

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ФТОРОПЛАСТА - 4 ПРИ РАЗЛИЧНОМ КАЧЕСТВЕ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

© 2017 В.Б. Балякин, А.В. Лаврин, А.П. Батулин, Т.А. Герасимова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 17.04.2017

В статье приводятся результаты исследования коэффициентов трения при трибоконтакте фторопласт - 4 и стали 12X18H10T. Целью данной работы было воссоздание трибоконтакта фторопласта - 4 и стали 12X18H10T в торцевом уплотнении основной полости подвода окислителя рулевого агрегата ракетносителя «Союз» и изучение коэффициента трения данной пары. Для экспериментального исследования использовались трибометр CSM Instruments и профилометр Surtronic 25. Результатом исследования стало получение зависимостей коэффициента трения от шероховатостей поверхностей при использовании смазки ЦИАТИМ - 205 и без нее. Так же было выявлено количество циклов «притирания», которое составило 5.

Ключевые слова: фторопласт - 4, коэффициент трения, микроструктурированная поверхность, шероховатость, момент трения.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с организацией стартовых площадок ракетносителей «Союз» на космодромах «Куру», а также «Восточный», возникает ситуация, когда отработанные узлы, работая в новых климатических условиях, с реализацией наиболее жёсткого (по количеству попыток запуска) эксплуатационного цикла, могут не обеспечивать характеристик, гарантируемых эксплуатационной документацией и требующихся заказчику. В частности, по предварительным оценкам, имеется тенденция к повышению момента трения в узлах качания (узлах подвода окислителя) рулевого агрегата, что в предельном случае может привести к возрастанию момента трения рулевого агрегата в целом [1].

Превышение заданных моментных характеристик, согласно действующей документации абсолютно недопустимо, так как в этом случае возможно уменьшение скорости перекладки рулевого агрегата рулевой машиной ракетносителя. Также следует отметить, что в процессе проведения контрольных испытаний серийных рулевых агрегатов на этапе до передачи их заказчику, отмечаются отдельные случаи выхода моментных характеристик рулевых агрегатов за верхний установленный предел на величину до 10%. В настоящий мо-

мент это устраняется путём переборки рулевого агрегата с последующим повторением огневого испытания или возможным селективным подбором комплектующих узлов также с повторением огневого испытания, или выдачей ограничения на использование рулевого агрегата по назначению. Однако это дорогостоящие мероприятия. В работе [1] была проведена теоретическая оценка вклада основных трибосопряжений в суммарный момент трения. Показано, что наибольший вклад в суммарный момент трения оказывает подпятник в торцевом уплотнении основной полости узла подвода (Рис. 1), где осуществляется смазываемый трибоконтакт фторопласт - 4 и сталь 12X18H9Л и 12X18H10Т, где в качестве штатной смазки используется ЦИАТИМ-205.

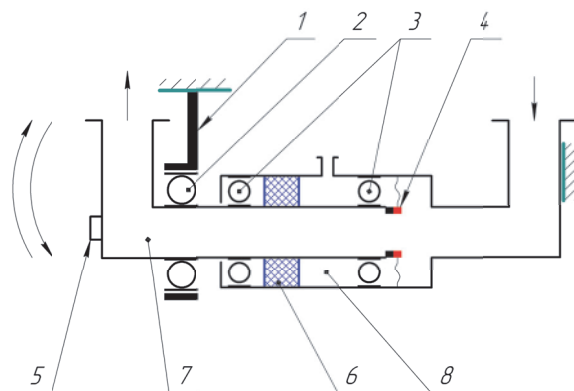


Рис. 1. Схема узла подвода окислителя рулевого агрегата:

- 1 – корпус; 2 – подшипник 6-208Ю2; 3 – подшипник 6-766907Ю; 4 – торцевое уплотнение основной полости;
- 5 – место присоединения камеры; 6 – манжетное уплотнение; 7 – основная полость узла;
- 8 – дренажная полость узла

Балякин Валерий Борисович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой основ конструирования машин. E-mail: 029-029@mail.ru

Лаврин Андрей Владимирович, аспирант кафедры основ конструирования машин

Батулин Алексей Павлович, студент.

E-mail: Alexey.baturin89@gmail.com

Герасимова Татьяна Анатольевна, студентка.

E-mail: tanyusha9302@gmail.com

Основными методами снижения момента сопротивления в узлах трения являются: трибологические, технологические, конструктивные и организационные.

Трибологические методы и средства это подбор новых типов смазочных материалов, выбор способа и оптимальных режимов смазки и т.д.

Технологические методы - применение новых материалов, наноструктурированных покрытий, снижение шероховатости поверхностей трения, уменьшение внешних нагрузок на узлы трения.

Конструктивные методы - разработка новых конструкций деталей узлов трения, а также применение перспективных подшипников.

К организационным методам можно отнести разработку, оптимизацию и соблюдение графиков монтажных, испытательных и пусковых работ.

Наибольший эффект при решении поставленной задачи может быть достигнут при комплексном подходе, когда будут использованы все или большинство методов и средств.

В данном исследовании изучается технологический метод снижения момента трения, путем уменьшения коэффициента трения при изменении шероховатости поверхности фторопласта - 4. Цель данной работы: изучение коэффициента трения трибоконтакта фторопласт - 4 и стали 12X18H10T при различной шероховатости поверхности фторопласта - 4.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Испытания проводились на кафедре основ конструирования машин Самарского национально-исследовательского университета.

Для эксперимента были использованы 6 образцов в виде шайб из фторопласта - 4 толщиной 3,6 мм, диаметром 30 мм с различной шероховатостью от 1,1 до 1,6 Ra. Они были отобраны из образцов исследуемых в работе [2].

Величина шероховатости оценивалась с помощью профилометра Surtronic 25 производства Teylor Hobson с точностью измерения 2%. Данный прибор является портативным, автономным инструментом для измерения поверхностной структуры и предназначен для использования в мастерской или лаборатории. Он позволяет измерить параметры оценки структуры поверхности: Ra, Rz, Rt, Rp, Rmr, R_{Pc}, Rv, Rz_{lmax}, Rsk, Rda. Оценки параметров и другие функции инструмента - базируются на микропроцессорных вычислениях. Результаты измерения отображаются на жидко кристаллическом экране и могут быть выведены на принтер или компьютер для дальнейшей оценки (рис. 2).

Измерение коэффициента трения проводилось с помощью трибометра CSM Instruments.

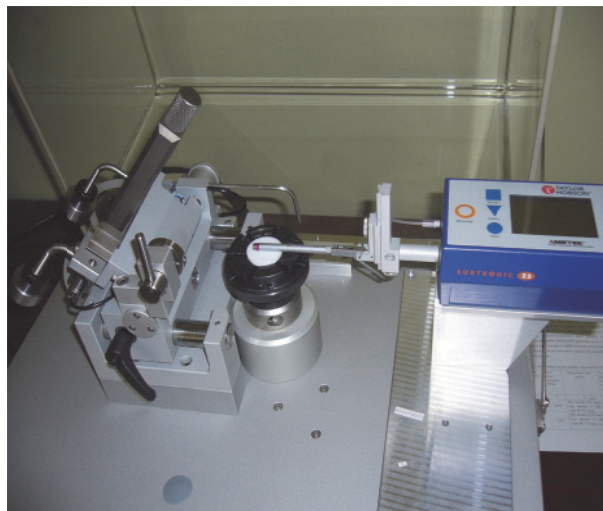


Рис. 2. Измерение шероховатости профилометром Surtronic 25

Данный прибор позволяет определять коэффициент трения и интенсивность износа различных пар трения при заданных рабочих параметрах (рис. 3).

Коэффициент трения скольжения определялся по схеме шар - плоскость. Стальной шар диаметром 10 мм, скользил по поверхности фторопласта - 4. В качестве нагрузки использовались специальные грузы общим весом 2 Н, что обеспечивало контактное удельное давление 39.62 кПа. Скорость скольжения в эксперименте составляла 23,5 мм/с. Испытания проводились в течении 30 секунд для каждой шайбы, при возвратно поступательном движении. Температура в помещении 24°C. Относительная влажность воздуха 63%, которая поддерживалась постоянной с помощью сплит системы.

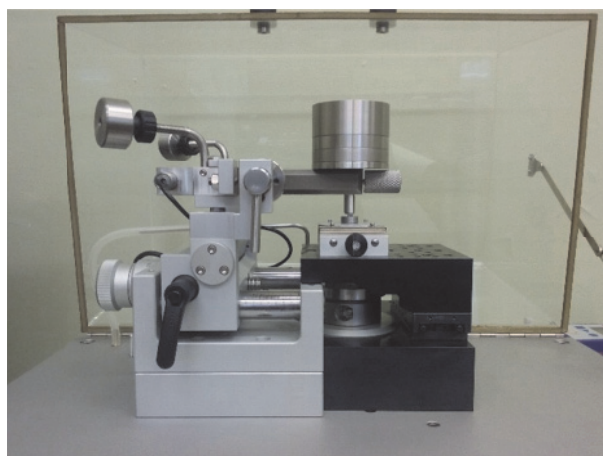


Рис. 3. Измерение коэффициента трения на трибометре CSM Instruments

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам испытаний были определены шероховатость (табл. 1), среднее значение коэффициента трения без смазки (табл. 2)

Таблица 1. Результаты измерений шероховатости с помощью профилометра Surtronic 25

№ образца	1	2	3	4	5	6
Ra, мкм	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6

Таблица 2. Результаты измерений коэффициента трения без смазки с помощью трибометра CSM Instruments

№ образца	1	2	3	4	5	6
Средний коэффициент трения μ	0,040	0,048	0,059	0,072	0,074	0,085

Таблица 3. Результаты измерений коэффициента трения со смазкой ЦИАТИМ - 205 с помощью трибометра CSM Instruments

№ образца	1	2	3	4	5	6
Средний коэффициент трения μ	0,015	0,014	0,013	0,014	0,015	0,018

и среднее значение коэффициента трения со смазкой ЦИАТИМ - 205 (табл. 3) на всех образцах. При проведении эксперимента со смазкой было выявлено влияние «притирания» деталей на значение коэффициента трения. Определено количество циклов «притирания». В течении 5 циклов значение среднего коэффициента трения постепенно возрастает до постоянного значения (рис. 4).

На основании результатов этих измерений были получены зависимости на которых видно, что при отсутствии смазки (рис. 5) коэффициент трения постоянно возрастает при увеличении шероховатости, а при наличии смазки (рис. 6) коэффициент трения снижается до значения шероховатости 1,3 Ra, а затем возрастает.

ВЫВОД

В результате проведенных исследований можно сделать заключение, что в отсутствие смазки при трибоконтакте фторопласт - 4 и стали 12X18H10T коэффициент трения возрастает с увеличением шероховатости. При наличии смазки ЦИАТИМ – 205 зависимость коэффициента трения от шероховатости имеет вид параболы, ветви которой направлены вверх. Минимальное значение коэффициента трения в этом случае было получено при шероховатости 1,3 Ra. Это объясняется тем, что при минимизации шероховатости, смазка выдавливается из области контакта, а при наличии микро углублений задерживается в них. Так же было выявлено что

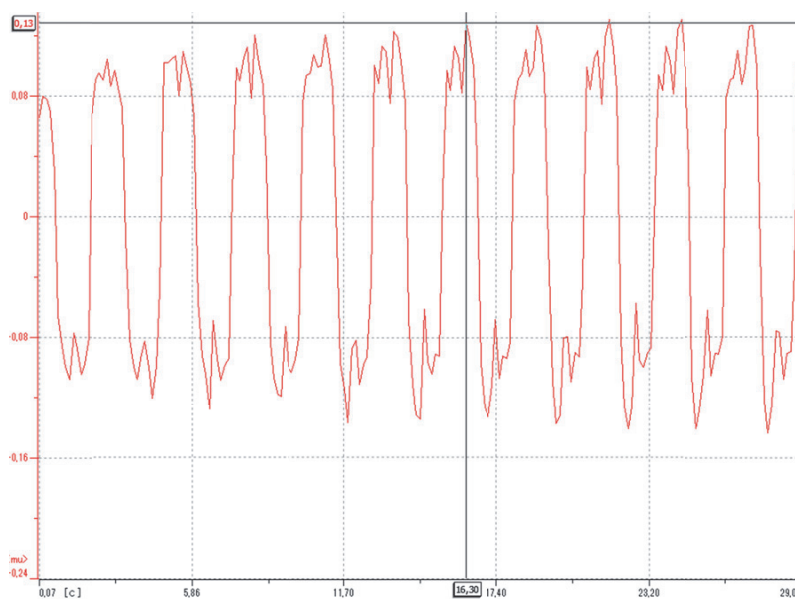


Рис. 4. Графическая схема изменения коэффициента трения при измерении со смазкой ЦИАТИМ-205

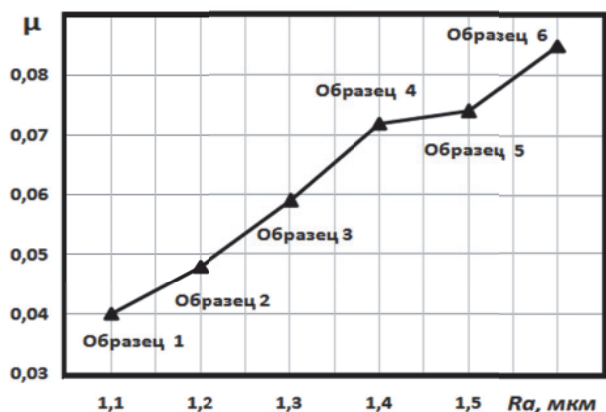


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения от шероховатости без смазывания поверхности

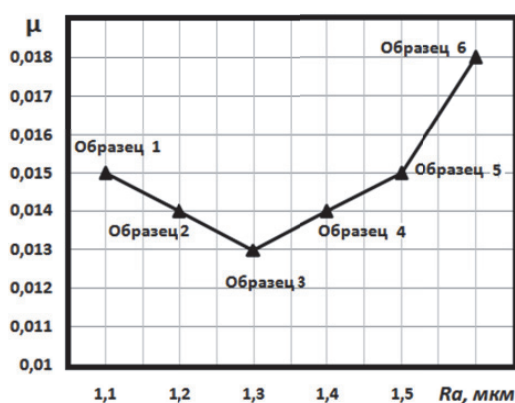


Рис. 6. Зависимость коэффициента трения от шероховатости при смазаной поверхности ЦИАТИМом-205

в течении 5 полных циклов значение среднего коэффициента трения постепенно возрастает до постоянного значения. Это так называемое явление «притирания».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балякин В.Б., Лаврин А.В.* Методы и средства снижения момента трения в узле подвода окислителя рулевого агрегата ракетного двигателя // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 2. С. 184-187.
2. *Балякин В.Б., Ганин И.А., Лаврин А.В.* Исследование влияния типа консистентной смазки на коэффициент трения и степень изнашивания контактной пары коррозионностойкая сталь – фторопласт – 4 // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 17. № 1. № 2. С. 72-76.
3. *Фещенко В.Н.* Справочник конструктора. Книга 1. Машины и механизмы: учебное пособие. М: Инфра-инженерия, 2016. 400 с.
4. *Попов В.Л.* Механика контактного взаимодействия и физика трения. От нанотрибологии до динамики землетрясений. М: ФИЗМАТЛИН, 2013. 352 с.

RESEARCH OF FRICTION COEFFICIENT ON FLUOROPLASTIC - 4 WITH DIFFERENT QUALITY OF SURFACE TREATMENT

© 2017 V.B. Baljakin, A.V. Lavrin, A.P. Baturin, T.A. Gerasimova

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The article describes the research results of friction coefficient with tribocontact fluoroplastic - 4 and steel 12X18H10T. The aim of this work was to recreate the tribocontact of fluoroplastic - 4 and 12X18H10T steel in the end seal of the main cavity of the oxidizer supply of the «Союз» rocket launcher and study the coefficient of friction of this pair. We used tribometer CSM Instruments and profilometer Surtronic 25 for the experiments. The result of the study was the derivation of the friction coefficient dependences on the surface roughness when using the lubricant ЦИАТИМ - 205 and without it. Also, the number of cycles of «mashing» was found, which was 5.

Keywords: fluoroplastic - 4, coefficient of friction, micro structured surface, roughness, friction moment.

Valery Baljakin, Doctor of Technics, Professor, Head at the Machine Building Design Department.

E-mail: 029-029@mail.ru

Andrey Lavrin, Graduate Student at the Machine Building Design Department.

Alexey Baturin, Student. E-mail: Alexey.baturin89@gmail.com

Tatyana Gerasimova, Student.

E-mail: tanyusha9302@gmail.com