



Title	多数刃工具の切削抵抗に及ぼす歯室形状の効果
Author(s)	大島, 正裕; Ohshima, Masahiro; 金内, 忠彦 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 170, 1-7
Issue Date	1994-07-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42432
Type	departmental bulletin paper
File Information	170_1-8.pdf



多数刃工具の切削抵抗に及ぼす歯室形状の効果

大 島 正 裕 金 内 忠 彦

(平成 6 年 3 月 28 日受理)

Effect of the Gullet Shape on Cutting Resistance of the Saw

Masahiro OHSHIMA, Tadahiko KANAUCHI

(Received March 28, 1994)

Abstract

Blades with several forms of gullet tested to examine the effect of gullet shape on cutting resistance. The variable K was defined as the of the chip volume to gullet volume in order to assess the volume of accumulated chips in the gullet for each case.

The results are summarized as follows :

- (1) The friction force between the wall of a flute and the amount of accumulated chips in the gullet increases in proportion with driving force on the blade and with wall area.
- (2) The amount of accumulated chips in the gullet prominently the cutting thrust force.
- (3) Once K has begun to influence the cutting resistance, it increases with traverse feed rate.
- (4) K decreases with increase in area of the gullet for all shapes tested.
- (5) The increment rate of cutting thrust force for the ratio K was the smallest in the case of gullet type E.
- (6) Through out the range of gullet shapes tested, the ratio K began to influence the cutting resistance at 30% to 45%.

1. ま え が き

多数刃工具による加工にはのこ刃に代表される帯のこ、弓のこ、丸のこによる切断加工、ブローチ、フライスにおける溝加工、ドリル等による穴加工など多種にわたる。多数刃工具における歯室の役割は一枚の刃が被削材を切削中に排出される切屑の収容であり、歯室は重要な役割を持っている。すなわち、溝加工が進行し、一對の刃と歯室が加工溝中に入り始めてから歯室が加工溝中より解放されるまでの間、切屑が過度に蓄積されると切削抵抗に大きな影響を与え、溝加工精度の低下、さらには工具の破損を招くことがあり、加工能率の低下につながる。そこで、多数刃工具の切削抵抗および切屑の歯室内での蓄積の度合いを定義し、モデル的に歯室に切屑の蓄積状態を作り、歯室形状、切削条件等から切削抵抗に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 切屑の充填実験方法

歯室内に蓄積された切屑と被削材の溝側面との摩擦力，また種々の形状になる切屑を押し込めるための力（切屑押し込め荷重）が切屑容積比に対してどのように変化するのか，以下の実験を行った。実験装置概略を図1に示す。(1)歯室に相当する空隙で不動部である。切屑がここに充填される。(2)歯室の容積を一定にするために縁がついていて，ある深さ以上下がらない。切屑押し込み押しさえであり，この上部から荷重が加えられる。(3)被削材の溝壁に相当する部分で交換でき，移動する部分である。(4)切屑を充填する荷重を測定するためのばね秤(最大160kg)(5)ベルトを介して低速モータで移動させるためのプーリで，回転することによりねじ送りで(6)が移動する。また，ここに歪みゲージを貼り，切屑を充填した後に溝壁部を移動させるに要する力（摩擦力）を測定する。

供試材料として，比較的被削性のよい黄銅を用いた。その化学成分および機械的性質を表1に示した。切屑は丸棒の円周および長手方向に溝を加工しておき旋削によって得た。従って切屑の長さとは幅はほぼ一定のものが得られる。切屑形状を表2に示した。黄銅の比重8.432であった。壁面の表面粗さは移動方向で $R_{max}=7.0(\mu m)$ ， $R_a=1.0(\mu m)$ ，幅方向で $R_{max}=15.0(\mu m)$ ， $R_a=2.0(\mu m)$ であった。充填用空隙部は幅2(mm)とし，Box-1：20×20(mm)，Box-2：20×10(mm)の二種類を用いた。

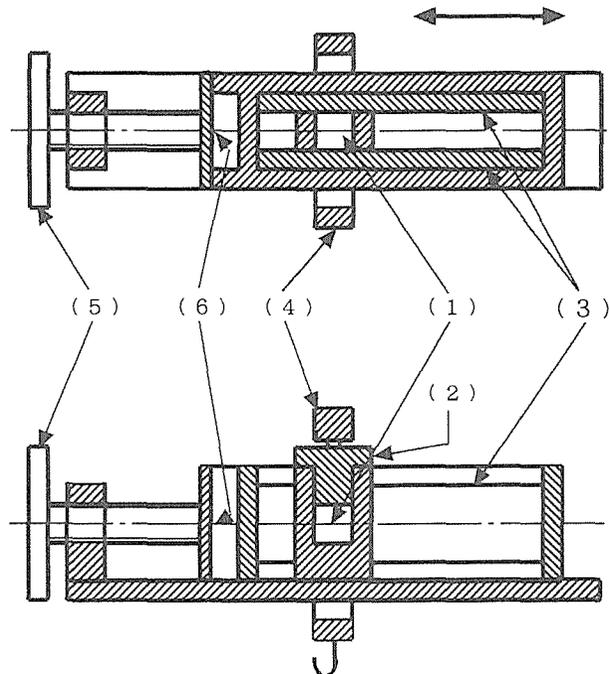


図1 切屑充填実験装置

表1 供試材料

材 質	C 3 7 1 1
Cu %	57.0 ~ 61.0
Pb %	0.50 ~ 2.50
Zu %	残 部
引張強さ	<32(Kg/mm ²)
伸 び	<15 (%)

表2 切屑形状

切屑番号	Chip-1	Chip-2	Chip-3
切屑重量 (mg)	8.3	11.0	15.3
切屑長さ (mm)	2.4	4.2	6.0
切屑幅 (mm)	1.2	1.3	1.5
切屑厚さ (mm)	0.2	0.2	0.2

2.2 モデル歯による実験方法

実験は汎用旋盤に丸棒(φ145×200)を四爪単動チャックで固定し、回転センタで支持して行った。材質は表1と同様である。供試のこ刃は弓のこ盤に使用されるブレード(600×50×2.4×3T, SKH9)からあさが付いていない部分を切り出し、歯室を一つ持つように所定の形状寸法に研削仕上げした。モデル歯の刃先はすくい角0°, 前逃げ角30°, 刃先曲率半径0.06(mm), 刃幅2.3(mm)である。モデル歯の形状を図2に、その諸元を表3に示した。モデル歯Aは歯室形状を変えていない歯である。モデル歯のピッチは被削材の外径に制限があるため大きくは変えられない。すなわち、ピッチを大きくすると歯室上部より切屑が逃げる恐れがあるためである。切削条件は回転数 6.37×10^{-2} (rad/sec), 約4.40~4.72(mm/sec)の極低速である。被削材の凸部の幅(切削幅)は2.1(mm)とし、乾式二次元切削である。モデル歯Aについては送りの影響を見るため、0.022, 0.045, 0.069(mm/rev)の横送りした。その他のモデル歯は、送り量0.022(mm/rev)である。実験手順は数回転切削して定常な切込み状態になった後、歯室の両側面を拘束して切屑を蓄積させる。所定の切削距離削った後、歯室に蓄積された切屑を化学天秤(最小読みとり値0.1mg)にて測定した。モデル歯は工具動力計に装着され、切削抵抗は動ひずみ計を介し、電磁オシログラフに記録される。切削方法を図3に示した。

表3 モデル歯の諸元

モデル歯の種類	A	B	C	D	E	F
ピッチ (mm)	8.50	8.87	4.76	7.60	3.00	7.60
歯 高 (mm)	4.40	5.12	4.76	3.80	7.60	3.00
歯室面積 (mm ²)	22.2	21.7	25.5	25.6	19.7	20.3
歯室容積 (mm ³)	51.1	49.9	58.7	58.9	45.3	46.7

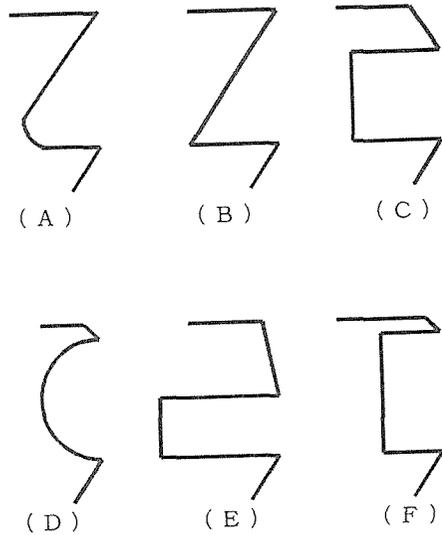


図2 歯室形状

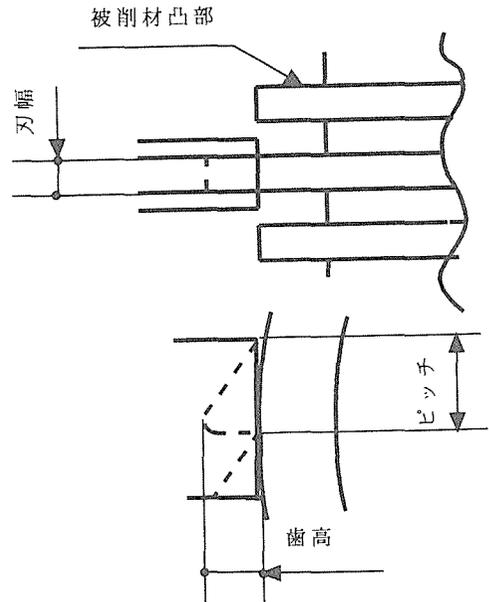


図3 切削方法

3. 実験結果と考察

3.1 切削抵抗と切屑容積比について

多数刃工具による溝切削中の切削抵抗は P_1 , P_2 を主分力, 背分力として, 次のように表せる。

$$P_1 = P_{1.1} + P_{1.2} + P_{1.3} + P_{1.4} \quad (1)$$

$$P_2 = P_{2.1} + P_{2.2} + P_{2.3} + P_{2.4} \quad (2)$$

$P_{1.1}$, $P_{2.1}$: 刃先丸みによる押し込み力

$P_{1.2}$, $P_{2.2}$: せん断破壊による抵抗力

$P_{1.3}$, $P_{2.3}$: 刃側面と溝壁面との摩擦力

$P_{1.4}$, $P_{2.4}$: 多数刃工具に特有な項で切屑が歯室の収容能力を越えた場合の抵抗力

実験方法(2.2)に示す切削方法においては, 刃側面の摩擦抵抗を ($P_{1.3} = 0$, $P_{2.3} = 0$) とし
て考えられる。

歯室における切屑の充填度合いを以下のように定義し, 切屑容積比とした。

$$K = W / (V \cdot \gamma) \quad (3)$$

W: 歯室内に蓄積した切屑重量

V: 歯室容積

γ : 被削材の比重

3.2 切屑の充填実験について

図4は切屑形状を変えた場合の切屑押し込み荷重と切屑容積比の関係である。切屑は約1(g)ずつ加えている。自然状態で充填された切屑は充填直後において配置が容易に変えられるため曲線

的である。その後、切屑容積比に対して、ほぼ直線的に増加する。押し込め荷重を加えていくと切屑の一部は塑性変形や破壊が生じ、元の切屑形状ではなくなるので、同じ切屑は使うことができない。直線近似した場合の押し込め荷重を要し始める切屑容積比は各々、Chip-1 : 0.360, Chip-2 : 0.213, Chip-3 : 0.187, であった。切屑形状が小さい方が密に充填され、切屑容積比に対する切屑押し込め荷重の増加率も大きくなる。

図5は押し込め荷重下で、溝側面として想定した壁面を移動させるための力(摩擦力)である。切屑充填部の容積(摩擦壁面の面積)を変えている。切屑押し込め荷重に対して、ほぼ比例する。また、摩擦面積が1/2の場合には摩擦力も約1/2であった。いずれの切屑においても切屑容積比の違いはあってもほぼ同様であった。これらのことから、切屑が歯室内にある一定以上蓄積されると溝壁面に影響し、溝壁面性状を荒らすと考えられる。

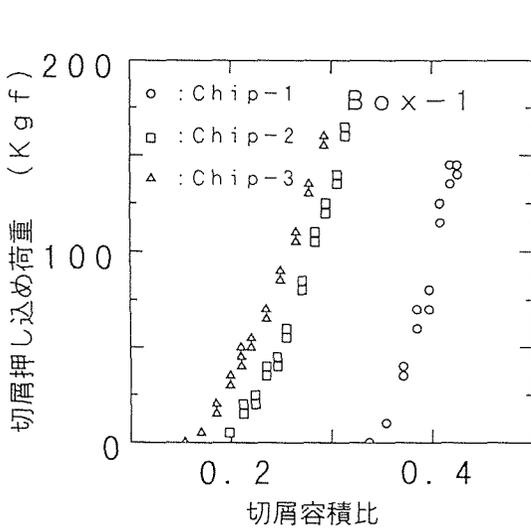


図4 切屑押し込め荷重と切屑容積比

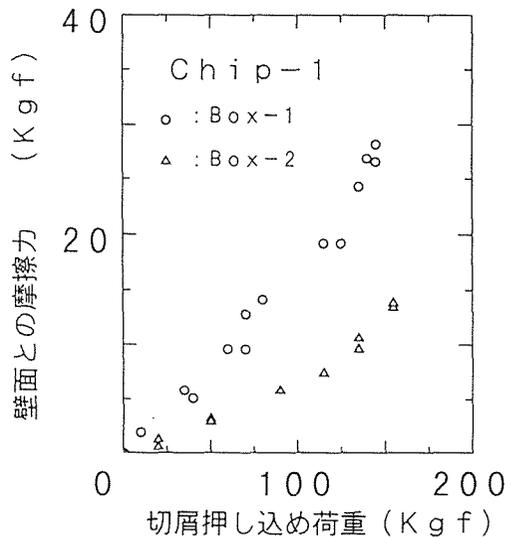


図5 溝壁面への影響

3.3 モデル歯による実験について

図6はモデル歯Aを用いて切削した場合の切屑容積比に対する切削抵抗である。切削距離約50(mm)ごとに切削を止め、切屑重量からの切屑容積比とそのときに記録された最大切削抵抗を示している。切削距離が進むと切屑重量の増加率は徐々に減少してくるが、その屈折点は明確に特定できない。両方向分力とも増加するが、特に背分力の増加が顕著である。これは設定送りで材料を削っておらず、蓄積した切屑が被削面を圧壊して工具または材料が逃げるいるためと思われる。切屑がデッドメタル化した場合には過切削となり異常な切削抵抗が主分力方向に働き刃先のチッピングや折損に至る可能性がある。本実験は極低速で行っているが、実用切削速度領域においては切削抵抗の急激な増加や高温による切屑の付着なども考えられ、危険な状態が起こる。このように測定した結果を各モデル歯について得た。さらに、定常切削抵抗分である ($P_{1.1} + P_{1.2}$ または $P_{2.1} + P_{2.2}$) を差し引き、切削抵抗の増分を直線近似して、傾きを増加率とした。また、定常切削抵抗と近似直線の交点における切屑容積比を各分力による限界切屑容積比とした。

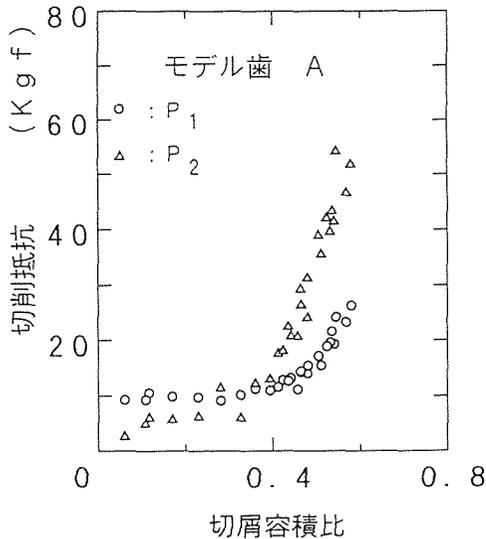


図6 切削抵抗と切屑容積比

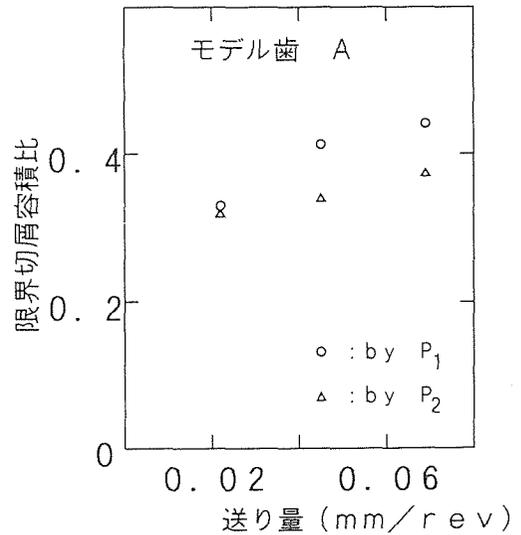


図7 限界切屑容積比への送りの影響

図7は送り量に対する限界切屑容積比である。送り量の増加に対して両方向分力による限界切屑容積比とも大きくなる傾向が見られた。これは、旋削された切屑がカールしていることおよび切屑厚さのためと思われる。主分力の増加率は100~120, 背分力の増加率は210~220(Kgf)であり、送りに対する傾向は見られなかった。

図8は各モデル歯によって削った場合の限界切屑容積比を歯室面積で整理したものである。図の上部には歯室面積順を記した。主分力による限界切屑容積比は背分力による限界切屑容積比とほぼ同様かそれより大きい。背分力による限界切屑容積比は歯室面積に対して下がる傾向が見られる。このことは、歯室面積(歯室容積)が大きくても歯室内が有効に利用されないことを示している。

図9は背分力の増加率を各モデル歯について、歯高で見たものである。図の上部にモデル歯の歯高順を記した。歯室形状を変えていないモデル歯Aに対して、モデル歯E以外のモデル歯は増加率が大きい。歯高が最も大きいモデル歯Eは増加率が最も小さく、限界切屑容積比を越えた場合の切削抵抗の増加に対して有利である。しかし、主分力の増加率は歯高が大きくなるのに対し大きくなっている。そこで、合成力で見たが、歯高に対して同様な傾向であった。モデル歯Eは図8の限界切屑容積比が大きい点からも有効な歯室と言えるが、刃先強度の面からは歯高に制限もあるので、歯室形状の設計には注意を要する。以上のことは、連続的に生じる切屑が歯室内を大きな摩擦もなく移動していくので、刃先近傍での停滞がなく、切削を阻害しなかったためと思われる。モデル歯E, Cは他のモデル歯に比べピッチが約半分であるが特に影響は見られなかった。多数刃工具による加工では、切削中の溝から解放された歯室に、收容されていた切屑が遠心力または、それまで切屑を押し込めていた圧縮力の解放により、歯室内から歯室外に飛び出す必要がある。切屑が密に充填されてしまう場合には、そうした力により飛散しない恐れも考えられる。歯底部の丸みについてはモデル歯AとBと比較したが顕著な影響は見られなかった。しかし、実際の加工状況から考えると、切屑の飛散にとって重要な形状要素である。

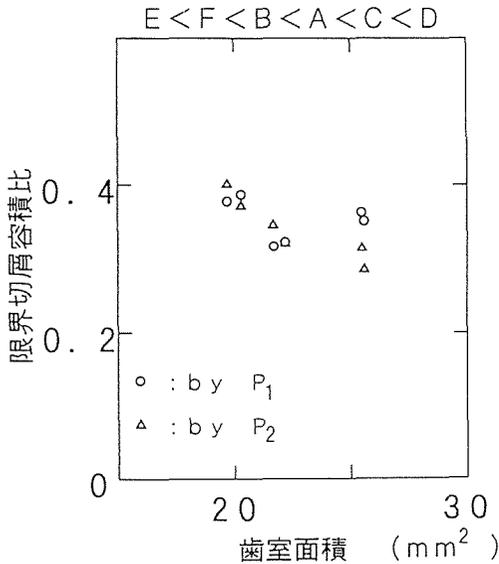


図8 モデル歯の限界切屑容積比

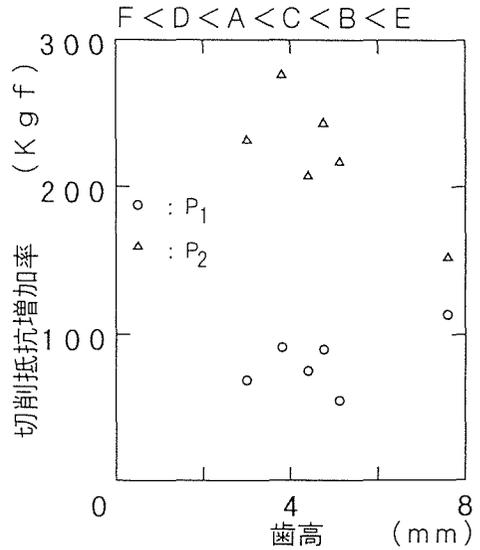


図9 モデル歯の切削抵抗増加率

5. むすび

多数刃工具に必要な不可欠な歯室について、切屑容積比を定義し、モデル歯により切削抵抗に及ぼす影響について検討した結果、以下のような結論を得た。

1. 歯室内に蓄積される切屑と加工溝壁との摩擦力は切屑押し込め荷重および摩擦面積に比例する。
2. 歯室内の切屑は背分力に顕著な影響を与えた。
3. 横送り量に対して限界切屑容積比が大きくなった。
4. 限界切屑容積比は歯室面積（歯室容積）が大きい方が小さくなる傾向を示した。
5. 限界切屑容積比を越えた場合の背分力の増加率はモデル歯Eが最小であった。
6. 全モデル歯による実験を通して、限界切屑容積比は0.3～0.45の範囲であった。

参考文献

- 1) 土肥 修, 金内忠彦, 山下良雄: 日本機械学会講演論文集, No.750-6(1975), p.35~38
- 2) 金内忠彦, 山下良雄: 日本機械学会講演論文集, No.752-1(1975), p.93~96
- 3) 金内忠彦, 村上 毅: 日本機械学会講演論文集, No.762-1(1976), p.46~48