

сил, которые, видимо, ответственны за увеличение износа в присутствии натурального древесного вещества (по сравнению с износом в присутствии целлюлозы).

### В ы в о д ы

1. Трение пары сталь—древесина сопровождается износом, который имеет вероятнее всего механо-химическое происхождение.

2. В окислительной среде, кроме механо-химических, большое значение имеют окислительные процессы, ускоряющие износ.

3. Если процесс трения протекает при больших температурах (например, резание древесины на больших скоростях), износ в значительной степени интенсифицируется в результате образования активных продуктов сухой перегонки.

### Л и т е р а т у р а

1. Гороховский Г.А., Черненко Л.А., Смирнов В.А. Влияние полимеров на абразивное диспергирование углеродистой стали. — "Физико-химическая механика материалов", 1972, №5. 2. Моисеев А.В., Двоскин Л.М. Резец для исследования температуры при резании древесины. — "Лесной журнал", 1973, №2. 3. Хрушев М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. М., 1970. 4. Чудаков М.И. и др. Свободные радикалы в концентрированных препаратах лигнина. — "Труды ВНИИГС", т. XV. М., 1966.

А.П. Фридрих, А.П. Клубков, А.И. Санкович

### ВЛИЯНИЕ УПРУГО-ВЯЗКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ И РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

В большинстве случаев оценка чистоты реза при фрезеровании древесины осуществляется шероховатостью по ГОСТу 7016—68. При этом учитываются неровности, которые появляются за счет нарушения связей между частицами древесины в пределах кинематической волны. Такие неровности зависят от породы древесины, состояния режущей кромки инструмента, режимных факторов, направления резания по отношению к годовым слоям и ряда других условий. Упругое восстановление по годовым

слоям, наблюдаемое при фрезеровании древесины хвойных пород, связано с проявлением в древесине вязко-упругих свойств.

Многие исследователи считают, что древесину можно отнести к естественному полимерному материалу, в котором проявляется релаксационный характер деформирования под нагрузкой [1,2].

Многочисленные опыты по исследованию древесины под нагрузкой подтвердили тот факт, что под действием нагрузки в древесине появляются мгновенные и длительно развивающиеся во времени деформации.

Для описания такого поведения древесины применяются различные механические модели, в которые включают упругие и эластичные элементы.

Конечно, вязко-упругие свойства древесины можно рассматривать и исследовать не прибегая к механическим моделям, которые вводятся лишь для более наглядного представления комбинации гуковской и ньютоновской составляющих.

Модель отражает лишь макроскопическое поведение тела и не всегда можно раскрывать молекулярную основу вязко-упругих свойств, т.е. не следует полагать, что ее элементы непосредственно отражают какие-то молекулярные процессы в древесине.

Исходным физическим законом при моделировании в большинстве случаев для древесины принимают следующую зависимость:

$$\sigma + n \dot{\sigma} = E \varepsilon + Hn \dot{\varepsilon}. \quad (1)$$

В этом уравнении модуль упругости  $E$  называют длительным модулем, а модуль  $H$  — мгновенным модулем;  $\sigma$  — напряжение, а  $\varepsilon$  — относительная деформация,  $n$  — время релаксации.

Дифференциальное уравнение (1) выражает зависимость между напряжениями и полностью обратимыми деформациями, которые исчезают при снятии нагрузки. Однако при фрезеровании древесины хвойных пород в продольном направлении после прохождения реза (т.е. после силового воздействия на древесину) деформации не исчезают полностью, а развиваются во времени.

Уравнение (1) решается при различных граничных условиях, полагая  $\sigma = \text{const}$  или  $\varepsilon_0 = \text{const}$ , получая при этом соответствующие решения. Эти граничные условия могут быть не приемлемы при фрезеровании древесины с внезапным приложением нагрузки при больших скоростях резания и подачи.

Некоторые ограничения можно применить при установившемся процессе резания, полагая при этом действие нагрузки с постоянной скоростью изменения.

В этом случае постоянной величиной можно считать  $\dot{\sigma} = \dot{\sigma}_0$ . Тогда уравнение (1) можно представить в таком виде;

$$\dot{\sigma}_0 t + n \dot{\sigma}_0 = \varepsilon E + n H \dot{\varepsilon} . \quad (2)$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{n \dot{\sigma}_0}{E} \left( 1 - \frac{H}{E} \right) \left( 1 - e^{-\frac{E \sigma}{H n \dot{\sigma}_0}} \right) . \quad (3)$$

Таким образом, определив реологические показатели древесины, входящие в уравнение (3), можно рассчитать относительную деформацию.

Однако, как бы полно не отражала механическая модель физику процесса при резании древесины, она полностью не может заменить экспериментальные исследования для получения количественных характеристик процесса.

Как известно, древесина, кроме анизотропии, характеризуется неоднородностью свойств в разных точках одного направления. Самым существенным фактором, обуславливающим неоднородность древесины, является слоистость годичного кольца вызванная делением его на раннюю и позднюю древесину. Весьма слабая связь между годовыми кольцами древесины хвойных пород, резкое различие в физико-механических свойствах ранней и поздней древесины существенно влияют на технологию обработки.

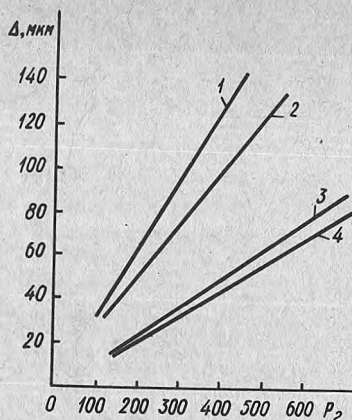
Для того чтобы судить о различии в физико-механических свойствах ранней и поздней древесины годичного слоя были проведены опыты по вдавливанию шарика диаметром 1,5 мм в указанные выше зоны.

Эти опыты показали прежде всего прямолинейную зависимость величины деформации от нагрузки как для древесины ранней, так и поздней зоны, что видно из рис. 1. Опыты проведены на древесине влажностью ( $W = 8-14\%$ ) и объемным весом ( $\gamma = 0,43-0,46 \text{ г/см}^3$ ).

Как видно из графиков, угол наклона прямых, характеризующих величину деформации от нагрузки, меняется в зависимости от зоны годичного слоя.

Угол наклона прямой, соответствующий деформации ранней зоны, больше, чем для прямой поздней зоны. Величина деформации ранней зоны в 1,9—2 раза больше, чем поздней при одной и той же нагрузке.

Рис. 1. Зависимость деформации от нагрузки: 1, 2 - древесина ранней зоны ( W=14%; 8 - 10%; 3, 4 - поздней ( W=14%, 8 - 10%).



Таким образом, при механической обработке древесины фрезерованием на обработанной поверхности могут иметь место различные по форме и размерам неровности, которые зависят как от режимов обработки, так и от структурных особенностей обрабатываемой древесины (ранняя, поздняя зоны).

Причины, вызывающие появление на обработанных поверхностях неровностей упругого восстановления по годовым слоям, различны. Наиболее характерны следующие: 1) влажность древесины; 2) режимы обработки (скорость резания и подача на нож); 3) состояние режущих кромок инструмента (степень затупления инструмента). Для установления влияния указанных выше факторов на появление неровностей упругого восстановления по годовым слоям при фрезеровании сосны были проведены экспериментальные исследования при следующих переменных факторах: а) влажность древесины  $W = 14\%$ ; б) скорость резания  $V = 5,0; 10; 20; 40$  м/с; в) подача на резец  $C = 0,5; 1,0; 2,0; 4,0$  мм; г) степень затупления режущей кромки инструмента  $\rho = 5, 10, 20, 30$  мкм. Оценка высоты неровностей упругого восстановления по годовым слоям производилась на приборе ТСП-4.

Как показал анализ результатов экспериментальных исследований (рис. 2), доминирующими факторами, влияющими на величину неровностей упругого восстановления по годовым слоям, являются: радиус затупления режущего инструмента, величина подачи на резец и скорость резания.

Затупленный резец при взаимодействии с древесиной создает обширную зону деформаций, что приводит к образованию дефектов обработки в виде неровностей упругого восстановле-

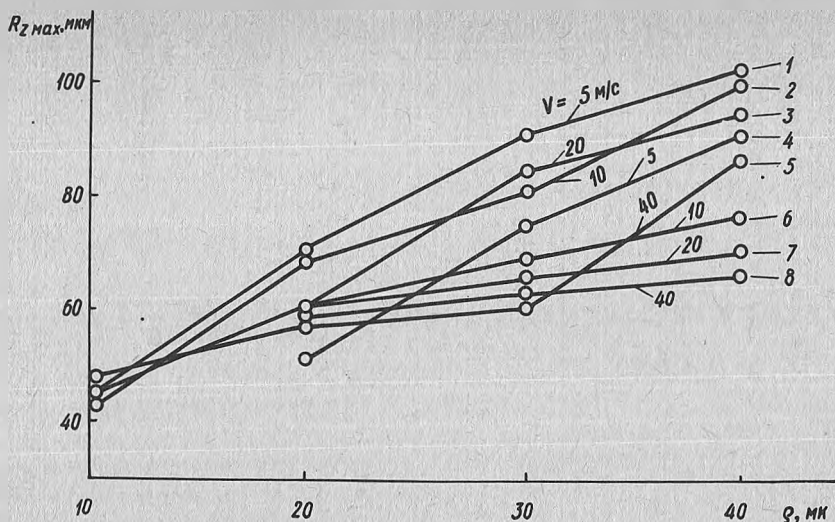


Рис.2. Влияние режимов обработки на величину упругого восстановления по годовым слоям: 1, 2, 3, 5 -  $C = 0,5$  мм; 4, 6, 7, 8 -  $C = 1$  мм.

ния по годовым слоям, ворсистой и мшистой. При больших радиусах закругления инструмента давление нижней грани реза на обработанную поверхность настолько велико, что в древесине возникают напряжения, превосходящие предел прочности древесины на смятие. В таком случае разрушенная резцом часть древесины теряет связь с массивом древесины, увлекается резцом, образуя на поверхности резания ворс, мшистость, вмятины и другие виды неровностей.

При радиусе закругления 5 мкм величина упругого восстановления по годовым слоям соизмерима с другими видами неровностей, поэтому их не удалось выявить. Критическим радиусом закругления почти при всех скоростях резания, принятых в опытах, следует считать 40 мкм. В этом случае наблюдается интенсивное ухудшение шероховатости обработанной поверхности, появляется ворсистость и мшистость.

Неровности упругого восстановления по годовым слоям при малых скоростях резания и подачи увеличиваются. Это увеличение можно объяснить исходя из вязко-упругих свойств, присущих древесине. Исследования физико-механических свойств древесины показали, что ей присущи как упругие, так и вязкие деформации. Для восстановления вязкой деформации необходим определенный промежуток времени.

При нагружении древесины с определенной скоростью упругая деформация развивается мгновенно, а вязкая будет развиваться во времени. Поэтому величина упругой деформации не будет зависеть от скорости деформирования, вязкая же деформация будет тем больше, чем меньше скорость деформации.

При больших скоростях нагружения вязкая деформация не успевает развиться. Даже материалы с ярко выраженными вязкими свойствами (стеклопластики, некоторые виды пластмасс) при больших скоростях деформирования ведут себя как упругие материалы. Древесина — материал анизотропный, годичный слой состоит из ранней и поздней древесины. В ранней древесине вязкие свойства выражены более ярко, чем в поздней.

Таким образом, при больших скоростях резания и подачи, обрабатывая материал, острым инструментом, в раннем и позднем слоях древесины будут возникать упругие деформации, восстанавливающиеся мгновенно после прекращения контакта резца с древесиной. На упругую деформацию не будут сказываться различия в физико-механических показателях ранней и поздней древесины.

При малых скоростях резания и подачи, а также при работе затупленным инструментом успевают развиться вязкие деформации. В рыхлой древесине они будут больше.

После прекращения контакта резца с древесиной через некоторый промежуток времени вязкие деформации восстанавливаются, а так как они были больше в рыхлой древесине, то этот слой будет иметь выступ, а на месте твердой древесины образуется впадина.

Древесина повышенной влажности имеет ярко выраженные вязкие деформации, что и обуславливает большую величину неровностей упругого восстановления по годовым слоям.

## Л и т е р а т у р а

1. Иванов Ю.М. К исследованию высокоэластического состояния древесины. — "Труды ин-та леса и древесины АН СССР", 1961.
2. Уголев Б.Н. Определение реологических показателей древесины. — "Деревообрабатывающая промышленность", 1963, №2.