

ДЄМИН А. Ю., аспірант кафедри якості, стандартизації, сертифікації і технологій виготовлення матеріалів (Український державний університет залізничного транспорту)

Влияние параметров комплексной технологии реновации на свойства антифрикционного покрытия

В статье отражены результаты экспериментальных исследований разработанной комплексной технологии реновации коленчатых валов транспортных дизелей, включающей упрочнение и нанесение антифрикционного покрытия в одном технологическом цикле. Для оценки динамики изменения данных экспериментов был проведен регрессионный анализ. Определены рациональные параметры разработанной технологии путем моделирования поверхности каждого из свойств покрытия в среде компьютерной программы MathCAD, в зависимости от двух параметров технологического процесса.

Ключевые слова: коленчатый вал, комплексная технология реновации, антифрикционное покрытие, рациональные параметры.

Постановка проблемы

Работоспособность двигателя внутреннего сгорания, стабильность его технико-экономических характеристик в процессе эксплуатации в значительной степени зависят от состояния и ресурса коленчатого вала.

Основными причинами отказов коленчатых валов являются износ и задиры его опорных и шатунных шеек. Задиры и повышенный износ шеек наблюдается на всех типах коленчатых валов транспортных дизелей независимо от твердости их шеек. Технологический процесс ремонта коленчатого вала предусматривает не только восстановление нарушенных в процессе эксплуатации геометрических параметров его рабочих поверхностей, но и, главным образом, сдерживание тех разрушительных процессов, которые естественным образом протекают на поверхности детали [1].

Анализ последних исследований и публикаций

В настоящее время существует большое количество технологий восстановления коленвалов, которые предполагают восстановление геометрических размеров и упрочнение их шеек, но не обеспечивают износостойкость восстановленной поверхности. Существующие способы и методы восстановления не обеспечивают заданный ресурс коленчатых валов, так как при их ремонте не учитываются вид изнашивания, состояние рабочей поверхности после эксплуатации, технологические особенности при восстановлении геометрических размеров и упрочнении.

В этой связи, разработка новых способов и методов восстановления работоспособности коленчатых валов является актуальной задачей.

Наиболее перспективным в этом отношении является разработка научно-прикладного подхода к усовершенствованию технологии восстановления коленвалов, что включает в себя упрочнение и нанесение антифрикционного покрытия в одном технологическом цикле [1, 2].

Постановка задачи

Определить характер влияния параметров комплексной технологии реновации коленчатых валов транспортных дизелей на свойства антифрикционного покрытия.

Основная часть исследования

В основу нового способа восстановления, а именно комплексной технологии реновации, положено термическую обработку (закалку) шеек коленчатого вала и нанесение антифрикционного покрытия, в одном технологическом цикле [3]. В качестве насыщающей среды при формировании антифрикционного покрытия предлагается использовать серосодержащие силикаты. Процесс формирования покрытий с использованием новой технологии предусматривает: диффузию химических элементов раствора и хемосорбцию элементов состава покрытия с образованием оксидов железа, натрия, калия, магния и сульфидов. Применение новой технологии восстановления позволяет повысить износостойкость шеек коленчатых валов в 1,5 – 2 раза, тем самым увеличив ресурс вала.

Была разработана модель, которая формализует технологический процесс повышения износостойкости в виде оптимизационной задачи, рис. 1.



Рис. 1. Граф технологического процесса повышения износостойкости коленчатого вала транспортного двигателя:

C – концентрация раствора, %;
 t – температура закалки, °C;
 τ – время выдержки в растворе, мин.

Как целевая функция предложена величина износа, которая является функцией от технологических параметров: концентрации раствора силикатов, температуры закалки и времени выдержки. На основе экспериментальных исследований сделано предложение считать технологические параметры независимыми.

Основываясь на репрезентативных выборках данных экспериментов, был проведен регрессионный анализ и построены зависимости величины износа от параметров технологического процесса комплексной технологии реновации, а именно концентрации раствора насыщающей среды, времени выдержки и температуры закалки, рис. 2 – 4 [4 - 5].

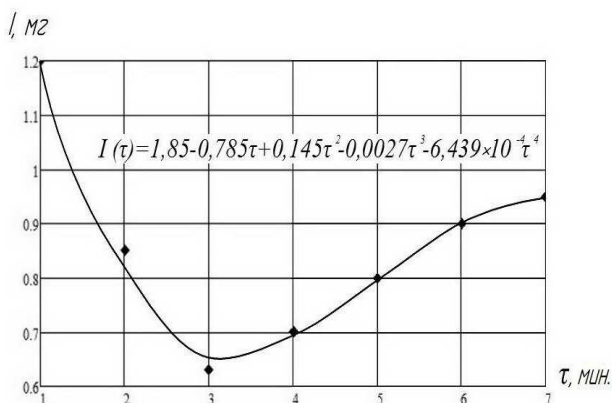


Рис. 2. Зависимость величины износа поверхности шейки коленчатого вала от времени выдержки в растворе

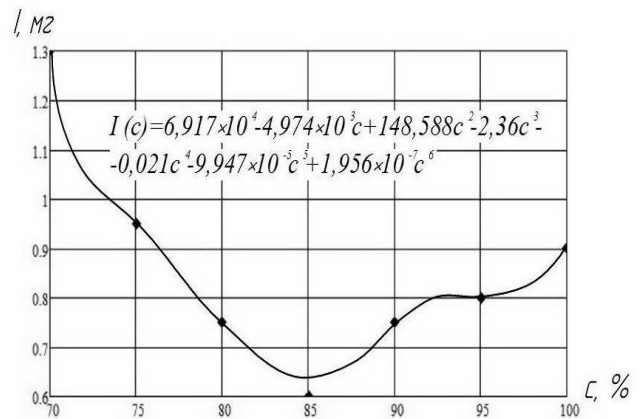


Рис. 3. Зависимость величины износа поверхности шейки коленчатого вала от концентрации раствора насыщающей среды

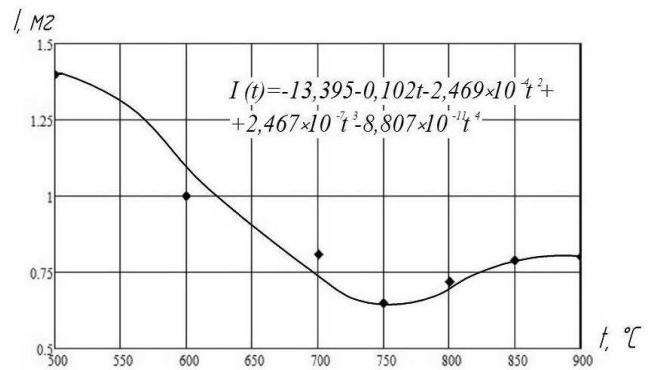


Рис. 4. Зависимость величины износа поверхности шейки коленчатого вала от температуры закалки

Результаты экспериментальных исследований и результаты проведенного регрессионного анализа показывают характер влияния технологических параметров температуры закалки, концентрации раствора, времени выдержки на свойства полученного покрытия, а именно толщину, твердость, шероховатость и износ при контакте с парой трения. Все это, позволяет прогнозировать свойства покрытия в зависимости от технологических параметров их получения.

С целью определения рациональных параметров новой технологии в среде компьютерной программы MathCAD были смоделированы поверхности каждого из свойств покрытия в зависимости от двух параметров технологического процесса (рис. 5 – 6).

На смоделированных поверхностях наглядно показаны экстремумы значений износа, твердости, толщины покрытия, и шероховатости, определен диапазон варьирования свойствами покрытия за счет изменения параметров процесса их нанесения.

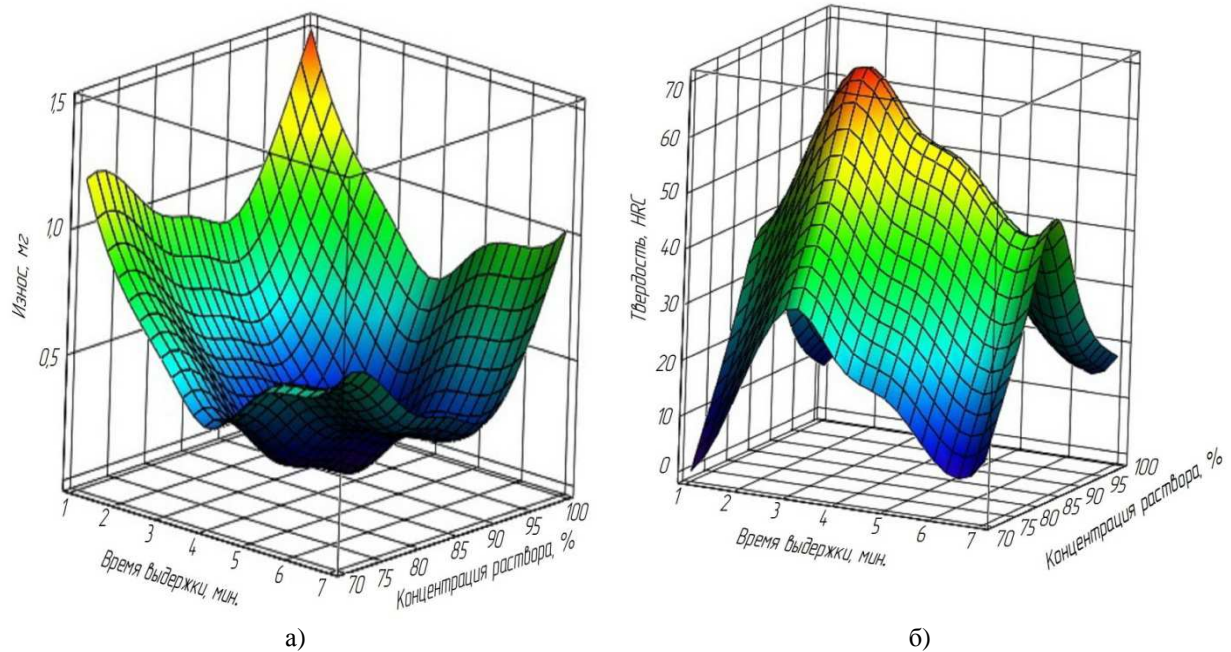


Рис. 5. Зависимость износа (а) и твердости (б) от времени выдержки и концентрации раствора

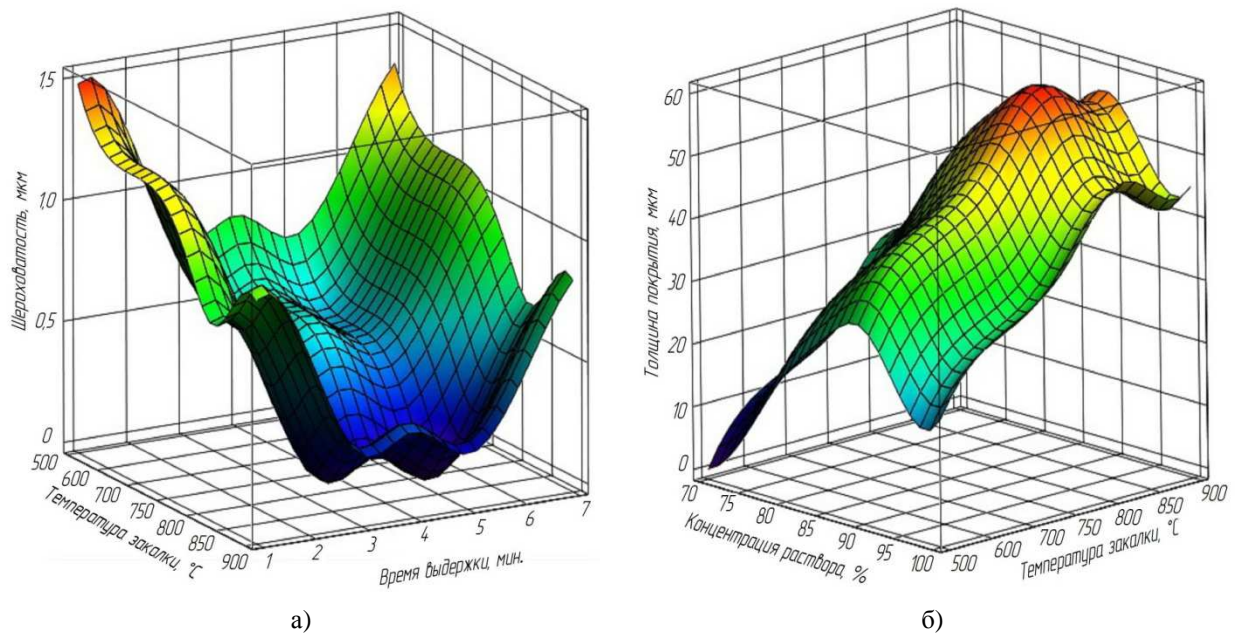


Рис. 6. Зависимость шероховатости (а) и толщины покрытия (б) от времени выдержки, концентрации раствора и температуры закалки

Выводы

1. Разработана модель, которая формализует технологический процесс повышения износостойкости коленчатого вала в виде оптимизационной задачи. Как целевая функция предложена величина износа, которая является функцией от технологических параметров

процесса нанесения антифрикционного покрытия: концентрации раствора силикатов, температуры закалки и времени выдержки в растворе.

2. Определен характер влияния технологических параметров температуры закалки, концентрации раствора, времени выдержки на свойства полученного

покрытия, а именно толщину, твердость, шероховатость и износ. Смоделированы поверхности каждого из свойств покрытия в зависимости от двух параметров технологического процесса, определен диапазон варьирования свойствами покрытия за счет изменения параметров процесса их нанесения.

3. Определены рациональные параметры нового технологического процесса восстановления и установлено, что минимальный износ коренных и шатунных шеек будет обеспечиваться при температуре закалки 750 – 780 °С, концентрации раствора серосодержащих силикатов 85% и времени выдержки в растворе 3 – 4 мин. Полученное покрытие характеризуется толщиной 55 мкм, твердостью в 60 – 64 HRC, шероховатостью Ra=0,6 – 0,65 мкм.

Література

1. Тимофеева, Л. А. Совершенствование технологии восстановления работоспособности коленчатых валов дизелей транспортного назначения [Текст] / Л. А. Тимофеева, С. С. Тимофеев, А. Ю. Демин, Е. С. Ягодинский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 1, № 1 (67). – С. 60 – 64.
2. Тимофеев, С. С. Выбор технологии восстановления деталей транспортного назначения [Текст] / С. С. Тимофеев, А. Ю. Демин // Зб. наук. праць «Української державної академії залізничного транспорту». – 2014. – Вип. 143. – С. 216 – 221.
3. Пат. №109212 Україна, (2015) С21D 1/00. Спосіб поверхневого зміцнення колінчастих валів із залізвуглецевих сплавів / [Тимофеева Л.А., Тимофеев С.С., Дьомін А.Ю.]; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. – №а2014 02626, заяв. 17.03.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл. №14.
4. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А. А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
5. Адлер, Ю. П., Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 284 с.

Дьомін А. Ю. Вплив параметрів комплексної технології реновації на властивості антифрикційного покриття. У статті відображені результати експериментальних досліджень комплексної технології відновлення й підвищення ресурсу колінчатих валів транспортних двигунів. Для оцінки динаміки зміни даних експериментів був проведений регресійний аналіз. Визначено раціональні параметри розробленої технології шляхом

моделювання поверхні кожного з властивостей покриття в середовищі комп'ютерної програми MathCAD, залежно від двох параметрів технологічного процесу.

Ключові слова: колінчастий вал, комплексна технологія реновації, антифрикційне покриття, раціональні параметри.

Dyomin A. Y. The influence of the parameters of complex renovation technology on antifriction coating properties. To identify the rational parameters of the comprehensive renovation technology, experimental investigation has been carried out. The regression analysis has been conducted to assess the time history of the experimental data.

The nature of the influence of the process variables of hardening temperature, strength of solution, and holding period on the properties of the obtained coating, namely the thickness, hardness, surface roughness and wear has been determined.

Rational parameters of the developed technology have been determined by modeling the surface of each of the coating properties depending on two parameters of the technical process.

It was established, that minimal wear of crankshaft and connecting rod journals of road vehicle engines is provided at a hardening temperature of 750 – 780 °С, the solution strength of sulfur-containing silicates of 85% and the holding period in a solution of 3 - 4 minutes. The obtained coating is characterized by 55 micron thickness, 60 - 64 HRC hardness, and Ra = 0,6 – 0,65 mm roughness.

Key words: crankshaft, complex renovation technology, antifriction coating, rational parameters.

Рецензент д.т.н., професор Тимофеева Л.А. (УкрГУЖТ)

Поступила 13.10.2015г.

Дьомін А. Ю., аспірант кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технологій виготовлення матеріалів, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна.

Dyomin A. Y., Postgraduate department of quality, standardization, certification and production technology of materials, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.