

## 초미립 Metal Tape의 제특성에 미치는 제조공정의 영향

김주호

LG전자 마그네테크 연구소

충북 청주시 향정동 50번지, 360-480

김기호

충북대학교 재료공학과

충북 청주시 개신동 산 47, 360-763

(1996년 1월 10일 받음, 1996년 3월 5일 최종수정본 받음)

초미립 자성 입자를 이용한 MP (metal particle) 테이프의 특성을 개선하기 위하여, 제조 공정상의 여러가지 인자의 영향을 조사하였다. kneading 조건, milling 고형분, coating 두께, 배향조건, calender 조건, 경화 조건 등 주요 제조 조건에 따른 MP 테이프의 휘도(luminance) S/N, RF 재생 출력등의 전자 변환 특성과 광택, 점도, 강성(stiffness) 등의 물리특성이 조사하였으며, 이로부터 각 공정의 최적 제조 조건을 결정하였다. 이상의 제조 공정 조건으로 제조된 테이프는 High Band 8 mm 비디오 테이프에서 요구되는 전자변환특성, 물리특성 및 내구성 등의 기본특성을 모두 만족하였다.

### I. 서 론

도포형 자기기록 매체중 최고의 기록밀도를 가지는 metal tape은 자성체의 초미립자화에 따른 분산성을 증가시키는 것이 중요한 과제이다. 이를 위하여 관능기(functional group)가 도입된 vinyl binder 및 polyurethane binder 등의 적용과 함께 자성체의 형상 및 표면 조절에 의한 분산성 향상등 도료의 분산성에 주의가 집중되고 있으며 이에 대한 많은 연구를 통하여 해결책들이 제시되고 있다.[1] 이와같은 자성체 및 첨가제의 분산거동과 더불어 metal tape의 특성 향상을 위하여 고려되어야 하는 부분이 제조공정의 최적화이다. 각 제조공정 조건, 즉 milling 고형분, 배향조건, calender 조건, coating 두께등은 미세한 공정 조건의 변화에 의해서도 최종 metal tape 특성에 큰 영향을 미치며, 이에 따라 각 제조 공정 조건의 최적화는 매우 중요한 요소로서 작용한다. 그러나 이러한 제조 과정에서 여러가지 인자들에 대하여 종합적으로 연구한 논문은 거의 발표되지 않고 있다. 본 연구에서는 각 제조 공정에서의 여러 인자들에 대한 제어를 통하여 극대의 특성을 내는 최적 조건들이 조사되었다. 이와 같은 공정 조건의 최적화는 원료의 변경 및 조성의 변경없이 자기 tape의 특성을 향상시킬 수 있으며, 또한 원료 및 조성의 변경에 따라 최적의 공정 조건 또한 변화하기 때문에 이에 대한 충분한 고려를 필요로 한다. 공정조건은 실제 생산시 대부분 제한적 요소를 가지기 때문에 이에 대한 최적화를 필요로 한다. 그러므로 각 공정

조건의 결정에 앞서 실제 공정의 이해가 필요하다. 예를 들어 배향조건의 향상은 tape의 특성을 향상 시키지만, 일정 조건 이상의 배향 특성을 내기 위해서는 기존의 system을 새로운 system으로 전환해야 하며, 이는 새로운 설비 투자를 필요로 하게 되므로, 이를 고려한 적절한 최적 조건을 결정할 필요가 있다. 본 실험에서는 각 공정의 최적 조건을 결정하고, 최적화에 대한 원인을 조사하여 최적화의 방향을 제시하고자 하였다.

### II. 실험 방법

시료는 metal tape 생산에 다량 사용되고 있는 일본 KDK사의 항자력 1630 Oe의 초미립 metal powder와 binder, solvent등 기타 첨가제를 용량 2 l의 Kneader에서 고형분을 69~74 %로 변화시키면서 kneading 하여 광택을 측정함으로써, 분산성을 평가하여 최적 kneading 고형분을 결정하였다. kneading이 완료된 도료는 pre-mix tank에서 고속 교반후, 고형분을 27~33 %로 변화시키면서 용량 2 l의 grain mill에서 milling 하여 분산성을 조사하였다. milling이 완료된 도료는 filtering unit를 통하여 filter후 즉시 coating 되었다. coating 두께는 1.4~3.4  $\mu\text{m}$ 까지 변화시키면서, 아래에 기술하는 각 특성을 측정하여 두께에 따른 영향을 조사하였으며, 배향자석은 배향자석의 세기와 통과 시간을 조절하면서 최적 조건을 조사하였다. calender는 온도를 60~90  $^{\circ}\text{C}$ , 압력을 200-290 kg/cm로 변화시키면서 내구성, 마찰

계수 등의 특성을 측정하여, 최적 경화 조건을 결정하였다. 실험에서 분산특성을 나타내는 광택은 일본 SUGA사의 Digital Variable Gloss Meter로 측정되었으며, 자기특성은 일본 MCS사의 P-7 VSM (vibrating sample magnetometer)으로 측정하였다. 물리특성중 마찰계수는 일본 MCS사의 Tape Behavior Tester를 이용하여 측정하였으며 표면조도의 측정에는 Taylor-Hobson사의 Talystep이 사용되었다. 점도는 일본 TIKIM-EK사의 BM type 점도계를 이용하여 측정하였으며 강성(stiffness)은 정밀 Digital Balance를 이용하여 일정 길이의 테이프가 누르는 힘을 그림단위로 측정하였다. 전자변환특성은 SONY의 EVO-9500 Hi-Band 8 mm deck와 일본 Shibasoku사의 TV Test Signal Generator와 Noise Meter를 이용하여 측정하였다. 테이프의 내구성을 나타내는 내 scratch 특성은 5g 단위의 추를 이용하여 tension을 준 상태에서 VHS video head에 평행하게 3분동안 주행시킨후, 광학 현미경으로 관찰하여 날카롭게 표면이 손상되게 하는 추의 무게를 내 scratch 특성으로 하였다.

### III. 실험 결과 및 고찰

#### 1. Kneading 고형분에 따른 분산 특성의 변화

Kneading은 binder 및 연마제, carbon black, 자성체를 60~80%의 고형분으로 예비 혼합하여 도료의 pre-mix 특성을 향상시키거나 milling 효율을 증대시키는 과정이며, 이는 최종 도료의 분산 상태에 중요한 역할을 하

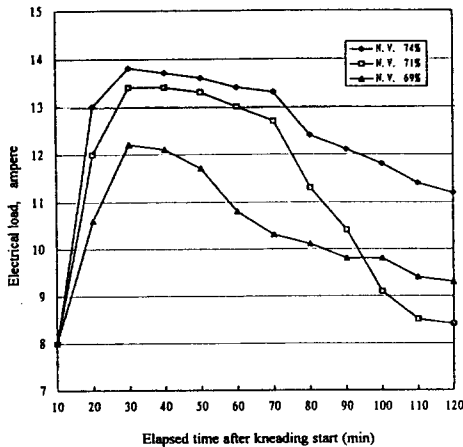


Fig. 1. Kneading effect of magnetic paints as a function of non volatile (N.V.) content with elapsed time.

는 공정이다. 그러므로 최적의 Kneading 조건을 찾아내는 것은 도료의 분산상태를 결정하는 중요한 요소이다. Fig. 1은 Kneading 고형분(Non-Volatile (N.V.) 함량)에 따른 kneader에 걸리는 부하의 변화를 나타낸 것이다. 일반적으로 kneader에 걸리는 부하가 크고 최대 부하 상태에서 유지되는 시간이 길수록 kneading 효과는 큰 것으로 보고되고 있다.[2] 이 결과로부터 kneading 고형분이 클수록 kneader에 걸리는 부하가 크며 이로서 고형분 74% 이상인 조건이 최적으로 예상되나, 이러한 조건하에서 kneading된 도료의 상태를 관찰한 결과 wetting 되지않은 미세한 분말이 남아 있는 것이 관찰되었다. 이와같은 미세한 분말은 milling시 분산의 불균일성을 일으키며, 특히 metal powder와 같은 공기 접촉시 급격한 산화의 위험이 있는 자성체의 경우는 화학적 변화 및 화재의 위험이 있으므로 주의를 요한다. 그러므로 위 결과로부터 kneading 고형분은 분말이 관찰되지 않는

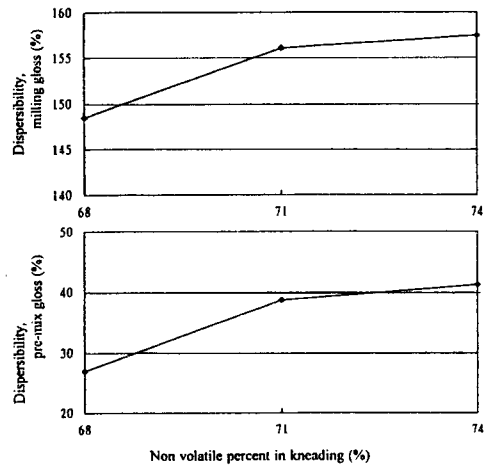


Fig. 2. Dispersibility of metal powder as a function of solid content of paints in kneading. Milling gloss represents 10 hours grain milling states and pre-mix gloss represents 2 hours stirring states.

71% 근처의 고형분으로 하는 것이 적절한 것으로 판단된다. Fig. 2는 이와같은 각 고형분으로 kneading된 도료에 용제를 첨가하여 고속 교반기로 2시간 교반후 applicator로 hand coating 하여 도료의 pre-mix 광택과 최종 milling 광택을 측정하여 그 분산성을 평가한 결과이다. 광택 측면에서는 74% 고형분 경우가 71% 고형분 보다 약간 우수하지만 앞에서 언급된 metal powder의 안정성 문제등으로 kneading 고형분의 최적 조건

은 71%로 하여 앞으로의 모든 실험을 행하였다. 또한 위 그림으로부터 kneading 광택(pre-mix 광택)은 도료의 최종 분산 광택과 직접적인 관계가 있음을 알 수 있다.

### 2. Milling 고형분에 따른 분산 특성의 변화

일반적인 VHS video tape용 도료의 제조 공정은 vinyl계 binder만을 이용하여 1차 milling을 하며, 1차 milling이 완료된 후 polyurethane binder를 투입하여 milling후 분산을 완료한다. 이와같은 milling 공정을 1차, 2차로 나누어 실시하는 원인은 최적분산을 위한 도료의 점도는 일반적으로 5000 cps 근처이며, coating 되는 점도는 1000 ~ 2500 cps 근처이기 때문이다. [3] 즉 최적 milling 점도와 최적 coating 점도와의 차이를 2차 milling을 통하여 해결하며, 이러한 이유로서 이 과정을 let down 공정 이라고도 한다. 그러나 let down 공정에서 투입되는 polyurethane binder와 용제는 1차 분산된 도료를 재응집 시키고, 분산성을 악화시키는 악영향이 있다. 그러므로 일반적으로 고밀도 기록용의 초미립자 분산의 경우에는 위의 let down (2차 milling) 공정은 생략되어 1차 milling으로 모든 원료의 혼합 및 분산이 이루어져야 한다. 그러므로 최근에는 고점도(5000 cps 근처)에서 coating 하는 기술이 확립되어 새로이 적용되고 있다.

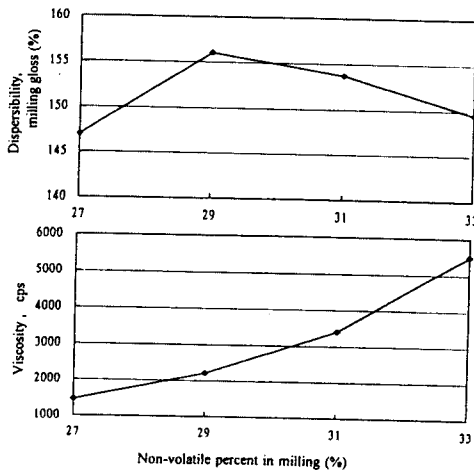


Fig. 3. Viscosity and Dispersibility of magnetic paints as a function of solid content of paint in milling. Viscosity and milling gloss represent the states of 10 hours grain milling.

Fig. 3은 milling 고형분에 따른 점도 및 mill 완료후의 광택을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 milling

고형분이 증가함에 따라 도료의 점도는 증가하며, 도료 점도 2200 cps 근처에서 최대의 분산 상태를 보여주고 있다. 이는 일반적으로 알려진 최적 milling(분산) 점도 5000 cps와 [3] 매우 다른 결과이며, 이는 binder 종류에 따른 영향 및 고점도의 경우 자성도료 유동성 저하에 따른 재응집 발생, metal powder 표면성질, vinyl계 binder와 polyurethane binder의 동시 혼합 milling에 따른 영향 등 여러 원인이 예상되나 이 현상은 좀더 상세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 3. 도막 두께에 따른 제특성의 변화

자성층의 두께는 자기 tape 제조원가의 중요한 부분이기 때문에 만일 특성이 동일하다면 두께는 얇을수록 경제적이다. 그러므로 최적 두께에 의한 강성(stiffness)의 조절 및 신호 출력의 향상은 자기 tape에서 고려되는 매우 중요한 사항중 하나이다. 일반적으로 coating 두께는 tape의 전자 변환 특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 두께가 감소할수록 색신호(chroma) S/N 특성이 저하하며, 또한 RF출력, audio MOL(maximum output level), audio sensitivity 특성등이 저하되는 것이 일반적이다. 그러나, 자성층의 두께가 두꺼워지면 자성층 내부의 자성체의 폐 loop 발생에 의한 두께 손실이 발생하여 재생 출력 전압을 저하시킨다. 이와같은 두께 손실은 野夕, 滿間猛등에 의해 다음과 같은 관계식이 제안되고 있다. [4][5]

$$L_t = 20 \log \frac{2\pi d \lambda}{1 - \exp(-2\pi d \lambda)} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

여기서  $L_t$ 는 두께손실,  $d$ 는 자성층 두께,  $\lambda$ 는 기록 파장(recording wavelength)이다. 이 식으로부터 자성층의 두께가 두꺼울수록 기록 파장이 적을수록 두께손실은 커진다. 이와같은 결과로부터 자기 tape은 자기 기록을 위한 최소한의 기록층인  $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 의 두께 이상에서는 두께가 얇을수록 재생 출력은 증가함을 알 수 있다. 그러나, tape의 두께에 따른 출력은 위의 결과와 상반된 경향이 있는데, 이는 tape의 강성에 기인한 신호 재생 출력의 증가이다. 일반적으로 tape와 head의 접촉력은 아래의 식으로 표현된다. [6] 이때 접촉력은 tape와 head의 spacing을 변화시키고 이에 따라 신호 재생 출력에 영향을 주는 factor가 된다. [7]

$$F = 2 E \varepsilon t w \sin \frac{\theta}{2} + 2T \frac{w}{W} \sin \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

여기서, F는 접촉력(contact force), E는 tape의 영률(young's modulus),  $\epsilon$ 는 tape의 연신율(elongation), w는 head core의 폭, W는 tape의 폭,  $\theta$ 는 head-tape의 접촉각(contact angle),  $\tau$ 는 tape의 장력이다. 위 식은 tape의 강성에 관계하는 항과 tape의 tension에 관계하는 항으로 구분된다. tape의 강성(stiffness)은 다음의 식으로 표현된다.[6]

$$S = \frac{E}{12(1 - \nu^2)} t^3 \quad (3)$$

여기서, S는 tape의 강성(stiffness), E는 tape의 영률(young's modulus),  $\nu$ 는 poison ratio, t는 tape의 두께이다. (3)식의 tape 강성은 (2)식의 접촉력에 영향을 주며, 이로서 tape의 두께가 증가하면 신호 재생 출력이 증가하게 된다. 또한 tape의 강성은 tape와 회전 head가 고속으로 접촉함에 의하여 발생되는 습동 노이즈(Rubbing Noise)에 직접적인 영향을 준다.[8] 강성의 증가(tape 두께의 증가)는 습동 노이즈를 감소시키고, Kawamata 등이 보고한[6] 바와 같이 습동 noise는 신호 재생 S/N비(signal to noise ratio)를 감소시키기 때문에 tape 두께가 두꺼울수록 신호재생 출력이 증가하게 된다. 이상에서 살펴본 tape 두께와 신호재생 출력간의 상반된 결과들로 부터 자기 tape의 도막 두께는 실제 경험을 통하여 두가지 대립 효과의 최적점을 찾아야 한다는 것을 알 수 있다.

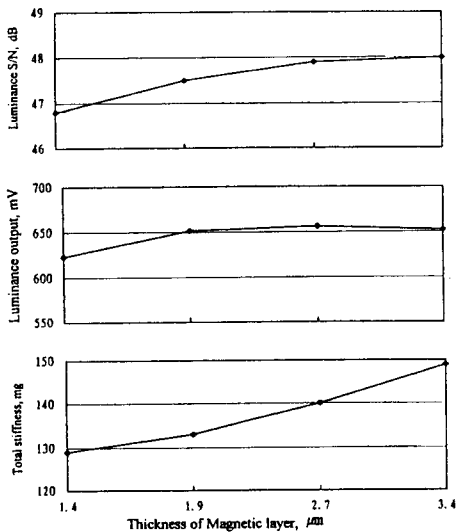


Fig. 4. Stiffness and electro-magnetic properties of metal tapes as a function of magnetic layer thickness.

본 실험에서는 gravure roll의 pitch 및 depth 변경을 통하여 coating 두께를 변경하였다. Fig. 4는 coating 두께에 따른 tape 강성과 휘도(luminance) S/N, RF 재생출력의 변화를 나타낸 것이다. 이때 총 강성(total stiffness)은 base film, back coating 층과 자성층을 모두 포함한 강성이며 도막 두께는 calender 후의 두께이다. 도막 두께가 증가함에 따라 강성은 증가하지만 휘도 S/N이나 RF 휘도출력(luminance output)은 두께 2.7 μm 이상에서 포화 특성을 보이고 있다. 이는 두께 손실과 강성에 의한 신호출력 상승의 상호작용에 기인하는 것으로 판단된다.

#### 4. 배향 조건에 따른 자기 특성의 변화

자기 tape에서 배향은 자성체를 일정 방향으로 배열시킴으로써 tape의 자기특성을 향상시키고, 이로서 tape의 전자 변환 특성을 향상시키는 과정이다. 자기 특성을 향상시키기 위해서는 배향자석의 세기를 증대시키거나 배향자석의 폭을 증대시켜 자장중 통과 시간을 증가시키는 방법, 그리고 2회 배향(double orientation)시키는 방법 등이 있으며 이 방법들중 일부는 생산 공정중에 적용되고 있다.

Fig. 5는 테이프 이동 속도를 20 m/min로 고정하고 자석간의 거리를 10 mm, 15 mm, 20 mm로 변화시켰을 때의 배향자석의 세기에 따른 자기 특성의 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 배향 자석의 세기가 증가함에 따라 SR(squareness ratio), SFD(switching field distribution)등 자기특성이 향상되었으며 이는 최종 전자 변환 특성을 향상시켰다. 본 실험에서는 3600 Gauss 이상의 배향자석 세기로 실험할 수 없었으나, 배향 자석의 세기를 증대시키면 자기 특성은 더욱 향상될 것으로 예상된다. Fig. 6은 자장의 세기를 3600 Gauss로 고정하고 테이프 이동 속도를 10 m/min, 15 m/min, 20 m/min으로 변화시켰을 때의 배향자석 통과시간에 따른 자기 특성의 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 배향자석 통과 시간이 증가할수록 자기특성은 향상된다. 그러나, 실제 생산 공정에서 coating speed는 생산량에 관계하기 때문에 이동 속도의 저하에 의한 자기 특성 향상 방법은 실제 적용할 수 없으며, 배향 자석의 넓이를 증대시키는 등 다른 방법으로서 자기 특성을 향상시켜야 한다. 자기특성은 단순히 배향자석의 세기에만 관련된 것은 아니며, 자성도료의 분산성, 연마제, carbon black등 첨가제의 형상 및 첨가량, calender 조건등 복합적인 요인에 의하여 변화된다. 그러므로 자기 특성의 향상을 위해서는 분산을 포함한 모든 조건들 사이

의 상관 관계에 대한 충분한 고려를 필요로 한다.

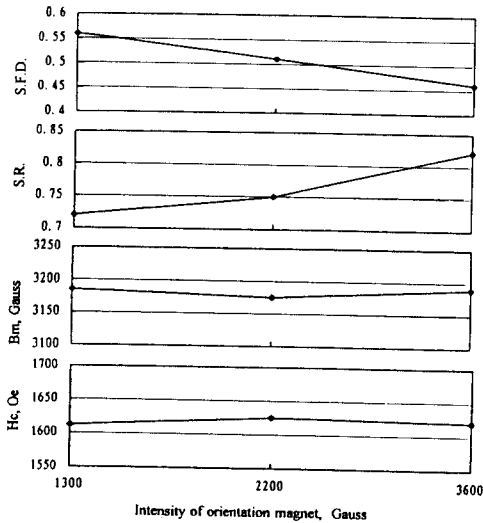


Fig. 5. Magnetic properties of metal tapes as a function of orientation magnet intensity. The intensity was adjusted by d, spacing between upper and lower magnet ( $d = 20, 15, 10$  mm), where  $H_c$  = coercive force,  $B_m$  = saturation magnetization, S.R. = squareness ratio, SFD = switching field distribution.

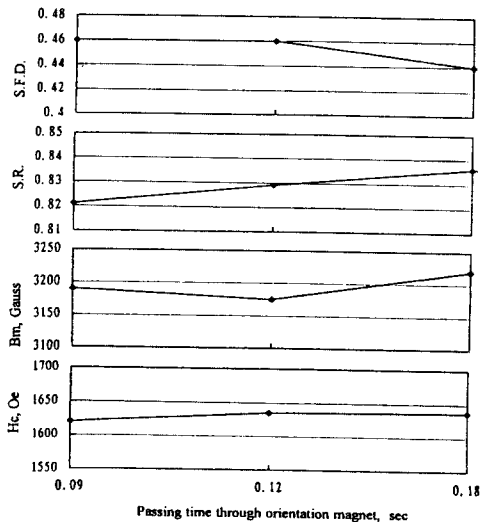


Fig. 6. Magnetic properties of metal tapes as a function of passing time through orientation magnet. The passing time was adjusted by coating speed (20, 15, 10 m/min), where  $H_c$  = coercive force,  $B_m$  = saturation magnetization, S.R. = squareness ratio, SFD = switching field distribution.

### 5. Calender 조건에 따른 제특성의 변화

calendering은 base film 위에 코팅된 도막을 고온, 고압으로 압착함으로써 코팅된 도막 표면의 표면조도를 낮추고, 도막 밀도를 높이는 역할을 한다. 일반적으로 binder의  $T_g$  (glass transition temperature)가 낮을수록 calender성은 증가하는 것으로 알려져 있다. calender는 온도, 압력의 영향 외에 calender roll의 표면조도, backup roll의 재질, pre-heating의 정도, calender speed 등 여러가지 요인들의 영향을 받는다.

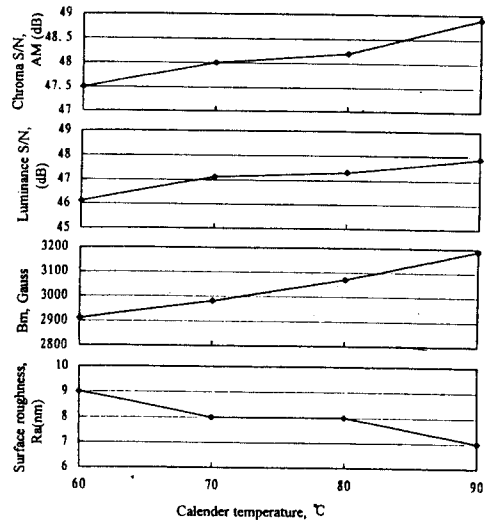


Fig. 7. Electro-magnetic and other properties of metal tapes as a function of calender temperature at constant pressure of 290 Kg/cm.

본 연구에서는 위의 여러가지 요인중 가장 영향이 큰 것으로 예상되는 calender의 온도 및 압력을 조절함으로써 calender 조건에 따른 표면조도 등 tape 제특성에 대하여 조사하였다. Fig. 7은 290 kg/cm로 압력을 일정하게 하고 온도를 60 °C ~ 90 °C로 변화시키면서 tape의 제특성을 조사한 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 90 °C까지 calender 온도가 증가함에 따라 표면조도와 자기특성이 좋아지고 이에 따라 전자 변환 특성이 향상되고 있다. 이는 Nakayama 등이 보고한 calender 효과에 비하여는 그 향상 효과가 적지만 그 경향은 잘 일치하고 있다. [9] 이와같이 표면조도가 좋아짐에 따라 전자 변환 특성이 향상되는 것은, tape와 head의 spacing이 적어짐에 기인하는 것으로 판단된다. 이와같은 spacing에 의한 신호 손실은 다음식에 의하여 표현된다.[7][10][11][12]

$$S_L = -54.6 d / \lambda \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

여기서,  $d$ 는 tape 표면과 head간의 거리,  $\lambda$ 는 기록 파장,  $S_L$ 는 spacing loss이다. 즉, 표면조도가 향상되면 tape 표면과 head 사이의 거리,  $d$ 가 감소하며, 이에 따라 spacing loss가 줄어들어 전자변환특성은 향상된다. Fig. 8은 90 °C로 온도를 일정하게 하고 calender 압력을 200 kg/cm ~ 290 kg/cm로 변화시키면서 tape 제특성을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 calender 압력이 증가함에 따라 자기특성과 전자변환특성이 미세하게 증가하는 경향이 있으나, 큰 차이는 없었다. 위 두 결과로부터 자기 tape의 calender 효과는 압력의 영향보다는 온도의 영향이 훨씬 큼을 알 수 있다. 이는 calendering이 도막을 구성하는 성분중 온도에 따라 그 물성이 크게 변화하는 binder (polymer)에 주로 작용함에 기인한 것으로 판단된다.

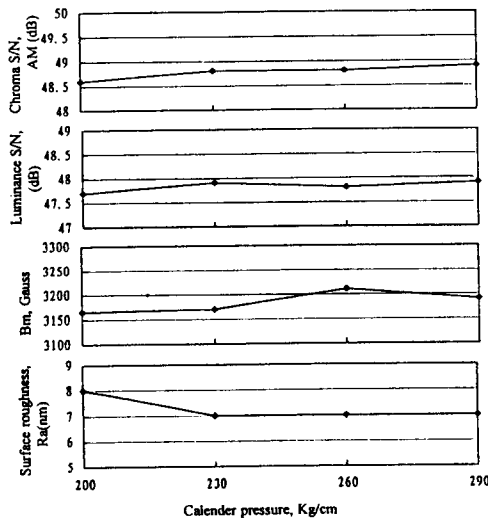


Fig. 8. Electro-magnetic and other properties of metal tapes as a function of calender linear pressure at constant temperature.

### 6. 경화조건에 따른 제특성의 변화

calender가 완료된 자기 tape은 경화실에서 일정온도로 경화된다. 이때 tape의 표면 조도는 base film의 표면 조도에 큰 영향을 받게 된다. 즉 tension 상태에서 고온(50 ~ 60 °C)으로 유지되기 때문에 base film의 표면조도가 자성층면으로 전사되어 표면조도가 변화하게 된다. [13][14] 또한 경화가 진행됨에 따라 도막의 탄성율이 증

가하게 되고 이에 따라 마찰계수가 감소하게 된다. 이와 더불어 base film에 부착된 이물이나 도막 표면에 부착된 이물은 경화과정중 도막으로 그대로 전사되어 최종 tape의 신호 누락(signal dropout) 특성에 큰 영향을 미치게 되며, 경화가 진행됨에 따라 base film과 도막의 접착력은 저하된다.[13]

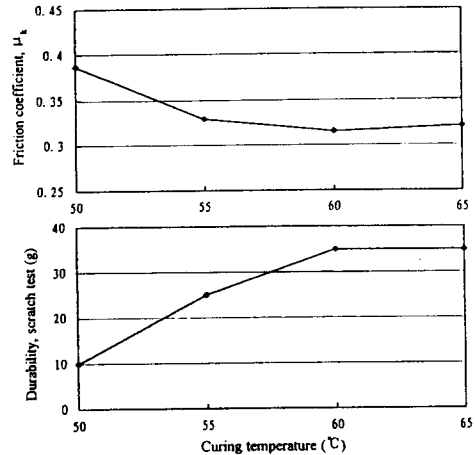


Fig. 9. Friction coefficient and durability of metal tapes as a function of curing temperature Scratch test time was fixed as 3 minutes.

Fig. 9는 경화 온도에 따른 마찰계수 및 tape의 내 scratch 특성을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 경화온도가 증가함에 따라 마찰계수는 감소하며, 내 scratch 특성도 급격히 향상됨을 알 수 있다. 특히 이 결과로부터 본 실험의 binder system의 경화온도는 반드시 60 °C 이상이어야 함을 알 수 있다. 그러나, 경화온도가 높을수록 tape 원단의 변형이 커지고, dropout을 일으키는 이물전사 특성도 증가하므로 경화온도가 너무 높으면 부작용이 일어날 수 있다. 그러므로 본 실험 조건하에서 경화온도는 60 °C 내외가 적절함을 알 수 있었다. 60 °C 이하에서 내 scratch 특성이 나빠지는 이유는 도막의 미경화에 의한 thermoplastic 상태의 존재로 내 scratch test 중의 온도 60 ~ 70 °C에서 도막이 손상되는 것으로 판단되며, 마찰계수의 증가는 위에서 언급된 탄성률의 감소에 기인한 것으로 판단된다.[13]

## IV. 결 론

초미립 metal tape의 제특성에 미치는 제조공정의 영

향을 조사한 결과, kneading 고형분은 71 % 내외, milling 고형분은 29 % 부근에서 최고의 특성을 나타내었으며, 자성층 두께는 2.7  $\mu\text{m}$  부근에서 최적의 특성을 나타내었다. 배향 특성은 배향자석의 세기가 클수록, 통과 시간이 증가할수록 높은 배향 특성을 보였으며, calender 조건은 온도 90  $^{\circ}\text{C}$ , 압력 290 kg/cm의 조건에서 최고의 특성을 나타내었다. 경화온도는 60  $^{\circ}\text{C}$  이상에서 마찰계수 및 내구성에 문제가 발생되지 않았다. 이상의 제조 공정 조건으로 제조된 테이프는 High Band 8 mm 비디오 테이프에서 요구되는 전자변환특성, 물리특성 및 내구성 등의 기본특성을 모두 만족시켰다.

### 참고 문헌

- [1] K. Masaki, Scientific Publication of The Fuji Photo Film Co., LTD., No. 33, p20 ~ 26.
- [2] MMIS, Mechanical & Chemical Considerations in the Preparation of High Quality Magnetic Media Formulations, section 2, part B p211 ~ 241 (1986).
- [3] T. C. Patton, Paint Flow and Pigment Dispersion, 2<sup>nd</sup> Edition, A Wiley-Interscience Pub., p452 ~ 454 (1979).
- [4] 野夕宮裕一郎, 비디오 기술 핸드북, 月刊

- Audio Video, 第一部 p23 ~ 50. (1989).
- [5] 滿間猛, 磁氣 메디아 技術, 日本 磁氣 메디아 工業會, (1990). p54 ~ 67.
- [6] T. Kawamata, Y. Mizuh, H. Hagiwara, 磁氣記錄 研究會 資料集, MR 82-15, p9 ~ 15 (1982).
- [7] 持木一明, 究極 の ビデオ, 電波新聞社, p179 (1990).
- [8] T. Mizoh, H. Hatanaka, National Technical Report Vol, 31. No. 6, p152 ~ 159 Dec (1985).
- [9] Y. Nakayama, H. Kobayashi, 磁氣記錄 研究會 資料集, MR 81-37, p31 ~ 35 (1981).
- [10] C. Denis Mee, Eric D. Daniel, Magnetic Recording, Vol 1. chap 1 (1987).
- [11] 電子 技術 研究會, 最新 VIDEO 技術 HAND-BOOK, 圖書出版 技文社, (1994) p62 ~ 64.
- [12] John c. Mallinson, The Foundation of Magnetic Recording, Academic Press Inc, (1987) p 33 ~ 34, 83 ~ 87.
- [13] 田中久一郎, 總合 技術 資料集, 磁氣 테-프-헤드 走行系の摩擦, 磨耗とトラブル 對策, 工學 情報 センター-出版部, (1987) p28 ~ 34, 173 ~ 180, 222 ~ 237.
- [14] 長川達, 萩原一, National Technical Report, Vol. 28, No. 3, p137 ~ 145, June, (1982).

## Effect of Manufacturing Process Conditions on Characteristics of Metal Particle Tape

Jooho Kim

Research Laboratory, Magnetech, LG Electronics Inc. Cheongju, 360-480

Kiho Kim

Department of Materials Engineering, Chungbuk National University Cheongju, 360-763

(Received 10 January 1996, in final form 5 March 1996)

The effects of various manufacturing conditions on the characteristics of metal particle tape using ultra-fine metal powder were investigated. As functions of kneading conditions and milling solid contents, coating thickness, orientation, calender and curing conditions, various properties of the tapes were studied. By the consideration of physical and electromagnetic properties of the tapes, optimum process conditions were determined. As a result of above investigations, we concluded that manufacturing processes were very important factor in addition to dispersion behavior of particles for achieving maximum properties of the metal particle tape.