

플라즈마 용사 TiO₂ 코팅 강재의 마찰속도 변화에 따른 마모특성

김 귀 식* · 김 성 익** · 김 희 곤***

Wear Characteristics on Friction Velocity of TiO₂ Coating Steels by Plasma Spray

Gui-Shik Kim*, Sung-Ik Kim** and Hie-Gon Kim***

ABSTRACT

In this paper, wear behaviors of plasma sprayed ceramic coating steels have been investigated experimentally through the friction coefficient, friction force and weight loss. In wear behavior of substrate(S45C) and TiO₂ coating specimen in dry friction, the friction coefficient is monotonous according to increase the friction velocity. The amount of weight loss increase when the load is high. The wear and friction in lubrication doesn't occur almostly because of the lubrication property. The wear of stator, SUJ II pin, is small in S45C, and large in TiO₂. The adhesiveness of TiO₂ wear in lubrication is larger than that in air, so the lubrication is important to the low wear of the tribology.

Key words : Plasma spray, sliding velocity, friction force, friction coefficient, wear

1. 서 론

최근 산업의 급속한 발전으로 항공, 우주, 해양개발, 신 에너지 개발 분야부터 일반 구조용 부품에 이르기까지 기계구조물의 사용 환경은 다양해 지고있다¹⁾. 특히 고온, 부식, 마모 등이 작용하는 가혹한 환경 속에서 사용되는 기계구조물을 위해서는 이러한 환경

중에서도 사용할 수 있는 기계적 특성이 뛰어난 소재의 개발이 필요하다.

재료가 어떠한 조건의 사용 환경에서 직접 관계되는 부분은 표면이기 때문에 최근의 연구에서는 재료의 표면에 내열, 내마모, 내식성 등의 우수한 기능을 주고자하는 새로운 기술적인 방법으로서 "표면 개질 기술"이 개발되어 관심이 집중되고 있으며 이중 용사법이 공업분야에서 폭넓게 이용되고 있다²⁾. 세라믹 용사는 주로 내열성, 내마모성 및 경도, 화학적 안전성이³⁾ 우수한 세라믹을 구조용 강외 표면에 코팅하는 방법으로서 그 기능의 우수성 때문에 널리 이용되고 있다.

따라서 본 연구는 내마모성이 우수한 세라믹 재료

* 제주대학교 기계공학과, 산업기술연구소
Dept. of Mechanical Eng., Res. Inst. Ind. Tech., Cheju Natl Univ.
** 제주대학교 대학원
Graduate School, Cheju Natl Univ.
*** 제주대학교 산업대학원
Graduate School of Industry, Cheju Natl Univ.

인 TiO₂의 마모 특성을 조사하기 위하여 기계구조용 강 S45C에 플라즈마 용사에 의해 TiO₂를 코팅하여 건마찰과 윤활 상태에서 하중과 마찰속도의 변화에 따른 코팅재의 마찰계수와 마모량 및 SEM에 의한 마찰면 정밀 관찰을 행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 시험편

시험편은 고정 시험편과 회전 시험편이며 화학 성분 및 기계적 성질을 Table 1에 나타내었다. 시험편의 형상과 치수를 Fig. 1에 나타냈다. 고정 시험편은 $\phi 5\text{mm}$ 의 핀(pin)으로서 SUJ II를 사용하였고, 회전

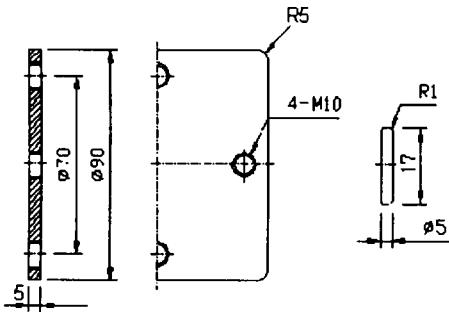


Fig. 1 Dimension of specimen(unit:mm)

Table 1 The chemical composition and mechanical properties of S45C

(a) Chemical composition (wt %)

| | C | Si | Mn | P | Ni | Cr | Cu |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rotor | 0.45 | 0.21 | 0.75 | 0.02 | 0.02 | 0.13 | 0.01 |
| Stator | 0.95 | 0.15 | 0.5 | 0.25 | 0.25 | 1.30 | 0.25 |
| | 1.10 | 0.35 | | | | 1.60 | |

(b) Mechanical properties

| | Yield strength (MPa) | Stress (MPa) | Strain (%) | Poisson's ratio | Specific gravity g/cm ³ | Young's modulus GPa |
|--------|----------------------|--------------|------------|-----------------|------------------------------------|---------------------|
| Rotor | 390 | 670 | 25 | - | - | - |
| Stator | - | 1568-1960 | - | 0.3 | 7.77 | 208 |

시험편은 S45C 및 S45C를 기재로 하여 플라즈마 용사장치(METCO Inc.)를 이용하여 세라믹 코팅을 실시하였다.

코팅은 본드 코팅으로 Ni-Al4.5wt% 합금 분말을, 탑 코팅으로 TiO₂를 사용하였으며 이때 코팅 층의 두께는 본드 코팅이 약 100 μm , 탑 코팅은 약 250 μm 로 하였다. 코팅에 앞서 전 처리로 S45C의 표면에 블라스팅 처리를 하였으며, 블라스팅 조건 및 플라즈마 용사 조건을 각각 Table 2와 3에 나타내었다.

Table 2 Blasting conditions

| Material composition | Powder size(μm) | Air pressure(atm) | Distance (mm) |
|----------------------|------------------------------|-------------------|---------------|
| White Alumina | 15 ~ 53 | 5.5 | 50 ~ 100 |

Table 3 Spraying conditions

| Condition | Powder feed Unit | | Gas (psi) | | DC amps | DC volts | Dis. (mm) |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|----------------|---------|----------|-----------|
| | Flow meter (ft ³ /h) | Feed rate (g/min) | Ar | H ₂ | | | |
| TiO ₂ | 13.5 | 53 | 80 | 15 | 500 | 65 ~ 70 | 75 ~ 100 |
| Ni-4.5wt% Al | 13.5 | 68 | 80 | 15 | 500 | 65 ~ 70 | 100 ~ 175 |

2.2. 실험 방법

마찰 형태는 고정 시험편인 핀에 접촉한 회전 시험편을 회전시키면서 소정의 하중을 가하는, 면 접촉 미끄럼 마찰 형식인 pin on disk 형으로 실험하였다. 실험 조건을 Table 4에 나타내는 바와 같이 하중 조건은 110N, 210N, 310N이며 110N일 때는 미끄럼 속도를 0.1m/s, 0.2m/s, 0.3m/s로 하였으며 또 210N과 310N일 때는 미끄럼 속도를 0.2m/s로 하였다. 미끄럼 마찰거리는 각 속도마다 2hr로 하였다. 실험 환경은 대기 중인 건조 미끄럼 마찰과 윤활 환경 속에서 실험하였다. Fig. 2에 실험할 수 있는 시험기의 개략도를 나타냈다.

윤활은 회전 원판과 같이 회전할 수 있는 윤활유 챔퍼를 설치하여 시험편이 완전히 침지된 상태에서

회전할 수 있도록 하였다⁴⁾. 윤활유는 API SJ급으로 매 실험마다 윤활유를 교환하고 적정 윤활이 되도록 보충했다.

각 시편의 비커어스 정도 시험 값을 Table 5에 나타냈다. 마모량의 측정은 시험 전후 시험편의 무게 차로 계산하였으며, 시험편은 초음파 세척기로 30분간 초음파 세정, 탈지 및 건조의 과정을 거친 후, 시

험편의 무게를 0.1mg까지 5회 측정하여 그 평균값을 이용하였다. 주사형 전자 현미경(SEM)을 이용하여 마찰에 의한 마모특성 및 마찰면 관찰을 실시하였다.

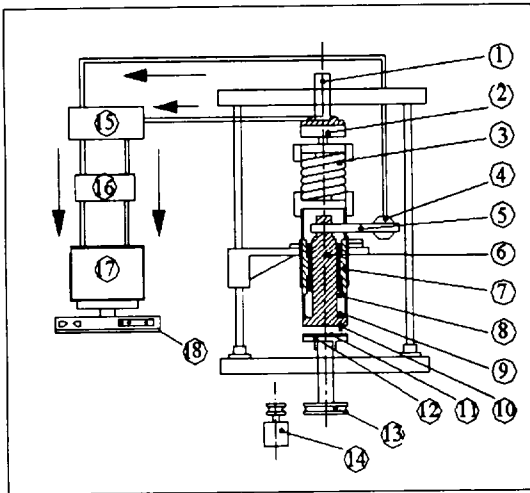
III. 실험 결과 및 고찰

3.1. 마찰 속도에 따른 마찰거동의 변화

3.1.1 기재(S45C)의 마모 특성

110N의 수직 하중을 가하여 S45C의 모재 시험편을 공기 중에서의 윤활 중에서의 마찰 마모 실험한 결과 중 미끄럼 속도의 증가에 따른 마찰계수 및 하중과 마찰력의 변화를 Fig. 3과 Fig. 4에 나타냈으며 Fig. 3은 미끄럼 속도가 0.1m/s이며 Fig. 4는 미끄럼 속도 0.2m/s에서 실험한 것이다. 그림 가운데 (a)는 공기 중에서 실험한 것이고 (b)는 윤활 중에서 실험한 것이다. 각각의 그림에서 상단선은 수직 하중을, 중간선은 마찰력, 하단선은 마찰계수를 나타내는 선이다.

Fig. 3의 (a)를 보면 미끄럼 거리가 220m가 될 때까지 0.9의 높은 마찰계수를 보이면서 진행되다가 0.5 정도로 낮아짐을 알 수가 있고 0.6 정도의 값으로 정상 마모의 현상을 보이고 있다. 이것은 공기 중에서의 마찰 마모 실험을 행할 때 천이점을 보이고 있는 것으로 초기의 마모 상태를 설명해 주고 있다. 서로 접촉하고 있는 상부 시험편인 stator의 경도가 Table 5에서 나타난 것과 같이 788로서 하부 시험편인 rotor의 경도 260보다 월등하게 높게 나타나고 있다. 따라서 경도가 높은 stator가 상대적으로 약한 경도 값을 가진 rotor를 수직 하중 110N으로 밀면서 생긴 마모 분말을 퇴적시키다가 어느 시점에서 탈락되고 있음을 알 수 있다. Fig. 4의 (a)그림 등에서 보이는 복잡한 마모 형태나 마찰 거동을 나타내는 요인으로서 접촉면 개재물에 의한 영향이 고찰되었고 거기에



- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 Pressure hande | 2 Load cell |
| 3 Coil spring | 4 Load cell |
| 5 Torqe arm | 6 Torque arm holder |
| 7 Pressure rod | 8 Pressure |
| 9 Thrust bearing | 10 Stator |
| 11 Rotor | 12 Turnning table |
| 13 Belt pulley | 14 Moter |
| 15 Strain amplifire | 16 A/D converter |
| 17 Moniter | 18 Computer |

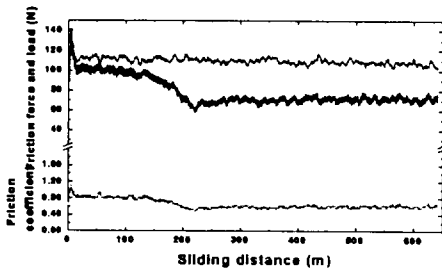
Fig. 2 Block diagram of friction testing machine

Table 4 Experimental conditions

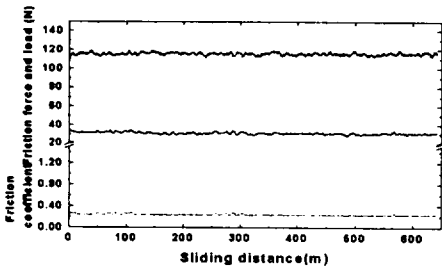
| | |
|----------------------|------------------------|
| Normal load (N) | 110, 210 |
| Sliding speed (m/s) | 0.1, 0.2, 0.3 |
| Sliding times (hr) | 2 |
| Test temperature(°C) | 25 |
| Environment | in air, in lubrication |

Table 5 Microhardness of specimens (Hv)

| Substrate | | Bond coating | TiO ₂ coating |
|-----------|--------|--------------|--------------------------|
| S45C | SUJ II | | |
| 260 | 788 | 261 | 768 |

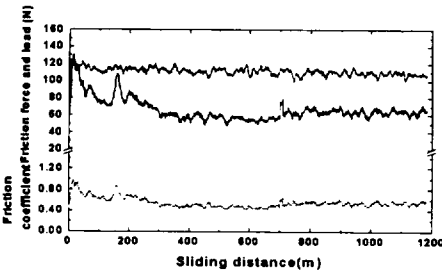


(a) in air

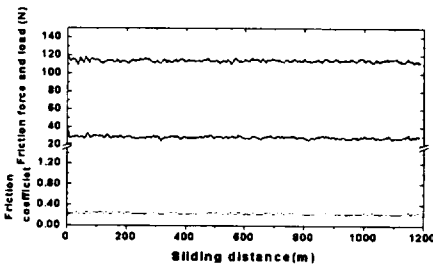


(b) in lubrication

Fig. 3 The friction coefficient of carbon steel S45C (V=0.1m/s)



(a) in air



(b) in lubrication

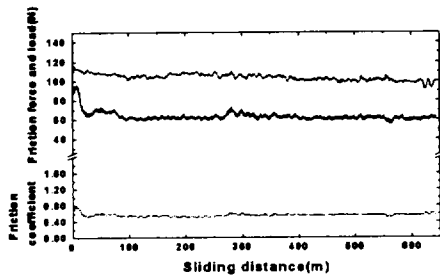
Fig. 4 The friction coefficient of carbon steel S45C(V=0.2m/s)

대해서는 Godet나 Iwabuchi가 연구하여 발표된 "Third body approach"에 의해서 설명할 수 있다. 이 "Third body"는 두 물체간에 접촉된 두 물체간에 존재하는 접촉면 개재물에 의한 것이며 본 연구에서는 마모 분말을 의미한다^{5,6)}. 한편 마찰력도 마찰계수의 변화에 절대적인 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 결국 마찰 마모 시험 전과정에 걸쳐서 마찰력의 변화를 마찰계수의 변화와 아주 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. Fig. 4은 미끄럼 속도를 0.2m/s에서 마찰 마모 실험을 한 것을 나타내었다. Fig. 4에서 공기 중의 마찰계수를 나타내는 선을 살펴 보면 약 300m 부근이 천이점이 되고 있음을 알 수 있다. 이 상에서 공기 중에서 미끄럼 속도가 0.1m/s, 0.2m/s로 증가하면서 천이점은 220m, 310m로 길어짐을 알 수 있었고 초기 마모의 상태가 점점 더 증가하고 있음을 알 수 있었다.

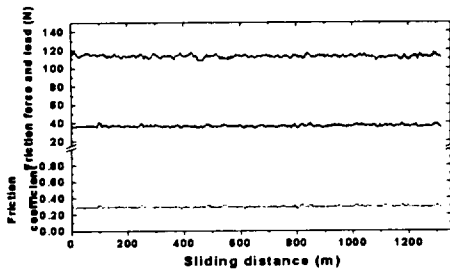
3.1.2. TiO₂ 의 마모 특성

S45C 기재 위에 TiO₂를 플라즈마 용사로 코팅한 시험편을 마찰 마모 실험하여 미끄럼 속도의 증가에 따른 마찰력의 영향과 마찰계수의 변화를 Fig. 5, Fig. 6에 나타내 보였다. 그림에서 (a)는 공기 중에서 실험한 것이고 (b)는 윤활 중에서 실험한 것이다. 수직 하중 110N이 가해지면서 Fig. 5는미끄럼 속도가 0.1m/s이고 Fig. 6은 미끄럼 속도 0.2m/s이다. 여기에서 Fig. 5, 6의 상단선은 수직 하중을, 중간선은 마찰력, 하단선은 마찰계수를 나타내고 있다.

대기 중에서의 마찰력이 Fig. 5에서 보면 0.1m/s인 경우 약 65N정도로 끝까지 일정한 값을 보이고 있으나 Fig. 6의 0.2m/s에서는 85N으로 비교적 일정하게 보이고 있고 미끄럼 속도의 영향으로 나타난 약간의 상하 진폭을 보이고 있다. 이것은 TiO₂의 코팅층이 상부 시험편과 마찰 마모를 진행하면서 미세한 편이 마모 분말이 생겨나고 높은 경도 값을 가진 고탄소 크롬 베어링 강 SUJ II의 단면에 마모 분말을 응착시키고 티타니아 TiO₂도 마찬가지로 응착 시키면서 지나가게 되는 즉, 전단력을 발생시켰다고 본다⁷⁾. 뒤에서 이야기가 되겠지만 마모량을 보아도 0.1m/s에서 rotor 1.4mg, stator 14.1mg이고 0.2m/s일 때 각각 5.6, 22.9mg이었다. 따라서 미세한 마모 분말이 응집되었

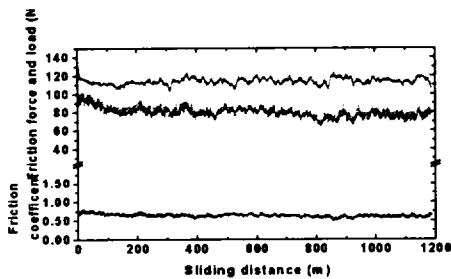


(a) in air

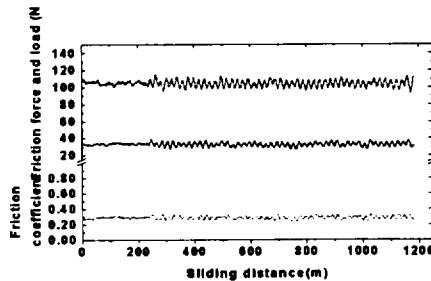


(b) in lubrication

Fig. 5 The friction coefficient of TiO₂ coating (V=0.1m/s)



(a) in air



(b) in lubrication

Fig. 6 The friction coefficient of TiO₂ coating (V=0.2m/s)

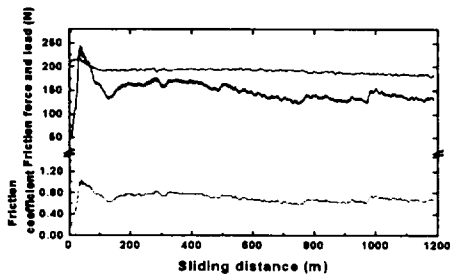
다가 전단력에 의한 탈락으로 생각될수 있다. 또 재료의 밀리는 현상이나 패이게 되는 현상과 함께 연삭 마모와 응착 마모의 섞이는 형태로 볼 때 마찰계수가 상승과 하강을 반복하고 있다고 생각할 수 있겠다.

한편 마찰면의 온도 상승을 생각해 볼 수 있다. TiO₂ 세라믹 코팅한 면의 표면 돌기가 미세하게 많고 또 stator면은 평면이라고 가정을 해보면 접촉 면적이 극히 작기 때문에 이 두개가 미끄러지면서 접촉할때 순간적으로 높은 온도가 발생 될 수 있다^{(8),(9)}. TiO₂의 윤활 상태에서의 마찰 계수의 변화를 Fig. 5, Fig. 6의 (b)에 나타냈다. 미끄럼 속도가 0.1m/s일 때는 그 응집되었다가 탈락되는 현상이 띄엄띄엄 나타나지만 미끄럼 속도가 0.2m/s일 때의 Fig. 6에서 보면 마모 분말들이 그 양은 매우 적지만 연속적으로 생성되었다가 응집하여 이내 탈락되고 있음을 볼 수 있다. 이상과 같이 윤활 도중의 TiO₂ 코팅층의 마모는 110N의 수직 하중에서 0.1m/s, 0.2m/s의 미끄럼 속도에서의 마찰계수는 0.28정도로 변함이 없다고 본다.

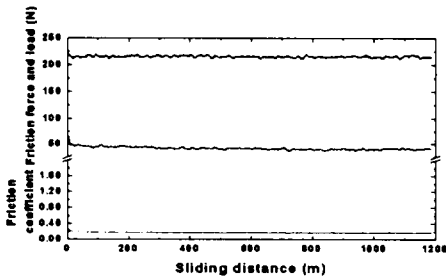
3.2. 하중의 증가에 따른 마찰계수의 변화

S45C의 수직 하중의 변동에 따르는 마찰력, 마찰계수의 변화를 Fig. 7와 Fig. 8에 나타내었으며 각각의 그림에서 공기 중에서의 실험은 (a)에 나타냈고 윤활 중에서의 실험은 (b)에 나타냈다. 미끄럼 속도를 0.2 m/s로서 210N의 수직 하중을 가한 것을 Fig. 9에 나타냈으며 310N의 수직 하중을 가한 것을 Fig. 10에 나타냈다. (a)와 (b)의 그림에서 상단선은 수직 하중을 나타냈고 중간선은 마찰력, 하단선은 마찰계수의 변화를 나타냈다.

Fig. 7 (a)에서 건조 마찰인 경우 마찰력이 약 50m 부근에서 급상승을 했다가 140 ~ 150m 부근에서 급속도로 하강하는데 그 커브가 250N에서 130N에 이르고 있다. 따라서 마찰계수도 1.0을 조금 넘어 섰다가 약 0.6으로 떨어지는 결과를 보였는데 이것은 초기 마모가 매우 심하였음을 말해 주고 있다. 일반적으로 건조 마찰의 경우에 마모의 초기 단계로서 마모 분말이 매우 빠르게 생성이 될 뿐만 아니라 결국 마모량도 급속도로 많아짐을 말해 주고 있다. 또한 서로 젖겨짐이라든지 plowing현상에 의한 abrasive 마

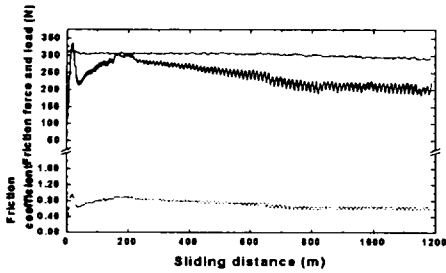


(a) in air (Load=210 N)

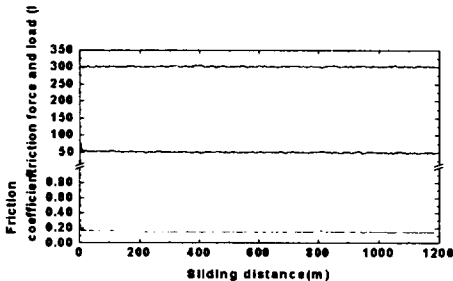


(b) in lubrication (Load =210 N)

Fig. 7 The friction coefficient of carbon steel S45C(V=0.2m/s)



(a) in air (Load=310 N)



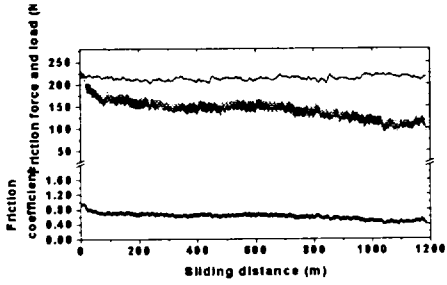
(b) in lubrication(Load=310 N)

Fig. 8 The friction coefficient of carbon steel S45C(V=0.2m/s)

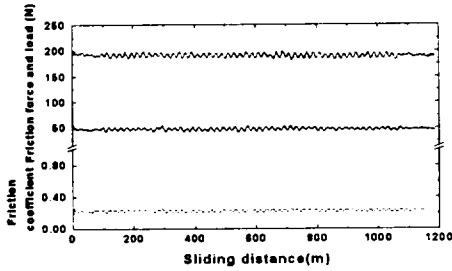
모¹⁰⁾를 보여 주기도 한다. 따라서 연삭 작용에 의해 모재로부터 분리된 칩(chip)이 상대 마멸재에 응착되고 다시 연삭 작용을 일으키는 돌기로 작용하기 때문에 마멸량은 급증하게 된다. 이렇게 마모 분말이라는 제 3의 물질이 생성이 되고 그 미세한 입자들이 모여서 어느 정도의 퇴적되어 있다가 stator의 미는 힘이 라든지 rotor에 의한 회전력에 의해서 전단력이 발생하여 입자들이 탈락되는 현상이 매우 짧은 시간 내에 이루어짐을 알 수가 있겠다.

Fig. 8에서 (a) 그림을 보면 마찰력이 330N으로 급격하게 상승을 하였다가 220N으로 급속도로 하강한 것이 50m 부근에서 이루어 졌음을 볼 수 있다. 따라서 마찰계수도 역시 약 0.98로 상승하였다가 0.6으로 하강을 한 뒤에 점차로 200m에 이르기까지 0.88부근으로 상승을 하였다가 다시 이 실험이 끝날 때까지 점차로 감소를 하고 있다. Fig. 7의 윤활 상태 중의 (b)와 Fig. 8에 (b)를 보면 마찰계수가 0.16, 0.18로 거의 일정하게 똑 같아짐을 볼 수 있다. 대기 중에서 수직 하중을 210N으로 하고 S45C의 위에 TiO₂를 코팅한 회전 시험편(rotor)에 마찰 마모 실험한 것과 윤활 도중에서 수직 하중이 195 N으로 실험한 것을 Fig. 9(I)과 (II)에 나타냈다. 미끄럼 속도는 0.2m/s로 일정하게 했다. Fig. 9 (I)에서 마찰력의 거동을 보면 100m 부근에서 급격하게 하강을 했다가 다시 700m에서 1000m까지 약간 하강을 하였다. 이것은 TiO₂의 강한 정도에서 원인이 되는 것 같다.

마찰계수의 거동을 보면 마찰력과 거의 같은 변수를 가지고 진행되었다. 이것은 상대재인 고탄소 크롬 베어링강(SUJ II)과 TiO₂를 마찰 마모를 시킨 결과로서 비커어스 경도가 비슷하여 응착 마모의 전형적인 모습을 볼 수 있었다. 마모량의 비교에서도 알 수 있듯이 회전 시험편인 TiO₂보다 고정 시험편이 훨씬 마모가 되어져서 핀(pin)의 응착 마모라고 생각된다. 또 건조 미끄럼 마찰 마모에서 응착의 효과로 마찰열을 들 수가 있는데 본 연구에서도 미세 분말이 탈락이 되면서 검정색으로 산화되어 마찰열의 효과라고 생각할 수 있었다. 한편 Fig. 9 (II) 윤활 도중에서의 실험한 것을 보면 수직 하중과 마찰력 및 마찰계수를 나타내는 선도가 약간의 진폭을 보일 뿐이어서 마찰과 마모에서 윤활의 효과를 알 수가 있고 마찰열의

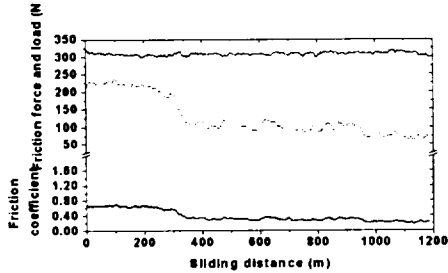


(I) in air (Load = 210 N)

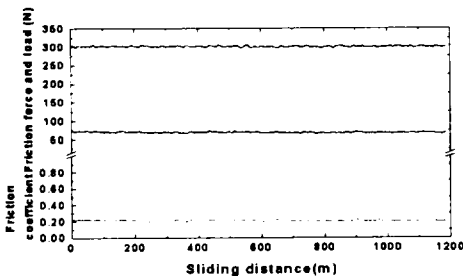


(II) Lubrication (Load = 210 N)

Fig. 9 The friction coefficient of TiO₂ coating (V = 0.2m/s)



(I) in air (Load = 310 N)



(II) Lubrication (Load = 310 N)

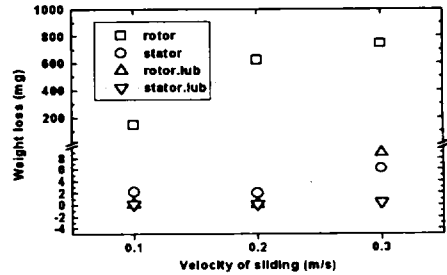
Fig. 10 The friction coefficient TiO₂ coating (V = 0.2m/s)

영향을 거의 볼 수가 없었다.

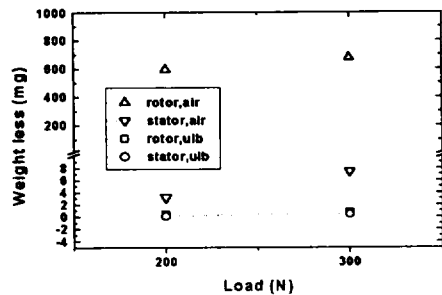
Fig. 10 (I)과 (II)는 수직 하중만 310N으로 실험한 것을 나타냈다. 마찰력의 거동을 살펴보면 수직 하중이 너무 세기 때문에 나타난 선도가 300m의 제 1기로 볼 수 있고 300m - 1000m를 제 2기로 보고 마지막으로 끝까지를 제 3기로 볼 수 있겠다. TiO₂ 를 실험하면서 볼 수 있는 것으로 고정 편의 마모량이 더욱 많았으며 마찰열도 매우 높게 생성되었다고 본다. Fig. 10 (II)를 보면 수직 하중이 310N이고 마찰력 60N이며 마찰계수는 0.22로서 Fig. 13 (II)보다 마찰계수가 조금 낮았으며 각각 나타내는 선도의 진폭도 많이 평활 해졌다. S45C의 실험에서는 210N이나 310N의 하중을 가했을 때 마찰계수는 비슷한 값을 보였으나 TiO₂ 는 하중이 증가할수록 마찰계수는 감소하였다.

3.3. 마모량의 변화

Fig. 11은 미끄럼 거리에 따른 마모량은 (I), 하중에 따른 것은 (II)에 나타냈다. 대기에서 S45C의

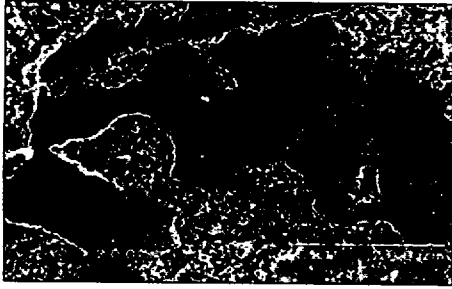


(I) Load 110 N material S45C

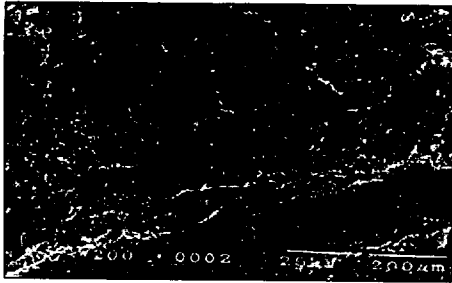


(II) material TiO₂

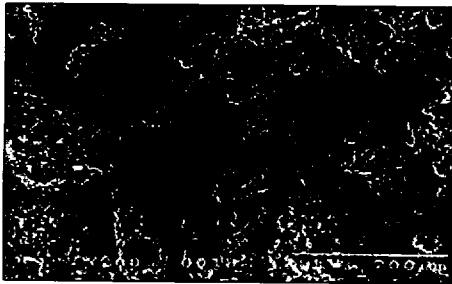
Fig. 11 weight loss vs. load



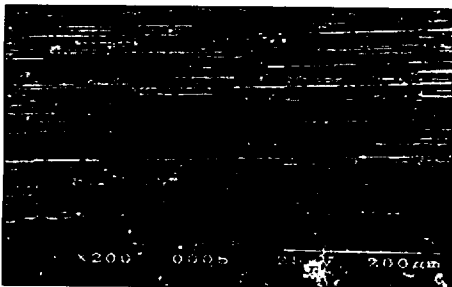
(a) TiO₂, in air, 110 N, 0.2 m/s



(b) S45C, in air, 110 N, 0.2 m/s



(c) TiO₂, Lub, 110 N, 0.2 m/s



(d) S45C, Lub, 110 N, 0.2 m/s

Fig. 12 Wear surfaces of S45C and TiO₂ composite

rotor인 경우 미끄럼 속도가 증가할수록 마모량이 커지는데 경도가 높은 금속에서는 마모량이 거의 없다시피 되고 단지 금속의 표면을 깨끗이 닦아내는, 일종의 버핑 또는 폴리싱(Buffing or pollyshing) 현상만 있어진다고 생각된다. (II)에는 하중의 증가에 따라 마모량도 증가하고 있음을 알 수 있다. 결국 공기 중에서의 TiO₂의 회전 시험편의 마모량이 적고 pin의 마모량이 크게됨을 알 수 있으며 하중이 커질수록 마모량도 공기 중에서는 점점 커져감을 볼 수 있다. 윤활 도중에서는 stator의 마모량이 미끄럼 속도, 하중의 증가하여도 미미하다.

3.4. 마찰면의 SEM 관찰

Fig. 12는 대기 중에서의 윤활 환경 중에서 마찰면을 SEM 사진으로 비교한 것이다. 세라믹 TiO₂를 코팅한 표면은 미소 돌기들로 꼭 차있다. 반면에 그 상대 재는 금속 면이다. TiO₂는 코팅한 면 그대로이고 SUJ II만 TiO₂ 코팅한 면 위에 균데균데 붙어있는 현상을 볼 수 있어 TiO₂는 약간 마모가 있었고 단지 SUJ II만 마모된 것을 볼 수 있다. 결국 TiO₂와 SUJ II가 서로 상대 재료로서의 마찰 마모를 실시한 경우에 상대재인 SUJ II가 많이 응착이 되었다고 생각된다. 또한 SUJ II가 응착된 현상을 볼 때 검은색을 띠고있는 것은 마모분말이 생성되고 밀집화 될 때 발생되는 마찰열 때문이라고 고찰된다. 윤활 도중에서의 마찰면을 보면 응착이라는 현상은 똑같지만 응착 되어진 두께가 대기 중에서 보다 좀더 얇아지고 면적은 더욱 늘어났으며 응착된 면의 색깔도 거의 변하지 않았다. 두개의 다른 면이 서로 접촉을 하는데 윤활이라는 점에서 3개의 면이 작용되어진다고 고찰된다. 면적이 늘어난 것은 마모분말이 생성되어서 응집되고 탈락되는 속도가 매우 늦어짐을 의미하고 있다. 또한 SUJ II의 색깔이 거의 변하지 않았다는 것은 마찰열이 있어도 거의 미미함을 뜻하고 있다.

V. 결 론

기계구조용강 S45C에 내마모성 세라믹 TiO₂를 플

라즈마 용사 코팅을 실시하여 마찰속도와 하중에 따른 마모특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 건마찰과 윤활 중에서 마찰속도의 증가에 따른 S45C, TiO₂ 에서 마찰력과 마찰계수의 변화는 거의 없으며 그 값이 일정하였다.
2. 건마찰 상태에서 S45C와 TiO₂는 마찰속도 및 하중의 변화에 따른 마모량의 관계는 마찰속도와 하중이 증가함에 따라 마모량도 증가하였지만 윤활에서는 마모량이 거의 일어나지 않았다.
3. Stator(핀, SUJ II)의 마모량은 S45C일 때는 적으며 TiO₂의 경우는 많다. 이는 S45C와 TiO₂의 경도 차이에 의한 것으로 판단된다.
4. 마모시험후 마모분말의 응착 상태는 윤활의 경우가 건마찰의 경우보다 넓었다. 윤활 상태의 실험에서는 핀의 미세한 마모분말만이 응착되고 있다.

참고문헌

- 1) C. C. Bernt. 1992. Journal of Thermal Spray Technology. 5(4). 351.
- 2) 沖猛雄. 1990. 表面改質による材料の高性能化技術 Boshoku Gijutsu 39. 4. pp.201-210.
- 3) D. J. Varacalle. Jr., J. R. Knibroe. V. L. Smith-Walter. G. Irons. 1991. Coatings applied with the plasma-spray process using nickel-aluminum powders. ICLASS-91. pp.113-120
- 4) 김성익. 1996. Ceramic 溶射材의 摩耗特性 pp.26-28
- 5) 久野正人, 出水 敬, 石神逸男, 三浦健一, 網野榮二, 1992. ホウ素イオン注入処理を施した304, Si₃N₄, WC-9%の摩擦摩耗特性評價. 材料. Vol.42. NO. 473. pp.202-208.
- 6) 遠藤吉郎. 1972. 表面工學(金屬の表面損傷とその防止法). 養賢堂發行.
- 7) 봉하동, 송정일, 양유창, 한경석. 1995. 탄소 섬유와 SiC 휘스커를 혼합한 Al/Al₂O₃복합재료의 마멸특성. 大韓機械學會論文集 19. 7. pp.1619-1629.
- 8) 권재도, 안정주. 1995. SiC 보강 A16061 복합재료의 마멸 및 마찰특성에 관한 연구. 大韓機械學會論文集 19. 9. pp.2122-2132.
- 9) 임홍준, 김영한, 한경석. 1993. Al/SiC/Al₂O₃ 복합재료의 기계적 성질 및 마멸특성. 大韓機械學會論文集17. 10. pp.2498-2508
- 10) 채영훈, 박병희, 김석삼. 1999. Al₂O₃/NiCr코팅의 미끄럼 마멸 특성. 大韓機械學會論文集 A권. 제 23권 제7호, pp.1245-1252