

環境対応型マグネシウム合金切削加工システムの開発

佐藤 豊^{*1}、河田圭一^{*1}、伊藤俊治^{*1}、水野和康^{*1}、今西秀明^{*2}

Development of Eco-friendly Machining System for Magnesium Alloy with Oil Film on Water Fog Cutting Fluid

Yutaka SATO, Keiichi KAWATA, Syunji ITO,
Kazuyasu MIZUNO and Hideaki IMANISI

Technical Consulting Division, AITEC^{*1} Research and Development Division, AITEC^{*2}

油膜付水滴を用い、マグネシウム合金を安全かつ高精度に切削加工できるシステムを構築し、その性能を確かめた。最初に、生分解性を持ち、しかも水素の発生を抑制できる油膜付水滴形成用の油剤を開発した。この油剤を用いた油膜付水滴をマグネシウム合金切削に使用すると、十分な冷却効果が得られるとともに、加工部における水素の発生量は5ppm以内に保たれた。この結果、安全な切削加工が可能となった。本システムを用い、マグネシウム合金製の試作品を加工した。加工精度は、寸法精度12 μ m、直角度5 μ m、分割精度8秒、仕上げ面粗さ0.3 μ mRaという高精度な加工を達成した。

1. はじめに

マグネシウムは、比重がアルミニウムの2/3、鉄の1/4と実用される金属のうち最も軽く、比強度、被削性、振動減衰性などに優れた性質を持っている。軽量化・高速化という時代に沿った材料であり、資源的に豊富でかつリサイクルが可能な材料としても注目されている¹⁾。現在、おもに電子機器の筐体として利用されているが、構造部品へと広く応用していくためには、高精度加工が必要となる。

従来、マグネシウムは安全性の見地から、乾式あるいは不水切削液を用いて切削加工が行われてきた。最近では、精度を確保するため、水溶性切削液が使われるようになったが²⁾、水溶性切削液は各種の添加剤を含むため、切屑のリサイクルが困難になり、リサイクルが容易であるというマグネシウムの特性を損なう難点がある。

本研究は、当所にて継続的に研究を進めてきた油膜付水滴をマグネシウムの切削加工に応用し、環境、リサイクルなどに配慮した加工システムを開発することを目的とした。切削加工システムの開発は、油剤、切屑処理、加工機本体、加工技術等広範囲の課題の解決が必要であるので、研究コンソーシアムを結成して実施した³⁾。ここでは、当所が担当した油剤の開発、参加機関で開発された機器の性能確認および試作品の精度について報告する。

2. 油膜付水滴用油剤の開発

本研究のシーズである油膜付水滴は、直径0.1mm程度

の水滴の周りに、極めて薄い油膜を張らせたもので、油膜から潤滑効果、水滴から冷却効果を得る。油膜は生分解性のある植物油を使用し、環境に配慮している。油膜付水滴は、水を含むため、マグネシウム合金と反応し、水素を発生する可能性がある。水素は爆発しやすいため、マグネシウムの加工では、その発生を極力抑制する必要がある。

最初に、油膜付水滴に使用可能な水道水と蒸留水において、水素発生がどの程度あるかを測定した。エンドミル加工で作成したマグネシウム合金(AZ31B)の切屑を



図1 水素発生実験装置

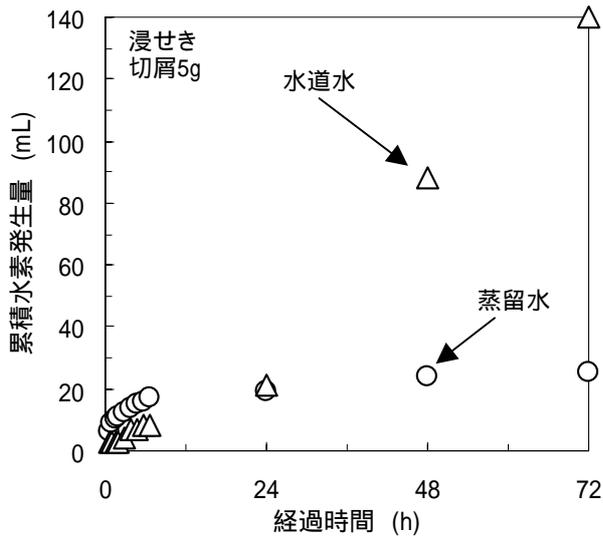


図2 水道水と蒸留水の水素発生量

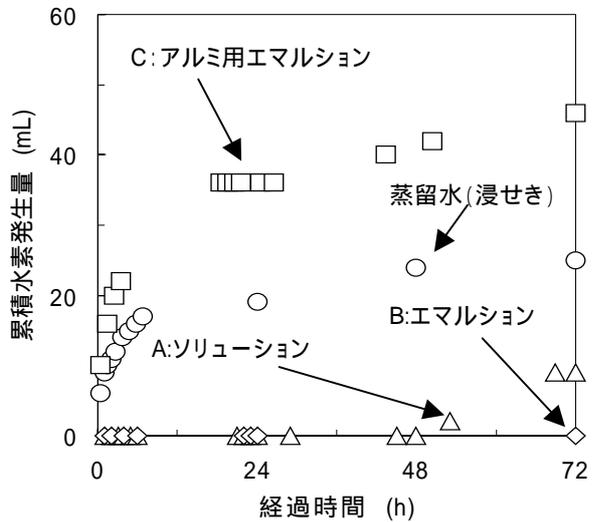


図3 水溶性切削液の水素発生量

の累積発生量を測定した。図2は、72時間にわたり測定した結果である。水道水に投入した場合、最初の8時間は水素発生が少ないものの24時間経過以降は、急激に水素が発生し、この状態が継続する。一方、蒸留水の場合は、最初の発生量が水道水より多いが、24時間経過後は、水素発生がなくなり、飽和傾向を示す。水道水の場合、液が白濁するとともに切屑表面が白色になった。水道水に見られるこれらの現象は、水道水に含まれる塩素イオンに起因することが考えられる。

図3は、アルミニウム合金用の水溶性切削液(図のC)とマグネシウム用に試作された2種類の水溶性切削液(A、B)による水素発生量を示したものである。Cはマグネシウム加工用としては流用できない。マグネシウム用に試作されたA、Bは水素発生に関しては、顕著な抑制効果がある。

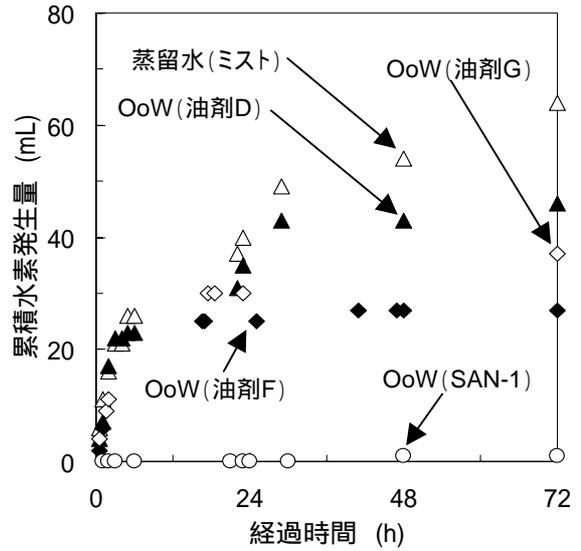


図4 油膜付水滴の水素発生量

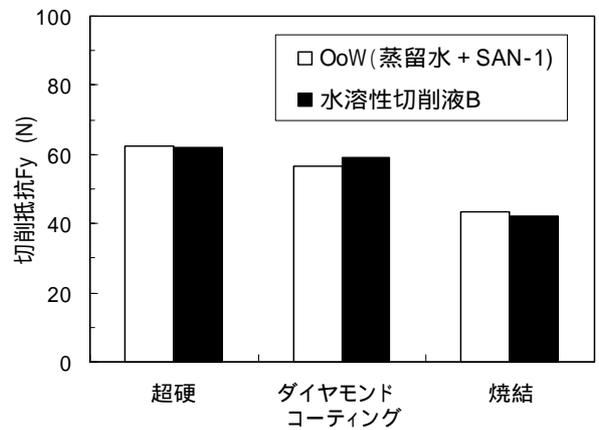


図5 切削抵抗

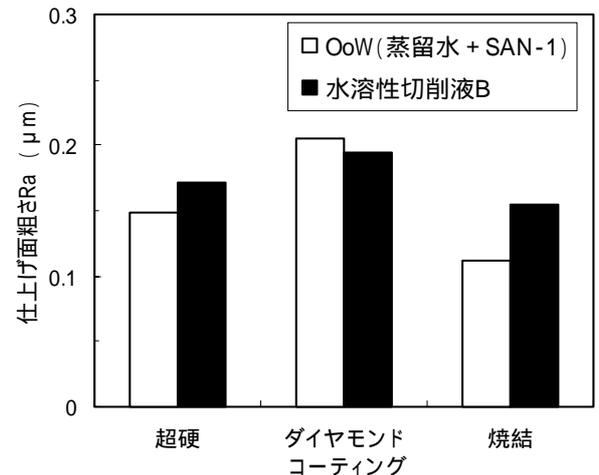


図6 仕上げ面粗さ

油膜付水滴を切屑に吹き付けて水素発生を調べた結果が図4である。従来、アルミニウム合金や鋼に使用してきた油膜付水滴は図のDである。水溶性切削液C(図3)と同程度の水素発生があり、このままではマグネシウム合金の加工に使用できない。本コンソーシアムでは、

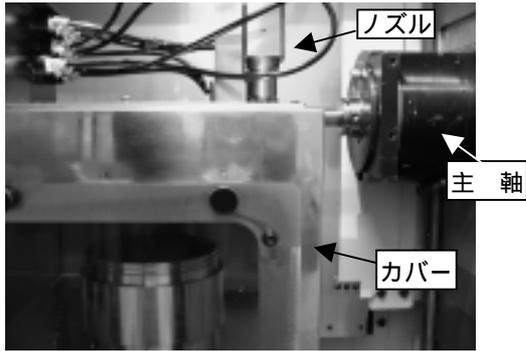


図7 ノズルの位置

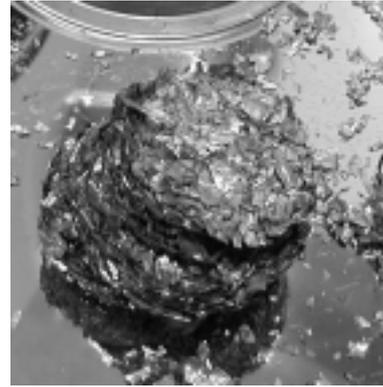


図8 切屑の固化状況

3種類の油膜付水滴用油剤を開発した(F、G、SAN-1)。F、Gにおいても水素抑制効果が認められたが、最終的にSAN-1により、マグネシウム用の水溶性切削液に匹敵する油剤を開発することができた。

この油剤を実機に適用した。試作品加工において、加工部の水素濃度を測定したところ、測定機の検出限界5ppm以内であり、本油剤で作成した油膜付水滴の水素発生に対する抑制効果が確認できた。

SAN-1は、水素抑制を主眼として開発したため、切削特性については不明である。そこで、マグネシウム合金の加工に使用する工具によって、マグネシウム合金用に試作販売されている水溶性切削液のフラッド供給とSAN-1による油膜付水滴の2方法で加工を行い、切削抵抗、仕上げ面粗さの比較を行った。切削抵抗を図5、仕上げ面粗さを図6に示す。開発した油剤SAN-1は、切削抵抗は水溶性切削液と同程度、仕上げ面粗さはより小さく、マグネシウム合金の切削特性も優れていることが判明した。

3. 油膜付水滴供給装置の性能試験

大同メタル工業㈱にて製作されたマグネシウム用油膜付水滴供給装置の性能試験を行った。油膜付水滴供給装置は、通常、圧縮空気により油膜付水滴の生成と供給を行う。マグネシウム合金の加工では、切屑の燃焼を防ぐことも必要であるので、圧縮空気の代わりに窒素を用いて、油膜付水滴を生成・供給する方法を採用した。油膜付水滴で切屑を冷却して発火点に達しないようにするとともに、万一温度が上昇しても、発火が起こりにくいあるいは燃焼が緩慢になるようにし、2重の安全策を施した。必要な窒素濃度を定めるため、切屑の燃焼試験を行った。この結果、窒素濃度95%で燃焼が非常に緩慢になることが判明したので、本加工システムの加工部は、窒素濃度95%にすることを目標にした。

最終的に図7に示す位置にノズルを設置する改良と若干の補助窒素を供給することによって、加工部の窒素濃度94.6%が達成できた。

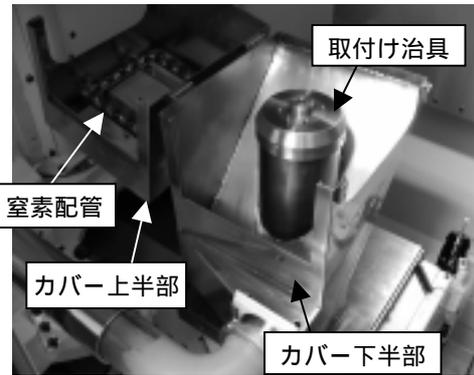


図9 カバーと取り付け具

4. 切屑処理装置の性能試験

大同メタル工業㈱にて製作された切屑処理装置の性能試験を行った。切屑処理装置は、切屑の防爆を考慮した機構によって切屑を吸塵し、固化する役割を持つ。2重サイクロンで切屑を集め、空気シリンダで集めた切屑を固化して、排出する。本装置により固化された切屑を図8に示す。切屑の固化の状況は、今回使用した空気圧シリンダ能力の関係から、固化の程度が少し低めと思われる。この点については、商品化の段階で十分対応できる。固化された切屑の燃焼実験を行った。燃焼は、緩慢になり、切屑の安全性と取り扱いの容易さが達成できた。

5. 加工システム、試作加工および加工精度

切削加工システム本体は、横型マシニングセンタをベースにして、マグネシウム合金加工用として開発した。油膜付水滴供給装置を制御し、高速高精度加工を可能にしている。マシニングセンタの加工領域全体を窒素雰囲気にするのは、ベース機械の構造上不可能であったので、今回は、図9のように、試作品にあわせて、必要部分のみカバーで覆う構造にした。

加工の状況を図10に示す。加工点には、油膜付水滴が供給され、潤滑と冷却を行うとともに、カバー内部は窒素雰囲気になる。

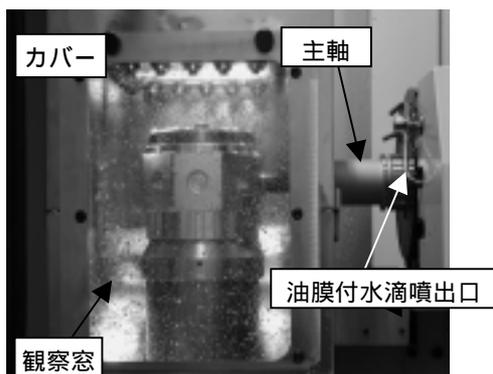


図10 加工の状況



図11 試作加工品

本システムを使用して、図11の試作品を加工した。円筒から8面体を削り出し、穴加工、ねじたて等を行う。フェイスミル、ドリル、エンドミル、ボーリング、タップにより加工され、マシニングセンタで行われる代表的な加工を取り上げたものである。また、試作品は、高速で回転する割出装置をモデル化しており、マグネシウム合金による軽量化を目指した部品例である。試作品は、アルミニウム合金とマグネシウム合金の双方を素材として製作し、加工精度を比較した。

試作品は、アルミニウム合金で3個、マグネシウム合金で5個製作した。加工後、寸法精度と角度精度は超精密三次元測定機（ツァイス製、UPMC550CARAT）で、仕上げ面粗さは触針式粗さ計（テラーホブソン製、フォームタリサーフ S-5）により、恒温室において測定した。

8面体の各面の中心からの距離は、目標値が $70\text{mm} \pm 10\mu\text{m}$ である。加工結果は、アルミニウム合金において、 $-9\mu\text{m}$ から $+12\mu\text{m}$ の範囲に分布した。一方、マグネシウム合金は、 $-8\mu\text{m}$ から $+13\mu\text{m}$ となった。アルミニウム合金とマグネシウム合金との間に寸法精度の違いは認められなかった。また、いずれの素材もほぼ目標値を達成している。

8面の分割精度の目標値は、 $45\text{度} \pm 15\text{秒}$ である。アルミニウム合金は試作品3個とも $\pm 3.6\text{秒}$ であった。マグネシウム合金は4個が $\pm 3.6\text{秒}$ で、残り1個が $\pm 7.2\text{秒}$ となった。切削加工システム本体は角度割出に定評のあるカービングカップリングを採用しており、この項目は余裕を持って達成できた。

8面の底面に対する直角度誤差の最大値は、アルミニウム合金で $4.0\mu\text{m}$ 、マグネシウム合金で $4.7\mu\text{m}$ であった。直角度についても素材間の差異は認められなかった。

仕上げ面粗さは、機能と品位から8面の外側、8面の中央に加工された穴の底面と側面が重要である。この部分は、両素材ともアルミニウム加工に推奨されている多結晶ダイヤモンド工具で加工を行った。

8面外側の仕上げ面粗さは、平均粗さ R_a で比較して、アルミニウム合金で $0.18\mu\text{m}$ 、マグネシウム合金で $0.16\mu\text{m}$ であった。底面は、アルミニウム合金で $0.2\mu\text{m}$ 、マグネシウム合金で $0.18\mu\text{m}$ であった。側面は、アルミニウム合金で $0.28\mu\text{m}$ 、マグネシウム合金で $0.23\mu\text{m}$ であった。仕上げ面粗さに関しては、マグネシウム合金のほうが少し小さかった。

6. 結び

初期の研究目標をほぼ達成したが、本システムを構成している各機器の商品化に向け、装置の小型化やコスト低減が課題として残されている。また、マグネシウム材料は高価であるため、これを補う意味で、生産性を上げる高速加工が望まれる。今後は、これらの点について更に検討していく予定である。

付記

本研究は、平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業として、名古屋工業大学、オークマ(株)、大同メタル工業(株)および東海精機(株)と共同で実施したものである。ここに記して、参加機関並びに関係機関に感謝いたします。

文献

- 1) 小川誠：機械と工具別冊,50(1998)
- 2) 中田成：機械技術,47(3),69(1999)
- 3) 即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業成果報告書