

氏 名	一 宮 亮 一 いち みや りょう いち
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 171 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 9 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Fundamental Machinability Study of Metal Turning at Elevated Temperatures, and Thermal Effect on Accuracy of Hot-Machined Workpiece (高温切削における金属材料の被削性および工作精度に関する基礎的 研究) (主 査) 教 授 奥 島 啓 式 教 授 会 田 俊 夫 教 授 佐 々 木 外 喜 雄
論文調査委員	

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は高温切削における材料の被削性と、工作精度に関する基礎的研究をまとめたもので、2部12章よりなっている。

第1部は、被削性に関するもので、7章に分れている。第1章は高温切削における切削機構について考究し、鉛・黄銅・炭素鋼および不銹鋼を被削材として高温二次元切削試験を行ない、切削抵抗・切くず厚さおよび工具切くず接触長さを測定して、それよりせん断角・せん断応力ならびにせん断ひずみなどを算出し、材料の加熱温度(0°~600°C)とこれらの値との関係を求めている。その結果材料の温度に比例して切削抵抗は減少するが、これは降伏せん断応力の低下によること、また切くず厚みも減少し、工具刃先前方の流れ領域もせまくなって、これらの事から高温切削においては切削における切くずの塑性変形が常温の場合よりもなめらかに進行して、合理的な切くず生成が得られると述べ、結果的には被削材の温度を上げることが工具のすくい角を増加することと同じであることを示している。

第2章は常温切削と高温切削における切削抵抗に関する被削性を比較したもので、4種の材料を電気炉で所要の温度に均一加熱し、二次元および三次元切削における切削抵抗を測定している。送りが大きいほど被削材加熱による切削抵抗低下の効果は大きく、このような切削抵抗の低下は主として材料の降伏せん断応力の低下によるものであるから、この応力の低下の少ない不銹鋼では切削抵抗の減少が他の材料にくらべて余り大きくないことを述べている。

第3章は高温切削における工具寿命に関する被削性について述べたもので、超硬工具、サーメット工具およびセラミック工具の摩耗に対する被削材の加熱温度の影響を求めている。この場合は酸素アセチレンガス焰による加熱方法を採用し、常温から500°Cまでの各温度におけるV-T線図を作成し被削性を比較した結果、普通炭素鋼に対しては加熱温度が上昇するほど工具寿命は減少すること、不銹鋼に対してはサーメット工具のみ300°Cが最適で、他の2種の工具材料に対してはやはり常温の状態でも最も長い工具寿命を示すこと、また高マンガン鋼に対しては超硬工具について300°Cが最適で、他の2種の工具につい

ては加熱温度が高ければ高いほど有効で、このような難削材の切削加工に高温切削が極めて有効であることを指摘している。なお被削材加熱による工具摩耗形態の特異性についても論述している。

第4章は仕上面あらさに関する被削性について述べたもので、まず切削速度、送り、切込みの広い範囲にわたって加熱温度の仕上面あらさに対する影響を求め、ついであらさを決定する重要な因子である構成刃先についてその挙動を究明した。その結果 400°C 以上に加熱すると低速でもむしれない滑かな仕上面が得られることを示し、切くず裏面の観察によってこの事実は高温切削においては構成刃先の発生成長が阻止せられることに起因することを明かにしている。

第5章は高温切削における材料の冶金学的考察と仕上面の性状に関するものである。普通炭素鋼・黄銅・不銹鋼・高マンガン鋼および純鉄について高温切削によって得られた仕上面のX線回折・顕微鏡組織・硬度変化および腐蝕速度測定を行ない次の結果を得ている。X線回折試験では加工変質層の深さが加熱温度と共に減少し、その減少の割合は 300°C から 600°C の範囲で大きくなること、また顕微鏡観察によれば結晶粒子の変形状況は3段に分れて、加熱温度の影響は中段において著しいこと、また硬度測定の結果では高温切削では通常切削にくらべて加工硬化が少なく、硬化層の深さも小さくなることなどを示している。要するに高温切削では、加熱温度の増加と共に加工変質の程度が少なくなることが明らかになった。

第6章は高温加熱の新しい手段を提示して従来の方法と比較したものである。すなわちこの新しい方法とは摺動片を工具刃先前方の位置で回転する被削材におしあて、その際発生する摩擦熱によって加熱する方法で、圧力の調整によって加熱温度を任意に調節することができる。この方法は従来の加熱方法（電流、火焰、電弧、炉中加熱など）にくらべて作業者に対する危険度も少なく作業が容易であり、また経済的には有利であることを数字的に立証している。

第7章は第1部のまとめである。

第2部は高温切削における工作精度の問題と、切くず工具接触温度に関するもので、第1章では円嚮形被削材が均一加熱された後切削加工を施されたときの工作精度について論じたものである。熱伝達理論を適用し、温度分布および熱膨張量の理論式を誘導し、工作精度に及ぼす切削条件や被削材の影響を検討し、実験によってその結果を確めている。この場合には切り終りの位置で最大の直径となり、最小直径は切り始めの位置と中央点の中間にあって、冷却時間が短いほど切り始め側に近づくことなどを明らかにしている。

第2章は、第1章と同様の手法を用いて線熱源が工具と一定間隔を保ちながら共に移動する場合について述べたもので、理論的ならびに実験的に取扱っている。このときは被削材の最大直径は切り始めの位置にあり、最小直径は切り終りの位置に近いところにあること、また直径の偏差は切削条件、熱源と工具の間隔に左右されることなどが示され、この理論的結果は実験結果と良く一致する。

第3章も上記2章と同様で、移動する点熱源による加熱切削における工作精度について述べたものである。この場合は直径偏差は最も少なくなり、工具と熱源の間隔を小さくすればするほど工作精度は向上し、点加熱切削法が上記均一加熱法、線加熱法にくらべて工作精度の点においてもすぐれていることを立証している。

第4章は高温切削における工具切くず接触温度に関するものである。この刃先温度は工具寿命・仕上面

あらさあるいは仕上面性状を左右する重要な因子であるが、被削材工具熱電対法を用いて実測した結果、温度上昇すなわち刃先温度と被削材温度の差は加熱温度が高くなる程低下することが明らかとなった。そしてこの温度差と加熱温度の関係は実験的に一次関数の形であることを示しさらにまたこれらの実験結果を総合して、高温切削における被削材加熱温度・刃先温度および工具寿命時間との関係を示す実験式を作成し実用に便ならしめている。

第5章は第2部をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

近時機械部品材料に対する要求が苛酷になるにつれて、その加工は漸次困難になってきている。あらゆる加工法の中でも切削加工は最も重要なものの一つであるが、不銹鋼・高マンガン鋼あるいは各種耐熱合金などによって代表されるところのいわゆる難削材の切削加工をいかにして合理的に行なうかは重要な問題である。その解決策の一つとして高温切削法がある。これは何らかの方法によって被削材を加熱し高温に保った状態で切削を行なう方法である。この方法は少し以前から試みられてはいるが、もっぱら経験的な知識を基礎にして実施されているにすぎなかった。この論文は著者がこの問題を根本的にとりあげ、理論的ならびに実験的に研究した結果をとりまとめたものである。

第1部では高温切削における切削機構・切削抵抗・工具寿命仕上面などの諸点について検討を加え、多くの新しい知見を得ているが、その主なものは次のごとくである。

1. 切削機構については、刃先前方の被削材の塑性変形状況、すくい面摩擦係数・切くず工具接触長さなどが問題になるが、材料を高温に加熱することは結果的には工具のすくい角を増加する場合と同様になり、切くずの形成排出がなめらかになる。

2. 一般に高温切削では切削抵抗は減少するが、このことは刃先前方せん断面および切くずの工具接触面における降伏せん断応力の低下によって説明できる。従って降伏せん断応力に対する温度効果の少ない不銹鋼では余り切削抵抗は下らない。

3. 工具寿命に関しては、各種材料に応じて最適の加熱温度が存在し、必ずしも高温であるほど寿命が長くなるものではない。このことは加熱による被削材の機械的強度の低下と、高温による工具摩耗の促進とを考えれば首肯しうることであるが、普通鋼においては実験の範囲 ($0^{\circ}\sim 500^{\circ}\text{C}$) では低温である程寿命は長く、不銹鋼ではサーメット工具においては 300°C が最適で、それより高温では却って寿命が減少し、超硬工具ならば常温が最も良い。高マンガン鋼ならば超硬工具に対して 300°C 、サーメットあるいはセラミック工具ならば高温であるほど被削性が良くなる。要するに被削材の種類と工具材種の組合せにおいて最適の加熱温度が存在することを明らかにしているが、この部分は本論文において特に重要な論述である。

4. 構成刃先の発生成長が刃先温度と密接な関係を持つことは既に明らかであるが、高温切削においては構成刃先の成長が阻止され、従って仕上面あらさに関する被削性は向上して、一般に低速でもむしろのよい仕上面が得られる。

5. 加工変質層に関しては、X線回折・微少硬度測定、顕微鏡組織撮影および腐食速度測定などの方法

を用いて検討した結果、常温切削にくらべて変質の程度が減少することを明らかにした。

6. 新しい摩擦加熱法を提案した。これまで加熱の手段としてはガス焰、接触電気抵抗、加熱炉装入などがあるが、この新しい加熱法はこれらの方法よりも経済的で取扱いも容易であり、実用的に大きい価値を持っている。

第2部は高温切削における工作精度と、工具刃先温度の問題を取扱っている。前者についてはこれまで余り留意されていなかったが、高温切削を行なえば、切削後冷却収縮することにより当然加工時の寸法とは異なり工作誤差が発生する。著者は熱伝達に関する理論を駆使して、あらゆる加熱方法に対する工作精度の理論式を誘導し、同時に切削実験を行なってその理論を裏付けている。工具刃先温度については、従来被削材の加熱温度だけ常温切削の場合より上昇すると安易に考えられていたが、著者は綿密な実験によって実際の温度上昇は加熱温度より低く、加熱温度が高いほどその低下温度が大きくなることを明らかにした。

これを要するにこの論文はこれまで理論的検討のほとんどなされていなかった高温切削について基礎的な研究を実施し、これによって高温切削における金属材料の被削性を明らかにし、多くの新しい知見を得て難削材処理に有益な指針を与えたもので、学術上、工業上貢献するところがすくなくない。

よってこの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。