

## **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОДБОРУ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ**

*В.В. Елистратов<sup>1</sup>, А.В. Агошков<sup>2</sup>, Е.В. Евдокимов<sup>2</sup>, В.В. Макаренко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище "РВДКУ", г. Рязань, Россия*

*<sup>2</sup>Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище "ДВОКУ", г. Благовещенск, Россия*

**Аннотация.** В данной статье описываются недостатки существующих способов восстановления шеек коленчатых валов и их вероятные причины. Коленчатые валы двигателей восстанавливают до номинального размера, обрабатывают на шлифовальных станках и устанавливают вновь после капитального ремонта. Основной проблемой этого процесса является низкий послеремонтный ресурс двигателей. В данной статье обосновывается необходимость разработки рекомендаций по подбору режимов шлифования именно восстановленных поверхностей шеек коленчатых валов двигателя, так как на сегодняшний день процесс обработки восстановленных коленчатых валов не имеет отличий от процесса обработки нового изделия.

**Ключевые слова:** шлифование, поверхность, восстановление, шероховатость, коленчатый вал.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На предприятиях капитального ремонта промышленного комплекса страны при утилизации двигателей производится дефектация коленчатых валов, в результате которой принимается решение об окончательном списании или их восстановлении.

Среди разнообразия технологических процессов восстановления изношенных поверхностей коленчатых валов примерно 85% объема восстановленных шеек валов выполняют путем применения сварочно-наплавочных процессов. Общим недостатком применяемых способов наплавки является значительное температурное воздействие дуги на деталь, сопровождаемое ее частичным расплавлением, возникновением остаточных напряжений, деформаций, трещин и, как следствие, снижением сопротивления усталости, а также износостойкости. Для наплавленного металла характерен значительный разброс показателей качества поверхности. Указанные недостатки стимулировали применение газотермических способов напыления при восстановлении коленчатых валов. Такие способы восстановления в наше время приобрели популярность благодаря тому, что в результате их применения на восстанавливаемой детали образуется пористый слой.

Идея создания пористых структур в деталях узлов трения впервые запатентована во

Франции в 1870 г., однако, развитие получила лишь с появлением и разработкой способов формирования пористой структуры. Наличие пор в покрытии, как доказано, не только повышает износостойкость, но и увеличивает промежуток времени до "схватывания" металлов шеек коленчатого вала и вкладышей после прекращения подачи масла. Пористое покрытие на шейке коленчатого вала должно выдерживать повышенные нагрузки при условии сохранения его структуры и эксплуатационных характеристик.

В связи со сложностью теоретического изучения влияние комплекса факторов режима обработки на показатели качества поверхности, основное внимание уделяется экспериментальным исследованиям. В частности, установлено, что при эксплуатации коленчатых валов неизбежным дефектом является износ коренных и шатунных шеек. Одним из часто встречающихся дефектов являются задиры на коренных и шатунных шейках.

По этим причинам, в большинстве случаев, послеремонтный ресурс деталей снижается до показателей порядка 50-55%. По мнению ряда исследователей в данной области, проблеме наиболее полного использования ресурса машин (в том числе и послеремонтного) необходимо решать путем разработки и внедрения эффективных методов и средств ремонта, восстановления деталей двигателя, что безусловно повысит его надежность.

## ОБРАБОТКА ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Анализ зарубежной практики показывает, что там уделяют большое внимание обеспечению поддержания надежности машин. Это, в первую очередь, высокий уровень обслуживания машин в гарантийный период, оперативный и качественный ремонт в течение всего срока службы. То есть предпочтение отдается концепции недопущения серьезных поломок. Немалую роль играет полное удовлетворение запасными частями не более, чем за 1-2 суток, что, в конечном счете, приводит к повышению эффективности использования техники. Надежность техники зависит не только от усилий машиностроителей на этапе изготовления или капитального ремонта, но и от условий, в которых она эксплуатируется. Причем, воздействие последних настолько значительно, что все усилия машиностроителей могут быть сведены на нет.

Одним из агрегатов техники, который во многом определяет работоспособное ее состояние и наиболее чувствителен к условиям эксплуатации, является двигатель. По своей конструкции он наиболее сложен по сравнению с другими агрегатами и на него воздействует большее количество факторов. Активность негативного воздействия одних и тех же факторов на двигатель и другие агрегаты образца техники, также неодинакова. Так, например, пусковой износ деталей двигателя в среднем поясе России составляет около 10% в общем эксплуатационном износе, а на Крайнем Севере - около 20%, причем износ деталей цилиндропоршневой группы за один пуск и прогрев остывшего двигателя в 2 раза больше, чем теплового. Очевидно, что столь существенного эффекта этот температурный фактор не может оказывать на агрегаты трансмиссии.

До настоящего времени не разработаны достаточно эффективные методы повышения надежности двигателя после капитального ремонта. В своем большинстве, применяемые методы не позволяют обеспечить необходимое качество поверхности деталей двигателя (а именно коленчатых валов) после капитального ремонта, что, в свою очередь, не дает возможности для полного использования ресурса, планирования ремонтов и повышает эксплуатационные затраты. Эти проблемы заставляют искать в ряде случаев более трудоемкие и менее перспективные пути решения различных вопросов повышения надежности машин.

На этапе капитального ремонта двигателя при шлифовании коленчатого вала, вследствие высокой температуры в зоне резания происходит повышение химической активности обрабатываемого материала к кислороду, азоту и водороду, и возможно возникновение прижогов и микротрещин на поверхности заготовки, что снижает эксплуатационные характеристики деталей: усталостную прочность, износостойчивость. Также при шлифовании в зоне контакта круга с деталью возникают высокие температуры, которые иногда превышают критические точки плавления шлифуемых металлов. Такая температура сохраняется доли секунды, так как подавляющая часть возникающей теплоты сразу отводится нижележащими слоями холодного металла. Однако, несмотря на кратковременность нагрева, появляются структурные изменения, внешне характеризующиеся прижогами. Кроме них на поверхности деталей после шлифования часто наблюдаются трещины в результате действия суммарных остаточных внутренних напряжений, возникающих вследствие неоднородной пластической деформации в разных зонах поверхностного слоя.

В отечественной и зарубежной литературе вопросы исследования режима механической обработки деталей, восстановленных плазменным напылением, освещены достаточно неполно. Причина этого - в недостаточно обоснованном выборе технологических факторов механической обработки (шлифования) и их рациональных значений, влияющих на физико-механические и геометрические параметры качества обработанной поверхности.

Восстановленные поверхности рекомендуют шлифовать на тех же режимах, что и монолитные детали [1]. Для обработки гладких и ступенчатых валов, осей, шеек коленчатых валов и распределительных валов двигателей внутреннего сгорания применяют круглое наружное шлифование. Обработка на круглошлифовальных станках ведется методом многопроходного шлифования [2]. Порошковые покрытия обрабатывают методом продольного шлифования, так как обеспечиваются наименьшие параметры шероховатости и минимальное тепловыделение [3]. При шлифовании порошковых покрытий скорость резания выбирают экспериментально, и она составляет 15100 м/мин при подаче 0,05 - 0,15 мм/об. Однако процесс шлифования, вследствие физико-механических особенностей данного материала, сопровождается явлениями микрорезания и хрупкого разрушения, которые

практически независимы и сопутствуют друг другу [4].

При обработке порошковых покрытий стойкость инструмента намного меньше, чем при обработке монолитных материалов с такими же механическими свойствами и химическим составом. Это связано со спецификой формирования покрытия, особенностями его структуры и свойств (структурная неоднородность материала, шлаки и твердые включения, значительный окисный слой на поверхности и внутри материала, поры, трещины). Вследствие этого при абразивной обработке напыленных покрытий наблюдаются значительные колебания сил резания, повышение контактных нагрузок на инструмент, ускоренный его износ [5]. В этих условиях требуются более точные и экономичные методы выбора абразивного материала, назначения режимов резания. Обычно выбирают круги со сравнительно грубой структурой и непрочной связкой. Скорость шлифования круга выбирают в пределах 1540 м/с при глубине 0,015 - 0,030 мм [6].

Хрупкое разрушение, в конечном счете, оказывает отрицательное влияние на качество обработанной поверхности и, как следствие, на ее триботехнические свойства. Поэтому при обработке восстановленных покрытий целесообразно уменьшить напряженное состояние обработанной поверхности в результате резания расширением технологических возможностей процесса шлифования. Для этого необходимо формировать рабочий цикл назначением рационального режима шлифования покрытий не только путем распределения припуска продольной и поперечных подач, но также и варьированием частоты вращения шлифовального круга и обрабатываемой детали, применением смазочно-охлаждающей среды [7], то есть технологическими факторами режима шлифования.

Безусловно, изменение любого показателя качества поверхности повлечет за собой изменение эксплуатационных характеристик поверхности в целом. Однако, по мнению

большинства ученых, шероховатость считается основным параметром качества, непосредственно оказывающим влияние на характеристики поверхности.

Учитывая вышеизложенное, мы в полной мере можем рассматривать шероховатость поверхности детали, как один из важнейших параметров качества поверхности.

Отдельными авторами изучался процесс восстановления коленчатых валов, а именно – шлифования восстановленных поверхностей коренных и шатунных шеек. И существуют рекомендации по подбору режимов обработки с целью повышения износостойкости покрытия. Однако, что касается обеспечения совокупности показателей качества поверхности, тот такие рекомендации отсутствуют. В результате этого, на предприятиях капитального ремонта восстановленные поверхности коленчатых валов шлифуют на режимах, установленных технологиями для перешлифовки монолитных валов. Анализируя сведения, указанные в таблице 1 можно сделать вывод, что вышеуказанные режимы не в полной мере подходят для обработки восстановленных поверхностей.

На основании результатов, полученных при исследовании износостойкости напыленного слоя, нами предлагается изучить процесс формирования шероховатости и отдельных элементов структуры поверхности детали, восстановленной плазменным напылением при шлифовании. Значения факторов существующих технологических режимов [8], разработанных для шлифования восстановленных поверхностей с целью обеспечения износостойкости и для обеспечения показателей шероховатости, не могут быть нами опровергнуты. Шероховатость напрямую связана с износостойкостью, а именно оказывает на нее большое влияние, особенно в период приработки. Но для более полного описания влияния процесса шлифования на шероховатость восстановленной поверхности, необходимо рассматривать такой фактор, как зернистость круга.

Таблица 1  
ПОКАЗАТЕЛИ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ ШЛИФОВАНИЯ

Партия образцов	Материал покрытия	Шероховатость поверхности $R_a$ , мкм
Стандартная поверхность	42ХМФА-Ш	0,32
Восстановленная поверхность	ПН85Ю15	0,34

Зернистость абразивного инструмента оказывает непосредственное влияние практически на все параметры качества поверхности, и шероховатость не является исключением. В справочной литературе существует масса рекомендаций по подбору значений зернистости кругов в зависимости от назначений операций шлифования. Однако, на фоне изобилия рекомендаций по подбору зернистости кругов для шлифования основных поверхностей, отсутствуют аналогичные данные для восстановленных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая развитие способов восстановления изношенных поверхностей коленчатых валов, возникает необходимость разработки научно – обоснованных методических рекомендаций для правильной их финишной обработки. Опираясь на материал, изложенный в настоящей статье, можно сделать вывод о том, что для шлифования восстановленных поверхностей существующие рекомендации по подбору режимов шлифования подходят не в полной мере. И что для получения оптимальных показателей качества при обработке восстановленных поверхностей необходимо разработать комплекс таких рекомендаций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горленко О.А., Винарев В.В. Способ технологического обеспечения параметров шероховатости при шлифовании // Проблемы повы-

шения качества, надежности и долговечности деталей машин и инструментов: Сб. науч. тр. – Брянск, 1992. – с. 20-25. 136 с.

2. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979. – 232с.

3. Крагельский И.В., Добычин Н.М., Комбатов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. – 526с.

4. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием: Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2003. – 272с.

5. Исследование надежности отремонтированных двигателей КамАЗ – 740 и разработка технологических мероприятий по повышению ресурса. Отчет о НИР (заключит.) / КАЗНИПИИТ. ГР 01850039931. – Алма-Ата. 1985. 79с.

6. Ефремов В.В. Метод обеспечения износостойкости трибосопряжения «плазменное покрытие коленчатого вала - вкладыш» на этапе шлифования при восстановлении двигателей ВАТ: Дис. ... канд. техн. наук. – Рязань, 2007. – 236с.

7. Бабичев А.П. Справочник инженера-технолога в машиностроении / А.П. Бабичев, И.М. Чукарина, Т.Н. Рысева, П.Д. Мотренко. – Ростов н/Д: Феникс 2005. – 541, [1] с.: ил. – (Справочник).

8. Коршунов Б.С. Алмазное шлифование / Под ред. Г.Ф. Кудасова. – Л.: Машиностроение, 1967. – 108с.

## THE RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON THE SELECTION OF MODES OF GRINDING OF THE RESTORED CRANKSHAFTS

V.V. Elistratov, A.V. Agoshkov, E.V. Evdokymov, V.V. Makarenko

**Abstract.** In this article is described the shortcomings of existing methods of recovery of necks of the crankshafts. Crankshafts restore to the nominal size, grind on grinding machine, and install on engine after overhauling. The main problem of this process is low resource of crankshafts after repair. This article proves the necessity of developing of recommendations on the selection of modes of grinding of the restored crankshafts. When today, the processing of the restored crankshafts no difference from processing of a new product.

**Keywords:** grinding, surface, restoration, roughness, crankshaft.

## REFERENCES

1. Gorlenko O.A., Vinarev V.V. Sposob tehnologicheskogo obespechenija parametrov sher-

ohovatosti pri shlifovanii. Problemu povusheniya kachestva, nadezhnosti i dolgovechnosti detalei mashin i instrumentov [Method technological support of roughness parameters when grinding.



