

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ*

С. И. КАРПОВИЧ, Ю. В. ВИХРОВ

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Попытки применить древесину в современном машиностроении в качестве конструкционного материала были предприняты сравнительно недавно. Накопленный опыт показывает, что древесина как антифрикционный и конструкционный материал с успехом может применяться и в этой области. Небольшой объемный вес, низкий коэффициент трения, хорошая износостойкость открывают большие возможности для изготовления из нее подшипников скольжения, шестерен, ползунов, уплотнителей, пальцев соединительных муфт и других деталей.

За счет малого объемного веса древесины появляется возможность уменьшить вес конструкции. Так, например, объемный вес древесины березы в естественном состоянии при влажности 8% составляет $0,61 \text{ г/см}^3$, а спрессованной на 55% больше — $1,35 \text{ г/см}^3$ (П. Н. Хухрянский, 1964). Самые же легкие металлы алюминий, титан имеют удельный вес соответственно $2,70 \text{ г/см}^3$ и $5,40 \text{ г/см}^3$.

Детали, изготовленные из древесины, обладают хорошей способностью гасить вибрации, а следовательно, и не производить шума во время работы. Особенно наглядно вырисовываются достоинства деталей, изготовленных из древесины, при работе в абразивных, химических средах.

По данным П. Н. Хухрянского, замена баббитовых вкладышей в центробежных насосах для откачивания воды из шахт на подшипники скольжения из березы торцового гнутья позволила увеличить время их работы в два раза.

Детали из древесины обладают и хорошей способностью поглощать частицы износа и абразивные зерна. В сопряженной паре дерево—металл наблюдается уменьшение износа наиболее дорогостоящей металлической детали. Получение деталей из древесины не вызывает больших затруднений, так как древесина легко поддается механической обработке. Все это обуславливает стремление применить древесину в машиностроении.

К сожалению, наряду с положительными качествами древесина обладает рядом отрицательных свойств, которые ограничивают ее широкое применение. Наиболее существенными из них являются следующие: способность древесины к водо- и влагопоглощению, анизотропность, низкий коэффициент теплопроводности, сравнительно невысокая механическая прочность. При изготовлении деталей машин существуют жесткие допуски размеров, древесина же при изменении влажности меняет объем и линейные размеры, причем в разных направлениях по-разному.

* Сообщение 5 из серии работ по химической модификации древесины. Работа выполнена под руководством профессора В. Е. Вихрова.

В большинстве деталей, особенно работающих в узлах трения, в процессе эксплуатации выделяется какое-то количество тепла, которое через смазку и детали рассеивается в окружающую среду. В этом случае приобретают большое значение показатели теплопроводности древесины, которые у нее значительно ниже, чем у металлов, что препятствует хорошему отводу тепла. К тому же мы сталкиваемся здесь с явлениями анизотропности. Так, вдоль волокон древесина имеет в два раза большую теплопроводность, чем поперек.

Несмотря на эти недостатки, внедрение древесины и ее производных в качестве конструкционного материала сулит существенные выгоды. Особенно значительно можно расширить область применения древесины, предварительно устранив ее слабые стороны. В этом направлении в СССР проводилась работа А. А. Солнцевым (1939), П. Н. Хухрянским (1954, 1962, 1964), В. Е. Вихровым (1966, 1967), Н. Т. Нысенко (1957, 1958) и др.

Для увеличения прочностных характеристик древесины было предложено ее прессование. Если древесина сосны при влажности 8% в естественном состоянии имеет предел прочности при сжатии вдоль волокон порядка 630 кг/см^2 , то спрессованная на 62% обладает прочностью 1230 кг/см^2 . При статическом изгибе — соответственно $630\text{—}670 \text{ кг/см}^2$, $1850\text{—}1970 \text{ кг/см}^2$ (последние цифры в тангенциальном направлении). Прочность древесины растет с увеличением степени прессования. Кроме увеличения механической прочности, спрессованная древесина по сути дела ничем не отличается от натуральной, а поэтому обладает по существу такими же недостатками. К сожалению, прессование древесины не устраняет ее способности поглощать воду и влагу и при этом полностью распрессовываться.

Качественно новым было предложение пропитывать древесину мономерами и синтетическими смолами с последующей их полимеризацией или поликонденсацией.

Модифицирование древесины фенолоспиртами увеличивает ее основные механические характеристики, кроме сопротивления ударному и статическому изгибу.

Снижение ударной вязкости, по-видимому, вызывается большой хрупкостью, которую приобретает вводимый в древесину мономер при поликонденсации. Это объясняется жесткой пространственной структурой его макромолекул. В настоящее время нами проводится работа по пластификации вводимого в древесину мономера. Из полученных данных можно заключить, что введение пластификаторов дает возможность менять механические характеристики полимера в широких пределах. Известно, что введение в мономер пластификаторов позволяет получать из пространственных полимеров разветвленные или линейные полимеры, которые обладают большой эластичностью.

Пропитка древесины мономерами с различным процентным содержанием пластификатора позволит менять механические свойства модифицированной древесины и повысить ее ударную вязкость.

Главное достоинство модифицированной смолами древесины — это повышение ее водо- и влагостойкости, а следовательно, увеличение стабильности размеров и уменьшение прочностной анизотропии. Обработанная фенолоспиртами древесина березы уменьшила разбухание в 6—7 раз. Для получения древесины с высокими механическими свойствами

и высокой водо- и влагостойкостью стали сочетать пропитку смолами с последующим прессованием и полимеризацией.

Древесина березы, обработанная по такой технологии, при объемном весе $\gamma = 1,1 \text{ г/см}^3$ имеет предел прочности на сжатие вдоль волокон 2100 кг/см^2 , торцовую твердость $2000\text{--}2100 \text{ кг/см}^2$, сопротивление статическому изгибу 2271 кг/см^2 . При сравнении этих данных с характеристикой чугуна марки СЧ 12-28, предел прочности которого на растяжении 1200 кг/см^2 , а сопротивление на изгиб 2800 кг/см^2 , мы видим, что механическая прочность нового материала приближается к прочности чугуна.

Обращают на себя внимание также высокие показатели коэффициента качества, представляющего собой отношение предела прочности к удельному весу. Так, для стабилизированно пластифицированной древесины при объемном весе $1,1 \text{ кг/см}^3$ он равен при сжатии 1009. Характерно, что коэффициент качества высокопрочной легированной стали при сжатии равен 1025, т. е. значительно меньше, чем у стабилизированно пластифицированной древесины.

Учитывая, что в машиностроении древесина получила наибольшее применение в подшипниках скольжения, интересно сравнить данные лучших антифрикционных материалов с новыми материалами. Лучшая марка баббита Б83 характеризуется следующими данными: предел прочности на растяжение 900 кг/см^2 , предел прочности на сжатие 1150 кг/см^2 , твердость НВ 30 кг/см^2 . Эти данные близки к показателям древесины.

Для уменьшения коэффициента трения подшипники скольжения из древесины часто пропитываются индустриальными маслами. При этом при скоростях от 0,5 до 3 м/сек и удельной нагрузке от 5 до 30 кг/см^2 были получены следующие коэффициенты трения: от 0,06 до 0,01 — 0,009. С повышением давления до 60 кг/см^2 коэффициент трения изменялся в пределах от 0,01 до 0,002. Последние данные близки к коэффициентам трения шарикоподшипников.

В качестве смазывающей жидкости для подшипников скольжения из древесины можно эффективно применять воду. Подшипники из древесины могут работать и при более жестких режимах: при скоростях до 10 м/сек и давлениях свыше 200 кг/см^2 . Эти режимы в основном ограничиваются тепловым расчетом подшипника, т. е. его способностью удалять образующееся при трении тепло.

Известно, что теплопроводность древесины вдоль волокон равна 0,31 $\text{ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}$, а поперек волокон 0,2 $\text{ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}$. Металлы же обладают в десятки, а некоторые в сотни раз большей теплопроводностью, например латунь 75—100 $\text{ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}$, свинец — 30 $\text{ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}$, медь — 300—340 $\text{ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}$. Эти данные говорят о том, что основным недостатком подшипников скольжения из древесины является низкая теплопроводность последней. Улучшение коэффициента теплопроводности древесины даст возможность эксплуатировать деревянные подшипники при более жестких режимах работы.

Нами была предпринята попытка получить подшипники из древесины с высокой теплопроводностью. С этой целью образцы из березы и бука помещались в специальный сосуд и заливались расплавленным металлом. Образцы пропитывались расплавленным металлом при давлении около 100 кг/см^2 . Опыты показали, что возможна пропитка древесины сплавами с температурой плавления 200—250°C при кратковременном нахождении образцов в расплаве.

Учитывая дефицит и высокую стоимость основного компонента лучших антифрикционных материалов — олова, целесообразно заменить его дешевыми материалами, например сплавами на базе свинца.

Можно получить новый материал путем комбинированной пропитки древесины сплавами металлов и синтетическими смолами. Проведенные нами лабораторные опыты подтвердили такую возможность. Полученный материал сочетает хорошие антифрикционные свойства древесины с высокой теплопроводностью и стабильностью размеров. Этот материал имеет более высокие физико-механические характеристики по сравнению с металлизированной древесиной. Так, предел прочности на сжатие вдоль волокон металлизированной древесины в среднем равен 1400 кг/см^2 , торцовая твердость — 2752 кг/см^2 , радиальная — 2503 кг/см^2 , тангенциальная — 2181 кг/см^2 ; для нового материала соответственно — $2000, 4909, 4914, 4863 \text{ кг/см}^2$.*

У нового материала практически отсутствует анизотропия твердости. К основным достоинствам нового материала следует отнести высокую водо- и влагостойкость, а следовательно, и высокую стабильность размеров, что придает особую ценность такой древесине при применении ее в машиностроении. Линейное разбухание для металлизированной древесины $\epsilon_t = 9,7\%$, $\epsilon_r = 3,8\%$; для нового материала $\epsilon_t = 3,3\%$, $\epsilon_r = 1,87\%$. Из этих данных видно, что метод комбинированной пропитки, разработанный в Проблемной лаборатории по модификации древесины Белорусского технологического института им. С. М. Кирова, позволил получить новый материал, обладающий гаммой положительных свойств, существенно отличающихся от свойств древесины, облагороженной общепринятыми способами. В настоящее время подшипники скольжения, изготовленные из этого материала, успешно проходят испытания в производственных условиях.

Необходимо отметить целесообразность применения антифрикционного материала на основе древесины в сельскохозяйственных и лесозаготовительных машинах. Постоянное присутствие абразива в виде пыли и частиц износа, зачастую обедненная смазка, приводят к быстрому износу узлов трения металлических подшипников и валов.

В таких случаях наиболее работоспособной оказывается пара «древесина — металл». Применение подшипников на основе древесины дает возможность не только заменить дорогостоящую металлическую деталь, уменьшить вес узла, но зачастую упростить конструкцию и значительно продлить срок работы сопрягаемой детали.

При небольших скоростях такие подшипники удовлетворительно работают при обедненной смазке и даже без смазки. Они могут применяться и в таких тяжелонагруженных узлах, как подвеска тракторов. Трелевочный трактор ТДТ-40, оснащенный такими втулками, проходит испытания.

* Испытания на твердость проводились по методике, разработанной в ЦНИИ-стройконструкций под руководством проф. Ю. М. Иванова.

Литература

Вихров В. Е., Холькин Ю. И., Пауль Э. Э., Эрдман М. Э. 1966. Модифицированная древесина и перспективы ее использования. Минск. *Вихров В. Е., Пауль Э. Э.* 1967. Модификация древесины синтетическими смолами. Минск. *Нысенко Н. Т.* 1957. Новое в изготовлении прессованной древесины для деталей машин. М. *Нысенко Н. Т., Генель С. В.* 1958. Пластифицированная древесина — заменитель дефицитных материалов в машиностроении. М. *Хухрянский П. Н.* 1954. Дерево вместо металла. Воронеж. *Хухрянский П. Н.* 1962. Опыт применения прессованной древесины для изготовления деталей машин. М. *Хухрянский П. Н.* 1964. Прессование древесины. М.