

木材の摩擦の低減化法とその機械加工への応用（第2報）：PEG処理木材の被削性

村瀬, 安英
九州大学農学部木材工学教室

<https://doi.org/10.15017/22304>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 37 (3/4), pp.101-107, 1983-03. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：



木材の摩擦の低減化法とその機械加工への応用 (第2報)

PEG 処理木材の被削性*

村 瀬 安 英

九州大学農学部木材工学教室

(1982年10月8日 受理)

Friction-Reducing Method for Wood and its Application to Wood Machining

II. Machinability of Wood Treated with PEG*

YASUhide MURASE

Laboratory of Wood Technology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-08, Fukuoka 812

I. 緒

言

前報(村瀬, 1983)においては, 潤滑剤を用いての木材と金属間の摩擦の低減化法について検討し, 固体潤滑剤付与やポリエチレングリコール(PEG)処理によつて摩擦の低減を計りうることを明らかにした。したがつて, これらの方法を切削や研削など木材の機械加工へ応用すれば, 工具すくい面やにげ面での摩擦の減少によつて切削抵抗の低減をはじめとして被削性が改善されるものと期待される。ところで, 実際の切削過程への応用に当つては, 両者それぞれ特徴があるが, 固体潤滑剤が工具側に付与され, したがつて工具メーカーの技術に負うところが多いのに対し, PEG処理は木材側に処理され, したがつて木材加工現場で比較的簡単に実行できる可能性を有している。

そこで, 本報では機械加工への応用例として PEG処理を取り上げることとした。すなわち, PEG処理木材の切削ならびに研削実験を行うことによつて, PEG処理による被削性の改善の有効性を検討するとともに, 被削性の変化(改善)における摩擦の役割についても明らかにしようとした。

本研究にあたり種々ご指導, ご助言をいただいた九州大学農学部森 稔教授に厚くお礼申し上げる。

II. 実

験

1. 供試材および PEG 処理

供試材はベイツガ(*Tsuga heterophylla* Sarg.)であり, 形状が 15 mm (L)×15 mm (R)×30 mm (T)と 150 mm (L)×20 mm (R)×5 mm (T)の2種類の気乾試片(含水率 11%, 気乾比重 0.49, 平均年輪幅 0.7 mm)を用意した。前者は縦切削ならびに研削実験用であり, 後者は曲げ試験用であり, その一部を木口切削実験用に供した。これらの両試片の PEG処理は前報(村瀬, 1983)と全く同様な手順で行い, PEGの分子量と含浸率を変化させた。

2. 曲げ試験

インストロン型強度試験機を用い, スパン 100 mmの柁目面中央集中荷重による静的曲げ試験(クロスヘッドスピード: 10 mm/min)を行い, 各 PEG処理試片の曲げ強さを求めた。

3. 切削実験

切削試験装置は, Fig. 1に示すように, 回転円盤の外周面側に取り付けた木材試片を切削抵抗二分力測定用の環状動力計(二分力相互干渉量 5%以内)に装着したかんな刃によつて二次元切削する構造のものをを用いた。

縦切削実験では, 高速度鋼(SKH2)の平かんな刃

* 本報告は第31回日本木材学会大会(1981年4月, 東京)において発表した。

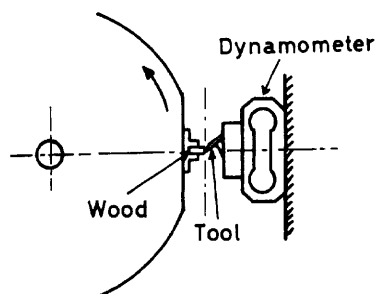


Fig. 1. Schematic diagram of apparatus for cutting test.

(幅 25 mm, 厚さ 5 mm) を供試し, 柃目面を繊維にほぼ平行方向に切削した. この場合, 切削条件は切削幅 15 mm, 切込量 0.15 mm, 切削速度 0.2 m/sec を採用し, 刃角条件はにげ角 10° 一定にしてすくい角を 50° , 40° , 25° の 3 段階に変化させた.

木口切削実験では, 上記と同様なかんな刃を供試し, 切削方向による表面あらかさの差を見るため, 2 個の試片を合わせて, 一方は木表側から, 他方は木裏側から切削するように配置して木口面を切削した. この場合の切削条件は切削幅 10 mm, 切込量 0.05 mm, 切削速度 0.2 m/sec で, 刃角条件はすくい角 50° (にげ角 10°) に一定であつた.

以上の縦切削ならびに木口切削実験とも, 各 PEG 処理試片における平均切削抵抗二分力 (主分力, 背分力), 切屑カール半径および切削面あらかさを求めた.

4. 研削実験

研削試験装置は摩擦試験装置を応用したものであり, Fig. 2 にその主要部を示しているが, 回転円盤上に取り付けた研摩布に対し木材試片を定荷重下で研削する様式である. 研摩布には AA# 240 研摩布を供試し, 研削荷重 19.6 N (研削圧 87.3 kPa), 研削速度 9.7 m/min の条件下で, 柃目面縦研削を行い, 研削抵抗, 厚さ減少に基づく研削能率および研削面あらかさを求めた.

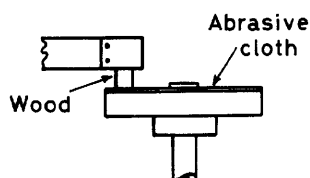


Fig. 2. Schematic diagram of apparatus for sanding test.

III. 結果および考察

1. 曲げ強さ

PEG 処理による強度変化をみるため, 前報(村瀬, 1983) では硬さを調べたが, 切削過程では切屑生成における曲げ作用がしばしば切削抵抗の主要な部分を占めることから, 本研究では更に曲げ強さについて調べたものである.

各 PEG 処理試片における曲げ強さ σ_b の無処理時の曲げ強さ σ'_b に対する比 (σ_b/σ'_b) と含浸率との関係を Fig. 3 に示す. ここで, 無処理時の曲げ強さ σ'_b については, PEG 処理前の気乾密度 d を測定しておくことによつて, あらかじめ多数の無処理試片で求めた曲げ強さ σ'_b と気乾密度 d との回帰直線式 (σ'_b [MPa] = $474 d$ [g/cm³] - 119, 相関係数 0.99) から算定したものである. なお, 図中の点線 ($\sigma_b/\sigma'_b = 1$) は曲げ強さが PEG 処理によつて変化しない点に相当する.

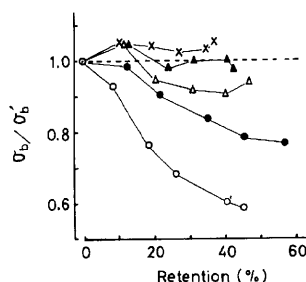


Fig. 3. Variation in bending strength of wood by PEG treatment. σ_b and σ'_b : bending strengths of PEG treated and untreated wood. ○: PEG 200, ●: PEG 600, △: PEG 1000, ▲: PEG 2000, ×: PEG 4000.

図から, PEG 処理による曲げ強さの変化は前報(村瀬, 1983) で明らかにした硬さの変化とほとんど同じような傾向であることがわかる. すなわち, 低分子量の PEG 処理では曲げ強さが低下し, その低下割合は分子量が小さいほど, またその含浸率が高いほど大きくなるのに対し, 分子量 4000 のような高分子量の PEG 処理の場合はいずれの含浸率においても曲げ強さは逆に増加することが明らかである.

2. 縦切削

PEG 処理試片の柃目面を縦切削したときの刃物が受ける切削抵抗二分力 (主分力 R_1 , 背分力 R_2) を含浸率に対してプロットし, 各すくい角 α 別に Fig. 4~6 に示す. なお, 背分力 R_2 は刃物が材に引き込まれる方向を (+) にとつており (Fig. 4), また図

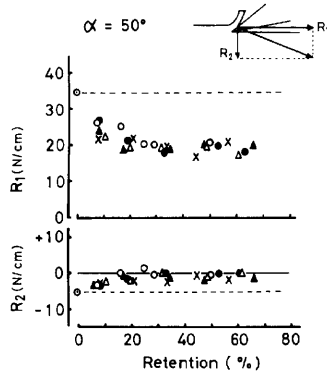


Fig. 4. Relation between cutting resistance and retention of PEG for rake angle (α) of 50° . Marks; the same as Fig. 3.

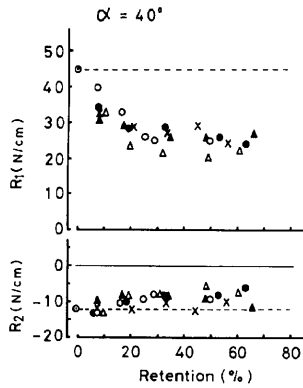


Fig. 5. Relation between cutting resistance and retention of PEG for rake angle (α) of 40° . Marks; the same as Fig. 3.

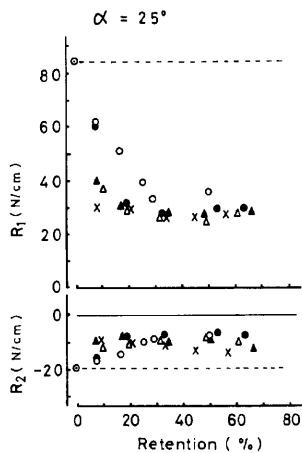


Fig. 6. Relation between cutting resistance and retention of PEG for rake angle (α) of 25° . Marks; the same as Fig. 3.

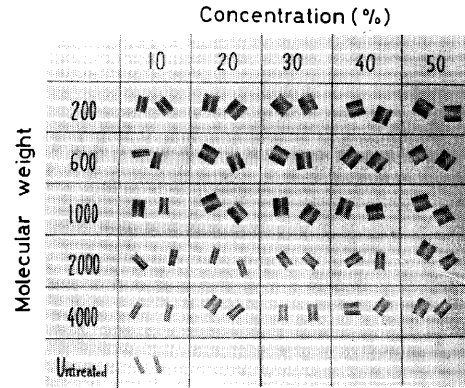


Fig. 7. Chips cut from wood treated with PEG ($\alpha = 50^\circ$).

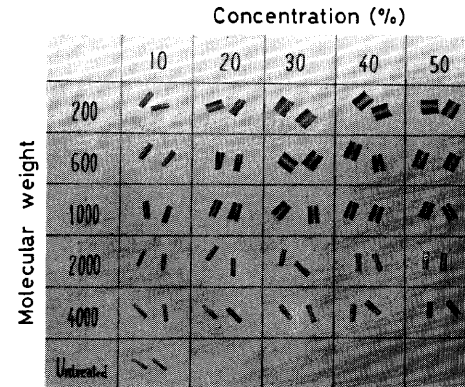


Fig. 8. Chips cut from wood treated with PEG ($\alpha = 40^\circ$).

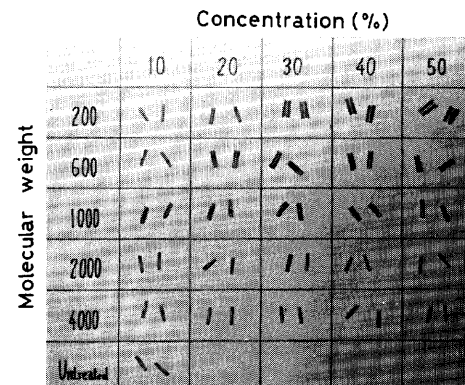


Fig. 9. Chips cut from wood treated with PEG ($\alpha = 25^\circ$).

中の点線は無処理試片の切削抵抗を表わしている。図から明らかなように、切削抵抗は主分力、背分力とも

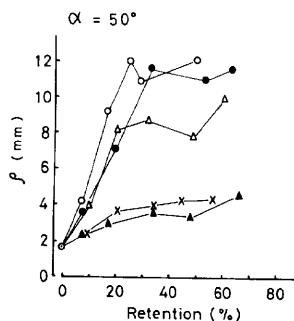


Fig. 10. Relation between radius of chip curvature (ρ) and retention of PEG for rake angle (α) of 50° . Marks; the same as Fig. 3.

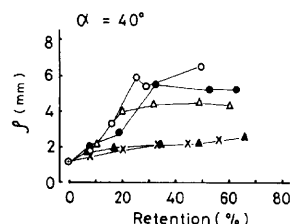


Fig. 11. Relation between radius of chip curvature (ρ) and retention of PEG for rake angle (α) of 40° . Marks; the same as Fig. 3.

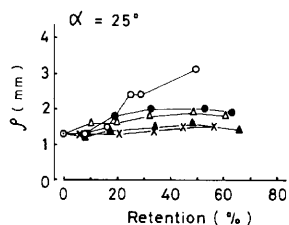


Fig. 12. Relation between radius of chip curvature (ρ) and retention of PEG for rake angle (α) of 25° . Marks; the same as Fig. 3.

PEG 処理によつて著しく低減し、その低減割合は含浸率の増加とともに大きくなるが、ある含浸率以上ではほぼ一定となる傾向を呈しており、この場合 PEG の分子量による差異はあまり認められず、いずれの分子量も同程度の低減効果となつている。以上は各すくい角とも同様であるが、無処理に対する低減割合はすくい角が小さいほど大きいことがわかる。

つぎに、以上の縦切削における切屑形状の観察写真を PEG の分子量と水溶液濃度の別に Fig. 7~9 に、またその切屑のカール半径 ρ を求め、含浸率との関係

で Fig. 10~12 に示す。これらの結果から、切屑のカールは無処理に比べると PEG 処理によつてゆるやかになつており、この傾向は含浸率が高いほど、また分子量が小さいほど顕著である。そして、このカールの抑制効果はすくい角が大きい切削過程において特に著しいことが明らかである。なお、切屑の生成形態を見ると、すくい角が大きい切削過程では無処理での折れ型から PEG 処理によつて明確な流れ型に変わつており、一方すくい角が小さい切削過程では無処理でのちぢみ型から PEG 処理によつて一部がちぢみ型に近い流れ型に変わる程度であつた。

さらに、各すくい角における切削面あかさ $R_{\max}$ と含浸率の関係を Fig. 13~15 に示す。図からいずれ

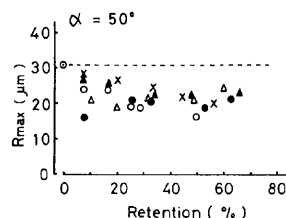


Fig. 13. Relation between roughness of cutting surface ($R_{\max}$) and retention of PEG for rake angle (α) of 50° . Marks; the same as Fig. 3.

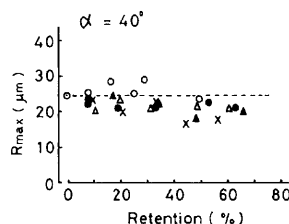


Fig. 14. Relation between roughness of cutting surface ($R_{\max}$) and retention of PEG for rake angle (α) of 40° . Marks; the same as Fig. 3.

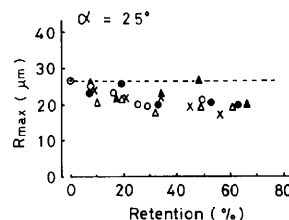


Fig. 15. Relation between roughness of cutting surface ($R_{\max}$) and retention of PEG for rake angle (α) of 25° . Marks; the same as Fig. 3.

のすくい角においても切削面は PEG 処理によって若干改良されることがわかる。

以上、PEG 処理試片の柾目面縦切削についてすくい角を変化させて検討した結果、PEG 処理は切削抵抗を大幅に低減するとともに、切屑のカール半径を大きくし、さらには切削面あらしを若干改良することが明らかとなり、したがってこの PEG 処理は木材の被削性の改善にとつて極めて有効な手段になりうると考えられる。この場合、木材の強度の低減を招かずに被削性の改善を計るには、分子量 4000 のような高分子量の PEG を用いて含浸率 20 %前後の処理を行うことが良いと判断され、これは前報 (村瀬, 1983) での PEG 処理による摩擦低減の最適条件にほぼ一致していることがわかる。

つぎに、以上で述べた切削抵抗の低減の機構について考察を加えることにする。本実験のような二次元切削における切削抵抗の構成内容は、切込み部分およびその近傍の材が刃物で変形されるときの変形抵抗、切屑と母材が分離されるときに分離抵抗、切屑あるいは母材と刃物の間に作用する摩擦抵抗の3者が考えられる (枝松・森, 1970)。この内、前二者の変形抵抗と分離抵抗は木材の材料強度に密接に関係する抵抗であり、後者の摩擦抵抗は材料強度に直接には関係しない抵抗と考えることができる。いま、切削抵抗が前二者に支配されると仮定すれば、前報 (村瀬, 1983) での硬さや本報での曲げ強さなどの、いわゆる材料強度の PEG 処理による変化から、低分子量の PEG 処理試片の切削抵抗は無処理試片に比べ大きく減少し、一方分子量 4000 のような高分子量の PEG 処理試片の切削抵抗は無処理試片と変わらないか、逆に増加すると予測される。しかしながら、このような予測は低分子量の PEG 処理試片の場合には実験結果と一致しているが、高分子量の PEG 処理試片の場合では一致せず、実際の切削抵抗は低分子量の場合と同程度に減少している。したがって、この高分子量の PEG 処理試片における切削抵抗の減少は摩擦抵抗に支配されるものと考えられる。そうすれば、高分子量の PEG 処理試片ほど、刃物のすくい面やにげ面での摩擦の低減効果が大きいことになり、この推論は前報 (村瀬, 1983) におけるあらい金属平面での摩擦の傾向や PEG 分子の水酸基の量によって支持されるものである。なお、刃物のすくい面などは比較的なめらかであるにもかかわらず、上述の推論と前報 (村瀬, 1983) におけるなめらかな金属平面での摩擦の傾向とに明確な対応が見られないのは両者の垂直圧力の相違による

ものと思われる。

以上のことから、PEG 処理による切削抵抗の低減の機構については、低分子量の PEG 処理では主として材料強度の減少に伴う変形抵抗や分離抵抗の低減によって、一方高分子量の PEG 処理では主として刃物のすくい面やにげ面での摩擦の低減効果によって、切削抵抗が低減するものと推測される。

3. 木口切削

PEG 処理試片の木口面の切削における切削抵抗主分力 R_1 と含浸率の関係を Fig. 16 に示す。図から明らかなように、木口切削においても切削抵抗は PEG 処理によって低減しており、その低減割合は含浸率の増加とともに大きくなるが、PEG の分子量による影響は少ない。

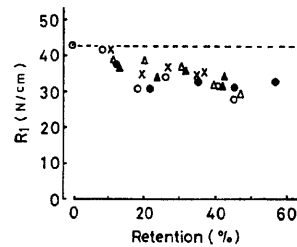


Fig. 16. Relation between cutting resistance and retention of PEG for cross sectional cutting. Marks; the same as Fig. 3.

つぎに、上記の木口切削における切削面あらし R_{max} を Fig. 17 に示す。なお、供試したベイツガの年輪幅が小さいためか、木表側からと木裏側からの両方向の切削面あらしには差が認められず、図には両者の平均値を示している。切削面あらしは無処理に比べ PEG 処理によってかなり小さくなっており、明らかな切削面の向上が見られる。

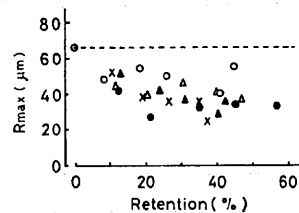


Fig. 17. Relation between roughness of cutting surface (R_{max}) and retention of PEG for cross sectional cutting. Marks; the same as Fig. 3.

以上のように、PEG 処理は縦切削と同様に木口切削に対しても被削性の改善の有効な手段になりうると

考えられる。とくに、木口面は PEG の浸透性が良く、したがって処理方法も簡単な塗布操作程度でよいと考えられるので、木口切削の機会が比較的多い工芸的な加工分野において有効であると推測される。

4. 研 削

前述のように、PEG 処理は木材の切削加工に対して有効であることを知ったので、ここでは PEG 処理の研削加工に対する有効性を調べるものである。いずれの PEG 処理試片も 10 分間の定荷重研削を行い、研削抵抗を研削開始後 10 分における値から、また研削能率を研削開始後 8 分から 10 分までの 2 分間の厚さ減少量から求めた。

まず、研削抵抗の PEG 処理による変化を Fig. 18 に示す。図は PEG 処理試片の研削抵抗 F の無処理試片のそれ F' に対する比 (F/F') と含浸率との関係で示している。研削抵抗は無処理に比べて PEG 処理によって低減し、その低減割合は PEG の分子量が高いほど大きい。分子量 200 を除き、含浸率にはあまり依存せず、10% 以下程度の低含浸率においても十分な効果がある。ところで、この傾向は前報 (村瀬, 1983) のあらい金属面での摩擦の変化と同様であり、両者の PEG 処理による低減効果は類似の機構によると考えられる。

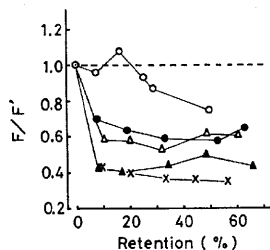


Fig. 18. Variation in sanding resistance by PEG treatment. F and F' : sanding resistances of PEG treated and untreated wood. Marks; the same as Fig. 3.

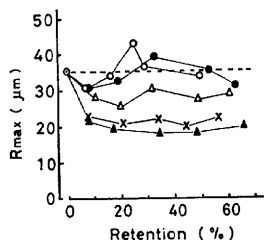


Fig. 19. Relation between roughness of sanding surface ($R_{\max}$) and retention of PEG. Marks; the same as Fig. 3.

つぎに、研削面あらさ $R_{\max}$ の変化を Fig. 19 に示す。図から、低分子量では効果はないが、高分子量の PEG 処理では低含浸率においても研削面の向上が見られる。

一方、研削能率の変化を Fig. 20 に示す。図は PEG 処理試片の研削能率 S の無処理試片のそれ S' に対する比 (S/S') と含浸率との関係で示している。図から、研削能率は逆に大部分が PEG 処理によって低下してしまうことが明らかである。この研削能率の低下は PEG 処理試片が目づまりを起しやすいことによると推測される。

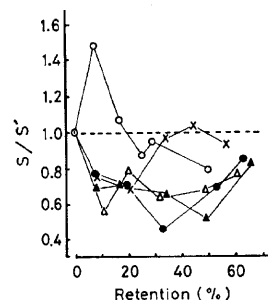


Fig. 20. Variation in stock removal rate of sanding by PEG treatment. S and S' : stock removal rate of PEG treated and untreated wood. Marks; the same as Fig. 3.

以上、PEG 処理は研削抵抗を低減するとともに、研削面を向上させるが、逆に研削能率の低下をきたしてしまい、したがって研削加工に対してはむしろ有効ではないと考えられる。

IV. 摘 要

PEG 処理木材の切削ならびに研削における被削性について検討し、次の結果を得た。

(1) 無処理に比べると、低分子量の PEG 処理では曲げ強さは低下し、その低下割合は分子量が小さいほど、また含浸率が高いほど大きい。一方、分子量 4000 のような高分子量の PEG 処理ではいずれの含浸率においても曲げ強さは逆に増加する。

(2) 縦切削における切削抵抗は主分力、背分力とも PEG 処理によって著しく低減する。この低減割合は含浸率の増加とともに大きくなるが、ある含浸率以上ではほぼ一定となり、この場合 PEG の分子量による差異はあまり認められない。以上は各すくい角とも同様であるが、無処理に対する低減割合はすくい角が小さいほど大きい。

(3) 縦切削における切屑カールは無処理に比する

と PEG 処理によつてゆるやかになり、この傾向は含浸率が高いほど、また分子量が小さいほど顕著である。この切屑カールの抑制効果はすくい角が大きい場合に著しい。

(4) 縦切削における切削面は PEG 処理によつて若干改良される。

(5) 上記の PEG 処理による切削抵抗の低減機構について考察し、低分子量の PEG 処理では主として材料強度の減少に伴う変形抵抗や分離抵抗の低減によつて、一方高分子量の PEG 処理では主として刃物のすくい面やにげ面での摩擦低減効果によつて、切削抵抗が低減すると推測した。

(6) 木口切削においても PEG 処理によつて切削抵抗は低減し、切削面もかなり向上する。

(7) 研削加工においては、PEG 処理は研削抵抗を低減するとともに、研削面を向上させるが、逆に研削能率を低下させてしまう。

文 献

- 枝松信之・森 稔 1970 製材と木工。森北出版、東京
村瀬安英 1983 木材の摩擦の低減化法とその機械加工への応用 (第1報)。固体潤滑剤ならびに PEG 処理による 摩擦低減効果。九大農学芸誌, 37: 93-100

Summary

In this second report, the polyethylene glycol (PEG) treatment which reduced friction between wood and steel in previous report was adopted as an application to wood machining and the machinability in cutting or sanding PEG treated wood was examined. The main results obtained are as follows.

(1) Although the bending strength of most PEG treated wood is reduced as compared with untreated wood, that of wood treated with PEG of higher molecular weight such as PEG 4000 increases.

(2) The horizontal and vertical cutting resistances in cutting parallel to the grain are considerably reduced by PEG treatment. In this case, although the rate of reduction in cutting resistances becomes larger at the higher retention of PEG, it is independent of molecular weight of PEG.

(3) The PEG treatment furthermore leads to an increase in radius of chip curvature and a decrease in roughness of cutting surface.

(4) It is conjectured that the above reduction in cutting resistances is principally due to the decrease in strength in the case of wood treated with PEG of lower molecular weight and due to the decrease in coefficient of friction in the case of higher molecular weight.

(5) The cutting resistance in cross sectional cutting is also reduced by PEG treatment and the cutting surface is improved.

(6) In sanding, although PEG treatment reduces sanding resistance and improves sanding surface, it lessens the rate of stock removal.