УДК 62-762.4, 62-762.8, 678

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВАКУУМНЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

А. А. Ашейчик

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Российская Федерация, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29
E-mail: aseichik52@mail.ru

Приведены результаты исследования смазочного материала на основе индия и галлия, предназначенного для использования в узлах ракетной и космической техники, эксплуатируемых в вакууме.

Ключевые слова: смазочный материал, легкоплавкие металлы, дисульфид молибдена, узлы трения, износостойкость, вакуум.

RESEARCH OF LUBRICANT MATERIAL FOR VACUUM FRICTION NODES

A. A. Asheychik

Peter the Great St.-Petersburg polytechnical university
29, Polytechnicheskaya Str., St.-Petersburg, 195251, Russian Federation
E-mail: aseichik52@mail.ru

The paper presents the results of a study of lubricant on the basis of indium and gallium for use in nodes of rocket and space technology, operating in a vacuum.

Keywords: lubricant low-melting metals, molybdenum disulfide, friction nodes, wear vacuum.

В узлах ракетной и космической техники широко применяются твердые смазки и твердосмазочные покрытия на основе дисульфида молибдена. Для повышения долговечности таких смазочных материалов используют различные связующие [1; 2]. Однако в вакууме и при высоких температурах применение смазок со связующими ограничено из-за газоотделения связующих или их испарения [3; 4]. В связи с этим возможным вариантом повышения долговечности твердых смазочных материалов на основе дисульфида молибдена является использование в качестве связующего легкоплавких металлов, например, сплавов индия с галлием, имеющих температуру плавления 308…323 ºК, а также использование в качестве компонентов твердой смазки мелкодисперсных порошков меди и никеля.

Целью данной работы являлось экспериментальное исследование твердого смазочного материала, не испаряющегося в вакууме до 10^{-6} мм рт. ст., легко наносимого на поверхность трения, имеющего низкую температуру плавления и хорошую смачиваемость. Этот смазочный материал должен также обеспечивать длительную работу узла трения со стабильным низким коэффициентом трения при удельных нагрузках до 2,5 МПа.

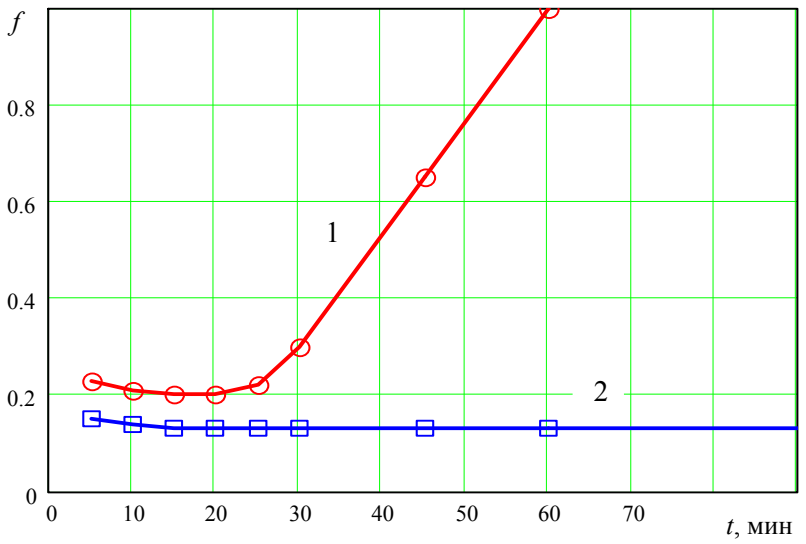
Для изготовления смазочного материала использовались порошки меди дисперсностью менее 40 мкм и никеля дисперсностью менее 20 мкм при следующем соотношении компонентов в вес. %: порошок меди 5, порошок никеля 2, дисульфид молибдена 10, галлий 15, индий – остальное. В качестве порошка меди использовался порошок ПМ ГОСТ 4960-2009 дисперсностью менее 40 мкм, в качестве порошка никеля использовался порошок никеля карбонильного ПНК с размером частиц менее 20 мкм [5; 6].

При разработке такой смазки был важен выбор последовательности смешивания указанных компонентов, так как при непосредственном смешивании порошков меди, никеля и дисульфида молибдена получается механическая смесь, введение которой затем в расплав индия с галлием не

позволяет получить однородную композицию. В результате экспериментальных исследований была разработана следующая технология изготовления твердой смазки. Приготавливается сплав индия с галлием путем введения в расплавленный индий галлия. Затем в находящийся при температуре 40…60 ºС в жидком состоянии сплав индия и галлия вводится смесь мелкодисперсных порошков меди и никеля и все тщательно перемешивается. В полученный состав добавляется порошок дисульфида молибдена с последующим тщательным перемешиванием. При таком способе изготовления твердой смазки частицы меди и никеля обволакиваются сплавом галлия с индием, обладающим поверхностно-активными свойствами, и не соприкасаются с частицами дисульфида молибдена.

Испытания узлов трения с применением разработанной твердой смазки проводились на установке трения и износа в вакууме по схеме торцевого трения [7; 8]. Скорость скольжения составляла 0,5 м/с, удельное давление на образцы изменяли от 0,2 до 2,5 МПа. Испытания проводились в вакууме 10^{-4} мм рт. ст. Образцы для испытаний изготавливались из стали 45 в форме колец и имели наружный диаметр 18 мм, внутренний диаметр 15 мм и высоту 12 мм. Торцы трения верхнего образца имели четыре симметрично расположенных площадки трения. Коэффициент взаимного перекрытия образцов составлял 0,4. Поверхности трения имели начальную шероховатость R_a = 0,63 мкм.

Задачей исследований являлось определение долговечности нанесенной на поверхность трения смазки, измерение коэффициента трения и определение предельной нагрузочной способности твердосмазочного покрытия, полученного по предлагаемой технологии. Для сравнения проводились исследования твердосмазочного покрытия, полученного аналогичным способом и содержащего галлий, индий и дисульфид молибдена в тех же количествах, но не содержащего медь и никель. Из результатов исследований, приведенных на рисунке и в таблице, следует, что долговечность покрытия, полученного на основе базового твердосмазочного материала, составляла при нагрузке 0,2 МПа порядка 25 мин, а при использовании твердосмазочного материала, содержащего мелкодисперсные порошки меди и никеля долговечность увеличивалась до 270 мин.



Изменение коэффициента трения во времени при использовании различных смазочных материалов:
1 – галлий + индий + дисульфид молибдена; *2* – галлий + индий + дисульфид молибдена + медь + никель

Из результатов испытаний, приведенных в табл. 1 следует, что смазочный материал, содержащий мелкодисперсные порошки меди и никеля обеспечивает работоспособность узла трения даже при нагрузках 2,5 МПа, в то время как при использовании базового состава при таких нагрузках задир (резкое повышения коэффициента трения) наблюдался практически сразу.

Результаты исследований смазочных материалов на основе легкоплавких металлов

Состав	Нагрузка 0,2 МПа		Нагрузка 2,5 МПа	
	Долговечность, мин	Коэффициент трения	Долговечность, мин	Коэффициент трения
Галлий + индий + дисульфид молибдена	25	0,2	Задир	Задир
Галлий + индий + дисульфид молибдена + медь + никель	270	0,12	35	0,07

Таким образом, в результате экспериментальных исследований установлено, что введение в состав твердой смазки, содержащей дисульфид молибдена, индий и галлий, дополнительно мелкодисперсных порошков меди и никеля позволяет увеличить долговечность работы узла трения в 3…10 раз и снизить коэффициент трения в 1,2…2 раза.

Библиографические ссылки

1. Ашейчик А. А. Трение и изнашивание в вакууме. СПб. : Изд-во Политех. ун-та, 2017. 210 с.

2. Лебедев В. М., Ашейчик А. А., Смирнов Н. А. Повышение качества поверхности трения деталей путем приработки их в условиях вакуума // Вестник машиностроения. 1980. № 10. С. 24–26.

3. Лебедев В. М., Ашейчик А. А. Исследование режима граничного трения в вакууме // Физико-химическая механика материалов. 1980. № 3. С.122–123.

4. Лебедев В. М., Ашейчик А. А. Влияние степени разрежения газовой среды на процессы граничного трения // Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение. 1981. № 5. С. 52–55.

5. Лебедев В. М., Ашейчик А. А. Исследование возможности использования избирательного переноса для повышения надежности и долговечности вакуумных машин // Управление надежностью машин. Киев : Изд-во УкрНТОМашпром, 1978. С. 234–235.

6. Жуков В. А., Ашейчик А. А. Механика. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2004. 70 с.

7. Лебедев В. М., Ашейчик А. А. Влияние газовой среды на трение пар в режиме избирательного переноса // Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение. 1980. № 1. С. 23–27.

8. Лебедев В. М., Ашейчик А. А. Исследование температуры трения при работе пар трения в режиме избирательного переноса в условиях вакуума // Трение и износ. 1980. Т. 1. № 6. С. 1097–1100.

© Ашейчик А. А., 2018