

アルミニウム合金の切削に及ぼす有機極性物質の影響

苫小牧高専 ○船田和也, 大西弘晃, 柿坂佳幸, 池田慎一, 中津正志, 室工大 田頭孝介

要 旨

アルミニウム合金 (A5052) の圧延板とその圧延板を焼きなましたものを切削用試料とし, 所定の予備切削し予備切削面を仕上げた. この面に 0~100 mass% オレイン酸流動パラフィン溶液を塗布し, 切込み量 0.02 mm, 切削速度 2 mm/s で二次元切削した. その結果, 主成分の最大値はオレイン酸濃度 0.04 mass% 以上でわずかに減少しオレイン酸による塗布効果が確認された. これらの現象は純アルミニウムの結果と同様であった.

1. 緒言

著者らは焼きなました純アルミニウム切削用試料に予備切削し転位密度を大きくした表面に, 各種濃度のオレイン酸流動パラフィン溶液を約 1 μ m 塗布し乾式切削した. その結果, 0.1 mass% という低濃度のオレイン酸溶液で切削抵抗, 切削面粗さおよび切りくず厚さが無塗布に比べて大きく減少することを確認した¹⁾. 上記の効果をオレイン酸などのカルボン酸分子と転位近傍のアルミニウム原子の化学吸着による転位の固着作用で説明した^{1)~3)}. つまり, オレイン酸分子が母材表面の転位近傍のアルミニウム原子と化学吸着することにより表面の転位を固着する. これにより盛り上がり部の表面層は硬化シクラックの生成が頻繁に起こり, 切りくずが短い周期で連続的に形成される. そのため, 切りくず厚さが減少し切削抵抗も減少する. この塗布効果はアルミニウムなどの純金属で確認されてきたが, 純アルミニウムよりも広く使用されている, 例えば Mg などの合金元素を含むアルミニウム合金に関する詳細は明らかではない.

そこで, 本研究ではアルミニウム合金 (A5052, Al-Mg 合金) の圧延板およびその焼きなましたものを切削用試料とし, 所定の予備切削後, 各種濃度のオレイン酸流動パラフィン溶液を塗布して切削したときの切削抵抗を測定し, 切削抵抗に及ぼすオレイン酸濃度の影響, つまり, アルミニウム合金における塗布効果について調べた.

2. 実験方法

被削材は板厚 2 mm のアルミニウム合金 (A5052) の圧延板 (100 \times 35 mm) とその圧延板を 400 $^{\circ}$ C \times 4 h, Ar 中で焼きなましたものである. 前者を「圧延材」, 後者を「焼きなまし材」と呼ぶ. 試料の平均硬さは圧延材および焼きなまし材でそれぞれ 44.1 HV0.1 および 66.6 HV0.1 である. 切削はこれらの被削材の端面 (100 \times 2 mm) に塗布剤を塗布して行った. 本実験の切削条件を表 1, 切削用試料の概要を図 1 に示す.

まず, 本切削の前に被削材表面層に所定の加工層を形成するために予備切削を行うが, このとき塗布剤はオレイン酸の原液を約 1 μ m という塗布厚さで塗布し, 切削速度 2 mm/s, 切込み量 0.01 mm で数回切削し予備切削面を仕上げた. この試料を以後「予備切削材」と呼ぶ. 本切削はアセトンで洗浄した予備切削面に塗布剤を塗布し二次元切削した. 特に本切削では切削中に工具すくい面と切りくずの間に塗布剤が浸入しないように十分注意した. このときの切削抵抗は圧電式の工具動力計で測定した.

3. 実験結果および考察

図 2 に切削速度 2 mm/s, 切込み量 0.02 mm で切削したときの切削開始位置から切削距離 50~85 mm の (a) 予備切削材の無塗布部, (b) 予備切削材の 100 mass% オレイン酸塗布部および (c) 焼きなまし材の 100 mass% オレイン酸塗布部の切削抵抗 (主成分力: F_T , 背成分力: F_N) の変化を示す.

表 1 切削条件

| | |
|---------|----------------|
| 予備切削 | |
| 切削速度 | 2 mm/s |
| 切込み量 | 0.01 mm |
| 塗布剤 | オレイン酸 |
| 本切削 | |
| 切削速度 | 2 mm/s |
| 切込み量 | 0.02 mm |
| 塗布剤 | |
| 溶質 | オレイン酸 |
| 溶媒 | 流動パラフィン |
| 濃度 | 0.01~100 mass% |
| 切削工具 | |
| 工具材種 | K-10 (WC) |
| すくい角 | 5 $^{\circ}$ |
| 逃げ角 | 6 $^{\circ}$ |
| 刃先先端の丸み | 5 μ m |

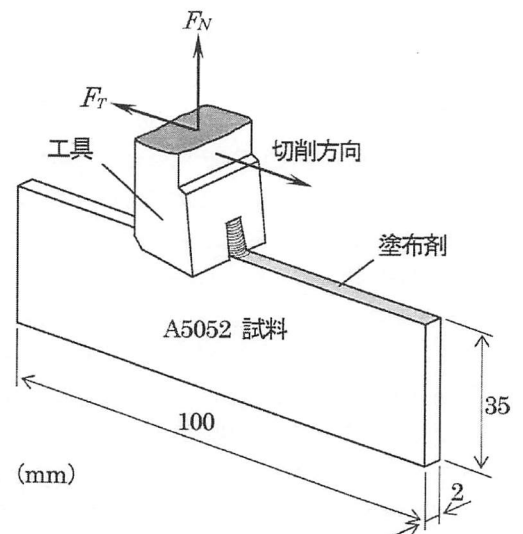


図 1 切削用試料概要

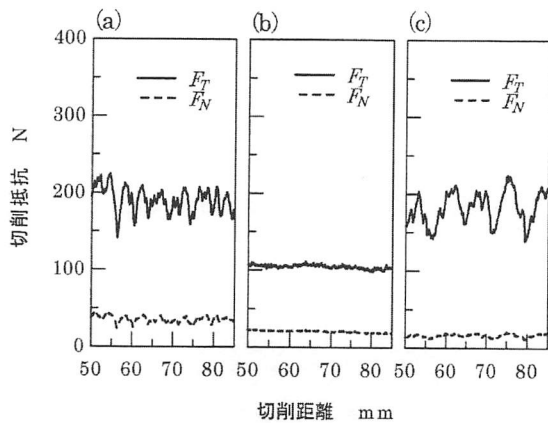


図2 切削距離 50~85 mm の切削抵抗の変化
 切削速度：2 mm/s，切入み量：0.02 mm
 (a) 予備切削材の無塗布部
 (b) 予備切削材の 100 mass% オレイン酸塗布部
 (c) 焼きなまし材の 100 mass% オレイン酸塗布部

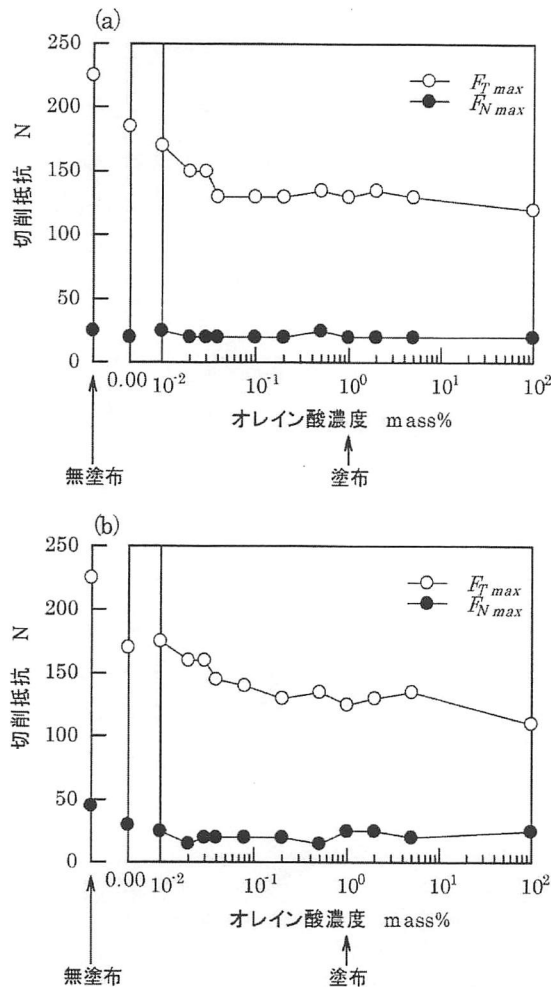


図3 切削抵抗に及ぼすオレイン酸濃度の影響
 切削速度：2 mm/s，切入み量：0.02 mm
 塗布剤：0~100 mass% オレイン酸溶液
 (a) 圧延材 (b) 予備切削材

主成分 F_T の最大値は予備切削材の (a) 無塗布部で 225 N であるが、(b) オレイン酸の原液を塗布することにより約 110 N に減少し、 F_T の変動量も約 80 N から約 10 N に減少している。一方、予備切削を行っていない焼きなまし材に (c) オレイン酸の原液を塗布しても F_T は予備切削材のように減少しない。変動量の変化についても同様である。このように予備切削していない焼きなましアルミニウム合金の表面にオレイン酸を塗布しても切削抵抗には影響がないが、予備切削した面にオレイン酸を塗布すると切削抵抗が減少するという現象は一連の純金属の結果^{1)~3)}と同様である。

また、アルミニウム合金の (a) 予備切削材の無塗布部および (c) 焼きなまし材の 100 mass% オレイン酸塗布部の F_T は切削距離 (a) 約 5 mm および (c) 約 8 mm 間隔で大きく変動しているが、純アルミニウムの予備切削材の無塗布部では 35 mm 間隔で変動しており¹⁾、合金元素が添加されることにより切りくず 1 ブロックが排出される間隔が小さくなっている。これは合金元素の添加により加工硬化し易くなることを意味しており、純鉄²⁾とステンレス鋼⁴⁾の焼きなまし材を切削したそれぞれの結果と同様の傾向を示している。

図 3 に (a) 圧延材および (b) 予備切削材の無塗布部および 0~100 mass% オレイン酸溶液塗布部を切削速度 2 mm/s、切入み量 0.02 mm で切削したときの切削抵抗の最大値 (主成分 F_{Tmax} 、背成分 F_{Nmax}) を示す。図の左側端の縦軸は無塗布部の切削抵抗を示し、オレイン酸濃度 0 mass% は流動パラフィンのみを塗布したときの切削抵抗を示す。オレイン酸濃度は対数表示で示している。

(a) 圧延材における無塗布部の主成分および背成分の最大値 F_{Tmax} 、 F_{Nmax} はそれぞれ 225 N、25 N である。このとき主成分 F_T は激しく変動 (変動量が約 80 N) しており、むしろ型の切りくずが排出される。仕上げ面には過切削跡が観察され、仕上げ面粗さは $18 \mu\text{m}$ と悪化している。これは純アルミニウム試料に比べ加工硬化しやすい合金試料であるために 1 ブロックの切りくずが連続せずに独立して排出されるためであろう。流動パラフィン塗布部では F_{Tmax} が 180 N と無塗布部に比べ減少しており、仕上げ面粗さも $4 \mu\text{m}$ に減少している。これは流動パラフィンが切りくずブロック間を潤滑したために、1 ブロックの切りくずの加工硬化を多少なりとも抑制したものと考えられる。オレイン酸濃度 0.03 mass% 以下では流動パラフィン塗布部とはほぼ同じ傾向を示しているが、0.04 mass% では、 F_{Tmax} が 145 N と 0.03 mass% に比べ約 20 N 減少している。このときの仕上げ面粗さは約 $1 \mu\text{m}$ を示し、0.03 mass% 以下とは明らかに異なる。つまり、これはオレイン酸分子による転位の固着作用により切削抵抗が減少する効果 (塗布効果) がオレイン酸濃度 0.04 mass% 以上で現れるということを示している。以上の結果は (b) 予備切削材でも同様である。

このようにアルミニウム合金 (A5052) 試料の切削においても一連の純金属の結果と同様の塗布効果が確認された。

参考文献

- 1) 池田慎一, 田頭孝介, 中津正志, 佐藤謙司: 精密工学会誌, 66, 7 (2000) 1103.
- 2) 田頭孝介, 池田慎一, 米川賢: 精密工学会誌, 66, 12 (2000) 1917.
- 3) 田頭孝介, 池田慎一, 佐藤謙司: 精密工学会誌, 70, 1 (2004) 101.
- 4) 張春堯, 池田慎一, 田頭孝介: 精密工学会誌, 71, 7 (2005) 905.