

『クラッチ・ブレーキの基礎知識』

1. クラッチ・ブレーキとは

クラッチと聞いてまず思い浮かべるのが自動車のクラッチである。またブレーキも自動車や自転車或いは鉄道車両に用いられているものを思い浮かべる。これらのクラッチやブレーキは人力や油圧、空圧で動作させる。しかし現在、一般の機械の起動や停止、正逆転の切り替え、インテング、張力制御などに用いるクラッチやブレーキのほとんどが電磁クラッチやブレーキのほとんどが、電磁力によって動作する電磁クラッチや電磁ブレーキである。これは電磁クラッチや電磁ブレーキが応答性、信頼性、操作性、経済性などの面で優れており、また種類が多いので選択の幅が広いからである。

クラッチは駆動側の回転トルクを被駆動側に伝達するのに使う。また、被駆動側が固定されていればブレーキになる。このためクラッチとブレーキは類似の構造のものが多く、まとめてクラッチ・ブレーキと呼ばれたりする。

2. クラッチ・ブレーキの選定

電磁クラッチ・ブレーキを構造によって分類すると[Fig 1]のようになる。摩擦版クラッチ・ブレーキは最も構造が簡単で、安価なのが特徴である。摩擦版を押し付け合うことで伝達トルクを発生させる。

コイルの電磁力によって押し付け、バネによって切り離しを行う励磁動作型と、その反対にバネによって押し付け、電磁力によって切り離す無励磁動作型がある。どちらを選ぶかはまず安全面から検討する。停電や励磁コイルの断線によって電磁力が無くなった時に、連結させた方が良いのか切り離した方が良いのかを考えて選ぶ。例えばエレベータやクレーン、ホイストのブレーキは安全の面から無励磁動作型ブレーキを用いる。

また、摩擦版を接続している時間が長い場合には無動作型を、短い場合は励磁動作型を選べば、コイルの通電時間を短くできる。この結果、消費電力を低減でき、コイルの発熱も抑えられる。

電磁クラッチはコイル静止型とコイル回転型に分類することもできる。コイル回転型はスリップリングによってコイルに給電する方式で、スリップリングやブラシを定期的に保守する必要がある。半面、ロータとコイルを一体化するなど構造はコイル固定型に対して簡単である。また、コイルが回転するので最高回転数が低く、慣性モーメントも大きい欠点がある。

これと逆に、コイル固定型は最高回転数が高く、慣性モーメントが小さいのが特徴である。しかし、ロータとコイルを別にしなければならないので、外形寸法が大きくなる。また、磁気回路も長くなるので、コイルが大型化して消費電流も大きくなる。こうした特性も見落とさずに選定を進める。

ブレーキは一方のロータが常に固定されており、コイル回転型やコイル分離の静止型にする必要がない。全て固定側ロータとコイルを一体化したコイル静止型である。

3. クラッチ・ブレーキの特性・特徴

《摩擦板式》

(特性・特徴)

摩擦版クラッチ・ブレーキはライニングを潤滑しない乾式と、油で潤滑と冷却を行う湿式に分けられる。乾式はライニング表面に水や油、粉塵が入らないように注意する。しかし、摩擦版を完全に密封するもの、熱放散や摩耗粉の排出を妨げるので良くない。

湿式はライニング表面に油を供給して境界潤滑状態で使用する。乾式に比べてライニングの摩耗が少なく、寿命が長い。潤滑油は摩擦面で発生する熱を取り去る役割も果たすので、乾式に比べ許容エネルギーが大きい。歯車式変速機や減速機と湿式クラッチを一体化して、歯車の潤滑油とクラッチの潤滑油を兼用するものが工作機械用の主軸機構に用いられている。オイルフィルタを通した油を摩擦版に供給するのはもちろん、油の温度管理も重要である。一般に60℃以下の油を使うのが望ましい。油温が60℃を超える時は油槽をファンで冷却したり、配管途中に中間冷却器を装着する。湿式クラッチ・ブレーキの欠点は、切り離した時に油の粘性によってわずかなトルクを発生することである。このトルクは空転トルク、或いはドラグトルクと呼ばれる。

摩擦面同士を押し付けた時、スリップがある程度生じるのは避けられな

Fig 1 クラッチ・ブレーキの構造分類



クラッチ・ブレーキの基礎知識

版数：〇〇

い。スリップが常に生じる用途に摩擦版クラッチ・ブレーキを用いる場合は、ライニングの寿命が尽きる以前に摩耗によってマグネットギャップが大きくなり、クラッチ・ブレーキの性能劣化につながる時がある。マグネットギャップが大きくなると、磁気吸引力が低下するので、励磁コイルに通電してから摩擦面が接触するまでの時間が延びる。更に摩耗が進むと押し付け不能の恐れも出てくる。

これを防ぐ目的で、摩擦版クラッチ・ブレーキはライニングの摩耗の進み具合を調整できる機構を持つ。

《かみ合い式》**(特性・特徴)**

かみ合い式クラッチ・ブレーキは、軸に固定したハブの端面の小さな歯同士をかみ合わせてトルクを伝達する。摩擦版クラッチ・ブレーキに比べて伝達面積当たりの伝達トルクが大きいので、小型且つ大容量である。

また、かみ合った時のスリップがないので、摩擦版クラッチ・ブレーキのように発熱やそれに伴うエネルギー損失がない。切り離れた時にはドラグトルクが全くないので、連れ回りや発熱がない。また、摩耗がないので保守、点検もほとんど不要である。半面、連結動作は静止時か、極めて低速時に行う必要がある。

かみ合いクラッチには、歯の形状を工夫して駆動側と被駆動側とが常に同じ位相でかみ合うタイプもある。定位置割り出しや同期運転などの用途に用いられる。

《パウダ式》**(特性・特徴)**

駆動側ロータと被駆動側ロータの間に磁性粉体（パウダ）を封入したのが電磁パウダクラッチ・ブレーキである。コイルを励磁すると、二つのロータの間に磁気回路ができる。するとパウダ間の連結力とパウダとロータの間の摩擦力が発生し、トルクを伝達する。励磁コイルの電流と伝達トルクは広い範囲にわたってほぼ比例するので、トルク制御が簡単に実現でき、張力制御などによく使われている。

用途から見て、連続スリップ状態で使用されることが多い。連続スリップ状態で使えるのがパウダ式の特徴である。前述の摩擦版式は連続スリップ状態で使用するとライニングの寿命がすぐ尽きる。またかみ合い敷きは完全連結と完全解放の二つの状態しか取れない。

しかし、スリップさせながら使うと、エネルギーが熱となってパウダの温度を高める。更に通電によるコイルの発熱も一緒に考えて冷却しなければならない。冷却方式には自然放散、強制通風、水冷却、ピートパイプを利用した冷却がある。

パウダは湿気を帯びないように注意を払うことが必要であり、冷却水や潤滑油がパウダ部に侵入しないように配慮する。また、冷却が過度になると結露によりパウダが湿るので、室温より低い温度の空気や水で冷却してはならない。圧縮空気で冷却する場合は、圧縮空気中の油分や水分を充分に取り除いておくことが大切である。

《ヒステリシス式》**(特性・特徴)**

磁性材料のヒステリシス損失を利用してトルクを発生するのがヒステリシス式クラッチ・ブレーキである。被駆動側ロータは着磁していない永久磁石で、カップ型をしている。駆動側ロータは磁極をもち、被駆動側ロータのカップの円筒面を挟む格好になっている。カップの円筒面は駆動側ロータの磁極によって磁化されるが、ヒステリシスがあるのでわずかに遅れる。この遅れによってトルクが発生する。

ヒステリシス式はパウダクラッチと同様に、励磁電流と伝達トルクが比例するので用途も似ている。ヒステリシス式がパウダクラッチに対して優れるのは、完全な非接触なので摩耗する部品がなく、保守不要で半永久的に使える点である。またパウダクラッチの場合、軸の傾きが大きいとパウダが重力によって動作面からこぼれるので性能が低下する。これに対してヒステリシス式はあらゆる姿勢で機械に組み込める。半面、ヒステリシス式はパウダクラッチに比べて、大きさの割に伝達トルクが小さく、トルクの小さなものしか市販されていない。



クラッチ・ブレーキの基礎知識

版数：〇〇

《インダクション式》**(特性・特徴)**

インダクション式クラッチ・ブレーキは電磁誘導を使って伝達トルクを発生させる。被駆動側ロータに生じる渦電流を利用するところから、渦電流式とも呼ばれる。伝達トルクは励磁電流とスリップ率に依存する。パウダクラッチやヒステリシス式ほど制御精度が要求されない用途に使われる。

インダクション式も駆動側と非駆動側が完全に非接触なので、保守がほとんど必要ない。また、大型でやや応答性が遅いのと、スリップがない時に伝達トルクが発生しないのが欠点である。

【参考文献】

- 1) メイテック設計ノウハウデータベース委員会、デザインA to Z、日経メカニカル (1988年12月12日号)
- 2) 石崎 正一、クラッチ技術読本、小倉クラッチ株式会社、日刊工業新聞社

