

### Abstract

#### Choice of the method of the balancing thrashing drum combine harvester

*The executed benchmark analysis of the methods of the balancing thrashing drum combine harvester. practicability of the execution dynamic dab plane balancing is shown on combine at worker to frequency of the rotation of the drum.*

УДК 621.824.32.004.15

#### ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАЗМЕННО - ПОРОШКОВЫМ МЕТОДОМ И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Скобло Т.С, Сидашенко А.И., Харьяков А.В., Науменко А.А.

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)

*У роботі розглянуто причини виходу з ладу двигунів СМД. Запропонована технологія відновлення колінчастих валівплазмово-порошковим методом. Понаведено економічне обґрунтування впровадження запропонованих розробок.*

Коленчатый вал - одна из важных дорогостоящих деталей двигателя и в значительной степени определяет его ресурс. Особенно быстро выходят из строя коленчатые валы тракторных двигателей, работающие в более тяжелых условиях по сравнению с автомобильными. Так, удельное давление на наиболее нагруженные шатунные шейки коленчатых валов тракторных двигателей в 1.5-2 раза выше, чем у автомобильных [1].

В процессе эксплуатации коленчатый вал подвергается кручению и изгибу, утрачивает первоначальную точность и частично запас прочности (сопротивление усталости). Эта величина снижается на 25-30 % [1].

На Шевченковском специализированном РТП в период последних пяти лет поступают в ремонт тракторные двигатели семейства СМД (60, 62, 64, 72).

В ремонт поступают двигатели после различного срока эксплуатации с коленчатым валом от номинального ремонтного размера до последнего.

Шевченковское РТП снабжено необходимым для диагностики оборудованием, а также стендами для обкатки и регулировки отремонтированного двигателя и его узлов.

Проектная площадь ремонтной мастерской 6000 двигателей в год. На данный момент мастерская специализируется на ремонте двигателей СМД-60, СМД-62, СМД-64, СМД-72.

Двигатели ремонтируются для четырех областей Украины: Сумской, Полтавской, Харьковской и Черниговской.

В настоящий период увеличилось количество двигателей, поступающих

ремонт с максимальным износом деталей (табл. 1)

Таблица 1. Количество двигателей, поступающих в ремонт с различной наработкой.

Годы ремонта техники	Количество двигателей, с различной наработкой, мото/ч			
	4000 мото/час	7200 мото/час	9700 мото/час	11800 мото/час
2001-2002 г.	1207	2769	1785	594
2002-2003 г.	11984	2813	1791	513

Участились случаи поступления в ремонт двигателей с сильно изношенными коленчатыми валами из-за нарушения условий эксплуатации техники, в результате которых возрастает и доля дефектов (задиры, риски). Они при ремонте требуют большого снятия металла с поверхности шеек, что приводит к переходу не на следующий, а через ремонтный размер, и вызывает снижение надежности и сокращение сроков эксплуатации двигателя, а так же преждевременному выходу из строя.

Целью исследований являлось определить причины выхода из строя двигателей типа СМД, установить ответственные детали определяющие его долговечность, выбрать метод восстановления, разработать параметры такой технологии и определить ее эффективность.

Для сопоставительной оценки стойкости коленчатого вала производили контроль за эксплуатацией и отказами десяти новых и отремонтированных двигателей в период наработки 1000 мото-ч. Исследованы различные виды отказов, которые были разделены на три группы сложности. К первой были отнесены: подтекания топлива, масла, воды. Ко второй группе отказы, устранение которых осуществляется заменой узлов и деталей без разборки двигателя. К третьей группе отказы, устранение которых требует разборки двигателя (поршни, диски, коленчатый вал и т. д.). Данные по отказам приведены в табл. 2.

Таблица 2. Соотношение отказов по группам

Группа сложности отказа	Отремонтированных, %	Новых, %
1-группа	61	54
2-группа	80	90
3-группа	45	49

Анализ таблицы показывает, что 45 - 49%, от общего числа отказов двигателей, приходится на дефекты третьей группы сложности. Наиболее часто встречающимся дефектом, относящимся к данной группе, является износ шатунных и коренных шеек коленчатого вала [2].

При более тщательном изучении причин выхода из эксплуатации отремонтированных двигателей было обнаружено, что на отказ по причине износа шеек коленчатого вала приходится 28% от их общего числа.

*В этих условиях особенно эффективно применение метода*

восстановления коленчатого вала плазменной наплавкой, которая сохраняет стабильность структуры и свойств его сердцевины и требует локального восстановления изношенного слоя.

Для восстановления геометрических параметров и физико-механических свойств шеек коленчатых валов двигателей СМД-60 (сталь 45), применяли метод плазменно-порошковой наплавки.

В качестве наплавочного материала использовали порошковую композицию на основе железа ФМИ-2+ПЖН4Д2М. Химический состав приведен в табл. 3. Для плазмаобразования и транспортировки порошка для нанесения восстановительных покрытий использовали аргон ГОСТ 10157-79. Наплавку производили на прямой полярности плазменной дугой косвенного действия.

Таблица 3. Содержание компонентов в используемых порошках

Марка Порошка	Содержание компонентов, %.								
	Fe	Cr	Ni	B	C	Si	Mn	Mo	Cu
ФМИ-2	Осн.	10,43	-	2,87	0,77	2,62	4,49	-	-
ПЖН4Д2М	Осн	-	3,62	-	0,054	0,05	0,1	0,5	1,68

Основными требованиями к восстановленному слою, работающему в условиях трения и знакопеременных нагрузок являются: однородность структуры по глубине (для обеспечения равномерного износа), отсутствие пор, трещин, непроваров и других концентраторов напряжений, а также качественное сплавление с основным материалом детали.

Коленчатые валы обрабатывали по технологии: предварительный отжиг при температуре 200°C в течении 2 ч, сила тока  $I=230A$ , напряжение дуги  $U=35B$ , скорость вращения детали  $V=3,5$  об/мин.

Лабораторные испытания подтвердили эффективность выполненных разработок [3].

Следующим этапом исследований были стендовые и эксплуатационные испытания. Последние состояли из двух этапов. На первом этапе – анализировали технологичность процесса в производстве, а на втором – эффективность такой технологии восстановления и применения ее в производстве [3].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что восстановленный слой имеет однородную стабильную структуру, которая не претерпевает существенных трансформаций в процессе эксплуатации при соблюдении технических требований на эксплуатацию двигателя.

В период проведения работы на протяжении 1998-2005 г. было восстановлено в общей сложности около 10000 коленчатых валов. Как показал анализ выхода из строя валов после эксплуатации, около 40% из них поступают в ремонт по причине появления на рабочих поверхностях шеек задиров, рисок и вмятин, требующих их перешлифовки минуя 1-2 ремонтных размера, что существенно снижает ресурс детали либо даже приводит к её выбраковке.

Согласно традиционной технологии восстановления коленчатых валов. В

случае появления задиров и рисок на одной или нескольких шейках, дефект устраняется путем их перешлифовки в ремонтный размер. Зачастую при этом необходимо использовать предпоследний либо последний ремонтные размеры. Поэтому для расчета экономической эффективности использовали данные эксплуатационной стойкости, соответствующие предпоследнему ремонтному размеру.

В соответствии с работой [4] ресурс коленчатого вала определяется его усталостью и износом. Тогда критерий стойкости вала будет определяться соотношением:

$$P_{к.в} = \frac{\sigma_{-1}^* \varepsilon_n}{\sigma_{-1}^n \varepsilon_n^*}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{-1}^n, \sigma_{-1}^*$  - предел выносливости нового вала и восстановленного соответственно;  $\varepsilon_n, \varepsilon_n^*$  - величина износа нового и восстановленного вала.

Проведенные эксплуатационные испытания показали, что коленчатые валы, восстановленные методом электродуговой металлизации, имеют ресурс сопоставимый с новыми деталями. При этом отказов двигателя в связи с выходом из строя вала не зафиксировано, что дает возможность предположить о незначительном отличии  $\frac{\sigma_{-1}^*}{\sigma_{-1}^n}$  от единицы во втором случае. Отношение

$\frac{\varepsilon_n^*}{\varepsilon_n} = 2$ . В таком случае комплексный критерий для плазменно-порошковой

наплавки  $P_{к.в} = 2,4$ . При восстановлении коленчатых валов перешлифовкой в ремонтный размер, на основании эксплуатационных испытаний на различных двигателях [4] для случая предпоследнего ремонтного размера критерий составляет  $P_{к.в} = 0,85$ . Падение предела выносливости и износостойкости с переходом в следующий ремонтный размер, объясняется неоднородностью по глубине свойств закаленного слоя и допустимым напряженным состоянием вала в процессе эксплуатации.

Для оценки экономической эффективности восстановления коленчатых валов на основании данных табл. 2, 3 использовали зависимости

$$\mathcal{E}_{к.в} = \mathcal{E}_\Sigma - 0,15(B_{н.з} + B_{б.с}); \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_i = \left( \frac{B_{б.с}}{C_{н.с2}} - \frac{B_{н.з}}{C_{н.с1}} \right) A_i; \quad \mathcal{E}_\Sigma = \sum \mathcal{E}_i, \quad (3);(4)$$

где  $\mathcal{E}_\Sigma$  - эффективность внедрения разработок;  $\mathcal{E}_{к.в}$  - суммарный экономический эффект от повышения долговечности восстановленных деталей;  $\mathcal{E}_i$  - экономический эффект  $i$ -го варианта;  $B_{н.з}, B_{б.с}$  - производственные затраты на восстановление коленчатых валов методом нанесения рекомендуемого покрытия и перешлифовкой в ремонтный размер соответственно;  $C_{н.с1}, C_{н.с2}$  - коэффициенты повышения стойкости восстановленных валов по первому и

второму методам соответственно;  $A_0$  - объем восстановленных коленчатых валов за исследуемый период; 0,15 - нормативный коэффициент;  $B_n$  - затраты на проведение НИР, равные 2000 грн;  $B_o$  - дополнительные затраты на оборудование, равные 1000 грн.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{сид-60,62,64}} + \mathcal{E}_{\text{сид-11}} + \mathcal{E}_{\text{ин}} = 8256 \text{ грн} \quad (5)$$

Экономическая эффективность от внедрения технологии восстановления отдельных поврежденных шеек коленчатых валов составляет:

$$\mathcal{E}_1 = 8256 - 0,15(1000 + 2000) = 7806 \text{ грн.} \quad (6)$$

Для коленчатых валов, имеющих предельный износ и не подлежащих восстановлению традиционным методом перешлифовки в следующий ремонтный размер уменьшение потребности в новых запасных частях можно оценить:

$$P_{i,2} = \frac{O_i}{C_{ик2}}, \quad (7)$$

где  $O_i$  - общий объем деталей  $i$ -ой номенклатуры, вышедших из эксплуатации по причине предельных величин износа,  $C_{ик2}$  - коэффициент, учитывающий увеличение ресурса восстановленной детали.

Тогда экономическая эффективность от восстановления коленчатых валов, за исследуемый период вышедших из строя по естественному износу, методом плазменно-порошковой наплавки составит:

$$\mathcal{E}_2 = P_{i,2} C_{i,2} - P_{i,1} C_{i,1} - 0,15(B_o + B_n) = 271287 \text{ грн.} \quad (8)$$

где  $C_{i,2}$  - стоимость восстановленной детали.

Общий экономический эффект составляет

$$\mathcal{E}_{\text{с}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 279093 \text{ грн.} \quad (9)$$

Общий экономический эффект от внедрения рекомендуемого материала покрытия и технологии его нанесения для восстановления наиболее нагруженных деталей автотракторных двигателей подтвержден актами внедрения разработок.

### Список литературы

1. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. - М.: Машиностроение, 1987.
2. Горохов В.А., Руденко П.А. Ремонт и восстановление коленчатых валов. М.: Колос. - 1978. - 159 с.
3. Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Харьяков А.В., Мартыненко А.Д. Износостойкость коленчатых валов тракторных двигателей. Труды 8-й Международной научно-технической конференции «Физические и компьютерные технологии». Харьков, 2003. - с. 163 - 166.
4. Лялякин В. П. Научно обоснованные технологии восстановления коленчатых валов автотракторных двигателей // Сварочное производство. - 1993. - № 2. - С. 4 - 7.

## Аннотация

### Экономическая эффективность восстановления деталей плазменно - порошковым методом

*В работе рассмотрены причины выхода из строя двигателей семейства СМД. Предложена технология восстановления коленчатых валов плазменно - порошковым методом. Дано экономическое обоснование внедрения предложенных разработок.*

#### Abstract

#### Economical efficiency of plasma – powder parts restoration

*In this article the reasons of SMD engines breakdowns are considered. The technology of crankshaft restoration by plasma – powder method is proposed. Economical effect is shown.*

УДК 691.723.32

### ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КПП ТРАКТОРА Т-150 НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА

Скобло, Т.С., д.т.н., проф., Топчиева Ю.А., аспирант, Сайчук А.В., инженер.  
(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенка)

*Технологические возможности лазерного термоупрочнения позволяют использовать этот процесс в качестве заключительной операции без последующей механической обработки и иметь большую экономическую эффективность.*

В отличие от традиционных способов восстановления деталей, нагрев при лазерной термообработке не является объемным процессом. Нагрев осуществляется на поверхности и позволяет не только обеспечивать закалку, но и химико-термическую обработку локальных участков. Тепловое воздействие при такой обработке деталей регулируется в широких пределах за счет изменения параметров лазерного излучения и режимов обработки. Регулирование скоростей нагрева и охлаждения металла, времени пребывания зоны при высоких температурах позволяет получать требуемую структуру поверхностного участка и соответствующие свойства.

Технологические возможности лазерного термоупрочнения позволяют использовать этот процесс в качестве заключительной операции без последующей механической обработки и иметь большую экономическую эффективность.