

**実用技術紹介**

**異形断面形状が成形可能な力制御スピニング加工機**

荒井 裕彦\*1 藤村 昭造\*2 岡崎 功\*2  
 安斎 茂宏\*2 長田 恵一\*3 森田 一久\*3  
 小山 博美\*4 光永 博文\*4 蔭山 三郎\*5

(\*1(独)産業技術総合研究所 \*2(株)大東スピニング  
 \*3(株)テクニール \*4安川エンジニアリング(株)  
 \*5野里電気工業(株))

**1. はじめに**

スピニング加工とは、金属板や金属管などの金属素材を主軸モータで回転させながら、ローラなどの工具を押し付けて成形する塑性加工の一手法である。空洞状の金属製品を作る方法として様々な産業に広く利用される。

スピニング加工の長所は、①金型がオス側1個だけですむためにプレス加工と比べ金型のコストが低い、②切削加工と比べ材料の無駄が少ない、③加工に要する力が小さいため装置が小型で騒音・振動が少ない、などである。特に小ロットの多品種少量生産、単品の特注品や製品開発における試作などに威力を発揮する。しかし素材を回転させながら成形加工を行うため、従来は回転軸に直交する断面が円形の製品しか成形できなかった。

本稿では、ロボット制御技術の導入により、従来のスピニング加工の枠組みを超えて、楕円・偏心・多角形など異形断面形状の成形を実現した新しいスピニング加工機を紹介する。図1にその外観を、表1に主な仕様を示す。



図1 力制御スピニング加工機

表1 本機の主な仕様

装置寸法	巾 2875×奥行 1820×高さ 1895[mm]
X軸 (半径方向)	吸引力相殺型リニアモータ 定格推力 4000[N]
Z軸 (主軸方向)	サーボモータ+ボールねじ 定格推力 10000[N]
主軸	サーボモータ+遊星減速機 定格出力 7.5[kW] 定格回転数 375[rpm]

**2. 本機の機能と特長**

**2.1 異形断面形状の成形方法**

本機では異形断面形状を成形するために「力制御スピニング」「同期スピニング」という二つの方法を用いている。力制御スピニング[1]では、作りたい形状と同じ異形断面形状の金型を用いる。半径方向には加工ローラの押し付け力を適切な値に保つように力制御し、素材を金型に押し付ける。一方、金型の回転軸と平行な方向には、加工ローラを一定の送り速度で位置制御する。ローラは金型の形状に倣って動き、素材を型に密着させる。その結果、金型と同じ異形断面形状の製品を作ることができる(図2)。

異形断面形状を成形している間、金型の形に倣ってローラを半径の方向に非常に速く往復させる必要がある。そのため本機ではローラの半径方向の動きをリニアモータで直接駆動している。リニアモータはバックドライバビリティが優れておりローラが金型の形状にすばやく追従するので、異形断面形状の成形時間を短縮することができる[2]。

また吸引力相殺型リニアモータを採用し、推力増加と摩擦力低減を両立させた。鉄心付きコイルを可動子とするリニアモータは、大きな推力が発生できる一方で、固定子と可動子との間に非常に強い吸引力が働き、駆動部の摩擦力の原因となる。吸引力相殺型リニアモータとは、2組の固定子と可動子を対向して配置し、固定子と可動子の間の吸引力を互いに相殺させて摩擦力を低減するリニアモータである(図3)。この結果、加工に大きな推力を要するステンレス板でも加工できる一方、力覚センサを用いない開ループ力制御で異形断面形状が成形可能である。

異形断面形状を成形するもう一つの方法である同期スピニングでは、半径方向のローラ変位  $x$  をワークの回転角  $\theta$

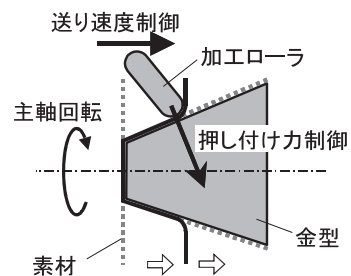


図2 力制御スピニング

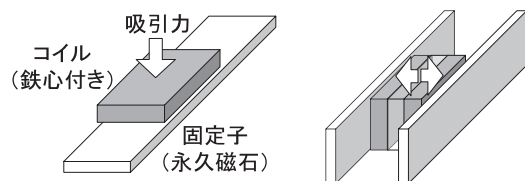


図3 リニアモータの構造

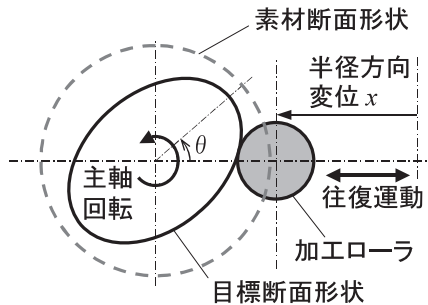


図4 同期スピニング

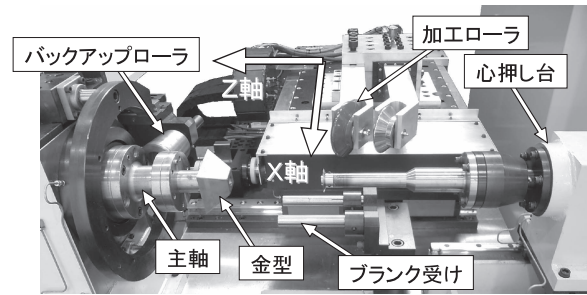


図7 加工機の主要部分

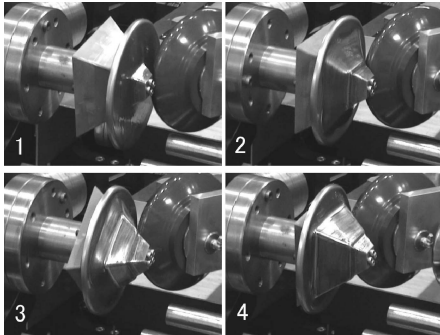


図5 成形の様子

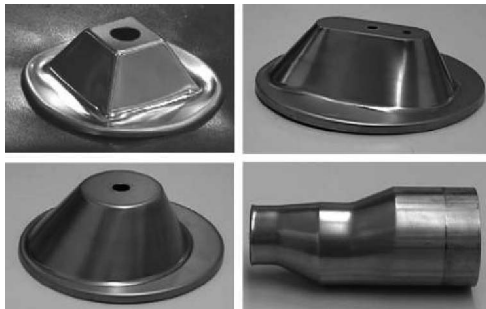


図6 成形品の例

と同期して制御する。本機では主軸にサーボモータを採用しているため、ワークの回転角とローラの位置を同時に指定することができる。ローラとワークの接触点の軌跡が作りたい断面形状を描くようにすることで、所望の異形断面形状を成形する(図4)。この方法は金型を用いずに素材が中空のまま成形を行う際に特に有効である。

また、同期スピニングと力制御スピニングを組み合わせることで、成形しにくい形状や材質にも対応できる。例えば1パスの力制御スピニングで材料の破断が生じる場合は、同期スピニングにより段階的に概形を成形し、仕上げとして力制御スピニングで型に素材を密着させればよい。さらに、加工の前に力制御により弱い力でローラを金型に押し付けて断面形状を計測し、それに基づいて同期スピニング用の目標軌道を生成することも可能である。図5に異形断

面形状の成形の様子を、図6に成形品の例を示す。

## 2.2 その他の機能

本機では、従来のスピニング加工機で一般に用いられている機能も盛り込み、移行に配慮した。まず教示再生機能により従来通りの円形ものの成形加工が可能である。最初はおペレータがジョイスティックによりローラを操作して成形を行い、その際のローラの運動を記憶する。記憶されたローラの動きを再生してそれ以後の成形を繰り返す。さらに成形作業を助ける様々な周辺機能の付加を行った。金属素材を主軸に固定するための心押し台やブランク受け、素材にしわが発生するのを防ぐバックアップローラなどを備え、現場での実用性を高めた構成となっている(図7)。

## 3. おわりに

本機の開発に当たり、実用部品の試作トライを介して加工法および装置の改良を進めてきた。いくつかのユーザ候補企業から現実の製品に用いられる部品形状の提示を受け、実験用の加工機を用いて部品の試作を実際に行った。それを通じて多彩な加工に対応するノウハウを蓄積する一方、その経験を加工機の設計に反映することができた。

本技術は、金属塑性加工というロボット技術にとっては未踏の応用領域に進出するという意味を持つ。ワーク搬送のように「ものを運ぶ」ことを主体とした従来のロボット作業に対し、ものづくりにおける付加価値の核心となる「ものを変形する」作業そのものにロボット技術を用いるという発想の転換である。上記のような企業との交流を通じて、こうした方向はニーズに根ざした大きな発展の可能性を秘めているという実感を抱いている。

## 参考文献

- [1] 荒井：“ロボットによるスピニング加工の研究—力制御を用いた非軸対称製品の成形—”，日本ロボット学会誌，vol.24，no.1，pp.140-145，2006。
- [2] 荒井：“リニアモータを用いた力制御スピニング加工機”，日本ロボット学会誌，vol.26，no.1，pp.49-56，2008。