

高精度鍛造ヘリカルギヤの量産技術開発

大岡技研株式会社
代表取締役社長 大岡 三茂

大岡技研(株) 執行役員 技術部長	川崎 芳樹
大岡技研(株) 技術部参与 技術研究室長	穂口 徹也
大岡技研(株) 生産技術部 部付	大岡 淳一
大岡技研(株) 製造部 切削室長	木村 恒法
大岡技研(株) 技術部 CAE室長	辻本 浩

はじめに

現在、一般的に使用されているインボリュート歯車の加工は100年余り前にホブ盤による創成歯切り法が実用化されて以来、シェービングや歯研等の仕上げ加工とともに歯車加工の完成された技術として長年に亘り主役の座を占めてきた。そして、最近では歯切り機械のNC化や、ドライホブによる高速化、環境面への対応等進化を続けている。しかし、これらの加工法は高価な専用設備が必要であり、また生産効率や製造コストの面でも必ずしも満足のものではなく、さらなる対応が求められている。

一方で、最近の鍛造技術の向上と工作機械の高性能化によって高精度の金型製作が可能となり鍛造加工の特徴を活かした歯形成形が世界的な流れとして注目されている。特に最近の環境問題による自動車の燃費向上への取り組みに対

して、軽量コンパクト化や高強度化が強く求められている。その有効な手段として鍛造歯車の優位性が認められ、成形が比較的容易な平歯車(図1)においてはすでに実用化が進んでいる。

しかし、ヘリカルギヤ(図2)においてはねじれ歯であるがために型寿命や精度の面で多くの解決すべき課題を抱えており実用化が遅れているのが現状である。

開発のねらい

当社における鍛造ヘリカルギヤの開発は18年前に開始したが当時の周辺技術、特に金型加工用工作機械の精度上の限界により高精度の金型を作ることができなかった。そのため、要求精度を満足するにはシェービングや歯研削等の仕上げ加工が必要であり、従来工法に対して大きなコストメリットを出すことができなかった。

そこで、開発にあたっては次のことを重点に開発を進めた。

- ① 仕上げ加工不要の歯筋にクラウニングがついた新JIS8級の歯車精度を実現する。
 - ② 鍛造化により切削では出来ない価値や機能を付加する。
 - ③ 切削に対して大幅なコストメリットを出す。上記を実現させるため
- ① クラウニング付金型を製造するための金型製



図1 平歯車
(FF用GEAR.REV.IDLER)



図2 ヘリカルギヤ
(FR用GEAR.REV.IDLER)

造技術と鍛造装置の開発を行う。

- ② ヘリカルギヤとクラッチギヤを一体成形する技術を開発する。
- ③ コストメリットを出すために鍛造と切削その他、複数の工程を連結した1個流しの加工ラインを構築する。

特に、熱処理後に新JIS8級の高精度歯車を実現するには、浸炭による歯厚や歯形、歯筋の変化量を始め金型の弾性変形、製品のスプリングバック量を正確に金型にフィードバックする必要があり、そのためには放電加工用の電極製作が最大のポイントになった。

開発技術の概要

1. クラウニング付金型の製造

金型の製造は放電加工機により歯形部の加工を行うが、その電極加工において従来の歯研による加工から歯形切削専用機による歯形加工方法を開発した。この開発により歯筋クラウニングを始め、左右歯面のネジレ角や歯形圧力角等を自由に変えることができるようになり、熱処理変化やスプリングバック量を金型に正確にフィードバックすることが可能となった。図3に冷間鍛造金型を示す。

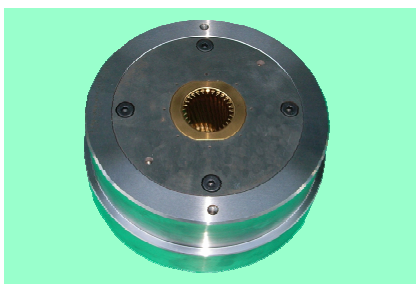


図3 冷間鍛造金型

2. 鍛造装置の開発

金型の歯形精度を損なうことなくワークに転写させ、金型から取り出すための鍛造装置の仕組みを図4、図5に示す。予め粗成形されたワークをクラウニングのついたダイスに入れ、パンチで押圧することによりワークに金型のク

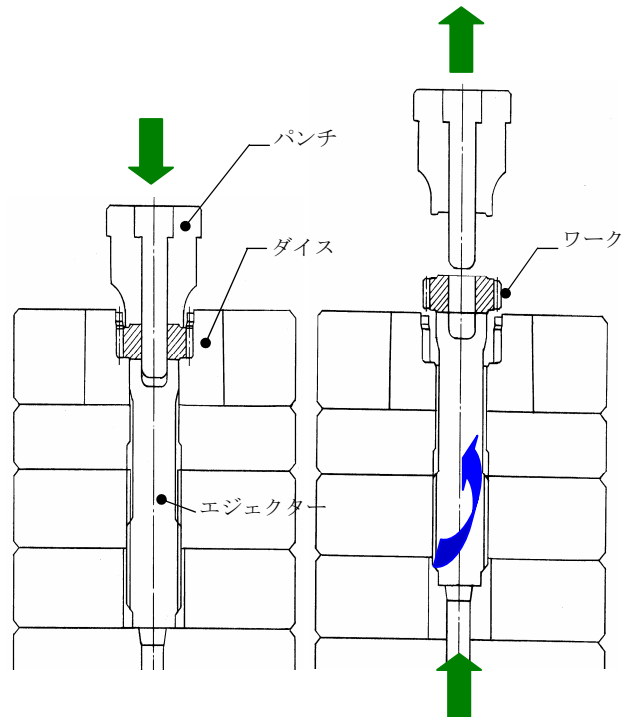


図4 成形状態

図5 取出し状態

ラウニング形状を転写させる。ワークの取り出しはパンチが上昇し、押圧力が開放された状態でワークと同じリードを持つエジェクターにより、ワークを強制的に回転上昇させ、左右歯面への面圧を均衡させることにより金型の歯形精度をくずすことなく取り出すことができる。以上により歯筋にクラウニングのついた高精度のヘリカルギヤの鍛造が可能となった。

3. 1個流し連結加工ラインの構築

製造工程では大きく変形させる部位は熱間鍛造で、精度が必要な歯形部は冷間鍛造で成形し、可能な限り工程数を減らして精度とコストを両立させた。また、製造設備は比較的安価な油圧プレスとNC旋盤をローダやロボットで連結して全自動の1個流しラインを構築した。

このラインによってサイクルタイムが歯切り加工の1/2~1/3になり、また歯車製造で最も注意を払う必要のある打痕の問題の解決や、同一タクト生産によるバラツキの小さい高品質の歯車が低コストで生産可能となった。

技術上の特徴

1. 歯形部における鍛造品の特徴

鍛造歯形成品の形状的な特徴を図6に示す。

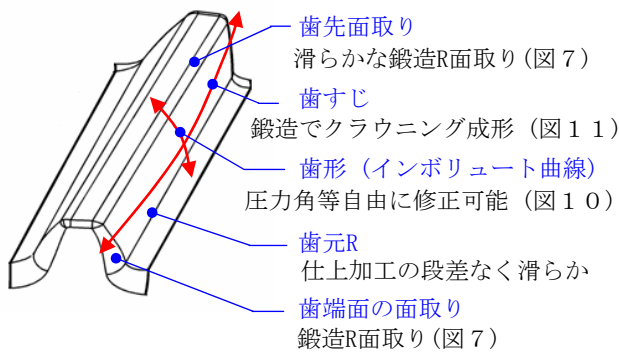
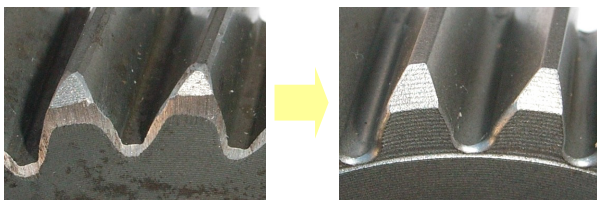


図6 鍛造歯形成品の形状的な特徴

鍛造品は、図7に示すように全面が滑らかであり安全でかつ歯の折損の起点がなく高強度が得られる。



(a)砥石面取り (b)鍛造R面取り
図7 砥石面取りと鍛造R面取りの比較

2. 歯元曲げ疲労強度が大幅向上

鍛造成形品は、切削品と比較して歯元の曲げ疲労強度が大幅に向上する。鍛造成形品では、

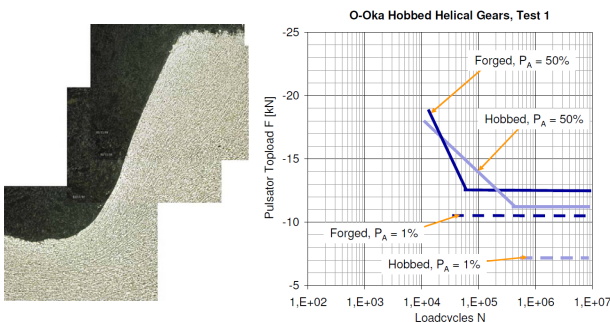


図8 鍛造品のファイバ - 図9 SN線図(ハルナーテスト)

図8に示すようにファイバーフローが歯形に沿って連続している。このため、1%破損確率で50%、50%破損確率で15%強度が向上している。図9にアーヘン工科大学による1%、50%破損確率の評価結果を示す。

3. 歯研仕上げなど不要の高精度歯車

鍛造成形品は、金型により歯形部を転写成形するので、シェービングや歯研仕上げを行わなくてもバラツキの小さい高精度の歯形が得られる。また、修正歯形や歯筋クラウニングを自由に設定することができる。(図10、図11)

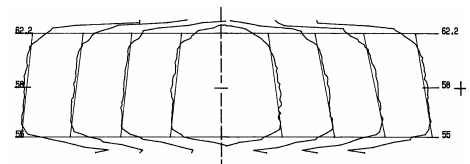


図10 歯形チャート

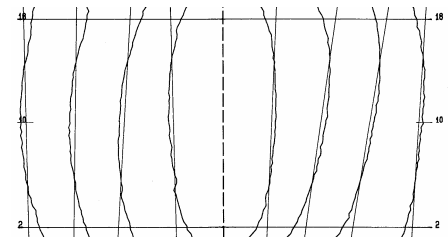


図11 歯筋チャート

4. 複数部品の一体化による軽量コンパクト化

ヘリカルギヤとクラッチギヤを一体で鍛造成形することにより、軽量コンパクト化が可能となり信頼性が大幅に向上する。(図12、図13)

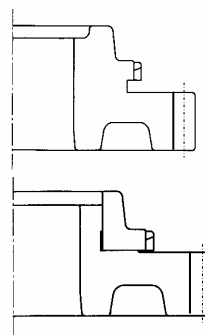


図12 従来工法



図13 クラッチ一体1STギヤ

5. シフトフィーリングの向上

手動変速機におけるシフト操作性は重要な機能の一つであるが、それにはクラッチギヤのチャンファ精度が大きく影響している。切削品と鍛造品のチャンファ形状を図14、15に示す。鍛造品のチャンファ形状は切削品と比較して滑らかで理想の形に自由に成形することができ最高のシフトフィーリングが得られる。

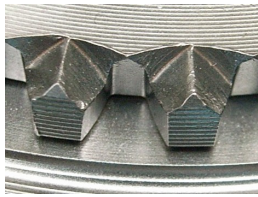


図14 切削チャンファ



図15 鍛造チャンファ

実用上の効果

1. 経済的效果

右図のような歯車における歯切り加工と鍛造成形とのコスト比較を表1に示す。加工サイクルタイムが約1/2と生産効率が高いため35%のコスト低減が可能となった。



表1 歯形加工工程のコスト比較

工法	償却費 (円/個)	刃具費他 (円/個)	人件費 (円/個)	合計 (円/個)
切削	87.5	42.0	25.0	154.5
鍛造	36.5	35.0	25.0	96.5

※月産数40,000個 16H/日 85%稼働率として計算値

2. 他への波及効果

(1)工場環境の向上

切り粉、切削油、油煙等の発生が少なく環境負荷が軽減される。

(2) 歯切り用の設備が不要となり工場スペースの有効活用が可能となる。

工業所有権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

- ① 日本国特許 第1966545号
名称：ヘリカルギヤの形成方法
- ② 日本国特許 第2632620号
名称：歯車製品
- ③ 日本国特許 第2577170号
名称：ヘリカル歯車の成形装置
- ④ 日本国特許 第2832325号
名称：ヘリカルギヤの成形装置及び成形方法
- ⑤ 日本国特許 第3494349号
名称：ヘリカルギヤの製造方法

むすび

今回の鍛造によるヘリカルギヤの量産技術開発は、従来の切り粉を出す創成歯切り法から切り粉を出さない金型を使った鍛造成形法という全く異なった歯車加工法という点で大変意義深いものである。しかし、まだまだ新しい技術であり大きな可能性を秘めてはいるが、ねじれ角や歯丈等に限界があり1STギヤやリバースギヤ等の一部の歯車にしか適用できないのが現状である。

新技術の開発は、やればやるほど新たな課題が噴出して来るが、これらを一つずつ克服してすべてのヘリカルギヤに適用できるように取り組んでいきたい。