

工具刃先温度のリアルタイム推定技術を用いた工具摩耗状態の推定

機械金属部 ○吉田勇太 新谷正義 宮川広康
企画指導部 高野昌宏 九谷焼技術センター 廣崎憲一

1. 目 的

加工により工具摩耗が進行すると、仕上げ面粗さや加工誤差の増加など部品の品質低下が生じる。このため、部品等を高能率に機械加工するには、工具摩耗の管理が求められる。工業試験場では、これまでにバーチャルセンサ技術を用いて工具の刃先温度をリアルタイムに推定する技術について開発してきた。本研究では、推定した工具刃先温度を利用して、適正な切削条件の導出と工具の摩耗を予測することを目的とした。工具摩耗量が推定できれば、工具交換時期の予測等が可能になる。ここでは、エンドミル加工を対象に、試し加工により適正な切削速度の導出と刃先逃げ面の摩耗量の推定を行った結果を報告する。

2. 内 容

2.1 工具刃先温度の推定方法

図1にバーチャルセンサにより工具刃先温度をリアルタイムに推定するシステムの概要を示す。現実空間において、工作機械実機に取付けた放射温度計により測定した工具根元部の温度を入力とし、仮想空間において、高速演算が可能なシミュレーションモデルにより、工具刃先温度を推定した。シミュレーションモデルは、有限要素モデルのモデル次数を低次元化して作成した状態空間モデルを採用した。仮想空間では、工具への入熱量を推定するため、フィードバック制御系を構築し、温度の推定値が測定値に一致するように入熱量を求めた。次に、刃先入熱量をエンドミル加工に合わせた断続的な矩形波に変換して、状態空間モデルに入力することで刃先温度を推定した。切削工具は直径6mmの2枚刃超硬スクエアエンドミルを用いた。刃先の入熱は、先端にある2箇所の子くいの面の被工作物と接触する面積：1mm×0.018mmに与えた。

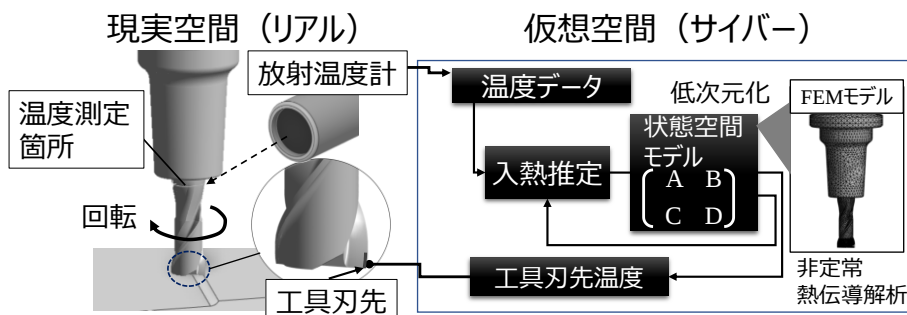


図1 バーチャルセンサによる工具刃先温度推定の概要

2.2 適正な加工条件の導出

工具刃先温度を用いて、適正な切削条件を導出することについて検証した。まず、試し加工により、加工速度を50m/min刻みで400m/minまで変化させて加工し、そのときの刃先温度を求めた。加工時間は、1つの加工条件が約60秒であるため、合計で約8分間になる。加工速度と刃先温度の関係を図2に示す。S45C材の加工では、過去の文献より、刃先温度が400℃以下では凝着摩耗、900℃以上では拡散摩耗が生じるとされているので、工具摩耗が少ない条件を考慮すると、刃先温度が700℃前後である切削速度150～250m/minを選択するのが良いといえる。次に、実際に長期加工実験を行った。図3に実加工距離と工具逃げ面の摩耗幅の関係を示す。加工速度200m/minは最も摩耗幅の進展が遅いことがわかり、試し加工の予測と一致している。よって、試し加工により加工条件の適性化ができるようになった。

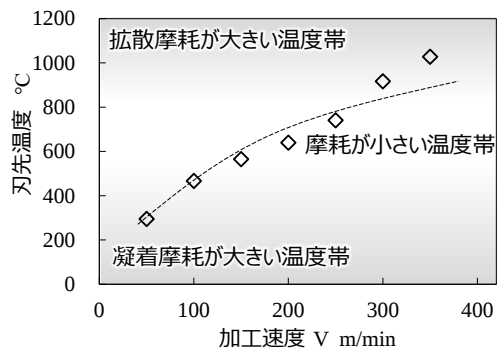


図2 適正な刃先温度の導出

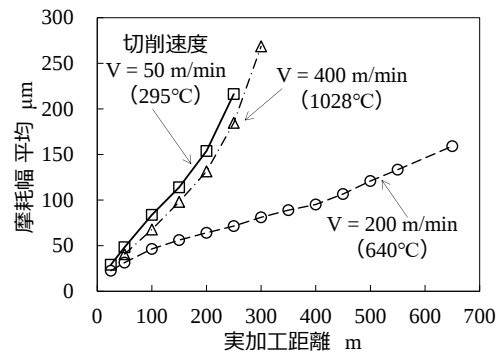


図3 長期加工実験による検証

2.3 工具摩耗量の推定

次に工具摩耗量の推定について検証した。2.2 節からもわかるように加工距離が長くなると工具逃げ面の摩耗量が増加している。一方で、図4のように加工距離が長くなるにしたがい工具への入熱量も増加していることがわかる。これは、逃げ面の摩耗幅が増加するにしたがい工作物と工具との接触面積が増加することにより、摩擦発熱による入熱が増加したためと考えられる(図5参照)。

ここで、工具への入熱を逃げ面での摩擦熱によるものと仮定して、摩擦発熱量を係数(材料物性値)と切削速度および摩擦面積を乗算したもので表される式で整理すると、図6に示すように推定摩耗幅と実摩耗幅に相関があるとわかった。このとき初期摩耗は非定常摩耗であるため無視した。よって、工具刃先への入熱の増分量から工具摩耗量を推定できる見通しを得た。

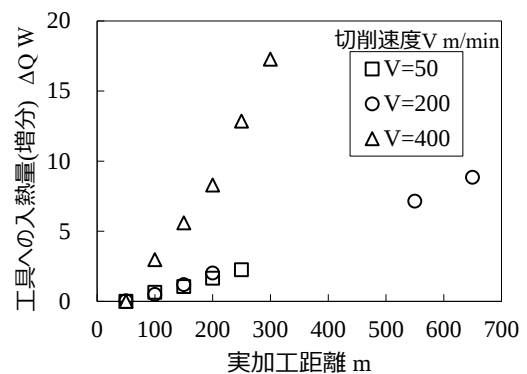


図4 推定した入熱量

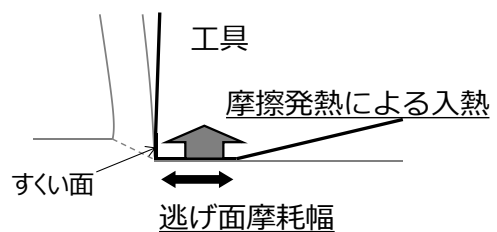


図5 逃げ面の摩耗幅

3. 結果

本研究では、バーチャルセンサで推定した工具刃先温度の活用方法について検討し、以下の結果を得た。

- S45C 材を加工したときの工具刃先温度と加工速度には特有の関係性が見られたことで、バーチャルセンサを用いた適正な切削条件の導出が可能なことを明らかにした。
- バーチャルセンサの刃先入熱量から、推定した工具の逃げ面摩耗幅は、実摩耗幅と相関があり、工具摩耗を推定できる見通しを得た。

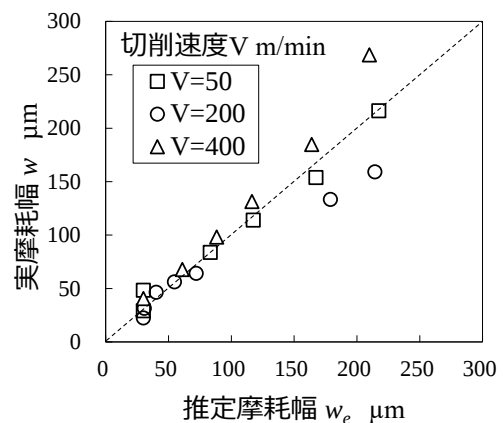


図6 工具摩耗量の推定