

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.Я.Анилович, А.С.Гринченко, В.Б.Савченко, А.П.Лупандина. Безотказность и надежность технологических комплексов// Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: сб.н.тр. ХГТУСХ, Харьков, 1996., 105с.

2. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники. -Л.: Лениздат, 1985.-204 с.

УДК 621.43.001.24

Власовец В.М., магистр,  
Новиков А.В., аспирант,  
Харьяков А.В., инженер

### ОЦЕНКА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ

Коленчатый вал - одна из важных дорогостоящих деталей двигателя и в значительной степени определяет его ресурс. Особенно быстро выходят из строя коленчатые валы тракторных двигателей, работающих 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].

Деформирующие вал силы отличаются пульсирующим переменным характером, поэтому к его прочности и точности изготовления предъявляются повышенные требования. При восстановлении необходимо обеспечивать требуемые форму, взаимное расположение поверхностей, точность размеров, шероховатость и твердость рабочей поверхности вала с сохранением достаточного сопротивления усталости, что возможно только при использовании специального высокоточного оборудования и современных способов восстановления.

В настоящее время известны различные способы ремонта и восстановления коленчатых валов. Одним из наиболее доступных и распространенных является метод устранения овальности и конусности шеек, что обеспечивается шлифованием под ремонтный размер.

Коренные и шатунные шейки чаще всего восстанавливают следующими способами:

- гальваническим покрытием изношенных поверхностей;

- вибродуговой наплавкой,
- наплавкой в среде углекислого газа;
- наплавкой под флюсом.

В последние годы все чаще исследуются и разрабатываются методы с использованием высококонцентрированных источников энергии.

К их числу в первую очередь относится метод плазменной наплавки. Его преимущества:

- локальный нагрев;
- возможность регулирования толщины восстанавливаемого слоя с минимальным расходом порошков;
- минимальные напряжения при обработке;
- высокая прочность сцепления;
- высокий уровень твердости наплавленного слоя.

Долговечность коленчатых валов определяется сопротивлением усталости и износостойкостью. Получение износостойких покрытий не составляет особого труда. Вместе с тем нанесение покрытий на изношенные шейки валов не снижает сопротивления усталости. Главным критерием и требованием к качественному восстановлению изношенных шеек коленчатых валов является недопущение снижения сопротивления усталости. Поскольку при плазменной наплавке возникает зона термического влияния, зависящая от глубины проплавления и оказывающая серьезное влияние на снижение сопротивления усталости, то возникает острая необходимость в определении зависимости между ее величиной и коэффициентом запаса прочности коленчатого вала.

В начальный период эксплуатации коленчатые валы имеют, в зависимости от конструктивных особенностей, следующие запасы прочности: наиболее напряженные коренные шейки  $2\div 4$ , щеки  $2,2\div 2,7$ , минимальные запасы прочности ( $1,5\div 2,0$ ) имеют шатунные шейки форсированных двигателей [2]. В процессе эксплуатации в связи с уменьшением эффективного сечения шеек, связанным с перешлифовкой коленчатых валов под ремонтный размер, а также накоплением усталостных повреждений запасы прочности значительно снижаются.

При восстановлении шеек плазменной наплавкой также наблюдается снижение усталостной прочности. Это происходит вследствие того, что эффективное сечение детали уменьшается по сравнению с сечением невозстанавливаемой детали на величину зоны термического влияния. Поэтому значения коэффициентов запаса прочности восстановленных шеек оказываются заниженными, что приводит к

ухудшению потребительских свойств восстановленных коленчатых валов.

Для определения влияния толщины зоны термического влияния и диаметра восстановленной шейки на величину запаса прочности был произведен расчет коленчатого вала для V-образного шестицилиндрового двигателя СМД-60, методика выполнения которого приведена в данном сборнике научных трудов кафедры "Ремонт машин". Вследствие того, что наибольшие удельные нагрузки приходятся на 3-е колено, то для него и был выполнен расчет, результаты которого сведены в табл. I.

Основной критерий, по которому осуществляли оценку целесообразности восстановления шеек плазменной наплавкой был выбран с учетом недопущения снижения запасов прочности ниже минимальных. Разрушение коленчатых валов начинается от зон наибольших концентраций напряжений, а именно в большинстве случаев для тракторных двигателей у галтелей щек и шеек.

На основании выполненных расчетов было установлено, что значение запаса прочности щек после ремонтного уменьшения диаметров шеек не изменяется (см. колонку 6 табл. I), а потому существенного влияния на снижение прочности сопряжения щека - шейка не оказывает. Коренные шейки, вследствие относительно больших диаметров, необходимых для увеличения жесткости и снижения давлений на подшипники, имеют значительные запасы прочности. Как видно из колонок 4, 5 и 12, 13 (в 5,9, 10, 13 прочность шеек рассчитана с учетом увеличения концентраций напряжений у краев масляных отверстий), хотя и происходит снижение запасов прочности, но тем не менее они остаются достаточно высокими. Поэтому в месте сопряжения щеки с коренной шейкой (колонка 7) даже после 4-го ремонтного размера запас прочности соответствует допустимой области. Шатунные области шейки нагружаются переменными крутящими и изгибающими моментами и работают в достаточно сложных условиях. Кроме того увеличение диаметра шеек ограничено из-за происходящих в этом случае увеличений размеров кривошипной головки шатуна и картера, а также нагрузок на подшипники коленчатого вала. Поэтому запасы прочности, как отмечалось выше, шатунных шеек невелики, и уменьшение эффективного сечения шейки после ремонта оказывает на них значительное влияние (см. колонки 8,9).

Следовательно, наибольшее влияние на уменьшение усталостной прочности сопряжения щека - шейка оказывает запас прочности шатунной шейки (колонка 11), минимальное значение которого равно 1,5 [2]. Как показал анализ поломок коленчатых валов, помимо разрушений, у галтелей щек и шеек наблюдаются также частые по-

ломки в зоне критического сечения. Изменение запаса прочности в этой зоне представлено в колонке 14.

При восстановлении шеек коленчатого вала плазменной наплавкой происходит снижение эффективного сечения детали на величину механической обработки (шлифование) 0,15мм, и зоны термического влияния.

На основании выполненных расчетов (см. табл. 1) было установлено, что при величине зоны термического влияния, равной 2мм, целесообразно восстанавливать коленчатые валы, категория размера которых не ниже 2-го ремонтного, так как здесь запас прочности шатунной шейки значительно выше минимального. Восстановление шеек после 3-го и 4-го ремонтных размеров из-за низкой величины усталостной прочности сильно снижает потребительские свойства детали. Изменяя параметры плазменной наплавки, можно добиться уменьшения зоны термического влияния до 1,5мм. В этом случае возможно восстановление шеек и после 3-го ремонтного размера, без снижения запасов прочности ниже минимальных.

Восстановление коленчатых валов, геометрические параметры которых выходят за пределы допустимых значений, указанных в требованиях на капитальный ремонт, оказалось неэффективным.

Снижение усталостной прочности при длительной эксплуатации, а также восстановление коленчатых валов методом плазменной наплавки требует учета величины зоны термического влияния, которая приводит к тому, что восстанавливать шейки целесообразно лишь после 2-го или 3-го ремонтных размеров (толщина снимаемого металла при механической обработке равна 0,3мм по диаметру).

Увеличение слоя предварительно снимаемого металла с одновременным уменьшением зоны термического влияния также не дает преимуществ по сравнению с вариантом, приведенным выше, т.к. и в этом случае восстанавливать шейки целесообразно на ниже 2-го ремонтного размера.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. - М.: Машиностроение, 1987.
2. Орлин А.С., Крутлова М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. - М.: Машиностроение, 1984.
3. Ховах М.С. и др. Автомобильные двигатели. - М.: Машиностроение, 1977.
4. Взоров Б.А., Адамович А.Г. и др. Тракторные дизели : Справочник. - М.: Машиностроение, 1981.

Таблица 1. ЗНАЧЕНИЯ ЗАПАСОВ ПРОЧНОСТИ 3-ГО КОЛЕНА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Категория раз- мера	Размеры Шатун- ных Шеек, м	Размеры коренных шеек, м	4-я корен- ная шейка	4-я корен- ная шейка с отв. п40	Щека	Щека 4-я корен- ная шейка п60	3-я па- тунная шейка пнп3	3-я па- тунная шейка с отв. 6 п6	3-я па- тунная шейка с отв. 5 п5	Щека 3-я па- тунная шейка пн60	3-я корен- ная шейка с отв. п30	3-я корен- ная шейка с отв. п3	Критиче- ское сече- ние
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1) шлифование под ремонтный размер													
1Н	85.25	92.25	4.45	4.15	2.23	3.74	1.85	1.83	1.79	1.78	4.51	4.20	1.61
2Н	85.00	92.00	4.42	4.11	2.23	3.72	1.83	1.81	1.77	1.77	4.47	4.17	1.60
Р1	84.50	91.50	4.37	4.07	2.23	3.71	1.80	1.79	1.75	1.74	4.43	4.13	1.58
Р2	84.00	91.00	4.30	4.01	2.23	3.68	1.76	1.76	1.72	1.71	4.36	4.07	1.55
Р3	83.50	90.50	4.23	3.94	2.23	3.63	1.73	1.73	1.69	1.68	4.29	3.99	1.53
Р4	83.00	90.00	4.13	3.85	2.23	3.54	1.71	1.69	1.65	1.65	4.19	3.90	1.50
2) Восстановление плазменной наплавкой													
2.1) шлифование 0,15 мм													
толщина зоны термического влияния 2 мм													
Р1	80.2	87.2	3.76	3.50	2.23	3.32	1.54	1.53	1.50	1.50	3.81	3.55	1.37
Р2	79.7	86.7	3.69	3.44	2.23	3.28	1.51	1.50	1.48	1.47	3.74	3.49	1.34
Р3	79.2	86.2	3.63	3.38	2.23	3.23	1.48	1.47	1.44	1.45	3.63	3.43	1.32
Р4	78.7	85.7	3.57	3.32	2.23	3.19	1.45	1.45	1.41	1.42	3.61	3.37	1.30
2.2) Шлифование 0,15 мм													
Толщина зоны термического влияния 1,5 мм													
Р1	81.2	88.2	3.89	3.62	2.23	3.41	1.59	1.59	1.55	1.55	3.94	3.67	1.42
Р2	80.7	87.7	3.82	3.56	2.23	3.37	1.56	1.55	1.52	1.53	3.87	3.61	1.39
Р3	80.2	87.2	3.76	3.50	2.23	3.30	1.53	1.52	1.49	1.50	3.81	3.55	1.36
Р4	79.7	86.7	3.69	3.44	2.23	3.25	1.51	1.49	1.46	1.47	3.74	3.49	1.34

\*При наплавке значения размеров шеек снижены на величины глубины шлифования и зоны термического влияния