

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

В.И. Врублевская, А.Б. Невзорова

Белорусский государственный университет транспорта

Ключевые слова: древесина, влагопоглощение, адсорбция, усушка, уплотнение, десорбция, распрессовка, подшипник скольжения, торцовое гнутье, прочность, износостойкость, самосмазка, технологичность.

The new technologically simple way of manufacturing self-lubricating bearings by means of face bending of wood cards into the bush with its simultaneous seal on the total volume has been developed. By service life the self-lubricating bearings are better than the rolling-contact and plain bearings made of other materials during use in the identical conditions. They are cheaper 1.5-2 times and in large-scale production.

Древесина - уникальный природный материал как по сложности микроскопического, молекулярного и субмикроскопического строения, так и по своим физико-механическим свойствам. При наименьших затратах материала на свое строение, в котором до 75% занимает капиллярно-пористая система, древесина имеет высокие прочностные показатели.

С глубокой древности из древесины изготавливали подшипники скольжения, которые с развитием техники и с возросшими нагрузками вытеснились подшипниками качения и подшипниками скольжения из бронзы, баббита, антифрикционного чугуна и других материалов.

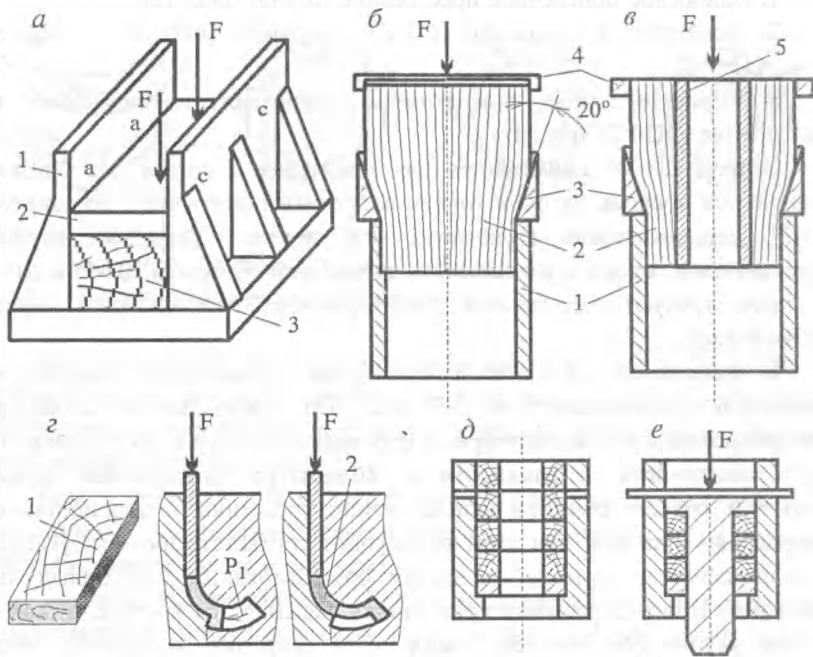


Рис. 1. Способы прессования древесины: а - одноосное (1 - прессформа, 2 - пуансон, 3 - прессуемый брусок); б, в - контурное: б - сплошное, в - полое со стержнем 5 внутри втулки (1 - матрица, 2 - прессуемая заготовка, 3 - конический приемник, 4 - обжимное кольцо); г - торцовое гнутье секторов 2 из карточек 1 и набор из них втулок в металлической обойме (д) с последующим осевым уплотнением (е).

Однако ученые, особенно начиная с середины нашего столетия, искали способы улучшения свойств древесины с целью применения ее в узлах трения различных машин и механизмов, так как это возобновляемый, недефицитный, повсеместно распространенный, экологически чистый, износостойкий материал.

Для повышения прочностных показателей были разработаны следующие основные способы уплотнения древесины за счет уменьшения объемов капиллярно-пористой системы [1]:

1. Одноосное поперечное прессование (ДП-О) (рис. 1а).

2. Контурное прессование (ДП-К): сплошное (рис. 1б) и полое (рис. 1в).

3. Торцовое гнутье, при котором происходит одновременно и уплотнение (ДП-ГТ) (рис. 1г).

Способ ДП-ГТ применяется для получения секторов. Из бруска нарезаются поперек волокон тонкие пластинки (карточки) 1 толщиной 17-21 мм, которые изгибаются на прессе. Торцовое гнутье производится только с распаренной древесиной. Способы ДП-О и ДП-К также требуют специальной влаго-термообработки заготовок перед уплотнением.

В зависимости от степени уплотнения прочностные показатели древесины увеличиваются в 2-3 раза. Но природные ее свойства адсорбировать в межмолекулярные пространства влагу и десорбировать ее в зависимости от влажности и температуры окружающей среды являются недостатком при использовании древесины в подшипниках скольжения, так как при этом происходит соответственно разбухание (распрессовка) и усушка, тем самым обуславливается нестабильность размеров. При распрессовке подшипника защемляется контртело (вал), а при усушке увеличивается зазор в узле трения, вследствие чего изменяются параметры трения.

Для устранения этих недостатков были разработаны различные способы конструктивного исполнения подшипников скольжения из уплотненной древесины.

1. Набором в металлической обойме втулки (рис. 1д) из секторов торцового гнутья древесных заготовок с последующим осевым уплотнением (рис. 1е).

2. Набором в металлической обойме втулки из брусков древесины одноосного уплотнения в различных вариантах: в "ласточкин хвост" (рис. 2б), в "бочку" (рис. 2а) и другие (рис. 1в,г).

3. Набором в пазах матрицы прессформы вкладышей из прессованной древесины с последующей облицовкой полимером (рис. 4а,б).

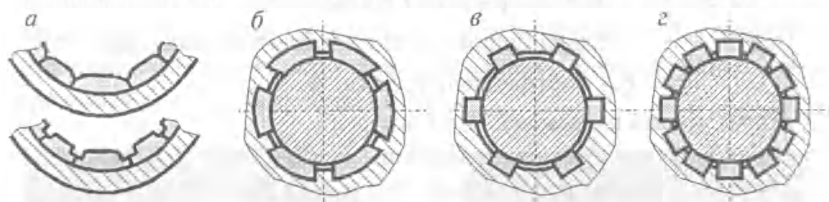


Рис. 2. Подшипники скольжения из брусков одноосного прессования: а - набранных "в бочку"; б, в, г - запрессованных в пазы металлической обоймы (б-пазы типа "ласточкин хвост")

Во всех случаях древесные вкладыши имеют влажность $W=8-12\%$ и располагаются так, чтобы трение происходило торцевой поверхностью. Вкладыши, пропитанные загущенной смазкой, обеспечивают работу узла трения в режиме самосмазки.

При длительной работе подшипников вследствие генерируемого в контактной зоне тепла из древесных вкладышей постепенно удаляется адсорбированная влага и они усыхают.

Согласно исследованиям [1,2], при полном удалении из древесины максимальной гигроскопической влаги, равной 23-33% от ее массы, усушка составляет в тангенциальном направлении - 6-12%, в радиальном 3-6, вдоль волокон - 0.1-0.3 и объемная - 12-15% в зависимости от породы древесины. В дальнейшем для удобства расчетов и для большей наглядности будут использоваться наибольшие значения усушки соответственно 12; 6; 0.3; 15%.

Усушка натуральной и уплотненной древесины одинаковая, так как она происходит только вследствие удаления влаги из межмолекулярных пространств компонентов, составляющих древесинное вещество. При этом объем полостей капиллярно-пористой системы, согласно исследованиям [2], не изменяется.

Приведем пример расчета усушки вкладышей влажностью $W=10\%$, имеющих одинаковые размеры и равные 20 мм по длине вдоль волокна, ширине и толщине соответственно в радиальном и тангенциальном направлениях, из которых набран подшипник скольжения. В случае удаления влаги до абсолютно сухого состояния усушка определится:

$$y = l \cdot k_y / 100\%,$$

где l - длина (ширина или толщина) заготовки, мм;
 k_y - коэффициент усушки, %.

Тогда усушка вкладышей составит:

в тангенциальном направлении $y_T = 20 \cdot 4\% / 100\% = 0.8$ мм;

в радиальном направлении $y_P = 20 \cdot 2\% / 100\% = 0.4$ мм;

вдоль волокна $y_{||} = 20 \cdot 0.1\% / 100\% = 0.02$ мм,

где 4.2 и 0.1% - составляют 1/3 от максимальной усушки в соответствующем направлении, так как и влажность вкладышей $W=10\%$ также составляет 1/3 от полной гигроскопической влажности, равной 30%. Из расчетов видно, что размеры вкладышей вдоль волокна изменяются незначительно и это не повлияет на работоспособность крупногабаритных подшипников скольжения, изготовленных выше описанными способами.

При продолжительных остановках вкладыши адсорбируют влагу и разбухают до первоначального состояния; дальнейшая распрессовка их предотвращается конструктивным исполнением подшипника. В наборных подшипниках с полимерной облицовкой недостаточной толщины силы разбухания могут быть настолько велики, что вызовут ее разрушение и вкладыши будут продолжать распрессовываться, выводя подшипник из строя. Это может происходить и с подшипниками, не бывшими в эксплуатации (рис. 4б).

Проводились микроструктурные исследования контактной поверхности самосмазывающихся подшипников скольжения (СПС) сразу после испытаний (рис. 3а) и через 0.5 месяца после прекращения испытаний. Вследствие адсорбции влаги вкладышами при остановках происходит их разбухание и на контактной поверхности появляются микротрещины (рис. 3б). При возобновлении испытаний микротрещины исчезают, что свидетельствует о восстанавливаемости граничного слоя.

Малогобаритные подшипники скольжения (рис. 4в,г) изготавливаются вытачиванием втулки из брусков древесины одноосного прессования 2 (рис. 4) с последующей запрессовкой в металлическую обойму или в бруске просверливают отверстие и

облицовывают его полимером. У таких подшипников трение контртела происходит по торцу и вдоль волокон. Поэтому при длительных остановках вследствие разбухания подшипника поперек волокон может произойти зажим (защемление) вала.

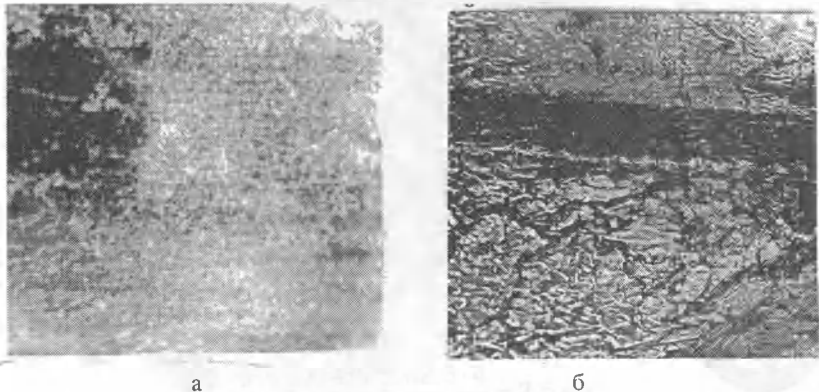


Рис. 3. Микроструктуры контактной поверхности самосмазывающейся прессованной древесины при трении на торец после испытаний (а) и через 0.5 месяца после прекращения испытаний (б)

Если учесть, что малогабаритные подшипники скольжения применяются взамен подшипников качения 201, 202, 203, 204, 205, 206 и других серий с такими же внутренними диаметрами, которые широко используются во всех транспортирующих механизмах и конвейерах, рольгангах, в сошниках сеялок, разбрызгивателях удобрений и других, то очевидно, какой экономический эффект можно получить при создании подшипника на основе древесины, обладающего стабильными размерами независимо от условий эксплуатации.

Нами разработано устройство для изготовления подшипников [3] путем торцового гнутья древесных карточек толщиной 5-10 мм и влажностью $W=8-12\%$ во втулку с последующей запрессовкой в корпус металлический (рис. 6в) или из композиционного материала (рис. 6д). У таких подшипников все волокна располагаются строго по радиусу и казалось бы, что влагопоглощение и усушка не повлияют на величину зазора. Однако при эксплуатации такие втулки от генерируемого в

контактной зоне тепла усыхают по окружности и между стыками появляется значительный зазор (рис. 4д), о чем свидетельствует и ниже приведенный расчет.

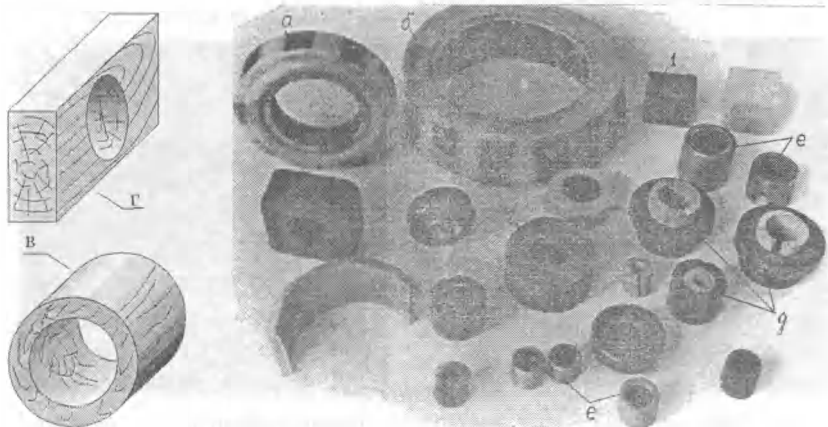


Рис. 4. Подшипники: скольжения: а,б-наборные из прессованных вкладышей 1 и облицованные полимером; в,г-малогабаритные, изготовленные из прессованных брусков 2; д,е- с втулками торцевого гнуптя, впрессованными в корпусе соответственно из композиционного материала и в металлические

Например, необходимо изготовить подшипник скольжения взамен подшипника качения №204, имеющего размеры $D_H=47$, $d=20$, $B=14$ мм. Древесная карточка имеет толщину вдоль волокна $t=7$ мм. Наружный диаметр втулки из нее определится

$$D_H^{BT} = d + 2t = 20 + 2 \cdot 7 = 34 \text{ мм.}$$

Длина окружности по наружному диаметру составит

$L = \pi \cdot D_H^{BT} = \pi \cdot 34 = 106.76$ мм. При степени уплотнения по наружной поверхности $\epsilon_H = 25\%$ длина заготовки определится

$$L_3 = \frac{L}{100\% - \varepsilon_H} \cdot 100\% = \frac{106.76}{100 - 25} \cdot 100 = 142 \text{ мм.}$$

Длина окружности по внутреннему диаметру втулки $l = \pi d = \pi \cdot 20 = 62.8$ мм. Степень уплотнения по внутреннему диаметру составит

$$\varepsilon_{BH} = \frac{L_3 - l}{L_3} \cdot 100\% = \frac{142 - 62.8}{142} \cdot 100\% = 55.8\%.$$

При влажности заготовки $W=10\%$ в процессе постоянной работы подшипника скольжения вследствие удаления влаги втулка уменьшает свои размеры по длине окружности (в тангенциальном направлении) в среднем на 4%, тогда по внутренней окружности усушка втулки составит

$$y_{BH} = \frac{l \cdot 4\%}{100\%} = \frac{62.8 \cdot 4}{100} = 2.5 \text{ мм,}$$

а по наружной

$$y_H = \frac{l \cdot 4\%}{100\%} = \frac{106.76 \cdot 4}{100} = 4.27 \text{ мм.}$$

Вдоль волокна усушка в среднем равна 0.1%, что составит

$$y_{II} = \frac{t \cdot 0.1\%}{100\%} = \frac{7 \cdot 0.1}{100} = 0.007 \text{ мм.}$$

Приведенные расчеты иллюстрируют нестабильность размеров всех подшипников из уплотненной древесины вследствие адсорбционной и десорбционной способности ее в зависимости от влажности и температуры окружающей среды. Ни одно ранее известное конструктивное исполнение подшипников скольжения и технология их производства не предотвращают полностью усушку и разбухание.

В результате теоретических и экспериментальных исследований нами были разработаны специальные технологические приемы, совмещенные с конструктивным исполнением отдельных элементов устройства, позволившие производить качественное без трещин торцовое гнущее древесных карточек во втулки с одновременным их

уплотнением при гнутье по всему объему, достигая по наружному диаметру 25-30%, а по внутреннему - 50-65%, с последующей запрессовкой в корпус и получить подшипники скольжения, обладающие исключительной стабильностью размеров при эксплуатации в любых условиях окружающей среды [4].

У таких втулок все волокна располагаются по радиусу, т.е. строго перпендикулярно к поверхности скольжения вала, что обуславливает наилучшие условия для впитывания смазки в недопрессованные полости при пропитке, а при работе обеспечивает самосмазываемость и наилучшие теплофизические свойства. По износостойкости они превосходят все известные подшипники из древесины из-за высокой степени уплотнения волокон, соприкасающихся с валом.

Этот способ изготовления СПС позволил устранить недостатки древесины (влагопоглощение, разбухание, усушку) и использовать все ее достоинства: наибольшую прочность и высокую износостойкость при работе на торец, демпфирующую способность, капиллярность (для впитывания и выделения смазки), недеформируемость при высоких температурах (как у полимеров), недефицитность, доступность, возобновляемость, технологичность.

СПС торцового гнутья прошли широкие испытания в лабораторных условиях, на стендах Гомельского подшипникового завода, в узлах трения различных машин и механизмов, работающих во влажных и абразивно-агрессивных средах (угольная пыль, песок, удобрения и т.д.). Они показали высокую работоспособность и износостойкость при работе в режиме самосмазки при скоростях скольжения до 1.5 м/с и нагрузках до 12 МПа. По стоимости они дешевле подшипников качения и скольжения из других материалов в 1.5-2 раза, а по сроку службы в идентичных условиях эксплуатации превосходят их.

СПС могут использоваться в узлах трения ленточных транспортеров и цепных конвейеров, в рольгангах, в сошниках сеялок, разбрызгивателях минеральных удобрений, в дисковых боронах, на промежуточных и выходных валах редукторов, в различных тележках и т.д. В настоящее время налаживается их крупносерийное производство.

Литература

1. Белый В.А., Врублевская В.И., Купчинов Б.И. Древесно-полимерные конструкционные материалы и изделия. -Мн.: Наука и техника, 1980.
2. Оснач Н.А. Проницаемость и проводимость древесины. -М.: Лесная промышленность, 1964.
3. Врублевская В.И., Руев В.И., Гайдук Б.С. и др. Устройство для торцового гнуща древесных заготовок. А. св. 1384381. Бюлл. изобр. №12, 1988.
4. Врублевская В.И., Гайдук Б.С., Руев В.И. Устройство для торцового гнуща древесных заготовок. А. св. 1819766, Бюлл. изобр. №21, 1993.