解説

塗布型磁気ディスクの加工*

Machining of Particulate Coated Magnetic Recording Disk

川久保洋一** 河村喜雄** 森田健二***

Youchi KAWAKUBO, Yoshio KAWAMURA and Kenji MORITA

Key words coated magnetic recording disk, diamond turning, tape polishing

1. はしめに

計算機システムの外部記憶装置の中心的存在である磁気ディスク記憶装置¹⁾では、磁気ディスク表面上に空気の流体力で浮上する磁気ヘッドにより情報の記録/再生が行われている。磁気ヘッドと磁気ディスクとの間隔は「浮上スぺーシング」と呼ばれ、高記録密度化のために図1に示すように短縮されており、最近では0.2 μm 以下の浮上スぺーシングの装置が実用化されている。このような狭浮上スぺーシングを実現するためには、磁気ディスクの表面をサブミクロン以下の精度で平滑に加工する必要がある。

磁気ディスク記憶装置の記録媒体には、磁性粒子を高分子樹脂中に分散させアルミニウム基板上に塗布した塗布型磁気ディスクと、めっき、スパッタ等の薄膜プロセスにより下地膜、磁性膜、保護膜を積層した薄膜磁気ディスクがある。

以下では、これらのうち高度の加工技術が要求されている塗布型磁気ディスクについて、アルミニウム基板面および塗布磁性膜面の加工についてまとめる。

2. 塗布型磁気ディスクの加工

2.1 塗布型磁気ディスクについて

塗布型磁気ディスクの構造を図2に示す。情報記録

用の磁性粉と補強用のアルミナ粒子を高分子樹脂中に分散させた磁性膜が耐食性アルミニウム基板上に形成され、表面には潤滑剤が塗布されている。磁性膜の厚さは図1に示したように高記録密度化のために薄膜化され、最近では0.12 μm の試作例も報告されている²⁾。

塗布型磁気ディスクの製造工程を図3に示す³⁾。これらの内、軟質のアルミニウム表面の高精度加工、お

図1 浮上スぺーシング短縮および塗布型磁気ディスク磁性膜厚薄膜化の推移

図2 塗布型磁気ディスクの断面構造

* 原稿受付 平成2年5月14日

** 正会員 (株)日立製作所中央研究所 (国分寺市東恋ヶ窪1-280)

*** 正会員 (株)日立製作所神奈川工場 (秦野市堀山下1)

図3 塗布型磁気ディスクの製造工程

よび硬質粒子を樹脂で固定した有機複合材料である塗布磁性膜の表面加工の二つにより高精度表面が実現されている。

2.2 アルミニウム基板精密仕上加工

アルミニウム基板表面粗さは直接磁気ヘッドの浮上特性に影響しないが、塗布磁性膜の厚さ変動（従って出力電圧変動）の原因となり、磁性膜厚に対し一定以下の割合に抑えることが要求される⁴⁾。たとえば膜厚変動を10%以下とするには、膜厚0.4 μm の場合で R_{max} 0.04 μm を量産加工として実現する必要がある。

基板面の精密加工法として従来からダイヤモンドバイトを用いる切削加工が研究され⁵⁾、最近ではその高精度化のため静圧空気軸受式超精密旋盤を用いた超精密ダイヤモンド切削加工が行われている⁶⁾。基板面欠陥防止のために最近使われている高純度材においても R_{max} 0.02 μm 以下の面が得られている⁷⁾。超精密ダイヤモンド切削加工では熟練者が少数の面を加工する場合にはこのような高精度な面を得ることができるが、この精度を量産工程で維持するためにはさらにバイト寿命およびバイト角度の初期設定に関する問題点を解決することが必要である。

ダイヤモンドバイトはアルミニウム基板と比較し高硬度であるが、基板を多数枚加工すると摩耗し⁸⁾、加工ひずみが増加するためバイト寿命に到達する⁹⁾。バイト寿命の向上のために切れ刃部の結晶方位を制御することが検討され、前逃げ面と(110)面との間の角度により図4に示すようにバイト寿命が変化し、20°付近で長寿命となることが報告されている⁹⁾。

超精密ダイヤモンド切削加工面は周期的な粗さを持ち、その面からの回折光を検出することにより表面粗

図4 結晶方位によるバイト寿命変化

図5 加工距離による表面粗さと回折光出力の変化

さの変化を知ることができる¹⁰⁾。最近では半導体光学素子の進歩により、この原理を応用した小形の検出系を構成することが可能となっている。これを用い切削加工面からの回折光をインプロセス計測し、図5に示すように加工距離による加工面粗さの増加を検出し、バイトの摩耗によるバイト寿命を判断することが可能となっている¹¹⁾¹²⁾。また、平バイトの初期設定角度と反射回折光強度との関係は図6に示すようになり、回折光の極小値が表面粗さの最小値に対応する。この結果を利用すると、図7に示す例のように一定ステップで角度を変化させ回折光強度を検出し、これを小さくするような角度にバイトを設定することにより従来熟練者が行っていたバイト角度初期設定を自動化できる¹³⁾。このようなインプロセス計測による加工の自動化もアルミニウム基板面の高精度量産加工を支える重要な技術である。

2.3 塗布磁性膜表面加工

塗布磁性膜表面加工（塗膜加工）では図2のような高硬度の磁性粒子とアルミナ粒子と軟質高分子樹脂からなる有機複合材料を均一に、高精度に加工すること

図6 平バイト設定角度による表面粗さ、回折光出力の変化

図7 平バイト設定角度自動設定中の回折光出力変化

が必要である。

塗布磁性膜は外径64~356 mm、板厚1.27~4 mmのアルミニウム薄板基板上に形成されている。基板の平面度は数十 μm で塗布磁性膜の厚さより大きく、通常高精度加工に用いられる平面研磨盤による研磨加工は加工量の不均一が大きくなるため実用にならない。このようなうねりの大きい面の均一加工には、被加工面を基準としその面にならって加工する必要がある。そこで、塗膜加工においては従来から研削テープを用いて加工が行われている¹⁴⁾。

図8 テープ浮上加工概念図

研削テープによる塗布磁性膜の加工状態をミクロに見ると図8のように加工液を介して磁気ディスク面と研削テープが相対運動している。このように狭い間隔で2面が流体を介して相対運動すると両者の間に磁気ヘッドの場合と同様動圧による浮上力が働く。

ディスク面に対して浮上している研削テープの加工面を傾斜板に近似して、油膜潤滑の理論を適用すると、潤滑油膜の圧力分布に関するレイノルズの式から支持荷重が算出できる¹⁵⁾。図8に示すように、浮上した研削テープの最大すきまを h_0 、最小すきまを h 、そのすきま比を $k(=h_0/h)$ 、研削テープに対するディスクの相対速度を u 、加工面の接触長さを L 、加工幅を b とすると、加工荷重 W は支持荷重と等しくなるので、

$$W = \frac{\mu \cdot u \cdot L^2 \cdot b}{h^2} \cdot \frac{6}{(k-1)^2} \cdot \left\{ \log_e k - 2 \frac{k-1}{k+1} \right\} \quad (1)$$

と表せる¹⁵⁾。但し μ は加工液の粘性係数である。また、平均面圧は $W/(L \cdot b)$ で求められる。

研削テープと磁気ディスクとの間の距離の変化を磁気ディスク両面加圧ゴムローラ保持具の間隔変化から測定した結果を図9に示す。加工荷重20 N程度の場合、ディスク周速約1 m/s (200 rpm) 付近から研削テープが浮上を開始している。回転数が数百rpm以上の範囲では、研削テープの浮上量は回転数に比例し、平均面圧の1/2乗に反比例することが認められ、式(1)の関係を満たしていることがわかる。詳細には弾性流体潤滑による解析が必要である。図10に研削テープの浮上量と被加工塗膜面の最大中心線深さ R_p との関係を示す。研削テープの浮上量が $2 \mu\text{m}$ 程度するとき、 R_p が最も低減されている。加工速度は、研削テープが浮上を開始する約1 m/sまでは周速に比例し大きい、それ以上では浮上による加工力の低下を反映して低下している。これらの点から研削テープ浮上量を変えることにより加工速度、表面粗さを制御で

図9 テープ浮上量測定値

図10 テープ浮上量と表面粗さ

き、 R_p が $0.05 \mu\text{m}$ 以下も実現可能であることが示されている¹⁴⁾。

3. まとめ

塗布型磁気ディスクは安価であり、かつ「トライロジー」にかかわる信頼性技術では、他の媒体に比べ圧倒的な実績を持つ¹⁾ので信頼性が最重要課題である大容量装置に用いられている。記録密度についても磁性膜の薄膜高含率化²⁾、Ba フェライト磁性粉、メタル磁性粉等による高密度化が研究されている。表面加工においてもさらに高精度の面を得るための技術開発が必要となっている。

以上、磁気ディスク記憶装置開発以来長期間記録媒体として用いられてきた塗布型磁気ディスクの加工について簡単にまとめた。有機複合材料の高精度加工の例として他の分野の方々の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 三浦義正：磁気ディスク，電子情報通信学会誌，**73**，4 (1990) 399.
- 2) N. Kodama et al.: Effect of Co- γ Fe $_2$ O $_3$ Particle-Size on High Density Rigid Disks, IEEE Trans. on Mag., **25**, 5, (1989) 3635.
- 3) 江田 弘ほか：磁気ディスク産業の動向に関する調査報告——貿易摩擦の一端を見る，精密工学会誌，**52**，7 (1986) 1154.
- 4) J. Naruse et al.: Design of a Large Capacity Disk Drive with Two Actuators, IEEE Trans. on Mag., **MAG-19**, 5, (1983) 1695.
- 5) 堤 善治ほか：磁気ディスク基板加工の研究：第一報——ダイヤモンド切削加工の検討，昭和49年度精機学会春季大会学術講演会論文集 (1974) 331.
- 6) 丹羽忠嗣ほか：磁気ディスク基板の超精密加工，精密機械，**48**，4 (1982) 516.
- 7) 半澤一哉ほか：超精密切削加工に関する研究——磁気ディスクサブストレートの加工，精密工学会誌，**53**，4 (1987) 571.
- 8) 中村京市ほか：ダイヤモンドバイトの損耗形態，第1報 (アルミニウム合金の切削)，昭和54年度精機学会秋季大会学術講演会論文集 (1979) 51.
- 9) 川久保洋一ほか：磁気ディスク Al 基板加工用ダイヤモンドバイトの寿命について，昭和57年度精機学会秋季大会学術講演会論文集 (1982) 407.
- 10) E. L. Church et al.: Measurement of the Finish of Diamond Turned Machine Surfaces by Differential Light Scattering, Opt. Engg., **16**, 4, (1977) 360.
- 11) 森田健二ほか：ダイヤモンド切削面と回折光の関係，昭和61年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 (1986) 779.
- 12) 森田健二ほか：回折光を利用した鏡面加工表面粗さのインプロセス計測，精密工学会誌，**54**，4 (1988) 642.
- 13) 川久保洋一ほか：回折光を利用した超精密切削加工面のインプロセス計測とその応用，精密工学会第162回講習会テキスト，(1990) 8.
- 14) 河村善雄ほか：テープ浮上効果を利用したテープ研削加工の研究，1989年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 (1989) 603.
- 15) 日本機械学会編：機械工学便覧，第8編 (1968) 52.