技術報告

バリピッチ シーブにおける摩耗防止について*

稲 生 治**
山 中 一 郎
奥 村 彰 英

→ 摘 要 ←

目 的

バリピッチ シーブ変速機は内部にフレットング摩耗を起こすので、従来、動力伝達部が金属接触で摺動運動していたのに対し、非金属弾性体を用い転動運動させることによって摩耗防止をしようとした。

成 果

摩耗防止の目的は達せられ、実用の結果、従来のものに比しはなほだしい耐久度の向上を見た。

1. ま え が き

生産の合理化にともなう、紡績工場においては、精紡などの糸切れを減少させるため適正回転運転用の変速装置としてバリピッチ シーブ変速装置を多く採用するようになったが、従来のバリピッチ シーブ式製品は微動摩耗（フレットング コロージョン）などによって故障を起こしたり、あるいはその保全に非常に手間がかかったりして、極端な場合には、短い使用時間でスクラップにしてしまわねばならないこともあった。そのためバリピッチ シーブというものは、生産の合理化には役立たないものだと言われるほどになった。しかし、これは結局バリピッチ シーブの内部に起こる摩耗が原因であって、摩耗防止が完全に行なわれるなら、その価値は必ず認められるはずである。微動摩耗は機械部品の各所に起こるものである。たとえば回転軸にプーリをかん入した部分、振動をうける個所のノックピン、キー、溝、スプライン軸、コロガリ軸受の軌道面のブリネル圧こんなどにしばしば見られるものであって、バリピッチ シーブのスライド部分には必ずといってよいほど起こっている。この摩耗が起こった部分をみると、そこには摩耗粉が堆積しているのを常とする。これは酸化鉄粉に潤滑油その他が混合して固った状態になったものである。この摩耗の原因は接触面が荷重を受けながら相対運動をす

る場合に起こりやすいようである。

一般にバリピッチ シーブのように、シーブを移動させてベルトのピッチ半径を変化させる無段変速装置において、もっとも注意が払われ研究されている個所は、動力を伝達しながら、しかもシーブを軸方向に移動させる内部スライド部分であって、その部分の構造にはキー、スプライン、コロを用いたスプラインなどいろいろのものがあって、機械加工の精度を高くしたとしても、スライド部分のすきまをなくすることはできないし、また仮にできたとすれば摺動が非常に困難になる。

したがっていくらかのすきまが必ずあるということになるので、バリピッチ シーブが運転して回転しているときには、軸とシーブの間には

- 1) 相互のすきまによって起こる原動側キー（あるいは、コロ）と被動側キーとの間の衝撃作用
- 2) 相互のすきまによって起こる原動側キー（あるいは、コロ）と被動側キーとの間の半径方向の相対すべり作用
- 3) 回転負荷によって起こる原動側キー（あるいはコロ）と被動側キーとの間に起こる相互の押圧作用

という3つの作用が常に働いていると考えられる。これらの作用によって摩耗変形が起こるのであって、1)、2)によって微動摩耗が起こり、3)によっては塑性変

* Study on Durability of Varipitch Sheaves.

** O. Ino, I. Yamanaka and A. Okumura, 日本スピンドル製造株式会社

形が起これると考えられる。このような点から、われわれはバリピッチ シーブの軸方向摺動部分におけるこの摩耗の防止を目的として、接触面における材質または構造について試験検討を行なった。

2. 材 質 試 験

2.1 衝撃振動摩耗試験

第1図は試験装置の略図を示し、エアハンマによりコロを振動させ、コロはプレートに対し一定周期の振動

(第1図) 衝撃摩耗試験装置

衝撃を与えるようになっている。この方法で各種材質の組合わせや、そのかんげき寸法を変えた場合の摩耗状況を試験した。

a) 試験条件

コロとプレート間のすきま	1.8 mm と 0.9 mm
衝撃回数	5000 rpm
空気圧	7 kg/cm ² ゲージ
試料表面粗さ	プレート 0.8 s コロ 1.5 s

b) 試 験

材質として

プレート側

コロ側

S 45 C (生)	S U J 2 (H R c 63)
S U J 2 (生)	S U J 2 (H R c 65)
S 45 C (H R c 61)	S U J 2 (H R c 60)
S U J 2 (H R c 63)	S U J 2 (H R c 63)
S U J 2 (H R c 63)	S 45 C (H R c 56)
S 45 C (H R c 61)	S 45 C (H R c 58)
S 45 C	ポリウレタン
S 45 C	PTFE
S 45 C	合成ゴム

という組合わせで試験を行なった。

摩耗量と時間との関係はつぎのようになる。

ただし摩耗量は摩耗重量でなく最大摩耗深さによって

i) プレート側の摩耗

プレート側の摩耗は第2図のように、非金属と金属の場合は金属同志のものに比べ非常に少なく、摩耗はほとんど見られない。また金属同志の場合には硬度の高いものの方が良好で耐摩耗性が高い。

(第2図) 衝撃振動によるコロの摩耗

ii) コロ側の摩耗

一方コロ側の摩耗は第3図に示すように、軸受鋼SUJ2, S45Cなどの金属の場合に比べると、ゴム樹脂などの方が摩耗は少ない。ただしこの場合ポリウレタンゴムおよび合成ゴムについては摩耗は少ないが、圧縮により変形を起こしている。この変形は時間がたつとともに弾性復元をする。

(第3図) 衝撃振動によるプレートの摩耗

iii) プレート、コロ両者の総摩耗量は第4図に示すようになる。

これによると金属と金属よりも、金属と非金属の方がよく、非金属の中でもポリウレタンと S.45 C との組合わせがもっとも摩耗が少ないことがわかる。またすきま

(第4図) 衝撃振動によるプレートおよびコロの総摩耗

(第5図) すきまを変えた場合の衝撃摩耗

を変化させた結果は第5図のようになり、すきまが大きくなると摩耗は急に増大する。

第6図は摩耗状態の代表的なものであって、この摩耗状態は実際使用されたバリピッチ シープにおけるスライド部分の摩耗状態(第7図)とよく似ており、本試験と同様の作用がスライド部分に起こっていると考えられる。

2.2 摺動摩耗試験

衝撃摩耗と同様の各種材質の組み合わせの場合およびコロにかかる荷重を 30 kg, 20 kg とした場合の摩耗試験

(1) コロ SUJ2 (HRC 63)

(2) コロ S45C (HRC 56)

(3) コロ SUJ2 (HRC 65)

(4) コロ ポリウレタン ゴム

(5) コロ PTFE

(6) プレート SUJ2 (HRC 63)

(7) プレート SUJ 2 (HRC 63)

(8) プレート SUJ 2

(9) コロ合成ゴム
(第6図) 衝撃摩耗こん状態

(第7図) VPS 摩耗状態 (1500 hr 使用)

を行なった。この場合コロにかかる荷重としては、バリピッチ シーブが回転数 1800 rpm で 15 ps の動力を伝えるためには、コロの配列された直径が 80 mm 中であ

るため、コロ全体で約 150 kg の力を受けねばならないことになる。したがって 8 個のコロ全部に様に力がかかるとすると 20 kg 弱となりコロの 2/3 だけで受ける」とすると 30 kg となるので、この価を荷重としてかけることにした。試験装置は第 8 図のような構造原理になっている。

(第 8 図) 摺動摩擦試験装置

a) 試験条件

コロにかかる荷重	30 kg および 20 kg
コロの移動量	6.5 mm
移動方向	軸方向
移動回数	600 rpm
試料の表面粗さ	プレート 0.8 s コロ 1.5 s

b) 試 験

摺動面の状態については潤滑剤の全然ない乾式のもの、およびグリースなどを塗布した湿式の 2 者が考えられる。湿式の場合の摩耗はきわめて進行しにくいのは明らかであるが、バリピッチ シーブでは、最初にかりに摺動面に潤滑油を塗布しておいても回転による遠心力などのために油が飛散し、肝心な個所にはほとんど残っていない状態が多い。したがって長期にわたって常に摺動部分に油膜を形成しておくためには、オイル ケースなどを設ける必要があるが、これは非常に困難であり、現実に乾式に近い状態になるので、乾式に近い状態で試験を行なった。

i) 乾式に近い湿式の状態、すなわち最初わずかに油を塗布した状態で摩耗試験した結果は第 9, 10 図のようになる。金属と金属の接触の場合は試験後約 5~6 hr まではほとんど摩耗は進行しないが、その後は油切れのため潤滑剤なしとまったく同じような状態となり、プレートおよびコロとも急激に摩耗が進む。合成ゴムは摺動摩耗に対しては弱く、PTFE も予期以上に摩耗を生じる。ポリウレタン ゴムの場合はごくわずかの油膜が存在するだけで長時間摩耗に耐え得る。ただし非金属の場合はどれも圧縮変形が起きているが、荷重を取り除けば時間とともに復元する。非金属コロと組合わせたプレ

(第9図) 振動によるコロの摩耗

(第10図) 振動によるプレートの摩耗

ート S 45 C 生材はもちろん摩耗はない。コロに加わる荷重を 30 kg, 20 kg としたときの比較は第 11 図のようになる。すなわち負荷が小さくなるとはなはだしく摩耗は減ずる。またポリウレタン ゴム材質について潤滑剤なしで試験した結果、移動 6.5 mm の場合には摩耗熱により変質して不可であるが、1 mm の場合にはほとんど摩耗は見られない。振動摩耗の代表的なものを第 12 図に示す。

2.3 試験結果

(第 11 図)

以上の試験結果を要約すると

1) 衝撃振動に対しては金属と金属の場合には、硬度の高いものは硬度の低いものよりも摩耗は少ないが、摩耗を防ぐことはできない。しかし衝撃振動を防振する弾性体の場合には、微動摩耗を防ぎ摩耗もきわめて少ない。

(1) コロ SUJ² (HRC 65)

(2) コロ S 45 C

(3) コロ PTFE

(4) コロ 合成ゴム

(5) プレート SUJ² (HRC 65)

(6) プレート S 45 C

(7) コロ ポリウレタン
(第12図) 摺動摩擦こん状態

2) 摺動摩擦においても、金属と金属の場合硬度の低いものに比べ、硬度が高い方がいくらか少ないがいずれも摩擦はなはだしい。合成ゴムPTFEも摩擦し、バリピッチ シーブ用の材質として適当でない。ポリウレタン ゴムも相対すべりが大きいときには、摩擦熱により変質して摩擦したようになるため使用上不適当である。相対すべりが小さいときにはポリウレタンの特性である耐摩性が発揮される。

3. 構造

われわれは以上のような結果から、① 摺動部のすきまを極力小さくすること、② そ

の部分にかかる単位面積当りの力を小さくすること、③ その部分の摺動をできる限り少なく、また摺動速度を小さくすることの3点を十分考慮に入れてつぎのような構造にした。

すなわち第13, 14, 15図に示すようにネジあるいはカム(6)により、中間シーブ(2)が動かされ、それに結合された移動側扇形キー(8)が動くとき、固定側扇形キー(9)と移動側扇形キー(8)の間にある軸心なし弾性転動コロ(7)が互いのキーの間で転がり運動する。このコロは第15図のように多数個配列し、荷重を分散支持するようになっている。コロの数は荷重に応じて増減させ、1個のコロにかかる荷重を適正なものにしている。このコロは保持器により支持され、また保持器はリンクにつながれ、左右への移動が制限されている。さらにコロの外周には耐摩耗性の弾性材ポリウレタンゴムを被覆し、多数個配列しても全部接触可能のようにし、しかも組立時には適当な寸法だけ圧縮して、コロと扇形キーの間にすきまがないようにしてある。

4. 実用試験

以上のような構造と最適の材質によって、ノンフリックVPSは弾性体のコロを用いてすき間をなくし、摺動や衝撃をできる限り防ぐことによって摩擦を完全に防ぐことができた。すなわち、バリピッチ シーブにポリウレタン ゴム コロを乾式で組込み、15PS負荷の連続実用試験をした結果では10000 hr 後でも全然微動摩擦は見られず、その防止が完全に行なわれていることが確認された。実用後のポリウレタン ゴムを第16図に示す。なお合成ゴム コロとポリウレタン ゴム コロとの差

1 エンド シーブ	9 固定側扇形キー
2 移動中間シーブ	10 保持器
3 固定中間シーブ	11 移動中間シーブ ボス
4 軸	12 固定中間シーブ ボス
5 ビッチ変換筒	13 キー
6 ビッチ変換カム	14 保持器移動リンク
7 弾性体転動コロ	15 ピン
8 移動側扇形キー	

(第13図) ノンフリック VPS-FM型 内部構造 (1)

異は第17図のようである。なおポリウレタンの耐熱性については大体 80°C が許容限度とされているが、当社で 100°C で実験した結果では、弾性度および硬さに多少の低下は認められるが耐摩耗性は全然失われていないことが判明している。

(第14図) コロ部分構造 (数字の説明は第13図参照)

(第15図) ノンフリック VPS-FM型 内部構造 (2)

(第16図) 実用試験 8000 hr 後の
ポリウレタン コロ

(a) 合成ゴム コロ

(b) ポリウレタン ゴム コロ

(第17図) 実用の材質相異によるコロの状態

5. む す び

当社のノンフリック VPS (第18図) は、以上に述べたような新しい画期的な機構と最適の材料を採用したことによって、摩耗のほとんど起こらぬ十分耐久性の

(第18図) ノンフリック VPS-FM型

あるバリビッチ シーブとなった。さらにこのノンフリック VPS を、当社の変速制御装置と併用することによって完全な自動変速ができるので、広い分野でその機能を発揮し、合理化の目的を十分満足させうるものと信ずる。今後さらに使用者各位の御批判の上に立って、性能の向上を計りたいと思っている。