

УДК 621.791:656.13

д.т.н. Бабанин А. Я.,
Чухаркин А. В.

(ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР, а.в. chukharkin@donnasa.ru)

УПРОЧНЯЮЩАЯ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ НАПЛАВКА КЛАПАНОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В работе представлены результаты исследований восстановления геометрических размеров и повышения прочностных характеристик фасок клапанов двигателя внутреннего сгорания при их ремонте путем ручной газопламенной наплавки материала на основе стеллита с последующей механической обработкой. Отработаны режимы ручной газопламенной наплавки материала в виде прутка на малые поверхности восстанавливаемых деталей, позволяющие наносить слой металла 1,4–1,7 мм и обеспечивать высокое качество наплавленного слоя по всей толщине с твердостью порядка 68–70 ед. НРА. Установлено, что механическая обработка наплавленного слоя способствует повышению его прочностных характеристик за счет уменьшения балла зерна микроструктуры.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, газораспределительный механизм, клапан, седло, наплавка, механическая обработка, микроструктура, прочность наплавленного слоя.

Эксплуатация автомобильного транспорта — это сложный технологический процесс, одной из основных задач которого является поддержание автомобилей в рабочем состоянии с минимальными затратами на ремонт.

Основным агрегатом автомобиля является двигатель внутреннего сгорания (ДВС), эксплуатация и ремонт которого требуют значительных материальных и финансовых ресурсов [1].

На основании выполненных исследований [2, 3] установлено, что существенное влияние на ресурс ДВС оказывает работа технологического узла «клапан — седло — направляющая втулка». Основными направлениями повышения качества работы данного технологического узла являются:

– придание рабочим кромкам клапанов и седел более высоких механических и служебных свойств, обеспечивающих стойкость к высокотемпературной газовой коррозии и ударной деформации;

– снижение износа сопряженных поверхностей «стержень клапана — направляющая втулка» для исключения перекоса

движения клапана в вертикальном направлении.

К основным сложностям работы клапанов ДВС следует отнести температурные условия эксплуатации и переменные нагрузки при работе на малых оборотах (пассажирский транспорт в городском цикле), зачастую приводящие к прогару, как правило, одного из клапанов газораспределительного механизма (ГРМ). После прогара одного клапана эксплуатация автомобиля значительно осложняется (рис. 1).



Рисунок 1 Характерный вид раковин прогара клапанов газораспределительного механизма

К основным дефектам рабочей кромки клапана следует отнести нарушение ее геометрии и размеров, а также образование раковин, которые значительно снижают герметичность цилиндра (рис. 2). Как видно на рисунке 2, фаска клапана чрезмерно изношена, вследствие чего диаметр тарелки уменьшился с 48 до 46 мм, а цилиндрический поясок ниже фаски отсутствует.

Таким образом, с целью решения задачи — упрочнение рабочей кромки клапана для повышения ресурса ее работы при высокотемпературном режиме и ударных нагрузках, а также для восстановления ее геометрии, включая раковины прогара, с минимальными материальными и финансовыми затратами — были проведены данные исследования. Исследования по восстановлению проводили методом газопламенной наплавки.

Известно, что газопламенную наплавку применяют для восстановления изношенных деталей и для придания поверхностному слою металла особых свойств — коррозионной стойкости, повышенной твердости, стойкости против износа и т. д. При газопламенной наплавке легче регулировать степень нагрева основного и присадочного металлов благодаря их разделному нагреву. Газокислородное пламя также защищает наплавленный металл от окисления его кислородом воздуха и от испарения элементов, входящих в состав наплаваемого металла.



Рисунок 2 Характерный вид дефектов рабочей кромки клапана ГРМ

Исследования проводили на клапанах двигателя семейства ЯМЗ. Двигатели семейств ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238 представляют собой шести- и восьмицилиндровые модели семейства четырехтактных дизелей ПАО «Автодизель» (г. Ярославль) со следующими основными характеристиками: диаметр цилиндров 130 мм; ход поршня 140 мм; рабочий объем всех цилиндров — 11,15 л (ЯМЗ-236) и 14,86 л (ЯМЗ-238); степень сжатия — 16,5; номинальная мощность — 110–184 кВт (ЯМЗ-236) и 132–243 кВт (ЯМЗ-238); частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности 2100 об/мин.

Впускные и выпускные клапаны ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238 автомобилей МАЗ, КрАЗ, «Урал» изготовлены из специальных жаропрочных сталей. Рабочая фаска выпускного клапана ЯМЗ-238 наплавлена жаропрочным сплавом типа «стеллит», к стержню приварен наконечник из легированной стали. Для повышения износостойкости торцы стержней впускных и выпускных клапанов закалены ТВЧ. Размер тарелок впускных клапанов 61,5 мм, выпускных клапанов — 48 мм, толщина стержня 12 мм.

Впускной клапан изготавливают из стали ЭН107. Клапан подвергают закаливанию с последующим отпуском. Твердость HRC 35–40. Твердость торца стержня клапана HRC 50–57.

Выпускной клапан сварной, к верхней части стержня клапана стыковой сваркой приварен наконечник, который изготовлен из стали 40ХН, а клапан — из стали ЭН69. Выпускной клапан подвергают закалке и отпуску, твердость HRC 25–30, твердость торца стержня клапана на глубине 2–3 мм равна HRC 50–57.

В качестве наплаваемого материала применяли прутки стеллита марки ВЗКР производства ОАО «Торезтвёрдосплав» (сплав вольфрама и хрома, связанных кобальтом и железом) диаметром 8 мм, со следующими параметрами (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика наплавляемого сплава

Химический состав, %				Твердость
C	Cr	Ni	Co	HRC, ед
1,0–1,3	28–32	0,5–2,0	основа	48

При наплавке применяли горючий газ ацетилен и кислород. Тип газового пламени, используемый при наплавке, выбирается в зависимости от химического состава наплавляемого материала (табл. 2).

При наплавке сплава использовали флюс на основе буры и борной кислоты. Мощность пламени выбирали в зависимости от размеров детали. При наплавке клапанов применяли восстановительное (нормальное) или науглероживающее (с небольшим избытком ацетилена) пламя. Перед началом наплавки клапан подогревали до температуры 50–100 °С.

Исследования макро- и микроструктуры наплавленного слоя проводили по пробе № 1 (клапан, наплавленный стеллитом без механической обработки) и пробе № 2 (клапан, наплавленный стеллитом и механически обработанный, готовый к установке на двигатель).

Выпускной клапан после наплавки (проба № 1) имеет характерный вид, при котором наплавленный слой хорошо просматривается (рис. 3).

Образцы для металлографического исследования отбирались с тарелки клапана в поперечном сечении. На рисунке 4 представлена макроструктура основного металла и наплавленного слоя без механической обработки. Наплавленный слой однородный, не содержит видимых дефектов (трещин, пустот). Твердость наплавленного слоя составляет 68–70 ед. HRA.

Микроструктуру наплавленного слоя без механической обработки исследовали при увеличениях 50× (рис. 5), 200× (рис. 6) и 1000× (рис. 7).

Характерный внешний вид наплавленного клапана после механической обработки представлен на рисунке 8. Микроструктура наплавленного и обработанного

слоя максимальной толщиной 0,70 мм представлена на рисунке 9.

Механическая обработка клапанов включает в себя обточку тарелки клапана по наружному диаметру до номинального размера на токарном станке резцами с твердосплавными пластинами, предварительную обработку фаски на токарном станке и обработку фаски шлифованием под номинальный размер.

Таблица 2

Термодинамические характеристики газовой смеси

Параметры	Горючий газ
	Ацетилен C ₂ H ₂
Теплотворная способность, кДж/м ³	52800
Температура пламени в смеси с кислородом, °С	3100–3200
Удельный расход кислорода, м ³ /м ³	2,5



Рисунок 3 Характерный внешний вид клапана после наплавки стеллитом

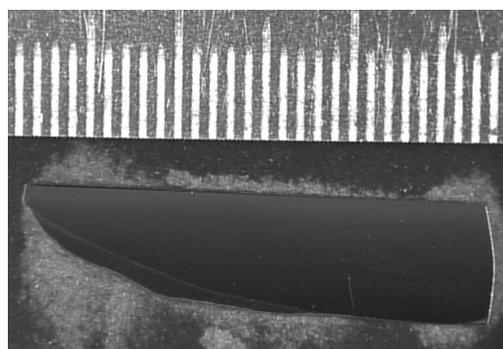


Рисунок 4 Макроструктура поперечного сечения тарелки клапана с наплавкой

После механической обработки наблюдается уменьшение размера зерна микро-структуры наплавленного слоя примерно в 1,5 раза (рис. 10).

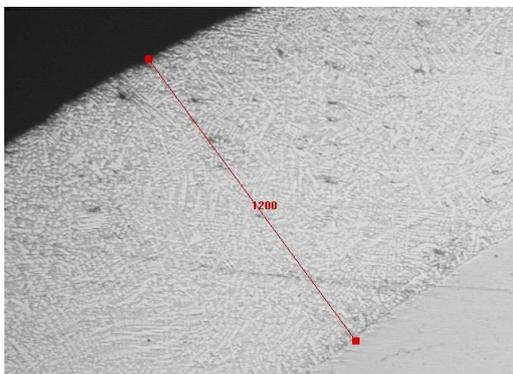


Рисунок 5 Микроструктура наплавленного слоя максимальной толщины 1,2 мм

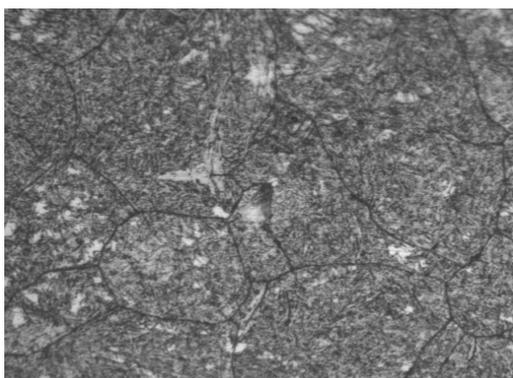


Рисунок 6 Микроструктура наплавленного слоя без травления

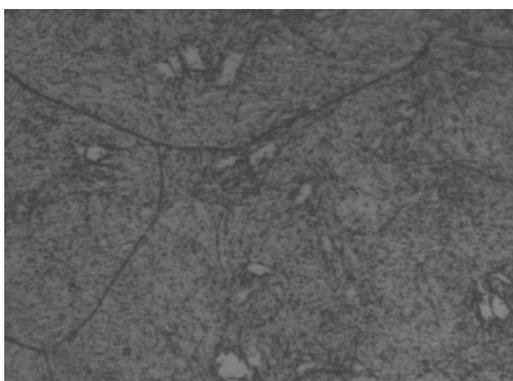


Рисунок 7 Микроструктура наплавленного слоя после травления универсальным травителем



Рисунок 8 Клапан, наплавленный стеллитом и механически обработанный

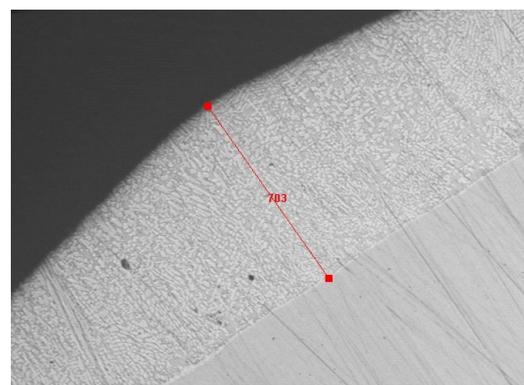


Рисунок 9 Микроструктура наплавленного слоя после механической обработки (максимальной толщиной 0,70 мм, без травления при увеличении 50×)

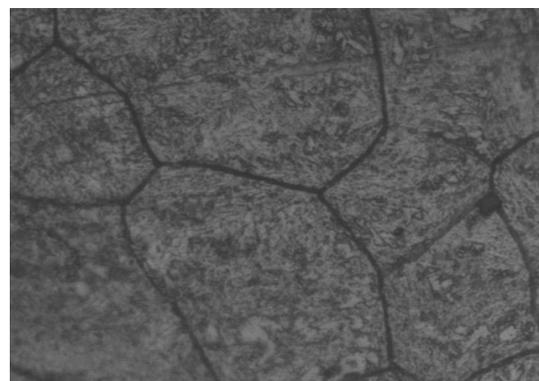


Рисунок 10 Микроструктура наплавленного слоя после травления универсальным травителем (проба № 2, увеличение 1000×)

Это объясняется, с одной стороны, тем, что в процессе технологической обработки наблюдается интенсивная пластическая деформация поверхностного слоя, обуславливающая приобретение кристаллическими зернами однородной текстуры. С другой стороны, при механической обработке генерируются высокие температуры. В частности, при шлифовании и при скоростном точении температура обрабатываемого слоя может достигать 800–850 °С, что приводит к фазовым и структурным превращениям наплавленного слоя, которые положительно влияют на повышение прочностных характеристик кромки поршня [4].

Основные выводы по результатам работы:

1. В результате проведенных исследований установлено, что метод ручной газопламенной наплавки приемлем для применения в условиях автотранспортных предприятий. Он позволяет как осуществлять ремонт единичных клапанов ГРМ ДВС, так и выполнять их восстановление совместно с упрочнением комплекта клапанов ДВС при его ремонте.

2. Предложено использование ручной газопламенной наплавки материала типа стеллита в виде прутка на малые поверхности восстанавливаемых деталей, позволяющей наносить слой толщиной 1,4–1,7 мм.

3. При проведении исследований по газопламенной наплавке фасок клапанов установлено, что данный метод позволяет обеспечить высокое качество наплавленного слоя по всей толщине и твердость порядка 68–70 ед. НРА. В наплавленном слое не обнаружено макро- и микротермических дефектов (трещин, раковин, пустот и т. д.), способствующих механическому разрушению наплавленного слоя.

4. При газопламенной наплавке и дальнейшей механической обработке наплавленного слоя наблюдается повышение его прочностных характеристик.

В ходе дальнейшей работы предполагается установка наплавленных клапанов на двигатель автомобиля с целью определения качества и ресурса их работы в условиях реальной эксплуатации.

Библиографический список

1. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст] : учеб. пособ. для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов. — [4-е изд., стер.]. — М. : Высш. шк., 2008. — 496 с.
2. Бабанин, А. Я. Анализ работы деталей технологического узла «клапан — седло — направляющая втулка» газораспределительного механизма ДВС [Текст] / А. Я. Бабанин, А. В. Чухаркин // Промышленность и сельское хозяйство. — 2020. — № 12 (29). — С. 21–26.
3. Бабанин, А. Я. Влияние вида топлива на надежность работы технологического узла «клапан — седло — направляющая втулка» газораспределительного механизма ДВС [Текст] / А. Я. Бабанин, А. В. Чухаркин // Строитель Донбасса. — 2021. — № 1 (14). — С. 10–15.
4. Доценко, А. И. Основы триботехники [Текст] : учебник / А. И. Доценко, И. А. Буяновский. — М. : ИНФРА-М, 2017. — С. 33.

© Бабанин А. Я.

© Чухаркин А. В.

Рекомендована к печати к.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТИ Куберским С. В., д.т.н., проф., зав. каф. АДиА ДонНАСА Братчуном В. И.

Статья поступила в редакцию 01.12.2021.

Doctor of Technical Sciences Babanin A. Ya., Chukharkin A. V. (*DonNABA, Makeyevka, a.v.chukharkin@donnasa.ru*)

HARDENING AND RECOVERING SURFACING OF VALVES OF THE GAS DISTRIBUTION MECHANISM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

The paper presents the research results on recovering the geometric dimensions and increasing the strength characteristics of the valves' faces of internal combustion engine during their repair by manual gas-flame surfacing of a stellite-based material with subsequent machining. The modes of manual gas-flame surfacing the material in the form of a rod on small surfaces of the restored parts have been worked out, allowing to apply a metal layer of 1,4–1,7 mm and ensure high quality of the surfaced layer over the entire thickness with a hardness of about 68–70 units HRA. It was found out that the mechanical treatment of the surfaced layer contributes to an increase in the strength characteristics of the surfaced layer by reducing the grain score of the surfaced layer microstructure.

Key words: *internal combustion engine, gas distribution mechanism, valve, seating, surfacing, machining, microstructure, strength of the surfaced layer.*