

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РЕЗАНИИ**

**Булатасов Э.О., Попов В.П., Ханин В.П.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Сложность явлений, сопровождающих процесс обработки древесины резанием, обусловила появление разных направлений в развитии науки о резании древесины [1].

В настоящее время известны следующие наиболее развитые теории резания древесины: механико-математическая, физическая и физико-технологическая.

Близость закономерностей резания, устанавливаемых теорией и экспериментом, в действительности зависит от степени совершенства методов и средств исследований. В механико-математической теории резание рассматривается как механический процесс деформирования и разрушения древесины в стружке и в некоторых случаях под поверхностью резания. Для этой теории характерно использование методов сопротивления материалов и теории упругости. Дальнейшая разработка механико-математической теории резания связана с развитием реологии твёрдых тел клеточного строения – науки, изучающей деформирование моделей в пределах и за пределами упругости при различных скоростях нагружения [2].

Предметом физической теории резания древесины являются молекулярные процессы, протекающие на поверхностях скольжения древесины по резцу, и сильно влияющие на скорость его затупления [2].

Систематизация результатов экспериментальных исследований резания древесины, заканчивающаяся выведением формул для расчёта показателей резания, осуществляется в физико-технологической теории резания древесины [2].

Представители различных теорий резания древесины имеют различные представления о функции режущей кромки в процессе резания. Одни полагают, что режущая кромка не участвует в резании, так как не контактирует со стружкой вследствие неизбежного появления трещины в материале перед лезвием; другие, напротив, отводят ей наряду с передней гранью самую активную роль [3].

Воскресенский С. А. пришёл к заключению, что функции режущей кромки при резании отличаются от функций передней грани. Можно представить резание лезвием – резанием тончайшей провололочкой (лезвием-нитью), у которого нет передней грани, но которое будет разрушать материал в заданной плоскости раздела. Лезвием же, у которого не сформирована режущая кромка достаточной остроты (например, имеющим на кончике площадку значительной ширины), резать практически нельзя, хотя передняя грань у такого лезвия имеется [3].

Функция режущей кромки состоит в том, чтобы создавать и поддерживать в материале в плоскости резания такую степень локализации и концентрации напряжений, которая приводила бы к непосредственному разрушению древесины в этой плоскости. Другими словами, функция режущей кромки сводится к надрезанию слоя, тогда как передняя грань деформирует его и удаляет стружку [3].

С учётом вышеизложенного, для описания процессов резания древесины и изнашивания режущего инструмента, представляет интерес механико-математическая теория резания, так как в ней используются методы реологии, и, следовательно, учитывается влияние важнейшего фактора процесса – скорости резания и механических характеристик древесины на силовые показатели резания. И так как распределение контактных нагрузок на режущей кромке наименее изучено, уточнение взаимодействия режущей кромки с древесиной реологическими методами является актуальной задачей.

Задача исследования – описать способ определения деформационных характеристик древесины при резании с учётом особенностей контактного взаимодействия режущей кромки с обрабатываемым материалом.

Связь процесса резания с вязкоупругими характеристиками материала является главной при рассмотрении процессов резания и образования трещины, а также явлений деформации и разрушения полимеров [4].

Древесина, или, точнее, материал клеточных стенок, в основном представляет собой комплекс природных полимеров, имеющих длинные гибкие цепные молекулы. Такая особенность строения полимеров древесины определяет особый характер их поведения под нагрузкой [5].

При приложении усилий к древесине могут возникнуть упругие, высокоэластические и вязкотекучие деформации [6].

При упругих деформациях происходят обратимые изменения расстояний между звеньями молекул. Высокоэластические деформации связаны с обратимой перегруппировкой частиц, а вязкотекучие – с необратимым смещением молекулярных цепей. Высокоэластические и вязкотекучие деформации протекают во времени, их описывают реологическими уравнениями. Реологические коэффициенты, являющиеся параметрами материала, обычно получают испытаниями на ползучесть (измерением изменения во времени деформаций под действием постоянного напряжения) и на релаксацию (измерением изменения во времени напряжений в образце, которому сообщена постоянная деформация) [6].

Для описания процессов резания древесины и изнашивания режущего инструмента необходимо иметь систематизированные показатели свойств древесины, характеризующие её обрабатываемость. Они должны быть получены по специальным методикам испытаний, учитывающих специфику деформирования и разрушения древесины лезвием. Твёрдость материала, характеризуя его способность сопротивляться вдавливанию твёрдого тела, является важной характеристикой для оценки обрабатываемости материалов резанием [6].

Разрушение древесины при резании – это разрушение стенок её клеток сдвигом и растяжением. Величина сдвига при разрушении стенки клетки, а, следовательно, и всего образца меньше толщины стенок клетки, т. е. не превышает 8 мкм. Поэтому работа, затрачиваемая на однократный сдвиг (перерезание), мала сравнительно с работой, затрачиваемой на деформирование клетки [2].

Существенная особенность разрушения древесины лезвием состоит в стеснённом характере деформирования материала при резании [6].

Тиме И. А. считал, что при резании древесины абсолютно острым резцом, режущая кромка представляет часть передней грани резца и действие резца на древесину сводится к действию только передней грани (действие задней грани исключалось), а все изменения силы резания будут зависеть только от параметров передней грани резца [2]. Однако, исследования Санаева В. Г. [7] по определению микротвёрдости древесины, исследования Айнбиндера С. Б. [8] по трению полимеров, Фрохта М. М. [9] по контактированию сферы с полимерными материалами в поляризованном свете, также исследования Зуева Ю. С. [10] по резанию резин, выявили явления уплотнения (упрочнения) материала под режущей кромкой (микроиндентором) и возникновение гидростатического давления (зон всестороннего сжатия) в материале, то есть в зоне контакта образуется шаровой тензор напряжений, уменьшающий скорость развития деформаций и скорость ползучести. Следовательно, на основании данных, полученных в указанных исследованиях, представляет интерес научное рассмотрение процессов резания древесины, основой которого является предположение, что существенное влияние на процессы деформирования и разрушения древесины при резании оказывает именно контактное взаимодействие режущей кромки резца и обрабатываемого материала и основное внимание уделяется напряжениям и деформациям, действующим непосредственно вблизи режущей кромки.

Правомерность такого подхода подтверждается также исследованиями Вернера З. по измельчению мягких материалов [11].

Взаимодействие режущей кромки с обрабатываемым материалом можно представить как внедрение абсолютно жёсткого сферического индентора в упругопластическое полупространство [6].

Между проникновением резца в образец древесины при резании и сферического индентора имеется большое сходство.

Тейбор Д. [12] описывает процесс вдавливания сферического индентора в поверхность твёрдого материала следующим образом. В процессе вдавливания в контактируемой поверхности исследуемого материала возникают упругие деформации. При повышении нагрузки напряжения довольно скоро начинают превышать предел упругости и возникает пластическое течение материала. При дальнейшем повышении нагрузки материал, находящийся непосредственно у вдавливаемого наконечника, становится полностью пластичным. После снятия нагрузки деформации в определённой степени восстанавливаются. Тейбор Д.

показал, что предел текучести материала пропорционален твёрдости, определённой по вдавливанию.

В работе Динника А. Н. [13] показано, что опасное для прочности состояние наступает не у поверхности площадки смятия, а на некоторой глубине под ней. Это также подтверждает схожесть процессов протекающих при вдавливании сферы и лезвия резца.

Испытания, проведённые в поляризованном свете [9], показали, что при контактировании сферы с полимерными материалами зона деформации распространяется вглубь материала, принимая при этом сферическую форму (рис. 1) [6]. Деформации распространяются на значительные расстояния от контактируемой поверхности, причём в материалах с более плотной структурой деформации распространяются на бóльшие расстояния [7]. Схожие явления происходят и при резании древесины.

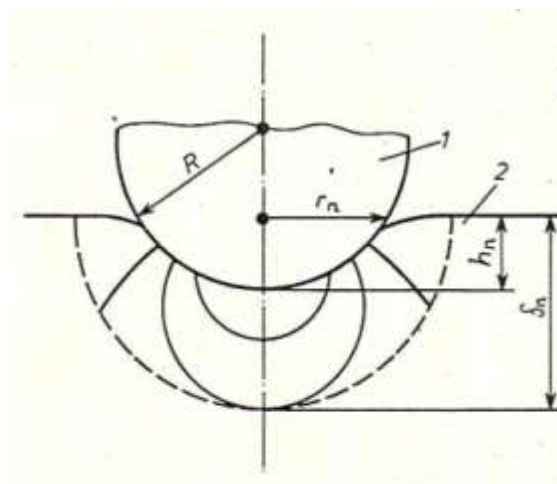


Рисунок 1 – Схема деформирования материала сферическим индентором [7]:

1 – индентор; 2 – образец

Значительный интерес для определения деформационных характеристик древесины при резании представляют данные по внедрению сферического индентора диаметром 60 мкм под усилием 0,3 Н, полученные Санаевым В. Г. Радиус индентора вполне соизмерим с радиусом округления режущей кромки, как и величина зоны существенного деформирования ( $5 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3$ ), близкая к значениям объёма деформируемого при резании материала [6].

Обработка данных по внедрению сферического индентора малого радиуса в древесину позволяет определить не только микротвёрдость структурных элементов древесины, но также и реологические и деформационные характеристики материала (модули упругости и ползучести, скорость ползучести, соотношение между упругими, пластическими и высокоэластическими деформациями в микрообъёмах древесины и др.) [6].

Применение данных, полученных указанным выше методом, в реологическом уравнении позволяет учесть влияние механических свойств

древесины, а также скорости резания на величину контактных сил на режущей кромке, и, следовательно, на общие силы резания.

Приведённые сведения могут быть использованы для описания процессов резания древесины и изнашивания режущего инструмента.

#### *Список литературы*

1. Чурилин А. А. *Новое в резании древесины*. М.: Лесная промышленность, 1967. – 122 с.
2. Ивановский Е. Г. *Резание древесины*. М.: Лесная промышленность, 1974. – 200 с.
3. Любченко В. И. *Резание древесины и древесных материалов*. М.: Лесная промышленность, 1986. – 296 с.
4. Роузен Б. *Разрушение твёрдых полимеров*. М.: Химия, 1971. – 528 с.
5. Уголев Б. Н. *Древесиноведение с основами лесного товароведения*. М.: Лесная промышленность, 1986. – 368 с.
6. Зотов Г. А., Памфилов Е. А. *Повышение стойкости дереворежущего инструмента*. М.: Экология, 1991. – 304 с.
7. Санаев В. Г. *Метод контроля твёрдости защитно-декоративных покрытий на древесных подложках: дис. канд. техн. наук*. М., 1983.
8. Айнбиндер С. Б., Тюнина Э. Л. *Введение в теорию трения полимеров*. Рига: Зинатне, 1978. – 224 с.
9. Фрохт М. М. *Фотоупругость*. Ч. 1 и 2, М. – Л.: ОГИЗ, 1948.
10. Зуев Ю. С. *Разрушение эластомеров в условиях, характерных для эксплуатации: научное издание / Ю.С. Зуев*. М.: Химия, 1980. – 228 с.
11. Вернер З. *Некоторые исследования по измельчению мягких материалов в кн. Труды европейского совещания по измельчению / пер. Л. А. Ласточкина*. М.: Изд.-во лит.-ры по строительству, 1966. – 603 с.
12. Tabor D. *A simple theory of static and dynamic hardness*. Proc. R. Soc., London, 1948, A №192, p. 247-274
13. Динник, А. Н. *Удар и сжатие упругих тел. Избр. тр. т. 1 / А.Н. Динник*. – Киев: Изд-во АН УССР, 1952. – с. 13-144.