

氏名	鳴瀧則彦 なる たきのり ひこ
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第185号
学位授与の日付	昭和44年11月24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	工具摩耗から見た鋼材の被削性に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 奥島啓次 教授 岡村健二郎 教授 遠藤吉郎

論文内容の要旨

本論文は、工具摩耗から見た鋼材の被削性に関する研究をまとめたもので、緒論、2編10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、その生産能率を向上するために材料の被削性に注目すべきであり、被削性の4種の判定基準のうち特に切削工具の寿命の長短が最も重要であることを指摘している。この観点から現在では最も一般的な組合せである鋼を被削材としたときの超硬切削工具の摩耗に関する問題をとり上げ、工具の摩耗機構あるいは摩耗の進行を妨げる方策などについて論じた本論文の主旨を述べている。

第1編は超硬工具の摩耗機構に関するもので、まず第1章においては本研究に使用した実験装置と試験材料ならびに、工具の摩耗部表面の付着元素を検出するために使用したエレクトロンプローブX線マイクロアナライザ装置(XMA)について説明した後、XMAによって工具表面に検出される元素と工具寿命の長短を比較した結果から、工具摩耗部表面に付着しているFe, Al, Mn等の元素のうちAl, Mnの付着量が多いほど工具の摩耗が少なく、Feの多い場合にはその逆であること、ならびに工具の摩耗面では工具を構成する元素のうちCoとCが失なれているという事実を明らかにしている。第2章においてはそのうちのCoの挙動に着目し、表面から予めCoを取り除いておいた工具により切削するなどの実験を行なった結果より、工具表面からCoが持ち去られることが工具摩耗の第1段階であること、同一規格の鋼材において工具寿命に大きな差が生ずるのは鋼材中に含まれる Al_2O_3 , SiO_2 , MnSなどの非金属介在物が工具表面に付着して工具を保護する程度に差があるためであること、工具逃げ面の平行部摩耗もクレータ摩耗と同様に熱的な要因による溶着と拡散が支配的であり、逃げ面境界部の摩耗は主として機械的なチップングによることなどを明らかにしている。第3章においては炭素含有量の異なる種々の鋼材を切削しており、切削速度を途中で変化するなどの実験を行ない、工具材中の原子の拡散状況と工具摩耗との関連性について、工具中の炭素濃度の減少による工具表面の強度の減少、切削温度と工具、被削物間の炭素濃度差

によって定まる工具中の炭素の拡散速度などの要因が重要な影響を持つことを示している。第4章においては液体窒素により切削点を冷却することと切削速度を加減することによって切削温度を人為的にコントロールしつつ切削実験を行ない工具の摩耗機構をさらにくわしくしらべた結果、超硬工具においてはすくい面クレータ摩耗ならびに逃げ面平行部摩耗ともに炭素原子の拡散に起因する摩耗が支配的であって、切削温度を同一に保てば済工具との炭素濃度差が大きい低炭素鋼ほど速やかに摩耗する。一方セラミック工具においてはそれと対照的に機械的摩耗が支配的で逃げ面平行部摩耗は切削温度に拘らず切削距離にのみ比例することを確かめている。第5章は前章までの一連の実験の結果を総括し、超硬工具の摩耗はまず工具表面のCoが持ち去られたあとの凹凸にFeがすき間なく溶着し、ついで工具中の炭素がFe中へ拡散して工具材料の強度低下が起り工具を形成する炭化物が摩耗により持ち去られるという順序で進行することを明らかにし、工具と被削材の炭素濃度差、切削条件（切削速度など）によって変化する切削温度、工具表面を擦過する切りくずや被削材のかたさと工具表面のかたさとの釣合、などの要因によって工具表面の拡散層の厚さと工具摩耗の進行速度を定性的に予測する理論を明らかにしている。

第2編は今日実用されている鋼材中に被削性を向上する意図を持って混入されている種々の微量添加物の作用について第1編で明らかにした工具摩耗の理論に基づいて、実験と理論解析を行なったものである。まず第1章においては、いわゆる快削添加物を形態によって分類し、特に単体として混入される鉛、硫化物を作る硫黄および酸化物として存在するAl, Si, Caの化合物の三者をとりあげている。第2章は鋼材中に添加された鉛の切削時における挙動をしらべると共にその工具摩耗に及ぼす作用を明らかにしたもので、被削材中の鉛は切削時の高温によって溶融し工具面で潤滑作用をし、Feおよびその化合物が工具表面に付着することを妨げることで、二次変形領域内で内部潤滑作用を行ない切削力を低下せしめること、ならびに切りくず内に応力集中を起して切りくずを折れやすくするなどの作用があることを明示している。第3章は硫黄が添加された場合、鋼材中に生ずる硫化マンガン(MnS)の切削時における挙動をしらべたもので、被削材中でMnSの他にAlやSiの介在物を含むときには切削中にMnSが媒体となってAl, Siが付着層を作り、これが工具摩耗を防止することを明らかにしている。一方高速度鋼工具においてはこのようなAl, Siを含む付着層は発生せず、むしろAl, Siは逆に摩耗剤として作用するのでAl, Siの介在物が少ない硫黄快削鋼の被削性が良好となることを示している。第4章は、鋼材中に含まれる酸化物系介在物についてその切削中における挙動、工具材との親和性、工具面に付着物層を作る位置とその組成、前もって酸化物層の被膜を作っておいた工具の切削性能などを実験的にしらべ、近年新しい快削鋼として注目をあびているCa-Si脱酸鋼などのいわゆる脱酸調整快削鋼の開発とそれに適した工具材の探究を目的としている。S45C鋼規格の各種脱酸法による鋼材の切削実験を行ない、XMAによる工具面の観察などを行なった結果、いわゆる脱酸調整快削鋼においては脱酸生成物が工具表面に付着し、これが工具面へのFeの溶着ならびに工具材原子の拡散を防止して工具摩耗を妨げていることを明らかにし、鋼材中の脱酸生成物の組成、工具材質、切削条件ならび切削時間によって工具表面に付着物層のできる位置とその範囲および付着物層の組成が変化する状況をしらべて付着物層が有効に作用するための条件を明らかにしている。第5章は前章までにしらべた快削添加物の作用を総括し、超硬工具の摩耗を抑制する機構を体系づけて、工具材原子の拡散を抑制する作用、潤滑により切削温度を低下させる作用、および一次変

形領域における変形抵抗を低下させる作用の三つに分類し、各種添加物の効果を一覧表に示している。

結論は本研究の目的と方法ならびに第1編および第2編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

工具用金属材料に対しては種々の性質が要求されるが、それを機械部品に加工するときの加工のしやすさもその一つである。加工法の中でも切削加工は代表的なもので、このため金属材料に対する被削性が注目される。被削性を表わす要因は決して単純なものではないが、その材料を切削する際の切削工具の寿命の長いこと、すなわちできるだけ工具を摩耗させにくい性質が重要である。この性質を解明するためには、まず切削工具の摩耗現象を究明しなければならない。工具の摩耗については、これまでに数多くの研究がなされてきたが、それらは工具摩耗を巨視的に捉えているのが大半で、その研究の結果を被削材料の被削性の本質の解明に直接結びつけることは困難である。工具摩耗の観点から被削性の本質を明らかにするには、更に微視的な観察研究が必要で、本論文はこの意味において重要な意義を持っている。

著者は現在現場において最も普遍的な組合せであるところの鋼を被削材とし、超硬材料を切削工具とした場合を採り上げ、切削による工具摩耗部の表面を主としてエレクトロン・プローブX線マイクロアナライザーなどの装置によって観察し、その結果工具表面に付着する Al, Mn, Si などの元素が工具摩耗の進行速度に大きな影響を持つことを確認し、適当な付着物層が工具表面に存在することが摩耗の進行を妨げることを見出した。更に工具材料中の炭素、コバルトなどの挙動に注目した結果、切りくずと工具との擦過により、最終的には超硬材料内の炭素が切りくず側に拡散することによって生ずるところのいわゆる拡散摩耗が工具摩耗の最も重要な部分を占めることを見出した。この研究成果は鉄鋼材料の被削性を向上するための方策を決定するためには極めて重要な見解で、この拡散を防止することが工具寿命を延長することになる。

本論文の後段においては、上記の工具摩耗機構の解明を基礎にして、まず現在快削材料として知られている鉛快削鋼および硫黄快削鋼について研究を行ない、これらの材料における鉛および硫黄が被削性を向上させる本質を解明している。例えば硫黄快削鋼における MnS の付着層はそれ自身では工具材の拡散を防止する作用はほとんどないが、適当な脱酸処理をすると超硬工具の摩耗を著しく抑制することを見出している。このことは第2編第3章で述べられている Ca 脱酸快削鋼の特性につながるものであって、従来鋼中の酸化物系介在物は工具に対してアブレンシブな作用をもって工具摩耗を促進すると考えられてきたが、これら介在物の存在によって工具材種、切削条件などの境界条件がみだされた場合は、拡散を防止する有効な酸化物被膜が工具表面上に形成され、著しく工具寿命を延ばすことを明らかにした。

要するにこの研究は材料の被削性の本質を明らかにするために重要な因子である工具摩耗機構を明らかにし、生産性向上の方策の一つとして今後の快削材料の開発のために極めて有効な資料を与えるもので学術上、工業上寄与するところが少なくない。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。