

## К обоснованию выбора материала для подшипников скольжения. Факторы определяющие выбор материала.

77-48211/514195

# 12, декабрь 2012

Тавров В. И.

УДК 421.458

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[k\\_mt3@org.bmstu.ru](mailto:k_mt3@org.bmstu.ru)

Для надежной эксплуатации пары трения материал подшипник – шейка коленчатого вала в условиях полужидкостного и жидкостного трения должен обладать механической прочностью, антифрикционностью, прирабатываемостью, стойкостью против коррозии и другими свойствами.

Механическая прочность это способность подшипникового материала выдерживать максимальные механические нагрузки на сжатие при рабочей температуре. Она в значительной степени определяет выносливость и предупреждает возникновение трещин выкрошиваний и отслоений антифрикционного материала.

Антифрикционность обеспечивает высокую теплопроводность, смачиваемость смазкой создает на поверхности скольжения защитную пленку. Высокая теплопроводность лучше отводит тепло из масляного слоя, что особенно важно при кратковременном местном повышении температуры в результате возникновения очагов полужидкостного или полусухого трения и позволяет избегать схватывания металла за счет снижения температуры.

Смачиваемость материала маслом объясняется способностью удерживать адсорбированную пленку при недостаточной подаче масла и исключает наступление полусухого трения.

Прирабатываемость пары состоит в сглаживании выступающих микронеровностей поверхности подшипника достигнутых при отделочной обработке, отклонений точности от цилиндрической формы и взаимного расположения поверхностей после сборки. Процесс основан на пластической деформации мягкого материала и создает приспособляемость поверхности подшипника к шейке вала увеличивая площадь контакта,

уменьшая местные давления. Самая высокая прирабатываемость у баббита, значительно меньшая у свинцовых бронз, самая низкая у твердых подшипниковых материалов.

Антифрикционные материалы должны быть стойкими против коррозии от кислот возникающих в масле при работе с повышенными температурами. Склонны к коррозии материалы содержащие  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Ca$ . Для защиты коррозии от коррозии на рабочую поверхность подшипника диффузионным способом наносят слой  $Sn$  толщиной  $0,003...0,005$  мм. С той же целью в масло вводят провоокислительные присадки  $S, P, N$  и др.

Материалы подшипниковой пары трения должны обладать противозадирными свойствами. Как отмечает П. И. Орлов [1] «Металлы сходные по атомнокристаллической решетке и физико-химическим свойствам в условиях полусухого трения «свариваются». Сначала частицы одного металла наволакиваются на другой увеличивая их количество до сплошной неровности, которая приведет к схватыванию поверхностей, но это характерно для термически необработанных шеек валов по бронзе.

Подшипниковые материалы должны хорошо обрабатываться по высокой гладкости поверхности отделочными методами обработки для поверхностей скольжения.

### **Материалы для подшипников скольжения ДВС**

В практике при выборе антифрикционного материала подшипника конструктор руководствуется прежде всего коэффициентом трения скольжения, допустимым давлением действующим на опору  $p$ , скорость скольжения  $v$  и параметром  $pv$  определяющим удельную мощность трения. Учитывая, что подшипники скольжения ДВС работают в режиме жидкостного, полужидкостного и в момент пуска полусухого трений, конструктор учитывает и коэффициент трения материала без смазки соответственно способность материала сопротивляться схватыванию.

Металловеды [2] металлические подшипниковые материалы по структуре подразделяют на два типа сплавов: 1) сплавы с мягкой матрицей и твердыми включениями; 2) сплавы с твердой матрицей и мягкими включениями.

К сплавам первого типа относят мягкие баббиты с твердостью до 30НВ и сплавы на основе меди – бронзы и латуни. Мягкая матрица поглощает твердые частицы от рабочего процесса обезвреживая их, обеспечивает хорошую прирабатываемость, особый микрорельеф для смазки и отвод теплоты. Твердые включения обеспечивают высокую износостойкость. К сплавам на оловянной основе относят баббит Б83ГОСТ1320-74 химический состав в %:  $Sn-83$ ;  $Sb-11$ ;  $Cu-6$  и Б88. На свинцовой основе Б16 состав в %:

Sn-16; Sb-16; Cu-2 остальное свинец. Более дешевыми являются свинцово-кальциевые баббиты БКА и БК2 ГОСТ 1209-90.

Как отмечает Н. М. Рыжов [2] «Высокооловянистые баббиты по антифрикционным свойствам превосходят все подшипниковые материалы, но значительно уступают им по сопротивлению усталости. Баббит 683 допускает режим работы с давлением  $p$  до 15 МПа со скоростью скольжения  $v$  до 50 м/сек, соответственно Б16  $p$  до 10 МПа и  $V=15$ м/сек.

Мягкий баббит, имея минимальный модуль упругости создаёт приспособляемость к прогибам цапфы коленчатого вала. Последнее характерно для шатунных подшипников ДВС. Во время рабочего процесса при воспламенении рабочей смеси повышается нагрузка на шатунную шейку коленчатого вала. В этот момент наблюдается упругое расхождение кривошипов коленчатого вала (раскеп) и как результат прогиб шатунных шеек и появление кромочных давлений. Способность материала легко пластически деформироваться, увеличивать площадь контакта, приводит к уменьшению местного давления, снижению температуры на поверхности подшипника скольжения, исключению схватывания и появлению задиров.

Однако, усталостная прочность мягких баббитов Б83, Б88 является недостаточной для современных двигателей работающих в условиях высоких давлений  $p$ , скоростей  $v$  и повышенных температур  $T$ . Он вытесняется другими сплавами .

К сплавам второго типа относят свинцовую бронзу БР ГОСТ 493-79 химический состав в %  $P1-27...31; Cu-70$  с учётом примесей  $Sn<0,1; Ni<0,5; P<0,1; Zn<0,1; Fe<0,25; As<0,1; Sb<0,3; Si<0,03$ . Всего примесей допускается  $\leq 0,9\%$ . Свинцовистые бронзы могут иметь сплавы с соотношением по составу в %:  $P1-60...30; Cu-70...40$ ; с присадками в небольшом количестве  $Sn; Zn; Ni; Ag$ . Твердость таких сплавов достигает  $30...70$ НВ. Применяют и свинцовисто – никелевую бронзу Бр СН60-2,5 ( $P1-60\%; Ni 2.5\%, Cu$  остальное) и др. Мягкой составляющей у свинцовых бронз является свинец.

Преимущество свинцовистой бронзы перед баббитом Б83 заключается в том, что она сохраняет почти неизменную прочность при повышении температуры до  $200^{\circ}C$  и имеет высокую теплопроводность. Однако, она уступает баббиту Б83 по пластичности и податливости, погружению твердых частиц.

Твердость баббитов  $\approx 30$ НВ, свинцовистой бронзы  $\approx 50$ НВ. Свинцовистую бронзу БРС30 применяют для коренных и шатунных подшипников дизельных двигателей разного функционального назначения тепловозов и судов, буровых установок, стационарных дизельгенераторов, транспортных и строительных машин. Она допускает скорость скольжения  $v$  до 12 м/с., удельное давление на опору до 25 МПа, последнее очень важно для дизелей работающих с высокими степенями сжатия.

Свинцовистые бронзы широко применяют для вкладышей дизельных автомобилей и тракторных двигателей семейств КаМАЗ, ЯМЗ, ЗИЛ-465 и др. Химический состав бронзы КаМАЗ в % Рl-22...26; Sn – 1...2; Cu- остальное с некоторыми примесями <0,4;. Слой для приработки, расположенного на подслое Ni толщиной 0,0008...0,0015 мм в % Sn-8...12; Cu-2...3; остальное Рl. Химический состав для других вкладышей отличается незначительно.

Ко второй группе относят алюминиевые подшипниковые сплавы наиболее известный А020-1 имеет химический состав в %: Sn-20...24; Cu-0,7...1,3; Al-остальное. Допускаемые примеси в %: Si<0,3; Fe<0,3; Mn<0,1. Всего примесей <1%. Массовое производство вкладышей с антифрикционным сплавом А020-1 организовано на Заволжском моторном заводе. Допускает рабочие нагрузки: давление  $p$  до 25 МПа, скорость скольжения  $v$  до 20 м /сек. Примечательно, что при недостатке смазки этот сплав создает на шейке вала защитную пленку из олова, которая уменьшает износ и предохраняет от схватывания и задиров.

Твердость алюминиевых сплавов достигает 80 НВ, что ухудшает прирабатываемость пары и вызывает повышенный износ шейки коленчатого вала. Это требует увеличения зазоров на масло, повышения твердости шейки путем азотирования и создания, плосковершинной формы шероховатости поверхности для повышения моторесурса.

Заключение. Постоянное стремление конструкторов ДВС снять максимальную мощность с мотора при наименьшем весе и расходе топлива приводит к дальнейшему формированию рабочего процесса двигателя по давлению  $P$ , скорости скольжения  $V$  теплонпряженности. Это требует системного совершенствования всех этапов производственного процесса по изготовлению пар трения: назначению материалов, высокоточному изготовлению заготовок и деталей, обеспечению требуемых зазоров на масло после сборки.

### **Список литературы.**

1. Орлов П. И. Основы конструирования. М. Машиностроение, 1972 г. 352 с.
2. Арзамасов Б. Н., Макарова В. И., Мухин Г. Г., Рыжов Н. М. Материаловедение. М. Машиностроение, 2001 г. 648 с.