

苦高専 ○池田慎一, 中津正志 室工大 田頭孝介, 小嶋裕之

## 要旨

アルミニウム試料の切削面にステアリン酸, オレイン酸などの有機極性物質を塗布し切削を行うと, 塗布部の切削面性状の向上, 切り屑の形状の変化, 切削抵抗の減少などの塗布効果が現れた. この原因については切屑形成時の切屑と盛り上がり部表面の間の摩擦を軽減する潤滑効果と, 切削時の盛り上がり部表面のクラックの生成を促進させるレビンダー効果の複合的な効果によるものと思われる.

## 1. 緒言

有機極性物質が応力を受けている金属表面に吸着していると, 降伏応力が減少するという現象はレビンダー効果として知られている. この現象は, Toffe の効果, ロスコー効果等とともに金属材料の機械的性質が環境の影響を受ける現象として知られており, 金属の切削加工においても同様の塗布効果が報告されている<sup>1)</sup>. 例えば, 軟質金属の加工面に有機極性物質を塗布し, その面を切削すると, 有機極物質が直接工具に付着していないにも関わらずその塗布部分の切削抵抗は減少し, 切削面性状が良好になる. このような効果は発見以来多くの研究者に確認され報告されてきたが, この原因についてはまだ定説がないのが現状である.

そこで, 本研究では, 被削材としてアルミニウム単結晶, 多結晶及び冷延材を用いて, その切削面に有機極性物質を塗布することにより, 切削表面形状, 切屑, 切削抵抗がどのように変化するかを明らかにし, 有機極性物質塗布効果の要因を考察する.

## 2. 実験方法

被削材は商用純度 99.2% (板厚 2mm) の冷延板から, 冷延材, 多結晶材 (625℃×4h, 真空焼鈍), 単結晶材 (3% の歪を加え 625℃×4h で真空焼鈍) の 3 種類の切削用試料 (100×35×2mm) を作成した. 結晶粒径は多結晶で約 100 μm, 単結晶で約 30nm であった.

塗布剤は有機極性物質として, ステアリン酸, オレイン酸を用い, それぞれ流動パラフィンに溶かし 0.2 wt% とした. また, その他の塗布剤として潤滑剤の四塩化炭素も用いた. 塗布剤は切削長さ 100mm 中, 70~100mm の区間の切削面に微量塗布し, 0~70mm の区間を無塗布部とした. 塗布剤は工具のすくい面や逃げ面に浸入しないように切削面に塗布した.

切削はマシニングセンターを使用し低速 2 次元切削を行った. 切削条件は Table 1 に示す. 切削抵抗は試料を固定している工具動力計より測定した.

また, 加工変質層の影響を抑えるために前加工は 0.01mm の切込みでオレイン酸を塗布して数回行った.

以上の条件で切削を行い, その切削面, 切屑, 切削抵抗の変化より塗布効果を評価した.

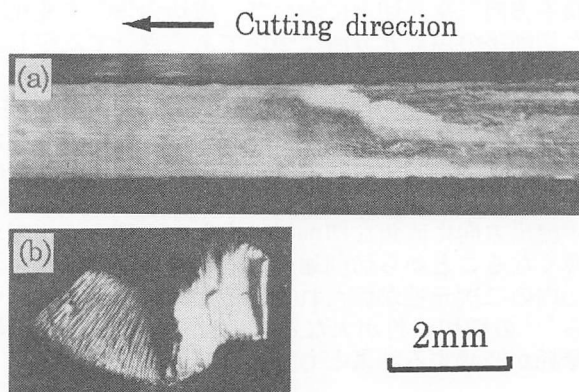
Table 1 Cutting conditions

Work material	Al	
Tool Material	K-10 (WC)	
Rake angle	deg	6
Relief angle	deg	5
Radius of cutting edge	μm	10
Cutting form	Orthogonal cutting	
Cutting speeds	mm/min	100
Depth of cut	mm	0.02
Applied materials	CCl <sub>4</sub> Stearic acid Oleic acid	

## 3. 実験結果

Photo.1 に単結晶試料表面にオレイン酸を塗布して切削した場合の切削面及び切屑の写真を示す. 切削面性状はオレイン酸の塗布により向上した. 切屑はオレイン酸の塗布により無塗布部に比べ切屑厚さが薄くなった. ステアリン酸についても同様の結果が得られたが, 四塩化炭素を塗布した切削面にはこのような塗布効果がほとんど観察されなかった.

Fig.1 に単結晶試料表面にオレイン酸を塗布し切削した場合の主分力及び背分力の変化を示す. それぞれ切削抵抗はオレイン酸の塗布部で急激に減少した. ステアリン酸も同様の結果が得られたが, 四塩化炭素はオレイン酸などに比べ切削抵抗の減少量は小さかった.

Photo.1 Photographs of cutting surface and chip  
(a)Cutting surface (b)Chip

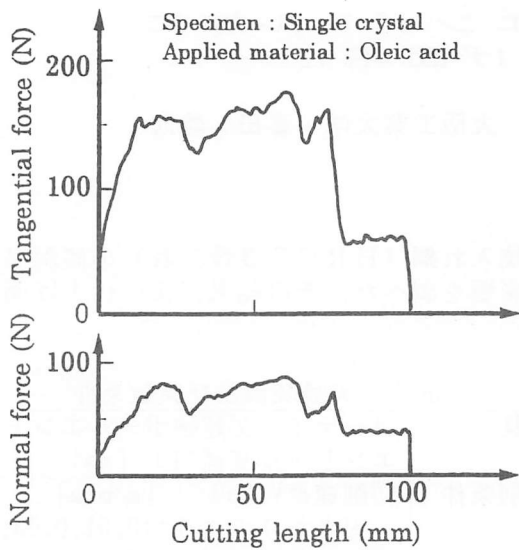


Fig.1 Effect of Oleic acid on cutting force

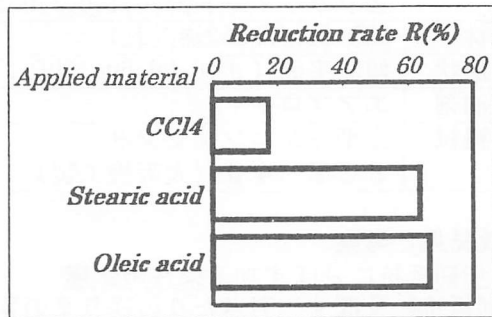


Fig.2 Effect of applied materials on reduction rates

このような塗布効果を切削抵抗減少率 R(%) で示すと、切削抵抗減少率 R は、 $R = (F_0 - F_1) / F_0 \times 100$  となる。ただし、 $F_0$ 、 $F_1$  はそれぞれ無塗布部及び塗布部の切削抵抗 (N) である。Fig.2 に単結晶試料表面に 3 種類の塗布剤を塗布して切削した場合の主成分の切削抵抗減少率 R を示す。ステアリン酸とオレイン酸は約 60% で、四塩化炭素は約 20% となり、有機極性物質に限り塗布効果が大きく現れた。

#### 4. 考察

Photo.2 に (a) 塗布部及び (b) 無塗布部の切屑形成時のエッチング写真を示す。(a) の切屑は周期的なせん断変形が起こっている。しかし、その層状帯の表面には微細なラメラが形成されている。この一定間隔の層状帯から構成されている (a) の切屑の形成に伴い切削表面には一定間隔の縞模様が観察された (Photo.1)。切屑の自由表面に関しては (a) の切屑では尖っておりラメラの間隔は狭いが、(b) では丸くラメラの間隔は広い。(a) のような切屑は四塩化炭素や流動パラフィンのみを塗布した場合には観察されなかったため、有機極性物質が存在しなければ起こらないレビンダー効果と密接な関係があるものと思われる。

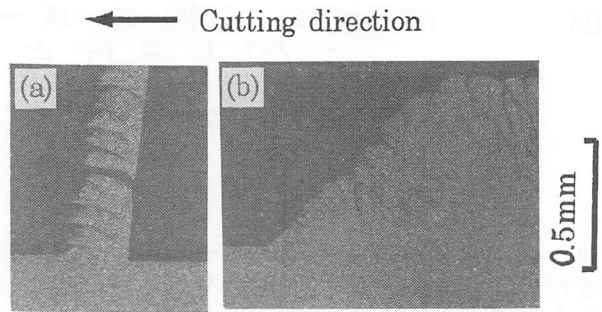


Photo.2 Chip formation in orthogonal cutting of Al  
(a)Applied part (b)Clean part

レビンダーらによると有機極性物質は金属表面に存在する微細なクラック内に物理吸着し、表面張力を低下させ、変形に伴うクラックの生成を促進するとしている<sup>2)</sup>。このようなレビンダー効果が切屑形成時に影響するものと仮定すると以下のように考えられる。

切屑形成時に工具前方に盛り上がり部が形成され、その盛り上がり表面の微細なクラックは有機極性物質により生成を促進され、せん断が起こり切屑が形成される。つまり、切削中に有機極性物質が盛り上がり部表面で多くのクラックを生成させ、その結果切屑厚さを抑制し、無塗布部に比べ切削抵抗が減少したと推測できる。また、このようなクラックの生成を伴う切屑形成では切屑の自由表面は尖る可能性があり、(a) の切屑形成の説明が出来る。当然、無塗布部では切屑形成時にクラックの生成を伴わないため切屑の自由表面は丸くなり、切屑厚さも厚くなる。

一方、四塩化炭素、流動パラフィンを塗布した場合も切削抵抗は減少した。しかし、(b) の形状の切屑を形成したため、盛り上がり部表面と切屑の境界(ラメラ間)の摩擦を軽減するような潤滑効果があるものと思われる。しかし、潤滑効果のみでは有機極性物質の塗布による切削抵抗の大きな減少は説明できない。

有機極性物質の塗布による切削面性状の向上に関しては切削抵抗の合力の方向が変化したことによるすべり系の変化が大きく影響したものと推定される。

#### 5. 結言

アルミニウムの切削面に有機極性物質を塗布し低速 2 次元切削した場合、次のような結果を得た。

- 1) 有機極性物質を試料切削面に微量に塗布し切削を行うことにより塗布効果が確認できた。
- 2) 四塩化炭素塗布による塗布効果は小さかった。
- 3) 塗布効果は潤滑効果及びレビンダー効果の複合的な効果であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 金枝敏明ら, 精密工学会誌 Vol.61, No.5, 1995, P702
- 2) Rebinder, P., Nature, 159, 4052, (1947) 866.