

塑性変形型ラピッドプロトタイピングシステムの開発 (加工温度の影響)

金沢大学大学院 城野麻未, 高杉敬吾, 岡田将人, 浅川直紀 長岡技術科学大学 田中秀岳

Development of a Forging Type Rapid Prototyping System
-Influence of Processing Temperature-

Kanazawa University Mami JONO, Keigo TAKASUGI, Masato OKADA and Naoki ASAKAWA
Nagaoka University of Technology Hidetake TANAKA

The study deals with forging type rapid prototyping system which automates metal hammering by use of an industrial robot. The system automates metal hammering by a hammering unit using generated tool path on the basis of CAD data of a product. In the article, relationship between processing temperature and formability of a workpiece is reported. A hot processing which is a type of processing method with change of processing temperature considered to be useful for general press forming. Therefore, our hammering unit has improved to have a capability to change processing temperature. From the experimental results, relationship between temperature and formability are found and capability of improved hammering unit is verified.

1. 緒言

現在、塑性加工であるプレス成形加工の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)が注目され研究や開発が進められている。

本研究ではハンマリングによる逐次成形加工に着目し、鍛金ハンマの動作を自動化するハンマリングユニットと6自由度の産業用ロボットを用いて数値制御による鍛金加工システムを構築してきた。しかし、従来の加工方法では、加工途中で工作物の破断が見受けられ、これは、冷間加工による加工硬化が原因であると考えた。そこで本研究では、これらの解決策として加工温度に着目した。加工温度が工作物の成形性に対してどのような影響を与えるのかを検証し、その結果から本システムの改良を試みる。また、そのシステムの実用性を検証する。

2. 加工方法

加工温度に着目した場合に考えられる加工方法は、温間加工と熱間加工である。温間加工とは、常温～再結晶温度間で加工する方法である。一方、熱間加工とは再結晶温度以上で加工する方法であり、焼きなまし効果により変形能が大きくなるとともに変形抵抗が減少し、加工が容易になる。

本研究では、工作物として厚さ0.5mmのアルミ板(A1050)を用いるため、その再結晶温度である200℃以上の加工を熱間加工、常温～200℃までの加工を温間加工とする。

3. システム構成

システム構成を図1に示す。工作物の形状定義を行い、次に工具であるハンマの加工経路を生成した後、6自由度垂直多関節型ロボット(川崎重工業(株)FS60L)のハンド先端に搭載されたハンマリングユニットにより鍛金加工を行う。これは手作業での鍛金加工におけるハンマの役割をするためのものであり、毎秒16回のハンマリングが可能である。工作物の固定方法として、図1に示すようなサポート治具を使用した。これは工作物を固定するとともに金属板が変形する際に発生するしわを防ぐためのものである。また本研究では、加熱方法として熱風と過熱水蒸気の2種類を用いた。

4. 加工実験

加工温度の違いが工作物の成形性に与える影響を検証するため、加工実験を行った。本実験では、図1(a)に示すヒートガンによる熱風を用いて温度調節を行った。加工形状は直径40mmの半球とした。加工方法は、冷間加工、温間加工、熱間加工とし、それぞれ工作物の温度が常温、100℃、200℃となるように設定した。

加工後の工作物の外観、プロファイルを図2に示す。まず外観の写真より、冷間加工の場合には明らかな破断が確認でき、温間加工の場合も若干ではあるが破断が確認できる。一方、熱間加工の場合は破断は起こらなかった。この結果から、熱間加工は最も延性が高いと考えられる。しかし、プロファイルを見てみると、冷間加工と温間加工はほぼ定義形状どおりに加工されているが、熱間加工は定義形状より大きく加工されている。これは、熱源にヒートガンを用いているため、工作物が広範囲に加熱され、工作物全体の変形が容易になり、変形量が大きくなるためであると考えられる。

以上の結果より、加工温度が高くなるにつれて、工作物の延性が増し、成形限界の向上が見込めるが、加工精度に関しては温度が高くなるにつれて劣化するため、加熱方法の検討

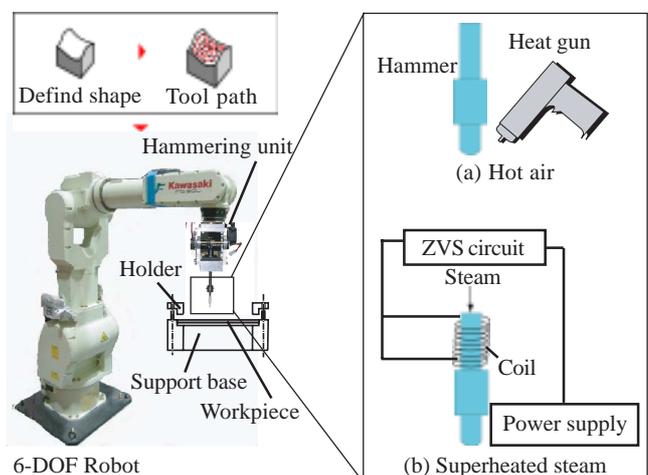


Fig.1 Configuration of the system

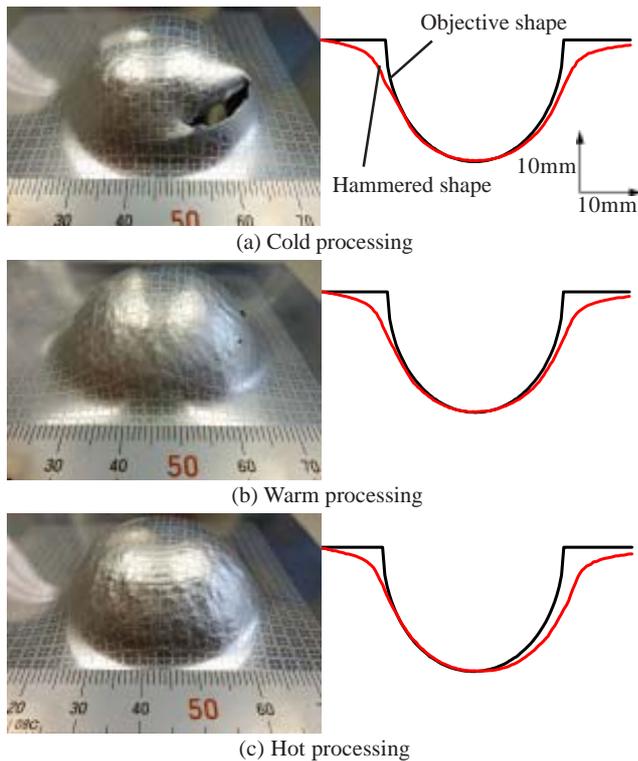


Fig.2 Workpieces after hammering and profile of workpieces

が必要であることがわかる。

5. 過熱水蒸気の利用

前項の結果より、工作物を局所的に加熱することが工作物の成形性向上につながると考えたため、図3に示すようにハンマリングユニットを改良した。加熱方法は、図1(b)で示した過熱水蒸気を用いる方法を採用した。

具体的には、まずハンマリングユニットの中心部にあるパイプ形状のシャフト上部からスチームの供給を行い、ハンマ（ステンレス製、直径 $\phi 6\text{mm}$ 、穴径 $\phi 1\text{mm}$ ）先端の穴からスチームを出して工作物を加熱する方法である。加熱用コイルによりシャフトの中を通っているスチームはさらに加熱され、過熱水蒸気となる。図1(b)に示した直流電源とZVS回路、コイルを用いてIHによる加熱を可能にしている。一般的に過熱水蒸気は、200以上の温度になるため、このシステムで冷間加工から熱間加工まで行うことができる。

6. 加熱時間と温度の関係

前項の装置の基本特性を調べるために、熱電対を用いて温度測定を行った。実験装置を図4に示す。まず、初期位置においてスチームのみまたはスチーム+IHを動作させ、それぞれ工作物の温度が100、200になるまで静止させる。その後約4mm/sで40mm平行移動させ停止させる。その間の温度分布を測定する。温間加工、熱間加工の測定結果をそれぞれ図5(a),(b)に示す。

図5(a)より、ハンマ先端はどの点においてもほぼ100に近い値を維持していることがわかる。本研究において温間加工は、常温~200の間で行う加工であるため、この加熱方法を用いて温間加工は可能であると考えられる。次に、図5(b)より、ハンマ先端は常に200以上であることがわかる。本研究においては工作物の温度が200以上であることが熱間加工の条件であるため、この加熱方法を用いて、熱間加工が可能であると考えられる。また、ハンマ先端より10mm程度離れた位置では200を下回っており、熱間加工が行われていないため、局所

的な熱間加工が可能であると考えられる。

以上より、改良したハンマリングユニットを用いて、加工温度を制御した加工が可能であるとわかった。

7. 結言

塑性変形型ラピッドプロトタイプシステムにおいて、加工温度に着目し、以下の結果を得た。

- (1) 加工温度を上げると工作物の成形限界も向上する。
- (2) 加熱方法を検討して改良したハンマリングユニットを用いて、加工温度の制御と局所的な加熱が可能であると確認できた。

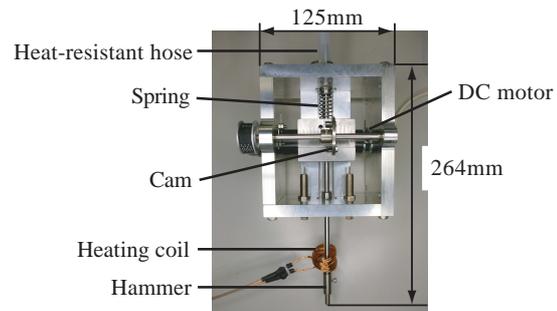


Fig.3 Hammering unit

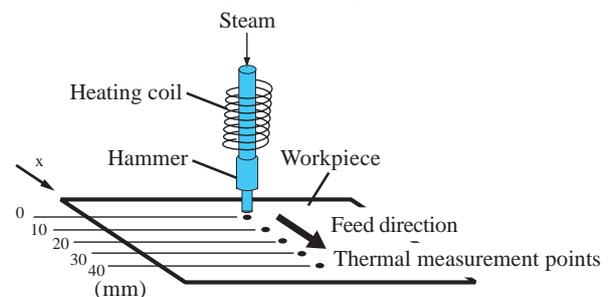
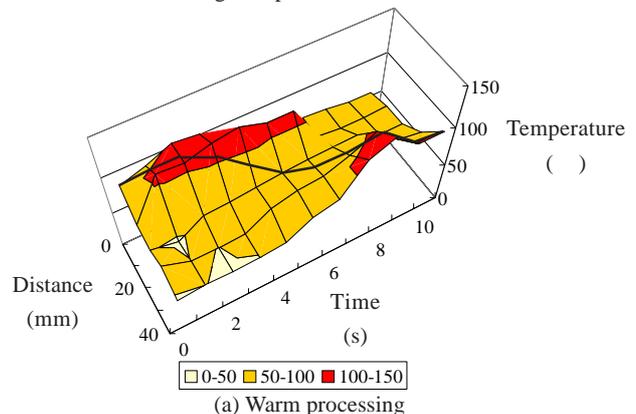
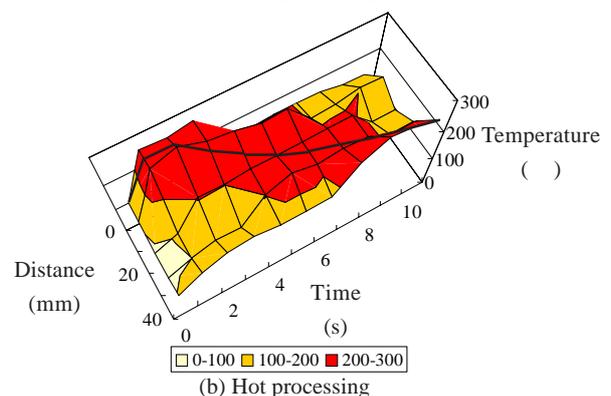


Fig.4 Experiment device



(a) Warm processing



(b) Hot processing

Fig.5 Temperature distributions