

要 旨

本報では、エンドミル側面切削加工における加工誤差の最小化を目的とする工具経路の生成手法を提案する。その手順は、①基礎実験による工具と被削材に関する比切削抵抗の算出、②切削面積と比切削抵抗からの切削抵抗の予測、③FEMによるエンドミルのたわみ量の解析、④工具のたわみを考慮した工具経路の生成、から構成されている。また切削実験により提案した手法の有効性を確認している。

1. 緒 言

エンドミル切削加工では、設定通りの工具経路で加工を行うと切削抵抗の変動の影響により工具がたわみ、加工誤差が生じる。これに対処するために最近では超硬材料を用いた工具の開発が進められているが、これは加工誤差発生要因の根本的解決とはならない上に、コスト高を招く点で必ずしも最善の策とはいえない。

本研究は予め加工誤差を予測し、加工誤差を最小に抑える工具経路(修正工具経路)を生成することを目的としている。本報で提案する手法は、被削材と工具の関係で決まる比切削抵抗を基礎実験から求める以外は、全てシミュレーションにより解析を行なうため、様々な加工条件に対して柔軟に対応できるという特長をもつ。従って本手法においてはテストカットが不要であり、さらに従来加工誤差の補正に費やされていた加工工程の簡略化も期待できる。

本報では本手法の手順を具体的に述べるとともに、実際に修正工具経路を生成して行なった切削実験の結果について報告する。

2. 切削抵抗の予測

図1はエンドミル側面切削加工における切れ刃1枚あたりの切削面積を、工具半径方向の設定切込み深さ毎に時間軸に沿って理論計算したものである。加工条件は
 工具径: 20 (mm) 回転数: 260 (rpm)
 工具ねじれ角: 30 (deg.) 板厚: 22 (mm)
 1刃当りの送り: 0.077 (mm)

切削方法: downcut, dry
 である。また図2は同条件の基礎実験から得られた切削抵抗(背分力)を示したものである。図1、図2より切削抵抗は切削面積に比例していることがわかる。その比例定数つまり比切削抵抗を求めておけば、加工条件が変わっても切削面積を算出するだけで容易にその加工条件における切削抵抗を求めることができる。

表1に数種類の被削材に関する比切削抵抗を示す。

被削材	比切削抵抗 (N/mm ²)
ss41	2700~2900
アルミニウム	1400~1600
銅	2000~2500
真ちゅう	1500~1600

表1 基礎実験から得られた比切削抵抗値

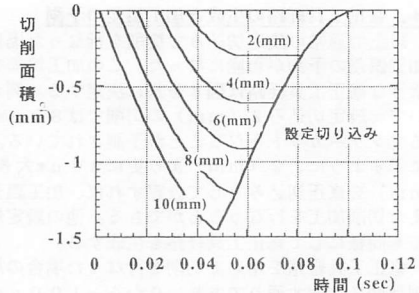


図1 切れ刃1枚当りの切削面積

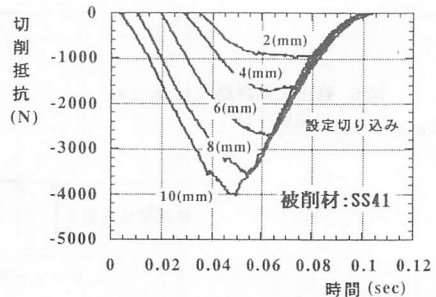


図2 切削抵抗(背分力)の測定結果

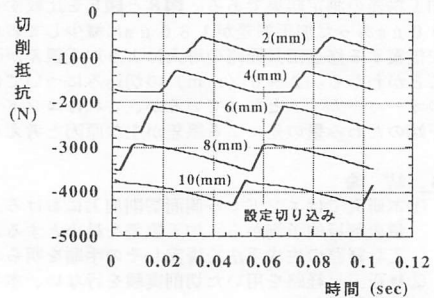


図3 4枚刃エンドミルによる切削における切削抵抗の予測結果

本研究で対象とする4枚刃エンドミルを用いた切削における切削抵抗は、1枚刃当りの切削抵抗を時間軸をずらして重ね合わせることで求められる。図3には、図1の重ね合わせと、被削材SS41の比切削抵抗から算出した4枚刃エンドミル切削における切削抵抗の予測結果を示す。

3. 設定切込みに対する加工誤差の予測

次に図3で求めた切削抵抗を自作したFEMプログラムに入力し、エンドミルのたわみ量を解析する。このたわみ量が加工誤差となって現われるので、エンドミルの振れ回りを解析することにより加工誤差を予測できる。

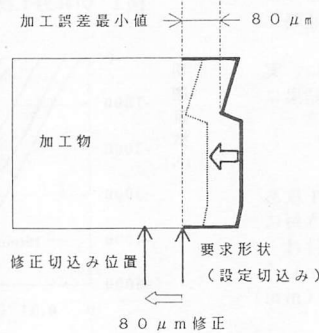
図4に設定切込みに対する加工誤差の予測結果、図5に設定切込みによる切削における加工誤差の測定結果を示す。

4. 修正工具経路の生成と加工誤差の予測

以上で通常の設定切込みで切削を行なった場合に発生する加工誤差の予測が可能になった。この加工誤差を最小化するような修正工具経路は図4を基に決定する。例えば図4において、設定切込み2(mm)の切削では80μmを最小値とするアンダーカットとなることが予測されている。従って図6に示すように、2(mm)より更に80μm大きい2.08(mm)を修正切込みとして設定すれば、加工誤差を最小に抑えた切削加工を行なうことができる。他の設定切込みについても同様にして修正工具経路を生成する。

修正工具経路を用いて切削を行なった場合の加工誤差の予測は図7に示す通りであり、0から-100μmの範囲に収まると想定される。

図6 修正工具経路の生成手法



5. 修正工具経路を用いた切削実験

修正工具経路を用いて実際に切削実験を行なった。図8は加工誤差の測定結果である。図8と図5を比較すると最大690μmあった加工誤差が180μmに減少しており、本研究で提案する修正工具経路の導入により加工誤差が改善されたことがわかる。2~6(mm)の切込みについては50μm強のオーバーカットとなっているが、これはエンドミル上端と下端のたわみ量の差による誤差が主な原因と考えられる。

6. 結論

- ①本研究ではエンドミル側面切削加工における工具たわみ量の解析的予測から、加工誤差を最小とするような修正工具経路の生成手法を提案しその手順を明らかにした。
- ②修正工具経路を用いた切削実験を行ない、本手法の有効性を確認した。

参考文献 エンドミルによる加工精度に関する基礎研究 (博士論文) : 岩部洋育

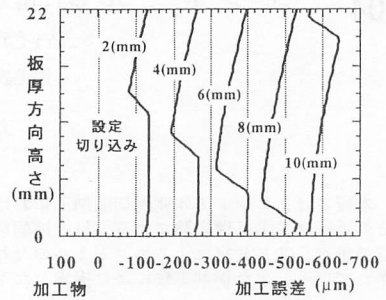


図4 設定切込みに対する加工誤差の予測結果

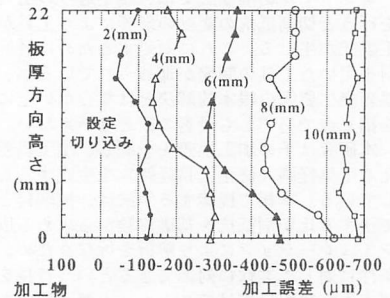


図5 設定切込みによる切削における加工誤差の測定結果

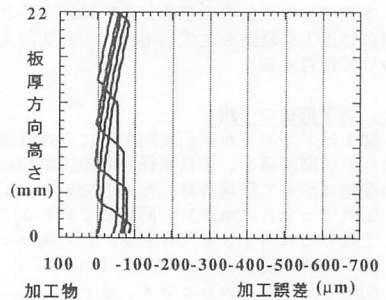


図7 修正工具経路を用いた場合の加工誤差の予測結果

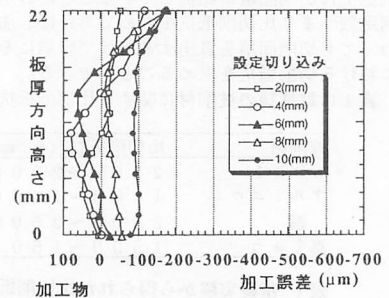


図8 修正工具経路を用いた切削における加工誤差の測定結果