

はすば内歯車加工用オフノルマルブローチ

Off-normal Gullet Helical Broach for High Accuracy Annulus Gear

キーワード

AT、リングギヤ、はすば内歯車、本体、シェル、ヘリカルブローチ盤、ドッグレグ（歯すじ誤差）、オフノルマル刃みぞ、ノルマル刃みぞ、（オフノルマルブローチ）

工具製造所技術二部
中村和幸

1. はじめに

近年、自動変速機（AT）付乗用車の新車登録台数の比率は、80%にも及んでいる。この遊星歯車式ATに使用される重要部品の一つであるリングギヤ（図1、2）においても、自動車産業における低騒音・省エネ化への対応の一環により、高精度・低コスト化のニーズが高まっている。このリングギヤは、主に、はすば内歯車加工用ブローチで加工されている。1970年代までは、ブローチ加工は、ピニオンカッタの下加工程度に考えられていたが、ブローチ設

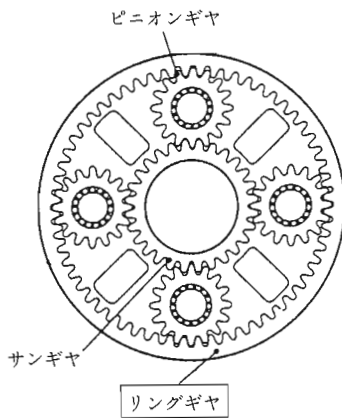
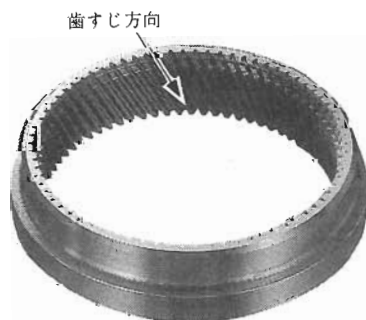


図1 (1) 遊星歯車



ブローチ加工されたヘリカル内歯車(例)

図2 リングギヤ

計・製造技術とブローチ盤の進歩にともない、仕上加工用として広く用いられるようになる。

今回紹介するオフノルマルブローチは、切削機構の解析により開発され、高精度・長寿命・信頼性の向上などの高い評価を得ている。

以下に、その構造と使用事例について紹介する。

2. ブローチ構成と切削方式

はすば内歯車加工用ブローチは、

- ・本体
- ・シェル（替刃）
- ・ロックナット

で構成されている。

はすば内歯車加工用ブローチがインボリュートスプラインブローチと異なる点は、歯丈が高く、より高精度の歯車精度が要求されることにある。しかし、歯丈が高いと切れ刃の数も多くなり、ブローチ全長が長くなるため、一般的に下穴に対する偏心や歯形の偏りが出やすく、要求歯車精度を満たすことが困難となる。また、切れ刃歯面に溶着が起りやすくなるため、歯車精度に大きな影響を及ぼす。したがって、ブローチの設計では、切削方式の決定が極めて重要なポイントとなる。

はすば内歯車加工用ブローチの切削方式は、荒加工を図3(a)のような一般的な外径上がり方式（インボリュートを形成した刃を、外径方向に伸ばしながら切削する方式）にて加工後、左右の歯面を互いにガイドしながら、歯厚を増加させることで、歯面のみを切削する歯厚上がり方式（図3(b)）によって仕上げている。

外径上がり方式（図3(a)）は、歯厚や歯形が再研削によって変化しないことと案内性が良いため、歯すじ誤差が少ないという利点がある反面、刃先部を前部の刃で、歯底部を

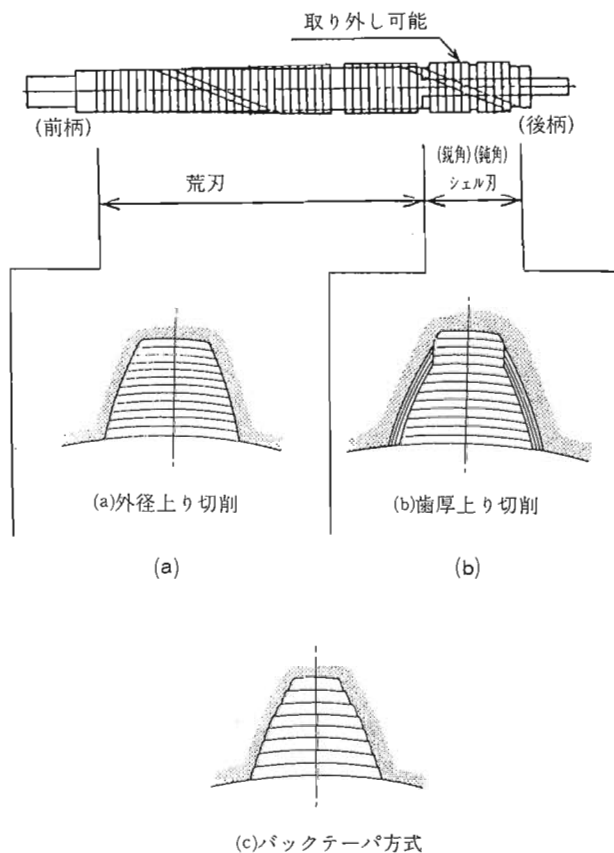


図3 ブローチ切削方式

後部の刃で切削するため、切削位相の差により歯形精度の低下を起しやす。また、被削材質によっては、側面のこすりから溶着が発生することもある。

ただし溶着については、バックテーパ方式(図3(c))と呼ばれる歯面に案内部を設けず、各刃に逃げを設けて各刃の軌跡がインボリュート曲線を形成する様な切削方式を採用することで防ぐことができる。しかし、案内部がないため、切削途中における歯面の支えが不足し歯形の倒れが大きくなることもあるので、側面逃げ量の決定は重要である。

外径上がり加工後、歯面全体を切削(歯厚上がり方式)することにより、ブローチ歯形がリングギヤに転写され、歯形精度・面粗さなどを高水準に仕上げることができる。しかし、歯面には切れ刃逃げ角(リリーフ角)を付ける必要があるため、再研削による歯厚減少や高価なブローチとなることは避けられない。そこで、歯厚上がり方式の切削部分を交換可能なシェル刃(替刃)とすることで、経済性を高めている。

3. 装置

リングギヤのはずば内歯車は、軸に対してある角度のねじ

れ角を持っている。いわば、螺旋状の歯車でありブローチ(あるいは、リングギヤ)が、直線運動に合わせて回転しながら切削を行っている。はすば内歯車加工用ブローチ盤には、大別してブローチ回転機構の異なる二種類のブローチ盤がある。

(1) リードバー式ヘリカルブローチ盤

リングギヤを上昇させるラムの動きにより、ナット、リードバー、ギヤトレインを介して、ブローチに回転を与える機構。(図4)

(2) NCヘリカルブローチ盤

ブローチ回転には減速機、ラム上下には減速機ボールネジをそれぞれ介して、ACサーボモータの数値制御によって同期させる機構(図5)。

リードを変更する場合、リードバー式ブローチ盤ではリードバーの交換を必要とするが、NCヘリカルブローチ盤はNCプログラムの変更のみで行えるため、フレキシブルに対応でき、最近では、ほとんどこのNCヘリカルブローチ盤が新設されている。

4. 切削機構の解析による改善

4.1 シェル刃-オフノルマル刃みぞ開発

従来のはずば内歯車加工用ブローチのシェル刃部分の刃みぞは、製造上のコスト及び、再研削の容易さから、軸直角の刃みぞ(図6)が一般的であった。しかし、この刃みぞ形状では、切れ刃がリング状(軸直角)に配置されるため、断続的な切削となり、同時切削刃数の変化がそのまま

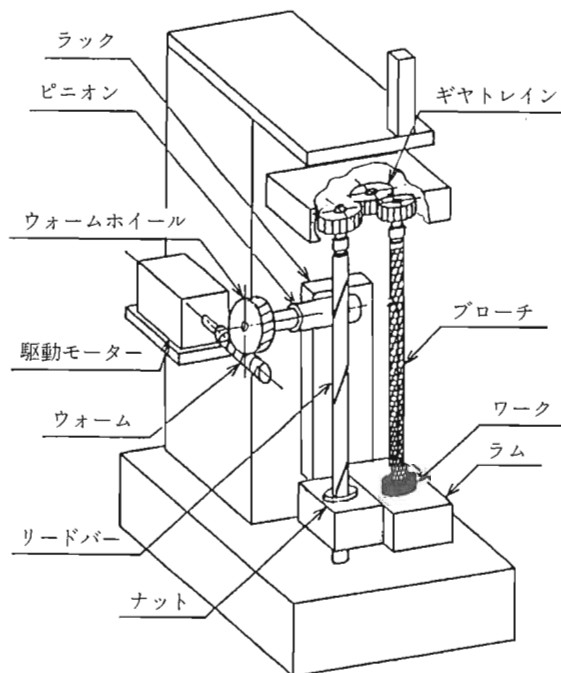


図4(2) リードバー式ヘリカルブローチ盤の機構

大きな切削荷重変動となって現れる (図 9)。この刃みぞは、図10のように左右の歯面に鋭角と鈍角の切れ刃が形成される。そして、通常、前半部は鋭角側の歯面で切削を行い、後半部は鈍角側の歯面で切削をする。しかし軸直角刃みぞの場合、先に述べた切削荷重変動によって、リングギ

ヤに働く力が変動するため、その力の強弱により図11に示すような通称ドックレッグと呼ばれる歯すじの途中で段になる歯すじ誤差が生じやすい。

この対策として従来は、刃みぞを歯形の歯すじ方向に対して直角のねじれ角を持ったノルマル刃みぞ(歯直角刃みぞ) (図 8) とし、同時切削刃数の変化を減少させることによ

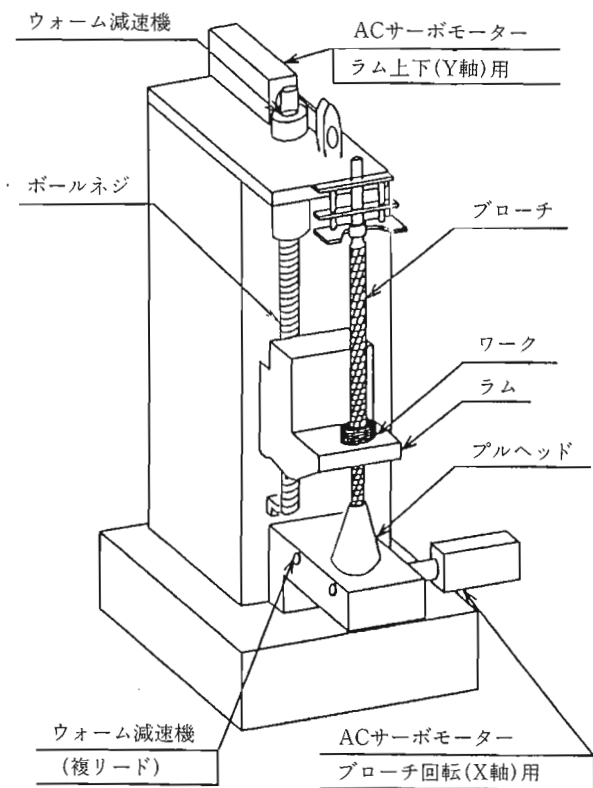


図 5 (2) NCヘリカルブローチ盤の機構

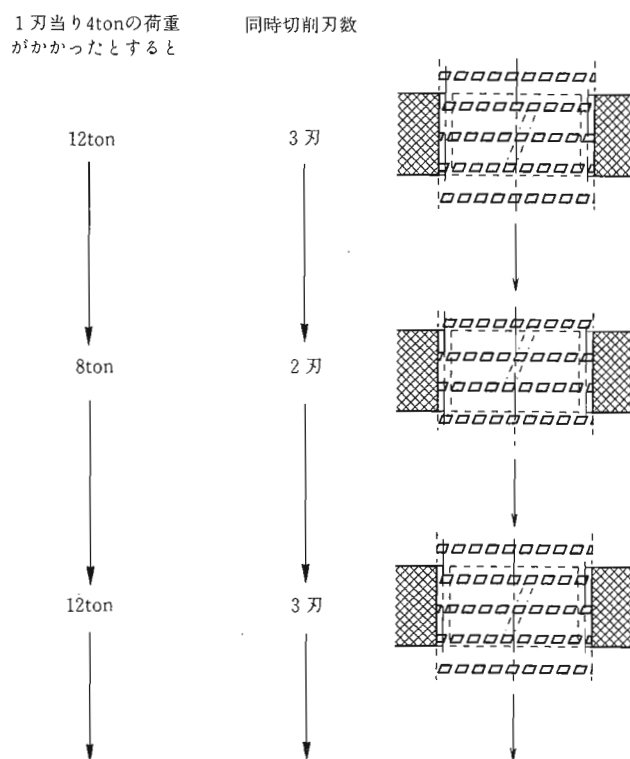


図 9 切削荷重変動 (軸直角刃みぞ)

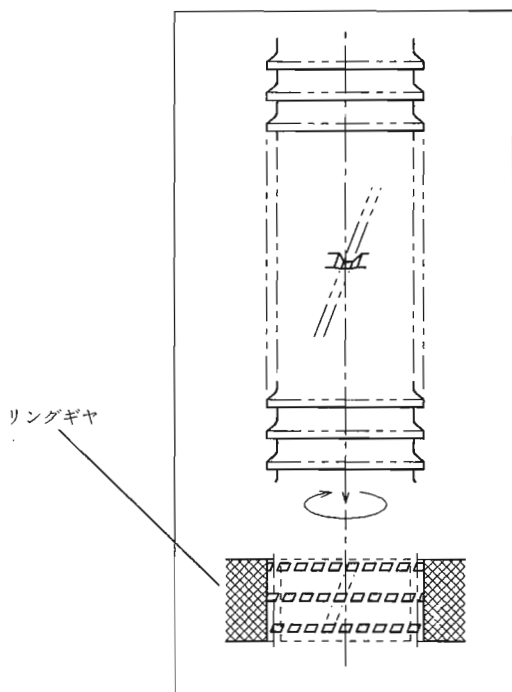


図 6 軸直角刃みぞ

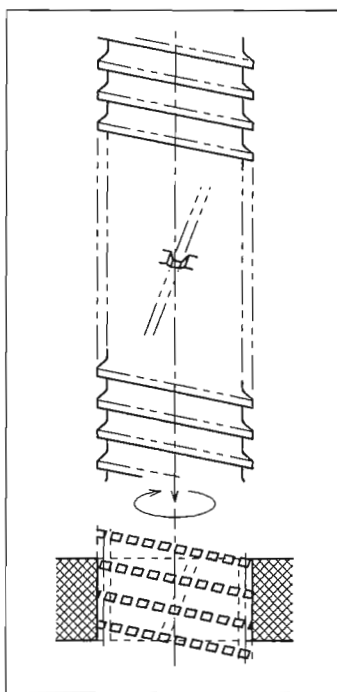


図 7 オフノルマル刃みぞ

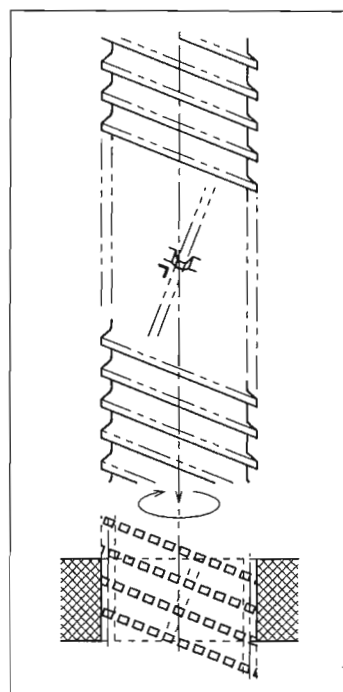


図 8 ノルマル刃みぞ (歯直角刃みぞ)

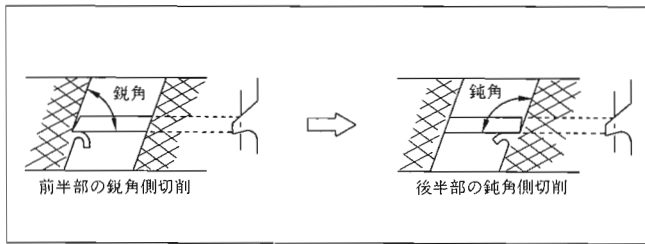


図10

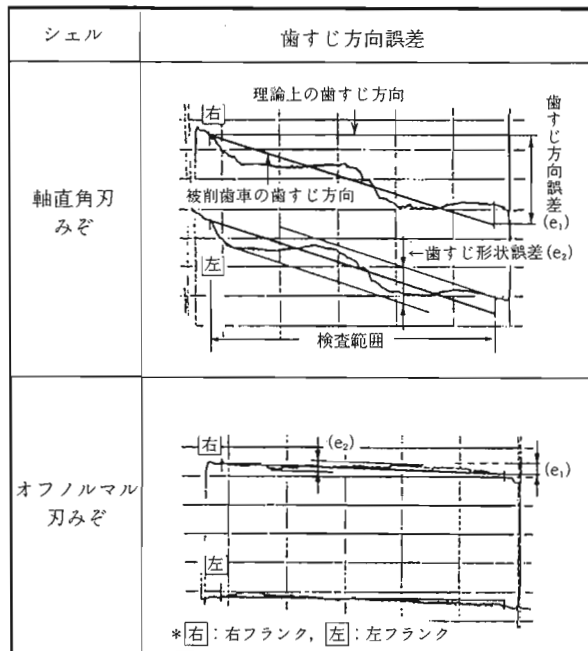


図11 歯車精度 (歯すじ誤差)

り、ドッグレッグを解消する方法がとられていた。しかし、ノルマル刃みぞの場合、リングギヤを回転させる力が大きくなり、歯面を過切削し、設定した歯隙よりも大きく加工される場合がある。したがって、リングギヤをスパイクや回転力以上の保持力で固定できれば、安定した歯車精度を得られるが、定期的なスパイク交換管理やクランプ等の保持方法が必要となる。

そこで、リングギヤのねじれ角、材質の特性、切削抵抗、切削量などを考慮した結果、安定した状態で切削できる刃みぞのねじれ角を見いだした。このねじれ角は歯直角 (ノルマル) より弱く、強ねじれ歯車にも有効なことから、オフノルマルブローチ (特許申請中) と呼ばれる。図11は、歯すじ誤差の改善事例である。これらの刃みぞ形状とその特徴を表1に示す。

4.2 本体刃-ねじれ刃みぞ化

本体とシェルには、切削方式の違いがある。シェルは歯厚上がり方式の切削に対し、本体は外径上がり方式の切削の

表1 シェルの刃みぞ形状と切削特性

刃みぞ		軸直角刃みぞ	オフノルマル刃みぞ	ノルマル刃みぞ
切削特性				
切削抵抗の変動		大	小	小
歯車精度	歯形誤差	○	◎	○
	歯すじ誤差	△	◎	△
	フランクの面粗さ	△	○	○
工具寿命		△	◎	○
イニシャルコスト		○	△	△
ランニングコスト		△	◎	○
再研削の容易さ		◎	○	△

(良◎→○→△否)

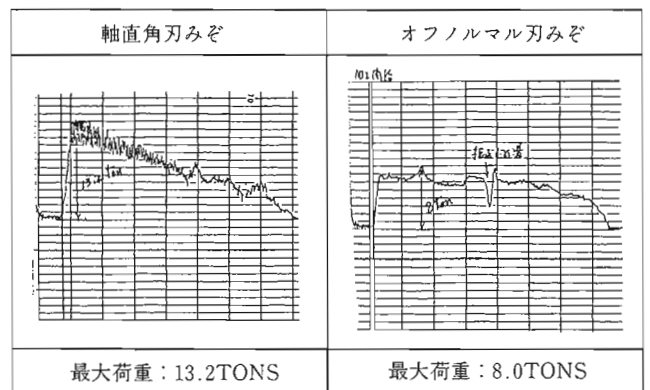


図12 切削荷重変動の比較 (本体切削時)

ため、リングギヤに与える回転力は小さいものとなるが、刃みぞにねじれ角を持たせることで、次の効果が得られる。

- (1) 切削荷重の低減と切削荷重変動の低減
図12は、切削荷重を約40%軽減した事例である。
- (2) 加工時の低騒音・低振動化
- (3) VB摩耗の減少による長寿命化
- (4) 刃先チッピングの減少
切屑の噛み込みによるチッピングが減少する。
- (5) ランニングコストの低減
切屑最小化により、ランド幅の延長ができ再研削回数の増加がはかれる。

図13は、刃みぞ形状の違いによる切屑形状を示す。これらにより、はすば内歯車加工用ブローチ本体の刃みぞは、ねじれ刃みぞ化へと進化していくと考えられる。なお、これらねじれ刃みぞ付ブローチの再研削には、弊社のCNCブローチ研削盤NACOM-B80Cが広く採用されている。

5. おわりに

ブローチ加工は、高精度・高能率で大量生産に適している

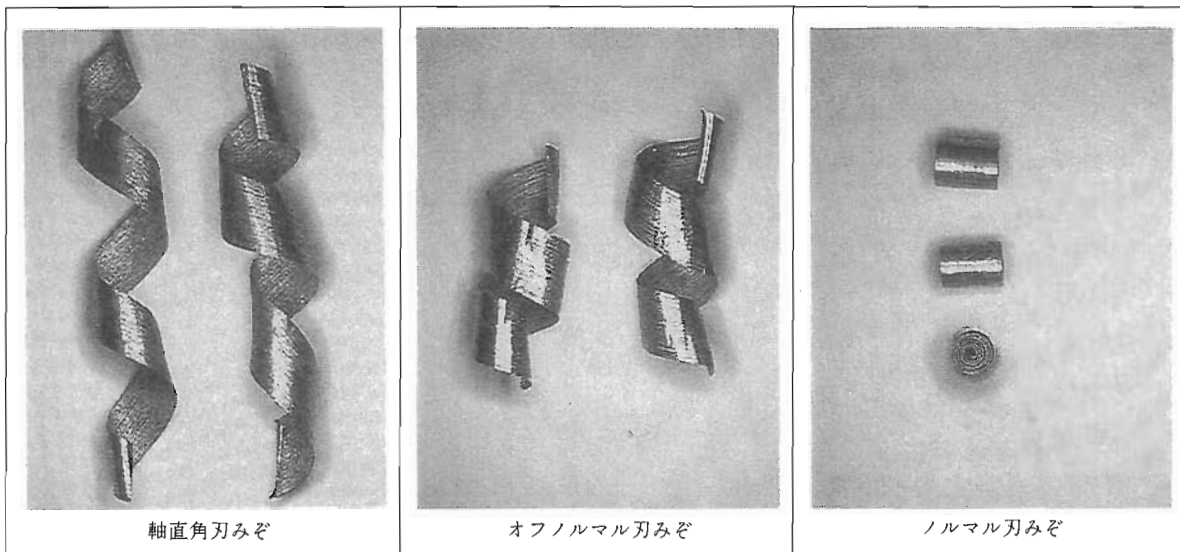


図13 切屑

こととあわせ、熟練を要しない切削工具であることはよく知られている。

オフノルマルブローチの開発により、歯車精度や工具寿命を飛躍的に向上させることに成功したが、一層の高精度・低コスト化に対しても更に改良を進めていきたい。

最後に、本稿を執筆するにあたりトヨタ自動車殿とアイシン・エイ・ダブリュ殿のご好意に感謝いたします。

文 献

- (1) 特許
特公平8-18181
- (2) 明石 修幸, 松浦 好明; TOYOTA Technical Review, Vol.44
No.1, 67-68 (1994)