

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Повышение надежности и долговечности машин и механизмов является одной из главных проблем современного машиностроения. Анализ характера износа рабочих поверхностей типовых узлов трения свидетельствует об их неравномерном износе. Наличие зон максимальных и минимальных износов приводит к ухудшению макрогеометрии рабочих поверхностей, снижению точности машин, увеличению расхода топлива и масла. Машины выходят из строя при достижении допустимых износов в отдельных точках, хотя большая часть рабочей поверхности находится в рабочем состоянии.

Актуальность темы определяется тем, что проблема создания узлов трения с заданной в каждой точке рабочей поверхности переменной износостойкостью еще не решена и требует новых подходов к ее решению. Создание узлов трения с заданными переменными свойствами рабочих поверхностей на основе новых технических решений позволит значительно повысить ресурс машин и механизмов и уменьшить эксплуатационные расходы, что особенно важно для двигателей внутреннего сгорания как самых распространенных энергетических установок.

Связь работы с научными программами, планами, темами

По теме диссертации выполнено 10 хоздоговорных работ в соответствии с планом Николаевского кораблестроительного института им. адмирала С.О. Макарова (теперь Украинский государственный морской технический университет имени Макарова) и различными координационными планами. Работы выполнялись с 1976 по 2000 гг. Во всех работах автор был либо ответственным исполнителем (“Исследование влияния легирующих элементов в чугунах при работе пары “поршневое кольцо – втулка цилиндра”, номер государственной регистрации 78030793; “Разработка, исследование и внедрение технологии управления структурообразованием гильз цилиндров

тракторных и комбайновых двигателей”, номер государственной регистрации 01870002436), либо научным руководителем (“Разработка и оптимизация технологии отливки и химического состава гильз цилиндров тракторных и комбайновых дизелей в условиях серийного производства при отливке в кокиль”, номер государственной регистрации 01870012338; “Разработка технологии изготовления и исследование свойств гильз цилиндров тракторных и комбайновых дизелей при отливке в титановый кокиль”, номер государственной регистрации 01900002392 и др.).

Цель и задачи исследования

Создание теории переменной износостойкости узлов трения и разработка на этой основе конструкторских и технологических методов повышения надёжности и долговечности машин и механизмов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить такие задачи:

– выбрать типовые критические пары трения, определяющие надёжность и долговечность наиболее распространенных машин, и разработать математические модели изнашивания наиболее распространенных узлов трения в нормальных условиях эксплуатации;

– установить зависимость износостойкости материалов цилиндров и поршневых колец от внешних факторов трения, таких как скорость скольжения, давление на поверхности трения, температура поверхности и других, а также зависимость износостойких свойств от структуры и механических свойств материалов;

– разработать математическую модель динамики трибологических процессов в цилиндре ДВС, которая дала бы возможность прогнозировать износ цилиндра в каждой точке поверхности в зависимости от конструктивных соотношений двигателя, индикаторных и других параметров его работы, а также материалов, которые применяются, рода смазки и других факторов;

- разработать программы расчетов износа цилиндров в разных условиях эксплуатации и провести анализ влияния изменения этих условий на характер износа цилиндров;
- разработать методологию построения технологического процесса получения деталей цилиндропоршневой группы ДВС с заданными переменными износостойкими характеристиками рабочей поверхности;
- разработать оптимальный химический состав чугунов для цилиндров, поршневых колец, поршней двигателей, а также промышленную технологию получения деталей из этих чугунов как наиболее распространенных материалов, которые используются в многочисленных типах современных ДВС;
- исследовать закономерности формирования физико-механических свойств чугунов для втулок и гильз цилиндров ДВС в зависимости от параметров технологического процесса изготовления деталей;
- разработать ряд новых технологических процессов получения втулок цилиндров судовых и гильз автотракторных двигателей с заданными переменными свойствами рабочей поверхности при отливке заготовок в песчано-глинистые формы, центробежным способом в песчаный стержень, изолированный кокиль и кокиль из композиционных материалов;
- провести длительные стендовые и эксплуатационные испытания двигателей для подтверждения теоретических основ работы и их практического применения;
- оценить экономическую эффективность предлагаемых мероприятий.

Объект исследования

Основные явления, которые обуславливают закономерности процессов изнашивания деталей в зависимости от внешних параметров нагрузки, и разработка на этой основе теоретических основ создания узлов машин с заданной переменной износостойкостью.

Предмет исследования

Критические (которые обуславливают надежность работы) пары трения ДВС и узлы цилиндропоршневой группы, которые лимитируют (ограничивают) ресурс двигателей до капитального ремонта.

Методы исследования

В работе были использованы расчетно-аналитические и экспериментальные методы. Широко применялась электронно-вычислительная техника и специальная измерительная аппаратура для определения трибологических и физико-механических характеристик материалов исследуемых деталей. Расчетные исследования проводились с применением разработанной математической модели износа цилиндров ДВС. Экспериментальные исследования проводились на стендах заводов - изготовителей дизелей, а также в реальных условиях эксплуатации.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна работы состоит в развитии теории износостойкости деталей машин путем получения теоретических и экспериментальных данных и разработки на их основе зависимостей, которые позволяют создать научно-технические основы технологии получения узлов трения с заданными переменными свойствами поверхности как функции координаты. Основные положения, которые характеризуют новизну работы, состоят в следующем:

1. Предложены основы структурного конструирования поверхностного слоя переменной износостойкости, адекватной условиям внешнего нагружения. Эпюры сопротивления износу при фрикционно-контактном разрушении соответствуют эпюрам внешнего нагружения. Достигается переменная износостойкость по поверхности трения и глубине поверхностного слоя благодаря двухкоординатному упрочнению – по глубине и координате поверхности. Двухкоординатная система переменной

износостойкости в наибольшей степени соответствует системе изменяемого нагружения, которое реализуется в рабочем цикле исследуемых пар трения.

2. Впервые поставлена и решена проблема создания основ теории переменной износостойкости рабочих поверхностей деталей трения критических узлов машин. Разработаны математические модели расчета износов в каждой точке рабочей поверхности в зависимости от материала, конструктивных соотношений узла и внешних условий трения, которые позволяют сравнить расчетные и экспериментальные данные при использовании статистических характеристик. Оценены основные факторы, которые влияют на характер износа деталей машин в нормальных условиях эксплуатации, которыми являются давление на поверхности трения, скорость движения и температура поверхности.

3. В отличие от известных уже решений, на основе разработанной теории переменной износостойкости решена проблема дифференцированного подхода к формированию физико-механических свойств материала в каждой точке трущихся поверхностей в зависимости от условий нагружения. Разработан алгоритм управления процессами структурообразования на поверхности трения в каждой точке в зависимости от конструктивных соотношений и условий нагружения узла.

4. Установлены закономерности формирования износостойкой структуры комплексно-легированных серых и высокопрочных чугунов в зависимости от термодинамических параметров формирования заготовки в условиях отливки в песчано-глинистые формы, в изолированный и композиционный кокили при центробежной отливке. Установлено, что оптимальную износостойкую структуру чугуна можно получить только управляя термодинамическими процессами кристаллизации (уменьшая скорость кристаллизации) и охлаждения заготовки (ускоряя прохождение интервала перлитного превращения и снова уменьшая скорость охлаждения для снятия термических напряжений). Впервые установлены закономерности формирования износостойких характеристик материалов и деталей, полученных при

управлении процессами структурообразования при отливке, которые позволили разработать ряд оригинальных промышленных технологий изготовления гильз и втулок цилиндров ДВС с заданными переменными износостойкими свойствами рабочих поверхностей, обеспечивающих повышенный ресурс двигателей.

Практическая ценность полученных результатов

Методологический подход, предложенный автором, дал возможность:

- разработать математическую модель и программу расчета эпюра износа цилиндров двигателей разных типов в зависимости от многих параметров;

- разработать новый состав комплексно-легированного чугуна для втулок цилиндров судовых дизелей, новую лигатуру для получения этих чугунов в условиях ваграночного производства, а также новый состав высокопрочного чугуна для поршневых колец и лигатуру для получения чугуна в условиях серийного производства;

- разработать новую технологию изготовления втулок цилиндров судовых дизелей ЧН 25/34 и ЧН 26/34 из нового комплексно-легированного чугуна при отливке в песчано-глинистые формы и центробежным способом с заданной переменной износостойкостью рабочей поверхности;

- разработать новые технологии изготовления тракторных гильз цилиндров двигателей Д-240, Д-245, ГАЗ-24, ГАЗ-53, АЗЛК, МТ, СМД-14, СМД-18, СМД-19, СМД-20, СМД-21, СМД-31 при отливке в песчаный стержень, на установках “Ротолит” и в титановый композиционный кокиль, защищенные авторскими свидетельствами на изобретение;

- разработать новую технологию изготовления гильз цилиндров тракторных дизелей СМД-60 и СМД-61 с закалкой ТВЧ, защищенную авторским свидетельством на изобретение;

- повысить ресурс судовых и тракторных дизелей до капитального ремонта в 2 раза.

Основные положения, которые выносятся на защиту

1. Результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов трения и изнашивания в нестационарных условиях вдоль направления скольжения.
2. Разработанная математическая модель расчета износа цилиндров ДВС в зависимости от конструктивных соотношений и параметров работы двигателя, которая позволяет создать технологии изготовления деталей с переменными износостойкими свойствами.
3. Закономерности образования износостойкой структуры чугуна при управлении термодинамическими процессами формирования заготовки.
4. Оригинальные технические решения, которые обеспечивают высокую эффективность использования разработанных автором технологий изготовления основных деталей ДВС.

Степень реализации и внедрения научных разработок

В АО “Первомайскдизельмаш” внедрена в серийное производство лигатура для серого чугуна с экономическим эффектом 867300 руб. (1984 г.), 761500 руб. (1986 г.). Внедрен в производство высокопрочный чугун и лигатура для его получения.

В ПО “Киевтрактородеталь” внедрен в производство технологический процесс получения цилиндров дизелей при центробежной отливке в кокиль с эффектом 68400 руб. в год (1989 г.).

Достоверность результатов

Достоверность результатов подтверждается данными длительных стендовых испытаний и удовлетворительными совпадениями теоретических и эксплуатационных эпюр износа как тракторных, так и судовых дизелей.

Личный вклад диссертанта

Личный вклад диссертанта состоит:

- в обосновании научного направления, формулировании цели работы;
- обосновании и разработке методик экспериментальных исследований, участии в постановке и проведении экспериментальных исследований;
- разработке математических моделей, установлении теоретических зависимостей;
- формулировке новизны и основных выводов в результате проведенной работы;
- анализе и обобщении полученных результатов исследований в диссертации, монографии, статьях.

Постановка задания и обсуждение результатов проведены совместно с научным консультантом.

Апробация результатов диссертации

Основные результаты работы докладывались и напечатаны в сборниках трудов и получили положительную оценку на научно-технических конференциях, семинарах, симпозиумах, съездах: “Повышение эффективности литейного производства и качества литых заготовок” (Комсомольск-на-Амуре, 1981 г.), “Пути повышения качества продукции литейного производства” (Киев, 1981 г.), “Триботехника – машиностроению” (Киев, 1983 г.), “Проблемы и опыт создания ресурсосберегающих технологий в судовом машиностроении” (Николаев, 1984 г.), “Вклад молодых ученых и специалистов в реализацию целевых комплексных научно-технических программ” (Севастополь, 1984 г.), Всесоюзная научно-практическая конференция “Современные проблемы триботехнологии” (Николаев, 1988 г.), “Пути повышения качества и экономичности литейных процессов” (Одесса, 1988 г.), “Ярмарка новых разработок в двигателестроении” (Владимир, 1989 г.), “Пути повышения стойкости и надежности режущих и

штамповых инструментов” (Николаев, 1990 г.), “International symposium on higher engineering education” (Hangzhou, China, 1990), “Главные судовые двигатели” (Шанхай, КНР, 1990 г.), “2-nd international marine engineering conference” (Shanghai, China, 1991), “Проблемы качества в условиях рынка” (Херсон, 1993 г.), Перший міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків (Львов, 1993 г.), “3-rd international marine engineering conference” (Shanghai, China, 1996), к 100-летию Черноморского судостроительного завода: “Проблемы судостроения: состояние, идеи, решения” (Николаев, 1997 г.), “Научно-технические конференции НКИ-УГМТУ” (Николаев, 1980-2000 гг.), “Mathematical simulation of complicated technoecological processes. 4-th International modeling school of AMSE-VAPL” (Rzeszow, Poland, 2000), “Новые технологии, методы обработки и упрочнения деталей энергетических установок” (Запорожье, 2000 г.), III Всеукраїнська науково-методична конференція за міжнародною участю “Екологія та інженерія. Стан, наслідки, шляхи створення екологічно чистих технологій” (Днепродзержинск, 2000 г.), “Еколого-економічні проблеми розвитку підприємств регіону” (Ялта, 2000 г.), Пятый международный конгресс двигателестроителей (Рыбачье, Крым, Украина, 2000 г.), Шестой международный конгресс двигателестроителей (Рыбачье, Крым, Украина, 2001 г.), “Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин (ЗНМ-2001)” (Хмельницький, 2001 г.), “У.Р.Fuzzy-logic technique for synthesis of decision-making and control. Book of abstracts of the Annual Scientific Conference. GAMM 2001” (ETH Zurich, 2001).

Публикации

Основные результаты работы опубликованы в одной монографии, 7-ми статьях в научных журналах, 13-ти сборниках научных трудов, 15-ти трудах конференций, 7-ми авторских свидетельствах.