

学位論文審査結果の要旨



博士(工学) 申請者氏名 吉田 協

審査委員

主査 教授 高 島 敏 行
副査 教授 見 山 克 己
副査 教授 堀 内 寿 晃
副査 教授 川 森 重 弘 (玉川大学工学部)
副査 准教授 齋 藤 繁

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

本論文では、金属の除去加工における切削機構因子が、切削条件に対してどのような挙動を示すのかを単純化した切削モデルを用いる解析と切削実験を行うことによって、切削条件の変化と切削抵抗の関係、および切削条件と流動層との関係を総括的に検証、考察すると共に明らかにすることを目的とするものであり、第7章から構成されている。

第1章は緒論であり、金属切削における工具と被削材に働く複雑な切削現象をより明らかにするために、切削条件の変化に伴う切削抵抗の変化および切削表面に残留する塑性流動層との関係に新たな実験定数を導入した検討について、その背景と目的について述べている。

第2章では、切削条件の変化に伴う、切削機構因子の関係を検討するために、流れ形切りくずの流出する切削性が良好な材料である C2801 黄銅を用いた 2 次元切削を行っている。その結果、切削条件の変化に関わらず切りくず厚さと切削抵抗主分力は比例関係にあることを見出し、単位切削幅あたりの主分力の大きさを“切りくず定数”として、切削機構における新たな重要な定数として提案している。切りくず定数を既知とすれば切削抵抗主分力は切削後の切りくず厚さの測定のみで簡単に得られる。背分力に関しては、切削機構を表す式中に切りくず定数を導入して解析を行なうことによって、簡単な関係式で示し容易に計算が可能としている。さらに全切削エネルギーでもある比切削抵抗は切りくず定数を用いることによって、切削比またはせん断ひずみで一義的に示されることを明らかにしている。

第3章では、旋削に 2 章の 2 次元切削の検証結果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ている。旋削において主として一つの直線切れ刃による切削の場合は切りくずの流出方向に 2 次元切削が当てはまる。切りくず定数を用いて得られる 2 次元切削における主分力は 3 次元切削における主分力に相当する。3 次元切削における送り分力と背分力の合力は 2 次元切削における背分力であるから、これを求めた後にアプローチ角と切りくず流出角を用いて分解すれば 3 次元切削における送り分力と背分力が得られる。切削抵抗の計算に、切りくず

定数と平均せん断応力が必要であるのは第 2 章と同じである。そこで、鉄鋼系とアルミニウム系の複数の材料を用いて検証すると、切りくず定数は切りくず硬さに対してそれぞれ直線関係で整理できることを示している。さらに平均せん断応力は材料に関わらず、きりくず硬さと比例関係で整理できる。ここに仮に未知の材料として鉄鋼系では SCM435、アルミニウム系では A5083 を用いて切削後の切りくずからその硬さを求め、上述の関係を用いて平均せん断応力と切りくず定数を推定した後に、アプローチ角の変化に伴う切削抵抗 3 分力の推定を行っている。推定結果は実測値と接近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示している。

第 4 章では、除去加工の際に避けられない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ることによって、流動量とせん断角の関係を検討している。解析した切削モデルの検証のために、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 次元切削実験を行い考察している。A1100 についても切りくず定数を確認している。切削表面の塑性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を確認すると共に、切りくず厚さと比例関係にあること、単位切削幅あたりの主分力に比例することを示している。この関係式の比例定数は切りくず定数を用いて示されている。単位除去体積あたりの全切削エネルギーは、せん断ひずみと比例関係にあることを示している。

第 5 章では、第 4 章の解析を踏まえて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ている。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、仮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ている。これらの結果は、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が求められ、これらが全切削エネルギーに占める割合を明らかにしている。同時に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ている。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ている。

第 6 章では、塑性流動層の生成を伴う切削の切削機構をより明らかにしている。そのためには、塑性流動の伴う実際の切削と、塑性流動がないと仮定した切削を対比して、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ている。切削機構に切りくず定数を導入した解析によって、全切削エネルギーは切りくず厚さと比例関係にあることを示している。実際と仮想的な切削を対比することによって、切りくず厚さに対する塑性流動層の生成に起因する切りくず厚さの増加分の割合は、全切削エネルギーに対する全切削エネルギーの増加分の割合に密接に関係していることを示している。これによって、全切削エネルギーは、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の 4 つのエネルギーで構成されることを明らかにしている。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、および全切削エネルギーの増加分が占める割合から、SUS304 は C2801 および A1100 と比べて流動層の生成の影響を多く受けることを明らかにしている。

第 7 章は結論であり、新たに見出した実験定数を用いる切削抵抗の推定法の提案や、切削条件と塑性流動量の関係において得られた結果を総括している。

以上のように、本論文は種々の金属材料における切削の際の複雑な切削機構に対して簡単なモデル化を行って、工具と被削材に働く切削因子の挙動を単純化し容易に理解しやすい形で示している。これは切削の際の切削条件の設定、寸法精度並びに仕上げ後に残留する塑性流動層の把握に重要な指針を与えるものであり、加工学に資するところは大である。

よって筆者は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。