

単板剥ぎ取り機械に関する研究 (VII)*

工具すくい面摩擦応力の圧力特性の解析

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 (VII)*

Frictional Characteristics on Tool Rake Face

Shigeru SUGIYAMA

Department of Technology, Faculty of Education,

Nagasaki University, Nagasaki 852-8521

(Received March 13, 1998)

Abstract

In order to make clear the frictional behavior which is related to cutting forces, tool wear, surface roughness of veneer and so on, a more fundamental research under actual cutting conditions was carried out. In the present paper, the frictional characteristics on the rake face were made clear, based on the results of the cutting stress distributions on the interface between the tool and the veneer in veneer cutting without a pressure bar.

1. 緒 言

単板切削における工具すくい面の摩擦は、切削抵抗の大きさに直接関与するほか、単板内部に発生する切削応力分布および単板の変形機構などを検討するうえで重要であるのみならず、単板の切削機構、切削抵抗の解析など二次元切削理論の基礎をなす最も重要な問題であり、古来、多くの研究者の関心の的となっていた。しかしながら、単板と工具すくい面との接触境界面に働く切削応力の分布状態の詳細な究明が進められるに至らず、すく

* 前報「単板剥ぎ取り機械に関する研究 (VI)」は、長崎大学教育学部自然科学研究報告 第59号 25~30 (1998) に掲載。

い面の摩擦の定性的性格すら解明されていない。

一般の摩擦現象として単板切削の摩擦を考えた場合、そのおかれている条件は非常に厳しく、例えば、プレッシャバーによる圧力¹⁾、刃先先端付近の温度²⁾などをとりあげても簡単な摩擦実験ではモデル実験すら容易にできないほどの条件下におかれている。このような中で、単板切削における摩擦の解明は、工具摩耗、加工面粗さ、加工精度などの単板品質や生産能率に大きな影響を与えるので、極めて重要な課題の一つである。

したがって、単板切削における摩擦挙動の解明は、種々の立場から検討しなければならないが、ある一つの立場から簡単でわかり易い形に整理しておくことは、この種の課題を解明するうえで意味のあることと考えられる。そこで本研究では、すくい面の切削応力と工具-単板との接触境界面における機械的な接触状態を中心にとりあげ、この限定した立場から摩擦の特性について検討を加え、単板切削におけるすくい面摩擦に関する基礎的知見を得ようと試みた。

2. 単板と工具すくい面との接触状態および摩擦挙動の解析

潤滑剤のない場合の材料間の摩擦力 F は、凝着面のせん断力 F_a と変形力 (掘り起し力) F_d の和とされ、次式で表される^{3)~7)}。

$$F = F_a + F_d \quad (1)$$

これらの力は、いずれも摩擦材料間の性質と密接な関係にあり、とくに片方の材料が他方に比して非常に硬い場合には、軟かい材料の性質が顕著に現れる。

(1)式の F_a は、次式で表される。

$$F_a = A_R \cdot \tau_R \quad (2)$$

ここで、 τ_R は凝着した接触面が横すべりによるせん断に抵抗する応力であり、 A_R は接触面の真実接触面積である。したがって、(1)、(2)式より、 F は次式で表される。

$$F = A_R \cdot \tau_R + F_d \quad (3)$$

(3)式において、前項は摩擦力の凝着成分、後項は摩擦力の変形成分と呼ばれている。

一方、接触面に潤滑剤もしくは何らかの潤滑膜が形成されている場合には、 τ_R の値は軟材料のせん断応力より小さい値をとる。即ち、その値を τ_R' とすれば、

$$\tau_R' = \alpha \cdot \tau_R + (1 - \alpha) \tau_b \quad (4)$$

(4)式における α は、真実接触面積のうち材料凝着を起している割合、 τ_b は潤滑成分のせん断強さである。 τ_b は τ_R より小さいので、 $\tau_R' < \tau_R$ となる。この τ_R' の値を(3)式の τ_R の代りに用いれば、 F は次式で表される。

$$F = A_R \{ \alpha \cdot \tau_R + (1 - \alpha) \tau_b \} + F_d \quad (5)$$

F. P. Bowden ら³⁾ の報告によれば、一般の摩擦現象において、通常の圧力 (低圧力) 下で接触している物体間に働く摩擦は、一般に Amonton の法則が成り立つとされている。即ち、垂直荷重下で物体の表面の微小突起の一部が他面に接触し凝着を起しているとする、この凝着した接触面が横すべりによるせん断に抵抗する。このときの応力を τ_0 、

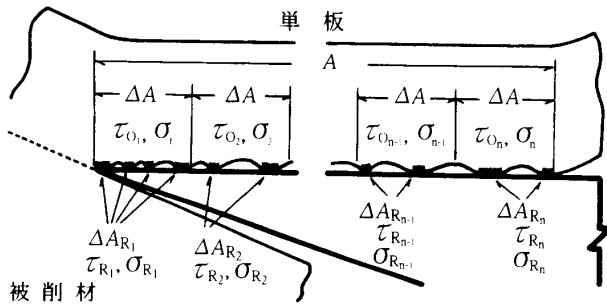


図1 単板切削を想定した工具すくい面と単板との接触境界面の模式図

A : 工具すくい面-単板接触域の見かけの全接触面積 ;
 ΔA : 見かけの全接触面積の中の微小部分 ;
 $\tau_{01}, \tau_{02}, \dots, \tau_{0n}$: ΔA に対する平均せん断応力 ;
 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$: ΔA に対する平均垂直応力 ;
 $\Delta A_{R1}, \Delta A_{R2}, \dots, \Delta A_{Rn}$: ΔA 内における無数の微小な真実接触面積の和 ;
 $\tau_{R1}, \tau_{R2}, \dots, \tau_{Rn}$: 真実接触部のせん断応力で,
 $\Delta A_{R1}, \Delta A_{R2}, \dots, \Delta A_{Rn}$ 内でそれぞれ一定としたときの値

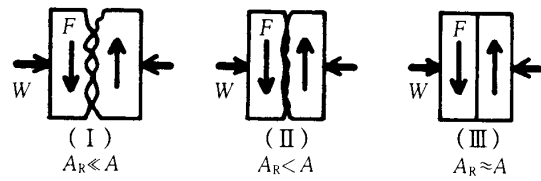
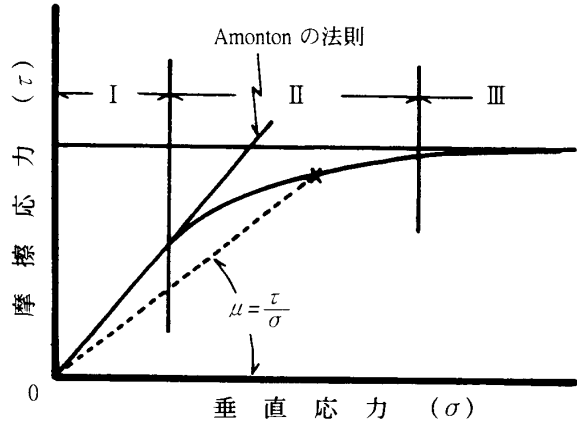


図2 摩擦応力 τ と垂直応力 σ の関係 (M. C. Shaw ら⁹⁾ による)

W : 垂直力 ; F : 摩擦力 ; μ : 摩擦係数 ;
 A_R : 真実接触面積 ;
 A : 見かけの接触面積

接触点を押しつぶす応力を σ とすると、摩擦係数 μ は、 $\mu = \tau_0 / \sigma$ という簡単な式で表し得る。このとき、 τ_0 、 σ とも軟材料のもつ値であり、いずれもその材料の変形抵抗の大きさで定まる定数である。

単板切削の場合、工具すくい面は平滑に研磨された硬い材料であるため、摩擦力は被削材の性質が顕著に現れる。さらに、切削による粗い加工面が摩擦面となるため、(3)式の2成分のうち凝着成分が支配的である⁶⁾と考えられるから、Amontonsの法則に準じて摩擦係数 μ を誘導してみる。凝着成分が支配的であるとの立場から、図1のような工具すくい面と単板との接触モデルが予想される。図のように、摩擦面(刃先先端部を除いた工具すくい面と単板との間)の接触は、完全接触でなく部分接触をしていると考えられる。いま、図1において、工具-単板接触域の見かけの全接触面積を A 、これの微小部分を ΔA とし、 ΔA に対する平均せん断応力を $\tau_{01}, \tau_{02}, \dots, \tau_{0n}$ および平均垂直応力を $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ とする。 ΔA 内では無数の微小な真実接触部が存在し、これらの面積の和を各 ΔA について $\Delta A_{R1}, \Delta A_{R2}, \dots, \Delta A_{Rn}$ とする。また、真実接触部のせん断応力は ΔA 内で一定とし、それらを $\tau_{R1}, \tau_{R2}, \dots, \tau_{Rn}$ とすると、微小部分 ΔA について、

$$\Delta A \cdot \tau_{0i} = \Delta A_{Ri} \cdot \tau_{Ri} \tag{6}$$

であるから、添字 ($i = 1, 2, \dots, n$) を除いて示すと、

$$\Delta A_R / \Delta A = \tau_0 / \tau_R \tag{7}$$

一方、 ΔA について真実接触部の垂直応力を σ_R とすると、

$$\Delta A_R / \Delta A = \sigma / \sigma_R \quad (8)$$

(7)式, (8)式により, 摩擦係数 μ は, 同様に添字を除いて示すと, 次式で表される。

$$\mu = \tau_0 / \sigma = \tau_R / \sigma_R \quad (9)$$

(9)式において, 真実接触部の σ_R , τ_R は未知であるから, μ は σ , τ_0 に基づかなければならない。しかし, 単板切削の場合, すくい面の τ_0 の測定は困難であるから, 分割工具の測定⁸⁾ で得られる摩擦応力 τ でおきかえると,

$$\mu = \tau / \sigma \quad (10)$$

となる。ここで τ , σ は分割工具による単板切削実験⁸⁾ で得られる工具すくい面-単板接触境界面に働く切削応力の摩擦応力および垂直応力である。したがって, τ の測定方法から考えれば, その摩擦力 F は凝着と変形の両成分に基づく値であるから, (10)式の μ は, (3)式 (あるいは, (5)式) の凝着成分, 変形成分に基づく摩擦係数となり, 凝着成分が支配的であるとはいえ, 両成分からの検討が必要となる。

3. すくい面摩擦応力の圧力特性

通常の低圧力下で接触している物体間には Amonton の法則が成立するが, 高圧力下に移行するにしたがい摩擦力は一定となる。例えば, M. C. Shaw ら⁹⁾ のブリネルボールを試材に押込んで垂直応力 σ と摩擦応力 τ との関係を求めた例 (図 2) によると, 低荷重下においては荷重 σ に比例して増加する, いわゆる Amonton の法則が成立する (この範囲を“領域 I”とする)。しかし, 荷重が非常に高くなると, A_R が見かけの接触面積 A に近づくため, A_R の増加がもたらされなくなるため, 摩擦力 $A_R \cdot \tau$ がある一定値に漸近する。この場合, μ は荷重依存性を与える (この範囲を“領域 III”とする)。この I, III の領域の間に遷移領域 II が存在することとなる。

単板切削の場合, すくい面摩擦が図 2 でいうどの圧力特性を示すかを検討する必要がある。次報では, 分割工具および接触面接拘束工具を用いた単板切削実験¹⁰⁾ から, 工具すくい面に働く垂直応力および摩擦応力を測定し, (10)式により μ を算出し, 上記の摩擦理論から単板切削における摩擦挙動を検討する。

文 献

- 1) 杉山 滋, 河野 誠: 日本林学会九州支部研究論文集, No. 27, 239 (1974).
- 2) 奥島俊介, 杉原彦一: 京都大学農学部演習林報告, No. 43, 328 (1972).
- 3) F. P. Bowden and D. Tabor: “固体の摩擦と潤滑”, 曾田範宗 訳, 丸善, p. 82 (1968).
- 4) 山口勝美: 精密機械, **39**, 1184 (1973).
- 5) 白樫高洋, 臼井英治: 精密機械, **39**, 966 (1973).
- 6) 村瀬安英, 太田 基: 木材学会誌, **19**, 421 (1973).
- 7) 村瀬安英, 太田 基: 木材学会誌, **20**, 243 (1973).
- 8) 杉山 滋: 木材学会誌, **23**, 480 (1977).
- 9) M. C. Shaw, A. Ber and P. A. Mamin: *Trans. ASME, Jour. Basic Engg.*, **82**, 342 (1960).
- 10) 杉山 滋: 長崎大学教育学部自然科学研究報告, No. 59, 25~30 (1998).