

|         |                                  |
|---------|----------------------------------|
| 氏名      | 垣野義昭<br>かきのよしあき                  |
| 学位の種類   | 工学博士                             |
| 学位記番号   | 工博第266号                          |
| 学位授与の日付 | 昭和46年7月23日                       |
| 学位授与の要件 | 学位規則第5条第1項該当                     |
| 研究科・専攻  | 工学研究科精密工学専攻                      |
| 学位論文題目  | 切削加工面の生成機構に関する研究                 |
| 論文調査委員  | (主査)<br>教授 奥島啓次 教授 遠藤吉郎 教授 岡村健二郎 |

### 論文内容の要旨

本論文は、切削加工面の生成機構に関する研究をまとめたもので、緒論、6章および結論からなっている。

緒論においては、一般機械加工における切削加工の重要性について述べ、切削加工法を改善するためには加工面の生成現象を解析することが重要であると指摘している。この観点から切削系を支配する諸因子の因果関係を検討し、加工面性状は切削時の応力状態と熱的状态で代表される工具と被削材の相互作用によって決定されることを明らかにし、切削加工面の生成機構と加工面性状の改善法を論じた本論文の主旨を述べている。

本論の前半第1～3章はこの研究に必要な情報を得ることを主目的とし、後半第4～6章において主題である切削加工面の生成機構を論じている。

第1章においてはセルロイドの二次元切削を行ない、モデル光弾塑性を用いて切削点近傍における被削材内部の応力分布を解析している。その結果、被削材の延性とすくい面摩擦が小さいときには、刃先直前にクラックが生成されやすい応力分布になること、刃先丸味と逃げ面摩擦は切りくず側の応力状況にはあまり影響を及ぼさないが、加工面の応力分布には非常に大きい影響を与えることを明らかにしている。

第2章においては有限要素法を用いて純理論的に二次元切削機構を解析することを試み、材料の応力ひずみ関係、すくい面摩擦および自由面の形状が与えられれば、切削によって生じる材料の変形、応力分布および工具面上の切削力の分布を計算によって求めることのできる電子計算機プログラムを作製し、すくい面摩擦、材料の降伏応力と加工硬化性が切削機構にどのような影響を及ぼしているかを検討している。

第3章においては切削時に生じる被削材内部の温度分布を被削材に挿入した熱電対によって測定し、実験によって求めた切削力、せん断角などの切削データから差分法を用いて計算した結果と比較し、単一せん断面モデルに近い変形が生じる場合には、この計算法によってかなり正確な温度分布を求めることができることを確かめている。この計算法に基づいて炭素鋼を切削した場合の温度分布を解析し、工具切刃の

先端温度は工具・被削材熱電対法で測定した工具切くず接触平均温度よりもはるかに低温であり、よほどの重切削でない限り、オーステナイト変態点より高温になることはほとんどないことを確認している。

第4章においては二次元切削実験と切削の急停止実験を行なって、切削点近傍における被削材の挙動を調べ、第3章までの研究結果を参考にして加工面の生成機構に対して一つのモデルを提唱している。すなわち工具が前進するに従って被削材が塑性流動をおこし刃先直前で破断応力に達した材料が延性破断を生じ、材料は切りくず側と加工面側とに分離する。この分離面は通常、工具先端の通過面より若干上方にあり、この間の材料は切り残し量として残り、刃先丸味下部および逃げ面摩耗部によってバーニッシュされて切削加工面となる。故にこれらの工具の先端部分に作用する力、すなわち刃先力が加工面性状に極めて大きな影響を与える。さらにこの刃先力の測定法を示し、種々な切削条件の下で刃先力がどのような挙動を示すかを検討している。

第5章においては加工面内部の性状すなわち加工層と残留応力について検討している。刃先力と加工層および残留応力の関係を有限要素法を用いて解析し、刃先力が大になると加工層と残留応力が大になること、また切削加工によって生じる残留応力は機械的効果によるものと熱応力によるものがあり、相変態によって生じることはほとんどなく、機械的効果によって生じる切削方向の残留応力は垂直方向に近い力が作用するときは圧縮応力となり、切削方向に近い力が作用するときは引張応力となること、熱応力によって生じる残留応力は強制的に冷却しない限り、引張り応力となることなどを明らかにし、次にこれらが組み合わされたときに生じる残留応力についても検討を加えている。また炭素鋼の切削実験を行ない、加工面の残留応力をX線を用いて測定し、有限要素法による解析結果と比較し、かなりよく一致していることを確認している。

これらの理論的ならびに実験的検討の結果として、実用的には、加工表面の引張残留応力を小さくしたい場合には、切削速度を低速にして被削材の温度上昇を防ぎ、垂直方向の力を加えて摩擦力を小さくする加工条件を選べばよいこと、引張残留応力の存在する層を薄くしたい場合には摩耗の少ない工具を用いてできるだけ高速低送りで切削加工すればよいことを述べている。

第6章においては加工面の表面形状すなわち仕上面あらさについて検討している。切削加工によって生じる仕上面あらさを生成原因別に工具形状と送りによって幾何学的に決まるあらさ、切削系の振動によるあらさおよび切削機構に基づくあらさに大別し、さらにこれらのあらさを詳しく検討し、良好な仕上面あらさを得る方法を検討している。その結果、工具の前逃げ面に生じる境界摩耗を小さくすれば非常に良好な仕上面あらさが得られる。また種々の工具で炭素鋼を切削した場合について、仕上面の最大あらさ、工具摩耗によって生じる製品の寸法誤差、工具の切削可能距離の関係を求めることにより、仕上面あらさから見た工具の切削性を比較する方法を開発し、サーメット系工具が超硬工具よりもはるかに優れた切削性を有していることを明らかにしている。

結論は全6章の概要をとりまとめるとともに、今後研究さるべき問題点を示唆している。

## 論文審査の結果の要旨

近時種々の新しい加工法が開発され、機器の製作に應用されているが、現在なおバイトその他の工具に

よる切削作業は部品製作法の主流を占めている。切削によって作成された部品の表面の性状、例えば表面あらさ・残留応力などは、機器の性能に大きい影響を持つものであるが、従来この分野の研究は切削機構、被削性などにくらべて著しくすくない。この論文は、切削加工面の生成機構に関する研究と題し、切削工具によって生成される加工面の生成機構の模型的・理論的解析を基礎として、実際の加工面の変質層、残留応力あるいは仕上面あらさなどについて論じたもので得られた成果の主なるものは次の如くである。

(1) 切削時における被削材内部の応力分布については、これまでも若干の実験ならびに理論的解析が行なわれているが、著者は光弾塑性法を用いて刃先前方域の応力状態を測定する新しい方法を開発し、この結果塑性域が切削予定面の下部にまで大きく拡がり、これが加工面の性状に大きな影響を与えることを明らかにした。

(2) 切くず生成機構を有限要素法を用いて理論的に解析することを試み、工具が材料にくいこんで前進する過程における被削材内部の応力状態の変化、特に切削速度あるいは切くず工具接触部の摩擦係数の相違の応力分布に及ぼす影響などを理論的に初めて明らかにした。

(3) 切削加工面の加工残留応力生成に大きな影響を持つところの切削時の被削材の温度分布について、差分法により理論的に解析し、切削加工面温度に及ぼす切削速度の影響、あるいは工具摩耗の影響などを示した。

(4) 切削加工面の生成に最も決定的な要因である刃先力がどのような原因で発生するかを考察し、切削加工面は基本的には刃先における材料の破断と、それに続く刃先丸味部と逃げ面のバーニッシュ作用によって形成されるものであり、加工面の性状決定には刃先力の大きさ及びその作用角が大きい役割をする。

(5) 切削加工面の変質層（流動層および硬化層）および加工残留応力の発生には、切削時の刃先力などによる機械的效果および切削熱による熱的效果が主な原因となるが、加工変質層に及ぼす各種切削条件の影響を明らかにし、また加工残留応力については、既に解析によって明らかになった加工面の応力分布および温度分布から有限要素法によって残留応力を計算するプログラムを完成した。これによって計算された残留応力値と、X線応力測定法によって実測した値はかなり良い一致を示す。

(6) 仕上面あらさの生成機構を考察し、仕上面あらさを向上するための具体的方策を明らかにした。すなわち工具摩耗の仕上面あらさに及ぼす影響について重点的に検討しているが、この解析によって得られた成果は生産加工システムの自動化、たとえば仕上面あらさを目標とした適応制御システムについて極めて有用な資料を与えるものである。

これを要するに、この論文は切削仕上面の性状（変質層、加工残留応力、仕上面あらさなど）の向上を最終の目的として、光弾塑性法、有限要素法などの新しい技法を駆使して切削加工面の生成機構について実験的ならびに理論的に解析を行ない、生産加工技術の分野で多くの新しい知見を加えたもので、学術上・工業上寄与するところが極めて多い。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。