

第20回 オートマチックトランスミッション用皿ばね

日本発条㈱ 安藤 修司

1. はじめに

皿ばねは、小スペースで大きな荷重を得られる特徴を持つことから、各種産業用機械、自動車などに広く使用されている。自動車用では、主にMT (Manual Transmission = 手動変速機) のクラッチ部(ダイヤフラムスプリング)およびAT (Automatic Transmission = 自動変速機) の多板クラッチ部や多板ブレーキ部の締結時ショックを緩和する役目として使われている。また、近年普及してきたCVT (Continuously Variable Transmission = 無段変速機、広義ではATに属する) にも同様な役目として皿ばねが使われている。

本稿は自動車用ATに使われる皿ばねについての紹介を行う。

2. 皿ばねの使われ方

ATの多板クラッチを例として皿ばねの使われ方を説明する。

図1、2に示すように、多板クラッチは油圧のON-OFF (ON時はピストンがディスクを押しつけ、OFF時はリターンスプリングにより戻される) 作動により回転体同士を繋いだり、切り離したりする働きをする。皿ばねはピストンとディスクの間に配置し、クラッチ締結時に発生するショックを緩和する目的で使われている。

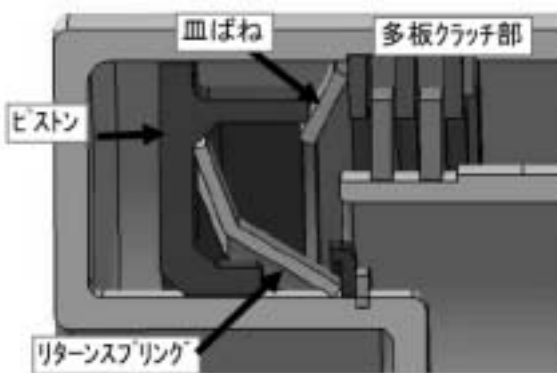


図1 多板クラッチの概略図

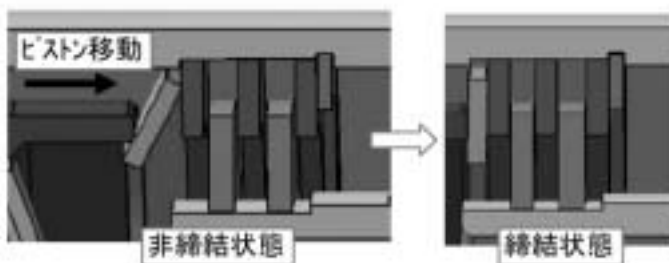


図2 クラッチの締結状態

3. 皿ばねに要求される特性

皿ばねは自由状態 (無負荷) から平坦状態 (最大荷重) まで作動する構造となっていることが多いため、要求される特性は以下の項目である。

下記の事項および公差は標準的なものを示すが、特別な仕様や公差が厳しい要求は多々ある。

(1) 荷重特性

平坦時のストローク公差 ($\pm 0.1 \sim 0.2\text{mm}$) と荷重公差 ($\pm 10 \sim 30\%$)

(2) 耐久性

自由状態から平坦状態までのストローク回数; 数10万回 ~ 1千万回

(3) 耐熱性

使用部位により要求される場合あり; 165 位 \times 数時間

(4) 硬さ

400 ~ 500HV

(5) 内外径

クラッチの構造が決定してから、皿ばねに要求される特性が決定するため、内外径寸法はクラッチ部の寸法より指定される (内径が変化可能な場合あり)。外径寸法はドラムとの隙間設定より精度が要求される。

(6) 板厚および自由高さ

ストローク値と荷重値より設計し求める。板厚公差は $\pm 0.05\text{mm}$ 、自由高さ公差は $\pm 0.1 \sim 0.15\text{mm}$ 。

(7) 相手部材との接触部形状

相手部材への攻撃を防止するために、ピン角が無いことまたはR寸法が要求される場合あり。

(8) 残留異物の大きさ、量

AT内で使われるため、清浄度の要求がある。

4. 皿ばねの種類

クラッチの仕様により、下記に大別される。

(1) 丸形状

一般的なドーナツ形状である。皿成形後に外周を旋削する場合がある (ドラムとの当たり面積を増やして、ドラムへの攻撃性を緩和するため)。図3に示す。

(2) 外周爪付き形状

外周に爪を付けてクラッチドラムの溝に入れて、ドラムと皿ばねの回転を防止した形状である。図3に示す。

(3) 内周スリット付き形状

要求荷重特性により、丸形状では成立しない場合に、調整用に内周にスリットを入れた形状である。図3に示す。

なお、AT用の皿ばねはクラッチ内に収めることから、一般的な皿ばねと比較して外周と内周の差が小さい (皿幅が小さい) のが特徴である。



図3 皿ばねの種類

表1 に、AT用皿ばねの概略仕様を示す。

表1 AT用皿ばねの概略仕様

外 径	110 ~ 200mm
板 厚	0.9 ~ 3mm
ストローク	0.3 ~ 1.3mm
荷 重	100 ~ 3500N

5. 皿ばねの設計

(1) 計算方法

皿ばねは基本式であるアルメン - ラスロの式を使用し計算を行うが、非常に複雑なため、各ばねメーカーで独自に作成した計算図表などを用いて計算を行うのが一般的である。また、複雑な形状（爪付きなど）は計算図表では求めにくいいためFEM解析により求める場合が多くなってきている。図4に、外周爪付き皿ばねのFEM解析結果を示す。

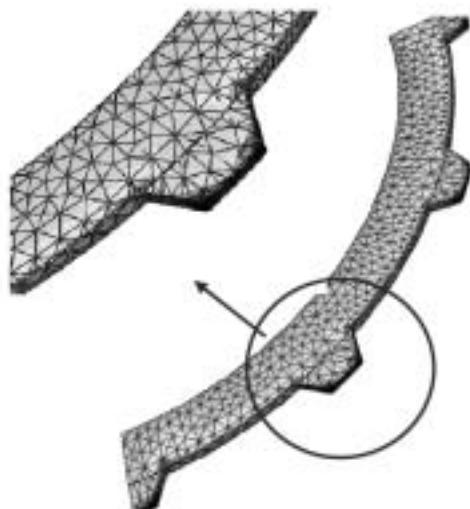


図4 FEM解析結果

(2) 設計手順

荷重特性が満足するように板厚と自由高さを決定し、応力を算出し耐久性を満足するかを確認する。耐久性の確認方法は外周下縁に発生する接線方向の応力（引張応力）値が疲労限度内であるかを判断することが一般的である。疲労限度線図は各ばねメーカーで、耐久試験の結果より作成している。

(3) 設計上の注意点

外周爪付き皿ばねは爪根元部の応力が高くなるため、特に注意が必要である。応力緩和するために爪根元部の形状を工夫する場合がある。

6. 皿ばねの製造

AT用皿ばねの製造について特徴的なことを以下に示す。

(1) 材料

高炭素鋼である、SK85（旧JIS記号SK5）が最も一般的に使われている。理由は安価で、焼入れ性がよく、耐久性が良好など各性能でバランスの良い特徴を有するためである。

(2) 焼入れ、焼戻し

熱処理ひずみによる、寸法ばらつき（内外径、自由高さ）は荷重特性に大きく影響するため、精度のよい工法であるプレステンパーやプレスクエンチを行う。

(3) パレル研磨

抜き加工後のシャープエッジのままでは、使用中に亀裂が発生し破損の原因となるため、応力緩和を目的としてパレル研磨で各コーナーに丸みをつける。

(4) ショットピーニング

疲労限度線図により、ショットピーニングの要否を決定する。

7. おわりに

近年、世界的な自動車生産台数の増加により、ATの生産台数が増加していること、乗り心地ニーズおよび燃費向上ニーズの高まりによりATの多段化が進んでいることから、皿ばねの適用も増加しており、皿ばねには高精度な荷重特性が求められてきている。

皿ばねは板厚、自由高さなど僅かな変化で荷重特性が大きく変化するため、高精度化は困難なことではあるが、設計および製造精度を向上することにより、要求を満足させていくことが必要である。