

3次元剛塑性有限要素法によるネジ転造シミュレーション

○坂本 誠*1)

1. はじめに

現在、塑性加工は製造業において省資源と高生産性を両立できる技術として注目されており、中でも転造で高生産性を維持したまま精度向上が可能な加工プロセスの実現が待たれている。これに関しては、これまでにCNC転造盤の開発によって精密なボールねじが生産できているが、さらに多様な転造プロセスの開発は数値解析技術が開発期間とコスト削減のためには不可欠である。

そこで本研究では、3次元剛塑性有限要素プログラムを用いて、ネジ転造時における素材の変形挙動の再現や加工プロセスによる製品品質の影響についての確認などを行い、その適用範囲と妥当性を考察する。

2. 実験方法

解析モデルは図1に示すような半径2.65mm、高さ7mmの丸棒素材を節点数3791、要素数1980で四面体2次要素を用いて有限要素分割する。分割は半径方向分割数を2、円周方向分割数を12(素材表面では24)とし、軸方向分割数は素材中心で5(素材表面では20)、また素材中心に比べ表面付近の要素が細かくしなるような粗密分割モデルとした。境界条件は、素材の底面($z=0$)を全固定した。解析では工具を移動させるため、工具から見た材料は変形とともに回転することを表している。なお、素材をS45Cと想定し、材料定数は引張試験の結果から近似した値を用いた。解析では成形後の谷径がM6ねじの規格値である4.917mmになるように工具を押込み(寄せ)、解析を行う。このとき対向する2つの工具が規格値に達する平均角度を0度、20度、50度、125度とし、それぞれcase1~4とする。工具が素材周りを半周したところで解析を終了する。

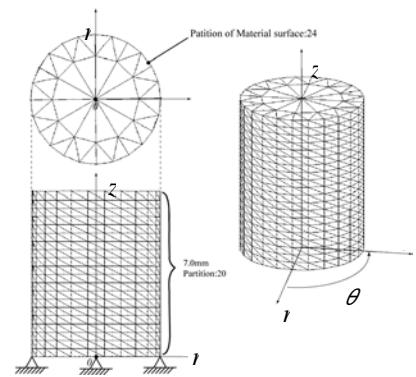


図1 FE model

3. 結果・考察

図2に各条件における成形後の素材中心軸の先端のズレ量を示す。どの解析においてもダイスが120度辺りにきた時にズレ量が大きくなっている。これは初期押し込みによって生じた素材の盛り上がり、回転してきたダイスによって新たに盛り上がった材料がぶつかって、素材が半径方向にずれたものである。case2~4の加工プロセスでは初期押し込み量が小さいために、そのズレが抑えられている。図3はダイスの押し込み位置から90deg離れた位置における素材先端節点の角度変化を示している。case1の解析ではダイスによって節点が回転方向に1.2deg回転しているのに対して、他の解析ではダイスの接近によって徐々に回転が始まり、ダイスが通り過ぎた後はほぼ回転なく変形が終了している。

4. まとめ

今回の解析では、剛塑性有限要素法を用いてネジ転造加工の三次元シミュレーションを行った。この解析において、素材のねじれや軸の傾きなどと言った、ネジ転造加工時に問題となる現象の定性的な原因を確認することができた。また押し込みと回転のパスを変えることで成形後の形状変化を確認することができ、今回の解析では平均押し込み率が0.1915mm/50degにおいて、成形後の素材のねじれが小さくなる事が確認できた。

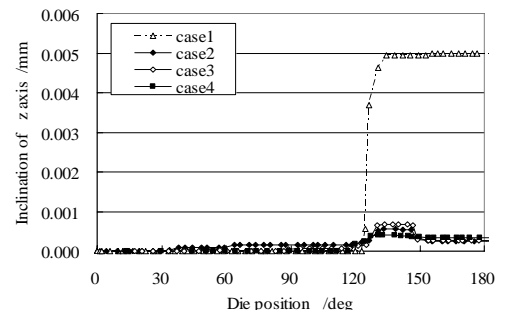


図2 素材先端の中心軸のズレ

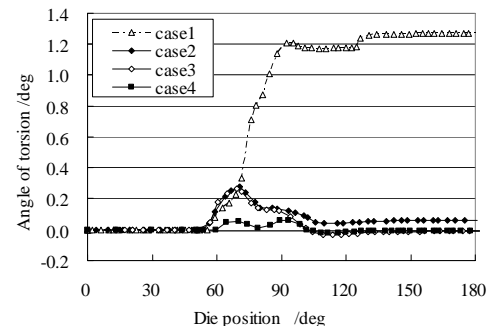


図3 素材先端の角度の変化

*1) 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科 生産システムコース