資料

複合皮膜の特性

—磁気テープの場合—

中村孔三郎*

Properties of composite film
—In the case of magnetic tape—

Kouzaburou NAKAMURA*

1. ま え が き

近年、情報の記録、記憶、表示等の媒体として機能性複合皮膜が脚光をあびている。複合皮膜の形成法には、マトリックスとフィラーを混合分散させ塗布する分散塗布法および蒸着、メッキ等による薄膜積層法などがある。情報処理用磁気テープについても、塗布媒体として、従来の $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 分散塗布テープに加えて $\text{Co}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 分散塗布テープおよびメタルテープの研究が行われており、薄膜媒体として蒸着テープの研究が行われている。これらはいずれも高記録密度化によるビットコストの低減、装置の小形・大容量化、データ転送速度の高速化をねらいとしている。

情報処理用磁気テープについては、高記録密度化とともに高度の信頼性が必要とされており、実用化の当初より磁気テープ装置を用いて走行耐久性に関する研究が行われていた^{1),2),3)}。また、磁気テープの走行耐久性を一層掘り下げて明らかにするため、摩擦摩耗特性に関する研究^{4),5),6)} および耐久性の材料的要因に関する研究^{7),8)}が行なわれてきた。一方、磁気テープの長期保管に関連して、温湿度耐候性に関する研究^{9),10)}が行われてきた。現在までのところ、長期信頼性の観点から情報処理用磁気テープは塗布形が主流となっている。複合技術と信頼性との関連は、(1)マトリックスの性質、架橋構造および潤滑剤と粘着性との関係、(2)マトリックスとフィラーの複合皮膜の機械的特性と走行耐久性との関係、(3)複合皮膜の層構成と物理変形との関係などに見られるように密接な関連を持っている。以下に複合皮膜の特性の一例として情報処理用磁気テープの信頼性について述べる。

2. 磁気テープの信頼性

情報処理用磁気テープに加わるストレスと材料的現象

および装置の現象との関係を図1に示す。磁気テープの使用環境と印加されるストレスには温湿度とヘッドとの摩擦があり、これらは、材料的現象として磁気テープからの粘着性物質のしみ出しによる粘着、ヘッドとの摩擦による摩耗、およびカッピング等の物理変形を起こし、装置上のスタートタイムの遅れ、スペーシングロスやドロップアウトの原因となる。ここでは、粘着特性、摩耗特性および物理変形の材料的要因とその評価方法について述べる。

2.1 粘 着⁷⁾

2.1.1 粘着性の評価方法

粘着の原因としては、磁性層構成成分の熱による軟化表面への浸み出しなどが考えられる。粘着試験は次のように行う。図2に示すように磁気テープを半径 R の円筒に一定張力 (250 g) で巻きつけ、50℃, 90% RH の雰囲気中に24時間放置する。次にリールを静かに回転させ、はがれ始めるまでの回転角度 θ を粘着角と定義する。(1)

図1 材料的現象とドロップアウトエラー

* 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所（東京都）。
Musashino Electrical Communication Laboratory, Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation
(Tokyo).

図2 塗布層の粘着性の評価方法

の状態から素片 Δl がはがれるとき、この引きはがすエネルギーとしては、 R に巻かれたことによる曲げの弾性ひずみエネルギーとあらかじめ垂らしておいたテープの自重 m が寄与する。単位長を引きはがすに要するエネルギー $\bar{u}$ は次式で与えられ、これが粘着エネルギーを意味することになる。

$$\bar{u} = \bar{u}_1 + \bar{u}_2 = \frac{EI}{2R^2} + m(1 - \cos \theta)$$

ここで、 E は磁気テープの弾性率、 I は断面 2 次モーメントである。

図3 にリールの半径 R をパラメータとした時の粘着角 θ と粘着エネルギーの関係を示す。 R が小さい領域ではテープ剛性が強く寄与するが、 R を大きくしていくとほとんど $\bar{u}_2$ の項のみが寄与するようになり、粘着角 θ と粘着エネルギー $\bar{u}$ が 1 対 1 に対応するようになる。すなわち R を大きくすると磁気テープの剛性に妨害されることなく磁性層の粘着成分に基づく粘着が直接に評価できる。

2.1.2 粘着性の材料的要因

磁気テープの粘着性を評価するため、リール半径を 130 mm、テープ自重を $m=0.1$ g ($\frac{1}{2}$ インチテープで約 100 mm 長) とした。材料的には結着剤の硬軟、架橋の

図3 粘着角と粘着エネルギーとの関係

有無、潤滑剤の種類を要因として選んだ。粘着角の測定結果を表1に示す。表1から(1)潤滑剤が流動パラフィン、スクアランなど脂肪族炭化水素や、ステアリン酸やパルミチン酸の n -ブチルエステルのような脂肪酸エステルの場合は、架橋、非架橋いずれの場合でも軟質結着剤の少ない程、粘着角が小さいこと、(2)架橋の有無の比較から明らかなように架橋による粘着性解消の効果の著しいこと、(3)潤滑剤としてはパルミチン酸など脂肪酸は粘着的であること、がわかる。すなわち、非架橋であることは温度上昇による熱可塑性を意味し、軟質性結着剤はその性質がより強いいため、非架橋や軟質結着剤のモル分率の高いことが粘着角を大きくしていると考えられる。また、脂肪酸はカルボキシル基を有し、親水性が強く有機溶媒との混合性が必ずしも良くなく、表面にしみ出して粘着角を大きくしていると思われる。

2.2 摩擦耗^{7,8)}

2.2.1 摩擦摩耗の評価方法

現在、磁気テープの耐久性は、テープ使用中の摩擦による性能低下を信号誤りの発生によって検出している。そこで、磁気テープの耐久性に関する品質の良否を摩擦摩耗特性から評価する試みを行った。

図4に摩擦摩耗試験機の原理を示す。磁気テープに銅をつるし所定の張力 T_1 により面圧を与え、回転リングを回転させることにより、張力検出器で検出される張力 T_2 から、オイラーの式を用いて動摩擦係数 μ_k を測定するとともに磁性層からの摩耗粉の発生を観察する。

表1 粘着性の材料的要因

軟質結着剤のモル分率	架橋	潤滑剤	粘着角(度)	備考
0	無	脂肪族炭化水素	32	軟質結着剤のモル分率の効果
0.12	"	"	70	
0.5	"	脂肪酸エステル	120	
0.5	有	脂肪酸エステル	0	架橋の効果
0.75	"	脂肪酸	90	潤滑剤の効果
0.75	"	脂肪族炭化水素	19	
1.0	"	"	20

図4 摩擦係数の測定系

この装置パラメータとしては分銅の荷重、回転リングの回転数および材質と表面アラサがある。これらの最適条件を検討し、炭素鋼の表面にクロムメッキを施した直径20 mm、表面アラサ $3\text{ }\mu\text{m}$ の回転リングを用い、荷重200 g、回転数1,000 rpm が最適であることを見いだした。

磁気テープの耐久性試験における最初の信号誤りが生じたときの再生回数と、摩擦摩耗試験における摩擦開始10分後の μ_k との関係を図5に示す。両者は良く対応しており、摩擦開始10分後の μ_k によって磁性層の耐摩耗性を評価できることがわかる。

2.2.2 磁性層の耐摩耗性の材料的要因

磁気テープはヘッドとの摺動摩擦に耐えるため、柔軟性と塗膜強度が必要である。そこで、柔軟性については磁気テープを延伸した時に磁性層に生じる亀裂の発生により評価し、塗膜強度は磁性塗膜の引張り試験を行い評価した。図6に摩擦開始10分後の μ_k と亀裂発生延伸度との関係を示す。磁性層が柔軟性に富んでいる程、耐摩耗性に優れていることがわかる。図7に磁性塗膜の機械的性質と摩擦摩耗特性との関係を示す。#1はポリウレタンのみで、#2～#7はその柔軟性を調節するため、副結着剤としてエポキシを加えたり、架橋処理したものである。また、#8は主結着剤として塩化ビニルと酢酸ビニルの共重合物を用い、ポリウレタンを20 wt %添加したものである。図7から、架橋処理され、かつ $\sigma_b < 1\text{ kg}$

図6 磁性層の柔軟性と μ_k との関係

/mm² のものがいずれも安定な μ_k を示していることがわかる。また、 $\lambda_b \geq 40\%$ が望ましい。特に σ_b が 1.5 kg/mm^2 の#6は μ_k が小さく連続摺動によつてもその値はほとんど変化していない。

2.3 物理変形⁷⁾

磁気テープは200～300 gの張力でリールに巻かれている。これに温湿度条件が加わると物理変形が起る。物理変形にはカップリング、寸法変化、シンチング、エッジ折れなどがあり、磁気テープの構成材料、構成法と密接に関係している。ここでは、カップリングと残留伸びに伴う寸法変化について述べる。図8にカップリングと残留伸びの定義を示す。

2.3.1 カップリング

カップリングは磁性層とベース PET の2層からなる場合、磁性層を凹とした変形を起し、その深さ δ は図9に示すように柔軟性の大きい程大きな値を示す。しかし、バックコート層を形成することにより、層構成をバランスさせれば、カップリングは解消される。図10に磁性層厚さ d_M とバックコート層厚さ d_B の比 d_M/d_B とカップリング深さ δ との関係を示す。 $d_M/d_B \approx 0.8 \sim 0.9$ で、 $\delta < 0.2\text{ mm}$ とすることができる。

2.3.2 残留伸び

残留伸びに伴う寸法変化が問題となる一例として、MSS用磁気テープのサーボ信号と残留伸びとの関係を述べる。サーボ角 17.5° で記録されたテープがテープ保管時、輸送時等の温湿度印加により伸縮した時、サーボ角が $17.5^\circ \pm 20^\circ$ の範囲にはいるための条件は次のようになる。

図5 摩擦摩耗試験と耐久性試験の評価結果の比較

図7 磁性膜の引張特性と磁気テープの摩擦特性

図8 磁気テープの2種の物理変形

図10 塗布厚バランスのカッピングへの影響

図9 塗布層柔軟性のカッピングへの影響

$$0.999664 < \frac{1+\beta}{1+\alpha} < 1.00034$$

ここで、 α は長手方向の伸縮率、 β は幅方向の伸縮率である。張力を500 g印加した状態で温湿度条件A, B, C

表2 MSS用磁気テープの残留伸び

条件	試料番号	α	β	$\frac{1+\beta}{1+\alpha}$	合否判定
A	45°C B-4	0.00026	0.00018	0.99992	○
	85% R.H. B-5	0.00026	-0.00007	0.99967	○
B	30°C B-12	0.00008	-0.00002	0.99990	○
	85% R.H. B-13	-0.00010	-0.00005	1.00005	○
C	45°C B-6	0.00021	-0.00009	0.99970	○
	25% R.H. B-17	0.00007	0.00010	1.00003	○

に72時間放置し、その後、24時間標準状態に放置した時の、 α 、 β および、 $1+\beta/1+\alpha$ の計算結果を表2に示す。いずれの条件下でも上式の条件を満足していることがわかる。これは寸法安定性に優れた材料構成、層構成により達成されている。

3. ま と め

複合皮膜の特性の一例として磁気テープの場合について述べた。複合技術は目的とする機能を比較的容易に、かつ経済的に実現する手法として今後ますます発展するものと考えられ、これを実現する手段としての複合材料設計技術、分散技術、塗布技術、積層技術の一層の展開が期待される。

参 考 文 献

- 1) 田島：“計測用磁気テープの走行回数による特性の変化”，電気試験所彙報，**28**，5，pp.333-339 (1964-05)。
- 2) 木村，渡辺，杉山：“各種電算機用磁気テープの諸特性について”，信学会磁気記録研資，MR 68-24 (1968-12)。
- 3) 飯田，二宮，垣崎：“ディジタル用磁気テープの性能”，情報処理，**14**，3，pp.212-217(1973-03)。
- 4) J. F. Carroll and R. C. Gotham: *The measurement of abrasiveness of magnetic tape*, *IEEE Trans. Mag.*, MAG-2, No. 1, pp. 6-13 (1966)。
- 5) 田中，三好：“磁気テープ摩擦と摩耗(第1報)”潤滑，**19**，9，pp.645-653 (昭49-09)。
- 6) 三好，田中，村山：“磁気テープの摩擦と摩耗(第2報)”潤滑，**21**，11，pp.756-763 (昭51-09)。
- 7) 平塚，花房，中村，細川：“高耐久性磁気テープ媒体の材料的要因”，信学論(C)，**J63-C**，6，pp.361-367 (昭55-06)。
- 8) 花房，平塚，中村：“磁気テープの耐摩耗性の材料面からの検討”，信学論(C)，**J65-C**，6，pp.315-321 (昭57-05)。
- 9) E. F. Cuddihy: *Hygroscopic Properties of Magnetic Recording Tape*, *IEEE Trans. Magn.*, Vol. MAG-12, No. 2, pp. 126-135, March (1976)。
- 10) E. F. Cuddihy: “Aging of Magnetic Recording Tape”, *IEEE Trans. Mag.*, Vol. MAG-16, No. 4, pp. 558-568, July (1980)。

お知らせ

質問コーナー新設のお知らせ

昭和58年度より「質問コーナー」と銘打ちまして新しいコーナーを設置します。つきましては会員各位が会誌をお読みになり、論文、解説、講座等の内容について、学術、技術上の疑問点、不明点、等がありましたら、下記要領で質問をお寄せ下さい。質問には各専門家が誌上を通してお答えします。

なお、軽金属誌掲載事項以外のご質問でも編集委員会で適当と考えたものは取りあげさせていただきます。

質問要領：

質問の内容は、簡明、具体的に要領よくまとめて書いて下さい。

質問は葉書、封書何れでも結構です。

質問送り先

〒103 東京都中央区日本橋2-1-3

(日本橋朝日生命館)

軽金属学会

質問コーナー係宛