Ув. студенты! Ознакомиться с лекционным материалом и ответить на контрольные вопросы письменно. Ответы на контрольные вопросы предоставить до **03.06** на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

ЛЕКЦИЯ

Тема: Опоры валов и осей

Цель: изучение опор валов и осей

План

1 Опоры валов и осей. Общие сведения. Подшипники скольжения

2 Виды разрушения, критерии работоспособности

3 Расчеты на износостойкость и теплостойкость подшипников скольжения

4 Смазка и уплотнения подшипников скольжения

Список использованных источников:

1 Гузенков П.Г. Детали машин. - Г.: Высшая школа, 1986

2 Олофинская В.П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания: учебное пособие.-2-е изд., исправленное. и дополненное- М.: ФОРУМ, 2008.- 208с.

3 Фролов М.И. Техническая механика. Детали машин. - М: Высшая школа, 1986

1 Опоры валов и осей. Общие сведения. Подшипники скольжения

*Назначение и классификация***.** Подшипники служат опорами для валов и вращающихся осей. Они воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу, и сохраняют заданное положение оси вращения вала. Во избежание снижения к.п.д. механизма потери в подшипниках должны быть минимальными. От качества подшипников в значительной степени зависят работоспособность и долговечность машин.

По виду трения различают: *подшипники скольжения* и *подшипники качения,* у которых трение скольжения заменяют трением качения посредством установки шариков или роликов между опорными поверхностями подшипника и вала.

По воспринимаемой нагрузке различают подшипники: *радиальные,* воспринимающие радиальные нагрузки; *упорные,* воспринимающие осевые нагрузки; *радиалъно-упорные,* воспринимающие радиальные и осевые нагрузки.

Подшипники скольжения - это опоры вращающихся деталей, работающие в условиях относительного скольжения поверхности цапфы по поверхности корпуса подшипника, разделенные слоем смазки.

*По направлению воспринимаемых нагр*узок подшипники скольжения могут быть радиальными и упорными. При совместном действии радиальных и осевых нагрузок обычно применяют радиальные и упорные подшипники совместно, реже применяют радиально-упорные подшипники.

В зависимости от режима трения скольжения различают: подшипники сухого трения (без смазочного материала или на твердых смазочных материалах); подшипники полужидкостного (граничного) или жидкостного трения (с жидким смазочным материалом); подшипники с газовым смазочным материалом.

Конструкция подшипников весьма разнообразны и во многом зависят от конструкции машины, в которой устанавливаются. Основные элементы подшипников: корпус и вкладыш, а также смазывающие и защитные устройства.

Корпус подшипника может представлять собой отдельную литую или сварную деталь, присоединяемую к машине, или может выполняться за одно целое с какой-нибудь неподвижной деталью (например, с рамой машины) или с подвижной деталью.

В *неразъемных* корпусах подшипников вкладыш *1* (рисунок 31.1, а) обычно представляет собой втулку из антифрикционного материала, запрессованную в корпус. Они просты по конструкции и дешевы. Однако имеют крайне ограниченное распространение, так как не дают возможности компенсировать износ втулки. Применяют для опор тихоходных валов с небольшой нагрузкой.

Разъемный корпус (рисунок 31.1, б) состоит из основания *1* и крышки *4,* соединенных винтами, шпильками или болтами. Для повышения точности установки крышки стык ее с корпусом выполняется с уступами. Втулка разделена (разрезана по диаметру) на два вкладыша *2* и *3*, которые устанавливают в корпус и в крышку и предохраняют от проворачивания штифтом *5*. Разъем облегчает монтаж или даже является необходимым условием сборки.

Материалом для корпусов служит серый чугун, обладающий хорошими литейными свойствами. Вкладыш является наиболее ответственной деталью

подшипника, непосредственно воспринимающей передаваемую цапфой нагрузку. Выбор материала вкладыша зависит от условий эксплуатации, характера нагрузки, угловой скорости цапфы, режима смазки. Этот материал должен обладать хорошими антифрикционными свойствами, достаточной износостойкостью, теплопроводностью и хорошо прирабатываться.

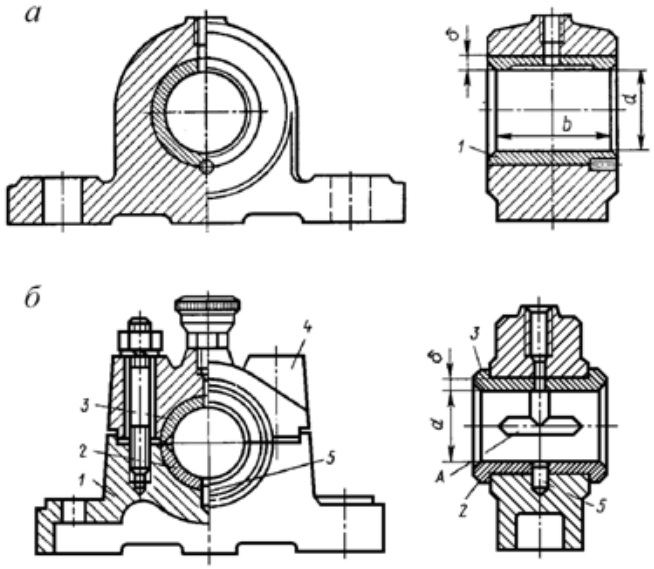

Рисунок 31.1 – Корпуса подшипников скольжения

Металлические вкладыши, изготовленные из антифрикционного чугуна, бронзы, сплавов на алюминиевой основе применяют при небольших нагрузках и хорошем смазывании подшипников.

В качестве материалов вкладышей применяют также металлокерамику (железографитные и бронзо-графитные вкладыши), которая дает возможность работы втулкам длительное время.

Неметаллические материалы: пластмассы (текстолит, капрон, древесно-слоистые пластики и др.); твердые породы дерева (самшит, бук, дуб, граб); прессованную древесину; резину используют при небольших скоростях и нагрузках. Их достоинства - хорошая прирабатываемость, отсутствие заедания на валу, возможность смазывания и охлаждения водой, что важно для подшипников гребных винтов, водяных насосов и др.

Подшипники скольжения применяют в сепараторах, для высокоскоростных шпинделей станков, в газовых турбинах, центрифугах, двигателях внутреннего сгорания (коленчатые валы устанавливают на подшипники скольжения), в особо тяжелых машинах (прокатные станы, камнедробилки).

Достоинства подшипников: высокая работоспособность при больших скоростях и ударных нагрузках; малые габариты в радиальном направлении; бесшумность и обеспечение виброустойчивости вала при работе подшипника в режиме жидкостного трения (масляный слой между поверхностями цапфы

и вкладыша обладает способностью гасить колебания); возможность работы в особых условиях: химически агрессивных средах, при бедной и загрязненной смазке; незаменимость в тех случаях, когда по условиям сборки подшипник должен быть разъемным (на шейках коленчатых валов); простота конструкции.

Недостатки: большие потери на трение (это не относится к подшипникам, работающим в режиме жидкостного трения), значительные габаритные размеры в осевом направлении, необходимость применения дорогостоящих материалов (бронза, баббит) для вкладышей, сравнительная сложность устройства смазки, не обеспечена взаимозаменяемость подшипников при ремонте, так как большинство типов подшипников не стандартизовано.

2 Виды разрушения, критерии работоспособности подшипников скольжения

Работа подшипников скольжения сопровождается главным образом *абразивным изнашиванием вкладышей и заеданием поверхностей трения.*

Абразивное изнашивание вкладышей происходит вследствие попадания со смазочным материалом на трущиеся поверхности абразивных частиц (пыли, грязи) и неизбежного трения при пуске и останове. Если износ превышает норму, вкладыш заменяют.

Заедание происходит при перегреве подшипника. Вследствие трения нагреваются цапфа, вкладыш и масло. С повышением температуры понижается смазочная способность масла, которая связана с прочностью тонкой масляной пленки на поверхностях трения. При повышении температуры в рабочей зоне подшипника до некоторого критического значения эта пленка разрушается. Возникает трение без смазки (металлический контакт), что влечет за собой дальнейшее повышение температуры и заедание (схватывание) поверхностей трения. Заедание приводит к выплавлению вкладыша. Подшипник выходит из строя. Так как износ и заедание являются причинами выхода из строя подшипников, то *основными критериями работоспособности и расчета подшипников скольжения являются износостойкость и теплостойкость.*

3 Расчеты на износостойкость и теплостойкость

Расчет на износостойкость и теплостойкость выполняют как *проверочный,* когда известны диаметр d цапфы (шипа, шейки) (см. рисунок 31.1), который определяют при проектировочном расчете вала, и ширина вкладыша b, которую назначают по рекомендации:

$b \cong (0,5...1,3) \cdot d.$ (1)

Подшипники, работающие в условиях смешанного или полусухого трения, рассчитывают по условной методике.

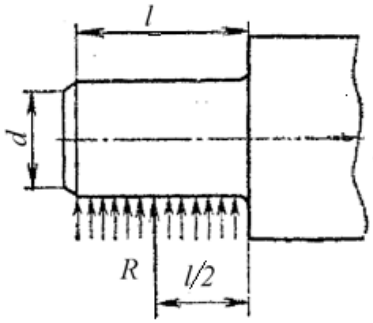

Рисунок 31.2 – К расчету подшипников скольжения

Во-первых, ограничивают среднее давление p между цапфой и вкладышем, что обеспечивает ограничение износа и невыдавливание смазки между рабочими поверхностями вкладыша подшипника и цапфы. Во-вторых, по произведению $p \cdot v$ (v – окружная скорость вращения цапфы) пару «цапфа – вкладыш» рассчитывают на нагрев с тем, чтобы обеспечить нормальный тепловой режим работы подшипника. Произведение $p \cdot v$ характеризует удельную мощность трения, поэтому при превышении допускаемого значения $[p \cdot v]$ температура локально повышается настолько, что происходит разрыв масляного слоя, и, как следствие, схватывание поверхностей цапфы и вкладыша.

Одна из основных условностей расчета состоит в том, что давление считают равномерно распределенным по поверхности контакта цапфы и вкладыша, как показано на рисунке 31.2. Установить истинный закон распределения давлений практически невозможно, так как он зависит от большого числа факторов, в частности, от жесткости цапфы и вкладыша, погрешностей монтажа, режима эксплуатации и т. д.

Для ограничения износа и нагрева необходимо выполнить условия:

для *шипов и шеек* при их охвате вкладышем на дуге 180° (рисунок 31.2)

$$p = \frac{R}{l \cdot d} \le [p]; \quad (2)$$

$$p \cdot v \le [p \cdot v], \quad (3)$$

где d - диаметр шипа (шейки), мм;

l - длина шипа (шейки), мм;

R - реакция опоры, Н;

p - расчетное давление,

МПа; [p] - допускаемое давление, зависящее в основном от материалов цапфы и вкладыша,

МПа; [$p \cdot v$] - допускаемое произведение давления и скорости, при котором температура подшипника будет не выше допускаемой, МПа·м/с.

Если при расчете условия не выполняются, то необходимо изменить материал или ширину вкладыша и повторить расчет.

4 Смазка и уплотнения подшипников скольжения

Подшипники скольжения работают при наличии смазочного материала между цапфой вала и вкладышем.

Смазыванием называется подведение смазочного материала в зону трения, смазкой – действие смазочного материала.

Для смазывания трущихся поверхностей подшипников применяют жидкие (дизельное, индустриальное, турбинное масла), пластичные (солидолы), твердые (графит, слюда, тальк) и газообразные (воздух, азот, кислород) смазочные материалы.

Твердые смазочные материалы используют для смазывания подшипников в условиях, где жидкие и густые мази неприменимы (работа при высокой температуре, в агрессивных средах и др.).

Газообразные смазочные материалы применяют в особых случаях (в особо быстроходных малонагруженных подшипниках, при работе в условиях высоких и низких температур и др.).

В подшипниках *жидкостного трения* для работы без систематического износа поверхности цапфы и вкладыша необходимо разделить слоем смазки достаточной толщины.

Таким образом, слой масла должен иметь толщину h (рисунок 31.3), которая больше суммарной высоты неровностей R_{z1} и R_{z2} профиля поверхности вкладыша и цапфы, т. е. $h > R_{z1} + R_{z2}$. При соблюдении этого условия не происходит непосредственного касания и изнашивания трущихся поверхностей. Несущая способность масляного слоя очень высока, и он воспринимает передаваемую нагрузку. Сопротивление вращению подшипника в этом случае определяется только внутренним трением в смазочном материале, а коэффициент трения f = 0,001... 0,005.

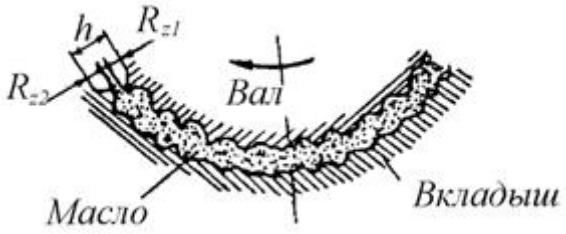

Рисунок 31.3 – Жидкостное трение в подшинике

В условиях *полужидкостного трения* нарушается непрерывность масляного слоя и в отдельных местах происходит соприкосновение неровностей трущихся поверхностей. Поэтому здесь не исключается изнашивание поверхностей, а только уменьшается его интенсивность (коэффициент полужидкостного трения f = 0,008... 0,1).

Следует отметить, что в подшипнике с изменением частоты его вращения или нагрузки изменяются и режимы трения: полужидкостное трение становится жидкостным и наоборот.

Контрольные вопросы:

1 Какие различают типы подшипников скольжения по конструкции?
2 Какими достоинствами и недостатками обладают подшипники скольжения и в каких областях машиностроения их применяют?
3 По каким признакам классифицируют подшипники скольжения?
4 Какие материалы используют для изготовления деталей подшипников скольжения?
5 Чему втулки и вкладыши изготовляют из материалов, которые имеют хорошие антифрикционные свойства?
6 Какие различают виды смазки в подшипниках скольжения? Почему жидкостная смазка является самой благоприятной?
7 Какие смазочные материалы применяют в подшипниках скольжения и в каких случаях применяется жидкая, пластичная, газообразная и твердая смазки?
8 Какие виды разрушения встречаются в подшипниках скольжения?