

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

申請者氏名 吉田 協

新たな実験定数を導入した 切削抵抗の推定と切削表面の塑性流動に関する研究

素材から余剰部分を取り除く切削加工において、被削材は激しいせん断変形を受けて切りくずとなり、その際の切削機構は複雑であり不明な点はまだ多い。切削表面の塑性流動層（以下流動層）の生成は避けられず、発生する切削抵抗を推定しようとする試みも成されているが簡単ではない。これら切削抵抗と流動量には何らかの関係があることも考えられる。

こうした状況から簡便な切削抵抗の推定法の開発も意義あるものと考えた。2次元切削での切削条件と切削抵抗の関係を考察した結果、単位切りくず断面積あたりの主分力を材料の固有値とみなし、“切りくず定数”と称することにした。主分力は、切りくず定数が既知であれば切りくずの厚さの測定のみで容易に計算できる。背分力は、切りくず定数の切削機構中への導入によって簡単な関係式で表わした。さらに旋削に応用することによって、切削抵抗 3 分力の推定法を示し、必要な切りくず定数と平均せん断応力を切りくず硬さから求める実験式を提案した。

流動層の存在は、切削表面の硬化や残留応力の発生、製品の耐摩耗性や耐食性、疲労強度の低下などに対する懸念を生じさせるが、流動層と切削機構諸因子との関連を簡便に表現する試みは少ない。そこで、流動層の生成を伴う切削現象を簡単なモデルに置き換えて、流動層と切削機構諸因子の関係を解析した。その結果、切削表面の流動量は切り込みとせん断ひずみの積に、また、単位切削幅当たりの主分力にほぼ比例することを示した。流動層生成のためのエネルギーは無視できないことを示した。上述の切りくず定数を用いると、流動層の生成を考慮した際の全切削エネルギーを構成する 4 つのエネルギーが明らかとなった。

本研究では、このように単純化した切削モデルを用いた切削機構の解析と実験による検証によって、切削条件と切削抵抗の関係、および流動層との関係を総括的に考察しそれらを明らかにすることを目的とするものであり、第 7 章から成る。

第 1 章は緒論であり、切削条件と切削抵抗の関係および切削表面に残留する流動層の関係について新たな実験定数に着目して、工具と被削材間の複雑な切削現象をより明らかにするための背景と研究目的について述べた。

第 2 章では、切削性が良好で流れ形切りくずが排出される C2801 黄銅の 2 次元切削を行い、切削条件（切り込み量、切削幅、切削速度、工具すくい角など）と切削機構諸因子（主分力、背分力等の力関係、比切削抵抗、切りくず厚さなど）の関係を詳細に検討することによって、切削抵抗主分力に関する新たな実験定数を見出した。単位切りくず断面積あたりの主分力は切削条件の変化に関わらず、ほぼ一定の値を示すことから“切りくず定数”と仮称し、切削機構における重要な定数として提案した。切りくず定数が既知であれば主分力は切りくず厚さの測定のみで簡単に得ることができる。切削機構を表す式中に切りくず定数を導入すると主分力と背分力の成す角が新たに示され、これによって背分力もまた簡単な関係式で表されることを示した。さらに、比切削抵抗は切りくず定数の提案によって、切削比もしくはせん断ひずみで一義的に表されることを明らかにした。

第3章では、旋削に2章の2次元切削を適用することによって、切削抵抗3分力の推定法を提案した。切りくず定数を用いて得られた2次元切削の主分力は、そのまま3次元切削の主分力である。3次元切削の背分力と送り分力の合力は、2次元切削の背分力に相当するのでこれを計算した後に分解することによって求めた。切削抵抗の計算には、切りくず定数と平均せん断応力が必要である。ここで、切りくず定数は、鉄鋼系とアルミニウム系の2つの材種で、それぞれ切りくず硬さに対して直線関係で整理され、平均せん断応力も同様にそれぞれ比例関係で整理された。次に、鉄鋼系の未知材料としてSCM435、アルミニウム系材料にA5083を用いて旋削し、上述の切りくず硬さと切りくず定数の関係およびせん断応力の関係を用いることによって、材料定数の推定を可能とした。得られたSCM435とA5083の材料定数を用いた切削抵抗3分力の計算結果は、実測値と良く近似しており切りくず定数を用いた切削抵抗の推定法が有効であることを立証した。

第4章では、流動層の生成を伴う複雑な切削現象を単純化した切削モデルに置き換えて、流動量とせん断角の関係を検討した。切削モデルを用いた解析の検証には、比較的切削性の良好なC2801黄銅と軟質で延性に富むA1100アルミニウムの2次元切削実験を行って考察した。結果は、A1100についても切りくず定数が得られ、流動量は切り込み量とせん断ひずみの積に比例すること、および切りくず厚さと比例関係にあることを示した。また流動量は、単位切削幅あたりの主分力に比例し、この際の比例定数は切りくず定数を用いた関係式によって示すことができる。さらに、単位除去体積あたりの全切削エネルギーでもある比切削抵抗はせん断ひずみと比例関係にあることを明らかにした。

第5章では、流動層の生成に消費されるエネルギーなどについて検討を行った。ここでは、流動層の存在が切削機構に与える影響を明らかにするために、流動層が存在しないとした場合の仮想的なせん断面を設定した切削モデルを用いて考察した。結果は、各材料の修正されたせん断エネルギーと流動層生成のためのエネルギーを求め、それらが全切削エネルギーに占める割合を明らかにした。またその結果は、修正されたせん断エネルギーのせん断応力と、流動層のせん断応力を明らかにした。さらに流動層生成のためのエネルギーは、摩擦エネルギーよりも大きくなる場合もあるので無視できないことを示した。

第6章では、流動層の生成を伴う際の切削機構をさらに明らかにするために、実際の切削と流動層の生成がないと仮定した切削を対比し、流動層の生成による摩擦エネルギーへの影響も含めて、全切削エネルギーの構成について検討を行った。

全切削エネルギーは、切りくず定数を用いることによって切りくず厚さと比例関係にあることが示された。実際と仮想的な切削を対比することによって、塑性流動層の生成に起因する切りくず厚さの増加分と切りくず厚さの割合は、全切削エネルギーの増加分と全切削エネルギーの割合に密接に関係していることを示した。その結果、全切削エネルギーは、流動量と切削機構諸因子の解析から4つのエネルギーで構成されることを明らかにした。これらのエネルギーは、流動層がないとした際のせん断エネルギーと摩擦エネルギー、並びに流動層生成のためのエネルギー、摩擦エネルギーの増加分である。また、切りくず定数は、加工硬化しやすく難削材とされるSUS304ステンレス鋼においても確認された。全切削エネルギーに対する、流動層の生成に起因する摩擦エネルギーの増加分ならびに全切削エネルギーの増加分の占める割合から、C2801およびA1100と比べてSUS304が流動層の生成の影響を最も多く受けることを明らかにした。

第7章は結論であり、本研究で得られた結果の総括である。

(2985字)