

設備紹介

Equipment

大同 DM ソリューション(株) 高能率・高精度加工を実現する両面同時フライス加工機

1. はじめに

大同 DM ソリューション(株) (以下、当社という) は、金型および機械部品などに使用される 6 面フライスプレートを量産し、ユーザーに提供している。図 1 にプレス用金型の外観を示すが、このプレートが数多く使用されていることが分かる。当社では、過去よりプレートの加工能率向上による製造コスト低減と高精度化のとりくみをしてきたが、現状の加工方法では二つの課題は、ほぼ限界にきており、これらを変革する加工方法が望まれていた。そこで当社では、現状の加工方法を変革する新たな加工機の開発に着手した。この機械は二つの課題を解決できる優れた利点を持つ反面、機械の構造上、びびり振動を誘発しやすい欠点があったが、技術的などりくみの結果、これを克服し実用化に成功した。この機械は厚み面の両面を同時切削する構造の機械であり、以下にその特徴と効果を紹介する。

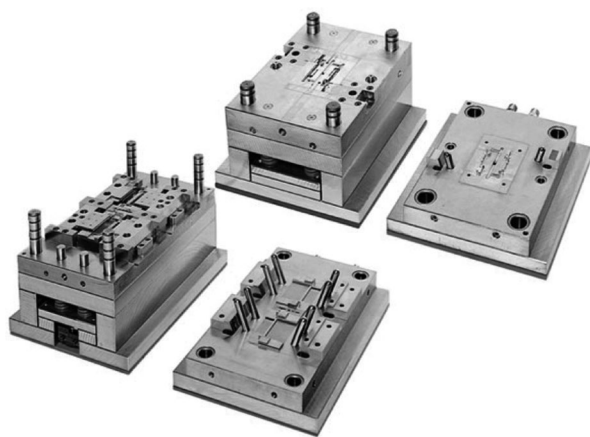


図 1. プレス用金型の外観.

2. 機械の構造

6 面フライスプレートの厚み面は通常 1 軸の縦型フライス加工機 (以下、従来機という) により、被削材の厚

み面をマグネットテーブルにチャックした状態で片面を加工し、その後に被削材を人により反転させ、反対面を加工している。これに対し両面同時フライス加工機 (以下、新加工機という) では被削材を立てて巾面をクランプし、左右から両面を同時切削する方式である。図 2 に新加工機の外観を示す。

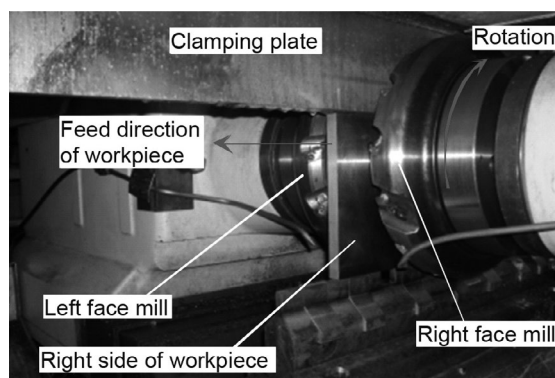


図 2. 両面同時フライス加工機.

この構造の加工機はプレートの側面加工機としては現存しており、被削材の厚み面をチャックして側面を加工するものであるが、薄板の厚み面の加工に対してはびびり振動が発生するため適用は困難である。

図 3 には従来機と開発した新加工機の切削方法と、被削材をチャックした状態での動剛性 (グラフの縦軸であるコンプライアンスは動剛性の逆数) の測定値を示す。従来機は剛性のあるマグネットテーブルに強固に固定されているのに対し、新加工機では被削材の厚みより薄いクランプ板で上下より固定する方式のため、動剛性が極めて低く、びびり振動が発生しやすいことが予想される。一方、従来機は被削材をマグネットテーブルで固定するために、図 4 に示すように加工前の素材が持つ曲がりやがマグネットに吸着され、加工後に戻ってしまうスプリングバック現象により平面度の確保が困難である。これに対して新加工機は素材の曲がりがあっても、それを変形させることなくフリーフォームで固定できるので、加工により曲がりやを除去でき、従来機と比較して平面度は大きく改善できることが予想される。

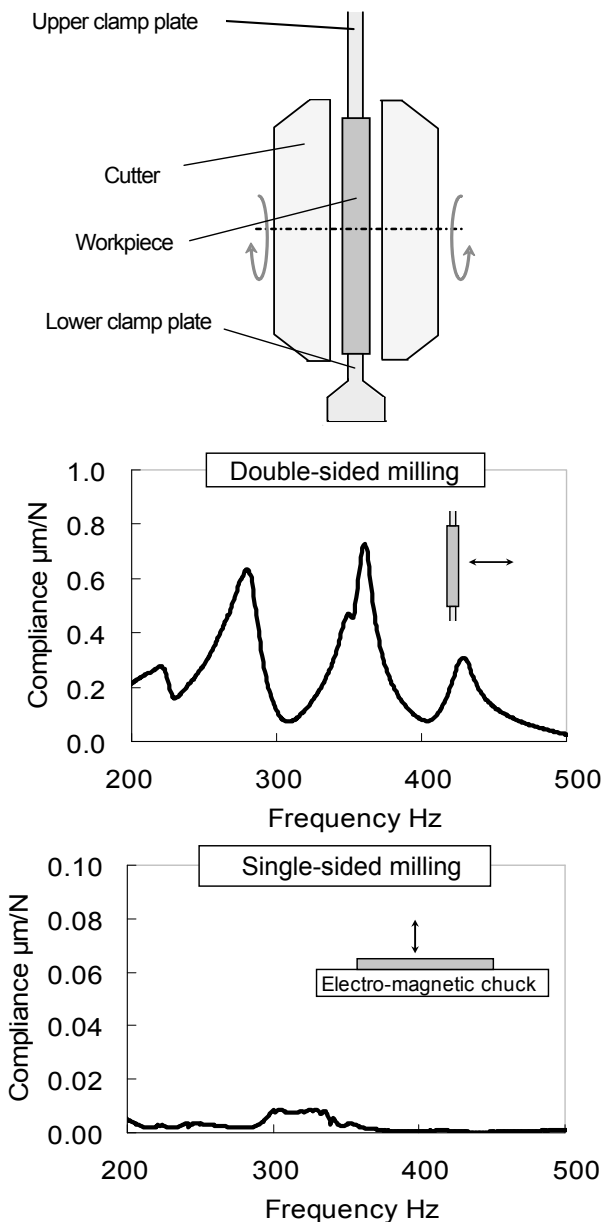


図3. 新加工機の固定方式と動剛性の比較.

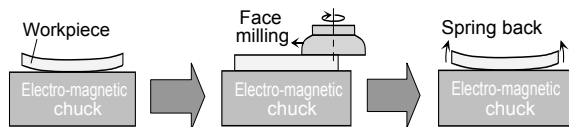


図4. 従来機のスプリングバック現象.

3. びびり振動の抑制技術

新加工機は薄板加工において、予想したびびり振動が発生した。びびり振動には自励びびり振動と強制びびり振動の2種類¹⁾があるが、新加工機では両方の振動が確認された。この加工機を実用化するためには、両者のびびり振動を抑制しなければならず、この抑制技術につ

いてとりくみを行った。その抑制方法の共通する手法は、びびり振動を励起させる効果を左右主軸でキャンセルするものである。自励びびり振動の抑制方法は過去から研究がなされており、主な手法は、安定限界解析を利用²⁾、不等ピッチ工具³⁾、プロセスダンピング⁴⁾などがあるが、いずれも一長一短があり新加工機のびびり振動抑制には活用することができない。次に強制びびり振動の抑制であるが、この振動振幅を減少させるには、加振力を弱めることが一つの対策になる。しかしこの対策では、切削条件の低下により加工能率を下げってしまうので好ましくない。これらを解決した解説は本紙では収まらないので、詳細は論文^{5), 6)}を参照いただきたい。抑制手法の理論モデルを実験により検証した結果、実験結果は理論に良く合致しており、理論モデルの妥当性を検証することができた。この技術は名古屋大学と約3年間の共同開発により完成したものであり、2013年には「精密加工論文賞」、2014年には「FA財団論文賞」を受賞した。

4. 新加工機の効果

4. 1 高能率加工

図5には従来機と新加工機のプレート1枚の加工サイクルタイムを示す。従来機では厚み25mm以下では平面度が確保できないために、粗切削を終えた後に被削材を一旦オフラインして、人による歪修正作業が必要となっている。厚み25mmを超えるものは、この作業は必要ないが、被削材を反転しなければならない作業時間が必要となる。しかし新加工機では歪修正および反転作業が廃止できることと両面の同時加工ができることにより、従来機と比較し大幅なサイクルタイム短縮ができ、加工能率を3倍に高めることができた。

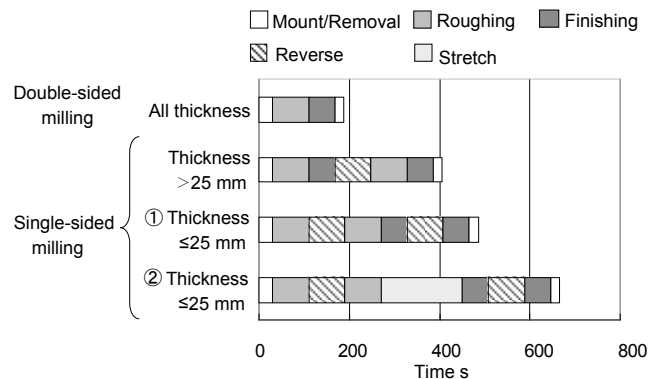


図5. 従来機と新加工機の加工サイクルタイム比較.

4. 2 高精度加工

高精度フライスプレートの品質は、高い寸法精度、平行度、平面度などが要求されるが、前者二つは近年のフライス盤の進歩により、大きく前進したものの平面度については、加工能率を低下させることなく高精度化することは難しい課題であった。

図6には従来機と新加工機における平面度の比較を示す。新加工機は従来機と比較して、1/2以下の平面度を達成できた。これにより従来であれば研削仕様で平面度を確保していたプレートをフライス仕様に変更することも可能になった。

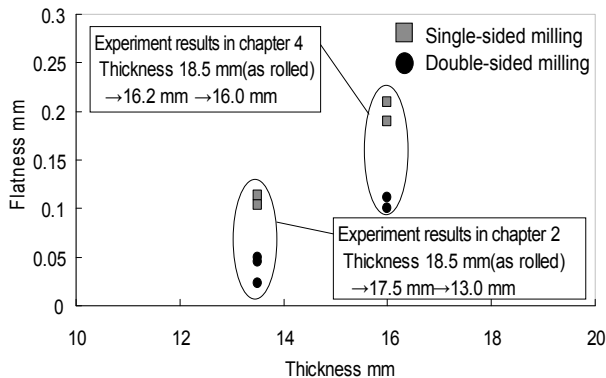


図6. 従来機と新加工機の平面度の比較。

4. 3 自動化

新加工機では、従来機での薄物プレートフライス加工において平面度を確保するために避けられない人の介入による歪修正作業を廃止することができた。また加工能率は従来機に対し、約3倍の能力を有するため、従来機3台分の能力を有している。そこで、この新加工機1台と後加工機である側面フライス加工機1台、面取り機1台をタンデムに配列し、被削材のハンドリングは全てロボットで行う全自動フライス加工ラインを設置した。これら3台の加工機およびロボットのそれぞれのサイクルタイムはほぼ一致しており、バランスの取れた能力設計になっている。このラインは当社の静岡工場に工具鋼プレート専用加工ラインとして順調に稼働しており、その労働生産性は従来機をバッチで加工させる場合と比較して3倍以上を達成しており、大幅なコスト低減を図ることができた。

5. むすび

新加工機により、6面フライスプレート加工の長年の課題であった能率と精度を抜本的に向上できた。当社で

は、まだ多くの従来機を使用しているため、これを順次新加工機に更新をしていくとともに、新たなプレート加工自動ラインの増設も計画している。新加工機は従来機の3倍の能力が発揮できるので、同じ加工能力の設計にする場合には、設備台数および設備設置スペースは1/3となり、またプレート用の研削盤も不要になる効果も得られる。

(文献)

- 1) 社本英二：日本機械学会講習会－生産加工基礎講座－実習で学ぼう「切削加工、びびり振動の基礎知識」テキスト、(2001 - 2010)。
- 2) Y. Altintas and M. Weck: Chatter Stability of Metal Cutting and Grinding, Annals of the CIRP, 53(2004), 2, 619.
- 3) H. Opitz, U. Dregger and H. Roese: Improvement of the Dynamic Stability of the Milling Process by Irregular Tooth Pitch, In Proceeding of the 7th MTDR Conference, 9(1966), 213.
- 4) V. Sellmeier and B. Denkena: High Speed Process Damping in Milling, 4th CIRP International Conference on High Performance Cutting, 1(2010), 7.
- 5) Tatsuya Mori, Tomoki Hiramatsu and Eiji Shamoto: Precision Engineering, 35(2011), 416.
- 6) Eiji Shamoto, Tatsuya Mori, Burak Sencer, Norikazu Suzuki and Rei Hino: Precision Engineering, 37(2013), 580.

(問合せ先)

大同 DM ソリューション(株)

生産本部

森 達也

TEL : 072-871-8780

FAX : 072-871-8615

e-mail : t-mori@daidodms.co.jp

