이드狀의 粒子가 生成되고 이것이 膜을 構成하여 表面을 보호하기 때문인 것으로 推定된다. 切削油劑의 경우는 높은 表面거칠기를 必要로 하지 않은 한 낮은 接觸壓力으로 소정의 表面거칠기를 얻을 수 있다는 것이 特徵이다.

4.8. 一定미끄름速度에서 各潤滑劑의 영향에 관한 考察

Fig. 8은 一定미끄름速度에 대하여 各潤滑劑別 霧圍氣가 表面거칠기에 미치는 影響을 比較한 線圖이다. 그림에서 보는 바와 같이 粘度가 낮은 柴油油와 切削油劑와 같은 低粘度群과 粘度가 높은 潤滑劑의 高粘度群으로 區分되어 있다. 低粘度群에 속하는 潤滑劑는 塑性流動域만인데 반하여 高粘度群의 것은 彈性變形域과

塑性流動域 및 共存域으로 構成되어 있음을 알 수 있다. 미끄름速度가 79 m/min 이하의 低速일 때는 高粘度群에 속하는 豚油 및 大豆油가 30~40 kg/mm²의 接觸壓力에서 最良의 表面거칠기를 나타내고 있으나, 98~128 m/min의 速度域에서는 그라이스가, 154 m/min의 모든 速度에서는 柴油油가 40 kg/mm²의 接觸壓力에서 最良의 表面거칠기를 나타내고 있다. 이와 같은 結果로부터 最良의 表面거칠기를 얻을 수 있는 接觸壓力은 40 kg/mm²이며(潤滑劑에 따라서 미끄름速度는 다름), 加壓荷重은 約 80 kg 정도로서 이미 發表한 바와 一致한다.⁽⁵⁾

5. 結 論

以上과 같은 實驗과 考察을 綜合하여 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

(1) 實驗에 사용한 6種의 潤滑劑霧圍氣中에서 柴油油가 가장 良好한 表面거칠기를 얻을 수 있고, 다음이 그라이스, 그 다음이 大豆油와 豚油, 潤滑油, 切削油劑의 順이다.

(2) 모든 潤滑劑에서 각각 最良의 表面거칠기를 얻을 수 있는 接觸壓力은 約 40 kg/mm²이다.

(3) 最良의 表面거칠기를 얻을 수 있는 미끄름速度는 動物性油劑의 경우 低粘度의 것은 100~200 m/min의 中速部에서, 高粘度의 것은 50 m/min 이하의 低速部에서, 動物性 및 植物性油劑의 경우는 最低速部이다.

後 記

本 研究을 遂行함에 있어서 研究費를 支援하여 주신 三美文化財團 여러분께 깊이 感謝드리는 바이다.

參 考 文 獻

1. F.P. Bowden and D. Tabor; The Friction and Lubrication of Solids, Oxford Univ. Press, p. 10, 1954.
2. J.F. Archard; J. Appl. Phys., Vol. 32, No. 8, 1961.
3. 손명환 : 고대생산기술연구소 연구보고, 제 1 권, 제 1 호, p. 29~41, 1970.
4. 손명환 : 고대생산기술연구소 연구보고, 제 3 권, 제 1 호, p. 1~14, 1972.

5. 손명환 : 대한기계학회지, 제15권, 제 3 호, p.303 ~316, 1975.
6. 손명환 : 대한기계학회지, 제15권, 제 4 호, p.375 ~381, 1975.
7. 손명환 : 대한기계학회지, 제16권, 제 2 호, p.224 ~229, 1976.
8. Wanheim: Wear, Vol. 25, p.225~244, 1973.
9. T.C. Chivers; L.A. Mitchell and M.D. Rowe: Wear, Vol. 28, p.171~185, 1974.
10. J.A. Greenwood and G.W. Rowe: J. Appl. Phys., Vol. 36, p.667~668, 1965.
11. N. Gane and J. Skinner:Wear, Vcl. 24, p.207 ~217, 1973.
12. M. Cocks: J. Appl. Phys., Vol. 33, No.7, 1962.
13. Rabinowics: J. Appl. Phys., Vol. 32, No.8, 1961.
14. 曾田, 小西 : 潤滑, 第14卷, p.624, 1969.
15. K.L. Johnson and R:Cameron: Proc. Inst. Mech. Engrs.
16. 櫻井 : 潤滑の物理化學, p.59~61, 1974.
17. 櫻井, 小原馬場 : 潤滑, 第 3 卷, p.293, 1958.