

手指の機能を模倣した揺動回転成形機の 開発とその智能化

信州大学 工学部 生産システム工学科

助手 北澤君義

(平成元年度奨励研究助成 AF-89026)

1. 研究の目標

揺動回転成形は、薄板、薄肉円管などの塑性加工の多品種少量生産化を可能にする。また、この成形方式では、成形中における工具の運動の自由度が極めて大きいため、プレス成形では不可能であった座屈と破断の抑止が期待できる。しかし、この大きな自由度のために、最適な工具運動方式の決定が難しくなってしまう。ところで、成形素材は異なるものの、類似の成形は古来より人間が陶芸のなかで行っている。従って、このときの指の運動の模倣から、上述の工具運動方式の決定法に関する有用な知見が得られるものと期待される。そこで、この研究では、形態的な意味において手指の形に近い棒状工具を装備したCNC揺動回転成形機を新に開発し、これを用いて薄板の張出し成形および薄肉円管の口広げ成形を行い、材料流れ制御の観点から不整形変形（破断と座屈）の発生を抑止する工具運動方式を明らかにし、得られた知見をもとに工具運動制御を行うソフトウェアを開発し、試作機の智能化を推進する。

2. 成果の概要

2.1 CNC揺動回転成形機（逐次塑性加工機）の基本構想・設計・開発

まず、実際に「ろくろ」を用いて粘土の皿状あるいは壺状成形を行い、人手指の運動挙動を調べた。その結果、被加工物の拘束の問題を別にすれ

ば、手指運動の最簡略化モデル（最小構成要素単位）である1本指の場合でも、材料流れ制御を可能にする手指運動方式の存在が明らかになった。

そこで、本研究では、複雑な人手指の運動を模倣する塑性加工ロボット開発の基礎として、最小構成要素単位である1本指の機能を研究対象として取り上げ、これを模倣したCNC揺動回転成形機を開発することにした。このような基本構想に基づき設計・開発した装置の外観を図1に示す。この開発機では、回転する被加工材に対して棒状工具が被加工材の回転半径R方向と軸Z方向の移動および回転軸に対する傾斜 Ψ の合計3の自由度を有している。被加工材（薄肉素材）から見ると手指に相当する棒状工具が被加工材に対して相対的な意味において工具包絡面を創成する。従って、この工具包絡面を型の代わりに用いるため、開発機は揺動回転成形法と同じ方法論の範疇に属し工作機械として分類する場合には、CNC旋盤を拡張したタイプに属する。図2は球面状張出し成形中における成形部近傍の外観である。棒状工具は、ベアリングケースごとハーモニックドライブ（ Ψ 軸）により直接傾斜させられる。開発機では、ホストコンピュータにより成形形状（最終段階の工具包絡面形状）および途中のプロセスが自動的に決定され、R軸とZ軸および Ψ 軸のパルスモータが駆動制御され、目的の形状に薄肉素材を成形する。

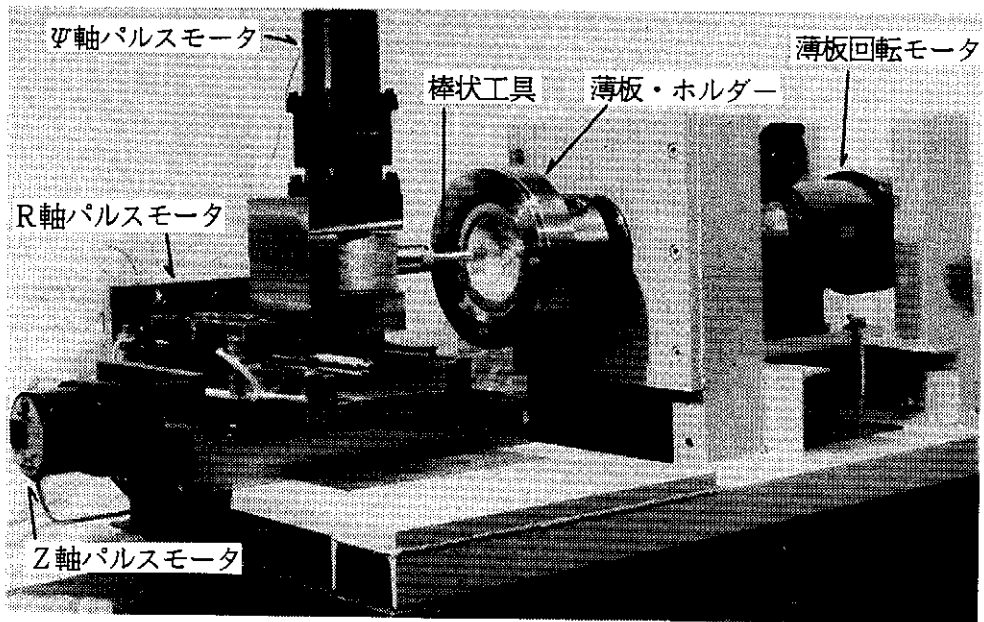


図1 開発したCNC揺動回転成形機（逐次塑性加工機）の外観

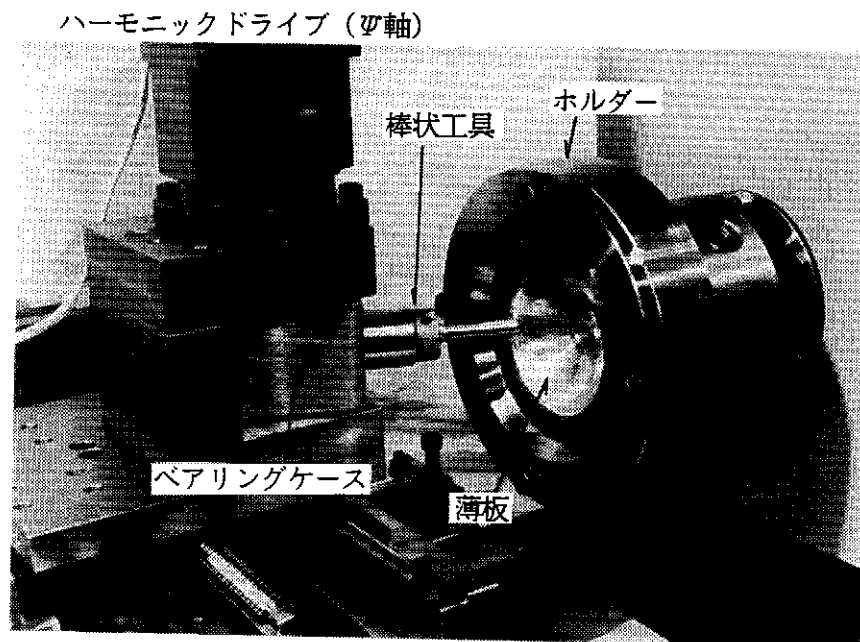


図2 成形部近傍の外観（薄板球面状張出し成形の場合）

2.2 不整形の発生を抑制する工具運動方式

(1) 円管の場合

実験結果をもとに、口広げ成形における破断と座屈の発生を回避する多パスの工具運動方式（一般化された修正傾斜法）を開発した。

(2) 薄板の場合

実験結果をもとに、薄板の張出し成形における破断の発生を回避する簡便な多パスの工具運動方式（スクイズ法）を開発した。この方式では、周囲からの「肉寄せ」順序が重要になる。硬質材ではあっても、スクイズ法によれば、超塑性的な張出しも可能になる。図3は、この方式による張出し成形例である。プレス成形の場合とは異なり、ビードが不要になる。さらに、一つの棒状工具のみを用いだけで、多種多様な形状に薄板を張出し成形することができるため、一品生産にも対応可能である。

2.3 工具運動決定プログラム

得られた知見をもとに、不整形の発生を抑制

するプログラムの整備を図り、複数の異なる形状（円錐状、円筒状、二段円筒状、鋭凸コーナーを有する円筒状、球面状等）の張出し成形を行い、このプログラムの有効性を確認した。

3. おわりに

本研究は、財団法人天田金属加工機械技術振興財団の奨励研究助成を得て行われたものであり、本助成金を得てはじめて可能になったものである。天田金属加工機械技術振興財団に厚く感謝の意を表する次第である。

4. 発表論文

1) 北澤君義・清野次郎・村田和也：棒状工具を用いた薄板の軸対称CNC張出成形機の開発、平成4年度塑性加工春季講演会講演論文集（平成4年5月発表予定）

2) 北澤君義・清野次郎・村田和也：反転プロセスによる鋭凸部輪郭製品のCNC張出成形、平成4年度塑性加工春季講演会講演論文集（平成4年5月発表予定）

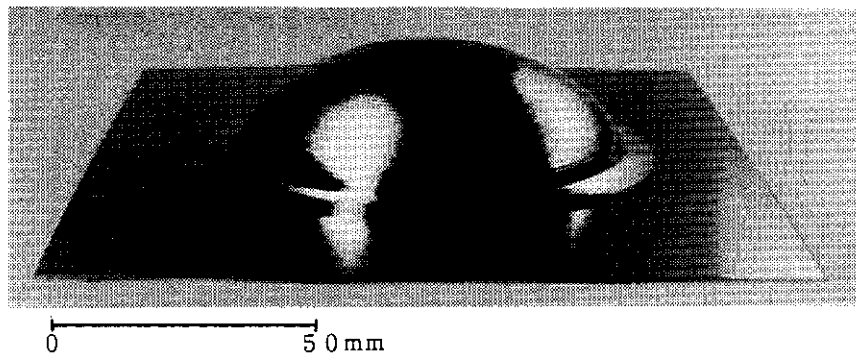


図3 薄板張出し成形例（楕円面状、アルミニウム硬質：板厚0.6mm）