

携帯型円管端末揺動回転成形装置の開発

長岡科学技術大学工学部機械系

教授 小林 勝

(昭和62年度研究開発助成 AF-87021)

1. 研究の目標

金属円管を回転させ、空転する円錐工具軸に対して傾け、これを円管端末に押込むことにより、円管に対して相対的揺動回転状態を具現化することができる。この場合、成形中に円錐工具軸の傾斜角を変えることにより任意の工具包絡面が得られる。もし、この面に円管端末をなじませることができれば、円管端末を任意形状に成形でき、端末の口広げ、口絞り、フランジ成形の多品種少量生産化が可能となる。従来円管端末のプレス成形やスピニング成形では製品形状に対応した絵型が必要になるため、省工具化を計るのには限界があった。いままでに、旋盤を改良した装置で、円管端末の揺動回転口広げ・口絞り変形挙動を調べ、工具包絡面に円管端末をなじませることができ、多品種少量生産向きな成形方式であり、また、成形荷重が大幅に減少することから成形装置の小型化も期待できることが明らかになっている。

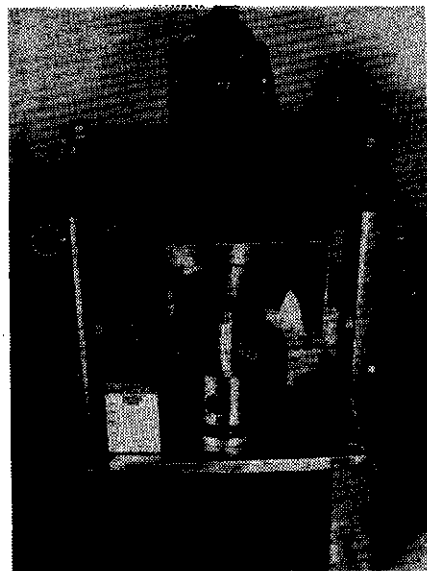
そこで、本研究では、今までに得た基礎的な結果をもとに、携帯型の円管端末揺動回転成形装置の設計・開発を行うことにした。また、成形制御方式を検討し、制御用ソフトウェアの開発も行う。そして、実機の開発に対応して円管端末揺動回転口広げ・口絞り・フランジ成形のデータベースを集積し、専用エキスパートシステム開発の環境も整備する。

2. 成果の概要

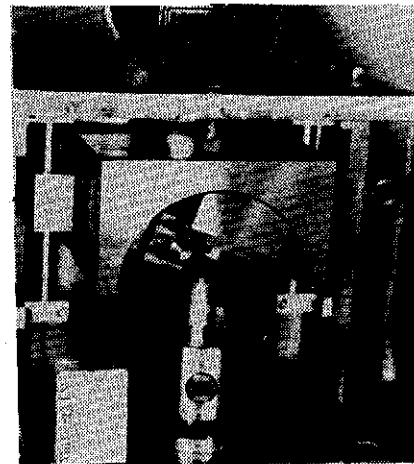
2. 1 専用機的设计・製作

いままでに、旋盤を改良した装置で、円管末端の揺動回転口広げ・口絞り変形挙動を調べてきた。ここではこの結果をもとに、金属円管を回転させ、空転する円錐工具軸を円管の回転軸に対して傾けることにより、円管に対して相対的揺動回転状態を具現化し、さらに形成中に円錐工具軸の傾斜角を変えることにより任意の工具包絡面が得られる機構を有する装置を設計した。この機構により、円管末端に円錐工具を押し込みながら円管末端を工具包絡面になじませるだけで、円管末端を任意形状に口広げ、口絞り、フランジ成形することが可能になった。装置の大きさはおよそ 730mm× 340mm× 300mmの持ち運び可能な携帯型であり、成形可能な円管外径は 5mmから26mmの範囲である。装置の概観を写真1に示す。なお、ここで、開発した触れ回りする工具の支持機構はこの種の機械としては初めてであり、高剛性を有し、コンパクトマシンにも係わらず高精度成形が実現できた。また、本機は可変速モータとパルスモータを取り替えての使用も出来るため、マニュアルで成形することも可能である。

写真1. 携帯型円管末端揺動回転成形機の外観



正面（チャックの左にあるのは大きさの比較のために置いたタバコの箱）



成形部拡大

2. 2 制御用ハードウェアとソフトウェアの開発

円管の回転数 N 、工具包絡面の半頂角 γ 、工具押し込み速度 V を制御するためのモータ制御用のハードウェアとソフトウェアを開発した。特に、工具包絡面形状の決定法は簡単な差分近似式で可能であることを発見し、この結果を用いて、制御ソフトウェアの簡素化を行った。別途試作した大型の専用機で、この開発した制御システムの有効性を確認した。また、実際に曲面形状口広げ成形を行い、このシステムにより任意形状成形が可能であることを実証した。

2. 3 成形データベースの蓄積

試作した携帯型の専用機、別途開発した大型専用機および旋盤を改良した装置を用いて、揺動回転口絞り、口広げ、フランジ成形における成形限界、肉厚分布、成形力に対する円管の回転数 N 、工具包絡面の半頂角 γ 、工具押し込み速度 V 、円管の材質、円管の肉厚直径比、潤滑の影響を調べ、データベースを蓄積した。また、成形中に包絡面形状を変化させたときの成形挙動を詳細に調べた。その結果、特に、①工具包絡面の運動方式の選定が極めて重要になることを指摘し、工具包絡面運動方式により工具包絡面への端末のなじみ挙動のみならず、材料流れも異なることをフランジ成形を例にして実験的に明らかにした。従って、多品種少量生産のみならずメタルフロー制御成形も可能になる。②工具と素材との接触する度合いにより、変形モードが決まることを初めて明らかにし、接触面積率 X の概念を導入し、これにより定量的にも変形モードを推定できることを明らかにした。すなわち、 X が小さい場合にはカーリング変形モードあるいは口辺しわモードが発生し、 X を所定の値以下にすることにより、口広げ・口絞り変形モードになることから、成形中に X を制御することにより、口広げ加工、口絞り加工、カーリング加工、波付け加工を行うことが出来る。これらの変形モードの境界を与える X を実験的に詳細に調べ、その推定方法も提案した。③材料流れに対する X の影響を実験的に検討し、工具包絡面運動方式以外にも X の制御により、肉厚分布の制御が可能になることを初めて明らかにした。また、その推定方式についても検討した。

2. 4 円管側壁穴のバーリング成形ユニット（T字管継手）の開発

円管端末を任意の形状に成形する機械であるが、この方式を応用するとT字管継手の多品種少量生産も可能になる。そこで、円管端末揺動回転T字管継手成形を行うことができるようにするための専用ユニットを開発した。このユニットによると成形面が極めて美例麗に仕上がり、また、成形途中における工具触れ回り角度の設定により、材料流れと張り出し高さを制御できることを初めて明らかにし、張り出し高さ成形条件との関係を実験的に求めた。この結果、①T字管継手成形における工具省力化が可能、②極めて生産性の高いT字管継手成形が可能、③成形装置の大幅な小型化（1桁以上小さい）と省エネルギー化が可能になった。また、成形面の美麗化の観点から原子力配管への適用も期待できる。

3. 発表論文

- 1) 小林勝・北澤君義・飯田実：パソコン制御円管端末揺動回転機の開発
第39回塑性加工連合講演会講演論文集, (1988), 521-522.
- 2) 北澤君義・小林勝・飯田実：パソコン制御円管端末揺動回転フランジ成形（円管端揺動回転成形に関する研究、第3報）
平成元年塑性加工春季講演会講演論文集, 343-346.
- 3) 北澤君義・小林勝：円管側壁穴の揺動回転バーリング成形
昭和63年塑性加工春季講演会講演論文集, 491-492.
- 4) 北澤君義・小林勝：揺動回転工具包絡面への半球殻のなじみ挙動
昭和63年塑性加工春季講演会講演論文集, 73-74.
- 5) 北澤君義・小林勝・飯田実：円管端末揺動回転フランジ成形の材料流れに対する工具包絡面形状制御方式の影響
昭和63年塑性加工春季講演論文集, 489-490.

- 6)北澤君義・小林勝・飯田実：円管端末揺動回転口絞り変形挙動に対する接触面積率の影響
昭和63年塑性加工春季講演論文集, 487-488.
- 7)北澤君義・小林勝・道村和司・飯田実：円管端末の揺動回転口広げ成形におけるカーリング条件の推定
第39回塑性加工連合講演会講演論文集, (1988), 501-502.
- 8)北澤君義・小林勝・飯田実：工具回転軸と円管回転軸に偏りを有する円管端末口絞り成形における口辺しわと内カーリング変形の抑止
塑性と加工, 30, 339(1989), 563-569.
- 9)北澤君義・小林勝・丸山浩昌：アルミニウム円管の揺動回転口広げ・口絞り成形の成形限界（円管端末の揺動回転成形に関する研究、第2報）
塑性と加工（掲載決定）