

形彫り放電加工機を利用したヘリカルギア金型の製作

工学部技術部実験教育支援室 ○磯谷 章
工学部機械工学科 吉田 始

1. はじめに

機械要素のひとつである歯車は、動力伝達を目的に様々なところに利用されている。これらの歯車は、歯筋の平行な平歯車、歯筋のねじれているヘリカルギア、動力の向きを変える傘歯車などがある。ヘリカルギアは滑らかな動力伝達が出来るため、輸送機器などの変速部に数多く使われている。これら歯車の製作には、切削加工が主たる方法であるが、近年、塑性加工である鍛造をはじめとする転造、押し出し等の方法が研究実用化されている。押し出し加工には金型が必要となり、特に今回の目的であるヘリカルギア金型の製作では軸方向に対して歯筋が傾いているため数値制御の形彫り放電加工機を用いて加工の進行とともに電極を歯筋の傾斜に沿って、軸周りに回転する必要がある。今報告は電極回転機構のない汎用放電加工機に取り付けることでヘリカルギア金型が製作できる加工装置を製作したので加工方法、結果について報告する。

2. 放電加工とは

機械加工のひとつで、図1に示すように工具である電極と工作物（金型）との間に直接放電を発生させ、このときの放電による熱的作用で工作物を加熱して蒸発・熔融状態にするとともに力学的作用により衝撃的な力を発生させ熔融部分を飛散除去する加工である。これを効果的に行うために熱的作用、力学的作用を規則的に繰り返している。熱的作用のエネルギーにより工作物表面の状態が変わる。

加工機には汎用式と数値制御式があり、汎用式は総形電極を用いて電極の反転転写形状を加工し、数値制御式は電極をXYZ方向、さらにはZ軸周りに回転制御することが出来、より複雑な金型を加工することが出来る。

3. 加工装置

図2に加工装置概略を示す。装置は回転機構部、位置決め・ガイド部分の2つから成り立っている。回転機構部は放電加工機が汎用式であり、歯車のねじれ角に沿い電極の回転を必要としているためである。加工は、当工作技術センター所有の形彫り放電加工機（日立 AGIE 製）に組み込んで加工を行う。

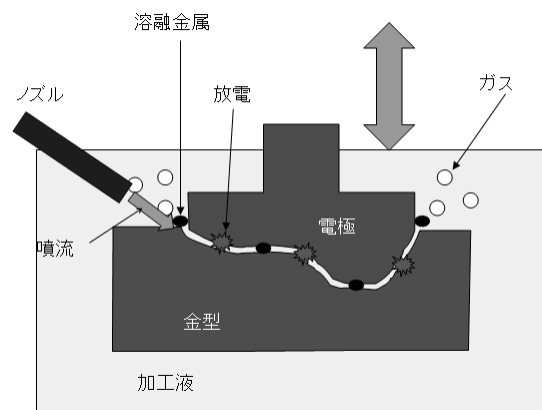


図1 放電加工の仕組み

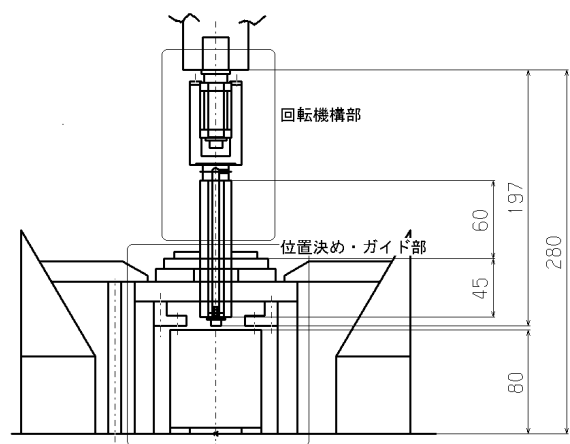


図2 加工装置概略図

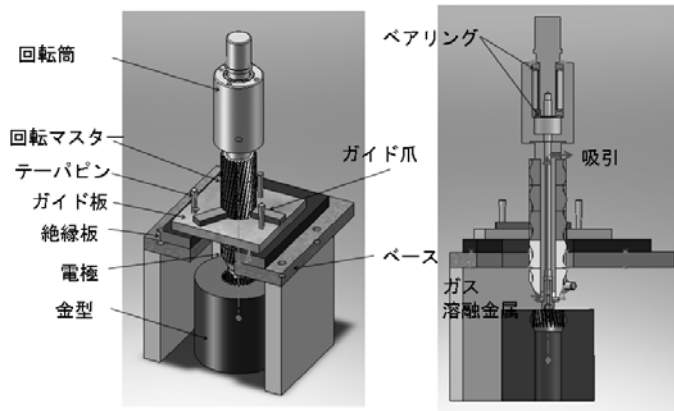


図3 加工装置 (3D)

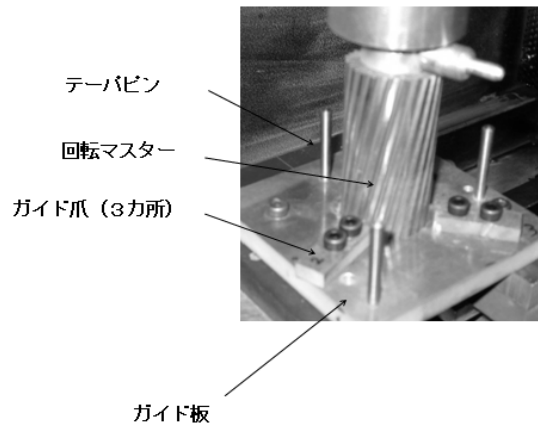


図4 回転マスター周り

放電加工機の全ストロークの280mm以内に加工装置組み込む必要がある。さらに金型加工深さ40mmを確保すると共に電極交換が出来るストロークの余裕が必要となる。

3. 1 回転機構部

回転機構部は回転筒、回転マスター、電極から構成されている。回転筒内部にはスムーズで高精度の回転を得るために2つのベアリングが配置してある。これらのベアリングは垂直方向の精度を確保するために可能な限り距離を保っている。回転筒の下には回転マスターを配置してある。これは電極と同じねじれ角の溝を有している。この溝にガイド側の爪をはめ込むことにより、回転機構部が上下運動をすることにより回転運動を与えることが出来る。下部には金型内部で必要としている形状の電極が配置されている。回転マスターと電極は電極交換時にズレを防ぐために嵌めあい構造となっている。(図3、4)

図5に示すように仕上げ用歯車電極の緒言はモジュール1、歯数26、ねじれ角 10° 、圧力角 20° 、転位係数 $+0.25$ とした。荒加工用の電極は -0.25 転位を加えることにより仕上げ用の電極より小さくなるよう設定し仕上げ代を確保した。電極材質は銅を用いた。

電極下端には放電加工により金型内にガス、溶融屑が溜まるため、これを除去するために通路穴が設けられており、回転マスター上部にて放電加工機の吸引ホースと接続してある。

図6にミクロンホブ盤にて回転マスターと電極が同じねじれ角になるよう実際の放電加工時と同じ取り付け状態で加工している様子を示す。

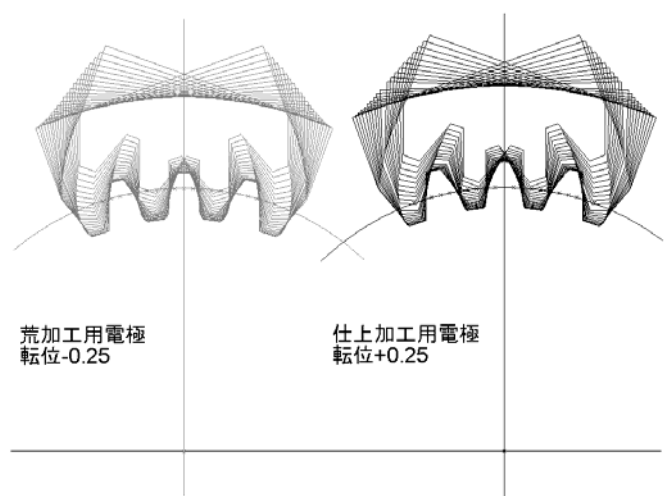


図5 創成法による電極形状



図6 ミクロンホブ盤による電極

3. 2位置決め・ガイド部

ベース、絶縁板、ガイド板、ガイド爪の4層構造になっている。ベース下側には金型固定用ボルトが取り付けられている。絶縁板は電極金型間でのみ確実に放電するために必要不可欠である。その上のガイド板は電極ガイドの前後、左右の位置決め、振れ防止を担っている。さらにその上に3カ所配置してあるガイド爪は電極に回転運動を与えるもので隙間なく回転マスターにはまって、回転マスターとの間で滑り運動をしている。電極交換時には絶縁板とガイド板を分離させ回転機構部全体を移動させるために、電極交換前後での位置決めのため3カ所にテーパピンを用いている(図3)。電極交換作業時の絶縁板とガイド板の位置のズレがないことは数回の模擬的な電極交換作業で確認した。

4. 加工手順

電極は荒加工、仕上げ加工用電極の2種類を用意し、最初に荒加工用電極放電エネルギーの大きな条件でヘリカルギア形状を荒加工する。荒加工は速度優先の加工で加工面の状態などは問わないものとする。次に仕上げ用電極に交換し、仕上げ代分を小さな放電エネルギーで壁面表面荒さの小さな加工を行う。この後、手作業で行われる金型磨き作業の労力を軽減するため、金型精度に関係するダレをなくすことを目的とする。ここで、問題となるのは、荒加工、仕上げ加工時に電極を交換するが、そのときのズレが仕上げに大きく影響するために実際の加工前にテスト加工を行った。

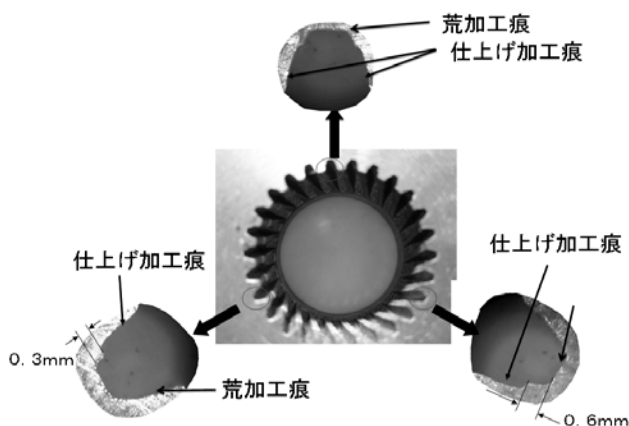


図7 テスト加工でのズレの様子

5. 結果

テスト加工の結果、図7に示すような荒加工、仕上げ加工時に部分的なズレが生じた。何度かテストを行ったが、同じような結果となった。実際の電極先端部にテーパ部があり、確認が困難なために、単純化した荒、仕上げ電極を製作し確認加工を行ったがズレは生じなかった。図8に実際のズレと同じズレが生じた場合の状態をCADにて作図した。中心のズレに加え回転方向にズレが生じさせると実際の状況と一致する。

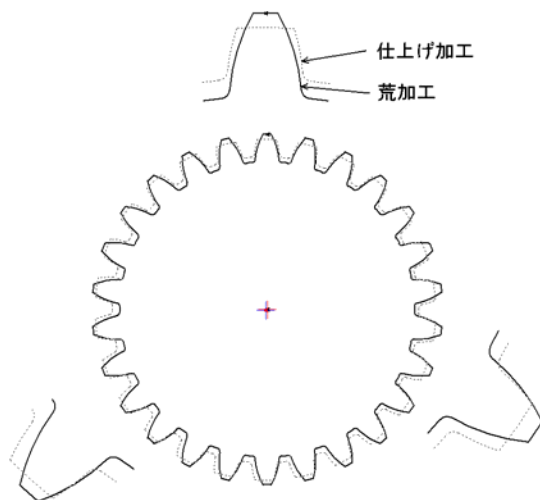


図8 CAD作図によるズレの様子

図9に単純化した電極での荒・仕上げ時のズレを示す。同じ段取りで電極交換をしているがズレは生じていない。この原因は現在のところ掴めていない。今回は時間的制約もあり、荒、仕上げ加工用の電極交換を行わず、仕上げ用電極のみでの加工を行った。図10に製作した型とそれを

用いて押し成形した歯車を示す。充てんした良好な歯車が得られている。

6. まとめ

目的の金型は製作出来たが、当初の目的である荒、仕上げ用電極交換による磨き行程の簡素化には至らなかった。

単純化したズレ確認用電極で確認作業をしたが、ズレは発生しなかった。原因は現在究明中。

今回の装置設計時に3次元CADを用いたが、この使用方法がマスター出来た。

7. 今後の課題

モジュール1歯数26ねじれ角 15° の金型加工も行う予定であるので、これまでにはズレの原因の究明、さらには荒、仕上げの2段階加工で磨き作業の省力化をしたい。

参考文献

- [1] 向山芳世：形彫・ワイヤ放電加工マニュアル，大河出版
- [2] 眞鍋明, 葉石雄一郎：形彫放電加工, 日刊工業新聞社
- [3] 眞鍋明, 葉石雄一郎：ワイヤ放電加工, 日刊工業新聞社

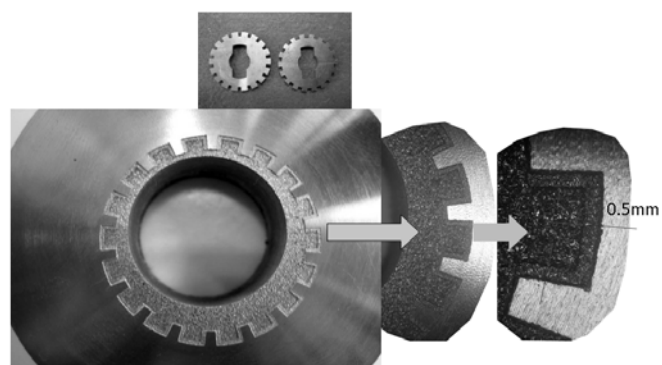


図9 単純電極でのズレ確認



図10 製作金型と成形品