

木材の変形加工における摩擦特性 木材及び金属の表面仕上げ状態の影響

産総研 ○関 雅子, 中谷 留美子, 杉元 宏行, 三木 恒久, 金山 公三
京都府立大学 古田 裕三

Friction Properties of Wood in Deformation Processing Effects of Surface Finishing Conditions of Wood and Metal

Masako SEKI, Rumiko NAKAYA, Hiroyuki SUGIMOTO, Tsunehisa MIKI, Kozo KANAYAMA
and Yuzo FURUTA

1 緒 言

我々はバルク木材が流動性を発現する現象を見出し¹⁾, これを利用して金属や樹脂と同様の変形加工を行う技術開発を進めている. この過程で, 金型と木材との摩擦抵抗が原因と考えられる充填不足などの成形不良や金型の摩耗などが生じることがある. 一般的に, 摩擦面の仕上げ状態は摩擦特性に大きく影響するとされるが, 木材の変形加工時に発生する高圧力 (3MPa 以上) における, それらの報告は少ない²⁾.

本研究では, 木材の変形加工における高圧力域での摩擦特性に関する基礎的な知見を得るために, 木材と金属の摩擦面の仕上げ状態を変化させて, それらが摩擦特性に及ぼす影響を検討した.

2 実験方法

2.1 木材試料 木材試料として, ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)辺材部を用いた. 試料形状は 30(L)×30(R)×5(T)mm とし, 金属と滑らせる表面(LR 面)を丸鋸またはカンナで仕上げた. 試料は, ①105℃で恒量となるまで乾燥した全乾試料, ②20℃ RH60%で恒量となるまで調湿した気乾試料(含水率:約 9%), ③水を減圧注入した飽水試料(含水率:約 200%)の 3 条件とした. 調整後の試料は, 一辺 35mm の快削黄銅製立方体の上下 2 面にシアノアクリレート系接着剤を用いて接着し, 測定に供した.

2.2 摩擦係数の測定方法 木材と接触する金属工具には SK3 炭素工具鋼(HRC:61)を用い, 木材との摩擦面は研削仕上げ, 研磨仕上げとした. 摺動方向に測定したそれぞれの平均粗さ Ra は 0.7μm, 0.1μm であった. 摩擦係数の測定は鷺宮製作所製の多軸応力試験装置 V-1815 を用いて行った. この装置は上下左右のアクチュエーターが独立に, 位置あるいは荷重制御が可能である. 摩擦係数の測定方法を Fig.1 に示す. 上下の加圧板に金属工具を固定し, その工具と木材試料を接触させた状態で, 上下方向(接線方向)に圧縮した. 試料の応力緩和を考慮して, 下の加圧板の変位を固定し, 上の加圧板を荷重一定制御とした. そして, 右方向から一定速度でステムを移動させて左方向(半径方向)へ摺動させ, 試料を摺動させるために必要な荷重 F を測定した. あらかじめ行った圧縮試験の結果を考慮して, 木材試料の圧密の程度を変化させて実験するために, 上下方向の圧縮荷重は, 1, 5, 10kN(面圧 1.1, 5.5, 11MPa)と変化させた. なお, ステムの移動

速度は 5mm/min, 金属面は 20℃一定とした. Fig.1 における, F_1 と F_2 はそれぞれ上と下の加圧板の荷重を示し, N_s はステムと黄銅製立方体との摩擦力を示す. 力の釣り合いより, 式(1) が成り立つ.

$$F = \mu_1 \cdot F_1 + \mu_2 \cdot F_2 \quad (1)$$

今回の実験では N_s が微小であり, 上下の摩擦面における摩擦係数 μ_1, μ_2 が等しいと仮定して, 摩擦係数 μ を求めた (式(2)).

$$\mu = F / 2F_1 \quad (2)$$

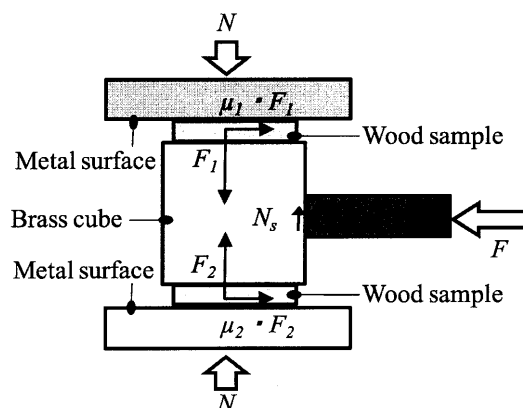


Fig.1 Schematic illustration showing measurement of the friction coefficient.

3 結果及び考察

3.1 木材試料の圧縮特性 木材試料の圧縮試験の結果を Fig.2 に示す. 測定面圧ごとに木材試料の圧密の程度は異なった. すなわち, 1.1MPa の測定面圧ではいずれの調整試料も圧密されておらず, 11MPa ではいずれの調整試料も圧密された状態であることが分かった. 5.5MPa の測定面圧では, それらの中間の圧密度であった.

3.2 摩擦係数に及ぼす金属表面粗さの影響 摩擦係数の測定結果の一例として, Fig.3 に測定面圧 11MPa における金属面の粗さの影響を示す. いずれの金属面においても, 全乾試料よりも飽水試料の方が μ は大きかったことから, 水による潤滑作用は生じず, 2 面間で凝着が生じる境界潤滑状態であったと考えられる. Fig.3 の(b)は, (a)において全乾試料を用いて粗い面(Ra:0.7μm)を滑らせた結果を拡大したものである. 試料の移動に伴い測定値

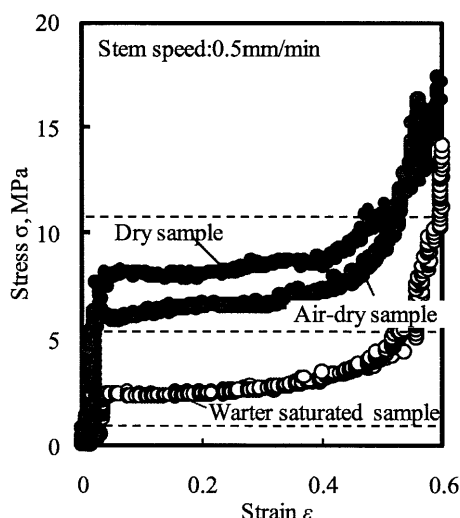


Fig.2 Compression behaviors of the wood sample conditioned at different moisture contents. (Dotted lines show the pressure applied for the measurement of the friction coefficient.)

が振動した。これは、試料が滑らかに一定速度で移動するのではなく、摺動と静止を繰り返し、それに伴って動摩擦と静摩擦が周期的に発生したためと考えられる。また、Fig.3(a)より、金属面が滑らかな面 ($Ra:0.1\mu\text{m}$)より粗い面($Ra:0.7\mu\text{m}$)での摺動の方が、 μ は大きかった。一般的に、柔らかい物質と硬い物質の2面間での乾燥摩擦や境界潤滑状態の摩擦では、摩擦力は、真実接触面におけるせん断方向の力(せん断力)と2面の凹凸がかみ合う部分における柔らかい物質の凸部分を変形させるための力(変形力)で表わされるとされる³⁾。圧密状態の木材試料は、未圧密状態のものと比較して、見かけの接触面積に対する真実接触面積の割合が大幅に増加すると考えられる。そのため、この状態の摩擦力は、変形力の寄与が小さく、真実接触部分におけるせん断力を総和したものと考えるのが妥当であろう。粗い金属面で μ が大きい原因は、表面の凹凸が大きいために凹部分に木材実質が食い込み、真実接触面積がさらに増加したためと推察される。

Fig.4 に、摺動前後の粗い金属面の観察写真を示す。摺動後の金属面には、木材の固着物が認められた。これは、真実接触部分では木材が金属の表面を摺動せず、木材内部にせん断破壊が生じたことを示唆している。したがって、金属面が粗い場合、摩擦力は木材内部のせん断破壊強度に大きく影響されると考えられる。一般に、木材のせん断破壊強度は含水率が高いほど小さいため、 μ は含水率が高いほど小さいと推察される。しかしながら、Fig.3より、 μ は飽水試料の方が全乾試料よりも大きかった。したがって、摺動中に固着が生じる条件での摩擦力は、単純に木材のせん断破壊強度のみに依存するのではなく、摩擦面での接触状態や木材試料の圧密の程度など、様々な影響を受けると考えられる。これらの要因を踏まえて、木材の含水率変化に対する摩擦係数の変化の原因

については、今後の検討課題である。

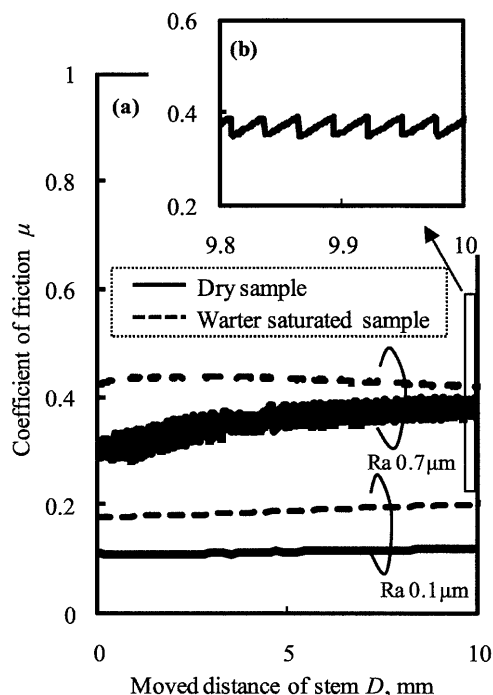


Fig.3 Effects of the surface roughness of the metal tool on friction properties of wood. (a)Overview, (b)enlarged view of the dry wood sample.(11MPa, 20°C, Stem speed:5mm/min, Wood surface: Finished by rim saw)

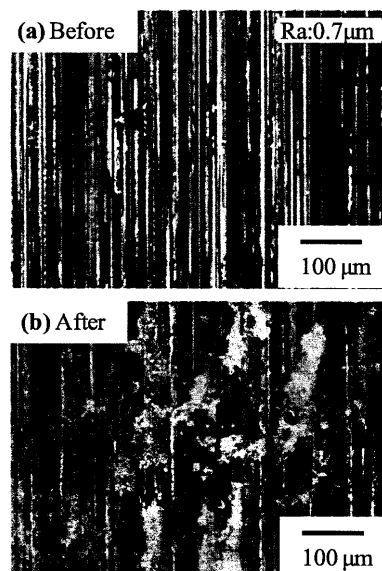


Fig.4 Micrographs of the metal surfaces. The pictures show (a)before and (b)after sliding of the dry wood sample.

参考文献

- 1) 例えば 山下修, 横地秀行, 今西祐志, 三木恒久, 金山公三, 日本機械学会論文集 A 編, Vol.72 (724), 2074-2078 (2006)
- 2) 金山公三, 木材工業技術短信, 16, 2, 1-9 (1998)
- 3) 例えば 固体の摩擦と潤滑, 丸善, p.82 (1961)