金属光造形複合加工装置

高岡 勉*, 山岡恒治*

Laser Metal Molding and Cutting Hybrid Machine

Tsutomu TAKAOKA and Tsuneji YAMAOKA

1. はじめに

ラピッドプロトタイピング (RP) の代表的なものとして、紫外線硬化性樹脂に紫外域レーザを照射してプラスチックの三次元造形物を作る方法がある。この方法により作られたプラスチックの造形物を整形して、形状の評価や組立時における干涉チェックに活用する。しかし、この RP により製作されたプラスチック部品は、実際の商品として使用されるプラスチック部品とは材質が異なり、試作品に組み込んでの機能確認等には用いることが出来ない。

実際の商品に使用できるプラスチック部品を短納期に製作する方法は次の2通りがある。

- ① 同材質のプラスチック粉末をレーザにより積層造形した後に、表面を整形してプラスチック部品を製作する方法。
- ② 金属粉末をレーザにより積層造形した後に、切削加工および放電加工等により表面を整形したプラスチック用金型 (プラ型) を製作し、そのプラ型を用いてプラスチック射出成型機にてプラスチック部品を製作する方法。

しかし、①の方法による場合には、量産化に移行する場合には正規のプラ型を製作しなければならず2度手間となる。②の従来のレーザによる光造形方法では、造形物の寸法精度および

表面粗さ等で満足できる金属造形物を造形することが原理的に困難であり、切削加工や放電加工等の後工程の必要性によりプラ型製作のリードタイムの短縮およびコスト低減の面でのメリットが発揮されない。

そこで、「ワンマシンおよびワンプロセスでのプラ型づくり」をコンセプトにかかげて、金属光造形複合加工技術 (松下電工が基本技術開発) を用いて高効率・高精度にプラ型を製作することの出来る金属光造形複合加工装置の開発を行った。開発目標は次の3点とした。

- (1) プラ型製作のリードタイム短縮
- (2) プラ型製作のコスト低減
- (3) ワンマシンによる省スペース化

2. 金属光造形複合加工方法

金属光造形複合加工装置による金属光造形複合加工方法を Fig.1 に示す。

Fig.1 Laser Molding & Cutting Method

株式会社松浦機械製作所

〒910-8530 福井市漆原町1-1

金属光造形複合加工方法は、次の手順によって行う。

- ① 窒素ガス充填：レーザによる金属光造形の室内に窒素ガスを充填して、金属光造形室内の空気と置換する。（鉄の酸化防止）
- ② 金属粉末供給：金属粉末造形テーブルをスキージング面から所定の高さ下げ、金属粉末供給タンクのテーブルをスキージング面から所定の高さ上げ、スキージングプレートを用いて金属粉末供給タンクのスキージング面より上の金属粉末を金属粉末造形テーブルの下がったところに均一に敷き詰める。
- ③ 金属光造形：金属光造形テーブル上に新たに敷き詰められた金属粉末の層の造形すべき面にレーザを照射して、下層の金属造形物に積み上げる。
- ④ 積層造形：②、③の工程を繰り返して所定の高さ（微細加工に適する小径刃物で加工が可能な高さ）までレーザによる積層造形を続ける。
- ⑤ 切削加工：微細加工に適する小径刃物で加工が可能な高さまで積み上がったら、高速切削により最終的に表層になるところだけを仕上げる。
- ⑥ 造形の完成：④のレーザによる積層造形と⑤の切削加工仕上げを繰り返して表面が整形された Fig.2 に示すような金属造形物が出来上がる。

Fig.2 Laser Molding & Cutting Sample

3. 金属光造形複合加工装置その1

科学技術振興事業団の「福井県地域結集型共同研究事業」において平成13年度に開発した金属光造形複合加工装置の概観図を Fig.3 に示す。

Fig.3 Laser Metal Molding and Cutting Hybrid Machine No.1

この装置の特長は、次のとおりである。

- ① YAGレーザを採用
炭酸ガスレーザ（波長：10.64 μm ）より各種金属に吸収の良い波長の短いYAGレーザ（波長：1.064 μm ）を用いた。また、レーザビームは発振器（トルンプ製）から光ファイバーで加工ヘッドに取付けられたレーザトーチに入り、レーザトーチから出たレーザビームは造形面で径 0.3mm に絞られて、微細な造形が行える。
- ② リニアモータを採用
レーザビームを高速に走査し、切削加工を高速・高精度に行うためにX、Y、Zの3軸にリニアモータを採用した。レーザビームによる造形の時は平均加速度2G、切削加工時は平均加速度1Gに使い分けをしている。
- ③ 高速回転主軸を採用
微細な加工を行うために小径のエンドミルを用いるので、切削速度を確保するために最高5万回転の主軸を搭載した。

4. 金属光造形複合加工装置その2

平成13年度補正予算における経済産業省の「新規産業創造技術開発費補助金事業」において平成14年度に開発した金属光造形複合加工装置の概観図を Fig.4 に示す。

Fig.4 Laser Metal Molding and Cutting Hybrid Machine No.2

この装置の特長は次のとおりである。

- ① 金属光造形機構と高速切削加工機構をコンパクトにハイブリッド化し、ワンマシンにまとめた。
- ② レーザビームの走査にはガルバノメータミラーを採用して、レーザビームによる光造形時間の短縮を図った。また、レーザにはレーザビームの広がり非常に小さく光造形のスポットサイズを小さく出来る高性能炭酸ガスレーザを採用した。このレーザ発振器は、封じきりの炭酸ガスレーザなので炭酸ガスの供給が不要である。
- ③ 主軸加工ヘッドの送り駆動軸(X/Y/Z)にはリニアモータを搭載し、加工ヘッドの軽量化を図り、送り速度および加速度を高速にして切削加工時間の短縮を図った。切削加工には小径のエンドミルを用いるので、主軸は最高回転数5万回転のものを採用した。(Fig.5)

Fig.5 High Speed Spindle

- ④ レーザによる光造形室内を窒素雰囲気にするために窒素分離装置を用いた。窒素分離装置に圧縮空気を注入し、圧縮空気から窒素を分離して、レーザによる光造形室内に窒素を送り込むことにより、窒素ガスボンベを不要とした。
- ⑤ 長時間にわたって金属光造形と切削加工を繰り返すので、切削工具を16本収納できるATC機構を備えた。また、工具の損傷・磨耗を検知するために自動工具長測定器も備えている。(Fig.6)

Fig.6 Auto Tool Changer

5. プラ型製作の特長

開発した金属光造形複合加工装置によるプラ型製作の特長は次のとおりである。

- ①高硬度・高強度：樹脂を全く含まない鉄系粉末を用いているので、従来の樹脂バインダー方式のものや銅・ニッケル粉末のものと異なり脱バインダー&銅含浸や樹脂含浸の後処理が不要であり、造形物の硬度および強度も従来方式のものより高い。
- ②仕上げレス：金属粉末のレーザ造形と高速切削のハイブリッド化により、従来必要とされていた後工程が不要である。金属光造形と切削加工の複合加工装置によるプラ型 (Fig.7) に示すような切削加工仕上げされた金属造形物が、ワンマシン&ワンプロセスで製作が可能である。
- ③微細加工：通常では放電加工でしか加工が出来ないような深くて薄いリブ溝や深くて細いピン穴等の内面が切削で仕上げされた微細な加工が可能である。Fig.7 に示すようなプラ型で射出成型されたFig.8に示すような複雑なプラスチック部品の製作が可能である。

Fig.7 Die Sample

Fig.8 Sample Goods

- ④リードタイム短縮：ワンマシンにおけるワンプロセスによって製作できるので、プラ型の製作においては従来の方法に比べて1/2~1/3にリードタイムの短縮が可能である。
- ⑤製作コスト低減：ワンマシンにおけるワンプロセスによって製作できるので、プラ型の製作においては従来の方法に比べて1/2~1/3に製作コストの低減が可能である。
- ⑥省スペース：従来は、金属光造形機、マシニングセンタ、放電加工機等を必要としていたが、金属光造形と切削加工をハイブリッド化した金属光造形複合加工装置1台でよいので、スペースとしては約1/3ですむ。

6. おわりに

この金属光造形複合加工装置を用いたプラ型のワンプロセス加工によって、従来工法を革新する短納期かつ低コストのプラ型が作れるようになった。今後は、日本に残っている高品位金型への適応範囲拡大を図らなければならない。それには次のような技術課題が上げられる。

- ① 複合加工装置の高精度化
高速高精度切削仕上げ技術により、寸法精度および表面粗さをさらに向上させてプラ型の高品位金型への適応範囲を拡大する。
- ② プラ型の長寿命化
金属粉末材料の改良およびレーザ光造形技術の向上により、金属造形物の硬度および強度を上げてプラ型の長寿命化を図る。

謝 辞

本装置開発にあたって、金属光造形複合加工技術についてご指導を頂いた大阪大学の小坂田教授および松下電工生産技術研究所に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 阿部史枝, 小坂田宏造: レーザプロトタイプینگ, 日本塑性加工学会誌, Vol.42, No.484(2001)

(2003年9月19日受付)