

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В диссертации приведено теоретическое обоснование и новое решение научной проблемы разработки теории переменной износостойкости и создание на ее основе узлов трения с заданными переменными износостойкими свойствами, обеспечивающими равномерный износ поверхностей при эксплуатации.

2. В результате проведенного цикла исследований решена важная научно-техническая проблема, которая состоит в разработке и широкой реализации новой концепции управления переменной износостойкостью высоконагруженных деталей ДВС, что обеспечивает значительное повышение их ресурса, которое имеет большое народнохозяйственное значение. Создана технология управления износостойкостью как функции координаты поверхности.

3. Разработаны алгоритмы и математические модели расчета поверхностей трения в нормальных условиях эксплуатации в зависимости от конструктивных соотношений и внешних факторов трения. Выполнено сопоставление расчетных данных при использовании статистических характеристик.

4. К обеспечению максимального эффекта повышения ресурса втулок и гильз цилиндров необходимо подходить комплексно, включая мероприятия по разработке оптимального химического состава материала цилиндра, способа получения заготовки, способа упрочнения рабочей поверхности, микро- и макропрофилирования, финишной обработки, подбора материала контртела, оптимальной смазки и режимов эксплуатации. Наибольшее влияние на долговечность деталей имеет структура материала в зоне рабочей поверхности. Основные усилия должны быть направлены на обеспечение заданной оптимальной переменной структуры и свойств материалов деталей в каждой точке рабочей поверхности с целью обеспечения ее равномерного износа при эксплуатации.

5. Разработаны алгоритмы создания реальных технологических процессов получения цилиндров ДВС с заданными переменными износостойкими свойствами, заключающиеся в следующем:

- по конструктивным, кинематическим и индикаторным параметрам работы двигателя рассчитываются теоретические эпюры износа цилиндра вдоль образующей;

- по эпюре износа определяется требуемая структура материала детали в каждой точке рабочей поверхности;

- в зависимости от структуры рассчитываются термодинамические параметры процесса формирования заготовки в каждой точке;

- по заданным тепловым параметрам определяются параметры технологического процесса получения заготовки.

6. Разработан серый комплексно-легированный чугун для втулок цилиндров, обладающий повышенной износостойкостью. Анализ микроструктуры опытного чугуна позволил установить, что комплексным легированием и модифицированием удалось получить микроструктуру, отвечающую требованиям износостойкости. Анализ полученных результатов показал, что повышение износостойкости опытных чугунов по сравнению с серийными достигнуто во многом благодаря сбалансированному легированию элементами с противоположным характером ликвации по металлической основе. Разработана и внедрена лигатура для получения серого легированного чугуна для втулок цилиндров судовых дизелей ЧН 25/34 и ЧН 26/34, обеспечивающего высокую износостойкость.

7. Компрессионные кольца находятся в тяжелых условиях эксплуатации и лимитируют ресурс дизеля до первой переборки. Долговечность колец зависит от химического состава и структуры чугуна. Наилучшим комплексом эксплуатационных параметров обладает высокопрочный чугун с шаровидным графитом и перлитной металлической матрицей. Разработан оптимальный состав высокопрочного чугуна для компрессионных колец дизеля 6ЧН 26/34, защищенный авторским свидетельством № 1109459. Для получения

легированного высокопрочного чугуна в условиях ваграночного производства разработана новая лигатура, защищенная авторским свидетельством № 1076481. Отливка маслот с применением лигатуры обеспечивает повышение механических и износостойких свойств высокопрочного чугуна.

8. Центробежная отливка маслот позволяет получить плотные заготовки и снизить металлоемкость деталей. Но структура чугуна не является оптимальной. Получение маслот методом вакуумного всасывания обеспечивает наименьшую металлоемкость деталей, оптимальную структуру и высокую износостойкость. Комплексное легирование высокопрочного чугуна Mo, Cu, Cr, V и Ni, а также модифицирование РЗМ значительно повышает механические и антифрикционные свойства и может без особых перестроек производства внедрено на заводах судового машиностроения.

9. Решена задача расчета кристаллизации и охлаждения заготовок цилиндров ДВС при отливке с песчано-глинистой формы и центробежным способом. Разработаны соответствующие программы расчета на ЭВМ.

10. Разработан и защищен авторским свидетельством на изобретение ряд новых технологий изготовления цилиндров ДВС с заданными переменными износостойкими свойствами при центробежной отливке в изолированный и композиционный кокили.

11. Разработана новая конструкция и состав композиционной формы для отливки гильз цилиндров на основе спрессованного губчатого титана, обеспечивающего хорошую газопроницаемость и устранение отбела при отливке.

12. Разработана новая технология изготовления гильз цилиндров ДВС с закалкой ТВЧ, обеспечивающая высокую переменную твердость и заданную износостойкость детали, которая состоит в подготовке под закалку чисто перлитной структуры чугуна за счет управления термодинамикой охлаждения заготовки и движения индуктора по заданному закону скорости при закалке.

13. Проведены широкие лабораторные исследования свойств комплексно-легированных чугунов, отлитых при различных вариантах управления процессами структурообразования, установлены оптимальная структура металлической матрицы чугуна в виде мелкопластинчатого перлита твердостью 260-280 НВ, форма и размер графитовых включений для каждой точки рабочей поверхности цилиндра.

14. Проведены длительные, до 20000 часов, стендовые испытания на развернутых дизелях исследуемых втулок цилиндров, показавшие значительное повышение ресурса цилиндра до 2 раз, а также поршневых колец до 1,5 раза за счет улучшения структуры и макрогеометрии поверхностей трения.

15. Проведенный комплекс исследований по повышению ресурса судовых и тракторных двигателей позволил внедрить в производство новые составы чугунов для втулок, поршневых колец и поршней, новые технологии отливки цилиндров и обеспечить гарантированное повышение ресурса двигателей в 2 раза за счет создания деталей с заданной переменной износостойкостью рабочей поверхности и получить подтвержденный экономический эффект более 1 млн. грн. в год.