研究

砥粒切れ刃による切削現象の研究（第8報）*

—切れ刃すくい面前方における被削材の変形機構—

岡村 健二郎** 中 島 利 勝**

Study on the Cutting Mechanism of Abrasive Grain (8th Report)

—Plastic Deformation of the Metal being Cut ahead of the Rake Surface—

Kenjiro OKAMURA, Toshikatsu NAKAJIMA

Cutting process of an abrasive grain in grinding is transitional and it is not from the beginning of contact between a cutting edge and the metal being cut, but after the plastic region following the elastic one, that cutting chips are generated.

Therefore, deformation process of the metal being cut in the plastic region preceding the cutting one should first be investigated to make clear the chip formation mechanism in the transitional cutting.

From the above mentioned point of view, the plastic deformation process has been analyzed, paying a special attention to the pile-up phenomena ahead of the rake surface and the chip formation mechanism has been investigated in the low speed transitional cutting.

Leading conclusions are as follows;

1) In the plastic region, the metal being cut is plastically deformed and piled up ahead of the rake surface. The pile up ahead of the rake surface develops with the depth of cut, but the development in similar shape of the pile up with the depth of cut results in no chip formation because the plastic deformation under the rake surface is very stable in the case.

2) When the profile angle of the pile up ahead of the rake surface reaches a critical value, a crack originates at the free surface of the pile up. The propagation of the crack leads to discontinuous chip formation.

1. 緒 言

研削加工における砥粒切れ刃の切削過程は過渡的であり、切れ刃と工作物との接触始点から切りくずが生成されるのではなく、弾性および塑性領域を経て、はじめて切削現象が起る。この場合、弾性領域においては、被削材は弾性的に変形されるのみであるが、塑性領域になると、塑性変形によって工作物表面に溝が生成され、その溝をしめていた金属は、切れ刃すくい面前方に盛上ると同時に、横方向に流動して、溝の両側に盛上りを形成する。切れ刃すくい面前方の盛上りは、切れ刃切込み深さが増加するとともに増大していき、ついには、切りくずとして排除されるに至ると考えられ、したがって、塑性領域における切れ刃すくい面前方の被削材の変形機構は、過渡的切削における切りくず生成と密接な関係があると考えられる。

このような観点から、本報告においては、過渡的切削過程において存在する塑性領域における被削材の変形機

図1 N形変形

構を、切れ刃すくい面前方の盛上り現象に着目して理論と実験の両面から検討し、過渡的切削過程における切りくず生成条件を明らかにする。

2. すくい面前方における被削材の変形機構の理論的考察

弾性変形領域の解析にあたって、切れ刃逃げ面下の変形が重要であったのに反して、塑性変形領域の解析にあたっては、切れ刃すくい面下の変形が重要となってくる。そこで、ここでは、切れ刃模型として楔形切れ刃を考え、被削材は剛塑性体であり、塑性変形による加工硬化が無視しうる程度に初期歪をうけているという仮定の

*原稿受付 昭和44年20月20日。昭和44年度関西地方定期学術講演会（昭和44年7月10日）にて発表

**正 会 員 京都大学工学部（京都市左京区吉田本町）

下に, 平面歪に関するすべり線場理論により, 切れ刃すくい面下における被削材の塑性変形機構を解析し, 切れ刃すくい面前方の盛り現象を明らかにする。

いま, すくい角 α の砥粒切れ刃が, 切込み角 i_g で被削材に食込み, 切れ刃切込み深さが y になった時, 切れ刃すくい面前方における可能なすべり線場として, 図 1 に示す N 形すべり線場が得られる。このすべり線場において, 切れ刃と被削材との接触面 AB 上では, せん断応力が, 面 AB に垂直な方向の応力と, 切れ刃と被削材との間の摩擦係数 ρ との積で与えられるという条件から, 次式が成立する。

$$\rho[(1+2\gamma_B)\sin 2\beta_A] + \cos 2\beta_A = 0 \quad (1)$$

一方, 切れ刃と被削材との接触長さ h と, 切れ刃切込み深さ y との間の幾何学的関係およびそれぞれの角の間に存在する幾何学的関係より, 次式が得られる。

$$h[\cos \alpha - \sqrt{2} \cos \beta_B \sin \beta_C] = y \quad (2)$$

$$\beta_A + \beta_B = \pi/2, \quad \beta_B + \gamma_B + \beta_C - \alpha = \pi/4 \quad (3)$$

さらに, 切れ刃切込み深さが y となるまでに生成された溝の体積は, 切れ刃すくい面前方の盛り部分の体積に等しいという条件より次式をうる。

$$\sqrt{2} h \sin \beta_A \cdot \sin \beta_C [\sqrt{2} h \sin \beta_A \cos \beta_C + h \sin \alpha - y \tan \alpha] = y^2 / i_g \quad (4)$$

以上の五つの関係式を解くことにより, N 形すべり線場における被削材の変形機構が明らかとなり, したがって切れ刃すくい面前方の盛り形状を決定する盛り形状角 β_C が, すくい角および切れ刃と被削材との間の摩擦係数 ρ の関数として決定される。

しかし, この N 形すべり線場は, どのようなすくい角 α および摩擦係数 ρ に対しても成立するものではない。すくい角 α あるいは摩擦係数 ρ が小さくなると, 角 γ_B が減少してゆき, $\gamma_B = 0$ となった時, N 形すべり線場は, 図 2 に示す L 形すべり線場となる。いま, N 形すべり線場において, 被削材の変形機構を決定する関係式(1), (2)および(3)は, $\gamma_B = 0$ とおくことにより, L 形すべり線場の変形機構に対しても成立し, この場合, L 形すべり線場に対する角 $\beta_A, \beta_B, \beta_C$ は, 次式で与えられる。

図 2 L 形変形

$$\beta_A = \lambda + \pi/4, \quad \beta_B = \pi/4 - \lambda, \quad \beta_C = \lambda + \alpha \quad (5)$$

さらに, L 形すべり線場における AB 間の距離 h は, (2)式に(5)式を代入することによって決定される。ところが, BCD 部分の体積は, 切れ刃切込み深さ y がとなるまでに生成された溝の体積 $y^2/2i_g$ より小さく, したがって, BC 上には, 切れ刃とともに剛体運動をする部分 BCE が存在しなければならない。したがって, L 形すべり線場において, 切れ刃すくい面前方の盛り形状を決定する盛り形状角は, β_C でなくて, β_{ck} であり, それは, 次式により決定される。

$$\beta_{ck} = \cot^{-1} \left[\frac{a^2}{y^2} \cdot i_g - \tan \alpha \right] \quad (6)$$

ここで,

$$a = \sqrt{2} h \sin \beta_A \cos \beta_C + h \sin \alpha - y \tan \alpha$$

一方, 図 1 に示す N 形すべり線場において, すくい角 α あるいは摩擦係数 ρ が大きくなると, 角 β_A が増大し, ついには, $\beta_A = \pi/2$ において, 切れ刃と被削材との接触面 AB 上におけるせん断応力が, 被削材のせん断降伏応力と等しくなり, AB 自体が, 一つのすべり線となるから, $\beta_A = \pi/2$ のとき, N 形すべり線場は, 図 3 に示す C 形すべり線場となる。N 形すべり線場に対する(2), (3)および(4)式は, $\beta_A = \pi/2$ とおくことにより, C 形すべり線場に対しても有効である。したがって, これらの式より, C 形すべり線場における被削材の変形機構が明らかとなる。

図 3 C 形変形

図 4 3 変形形態の存在範囲

形領域における切れ刃すくい面下の被削材の変形には、切れ刃すくい角および切れ刃と被削材との間の摩擦係数によって、三つの異なった変形形態が存在する。図4は、これら三つの変形形態の存在範囲を示すものであり、すくい角 α および摩擦係数 ρ が比較的小さい場合にはL形変形が、また、すくい角 α および摩擦係数 ρ が比較的大きい場合にはC形変形が存在し、その中間として、N形変形がある。

図5は、切れ刃すくい面前方における被削材の盛り現象を考察するために導入した、盛り形状角 β_c のすくい角 α に対する変化と、 $i_g=0.0001$ とし摩擦係数 ρ をパラメータとして示すものである。この盛り形状角 β_c は、NおよびC形変形においては、変形前の自由表面と変形後の自由表面とのなす角に相等し、切れ刃すくい面

図5 盛り形状角 β_c

図6 すくい面前方盛り幅

前方の盛り部分の形状変化を表わすが、L形変形においては、すでにのべたように、切れ刃と等速度で剛体運動する部分が存在するために角 β_c は、切れ刃すくい面前方の盛り部分の形状を表わさない。いま、図5より明らかなように、NおよびC形変形において、盛り形状角 β_c は、すくい角 α が大きくなるとともに減少する。また、角 β_c は、角 α_A 、および γ_B とともに、切れ刃切込み深さ y に無関係に一定値を示し、このことは、切れ刃切込み深さ y が増加するとともに、塑性変形領域および切れ刃すくい面前方の盛りは生長するが、それらは、相似形を保ちながら生長することを意味する。

図6は、切れ刃すくい面前方の盛り幅 C_b (図1参照)のすくい角 α に対する変化を、摩擦係数 ρ をパラメータとして示すものであり、縦軸には、すくい面前方の盛り幅 C_b を、切込み深さ y で割った値 $C_b(\rho, \alpha)$ がとってある。この図より判るように、盛り幅 C_b は、すくい角 α が大きいほど大きくなり、これと、NおよびC形変形においては盛り形状角 β_c はすくい角 α が大きいほど小さくなることを考え合せると、NおよびC形変形においては、切れ刃すくい面前方の盛りは、すくい角 α が小さいほど、切れ刃すくい面近傍に、より集中的に起ることが判る。このことは、あとで詳述するように、すくい角が小さいほど、切りくずが生成されやすいことの一要因となっている。

3. すくい面前方における被削材の変形機構の 実験的考察

切れ刃切込み深さが、零から直線的に増加するような三次元切削を行ない、瞬間停止装置を用いて、すくい面前方における被削材の挙動を断続的に観察し、すくい面前方における塑性変形された領域、盛り現象などを解析し、過渡的切削過程における切りくず生成機構を明らかにする。本実験においては、切削現象を瞬間的に停止する関係上、切削速度をあまり大きくすることができないので、切削速度 $V=2\text{ m/min}$ とし、切れ刃としては、ダイヤモンド四角錐を、また、被削材としては、焼鈍した軟鋼 (SS41) を採用する。その他の実験条件として、切込み角 $i_g=2' \sim 15'$ 、すくい角 $\alpha=-63^\circ$ 、 -68° および -75° である。

図7(a)は、切削現象を瞬間的に停止することによって得られた。塑性変形領域におけるすくい面前方の盛り形状を示す一例である。この図より判るように、塑性変形領域においては、すくい面前方に、相当量の被削材が盛上っている。そこで、この塑性変形領域における、すくい面前方の盛り量を定量的に表す値として、図7

(a)

(b)

図 7 すくい面前方の盛り形状 ($\alpha = -68^\circ$)

(b) に示すように, 前方盛り高さ C_s および前方盛り幅 C_b を導入し, 前方盛り高さ係数 γ_{cs} および前方盛り幅係数 γ_{cb} を次式で定義して, すくい面前方の被削材の盛り現象を考察する.

$$\gamma_{cs} = C_s / y_t, \quad \gamma_{cb} / c = C_b / y_t \cdot \tan \alpha \quad (7)$$

図 8 および図 9 は, すくい角 $\alpha = -68^\circ$ の場合の前方盛り高さ C_s および前方盛り幅 C_b の切削溝深さ y_t に対する変化を, また, 図 10 および図 11 は, すくい角 $\alpha = -75^\circ$ の場合のそれらの変化を, それぞれ示すものであり, これらの図には, 前方盛り高さ係数 γ_{cs} または, 前方盛り幅係数 γ_{cb} も示されている. これらの図より判るように, 切れ刃切込み深さが, 被削材の結晶粒径より小さい場合をのぞけば, 前方盛り高さ C_s および前方盛り幅 C_b は, 切れ刃切込み角 i_g には関係なく, 切れ刃切込み深さに比例して増加し, その結果, 前方盛り高さ係数 γ_{cs} および前方盛り幅係数 γ_{cb} は, 切込み深さに関して一定となる. また, すくい角 $\alpha = -68^\circ$ の場合と $\alpha = -75^\circ$ の場合とを比較すると, C_s および C_b は, ともに, $\alpha = -75^\circ$ の場合の方が大きい. すなわち, すくい角 α が大きいほど, すくい面前方の盛りは大きくなる. このことと, 前報¹⁾で明らかにしたように, 切りくずが生成され始める点における限界切込み深さ y_p は, すくい角 α が小さいほど小さいことを考え合わせるにより, 過渡的切削における切りくず生成を直接支配するのは, 前方盛り高さ C_s および前方盛り幅 C_b のいずれでもないことが推測されうる.

図 8 すくい面前方盛り高さ ($\alpha = -68^\circ$) 図 9 すくい面前方盛り幅 ($\alpha = -68^\circ$) 図 10 すくい面前方盛り高さ ($\alpha = -75^\circ$) 図 11 すくい面前方盛り幅 ($\alpha = -75^\circ$)

(a)

(b)

図12 盛りり形状角の定義 ($\alpha = -68^\circ$) 図13 盛りり形状角の切削溝深さに対する変化 ($\alpha = -68^\circ$) 図14 盛りり形状角の切削溝深さに対する変化 ($\alpha = -75^\circ$)

いままでは、前方盛りりの量を検討してきたが、盛りり部分の形状も、すくい面前方の被削材の変形機構を説明するうえで重要である。そこで、すくい面前方の盛りり部分の形状を表す値として、前節で導入した盛りり形状角 β_c を検討する。しかし、実際には、すくい面前方の盛りり部分の自由表面は、図12に示すように、一

本の直線ではなく、むしろ二本の直線によって境界されているので、図12に示すように、主盛りり形状角 β_{c1} 、副盛りり形状角 β_{c2} および平均盛りり形状角 β_c を考察する。図13および図14は、盛りり形状角 β_c を切削溝深さ y_t に対してプロットしたものであり、図13はすくい角 $\alpha = -68^\circ$ の場合、図14は $\alpha = -75^\circ$ の場合をそれぞれ示す。これらの図より判るように、切れ刃切込み深さが、被削材の結晶粒径よりも小さい場合を除けば、主盛りり形状角 β_{c1} 、副盛りり形状角 β_{c2} および平均盛りり形状角 β_c は、ともに、切込み深さに関して一定値を示す。すくい面前方の盛りりが、切れ刃切込み深さの増加とともに生長することはすでにのべたが、それと、盛りり形状角が、切込み深さに関して一定であるということより、すくい面前方の盛りりは、切込み深さが増加するとともに、相似形を保ちながら生長することが判る。一方、切削速度 $V = 2 \text{ m/min}$ の本実験においては、すくい角 $\alpha = -68^\circ$ の場合、 $\alpha = -75^\circ$ の場合、いずれにおいても、切込み深さが相当大きく (85μ 以上) なっても、切りくず生成は観察されなかった。これらのことより考えて、過渡的切削過程において存在する塑性変形領域において、すくい面前方の盛りりが、切込み深さの増加とともに、相似形を保ちながら生長する場合には、すくい面下の被削材の塑性変形は非常に安定しており、切りくず生成に結びつかないことが結論されうる。つぎに、すくい角 $\alpha = -68^\circ$ の場合と $\alpha = -75^\circ$ の場合の盛りり形状角 β_c を比較すると、 $\alpha = -68^\circ$ の場合の方が、 $\alpha = -75^\circ$ の場合よりも大きい。すなわち、すくい角が小さいほど、塑性変形がすくい面近傍により集中的に起る。このことと、すくい角が小さいほど、切りくずがより容易に生成され始めることにより、盛りり形状角 β_c と過渡的切削過程における切りくず生成機構との間に、なんらかの関連性があることが推測されうる。

図15は、切れ刃と被削材との接触長さ h を、切削溝深さ y_t に対してプロットしたものである。この図より、接触長さ h は、切込み深さに比例して長くなり、また、 $\alpha = -75^\circ$ の場合の方が、 $\alpha = -68^\circ$ の場合よりも長いことが判る。

図16は、すくい角 $\alpha = -68^\circ$ 、切れ刃先端における切削溝深さ $y_t = 40 \mu$ の場合の切れ刃周辺の塑性変形領域を、等高線で示したものであり、図中の数字は、変形されていない被削材表面からの高さ (μ) を表す。図より明らかなように、すくい面前方における被削材自由表面上での塑性変形領域は、ほぼ円弧状に広がっており、その円弧の中心は、中心線上の点 O_1 と点 O との間に存在する。換言すれば、塑性変形領域の境界を表す等高線

図 15 切れ刃と被削材との接触長さ

図 16 すくい面前付近の塑性変形領域
($\alpha = -68^\circ$, $y_t = 40 \mu$) 図 17 すくい面下における硬度分布
($\alpha = -68^\circ$, $y_t = 40 \mu$)

の中心は、点 O_1 にあり、等高線の高さが大きくなるとともに、それらの等高線の中心は、点 O_1 から点 O に向かって移動している。被削材自由表面上における塑性変形領域が、円弧状に広がっていることは、切れ刃の進行とともに、塑性変形が被削材自由表面上で円弧状に伝播することを示しており、このことからすくい面前方の盛上り

現象と、切削溝両側の盛上り現象との関連性を見出すことができる。

図 17 はすくい角 $\alpha = -68^\circ$ 、切れ刃先端における切削溝深さ $y_t = 40 \mu$ の場合のすくい面下周辺の硬度分布を、等硬度線によって示したものである。この図より判るように、一つの等硬度線は、直線部と曲線部からなり、すでに生成された溝の下では、等硬度線は溝に平行な直線で与えられる。また、等硬度線の直線部は、硬度が低いほど、切れ刃先端直下からより前方(切れ刃の進行方向)まで続いている。この場合、それぞれの等硬度線の直線部と曲線部との境界点は、大体、切れ刃先端からすくい面に立てた垂線上にある。このことは、切れ刃先端において、すくい面に立てた垂線より前方において加工硬化現象が起り、その垂線より後方では、すでに加工硬化現象が完了していることを意味している。

4. 過渡的切削過程における切りくず生成条件

切れ刃切込み深さが零から次第に増加するような切削においては、切れ刃と被削材との接触始点からある点までは、被削材は弾性的に変形されるのみであり、切込み深さがある限界値よりも大きくなると、被削材は切れ刃下において塑性変形されるようになる²⁾。この塑性変形領域においては、被削材は塑性変形して切れ刃すくい面前方に堆積され、そのすくい面前方盛上りは、切込み深さが増加するとともに生長していく。この場合すくいのべたように、すくい面前方の盛上りが、相似形を保ちながら生長するときには、その塑性変形は安定しており、切りくず生成とは結びつかない。ここでは、過渡的切削過程において、切りくずがどのようにして生成されるかを検討する。

図 18 は、すくい角 $\alpha = -63^\circ$ の切れ刃による過渡的切削におけるクラックの発生およびその伝播を示す一例であり、図 19 は図 18 に示すような数多くの断面写真より確かめられた過渡的切削過程における切りくず生成機構を模式的に示すものである。これらの図から、大きな負すくい角をもつ切れ刃による過渡的切削過程における切りくず生成機構は、つぎのようであると考えることができる。過渡的切削過程において、弾性変形領域を経て塑性変形領域に入ると、被削材は塑性変形して、切れ刃すくい面前方に堆積されて前方盛上りを形成し(図 19 a)、すくい面前方盛上りおよび盛上り形状角は、切込み深さの増加とともに増加していく。すなわち、すくい面前方盛上りは、相似形を保つことなく生長していく。そして、ある点で前方盛上り部分の自由表面から、ほぼ水平方向にクラックが発生する(図 19 b)。さらに、切

込み深さが増加すると、クラックは生長伝播し、それと同時に、被削材はクラックの下で再び盛り (図 19 c) クラックが、切れ刃先端まで生長して、第一番目の切りくずが生成される時には、被削材のクラック下における盛りは、ある大きさに生長している (図 19 d)。切込み深さがさらに増加すると、盛り部分の自由表面から再びクラックが発生し (図 19 e)、それが伝播生長して第二の切りくずとなるといったように、切りくずは断続的に生成される。このような過渡的切削過程における切りくず生成機構を定量的に説明するために、盛り形状角と切りくず生成機構との関係を検討してみた。図 20 は、すくい角 $\alpha = -63^\circ$ の場合の主盛り形状角 β_{c1} と切削溝深さ y_t との関係を示す。図には、切りくずが生成されない場合 (すくい角 $\alpha = -68^\circ$ および $\alpha = -75^\circ$) の β_{c1} の変化も示してある。この図より判るように、塑性変形領域におけるすくい面前方盛りは、切込み深さとともに生長し、盛り形状角 β_{c1} も、切込み深さに比例して OA_1 線に沿って増加していく。盛り形状角 β_{c1} がある大きになると、すでにのべたように盛り部分の自由表面からクラックが発生し (A_1 点)、それが伝播生長して、 B_1 点において切りくずとして排除される。一方、 A_1 点において発生するクラックは、ほぼ水平方向であり、したがって、被削材のクラック下における盛りは存在せず、盛り形状角 β_{c1} も零である (C_2 点)。 A_1 点で発生したクラックが伝播生長する間に、被削材のクラック下における盛りは生長し、 B_1 点において第一番目の切りくずが生成されるときには、クラック下における盛り形状角 β_{c1} は、点 D_2 まで増加していることになる。さらに切込み深さが増加すると、前方盛りは生長し、盛り形状角 β_{c1} が点 A_2 まで増加した時、第二のクラックが、盛り部分の自由表面から発生する。このように過渡的切削過程において切りくずが生成されるためには、すくい面前方の盛り部分の形状を決定する盛り形状角 β_{c1} が、ある大きになることが必要である (すくい角 $\alpha = -63^\circ$ の場合、盛り形状角の限界値 $\beta_{c1} = 52.5^\circ$)。

本実験においては、切削速度 $V = 2 \text{ m/min}$ であり、この場合、すくい角 $\alpha = -68^\circ$ の切削では、切りくず生成は観察されなかった。しかし、すくい角 $\alpha = -68^\circ$ の切削においても、切削速度が高速 ($V = 1610 \text{ m/min}$) になれば、切りくずは生成されることが認められており³⁾、これらのことより、過渡的切削における切りくず生成機構に及ぼす切削速度の影響はかなり大きいと考えることができる。すなわち、盛り形状角の限界値および断続的に切りくずが生成される周期は、切れ刃すくい角およ

 図 18 切りくず生成 ($\alpha = -63^\circ$)

図 19 切りくず生成機構

 図 20 切りくず生成と盛り形状角との関係 ($\alpha = -63^\circ$)

び切削速度によって支配され、すくい角が小さいほど、また切削速度が大きいほど、それらは小さくなると考えられるが、この点は、今後解明すべき問題であろう。

低切削速度の過渡的切削過程において、切りくずが生成されるとき、クラックが最初に発生するのは、切れ刃先端近傍ではなく、すでにのべたとおりであり、その原因はかなり複雑であると考えられるが、定性的には、つぎのように考えることができよう。P.W. Bridgman が、塑性変形および破壊に及ぼす静水圧の影響を詳細に検討することによって明らかにしたように、金属は静水圧が低いほど、より小さな塑性歪で破壊する⁴⁾。そこで、いま、すくい面前方盛り部分の自由表面近傍における応力の静水圧成分と、切れ刃先端近傍のそれとを比較すると、理論解析に用いたすべり線場より明らかなように、前者の方が小さく、したがって、すくい面前方盛り部分の自由表面から、クラックが発生することになる。しかし、この考え方は、すでにのべたN形およびC形変形に対して成り立つのみで（本実験においては、すくい角 $\alpha = -63^\circ$ であり、ダイヤモンド切れ刃と被削材との間の摩擦係数は、 $\rho \approx 0.1$ であるから⁵⁾、N形変形となる）、すくい角 α が小さくなって、L形変形がすくい面下において起る場合には、切りくず生成機構は、上にのべたものと異なってくる可能性がある。

図21は、すくい角 $\alpha = -30^\circ$ の切れ刃による過渡的切削において生成された切りくずの断面を示すものであり、巨視的には完全に連続したようにみえる切りくずも、微視的には周期的に生成されており、その周期が非常に短いために、連続した切りくずのようにみえるのである。

図21 すくい角 $\alpha = -30^\circ$ の場合の切りくず
($V = 2 \text{ m/min}$)

5. 結 論

研削加工における砥粒切れ刃の切削過程のごとく、切れ刃切込み深さが零から次第に増加するような切削過程は過渡的であり、したがって、過渡的切削における切りくず生成機構を解明するためには、切削現象の前段階として存在する塑性変形領域における被削材の変形機構をまず明らかにしなければならない。

このような観点より、本研究においては、塑性変形領域における被削材の変形機構をすくい面前方の盛り現象に着目して検討し、低切削速度の過渡的切削過程における切りくず生成条件について考察した結果、つぎの結論をえた。

- 1) すくい角および切れ刃と被削材との間の摩擦係数により、理論的に塑性変形領域におけるすくい面下の変形には、三つの異なった形態が存在する。
- 2) すくい面前方における被削材の盛り部分の自由表面が、変形されてない被削材表面に対してなす角すなわち盛り形状角は、すくい角または摩擦係数が小さいほど大きい。
- 3) 塑性変形領域において、被削材は塑性変形してすくい面前方に堆積され、すくい面前方盛りを形成し、その盛りは切れ刃切込み深さの増加とともに生長するが、盛りが相似形を保ちながら生長する場合には、すくい面下の塑性変形は安定しており、切りくず生成に結びつかない。
- 4) 塑性変形は、被削材表面上ではほぼ円弧状に伝播する。
- 5) 盛り形状角がある値になると、すくい面前方盛り部分の自由表面からクラックが発生し、それが伝播生長して切りくずとなる。
- 6) 大きな負のすくい角の切れ刃による低切削速度の過渡的切削においては、切りくずは一定周期で断続的に生成される。

参 考 文 献

- 1) 岡村健二郎, 中島利勝ほか1名; 砥粒切れ刃による切削現象の研究(第7報), 精密機械, **34**, 2 (1968) 128.
- 2) 岡村健二郎, 中島利勝ほか2名; 砥粒切れ刃による切削現象の研究(第4報), 精密機械, **33**, 3 (1967) 161.
- 3) 岡村健二郎, 中島利勝; 砥粒切れ刃による切削現象の研究(第6報), 精密機械, **33**, 5 (1967) 312.
- 4) P.W. Bridgman; Studies in Large Plastic Flow and Fracture, Harvard University Press, 1964.
- 5) F.P. Bowden and D. Tabor; The Friction and Lubrication of Solids, Part II, Oxford, 1964.