

УДК 621.822.174

ПОРИСТЫЕ МАТРИЦЫ ПОДШИПНИКОВ С ВНЕШНИМ НАДДУВОМ ГАЗА

Космынин А.В., Медведовская Ю.В., Кузеванов А.Б., Федоров А.А., Бурдюг К.П.*Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Комсомольск-на-Амуре,**e-mail: avkosm@knastu.ru*

Показана перспектива использования в подшипниках с внешним наддувом газа пористых материалов в качестве ограничителей расхода. Применение пористых матриц позволяет отказаться от питающих отверстий малых диаметров и улучшить распределение поля давления в зазоре подшипника, что ведет к увеличению грузоподъемности подшипника и жесткости смазочного слоя. В настоящее время не накоплено достаточного опыта использования пористых материалов, которые бы в полной мере удовлетворяли требованиям газовой смазки. Одним из возможных путей состоит в применении древесины, которая после специальной термической обработки приобретает гидрофобные свойства. Такие ограничители расхода газа успешно используются в КнАГТУ при испытании бесконтактных подшипников.

Ключевые слова: газостатический подшипник, пористый материал, ограничители расхода

POROUS MATRIX OF BEARINGS WITH EXTERNAL GAS PRESSURE

Kosmynin A.V., Medvedovskaya Y.V., Kuzevanov A.B., Fedorov A.A., Burdyug K.P.*Komsomolsk-na-Amure State Technical University, Komsomolsk-na-Amure, e-mail: avkosm@knastu.ru*

Prospect of the use porous materials as flow limiters in bearings with external pressurization of the gas is shown. Application of porous matrixes allows to refuse from supplying of small diameter holes and improve the distribution of pressure field in the gap of the bearing, which leads to increase hoisting capacity of the bearing and stiffness lubricating layer. At present there is not sufficient experience use porous materials, which would meet fully the requirements of the gas lubrication. One possible way is to use wood, which after special heat treatment gains hydrophobic properties. Such gas flow limiters are used successfully in the KnASTU when testing contactless bearings.

Keywords: gas-static bearings, porous material, flow limiters

Из опыта проектирования и эксплуатации газостатических подшипников известно, что для повышения их устойчивой работы необходимо применять питающие отверстия весьма малых диаметров (меньше 0,1 мм). Однако, при постоянном давлении наддува и толщине смазочного слоя это ведет к уменьшению грузоподъемности (несущей способности) подшипника. Поэтому приходится увеличивать число питающих отверстий. Это обстоятельство привело к идее применения в газостатических подшипниках пористых вкладышей.

Впервые пористые ограничители расхода газа были предложены Робинсоном и Стерри с целью повышения грузоподъемности подшипников по сравнению с опорами, имеющими дроссельные питающие отверстия [8].

Применение пористых ограничителей расхода позволяет не прибегать к сверлению отверстий малых диаметров. При этом пористый материал допускает определённый объём засорений твёрдыми частицами без серьёзного изменения сопротивления потоку смазки, что позволяет создавать подшипники достаточной жесткости.

При использовании пористых материалов, характер изменения давления газа в за-

зоре подшипников улучшается из-за увеличения площади наддува. Поэтому если вместо дискретного ограничения струи применить пористое ограничение, то при заданных геометрических размерах подшипника это приводит к заметному росту грузоподъемности и жесткости смазочного слоя.

В качестве пористых вкладышей газовых подшипников с внешним наддувом применяют, главным образом, материалы, получаемые путем спекания металлических и неметаллических порошков. К таким материалам предъявляют ряд основных требований: хорошая обрабатываемость резанием, сохранение пористости после механической обработки, обеспечение требуемых геометрических размеров, хорошая самосмазываемость, отсутствие взаимодействия с химическими примесями, содержащимися в воздухе, обеспечение ламинарного режима течения газа в порах с целью экономичного расхода воздуха и во избежание пневматической неустойчивости.

Для изготовления пористых подшипников принципиально пригодны металлокерамические материалы и некоторые сорта керамики. Однако, при окончательной механической обработке внутреннего отвер-

ствия вкладыша, изготовленного из металло-керамики, его проницаемость уменьшается в три раза по сравнению с первоначальной.

В настоящее время не накоплен достаточный опыт эксплуатации газовых подшипников с внешним наддувом из спеченных материалов. Это обусловлено отчасти отсутствием металлокерамических материалов, в наиболее полном объеме отвечающим требованиям газовой смазки.

Лучшими характеристиками, в частности, по проницаемости обладают керамические материалы. Здесь следует отметить керамические материалы на базе Al_2O_3 и не пропитанный искусственный уголь. Опасность засорения пор в процессе механической обработки керамических материалов существенно уменьшается, если воспрепятствовать попаданию частиц абразива в поры. Хорошие результаты получаются при постоянном продувании воздухом подшипника во время окончательной доводочной операции. Потери проницаемости в этом случае не превышают 10%.

Материалы на основе MoS_2 имеют очень высокую твердость и обрабатываются алмазным инструментом. Эти материалы отличаются плохой самосмазываемостью. Искусственный графитированный уголь наоборот хорошо обрабатывается обычным инструментом, имеет достаточную самосмазываемость и с этой точки зрения наиболее пригоден в качестве материала для пористых подшипников. Углеродистые марки АГ-1500 и А0-1500 не претерпевают химических превращений до температур 480 °С при работе в окислительной среде, хорошо работают на влажном газе, но быстро разрушаются при попадании масла. Поэтому применение пористых углеродистых для изготовления вкладышей газовых подшипников требует почти 100% очистку воздуха. В противном случае их долговечность резко сокращается, и применение таких вкладышей становится бессмысленным.

Пористые материалы были предложены в качестве ограничителей для газостатических подшипников, как в виде втулок полной длины, так и в виде вкладышей в обычный подшипник. Первый тип привлек больше внимание, чем второй вследствие трудностей изготовления вставок требуемой проницаемости и заданной геометрической формы.

Первые исследования были сконцентрированы на радиальных подшипниках сколь-

жения, но постепенно проявился интерес и к упорным подшипникам. Теоретические исследования характеристик этих подшипников разработаны до такой степени, что с учетом или без учёта вращения вала могут быть успешно использованы на практике. Так, Робинсон и Стерри [8] сообщают о результатах теоретических и экспериментальных исследований по разработке газостатических подшипников с пористыми вкладышами. Снек и Иен [10] нашли аналитическое решение для подшипников с пористыми втулками, используя уравнение Дарси для низкоскоростного потока. Снек и Элзуэл [9] сравнили теоретические расчеты с результатами экспериментального исследования и сделали вывод, что они хорошо согласуются. Снек и Иен [7] осуществили дальнейший анализ опор с целью учёта эффекта вращения вала. Они делают вывод, что вращение не оказывает существенного влияния на способность подшипника к восприятию нагрузки, но массовый расход может уменьшиться при больших значениях эксцентриситета. Гарджоло и Джилмор [1] представили численное решение по определению характеристик упорного пористого подшипника и сделали вывод, что пористые подшипники нуждаются в испытаниях для дальнейшего их внедрения в производство.

Некоторые эксперименты с пористыми вкладышами из графита и керамики были выполнены в Саутгемптонском университете. Керамика, полученная из газодиффузионного элемента, обладала более однообразной проницаемостью, чем графит, но обе системы были чувствительны к самовозбуждающейся нестабильности.

Большинство исследователей использовало в качестве вкладышей подшипников спеченные материалы, и все они сообщают о трудностях при производстве вкладышей равной проницаемости в сочетании с требуемой геометрической формой. Пластическая деформация и стирание поверхности подшипника при обработке резанием ведёт к непредсказуемым изменениям проницаемости. Применение спеченных материалов без обработки требует больших радиальных зазоров подшипника и как следствие высокоскоростных потоков газа.

Важной задачей в настоящее время является получение материала, имеющего предсказуемую проницаемость и хорошо поддающегося обработке резанием. Этот материал должен допускать определенную

степень загрязнения поверхности посторонними частицами из подаваемого газа и в тоже время обеспечить подачу газа в подшипник через большое число дискретных отверстий очень малых диаметров.

В целом, можно отметить, что пористые материалы являются эффективным и экономичным средством изготовления ограничителей для газостатических подшипников. При этом необходим материал предсказуемой проницаемости в сочетании со способностью к обработке резанием и минимальной пористой поверхностью.

В какой-то мере решение указанных выше проблем нашло отражение в конструкциях бесконтактных подшипников, разработанных в КНАГТУ для производства прецизионных внутришлифовальных шпиндельных узлов [2-6]. Вкладыши подшипников имеют специально подготовленные пазы с установленными в них пористыми вставками, через которые газ подводится в воздушный зазор. В качестве материала вставок впервые использована модифицированная древесина березы – материал общедоступный и достаточно дешевый, по своей структуре отвечающего указанным требованиям.

Газопроницаемость древесины объясняется наличием сосудов и пор, которые имеются в любом древесном материале.

Внутренняя структура древесины достаточно изучена. Так, Стамм делает вывод, что древесина со своими волокнами и сосудами похожа на систему капилляров и трубок, через которую поток жидкости движется ламинарно под действием определенного давления. В такой системе, свободной от газожидкостного мениска, эффект турбулентности на концах капилляров незначительный.

Древесина достаточно прочный и легкий материал, хорошо сопротивляющийся ударным и вибрационным нагрузкам. Она хорошо обрабатывается на станках, из нее можно получить детали и изделия любой формы, она является также немагнитным материалом и хорошо противостоит воздействию агрессивных газов и жидкостей. Кроме того, древесина, особенно твердых пород и в прессованном виде, очень хорошо противостоит износу. Так по данным Хухрянского П.И. износостойкость прессованной древесины, особенно в абразивных средах, в 1,5...3 раза выше, чем у бронзы.

Как машиностроительный материал натуральная древесина, в том числе и твердых пород, имеет ряд недостатков. Один из

них – способность древесины набухать от воздействия влаги и усыхать при удалении ее. Это вызывает нестабильность линейных и объемных размеров в деталях машин типа втулок, вкладышей и т.д., отсюда и ненадежная работа подшипниковых узлов с парами трения сталь-древесина.

Нестабильность размеров диаметральных зазоров долгое время была главным техническим и психологическим барьером, который мешал конструкторам, механикам и технологам широко применять древесные подшипниковые материалы в технике.

Существует несколько методов решения данной проблемы. Одни из них основаны на химическом воздействии на древесину, другие – на пропитке её различными составами, третьи – на тепловом воздействии.

Именно последним способом – наиболее технологичным, не требующим больших затрат времени, оборудования и материалов, происходила стабилизация размеров пористых вкладышей газовых опор внутришлифовальных шпинделей, опыт эксплуатации которых в производственных условиях показал на высокую эффективность и надежность работы газовых опор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарджиоло Е.П., Джилмор П.В. Численное решение задачи расчёта пористых газовых подшипников с внешним наддувом. Упорные подшипники // Проблемы трения и смазки. – 1968. № 4. С.169-178.
2. Космынин А.В. Стенд для исследования выходных характеристик шпиндельного узла на газомангнитных опорах / А.В. Космынин, В.С. Щетинин, Н.А. Иванова, А.С. Хвостиков и др. // СТИН. – 2010. – № 5. – С. 8-10.
3. Космынин А.В., Чернобай С.П. Оптимизация процессов высокоскоростной обработки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 4. – С. 94-95.
4. Космынин А.В., Шаломов В.И. Аэроэстатические шпиндельные опоры с частично пористой стенкой вкладыша // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 2. – С. 69-69.
5. Космынин А.В., Щетинин В.С. Расчет несущей способности газомангнитных опор высокоскоростных шпиндельных узлов // СТИН. – 2010. – № 9. – С. 6-8
6. Космынин А.В., Щетинин В.С. Эксплуатационные показатели высокоскоростных шпиндельных узлов металлообрабатывающего оборудования с газомангнитными опорами // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 11. – С. 69-70.
7. Снек Х.Дж., Иен К.Т. Пористые подшипники с газовой смазкой // Проблемы трения и смазки. – 1968. № 4. С. 161-168.
8. Robinson C.H., Sterry F. The static strength of pressure Fed /Gas Journal Bearings AERE ED/R, Harwell, Berkshire, England, 1958, p. 9-11.
9. Sneck H. J., Elwell R. C. The externally pressurized, porous wall, gas-lubricated journal bearing. Pt2. – Trans. ASME, vol. 8, № 4, p. 339-344
10. Sneck H. J., Yen K. T. The externally pressurized, porous wall, gas lubricated journal bearing. – Paper ASME, 1966, N 66-LC-25, 25 pp.; Trans ASLE, 1967, vol. 10, № 3, p. 339-347.

УДК 669-1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ ПЕЧЕЙ НАГРЕВА НА ОБРАЗОВАНИЕ ОКАЛИНЫ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ПРОКАТКУ

Пашнин С.С., Коберник О.П.

СТИ НИТУ «Московский институт стали и сплавов», Москва, e-mail: sbassamskiff@mail.ru

Иследуется влияние окисленности атмосферы печей нагрева на качество изделий. Установлено, что нагрев стали с содержанием кислорода в атмосфере печей нагрева от 3 % до 4 % является оптимальным как по расходу газов в методических печах, так и по удалению окалины с непрерывнолитых заготовок на установке гидросбива перед прокаткой.

Ключевые слова: сталь, производство проката, качество изделий, окалина, печи нагрева

THE STUDY OF OXIDATION OF ATMOSPHERIC HEATING FURNACES FOR SCALING THE HEAT TREATMENT OF CAST BILLETS FOR ROLLING

Pashnin S.S., Kobernik O.P.

STI NUST «Moscow Institute of Steel and Alloys», Moscow, e-mail: sbassamskiff@mail.ru

And the following impact oksilenosti atmosphere furnaces heating the quality of products. Found that heating the steel with the oxygen content in the atmosphere of the heating furnace 3 % to 4 % is optimal as the flow rate of gases in reheat furnaces and removal of scale from continuously cast billets to install descaling before rolling.

Keywords: steel, rolled products, product quality, scale, heating furnace

Одним из перспективных направлений повышения качества стальной продукции, а также снижения её себестоимости является производство проката из непрерывно литого металла, который подвергается предварительному нагреву перед прокаткой в нагревательных печах для повышения пластичности, понижения сопротивления деформации, а также улучшения структуры металла. При высокотемпературном нагреве стали в печах окисляющим газом является свободный и связанный кислород, входящий в состав продуктов полного сгорания топлива [2]. Соотношение количества диоксида углерода к оксиду углерода и водяных паров к водороду определяет способность взаимодействовать печной атмосферы с железом, данные соотношения зависят от коэффициента расхода воздуха и температуры [3, 5].

В прокатном производстве большое практическое значение имеет чистота поверхности раската, которая оказывает существенное влияние на качество изделий. Такие дефекты как: пелена, заплес, неметаллические включения возникают на различных стадиях технологических операций [1]. Вышеперечисленные дефекты покрыты окалиной, поэтому правильная их идентификация позволяет эффективно бороться с их причинами и возникновением. Также окалинообразование является причиной таких видов брака как вкатанная или вмятая окалина, рябизна, раковины (язвины и оспины), что также снижает качество поверхности проката [4].

В сортопрокатном цехе № 1 ОАО ОЭМК проанализировали работу печей нагрева, с целью исследования влияния содержания кислорода в атмосфере печей нагрева на образование окалины при тепловой обработке непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) и условия удаления окалины на установке гидросбива перед прокаткой в клети «1000».

Нагрев НЛЗ под прокатку производят в трех методических печах с шагающими балками. Печи имеют 6 зон регулирования температуры:

- 1, 2 – зоны подогрева (методические зоны);
- 3, 4 – зоны нагрева (сварочные зоны);
- 4, 6 – зоны выравнивания (томильные зоны);

Обогрев верхних зон (зоны 1, 3, 5) осуществляют сводовыми плоскопламенными горелками. Обогрев нижней зоны 2 – боковыми длиннофакельными горелками с регулируемой длиной факела, обогрев нижних зон 4 и 6 – торцевыми длиннофакельными горелками. Температура рабочего пространства печей контролируется термоэлектрическими преобразователями, установленными в зонах печей. Заданный по технологии температурный режим обеспечивается работой автоматики.

Нагрев опытных партий металла проводился в трех методических печах с различным содержанием кислорода в атмосфере печей, с использованием следующих марок стали: Ст5сп, 36Г2С, Ст3сп.