

УДК 812.35.27.23

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЕЕК  
КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ КАМАЗ 740 ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ  
НАПЛАВКОЙ**

Никита Антонович Драгунов

*Магистр 2 года**кафедра «Технологии обработки материалов»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Д.Б. Слинко,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки материалов»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

Известно, что в двигателях внутреннего сгорания в процессе эксплуатации возникают дефекты, приводящие к дальнейшим отказам. Основным фактором появления дефектов в двигателях внутреннего сгорания является износ деталей, сопровождающийся изменением размеров, формы и взаимного расположения деталей в сопряжениях. Уменьшение износа деталей машин и повышение их эксплуатационных свойств является актуальной проблемой.

Коленчатый вал является одной из основных дорогостоящих деталей двигателя КамАЗ 740, определяющих ресурс работы кривошипно-шатунного механизма. Внешний вид коленчатого вала представлен на рис. 1.

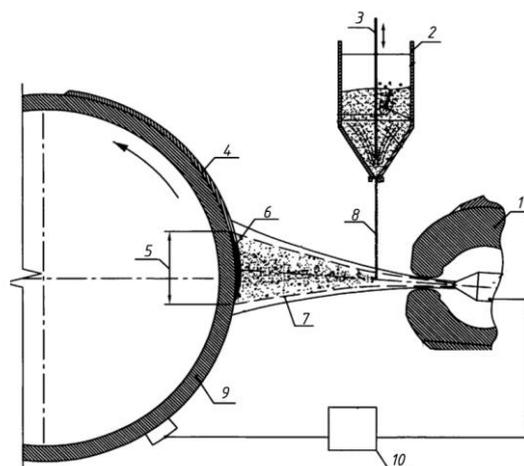


Рис. 1. Коленчатый вал двигателя КамАЗ 740

По результатам ранее проведенных исследований, наиболее часто изнашиваемыми элементами коленчатого вала являются его шатунные и коренные шейки [1].

В настоящее время для восстановления изношенных деталей широко используется метод плазменной наплавки, обеспечивающий минимальные тепловложения и толщину наплавленного слоя не менее 0,4 мм, а также получение качественного наплавленного покрытия без пор и трещин [2,3].

В данной работе для восстановления шеек коленчатых валов был использован метод плазменной наплавки с подачей порошка снаружи плазматрона (рис. 3), позволяющий минимизировать потери порошкового материала, обеспечить высокую однородность нагрева его частиц, а также увеличить производительность наплавки по сравнению с другими методами плазменной наплавки за счет прохождения порошка через наиболее высокотемпературную зону плазменной дуги. Кроме того, при данной схеме наплавки порошок подается в столб плазменной дуги под действием сил гравитации, что исключает необходимость использования транспортирующего газа [4,5,6].



1-плазмотрон; 2-бункер с порошком; 3-запорное устройство;  
4-наплавленный слой порошка; 5-пятно нагрева; 6-сварочная ванна;  
7-сжатая дуга; 8-струя наплавляемого порошка; 9-наплавляемая деталь;  
10 – источник питания плазменной дуги

Рис. 3. Схема плазменной наплавки с подачей порошка  
снаружи плазмотрона

Выбор оптимальной порошковой композиции проводился среди порошков отечественного и зарубежного производства. Основными критериями для выбора порошков для наплавки являлись стоимость порошковой композиции (руб/кг) и их твердость по заявлению производителя (ед. HRC). Рассматриваемые порошковые композиции представлены в табл. 1.

Таблица 1. Порошковые композиции для наплавки

Порошковые композиции					
Отечественные	Твердость по заявлению производителя, ед. HRC	Стоимость, руб/кг	Зарубежные	Твердость по заявлению производителя, ед. HRC	Стоимость, руб/кг
ПР-НХ17СР4-У (никелевая основа)	56...60	3500	Castolin EuTroLoy 160496.04	~58	<b>4200</b>
ПР-Х17СР4 (никелевая основа)	55...60	3350	Castolin EuTroLoy 16606А.04	~58	<b>4000</b>
<b>ПР-НХ16СР4МДЗ</b> (никелевая основа)	52...58	3000	Castolin EuTroLoy 16454.04	~53	<b>5300</b>
ПР-НХ17СР4-Р (никелевая основа)	55...62	3700	Deloro 60	57...62	<b>8400</b>
<b>ПГСР 4</b> (железная основа)	52...58	3000	Deloro 56	54...58	<b>8600</b>

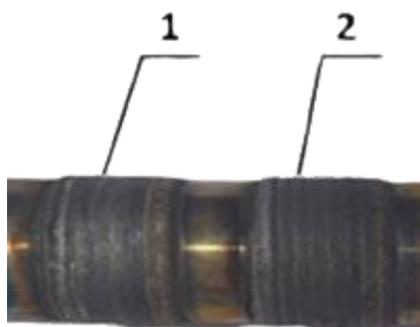
Отечественные порошковые композиции в сравнении с зарубежными аналогами обладают значительно меньшей ценой при аналогичных свойствах и химическом составе [7], в связи с чем в качестве основных порошковых композиций были выбраны порошковые композиции ПР-НХ16СР4МДЗ и ПГСР 4 отечественного производства.

Для выбора порошковых материалов были использованы образцы из стали 45 диаметром 80 мм. Перечень порошкообразных наплавочных материалов, используемых в экспериментах, а также их химический состав представлен в табл. 2.

Наплавленные валики с использованием различных порошкообразных композиций (табл. 2) показаны на рисунке 4.

Таблица 2. Порошковые наплавочные материалы и их химический состав

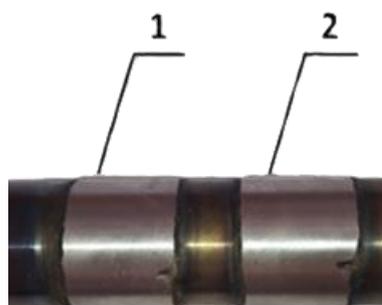
№	Порошковая композиция	Номинальный химический состав, %							
		Основные компоненты							
		Ni	Cu	C	Cr	Si	B	Fe	Другие
1	ПР-НХ16СР4МДЗ	основа	2,7	0,5	16,0	4,0	3,8	3,5	Мо 2,7
2	ПГСР 4	основа	-	<0,2	14,5	3,5	2,6	<5,0	



1- ПР-НХ16СР4МДЗ; 2 - ПГСР 4

Рис. 4. Наплавленные валики различными порошковыми композициями

После наплавки валы подвергались механической обработке шлифованием на круглошлифовальном станке марки ЗД4230 с целью определения качества наплавленного слоя и проведения последующих металлографических исследований (рис. 5).



1- ПР-НХ16СР4МДЗ; 2 - ПГСР 4

Рис. 5. Наплавленные валы различными порошковыми композициями после механической обработки

Как следует из визуального анализа покрытий, наплавленных по отработанным режимам, поверхностных дефектов в виде пор и трещин в наплавленном слое и зоне термического влияния обнаружено не было.

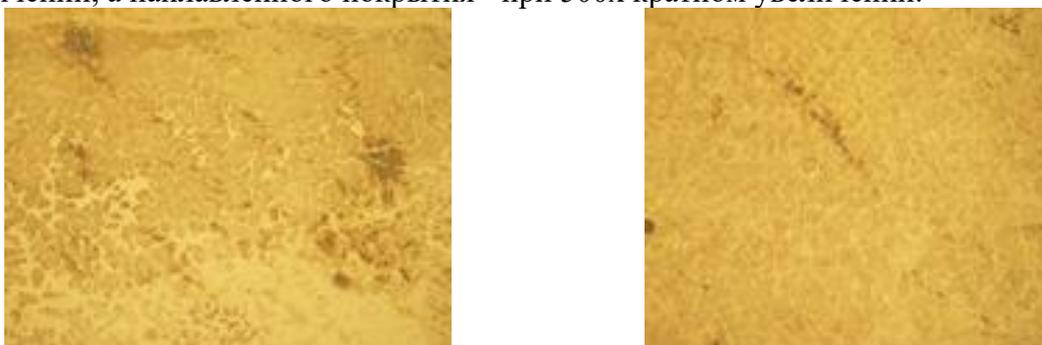
С целью выявления внутренних дефектов в наплавленном слое в виде пор и трещин, а также в зоне термического влияния были проведены металлографические исследования их микроструктур.

Определение и фотографирование микроструктуры выполнялось с помощью инвертированного металлографического микроскопа Olympus GX51 с увеличением от 50x до 1000x (рис. 6).

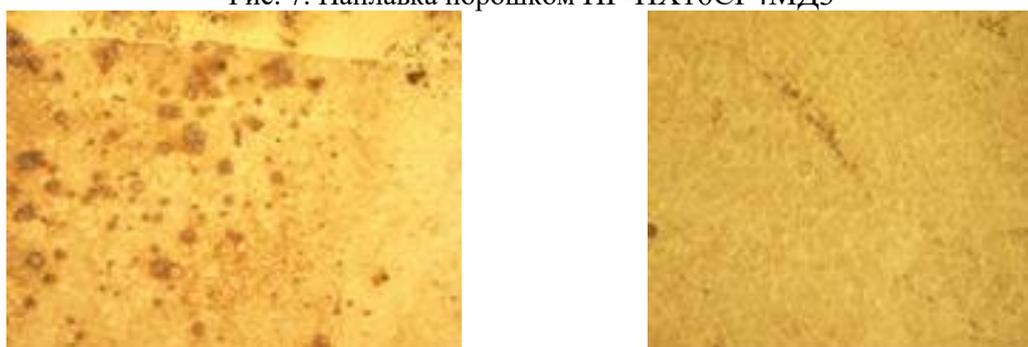


Рис. 6. Инвертированный металлографический микроскоп Olympus GX51

Микроструктуры наплавленных слоев и ЗТВ представлены на рис. 7-9. Съемка микроструктуры зоны термического влияния проводилась при 200x кратном увеличении, а наплавленного покрытия - при 500x кратном увеличении.



а) зона термического влияния; б) наплавленный слой  
Рис. 7. Наплавка порошком ПР-НХ16СР4МДЗ



а) зона термического влияния; б) наплавленный слой  
Рис. 8. Наплавка порошком ПГСР 4



Рис. 9 - Образец 0 основной металл (x500)

Анализ полученных микроструктур позволил установить отсутствие внутренних дефектов в наплавленных слоях и зоне термического влияния.

Для оценки твердости наплавленных валиков было проведено измерение твердости на стационарном твердомере Роквелла ТК-2М (рис. 10).



Рис. 10. Стационарный твердомер Роквелла ТК-2М

Результаты измерения твердости занесены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты измерения макротвердости наплавленных слоев

Порошковая композиция	Твердость поверхности, HRC					
	Номер измерения					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
<b>ПР-НХ16СР4МДЗ</b>	56	59	58	55	58	57
ПГСР4	53	52	55	57	54	54

Исследование макротвердости наплавленного слоя позволило установить, что порошковая композиция ПР-НХ16СР4МДЗ обеспечивает большую величину твердости в сравнении с порошковой композицией ПГСР 4.

Таким образом, в качестве порошковой композиции для восстановления изношенных шеек коленчатого вала КамАЗ-740 методом плазменно-порошковой наплавки была выбрана порошковая композиция ПР-НХ16СР4МДЗ на никелевой основе, обеспечивающая получение качественного наплавленного слоя без пор и трещин с твердостью 55-59 HRC.

## Литература

1. Технология ремонта машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; Под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007.-488с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Гладкий П.В. Плазменная наплавка // П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев / Киев. Экотехнология. 2007. 292 с.
3. Рябцев, И. А. Наплавка деталей машин и механизмов / И. А. Рябцев. — Киев : Экотехнология, 2004. — 160 с.
4. Слинко Д.Б., Восстановительная наплавка балансиров гусеничной техники./ Д.Б. Слинко, В.А. Павлов, А.В. Ерёмин// Труды ГОСНИТИ. – М.: 2017. Том 126, с. 128-136.
5. Способ плазменной наплавки: пат. 2412030 Рос. Федерация: МПК В23К 9/04 / Н.М.Ожегов, В.П. Пазына; патентообладатели Н.М. Ожегов, В.П. Пазына. – № 2008148647/02; заявл. 09.12.2008; опубл. 20.02.2011, бюл. №5. – 11 с.
6. Способ плазменной наплавки: пат. 2479392 Рос. Федерация: МПК В23К 9/04 / Н.М.Ожегов, В.П. Пазына, Д.А. Капошко, А.В. Бармашов; патентообладатель Н.М. Ожегов. – № 2011114188/02; заявл. 11.04.2011; опубл. 20.04.2013, бюл. №11. – 9 с.
7. Драгунов Н.А., Слинко Д.Б. Разработка технологии восстановления деталей типа «вал» плазменно-порошковой наплавкой // Инновационные технологии, оборудование и материалы заготовительных производств в машиностроении: сборник трудов Международной научно-технической конференции .- Москва: - С.295-297