

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

Тойгамбаев С.К. Производство ремонта деталей газораспределительного механизма двигателей внутреннего сгорания

Production of repair of parts of the gas distribution mechanism of internal combustion engines

Тойгамбаев С.К.

к.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства. Российский государственный аграрный университет
МСХА им. К.А. Тимирязева.
Toigonbaev S. K.

Ph. D., Professor of the technical operation of technological machinery and equipment of environmental engineering. Russian state agrarian University named after K. A. Timiryazev.

***Аннотация.** В данной статье представлен обзор оптимальных способов ремонта распределительных валов, проведен анализ дефектов распределительных валов двигателей. Даны рекомендации по выбору способа восстановления работоспособности распределительных валов.*

***Ключевые слова:** распределительный вал; процесс; кулачок; шейка.*

***Abstract.** This article provides an overview of optimal ways to repair camshafts, and analyzes defects in engine camshafts. Recommendations are given for choosing a method for restoring the efficiency of camshafts.*

***Keywords:** camshaft; process; cam; neck.*

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Конструктивные особенности и характеристика распределительного вала двигателя КамАЗ-740. Распределительный вал изготавливается горячей штамповкой из стали 18ХГТ. Он устанавливается в развале блока на 5 опорных подшипниках. Поверхности опорных шеек и кулачков после цементации закаливаются токами высокой частоты. Поверхности шеек и кулачков проходят точную механическую обработку: шлифуются, полируются и затем фосфатируются. Биение поверхностей второй, третьей и четвертой шеек относительно оси крайних шеек допускается не более 0,025 мм. Нецилиндричность опорных шеек 0,005 мм, непараллельность образующих всех кулачков относительно поверхности крайних шеек не более 0,05 мм. На задний конец распределительного вала напрессована стальная штампованная шестерня с прямыми зубьями. Зубья шестерни подвергаются термической обработке. Шестерня распределительного вала приводится во вращение через промежуточную шестерню шестерней коленчатого вала.

Техническая характеристика распределительного вала указана в таблице 1.

Характеристика распределительного вала.

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---|---------------------|
| 1.Обозначение вала | 740.1006015 |
| 2.Материал вала | Сталь 18ХГТ |
| 3.Масса вала, кг | 8,12 |
| 4.Твердость цилиндрических поверхностей опорных шеек НРСэ | 58....63 |
| 5.Твердость профиля кулачков, НРСэ | 58....63 |
| 6.Твердость остальных поверхностей | 52.....62 |

Распределительные валы не принимаются в восстановление при наличии следующих дефектов: 1.Трещины любого характера, размера и расположения, не устранимые обработкой поверхностей под наплавку до ремонтных размеров;

2. Сколы на рабочей части профиля кулачков и цилиндрической поверхности эксцентрика длиной более 7мм и глубиной более 1мм.; 3. Радиальное биение цилиндрических поверхностей средних опорных шеек относительно общей оси крайних более 2мм.; 4. Износ профиля кулачка по высоте менее 6 мм.

Основными дефектами распределительных валов являются:

- трещины на валу, отколы по торцам вершин кулачков; - погнутость вала;
- износ шпоночного паза; - износ впускных и выпускных кулачков по высоте;
- износ передней, средней и задней опорных шеек.

Поверхности опорных шеек восстанавливают при износе более 0,1...0,4 мм. Износ кулачков сосредотачивается в области, примыкающей к вершине кулачка, и не превышает 0,05 мм за пределами 20°25° относительно вершины кулачка, допустимый износ составляет 0,2.....1,4 мм. Правку валов проводят при изгибах, превышающих 0,1....0,15 мм. Шпоночные пазы восстанавливают при износах по ширине более 0,07...0,09мм. Контроль размеров кулачков и опорных шеек распределительного вала осуществляется с помощью приспособления, показанного на рисунке 1, а размеры кулачков указаны в таблице 2.

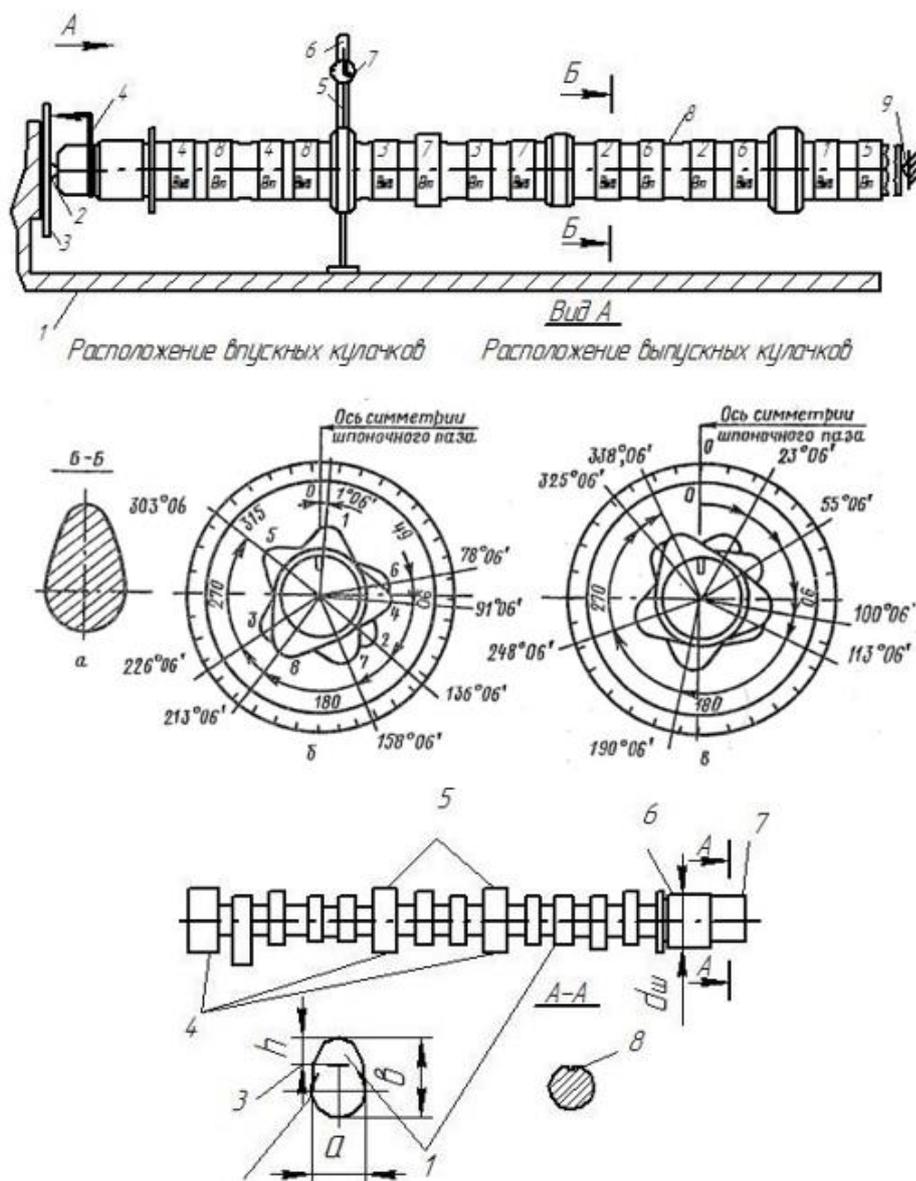


Рисунок 1. Приспособление для контроля профиля кулачков и опорных шеек распределительного вала:

А-профиль кулачка; б-расположение впускных кулачков; в-расположение выпускных кулачков; Вп-впускной кулачок; Вып-выпускной кулачок; 1-основание приспособления; 2,9-центры; 3-диск с градуировкой, град; 4 -указательная стрелка, закрепленная на шейке распределительного вала; 5-ножка индикатора; 6-стойка индикатора; 7-индикатор; 8 - распределительный вал

Таблица 2

Размеры кулачков распределительного вала КамАЗ-740

| Выпускных | | | | | | Впускных | | | | | |
|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|-------|----------------|----------------|-------|
| α° | h, мм | h, мм | α° | α° | h, мм |
| 99 | 0,000 | 128 | 0,656 | 150 | 5,142 | 94 | 0,000 | 126 | 0,967 | 152 | 5,901 |
| 104 | 0,019 | 132 | 1,235 | 156 | 6,163 | 100 | 0,027 | 130 | 1,663 | 160 | 6,939 |
| 110 | 0,088 | 138 | 2,562 | 164 | 7,200 | 108 | 0,138 | 134 | 2,520 | 170 | 7,769 |
| 114 | 0,156 | 140 | 3,034 | 174 | 7,929 | 116 | 0,300 | 140 | 3,788 | 176 | 8,005 |
| 118 | 0,236 | 148 | 4,759 | 180 | 8,050 | 120 | 0,419 | 146 | 4,922 | 180 | 8,050 |

Примечание: - угол поворота кулачка; h - высота подъема профиля кулачка.

Технические условия на дефектацию распределительных валов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Технические условия на дефектацию распределительного вала

| № дефекта на рис. | Наименование дефекта | Способ устранения | Размер, мм | |
|-------------------|---|---|--|--------------------------|
| | | | по раб. чертежу | допустимый без ремонта |
| 1 | Трещины, сколы по торцам вершин кулачков | Дефектоскоп. Штангенциркуль 1-125-0,10 | -- -- | -- -- |
| 2 | Уменьшение цилиндрической части кулачков | Скоба 36,00 | $v = 8,05 \pm 0,1$ $a = 37 \pm 0,5$ | $v = 7,9$ $a = 36,00$ |
| 3 | Износ впускных и выпускных клапанов по высоте (в - а) | | | |
| 4 | Износ передней и средней опорных шеек: 1-ремонтный. 2-ремонтный. | Скоба CP 50- 75 | $54_{-0,105}^{-0,085}$ | 53,89 |
| | | 53,69 | $53_{-0,105}^{-0,085}$ | 53,89 |
| | | 53,49 | $53,6_{-0,105}^{-0,035}$ | 53,49 |
| 5 | Погнутость распределительного вала | Приспособление для контроля погнутости вала | Биение средних шеек не более 0,025 | 0,04 |
| 6 | Износ задней опоры шейки: 1 - ремонтный 2 - ремонтный | Скоба CP 25-50 | $42_{-0,070}^{-0,050}$ | 41,93 |
| | | 41,73 | $41,6_{-0,070}^{-0,050}$ | 41,73 |
| | | 41,53 | $41,8_{-0,070}^{-0,050}$ | 41,73 |
| 7 | Износ шейки под шестерню | Скоба 35,01 | $35_{+0,018}^{+0,035}$ | 35,01 |
| 8 | Износ шпоночного паза | Калибр 5 | $5_{-0,055}^{-0,010}$ | 5 |

Обоснование рационального способа восстановления распределительного вала.

Для повышения долговечности восстановленных деталей важное значение имеют научно обоснованные способы и технологические процессы их восстановления. Выбор оптимального способа является одним из основных вопросов при разработке технологических процессов восстановления изношенных деталей. Анализ литературных источников показал, что в настоящее время оценка способов восстановления деталей производится по трем критериям:

- технологическому (критерий применимости);
- техническому (критерий долговечности);
- технико-экономическому.

По технологическому критерию выбор способов производят на основании возможностей их применения для устранения конкретного дефекта заданной детали с учетом величины и характера износа,

Материала детали и ее конструктивных особенностей. По этому критерию назначают все возможные способы, которые в принципе могут быть использованы для устранения конкретного дефекта.

По техническому критерию оценивают технические возможности детали, восстановленной каждым из намеченных по технологическому критерию способом, т.е. этот критерий оценивает эксплуатационные свойства детали в зависимости от способа восстановления. Оценка производится по таким основным показателям как: - сцепляемости; - износостойкости; - усталостной прочности;

- микротвердости; - долговечности.

В таблице 4 представлены примерные значения коэффициентов износостойкости, выносливости и сцепляемости, определенные по результатам исследований для наиболее распространенных методов восстановления.

Таблица 4

Коэффициенты износостойкости, выносливости, сцепляемости

| Способы восстановления | Значения коэффициентов | | |
|---|---------------------------|------------------------|------------------------|
| | Износостойкости (K_i) | Выносливости (K_d) | Сцепляемости (K_c) |
| Наплавка в углекислом газе | 0,85 | 0,9...1,0 | 1,0 |
| Вибродуговая наплавка | 0,85 | 0,62 | 1,0 |
| Наплавка под слоем флюса | 0,90 | 0,82 | 1,0 |
| Дуговая металлизация | 1,0...1,3 | 0,6...1,1 | 0,2...0,3 |
| Газопламенное напыление | 1,0...1,3 | 0,6...1,1 | 0,3...0,4 |
| Плазменное напыление | 1,0...1,5 | 0,7...1,3 | 0,4...0,5 |
| Хромирование (электролитическое) | 1,0...1,3 | 0,7...1,3 | 0,4...0,5 |
| Железнение (электролитическое) | 0,9...1,2 | 0,8 | 0,65...0,8 |
| Контактная наплавка (приварка металлического слоя) | 0,9...1,1 | 0,8 | 0,8...0,9 |
| Ручная наплавка | 0,9 | 0,8 | 1,0 |
| Клеевые композиции | 1,00 | — | 0,7 |
| Электромеханическая обработка (высадка и сглаживание) | до 3,00 | 0,8 | 1,0 |
| обработка под ремонтный размер | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Установка дополнительной детали | 1,0 | 0,8 | 1,0 |
| Пластическое деформирование | 0,8...1,0 | 1,0 | 1,0 |

Практика ремонтного производства показывает, что оценка способов восстановления деталей чаще всего производится по технико-экономическому критерию (обобщенный критерий), по которому принимают окончательное решение о выборе рационального способа устранения дефекта детали. Прежде всего, он отражает технический уровень применяемой технологии. Для оценки различных способов по данному критерию рассматривают отношение.

$$\frac{C_{\delta i}}{K_{\delta i}} \rightarrow \min \quad (1)$$

где $C_{\delta i}$ - удельная себестоимость устранения дефекта, i -м способом, руб/м²;

$K_{\delta i}$ - коэффициент долговечности восстановленной детали i -м способом;

Исходя из выше изложенного, по технологическому критерию для восстановления распределительных валов назначаем следующие способы восстановления: -вибродуговая наплавка; - наплавка в среде CO₂; - плазменная наплавка;

- газопламенное напыление; - плазменное напыление.

Проверяем по техническому критерию (критерий долговечности K_д) выбранные способы восстановления исходя из условия:

$$K_d = K_i \cdot K_B \cdot K_C, \quad (2)$$

$$K_d > 0,8; \quad (3)$$

- вибродуговая наплавка: $K_d = 1,15 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,03$;

- наплавка в среде CO₂: $K_d = 1,4 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 1,0$;

- плазменная наплавка: $K_d = 1,6 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,45$;

- газопламенное напыление: $K_d = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,4 = 0,4$;

- плазменное напыление: $K_d = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 0,6$.

Проверяем по технико-экономическому критерию (формула 1) способы, удовлетворяющие критерию долговечности, т.е. $K_d > 0,8$:

- вибродуговая наплавка: $\frac{C_{\partial i}}{K_{\partial i}} = \frac{65}{1,03} = 63,11 \text{ руб/м}^2$;

- наплавка в среде CO₂: $\frac{C_{\partial i}}{K_{\partial i}} = \frac{43}{1,0} = 43 \text{ руб/м}^2$;

- плазменная наплавка: $\frac{C_{\partial i}}{K_{\partial i}} = \frac{37}{1,45} = 25,51 \text{ руб/м}^2$

При вибродуговой наплавке покрытие получается нередко с порами, с неравномерной твердостью и неоднородной структурой, что способствует возникновению значительных растягивающих внутренних повреждений и, как следствие, снижению усталостной прочности на 30-40%. Поэтому применительно к распределительным валам применять этот способ нельзя из-за значительных динамических нагрузок, приходящихся на деталь.

Применение напыления тоже не подходит из-за ряда следующих недостатков: - низкая прочность сцепления с основой, не позволяет восстанавливать детали, работающие в условиях ударных нагрузок; - с увеличением толщины слоя свыше 1-1,3 мм прочность сцепления снижается.

При наплавке в среде CO₂ слои наносятся высокого качества, производительность сравнительно большая, по сравнению с плазменной наплавкой менее качественно. Износостойкость при плазменной наплавке больше, чем при наплавке в среде CO₂ повышенное разбрызгивание металла до 15%, что сказывается на экономическом показателе восстановления. Он значительно больше, чем при плазменной наплавке.

Из сравнений видно, что плазменная наплавка более эффективна, чем наплавка в среде CO₂ и вибродуговая наплавка, поскольку при данном способе

восстановления распределительных валов наибольший коэффициент долговечности нанесенного покрытия при этом себестоимость данного метода минимальна. С целью повышения износостойкости быстро изнашиваемых деталей был выбран способ плазменной наплавки с подачей порошка в сварочную ванну. Износостойкость наплавленных деталей с подачей порошка возрастает в 6-8 раз. Плазменная наплавка дает значительный эффект при восстановлении распределительных валов.

Преимуществом способа плазменной наплавки является его пригодность к автоматизации с применением электронной системы регулирования плазменного процесса. Плазменная наплавка обладает такими важными преимуществами, как высокая производительность, широкая возможность легирования слоев наплавки, большой диапазон регулирования теплоты в основных и наплавочных металлах, возможность применения любых наплавочных металлов.

Плазменная наплавка является высокоэффективным технологическим процессом, позволяющим значительно сокращать расход дефицитных и дорогостоящих материалов, улучшать эксплуатационные свойства и повышать работоспособность соединения. По своим технико-экономическим показателям плазменная наплавка превосходит другие способы наплавки как за счет уменьшения расхода наплавляемого металла, так и за счет повышения работоспособности детали. Высокая производительность наплавки обеспечивается и при применении в качестве присадочных материалов порошков. Так при плазменной наплавке с вдуванием порошка в струю производительность составляет до 6 кг в час. Особо следует подчеркнуть, что плазменная наплавка с применением в качестве присадочного металла порошка особенно целесообразно при необходимости получения слоя наплавки малой высоты и обеспечивает при этом значительную экономию наплавленного металла по сравнению с другими способами наплавки.

Перечисленные положительные стороны способов наплавки не только существенно расширяют технологические возможности их применения, но и позволяют получать значительный экономический эффект за счет наплавки слоев с минимальной глубиной проплавления и сохранения, первоначальных физико-механических свойств при меньшем количестве наплавочного металла.

Выводы.

Проведенные аналитические исследования позволяют сделать следующие выводы: 1. Превалируемые дефектами распределительных валов являются износ поверхности кулачков по высоте и износ поверхностей опорных шеек. Исходя из ремонтного фонда распределительных валов установлено, что максимальная величина износа опорных шеек составляет 0,4 мм, а кулачков-1,4 мм.

2. Установлено, что наиболее прогрессивным способом восстановления изношенных поверхностей распределительных валов является плазменная наплавка.

Conclusions.

Analytical studies allow us to draw the following conclusions: 1. the prevailing defects of camshafts are the wear of the Cam surface in height and the wear of the support neck surfaces. Based on the repair Fund of camshafts, it is established that the maximum wear value of the support necks is 0.4 mm, and the Cams-1.4 mm. 2. it is established that the most progressive method of restoring worn surfaces of camshafts is plasma melting.

References

1. Тойгамбаев С.К. Повышение надежности изготовления резьбовых соединений. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 3 (59). С. 45-46.
2. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
3. Тойгамбаев С.К. Стенд для обкатки и испытания двигателей. ж. Актуальные проблемы современной науки № 5, (78) 2014. г. Москва.
4. Ханников А.А. Автомеханик: техническое обслуживание и ремонт отечественных и зарубежных автомобилей/Авт.-сост. А. А. Ханников. - Минск: Современ. шк., 2006.- 384с.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В. И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 2001. – 864 с.
6. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение статико-динамического нагружения при холодной обкатке двигателей внутреннего сгорания. Тенденции развития науки и образования. 2019. № 52-4. С. 45-54.
7. McGregor B.A., Kerven C., Toigonbaev S. Sources of variation affecting cashmere ground in the Pamir mountain districts of Tadjikistan and implications for industry development/ Small Ruminant Research. 2011. Т. 99. № 1. С. 7-15.