

УДК 691.891

Н.Г. Стадниченко, Р.Н. Джус, И.В. Рогозин

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОДВИЖНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОРУЖИИ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ

В статье изложены результаты трибологических испытаний конструкционных материалов, подвижных сопряжений из алюминиевых сплавов, применяемых в агрегатостроении, модифицированных электроискровой наплавкой меди и твердосплавного материала ВК-95 в различных сочетаниях.

Ключевые слова: электроискровые покрытия, износостойкость, задиростойкость.

Введение

Среди методов, повышающих износостойкость деталей вооружения и военной техники, а также связанным с ним агрегатостроении, особое место занимают газотермические и ионно-плазменные покрытия [1, 2], в то время как электроискровому методу модификации поверхностных слоев подвижных деталей уделяется незаслуженно мало внимания.

Одной из проблем, актуальных на сегодня в агрегатостроении, является замена дорогих бронзовых сплавов на достаточно дешевые алюминиевые. В данном случае, помимо экономии, может быть достигнуто значительное снижение массы агрегатов, что важно не только для летательных аппаратов (ЛА), но и для средств наземного обслуживания полетов авиации (СНОПА) и их средств подвижности.

Анализ последних исследований и публикаций. В соответствии с результатами, опубликованными в работах [3, 4], достижение значительной износостойкости подвижных сопряжений возможно путем модификации поверхностных слоев антифрикционными и износостойкими материалами, нанесенными на поверхность дискретно-фрагментарным образом.

В развитие данного направления, авторами были проведены исследования трибологических характеристик одно- и многокомпонентных покрытий, наносимых на поверхность подобным методом.

Цель и постановка задачи. Работы велись с целью изучения трибологических характеристик пар трения сталь 30ХГСА – Д16 по схеме плоскость – плоскость, в режиме граничной смазки.

Поверхностный слой образцов из материала Д16 модифицировался с помощью метода электроискрового напыления следующих материалов: ВК95; Си; ВК95+Си. Указанные микрослойные фрагментарные покрытия определенной толщины были выполнены в Институте проблем прочности

им. Г.С. Писаренко Национальной академии наук Украины.

Задача исследования – провести испытания пар образцов с электроискровым напылением на машине трения 2070СМТ-1 по схеме кольцо-кольцо для прямых и обратных пар. Толщина наносимых покрытий на образцы из материала Д16 составляла 2 ... 2,5 мкм. Полученные результаты сравнивались с аналогичными показателями базовых образцов сталь 30ХГСА – сплав Д16 без покрытий.

Изложение основного материала

Испытания на износостойкость и задиростойкость проводились на машине трения 2070СМТ-1 по схеме кольцо-кольцо для прямых и обратных пар. Режим трения – условия граничной смазки (расход рабочей жидкости – 1,2 л/час). Рабочая жидкость – масло М10Г₂К ГОСТ-8581-78.

Условия трения:

– скорость вращения приводного вала 400 мин⁻¹;

– ступенчатое увеличение нагрузки до 600 Н;

– приработка ступенчатая через 100 Н, время выдержки на ступени 10 мин.

Измеряемые параметры:

– момент трения (должен быть пересчитан в коэффициент трения);

– среднеповерхностная температура в зоне контакта;

– интенсивность изнашивания по параметрам акустической эмиссии.

Испытаниям на износ подвергаются по три пары образцов в каждой группе покрытий. В качестве базовой пары трения используются испытываемые материалы без покрытий.

Рабочая жидкость для смазки подается через внутренние отверстия образцов.

В процессе испытаний проводили сравнение исследуемых пар трения по уровню износостойкости, для этого измеряли относительную износостойкость методом акустической эмиссии в

диапазоне нагрузок 100...600 Н. Сравнение проводили по суммарному значению скорости изнашивания в относительных информационных единицах.

Методика изложена в работах [5, 6]. Испытаниям подвергались следующие пары трения (табл. 1)

Таблица 1

Пары трения, испытываемые на износостойкость и задиростойкость

Базовая пара трения 30ХГСА-Д16		Покрyтия ВК-95		Покрyтия Сu		Покрyтия ВК-95+Cu	
№ образцов в паре	Кинематическая схема	№ образцов в паре	Кинематическая схема	№ образцов в паре	Кинематическая схема	№ образцов в паре	Кинематическая схема
Испытуемые пары образцов на износостойкость							
1 – 2	Прямая пара*	17 – 18	Прямая пара	33 – 34	Прямая пара	49 – 50	Прямая пара
3 – 4		19 – 20		35 – 36		51 – 52	
5 – 6		21 – 22		37 – 38		53 – 54	
7 – 8	Обратная пара**	23 – 24	Обратная пара	39 – 40	Обратная пара	55 – 56	Обратная пара
9 – 10		25 – 26		41 – 42		57 – 58	
11 – 12		27 – 28		43 – 44		59 – 60	
Испытуемые пары образцов на задиростойкость							
13 – 14	Прямая пара	29 – 30	Прямая пара	45 – 46	Прямая пара	61 – 62	Прямая пара
15 – 16	Обратная пара	31 – 32	Обратная пара	47 – 48	Обратная пара	63 – 64	Обратная пара

- – вращается стальной образец; ** – вращается дуралюминовый образец.

Основные сведения о технологии электроискрового метода нанесения износостойких покрытий дискретной структуры. Технология, которая позволяет наносить дискретное покрытие, осуществляя электроискровое легирования на установке Элитрон. Толщина и размеры дискретных пятен зависят от силы тока и времени нанесения покрытия.

Технологический процесс электроискрового легирования поверхностей трения проводится для повышения их износостойкости за счет образования упроченного слоя на поверхностях. Технологические параметры электроискрового легирования для

поверхностей трения зависят от конкретных условий его работы.

Как правило, оптимальные значения технологических параметров определяются в результате испытаний в эксплуатационных условиях.

Технические характеристики установки:

Рабочий ток 1,2 – 2 А;

Толщина нанесенного слоя от 10^{-5} до 10^{-4} м;

Материал электрода – твердые сплавы групп ТК и ВК;

Продуктивность – до 0,0003 м²/мин.;

Питание установки – 220В частотой 50 Гц.

Результаты испытаний показаны на рис. 1 – 4.

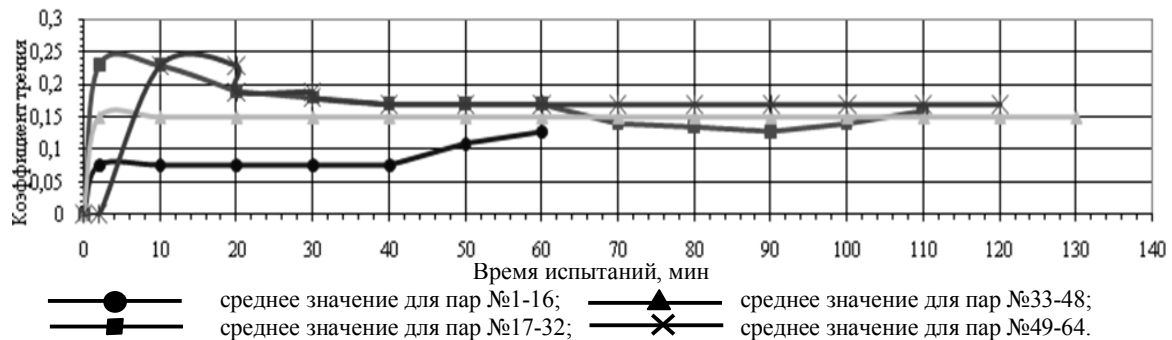


Рис. 1. Коэффициенты трения при испытаниях на задиростойчивость (прямые пары трения)

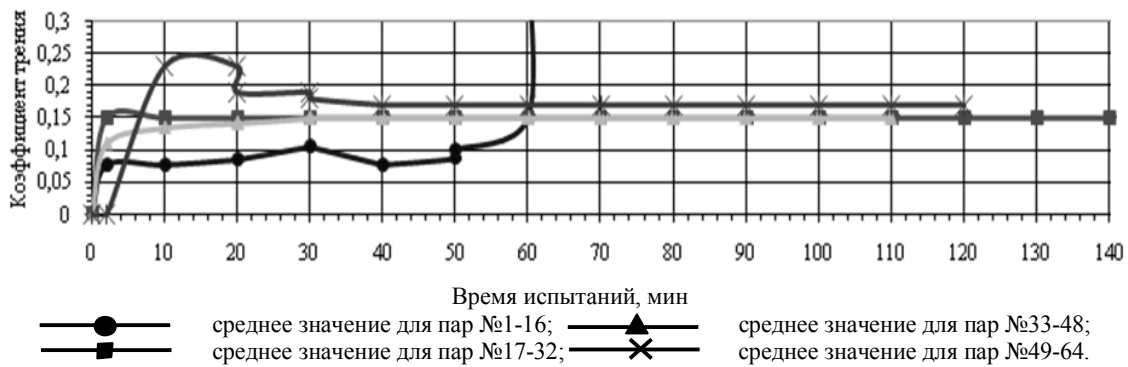


Рис. 2. Коэффициенты трения при испытаниях на задиросустойчивость (обратные пары трения)

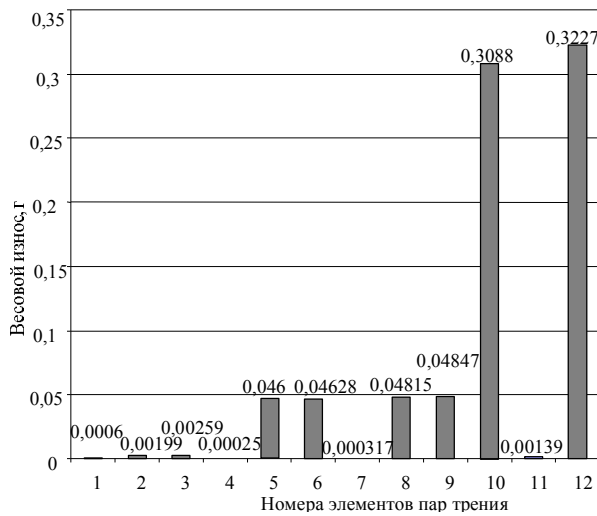


Рис. 3. Средний весовой износ прямых пар трения за 4 часа испытаний:
 1, 2, 3 – пара трения 30ХГСА-Д16+Cu (1 – Д16+Cu; 2 – 30ХГСА; 3 – суммарный износ 30ХГСА-Д16+Cu);
 4, 5, 6 – пара трения 30ХГСА-Д16+ВК95 (4 – Д16+ВК95; 5 – 30ХГСА; 6 – суммарный износ 30ХГСА-Д16-ВК95);
 7, 8, 9 – пара трения 30ХГСА-Д16+Cu+ВК95 (7 – Д16+ Cu+ВК95; 8 – 30ХГСА; 9 – суммарный износ 30ХГСА-Д16+Cu+ВК95);
 10, 11, 12 – пара трения 30ХГСА-Д16 (10 – Д16; 11 – 30ХГСА; 12 – суммарный износ 30ХГСА-Д16)

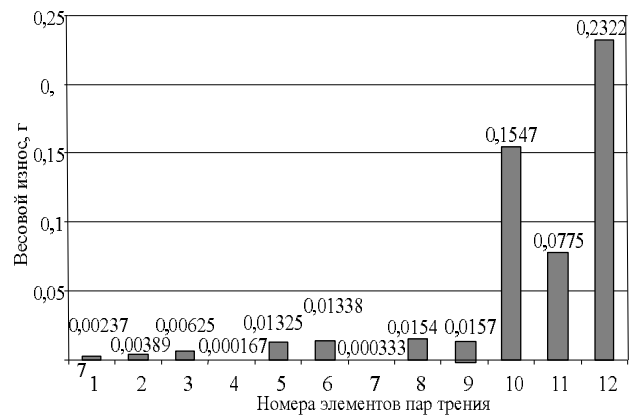


Рис. 4. Средний весовой износ обратных пар трения за 4 часа испытаний:
 1, 2, 3 – пара трения 30ХГСА-Д16+Cu (1 – Д16+Cu; 2 – 30ХГСА; 3 – суммарный износ 30ХГСА-Д16+Cu);
 4, 5, 6 – пара трения 30ХГСА-Д16+ВК95 (4 – Д16+ВК95; 5 – 30ХГСА; 6 – суммарный износ 30ХГСА-Д16-ВК95);
 7, 8, 9 – пара трения 30ХГСА-Д16+Cu+ВК95 (7 – Д16+ Cu+ВК95; 8 – 30ХГСА; 9 – суммарный износ 30ХГСА-Д16+Cu+ВК95);
 10, 11, 12 – пара трения 30ХГСА-Д16 (10 – Д16; 11 – 30ХГСА; 12 – суммарный износ 30ХГСА-Д16)

Выводы

Анализируя результаты проведенных сравнительных трибологических испытаний, можно сделать следующие выводы.

1. Результаты испытаний показали, что по уровню задиростойкости прямых пар трения с покрытиями более чем в два раза превышают величину нагрузки задира базовой пары трения. Все испытания прекращены в связи с превышением рабочей температуры смазочной среды (100°C).

2. По антифрикционным характеристикам лучшими показателями у пары трения с покрытием 30ХГСА-Д16+Cu+ВК95.

3. Сравнительные испытания на износостойкость по параметрам акустической эмиссии (рис. 5), показали, что наилучшими характеристиками обладает прямая пара 30ХГСА-Д16+Cu.

4. По основным триботехническим характеристикам пара трения прямая пара 30ХГСА-Д16+Cu может быть рекомендована для внедрения в конструкциях ЛА и СНОПА.

5. Результаты испытаний показали, что по уровню задиростойкости обратные пары трения с покрытиями более чем в два раза превышают величину нагрузки задира базовой пары трения. Все испытания прекращены в связи с превышением рабочей температуры смазочной среды (100°C).

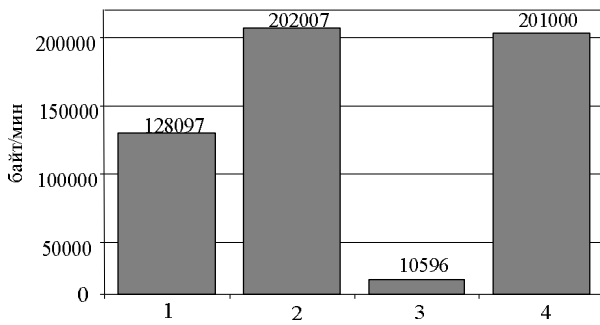


Рис. 5. Сравнительная характеристика износостойкости исследуемых прямых пар трения:

1 – 30ХГСА-Д16; 2 – 30ХГСА-Д16+BK95;
3 – 30ХГСА-Д16+Cu; 4 – 30ХГСА-Д16+Cu+BK95

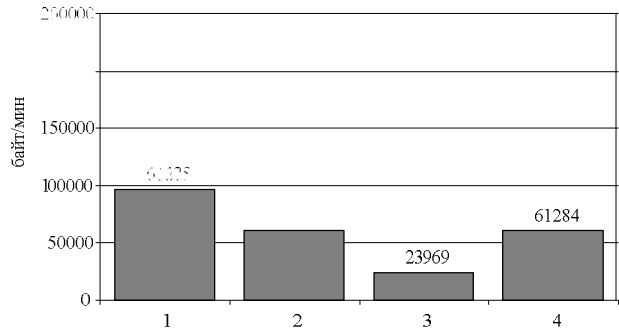


Рис. 6. Сравнительная характеристика износо-стойкости исследуемых обратных пар трения:

1 – 30ХГСА-Д16; 2 – 30ХГСА-Д16+BK95;
3 – 30ХГСА-Д16+Cu; 4 – 30ХГСА-Д16+Cu+BK95

6. По антифрикционным характеристикам лучшими показателями обладают пары трения с покрытием 30ХГСА-Д16+Cu.

7. Сравнительные испытания на износостойкость по параметрам акустической эмиссии (рис. 6), показали, что наилучшими характеристиками обладает обратная пара 30ХГСА-Д16+Cu.

8. По основным триботехническим характеристикам пара трения обратная пара 30ХГСА-Д16+Cu может быть рекомендована для внедрения в конструкциях ЛА и СНОПА.

9. Отличительной особенностью исследуемых пар трения является более высокая износостойкость обратных пар для пары трения 1, 2 и 4-е, а для пары 3 более высокой износостойкостью обладают прямые пары (см. рис. 5, 6). Это, по-видимому, связано с разницей исследуемых покрытий по микротвердости, что может быть подтверждено дополнительными исследованиями.

Список литературы

1. Беркович И.И. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; учебн. для ВУЗов под ред. Д.Г. Громаковского – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2000. – 268 с.

2. Погадаев Л.И. Теория и практика прогнозирования износостойкости и долговечности материалов и деталей машин / Л.И. Погадаев, Н.Ф. Голубев. – СПб: СПГУВК, 1997. – 415 с.

3. Могорян Н.В. Электрические методы обработки материалов / Н.В. Могорян. – Кишинев: Штиинца, 1982. – 417 с.

4. Гусев А.С. Повышение стойкости сверл методом электроискровой обработки / А.С. Гусев, Н.В. Морозов // Успехи современного естествознания. – 2011. – №7 – С. 102-107.

5. Чернявський В.М. Результати застосування методу акустичної емісії для діагностування стану зразків ОВТ в експлуатації / В.М. Чернявський, Р.М. Джус, С.В. Степанов // Збірник наукових праць ХУПС. – 2011. – № 4(28). – С. 105-108.

6. Стадніченко В.М. Моделювання сигналів акустичної емісії при різних механізмах руйнування поверхневого шару трибосистем / В.М. Стадніченко, Р.М. Джус, М.Г. Стадніченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – №1(20). – С. 115-119.

Поступила в редколлегию 13.07.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., В.А. Войтов, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РУХЛИВИХ СПОЛУЧЕНЬ З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ, ЯКИ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ОЗБРОЄННІ ТА ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ

М.Г. Стадніченко, Р.М. Джус, І.В. Рогозін

У статті надані результати трибологічних випробувань конструкційних матеріалів, рухливих сполучень з алюмінієвих сплавів, що застосовуються в агрегатобудуванні, модифікованих електроіскровим наплавленням міді і твердосплавного матеріалу ВК-95 у різних поєднаннях.

Ключові слова: електроіскрові покриття, зносостійкість, задиристійкість.

WAYS OF INCREASE OF WEARPROOFNESS OF MOBILE INTERFACES FROM ALUMINIUM ALLOYS, APPLIED IN ARMAMENT AND TO MILITARY TECHNIQUE

N.G. Stadnitsenko, R.N. Dgys, I.V. Rogozin

The results of teratology tests of construction materials are expounded in the article, mobile interfaces from aluminum alloys, applied in asmconstruction, modified by electro-sparks melting of copper and hard-alloy material of BK- 95 in different combinations.

Keywords: electro-sparks coverage, wearproofness, score-resistance.