

## ナイロン焼結体の真空チャックへの応用 (第1報) ——吸引保持性能の検討——

Application of sintered nylon to a vacuum chuck (1st Report)

——Evaluation of the retention by the suction——

谷 泰 弘\*・池 野 順 一\*・佐 藤 壽 芳\*・冷 水 真\*\*  
Yasuhiro TANI, Jun'ichi IKENO, Hisayoshi SATO and Makoto HIYAMIZU

### 1. はじめに

磁気ディスクにおける記録の高密度化に伴い、その基板として使用されているアルミニウムディスクのダイヤモンド切削時に要求される平面度もさらに厳しくなっている。これに伴い、加工時にアルミニウム基板を保持する真空チャックの吸引力により加工面に生じる微小なうねりも、無視できないものとなってきている。

磁気ディスク基板のような平板状工作物に対して現在使用されている真空チャックは、硬質ポリウレタン樹脂(あるいはウレタンゴム)やテフロン樹脂のようなプラスチック基板に、吸引のための幾何学的形状の溝を設けた構造となっている<sup>1)2)</sup>。こうした構造のチャックにおいては、溝の有無によりアルミニウム基板の支持剛性が大きく変化することとなる。すなわち、溝のある部分では、加工時に材料が逃げ、その結果仕上げ面に真空チャックの溝形状に対応した微小なうねりが生じることになる。こうした現象は、研磨加工において真空チャックを適用した際にも観察されている<sup>3)</sup>。

真空チャックに伴ううねりの問題を解決するために、支持剛性の不均一性が緩和されると期待される多孔質体を、真空チャックに利用する方法が従来からとられている<sup>4)</sup>。多孔質体としては、セラミックス焼結体や焼結金属などが挙げられるが、これらはアルミニウム基板のチャックとしてはいずれも問題点を持っている。第1には基板よりも硬度が高いため、基板のチャックへの取り付け・取り外し時に基板に傷をつけやすいことであり、第2には基板の平面度管理のために行うチャックのセルフカッティングが容易でないことである。

そこで、本研究においてはこれらの点が改善されると期待される、ナイロン焼結体<sup>5)</sup>の真空チャックへの適用について検討することとした。本報においては、基本的な適用の可能性を探るために、構造や寸法を変化させたナイロン焼結体の吸引保持性能、表面硬度、吸湿による

寸法変化、切削性等についてまず検討を行った。

### 2. 吸引保持性能の検討

#### 2.1 試験方法

吸引保持性能を検討するために、真空吸着時のアルミニウム板とナイロン焼結体の間に作用する最大摩擦力を計測することとした。この最大摩擦力が加工時にダイヤモンドバイトに作用する切削主分力よりも大きければ、アルミニウム板は横にずれることなく保持されるものと考えられる。そこで、図1のように従来の真空チャックの面板と同様の吸引溝を有したジュラルミン製のチャックの上に、ナイロン焼結体を周縁にて接着することにより、真空チャックを製作した。この真空チャックにより、ナイロン焼結体と同一外径(5インチ)のアルミニウム板およびガラス板(青板)を真空吸着した。ここで、ガラス板はその吸着状態を観察するために使用した。実験は試料を吸引した状態において、この試料をナイロン焼結体に対して横方向に強制的にしゅう動させることによって行った。そして、このとき歪ゲージを使用した1方向ロードセルにより測定された最大摩擦力から、ナイロン焼結体と試料間の静摩擦係数を算出した。

5インチのナイロン焼結体をエアスピンドルの先端に固定し、3.5インチのアルミニウム板を真空吸着した際の写真を図2に示す。このナイロン焼結体の表面は、図3のようになっており、この写真に見られる気孔が吸着に

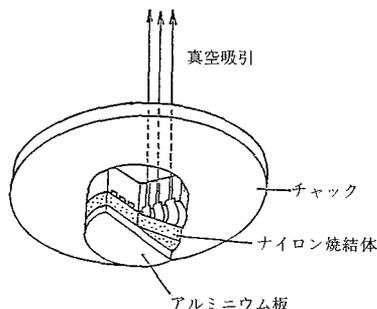


図1 真空チャックの構造

\*東京大学生産技術研究所 第2部

\*\*日興リカ㈱

研究速報  
 寄与しているわけである。このナイロン焼結体は、図4に示される平均粒径 $5\mu\text{m}$ の66ナイロンの球状粒子<sup>6)</sup>を焼結したものである。なお、ここで真空吸着したアルミニウム板としては、粗切削のみを行った $0.9\mu\text{mR}_z$ の粗面

のものと仕上げまで行った $0.06\mu\text{mR}_z$ の鏡面のものの2種類を使用した。また、使用したガラス板の表面粗さは、 $0.03\mu\text{mR}_z$ であった。

2.2 一層構造での結果

ナイロン焼結体の基本的な吸引保持性能を検討するために、まず全体にわたってほぼ均一な気孔率を示すナイロン焼結体を用いて実験を行った。その一層構造のナイロン焼結体の性状および寸法は、表1のとおりである。このナイロン焼結体と試料間で測定された最大摩擦力を吸引圧力と吸着面積の積で除して得た静摩擦係数を、気孔率に対して示したのが図5である。ここで、試料の全面積にナイロン焼結体の気孔率を乗じたものを、真実の吸着面積として計算に使用した。100Nの静荷重を作用させた時に計測される静摩擦係数を、比較のため同図に示した。また、従来のウレタンゴムの真空チャックで計測される吸引時と非吸引時の静摩擦係数も合わせて示した。

これによれば、素材の性質上ナイロン焼結体の摩擦係数はウレタンゴムに比較して小さな値を示しているが、いずれの場合も吸引時には非吸引時よりも大きな摩擦係数となっている。これは、吸引時には静荷重を作用させたときよりも吸引部で試料が大きく変形し、これがしゅう動抵抗を大きくしているためと考えられる。また、この結果によれば、静摩擦係数は気孔率によってほとんど変化していない。気孔率が大きくなるほど真実の吸着面積は増加し吸引力は増加するため、このことは気孔率の増加に伴って摩擦力も大きくなることを意味している。

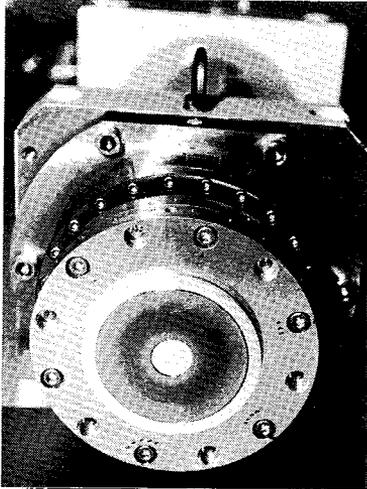


図2 ナイロン焼結体による吸着の様子

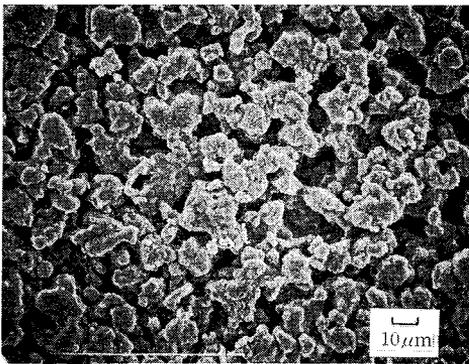


図3 ナイロン焼結体の吸着面の拡大写真

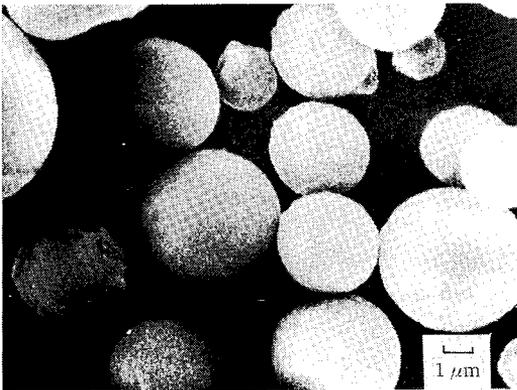


図4 ナイロン粒子

表1 一層構造のナイロン焼結体の性状および寸法

試料番号	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	有効気孔率 (%)	抗折力 (g/mm <sup>2</sup> )	重量 (g)	厚み (mm)	直径 (mm)
1-1	0.700	39.7	1.20	16.87	2.46	111.00
1-2	0.733	35.6	1.52	19.79	2.85	111.08
1-3	0.794	32.1	1.87	23.24	3.08	110.96

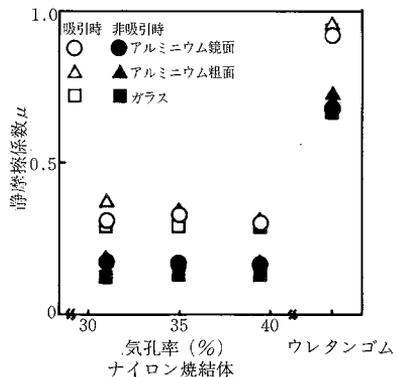


図5 一層構造のナイロン焼結体の吸引保持性能

表 2 二層構造のナイロン焼結体の性状および寸法

試料 番号	全 体		A 層			B 層		
	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	気孔率 (%)	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	気孔率 (%)	層厚 (mm)	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	気孔率 (%)	層厚 (mm)
2-1	0.722	37.9	0.817	30.5	1.70	0.667	42.6	4.10
2-2	0.645	44.8	0.783	33.1	1.70	0.584	47.7	4.02
2-3	0.600	47.9	0.745	38.0	1.80	0.502	54.8	3.88
2-4	0.682	41.4	0.764	33.1	1.20	0.636	45.7	2.46
2-5	0.644	45.0	0.735	36.6	1.00	0.571	50.5	2.60
2-6	0.563	50.3	0.766	33.2	1.20	0.487	55.0	2.39

2.3 二層構造での結果

吸引力を向上させるために、気孔率の高い層と低い層を組み合わせた二層構造のナイロン焼結体を製作し、一層構造の場合と同様にその吸引保持性能について検討した。ここで使用した二層構造のナイロン焼結体の性状および寸法を表 2 に示す。支持剛性の均一性を保つたうえで吸引力の向上を目的としているため、密な A 層をアルミニウム板側にして吸着することが好ましいが、実験としては疎の B 層をアルミニウム板側にして吸着することも試みた。その結果が図 6 である。

この結果によれば、二層構造にし、その気孔率を増大したことにより、吸引時に得られる静摩擦係数は高くなっており、0.5 を超える値が得られている。また、一層構造の場合より明確に試料の面粗さによって静摩擦係数に差が生じている。これは気孔率を高めたことにより、しゅう動時の吸着面のひっかかりの程度の差が大きく出たものと推察される。また、図 6 の結果から新しく得られた情報としては、一つには A 層（密）をアルミニウム板につけたほうが、B 層（疎）につけた場合より静摩擦係数は大きくなっていることである。これは、B 層をアルミニウム板に付けた場合には、吸引力により吸引側の

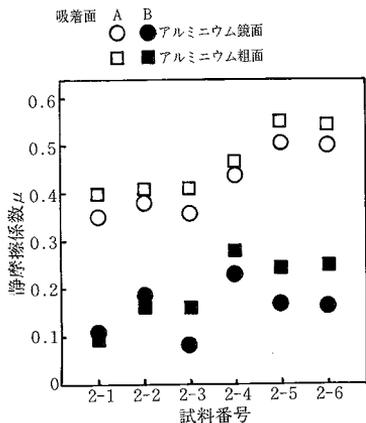


図 6 二層構造のナイロン焼結体の吸引保持性能

A 層が目つぶれを起こし気孔率を減少させたためと考えられる。また、この場合にはナイロン焼結体の厚みが小さいほうが高い静摩擦係数が得られている。これは、ナイロン焼結体の厚みが大きいほど、焼結体内での圧力損失による吸着力の減少が大きいためと考えられる。

3. 表面硬度の検討

一般に真空チャックにおいては、その素材が硬すぎると加工時のびびり振動の発生につながり、また逆に軟らかすぎると平面度の劣化につながると言われている。そこで、本実験で使用したナイロン焼結体と従来のウレタンゴムの真空チャックについて、その表面硬度を調べてみた。その結果が図 7 である。ナイロン焼結体の表面硬度は、気孔率が高くなるにつれて小さくなっている。従来使用されているウレタンゴムの真空チャックの表面硬度とほぼ同等の値を示すものは、この種のナイロン粒子を使用した場合には、気孔率 40~52% に相当している。したがって、表 1 に示した一層構造のナイロン焼結体の場合は、気孔率が 32~40% であるから、従来の真空チャックより多少硬いことになる。

4. 吸湿による寸法変化

最近吸湿性の非常に少ないナイロン樹脂も開発されているが、ここで使用したナイロン焼結体の素材は、飽和水分含有率が 6~7% の吸湿性を示す。したがって、ナイロン焼結体を機械要素に使用する際には、その吸湿による寸法変化が問題となる。そこで、表 1 に示された一層構造のナイロン焼結体に関して、真空チャックとして問題となる吸湿による厚みの変化を計測することとした。まず絶乾時の質量と寸法を計測した後、丸一日水中に完全に浸漬して十分に吸水した焼結体の水分を徐々に蒸発させ、そのときの質量と寸法を測定し、吸湿による寸法変化を算出した。その結果が図 8 である。この結果では、

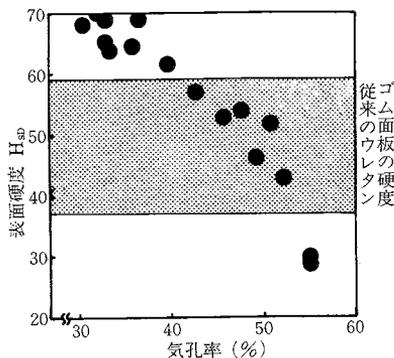


図 7 ナイロン焼結体の気孔率と表面硬度

研究速報

厚みの変化がなくなるのは、水分含有率が15%以上の場合となっている。この値は上述したナイロン素材の飽和水分含有率よりはるかに大きい。これは、本実験では水分がナイロン素材に吸収されるのみでなく、気孔にも保有されていたためと考えられる。本実験では気孔率によらず飽和時に約2%の寸法変化を示しているが、各計測時のナイロン焼結体の中心部と周縁部の吸湿による寸法差は0.1%以下であったことから、真空チャックとして問題はないものと判断された。なお、飽和時の吸湿による表面硬度の低下は、ショア硬度で8程度であった。

5. 切削性の検討

吸引保持性能を有していることが確認されたナイロン焼結体をダイヤモンド切削し、その切削性と切削による吸引保持性能への影響について検討を行った。加工物回転数2,000rpm、切込み量0.2mm、送り速度0.1mm/revで、ダイヤモンドバイトにより正面切削した後の表面の拡大写真を図9に示す。この図と図3を比較すれば、切削により表面に流動が生じているものの、吸着のための気孔は残存していることがわかる。試料1-1に対して、0.2mmずつ切削により表面の除去を行った際の、第2章と同様にして求めた静摩擦係数の変化を図10に示す。こ

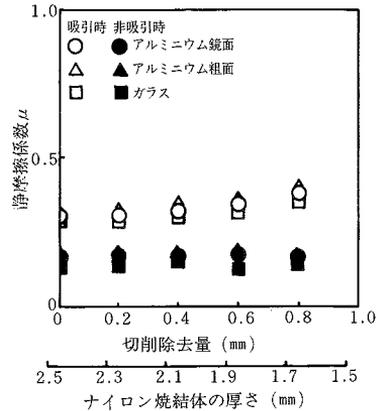


図10 切削による吸引保持性能の変化

れによれば、切削時の目つぶれによる吸引保持性能の低下は観察されず、かえって厚みの減少により連続気孔が増加したためと考えられる吸引保持性能の向上が認められた。

6. おわりに

- 本報告においては、支持剛性の均一化を目的として、アルミニウムディスクの旋削時における真空チャックとしてナイロン焼結体を適用する際に問題となる、吸引保持性能、表面硬度、切削性について検討した。その結果、
- (1)アルミニウム板との静摩擦係数は、従来の面板より小さいが、ダイヤモンド切削に対して十分な保持性能があることが判明した。
  - (2)素材、気孔率を選べば、従来の面板と同等の表面硬度が得られることが判明した。
  - (3)ナイロン焼結体の切削性は優れており、切削により吸引保持性能は低下しないことが判明した。

本研究に対し、古河電気工業(株)、(株)不二越に御協力を賜わった。関係各位に深謝する。(1987年3月30日受理)

参考文献

- 1) 和田龍児：超精密加工機械用工作物取付具の問題点，精密機械，48，11（昭57）1421
- 2) 新野秀憲・三井公之：超精密金属鏡加工技術の研究，日本機械学会論文集（C編），51，471（昭60-11）3125
- 3) 河田研治・谷 泰弘：液体ボンド砥石を用いた高能率研磨法の研究（第2報）—高圧研磨における加工物の保持方法—，精密工学会誌，投稿中
- 4) 小池正夫：非球面レンズおよびその金型加工の実際，光学技術コンタクト，24，2（昭51）128
- 5) 中谷吉秀：焼結ナイロンのその後，金属，43，5（昭48）68
- 6) 中谷吉秀・杉山敏宣：注目されるナイロン粉，金属，40，9（昭45）79

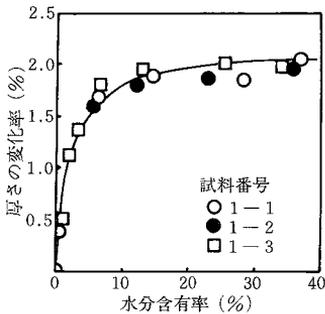


図8 ナイロン焼結体の吸湿による寸法変化

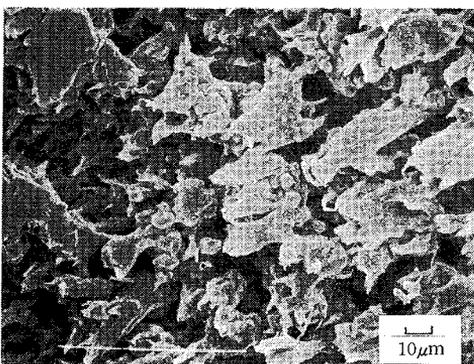


図9 切削後のナイロン焼結体の吸着面の拡大写真