

切りくずカール半径を制御する 工具形状および摩擦係数との関係

研究・開発機関 : 鳥取県産業技術センター、株式会社ゴール
 利用施設 : 鳥取県産業技術センター内設備 (Intel Xeon 3.0GHz 2 プロセッサ)
 計算規模 : 要素数 6000 程度、計算時間 1 時間
 利用ソフトウェア : 切削加工専用ソフトウェア AdvantEdge FEM

Before

- 切削加工中の切りくずは工具や工作物に絡みつく製品に傷が発生したり切削温度上昇に伴って工具摩耗が促進したりと様々な問題が生じます。
- 加工現場では、切りくずのカール半径を小さくする(切りくずの巻き込みを防止する)目的で切削条件、工具形状、表面処理の種類を選定します。その場合、それらの影響因子とその程度を明確にする必要があります。

After

- 切削シミュレーションによって、工具表面処理により変化する摩擦係数と工具切れ刃の丸み半径(図3右上参照)が切りくずカール半径に及ぼす影響を明らかにし、表面処理や工具形状の選定に活用できるようになりました。
- 工具表面の摩擦係数と切れ刃丸み半径が切りくずのカール半径に及ぼすメカニズムを内部応力や切りくず速度分布から明らかにしました。

背景と目的

旋削加工中の切りくずは、工具の形状(切れ刃丸み半径、チップブレーカー等)、工具の潤滑性(表面処理、切削油等)、切削条件(回転数、送り速度、切込み量、高圧クーラント等)などによって大きく変化するので、その処理には従来から様々な方法が取られてきました。

本事例では、図1にある製品形状を3つの工程で加工しており、最終工程の突っ切り加工において、同じ工具を使っているはずなのに切りくず形状が異なるという問題があり、その原因を探りました。突っ切り工具は、逃げ角、すくい角、表面処理を指定し、選択されます。

今回の場合、工具仕様は同じでも工具の表面粗さ(摩擦係数)が異なり、かつ工具の切れ刃丸み半径も異なるものでした。2種類の工具で加工した場合の切りくず形状について図2に示します。工具Aは表面粗さRa0.13 μ mで切れ刃丸み半径2 μ mで、工具Bは表面粗さRa0.04 μ mで切れ刃丸み半径10 μ mでした。この切りくず形状が異なる要因を切削シミュレーションで評価しました。

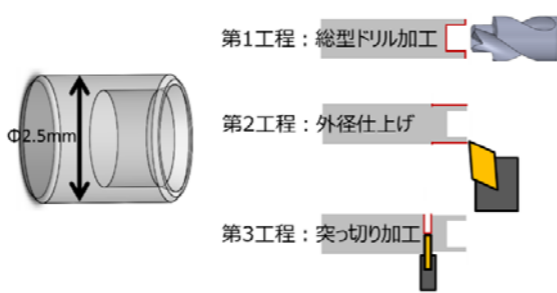


図1 製品形状とその加工工程

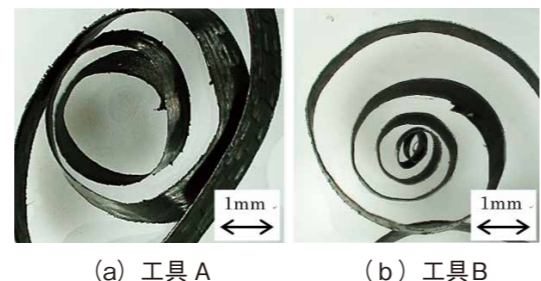


図2 工具表面処理と切りくず形状の違い

利用成果

切りくず形状のシミュレーション

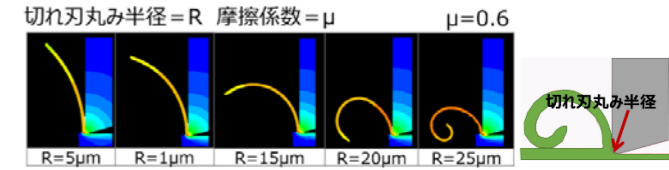
図3(a)に切れ刃丸み半径と切りくず形状の関係、図3(b)に工具表面の摩擦係数と切りくず形状の関係を示します。図より、切れ刃丸み半径が大きく、摩擦係数が小さい方が切りくずカール半径が小さくなるのがわかります。これらの関係性をより詳細に調べるため、切りくずカール半径に切れ刃丸み半径と摩擦係数が及ぼす影響をシミュレーションで数値化し、グラフにプロットしたものが図4になります。この図を活用し、工具発注前に切れ刃丸み半径と摩擦係数を指定することで、目的の切りくずカール半径を得ることができます。

ここで、図2で示した切りくずカール半径は工具Aが0.96mm、工具Bが0.16mmでした。図4に当てはめると、摩擦係数は工具Aが0.5程度、工具Bは0.3程度と推測でき、工具Aでカール半径を小さくするには、摩擦係数を0.2以下にするか、切れ刃丸み半径を20 μ m以下にすれば良いことがわかりました。

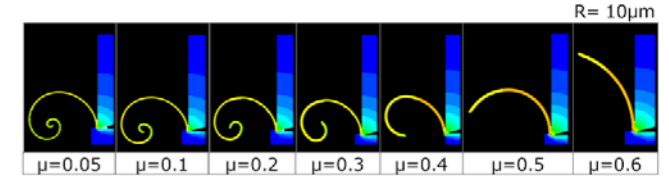
切りくず形状のカール形状発生メカニズム

切りくずのカール半径に影響を及ぼすのは、素材から切りくずとして分断される際の起点となる切れ刃近傍の挙動と内部応力にあると考え、その部分について摩擦係数が異なる場合の速度ベクトルを図5に、最大主応力を図6に示しました。(a)は摩擦係数0.05、(b)は0.6の場合です。図5から、切りくずとして分断される起点に着目すると摩擦係数が大きくなると起点が工具上部に移行していることがわかります。このことから、摩擦係数の影響によりすくい角が変化したことで切りくずのカール半径に影響を及ぼしたことがわかりました。

また図6の切れ刃丸み半径近傍(黒丸部)に着目すると、摩擦係数が0.05では白点線の切りくず中立ラインより工具側で引張応力が発生しているのに対して、摩擦係数0.6では反対方向に引張応力が発生しています。この引張応力により、切りくずに曲げモーメントが発生し、切りくずの変形方向が決まると考えられます。



(a) 切れ刃丸み半径の影響



(b) 摩擦係数の影響

図3 切りくず形状

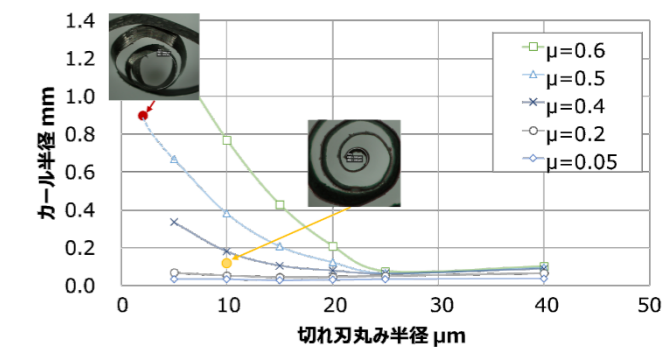
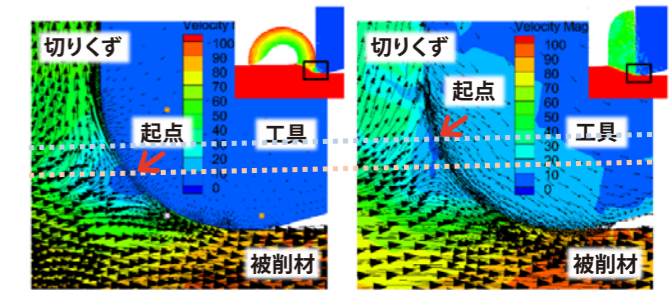
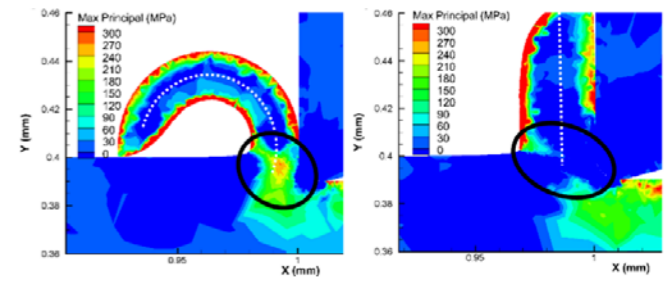


図4 摩擦係数がカール半径に及ぼす影響



(a) 摩擦係数 0.05 (b) 摩擦係数 0.6

図5 切れ刃丸み半径周辺の速度分布



(a) 摩擦係数 0.05 (b) 摩擦係数 0.6

図6 せん断変形近傍の最大主応力分布

出典：2017年精密工学会中国四国支部鳥取地方学術講演会論文集,(2017)3

文責 鳥取県産業技術センター 佐藤 崇弘