

氏 名	藤 井 義 也
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 3 8 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 36 年 9 月 26 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 機 械 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	セラミック工具実用化に関する研究

(主 査)

論文調査委員 教授 奥島 啓 式 教授 佐々木外喜雄 教授 平 修 二

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はアルミナ系セラミック切削工具について、その実用化を目的としておこなった基礎的ならびに実験的研究をまとめたもので、緒論、3編、および結論よりなっている。

緒論においては、セラミック工具の発達過程、現用セラミック工具の成分その他の現況の概要および本研究の目的について述べている。

第1編は切削工具用セラミックの種々の基礎的性質と切削性能との関連性について論じたもので、まず第1章においては電子顕微鏡により組織を観察し、結晶粒子の小さいほど工具としての切削性能の向上を確認し、第2章においては成分および焼成条件を異にする多くのセラミックを試作し、その比重および気孔率の切削性能に及ぼす影響を求めたが、その結果気孔率が小なるほど性能は向上し、その影響はすこぶる明瞭であるため、セラミック工具製作において品質管理のための重要な測定項目となりうることを指摘している。第3章はセラミックのねばさを示すものと考えられる抗折力に関するもので、まず抗折力の増加とともに工具寿命が比例的に増大することを切削実験により確認しているが、セラミックのような脆性材料では、試験条件(試験片の寸法、支持点間距離など)によって抗折力の値が変化するので、統計理論を用いてその影響を数値的に求め、その結果試験片の寸法としては幅8~10mm、厚み4~5mm、支持点間距離30mmが最も望ましい値であるとしている。そして一般に抗折力は試験片容積の増加とともに指数関数的に低下することを示している。ついで試作セラミックの応力-ひずみ線図から弾性係数を求め、またセラミックを高温に熱して急冷したものについて抗折力を測定した結果著しく抗折力の低下することを認め、これがフライスのように切削中に加熱冷却をくり返す工具に対してセラミックを適用することを妨げているとしている。つぎに高温度における抗折力を測定した結果800℃位までほとんど変化がないことを知った。第4章はかたさに関するもので、まず種々のかたさ測定法のうちで、ロックウェルAかたさによる測定値の変動が最も小さく、またこのかたさ測定法でも荷重が大きいほど値の安定性はあるが、あまり大きいと圧痕周辺に欠損が発生するので30~60kgが最適値であると述べている。またこの圧痕周辺

の欠損について理論的に考察を加え、セラミックにおけるかたさ測定値のばらつきの原因を指摘し、最後にかたさと工具としての切削性能との関係を求めて、前記比重、抗折力ほどその影響は明らかでないことを認めた。第5章は被削金属材料とセラミックの溶着性に関するもので、まず切削実験によってセラミック工具においても他の工具材料と同様にすくい面における切くずと工具材料の溶着によってクレータ摩耗が存在することを確認した後、高温かたさ計を用いての基礎的溶着実験によって種々の金属材料とセラミックの組み合わせにおいて温度、圧力の影響を求め、その結果超硬合金とは異なり、圧力の増加とともに溶着しはじめる温度が低下すること、同温同圧の下ではセラミックの溶着力は超硬合金のそれに比べて低いこと、また溶着しはじめる温度はセラミックの成分、焼結条件によってかなり変化することなどを確かめた。第6章は金属材料とセラミック間の摩擦摩耗について論じたもので、回転する金属円板試験片をセラミック平面試験片に押しつける摩耗試験機を製作して実験した結果、一般に比摩耗量は温度の増加とともに増加すること、高温耐摩耗性実験結果によって工具としての切削性能を評価しうること、セラミック材料の摩耗形態そのものは金属の場合と本質的に異なることがないことなどが明らかになった。

第2編はセラミック工具による切削試験に関するもので本論文の中核をなすものである。

まず第1章においては切削抵抗について論じ、セラミック工具による切削機構の特徴の一つとして、アルミニウムなど特にセラミック材料と親和性の強いものでないかぎり、一般に超硬工具の場合より工具切くず接触長さが短い、材料のもろさのため刃先にチッピングが多く、このため刃先に作用する特異力が大きくなるため、結果としては他の工具材料にくらべて切削抵抗に差異が認められないと述べている。第2章は切削温度に関するもので、0.4%炭素鋼の切削試験結果に Loewen-Shaw の理論を導入し、すくい面における摩擦仕事により発生する熱量の切くずに流入する割合がセラミック工具においては、他の工具材料にくらべて著しく大きいことを明らかにした。さらに刃先温度測定方法としてセラミック工具に対しては、熱電対挿入法が最も有効であることを述べている。第3章は切削仕上面のあらさその他の性質について述べたもので、一般にセラミック工具による仕上面あらさが他の工具材料による場合よりもすぐれていることを実験的に確かめ、その原因として刃先の溶着物の少ないことがあげられている。しかしながら刃先の摩耗とともにあらさの増加する現象は最も著しく、材料のもろさによる刃縁状態の悪化がこの原因となるのである。仕上面表面層についてはSQ値の測定や顕微鏡写真撮影によって観察した結果、他の工具材料にくらべて加工層がうすく、また酸化被膜が一樣に付着してそのためセラミック工具による仕上面の光沢がすぐれていると述べている。第4章は工具の寿命として最も重要な摩耗機構について論じたもので、最初にセラミック工具の損傷形態を分類し、0.4%炭素鋼、1%炭素鋼およびアルミニウムを被削材とした切削実験におけるセラミック工具の損傷過程を詳細に観察して、高速切削においてセラミック工具の優位性は明瞭となること、一般にすくい面のクレータ摩耗が他にくらべて少ないこと、断続切削に対しては異常チッピングを生じて不利であることを認めた。ついで逃げ面摩耗帯幅の変化を追跡して実験式を求め、終期欠損について考察を加えているが、最後にいわゆる寿命方程式が高速度鋼のごとく全切削速度域を通じて1個の方程式であらわすことができず、低速および高速範囲において線図の折れ曲がる現象に着目し、前者は構成刃先脱落による衝撃に起因し、後者は熱衝撃によるものであるとして理論的に考察を加え、実験的にこの推定の正しさを証明している。

第3編はセラミック工具を実際作業に用いる場合の諸問題を取り扱ったもので、第1章においては0.4%炭素鋼、1%炭素鋼、ニッケル・クロム・モリブデン鋼および鉛快削鋼を被削材として切削を行なった結果、セラミック工具の切削性能は高速域において超硬工具よりすぐれており、特に硬さの高い材料の高速精密切削においてその特色を発揮することが明らかとなった。第2章は経済性からみたセラミック工具の実用性の問題で、最低価格切削速度を求めて、セラミック工具では超硬工具にくらべて1.45~2.9倍の高い切削速度の得られることを示している。これによってセラミック工具使用の経済的有利さが確認される。次に第3章はセラミック工具実用に対して問題となる安定性について考察を加えたもので、これについてはセラミック品質の不均一性が影響して他の工具材料にくらべて、バイトの寿命および仕上面のあらさとともにややばらつきが多いことを指摘している。最後に第4章ではセラミック工具の使用条件を検討し、限界切込量、限界送り量を各種被削材について求め、またバイト刃先角度、形状について検討した結果刃先にランドをつけることが工具寿命をのばすのに有効であることを述べている。

結論は以上を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

セラミック材料は新しい切削工具材料として最近とみに注目されるようになったが、著者は実地にこれを応用することを目的として基礎的ならびに応用的研究を実施したのである。すなわち第1編ではセラミック材料の種々の物理的、機械的性質と工具としての切削性能との関連性を探究するために成分および焼成条件を異にする多くのセラミック工具を試作し、結晶粒子の大きさ、比重、抗折力、かたさ、溶着性および摩擦摩耗などの諸性質について詳細な検討を加え、これによって切削性能を向上するためにセラミック工具として必要な条件が明らかとなり、セラミック製造に関して有用な資料が与えられた。第2編はセラミック工具を用いて切削を行なう際に現われる多くの現象について観察研究を行なったもので、切削抵抗は他の工具材料にくらべてあまり変化はないが、切削温度、仕上面あらさおよび加工層の状態はかなり相違し、セラミック切削工具の優位が明らかにされている。また種々の金属材料に対する切削試験を行ない、損傷状況を詳細に観察した結果、高硬度材料の高速精密切削において特にセラミック工具がすぐれていることを示したことは、応用分野決定のために有効な資料である。第3編はセラミック工具を実際作業に用いる場合の切削条件、工具設計について検討を加えたもので、これら条件の決定について明瞭な方針を与えている。

これを要するに本論文は、切削工具材料として新しく発展したセラミック材料を対象として詳細な検討を加え、多くの実験結果と相まってセラミック工具実用化のためきわめて有効な資料を確立したもので、工学上ならびに實際上寄与するところ少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文としての価値を有するものと認める。