

作業環境にやさしい穴あけ加工に関する研究

－防錆剤あるいはソリューションを用いた SS400 鋼の穴あけ特性－

Study on drilling process which is friendly to working environment
 –Study on drilling characteristics of SS400 steel using inhibitor or solution–

飯田 勇氣、中居 久明、佐々木 正司

切削加工において工具摩耗の抑制や品質の維持のため切削油が使用されている。しかし切削液飛散による作業環境汚染や、廃切削液の処分費などの多額のコストがかかる問題があり、企業にとって大きな負担となっている。筆者らは平成 28 年度に防錆効果が期待されるとして、切削油を用いないアルカリ性電解水を用いた穴あけ加工に取り組んだが、液の pH 低下により加工機械上に発錆してしまうという問題があった⁽¹⁾。

防錆対策として、排水基準に抵触しない防錆剤のみを添加した水を切削液として使用すれば、使用后希釈することにより下水道に排水可能である。また、油を含まないため作業環境を汚染しない。そこで、防錆剤添加水を切削液として用いて構造用鋼（SS400 鋼）に対する穴あけ加工を行い、工具摩耗および被削材の表面粗さを調査した。その結果、工具摩耗（図 1）および被削材の表面粗さ（図 2）ともに既存の切削液であるエマルジョンと比較して悪化する問題があることがわかった。そこで、廃切削液の処分費はかかるが、べたつきが少なく作業環境を悪化させにくいと期待されるソリューションという切削液を用いた穴あけ加工後の工具摩耗幅（図 3）を評価したところ、既存のエマルジョン同等であり、すなわち良好な加工性であることがわかった。

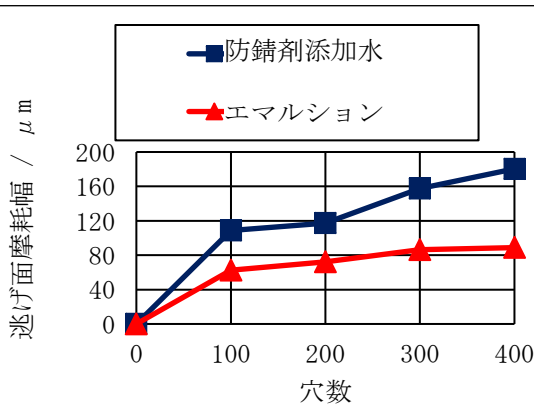


図 1 SS400 鋼の穴あけ加工後の工具摩耗

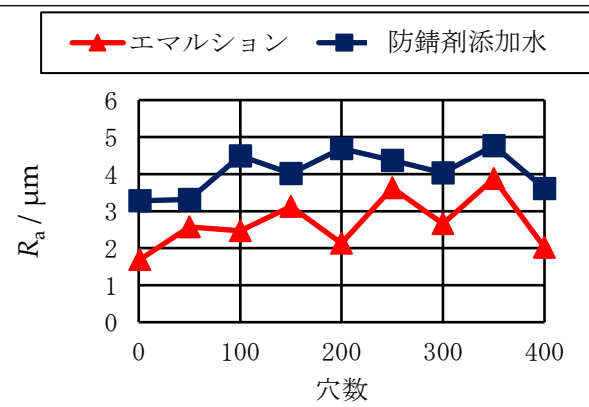


図 2 SS400 鋼の穴あけ後の加工面粗さ

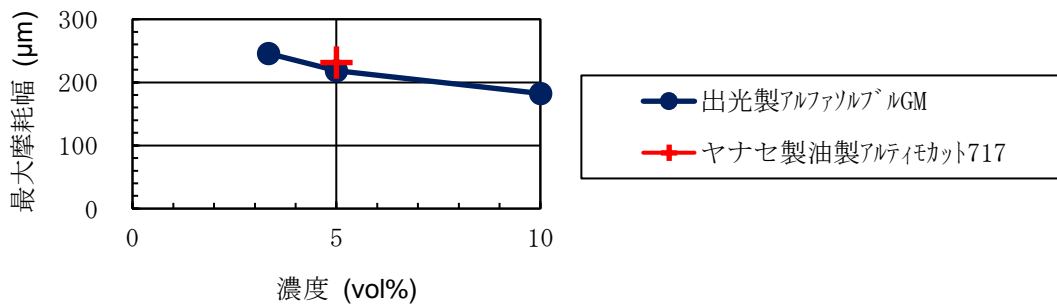


図 3 ソリューションを用いた SS400 鋼の穴あけ加工後の工具摩耗

1. はじめに

切削加工において工具摩耗の抑制や品質の維持のため切削油が使用されている。しかし切削液飛散による作業環境汚染や、廃切削液の処分費などの多額のコストがかかる問題があり、企業にとって大きな負担となっている。筆者らは平成 28 年度に防錆効果が期待されるとして、切削油を用いないアルカリ性電解水を用いた穴あけ加工に取り組んだが、液の pH 低下により加工機械上に発錆してしまうという問題があった⁽¹⁾ (図 1)。



図 1 アルカリ性電解水を用いた加工後 NC 旋盤内に発生した錆

防錆対策として、排水基準に抵触しない防錆剤のみを添加した水を切削液として使用すれば、使用后希釈することにより下水道に排水可能である。また、油を含まないため作業環境を汚染しない。そこで、防錆剤添加水を切削液として用いて、構造用鋼として多く用いられる SS400 鋼に対する穴あけ加工を行い、工具摩耗および被削材の表面粗さを調査した。また、廃切削液の処分費はかかるが、べたつきが少なく作業環境を悪化させにくいと期待されるソリューションという切削液を用いた穴あけ加工後の工具摩耗幅も評価したので報告する。

2. 実験方法

2. 1. 防錆剤添加水の排水処理性

一般的な排水基準に抵触しない防錆剤として大和化成（株）製の VERZONE DC-4 を採用し、蒸留水で 0.1 wt% に希釈した水溶液を切削液として見立てた。これについて弘前地域研究所に依頼し、排水時の代表的な基準値となる COD, BOD, ヘキササン抽出物質、溶存鉄の 4 項目について分析を行った。

2. 2. 防錆剤添加水の発錆実験

大和化成（株）製の VERZONE DC-4 を蒸留水で 0.05 wt% および 0.1 wt% に希釈した水溶液を切削液として見立てた。この切削液および蒸留水を、SS400 鋼製の円ポケット（ $\phi 40.0$ mm ~ 41.2 mm、深さ 1.0 mm ~ 1.6 mm、ドライ加工直後）に滴下し、10 分、20 分ならびに 30 分経過させた。所定時間経過後、少なくとも蒸留水は赤褐色に変色し、円ポケットから溶出した鉄の水酸化物由来と

考えられる赤褐色の沈殿が見られたため、この沈殿ごと液を回収し、過剰量の塩酸で希釈し沈殿を全て溶解させた。この水溶液を誘導結合プラズマ発光分光装置（セイコーインスツルメンツ（株）製 SPS4000）により鉄イオン濃度を測定し、塩酸による希釈倍率から元のポケット内部にあった鉄イオン濃度を計算した後、経過時間および防錆剤濃度により比較した。

2. 3. 防錆剤添加水を用いた穴あけ加工

防錆剤 VERZONE DC-4 を蒸留水で 0.1 wt% に希釈した水溶液を切削液とし、外部ノズル供給により穴あけ加工を行った。穴あけ加工条件は以下の表 1 のとおりである。比較のために使用した従来品のエマルションは、トラスコ中山（株）製のメタルカット MC-16E を 20 vol% に希釈したものとした。加工性を評価するために、オムロン（株）製マイクロスコープ VC3000 を使い、逃げ面における最大摩耗幅を測定した。また、加工面の良さを評価するために、東京精密（株）製 SURFCOM 1400A を使い、1, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 番目の穴の加工面粗さ R_a を評価した。

表 1 防錆剤添加水を用いた穴あけ加工条件

被削材	SS400 鋼
加工機械	浜井産業（株）製 ラム型精密 NC フライス盤 MAC New-55P-3A
工具	不二越製コバルトハイスドリル COSD3.0（工具径 $\phi 3$ mm）
回転数 （周速）	2,200 rev/min (20.7 m/min)
送り速度 （送り）	242 mm/min (0.11 mm/rev)
穴長	10 mm
穴数	400
給油方法	外部ノズル

2. 4. ソリューションを用いた穴あけ加工

排水処理性について検討する中で、防錆剤の濃度管理を徹底することは困難であるという懸念や、たとえ切削液に切削油が含まれていなくても廃液処理が必要となる懸念が生じた（後述）ため、せめて作業環境を改善させるべく、べたつきが少ないと期待されるソリューションという切削油を用いた穴あけ加工も行った。このソリューションとは、エマルションと比較して冷却性に優れるが潤滑性に劣る油剤で、通常は切削加工ではなく研削加工に用いられる。切削液には出光興産（株）製ソリューション「アルファソルブル GM」を採用し、濃度は 3.3, 5 ならびに 10 vol%（それぞれ 30, 20 ならびに 10 倍の体積希釈）とした。比較のための従来品のエマルションは、ヤナセ製油（株）製エマルション「アルティモカット 717」とし、濃度は 5 vol%（20 倍の体積希釈）とした。穴あけ加工の条件は以下の表 2 のとおりである。上記と同じく、加工後のドリル逃げ面における最大摩耗幅および加工面粗さを評価した。

表2 ソリューションを用いた穴あけ加工条件

被削材	SS400 鋼
加工機械	浜井産業（株）製 ラム型精密 NC フライス盤 MAC New-55P-3A
工具	不二越製コバルトハイスドリル COSD3.0（工具径 ϕ 3 mm）
回転数 （周速）	2,100 rev/min (19.8 m/min)
送り速度 （送り）	150 mm/min (0.071 mm/rev)
穴長	15 mm ($L/D = 5$)
穴数	100
給油方法	外部ノズル

3. 実験結果

3. 1. 防錆剤添加水の排水処理性

表3に防錆剤添加水中に含まれる、排水基準を代表する各成分濃度と、八戸市が定める排水基準濃度を示した。BOD、ヘキサン抽出物質および溶存鉄は基準を満たしたが、CODは抵触した。更に、このCOD値はメーカー測定値の10倍超であった。これは測定毎のばらつきに起因すると考えられるが、この程度のばらつきであれば希釈して排水可能である。その際はコスト試算や本当に排水可能であるかの濃度確認が必要となる。

表3 切削液中各項目濃度及び八戸市が定める排水基準

項目	DC-4, 0.1 wt%	八戸市の基準	備考
COD (mg/L)	390	160	メーカー測定値 32
BOD (mg/L)	1.0	160	
ヘキサン抽出物質 (mg/L)	< 1.0	5 + 30 = 35	鉱油類及び動植物油脂類の和
溶存鉄 (mg/L)	< 0.1	10	

3. 2. 防錆剤添加水の発錆実験

図2にSS400鋼容器から蒸留水および防錆剤DC-4添加水に溶出した鉄イオン濃度を示す。蒸留水のみでは鉄イオンが多い上に目視でも錆が多く確認されたが、防錆剤添加水では30分経過しても液中への鉄イオンの溶出は0 ppmで、目視でも発錆は認められなかった。

3. 3. 防錆剤添加水を用いた穴あけ加工結果

表4はハイスドリルの、SS400穴あけ加工後の逃げ面における工具摩耗観察結果である。防錆剤添加水では被削材の凝着が多く、従来品であるエマルジョンでは凝着が少ない。これは切削液が切削油を含まないために潤滑性が悪かったためであると考えられる。

また、図3は工具摩耗幅の比較である。防錆剤添加水では工具摩耗が従来品のエマルジョンと比較して約2.0倍大きく、すなわち加工性が悪かった。これも切削油が一切含まれておらず、潤滑性が悪かったためであると考えられる。

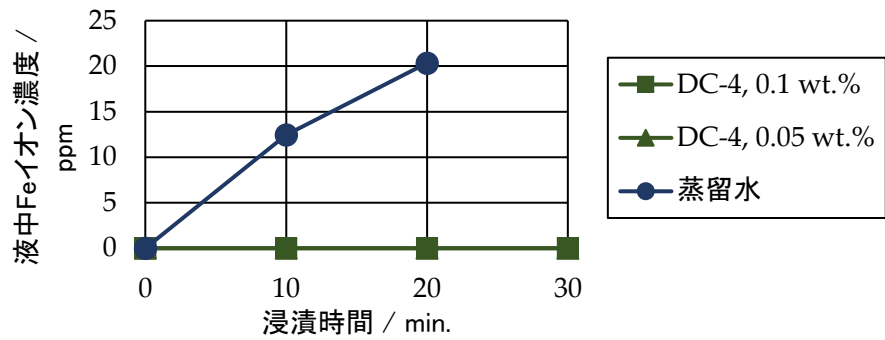


図2 防錆剤添加水および蒸留水へ溶出した鉄イオン濃度

表4 SS400 穴あけ後のドリル逃げ面

	DC-4, 0.1 wt%/蒸留水	エマルジョン
200 穴時点		
観察結果	凝着多し	凝着少なし

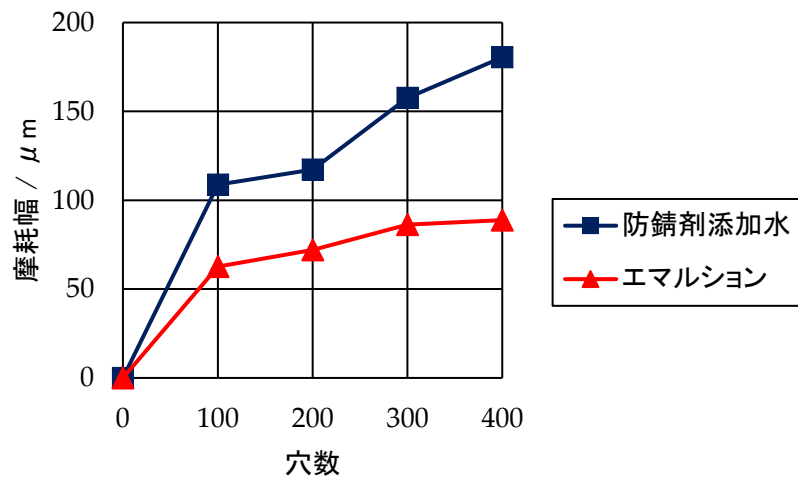


図3 SS400 穴あけ後のドリル逃げ面摩耗幅

図4は加工した穴内壁の表面粗さを示す。表面粗さはエマルジョンより防錆剤添加水の方が全穴平均で約1.4倍大きく、すなわち加工面の品質は悪かった。こちらも、切削液に切削油が含まれないがゆえに潤滑性が小さかったことが原因と考えられる。

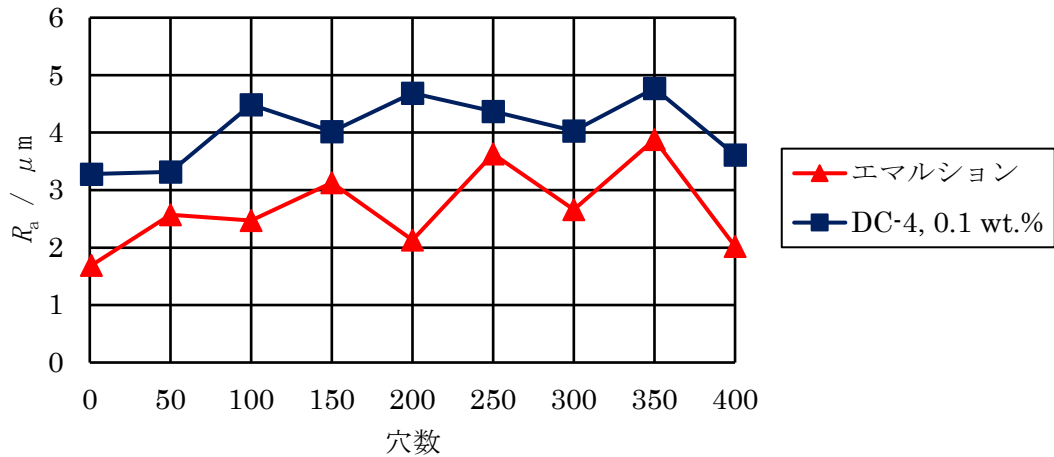


図4 切削液による穴あけ加工面の表面粗さ

以上の工具摩耗および加工面粗さすなわち加工性が悪化する問題から、切削油を含まない防錆剤添加水は現行の穴あけ加工の代替方法としては不十分である。また、防錆剤は金属の新生面に付着することで防錆作用を発揮する成分であるため、使用中は常時濃度管理が必要となり、作業者による徹底の実施が困難である。更に、実機における穴あけ加工時は、切削液に油が含まれていないとしても、加工機械の摺動部等から混入する機械油や切粉等の個体が使用後の切削液に混入することが避けられないため、廃液処理は現状では省くことができない。以上の理由により、防錆剤添加水による廃液処理がかからない切削加工は中止した。そこで、廃液処理の費用がかかっても、せめて作業環境悪化を抑制すると期待されるソリューションを用いた穴あけへと方針を転換した。

3. 4. ソリューションを用いた穴あけ加工結果

ソリューションと現行のエマルジョンとで上記の穴あけ加工後の工具摩耗を比較した結果を図5に示すが、ほぼ同等であった。また加工中にきしむ異音等も観察されず、容易に加工が出来た印象であった。更に液の使用感はべたつきが少ない印象で、作業環境悪化の抑制に対する期待が抱けた。

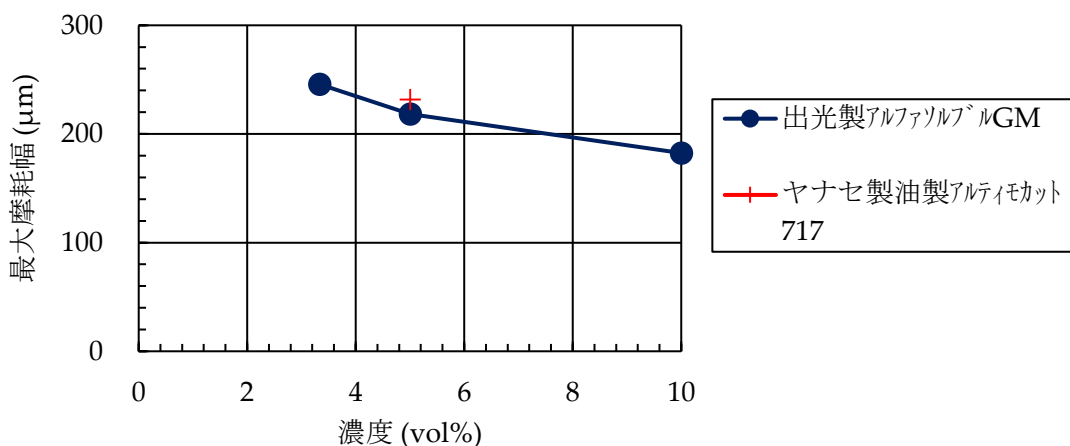


図5 ソリューション及びエマルジョンを用いた穴あけ加工後の工具摩耗

4. まとめ

防錆剤添加水を用いて、構造用鋼として多く用いられる SS400 鋼の穴あけ加工を行った結果、従来品のエマルジョンの水溶性切削油と比較して、工具の逃げ面摩耗および加工穴内面の表面粗さが大きくなることがわかった。これに加え、実機加工への防錆剤添加水適用に当たり、濃度管理の問題や、液の汚染により廃液処理が不可避となる懸念が生じたため、防錆剤添加水による穴あけ加工は中止した。

一方、廃液処理は必要となってもせめて作業環境悪化を抑制すると期待されるソリューションによる穴あけ加工の工具摩耗は、通常使用されているエマルジョンと比較して同等であることがわかった。

5. 参考文献

(1) 飯田勇気、中居久明、佐々木正司、春日大生、尾形建治、石川冬樹：ドライ切削加工における生産性向上に関する研究 ―アルカリ性電解水を用いたクロムモリブデン鋼の穴あけ加工特性―、青森県産業技術センター工業部門事業報告書 平成 28 年度報告