

研究論文

エンドミル切削における電気防錆加工法の開発

— 切削加工における水のみを使用した環境調和型加工法 —

西川 尚宏*・塚本 真也**・大橋 一仁**
三宅 隆介**・井山 俊郎*・水野 雅裕*

要 旨

機械加工現場において、切削油や水溶性切削油剤といった加工液は作業者に健康被害を及ぼす懸念があり、廃棄の際に莫大な廃液処理コストと環境負荷を生じている。本研究では加工液に無害な水のみを使用し、防錆剤を用いず工作物に致命的な錆を微小電流で防ぐ電気防錆加工法を生産現場で多用される切削加工に応用し、実験的にその効果を検討した。適切な電極組み合わせと定電流制御により安定した電流供給を実現し、最長3時間の防錆を達成した。また、有効防錆領域を解明し1時間の防錆電力は0.0122Wと省電力で使用上十分な防錆効果があり、その際、危惧される工作物の水素脆性を検証し実用上安全であることが示された。さらに、工作物を水中に浸漬して切削する本加工法と従来加工法との切削性能を比較し、軽切削において切削油には劣るが水溶性切削油剤より表面粗さが改善する結果を得た。本加工法は新しい環境調和型加工法として期待性があるといえる。

キーワード：電気防錆加工法，エンドミル切削，廃液処理，水加工，環境調和型加工法

1. 緒 言

国内外において持続可能な開発を目指した環境マネジメントが取り組まれる中、生産工場で機械加工を行う際、大量に用いられる加工液とその廃棄処理による環境負荷の軽減が切望されている。切削・研削加工において用いられる加工液には加工を円滑に行うため¹⁾工作物の被削性を向上させる極圧添加剤（リン・硫黄・塩素化合物）や潤滑剤（鉱油・油脂等）、防錆剤および乳化剤等が含まれている。そのため、このような薬剤により加工時の発煙や噴霧が作業者の呼吸器・皮膚に障害を起こすことが懸念²⁾される。そして、使用後の加工廃液は図1に示すように複雑な廃液処理^{3,4)}が行われ、環境負荷と莫大な処理費が要される。このような現状を改善すべく加工液を使用しない・使用を減らした環境調和型加工法の様々な研究開発^{5,6)}がなされている。

本研究ではこれまで、加工液の代替として環境に無

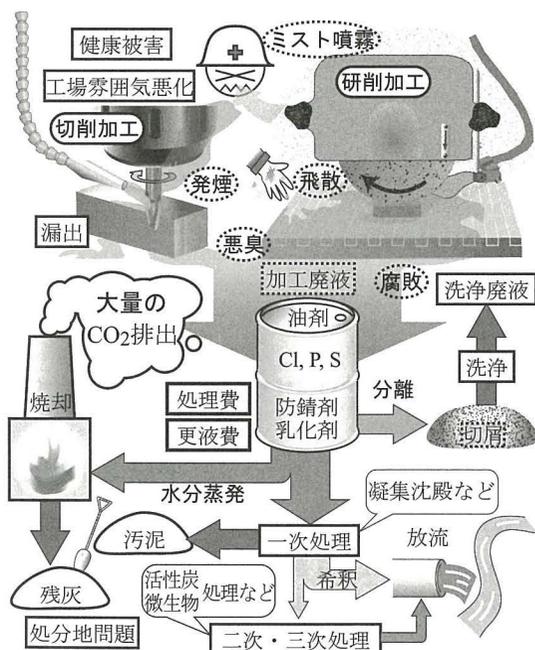


図1 加工廃液処理の現状

* 岩手大学工学部機械工学科 Naohiro NISHIKAWA, Toshiro IYAMA, Masahiro MIZUNO

** 岡山大学大学院 Shinya TSUKAMOTO, Kazuhito OHASHI, Ryusuke MIYAKE

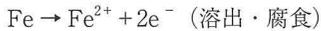
2007年9月7日受付

2007年12月26日受理

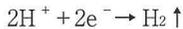
害な水のみを使用し、従来の廃液処理を大幅に軽減する電気防錆加工法を新たに提唱し、主に円筒研削⁷⁾・平面研削⁸⁾・内面研削⁹⁾といった研削加工における適用と有効性を検証してきた。本報ではさらに応用範囲を拡張し、生産加工において広く用いられている切削加工への適用を試み、その効果を実験的に検討している。

2. 切削における電気防錆加工法の原理

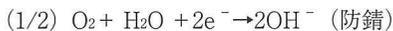
通常、水と工作物（鉄）との界面では次のようなイオン化溶出反応が起こる。



なお、この溶出金属と水中の水酸化物イオン(OH⁻)が反応したものが錆である。また溶出により発生した電子e⁻が同工作物の別の部位に供給され局部電池¹⁰⁾を形成するため、水に溶存酸素が少なく酸性であれば次の水素発生反応も進行している。



一方、電気防錆¹¹⁾は外部直流電源の陰極と工作物を接続し、また同じく陽極と接続した電極を水中（酸素含有、中性～アルカリ性）に浸漬し、電流を供給すると陰極工作物では、



という反応が起こり、陰極ではイオン化溶出が抑制され錆が発生しない。電気防錆切削加工法とはこの原理を切削加工に適用し、工作物を陰極として加工液である水を介して陽極との間で電流を印加することで工作物の商品価値を損なう錆を、防錆剤を使用せず水のみで抑制しながら切削加工を施す手法である。

3. 電気防錆切削加工システムの開発

先の研究から安定的に電流を供給し防錆を達成するには水槽内に工作物を浸漬し、その周囲に陽極としてプール電極を配置することで良好な防錆効果が得られた⁸⁾。本研究ではこれを参考に開発を行った。図2に開発したエンドミル切削における電気防錆切削加工システムを示す。直流電源を切削工具のエンドミルおよび水中に沈漬した工作物に接続して陰極とし、陽極と接続したノズル・プール電極から水を介して工作物へ電流を供給している。陽極ノズル（吐出口φ25mm、ブリキ製：Sn/Fe）は水供給と電流供給を兼ね、吐出口には水との接触面積を増やし電流を流れやすくするため#1mmのステンレスメッシュ（SUS304）を張った。また陽極プール（□168mm×H74mm、板厚1mm）は耐

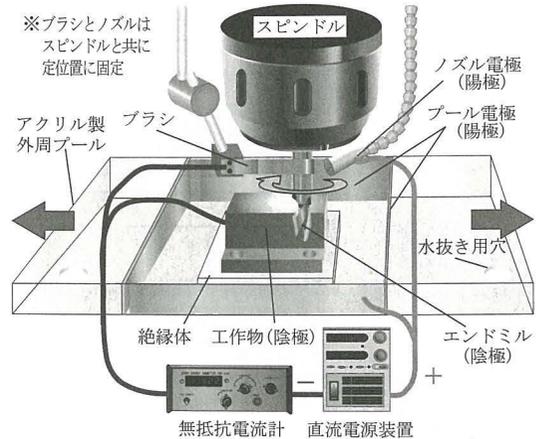


図2 電気防錆切削加工システム

食性の高いTi^{12,13)}（TP340C 純チタン2種）を用い、工作物の加工実験は水面下20mmで行った。また、研究に使用した装置と主な条件は次で示すとおりである。

- ・工作機械…万能フライス盤（新潟鉄工、MODEL 2UMC）
- ・エンドミル…材質：Cobalt HSS、φ10mm×L75mm、刃長25mm、チャック長30mm、2枚刃（NACHI、2SE10）
- ・工作物…材質：SCM440、上部：W38mm×L75mm×H35mm、下部：W82mm×L75mm×H10mm
- ・加工液…水道水（電気伝導度：9.05kΩ・cm（24.5℃））、供給流量3.2ℓ/min

3.1 適切な電極配置と電流制御法の決定

研削加工への適用研究において、工具は絶縁材の砥石であったが、本研究では導電性金属工具のエンドミルを使用するため、工具による電流供給への影響を検証する必要がある。また、より安定した工作物への電流供給ができるよう、陽極と陰極の最適な組み合わせとそれに適した電流供給法を実験的に検討する。

陽極（ノズル・プール）と陰極（工作物・エンドミル）の工作物への電流供給可能な9通りの結線方法があり、また、電流供給法として電圧一定の定電圧制御と電流一定の定電流制御の2つの制御法から、計18通りの組み合わせが存在する。図3に1パス切削時における各組み合わせにおける電圧と電流の挙動を示す。給電時、(a) 定電圧制御では30Vに設定し、(b) 定電流制御では100mAとした。また、計測時においてコモンモード¹⁴⁻¹⁶⁾などのノイズを減少させAD入力搭載のパソコンへの測定電圧を調整するアイソレー

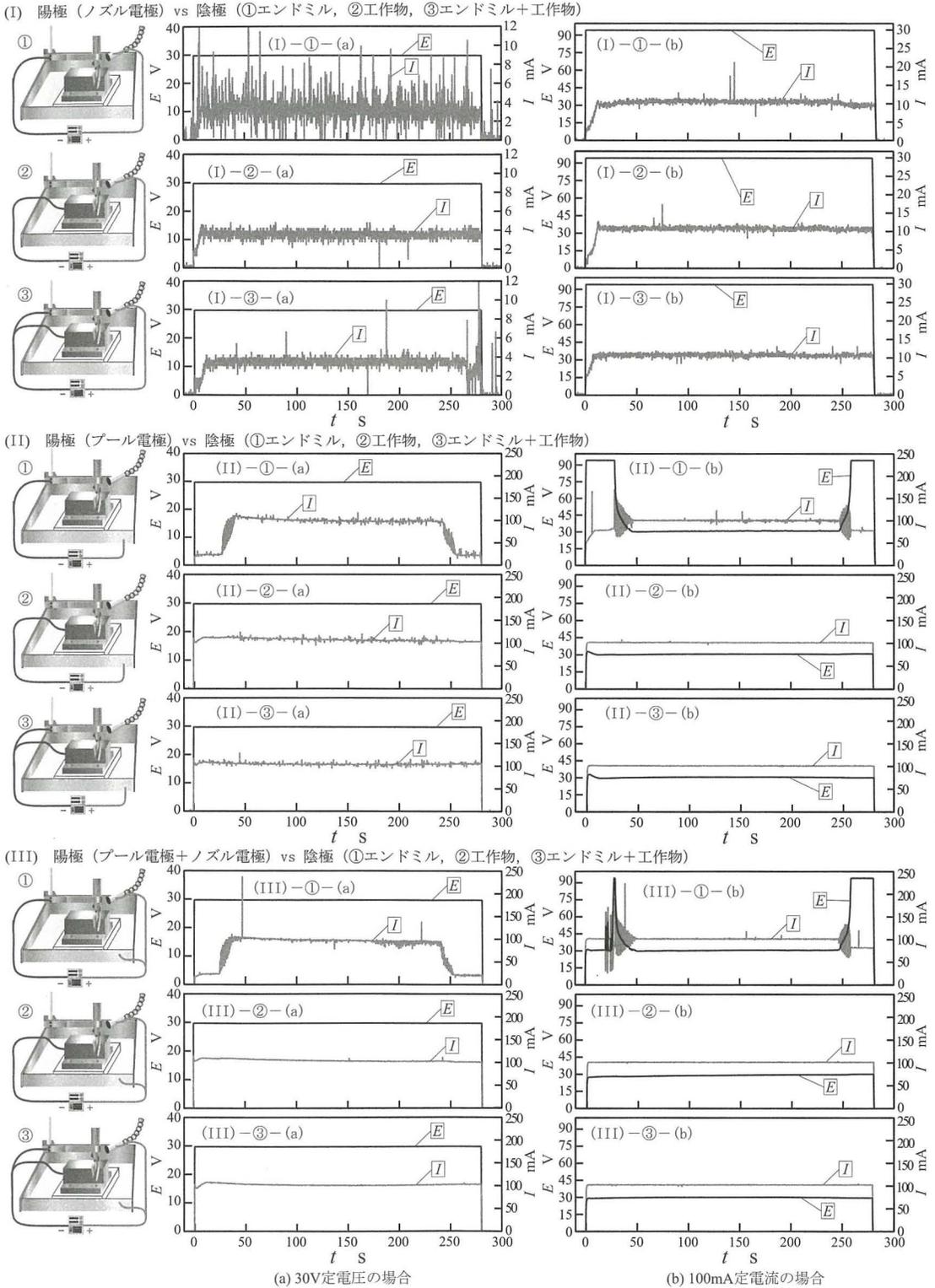


図3 各条件における加工時の電圧Eと電流Iの供給状態

ションアンプ¹⁷⁾の耐圧が100Vであるため、安全を考え定電流時の供給電圧上限を95Vに設定した。なお、切削条件は以下で示すとおりである。

スピンドル回転数：620rpm, 切削法：アップカット,
送り速度：20mm/min, 工作物切削距離：75mm,

軸方向切込み量：0.05mm, 半径方向切込み量：9mm

図中 (I) の陽極にノズル電極のみを用いた時、陰極をそれぞれ①エンドミル、②工作物、③エンドミルと工作物に接続した場合、いずれも (a) 定電圧時において供給電流が小さく、(b) 定電流時では常に供給電圧上限まで印加されても設定値に届いておらず、陽極ノズルのみでは電流供給効率が悪いといえる。

(II)の陽極にプール電極を用いた場合、①では、エンドミルが工作物を切削していない実験開始後および終了前30秒間、(a) 定電圧時の供給電流は小さくなり、一方、(b) 定電流時には電流低下に対応して電圧が供給電圧上限まで昇圧している。これはエンドミルが工作物に接触している間しか工作物を通して電流が流れず、非接触時には工作物に比べ表面積が小さなエンドミルのみが陰極となり、また、陽極-陰極間の電極間距離も大きいことからオームの法則に従い電流が流れ難くなるためと考えられる。工作物が陰極にならず一定の電流供給のない非加工時の防錆ができないことから(II)-①は使用に適さないと判断できる。一方、(II)-②、③は(a) 定電圧、(b) 定電流どちらにおいても変動があるものの大体一定の電流が供給されていることが示された。これは工作物の四方を囲んだ大面積のプール電極により工作物表面へ安定して電流が供給されているためであると考えられる。特に定電流の場合はより電流変動が少なく、また加工に伴う工具と工作物の位置・寸法変化による外乱があっても電圧制御により安定に一定電流を供給しようとするのでより望ましいといえる。また、エンドミルの陰極への接続の有無に係らず電流変動の差はそれほどないことが示された。

(III) は (II) と同様の電圧・電流挙動を示しているが陽極ノズルによりプール電極から離れた工作物表面への電流供給に寄与していると考えられる。なお、ここでも、(III)-①は(II)-①と同じ理由により使用に適さない。次に、(III)-②、③において (a) 定電圧では、(II)-②、③の(a) 定電圧と比較すると(III)はいずれも電流脈動が減少していることから、(b) 定電流においてはより安定すると言え、図からも電圧・電流ともほぼ一定であることが示された。よって、以

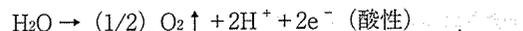
上からより安定した電流供給が可能な最適な組み合わせとして (III) - ③ - (b) が決定された。以後、この組み合わせを用いて実験を実施した。

3.2 防錆効果の評価

本項では実際の加工現場での使用を想定した防錆耐久試験を実施し、その防錆効果を検証する。実験前、錆のない新生面を創成するために、工作物側面を#120のサンドペーパーで研磨し、工作物上面はエンドミルで0.05mmだけ乾式切削し仕上げた。

複雑形状など加工に長時間かかる場合を想定し、また、最悪条件として工具が工作物に接触しない状態を考え、エンドミル下端を工作物上面と同じ高さに固定し、工作物側面から1mm離れた状態でエンドミルを回転させ工作物切削距離75mm間を加工に模して最長3時間の設定時間が完了するまで往復させる実験を行った。また、錆の対比を分かりやすくするため、実験終了時に工作物上半面を切削し錆のない加工面を創出した。なお、耐久試験前に工作物を錆びさせないためにプールへの注水から工具の移動といった一連の準備中から通電を開始した。耐久試験は3.1で決定した電極組み合わせを用いて供給電流：100mA (定電流) にて行った。写真に電気防錆の実施有無、逆電圧の各条件での時間経過における工作物上への錆発生状態を示す。電気防錆を実施しないものは時間とともに錆が増加しているのが見て取れる。一方、電気防錆を行ったものは3時間にわたって錆の発生は一切認められず、新生面と変わらない加工面を保っている。これにより本システムを用いることによって水のみで防錆が可能となり、切削加工に水のみを使用することが可能となった。また、電源の陽極と陰極を入れ替えた逆電圧では、陽極となった工作物表面全体において均一に錆発生の加速が見られ、時間とともに工作物全面で偏りなく同じ程度腐食していることから工作物面上の電流密度もほぼ一様であると推察される。

また、図4に電気防錆耐久試験時の電圧変化を示す。試験開始後、加工に見立てた往復サイクルに符合した電圧振幅が見られ、時間経過とともに電圧がわずかに漸増しているのが見て取れる。また、実験の際、陽極プール電極表面に時間経過とともに多数の泡が発生した。これは水の電解反応が起り、酸素が発生したためと考えられる。以下に水が酸性～アルカリ性の各場合のそれぞれの反応を示す。



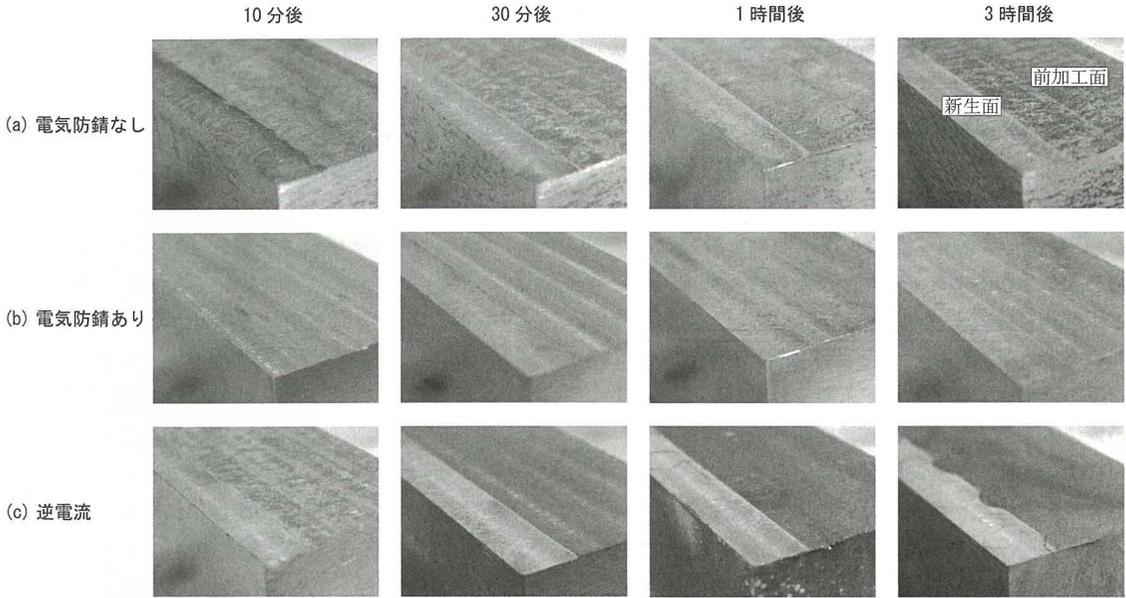


写真 電気防錆加工法の防錆効果

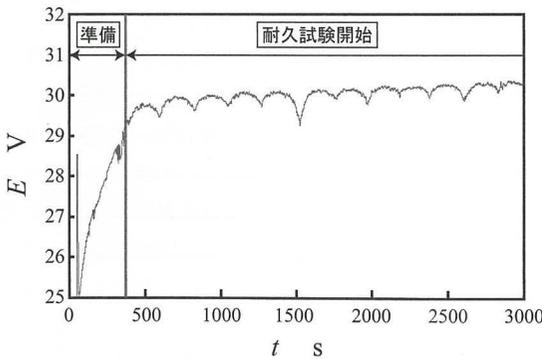
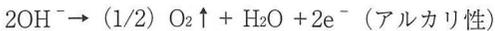
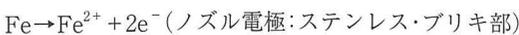
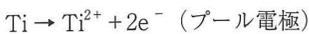


図4 耐久試験時の電圧Eの変動 (I = 100mA 一定)



この時の発泡が陽極面積を減少させ水中の電流経路を妨げたため電気抵抗が増加し、電圧が上昇したと考えられる。また、発泡は通電量に比例するため、過大な電圧は効率低下を招くといえる。また、通常、各陽極電極は次に示す溶出・腐食反応が起こっている。



長時間にわたる実施では、このようなイオン溶出は陽極電極の減耗と水への蓄積に伴う工作物への汚染ならびに陽極上への酸化皮膜形成による電気抵抗増加が懸念されるため、実用に際しては極めて難溶性である

白金族酸化物等をコーティングしたTi電極^{18, 19)}を用いるのが望ましい。

3.3 最適防錆電流の解明

3.2における定電流100mAは、防錆は十分であるが、省エネルギーの観点および、後述の過防食に伴う水素脆性の懸念があるため、本システムにおいて防錆に必要な最適電流を解明する。

鉄系工作物表面を錆びさせない電流密度は流動淡水中では0.05A/m²であり²⁰⁾、本実験における工作物の水中の露出表面積は0.0172m²であるので、防錆のための必要最低電流は0.86mAと見積もられる。しかしながら、水流や電極形状により工作物表面上に偏りなく一律の電流密度を得るのは難しいため、工作物表面すべてにわたり必要な電流密度を上回る供給電流を探索する。本システムにおいて供給電流と錆発生時間を調べることで実験的に有効防錆領域を明らかにする。

まず、3.2項と同様、錆のない工作物表面を作り、同条件で最長1時間の耐久試験を行った。錆発生は目で確認し、工作物表面にわずかでも錆の発生した時間を記録した。図5に供給電流と錆発生時間の関係を示す。図中の曲線右側の塗り領域は工作物に全く錆の発生しない有効防錆領域である。これにより4.2mAで1時間にわたる防錆が実現できることが示された。また、この際の平均電圧は2.9Vであり、防錆にかかる電力は0.0122Wと非常に小さいことが示された。

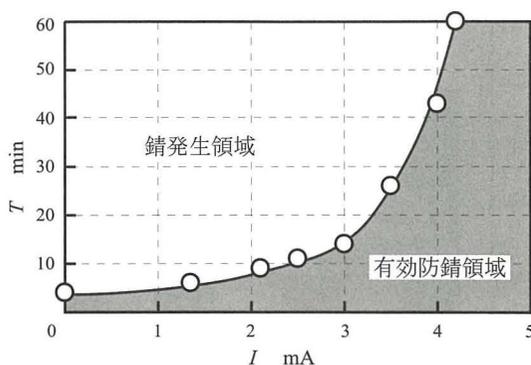


図5 供給電流 I と鍍発生時間 T の関係

3.4 水素脆性の検証

電気防錆の際、陰極工作物界面において水が極少量電気分解され、発生した水素が工作物金属の結晶格子中に侵入することがある。この水素は、拡散性水素²¹⁾と呼ばれ応力が加わる状態下において金属を脆化させ、破壊に至らしめる遅れ破壊²²⁾を招く。このような脆化現象を水素脆性という。また、この水素は通電量が多いほど発生するため過大な防錆電流は水素脆性の危険をより誘起する。本項では、電気防錆加工法において前述と同様の防錆試験を行い、実験前後における水素吸蔵量を測定し、実用上、水素脆性の危険があるかどうか判定する。拡散性水素の測定は試料の温度を徐々に上昇させ、試料から放出される水素を計測する昇温脱離ガス分析装置（日本真空技術㈱、UPM-ST-200R）を用いて行った。本装置の検出下限は 1×10^{-6} ppm/s、定量下限0.01ppm/5000secである。昇温速度は $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ に設定した。使用した工作物と実験条件は次の通りである。

- ・工作物…材質：SCM440（分析試料寸法： $5 \times 5 \times 45\text{mm}$ ）、引張強さ：980.7MPa
- ・実験条件…電流条件：定電流4.2mA、防錆時間：0時間（実験前）、1時間（実験後）

図6に実験前後の工作物中に含まれる拡散性水素量を示す。なお、拡散性水素の測定単位は質量 ppm であり、鋼 1 g あたりにおける水素質量 (g) である。温度が上昇すると拡散性水素以外に転位やボイド等の欠陥にトラップされた無害な水素も放出される。拡散性水素の放出ピークは試料材質や昇温速度により変わるが放出初期に現れる。図中に示す範囲が拡散性水素の放出ピークである。放出された水素量をカウントし、工作物に含まれる拡散性水素量は実験前において

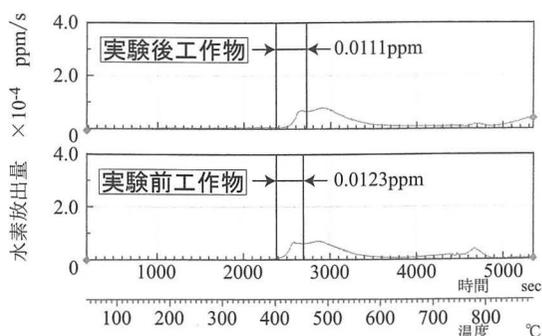


図6 実験前後の工作物中の拡散性水素量

0.0123ppm、実験後には0.0111ppmの値を示した。実験前後において工作物に含まれる拡散性水素の変化はほとんど見られず、わずかに実験後の方が少なくなっているがこれは誤差であると考えられ、本実験の電流量と防錆時間では拡散性水素量の有意な増加は認められなかった。また、遅れ破壊に対する使用安全領域と鋼の強度および拡散性水素量の関係^{23, 24)}から、工作物の引張強さ(980.7MPa)では、実用上の応力集中での安全限界における拡散性水素量は2 ppm、先在き裂の安全限界は0.06ppmであり、本実験においては、実験前後のいずれにおいてもそれらを下回る安全域にあることが示された。これにより、本研究の条件下では1時間程度の電気防錆加工法による工作物への水素脆性の危険はないことが確認された。

4. 切削性能の評価

通常、切削時に発生する力が小さいほど加工速度を大きくできるため効率がよく、工具磨耗も小さいため性能がよいと言える。また、加工後の工作物表面粗さが小さいほど製品の仕上がり品質がよい。このような切削性能を評価することは従来加工法の代替を検討する上で必要不可欠である。本項では加工時の切削力と工作物表面粗さを測定することにより水のみを用いた電気防錆切削加工法と従来型切削法における切削性能について検証した。水加工は3.において開発した電気防錆切削加工法のプール中で工作物を水中に浸漬して切削を行い、従来型加工法は水溶性切削油剤と切削油（不水溶性切削油剤）を用い、従来通り加工液供給をプールを取り外してノズルのみで行い、切削を実施した。また、加工液を用いない乾式切削についても比較を行った。主な実験条件は以下の通りである。

- ・測定器…3分力動力計（切削力）、粗さ計（工作物

表面粗さ)

- ・加工液条件…
 - ・乾式 (ドライ切削: 加工液なし)
 - ・水 (水道水, 給液量: 3.2 l/min)
 - ・水溶性切削油剤 (A2種 (旧 JIS W2種) 1号²⁵⁾, 80倍希釈, 給液量: 3.1 l/min)
 - ・切削油 (旧 JIS 2種3号²⁶⁾, 給液量: 0.93 l/min)
- ・切削条件…スピンドル回転数: 620rpm, 切削法: アップカット, 送り速度: 20mm/min, 切削距離: 10mm, 軸方向切込み量: 0.5mm, 半径方向切込み量: 1mm

図7に切削時, 各条件において工作物にかかる各軸方向 (F_x : 工作物に対するエンドミル半径切込み方向の力, F_y : エンドミル進行方向の力, F_z : 鉛直下向きのエンドミル軸切込み方向の力)の切削力を示す。図から切削油の F_x が他と比較して平均10%小さいこと以外, 乾式・水加工・水溶性切削油剤・切削油において, 各軸方向の切削力に大きな差はないことが示された。切削油の F_x 減少は基剤である鉱油等油剤と極圧添加剤による潤滑性向上のためと考えられる。これにより切削力の観点からは, 切込みの小さい本条件のような軽切削において水加工は切削油には若干劣るが乾式や水溶性切削油剤に比べ遜色がないことが示された。

次に, 加工後の工作物の表面粗さを図8に示す。なお, 測定器の都合上, 加工面幅が1mmでは粗さ計の針が載らないため, 上述の切削条件において半径方向切込み量のみ10mmと変更している。図より切削油の表面粗さが他と比較して平均54%小さく, 加工品質が良好であることが示された。給液量が少ないにもかかわらず高い切削性能を示したのは, 切削油に含まれる油剤の潤滑効果と, また, 本実験で使用の切削油では全質

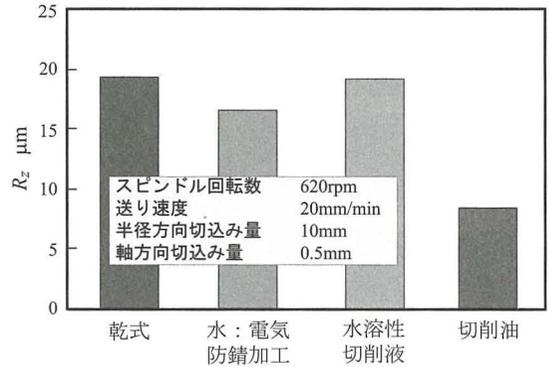


図8 水加工と従来加工法における加工後の工作物表面粗さ

量中, 塩素分2.5%, 全硫黄分0.5%の高濃度の極圧添加剤のため, 被削性が大きく向上したためと考えられる。一方, 水溶性切削油剤も全硫黄分で最大5%の極圧添加剤が含まれるが80倍希釈され低濃度のため切削油ほど効果が発揮されていない。水加工において, 切削油には匹敵しないものの, 乾式や水溶性切削油剤に比べ表面粗さは平均14%小さく優れていることが示された。これは工作物・エンドミル・加工点が常に水中にあるため冷却性が増加し, 熱変形量が減少したためと考えられる。

5. 結 言

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- (1)加工液として水のみを使用したエコマシニングである電気防錆加工法を切削加工に適用し, その有効性を実験的に検証した。
- (2)開発した電気防錆切削加工システムにおいて, 最適な制御法として定電流制御を用い, 安定した電流供給を可能にする電極組み合わせを決定した。これにより最長3時間の防錆を達成し, 防錆剤等を使用せずに水のみでの切削加工が可能であることが示された。
- (3)防錆1時間における有効防錆領域を解明し, 消費電力がわずか0.0122Wと極めて省電力であることが示された。また, その際, 工作物への水素脆性の危険がないことが示された。
- (4)電気防錆切削加工の特徴であるプールにエンドミルと工作物を没した状態での水中切削は, 軽切削時において切削油には劣るものの乾式や水溶性切削油剤に対して切削力はほとんど変わらず, 工作物表面粗さは平均14%小さくなることが示された。

謝辞: 本研究の実施にあたり, 科研費 (19860003) の

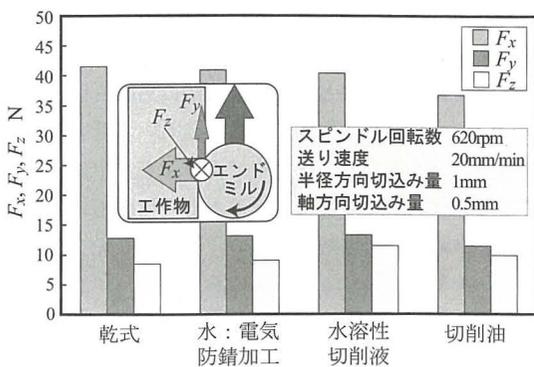


図7 水加工と従来加工法における各軸方向の切削力

助成を受けたことを記す。

参考文献

- 1) 中島利勝, 鳴瀧則彦; 機械加工学, コロナ社, 181-185, 1983.
- 2) 広井進, 中山康夫; 切削油剤と研削油剤, 幸書房, 238-244, 1982.
- 3) 広井進, 中山康夫; 切削油剤と研削油剤, 幸書房, 244-264, 1982.
- 4) 財機振興協会技術研究所; 加工技術データファイル 基礎編 (研削研磨加工), 財機振興協会技術研究所, 32-33, 2002.
- 5) 横川和彦, 横川宗彦; ISO14000取得のための冷風切削・研削技術, 機械技術, 45, (8), 52, 1997.
- 6) 横田秀雄; MQL切削の現状と課題, 精密工学会誌, 68, (7), 903, 2002.
- 7) 塚本真也, 大橋一仁, 西川尚宏, 須藤将仁, 久保孝典, 中島利勝; 円筒研削における電気防錆加工法の提案, 精密工学会誌, 71, (3), 337-341, 2005.
- 8) S. Tsukamoto, N. Nishikawa, K. Okamoto and K. Ohashi; Development of the Electricity Rust Preventive Machining Method in Surface Grinding Advances in Abrasive Technology VI Key Engineering Materials Vols. 257-258, 483-488, 2004.
- 9) 西川尚宏, 大橋一仁, 吉原啓太, 塚本真也; 内面研削における電気防錆加工法の開発-加工液に水のみを使用するエコマシニングの提案-, 環境技術, 35, (6), 452-459, 2006.
- 10) H.H. ユーリック, R.W. レヴィー; 腐食反応とその制御 (第3版), 産業図書社, 7-8, 92-93, 1989.
- 11) H.H. ユーリック, R.W. レヴィー; 腐食反応とその制御 (第3版), 産業図書社, 59, 217, 1989.
- 12) 電気化学協会編; 新しい電気化学, 培風館, 128, 1984.
- 13) H.H. ユーリック, R.W. レヴィー; 腐食反応とその制御 (第3版), 産業図書社, 382, 1989.
- 14) 山崎弘雄; 電子回路のノイズ技術, オーム社, 8-9, 1981.
- 15) 電気学会電子回路のアイソレーション総合技術調査専門委員会 編; 電子機器のノイズアイソレーション技術, コロナ社, 98-99, 1998.
- 16) 遠矢弘和; はじめてのノイズ対策技術, 工業調査会, 31, 1999.
- 17) 遠矢弘和; はじめてのノイズ対策技術, 工業調査会, 116-117, 1999.
- 18) 佐藤栄一; 外部電源用電極材料について, 防錆管理, 25, (11), 18-26, 1981.
- 19) 日本學術振興会編; 金属防蝕技術便覧, 日刊工業新聞社, 585-586, 1972.
- 20) H.H. ユーリック, R.W. レヴィー; 腐食反応とその制御 (第3版), 産業図書社, 225, 1989.
- 21) 松山晋作; 遅れ破壊 (第1版), 日刊工業新聞社, 53, 1989.
- 22) 松山晋作; 遅れ破壊 (第1版), 日刊工業新聞社, 1-6, 1989.
- 23) 松山晋作; 遅れ破壊 (第1版), 日刊工業新聞社, 69-70, 1989.
- 24) 腐食防食協会編「腐食・防食ハンドブック CD-ROM版」, 丸善, II-7-20, 2001.
- 25) JIS K 2241, 切削油剤, 2000.
- 26) JIS K 2241, 研削油剤, 1997.

Development of Electric Rust Prevention Machining Method in End Mill Cutting - Environmental Harmonic Machining Using Water in Cutting Machining -

Naohiro NISHIKAWA, Shinya TSUKAMOTO, Kazuhito OHASHI,
Ryusuke MIYAKE, Toshiro IYAMA, Masahiro MIZUNO

ABSTRACT

In a machining plant, cutting fluids, such as water immiscible or miscible types are in danger of harming an operator's health. Moreover, infinite cost and heavy environmental loading have arisen as issues for waste fluid disposal treatment. The electric rust prevention machining method has prevented the fatal rust of work pieces by supplying a slight electric current while using only harmless water and non-using rust preventive agent. The application of this method to the end mill cutting is being experimentally investigated. A stable electric current supply is realized by using a constant current control and an appropriate electrode combination. In addition, this method achieved rust prevention of work pieces for 3 hours. Moreover, an effective rust prevention time and current area of 1 hour is clarified and rust prevention power is indicated as a low 0.0122W. Afterwards, it was evaluated that hydrogen embrittlement of work piece was safe in practical use. Subsequently, cutting performance using this method as machining on a work piece dipped in water is compared with conventional cutting methods. When performing light cutting, this method is inferior to a water immiscible cutting fluid, however surface roughness is improved more than with a water miscible cutting fluid. Therefore, this method is considered to have potential as a the new environmental harmonic machining method.

Key Words : Electric rust prevention machining, End mill cutting, Waste fluid treatment, Water machining, Environmental harmonic machining