

レーザ加熱併用インクリメンタルフォーミング装置

木村 豊恒^{*1)}, 三木 靖浩^{*2)}, 須蒲 俊介^{*2)}, 浅野 誠^{*2)}

The Incremental Forming Apparatus Used Laser Heating Method

KIMURA Toyotsune^{*1)}, MIKI Yasuhiro^{*2)}, SUGAMA Shunsuke^{*2)}, ASANO Makoto^{*2)}

コストや納期のかかる金型を使用せずに、金属板を自在な形状に成形するインクリメンタルフォーミングは、CNC 制御された加工工具を製品形状の等高線に沿って塑性加工を行う技術であり、多品種少量生産に対応する有効な成形加工技術のひとつである。今回、この加工技術を厚板や難加工板に適用するため、レーザ加熱装置を使用して局部加熱した板材をインクリメンタルフォーミングする装置を構築した。

1. はじめに

製品の多様化が進み、県内製造業においても多品種少量生産や製品サイクルの短期化への対応が求められている。通常、金属板の成形は専用金型を作製してプレス加工を行い、金型製作に大きなコストと納期を要するため、製品の多様化への要求に対応できないのが現状である。そのため、コストのかかる金型を必要とせずに金属板を自由な形状に成形加工するインクリメンタルフォーミング(逐次張出し成形法)が注目されている。インクリメンタルフォーミングは、棒状の加工工具で金属薄板を局部的に塑性変形させる作業を連続して行い、自在な形状に成形する塑性加工技術であり、1990年代から日本を中心に研究開発が行われている^{1)~4)}。インクリメンタルフォーミングは、従来の金型を用いたプレス成形法の数倍の成形限界を示し、試作、少量生産あるいは補修部品の製作への応用が模索されている。

インクリメンタルフォーミングは、CNC 制御された工具を目的とする製品形状の等高線に沿って塑性加工を行う技術である。その動作は NC フライス加工に非常に近く、既存の NC フライスやマシニングセンタに加工工具を取り付けてインクリメンタルフォーミングすることができる。本資料では、インクリメンタルフォーミングを厚板や難加工板に適用するため、レーザで局部加熱した板材をインクリメンタルフォーミングする装置を構築したので報告する。

2. 装置の構築

2.1 レーザヘッド及びワーク固定治具の設計

ワークを介し加工工具と反対側の位置にレーザを照射する方法を採用し、ワークの成形箇所を常に加熱できるようにした。また、レーザによる加熱範囲を調整するため、焦点をデフォーカスできるようにし、レーザヘッドの上下及び角度を調整できる機構を設けた。

一方、インクリメンタルフォーミング時にレーザヘッドを上下に移動させるための空間を確保しなければならない。

そのため、切削動力計を設置した新たなワーク固定治具を設計した。設計したレーザ加熱併用インクリメンタルフォーミング装置の外観、ワーク固定治具の外観及びレーザヘッドの外観を、それぞれ図1、図2及び図3に示す。

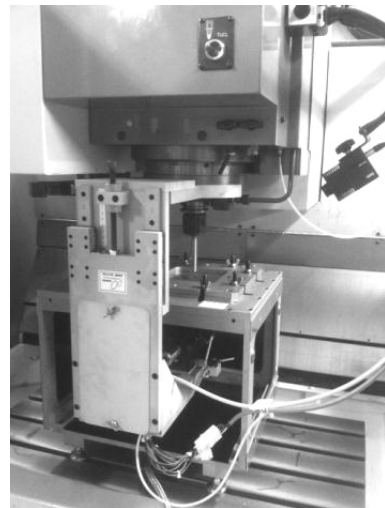


図1 レーザ加熱併用インクリメンタルフォーミング装置の外観

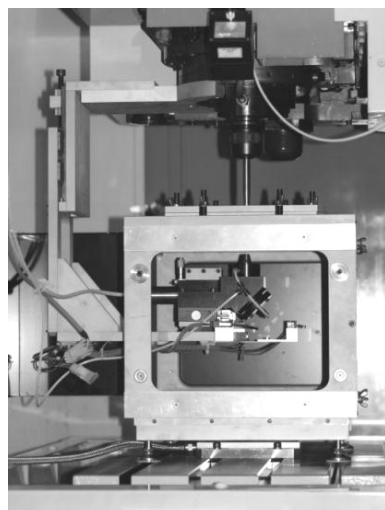


図2 ワーク固定治具の外観

*1) 旧：機械・電子・情報技術チーム

*2) 機械・電子・情報技術チーム

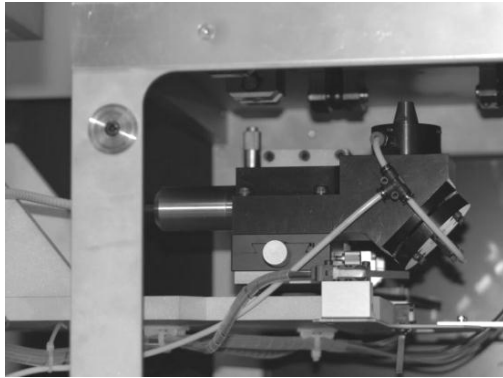


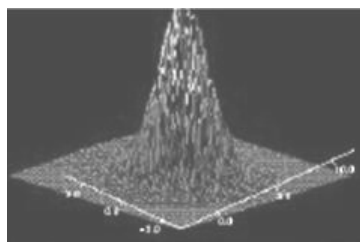
図3 レーザヘッドの外観

2.2 マシニングセンタとの連動及び安全機構

加工工具の動作はマシニングセンタのNCプログラムによって制御するため、マシニングセンタのエアブロー出力信号を利用してNCプログラムのMコードを操作し、レーザ出力のON-OFFを制御した。一方、マシニングセンタのドア開閉時及びレーザヘッドの接触時にはレーザ出力が停止するように、マシニングセンタ既存のインターロック機構と連動させた。さらに、ワークに反射したレーザによって作業者に影響を及ぼさないように、ワーク固定治具には保護カバーを設置した。

3. レーザ加熱試験結果

レーザ光のエネルギー強度分布を、図4に示す。レーザ光のエネルギー強度分布は正規分布に類似しており、レーザ光の中心部は非常に大きなエネルギーを有していることがわかる。レーザのビーム径を5mmとし、板厚1.5mmのステンレス鋼板に対する加熱試験を行った。その結果を、図5に示す。ステンレス鋼板にレーザを100Wの出力で10秒間照射した場合、約3mmの範囲においてレーザ加熱による変色が認められ、照射時間の増加にともない加熱による変色範囲も増大していることがわかる。また、100Wの出力で60秒間レーザを照射しても、ステンレス鋼板は溶融していないことがわかる。一方、ステンレス鋼板にレーザを200W以上の出力で10秒間以上照射した場合、レーザ光のエネルギーが非常に大きい照射中央部付近において、ステンレス鋼板が溶融していることがわかる。200Wのレーザ出力の場合、ステンレス鋼板に生じる溶融痕は照射時間とともに大きくなり、60秒間レーザを照射すると、レーザのビーム径に匹敵する溶融痕が生じている。また、



300Wのレーザ出力の場合、10秒間のレーザ照射でもレーザのビーム径に匹敵する溶融痕が生じていることがわかる。

照射時間 出力	10 秒	30 秒	60 秒
100W			
200W			
300W			

図5 レーザ照射後のステンレス板の表面性状

4. おわりに

インクリメンタルフォーミングは、優れた塑性加工技術のひとつである。レーザを用いて局部加熱しながら加工部分の変形性能を大幅に向上させ、インクリメンタルフォーミングすることによって、ステンレス鋼板だけでなく、高強度アルミニウム合金板及びマグネシウム合金板の成形限界を向上させることが可能であるものと考えられる。

今後は、レーザ加熱装置と同様に財団法人JKAの補助金により設置した温度分布測定装置及び非接触三次元形状測定機を使用して種々のレーザ出力におけるワーク加工時の温度を測定し制御すると共に、設計寸法と加工後の形状寸法とを詳細に比較することで、本レーザ加熱併用インクリメンタルフォーミング装置を用いた難加工板の成形限界ひずみの向上を図る予定である。

なお、レーザ加熱装置、温度分布測定装置及び非接触三次元形状測定機は、財団法人JKAの「機械工業振興補助事業」により導入、設置した。



参考文献

- 1) 松原茂夫；塑性と加工,35-406,p1258,(1994)
- 2) 井関日出男・久門統；塑性と加工,35-406,p1336,(1994)
- 3) 北沢君義・若林昭彦・村田和也・清野次郎；塑性と加工,35-406,p1348,(1994)
- 4) 21世紀のインクリメンタルフォーミング小特集,塑性と加工,42-489,p983(2001)