



Title	単板剥ぎ取り機械に関する研究 (VI) : 工具すくい面に働く切削応力の分布
Author(s)	杉山, 滋
Citation	長崎大学教育学部自然科学研究報告. vol.59, p.25-30; 1998
Issue Date	1998-06
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10069/6188">http://hdl.handle.net/10069/6188</a>
Right	

This document is downloaded at: 2019-06-19T23:22:19Z

## 单板剥ぎ取り機械に関する研究 (VI)\*

工具すくい面に働く切削応力の分布

杉 山 滋

長崎大学教育学部工業技術教室

(平成10年3月13日受理)

## Studies on Veneer Cutting Machine (VI)\*

Cutting Stress Distribution on Tool Rake Face

Shigeru SUGIYAMA

Department of Technology, Faculty of Education,

Nagasaki University, Nagasaki 852-8521

(Received March 13, 1998)

### Abstract

In the veneer cutting process, it is important to obtain the actual cutting stress distributions on the interface between the tool and the veneer during cutting, and to investigate the changes of the cutting stress behavior depending on the workpiece conditions and cutting conditions, but few studies have dealt with the exact measurements of the cutting stress distributions. The main objective of this paper is to obtain quantitative information on them. The method of measurement was based on the use of a composite tool which was divided into two parts parallel to a cutting edge in order to measure separately the force on one section of the tool. Using this tool, the stress distribution on a rake face was measured directly in the veneer cutting without a pressure bar.

### 1. 緒 言

单板切削現象の解明には、单板および被削材の変形ならびに破壊が如何にして起るか

---

\* 前報「单板剥ぎ取り機械に関する研究 (V)」は、長崎大学教育学部自然科学研究報告 第58号 73~77 (1998) に掲載。

— 即ち、切削機構の解明 — ，その原因となる切削力が如何にして与えられ、そしてそれらが被削材内部に伝達されてゆくか — 即ち、切削力の解析 — を明らかにすることが重要となる。

工具すくい面に働く切削応力分布を測定することは極めて難しく、これまでに全くその測定例がない。そこで本研究では、工具すくい面に働く切削応力分布を測定し得る極めて特殊な実験用切削応力測定工具（以下では、分割工具という。）を考案し、これを用いて切削応力分布を明らかにすることを試みた。

## 2. 切削応力分布の測定原理と分割工具による切削実験

すくい面上の垂直応力  $\sigma$  が図1に示すような分布をしていたと仮定すると、刃先から単板離脱点までの任意の距離  $l$  までの単位切削幅当りの垂直力  $N(l)$  を測定すれば、 $N(l)$  はすくい面上の垂直応力分布  $\sigma(l)$  とつぎの関係が成立する。

$$N(l) = \int_0^l \sigma(l) dl \quad (1)$$

ついで、 $l$  を微小量  $\Delta l$  だけ増加させたときの垂直力  $N(l + \Delta l)$  は、次式で表し得る。

$$N(l + \Delta l) = \int_0^{l+\Delta l} \sigma(l) dl \quad (2)$$

したがって、微小区間  $\Delta l$  における平均垂直応力は、

$$\begin{aligned} \sigma(l) &= dN / dl \cong \Delta N / \Delta l \\ &= \{(N + \Delta N) - N\} / \Delta l \quad (3) \end{aligned}$$

となり、近似的に  $l$  位置での垂直応力とみなし得る。同様にして、摩擦応力分布  $\tau(l)$  は、

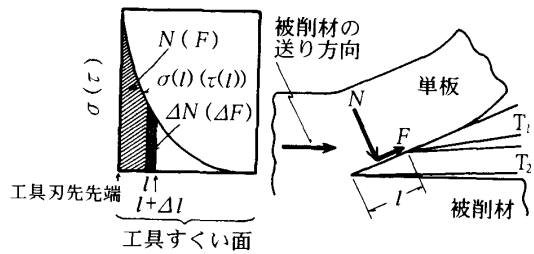


図1 切削応力分布の測定原理

$N$  (または、 $F$ ) : 工具すくい面に加わる垂直力 (または、摩擦力) ;  $l$  :  $T_2$  ナイフのすくい面長さ ;  $\sigma$  (または、 $\tau$ ) : 工具すくい面と単板との接触境界面に働く切削応力で、工具すくい面に垂直方向に働く垂直応力 (または、工具すくい面に平行方向で、切れ刃線に垂直方向に働く摩擦応力)

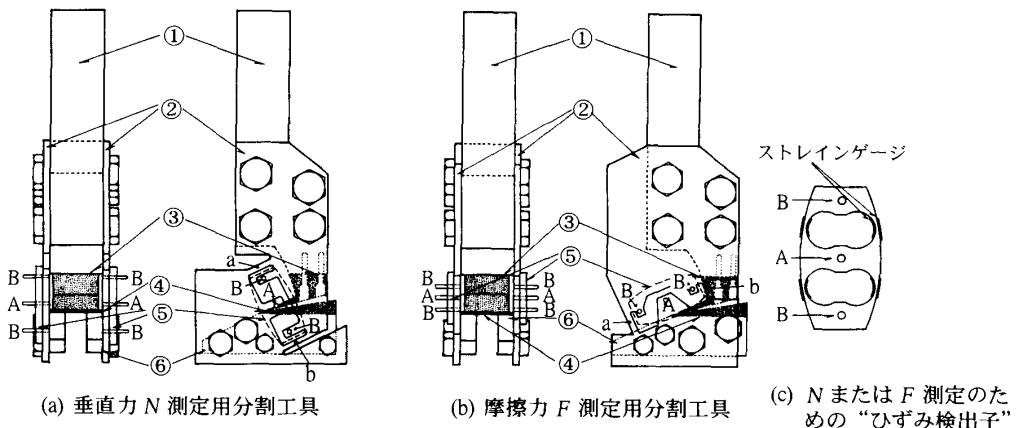


図2 分割工具の概要と工具すくい面に加わる垂直力  $N$  および摩擦力  $F$  の測定原理

① :  $T_1$  ナイフおよび  $T_2$  ナイフを固定するための工具本体 ; ② : 工具本体①に  $T_2$  ナイフを固定するための弾性側板 ; ③ :  $T_1$  ナイフ ; ④ :  $T_2$  ナイフ ; ⑤ :  $N$  または  $F$  測定のためのひずみ検出子 ; ⑥ :  $T_2$  ナイフを固定するための固定治具

$$\tau(l) = dF / dl \cong \Delta F / \Delta l = \{(F + \Delta F) - F\} / \Delta l \quad (4)$$

即ち、刃先から単板離脱点までのすくい面上の  $l$  位置での  $N(l)$  および  $F(l)$  を測定すれば、(3)式および(4)式を用いて、 $\sigma(l)$  および  $\tau(l)$  を測定することができる。

図2は、上記の  $l$  の変化に伴う  $N$  または  $F$  を測定するために考案した分割工具であり、図のように、 $N$  または  $F$  は別々に測定される。いずれの分割工具も  $T_1$  および  $T_2$  の2個のナイフにより構成され、それらは完全に分離している（詳細は、既報<sup>1)</sup> 参照）。なお、この  $T_1$ 、 $T_2$  の組み合わせにより、分割工具には、図3に示す4通りの使い方<sup>\*1</sup> ができる。

すくい面に働く切削応力分布の測定に先立ち、すくい面上に接触する単板の接触長さ  $l_k$  の大きさやその変動を明らかにした。 $l_k$  の測定結果の一例と  $l_k$  の変動状態を図4(a)に示した。このプレッシャバーを作用させない切削実験からの測定例からも明らかのように、 $l_k$  の変動は著しく、 $l_k$  の大きさ自体も非常に小さい。切込量  $t$  を増加させると、折れ形切削の様相を呈し、 $l_k$  の変動はさらに著しく大きくなる。とくに、裏割れ発生の直前・直後で  $l_k$  の大きさに著しい差が生じる<sup>\*2</sup>。 $l_k$  の測定結果を、統計的処理によってとりまとめると、

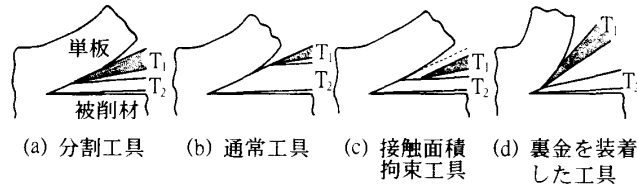


図3  $T_1$  ナイフと  $T_2$  ナイフの設定の相異なる分割工具の4つの異なる使い方

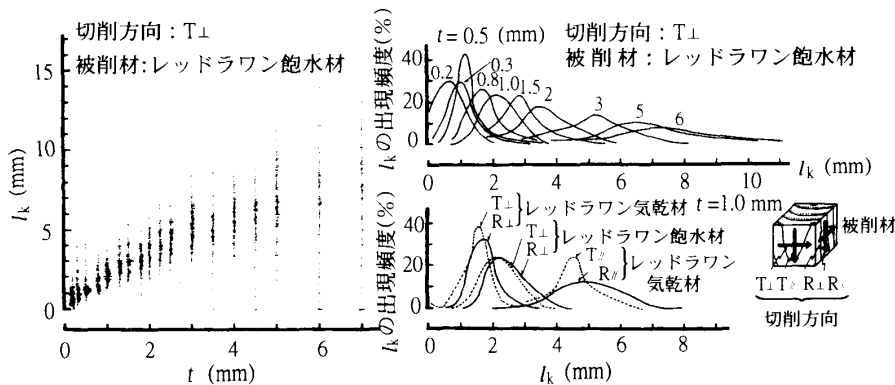


図4(a) 工具すくい面と単板との接触長さ  $l_k$  の変動

\*1 分割工具には、つぎの4通りの使い方ができる。(a) 通常の切削と同じ工具-単板接触長さを与え、その接触域の中で切削応力の測定が可能となる場合、(b)  $T_2$  のみを使用し、分割工具を通常工具として用いる場合、(c)  $T_1$  を著しく後退させ、人為的に接触面積を拘束して用いる場合（接触面積拘束工具）、(d)  $T_1$  が回転鉋や手鉋などのチップブレイカや裏金として作用している場合。とくに、(c)および(d)は、(4)式の  $\tau(l)$  の圧力依存性を究明する場合に利用できる。

\*2  $l_k$  の変動状態を頻度曲線にした図4から明らかのように、 $l_k$  はその平均値付近に最も度数が集中し、切込量  $t$  を増加させるほど平均値付近の度数集中が減少する。この正規分布に類似した頻度曲線から考えると、実際の切削中のすくい面上の任意位置における切削応力の変動も、同様に極めて著しいことが推測される。とくに、すくい面の刃先からの位置によっては、裏割れの存在のために、みかけの接触長さとなる部分が存在し、その結果、生じる切削応力の変動は極めて著しいことが予想される。

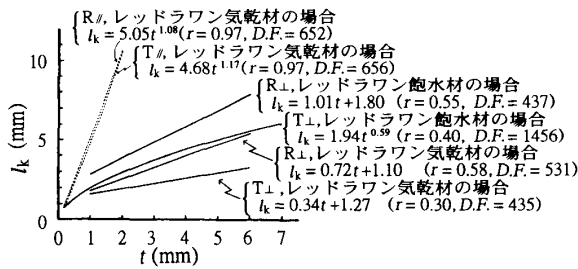


図4(b) 切込量 $t$ および切削方向の変化に伴う工具すくい面と単板との接触長さ $l_k$ の変動

切削方向 ( $T_{//}$ ,  $T_{\perp}$ ,  $R_{//}$ ,  $R_{\perp}$ ): 図4(a) 参照;  
 $l_k$ :  $t$ の実験範囲において, 切削方向ごとに最小二乗法により関数化している ( $r$ : 相関係数;  $D.F.$ : 自由度)

図4(b)のように,  $l_k$ の平均的な大きさを $t$ ごとに求めることができる。このような $l_k$ の大きさと変動から考えてみた場合, 切削応力の正確な測定が極めて難しいことがわかる。このような $l_k$ の実測値を考慮して,  $T_2$ ナイフのすくい面長さ $l$ を変化させて,  $N, F$ の測定を行うこととなる。

### 3. 切削力の変動と切削応力の測定

$N, F$ の測定に先立ち, レッドラワンを被削材(気乾材, 飽水材の両場合)としたプレッシャバーを作用させない場合の切削抵抗 $R$ (合力)の変動を明らかにした。 $R$ の背分力 $F_V$ を例にとり, それの切込量 $t$ の変化に伴う変動を図5に示した。また, 分割工具による同材を用いてのバーを作用させない場合の単板切削実験により測定された摩擦力 $F$ の変動の一例(分割工具による実験は図3(b)の場合で行っている。)を図6に示した。図5, 図6より明らかなように,  $t$ を一定として考えた場合,  $F_V$ あるいは $F$ の極大値と極小値の差は著しく大きい。 $t$ を増加させるほど, この変動傾向はさらに大きくなる。このような変動であっても, 割れの発生する直前では $F_V$ あるいは $F$ の極大値は $t$ と比較的相関が高いことが判明している<sup>1)</sup>。また, 図6からも明らかなように, プレッシャバーを作用させないと,  $F$ の測定波形は工具切れ刃による割れの繰返しである現象を読みとることができる。このような単板が工具すくい面を擦過するから, 摩擦力 $F$ の波形は, 巨視的にみれば, 刃先端部(ノーズ部)を含めた工具すくい面と単板との接触による一種のスティック(付着)-スリップ(滑り)現象とみなし得る。図6の矢印の位置を測定し, それらの平均値を $F$ とすれば, スティック-スリップの極大値を測定することになるから, このような測

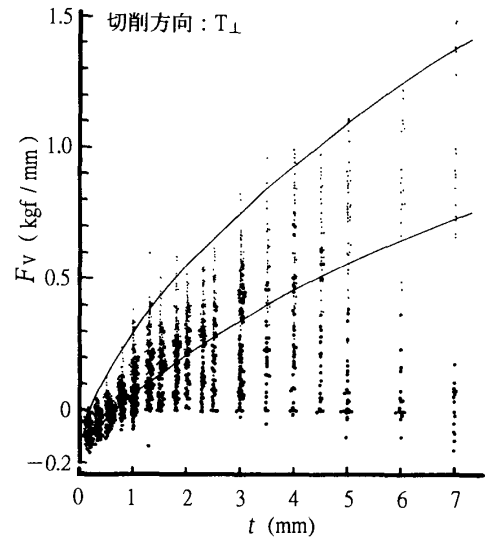


図5 プレッシャバーを作用させない場合における切込量 $t$ の変化に伴う切削抵抗の背分力 $F_V$ の変動(通常工具による切削実験における $F_V$ の測定例)

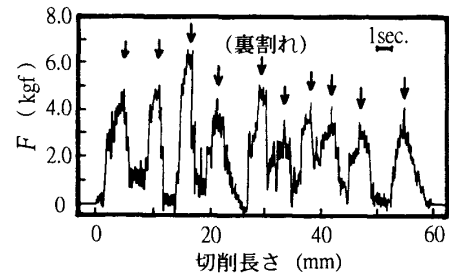


図6 摩擦力 $F$ 測定用分割工具によるプレッシャバーを作用させない場合の単板切削実験における摩擦力 $F$ の変動の測定例(オシログラフに描かれた $F$ の波形) 切削方向:  $T_{\perp}$

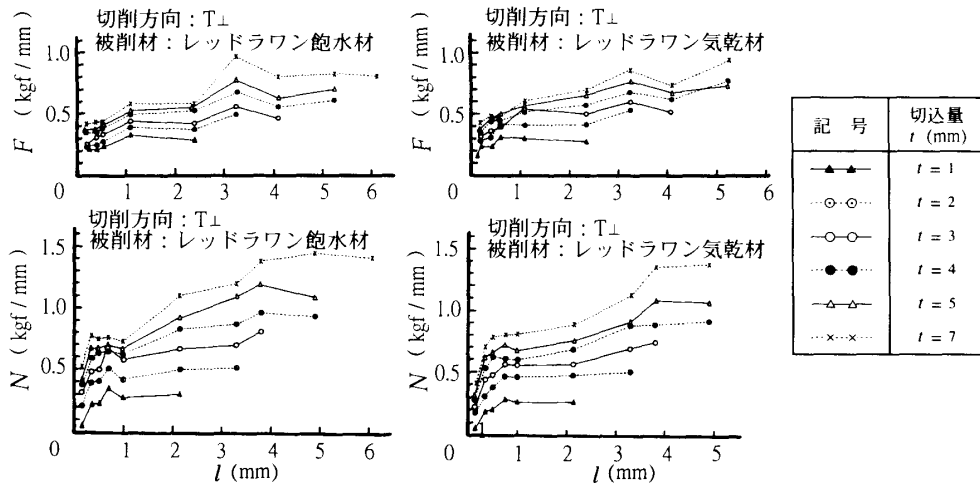


図7 分割工具の  $T_2$  ナイフすくい面長さ  $l$  の変化に伴う摩擦力  $F$  および垂直力  $N$  の変動の測定例

定方法における  $F$  は、静摩擦力の極大を意味することとなる。

分割工具の  $T_2$  ナイフのすくい面長さ  $l$  を種々変化させて単板切削実験を行い、 $T_2$  に加わる垂直力  $N$  および摩擦力  $F$  の変化の一例を図6および図7に示す。統計的処理により、図6および図7の  $N, F$  (kgf/mm) と  $l$  (mm) との関係の最良近似式を求めると、切込量  $t$  の影響を考慮に入れて、次式で表し得た。

切削方向が板目面の横切削では、

$$\left. \begin{array}{l} \text{気乾材} \left\{ \begin{array}{l} N = 0.267 t^{0.599} \cdot l^{0.288} \\ F = 0.324 t^{0.295} \cdot l^{0.207} \end{array} \right\} \\ \text{飽水材} \left\{ \begin{array}{l} N = 0.314 t^{0.540} \cdot l^{0.243} \\ F = 0.258 t^{0.389} \cdot l^{0.238} \end{array} \right\} \end{array} \right\} \quad (5)$$

また、切削方向が柁目面の横切削では、

$$\left. \begin{array}{l} \text{気乾材} \left\{ \begin{array}{l} N = 0.264 t^{0.550} \cdot l^{0.298} \\ F = 0.279 t^{0.275} \cdot l^{0.175} \end{array} \right\} \\ \text{飽水材} \left\{ \begin{array}{l} N = 0.252 t^{0.516} \cdot l^{0.269} \\ F = 0.221 t^{0.471} \cdot l^{0.196} \end{array} \right\} \end{array} \right\} \quad (6)$$

なお、これらの(5)式、(6)式が成立するのは、いずれも  $l$  が0.20 mmから単板離脱点の  $l_k$  付近までで、しかも  $t$  が1 mmから7 mmまでの範囲である。これらの(5)式、(6)式を  $l$  について微分すれば、すくい面に働く垂直応力  $\sigma$  (kgf/mm<sup>2</sup>) および摩擦応力  $\tau$  (kgf/mm<sup>2</sup>) を求めることができる\*3。即ち、切削方向が板目面の横切削では、

\*3 (5)式、(6)式は、 $t, l$  の2因子の変動を考慮したかなり平均化された実験式であるため、 $\sigma, \tau$  を求めるときには、(5)式、(6)式を用いずに、もとのデータをより近似させるため、一つの因子  $l$  のみの変数を用いた実験式を  $l$  について微分し、得られたそれぞれの式について、係数およびべき指数を  $t$  について整理した。その結果、(5)式、(6)式を直接用いて微分した場合に比べて、(7)式、(8)式では、係数およびべき指数が若干異なった。

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 \text{気乾材} & \begin{cases} \sigma = 0.079 t^{0.582} \cdot l^{-0.712} \\ \tau = 0.051 t^{0.485} \cdot l^{-0.793} \end{cases} \\
 \text{飽水材} & \begin{cases} \sigma = 0.062 t^{0.677} \cdot l^{-0.757} \\ \tau = 0.057 t^{0.434} \cdot l^{-0.762} \end{cases}
 \end{aligned} \right\} (7)
 \end{aligned}$$

また、切削方向が柀目面の横切削では、

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 \text{気乾材} & \begin{cases} \sigma = 0.076 t^{0.575} \cdot l^{-0.702} \\ \tau = 0.047 t^{0.295} \cdot l^{-0.825} \end{cases} \\
 \text{飽水材} & \begin{cases} \sigma = 0.074 t^{0.423} \cdot l^{-0.731} \\ \tau = 0.053 t^{0.323} \cdot l^{-0.804} \end{cases}
 \end{aligned} \right\} (8)
 \end{aligned}$$

これら(7)式、(8)式により、すくい面に働く切削応力分布の平均的な傾向が判明した。即ち、刃先付近より単板離脱点に向うに伴い $\sigma$ 、 $\tau$ はいずれも指数関数的に減少し、しかも $t$ の増加により $\sigma$ 、 $\tau$ は指数関数的に増加することが判る。いま、一例として、レッドラワン気乾材で、 $t=3.0$  mm、切削方向が柀目面の横切削の場合のすくい面上の切削応力の分布を図8に示す。これら実測したすくい面に働く切削応力分布に基づき、光弾性実験などのモデル実験などの報告<sup>2)</sup>をも参照すると、刃先先端部(ノーズ部)を含めた工具切れ刃面上に働く切削応力の分布状態の平均的傾向を、図9のように予測することができる。

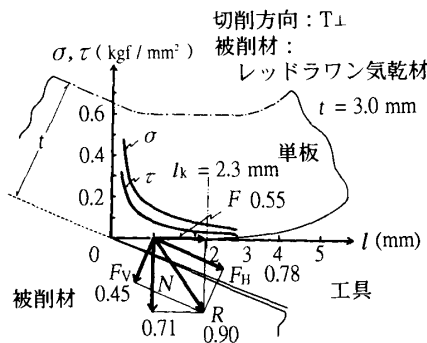


図8 工具すくい面に働く切削応力分布(垂直応力 $\sigma$ および摩擦応力 $\tau$ )の測定例

$F_H$  および  $F_V$ : 工具に加わる切削抵抗  $R$  の主成分および背成分(数字は、それらの実測値 kgf/mm);  $N$  および  $F$ : 工具すくい面に働く垂直力および摩擦力 ( $R$  を工具すくい面に垂直方向および平行方向に分解した切削抵抗の分力に相当);  $l$ : 刃先から単板離脱点へ向うすくい面の距離;  $l_k$ : 実際の工具すくい面と単板との接触長さの実測値;  $t$ : 切込量; 切削方向  $T_{\perp}$ : 図4(a)参照

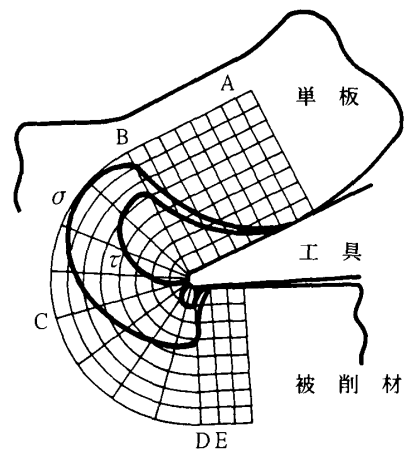


図9 工具切れ刃面に働く切削応力分布

切れ刃面をすくい面(A-B間)、逃げ面(D-E間)および刃先端部(ノーズ部)(B-C-D間)に分けた場合におけるそれらの部位に働く垂直応力 $\sigma$ および摩擦応力 $\tau$ の分布(推定図)

文 献

- 1) 杉山 滋: 木材学会誌, 23(10), 472 (1997).
- 2) 奥島啓式 ほか: 精密機械, 36, 629 (1970).