

〈논 문〉

환경변화에 따른 VCR 코팅드럼의 가속실험

박우현* · 황동환* · 김대은** · 이상조** · 유대선*** · 김금모*** · 최계철***

(1995년 12월 18일 접수)

Accelerated Testing of Coated VCR Drum Under Various Environmental Conditions

W. H. Park, D. H. Hwang, D. E. Kim, S. J. Lee, D. S. Yoo, K. M. Kim and K. C. Choi

Key Words : Tribology(마찰, 마멸, 윤활학), Coating(코팅), VCR Drum(비디오 드럼), Accelerated Test(가속실험), Temperature(온도), Humidity(습도), Friction Coefficient(마찰계수), Surface Characteristics (표면특성)

Abstract

The tribological characteristics of TiN and DLC coated VCR drums were compared to conventional aluminum drums using a custom built accelerated testing set-up under varying temperature and humidity. It is found that the coated drums exhibit superior frictional properties at elevated temperature and high humidity compared to bare aluminum drum. Furthermore, the coated drums maintained their initial surface conditions over a wider range of temperature and humidity variation. As for the damage incurred to the tape, DLC coated drum was the most favorable of the three types of drums.

1. 서 론

박막기술은 소재 표면이나 절삭공구의 표면 특성을 개선하여 기계적 성질을 향상시키므로 초경공구나 소재의 표면 특성 개선을 위해 많이 사용되고 있다. 이러한 박막기술의 응용은 최근에는 VCR 드럼에도 적용되어 원소재인 Al에 TiN 이나, DLC(diamond like carbon) 코팅⁽¹⁾을 하여 사용하고 있다.

VCR 드럼표면과 테이프 또는 헤드와 테이프간의 마찰, 마멸현상은 화면의 재생 및 자기테이프의 상태에 영향을 줄 수 있다. 그러나 이러한 마찰, 마멸의 영향을 파악하기 위해서, 데크상에서 보

편적인 재생동작을 거쳐 실험을 하는 경우 약 500~1000 시간이 필요하다.⁽²⁾ 이렇게 장시간이 걸리는 이유는 데크상에서 발생하는 공기막이 마찰, 마멸을 지연시키기 때문이다. VCR은 화상정보와 음성정보를 동시에 처리하기 때문에 드럼의 회전속도가 빠르며, 일반적으로는 약 1800 rpm 정도의 고속으로 회전한다. 또, 테이프도 드럼의 회전방향과 반대로 주행하므로 상대속도는 더욱 커진다. 이때, 공기의 흐름은 VCR 드럼의 홈을 따라 진행되며, 이 공기의 흐름이 부상력을 야기시켜 드럼과 테이프간의 마찰, 마멸현상을 저지하는 공기막을 형성하게 된다. 이 막은 정지와 작동의 반복 또는 역회전과 같은 불연속적인 운전에서 그 영향이 약화되고 드럼과 테이프간의 접촉이 확대된다.

Mizoh 등⁽³⁾은 그루브를 가진 드럼의 회전에로 야기되는 부상력을 계산하여 드럼과 테이프의 마찰을 모의실험이 가능하도록 수학적 모델을 제시하였

*회원, 연세대학교 대학원 기계공학과

**회원, 연세대학교 기계공학과

***대우전자 VCR 연구소

고, Mitsuya⁽⁴⁾는 헤드와 매체간의 간섭에 있어서 미소역학과 윤활측면을 연구하여 헤드의 개량형을 제시하였다. Ganapathi 등⁽⁵⁾은 자기테이프의 측면에서 마멸문제를 연구하기도 하였다.

본 연구에서는 코팅드럼이 다른 환경에서 어떤 마찰, 마멸 특성을 지니는가를 실험적으로 살펴보고자 하였다. 그러나 데크상에서는 환경조절이 난해하고, 장시간의 실험시간이 요구되므로 가속실험⁽⁶⁾을 통한 상호 비교실험을 하였다. 이러한 비교가속 실험에 있어서 객관적으로 화면재생에 미치는 영향을 판단하기 위해서는 실험을 마친 드럼을 데크상에 다시 장착하여 화면의 재생정도를 보고 판단해야 한다. 그러나 본 연구에서는 가속실험을 거친 드럼과 테이프의 마찰계수, 드럼의 경면유지정도, 자기테이프의 손상정도 등을 관찰하고 간접적으로 화질과의 관계를 유추해 보았으며, 환경에 따른 코팅드럼의 마찰특성을 파악하였다.

2. 실험방법

실제 데크상에서 드럼을 구동하여 코팅드럼별로 드럼 표면의 손상이나 테이프의 손상정도를 비교하기에는 대단히 많은 시간과 경비가 소요된다. 그러나 주어진 조건보다 한층 가혹한 조건을 초기 인자로 설정한다면 단시간 내에 경향성과 특성을 파악할 수 있다. 이러한 가속실험을 위해 본 연구에서는 Fig. 1과 같은 장치를 제작하였다. 가속조건으로 테이프에 걸리는 장력을 데크의 2배에 가까운 100 gf(단, 습도실험은 50 gf)로 걸어줌으로써 접촉응력을 높여주었고, 드럼을 실제 데크상 속도 1800 rpm 보다 저속인 200 rpm으로 회전시켜 공기막의 효과를 제거함으로써 드럼과 자기테이프가 접촉한 채 회전하도록 하였다.

가속장치를 챔버내에 설치하여 온도, 습도 등의 환경조건을 변화시켜가며 각 드럼의 마찰, 마멸특성을 살펴보았다. 온도는 고온(60°C), 일반작동온도(40°C), 저온(10°C)의 3개 구간으로 나누었다. 습도는 다습(65% 이상), 저습(35%~65%), 건조(35% 이하)의 3가지 구간으로 나누었는데 각 습도의 기준값은 다습의 경우 80%, 저습은 50%, 건조는 20%정도로 습도제어의 지연(delay)때문에 이 기준값에 $\pm 15\%$ 를 구간으로 설정하였다.

실험에 사용한 드럼의 기본재질은 알루미늄이며, TiN, DLC 드럼은 PECVD(plasma enhanced

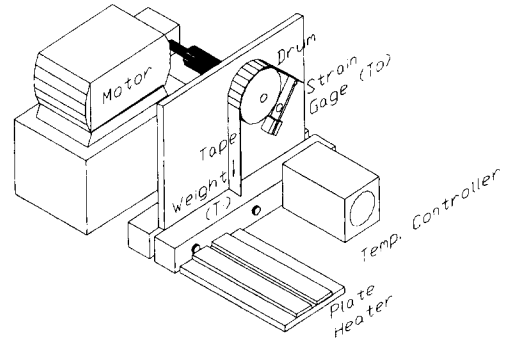


Fig. 1 Accelerated experimental apparatus

chemical vapor deposition)법을 사용하여 가스상태의 코팅원료를 증착시킨 것으로 코팅두께는 약 0.3~0.5 μm 정도이다. 코팅시간은 약 90분 정도이며 진공도는 10^{-4} Torr 이하에서 코팅한 것을 사용하였다. 드럼의 치수는 외경이 62 mm 두께가 12.7 mm이다.

2.1 실험장치

실험장치는 Fig. 1의 가속실험장치에서 보여지듯 데크에서 분리한 드럼을 저속으로 회전시키며 마그네틱테이프에 추(weight)를 부착하여 정하중을 가하였고 이 힘을 T_1 로 정의하였다. 드럼의 회전방향은 추에 의해 정하중이 가해지고 있는 방향, 즉 반시계방향으로 회전을 하도록 하였다. 정하중의 반대방향에는 자기테이프의 다른 쪽 끝과 연결되는 스프링강을 고정시키고, 여기에 스트레인게이지를 부착하여 감지되는 스트레인을 증폭시켜 추에 의해 가해지는 힘과 마찰력이 합해진 힘, T_0 로 환산한다. 전체 장치는 챔버내에 설치하며, 온도센서와 습도센서를 사용하여 히터(heater)와 가습장치를 피드백시킴으로써 챔버내의 항온, 항습을 유지하였다.

2.2 평가인자

가속실험의 평가인자로는 AI 드럼과 각 코팅드럼의 마찰계수, 드럼의 표면상태, 테이프의 표면상태를 선정하였다.

먼저 마찰계수는 가속실험중의 장력 변동을 측정하여 산정하였다. 이 때 이용한 식은 아래와 같은 벨트의 장력과 마찰계수의 관계식으로부터 구하였다.⁽⁷⁾

$$T_o = T_1 e^{\mu\theta}$$

Table 1 Temperature test (I)

Set	Temperature (°C)	Time (min)	Load (g)/rpm
T1	10°C	470	100/200
T2	60°C	330	100/200
T3	10°C	800	100/200
T4	40°C	300	100/200

Table 2 Temperature test (II)

Set	Temperature (°C)	Time (min)	Load (g)/rpm
T5-1	40°C	180	100/200
T5-2	40°C	180	100/200
T5-3	40°C	180	100/200
T6-1	60°C	180	100/200
T6-2	60°C	180	100/200
T6-3	60°C	180	100/200

여기서, T_o 는 출구쪽 장력, T_i 는 입구쪽 장력, μ 는 동마찰계수, θ 는 접촉각(125°)이다.

또한, 환경변화와 함께 가속실험을 거친 드럼과 테이프의 표면상태를 비교하기 위하여 각 실험조건에 따라 드럼과 테이프의 현미경 사진과 SEM 사진, 표면거칠기 측정 등을 비교하여 보았다.

2.3 실험구성

2.3.1 온도실험(I)

습도는 자연상태로 유지한 채 온도에 관련하여 Table 1 과 같이 실험하였다.

Table 1은 고온, 일반작동온도, 저온에서의 실험조건이다. 이 때 일반작동온도는 실제 데크상에서의 작동 온도가 대략 40°C 근방이므로 이것을 기준으로 하여 각각 고온, 일반작동온도, 저온 실험을 하였다. 여기서, 각 세트는 3 종류의 드럼(Al, TiN, DLC)으로 구성되며, T 는 온도를 뜻한다. 설정온도의 오차범위는 $\pm 5^\circ\text{C}$ 이다.

2.3.2 온도실험(II)

두번째 온도실험의 주안점은 실험장치의 구조상

Table 3 Humidity test

Set	Humidity (%)	Time (min)	Load (g)/rpm
H1-1	80 ± 15	180	50/200
H1-2	80 ± 15	180	50/200
H1-3	80 ± 15	180	50/200
H2-1	50 ± 15	180	50/200
H2-2	50 ± 15	180	50/200
H2-3	50 ± 15	180	50/200
H3	25 ± 15	720	50/200

마그네틱 테이프의 일정 부분만이 계속 접촉을 유지하므로 마찰계수가 테이프의 손상과 바인더 물질에 의해 증가할 수 있으므로 그러한 영향을 가급적 배제하고자 3시간 간격으로 새로운 테이프를 걸어 총 9시간을 시행하였다. 역시 각 set는 3 종류의 드럼(Al, TiN, DLC)으로 구성되며, T는 온도를 의미한다. 40°C 이상의 실험에서는 특별한 가습을 하지 않으므로 챔버내 습도가 실제적으로는 20% 이하를 유지한다. Table 2는 온도실험(II) 조건이다.

2.3.3 습도실험

습도 실험은 온도를 일반작동온도 40°C로 고정하고 습도를 변경하며 실험하였다. Table 3에서의 각 세트는 3종류의 드럼(Al, TiN, DLC)으로 구성되며 H는 상대습도를 의미한다. H3은 지속적으로 낮은 마찰계수가 나타나서 테이프를 교체하지 않고 12시간 동안 연속으로 실험하였다.

3. 실험결과

3.1 온도 실험결과

3.1.1 마찰계수

Fig. 2는 저온에서의 실험중 초기 3시간을 그래프로 나타낸 것이다. Figs. 3, 4는 제시된 온도에서 3시간 간격으로 테이프를 교체해 준 것으로 (a), (b), (c)는 같은 드럼에 대해 각각 3시간씩 새로운 테이프를 걸어준 것이므로 시간에 따른 드럼의 마찰특성 변화도 볼 수 있다.

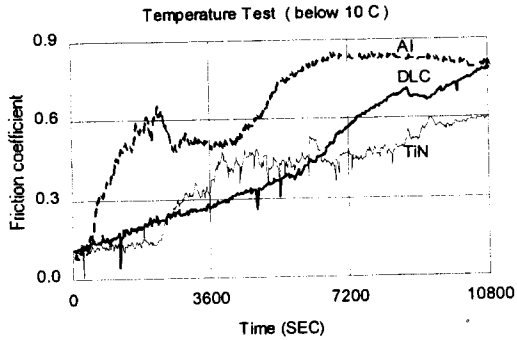
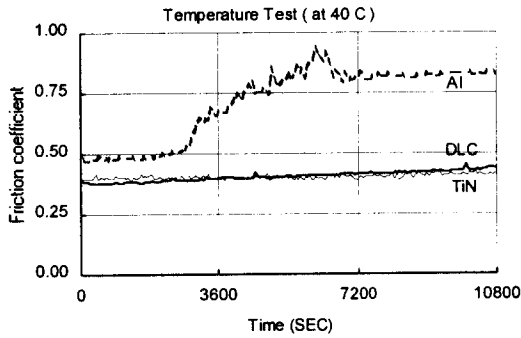
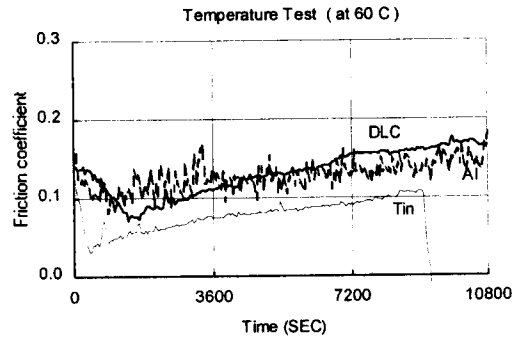


Fig. 2 Friction coefficient in set T3 (below 10°C)

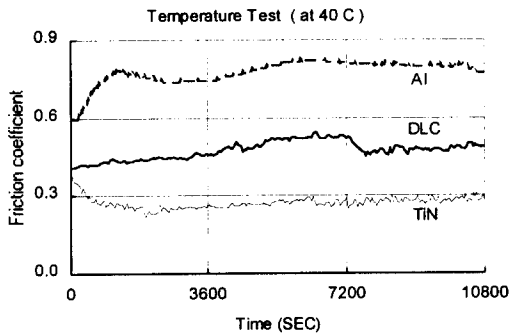
마찰계수를 비교해 보면 저온에서는 Fig. 2에서 보여지듯이 코팅한 드럼의 마찰계수가 어느 시간까지 코팅을 하지 않은 경우보다 작게 나타나다가 서서히 증가하는 경향을 보인다. 반면 Fig. 3의 40°C와 Fig. 4의 60°C의 경우 시간이 흐를수록 Al 드럼은 마찰계수가 증가하지만 TiN 드럼이나 DLC 드럼은 초기의 마찰계수값을 유지하고 있다. 이것은 저온에서는 코팅에 의한 마찰저감의 효과가 빨리 줄어들고 있음을 알 수 있다. 그러나 고온의 경우



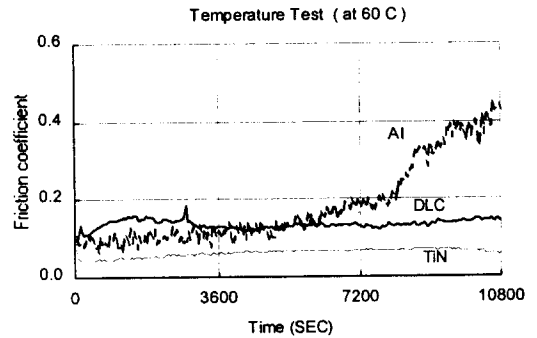
(a) T5-1



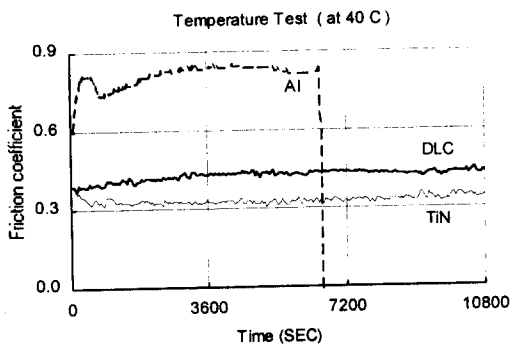
(a) T6-1



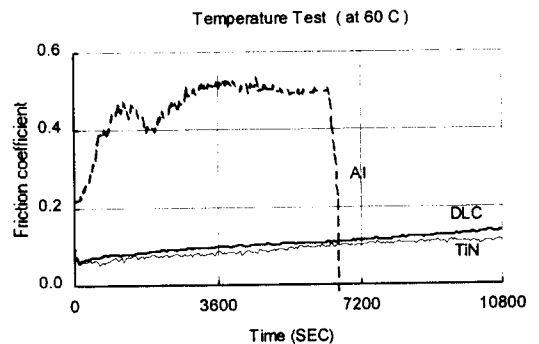
(b) T5-2



(b) T6-2



(c) T5-3



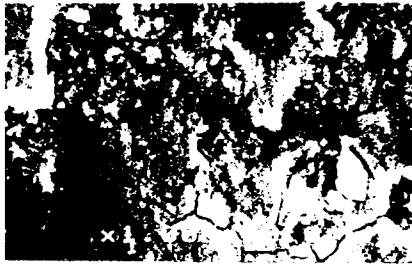
(c) T6-3

Fig. 3 Friction coefficient in set T5 (40°C)

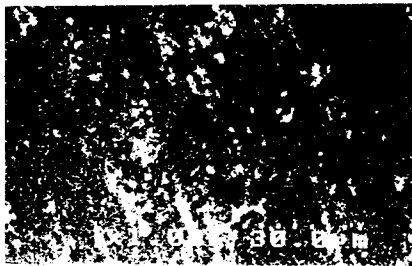
Fig. 4 Friction coefficient in set T6 (60°C)

Table 4 Friction coefficient after accelerated experiment

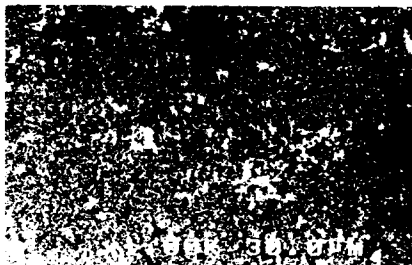
Set	Lapsed time (min)	Al	TiN	DLC
T1	470	0.58	0.50	0.20
T3	800	0.78	0.60	0.78
T5-1	180	0.80	0.42	0.45
T5-2	180	0.80	0.30	0.50
T5-3	180	0.85	0.35	0.45
T6-1	180	0.18	0.11	0.15
T6-2	180	0.42	0.08	0.18
T6-3	180	0.50	0.12	0.17



(a) Al

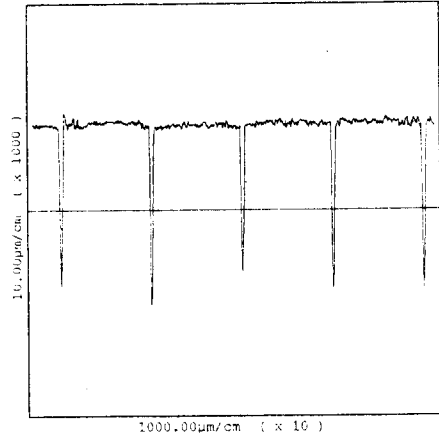


(b) TiN

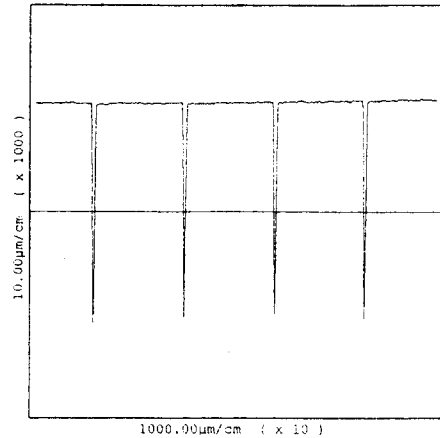


(c) DLC

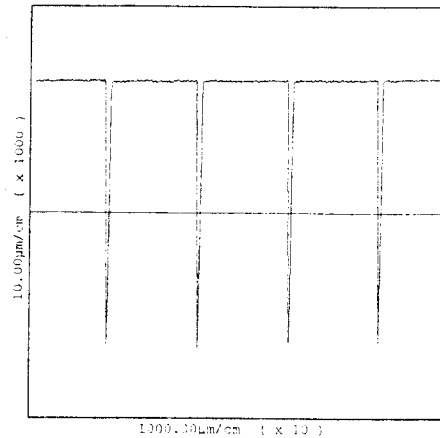
Fig. 5 Surface state of drums after 9 hours in set T5 (40°C), SEM



(a) Al



(b) TiN



(c) DLC

Fig. 6 Surface profile of drums after 9 hours in set T5 (40°C), SEM

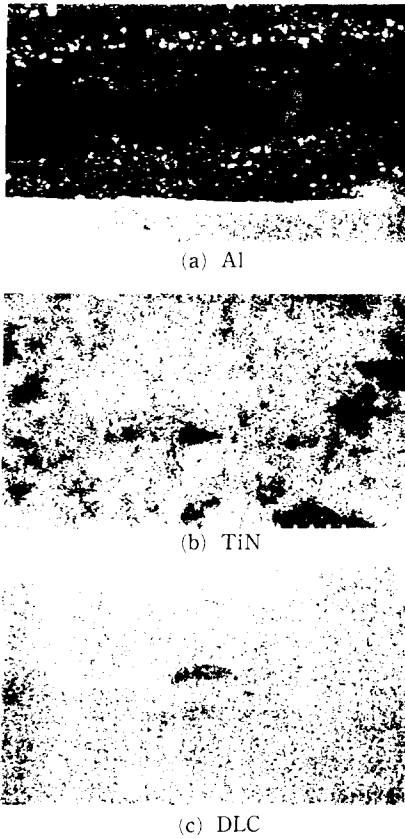
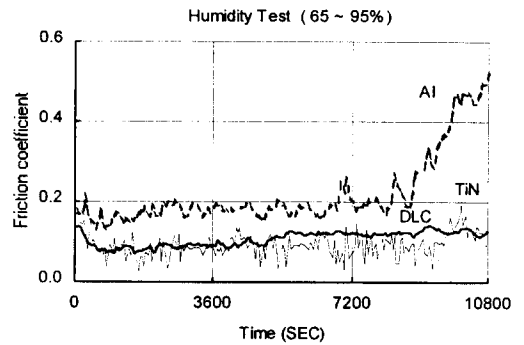


Fig. 7 Surface state of tapes after the third 3 hours in set T5 (40°C), SEM

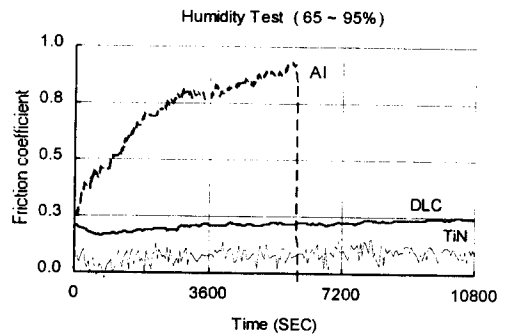
Table 5 Average roughness of tape (μm)

Set	Lapsed time (min)	Contacted drum		
		Al	TiN	DLC
T1	470	1.33	1.24	0.23
T2	330	0.56	0.19	0.22
T3	800	1.64	0.66	0.27
T4	300	0.24	0.19	0.12
T5-1	180	0.24	0.04	0.04
T5-2	180	0.64	0.04	0.05
T5-3	180	0.70	0.09	0.03
T6-1	180	0.04	0.04	0.05
T6-2	180	0.15	0.05	0.05
T6-3	180	0.14	0.07	0.04

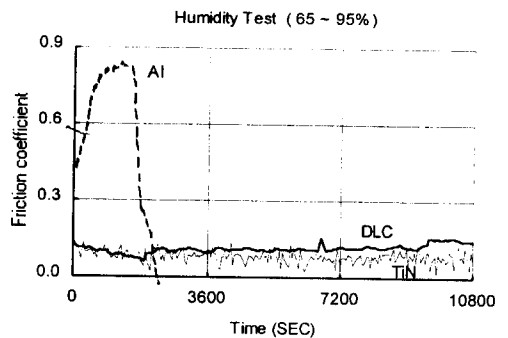
는 이와 대조적으로 초기, 즉 Figs. 3, 4의 (a)의 경우에는 Al 드럼과 코팅드럼이 큰 차이를 보이지 않다가 시간이 지나 (b), (c)로 갈수록 코팅드럼은 초기 특성을 유지하고 있는 반면 Al 드럼은 마찰계수가 증가하고 있음을 볼 수 있다. 또 Table 4에서 보여지듯 전반적으로 온도가 높아질수록 코팅드럼에서는 현격한 마찰저감 경향이 나타났으며 Al 드럼도 고온에서는 마찰계수가 낮아지는 것으로 관측된다.



(a) H1-1



(b) H1-2



(c) H1-3

Fig. 8 Friction coefficient in set H1 (65~95%)

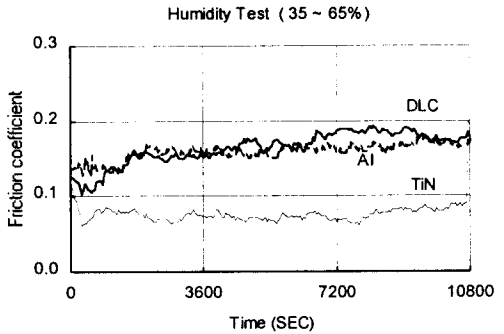
3.1.2 드럼과 테이프 표면의 관찰

Fig. 5는 40°C에서 3시간마다 테이프를 갈아주면서 3번의 시험을 하여, 총 9시간을 돌렸던 드럼을 SEM으로 관찰한 것이다. 사진에서 보여지듯 온도에 상관없이 TiN, DLC 코팅드럼은 표면이 대단히 깨끗하게 유지되고 있음을 알 수 있다. Al 드럼은 그 표면이 이물질 흡착으로 인해 상당히 손상되어 있는 것이 관찰되었다. 60°C에서도 이와 같은

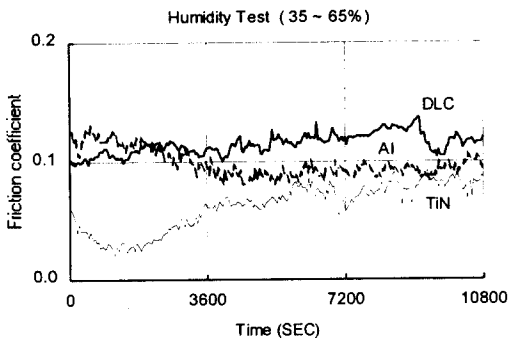
경향이 나타난다. 즉, 코팅을 한 쪽-특히 DLC 드럼쪽-이 이물질 흡착정도가 덜하며, 낮은 온도조건에서 마찰계수의 상승이 빨리 야기된다.

Fig. 6에서는 드럼의 프로파일을 보여주고 있다. Al의 표면 윤곽이 TiN 드럼이나 DLC 드럼과 비교하여 심하게 손상되었음을 알 수 있다.

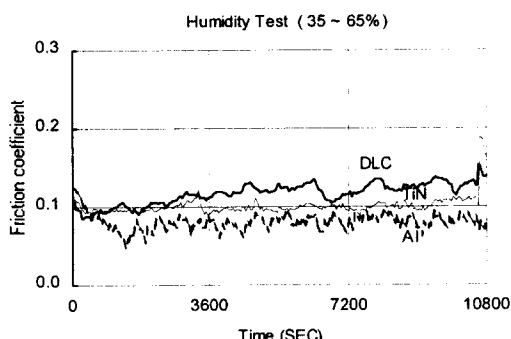
Fig. 7의 SEM 사진에서 관찰되듯이 DLC 코팅드럼과 닿았던 테이프의 표면이 대체적으로 깨끗하며



(a) H2-1

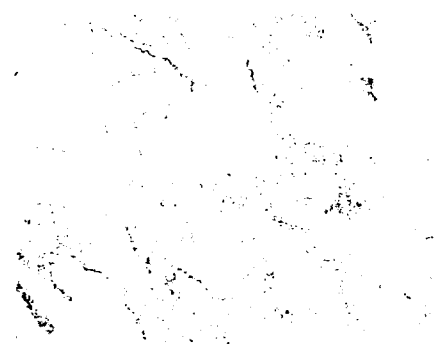


(b) H2-2

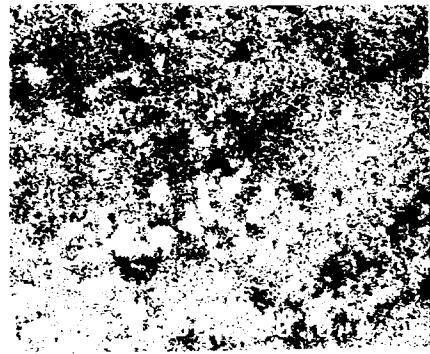


(c) H2-3

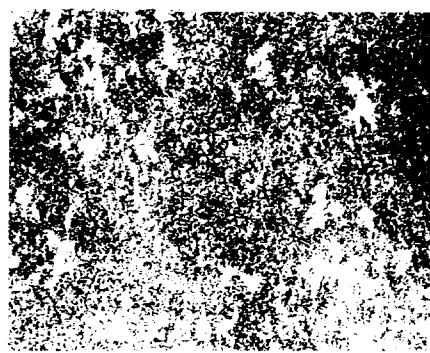
Fig. 9 Friction coefficient in set H2(35~65%)



(a) Al



(b) TiN



(c) DLC

Fig. 10 Surface state of drums after 9 hours in set H1 (65~95%), SEM

TiN은 곳곳에 깊게 보이는 드럼 자국을 보이지만 Table 5에서 보여지듯 표면특성은 고온일수록 비교적 Al 보다 좋게 나타나고 있다.

3.2 습도 실험결과

3.1.1 마찰계수

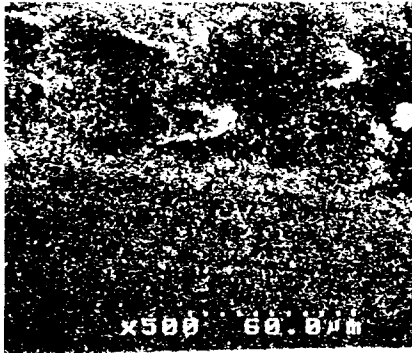
Figs. 8, 9로부터 습도와 마찰계수와의 관계를 보

면 코팅을 한 쪽은 습도가 올라가도 크게 마찰계수의 변화를 일으키지 않는 반면 Al 드럼은 다습에서 높은 마찰계수를 보여주고 저습인 경우 반대로 마찰계수가 낮아지는 경향을 보여주었다.

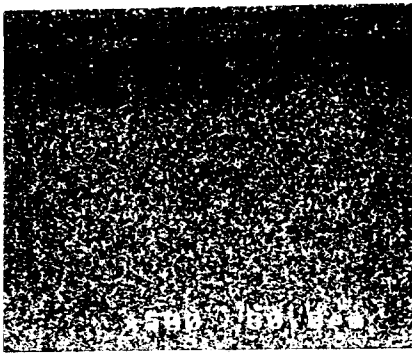
실험중에 특징적인 사항은 습도가 높아지면 초기 구동토크가 커지거나 안정을 이룰 때까지 스틱-슬립(stick-slip)현상이 일어나 테이프가 끊어질 정도의 장력이 나타나기도 하였다. 코팅드럼의 경우도 다습조건에서 순간적으로 신호가 불안정한 경우가 생기고 이 후 안정이 되었다가 불규칙하게 이런 현상이 나타나곤 하였다. 이러한 불안정 상태를 방지하기 위해 장력을 50 gf로 줄여서 실험을 하였다.

3.1.2 드럼과 테이프 표면의 관찰

Fig. 10의 SEM 사진에서 나타나듯이 다습한 경



(a) Al



(b) TiN



(c) DLC

Fig. 11 Surface state of tapes after the third 3 hours in set H1 (65~95%), SEM

Table 6 Friction coefficient after accelerated experiment

Set	Al	TiN	DLC
H1-1	0.50	0.12	0.12
H1-2	0.90	0.10	0.22
H1-3	0.93	0.11	0.15
H2-1	0.18	0.10	0.19
H2-2	0.10	0.10	0.12
H2-3	0.08	0.11	0.15
H3	0.12	0.15	0.15

Table 7 Average roughness of tape (μm)

Set	Contacted drum		
	Al	TiN	DLC
H1-1	0.24	0.04	0.04
H1-2	0.64	0.04	0.05
H1-3	0.70	0.09	0.03
H2-1	0.04	0.04	0.09
H2-2	0.04	0.03	0.06
H2-3	0.05	0.05	0.10
H3	0.60	0.12	0.08

우 Al 드럼의 표면이 나빠지는 반면 TiN, DLC 드럼은 습기에 큰 영향을 받지 않고 깨끗한 표면을 유지하고 있다. 이것은 마찰계수의 경향과 유사한 경향이다. 또 드럼의 프로파일도 유사한 경향이 나타난다.

Fig. 11의 SEM 사진에서 관찰되듯이 습도가 낮을수록 테이프의 손상이 커지는 것으로 보이며 코팅드럼과 접촉하였던 테이프들이 비교적 손상이 덜 된 것으로 관측되었다. 표면거칠기 측정치도 이런 결과와 유사하게 나타나고 있다.

Table 7에서 테이프의 표면거칠기를 보면 저습에서는 큰 차이가 없음을 알 수 있고 다습조건과 장시간 작동하였을 때 Al 드럼이 나빠짐을 알 수 있다.

4. 고 찰

실험결과를 통해 드럼의 마찰특성은 온도와 습도에 따라 달라지는 것을 알 수 있었다.

온도실험에서는, 장치상의 문제로 저온(10℃ 이하)에서의 실험 반복횟수가 부족하고 시간간격도 일정하지 않은 문제가 있었지만 40℃와 60℃의 실험결과를 토대로 온도에 대한 드럼의 마찰특성을 살펴보면, 고온에서는 전반적으로 드럼의 마찰계수가 떨어지며 코팅드럼의 경우 테이프를 새로 바꾸어주면 초기의 마찰계수를 계속 유지하는 반면 코팅을 하지 않은 드럼은 마찰계수가 증가한다. 또한 일반드럼은 표면의 경면이 빨리 나빠지고, 테이프에 미치는 손상도 상대적으로 큰 것을 관찰할 수 있었다.

습도실험에서는 코팅드럼이 습도변화에 따라 큰 편차를 보이지 않는 반면 Al 드럼은 상당히 습도에 민감하였다. 코팅을 하지 않은 드럼의 경우 습도가 높을수록 마찰계수가 낮아지고 표면의 경면도 지속적으로 유지되는 것을 알 수 있었다. 코팅드럼은 습도에는 큰 편차를 보이지 않았으나 건조하거나 약간 습한 정도에서는 코팅을 하지 않은 드럼보다 낮은 마찰계수를 보였으며, 어느 경우는 경면을 잘 유지하고 있었다.

이러한 실험결과를 통해 코팅드럼이 고온과 저습에서는 코팅하지 않은 드럼에 비해 마찰저감 효과가 우수하며 경면의 유지와 테이프 손상의 축소가 가능하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 위의 실험 결과는 코팅드럼의 효과와 자기테이프의 기계적 성

질이 복합적으로 나타난 것으로 볼 수도 있다. 따라서 자기 테이프의 마찰특성에 관해 고찰해 볼 필요가 있으며 Bhushan은 자기테이프의 마찰특성에 대해 다음과 같은 연구 결과를 논의했다.⁽⁸⁾

온도가 상승할 때 마그네틱 코팅 테이프는 항복강도가 떨어진다. 특히 40℃ 이상이 되면 항복강도가 현저하게 낮아진다. 또한 습도가 테이프에 미치는 영향으로는 테이프 코팅물질과 무관하게 R. H 40~70%에서는 마찰계수가 낮게 유지되지만 그 이상에서는 마찰계수가 상승하는 것으로 알려져 있다. 이러한 환경에서의 마찰 거동은 포화된 대기에서 테이프에 포함된 철성분이 자신들끼리 흡착을 일으키거나 자성 테이프와 흡착을 발생시킨다. 또한 수분은 화학반응이나 가수분해를 촉진시키고 테이프내의 바인더(접착물질)로 사용된 물질을 추출해 내므로 상대 습도가 높은 경우 자기테이프는 마찰계수의 상승을 야기시킨다.

이와 같은 Bhushan의 연구와 본 실험결과와 비교해보면 자기테이프 자체의 고온 마찰특성과는 달리, 고온에서 Al 및 코팅드럼과 테이프의 접촉은 저온에서보다 낮은 마찰계수를 나타내며, 테이프 및 드럼의 표면상태도 양호하다. 이러한 상반된 결과는 접촉 상대물질의 특성, 즉 본 연구에서 사용된 드럼의 표면특성이 전체적인 마찰특성에 더 큰 영향을 주기 때문이라고 생각된다. 또한 습도의 경우, Al 드럼에서는 Bhushan의 연구에서 제시된 결과와 유사하게 다습조건에서 마찰계수, 테이프면, 드럼의 상태 등이 나쁘게 나타나고 있으나, 코팅드럼은 습도의 영향을 약화시켜 폴리머와의 마찰이 발생할 때 낮은 마찰계수와 좋은 테이프 표면상태를 유지시켜 주는 것으로 관찰된다.

따라서 코팅드럼은 VCR이 나쁜 환경-즉, 온도변화와 습도변화의 편차가 큰 환경-에서 장시간 동작되는 경우 또는 역작동이나 빈번하게 운전의 정지가 발생하는 경우에는 화질이나 테이프에 유리한 영향을 줄 수 있다고 생각된다.

5. 결 론

(1) 온도와 마찰 특성

- ① 코팅드럼은 고온환경에서 저마찰특성을 나타내며 테이프에 손상을 적게 미친다.
- ② TiN 코팅드럼이 가장 낮은 마찰계수를 나타내며, 드럼의 내구성과 테이프 손상측면

에서는 DLC가 경면을 잘 유지하며 손상을 적게 준다.

(2) 습도의 영향

- ① 코팅드럼은 다습한 경우나 건조한 경우 별 다른 차이없이 안정적으로 낮은 마찰계수를 유지한다. 드럼 및 테이프 표면으로 같은 경향을 나타낸다.
- ② Al 드럼의 경우 다습인 경우가 마찰계수가 상당히 증가하지만 건조조건에서는 마찰계수가 낮아진다. 드럼과 테이프 표면은 마찰계수의 경향과는 달리 많은 이물질로 오염된다.

(3) 코팅드럼의 마찰특성과 실효성

- ① TiN 이나 DLC 코팅은 넓은 온도 범위와 습도범위에서 코팅효과가 잔존하며 안정된 마찰특성을 나타낸다.
- ② 이러한 코팅드럼의 마찰특성은 VCR을 온도, 습도의 변화가 심한 환경에서 작동시키는 경우 정상적인 화면재생이 보다 장시간 동안 가능할 것으로 예상된다.

Surface Engineering, Kluwer Academic Publishers, pp. 371~397.

- (2) 대우전자, 1994, "VCR 코팅드럼의 내구성과 주행안정성"
- (3) Mizoh Y., et. al., 1994, "Frictional Phenomena of Magnetic Tape and Magnetic Head on Rotating Drum with Groove," *JSME*, Vol 60, No. 576, pp. 2603~2608.
- (4) Mitsuya, Y., 1994, "Miromechnics in Head-Medium Interface," *JSME*, Vol. 60, No. 576, pp. 2528~2534.
- (5) Ganapathi, S. K., et. al., 1992, "SEM Studies of Wear Mechanisms in Magnetic Thin Film Disks with different Overcoat," *Journal of Tribology*, Vol. 114, pp. 263~269.
- (6) Matsuok, K., 1994.8, "砥粒寸法効果を用いた Mn-Zn フェライトの加速摩耗試験法," *日本機械學會論文集* 60卷 576호, pp. 119~124.
- (7) 김천욱, 1992, "최신기계설계," 문운당, 서울, pp. 331~332.
- (8) Bhushan, B., 1990, *Tribology and Mechanics of Magnetic Storage Devices*, Springer-Verlag, New York, pp. 157~365.

참고문헌

- (1) Gissler, W., 1992, *Advanced Techniques for*