

プラズマ照射により被削面の濡れ性を変化させた SUS304 の被削性について

苦小牧高専 ○星野 啓太, 苦小牧高専 ◎池田 慎一

要 旨

プラズマ照射した SUS304 板材の予備切削面を低速二次元切削を行い、切削抵抗と切りくず形状の測定を行った。プラズマ照射し濡れ性が変化した予備切削面は接触角を測定することで評価した。予備切削面の接触角はプラズマ照射により小さくなり、切削抵抗の最大値と変動量、切りくず厚さ、カール半径が増加した。また、プラズマ照射後の予備切削面の接触角は時間の経過に伴い大きくなった。この接触角の増加に伴い切削抵抗の最大値と変動量が減少することを確認した。

1. 緒言

切削加工を行うときには、精密加工のために切削油剤を使用するが、製品の洗浄等によるコスト増加、作業環境の悪化等の諸問題が発生する。そのため著者は切削油剤を一切使用しない完全乾式切削の試みの一つとして大気圧プラズマを利用した方法の検討を行っている。これまでの研究ではアルミニウム(A1030,A5052)の圧延板を焼きなましものを切削用試料とし、所定の予備切削後、その被削面に低温プラズマを照射し、切込み量 0.02mm、切削速度 2mm/s で低速二次元切削して、プラズマの照射部における切削抵抗が無照射部に比べ変化することを確認している。これは被削面の酸化被膜がプラズマ照射によるエッジング効果により除去され、切りくずの排出過程に影響を及ぼしたためとしている¹⁾。このプラズマ照射による切削抵抗への効果は、アルミニウムを含む他の金属の乾式切削技術に応用できる可能性があると考えられるが、切削機構に及ぼすプラズマ照射のメカニズムについては不明な点が多い。

そこで、本研究ではオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の板材を切削用試料とし、端面にプラズマを照射し、低速二次元切削したときの切削抵抗および切りくず形状に及ぼすプラズマ照射の効果について調査する。さらに、プラズマ照射の効果の詳細を調べるために、プラズマ照射した被削面の濡れ性すなわち、接触角を測定し、切削抵抗および切りくず形状に及ぼす接触角の影響を明らかにすることで、最終的に SUS304 の切削性に及ぼすプラズマ照射のメカニズムについて明らかにする。

2. 実験方法

被削材は板厚 2mm のステンレス鋼 SUS304 の板材 (100×50mm) を切削用試料とし、試料の端面をすくい角 5° の超硬工具 (K-10) で低速二次元切削した。試料はプラズマ照射部と無照射部を明確に分けた。さらに、各領域から排出される切りくずが干渉しないように、試料の端

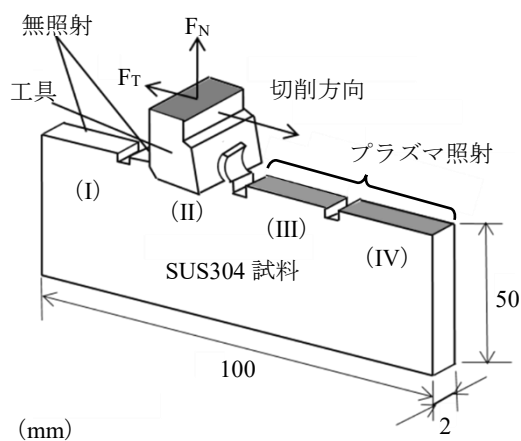


図1 二次元切削モデル

面の3箇所に切り欠きを設け、(I)~(IV)の4領域に分割した。図1に低速二次元切削の概要を示す。本切削を行う前に表面層のひずみを均一にするために予備切削を行う。予備切削は切削速度を 2mm/s、切込み量 0.01mm で数回切削を行い、被削面を仕上げた。プラズマの照射にはキーエンス製のプラズマ照射器 ST-7000 を使用し、照射時間は 10s、照射器と照射面との距離は 10mm とした。本切削は予備切削面をアセトンで洗浄した後、4領域のうち、(III)、(IV)の2領域をプラズマ照射部とし、切削速度 2mm/s、切込み量 0.01mm で行った。本切削した時の切削抵抗(主分力: F_T 及び背分力: F_N)は圧電式の工具動力計で測定し、切りくずの外観の観察は光学顕微鏡で行った。切りくず厚さおよび切りくずカール半径についても切りくず外観の観察からそれぞれ測定した。

被削面の濡れ性の評価についてはプラズマ照射を行った被削面および無照射面に市販の純水の液滴を垂らし、側面から光学顕微鏡で液滴の接触角を 1/2θ 法²⁾を用いて求めた。接触角の測定はプラズマ照射直後から 600min まで、30~180min 間隔で測定した。本切削についても同様の時間間隔で行った。

3. 実験結果および考察

図2に切削速度 2mm/s、切込み量 0.01mm で切削したときの切削抵抗の主分力 F_T および背分力 F_N の変化を示す。無照射部の主分力および背分力は切削開始から約 10mm で定常状態となっているが、プラズマ照射部では各領域の切削開始直後から無照射部に比べ主分力および背分力は増大し、その変動量も大きくなっている。無照射部およびプラズマ照射部の切削抵抗値は、各領域の切削開始から 10mm 以降の最大値および変動量(最大値)の値を触接比較する。まず、主分力では無照射部の最大値は(I)および(II)で約 230N で、その変動量は約 10N を示している。

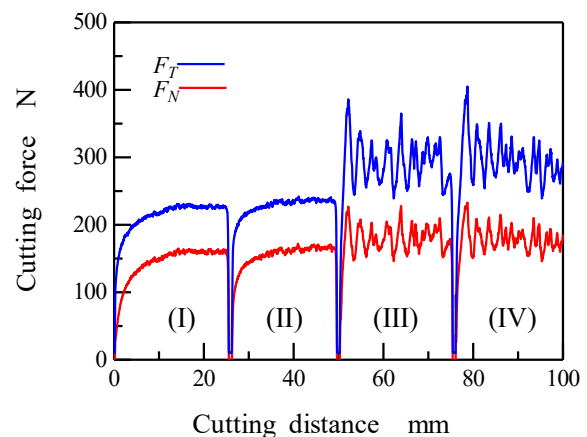


図2 切削抵抗に及ぼすプラズマ照射の影響

(I)無照射部, (II)無照射部
(III)プラズマ照射部, (IV)プラズマ照射部

無照射部の各切削抵抗では大きな変動はなく一定値を示している。一方、プラズマ照射部では主成分は(III)では約 340N、(IV)では約 330N で、各変動量は(III)では約 100N、(IV)では約 80N を示している。切削抵抗は(III)および(IV)のいずれの照射部も無照射部に比べ、約 1.4 倍の増加が確認でき、その変動量は 5~10 倍となっている。この切削抵抗およびその変動量の変化に伴い排出される切りくず形状も変化している。

無照射部(II領域)では切りくず厚さが 0.07mm となっている。プラズマ照射部(III領域)では 0.11mm とプラズマ照射により増加している。切りくずのカール半径についても無照射部で 2.7mm、照射部で 3.3mm と無照射部に比べ増加している。つまり、被削面へのプラズマ照射により、切りくず排出機構に影響を及ぼし、切りくず形状が流れ型からむしれ型に変化し、切りくず厚さ及びカール半径が増加する。その結果、切削抵抗およびその変動量が増大したものと考えることができる。

次に被削面に及ぼすプラズマ照射の影響を調べるために接触角を測定する。図 3 にプラズマ照射面および無照射面の接触角に及ぼすプラズマ照射直後からの経過時間の影響を示す。接触角は多少のばらつきがあるものの無照射部では、予備切削直後で約 45° を示すが時間経過に伴い減少し、300min 以上では約 25° を示している。プラズマ照射部ではプラズマ照射直後で 4° であったが、約 90min 後には接触角が一定となり、約 25° となっている。これらの結果より、被削面にプラズマ照射すると濡れ性が向上し、接触角が激減する。接触角は照射直後からの経過時間に伴い増加し、その後一定となっている。次に、この接触角の変化と切削抵抗の関係について調べる。

図 4 に(III)領域の(a)プラズマ照射直後、(b)30min、(c)60min および(d)90min 経過後の切削抵抗を示している。(a)~(d)の切削抵抗の平均値を比べると、材料の弾性変形により切込み量が変化していると考えられるため、切削抵抗値の直接比較は難しい。そこで、切込み量の変化に対して比較的影響の小さい主成分の変動量で比較する。変動量は(a)で約 110N、(b)で約 70N、(c)で約 50N、(d)で約 10N とプラズマ照射直後からの経過時間に伴い減少しており、最終的に接触角が 20° を超えている(I)および(II)領域の無照射部と同様の値を示している。

ここで、張らは、プラズマ照射の効果をプラズマ照射部の切削抵抗、切りくず形状、切りくず厚さ、カール半径の変化から、アルゴン雰囲気内での予備切削後、表面に不動態皮膜が存在しない状態で本切削を行った場合と同様の現象となることを確認している³⁾。つまり、プラズマ照射のエッチング効果には SUS304 の表面に存在する不動態皮膜の破壊もしくは機能を失わせる効果があると考えられる。SUS304 の切削における被削面の不動態被膜には切削性で向上させている効果があると考えられる。しかし、プラズマ照射により不動態皮膜を破壊できたとしても、大気中であれば、容易に不動態皮膜が再生すると考えられる。そのため、プラズマ照射の効果は照射直後から、少なく

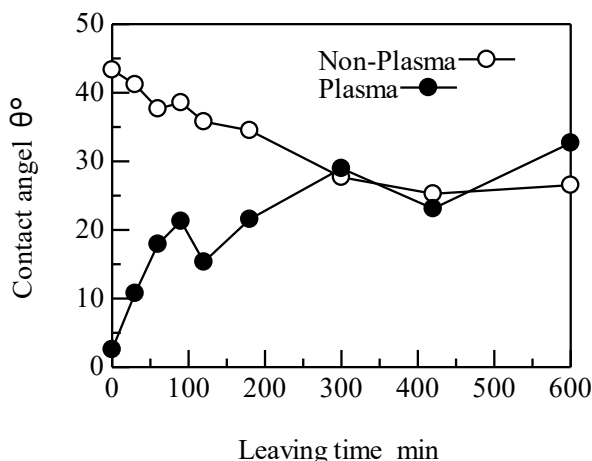


図 3 接触角に及ぼす時間経過の関係

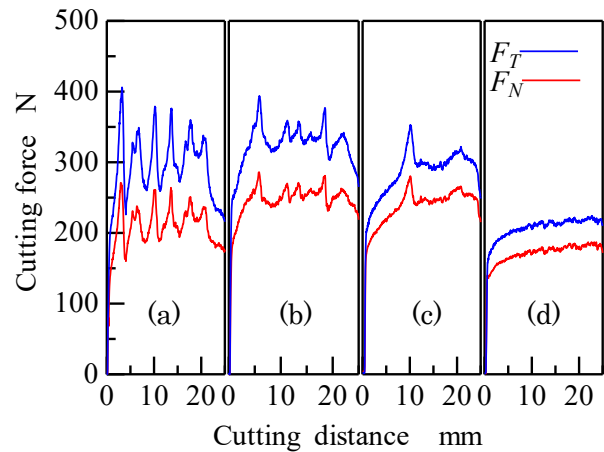


図 4 切削抵抗に及ぼす時間経過の関係
(a) 0min, (b) 30min, (c) 60min, (d) 90min

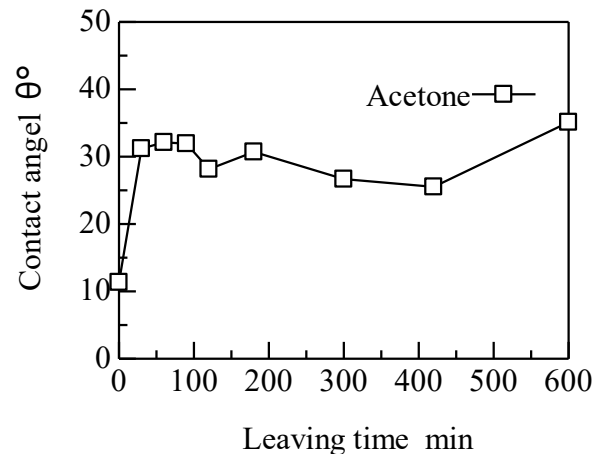


図 5 表面洗浄と接触角の関係

も 1 時間以内は大気中の酸素を遮断し、不動態皮膜の再生を抑制できる効果があると推測される。

図 5 にプラズマ照射面の接触角に及ぼす経過時間の影響を示す。ただし、プラズマ照射直後の接触角を測定した後は、被削面を一度アセトンで洗浄している。プラズマ照射直後の接触角は図 3 と同様に小さい値を示している。アセトンで洗浄すると、接触角が 30° を超えており、プラズマ照射の効果が消失していることが考えられる。つまり、アセトンで被削面を洗浄することで照射面では不動態皮膜の生成を阻害するような親水基(例えば OH 等)が物理吸着を継続できず、不動態皮膜が再生したと考えることで、SUS304 の被削面における一連のプラズマ照射の影響をうまく説明できる。

4. 結言

SUS304 の切削試料にプラズマ照射を行い、低速二次元切削および濡れ性による評価を行った結果、以下の結論を得た。

- 1) プラズマ照射部は無照射部に比べ、切削抵抗の最大値、切削抵抗の変動量、切りくず厚さおよびカール半径が増加した。
- 2) 切りくずの形状はプラズマ照射により流れ型からむしれ型に変化した。
- 3) 切削抵抗は予備切削面の接触角の増加に伴い減少した。

参考文献

- 1) 伊藤裕一郎他, 2007 年精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, (2007), 77-78.
- 2) 福山紅陽, 撥水性の評価表, (2008)
- 3) 張春艶他, 2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会(2005), 693.