

SCIENCE AND TECHNOLOGY

Kireev S.O., Korchagina M.V., Nikishenko S.L., Kusin A.D.

THE APPLICATION OF SELF-LUBRICATING BEARING OF ANTI-FRICTION POWDER MATERIAL IN THE FRICTION ASSEMBLY CONNECTING ROD PISTON HIGH PRESSURE PUMP

Kireev S. O., Rostov-on-Don, Doktor of technical Sciences, Don State Technical University

Korchagina M. V., Russia, Rostov-on-Don, Candidate of technical Sciences, Don State Technical University

Nikishenko S. L., Rostov-on-Don, associate Professor, Don State Technical University

Kusin A. D., Rostov-on-Don, magister study, Don State Technical University

Abstract

This paper examines the possibility of changing the design bearing Assembly with a bearing application of self-lubricating powder material for a host of friction-sliding connecting rod piston high pressure pump. Discusses the problems arising in the manufacture and operation of the existing design of the site. Gives you the option of changing the design of the connecting rod drive pump parts using self-lubricating bearing of antifricition powder material based on iron, meet the loading conditions of the considered node. Made selection of material and analysis of its application in the present node.

Keywords: Plunger pumps high pressure, powder antifricition materials, bearings, lubrication, friction, wear.

Введение.

Антифрикционные порошковые материалы применяются во многих областях техники для узлов трения различного рода механизмов, приборов и машин, в том числе и в нефтегазовом машиностроении.[1].

Материалы на основе железа (сульфидированное пористое железо, железографит и сульфидированный железографит) могут применяться при ограниченной подаче масла и в режиме самосмазывания, в условиях повышенного абразивного износа, при температурах до 100 - 150⁰ С. Эффект самосмазывания обеспечивают вещества, выполняющие роль смазки (графит, сульфиды и т.п.), а также масло, находящееся в порах и выходящее при термическом расширении во время работы узла в зону трения. Подобные спеченные антифрикционные материалы могут заменить дорогостоящие подшипниковые сплавы, сокращают расход металла и снижают затраты за счет исключения механической обработки, использования более прогрессивной технологии.

В узлах механизмов оборудования нефтегазовой промышленности детали из порошковых антифрикционных материалов используются в качестве различного рода втулок, подшипников скольжения, торцевых уплотнений и т.п. [1].

Проблема и методы решения.

Широко распространённым оборудованием в нефтегазовой промышленности являются плунжерные насосы высокого давления для сервиса нефтегазовых скважин. Такие насосы входят в состав специализированных мобильных комплексов при проведении цементирования и кислотной обработки скважин, гидравлического разрыва пластов, гидropескоструйной перфорации, глушения скважин и других тампонажных работ. В качестве типичного представителя плунжерных насосов подобного рода, рассмотрим конструкцию насоса НП-720 отечественной компании ЗАО «Траст-Инжиниринг», как в наибольшей степени отвечающую современным требованиям, предъявляемым к нефтегазопромысловому оборудованию, и не уступающую конструкциям лучших мировых образцов насосов подобного типа [2].

Рассмотрим узел трения шатунно-крейцкопфной группы приводной части насоса.

Приводная часть насоса (рис. 1) включает сварную неразъемную станину, в которой смонтированы три продольно расположенные шатунно-крейцкопфные группы и поперечно установленный коренной кривошипный вал с тремя эксцентрично расположенными шейками.

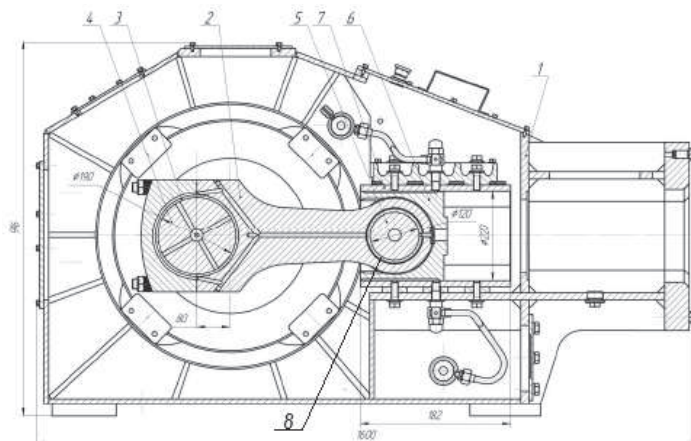


Рис. 1. Основные элементы конструкции шатунно-крейцкопфного механизма привода плунжерного насоса высокого давления: 1 – корпус приводной части насоса; 2 – шатун; 3 – вкладыш; 4 – вал кривошипный; 5 – палец шатуна; 6 – крейцкопф; 7 – направляющие 8- втулка

Шатунно-крейцкопфные группы включают стальные кованные крейцкопфы и шатуны, в малые головки которых запрессованы антифрикционные втулки с бронзовой заливкой, охватывающие пальцы крейцкопфов. В больших головках шатунов размещены антифрикционные полувкладыши разъемных подшипников скольжения, охватывающие шейки кривошипов коленчатого вала. Большие головки шатунов соединены с крышками болтами-стяжками.

В настоящей конструкции все подшипники работают в условиях смазки. Система смазки насоса обеспечивает принудительную раздельную смазку подвижных узлов приводной и гидравлической частей насоса. По оси кривошипа коренного вала имеются отверстия для подвода по радиальным каналам смазки на трущиеся поверхности больших шеек кривошипов. Рассматриваемый узел находится в достаточно труднодоступном для смазки месте. Подвод смазки к подшипникам малых головок шатуна осуществляется по системе отверстий, выполненных в теле шатуна. Изготовление таких смазочных отверстий малого диаметра и большой длины, проходящих сквозь тело шатуна дорогая и технологически сложная операция, требующая больших трудозатрат и сложного оборудования.

Особенностью работы рассматриваемого подшипникового узла является достаточно высокие нагрузки до 516 кН, при скоростях скольжения до 1 м/с [3]. Усилие F приводящее в движение крейцкопф и

жестко связанный с ним плунжер насоса, совершающие возвратно-поступательное прямолинейное движение, передается от верхней головки шатуна, в которой запрессована втулка подшипника скольжения, и палец, закрепленный непосредственно в теле кривокопфа. Условное удельное давление $p = F_{max}/dl \leq [p]$ составляет 45,28 МПа. Для материала, используемого в настоящее время в качестве подшипника скольжения головки шатуна используется стальная труба с заливкой из бронзы БрО10Ф1 работающая в условиях полужидкостной смазки максимально допустимое значение $[p]$ составляет 25 МПа [4].

Предлагается использовать в малой шейке шатуна подшипник из порошкового антифрикционного материала с эффектом самосмазывания.

Для подшипников, работающих в условиях граничной смазки, при недостатке или полном ее отсутствии применяют самосмазывающиеся порошковые бронзографиты и железографиты полученные прессованием и спеканием смеси порошков необходимого состава. Их особенностью является пористость (объем пор до 20%) и способность впитывать большое количество масла. Подшипники из этих материалов пропитывают в вакуумных установках индустриальным маслом при температуре 100-120°C. Этого запаса масла оказывается достаточным на несколько месяцев работы подшипника без дополнительной смазки. Данный период работы не превышает периода профилактического обслуживания насоса, при котором осуществляется замена подшипника.

Наиболее высокими качествами обладают железографиты представляющие собой смесь 87-98% железа с 1-3 % графита и другими компонентами выполняющими роль твердой смазки.

Согласно ГОСТ 26802-86 условиям работы рассматриваемого узла трения наиболее отвечает материал ПА-ЖГрЗЦс [5], содержащий 2,2-3,2 % углерода, 0,4-1,1 % серы, до 2,7 % цинка (компоненты сера и цинк вводятся в виде сульфата металла). Пористость материала 10—20%. Сульфидированные железографитовые материалы предназначены для работы в тяжелых условиях нагружения и выдерживают допустимые значения показателя $[p]$ до 40 МПа [6]

Детали порошковой металлургии имеют свои особенности, связанные с технологией их изготовления, в связи с этим изменим конструкцию втулки, являющейся подшипником скольжения в малой головке шатуна следующим образом (рис.2)

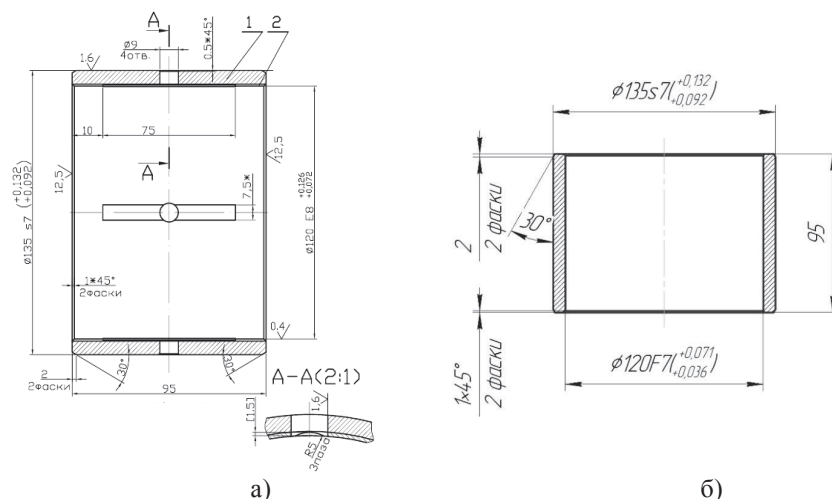


Рис. 2. – Изменение конструкции втулки
 а – втулка до изменения конструкции, б – втулка после изменения конструкции.

Измененная конструкция учитывает особенности изготовления и эксплуатации подшипников обладающих эффектом самосмазывания. Применение в качестве вкладышей подшипников материалов, не нуждающихся в дополнительной смазке, позволяет при конструировании узла в идеальном случае трения отказаться от обязательного зазора между трущимися деталями, а на практике значительно его минимизировать. «Безззорные» подшипники одновременно имеют свойство уплотнений, предохраняющих поверхности трения от загрязнений. Плотное прилегание втулки к валу по всей поверхности улучшает теплоотвод, способствует равномерному распределению нагрузки по поверхности трения. При этом трение в подшипниковом узле снижается [7].

В используемой в настоящее время конструкции подшипникового узла используются следующие посадки: для наружного диаметра подшипника (подшипник–шатун) скольжения посадка с натягом F6/s7, для внутреннего (палец-подшипник) E8/h6.

Подберем посадки для изменяемой конструкции узла. Соединение втулки подшипника с шатуном по посадке с натягом удовлетворяет разрабатываемой конструкции, т.к. в случае плотного соединения втулки с шатуном головка шатуна одновременно будет являться бандажом для порошковой втулки и увеличивать ее нагрузочную способность. Фиксация втулки от проворачивания необязательна в конструкции с самосмазывающимся подшипником т.к. проворот втулки будет компенсировать ее износ [8]. Соединение втулки с пальцем должно быть

наиболее плотным для обеспечения минимального зазора изменим «легкоходовую» посадку E/h на «ходовую» посадку F/h уменьшив тем самым зазор приблизительно в два раза [9]. При этом допуск на изготовление пальца оставим без изменения. Изготовление деталей методами порошковой металлургии позволяет получить достаточно низкие значения шероховатости поверхности, обеспечиваемой формообразующим инструментом в связи с этим допуск на изготовление внутреннего диаметра втулки подшипника выберем F7. Такой допуск может быть получен при изготовлении порошкового подшипника применением операции калибровки внутренней поверхности втулки после ее пропитки маслом. Таким образом подберем посадку F7/h6, обеспечивающую работоспособность рассматриваемого узла, согласно указанным рекомендациям.

Результаты и обсуждение.

Использование в малой головке шатуна самосмазывающегося подшипника, взамен используемого в настоящее время (втулка 8, рис.1) позволит значительно упростить конструкцию шатуна. Модель шатуна до и после изменения конструкции представлена на рис. 3.

Упрощение конструкции шатуна заключается в исключении из нее отверстий предназначенных для смазки подшипника в малой головке шатуна, изготовление которых является трудоёмкой и дорогостоящей операцией.

Порошковый подшипник, предлагаемый для использования в рассматриваемой конструкции, гораздо легче и дешевле в изготовлении так как получается прессованием и имеет простую цилиндрическую форму, получение которой не требует каких-либо дополнительных технологических операций. В то время как заменяемый подшипник изготавливался из трубы с заливкой тонкого слоя бронзы и дальнейшей механической обработкой.

Упрощение сборки узла обеспечивается отсутствием необходимости центрирования смазочных отверстий шатуна и втулки, а также фиксации втулки для исключения проворачивания. В конструкции с использованием порошкового подшипника проворачивание возможно и даже носит положительный характер, т. к. компенсирует его износ [8].

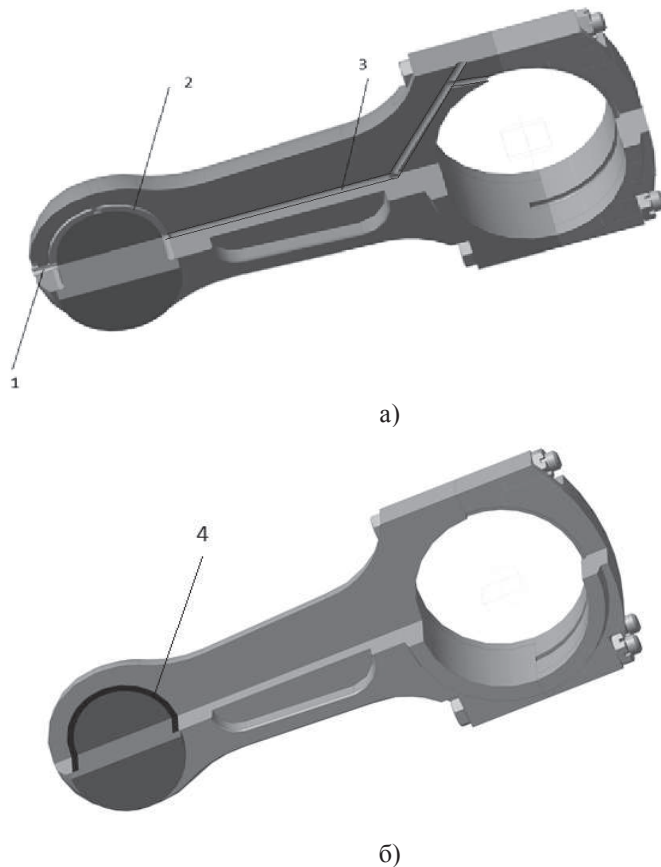


Рис. 3. – Модель шатуна

- а) модель шатуна до изменения конструкции: 1-фиксирующий винт; 2 - втулка с бронзовой заливкой; 3 - канавки для смазки
б) Модель шатуна после изменения конструкции: 4 – втулка из порошкового антифрикционного материала.

Вывод. Проанализировав возможность изменения конструкции узла трения малой головки шатуна плунжерного насоса высокого давления можно сделать вывод о целесообразности применения втулки из порошкового спеченного антифрикционного материала ПА-ЖГрЗЦс ГОСТ 26802-86 в качестве подшипника скольжения. Применение такого подшипника с эффектом самосмазывания позволит значительно упростить конструкцию шатунного узла и предположительно увеличить срок их службы за счет повышенной износостойкости данного типа материалов, а

также его более высокой нагрузочной способности по сравнению с используемым в настоящее время.

References:

- [1] Straberg, G. K. Structural materials in petroleum, petrochemical and natural gas industries/ G. K. Shraiberg, S. M. Perlin, B. F. Shibaev.– M.: Mashinostroenie, 1969. – 396 p.
- [2] Kireev, S. O. three-plunger-high pressure pumps, ZAO "Trast-engineering" S. O. Kireev, V. P. Popov // the South equipment. – 2010.- No. 40. – Pp. 8-11
- [3] Analysis of operating conditions of the friction slip drive of plun-gérin high-pressure pumps service oil and gas wells / Kireev O. S. [et al.] // Chemical and petroleum engineering. – 2016. No. 5 p. 25-30.
- [4] Reference for tribology: In 3 t. T. 2. Lubricants, machinery lubricants, bearings of sliding and rolling under the General editorship of M. Hebda, A. V. Cicind see. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 416 p
- [5] Antifriction materials based on iron. Brand: GOST 26802-86 /State Committee of USSR on standards. – Moscow: publishing house of the mill-Darth 1986. 16 p.
- [6] Fedorchenko, I. M., Composite sintered antifriction materials / I. M. Fedorchenko, L. I. pugina – Kiev: Sciences. Dumka, 1980. – 404c.
- [7] Avdeev, D. T. Materials and construction, self-lubricating sliding bearings / D. T. Avdeev, N. In. Babets, S. S. Musienko. – NovoCherkassk, Novo-chirk. State. tech. Univ. of Illinois, 1993 – 112s.
- [8] Vasil'ev, B. N. Fundamentals of design and calculation of friction: proc. Pozo-BIE / B. N. Vasiliev, M. A. Vasiliev; South.-ROS. State. Tech. University (NPI). Novo-CherkasskURGPU(NPI), 2013. – 126c.
- [9] Anuchin .And . Tolerances and landing. Selection and calculation, indication on drawings: Proc. The Manual/ V. I. Anuchin. – 2nd ed. Rev. and additional SPb.:Izd-voSPbSTU, 2001. – 219 S.
- [10] Perelman, V. E. Shaping of powder materials / V. E. Perel'man. – M.: Metallurgy, 1979. – 232c.