

УДК 669.15-196.56

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ АУСТЕНИТНОГО СПЛАВА ДЛЯ СЕДЕЛ КЛАПАНОВ
ГАЗОМОТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д. А. Попов, О. А. Руденко, А. Ю. Синельников, С. Р. Веселов
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»
Email: qaz.7@mail.ru

Опыт эксплуатации автомобилей, работающих на природном газе, показал, что наряду с неоспоримыми преимуществами использования природного газа имеются недостатки [1]. Так, в частности, повышенная длительность горения горючей смеси приводит к разогреву седел и клапанов головки блока, а также поршня и как следствие их интенсивному износу. Наиболее выражено износ сопряжения выпускной пары «седло-клапан» наблюдается при переходе с жидкого топлива на газ коммерческом транспорте. При этом происходит снижение прочности деталей при разогреве, и последующая деформация седел, которая выглядит как «проседание» клапана в седле (рис. 1, *а*). Деформация седла приводит к нарушению герметичности сопряжения, прорыву выхлопных газов, сопровождающихся газоэрозийным изнашиванием тарелки клапана (рис. 1, *б*).



а



б

Рисунок 1 – «Проседание» выпускных клапанов ГБЦ двигателя ЗМЗ-406.1

В ходе изучения данного вопроса было установлено, что причиной снижения стойкости сопряжения при переходе на газовое топливо является относительно низкая износостойкость и жаропрочность сплавов используемых для изготовления седел клапанов. Исследование микроструктуры серийных седел

показало, что они изготовлены из серого чугуна с пластинчатым графитом. Данный материал хорошо обрабатывается резанием, имеет отличные литейные качества, хорошо прирабатывается за счет значительного количества свободного графита в структуре, но имеет малую прочность, особенно в условиях высоких температур.

Седло-клапан является наиболее ответственным прецизионным сопряжением газораспределительного механизма, обеспечивающим герметичность камеры сгорания и своевременность впуска горючей смеси и выпуска отработавших газов. Исходя из функционального назначения и условий работы, обусловленных высокими температурами и скоростями перемещения отработавших газом, а также динамическими нагрузками контакта сопряжения, к материалам деталей должны предъявляться следующие требования [2-3]: высокая жаропрочность и жаростойкость; прирабатываемость; износостойкость; коррозионная стойкость.

Обеспечить заданные свойства возможно путем применения аустенитных сплавов. Многочисленные исследования показали, что стали и чугуны аустенитного класса обладают комплексом уникальных свойств, которые способны динамически изменяться в зависимости от нагрузочно-скоростных режимов работы узла, обеспечивая синергетические условия работы сопряжения. Аустенит под воздействием внешних факторов, как метастабильная фаза, превращается в мартенсит деформации, а металлическая матрица способна к самоупрочнению за счет измельчения блоков мозаики кристаллической решетки.

Известные железоуглеродистые сплавы на основе аустенита (АЧС-5, 110Г13Л и др.) хорошо зарекомендовали себя при работе деталей в условиях динамических ударных нагрузок: лопатки дробильных машин, крестовин рельсов, рабочие органы дорожно-строительных и горных машин; при эксплуатации в условиях высоких скоростей раскаленного газа – лопатки турбин из жаростойкого аустенитного сплава [4-5]. Кроме того, металлы на основе метастабильного аустенита способны многократно самоупрочняться от действия контактных давлений и хорошо прирабатываться [4-9]. Учитывая, что вопрос применения подобных материалов в условиях работы сопряжения седло-клапан практически не изучен, то теоретические исследования и практические испытания могут существенно расширить возможности применения данных материалов.

Структура чугуна (рис. 2), образованная метастабильным аустенитом, армированным мелкодисперсными карбидными и графитными включениями об-

ладает физико-механическими свойствами, которые способны обеспечить высокую эксплуатационную надежность и износостойкость деталей машин, работающих при сухом трении, ударных нагрузках и повышенных температурах.

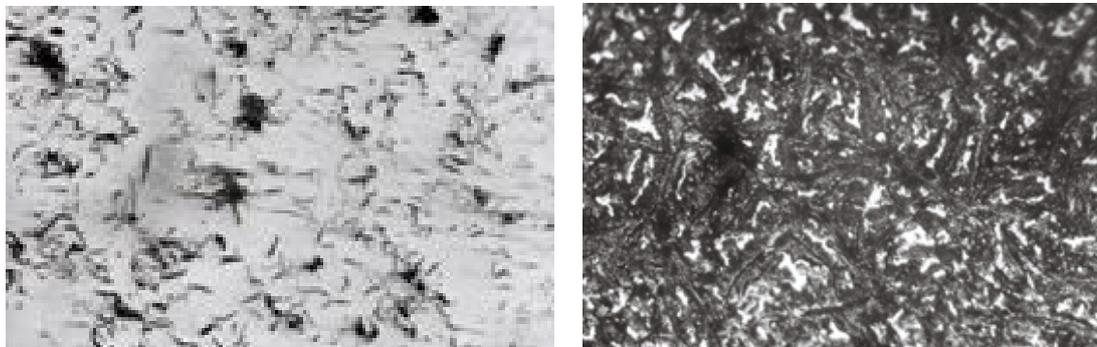
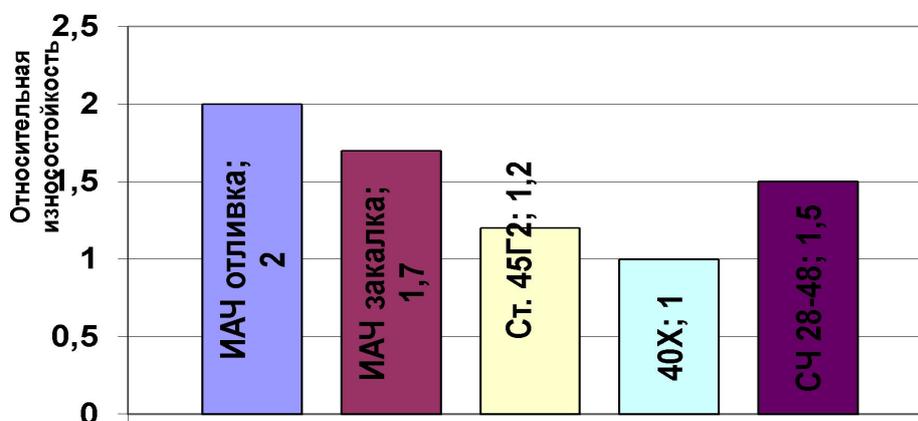


Рисунок 2 – Микрофотография шлифа аустенитного чугуна в закаленном состоянии ($\times 200$)

С целью изучения структуры и свойств марганцовистого чугуна в термообработанном состоянии его подвергали закалке с различным временем выдержки и последующим исследованием микроструктуры и свойств [10].

Образцы для термической обработки имели форму и размеры, соответствующие стандартной колодке для испытания на изнашивание пары трения по схеме колодка – ролик на машине трения СМЦ-2.

По результатам проведенных испытаний была установлена относительная износостойкость данных материалов (рис. 3). В качестве эталона принята износостойкость стали 40Х.



ИАЧл – аустенитный чугун в состоянии отливки;
 ИАЧз – аустенитный чугун в закаленном состоянии

Рисунок 3 – Относительная износостойкость испытываемых материалов

Как видно из гистограммы (рис. 3) наибольшей износостойкостью обладал ИАЧл, его износостойкость в 2,3 раза превосходила сталь 40Х.

Как и следовало ожидать, в диапазоне небольших удельных давлений (0,25-1,0 МПа) коэффициент трения в паре фрикционный материал-чугун был несколько меньше, чем в паре фрикционный материал-сталь, что объясняется смазывающим действием графита. С ростом же удельного давления свыше 1,2 МПа, происходило размягчение образцов от воздействия высокой температуры, возникали очаги схватывания, и коэффициент трения при этом резко возрастал.

Результаты исследования структурных изменений [11] аустенитных чугунов показали, что степень их изменения была менее выражена, чем при испытании в паре «металл-металл», а именно, нарастание микротвердости с ростом удельного давления происходило менее интенсивно и ее кривая имела пологий характер изменения. При этом оптимальные интервалы удельных давлений и скоростей скольжения смещались в сторону уменьшения их среднего значения. Данное обстоятельство объясняется, прежде всего, двумя основными факторами: протяженность во времени акта испытания вызывает существенный нагрев пары трения и разупрочнение поверхности трения; 2 упругие свойства фрикционного материала, его значительно меньшая твердость, не позволяют в полной мере реализовать силу механического воздействия на метастабильную структуру аустенитного чугуна.

На рисунке 4 представлено влияние удельных давлений на микротвердость поверхности трения колодок из чугунов ИАЧл, ИАЧз и СЧФ.

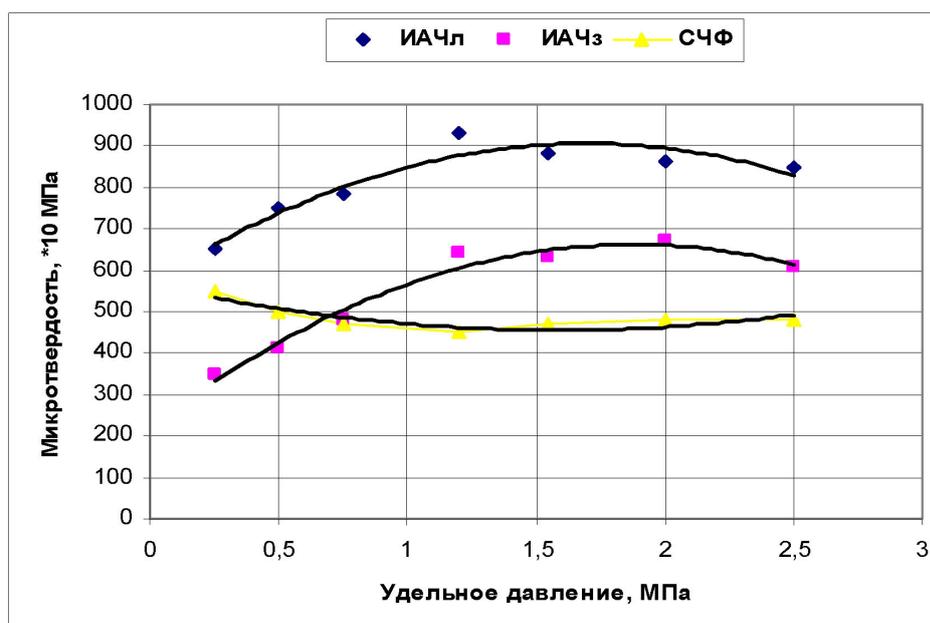


Рисунок 4 – Изменение микротвердости исследуемых чугунов в зависимости от удельных давлений

Из приведенных данных видно, что с ростом давления в интервале 0,25-1,2 МПа наблюдается рост микротвердости поверхности трения колодок из экспериментальных аустенитных чугунов от 4700 до 7800 МПа у ИАЧз и от 6500 до 9500 МПа у ИАЧл. Интенсивность роста микротвердости ИАЧл была выше, чем ИАЧз, однако исходная микротвердость аустенитного чугуна в состоянии после литья была на 1300 МПа выше, чем закаленного состояния. Свыше давления в 1,5 МПа наблюдается снижение микротвердости аустенитных чугунов обоих состояний, при давлении 2,5 МПа в среднем микротвердость ИЧл снизилась до 8500 МПа, а ИАЧз до 7300 МПа [12].

Изменение микротвердости перлитного чугуна имело диаметрально противоположный характер, а именно, при небольших давлениях наблюдалось незначительное её повышение, но уже при давлении более 1 МПа микротвердость уменьшалась.

Результаты проведенных исследований и лабораторных испытаний подтверждают теоретические предпосылки к использованию аустенитного чугуна в качестве материала для изготовления седел клапанов автомобилей, работающих на газомоторном топливе.

Библиографический список

1 Иванников, В. А. Десятилетний опыт эксплуатации автомобилей с универсальными двухтопливными системами [Электронный ресурс] / В. А. Иванников, И. Е. Поляков // Современные автомобильные материалы и технологии (Самит-2013) : сборник статей V Международной научно-технической конференции. – Курск ЮЗГУ. – 2013. – С.178-182.

2 Чичинадзе, А. В. Расчет, испытание и подбор фрикционных пар [Текст] / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, А. Г. Гинзбург, З. В. Игнатьева. – М. : Наука, 1979. – 268 с.

3 Чичинадзе, А. В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) [Текст] / А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун и др.; под общ. ред. А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение. – 2003. – 576 с.

4 Масленков, С. Б. Стали и сплавы для высоких температур [Текст] : Справочник: в 2 т. / С. Б. Масленков, Е. А. Масленкова. – М. : Металлургия, 1991. – Т. 1. – 328 с.

5 Станчев, Д. И. Перспективы применения специального аустенитного мар-

ганцовистого чугуна для деталей фрикционных узлов лесных машин [Текст] / Д. И. Станчев, Д. А. Попов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : Материалы международной научно-технической конференции ВГТУ. – Вологда, 2007. – С. 109-111.

6 Виноградов, В. Н. Износостойкие стали с нестабильным аустенитом для деталей газопромыслового оборудования [Текст] / В. Н. Виноградов, Л. С. Лившиц, С. Н. Платонова. // Вестник машиностроения. – 1982. – № 1. – С. 26-29.

7 Литвинов, В. С. Физическая природа упрочнения марганцевого аустенита [Текст] / В. С. Литвинов, С. Д. Каракишев. Межвузовский сб. «Термическая обработка и физика металлов». Свердловск, УПИ, 1979, № 5. – С. 81-88.

8 Попов, Д. А. О целесообразности применения аустенитного марганцовистого чугуна для седел клапанов ДВС, работающих на газомоторном топливе [Электронный ресурс] / Д. А. Попов, И. Е. Поляков, А. И. Третьяков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12291.

9 Станчев, Д. И. Износостойкий аустенитный марганцовистый чугун в условиях сухого трения применительно к тормозам подъёмно-транспортных и лесовозных машин [Текст] / Д. И. Станчев, Д. А. Попов, В. В. Шабанов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 185. – 2008. – С. 159-166.

10 Попов, Д. А. Исследование влияния термической обработки (закалки) на структуру и свойства марганцовистого чугуна [Электронный ресурс] / Д. А. Попов, А. И. Третьяков // Воронежский научно-технический вестник. – 2014. – № 2 (4). – С. 97-100. Режим доступа: <http://vestnikvglta.ucoz.ru/>.

11 Попов, Д. А. Анализ влияния составляющих железоуглеродистых сплавов на их износостойкость при взаимодействии с абразивной средой [Электронный ресурс] / Д. А. Попов, А. И. Символоков // Воронежский научно-технический вестник. – 2015. – № 3 (13). – С. 79-89. Режим доступа: <http://vestnikvglta.ucoz.ru/>. – Загл. с экрана.

12 Результаты физико-механических испытаний сплава для седел клапанов газомоторных ДВС [Текст] / Д. А. Попов, А. И. Третьяков // Фундаментальные исследования. – Издательский Дом "Академия Естествознания. – 2015. – №11-5. – С. 914-917.