

適応制御深絞り加工機の開発研究

東京都立大学工学部機械工学科
助教授 真鍋 健一
(昭和62年度研究開発助成 AF-87006)

1. 研究の背景

近年、製品の多様化に伴い、多品種少量生産に適するフレキシブルな塑性加工法が要望されている。現在その一つとして高能率高精度の適応制御加工法が注目され種々の開発研究が進められている。

2. 研究の目標

本研究は、塑性加工のなかでも薄板の深絞り加工を対象として、ブランクの寸法や材料特性、及び加工条件の変更や変動にも柔軟に対応できる多品種少量生産に適する、新しい適応制御深絞り加工機の開発を目指すものである。

本適応制御深絞り法は、変圧しわ押え法を基本としている。初等解析から導かれる式を基礎式として、加工初期にブランクの材料特性 (σ_B 、F値、n値、r値) と、ダイ・ブランク間の摩擦係数を同定し、材料特性が未知の材料でも常に最適な深絞り加工条件となるように、同定行程後に適正なしわ押え力に可変制御する方式である。したがって、単品生産にも対応可能であり、また加工中に刻々と変わる潤滑状態にも対応して、しわ押え力を適正に制御できるほか、カップ側壁部の均肉化やカップ高さの向上、さらにはLDRの向上にも効果があるなどの特長を有している。

本適応制御深絞り法の原理の有効性を検証するため、先に開発したコンピュータ制御複動油圧プレスを用いて実験を行ったところ、本装置のハードウェア関係は自

作品が多いため、信頼性に乏しく、さらにコンピュータも8ビット機の旧式のため演算速度が遅く、制御システム全体として不安定で、制御精度も低く操作性も悪いものであった。必然的に加工速度も極めて遅く、とても実用機として使用できるものではなかった。

そこで、本研究では従前のコンピュータ制御複動油圧プレスをベースにして、その制御まわりのハードウェアをコンピュータを含めて一新し、基本的性能の向上を図り、さらにソフトウェア関係の改良によって操作性、応答性を向上させ、高速で信頼性と実用性の高い適応制御深絞り加工機を開発することを目標とした。

また、その開発とあわせて、本適応制御法の最大の特徴である加工中にブランクの材料特性及びダイ・ブランク間の摩擦係数を同定するステージの適正なしわ押え条件について新加工機で再検討を行い、より信頼性の高いしわ押え条件を明らかにする。

3. 研究成果の概要

従来機より高速で、信頼性と実用性の高い適応制御深絞り加工機を開発するため、従来機で最大のネックとなっていた制御まわりのハードウェアを次のように改良した。

1. 制御用パソコンを従来の8ビット機から最新の高性能な16ビット機に交換した。また、従来のA/D、D/Aコンバータは手作りであったため量子化ビット数は実質9~10ビットであったが、高性能な市販品を用いることで12ビット確保し、各種入出力データの分解能を向上させた。さらに、サーボ・バルブも高性能なものに変更し、これに伴いサーボ・アンプも手作り品から専用の高性能なものに変更した。その他、しわ押え板変位の高精度測定用にマグネスケールを新たに取り付けた。また、ソフトウェア関係も最適化を行い処理速度、制御精度の向上に努めた。

以上の改良により、以下のような成果が得られ、より実用性の高い加工機へと改良することができた。

- 1) しわ押え力の目標値からの変動を、これまでの $\pm 1000\text{ N}$ から $\pm 50\text{ N}$ 以内に抑えることができた。
- 2) フィードバックに要する時間を、これまでの 0.5 秒から 0.07 秒に短縮できた。これにより加工速度をパンチ速度で、従来機の 0.1 mm/s から 5 mm/s と高速にすることができた。
- 3) 改良によりパンチ速度を十分な精度で制御することが可能となった。このため加工初期のみ低速（パンチ速度 1 mm/s ）で深絞りし、材料特性等の同定後は高速（パンチ速度 5 mm/s ）で絞ることが可能になり、同定精度を犠牲にすることなしに、加工時間を従来機の約 10 分から 20 秒弱と大幅に短縮することができた。

次に改良した加工機を用いて、本適応制御深絞り法が様々な材料特性をもつブラック、潤滑状態及び絞り比にも広範囲に適用できるようにするため、種々の供試材及び加工条件を設定した上で、同定行程における最適しわ押え条件について再検討を行った。

本適応制御法では、その原理から、同定行程はフランジ部の摩擦が無視できるほど小さなしわ押え力を加える行程（ステージ1）と、実際に材料特性を同定する行程（ステージ2）の合わせて2ステージから成り立っている。そのため、しわ押え条件としては両ステージのしわ押え力（ $BHF1$ と $BHF2$ ）と、それを負荷する範囲（ $\Delta DR*1$ と $\Delta DR*2$ ）の最適値について検討した。

その結果、

1] 従来機の場合よりもはるかに、加工初期に材料特性等の同定を完了することができた。

2] 摩擦が無視できるほどのしわ押え力を加えるステージ1では、その間のしわ押え力 $BHF1$ に最適値があり、その値は 2 K/V であった。

3] 同定行程中のステージ2のしわ押え力 $BHF2$ は 4 K/V が適当であることを示した。

従来、Al軟質材ではフッ素潤滑のときに限り材料特性の同定が精度が悪いながら

も可能であったが、適応制御で深絞りすることはできなかった。タービン潤滑の場合には材料特性の同定すらできなかった。

しかし、上記の最適しわ押え力の検討によって、これまで同定すら困難であったタービン油の場合に対しても高精度な材料特性等の同定と適応制御深絞りに成功することができた。

以上のように本研究によって、種々の材料、潤滑状態にも対応でき多品種少量生産に適する実用性の高い適応制御深絞り加工機を開発することができた。

4. おわりに

最後に、本研究は（財）天田金属加工機械技術振興財団の研究開発助成のもとに行われたことを付記する。

5. 発表論文

真壁健一・添田建太郎：適応制御深絞り法に関する研究、平成元年度塑性加工春期講演会講演論文集（1989-5）、363

添田建太郎・真壁健一：適応制御深絞り加工機の開発、日本機械学会関東学生会第28回学生員卒業研究発表講演前刷集（1989-3）、215