

가정용 VCR의 신뢰성 향상 및 화질보호

崔 洳 喆

大宇電子 VCR研究所

I. 서 론

가정용 VCR은 1970년대 1/2" 테이프를 사용하는 β_{max} 를 시초로 하여 VHS방식이 개발 되어 현재 대부분의 가정용 VCR이 VHS방식으로 제조, 판매되고 있다. 테이프를 기록매체로 사용하는 기록,재생계에 있어서는 테이프 주행 메카니즘에 의한 테이프 손상으로 인한 헤드드럼 및 헤드의 오염이 화질에 악영향을 끼치는 등의 소비자 불만사항이 있으며 이러한 문제는 기기제조업체의 측면에서는 해결할 수 없는 문제로 분류되어 항상 소비자에게 크리닝 테이프 사용을 권하여 해결하여 왔다. 그러나 이러한 테이프의 손상이 다시 주행계 즉 헤드드럼에 영향을 주어 드럼의 마멸을 가속시켜 자기테이프의 거동에 영향을 미치는 결과를 유발하고 헤드이물발생을 가속화시키는 등 VCR 신뢰성 및 화질에 영향을 주고 있으며, 결국은 헤드드럼을 교환해야만 하는 결과를 빚었다.

일반 비디오테이프는 베이스필름 위에 자성층을 두어 자성층에 신호를 기록하게 되어 있는데 자성층은 산화철, 운할제, 첨가제 등과 접착제인 바인더(Binder)에 의해 단단히 결합되어 형성되어 있으나 장시간 사용시 자성층의 표면이 파괴되고 이렇게 파괴된 표면속에서 자성분말이 석출되어 나오면 헤드드럼을 손상시키고, 바인더성분이 신호를 기록, 재생하는 헤드갭의 표면에 부착되면 신호재생에 영향을 주어 화질을 손상시키게 된다.^[1] 한편 근래의 고급 비디오테이프에는 테이프 자성층의 표면에 보호막을 코팅하여 테이프와 주행계를 보호하여 왔다. 그러나 본 보호막도 매우 얇고(약 4nm) 신뢰성이 높지 않기 때문에 장시간 사용시 보호막의 파괴가 생기게 된다. 최근에는 DIGITAL VCR용으로 테이프에 마찰계수가 작은 경질 탄소막을 보호막으로 코팅한 DM 테이프를 출시준비 하고 있으나^{[2],[3]} 테이프의 가격이 비싸기 때문에 가정용으로 일반화 하는 데 현재로는 문제점이 있다.

따라서 이러한 문제점을 줄이고 VCR의 신뢰성을 높이기 위하여 VCR용 헤드드럼에도 경질박막

을 코팅하기 시작하였다. 최초에는 헤드드럼의 소형화를 실현하는 도중 알루미늄 헤드드럼의 관성이 줄어들어 회전제어계에 영향을 주는 관계로 신호의 지터성분이 증가하는 등의 문제를 해결하기 위해 헤드드럼의 재료를 기존의 알루미늄보다 비중이 큰 황동을 사용하여 제작하였으나 황동의 내식성, 내마멸성이 좋지 않기 때문에 드럼표면에 질화티타늄(TiN)을 코팅하게 되었으며,^[4] 이의 코팅드럼 성능이 테이프보호, 헤드이물저감 및 헤드보호에도 효과가 있음이 확인되어 탄탈륨(Ta) 혹은 질화지르코늄(ZrN)을 헤드드럼표면에 코팅한 제품을 출시하는 회사가 등장하였다.^[5] 국내에서도 대우전자가 헤드드럼의 표면에 질화티타늄을 코팅하여 1년내에 소비자 헤드이물관련 불만사항이 절감되는 등의 효과를 보았다.

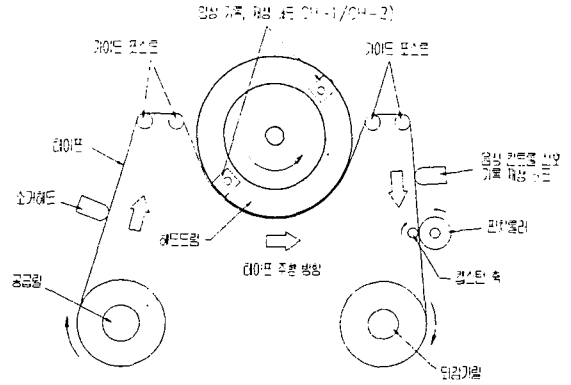
본 보고에서는 기존 알루미늄 헤드드럼의 테이프 마멸구조 및 헤드이물관련현상을 규명하고, 테이프와 주행계를 보호하기 위한 헤드드럼코팅에 있어 실제로 헤드드럼의 코팅에 의한 VCR 신뢰성향상 및 화질보호에 대한 효과를 밝히고자 한다.

1. 헤드드럼과 테이프의 접촉관계

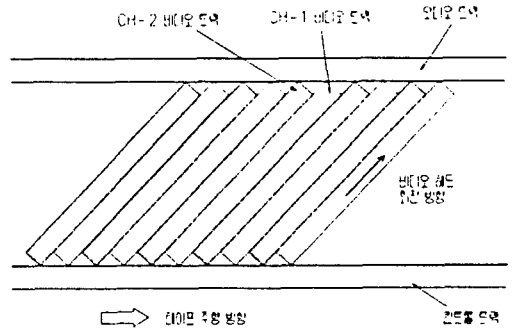
가. 헤드드럼 주변의 테이프 거동

가정용 VHS VCR 주행계는 그림 1에 나타낸 바와같이 공급릴에서 나온 테이프는 가이드 포스트를 사이에 두고 회전헤드드럼으로 지지되고 있으며 핀치롤러와 캡스텐축에 의해 감는릴쪽으로 이송되는 구조를 갖고 있다. 또한 신호기록면적을 확보하기 위하여 테이프에 경사지게 신호를 기록하도록 되어있다. 헤드드럼은 테이프를 가이드하는 고정드럼과 회전헤드드럼으로 구성되어 있으며 회전헤드드럼에는 서로 180° 대향하여 신호를 기록, 재생하는 헤드 2개가 배치되어 있다. VCR기계부의 회전헤드드럼은 1,800rpm으로 고속회전하고 있기 때문에 테이프와의 마찰이 발생하면 테이프에 손상을 줄 수 있다.

여기서는 일단 회전헤드드럼주변의 테이프 거동을 분석하여 초기 테이프에 손상을 입히는 과정을 설명하고자 한다. 그림 2는 원통회전드럼상에 평행으로 테이프가 감겨있다고 가정할 경우 작용하



(a) 테이프 주행계 및 헤드드럼

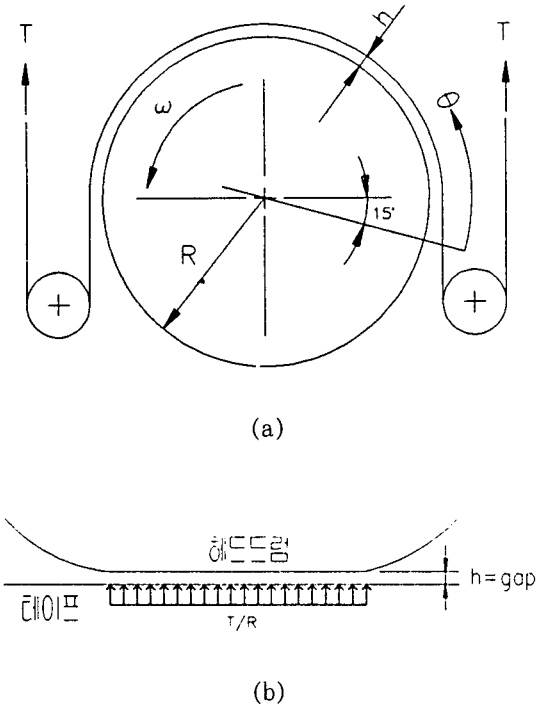


(b) Video Tape 신호 기록 Pattern

〈그림 1〉 테이프 주행계 및 기록 Pattern

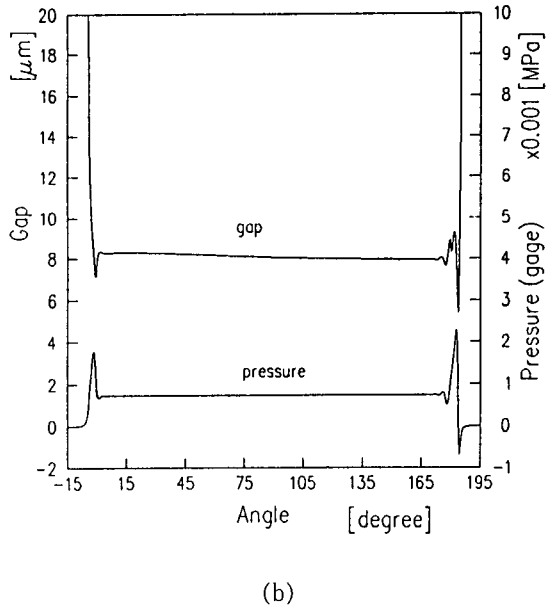
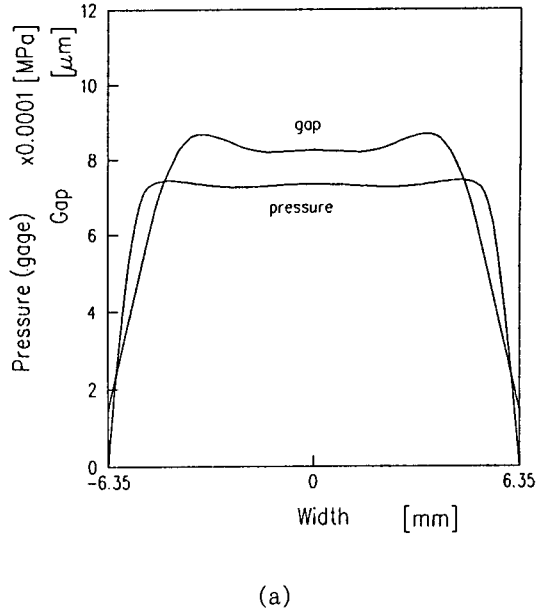
는 외력에 대하여 Modeling한 것을 도시하였다. 일반적으로 테이프와 헤드드럼의 간격 h는 드럼원주방향으로 일정하다고 생각할 수 있지만, 드럼의 회전으로 인한, 드럼과 테이프사이로의 공기유입에 의해 일정하지 않다.

그림 3의 결과는 그림 2의 Modeling에 있어서 레이놀즈방정식과 탄성방정식을 연립하여 드럼과 테이프사이의 공기흐름에 의해 발생하는 테이프와 드럼의 간격과 그때의 테이프 지지압력에 대해 이론적으로 계산한 결과를 표시하였다. 그림 3의(b)는 테이프의 중간부분을 드럼 원주방향으로 잘라서 보았을 때 테이프와 드럼의 간격 및 그때 발생하는 지지압력을 도시하였다. 여기서 테이프가 이



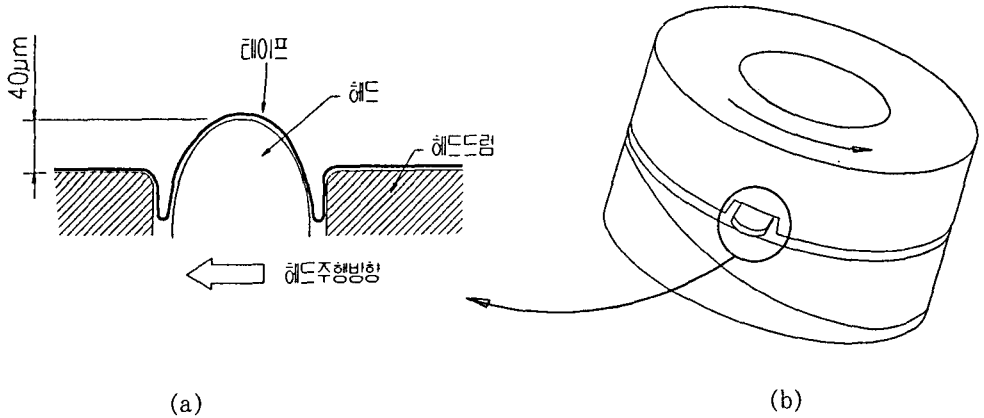
〈그림 2〉 회전헤드드럼 주변에 작용하는 외력의 Modeling

탈되기 시작하는 부분의 간격이 가장 작음을 알 수 있다. 그림 3(a)는 θ 가 105° 되는 부분을 테이프 폭방향으로 잘라 보았을 때 테이프와 드럼의 간격 및 그때의 지지압력을 표시한 것이다. 여기에서 보듯이 테이프의 양끝단은 약 $1.6\mu\text{m}$ 정도의 간격을 갖게 되고, 실제로 그림 3(b)에서 간격이 제일 작은 곳은 테이프의 양 끝단으로 테이프와 회전헤드드럼이 거의 서로 접촉하는 상황에 놓여 있다. 따라서 테이프의 장력 T가 조금이라도 변화되는 천이상태에서는 테이프와 회전헤드드럼은 고속에서 서로 접촉하여 상대방을 손상시키게 된다. 이때 테이프의 표면이 마찰에 의해 손상받게 되면 테이프의 자성체가 밖으로 노출된다. 일반적으로 이러한 현상은 과거와는 달리 최근 VCR의 기능이 다양해지면서 JOG, SHUTTLE, QUE, FF 등 테이프의 장력이 자주 변하는 경우에 발생하게 된다. 또한 이러한 천이상태는 테이프를 LOADING 할 때 혹은 UNLOADING 할 때도 발생한다.



〈그림 3〉 회전헤드드럼과 테이프와의 간극 및 지지 압력 분포

그림 4(a)는 헤드드럼에서 헤드가 있는 부위의 테이프 거동을 표시하였다. 영상신호기록, 재생용 헤드는 그림 4(b)에서 표시한 바와 같이 회전헤드



(그림 4) 회전헤드드럼의 헤드 주변 테이프 거동

드럼의 표면에서 약 40µm만큼 돌출되어 있다. 또한 이 헤드를 돌출시키기 위하여 회전헤드드럼에 창문을 형성하였다. 문제는 이 창문과 헤드사이에는 틈이 존재하여 외부와의 압력차에 의해 그림 4(a)와 같이 테이프가 그 속으로 흡입되어 들어가는 데 있다. 즉 헤드는 회전헤드드럼이 한바퀴 회전하는 동안 180°만큼만 테이프와 접촉하게 되는데 헤드와 테이프가 접촉하기 시작하는 순간과 헤드와 테이프가 분리되는 순간에는 테이프가 창문의 틈새로 충격적으로 흡입되어 들어가거나 나오기 때문에 창문의 날카로운 Edge부분과 테이프가 접촉하게 되어 테이프는 매우 큰 손상을 받게 되고 회전헤드드럼의 창문부분 또한 손상을 입게된다. 이러한 손상을 최소한으로 줄이기 위하여 드럼제조공정시 창문부근은 날카로운 면이 생기지 않도록 마무리 가공을 하도록 되어 있다. 또한 헤드와 테이프는 헤드드럼과 테이프와의 간격이 형성되는 원리와 같이 최소 30nm의 간격을 유지하도록 되어 있다.

나. 헤드드럼과 테이프의 마멸관계

일반적으로 회전헤드드럼의 폭은 12.5mm이며, 돌출되어 있는 헤드의 폭은 0.13mm 정도이기 때문에 테이프와 헤드드럼이 접촉하게 되면 헤드보다는 회전헤드드럼에 의해 테이프의 손상면적이 넓어지게 된다. 일반적으로 헤드드럼의 재질은 알루미늄으로 되어 있어, 자성을 지닌 테이프에 영향

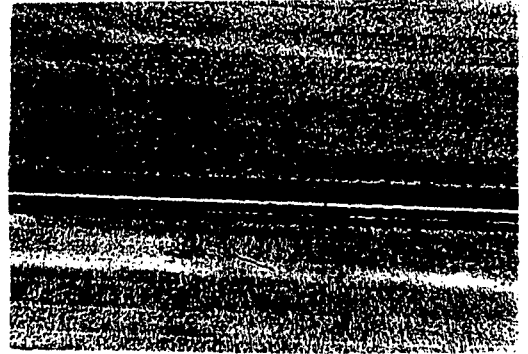
을 주지않고 테이프에 비해 상대적으로 부드러운 성질을 갖고 있으므로(헤드의 표면경도가 알루미늄보다 약 6배 높음) 테이프를 보호하도록 되어 있다. 그러면 회전헤드드럼과 테이프의 손상은 어떻게 일어나는가?

그림 5는 기존 알루미늄드럼에 대한 500시간 MODE변환 가속시험후의 회전헤드드럼표면 관찰 결과를 표시하였다. 그림 5(a)는 시험후 표면상태의 사진이며, 드럼의 표면을 보면 이물질이 박혀있는 형상을 보여주고 있다. 그때의 드럼표면을 EDS(Energy Dispersive Spectrometry)분석하여 성분을 조사하면 그림 5(b)에서와 같이 테이프 자성체의 재질인 산화철 성분이 관찰되고 있어 드럼 표면에는 테이프 자성체가 박혀 있다고 판단된다. 일반적으로 회전헤드드럼의 표면은 테이프와의 접촉을 방지하고 공기의 유동을 좋게하기 위하여 그림 6의 (c)와 같이 초기에 적당한 형상의 표면조도를 갖도록 가공하고 있는데, 그림 5(c)는 시험후의 드럼표면조도를 측정된 것으로 표면이 매끄럽게 변하여 마멸이 일어나 있는 것을 보여주고 있다. 따라서 알루미늄 표면으로 된 기존의 회전헤드드럼에는 부드러운 드럼표면에 상대적으로 강한 테이프의 자성체가 박히게 되고 표면자해도 마멸이 일어난 것으로 확인된다.

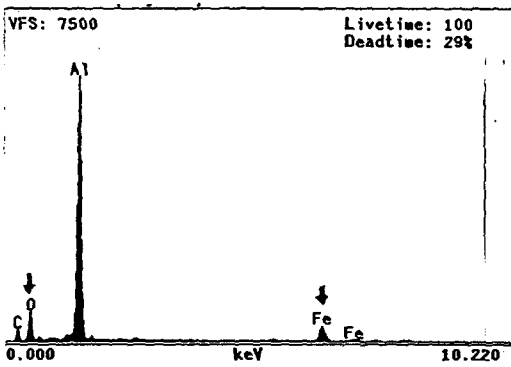
그림 6은 코팅한 드럼의 500시간 MODE변환 가속시험 후 회전헤드드럼표면 관찰결과이다. 코팅



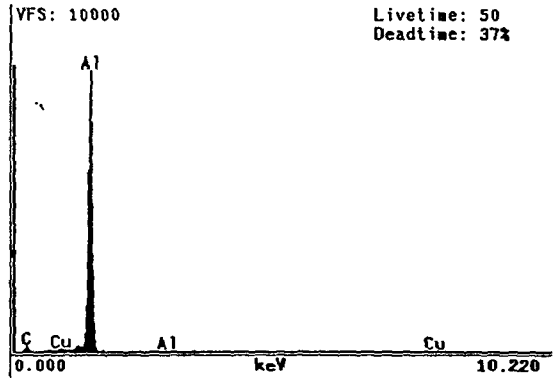
(a) 드럼표면상태의 현미경사진



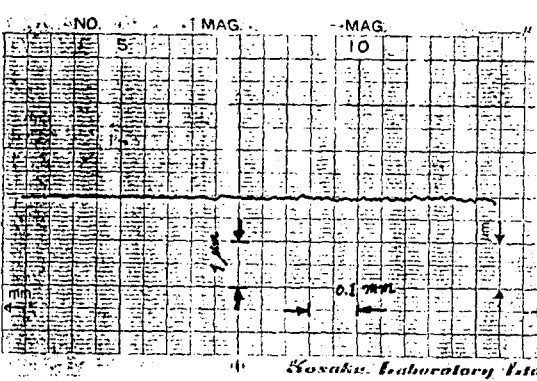
(a) 드럼표면상태의 현미경사진



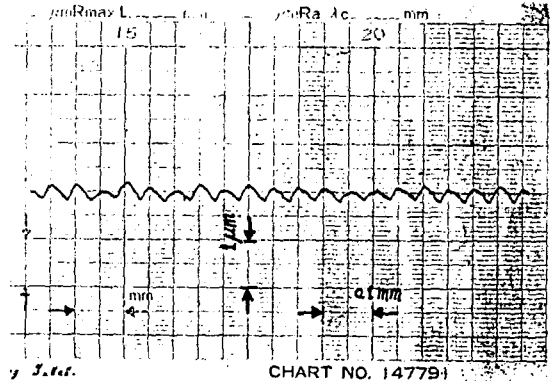
(b) 표면성분분석(EDS)



(b) 표면성분분석(EDS)



(c) 표면조도



(c) 표면조도

<그림 5> 기존 드럼의 500시간 mode 변화시험후 결과

<그림 6> 코팅 드럼의 500시간 mode 변화시험후 결과

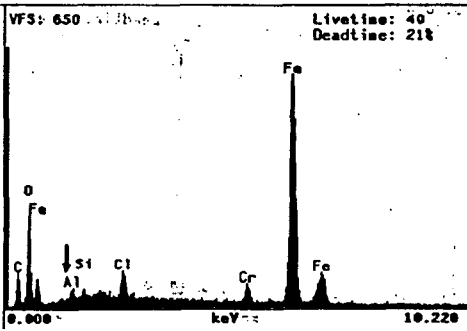
드럼의 경우는 기존 알루미늄드럼과는 달리 시험 후의 표면도 깨끗하며 표면에 이물질이 박히거나 묻어있지 않다. 또한 표면조도도 초기의 상태를 유지하고 있다.

그림 7(a), (b)는 기존드럼 및 코팅드럼 시험에 사용한 테이프표면을 EDS를 통해 성분분석 하였다. 여기에서 보면 기존드럼시험에 사용한 테이프의 표면은 알루미늄 성분이 검출되고 있으나 코팅드럼의 경우는 검출되고 있지 않다.

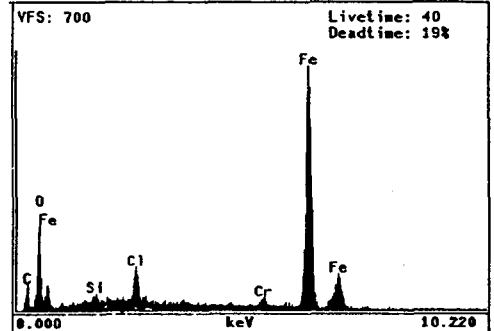
그림 8은 드럼과 테이프의 마멸구조를 확인하기 위하여 일정시간 가혹시험을 한후 테이프 마멸상태를 보인 것이다. 여기서 테이프는 일정한 장력에

서 고정하고 이송시키지는 않았다. 그림 8의 (a)는 기존드럼으로 테이프를 마멸시킨 결과로 테이프는 표면의 자성층이 모두 박리된 현상을 보여주고 있으며, 그림 8의 (b)는 코팅드럼으로 테이프를 마멸시킨 결과로 테이프는 양 끝부분만 자성층이 박리되어 있는 것을 보여주고 있다. 따라서 기존의 알루미늄표면을 가진 드럼 보다는 코팅드럼이 신뢰성 측면이나 테이프보호성 측면에서 우수하다는 것을 보여주고 있다.

기존 알루미늄표면의 회전헤드드럼과 테이프의 마멸구조는 그림 9와 같이 표현할 수 있다. 즉 회전헤드드럼과 테이프의 접촉이 장기적으로 일어나

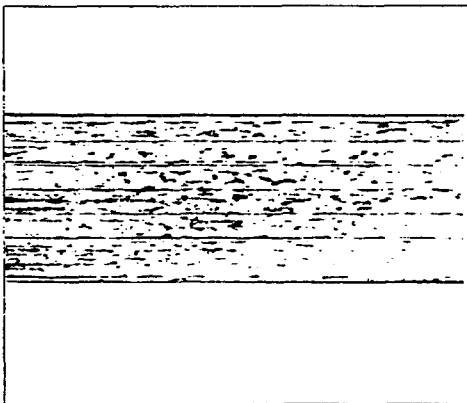


(a) 기존드럼에 사용한 테이프

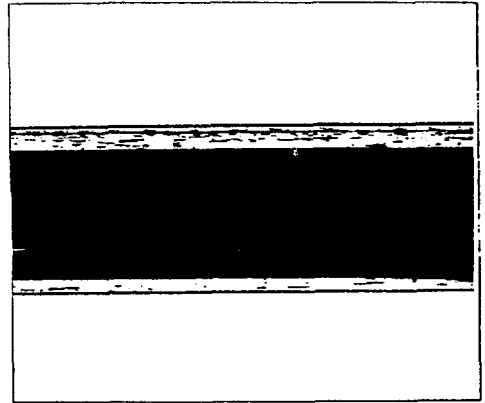


(b) 코팅드럼에 사용한 테이프

〈그림 7〉 Mode 변화시험에 사용한 테이프 표면성분 분석

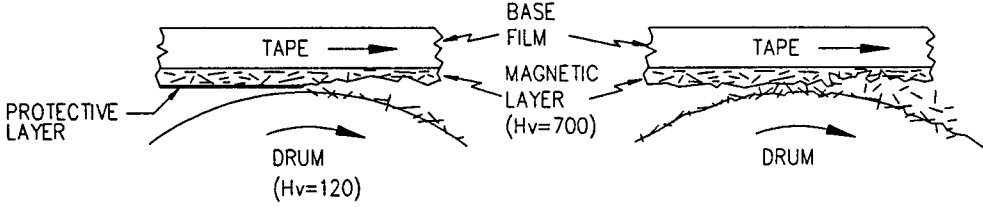


(a) 기존 드럼



(b) 다이아몬드상 카본코팅 드럼

〈그림 8〉 가혹시험후 테이프 마멸상태



〈그림 9〉 회전헤드드럼 및 테이프의 마멸구조

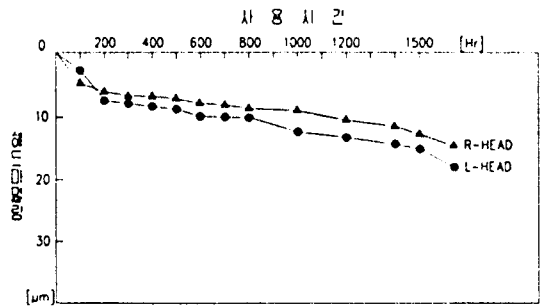
면 테이프 표면이 파괴되고, 이어 테이프 자성체가 상대적으로 약한 알루미늄드럼 표면으로 침투해 들어가며 이 침투해 들어간 자성체가 같은 성분인 테이프의 자성층을 파괴하고 드럼표면을 손상시키면서 이탈하는 과정을 반복적으로 순환하면서 서로 마멸이 진행된다.

코팅드럼의 경우는 드럼표면에 경질박막 즉 기존의 알루미늄보다 마찰계수가 작고 테이프의 자성체보다 경도가 강한 물질을 코팅하게 되면 테이프와 드럼의 마찰에 의한 테이프 표면 파괴를 줄이고 테이프의 자성체가 드럼표면에 침투하는 것을 막아 보호하기 때문에 기존드럼과 같은 테이프손상의 악순환을 줄여 VCR의 신뢰성과 테이프보호성을 높일 수 있다. 기존의 알루미늄드럼에 있어서도 알루미늄표면이 공기중에 노출되면 약 3nm 정도의 산화막이 형성되는데 이 막은 통상적으로 “알루미나”라고 칭하며 경도가 매우 높아서 경질박막에 상응한다. 그러나 알루미나는 마찰계수가 높고, 취성이 강하여 테이프와 접촉시 테이프를 쉽게 손상시키며 자신 또한 쉽게 깨어져 나오게 된다. 특히 3nm의 얇은 막이므로 보호막으로의 역할은 할 수 없다. 이러한 현상은 그림 7(a)에 나타난 바와 같이 기존드럼에 사용한 테이프에서 알루미늄의 성분이 검출되는 것으로 확인된다.

다. 헤드와 테이프의 마멸관계

헤드와 자기테이프의 마멸은 헤드드럼의 경우와는 달리 경도가 서로 비슷하여 마찰에 의해 전단력을 심하게 받으면 서로 같이 마멸되어 깨져 나오게 되며 이렇게 발생한 마멸입자는 한쪽이 상대방으로 파괴 들어가지 않고 이탈된다. 그림 10은 기존드럼의 경우 시간에 따른 헤드의 마멸량을 도시하

였다. 헤드는 일반적으로 1,000시간에 10 μ m 가량 마멸하며 돌출량이 약 15 μ m 이하가 되면 신호를 기록재생하지 못하게 된다. 본 그림에서 특이하게 보아야 하는 것은 초기마멸과정이다. 마멸그래프의 기울기가 초기에 급격한 것은 테이프의 표면조도에 의한 영향도 있으나, 일반적으로 헤드와 테이프가 접촉할 때 초기 헤드의 조립자세 등이 테이프 거동상태와 불합치하므로 이것이 합치할 때까지 마멸이 급격히 일어나기 때문이다. 일반적으로 이러한 과정을 길들임(RUNNING IN)과정이라고 한다. 예를 들면 자동차를 처음 구입하였을 때 길들이는 것과 같은 맥락의 현상이다. 이러한 길들이가 원활하지 못하면 어느 한쪽이 불균일하고 심하게 마멸되는 현상을 일으키게 된다.



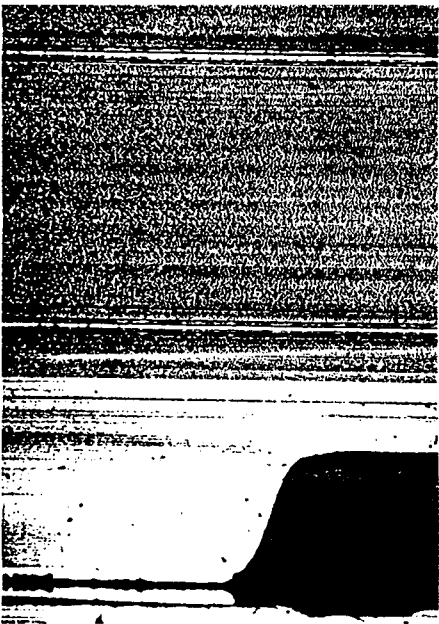
〈그림 10〉 VCR 사용시간에 따른 헤드 마멸량

2. 헤드드럼의 이물부착에 의한 화질손상
가. 회전헤드드럼에 의한 영향

그림 11은 1,000시간 신뢰성시험후의 헤드드럼



DLC

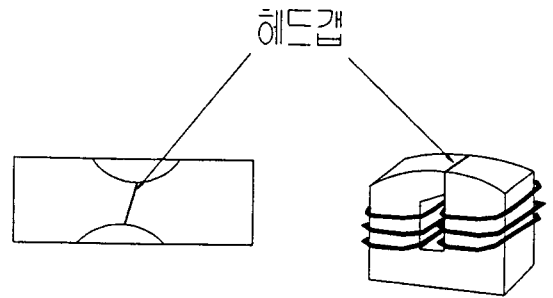


AL

〈그림 11〉 1,000시간 신뢰성 시험후 헤드드럼의 창문 부위 사진

의 창문부근의 사진이다. 여기서 기존알루미늄드럼에서는 창문부근의 드럼표면이 심하게 닳고, 상부에는 이물이 침투해 있는 것을 보여주고 있으며, 코팅드럼(DLC)의 경우는 드럼표면이 시험전의 경우와 별차이가 없고 이물흡착도 미세하다. 일반적으로 이물은 드럼 혹은 헤드표면에 일부가 한번 흡착되면 이것을 핵으로 해서 성장하게 된다. 특히 VCR사용상 이물부착은 대부분 테이프를 장기간 사용할 경우 전술한 바와 같이 회전헤드드럼과 테이프와의 상호마멸에 의해 테이프내에서 바인더라는 접착제 성분이 석출되어 이것이 헤드에 부착되면 건식클리닝테이프에 의해서도 거의 제거가 되지 않는 이물이 된다.

영상용 헤드는 그림 12와 같이 사선으로 그어진 헤드갭에서 신호를 기록, 재생하게 되는데, 헤드가 이물이 성장하여 헤드갭을 막으면 테이프와 헤드사이 간격손실을 유발시켜 신호의 기록 및 재생이 불가능하게 되고 화면에는 노이즈만 보이게 된다. 따라서 가정용 VCR에 있어서 이물에 의한 화질손상을 줄이기 위하여 이물발생원인을 줄이는 것이 중요한데 전술한 바와 같이 헤드드럼에 코팅하면 테이프보호는 물론 이물발생이 저감된다.



〈그림 12〉 비디오 신호용 헤드 구조 및 헤드갭

나. 헤드에 의한 영향

헤드는 초기 조립차세 때문에 테이프 거동과 불합치하면 테이프를 마멸시키고 자신도 마멸되어 그림 10에서 설명한 바와 같이 초기마멸상태를 지나면 합치상태로 가도록 되어 있다. 그러나 합치

되기 전의 초기상태에서는 테이프와의 접촉상태에서 테이프를 손상시키는 관계로 테이프의 이물질이 헤드에 옮겨 붙고 또한 바인더 성분도 헤드에 옮겨 붙어 헤드를 오염시키는 일이 나타나게 된다. 일반적으로 바인더성분이 아닌 이물질은 헤드를 얼마간 테이프상에서 주행시키다 보면 대부분 탈락되므로 헤드 크리닝 테이프 등으로 청소가 가능하다. 그러나 이러한 사항도 소비자의 불만사항이므로 초기 생산라인에서 헤드가공용 테이프를 사용하여 헤드와 테이프사이의 접촉상태를 초기에 합치상태에 가깝도록 하는 것이 헤드이물발생저감에 바람직하다.

3. 결 론

전술한 바와 같이 헤드이물의 저감은 헤드이물 발생의 근원을 차단하는 것이 중요하며 이러한 과정에서 헤드드럼의 테이프 주행면에 마찰계수가 작은 경질박막을 코팅함으로써 그의 문제를 해결할 수 있다. 또한 최근에는 신호를 기록재생하는 헤드에 직접코팅, 제품화하여 헤드의 수명을 연장하고 테이프를 보호하려는 시도가 있는데, 여기에 있어서는 헤드간극에 대한 손실보증, 코팅막의 접착력증진, 초기헤드자세조정문제 등을 잘 해결해야만 실제적으로 신뢰성, 헤드이물저감 및 화질보호

성이 향상될 수 있을 것이다.

이상에서 설명한 바와 같이 기존의 소비자 불만 사항이었던 헤드이물관련 화질불량문제는 해결할 수 없는 사항으로 소비자의 협조를 당부하였으나, 최근에는 헤드드럼에 코팅하는 등 적극적으로 헤드이물발생으로 인한 화질불량 문제를 해결하기 위하여 대책을 취하고 있는 바, 당사에서는 코팅드럼 채용 후 소비자의 헤드이물로 인한 화질불량 불만사항을 50% 이상 감소시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] VTR 테이프走行系の設計と評價, (株)トリケツプス, 第2, 3章
- [2] 日本電波新聞 1994. 8. 2 일짜
- [3] Thin Solid Films, Vol. 212(1992) pp. 240~244
- [4] SANYO Technical Review Vol. 21, No. 3, OCT. 1989, pp.3~10
- [5] NIKKEI Materials & Technology No. 141, MAY. 1994, pp.23

저 자 소 개



崔 泊 喆

1953年 10月 25日生
 1972年 2月 부산 동아고 졸업
 1972年 3月 연세대학교 기계공학과 입학
 1976年 2月 연세대학교 기계공학과 졸업

1978年 11月~1983年 2月 대한전선 VCR개발부
 1983年 3月~1994年 현재 대우전자 VCR연구소

주관심 분야: VIDEO 관련기기