

## 도포형 자기기록 매체의 자성층에서 자성체의 배향거동과 배향상태에 따른 Tape 특성의 변화

김상문 · 김태욱

부산대학교 공과대학 무기재료공학과  
부산시 금정구 장전동 산 30번지, 609-735

신학기

경남공업 전문대학 화학공학과  
부산시 북구 주례 2동 167번지, 609-701

여운성

LG 전자 멀티미디어 사업본부 마그네테크 OBU 연구소  
충북 청주시 흥덕구 향정동 50번지, 360-480

(1997년 11월 24일 받음, 1997년 12월 20일 최종수정본 받음)

폴리에스터 film 위에 자성도료를 도포 후 자성체의 배향 거동을 살펴보았다. static orientation 처리하여 평가한 결과 자성도료가 도포된 film이 배향자석을 통과할 때 배향자석의 입구측과 출구측에서 배향성이 최대로 나타나나 출구측이 약간 낮게 나타났으며 배향자석의 출구를 지나면서 static energy의 감소와 entropy의 증가에 의하여 도막의 건조과정 중 배향성은 서서히 감소되다가 완전히 건조되면서 일정한 수준으로 유지되었다. 그리고 film의 중심부보다 양쪽의 edge 부위에서의 배향성은 떨어지는데 그 원인은 배향자석의 형태에 기인하는 것으로 생각된다.

Dynamic orientation 처리하여 평가한 결과 자기 tape에서 자성도막의 배향성이 향상됨에 따라 전 대역에서의 출력 특성은 향상되었으며 건조 조건에 따라서도 tape의 배향성이 변하였다. 따라서 자기 tape의 출력특성을 향상시키기 위하여는 배향자석의 설계 및 자성도료의 건조 조건 등의 검토가 필요하다고 생각한다.

### I. 서 론

현재 범용화 되어있는 자기 tape는 장축 1.0  $\mu\text{m}$  이하의 침상형 자성체를 윤활제, 분산제, 대전방지제, 연마제와 같은 첨가제와 함께 결합제 용액속에 분산시켜 자성도료를 만들고 이 도료를 폴리에스터 film에 도포하여 제조되고 있다.

자기 tape의 기록 밀도 향상을 통한 출력특성의 향상을 위하여 자성분의 형상 및 표면화학특성과 자기특성 향상, 자성도막의 표면성 개선, tape의 자성도막층에서 자성분의 충전성 향상 등이 현재 시도되고 있다.

자성분의 형상 특성 개선을 위하여는 자성분 제조 시 자성분말의 열처리 과정에서 생기는 pore나 dendrite 등을 줄이는 방법들이 시도되고 있으며, 표면화학 특성 개선을

위하여는 자성분 표면에 무기물 또는 유기물 표면 피막층을 형성시키거나 표면의 수분함량, pH, 흡유량 등을 조절하는 방법들과 자성분의 자기 특성을 개선하여 사용하는 목적에 맞도록 하는 방향으로 연구가 진행되고 있고 자기 tape의 표면성 향상을 위하여는 자기 tape의 base film으로 사용되고 있는 폴리에스터 film의 표면성을 향상시키는 방법과 자기 tape 제조 시 자성도료를 폴리에스터 film에 도포 건조 후 자성층 표면을 평활처리하는 calendering 공정의 개선을 통하여 이루어지고 있다.

또 자성 도막층내에서의 자성분의 충전성을 향상시키는 방법에는 자성분의 미립자화, 고분산화시키는 방법과 tape의 자성 도막층내에서 자성분을 일정한 방향으로 배향되게 하는 배향성 향상을 통하여 이루어지고 있다.

특히 자성도막층 내에서의 자성분의 배향성 향상은 도

포 후 자성분이 건조되기 전에 자성분의 자화용이축이 의부에서 가해진 자기장의 방향으로 배열되어지게 하여 자기 tape의 자성도막층에 자기이방성이 부여되어지게 함으로써 이루어진다.

자성분의 배향방법은 일반적으로 동일극이 서로 마주보게하여 두자극의 반발력에 의하여 반발 자기장의 방향으로 배향되어지게하는 방법이 일반적으로 사용되고 있으며, 자기 tape의 고밀도화 및 고성능화를 위하여 자성분의 배향은 매우 중요 시 되어 현재는 두개 이상의 자석을 마주보게하여 배향시키는 방법들이 실용화 되고 있다. 특히 자기 tape에서의 배향성 향상은 video tape에서도 중요시 되지만 audio tape에서 더 중요한 과제가 되고 있다.

본 연구에서는 자기 tape의 배향성 향상을 통하여 출력율을 높이는 방법을 찾기위하여 자기 tape 제조에 있어서 자성도료가 폴리에스터 film에 도포된 후 배향자석으로 배향 처리할 때 자성층에서 자성체의 배향기동을 고찰하고 자기 tape 제조 후 배향상태에 따른 특성의 변화에 대하여 연구한 것을 보고하고자 한다.

## II. 실험

### 1. 자기 Tape의 제조

본 실험을 위하여 산화철 자성분으로 보자력이 380 Oe이고 BET가 26 m<sup>2</sup>/g인  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 이용하여 자기 tape를 제조하였다. 먼저 2-butanone, toluen, cyclohexanone 용제가 혼합되어 있는 용기에 자성분을 투입하여 교반시키면서 tape가 주행계에서 주행 시 tape에 부착된 이물질로 인하여 head gap 막힘이 생기는 것을 방지하기 위하여 평균입경이 0.8  $\mu$ m 인 구상의  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 연마제 분말과 tape에서 발생하는 정전기로 이물질이 부착되는 것을 방지하기 위한 대전방지제로서 1000 Å 이하의 carbon black 분말을 차례로 투입하여 교반한 다음 자성분, 연마제, 대전방지제의 분산을 돕기위한 분산제와 윤활제를 투입하여 혼련한 후 PVC binder 용액을 투입하여 sand mill 분산기로 6시간 교반시킨 후 2-butanone, toluen, cyclohexanone이 혼합된 용제에 용해되어 있는 polyurethane binder 용액과 상기의 혼합 용제를 투입하여 도료의 농도를 조정한 다음 sand mill 분산기를 이용하여 2시간 정도 추가 분산 처리하고 미분산 고형물을 filter (100  $\mu$ m)로 제거하여 균일하게 분산된 자성도료를 제조하였다. 제조된 자성도료를 gravure 도포기를 이용하여 두께 11.5  $\mu$ m의 polyester film에 도포하여 도포막 내부의 자성체를 배향처리하고 건조시킨 다음 표면평활 처리(calendering)하여 최종 도막 두께가 5.0  $\mu$ m

로 되게한 후 3.81 mm의 폭으로 제단(slitting)하여 자기 tape를 제조하였다.

### 2. 배향성 test 방법

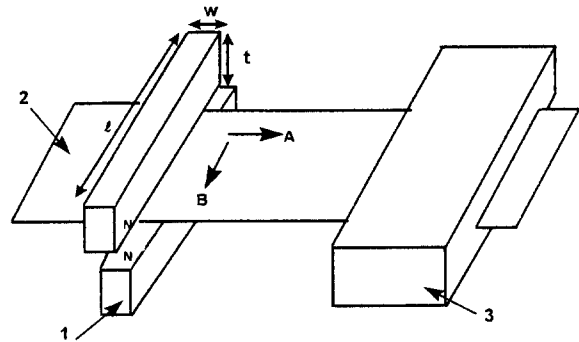
상기의 자기 tape를 제조할 때 자성층의 자성체를 배향 처리하는데 있어서, 배향은 Fig. 1에 나타난 배향장치에서 다음의 두가지 방법으로 실시하였다.

#### (1) Static orientation

자성도료가 도포된 film이 배향자석 사이로 이동될 때 기계의 작동을 중지시켜 정지된 상태에서 자성 도막을 자연 건조시켜 배향처리하고 film의 진행 방향을 따라 부위별로 배향성을 평가하였다.

#### (2) Dynamic orientation

Fig. 1에 나타난 배향장치를 이용하여 배향자석 사이로 자성도료가 도포된 film을 20 m/min의 속도로 통과시켜 배향처리한 후 85  $^{\circ}$ C로 유지되고 있는 dryer를 통과시켜 도막을 강제 건조시켜 배향처리하고 부위별로 배향성을 평가하였다.



1.orientation magnets 2. magnetic tape 3.dryer  
 l: length of magnet(30cm) W: width(3.0cm)  
 t: thickness ( 5.0 cm)  
 A: machine direction B: transverse direction

Fig. 1. Orientation equipments for producing magnetic tape.

### 3. 측정 방법

#### (1) 자기 특성

자기 tape와 자성분의 자기 특성을 TOEI社 P-7 시료 진동형 자기측정기를 이용하여 보자력, 각형비, 배향비, switching field distribution (SFD) 특성을 측정하였다.

(2) 전자변환 특성

측정용 deck로서는 recording head의 gap이  $0.4 \mu\text{m}$  이고 playback head의 gap이  $0.3 \mu\text{m}$  인 NAKAMICHI 社の의 DECK를 이용하여 다음과 같은 특성들을 평가하였다. 이때 측정조건은 equalization  $120 \mu\text{s}$ , 입력 bias 전류는  $7.0 \text{ mA}$ 으로하고 reference tape로서는 IEC-I tape를 사용하였으며 tape 주행 속도는  $4.76 \text{ cm/sec}$ 로 하였다.

- 1) Sensitivity 10 kHz (= SEN 10 kHz) 특성 :  $-20 \text{ dB}$ 의 10 kHz signal을 자기 tape에 녹음 후 재생 시의 출력 특성을 reference tape에서의 출력 특성과의 차이로 측정하였다.
- 2) Frequency Response : 최적의 bias level에서  $-20 \text{ dB}$ 의 신호를 입력하여 주파수를 20 kHz까지 변화시켜 가면서 기록하고 해당 주파수에서의 출력 상태를 측정하였다.
- 3) Maximum Out Put Level (= MOL) 특성 : 315 Hz의 signal로 녹음 후 재생 시 tape에서 최대출력이 나오게 할 때 출력신호에서 신호의 distortion이 original signal의 3%가 될 때의 출력 level을 측정하였다.
- 4) Saturation Output Level (= SOL) 특성 :  $-10 \text{ dB}$ 의 10 kHz signal을 tape에 녹음 후 재생 시 출력이 최대로 saturation 될 때의 출력을 측정하였다.
- 5) bias noise :  $-50 \text{ dB}$ 의 315 Hz 신호를 tape에 재생 시 나오는 noise를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

폴리에스터 필름에 자성도료가 도포된 후 자성 도막층에서 일어나는 자성체의 배향 기동을 분석하기 위하여 static orientation 방법으로 배향 처리한 다음 두 배향 자석의 길이 정중앙 부위로 지나가는 필름 부위에서의 배향성을 평가하여 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 (a)를 보면 자성도료가 폴리에스터 필름에 도포된 후 도포기의 기계적 구동과 도포 후 자성층의 표면을 평활하게 하여주는 smoother에 의하여 기계적 배향이 이루어져 squareness ratio가 약 0.7 정도로 나타났다. 도포 후 필름이 배향자석에 접근함에 따라 배향자석의 반발 자기장의 영향으로 squareness ratio는 급격히 증가하기 시작하여 배향자석의 입구로부터 약 3 cm 지점에서 최대가 되었다가 배향자석 간극 속으로 들어가면서 감소하다가 자석의 폭 중양을 지나면서 다시 증가하여 자석의 출구 쪽에서 증가하나 자석의 출구를 벗어나면서 부터 서서히 감소하여 dryer를 지나면서 일정치 수준으로 유지된다. 이것으로부터 자성

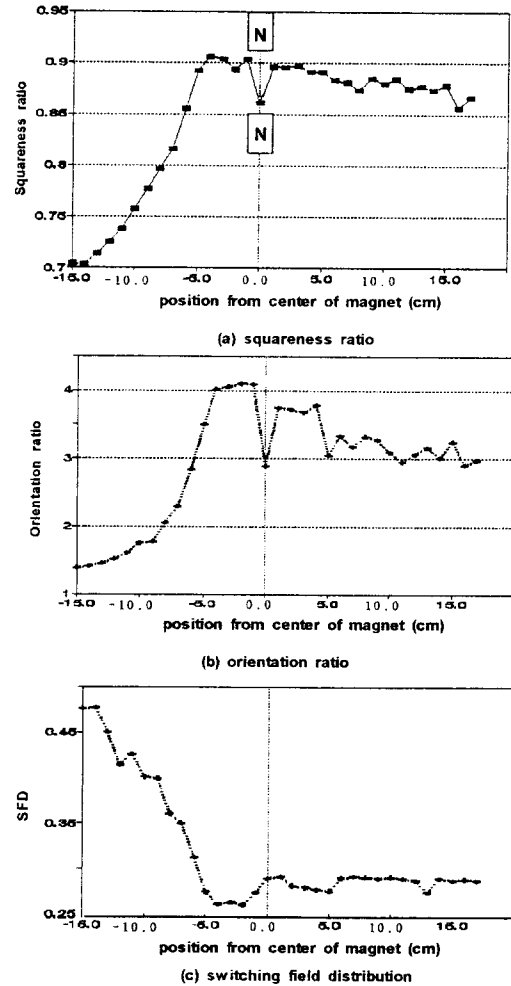


Fig. 2. Changes of orientation properties vs. position from the center of magnet at machine direction of the coated magnetic film by static orientation.

도료가 폴리에스터 필름에 도포된 후 기계적 배향이 이루어지고 배향 자석에 접근하면서 도료의 유동성 때문에 자성 도막층에서의 자성체의 배향은 급격히 일어나 최대치에 도달하게 되지만, 배향자석의 간극 속으로 들어가면서 부터는 상하 두 자석의 반발력과 기계적 진동에 의하여 배향성이 흐트러지게 되고 배향자석의 출구쪽으로 나가면서 출구측으로 밀어내는 두자석의 반발력에 의하여 배향성은 증가하였다가 자성 도막층의 자연 건조와 dryer의 열풍으로 인하여 자성 도막층에 포함되어 있는 유기 용제가 급속한 휘발과 함께 자성 도막층에 함유된 binder 성분의 수축으로 자성체의 배향이 흐트러져 배향성이 약간

감소되고 자성도막이 충분히 건조된 후에는 일정한 수준으로 유지된다고 생각된다. 그리고 Fig. 2로부터 각형비와 배향비 특성은 동일한 경향을 보이나 SFD 특성은 정반대의 경향을 보이고 있다.

자기 tape에서 각형비, 배향비와 SFD 특성과의 관계를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3으로부터 각형비와 배향비는 비례 관계가 있지만 SFD 특성은 반비례 관계가 있는 것으로 나타났다. Fig. 2와 Fig. 3으로부터 자기 tape의 배향성이 좋아지면 각형비와 배향비 특성은 향상되지만 SFD 특성은 감소됨을 알 수 있다.

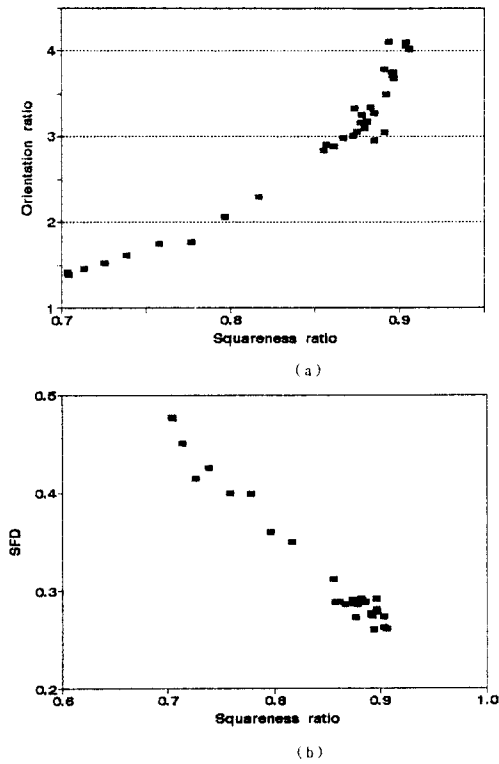
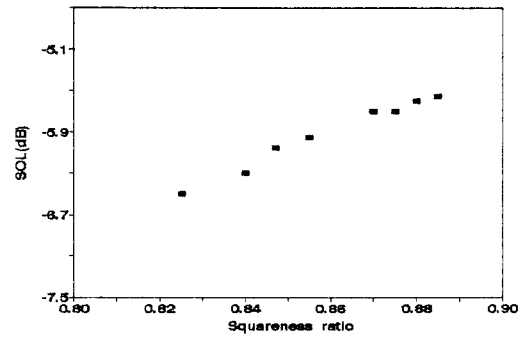
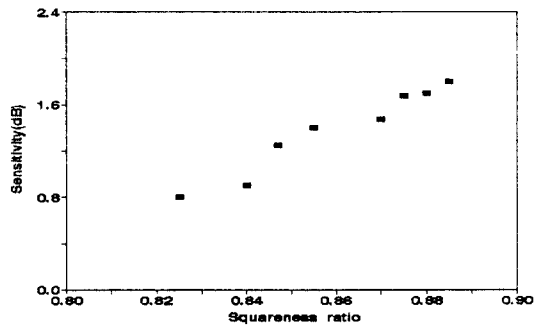


Fig. 3. The orientation ratio and SFD vs. squareness ratio in the particulated magnetic tape.

dynamic orientation 처리를 한 후 자기 tape의 배향성에 따른 10 kHz의 입력신호에 대한 전자변환 출력특성을 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4로부터 자기 tape의 배향성이 향상되면 최대 출력 특성과 sensitive 출력특성이 향상됨을 알 수 있으며 Fig. 4에 나타난 그래프의 기울기로 부터 자기 tape의 배향성이 출력특성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.



(a)



(b)

Fig. 4. Electromagnetic properties vs. squareness ratio in the particulated magnetic tape.

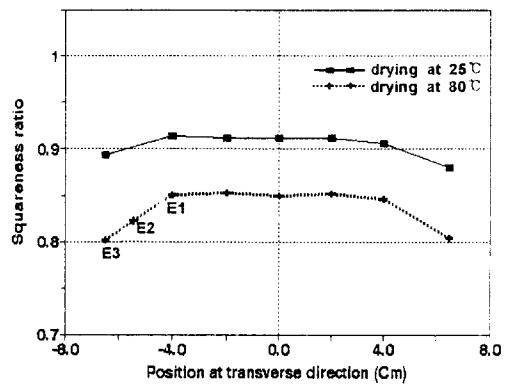


Fig. 5. Dependence of squareness ratio on drying condition at transverse direction.

Fig. 5는 배향자석의 길이방향 즉 자성도료가 도포된 필름의 폭 중앙으로부터 필름의 이송방향과 수직되는 방향인 transverse direction에서의 배향상태와 건조 조건

에 따른 배향상태를 나타낸 것이다. Fig. 5로부터 필름의 중앙부위에서는 배향성이 균일하게 나타나지만 필름의 edge 부위에서는 양쪽 끝으로 갈수록 배향성이 저하되는 것으로 나타났다. 그리고 상온에서 20ℓ/min의 풍속으로 서서히 건조하였을 때 보다 동일한 풍속을 갖는 80℃의 열풍으로 강제 건조 시켰을 때 squareness ratio는 더 낮게 나타나는 것으로 보아 건조 조건도 자성도막층의 자성체 배향에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

Film의 edge 부위에서 배향성 저하의 원인을 찾고자 하여 edge 부위 별로 sample을 채취하여 film의 이송 방향인 machine direction을 기준방향으로 하였을 때 sample에 가해지는 V. S. M.의 자기장의 방향을 기준방향으로부터 돌려가면서 배향성을 평가하고 배향성이 가장 크게 나타나는 각을 측정하여 그 결과를 Fig. 6에 나타 내었다.

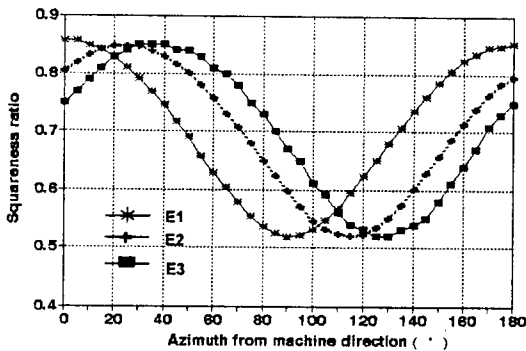
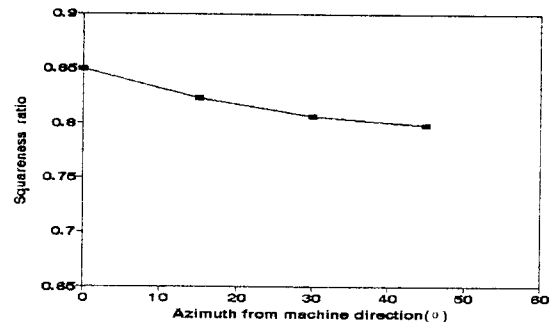


Fig. 6. Dependence of squareness ratio vs. azimuth from machine direction.

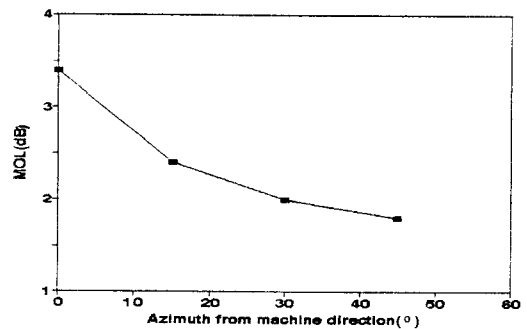
Fig. 6으로부터 film 폭의 중심부위의 자성도막층의 자성체는 주로 film의 이송방향으로 배향되어 있으며 machine direction으로부터 각도를 틀어감에 따라 배향성이 감소되어 90도 돌렸을 때는 배향성이 최저가 되었다가 90도 이상으로 돌려가면서 측정하면 180도 까지는 다시 증가하는 것을 보이며 이러한 경향이 반복적으로 나타나는 것이 확인 되었다. 이 사실로부터 자성체의 길이 방향으로 자화용이 축이 형성된 자성체가 배향자석에 의하여 배향 시 주로 machine direction쪽으로 자성체의 자화용이 방향이 향하면서 배향이 이루어지며 배향 자석의 양쪽 side 쪽에 위치한 film의 edge 부위로 갈수록 edge부에 있는 자성체의 배향 방향이 machine direction으로부터 벗어나 비스듬 하게 배향된다는 사실을 알 수 있다. 여러차례 실험한 결과 이러한 경향은 배향자석의 폭이

클 수록 더 심해진다는 것이 확인되었으더 그 원인은 배향자석의 표면에서 나오는 magnetic flux가 배향자석의 모서리 부분으로 몰리기 때문에 생기는 결과라고 생각된다.

자성체의 배향 방향이 machine direction으로 부터 벗어나 비스듬 하게 배향됨에 따른 tape의 자기 특성과 전자 변환 특성 중 최대출력(MOL)특성의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7로부터 azimuth각이 0도일 경우는 주로 자성체의 배향 방향이 machine direction쪽이며 azimuth각이 커질 수록 machine direction에서 벗어나 비스듬하게 배향되어 지며 그때의 전자 변환 특성은 감소하게됨을 볼 수 있으며 배향자석 양쪽 side부에서 배향된 tape의 출력특성을 개선하기 위하여는 배향자석의 검토가 필요하다고 생각한다.



(a)



(b)

Fig. 7. Changes of the orientation and electromagnetic properties vs. azimuth from machine direction.

tape의 배향성에 따른 bias 특성과 주파수 변화에 따른 출력특성의 변화를 측정하여 Fig. 8에 나타내었다. 각형비 값이 0.5 정도 차이를 나타내지만 그 차이에 따른 MOL315 Hz 특성과 SOL10 kHz 출력특성은 각 각

약 1.5~2.0 dB 정도의 차이를 나타낸다. 또 MOL315 Hz 특성과 SOL10 kHz 특성의 출력특성차이가 12 dB가 되는 bias 전류를 최적 bias 전류치라고 불리우는데 각형비값의 차이에도 불구하고 최적 bias 전류는 2.5 mA로 동일하게 나타났다. 그리고 주파수 특성은 각형비 값이 0.5 정도 차이가 날 때 20 Hz~7 kHz 대역에서 약 0.5 dB 이상 높은 주파수 특성을 나타낼 수 있다.

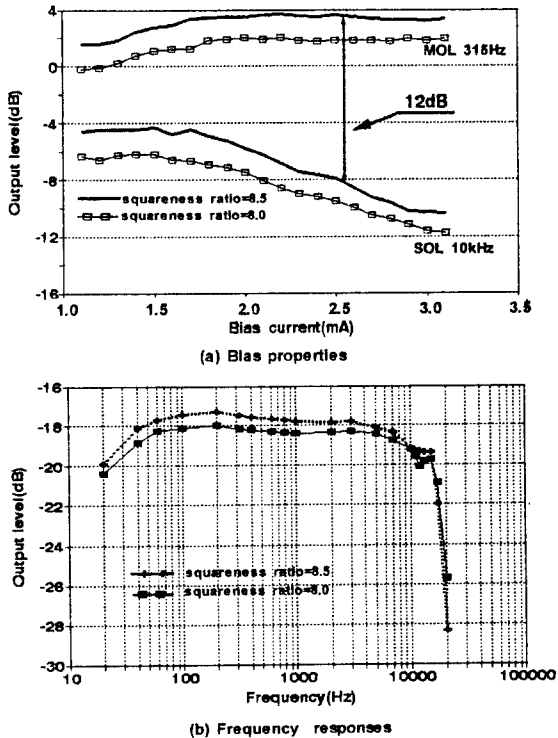


Fig. 8. Electromagnetic properties vs. squareness in the particulated magnetic tape.

#### IV. 결 론

1. 자성도료가 도포된 필름이 배향자석을 통과할 경우 배향자석의 출구측보다 입구측에서 배향성이 더 좋기 때문에 자기 tape의 특성을 향상시키기 위하여는 배향자석의 출구측에서의 배향성을 올리는 방법을 강구할 필요가 있다.
2. 배향 처리 후 자성도막의 건조 상태에 따라서 제조되는 tape의 배향상태가 달라지기 때문에 도포 후 자성도막층의 건조조건을 조절할 필요가 있다.
3. 자기 tape의 edge 부위에서는 자성도막층의 자성체 film의 이송방향에 대하여 틀어져 배향되기 때문에 배향자석에 대한 향후 검토가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

[1] 角谷賢二 et. al., 高分子論文集, **37**(1), 49 (1980).  
 [2] 角谷賢二 et. al., 高分子論文集, **3**(5), 139 (1981).  
 [3] 角谷賢二 et. al., 高分子論文集, **41**(5), 273 (1984).  
 [4] A. Eling, IEEE TRANS. MAGN., **26**(1), 198 (1990).  
 [5] A. Eling, IEEE TRANS. MAGN., **26**(6), 3173 (1990).  
 [6] E. KOESTER et. al., IEEE TRANS. MAGN., **17**(6), 2550 (1990).  
 [7] JP05318577 A  
 [8] JP05314457 A  
 [9] A. OHTSUBO. et. al., IEEE TRANS J MAGN JPN, **3**(6), 473 (1988).  
 [10] K. NAKAMAE. et. al., Colloid Polym Sci, **266** (11), 1014 (1988)

## Effect of Orientation on Magnetic Tape Properties

Sang Mun Kim and Tae Ok Kim

*Department of Inorganic Materials Engineering, Pusan National University*

*San 30, Jangjeon-Dong, Kumjeong-Ku Busan 609-735, Korea*

Hack Gi Shin

*Department of Industrial Chemistry, Kyungnam Junior College*

*167 Jure-Dong Sasang-Ku, Busan 617-701, Korea*

Woon Seung Yeo

*Magnetech OBU Research Lab. LG Electronics Inc., Korea*

*50, Hyangjung Dong Hyungduk-Ku Choung-Ju City, Chungbuk, 360-480, Korea*

(Received 24 November 1997, in final form 20 December 1997)

We have observed the orientation behavior of acicular iron oxides in magnetic layer of the particular magnetic tape after magnetic paint was coated on polyester film. As results of the static orientation, orientation of iron oxides come to the maximum at the front and the back of orientation magnets, but it was a little lower at the back than at the front, and it slowly decreases and come to the constant level after passing through the orientation magnets. In case of edge portion to be further away from center in the coated film, the orientation of iron oxides in magnetic layer come to worse than that of the center. We think it is owing to the shape and the magnetic magnitude of orientation magnets.

The results of the dynamic orientation are as follows. As the orientation of iron oxides in the particulated magnetic tape is higher, the output properties of tape come to better than ever. And the orientation of iron oxides can be changed by drying condition, as result, the output properties of tape can be also. Therefore we think the considerations of the design of orientation magnets and the control of drying condition are needed to improve output properties of the particulated magnetic tape.