

# ボールエンドミルを用いたディンプル面の 高速創成法に関する研究

生産科学研究科 小楠進一

固体表面に規則的な微細凹凸を設けることによって種々の機能を付与することができる。自然界に目を向けると、はすの葉や鮫肌がよい例であり、撥水性の向上や、流体抵抗の低減機能を持つ。工業界において、表面に微細凹凸を形成し、光学的特性や磨耗潤滑特性を向上させている例がよく知られている。このように有用な表面機能を作り出すためには、溝や、ディンプル形状、バンプ形状、ピラミッド形状、格子状くぼみなどの微細な凹凸を精度良く加工することが必要となる。そのような微細加工方法としては、半導体の製作に用いられているフォトリソグラフィ、エッチングに代表されるように、当初の2次元加工から3次元構造を加工する様々な技術が開発され、マイクロメカニズムに駆動回路やセンサ回路など電子回路などを同時につくりこむことができるまでに発達している。しかし、半導体プロセスによる微細加工は、設備が大掛かりで高価である。さらに、環境負荷の大きい廃液を生じているなどの種々の問題を内包している。これに対して、精密切削加工は、一般的に加工力が大きく微細な構造物の加工には、不向きであると考えられ、精密切削加工による微細加工の研究例は、特殊な場合に限定されていた。しかし、近年になり、精密加工技術は、機械制御、計測、コンピュータ技術、さらに精密加工用ツール等の進歩によって、サブミクロンオーダーの加工が行えるレベルまで達しようとしている。精密切削加工の長所は、加工工程が単純で半導体プロセスに比べて設備が安価であること、複雑な3次元形状を自在に作り出せること、加工材料を自由に選べること、また、環境への影響が半導体プロセスと比べて小さいこと等が挙げられる。ただし、切れ刃を、加工形状に応じて精度良く3次的に動かすことが求められ、加工に長時間を要することが課題であった。

本研究では、切削加工で一般的に用いられるフライス加工により、高速に微細なディンプル面を作成する方法を提案する。フライス加工において、加工条件によっては加工表面に微細な凹凸が発生することが知られ、これまで、その凹凸を減少させ平滑な面を得ることが注目されていたが、本研究では、この現象を、積極的に微細凹凸の加工に利用することに着目した。その結果、従来はフライス加工によるディンプル面の作成には、切れ刃の水平方向と上下方向の細かい動きが必要であったが、新しい加工法の採用により水平方向のみの動きでディンプル面の作成が可能となり、加工時間の大幅な短縮が可能となった。

まず第1章では、本研究の背景と、既存の微細加工技術について概観すると同時に、提案するフライスを用いる微細ディンプルの加工方法の基本的な考えについて述べた。

第2章では、フライスを用いて加工する際に、切り込み深さを浅くし、切れ刃の回転数に対して、切れ刃の送り速度を高くした状況で、ディンプル形状がどのように生成される

かを、数値モデルを構築し、シミュレーションソフトウェアを開発した。本ソフトウェアの特徴は、種々の加工条件、切れ刃形状を与えたときに、フライスで加工される微細な金属表面の微細な凹凸の3次元形状を与えることと、加工条件によって生じる工作物表面での衝突を予測することができる。開発したソフトウェアの有効性を確認するために、ディンプル面の加工実験を行い、その有効性を確認した。

第3章では、ボールエンドミルを用いたディンプル面の創成方法について述べた。本研究で提案する加工方法において、設計仕様となる寸法を満たすディンプル面を創成するために、切削条件や工具形状を決定する方法を述べた。さらに、工具逃げ角を大きくしても回避することができない工具先端の逃げ面と工作物表面との衝突を回避する工具姿勢を決定する方法も説明した。その上で、ディンプル面を装飾として利用する方法も説明する。提案する切削条件の決定方法の有効性を確認するために、設計値と実際に切削を行った結果を比較する。さらに、工具先端の逃げ面と工作物表面が衝突していないことを確認した。その上で、ディンプル面を装飾として利用できるか金属板に装飾を施すことによって確認した。

第4章では、オーバルエンドミルを用いたディンプル面の創成方法について述べた。ボールエンドミルを用いたディンプル面の高速創成方法において、設計仕様として設定できる寸法は、ディンプルのピックフィード方向の幅とフィード方向のディンプルの間隔とピックフィード幅のみであり、同時にフィード方向のディンプルの幅を設定することは無理であった。この問題を解決するために、オーバルエンドミルを用いたディンプル面の高速創成を提案した。このオーバルエンドミルを用いたディンプル面の高速創成において、ディンプルのピックフィード方向の幅のみでなくフィード方向の幅を制御するために、切り込み深さと工具傾斜角を調整した。また、同時に工具先端の逃げ面と工作物表面の衝突も回避しなければならない。これらの条件を考慮した工具形状と切削条件の決定方法について述べた。

第5章では、本研究の結論を述べた。