

エンドミルによるマイクロディンプル表面の高エネルギー切削

High speed milling of micro dimple surface

〔Tokyo Denki University〕 東京電機大学 松村 隆*

1. はじめに

表面に接触する物質の物理的および化学的な性質を制御する機能表面は、近年、多くの産業分野でニーズが増えている。最近ではマイクロ加工の進歩とともに、表面の微細な凹凸によって、濡れ性¹⁾や摩擦などを制御することも可能となってきた。このような微細構造による表面機能は、安定性と機能の制御性に優れているため、その配列や形状を高エネルギーに加工できる技術が望まれている。

本研究では、エンドミル切削における形状創成機構を利用したマイクロディンプルの高エネルギー加工技術を対象とし、ディンプル形状の制御を試みた。マイクロディンプルの加工では、平板に対してエンドミルによる加工法が提案され²⁾、また、筆者らは機械要素に多い軸部品に対して高速ディンプル加工を試みた³⁾。本稿では、ディンプル加工の切削モデルを示し、工具姿勢と工具送り方向がディンプル形状に及ぼす影響を解析した。

2. マイクロディンプル加工の切削モデル

図1に示すように2枚刃のボールエンドミルを傾け、深さ方向の切込みを工具半径以下にすると、2枚の切れ刃が材料に接触しない時間が存在する。この空転時に各切れ刃の除去領域が干渉しないように送りを大きく設定し、ディンプルを加工する。

図2(a)は、先端部のノーズ半径 ρ のボールエンドミルをモデル化したものである。ボールノーズ部の曲率中心を原点とする U-V-W 座標系において、切れ刃上の点 P は工具底部からの軸方向に対する角度 ϵ と底刃からの遅れ角 λ で与えられる。したがって、ボ

ールノーズ部の切れ刃に対しては、 ϵ は 0° から 90° の範囲で与えられる。ここで、ノーズ部終了点 $\epsilon = 90^\circ$ の遅れ角を λ_0 とすると、 n 枚刃のエンドミルにおける切れ刃 i の点 P の遅れ角は、

$$\gamma = (i-1) \frac{2\pi}{n} + \lambda_0 \cdot (1 - \cos \epsilon) \quad (1)$$

角速度 ω で回転する点 P の時刻 t における座標は、

$$\left. \begin{aligned} u &= \rho \sin \epsilon \cos(\omega t + \gamma) \\ v &= \rho \sin \epsilon \sin(\omega t + \gamma) \\ w &= -\rho \cos \epsilon \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

なお、図2(a)のようにすくい面が定義されているため、エンドミルの回転方向を踏まえて ω は負の値をとる。同図(b)は、XZ 平面において Z 軸から X 軸方向に角度 ζ で傾いたボールエンドミルが、Z 方向の深さ d 、送り速度 f で X 軸に対して角度 ϕ の方向に切削する場合を示している。このときの点 P の座標は、次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} x &= \rho \sin \epsilon \cos(\omega t + \gamma) \cos \zeta \\ &+ \left(\frac{\rho-d}{\cos \zeta} - \rho \cos \epsilon \right) \sin \zeta + ft \cos \phi \\ y &= \rho \sin \epsilon \sin(\omega t + \gamma) + ft \sin \phi \\ z &= -\rho \sin \epsilon \cos(\omega t + \gamma) \sin \zeta \\ &+ \left(\frac{\rho-d}{\cos \zeta} - \rho \cos \epsilon \right) \cos \zeta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

そこで、 $z < 0$ となる場合に材料が除去されるものとしてディンプル形状を解析する。

3. マイクロディンプルの加工事例

図3のようにマシニングセンタの主軸ヘッドに、治具を介して最高回転数 $50,000 \text{ min}^{-1}$ のスピンドル

*Takashi Matsumura : 工学部 機械工学科 教授
〒120-8551 東京都足立区千住旭町5

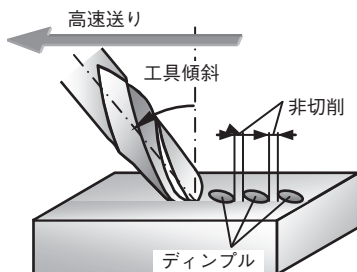
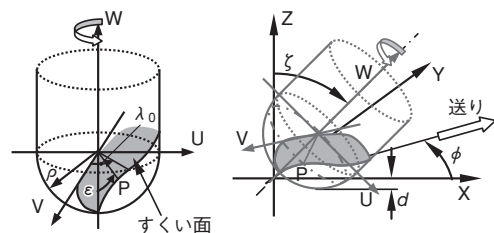


図1
マイクロディンプル加工



(a) 工具モデル (b) 切削モデル

図2 ディンプル形状創成モデル