

<論 文>

摩擦加工에 있어서의 雰圍氣 影響에 관한 研究(第三報)

孫 明 煥*

(1982年 6月 3日 接受)

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

Myung-Whan Sohn

Abstract

In the previously reported Part I and Part II, the experimental results in the frictional machining under liquid atmospheres to obtain the best surface roughness were showed. In the present study the frictional machining was carried out in gas atmospheres such as air, oxygen, dioxide carbon and argon, and in solid lubricant atmosphere of graphite powder. The results were compared with those of Part I and Part II. The material to be tested and machining conditions were made identical with Part I and Part II. The best surface roughness obtained in the above gas and solid lubricant atmospheres was worse than the liquid atmospheres but the contact pressure to minimize the surface roughness was considerably low. The best surface roughness in the present study was obtained in the atmospheres of dioxide carbon and graphite powder and the worst one was in oxygen and argon gas.

1. 緒 論

第一報¹⁾에서는 摩擦加工의 雰圍氣로서 輕油등 6種의 液體潤滑劑를 사용하고 摩擦工具材料로서는 세라믹을 사용하여 實驗하였으며, 第二報²⁾에서는 輕油등 7種의 液體潤滑劑雰圍氣에서 超硬合金을 摩擦工具材料로 하여 同一材質의 工作物을 摩擦加工하였을 때의 最良의 表面거칠기를 第一報의 結果와 比較하였다. 本研究에서는 空氣, 酸素, 炭酸가스, 아르곤가스등 4종의 氣體와 固體潤滑劑인 黑鉛粉末雰圍氣下에서 세라믹과 超硬合金을 摩擦工具材料로 하여 前報와 같은 工作物을 摩擦加工한 實驗結果를 세라믹과 超硬合金工具를

對比함과 아울러 前報의 實驗結果와 比較 檢討하였다.

液固體潤滑劑를 雰圍氣로 하여 加工할 때는 工作物과 摩擦工具 사이의 接觸面은 間接接觸을 한다고 볼 수 있는 反面에 氣體雰圍氣에서는 直接 接觸한다고 볼 수 있다. 즉 前者의 경우는 油膜, 金屬비누膜 및 固體潤滑膜 등이 介在하여 間接接觸을 하고 境界潤滑狀態라고 볼 수 있으나, 後者에서는 엄밀히 말하면 얇은 被膜이 介在하나, 液固體에 비하면 直接接觸狀態이다. 따라서 彈性變形域과 塑性流動域의 境界인 變向點과 最良의 表面거칠기를 주는 接觸壓力이 前者에 비하면 낮아지고 表面거칠기도 差異가 있을 것이 예상된다. 또한 摩擦工具材料에 따라서도 影響을 받을 것이 기대된다. 故로 本 研究에서는 第一報의 세라믹과 第二報의 超硬合金을 工具材料로 쓰고 加工雰圍氣를 氣體와 固

* 正會員. 高麗大學校 工科大學

體潤滑劑를 써서 液體의 경우와 비교하였다. 總體적으로 實驗結果는 氣體霧圍氣의 경우가 液體霧圍氣에 비하면 表面거칠기는 不良하나, 接觸壓力는 상당히 낮으며 變質層의 두께를 얇게하는 效果가 예상되고, 液體라 하더라도 粘度가 낮을수록 氣體霧圍氣의 結果와 가까운 狀態가 됨을 알 수 있었다.

2. 實驗과 그 結果

2.1. 實驗

實驗機器, 工作物材料 및 實驗方法은 第一 및 二報와 같게 하였다. 즉 工作物材料는 第一報의 Table 1과 같은 化學成分 및 機械的 性質을 가지고 있는 SM 50 C이며, 中心線平均表面거칠기 0.14~0.18 μ m Ra 平均 0.16 μ m Ra로 研削하고 이것을 摩擦加工하였다. 摩擦加工에서는 相對미끄름速度 15~300 m/min 범위에서 10 단계로 나누어서 한가지 미끄름速度에 대하여 接觸壓力를 2 kg/mm²로부터 等差級數의으로 2 kg/mm² 增加시켜가면서 表面擦傷이 생길 때까지 계속하였다. 接觸面積도 前報와 같이 2.1 mm²로 유지하였으며, 工具의 移送速度도 0.138 mm/rev.으로 일정하게 하였다. 表面거칠기 測定에는 觸針電氣式 連續指示形을 사용하였고 觸針의 移送速度도 0.3 mm/sec.로 一定하게 하였다.

摩擦工具材料로서는 第一報에서 사용한 日産세라칩 OSN인 세라믹과 第二報에서 사용한 國産超硬合金 KORLOY M40 A40을 사용하였다. 氣體霧圍氣로서는 空氣中, 活性氣體인 酸素, 不活性氣體인 炭酸가스 및 아르곤가스를 사용하였으며, 固體霧圍氣로서는 黑鉛粉末을 사용하였다. 氣體霧圍氣에서 實驗할 때는 前加工으로서 研削한 工作物 表面을 아세톤으로 깨끗히 닦아서 脫脂함과 아울러 汚染物을 제거하였다. 다만 研削後에 生成된 酸化物이나 大氣中の 濕氣등은 處理할 수 없어서 그 상태 그대로 實驗하였다. 酸素, 炭酸가스, 아르곤가스의 霧圍氣를 만들기 위해서 Fig. 1과 같은 工具固定具를 만들었다. Fig. 1과 같이 透明한 플라스틱板으로 箱子를 만들어서 附着하였다. Fig. 1에서 ①은 摩擦工具材料, ②는 工具材料固定具, ③은 ②를 내장한 호울더, ④는 加壓스프링, ⑤는 透明플라스틱箱子, ⑥은 上下에서 가스를 吹入하기 위한 파이프이다. 플라스틱箱子는 摩擦工具和 함께 工作物에 따라 移動해야 하므로 양쪽 옆판에는 구멍을 뚫고, 이 구멍을 통해서 工作物이 貫통되도록 하였으며 구멍과 工作物 사이에는 약 1mm의 여유를 주었다. 加工에 있어서는

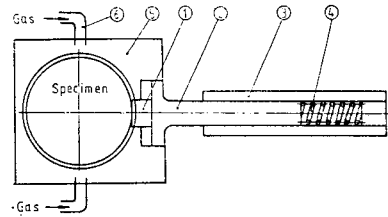


Fig. 1 Tool holder for gas atmosphere.

加工시작 위치에 摩擦工具和 附着된 플라스틱箱子를 가지고 왔을 때 工作物의 右端이 箱子의 右側 구멍을 완전히 貫通한 상태에서 加工이 시작되도록 하였다. 工作物을 회전시켜 놓고 가스를 플라스틱箱子 안으로 吹入하여 이 안에 있는 空氣를 상자옆판 구멍과 工作物 사이의 간격을 통하여 外部로 追出한 다음 工具固定具로 소정의 接觸壓力를 加하고 移送를 주어서 4回 反復하여 연속으로 加工하였다. 그러나, 이런 方法으로 箱子內的 空氣가 완전히 追出되고 소정의 氣體霧圍氣가 되었다고는 생략할 수 없으며, 다소의 空氣가 殘留하여 混合되었을 것으로 생각된다.

黑鉛粉末은 그대로는 工作物 表面에 잘 부착하지 않으므로 물 5 cc에 黑鉛粉末 5 gr.을 混合 반죽하여 풀 상태로 만들어서 前報에서 그리이스를 工作物 表面에 塗布시킨 것과 같은 方法으로 패드(pad)를 써서 均一하게 塗布하였다.

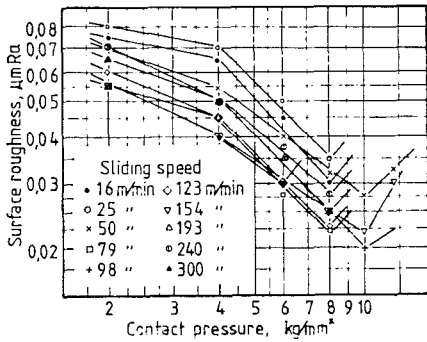
2.2. 實驗結果

Fig. 2(a)는 空氣中에서 세라믹 摩擦工具로 加工했을 때의 각 미끄름 速度에 있어서의 接觸壓力의 變化에 대한 表面거칠기를 나타낸 線圖이고, Fig. 2(b)는 空氣中에서 超硬合金을 摩擦工具材料로 해서 加工했을 때의 (a)의 경우와 같은 關係를 나타낸 線圖이다. 이와 같이 Fig. 3은 酸素中, Fig. 4는 炭酸가스中, Fig. 5는 아르곤가스中 및 Fig. 6은 固體潤滑劑인 黑鉛粉末霧圍氣에 대한 實驗結果이다. 또 Fig. 7(a)~(j)는 세라믹 摩擦工具材料를 사용했을 때 一定相對미끄름速度에 대하여 接觸壓力의 變化에 따라 各霧圍氣가 表面거칠기에 어떤 變化를 주는가를 비교한 線圖이며, Fig. 8(a)~(j)는 超硬合金 摩擦工具의 경우 Fig. 7과 같은 變化狀態를 比較한 線圖이다.

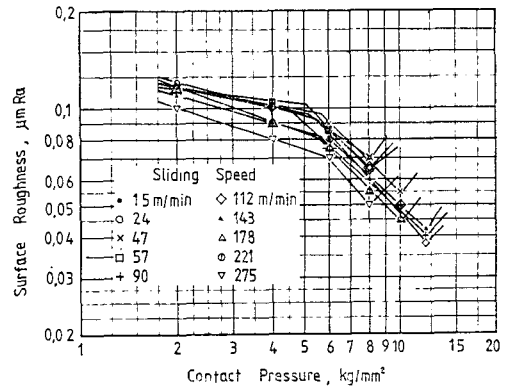
3. 實驗結果에 대한 考察

3.1. 總括的 考察

Fig. 2~6에서 보는 바와 같이 摩擦工具材料에 關係 없이

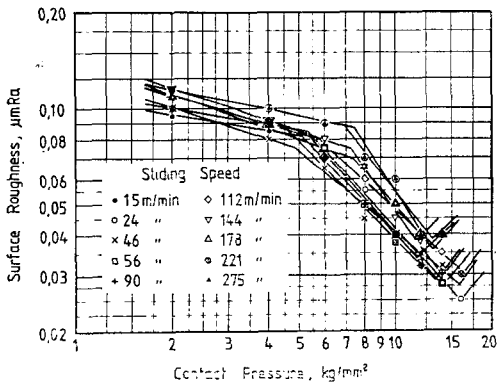


(a) Ceramics



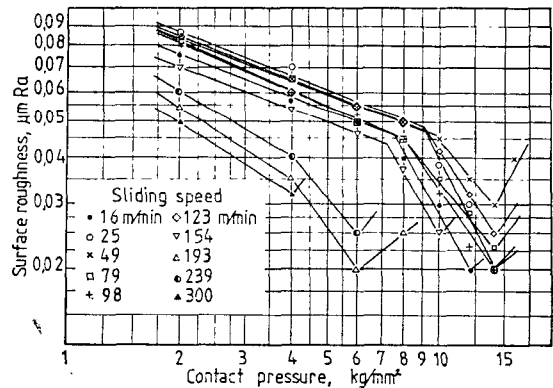
(b) Tungsten carbide

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

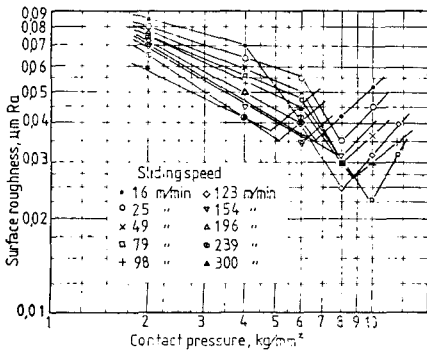


(b) Tungsten carbide

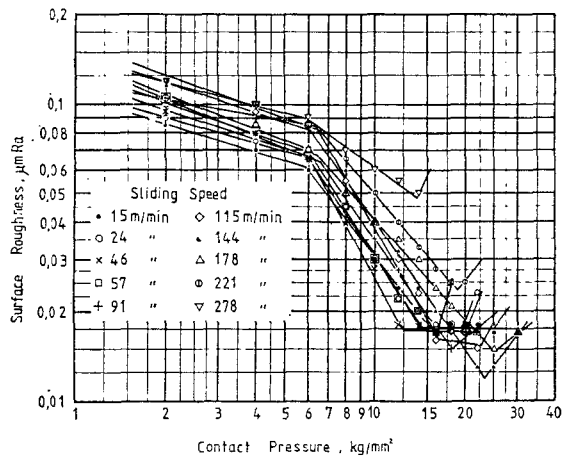
Fig. 2 Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of air.



(a) Ceramics

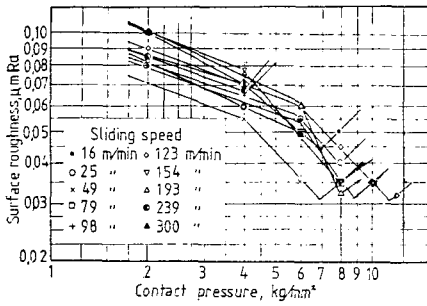


(a) Ceramics

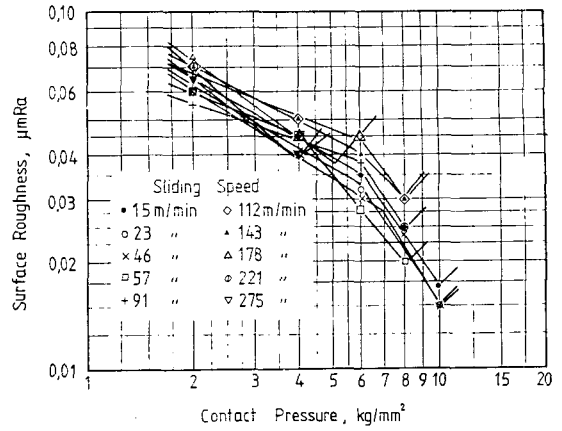


(b) Tungsten carbide

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

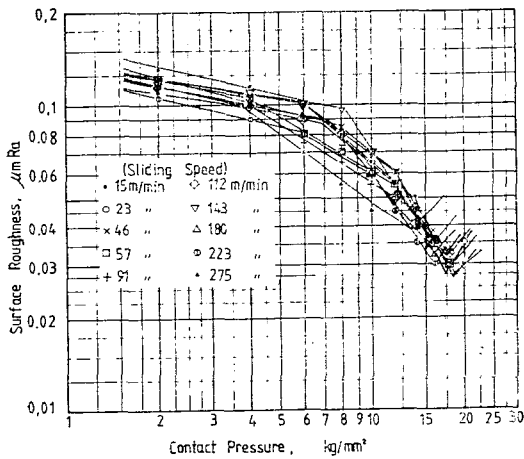


(a) Ceramics



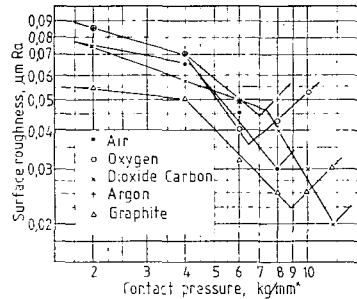
(b) Tungsten carbide

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

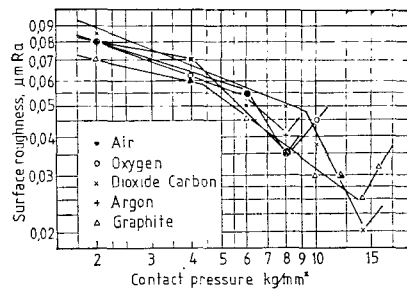


(b) Tungsten carbide

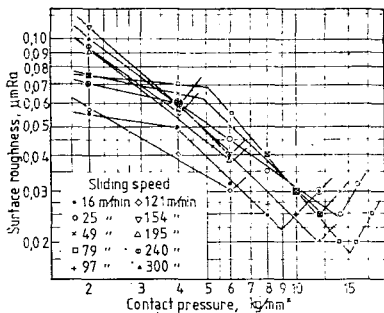
Fig. 5 Surface roughness vs contact pressure in the atmosphere of argon.



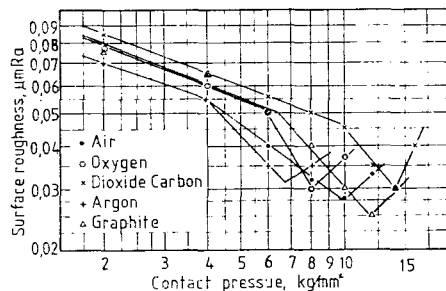
(a) Sliding speed: 16m/min



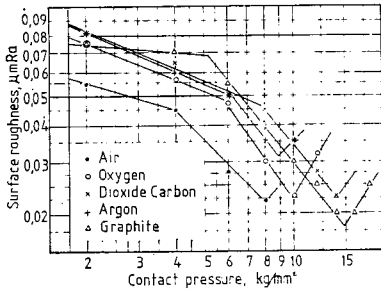
(b) Sliding speed: 25m/min



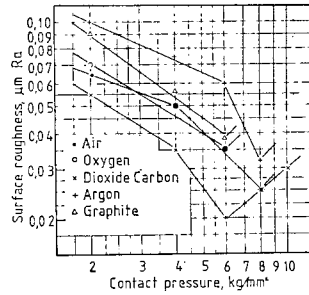
(a) Ceramics



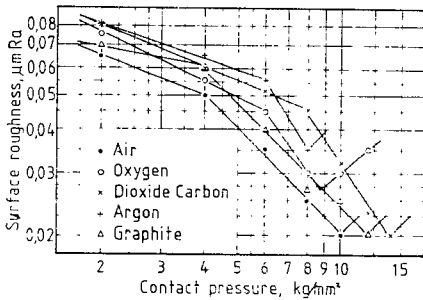
(c) Sliding speed: 49m/min



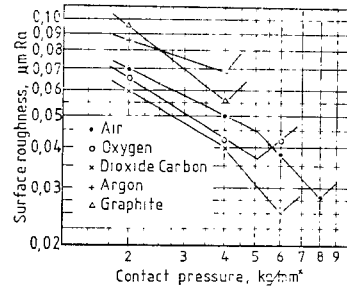
(d) Sliding speed: 78 m/min



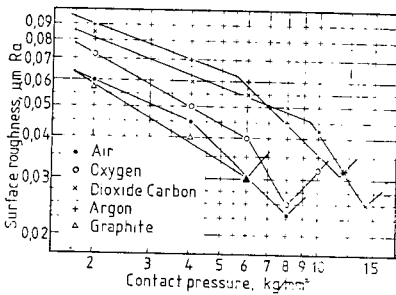
(h) Sliding speed: 191 m/min



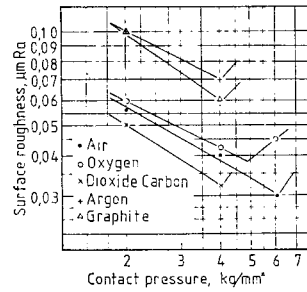
(e) Sliding speed: 97 m/min



(i) Sliding speed: 241 m/min

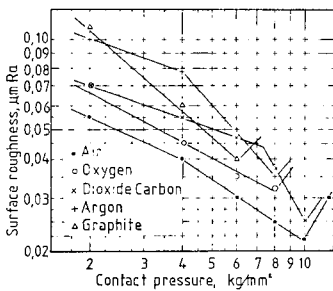


(f) Sliding speed: 123 m/min

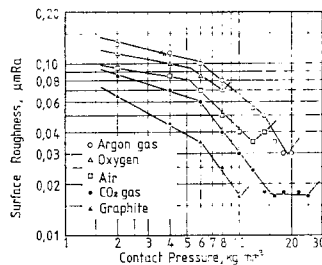


(j) Sliding speed: 300 m/min

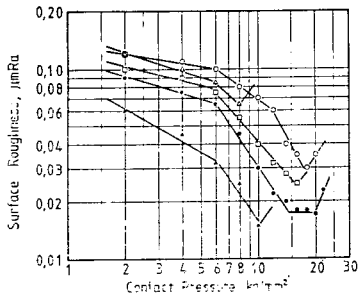
Fig. 7 Comparison of surface roughness vs contact pressure in the each atmosphere when ceramics.



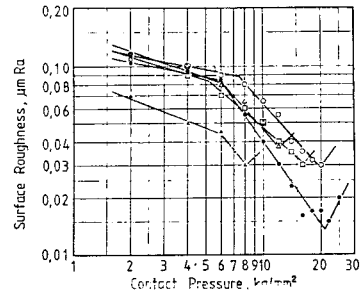
(g) Sliding speed: 154 m/min



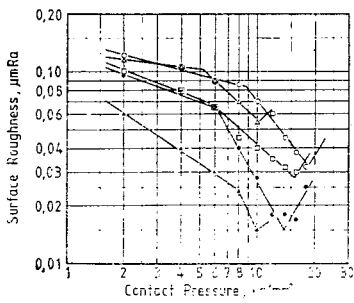
(a) Sliding speed: 15 m/min



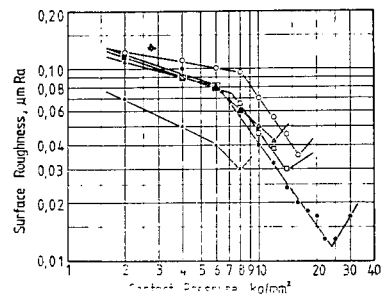
(b) Sliding speed: 23 m/min



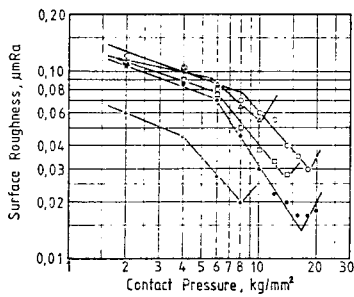
(f) Sliding speed: 112 m/min



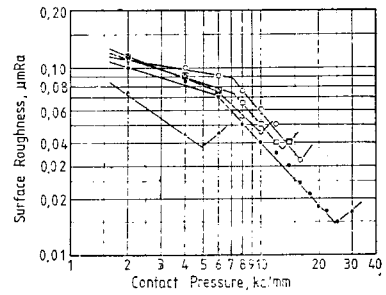
(c) Sliding speed: 46 m/min



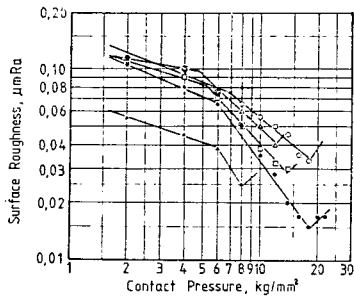
(g) Sliding speed: 144 m/min



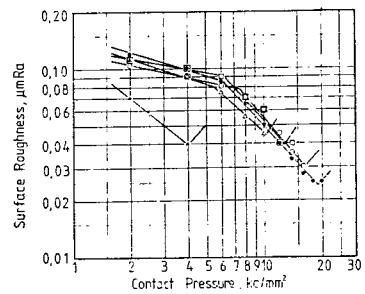
(d) Sliding speed: 57 m/min



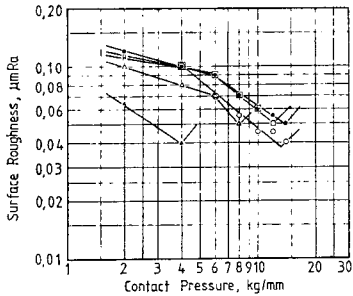
(h) Sliding speed: 178 m/min



(e) Sliding speed: 91 m/min



(i) Sliding speed: 221 m/min



(j) Sliding speed: 275 m/min

Fig. 8 Comparison of surface roughness vs contact pressure in the each atmosphere when tungsten carbide.

變向點을 境界로 하여 彈性變形域과 塑性流動域으로 명확히 구분되어 있으며, 變向點도 第一報의 Fig.2~6 및 第三報의 Fig. 1~6에서 보는 바와 같이 最低 6 kg/mm²에서 潤滑劑의 高粘度의 것에서는 最高 70 kg/mm²까지, 또 同一潤滑劑의 경우라도 상당히 廣範圍하게 分布되어 있는데 비하여 氣體雰圍氣에서는 雰圍氣의 종류에 관계 없이 세라믹工具의 경우는 4~9 kg/mm²,

Table 1 Comparison of the best surface roughness, sliding speed and contact pressure for ceramics and tungsten carbide tool material in each atmosphere.

Atmosphere	The best surface roughness, µm Ra		Sliding speed to generate the best surface roughness, m/min.		Contact pressure to generate the best surface roughness, kg/mm ²	
	Ceramics	Tungsten carbide	Ceramics	Tungsten carbide	Ceramics	Tungsten carbide
Air	0.02	0.025	98	24	10	16
Oxygen	0.023	0.038	79	112	10	12
Dioxide carbon	0.02	0.013	98	144	12	22
Argon	0.032	0.03	123	112	12	20
Graphite	0.02	0.015	97	46	12	10
Light oil	0.008	0.007	158	48	40	50
Lubricant	0.011	0.009	25	118	35	65
Grease	0.010	0.017	123	119	50	60
Lard oil	0.010	0.012	17	15	40	18
Bean oil	0.010	0.015	16	229	30	35
Cutting fluid	0.018	0.017	154	95	15	15
Methanol	—	0.022	—	60	—	9

超硬合金工具의 경우는 5~7 kg/mm²로서, 그 범위도 좁고 낮은 값을 나타내고 있다.

Table 1은 세라믹과 超硬合金工具材料에 대한 各氣 固體雰圍氣 및 第二報의 Table 1의 液體雰圍氣下에 있어서의 最良의 表面거칠기와 그 때의 相對미끄름速度 및 接觸壓力을 綜合하여 비교한 것이다.

첫째로 氣固體雰圍氣의 경우 세라믹과 超硬合金工具材料 사이의 관계를 비교해 보면, 세라믹의 工具의 경우가 空氣 및 酸素雰圍氣中에서는 超硬合金工具보다 最良의 表面거칠기는 良好하나, 炭酸가스 아르곤 및 黑鉛粉末의 경우는 약간 不良하다. 가장 活性이 큰 酸素와 가장 不活性인 아르곤가스의 경우가 兩工具材料 共히 氣固體雰圍氣中에서 가장 表面거칠기가 不良한 반면에 炭酸가스 및 黑鉛의 경우가 가장 良好하다. 즉 最良의 表面거칠기는 炭酸가스雰圍氣로서 세라믹工具材料 때가 0.02µm Ra, 超硬合金工具材料 때가 0.013 µm Ra 까지 얻어지고 있다. 表面거칠기를 最良으로 하는 接觸壓力은 세라믹의 경우 6~12 kg/mm²의 범위인데 비하여 超硬合金의 경우는 10~22 kg/mm²로서 약간 높게 나타나고 있다. 이 때의 相對미끄름速度는 兩工具材料 共히 100 m/min. 전후로서(例外도 있음) 共通된 性質을 나타내고 있다. 接觸壓力은 대체적으로 黑鉛을 제외하고는 세라믹工具材料가 超硬合金工具材料보다 낮다.

둘째로 氣固體雰圍氣를 液體雰圍氣와 比較해보면 液體雰圍氣에서는 最良의 表面거칠기는 0.02µm Ra 이하 정도로 쉽게 얻을 수 있으나, 氣固體雰圍氣에서는 어렵고 한편 接觸壓力에 있어서는 液體雰圍氣가 氣固體雰圍氣에 비하여 數倍의 高壓를 加해야 함을 알 수 있다. 氣固體雰圍氣에서는 最良의 表面거칠기는 液體雰圍氣에 미치지 못하나, 接觸壓力이 낮다는 것은 加工面의 變質層 厚께를 얇게하는 結果가 되며, 實用에 있어서는 磨減率을 적게하고 加工機械에 無理가 적게 加해 진다는 利點을 가지고 있다.

3.2. 空氣中에 대한 考察

Fig. 2(a)와 (b)는 各各 세라믹과 超硬合金工具材料로 空氣中에서 摩擦加工했을 때의 實驗結果이다. Fig. 2(a)의 세라믹工具材料의 경우는 變向點이 4 kg/mm²이고, 미끄름速度 98 m/min., 接觸壓力 10 kg/mm²에서 最良의 表面거칠기 0.02µm Ra 인데 비하여, 超硬合金工具材料에서는 變向點이 6 kg/mm² 전후이고, 미끄름速度 24 m/min², 接觸壓力 16 kg/mm²에서 最良의 表面거칠기 0.025µm Ra로서 세라믹의 경우도 低速 高

壓에서 表面거칠기는 약간 不良하게 나타나고 있다. 接觸面에서는 空氣中에 發生한 被膜이나 濕氣로 因한 膜이 介在할 것이나, 摩擦熱 $Q=(\mu Wgv)/J$ (μ : 摩擦係數, W : 荷重, v : 미끄름速度)로 表示되므로 세라믹 工具材料의 경우가 溫度가 높다. 세라믹은 工作物과 凝着하지 않으므로 이 摩擦熱에 의하여 軟化되고 쉽게 表面이 塑性流動하여 表面거칠기가 좋아진다. 그러나, 超硬合金工具材料에서는 工作物과 쉽게 凝着하여 表面이 損傷되는 것으로 생각된다.

3.3. 酸素에 대한 考察

Fig. 3(a)와 (b)는 各各 세라믹과 超硬合金工具材料로 酸素霧圍氣에서 摩擦加工했을 때의 實驗結果이다. Fig. 3(a)의 세라믹工具材料의 경우는 變向點이 6 kg/mm^2 이고, 미끄름速度 79 m/min. , 接觸壓力 10 kg/mm^2 에서 最良의 表面거칠기 $0.023\mu\text{m Ra}$ 인데 비하여 超硬合金工具材料에서는 Fig.3(b)와 같이 變向點이 6 kg/mm^2 이고 미끄름速度 112 m/min. , 接觸壓力 12 kg/mm^2 에서 最良의 表面거칠기 $0.038\mu\text{m Ra}$ 로서 氣固體霧圍氣中에서는 가장 不良한 表面거칠기 나타내고 있다. 酸素霧圍氣에서는 쉽게 酸化膜이 生成되어 表面保護作用을 하고 따라서 가장 良好한 表面거칠기가 얻어질 것이라는 豫想과는 반대의 現象이 나타나고 있다. Whitehead의 實驗에 의하면³⁾ 輕荷重에서는 摩擦面の 摩擦痕跡은 平滑하나 重荷重이 됨에 따라 μ 가 增加하고 表面損傷이 극심해 진다고 한다. 이것은 輕荷重에서는 酸化膜끼리 미끄름運動을 하는 結果가 되고 酸化膜은 母材보다 쉽게 剪斷되나. 重荷重에서는 酸化膜이 破壞되어 直接接觸을 함으로써 金屬間 凝着이 表面을 크게 損傷시키게 된다고 한다. 한편 酸素霧圍氣에서는 過酸化鐵인 Fe_2O_3 의 두꺼운 膜이 新生面에 쉽게 生成되고. 이것은 Mohs 硬度 $5.5\sim 6$ 인 硬質酸化鐵로서⁴⁾ 이것이 破壞되어 研削粒子和 같은 作用을 接觸面 사이에서 함으로써 表面이 損傷되는 것으로 생각된다. 超硬合金工具材料의 경우가 세라믹에 비하여 더 表面거칠기가 不良하게 나타나는 것은 摩擦熱이 더 높고 더 욱 많은 Fe_2O_3 가 生成되기 때문인 것으로 解析된다.

3.4. 炭酸가스에 대한 考察

Fig. 4(a)와 (b)는 各各 세라믹과 超硬合金工具材料로 炭酸가스霧圍氣에서 摩擦加工했을 때의 實驗結果이다. Fig. 4(a)의 세라믹工具材料에서는 變向點이 8 kg/mm^2 전후이고 高速域에서는 4 kg/mm^2 로 나타나고 있다. 미끄름速度 98 m/min. , 接觸壓力 14 kg/mm^2 에서

最良의 表面거칠기 $0.02\mu\text{m Ra}$ 을 나타내고 있다. 이러한 表面거칠기는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 低中速 및 低接觸壓力에서도 나타나고 있으나. 他霧圍氣와 대조했을 때 위의 같이 취한 것이다. Fig. 4(b)의 超硬合金工具材料의 경우는 變向點이 6 kg/mm^2 이고 미끄름速度 144 m/min. , 接觸壓力 $22\sim 25\text{ kg/mm}^2$ 에서 表面거칠기 $0.013\mu\text{m Ra}$ 로서 氣固體霧圍氣中에서는 가장 良好한 表面을 나타내고 있다. 炭酸가스는 不活性이므로 表面거칠기가 不良한 것으로 豫想한 것과는 反對現象이다. 金屬끼리 直接接觸에 의하여 미끄름運動을 할 때 熱點이 發生하고 이 熱點의 溫度는 瞬間적으로 $700\sim 1000^\circ\text{C}$ 에 達한다는 것은 Bowden 등에 의하여 測定되어 있다.⁵⁾ 또 炭酸가스도 高溫에서는 一酸化炭素와 酸素原子로 解離됨도 주지의 사실이다. 따라서 炭酸가스霧圍氣에서 熱點이 發生하는 高溫에서 酸素原子가 發生하여 酸素過不足酸化鐵 FeO 가 生成되고 이것이 接觸面 사이에서 얇은 被膜을 形成하여 表面 護保作用과 潤滑作用을 하기 때문에⁶⁾ 表面거칠기가 좋아지는 것으로 생각된다. 세라믹의 경우보다도 超硬合金工具材料의 경우가 顯著하게 表面거칠기가 良好하게 나타나는 것이 이것을 뒷받침하는 것으로 생각된다. Fig. 9 및 Fig. 10에서 보는 바와 같이 세라믹工具材料의 경우는 미끄름速度 100 m/min. 超硬合金의 경우는 150 m/min. 에서 最良의 表面거칠기가 나타나는 것은 이 미끄름速度에서 各各 FeO 의 生成이 가장 最適이기 때문으로 생각된다.

3.5. 아르곤에 대한 考察

Fig. 5(a)와 (b)는 各各 세라믹과 超硬合金工具材料로 아르곤가스霧圍氣 안에서 摩擦加工했을 때의 實驗結果이다. 酸素霧圍氣와 함께 本 實驗中 가장 表面거칠기가 不良한 경우이다. Fig. 5(a)의 세라믹工具材料에서는 變向點이 $4\sim 6\text{ kg/mm}^2$ 이고, 미끄름速度 123 m/min. , 接觸壓力 12 kg/mm^2 에서 表面거칠기 $0.032\mu\text{m Ra}$ 를 나타내고 있다. Fig. 5(b)의 超硬合金工具材料에서는 變向點이 $4\sim 8\text{ kg/mm}^2$ 이고, Fig. 10에서 보는 바와 같이 表面거칠기는 $0.03\mu\text{m Ra}$ 로서 미끄름速度에는 크게 영향을 받지 않으며 223 m/min. 이상에서는 不良해지고 있다. 그러나, Fig. 5(b)에서 推定해 보면 미끄름速度 112 m/min. , 接觸壓力 20 kg/mm^2 에서 最良의 表面거칠기라고 할 수 있다. 아르곤은 원래 가장 安定한 元素로서 熱의 영향을 받지 않고 金屬과 化合物도 生成하지 않기 때문에 工具와 工作物의 接觸의 新生面에서 眞空中과 類似한 金屬移着이 활발하게 일

어나기 때문에 表面거칠기가 不良해지는 것으로 생각 된다.

3.6. 黑鉛粉末에 대한 考察

Fig. 6(a)와 (b)는 各各 세라믹과 超硬合金工具材料로 黑鉛粉末霧圍氣下에서 摩擦加工했을 때의 實驗結果이다. Fig. 6(a)의 세라믹工具材料에서는 變向點이 4~5 kg/mm² 이고 미끄름速度 79~97 m/min., 接觸壓力 12~14 kg/mm²에서 最良의 表面거칠기 0.02μm Ra를 나타내고 있으며, 미끄름速度 121 m/min. 이상에서는 加工效果가 없음을 알 수 있다. Fig. 6(b)의 超硬合金工具材料에서는 變向點이 6 kg/mm² 이고, 미끄름速度 23~46 m/min., 接觸壓力 10 kg/mm²에서 0.015μm Ra의 表面거칠기를 나타내고 있으며, 91 m/min 이상의 미끄름速度에서는 加工效果가 없음을 나타내고 있다. 따라서 黑鉛粉末의 경우는 中高미끄름速度에서는 加工效果가 없으며, 炭酸가스의 경우와 함께 비교적 良好한 表面거칠기가 얻어지고 있다.

黑鉛은 2次元格子構造를 가지고 있으며 各層의 內部는 共有結合으로서 結合力이 強하나 層間의 結合은 分子結合으로서 弱하고 쉽게 剪斷될 수 있을 뿐 아니라 Savage⁷⁾의 實驗에 의하면 黑鉛은 濕氣의 存在에 의하여 固體表面에 잘 吸着하며 固體潤滑劑로서 역할을 할 수 있다고 한다. 물과 混合하였으므로 工作物에 잘 吸着하고 各層이 쉽게 剪斷되어 界面에 얇은 固體膜을 生成하여 直接接觸을 防止할 뿐 아니라 實際加工에서도 다른 경우와 달라서 상당한 高摩擦熱이 發生하고 있으므로 이 熱에 의하여 表面溫度가 상승하고 塑性流動이 쉽게 이어나기 때문인 것으로 생각된다. 미끄름速度가 높을 경우에 加工效果를 얻을 수 없는 것은 高摩擦熱에 起因하는 것으로 생각된다. 黑鉛의 熱安定範圍는 500°C이하로서⁸⁾ 이 이상의 高溫에서는 黑鉛膜이 燃燒하고 表面保護作用이 없어지기 때문에 생각된다. 實際加工에서 工作物이 상당한 高溫으로 上昇함을 보아도 이 事實을 뒷받침하는 것으로 생각된다.

3.7. 一定미끄름速度에서 各氣固體霧圍氣의 영향에 대한 考察

Table 2 Comparison for the atmosphere to be the best and worse surface roughness at a fixed sliding speed when ceramics.

Sliding speed, m/min.	16	25	49	78	97	123	154	191	241	300
Atmosphere to be the best surface roughness, μm Ra	CO ₂	CO ₂	C	C	C, CO ₂ Air	Air	Air	CO ₂	CO ₂	Air
Atmosphere to be the worse surface roughness, μm Ra	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	C	C	Ar	Ar

Fig. 7의 線圖로부터 Table 2와 같은 最良 및 最不良의 表面거칠기가 되는 霧圍氣를 表示하였다.

Table 2에서 알 수 있는 바와 같이 미끄름速度의 低速域에서는 最良의 表面거칠기는 炭酸가스나 黑鉛霧圍氣에서, 中速域에서는 空氣中에서, 高速域에서는 炭酸가스霧圍氣中에서 얻어지고, 最不良의 表面거칠기가 되는 霧圍氣는 아르곤가스이며, 高速域에서는 黑鉛粉末도 포함되어 있다.

Fig. 9는 Fig. 7로부터 미끄름速度의 增加에 따라 最良의 表面거칠기가 어떻게 변화하는가를 도시한 것이다. Fig. 9에서 알 수 있는 바와 같이 세라믹工具材料에서는 대체적으로 미끄름速度 100 m/min. 전후의 中速域에서 最良의 表面거칠기를 나타내고 있으며, 그 이후는 급속히 不良해짐을 알 수 있다.

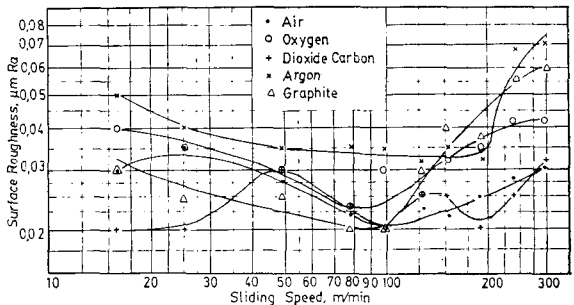


Fig. 9 Sliding speed vs surface roughness in each atmosphere when ceramics.

Table 3은 Fig. 8의 線圖로부터 最良 및 最不良의 表面거칠기가 되는 霧圍氣를 表示한 것이다. 이 Table로부터 알 수 있는 바와 같이 最良의 表面거칠기는 低速域에서는 黑鉛粉末이 中高速域에서는 炭酸가스이고, 最不良의 表面거칠기는 酸素임을 알 수 있다.

Fig. 10은 Fig. 8로부터 미끄름速度의 增加에 따라 最良의 表面거칠기가 各霧圍氣에 따라 어떻게 변화하는가를 도시한 것이다. Fig. 10에서 알 수 있는 바와 같이 超硬合金을 摩擦工具材料로 했을 때의 最良의 表面거칠기를 얻을 수 있는 霧圍氣는 低速域에서는 黑鉛粉末, 中速域이상에서는 炭酸가스이며, 最不良의 表面거칠기는 酸素霧圍氣임을 알 수 있다.

Table 3 Comparison for the atmosphere to be the best and worse surface roughness at a fixed sliding speed when tungsten carbide.

Sliding speed, m/min.	15	23	46	57	91	112	144	178	221	275
Atmosphere to be the best surface roughness, $\mu\text{m Ra}$	C	C	C	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	C
Atmosphere to be the worse surface roughness, $\mu\text{m Ra}$	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂

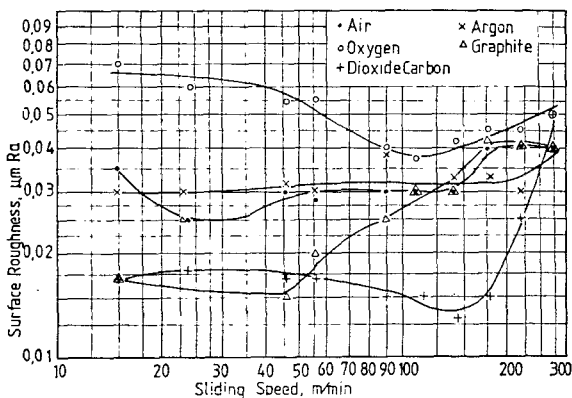


Fig. 10 Sliding speed vs surface roughness in each atmosphere when tungsten carbide.

4. 結 論

이상과 같이 5種의 氣固體霧潤氣中에서 摩擦加工한 實驗結果와 考察 및 第一報와 第二報를 綜合하여 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

(1) 세라믹을 摩擦加工工具材料로 사용했을 때 最良의 表面거칠기는 炭酸가스, 空氣中 및 黑鉛霧潤氣下에서는 미끄름速度 100 m/min. 전후에서 0.02 $\mu\text{m Ra}$ 를 얻을 수 있으며, 아르곤가스霧潤氣가 가장 不良하였다.

(2) 超硬合金을 摩擦工具材料로 사용했을 때 最良의 表面거칠기는 黑鉛粉末潤滑下 미끄름速度 50 m/min. 이하의 低速域에서 0.015 $\mu\text{m Ra}$, 炭酸가스霧潤氣中 미끄름速度 150 m/min. 전후의 中速域에서 0.013 $\mu\text{m Ra}$ 를 얻을 수 있었으며, 酸素霧潤氣가 가장 不良하였다.

(3) 대체적으로 中미끄름速度域에서 最良의 表面거칠기를 얻을 수 있었고, 酸素와 같은 活性가스나 아르곤과 같은 安定한 不活性가스霧潤氣에서는 表面거칠기는 不良하였다.

(4) 氣體霧潤氣의 경우 같은 氣體라고 하면 세라믹 工具材料의 경우가 超硬合金工具材料에 비하여 같은

表面거칠기라고 하면 接觸壓力이 낮다.

(5) 鑛動植物性 液體潤滑劑霧潤氣에 비하면 氣固體霧潤氣에서 얻을 수 있는 最良의 表面거칠기는 다소 不良하나, 接觸壓力은 數分の 1 정도로 낮다. 따라서 變質層의 두께가 얇고 加工機械에 無理를 주지 않으므로, 高度의 表面거칠기를 必要로 하지 않을 때는 氣固體霧潤氣에서 摩擦加工하는 것이 有利하다.

後 記

本 研究(第二報 및 第三報) 遂行에 있어서 研究費를 支援해 주신 韓國科學財團에 깊이 感謝드리는 바이다.

參 考 文 獻

- (1) 孫明煥 ; 大韓機學會 論文集 第5卷 第4號 pp. 338~346, 1981.
- (2) 孫明煥 ; 大韓機械學會 論文集 第6卷 第2號 pp. 220~227, 1982.
- (3) F.P. Bowden and D. Tabor; The Friction and Lubrication of Solids, Oxford Univ. Press, p.150 ~151, 1954.
- (4) F.P. Bowden and D. Tabor; The Friction and Lubrication of Solids, Oxford Univ. Press, p. 294, 1954.
- (5) F.P. Bowden and D. Tabor; The Friction and Lubrication of Solids, Oxford Univ. Press, p. 33~ 52, 1954.
- (6) M. Cocks; J. Appl. Phys. Vol.28, No.8, p. 835~ 843, 1957.
- (7) F.P. Bowden and D. Tabor; The Friction. and Lubrication of Solids, Oxford Univ. Press, p. 158~159, 1954.
- (8) 淵上 武 ; 機械の研究, 第33卷, 第9號, p. 1039, 1981.