

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПРИРОДНОГО  
КОМПОЗИТА В ИЗНОСОСТОЙКИХ  
ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ**

*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель*

Древесина – высокопрочный капиллярно-пористый природный композит, на основе которого модифицированием создаются новые материалы с заданными свойствами, применяемые в различных сферах производства, в том числе и в машиностроении для изготовления подшипников скольжения. Древесина – анизотропна и ее строение различно на трех основных срезах: торцовом, продольном (радиальном и тангенциальном). По микроскопическому строению с бакаутом схожа древесина березы. Плотность натуральной древесины березы  $\rho=0,6 \text{ г/см}^3$ , а прессованной на  $\epsilon=50\%$ ,  $\rho=1,2 \text{ г/см}^3$ , как у бакаута.

Подшипники скольжения с вкладышами торцово-прессового деформирования, пропитанными смазочным материалом, износостойки и работоспособны в различных условиях эксплуатации. Однако теория высокой износостойкости подшипников скольжения самосмазывающихся отсутствует.

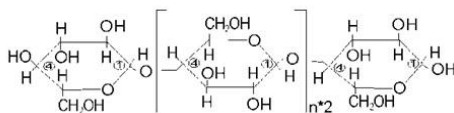
Данные исследования посвящены изучению молекулярного и субмикроскопического строения древесинного вещества клеточной стенки и обоснованию высокой работоспособности антифрикционного природного композита.

Микроструктура древесины состоит из тесно сросшихся между собой различного рода клеток, весьма разнообразных по своей форме и величине.

Древесные волокна – длинные клетки с заостренными концами, с толстыми оболочками и узкими полостями. Они являются наиболее крепкими элементами. Сосуды – широкие и очень длинные трубки, которые служат для проведения воды вдоль ствола дерева. Трахеиды – механические или опорные клетки, необходимые для проведения воды у хвойных пород. Сосуды у хвойных пород отсутствуют. Древесные волокна, сосуды и трахеиды сообщаются между собой через поры (отверстия). Древесная паренхима – живые клетки, являющиеся местом отложения питательных. Сердцевинные лучи служат для проведения воды и органических веществ в горизонтальном направлении по радиусам его поперечного сечения.

Молекулярное строение древесинного вещества клеточных стенок. Древесинное вещество – многокомпонентный природный композит плотностью  $\rho = 1,54 \text{ г/см}^3$ , состоящий из 40–50% целлюлозы  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ ; 18–35% гемицеллюлоз; 16–25% лигнина; 1,5% пектинов, 5–15% экстрактивных веществ (жиры, воски, смолы); 0,25–1% неорганических минеральных веществ.

Целлюлоза  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  – линейный высокоориентированный полимер, в котором никаких разветвлений нет, что свидетельствует об интенсивном межмолекулярном взаимодействии. Фрагмент макромолекулы целлюлозы имеет вид



степень полимеризации целлюлозы колеблется от 50–200 до 5000–10000 и более. Целлюлоза обуславливает высокую механическую прочность, гибкость, упругие свойства древесины.

Гемицеллюлозы – нецеллюлозные полисахариды, сопутствующие целлюлозе и представляющие группу веществ: гексозаны  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$  и пентозаны  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_5$ . Степень

полимеризации их в среднем 100–200. Лигнин – смесь веществ, имеющих ароматические и алифатические группы. Степень полимеризации составляет 20–35. Вместе с гемицеллюлозами образует аморфное вещество.

Субмикроскопическое строение древесинного вещества клеточных стенок (рисунок 1 А). Все клетки объединяются в единую капиллярную структуру аморфным (межклетным) веществом, образующим срединную пластинку. Установлено, что целлюлоза находится в клеточной стенке в виде фибрилл диаметром 25...40 нм, длиной 1000–2500 нм, состоящих из микрофибрилл диаметром 5...7 нм, длиной 50...60 нм. Различное расположение фибрилл в клеточной стенке формирует ее слои (оболочки).

К срединной пластинке примыкает первичная оболочка толщиной  $\approx 100$  нм с перекрещивающимися фибриллами за которой следует переходный слой с концентрически расположенными фибриллами. В первичной оболочке и переходном слое содержится лигнин, гемицеллюлозы и пектины. К переходному слою прилегает самая мощная вторичная оболочка толщиной 1000–5000 нм, состоящая из 95% целлюлозных параллельных фибрилл к оси клетки. К вторичной оболочке примыкает третичная оболочка, толщиной  $\approx 100$  нм, смежная с полостью капилляра. Она состоит также из фибрилл параллельных оси к клетки и пектинов.

В подшипниках скольжения ТПД все клетки, а следовательно и фибриллы перпендикулярны к его контактной поверхности. На рисунке 1 Б (е) представлена модель торцового сечения клетки, являющегося зоной трения. Износ происходит при деструкции фибрилл, обусловленной разрывом внутримолекулярной химической связи  $\text{CO} \rightarrow \text{C} + \text{O}$  энергия которой  $E = 1076,4$  кДж/моль. В подшипниках скольжения с продольным расположением волокон в контактной зоне разрушается межмолекулярная связь и энергия составляет  $E = 42$  кДж/моль.

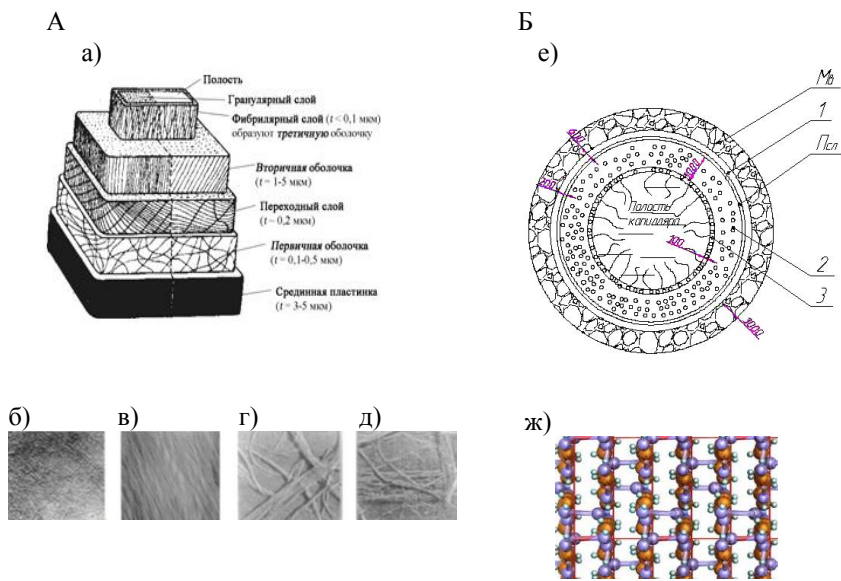


Рисунок 1 – Модель субмикроскопического строения клеточной стенки (А) и есторцового сечения (Б): лиственной (слева) и хвойной (справа) древесины (а) и электронные микрофотографии: первичной (б) и вторичной (в) оболочек; волокон целлюлозы: египетского хлопка (г); еловой древесины (д); Схема торцового сечения (е): Мв – межклеточное вещество; 1, 2, 3 – первичная, вторичная, третичная оболочки; Псл – переходный слой; Молекулярное слоистое строение поперечного среза микрофибриллы (ж)

Наибольшие показатели энергии разрыва химической связи при трении торцовой поверхностью по сравнению разрушением межмолекулярной связи являются обоснованием и подтверждением высокой износостойкости ПСС ТПД.