

塑性変形型ラピッドプロトタイピングの開発 - CAD データに基づいた鍛金加工の成形特性 -

金沢大学 田中秀岳, 浅川直紀, 平尾政利

Development of a Forging Type Rapid Prototyping System
-Automation of a Metal Hammering Working-

Kanazawa university Hidetake TANAKA, Naoki ASAKAWA and Masatoshi HIRAO

This study proposes an automation of metal hammering system on the basis of CAD data and a trial development of a forging type rapid prototyping system. In this article, a cam system for metal hammering is developed. And experiments of incremental metal hammering based on the CAD data are examined to analyze the phenomenon in metal hammering working as one of a sheet metal forming processes by use of the CAM system under several conditions. From the experimental result, the deformation behavior and the forming limit are considered. Farther more, to control the strain distribution on the workpiece, which depends on the mode of the tool path can improve the forming limitation is found.

1. はじめに

塑性加工であるプレス成形加工は、工業的には金型を用いて大量生産が行われる。しかし単品や試作品の場合、コスト、時間的に金型を用いるのは得策ではないため、多くの場合、熟練工による手作業に頼っているのが現状である。また同時にプレス成形加工は他品種少量生産の場合でも、切削加工などの他の加工に置き換えることのできない加工法でもある。

現在、プレス成形加工分野において、金型を用いずに加工を行ういくつかの加工法が考案されており、特にインクリメンタルフォーミング(逐次張出し成形法)が注目され、研究や実用開発が進められている¹⁾。

本研究では、ハンマリングによる逐次成形加工に着目し、従来熟練工の手作業によって行われていた鍛金加工に対して、鍛金ハンマの動作を自動化するサーボハンマリングユニットと鍛金加工に対応したCAMシステムの開発を行い、鍛金加工をCAD/CAMシステムを用いて数値制御化を行うことを目的とし、さらにラピッドプロトタイピング技術の新たな3次元造形法として塑性変形型造形法を提案してきた²⁾。しかし、変形加工である鍛金加工は、必ずしも工具軌跡と工作物の変形は一致しないため、工作物の変形の逃げや隆起を考慮し、ハンマを動かす順序や方向も加工対象形状によつて的確に決めなければならないという問題が存在する。

本報では、ハンマリングによる鍛金加工の成形特性を考察するために鍛金加工用CAMを試作し、成形実験を行い、その変形挙動と張り出し限界を考察した。またそのデータに基づきハンマリング工具経路の評価を行ったので報告する。

2. システム構成

本研究のシステム構成を図1に示す。加工装置は3軸のマシ

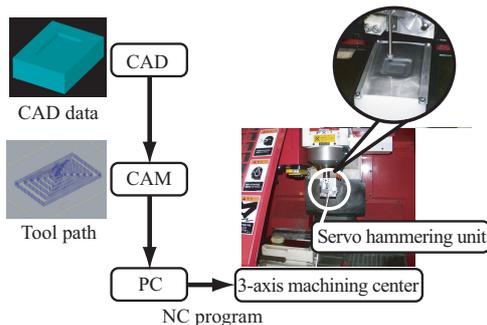


Fig. 1 Configuration of the system

ニングセンタ((株)松浦機械製作所FX-1)を用いて位置決めを行い、主軸に取り付けられた鍛金におけるハンマリング動作を行うサーボハンマリングユニットにより加工を行うシステムである。工具経路の生成はCADシステム((株)リコーDESIGNBASE)により工作物の形状定義を行い、同カーネル付属のライブラリ関数を用いて開発したCAMにより生成する。工具経路はNCプログラムに変換されPCよりマシニングセンタのCNCへ転送されDNC運転を行う。

3. 成形原理

ハンマリングによる鍛金加工は、時間的に離散化した局所変形の集積による逐次成形であり、加工力は衝撃力を利用する。そのためハンマリングによる逐次成形法は他のインクリメンタルフォーミング成形法等に比べ大きなフレキシビリティを有しており、加工対象も板材だけでなくインゴットを用いた自由鍛造にも対応できる。手作業での鍛金加工では主に金槌と当て金を用いて加工を行うのが普通であるが、この場合、固定された当て金に重なる被加工材とハンマの両方を正確にコントロールしなければならないため、初心者には非常に難しく、当然自動化も困難である。本研究では鍛金や彫金の技法の一つである脂台(やにだい)を用いた打出しに着目し、脂台を模した板材の固定治具を製作した。図2に示すように、素板を支持枠に固定し、下にサポート材を充填する。ハンマによる局所的な衝撃力が板に作用した時、粘塑性体であるサポート材が板の周辺部を支持し、フレキシブルな当て金として作用するため、局所的な変形を板に与えることができる。サポート材は本来は松脂を用いるが、取り扱いの簡便性を考え、工作用の油粘土を使用した。

4. ハンマリングによる成形特性

(1)実験方法

ハンマリングによる成形特性を考察するために、非加工材の

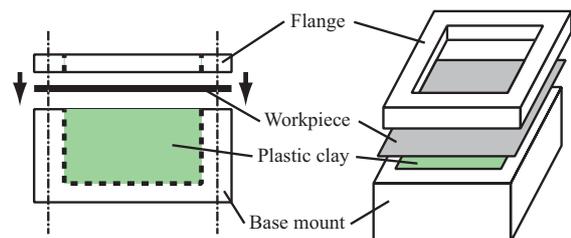


Fig. 2 Elastic support base

変形量や変形経路の可視化を行えるスクライブドサークルテスト¹⁾を行った。工具経路は図3(a)に示される内側から外側へ向かうモード(モードA)と、図3(b)に示される外側から内側へ向かうモード(モードB)との2種類について検証を行った。加工形状は円錐と円筒の2種類とし、非加工材には工業用純アルミニウム板を用いた。

(2)変形状態の可視化

工具経路により非加工材の変形状態の差を可視化するために円錐形状の張出し実験を行った。図4に板厚0.5mmの工作物の実験結果を示す。モードAでは張出し深さ20mmであり、頂上部分より破断し、スクライブドサークルパターンに見られるように、外側に行くに従って伸びが小さくなっている。対照的に、モードBの円筒形状の工作物は図4(b)に示されるように、張出し深さ14mmであり、コーナー部より破断し、外周部よりコーナー部に行くに従って伸びが大きくなり、また頂上部分へ行くに従って伸びが小さくなっている。従って、実験結果より鍛金におけるハンマリング動作の工具経路が、ひずみの分布に密接に影響していると考えられる。

(3)張出し深さ

次に工具経路のモードによる張出し深さについて検討するため、円筒形状で張出し実験を行った。図5に示されるように、工具経路のモードによって実験後の工作物の張出し深さに明確な違いが生じた。一般的に手作業による鍛金作業でも内側より

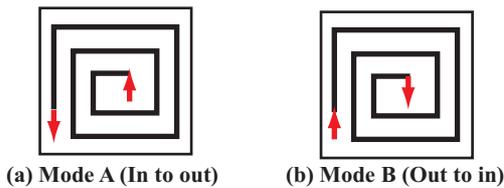


Fig. 3 Types of tool path

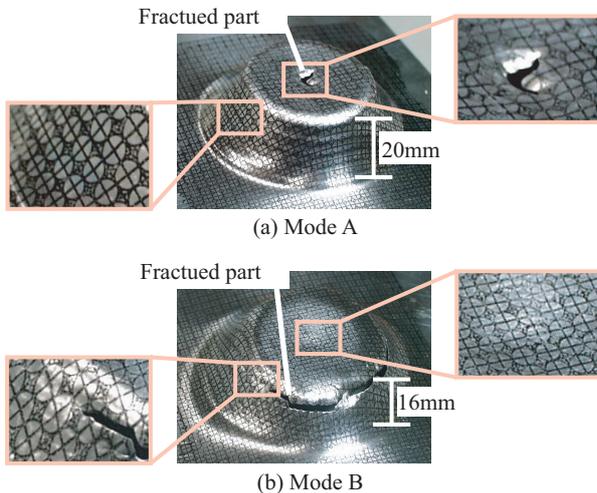


Fig. 4 Cone shaped workpiece after hammering (Thickness: 0.5mm)

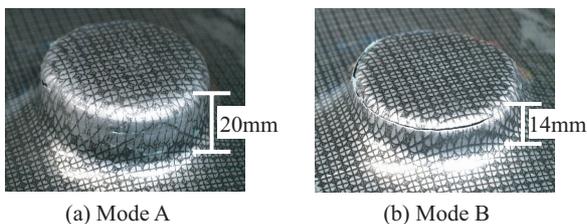


Fig. 5 Cylinder shaped workpiece after hammering (Thickness: 1mm)

外側に向かってハンマリングを行うモードAで加工を行うことが多いが、本実験においても、図5(a)に示すように、モードAの方が、図5(b)に示されるモードBより張出し限界が高い結果となった。図6に図5(a)の円筒形状の板厚分布を示す。コーナー部へ近づくに従って板厚が減少し、破断に至ることが確認できる。

(4)成形限界線図

スクライブドサークルテストの結果より場所ごとのひずみをプロットし成形限界線図を作成した。図7に板厚1mmの円筒形状の成形限界線図を示す。破断限界線は他のインクリメンタルフォーミング成型法³⁾と似た傾向を示すことが確認できる。

5. 結論

本報では、CADデータに基づいたハンマリングによる鍛金システムの成型特性を検討し、以下の結論を得た。

- 1)他のインクリメンタルフォーミング同様に本システムもフレキシブルな成型性能を有する。
- 2)工具経路はひずみ分布に密接に影響し、工具経路によって板圧ひずみある程度制御できる。
- 3)板厚ひずみ分布を制御することにより張出し深さを向上させることが可能である。

参考文献

- 1)日本塑性加工学会編：わかりやすいプレス加工，日刊工業新聞社，(2000)
- 2)H. Tanaka, N. Asakawa, M. Hirao : Development of a Forging Type Rapid Prototyping System;Automation of a Free Forging and Metal Hammering Working, Proc. of ICAM'04, (2004-10), 340-345.
- 3)井関日出男，久門統：ポールローラによる金属薄板の逐次張出し成形における破断限界，塑性と加工，vol.35, no.406(1994), 1336-1341.

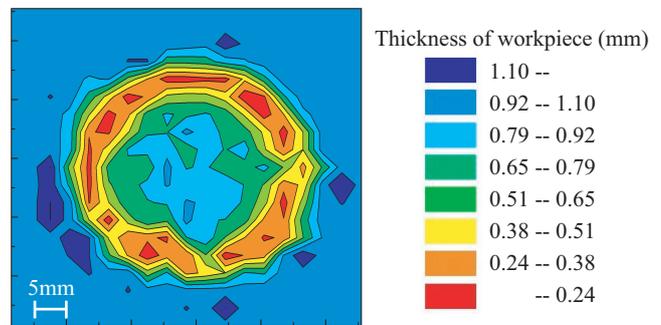


Fig. 6 Distribution of thickness of the workpiece (Cylinder, Thickness: 1mm)

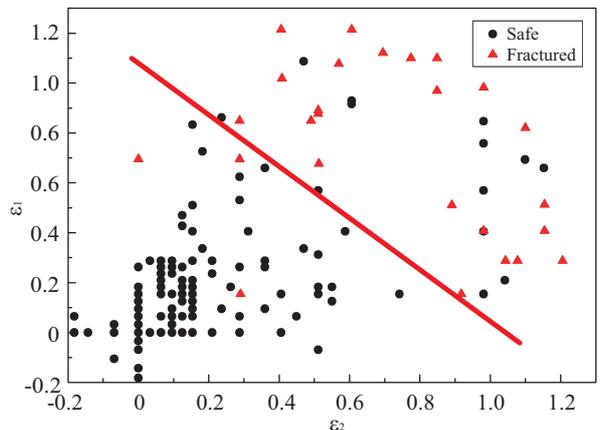


Fig. 7 Forming limit diagram (Cylinder, Thickness: 1mm)