

北海道工大 ○ 湊純一郎、吉田 協^{かつ}

要 旨

切削加工で生じる加工層を解明する基礎として、2次元切削の簡単なモデルを用いて切削表面の塑性流動量と切削機構を支配する諸因子の関係を求めた。これをもとに全切削エネルギーに対する流動に費されるエネルギーの割合を検討し、6-4Bs で約7%, 7ミコムで約11% 程度であることが分かった。さらに流動を考慮した力学的ダイヤグラムを示した。

1. 緒言

金属切削の際には、切削表面にはせん断変形によって引き起こされた変形を受けて、母材と性質の異なる加工層が生じ、一般に有害であることが知られているが、不明の点が多い。前報¹⁾では切削表面の塑性流動と切削条件の関係について報告した。しかしここでは塑性流動に関与する分力、エネルギーなどについては検討が不十分であった。そこで本研究では、6-4 黄銅、アルミニウムの2次元切削を行って主として上記の2点について検討した。

2. 塑性流動に関する基礎的解析

図1は2次元切削の一般的なモデル図であるが、同時に切削表面下の塑性流動のモデルも併記した。加工層を無視すれば、単位時間当たりの全切削エネルギーUは、せん断面上のせん断エネルギーU_sと工具すくい面の摩擦エネルギーU_fの和で表される。現実には切削表面に塑性流動が存在し、この流動のために費やされるエネルギーをU_δとすれば、これも全エネルギーUの中に含まれるはずである。²⁾そこで、加工層を考慮することによって修正されるせん断エネルギーを改めてU'_sとすれば、

$$U = U'_s + U_\delta + U_f \tag{1}$$

ここで、流動層のせん断応力をτ_δとして

$$U_\delta = \tau_\delta \cdot \delta_f \cdot w \cdot V \tag{2}$$

である。式(1)をδ_fについて整理すると、

$$\delta_f = C_\tau \cdot t_1 \cdot \gamma_s \tag{3}$$

$$C_\tau = (\tau_s - \tau'_s) / \tau_\delta$$

ここで τ_s ; 流動を考慮しない場合のせん断応力、τ'_s ; 流動を考慮したために修正されるせん断応力γ_s ; 切りくずのせん断ひずみ である。δ_fがt₁・γ_sにほぼ比例することは前報で報告した。

次に、図2で材料がABだけ移動するとき、表面ではδ_f遅れてA0であるから、この影響でせん断面方

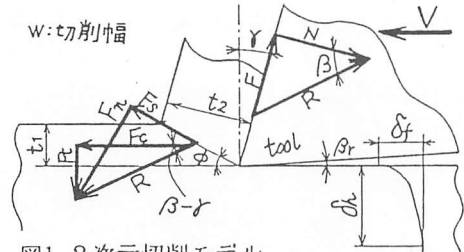


図1 2次元切削モデル

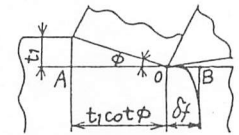


図2 切れ刃近傍の切削モデル

向の速度が遅れるので、これを考慮して修正したせん断エネルギーW_s' (単位切削体積当り)、流動に費やされるエネルギーW_δはそれぞれ次式で表される。すなわち、

$$W_s' = (t_1 \cdot \cot \phi) / (t_1 \cdot \cot \phi + \delta_f) \times \tau_s \cdot \gamma_s = \tau'_s \cdot \gamma_s \tag{4}$$

式(3)より、δ_f/t₁は流動層の平均のせん断ひずみと考えられるので、これをγ_δとすればγ_δ=C_τ・γ_sであり

$$W_\delta = \{ \delta_f / (t_1 \cdot \cot \phi + \delta_f) \} \tau_s \cdot \gamma_s = \tau_\delta \cdot \gamma_\delta \tag{5}$$

3. 実験方法

横フライス盤による2次元切削方式(切削速度V=0.5m/min)である。板状被削材(厚さw=2mm)の側面に予め切削方向と直角にエメリー紙で条痕を付けておき、これを内側にして2枚合わせにしてバイスに固定した。(したがって、切削幅w=4mm) 切削によって条痕は図1のように変形するので、顕微鏡観察により表面の流動量δ_fを求めた。超硬ろう付バイト(P10, 36-2型)を2次元バイトに成形(すくい角

$\gamma = 5^\circ \sim 30^\circ$ 、にげ角 $\beta_r = 6^\circ$) した。また、切削抵抗2成分 (F_c 、 F_t)、切りくず厚さ t_2 を測定した。

4. 結果および考察

まず、式(3)の関係を確認したところ、

$$6-4Bs : C_\tau = 0.093$$

$$7\mu\text{ニウム} : C_\tau = 0.143$$

であり、同じせん断ひずみにに対して、7μニウムの方が6-4Bs よりも約1.5倍流動する。

全切削エネルギー $W (=F_c/wt_1)$ (単位切削体積当り)、せん断エネルギー W_s' 、 W_s 、流動に費やされるエネルギー W_δ に関して、相互の割合を図3 (6-4Bs) に示す。流動を無視した時のせん断エネルギー W_s と流動を考慮して修正したエネルギー W_s' の比 W_s'/W_s は90%前後である。この流動エネルギーの全エネルギーに対する割合 W_δ/W はほぼ7~8%である。また、7μニウムでは(図4) $W_s'/W_s = 0.87$ 、 $W_\delta/W = 0.11$ 程度であり、7μニウムの方が流動に費やされるエネルギーの割合が大である。

ここで、 $W_\delta/W_s' = C_\tau \cdot \gamma_s / \cot \phi$ であり、近似的に $\gamma_s \cong \cot \phi$ とすると、 $W_\delta/W_s' \cong C_\tau$ であるから、 C_τ は流動エネルギーとせん断エネルギーの比を表すと考えてよい。

次に塑性流動を考慮した力学的ダイアグラムを考える。合力 R は変わらず、単純にせん断面上のせん断力 F_s を修正して F_s' になるとして解析すると、図5のような力学的関係が得られる。 $\vec{R} = \vec{F}'_s + \vec{F}_n'$ 、 $\vec{R} = \vec{F}_s + \vec{F}_n$ であり、流動に関与する水平力は $F_\delta = \tau_\delta \cdot w \cdot \delta_f$ である。 τ_δ を式(5)より求めて、主成分 F_c との関係を示すと図6、7になる。 F_c と F_δ はほぼ比例関係であり、6-4Bs では $F_\delta/F_c = 0.08$ 、7μニウムでは $F_\delta/F_c = 0.12$ である。

5. 結言

切削表面の塑性流動を考慮して、流動に費やされるエネルギーの割合を検討した結果、本実験の範囲で全切削エネルギーの10%前後になることが分かった。また流動を考慮した力学的ダイアグラムを示すことができた。

今後さらに他の材料、切削条件について検討する計画である。

参考文献 1) J. Minato; Influence of Cutting Parameters and Repeated Cutting upon the Deformed Layer in the Machined Surface, Int. Jour. JSPE, 25, 4(1991).

2) 中山、田村; 切削抵抗における寸法効果、精密機械、31, 3(1965).

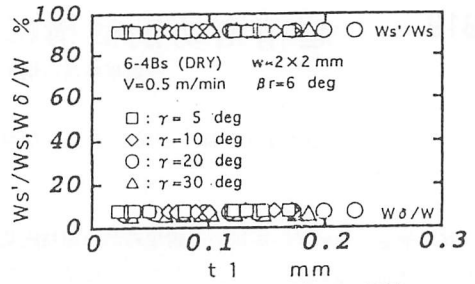


図3 切り込み t_1 とエネルギー配分の関係

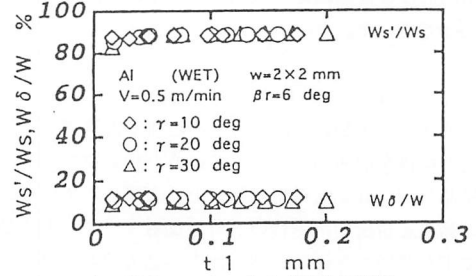


図4 切り込み t_1 とエネルギー配分の関係

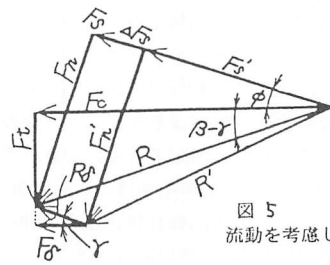


図5 流動を考慮した2次元切削モデル

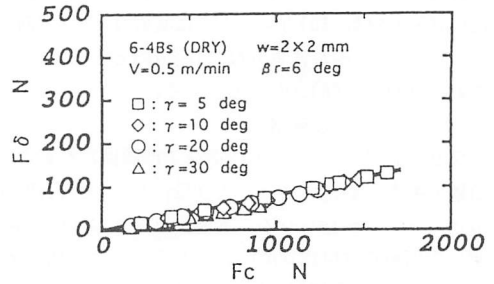


図6 主成分 F_c と F_δ との関係

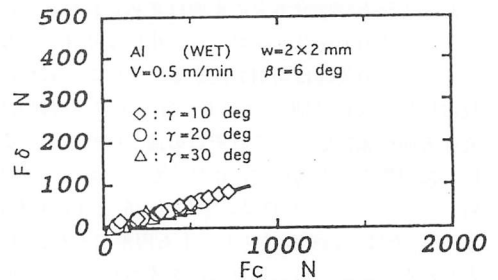


図7 主成分 F_c と F_δ との関係