

薄板曲げ加工用サーボシステムの開発

機械システム課 金森直希 企画管理部 佐山利彦*1

1. 緒言

近年、サーボプレス機やサーボベンダーなどサーボ式塑性加工機が登場し、多様かつ精密な塑性加工ができるようになってきた。このような塑性加工機械は、様々な材質のより大きな（より小さな）ワークに対してより複雑な加工をより精度よく行うことが求められているが、加工誤差の低減が大きな課題となっている。加工誤差を十分に低減することができれば、加工機の NC 化も期待できる。

そこで、本研究では、金属薄板の曲げ加工を行うサーボシステムを題材として取り上げ、サーボ制御による曲げ加工中に制御動作を随時補正することによって加工誤差を低減する制御手法および装置構成の開発を目指すこととした。本報告では、開発の最初の段階として、サーボ制御時に加工誤差を生み出すと考えられる主な要因について、二次元および三次元の非線形解析を用いた曲げ加工シミュレーションにより調べた。

2. 対象とする加工システムおよび解析方法

本研究で対象とする加工システムの概要を Fig. 1 に示す。下金型の上に置かれたワーク板が押さえ金型によって押し付けられ（固定され）た後、曲げ金型が Fig. 1 の紙面下方へ移動することによって曲げ加工を実現する（しごき曲げではない）加工システムである。ワーク材を曲げた後、曲げ金型は上方へ戻り、押さえ金型は除荷される。本報では、金属薄板を下金型側へ 90 度に曲げる L 字曲げのみを扱うこととした。

解析対象のワークはアルミニウム合金とし、加工硬化を有する弾塑性材料として定義した。ワーク材は Fig. 2 に示す塑性特性を有するものとした。下金型、押さえ金型、曲げ金型は剛体とし、ワークと各金型との間の摩擦は存在しないものとした。非線形構造解析ソフトには

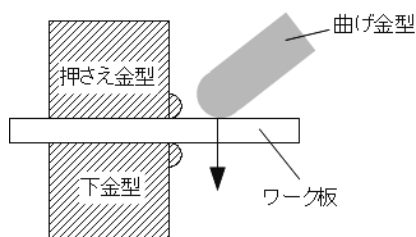


Fig. 1 対象とする曲げ加工の概略図

MSC Software 社製 Marc2012 を用い、有限要素モデルの作成、解析条件等の設定、解析結果の可視化・ハンドリングには同社製 Patran2012 を用いた。

3. 解析条件および解析結果

3.1 二次元解析

ワーク材のヤング率が加工工程後のスプリングバック量に大きく影響すると考えられる。そこで、ヤング率とスプリングバック量の関係を調べた。Fig. 3 に示す二次元モデルを作成し解析を行った。板厚を 2mm、板の長さを 65mm とした場合のヤング率とスプリングバック量の関係を Fig. 4 に示す。材料のヤング率が小さくなるほど、板厚が薄いほど、スプリングバック量が大きくなるのがわかる。

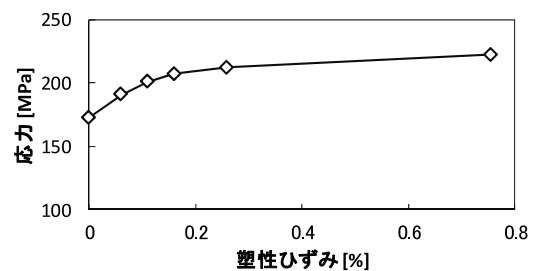


Fig. 2 ワーク材の塑性特性

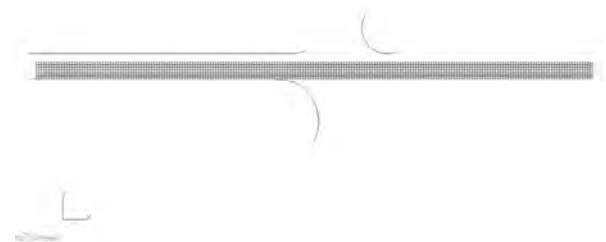


Fig. 3 二次元解析モデル

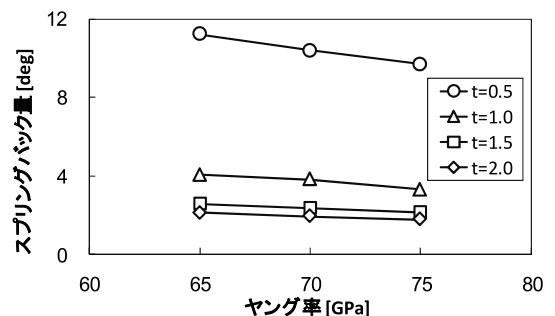


Fig. 4 ヤング率とスプリングバック量の関係

*1 現 電子技術課

3.2 三次元解析

実際の加工は三次元空間で行われるため、三次元空間におけるスプリングバックの特徴を調べた。板幅を60mm、板厚を5mmとした解析モデルをFig. 5に示す。対称性を考慮しているため解析モデルの板幅は30mmとなっている。図中右上側の隠れている面が対称面である。

加工後の変形の様子をFig. 6に示す。この図より、板は均一に曲がらず「そり」が発生していることがわかる(図中矢印の部分は「そり」の変位が大きく表れている部分を表す)。すなわち、スプリングバック量は板の端部と中央部で異なる。

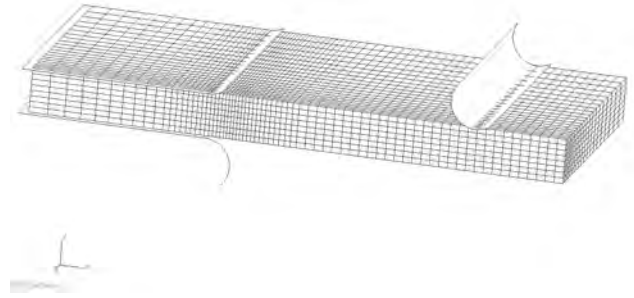


Fig. 5 三次元解析モデル

3.3 材料異方性を考慮した解析

板材は、通常、材料特性に方向性があるため、ワーク材を加工機へ設置する際の方向によってスプリングバックの様子が異なることが推察される。そこで、それぞれの方向でヤング率が異なる材料特性を与えた場合の加工解析を行った。前節と同様に変形の様子をFig. 7に示す。Fig. 6と比べて「そり」の表れ方が異なることがわかる。

4. 結言

二次元および三次元の非線形構造解析を行うことにより、加工中のワーク薄板の挙動・状態を可視化することおよび加工誤差の大きな要因と考えられる現象を捉えることができた。薄板の曲げ加工を担うサーボ制御を補正して加工誤差を抑圧するには、(1)加工中にヤング率を推定して曲げ金型の押し込み量を随時補正すること、(2)「そり」による板幅方向の曲げ誤差(うねり)を何らかの方法で低減することが必要である。

以上の結果をもとに、今後、サーボ制御の補正法および装置構成の詳細を検討し、本研究で構築した曲げ加工シミュレーションモデルを制御対象とした制御シミュレーションを行ってサーボ制御の補正効果を確認していく。



Fig. 6 変形図(等方性材料)



Fig. 7 変形図(異方性材料)

キーワード：金属薄板、曲げ加工、三次元解析、非線形構造解析、サーボ制御

Development of servo system for bending sheet metal

Mechanical System Section; Naoki KANAMORI and Toshihiko SAYAMA*1

Development of a method of reducing machining error of the servo system for bending sheet metal are required. Primary cause of the bending error had been investigated using the non-linear analysis of two-dimensional and three-dimensional. As a result, we found that the difference between the thickness and Young's modulus can affect the spring back, and that the swell appears.