

環境・生命工学専攻	学籍番号	973806
申請者氏名	岡 本 将 之	

指導教員氏名	水野 彰 桂 進司
--------	--------------

論 文 要 旨(博士)

論文題目	航空機アルミ部品加工への環境調和型切削液供給システムの導入
------	-------------------------------

生産加工における環境負荷の軽減は緊急の課題である。特に金属加工に使用される加工液がもたらす環境への影響は大きく、各企業が早急に対策をとらなければならない問題のひとつである。一例として航空機産業において、主たる製造プロセスの一つは、アルミ合金の切削加工であるが、その中で使われる切削液は循環使用されている。しかし、この切削液は腐敗や微粒子、混入する油により使用が困難になり、定期的な交換が必要となる。その際に発生する廃液の処理が地球温暖化物質である CO₂ を多量に発生する。

これらの問題を解決するため、切削液の浄化による切削液のロングライフ化、およびミスト加工による切削液消費量の軽減を目的とし研究を行った。

はじめに、膜分離法のように消耗品を発生せず、液中の不純物除去が可能である、電解浮上法を用い切削液を浄化することで、循環切削液の長寿命化を図った。

電解浮上法とは、水溶液中でイオン化した Al³⁺ や Fe²⁺ 等の金属微粒子を電気分解で得られた水酸イオンと反応させることで、微粒子表面が疎水性である水酸化化合物を生成し、電極反応で発生する気泡をこれらの粒子に付着させ浮上分離するものである。この方法は同時に切削液中に混入した機械油やグリース等の除去も可能である。

対向させた数枚の電極板を処理液の流れに対し平行に設置し、電極間隔を 7.5mm とした電解処理装置において、処理速度や投入電力を変化させることで、比重が小さく、重力沈降や遠心分離による除去が困難なアルミニウム微粒子を最大で 90% 除去することが可能となった。投入エネルギー量の増加に伴い除去率が増加し、特に分離の困難な 0.1~3.0 μm の微粒子で高い除去率を得た。また、同時にグリースやスラッジなどの粘着物質も除去することができ、切削液に混入する不純物を 1 つの装置で除去することが可能となった。

次に、切削液の消費量を軽減させるために最適な油剤および油剤の供給方法について研究を行った。

生態環境を汚染する恐れのある界面活性剤を使用しない超音波乳化液 (S.S.E.) をミスト状にすることでそのミスト表面に油膜が存在することを解明し、切削液として使用することで切削性能の高い OoW (油膜付き水滴) 加工法に匹敵する切削効果が得られる可能性を示唆した。

この S.S.E. を使用した一連の切削テストから、S.S.E. をミスト加工に使用することで、従来のフラッド加工と比較し、およそ 4% の切削動力を削減できる結果を得た。また、実際の加工現場に S.S.E. ミスト加工を導入することで、加工品質 (表面粗さ) を維持しながら、加工に要する機械の総動力を最大で 8% 削減できる結果を得た。さらに、加工条件を最適化することで、油剤消費量を半減することも可能であり、製造コストの削減につながることを証明した。

また、外部給油タイプのミスト加工において課題となっている、刃先へのミスト供給の高効率化を達成するため、接地電極とした工具先端と針電極間に負極性コロナ放電を発生させ、吹き付ける切削液ミストを荷電し、その電界により切削点へミストを集塵しながら加工を行う工法について、その効果を検証した。

平均電界強度 6.7kV/cm 以上の電圧印加条件においてミストの付着効果が十分得られることが初期実験によりわかった。この条件下においてミストの供給量を変化させながら切削加工を行ったところ、従来のミスト加工と比較し、油剤供給量の減少に伴う切削動力の上昇を招くことなく加工することができ、最小限の油剤供給量 (3ml/min) においても加工が実現可能である結果を得た。また、同時に荷電ミストの適用により、大気中へのミスト飛散を防止することが可能であり、最大で浮遊ミスト発生量の 74% が抑制可能であった。

S.S.E. を使用したミスト加工を導入することで、CO₂ 排出量もおおよそ 90% 削減でき、より高精度なエコマシニングを達成することが可能であることを証明した。