

## УДК 621.8

ТИМОФЕЕВА Л.А., д.т.н., профессор, завідувача кафедрою матеріалів і технології виготовлення izdeliy транспортногo призначення,  
ДЄМІН А.Ю., аспірант кафедри матеріалів і технології виготовлення izdeliy транспортногo призначення (УкрГАЗТ)

## Повышение работоспособности восстановленных коленчатых валов

Проведен анализ существующих способов и технологий восстановления работоспособности коленчатых валов дизелей транспортногo призначення. Разработана комплексная технология восстановления, которая в одном технологическом цикле включает термическую обработку и нанесение антифрикционного покрытия на восстановленную поверхность коленчатого вала, что позволило повысить его эксплуатационные характеристики.  
**Ключевые слова:** коленчатый вал, поверхностный слой, износостойкость, восстановление, упрочнение.

### Постановка проблемы

Проблема повышения долговечности и надежности работы двигателей внутреннего сгорания является одной из наиболее важных. Она становится особенно актуальной в связи с созданием мощных транспортных двигателей, работающих в условиях высоких нагрузок и скоростей. Двигатели большой мощности широко используются для маневровых и магистральных тепловозов железнодорожного транспорта.

Ресурс работы и надежность мощных транспортных дизелей тесно связаны с работоспособностью коленчатых валов – наиболее ответственных и дорогостоящих деталей двигателей.

Значительная часть транспортных дизелей оснащается литыми чугунными коленчатыми валами, которые являются наиболее технологичными в производстве. Такая технология изготовления базируется на применении операций литья с последующим ранним выбиванием отливок, что существенно снижает затраты на их производство. Это обеспечивает заданный уровень прочности материала валов, однако в процессе эксплуатации отмечается ступенчатый износ шеек валов, что вызывает неравномерное распределение нагрузок по длине вала, зарождения усталостных трещин и разрушения валов. Анализ диаграмм распределения повреждений по длине валов, характера износа шеек и разрушения коленчатых валов позволил установить, что основными показателями, которые характеризуют работоспособность валов, является износостойкость поверхности их шеек и сопротивление усталости [1,2].

**Цель статьи.** Разработать эффективный способ и технологию восстановления работоспособности коленчатых валов дизелей транспортной техники.

### Основной материал исследования

Восстановление полной работоспособности изношенных деталей должно вестись с приданием им начальных размеров, правильной геометрической формы и поверхностных свойств.

Восстановление геометрических размеров для деталей класса валов осуществляется различными способами наплавки, металлизации, электрических покрытий и др. Наряду с этим существует большое количество технологий повышения эксплуатационной надежности восстановленной рабочей поверхности деталей, в том числе коленчатых валов, наиболее эффективными из которых являются закаливание токами высокой частоты (ТВЧ), лазерное упрочнение, нанесения на поверхность валов хромовых, детонационных, газотермических покрытий, ионно-плазменная обработка, электроискровое легирования, обработка струей высококонцентрированной плазмы, а также механическое упрочнение накатыванием роликами, наклепом дробью, чеканкой и т.д.

Стоит отметить, что материаловедческие аспекты применения таких методов упрочнения, для больших коленчатых валов из высокопрочного чугуна, разработаны недостаточно.

Поэтому, при достаточно большом количестве способов восстановления работоспособности коленчатых валов, актуальной задачей до сих пор является поиск новых эффективных технологий ремонта, обеспечивающих восстановление их рабочих поверхностей и повышение эксплуатационного ресурса.

Проведенный анализ известных технологий показывает, что наиболее эффективным способом, для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик детали, является применение комбинированных методов и технологий, включающих восстановление геометрических размеров детали в

сочетании со способами повышения износостойкости и задиристости ее поверхностного слоя. Использование комбинированных методов позволяет получить высокую износостойкость поверхности шеек валов, обеспечить достаточный уровень сопротивления усталости, снизить коэффициент трения и увеличить нагрузку задириобразования [3 - 6].

Таким способом может быть комплексная технология повышения эксплуатационных свойств детали, используемая как при изготовлении коленчатых валов, так и при их восстановлении. Она включает в себя термическую обработку и нанесение антифрикционного слоя в одном технологическом цикле [7, 8].

В части получения заданных эксплуатационных характеристик восстановленных валов важную роль

играют микроструктура покрытия и ее свойства на поверхности и в зоне соединения с основным материалом.

Восстановления геометрических размеров детали достигают путем применения метода наплавки, а повышения износостойкости и задиристости, полученного наплавленного слоя, можно достичь путем применения традиционной термической обработки (ТО) с нанесением антифрикционного слоя, путем погружения детали в раствор солей силикатов.

Для выявления влияния комплексной обработки на работоспособность пары шейка-вкладыш, были проведены сравнительные лабораторные исследования на образцах материалов, из которых изготовлены коренные и шатунные шейки коленчатого вала, а также их вкладыши (табл. 1).

Таблица 1

**Химический состав исследуемых образцов материалов**

Материал	Содержание химических элементов, %										
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ma	Cu	As	Fe
Чугун ВЧ 60-2	3,3-3,5	2,3-3,5	0,6-0,7	0,015	0,09	0,4-0,6	1,01-1,2	0,9-1,1	-	-	-
Сталь 10 ГОСТ 1050-88	0,07-0,14	0,17-0,37	0,35-0,65	до 0,04	до 0,035	до 0,15	до 0,25	-	до 0,25	до 0,08	~ 98
БрОЗЦ12С5 ГОСТ 613-79	Sn	Zn	Pb	Cu	Al	Ca	Mg	Sb	Bi	Na	-
	2,0-3,5	8,0-15	3,0-6,0	ост.	-	-	-	-	-	-	-
БК2 ГОСТ 1209-90	1,5-2,1	-	96,03-97,99	до 0,15	до 0,02	0,3-0,55	0,01-0,05	до 0,2	до 0,2	0,2-0,4	-

Оценка эксплуатационных свойств проводилась согласно требованиям ГОСТ 23.224-86 и РД 50-339-82 на машине трения СМЦ-2.

Результаты испытаний сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты по износу, задириобразованию и коэффициенту трения в классическом варианте термообработки и с нанесением антифрикционного покрытия**

Испытание	Вид обработки	Материал вкладыша (материал вала ВЧ 60-2)	Износ, мм	Нагрузка задириобразования, кН	Значение коэффициента трения, <i>f</i>
1	Термическая обработка (ТВЧ)	Сталь 10	0,32	1,7	0,17
		БрОЗЦ12С5	0,3	1,65	0,14
		БК2	0,31	1,7	0,15
2	Комплексная обработка (ТО + антифрикционное покрытие)	Сталь 10	0,1	2,0	0,01-0,02
		БрОЗЦ12С5	0,15	1,95	0,025-0,04
		БК2	0,12	1,98	0,018-0,03

**Выводы**

Результаты проведенных исследований по применению комплексной технологии обработки, позволили заключить следующее:

– значение износа и значение коэффициента трения в модифицированном поверхностном слое уменьшилось;

– нагрузка задиорообразования, в сравнении с классической обработкой, увеличивается.

Полученные новые эксплуатационные свойства поверхности позволяют повысить работоспособность пары шейка-вкладыш и коленчатого вала в целом.

Все это дает основание использовать комплексную технологию восстановления в ремонтном производстве коленчатых валов дизелей транспортного назначения.

**Литература**

1. Анализ эффективности существующих методов ремонта коленчатых валов дизеля 5Д49 [Электронный ресурс] / Сб. науч. тр., Укр. гос. ак-я. ж/д транспорта – Режим доступа: URL: [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpudazt/2009\\_107/n107-71.-2009.g.-Zagl.s.ekrana](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpudazt/2009_107/n107-71.-2009.g.-Zagl.s.ekrana).
2. Гаркунов, Д. Н. Триботехника [Текст] / Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
3. Пашкова, Г. И. Повышение работоспособности чугунных коленчатых валов мощных транспортных дизелей комбинированными методами упрочнения [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.02.01 / Г. И. Пашкова; [Харьковский национальный автомобильно-дорожный ун-т]. – Харьков, 2008. – 24 с.
4. Вигерина, Т. В. Технологии восстановления коленчатых валов двигателей из высокопрочного чугуна и конструкционной стали напылением, наплавкой и поверхностным пластическим деформированием [Текст] : автореф. дис. канд. тех. наук : 05.02.08 / Т. В. Вигерина; [Белорусский национальный технический ун-т]. – Минск, 2013. – 26 с.
5. Повышение надежности трибосистемы «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» судовых среднеоборотных дизелей технологическими методами [Электронный ресурс] / материалы международной науч.-практ. интернет – конф., 18–29 июня 2013 г. – Режим доступа: URL: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/transportation-213/maintenance-and-repair-of-transportation-213/18291-213-425>. – 30.06.2013 г. – Загл. с экрана.
6. Нечаев, Г. И. Улучшение эксплуатационных характеристик подвижного состава за счёт улучшения технологии ремонта его узлов [Текст] /

Г. И. Нечаев, О. М. Балицкая // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2011. – № 4 (158) ч. 2. – С. 126-131.

7. Tatsuo Tabaru et al. Development of Mo - (Si, Al)<sub>2</sub> - Base Oxidation - Resistant Coating on Nb - Base Structural Materials // Metallurgical and Materials Transactions. A. 2005, v. 36, p. 617–626.
8. Тимофеев, С. С. Влияние технологических параметров алмохромо-фосфатирования на эксплуатационные свойства деталей цилиндропоршневой группы дизелей [Текст] / С. С. Тимофеев, И. И. Федченко, В. Н. Остапчук // 36. наук. праць НТУ "ХПІ" Резание и инструмент в технологических системах. – 2007. – №72. – С. 155–159.

**Тимофєєва Л.А., Дьомін А.Ю. Підвищення працездатності відновлених колінчастих валів.** Проведено аналіз існуючих засобів і технологій відновлення працездатності колінчастих валів дизелів транспортного призначення. Розроблено комплексну технологію відновлення, яка в одному технологічному циклі включає термічну обробку і нанесення антифрикційного покриття на відновлену поверхню колінчастого вала, що дозволило підвищити його експлуатаційні характеристики.

**Ключові слова:** колінчастий вал, поверхневий шар, зносостійкість, відновлення, зміцнення.

**Timofeyeva L.A., Dyomin A.Y. The improvement of operational integrity of restored crankshafts.** The analysis of existing methods and techniques of restoration of operational integrity of transport purpose diesel vehicle crankshafts has been conducted. A comprehensive technology of restoration, which includes heat treatment and application of anti-friction coating on the restored surface of the crankshaft in one technological cycle, thus improving its performance, has been developed.

**Key words:** crankshaft, the surface layer, wearing capacity, restoration, hardening.

Рецензент д.т.н., професор Геворкян Е.С. (УкрГАЗТ)

*Поступила 27.01.2014г.*