

アルミニウム切削に及ぼすプラズマ照射の影響

苫小牧高専 ○伊藤裕一朗, 池田慎一, 中津正志 室工大名誉教授 田頭孝介

要 旨

純アルミニウムおよびアルミニウム合金の圧延板を焼きなましたものを切削用試料とし, 所定の予備切削後, その面に低温プラズマを照射し, 切込み量 0.02mm , 切削速度 2mm/s で二次元切削した. その結果, プラズマの照射部における切削抵抗が無照射部の切削抵抗に比べ変化した. これは被削面の酸化皮膜がプラズマ照射により除去され, 切りくずの排出過程に影響を及ぼしたためだと考えられる.

1. 緒言

従来, 金属の切削には切削油剤を用いてきた. しかし, 切削油剤の使用には切削油剤に含まれる物質による環境や人体への悪影響が懸念されている. 切削油剤に関連する問題の解決方法の一つとして塗布効果の適用が考えられる. 塗布効果は金属に有機極性物質であるオレイン酸を微量塗布し乾式切削すると, 切削抵抗が減少し, 仕上げ面性状が向上するという現象で, 金属原子と有機極性物質の分子が化学吸着により表面の転位の動きを抑制し, 工具前方の盛り上がり部におけるせん断破壊を促進させ, その結果, 切削抵抗が減少するというものである¹⁾.

一方, 塗布剤を全く使用しない完全乾式切削の試みの一つとして, 大気圧低温プラズマを利用した切削が行われている. 板厚 1.5mm の溶体化処理したステンレス鋼 SUS304 の前半を無照射部, 後半をプラズマ照射部 (照射時間 20s) とした切削用試料を最終切込み量 0.02mm , 切込み量 0.03mm で二次元切削した. 切削抵抗は前半の無照射部に比べ後半の照射部で大きく変動した. この SUS304 の切削抵抗に及ぼすプラズマ照射の影響については金属表面の不動態皮膜が排除されたためと説明している²⁾. 切削に関してはこのプラズマ照射を利用した例は少なく, その詳細も不明な点が多い.

そこで, 本研究では純アルミニウムおよびその合金を各種条件で切削したときに切削抵抗および仕上げ面に及ぼすプラズマ照射の影響を調べた.

2. 実験方法

被削材は板厚 2mm の純アルミニウムおよびアルミニウム合金 A5052 の圧延板 ($100 \times 35\text{mm}$) をそれぞれ $625^\circ\text{C} \times 4\text{h}$, Ar 中で焼鈍したものである. これらの被削面 ($100 \times 2\text{mm}$) を無照射部およびプラズマ照射部として切削を行った. 本実験の切削装置概要を図 1 に示す. 予備切削は本切削の前に被削材表面層に所定の加工硬化層を形成するために行うが, 本実験では予備切削後に最終切込み量として $0.01 \sim 0.08\text{mm}$ で予備切削面を仕上げた. 本実験では従来の研究で既に効果の認められているオレイン酸塗布して予備切削を行う. プラズマ照射部はアセトンで洗浄した予備切削面の前半または後半に行い, プラズマを照射していない部分は無照射部とする. 表 1 に実験条件を示す. また, アルミニウム合金の試料には切りくずの堆積を防止するという理由で中央に 5mm のスリットを設けた.

以上の実験条件で切削抵抗 (主分力および背分力) および仕上げ面粗さの測定, 切りくず自由表面の観察を行う.

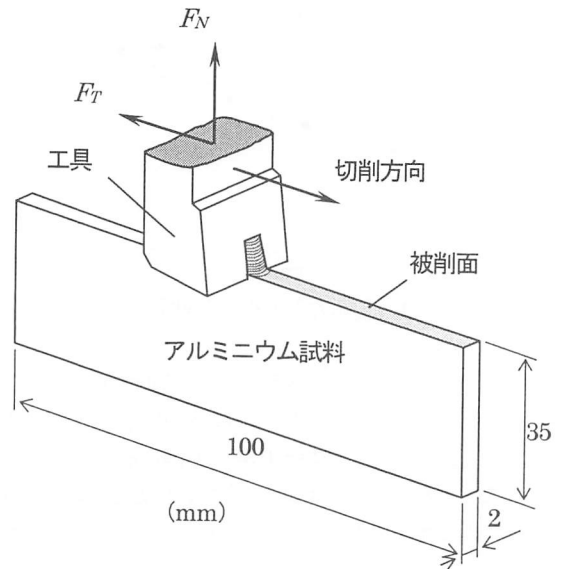


図1 切削装置概要

表1 切削条件

切削試料	A1030, A5052	
予備切削		
切削速度	2.0	mm/s
切込み量	0.03 - 0.02 - 0.01	mm
最終切込み量	0.01 ~ 0.08	mm
本切削		
切削速度	2.0	mm/s
切込み量	0.02	mm
切削工具		
工具材種	K - 10 (WC)	
すくい角	5°	
逃げ角	6°	
刃先先端の丸み	$5\ \mu\text{m}$	
塗布剤		
溶質	オレイン酸	
溶媒	流動パラフィン	
濃度	0.2~100mass%	
プラズマ		
照射距離	10	mm
照射時間	10	s

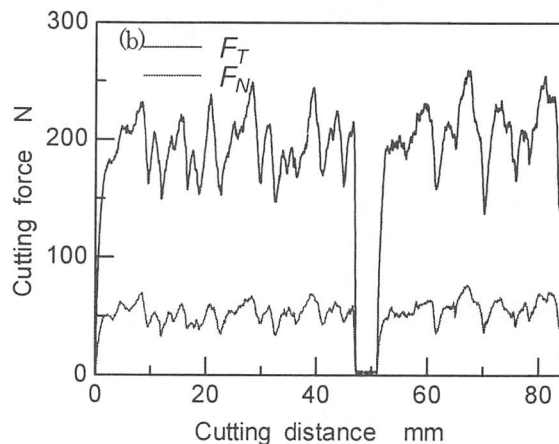
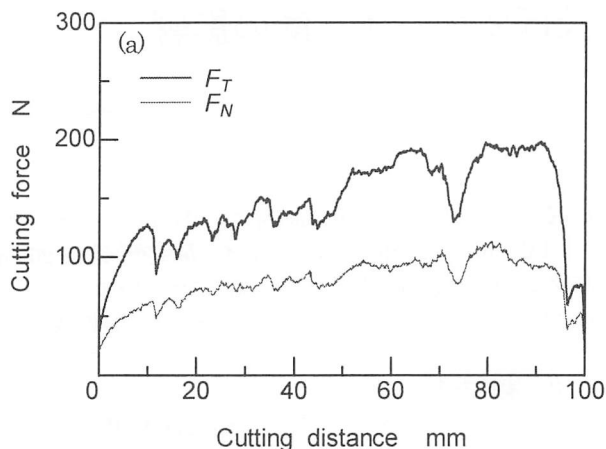


図2 焼きなましたアルミニウムの切削抵抗に及ぼすプラズマ照射の影響
(a) 純アルミニウム, (b) アルミニウム合金(A5052) (後半: 照射部)

3. 実験結果および考察

図2に焼きなました(a) 純アルミニウムおよび(b) アルミニウム合金(A5052)の無照射部とプラズマ照射部を切削したときの切削抵抗の変化を示す。焼きなました純アルミニウムの切削では工具すくい面に切りくずが堆積し、工具の進行に伴い切削抵抗が増加する傾向を示す。そのため、照射部と無照射部の領域を入れ換え実験を行った。純アルミニウムの切削抵抗は全ての領域で大きく変動している。特に照射部の変動幅は最大で約80Nとなっており、無照射部の約50Nより大きい。切削抵抗の変動の間隔に注目すると、主成分は無照射部では約7mm間隔で変動しているが、照射部では間隔が不規則になっている。同様にアルミニウム合金の切削抵抗でも無照射部における変動の間隔が約2mmであるのに対し、照射部では不規則な間隔になった。

図3に(a) 純アルミニウム、(b) アルミニウム合金(A5052) 無照射部および(c) アルミニウム合金(A5052) 照射部の切りくずの光学顕微鏡写真を示す。(a)の切りくずはすくい面に堆積するため、塑性変形して大きく成長している。一方、(b)ではせん断形の切りくずとなった。(c)では(b)に比べて切りくずは厚く、細かく砕けていた。

図4にアルミニウム合金を切込み量0.01mmで切削したときの被削材表面の光学顕微鏡写真を示す。(a) 無照射部、(b) 照射部ともに過切削痕が見られるが(a)は(b)に比べて非常に大きな過切削痕が観察できた。断面曲線の最大断面高さは(b)の10 μ mに対し、(a)では97 μ mとなった。算術平均粗さは(a)で1.6 μ m、(b)で3.2 μ mであった。また、すべての切削においてプラズマを照射した箇所では(a)のように切りくずがカールして被削材表面がむしられる過切削は認められなかった。

ステンレス鋼の切削ではプラズマ照射により被削面の不動態皮膜が破壊されるということが分かっている。アルミニウムでも同様に酸化皮膜の破壊が考えられる。焼きなましたアルミニウムは塑性変形能が大きいために切削中に盛り上がり部が大きく成長する。しかし、盛り上がり部表面層に圧縮応力が作用し表面の酸化皮膜に亀裂を生じ、その亀裂に応力集中が起こり、ある間隔で切りくずが排出すると考えられる。

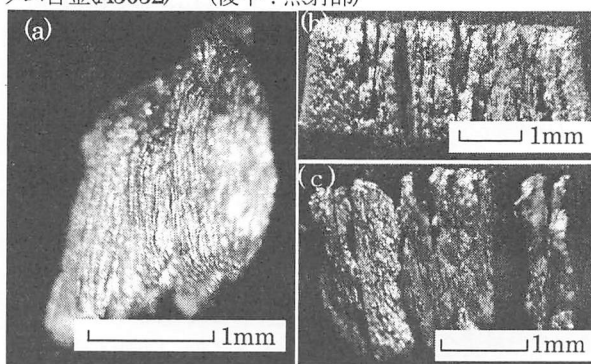


図3 切りくず自由表面の光学顕微鏡写真
(a) 純アルミニウム (後半: 照射部)
(b) アルミニウム合金 (無照射部)
(c) アルミニウム合金 (照射部)

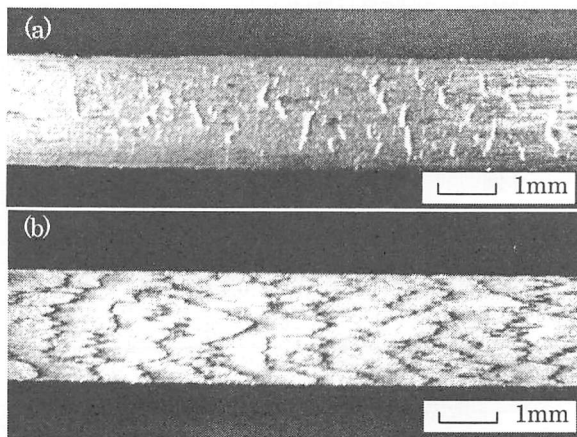


図4 被削材表面の光学顕微鏡写真
(a) 無照射部
(b) 照射部

この酸化皮膜がプラズマ照射により破壊されると不規則な間隔で切りくずが排出されるものと考えられる。アルミニウム合金も同様であると考えられる。

参考文献

- 1) 池田慎一他：精密工学会誌, 66, 7 (2000) 1103.
- 2) 張春艶他：2005年精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2005).