

УДК 621.83

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.145.2014.249265>

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ ДВС

Инж. Я.Г. Ленин

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ВАЛІВ ТРАНСПОРТНИХ ДВЗ

Инж. Я.Г. Ленів

## ANALYSIS OF THE METHODS TO RESTORE CAMSHAFTS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Eng. Y. Leniv

*В статье анализировались способы и технологии восстановления распределительных валов транспортных двигателей внутреннего сгорания. Установлено, что на сегодняшний день нет универсального способа восстановления, совмещающего в себе высокую производительность, экономичность, экологичность и обеспечивающего высокую износостойкость пары кулачок – толкатель. Определены дальнейшие направления исследований в разработке нового способа восстановления, отвечающего вышеуказанным требованиям.*

**Ключевые слова:** распределительный вал, кулачок, износ, восстановление.

*У статті аналізувалися способи й технології відновлення розподільних валів транспортних двигунів внутрішнього згоряння. Встановлено, що на сьогодні немає універсального способу відновлення, який поєднує в собі високу продуктивність, економічність, екологічність та забезпечує високу зносостійкість пари кулачок - штовхач. Визначено подальші напрямки досліджень у розробленні нового способу відновлення, що відповідає вищевказаним вимогам.*

**Ключові слова:** розподільний вал, кулачок, знос, відновлення.

*The article analyzed the methods and technologies of restoration the camshaft of internal combustion engine, their advantages and disadvantages, as well as working conditions couple camshaft cam – lifter. Found, that there is currently no rational way of recovery, which combined have a high performance, cost-effectiveness, as well as high wear resistance of the camshaft cam and lifter.*

*Requirement to ensure high wear couples camshaft cam - lifter is of particular relevance due to the fact that the currently increasing engine power, by increasing the speed of the crankshaft.*

*In this regard, it is urgent search for new universal recovery technologies camshafts internal combustion engines, that can increase the service life of the reduced camshaft, to ensure environmental cleanliness recovery process, reduce the cost and complexity of repairs, ensure high durability couples camshafts cam – lifter.*

**Keywords:** camshaft, camshafts cam, chafe, recovery.

**Постановка проблемы.** Распределительный вал является важной частью механизма газораспределения двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и предназначен для передачи движения от коленчатого вала двигателя к клапанам.

При ремонте деталей газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания определенную сложность представляет восстановление кулачков распределительного вала.

Существующие в настоящее время способы восстановления кулачков не находят широкое применение в силу несоответствия технико-экономическим критериям современного машиностроения. Поэтому актуальной задачей является поиск новых способов и технологий восстановления, позволяющих повысить эффективность ремонта, а именно снизить трудоемкость и себестоимость, повысить эксплуатационный ресурс восстановленного вала, обеспечить

экологическую чистоту процесса восстановления [1, 2].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Изучению вопросов восстановления кулачков распределительных валов посвящено много научно-исследовательских работ известных ученых: В.А. Наливкина, К.А. Ачкасова, Ш.Ш. Джанилидзе, А.В. Поляченко, В.Н. Бугаева, С.С. Некрасова, В.В. Плешакова, И.Е. Ульмана, В.С. Дорофеева, В.П. Силуянова, и др.

Главным требованием, предъявляемым к способам восстановления, является их универсальность, а именно совмещение в себе высокой производительности, экономичности и экологичности, а также обеспечение высокой износостойкости не только кулачка, но и сопряженного с ним толкателя [2].

Распределительный вал относится к нежестким деталям. Одной из главных проблем, возникающих при изготовлении и ремонте распределительных валов, является то, что этот вал искривляется не только в процессе обработки, но и после её завершения, т.е. вал, соответствовавший всем требованиям и прошедший технологический контроль, через определённый интервал времени деформируется. Поскольку вал в двигателе устанавливается на опоры, подобное искривление вала приводит к увеличению вибраций, нагрузок на опоры, их быстрому износу и, как следствие, к снижению качества работы двигателя.

Основной причиной деформаций является перераспределение технологических остаточных напряжений и наследственных напряжений заготовки при удалении припусков и напряжений от температурно-силового воздействия обрабатывающего инструмента, причём, как правило, напряжения перераспределяются неравномерно.

На сегодняшнее время остаются неизученными вопросы комплексного влияния параметров процесса резания на качество поверхностного слоя, точность обработки и эксплуатационные свойства деталей. Многочисленные варианты выполнения операций механической обработки распределительных валов требуют нахождения общих решений вышеуказанной проблемы [3].

**Постановка задачи.** Целью статьи является анализ существующих способов и технологий восстановления работоспособности

распределительных валов транспортных ДВС, а также поиск новых подходов в решении проблем, возникающих при восстановлении известными способами, с учетом требований современного машиностроения.

**Основной материал исследования.** Надежная и экономичная работа системы газораспределения двигателя внутреннего сгорания во многом зависит от ресурса распределительного вала, определяемого в первую очередь износостойкостью наиболее нагруженных его рабочих поверхностей – кулачков. Механизм взаимодействия толкателя с кулачком распределительного вала достаточно сложен, наибольшее влияние на изнашивание этой пары оказывают следующие факторы [4]: внешнее механическое воздействие, характеризующееся скоростью относительного перемещения и нагрузкой; температура трения и температурный градиент; физико-механические свойства сопряжённых пар и окружающей промежуточной среды (модуль упругости, коэффициент объёмного расширения, макро- и микротвердость, предел текучести, термообработка и т.д.); макро- и микрогеометрия поверхности трения; вид трения; продолжительность и путь трения; свойства смазочного материала. Действие этих факторов приводит к износу кулачковой пары, и, как следствие, к снижению эффективности работы двигателя внутреннего сгорания.

При ремонте предельно изношенных валов наряду с обеспечением износостойкости кулачков стоит сложная задача восстановления их первоначального профиля. В ремонте распределительных валов получили распространение два способа восстановления кулачков: его вершины и всего профиля.

Известен способ восстановления изношенных вершин кулачков, содержащий операции наплавки стальными электродами, термической обработки для снятия напряжений, правки, упрочняющей термообработки – азотирования, дополнительной правки и шлифования. Валики наплавляют на вершину кулачка с учетом величины износа. Недостатком технологии является высокая трудоемкость и энергоёмкость вследствие наличия двух операций термообработки. Кроме этого, технология предназначена только для распределительных валов, имеющих износ вершин всех кулачков [5].

К способам восстановления вершин кулачков в формирующей оснастке можно отнести способ наплавки порошковой проволокой [6], способ электроконтактной приварки порошков [7] и способ индукционной наплавки [8]. Сущность этих способов заключается в том, что непосредственно на изношенную либо предварительно шлифованную вершину кулачка наносят слой металла, при одновременном использовании формирующей вершины оснастки. В качестве наплавочных сплавов, при электроконтактной приварке и индукционной наплавке используют порошки на основе железа и никеля. Общим недостатком для этих способов является повышенная трудоемкость работ и низкая стойкость формирующей вершины оснастки.

При восстановлении всего профиля кулачков распределительных валов применяются способы электродуговой наплавки в защитной среде  $\text{CO}_2$ , вибродуговой наплавки и др. Способы электродуговой наплавки не находят широкого распространения по следующим причинам: большие припуски на механическую обработку, наличие дефектов в наплавленных поверхностях, трудность повторного восстановления ранее наплавленных этим способом поверхностей [9]. Вибродуговая наплавка в свою очередь не обеспечивает равномерной твердости по всей наплавленной поверхности, поэтому для выравнивания и повышения твердости на кулачках проводят их термическую обработку с помощью токов высокой частоты. Недостатком технологии является также большая толщина наплавленного слоя, составляющая 2 мм [10].

На некоторых предприятиях применяются технологии газотермического напыления распределительных валов. Газопламенное [11] и плазменное [12] напыление кулачков производят самофлюсующимися порошками. Поверхность кулачка перед напылением проходит специальную подготовку. После напыления кулачков с целью повышения сцепляемости основного и напыленного материалов производят оплавление покрытия пламенем горелки либо токами высокой частоты. При плазменном напылении оплавление кулачков и других поверхностей производят в печи. Недостатком этих технологий является необходимость тщательной подготовки

напыляемых поверхностей, а также наличие дополнительной операции оплавления, что увеличивает трудоемкость технологического процесса. Кроме этого нерациональные потери порошка достигают 30 % [13].

Меньшее количество операций содержит технология детонационного напыления кулачков. Она обеспечивает сцепляемость основного и напыленного материала в пределах 50 – 170 МПа, значительно большую плотность покрытия, чем при газопламенном и плазменном напылении [14]. Однако высокочастотный шум, возникающий при детонационном, как и при плазменном напылении требует создания специальных боксов с шумопоглощающими стенами.

Наиболее широкое распространение получила технология восстановления кулачков газопламенной наплавкой [15]. Процесс состоит из операций подготовки поверхностей под наплавку, наплавки, правки, шлифования.

Эта технология может быть использована как при наплавке всего профиля, так и при наплавке вершины кулачка. К недостаткам технологии относятся: отпуск неизношенных кулачков, расположенных рядом с наплавленными, а также большая радиальная деформация вала, достигающая 1,5 – 1,8 мм.

**Выводы.** Проведя анализ способов восстановления кулачков распределительных валов, их преимуществ и недостатков, а также условий работы пары кулачок – толкатель, можно утверждать, что в настоящее время нет универсального способа восстановления, который мог бы одновременно совместить в себе высокую производительность, экономичность, а также возможность обеспечить высокую износостойкость кулачка и сопряженного с ним толкателя.

Требование обеспечения высокой износостойкости пары кулачок – толкатель приобретает особую актуальность в связи с тем, что в настоящее время возрастает энергонасыщенность ДВС за счёт повышения частоты вращения коленчатого вала. При этом на клапан, с целью гашения инерционных сил, устанавливают более мощные пружины, которые при малых оборотах распределительного вала ведут к росту контактных напряжений в кулачке и толкателе, что отрицательно сказывается на их износостойкости.

В связи с этим актуальной задачей является поиск новых универсальных

технологий восстановления распределительных валов транспортных двигателей, позволяющих повысить эксплуатационный ресурс восстановленного вала, обеспечить

экологическую чистоту процесса восстановления, снизить себестоимость и трудоемкость ремонта, обеспечить высокую износостойкость пары кулачок – толкатель.

### Список использованных источников

1. Орлин, А.С. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей [Текст] / А.С. Орлин, М.Г. Круглов. – М.: Машиностроение, 1990. – 284 с.
2. Шиповалов, А. Н. Технология восстановления кулачков распределительных валов плазменной наплавкой [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.Н. Шиповалов; [Российский государственный аграрный заочный ун-т]. – М., 2010. – 18 с.
3. Непомилуев, В.В. Методика проектирования технологических процессов обработки распределительных валов [Текст] / В.В. Непомилуев, Е.Е. Цедейко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2003. – Т.40, №5. – С. 131–134.
4. Браун, Э.Д. Моделирование трения и изнашивания в машинах [Текст] / Э.Д. Браун, Ю.А. Евдокимов, А.В. Чигинадзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.
5. А. с. 1371983 СССР, МКИ С 21 Д 9/30. Способ восстановления чугунных распределительных валов [Текст] / А.К. Тихонов, В.И. Копыл, Л.Я. Кузьменко, В.В. Чотов, А.Б. Чумиков (СССР). – № 3705976/22-02; заявл. 13.03.84; опубл. 07.02.88, Бюл. № 5. – 5 с.
6. Джанилидзе, Ш.Ш. Исследование и разработка технологии восстановления кулачков распределительных валов двигателей ЗМЗ – 53 [Текст] / Ш.Ш. Джанилидзе, Н.А. Дьяченко, З.Б. Ермакова // Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Сб. трудов. – М.: Транспорт, 1977. – С. 111-121.
7. Меркулов, А.Ф. Восстановление кулачков распределительных валов ДВС электроконтактным напеканием металлических порошков в условиях сельскохозяйственных ремонтных предприятий [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.Ф. Меркулов; [Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина]. – М., 1983. – 19 с.
8. Восстановление кулачков распределительных валов и толкателей клапанов индукционной наплавкой износостойкими порошками [Текст]: тез. докл. науч.-техн. конф. стран-членов СЭВ "Ремдеталь – 88", Пятигорск, окт., 1988. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1988. – Ч. 2. – С. 39-40.
9. Наплавка металла в среде природного газа [Текст] / П.А. Тывончук, Н.И. Фурса, Т.Н. Гальперин, А.А. Кононогов // Техника в сельском хозяйстве. – 1987. – № 5. – С. 59-60.
10. Дюмин, И.Е. Современные методы организации и технологии ремонта автомобилей [Текст] / И.Е. Дюмин, В.А. Кувицкий, А.С. Силкин. – К.: Техника, 1970. – 388 с.
11. Hertig H. Thermisches Metallbeschichten eine moderne Technologie // Technische Rundschau. – 1986. – vol. 78, № 4. – P. 22–25.
12. Дорофеев, В.С. Плазменное напыление распределительных валов [Текст] / В.С. Дорофеев, А.Б. Гоц, А.С. Дробышевский // Техника в сельском хозяйстве. – 1982. – № 11. – С. 27.
13. Спиридонов, Н.В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов; под ред. В.Н. Чанина. – Минск: Вышэйша шк., 1988. – 155 с.
14. Герасименко, В.М. Перспективные методы получения износ- и коррозионностойких покрытий газотермическим напылением: Обзорная информация [Текст] / В.М. Герасименко. – К.: УкрНИИТИ, 1985. – 64 с.
15. Коломейцев, А.Г. Опыт восстановления деталей газотермическими методами: Обзорная информация [Текст] / А.Г. Коломейцев, И.Г. Голубев, В.И. Свищёв. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1985. – 40 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор Л.А. Тимофеева

Ленів Ярослав Григорович, здобувач кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-49. E-mail: a.domin@mail.ru.

Leniv Yaroslav, postgraduate department of materials and manufacturing technology products transport purposes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-49. E-mail: a.domin@mail.ru.