210

Alの切削抵抗に及ぼす塗布剤の影響

苫小牧高専　○浦康顕，荒木佑治，池田慎一，中津正志，　室工大　田頭孝介

要　旨

切削用純Al試料の被削面を予備切削し，0～100mass%のオレイン酸流動パラフィン溶液を被削面に塗布し，切削速度2mm/s，切込み量0.05mmで低速二次元切削した．このときの切削抵抗および切削面粗さはオレイン酸濃度0.04mass%以上で減少した．また，オレイン酸濃度が0.04mass%以上では切りくず自由表面に塗布効果の特徴である先端の尖ったラメラが顕著に観察された．

1．緒言

著者らは焼きなましたアルミニウムを予備切削し，転位密度を大きくした試料の被削面に，各種濃度のオレイン酸流動パラフィン溶液を約1μm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]．また，同様の予備切削した被削面に，各種炭素数の0.2mass%直鎖カルボン酸溶液を塗布し，炭素数が7以上で上記の効果が現れることも確認した[2]．著者らは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Al原子の化学吸着による転位の固着作用で説明し，そのとき，転位の固着に寄与するカルボン酸の分子数を見積もった．しかしながら，濃度0.1mass%以下での塗布効果についての詳細，つまり，塗布効果が現れる濃度の下限などは明らかではない．

そこで，本研究では，特に0.1mass%以下のオレイン酸溶液に注目し，切削抵抗および切削面粗さに及ぼすオレイン酸濃度の影響を調べた．

2．実験方法

被削材は板厚 2mm の純アルミニウム冷延板（100×35mm）を 600℃×4h，真空中で焼きなましたものである．試料の平均粒径は0.1mm，平均硬さは約25HVである．被削面はこの被削材の端面（100×2mm）とした．本実験の切削条件を表1に，切削装置概要を図1に示す．

表1　切削条件

本切削	
切削速度	2 mm/s
切込み量	0.02, 0.05 mm
予備切削	
切削速度	2 mm/s
切込み量	0.03, 0.02, 0.01 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	5μm
塗布剤	
溶質	オレイン酸（C=18）
溶媒	流動パラフィン
濃度	0～100 mass%

予備切削は被削面に加工硬化層を形成させる目的で行った．予備切削はオレイン酸を流動パラフィンに溶かし1.0mass%とした溶液を被削面に本切削と同様に微少量塗布し，切削速度2mm/s，切込み量0.03，0.02，0.01mmと減少させて最終的な被削面を仕上げるものである．

塗布剤はアセトンで洗浄後の被削面に塗布厚さ約1μmで0～100mass%のオレイン酸溶液を微少量塗布した．本切削では主に切込み量0.05mmで二次元切削し，そのときの切削抵抗（主分力 F_T，背分力 F_N）を圧電式の工具動力計で測定し，切削面粗さを万能表面形状測定器で測定した．切りくず自由表面はSEMで観察した．

3．実験結果および考察

3．1　切削抵抗および粗さに及ぼすオレイン酸濃度の影響

図2に切込み量0.05mm，0～100mass%オレイン酸溶液を被削面に塗布したときの切削抵抗の最大値（主分力 $F_{T max}$，背分力 $F_{N max}$）を示し，図3に切削面粗さRyを示す．図の左側端の縦軸は無塗布部の切削抵抗を示し，炭素数0は無極性の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．

無塗布での主分力および背分力はそれぞれ 200N，120Nである．オレイン酸濃度0～0.03mass%の範囲は，無塗布と同様で，主分力が約 190N，背分力が約 120N であるが，0.04mas%では，それぞれ約140N，110Nに大きく減少している．0.04mass%以上の範囲の主分力はほぼ一定となり，約

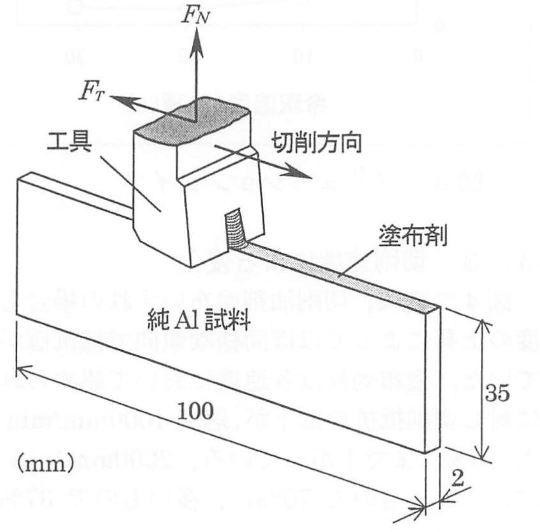

図1　切削装置概要

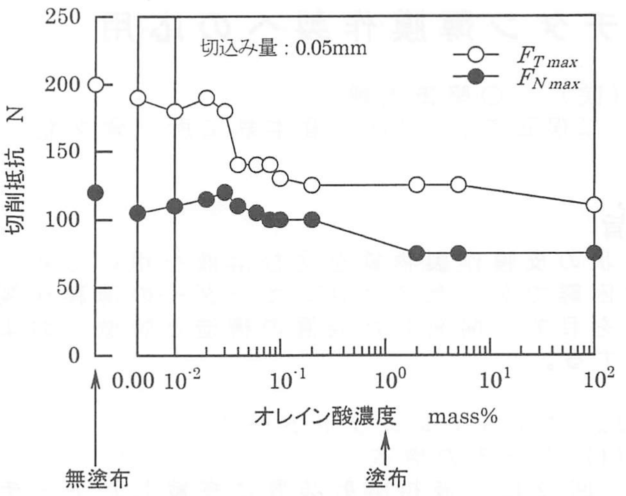

図2 切削抵抗とオレイン酸濃度の関係

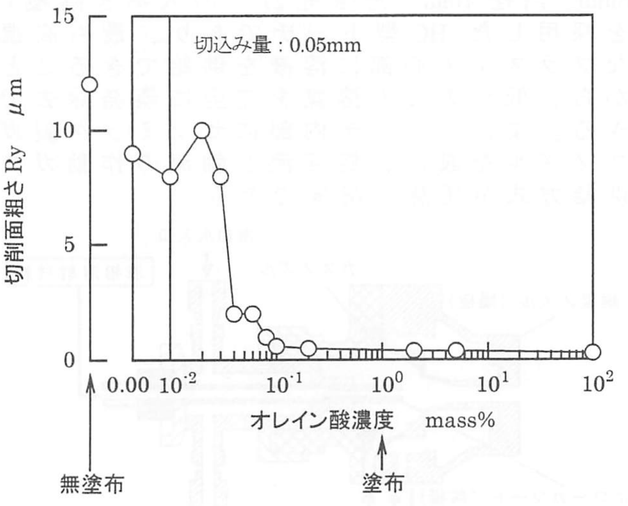

図3 切削面粗さとオレイン酸濃度の関係

130N と低い値を示している．切込み量 0.02mm のときも同様の傾向を示すが，切込み量 0.05mm のときほど明瞭な変化は確認できなかった．

切削面粗さも切削抵抗と同様な傾向を示している．無塗布で 12μm，0〜0.03mass%の範囲で約 9μm と大きな値を示している．この範囲の切削面性状は無塗布と同様で不良である．しかし，0.04mas%で 2μm と大きく減少している．0.1mass%以上では 1μm 以下の良好な切削面が得られた．切込み量 0.02mm でもこの傾向が明瞭に現れた．

このように，オレイン酸濃度 0.04mass%以上で切削抵抗および切削面粗さは大きく減少し，塗布効果が現れる濃度の下限が確認できた．

3．2 切りくず自由表面形状に及ぼすオレイン酸の影響

図4(a)に 0.03mass%，(b)に 0.04mass%オレイン酸溶液塗布部の切りくず自由表面の SEM 写真を示す．どちらも切込み量 0.05mm で，切りくずの排出方向は写真の左方向である．(a)，(b)にせん断面にほぼ平行に堆積した約 20μm の薄板状の切りくず素片（以下ラメラと呼ぶ）が確認できる．(a)の 0.03mass%ではラメラがおおきな圧縮変形を受け切りくず自由表面の形状が丸みを帯びて複雑な形状を示している．一方，(b)の 0.04mass%では切りくず自由表面にのこ歯状のせん断破壊した跡が顕著に確認できる．こののこ歯状切りくずの排出は有機極性物質塗布効果の特徴の一つである．

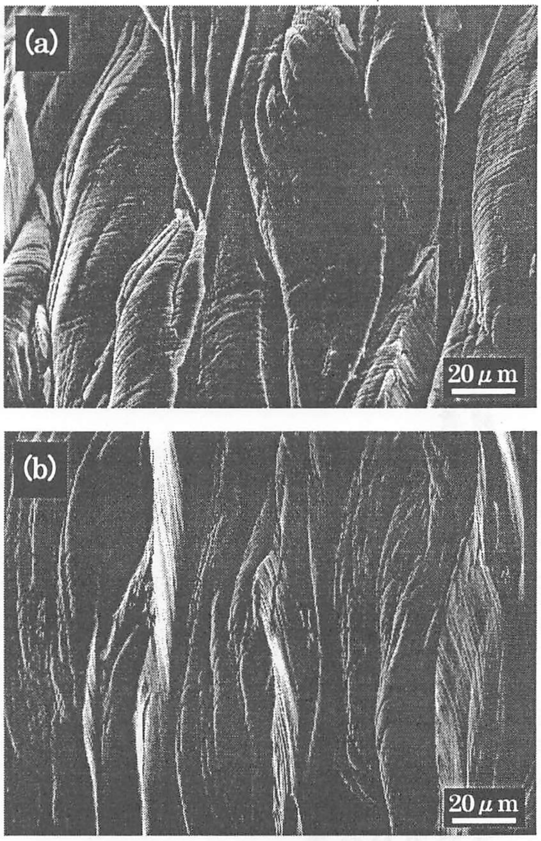

図4 切りくず自由表面の SEM 像（切込み量：0.05mm）
(a) 0.03mass% (b) 0.04mass%

著者らが考えている塗布効果のメカニズムは，オレイン酸分子が母材表面の転位近傍の Al 原子と化学吸着し，表面の転位を固着することにより，盛り上がり部の表面層が硬化し，切りくず自由表面のラメラを区分する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ため，切りくず厚さが減少し，ついには切削抵抗が減少するというものである．オレイン酸分子の化学吸着に関しては純鉄の赤外スペクトル測定により確認済みである[3]．

以上の結果から被削面に存在する転位（約 10^{12}cm/cm^{3}）を全て固着するために必要なオレイン酸分子数を見積もると，塗布効果が現れる濃度の下限が 0.04mass%なので，以前測定した塗布剤の重量[1]から 2.55×10^{-10}mol となる．さらに，単位面積当たりの分子数に換算すると約 10^{11} 分子／mm^{2} となる．この見積もり結果は被削面に存在する全ての転位に対し 10 倍以上のオレイン酸分子を含む溶液を塗布すると，塗布効果が現れるという結果である．

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) 池田慎一,田頭孝介：精密工学会誌, 67, 7 (2001) 1150
3) 田頭孝介,池田慎一,米川賢：精密工学会誌, 66, 12 (2000) 1917