

В.А. Богуслаев, В.В. Цыганов,
Л.И. Изветко, А.Я. Качан

ИЗНАШИВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ МНОГОКОМПОНЕНТНОМ
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ
НАГРУЖЕНИИ

Монография

*В.А. Богуслаев, В.В. Цыганов,
Л.И. Ивченко, А.Я. Качан*

**ИЗНАШИВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПРИ
МНОГОКОМПОНЕНТНОМ
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ**

Монография

Издательский комплекс АО «Мотор Сич»

г. Запорожье

2014 г.

УДК 621.789

ББК 34.41

И 37

Богуслаев В.А., Цыганов В.В., Ившенко Л.И., Качан А.Я.

Изнашивание материалов при многокомпонентном термомеханическом нагружении - Запорожье, АО «Мотор Сич», - 2014 г. - 245 с; ил.

Рецензенты:

М.В. Киндрачук - д-р техн. наук, профессор (Национальный авиационный университет)

А.В. Дыха — д-р техн. наук, профессор (Хмельницкий национальный университет)

В.А. Титов - д-р техн. наук, профессор (Национальный технический университет Украины «КПИ»)

Печатается по решению Ученого совета

Запорожского национального технического университета

Изложено современное состояние исследований в области изнашивания конструкционных материалов, используемых для изготовления трибосопряжений, эксплуатирующихся при сложном динамическом контактом нагружении, включающем удар с последующим проскальзыванием в двух взаимно перпендикулярных направлениях в условиях нормальных, повышенных и пониженных (климатических) температур. Получены основные закономерности трения и изнашивания, разработаны модели формирования и разрушения поверхностного слоя с учетом наноструктурных изменений в нем.

Работа предназначена для научных и инженерно-технических работников машиностроительного комплекса, а также других отраслей науки и техники.

ISBN 978-966-2906-44-8

© Богуслаев В.А.

Цыганов В.В.,

Ившенко Л.И.

Качан А.Я.

© АО «МОТОР СИЧ»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
Раздел 1	
Состояние исследований износостойкости узлов трения при многокомпонентном термомеханическом контактном нагружении.....	10
1.1 Узлы трения ГТУ и повреждение деталей при контактных взаимодействиях и отрицательных температурах.....	10
1.2 Узлы трибосопряжений, изнашивающиеся при многокомпонентном динамическом нагружении.....	21
1.3 Состояние исследований в области изнашивания материалов деталей трибосопряжений при многокомпонентном термомеханическом нагружении.....	24
1.4 Пути совершенствования исследований износостойкости трибосопряжений.....	35
Список литературы.....	39
Раздел 2	
Методология проведения исследований.....	44
2.1 Особенности исследований изнашивания материалов, работающих при многокомпонентном термомеханическом контактном нагружении.....	44
2.2 Испытательные стенды и установки для оценки износостойкости трибосопряжений.....	47
2.3 Методика проведения исследований износостойкости трибосопряжений.....	59
2.3.1 Условия проведения исследований.....	59
2.3.2 Определение величины и коэффициента интенсивности изнашивания.....	63
2.4 Методы исследований качественных изменений поверхностного слоя в зоне контакта.....	67
2.4.1 Оценка состояния поверхностного слоя трибоспектральным методом.....	68
2.4.2 Оценка состояния поверхностного слоя по изменению работы выхода электрона с поверхности образцов.....	72
2.4.3 Оценка микрогеометрии поверхности.....	74

2.5 Методы экспериментального изучения трибопроцессов в поступательных плоскостных парах IV класса с периодическим ударным разрывом контакта (типа «направляющая-цепь»).....	76
2.6 Оценка силы трения скольжения (движения) и силы трения покоя.....	80
Список литературы.....	83
Раздел 3	
Влияние условий термомеханического нагружения на изнашивание сплавов.....	85
3.1 Контактная задача механики разрушения трибосопряжений при многокомпонентном термомеханическом нагружении.....	85
3.2 Сложность динамического нагружения и ее влияние на износостойкость трибосопряжений.....	94
3.3 Процессы изнашивания трибосопряжений при многокомпонентном динамическом нагружении и высоких температурах.....	103
3.4 Процессы изнашивания трибосопряжений при многокомпонентном динамическом нагружении и отрицательных температурах.....	106
3.5 Оценка износа поступательных плоскостных пар IV класса с периодическим ударным разрывом контакта (типа «направляющая-цепь»).....	111
Выводы.....	114
Список литературы.....	115
Раздел 4	
Структурное состояние и качество поверхностного слоя сопряженных деталей в условиях многокомпонентного термомеханического нагружения.....	117
4.1. Анализ состояния поверхностного слоя трибоспектральным методом.....	117
4.2 Анализ состояния поверхностного слоя по изменению работы выхода свободного электрона.....	126
4.3 Анализ микрогеометрии поверхности.....	130

4.4 Состояние поверхностного слоя образцов при высоких температурах.....	133
4.5 Влияние отрицательных температур на трибологические свойства и состояние поверхностного слоя деталей трибосопряжений.....	135
Выводы.....	144
Список литературы.....	146

Раздел 5

Трибологические основы формирования износостойкого поверхностного слоя деталей сопряжений при многокомпонентном термомеханическом нагружении.....	148
5.1 Модель формирования и разрушения поверхностного слоя деталей трибосопряжений.....	148
5.1.1 Наноструктурные преобразования в поверхностном слое деталей трибосопряжений.....	148
5.1.2 Разрушение поверхностного слоя в условиях циклического трибонагружения.....	151
5.1.3 Изнашивание материалов с учетом многокомпонентности динамики нагружения.....	154
5.2 Влияние температуры окружающей среды на формирование и разрушение поверхностного слоя деталей трибосопряжений.....	160
5.3 Моделирование трибопроцессов в зоне контакта инструмента и заготовки при обработке металлов резанием.....	162
5.4 Прогнозирование влияния свободных макрорадикалов в зоне контакта трибосопряжений на износостойкость деталей.....	170
5.4.1 Трибодиагностика эффективности разрушения поверхности металла при воздействии свободных макрорадикалов.....	170
5.4.2 Разработка специального гранулированного абразивного материала.....	174
5.4.3 Способы изготовления и пути повышения эффективности трибологическими методами специального гранулированного абразивного материала.....	181
Выводы.....	188
Список литературы.....	190

Раздел 6

Методология инженерии поверхности трибосопряжений при многокомпонентном нагружении.....	195
6.1 Рекомендации по повышению долговечности узлов трения, работающих при многокомпонентном нагружении и различных температурах окружающей среды, конструкторско-технологическими методами.....	195
6.2 Способы определения износостойкости трибосопряжений.....	198
6.2.1 Основы оценки инженерии поверхности трибосопряжений трибоспектральным методом.....	198
6.2.2 Основы оценки инженерии поверхности трибосопряжений по изменению величины работы выхода электрона по поверхности деталей.....	200
6.3 Предложения по ускоренной оценке износостойкости поступательных плоскостных пар IV класса с периодическим ударным разрывом контакта.....	201
6.3.1 Оценка износостойкости трибосопряжения типа «направляющая-цепь» в условиях промышленного эксперимента.....	201
6.3.2 Ускоренные испытания режущих звеньев пильной цепи на износостойкость.....	205
6.4 Рекомендации по повышению износостойкости металлорежущего инструмента.....	209
6.4.1 Особенности многокомпонентного динамического нагружения трибосопряжения «деталь - режущий инструмент».....	209
6.4.2 Устройство для уменьшения вибраций режущего инструмента.....	211
6.4.3 Оптимизация условий нагружения в контакте методом вибродемпфирования.....	212
6.5 Использование свободных макрорадикалов в трибосопряжениях.....	214
6.5.1 Метод финишной обработки с применением гранулированного абразивного материала.....	214
6.5.2 Управление трибологическим воздействием свободных макрорадикалов в зоне контакта сопряжений.....	216
Выводы.....	224
Список литературы.....	226
Приложение А.....	229
Приложение Б.....	233