

室工大 ○小嶋裕之, 室工大 田頭孝介
 苫小牧高専 池田慎一, 苫小牧高専 中津正志

金属・合金の切削面にオレイン酸などの極性物質を塗布し切削を行うと、切削抵抗が減少し、切削面性状が向上する。本研究では、アルミニウムの焼鈍材を低速二次元切削し、オレイン酸を塗布した部分と、塗布していない部分の切屑形態を調べ、切屑生成機構を検討した。また、オレイン酸溶液を塗布した試験片で引張り試験を行った。

1. 緒言

金属表面に有機極性物質を塗布し塑性変形させると、降伏応力が減少する現象はレビンダー効果として知られている。この効果は、有機極性物質が金属表面の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成長を促進する¹⁾というものであり、切削加工においても同様の効果が報告されている²⁾。この効果は新しい潤滑方法として期待でき、工作機械の寿命向上、切削油剤に起因する作業環境問題の改善につながると思われるが、不明な点も多い。著者らは熱処理したアルミニウムの切削面に、有機極性物質であるオレイン酸を 0.2wt% 溶解した流動パラフィン塗布し、低速二次元切削し、塗布した部分で、切削抵抗の減少、切削面性状の向上、切屑厚さの減少などを確認した³⁾。本研究では、アルミニウムの切削面にオレイン酸溶液を塗布し切屑生成過程を検討した。

2. 試料と実験方法

実験に使用した材料は、純度 99.2%、板厚 2mm のアルミニウム冷延板である。これを所定の大きさに切断し、625℃、4h、真空中で焼鈍した。切削用試料の寸法形状は 100×35×2mm、引張り試験用試料は平行部の形状が 60×12×2mm である。焼鈍後の試料表面の平均硬さは 22.6HV である。塗布剤はガラス容器中で有機極性物質であるオレイン酸を流動パラフィンに 0.2wt% 溶かしたものである。切削試験における塗布部は、切削長さ 100mm 中、後半の 30mm である。塗布剤は工具すくい面や逃げ面に浸入しないように綿棒で微量塗布し、余分な塗布剤はペーパータオルで拭き取った。切削はマシニングセンタを使用し、スピンドル回転をオリエンテーション位置に固定し、切削速度 100mm/min、切込み 0.02mm でテーブル送りにて低速二次元切削した。切削工具は、すくい角 6°、刃先曲率半径 5μm の超硬工具を用いた。前加工面は加工変質層の厚さを一定にするために、上記塗布剤を全面に塗布し、切込み 0.05mm で切削し、その後 0.01mm 毎、数回切削仕上げし最終的な本切削直前に所定の部分に塗布した。以上の条件で実験を行い、切削抵抗の測定、切削面及び切屑の顕微鏡観察を行った。同時にインストロン引張り試験機を用い、焼鈍したアルミニウム板の表面に 0.2% オレイン酸溶液を塗布し引張り試験をした。

3. 実験結果及び考察

図1は(a)無塗布部、及び(b)塗布部の切屑自由表面のSEM写真である。切屑自由表面は、無塗布部は多数の曲面で構成され、塗布部は切り立った面で構成されている。

切屑厚さは、無塗布部の最も厚い部分で約 1mm、塗布部で約 0.25mm である。無塗布部から塗布部への遷移点で、切削抵抗、切削面性状、切屑厚さは急激に変化せず、無塗布部の切屑先端の盛上がり部が塗布部に到達した時から変化が始まり、切削方向に約 5mm 進む間続く。

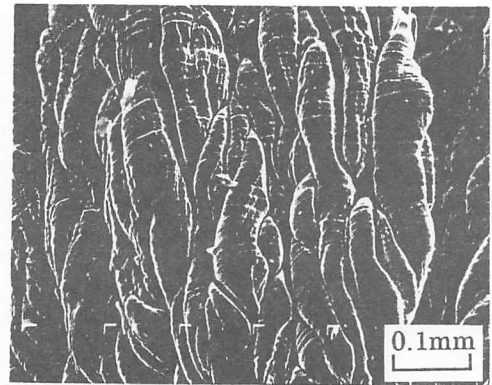


図1-(a) 無塗布部切屑自由表面 SEM 写真

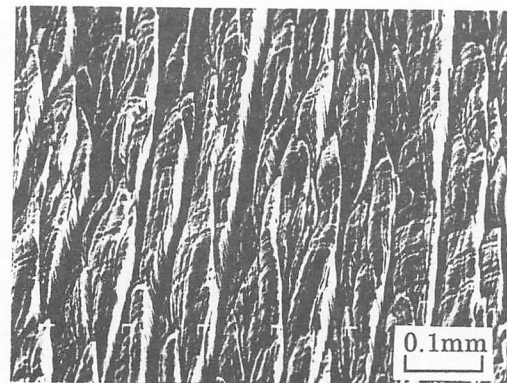


図1-(b) 塗布部切屑自由表面 SEM 写真

切削抵抗は無塗布部で約 130N、塗布部で約 50N である。切削面性状は切屑厚さが減少した時点から向上する。無塗布部切屑の切削方向の断面形状は矩形で、切削面性状は両端から向上し始める。切削面中央部の放射線状のむしれ跡が消えた時点(図2)で、切削抵抗値は一定となる。

図3は(a)無塗布部、及び(b)塗布部を切削中の切屑生成領域の盛上がり部と、その前方の様子を示したSEM写真である。工具の進行により、無塗布、塗布に関係なく切屑前方に盛上がり部が形成される。切屑は工具すくい面上に付着し堆積するが、特に無塗布部の切屑はすくい面上から排出

されず、工具前方へ堆積している。この堆積する切屑の下方でせん断面が構成され、かつ過切削現象が起き切削面性状が悪化する。塗布部切屑前方の盛り上がり部は無塗布部より小規模で、段差の間隔も狭い。切込みが 0.1mm のとき、無塗布部の切屑表面付近の硬さは約 40HV、塗布部のそれは約 45HVである。

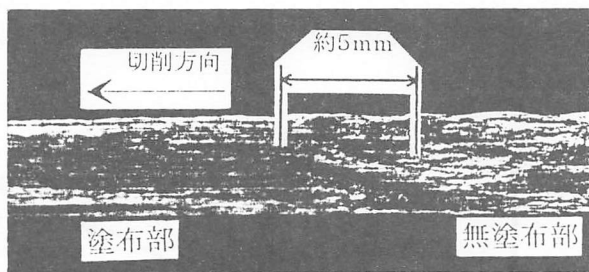


図2 放物線状むしれ跡

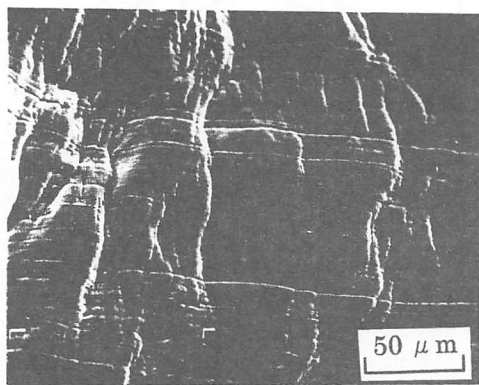


図3-(a) 無塗布部切屑生成領域盛り上がり部 SEM 写真

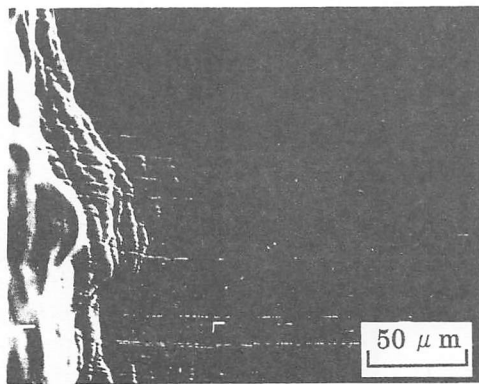


図3-(b) 塗布部切屑生成領域盛り上がり部 SEM 写真

以上の観察結果より、切屑生成過程に及ぼすオレイン酸溶液の影響をいくつか考えてみる。まず、試料が十分に焼鈍されていることを考えると、変形初期の転位の平均自由行程は非常に長いと考えてよい。材料の自由表面は一般に表面は転位の抜ける場として意味を持つが、アルミニウム試料表面の酸化皮膜は転位の表面からの離脱を妨げ、転位の集積を促進する⁴⁾。ここにオレイン酸溶液が作用すると、表面近傍において転位の集積が起こり難くなると考えられる。そのため、変形に要する応力が減少し、切削抵抗が低くなる。しかし、化学的に極めて安定な酸化アルミニウムが

オレイン酸と反応するののかという疑問が残る。次に、アルミニウム表面にオレイン酸溶液を塗布すると、表面近傍の転位の集積を促進するのではないかと考えられる。それにより表面付近の結晶粒内では不均一な歪み分布が起こり、加工硬化の激しい領域ではクラックが生じるが、このクラックの間隔は無塗布部よりははるかに狭く、微細な切屑を創製すると考えられる。以上2つの考え方は別に、表面酸化皮膜とオレイン酸の化学反応により酸化皮膜が収縮し割れが発生するとも考えられる。塗布部の切屑排出頻度が高いのは、酸化皮膜の割れが切屑生成部の狭い間隔のクラック発生の起点になるためである。以上のようにオレイン酸溶液の塗布による切屑形態の変化には3つの理由が考えられるが、現時点ではそのメカニズムを特定できない。いずれの理由にせよ、自由表面側のクラック先端から工具刃先にかけてせん断帯に沿って剥離が生じ、これが刃先まで進展すると1ブロックの切屑となって排出される。塗布部では狭い間隔で切屑が排出され、切屑の体積が小さいため、切削抵抗も減少すると考えられる。

4. 結言

焼鈍したアルミニウムの切削面の一部に、0.2%オレイン酸溶液を塗布し、低速2次元切削した結果、以下のような結論を得た。

- (1) 切屑前方の盛り上がり部先端が塗布部に到達した時点で、切削抵抗、切屑厚さは減少、切削面性状は向上する。
- (2) 塗布剤はアルミニウム酸化皮膜表面に作用し、転位の運動に影響を及ぼすと考えられる。

参考文献

- 1) P.Rebinder: Nature, 159, 4052. (1947), 866.
- 2) 金枝敏明他: 精密工学会誌, 61, 5, (1995), 702.
- 3) 池田慎一他: 精密工学会道支部学術講演論文集, (1996), 6.
- 4) 例えば, 兵藤申一: 精密機械, 32, 2, (1966), 166.