

第7章 歯車

歯車の基礎

摩擦伝動車は、接触面に発生するすべりによって、大きな動力を正確に伝達することはできないが、歯車は回転体の外周（ピッチ円）に等間隔に歯を付けたもので回転トルクを確実に伝え、次のような特徴がある。

(1) 回転を確実に伝達する（ただし2軸間の距離が比較的に短いとき）

(2) 歯車の歯数を変えることによって回転比を自由に变化でき、その回転比は一定

7-1 歯車の歯形

歯車の歯形はインボリュート曲線とサイクロイド曲線の2つを基本として用いられるが、一般にはインボリュート曲線のほうが多く用いられている。

7-1-1 インボリュート歯形

インボリュート曲線とは、円板の外周に巻き付けた糸を、ぴんと引っ張りながらほどこいていくときに、糸の端が描く曲線がインボリュート曲線となり、その曲線の一部を歯車のかみあい部分としたもの。この曲線は製作がしやすく歯車の中心距離が変わっても、正しくかみ合いをし、互換性もよいので動力伝達用の歯車をはじめ、ほとんどの歯車に用いられる。

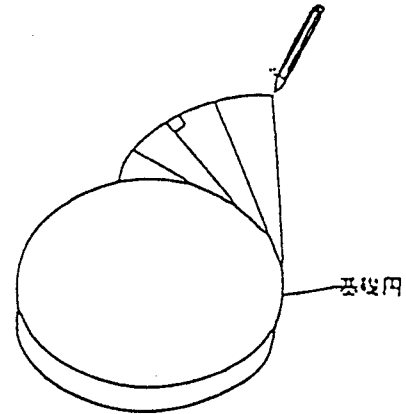


図7-1 インボリュート曲線

7-1-2 サイクロイド歯形

一つの円の外周に沿って円が転がる時、ころがり円上の一点が描く曲線を外転サイクロイド、円の内側を転がる時の曲線を内転サイクロイドという。

この歯車は磨耗による誤差の発生が少ないので、精密機械や計測器用の器具を除いて、ほとんど使用されていない。

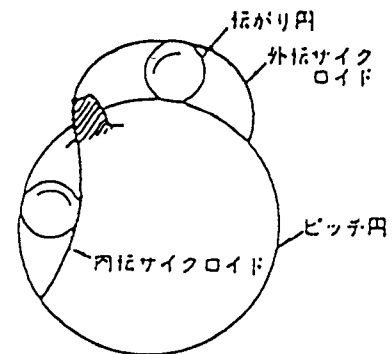


図7-2 サイクロイド曲線

7-2 歯車の形状と用途

歯車は2軸の関係位置などによって分類される。

7-2-1 二軸が平行な歯車

① 平歯車

歯すじが直線で、歯は軸に平行に取り付けられて、回転方向は互いに逆になる。精度の高いものが得られ最も多く使われている。

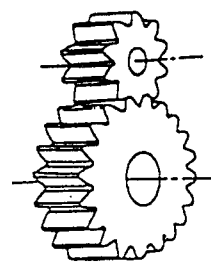


図7-3 平歯車

② はすば歯車 (ヘリカル ギヤ)

二軸は平行で歯が軸に対して傾いてらせん状になっている。これは平歯車に比べて、強く衝撃や騒音、高速回転でも振動も少なく、大きな伝動力を必要とするものに使用されが、軸方向にスラスト力が発生する。伝動装置、減速機などに使用される。

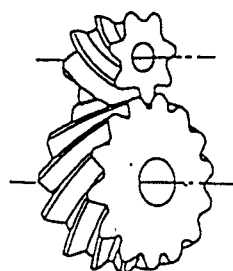


図7-4 はすば歯車

③ やまば歯車 (ダブル ヘリカル ギヤ)

はすば歯車で生じる軸方向のスラスト力をなくすために、左右両ねじれはすば歯車を組合せたもので、強度が大きく運動も円滑である。船舶用タービン、減速機などの大形の強力歯車に使用される。

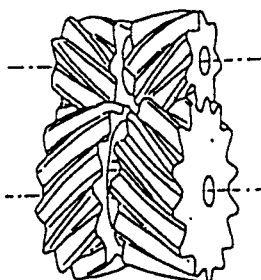


図7-5 やまば歯車

④ 内歯車

円筒の内側に歯を刻んだもので、外歯車とかみ合うときの回転方向は同一である。遊星歯車装置に使用される。

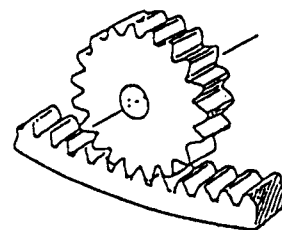


図7-6 内歯車と外歯車

⑤ ラックとピニオン

平歯車のピッチ円の直径を無限大にしたもので、これにかみ合うピニオンは回転運動をし、ラックは直線往復運動をする。工作機械、印刷機の摺動装置などに使用される。

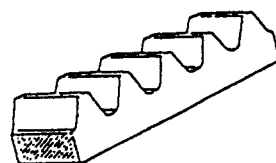


図7-7 ラック

7-2-2 二軸が交わる歯車

かさ歯車

円すい形の摩擦車の表面に歯を付けたもので、2軸が直角に交わる場合の伝動に用い、次の種類がある。

① すぐばかさ歯車

歯すじがピッチ円すいの母線を一致するかさ歯車。かさ歯車としては、比較的製作が容易であるため、動力伝動用かさ歯車として最も多く使用されている。

② 冠歯車

円すいの頂点が 180° となり、ピッチ面が平らになったかさ歯車。平歯車におけるラックに相当する。

③ まがりばかさ歯車

歯すじが曲線であるかさ歯車、歯当たり面積が大きく強度も大きい。高負荷高速回転にも適し、減速比を大きくとることもできる。

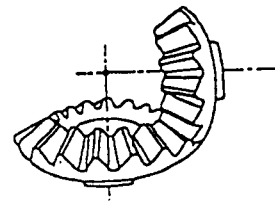


図7-8 すぐばかさ歯車

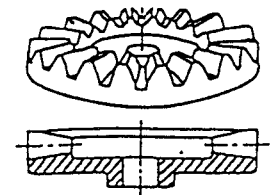


図7-9 冠歯車

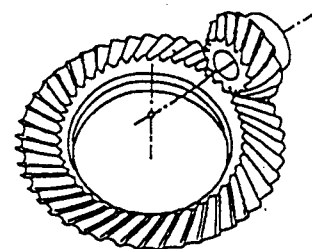


図7-10 まがりばかさ歯車

7-2-3 食違い軸歯車

① ねじ歯車

円筒歯車を食違い軸間の運動伝達に利用したときの歯車の対で、一对の歯車の両軸が互いに平行せず、また交わらない2軸間に使用される。静かであるが、比較的軽荷重でなくてはならない。

② ハイポイドギヤ

食違い軸の間に運動を伝達する円すいまたは円すいに近い形状を持つ歯車。歯当たり面積が大きく、静に伝動でき、大きい動力の伝達が可能で、自動車の最終減速機などに使われる。

③ ウォームギヤ

円筒ウォームとこれにかみ合うウォームホイルの総称で、1段で大きく減速できるとか、静かであるという長所のほかに効率が低いという短所もある。速度比は、普通 $1/10 \sim 1/100$ 程度である。ウインチの逆転防止歯車装置、減速装置、工作機械、割出し装置、チェンブロックなどに使用される。

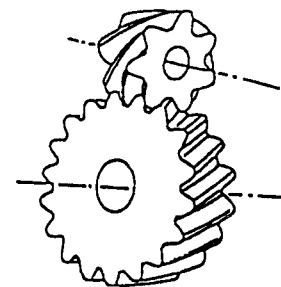


図7-11 ねじ歯車

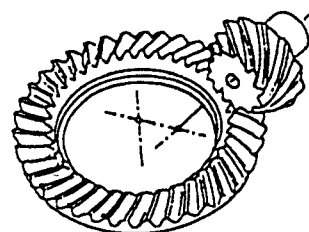


図7-12 ハイポイドギヤ

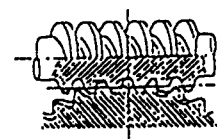


図7-13 ウォームギヤ

7-3 歯車各部の名称

平歯車の各部の名称を図7-14に示す。歯車に関しては、JIS B 0102によって歯車用語、またJIS B 0121によって歯車記号が定められている。

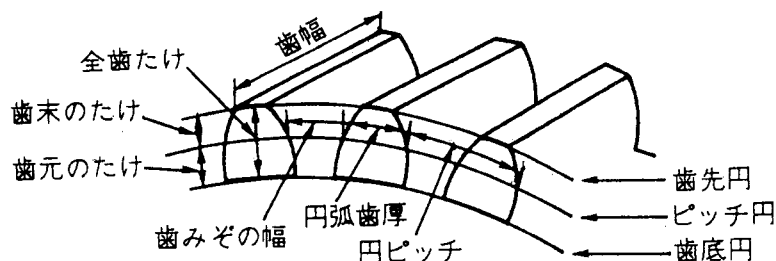


図7-14 歯車各部の名称

円ピッチ・・・ピッチ円上またはピッチ線上で測った隣り合う歯の対応する部分間の距離。

全歯たけ・・・歯の全体の歯たけ方向の長さ。歯末のたけと歯元のたけとの和に
しい。

歯末のたけ・・・歯車のピッチ円から歯先円までの半径差

歯元のたけ・・・歯車のピッチ円から歯底円までの半径差

円弧歯厚・・・ピッチ円周上の歯厚を弧の長さで表したもの

歯先円・・・歯車の先端を連ねた円で、この直径を歯先円直径という。

歯底円・・・歯の根元を通る円で、この直径を歯底円直径という。

7-4 歯形の大きさ

歯の大きさは、ピッチ円の直径 d と歯数 Z とによって決まる。その歯車の歯は、ピッチ円周に沿って等しい間隔で切削されているので、次の3種類がある。

7-4-1 モジュール (m)

基準ピッチを円周率で除した値をモジュールといい、歯の大きさを表す。

メートル歯車の大きさを表すもので、ピッチ円直径 d (mm) を歯数 (Z) で除した数値でモジュールの値が大きいほど歯形は大きくなる。

$$\text{モジュール (m)} = \frac{\text{ピッチ円の直径 (d)}}{\text{歯数 (Z)}}$$

7-4-2 ダイアメトラルピッチ (DP)

歯数をピッチ円直径 (インチ) で割った値で、つまり直径 1 インチ当たりの歯数の弧とをいい、この値が小さいほど歯の大きさは大きくなる。

$$DP = \frac{\text{歯数 (Z)}}{\text{ピッチ円の直径 (d)}}$$

7-4-3 円ピッチ (t)

円周ピッチともいい、互いに隣り合う 2 つの歯の中心の距離をピッチ円の円弧を測った長さ、すなわちピッチ円の円周を歯数で除した値。

$$t = \frac{\text{ピッチ円周 } (\pi d)}{\text{歯数 (Z)}}$$

7-4-4 バックラッシ

バックラッシとは、一对の歯車が、かみ合う歯との遊びのことで、その目的は①組立時における誤差 ②製作時における誤差 ③熱膨張および軸のたわみなどにおいて歯車がお互いにせり合って、同時に歯の両側が接触するのを防ぐことである。バックラッシがなくなると、騒音や過負荷、又は歯車と軸受の加熱及び焼付きを起すことがある。

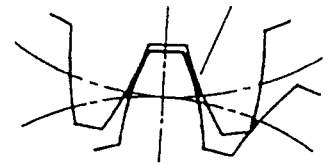


図 7-15 バックラッシ

7-4-5 クラウニング

歯車のかみ合いで歯の当たりをよくするために、歯すじの方向に適当なふくらみをつけ、歯車や軸受け誤差、組立上の誤差、軸のたわみ、歯車箱全体の変形による片当たりを防ぎ騒音を防止する。

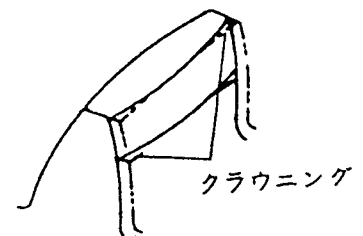


図 7-16 クラウニング

7-4-6 圧力角

「圧力角とはピッチ点において、その半径線と歯形への接線のなす角」と定義されている。圧力角は、歯がかみ合うときの力の方向を決めるもので、 14.5° と 20° とがあり 20° のほうが歯元が厚くなって歯の強度が増加する。

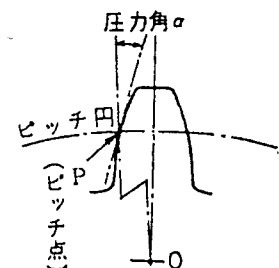


図 7-17 圧力角

7-4-7 歯当たり

歯車を正常に運転するために、正しい歯当たりとバックラッシュは必要不可欠の条件であり平歯車を例にとってみると歯当たりの目標値は

負荷時 1=歯幅の80%以上

負荷時 2=歯たけ70%以上の目安とする。

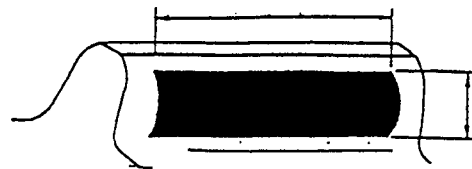


図7-18 歯当たり

7-5 歯車の損傷の分類と対策

7-5-1 摩耗

(1) アブレイブ摩耗

金属などの異物が歯面間に入って研磨作用によって起こる表面の損傷

*対策・・・異物の混入の防止、摩耗粉の除去

(2) スクラッチング

アブレイブ摩耗が進行し、歯面間の油膜が破れて、引っかき傷ができる損傷

*対策・・・異物混入の防止、潤滑油の洗浄

7-5-2 塑性

(1) ローリング

歯面に高荷重が負荷することによって、主として歯先に大きく表面層に押し出されたように変形する損傷

*対策・・・過負荷および歯車強度を高める

(2) ビーニング

繰返し衝撃荷重によりへこみができ、歯幅方向に表層が押し出されたようになる変形する損傷

*対策・・・ローリングと同じ

(3) リップリング

大きな負荷振動または潤滑油の不適當な場合に歯面に波形模様が現れる損傷

*対策・・・荷重の低減と潤滑油の改善

7-5-3 溶着

(1) スコーリング

歯面の油膜が切れて金属同士の接触により、発熱しそれによって歯面に融着し、引きはがされて、引っかき傷が入る損傷

*対策・高粘度の潤滑油を用いる。潤滑油量を増す

(2) バーニング（焼け）

歯面が高熱となって変色する損傷

*対策・潤滑油の増加、または粘度を上げる

7-5-4 歯面の疲れ

(1) ピッチング

運転開始後に発生するもので、歯面の高い部分に接触圧力が集中し、この応力によって、小さな孔がピッチ線の下歯元側に発生する。しかし、歯面がなじむにつれて進行が停止する初期ピッチングと現象が進行する破壊性ピッチングとがある。

*対策・高粘度の潤滑油を使用する、表面層の硬化を行う

(2) スポーリング

歯面の過大荷重により歯の内部に金属の疲れがおこり、ピッチングより大きな孔となり歯面からかなり大きな金属片がはく離する損傷。

*対策・歯面に均一な表面硬化熱処理を行う。

7-5-5 その他の損傷

(1) 電食

歯面に電流が流れることによって、溶融みぞができる損傷

*対策・アースをとる

(2) 疲労折損

歯面に限度以上の曲げ繰返し応力が加った時に発生しやすい。

(3) 過負荷折損

異物のかみ込みおよび過大負荷、歯面の片当たり等によって発生しやすい。

(4) き裂

焼割れ、研磨割れ、疲れき裂などがあり、熱処理の不適當、研削における加工条件の不適當などから発生する。