

## ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

А.А. Зуев, д.т.н., проф., А.В. Арсентьев инж., А.А. Федорищев, инж.  
ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

С учетом высокой стоимости современных коленчатых валов возникает необходимость их восстановления в номинальный или ремонтные размеры при ремонте двигателей. Предлагаемые ремонтному производству технологии нанесения металлопокрытия на изношенные шейки имеют ряд существенных недостатков, следствием которых является снижение усталостной прочности восстановленных валов. В связи с этим предложен и разработан способ восстановления шеек коленчатых валов, который позволяет значительно снизить недостатки известных способов. Принципиальное отличие этого способа в том, что на предварительно обработанную восстанавливаемую шейку в расчетный размер устанавливают тонкостенную стальную закаленную разрезную ремонтную втулку, а затем приваривают ее к шейке с применением щадящих сварочных режимов.

В процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания коленчатые валы изнашиваются. И после установленного количества перешлифовок в ремонтные размеры они выбраковываются. В ряде случаев наблюдается аварийный износ отдельных шеек, шлифование которых в заниженные ремонтные размеры нецелесообразно по причине нарушения взаимозаменяемости вкладышей. С учетом высокой стоимости современных коленчатых валов возникает необходимость их восстановления в номинальный или ремонтные размеры.

Предлагаемые ремонтному производству технологии наращивания металлопокрытия на изношенные шейки, такие как наплавка проволоки в среде защитных газов, напыление, электроконтактная приварка стальной ленты и другие, вносят в восстанавливаемую деталь высокие технологические напряжения, которые заметно снижают усталостную прочность детали. Кроме того, наносимые металлопокрытия имеют неравномерную твердость, высокие растягивающие напряжения и, как следствие, низкую износостойкость. Введение термической обработки для снятия напряжений восстанавливаемого вала в условиях мелкосерийного производства резко повышает стоимость восстановления и в большинстве случаев оказывается нецелесообразным.

Специалистами аграрного университета разработан и предложен способ восстановления шеек коленчатых валов, который значительно снижает недостатки известных способов.

Принципиальное отличие этого способа состоит в том, что на предварительно обработан-

ную восстанавливаемую шейку в расчетный размер устанавливают тонкостенную стальную разрезную закаленную ремонтную втулку, а затем ее приваривают к шейке с применением щадящих сварочных режимов [1]. На рис. 1 даны две принципиальные схемы предлагаемой фиксации ремонтной втулки.

Края разрезной ремонтной втулки на 1–2 мм не доходят до галтелей. Стыковой шов и электрозаклепки формируются плазменной сваркой в среде аргона, а кольцевые швы — полуавтоматической дуговой сваркой в среде  $\text{CO}_2$ .

В процессе разработки технологического процесса восстановления шеек коленчатых валов были определены геометрические параметры разрезной ремонтной втулки и исследованы характеристики сварных швов при использовании различных материалов и методов приварки разрезной ремонтной втулки к телу восстанавливаемой шейки коленчатого вала.

Для определения минимально необходимой толщины стенок разрезной ремонтной втулки была построена схема полей припусков и допусков на обработку резанием восстанавливаемой шейки коленчатого вала (рис. 2).

Системой отсчета был принят номинальный диаметр шейки  $d_n$ , соответствующий линии 0–0. Расчетный диаметр  $d_2$  является максимально необходимым размером шейки, на который устанавливается, а затем приваривается разрезная ремонтная втулка. Для обеспечения работоспособности приваренной ремонтной втулки после эксплуатации вала за период всех ремонтных размеров ремонтная втулка должна иметь толщину стенки  $\delta_{\text{вт.ост}}$ , равную  $0,5 Z_{\text{ост}}$ .

Остаточную величину стенок ремонтной втулки следует определить по формуле:

$$\delta_{\text{л.ост}} = \frac{P_{\text{вт}} \cdot R \cdot k}{[\sigma]_p}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{вт}}$  — давление шейки вала на внутреннюю поверхность ремонтной втулки в результате натяга в сопряжении втулка–шейка, МПа;  $R$  — радиус ремонтной втулки, мм;  $k$  — коэффициент запаса прочности материала втулки;  $[\sigma]_p$  — предел прочности материала втулки на растяжение, МПа.

Из схемы полей припусков и допусков (рис. 2) определяется минимально необходимая толщина стенок ремонтной втулки. Для шлифования шейки в расчетный размер  $d_2$  необходимо снять ремонтный припуск  $Z_p$ , который равен:

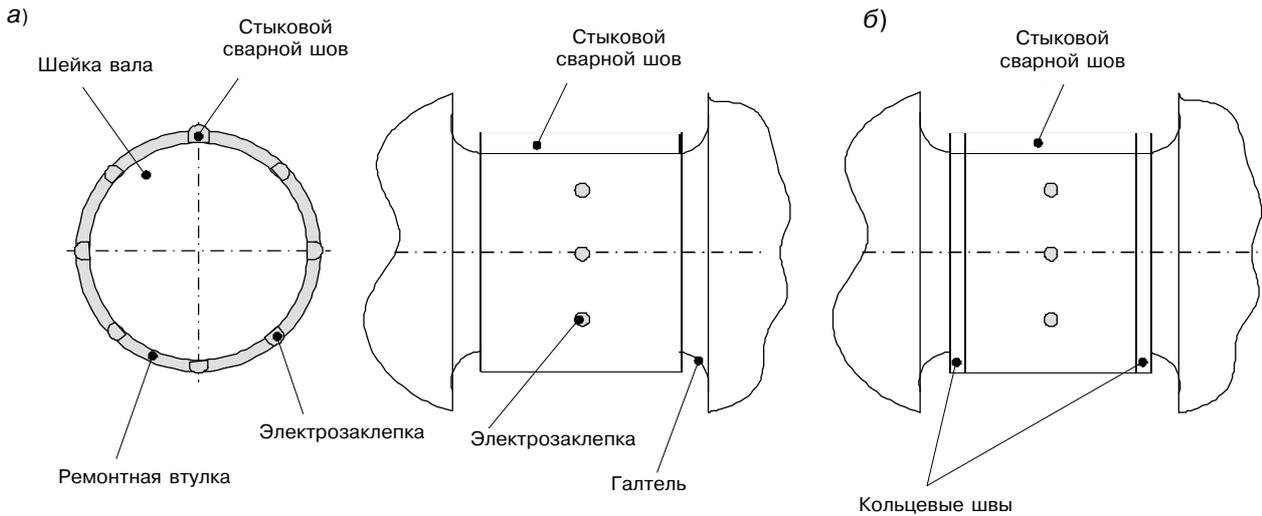


Рис. 1. Схема фиксации закаленной разрезной ремонтной втулки на восстанавливаемой шейке вала:

- а) стыковым сварным швом и электрозаклепками;
- б) стыковым сварным швом, электрозаклепками и двумя кольцевыми сварными швами

$$Z_p = Z_{\Sigma p,p} + \Delta_{изн} + Z_{1min} + Z_{ост} + T_{d1}. \quad (2)$$

После сварочной операции, в результате которой ремонтная втулка была приварена к шейке вала, выполняется шлифовальная и полировальная операции, обеспечивая номинальный размер  $d_1=d_5$  восстановленной шейки.

В этом случае технологический припуск  $Z_T$  равен:

$$Z_T = T_{d1} + Z_{2min} + T_{d4} + Z_{3min} + T_{d5}. \quad (3)$$

Тогда ремонтно-технологический припуск  $Z_{p,t}$  равен:

$$Z_{p,t} = Z_T + Z_T - T_{d1}. \quad (4)$$

Отсюда можно определить  $\delta_{л.min}$

$$\delta_{л.min} = 0,5(Z_p + Z_T - T_{d1}) = 0,5Z_{p,t}. \quad (5)$$

Расчеты для коленчатых валов автотракторных двигателей с диаметрами шеек в пределах 50–80 мм показали, что необходимо и достаточно изготавливать разрезную ремонтную втулку с толщиной стенок 1,5–1,8 мм.

Качество восстановленной поверхности шейки вала в значительной степени можно оценить по твердости приваренной ремонтной втулки в опасных участках по сварному шву и в зоне термического влияния.

Стыковой шов выполняется плазменной сваркой на установке УПС-301 в среде аргона. В качестве присадочного материала применяется низкоуглеродистая проволока из нержавеющей стали. При сварке кольцевого шва использовалась полуавтоматическая дуговая сварка в среде  $CO_2$ , а в качестве присадочного материала — проволока  $C_b-08Г2С$ .

На рис. 3 представлена эпюра распределения твердости в зоне стыкового шва (ширина шва 3–4 мм) при установке ремонтной втулки из стали 65Г. Стенки втулки имели твердость HRC 55–57, в зоне термического влияния после отпуска при температуре 250 °С твердость снизилась с HRC 60–62 до HRC 40–45. Присадочный материал при плазменной сварке стыкового шва показал твер-

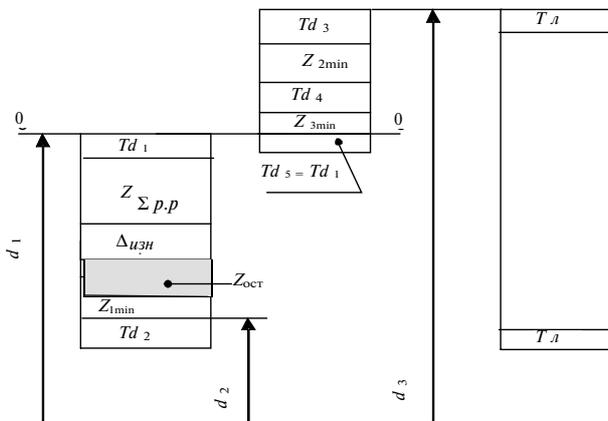
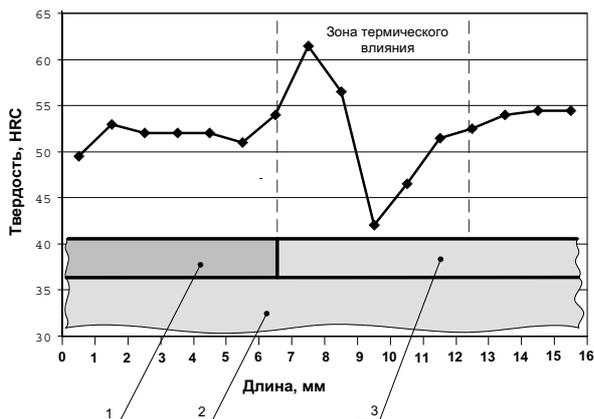


Рис. 2. Схема полей припусков и допусков на обработку резанием восстанавливаемых шеек коленчатых валов:

$d_1, d_2, d_3$  — соответственно номинальный, расчетный и наросенный диаметры шейки;  $T_{d1}, T_{d2}, T_{d3}$  — соответственно допуски на номинальный, расчетный и наросенный диаметры шейки;  $T_{d4}$  — допуск на окончательное шлифование восстанавливаемых шеек с приваренной ремонтной втулкой;  $T_{d5}$  — допуск восстановленной шейки;  $Z_{1min}, Z_{2min}, Z_{3min}$  — соответственно минимальные припуски на предварительное в расчетный размер и окончательное шлифование и на полирование;  $\Delta_{изн}$  — износ шейки при последней эксплуатации;  $Z_{\Sigma p,p}$  — суммарный припуск на ремонтные размеры;  $Z_{ост}$  — припуск на остаточную толщину стенок ремонтной втулки;  $T_l$  — допуск на толщину стенок ремонтной втулки



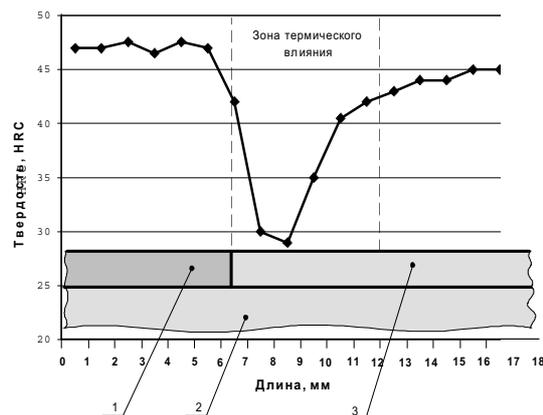
**Рис. 3. Эпюра распределения твердости в зоне кольцевого шва ремонтной втулки из стали 65Г:**  
1 — сварной шов; 2 — шейка вала; 3 — ремонтная

дость HRC 10–15 в зоне, ширина которой не превышала 2 мм.

Применение присадочной проволоки с низким содержанием углерода обеспечивает значительное снижение опасных растягивающих напряжений в зоне термического влияния.

Применение ремонтной втулки из стали 30ХГСА улучшило процесс выполнения сварочных операций и качество сварных швов при некотором снижении твердости. При этом не требовалась операция по отпуску приваренной ремонтной втулки.

На рис. 4 приведена эпюра распределения твердости в зоне кольцевого шва ремонтной втулки из стали 30ХГСА. Кольцевой шов наносился полуавтоматической дуговой сваркой в среде



**Рис. 4. Эпюра распределения твердости в зоне кольцевого шва ремонтной втулки из стали 30ХГСА:**  
1 — сварной шов; 2 — шейка вала; 3 — ремонтная втулка

СО<sub>2</sub> с использованием проволоки Св–08Г2С. В этом случае твердость ремонтной втулки составила HRC 43–45, в зоне термического влияния она снизилась до HRC 30, в то время как сварной шов имел твердость HRC 46–48.

Опыт эксплуатации восстановленных коленчатых валов в последние пять лет показал их высокую надежность и ресурс, не уступающий новым коленчатым валам.

#### Литература

1. Патент РФ № 2235009 В23Р 6/00; F16С3/06 Способ восстановления коленчатого вала и коленчатый вал / Зуев А.А., Циплаков В.Г., Федорищев А.А. Заявлено 04.10.2001, Опубликовано 27.08.2004 — Бюл. № 24.

**12 августа 2006 г. на 79 году жизни скончался**  
**Заслуженный деятель науки и техники России, Действительный член**  
**Международной академии аграрного образования,**  
**академик Академии транспорта, доктор технических наук, профессор**  
**Санкт-Петербургского Государственного аграрного университета**

### **Анатолий Владимирович Николаенко**

Научная деятельность Николаенко Анатолия Владимировича была направлена на решение проблем улучшения топливно-энергетических и ресурсных показателей автотракторных двигателей, повышению их эксплуатационной надежности. Эта деятельность была неразрывно связана с подготовкой квалифицированных кадров для промышленности и учебных заведений нашей страны.

Разработки возглавляемой им научной школы, защищены 65-ю авторскими свидетельствами и патентами. Многолетняя активная и плодотворная научно-педагогическая деятельность Анатолия Владимировича отмечена орденами, медалями СССР и Российской Федерации. В 2002 г. Анатолию Владимировичу присуждена номинация «Человек года».

*Светлый образ Анатолия Владимировича Николаенко — человека доброго и справедливого, мудрого и стойкого, верного делу и дружбе хранят в своей памяти все, кому довелось с ним работать.*

