

УДК 621.431.73 + 621.43-6

РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СПЛАВА ДЛЯ СЕДЕЛ КЛАПАНОВ ГАЗОМОТОРНЫХ ДВС

Попов Д.А., Третьяков А.И.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, e-mail: tretyakov-ai@mail.ru

В представленной статье приведены результаты отдельных физико-механических испытаний сплава, рекомендуемого авторами для изготовления седел клапанов двигателей, работающих на газовом топливе. На химический состав сплава получен патент РФ. Образцы разработанного сплава испытывались одновременно с образцами перлитного чугуна серийного производства. В опытах на машине трения изменялась величина удельного давления в диапазоне от 0,25 до 1,55 МПа. В результате было установлено, что образцы предлагаемого сплава имели наименьшую величину износа, в отличие от образцов из перлитного чугуна, величина износа которого непрерывно возрастала, и была в 1,7...3,2 раза больше, чем у экспериментально-го, в интервале давлений 0,25...1,55 МПа соответственно. Кроме этого, сравнивалась износостойкость разработанного сплава в литом и термически обработанном состоянии. Также в материалах статьи приведены зависимости изменения коэффициента трения от удельного давления. Помимо испытаний на износ авторами был исследован фазовый состав сплава в зависимости от удельных давлений и количественное соотношение фаз аустенита и мартенсита.

Ключевые слова: ресурс, седло клапана, газомоторный двигатель, трение, износ

RESULTS THE PHYSICAL AND MECHANICAL TESTS ALLOY FOR VALVE SEATS NGV ICE

Popov D.A., Tretyakov A.I.

FSBEI HO «Voronezh State Forestry Engineering University G.F. Morozov»,
Voronezh, e-mail: tretyakov-ai@mail.ru

In the present article the results of the individual physical and mechanical tests recommended by the authors of the alloy for the manufacture of valve seats engines running on gas. On the chemical composition of the alloy of the patent of the Russian Federation. Samples of developed alloy samples were tested simultaneously with pearlitic cast iron mass production. In experiments on friction machine changes the value of the specific pressure in the range of 0,25 to 1,55 MPa. As a result, it was found that the proposed alloy samples had the lowest amount of wear, in contrast to the samples of pearlitic cast iron, the wear amount is continuously increased, and was 1,7...3,2 times greater than that of the pilot pressure in the interval 0,25...1,55 MPa, respectively. Besides, wear resistance of the developed alloy was compared in cast and heat treated condition. Also in the article are given according to material changes in the coefficient of friction of the surface pressure. Besides wear test was authors investigated the phase composition of the alloy according to the specific pressures and the proportion of martensite and austenite phases.

Keywords: resource, the valve seat, gas-engine drive, friction, wear

Применение газового топлива для двигателя автомобиля связано с особенностями нагружения отдельных деталей. Так, ДВС, использующие комбинированную систему питания (бензин-газ), имеют низкий ресурс седел клапанов головки блока цилиндров.

Используемые в настоящее время седла клапанов, установленные в гнездах головки блока цилиндров двигателя, в процессе эксплуатации подвержены интенсивному износу [5]. Наиболее ярко это выражено у ДВС, переведенных на газовое топливо, ввиду специфики сгорания газомоторного топлива и эрозионной среды в паре трения седло-клапан. Для бензиновых двигателей седла клапанов изготовлены в основном из серого чугуна СЧ 25, СЧ 15 по ГОСТ 1412-85, либо стали 30ХГС по ГОСТ 4543-71. При работе на газе данные материалы не обеспечивают требуемый ресурс в условиях газовой среды, из-за чего преждевременно выходят из строя.

С целью повышения ресурса деталей данного типа на основе многолетних исследований аустенитного марганцовистого чугуна [2, 4], применительно к седлам клапанов газомоторных ДВС, был разработан сплав (износостойкий чугун), на который получен патент РФ № 2540008 [3]. Сплав содержит, мас. %: углерод 2,7; кремний 2,5; марганец 9,7; хром 3,8; алюминий 4,7; ванадий 1,7; железо – остальное.

Результаты однофакторного эксперимента по определению весового износа образцов разработанного сплава при различных удельных давлениях и постоянной скорости скольжения (0,2 м/с) приведены на рис. 1. Средние значения полученных величин износа хорошо аппроксимировались полиномом второго порядка.

Из графиков (рис. 1, а) видно, что с ростом удельного давления износ колодок возрастает. Однако интенсивность изнашивания

и характер его изменения у чугунов различной структуры и состояния был неодинаков. Так, ИАЧл (износостойкий антифрикционный чугун в литом состоянии) обладал наименьшим износом, и кривая его имела плавный подъем в интервале давлений 0,25...1,25 МПа, после которого интенсивность изнашивания заметно возрастала. Средняя величина износа ИАЧз (износостойкий антифрикционный чугун в закаленном состоянии) при давлении 0,25...1,25 МПа была в 1,3 раза больше, чем ИАЧл, при увеличении давления свыше 1,25 МПа характер изнашивания аустенитных чугунов были практически одинаковы, средняя величина износа ИАЧз была на 30...40% больше, чем у ИАЧл.

Интенсивность изнашивания колодки из перлитного чугуна СЧФ непрерывно возрастала с ростом удельного давления, при этом величина износа была в 1,7...3,2 раза больше, чем ИАЧл, в интервале давлений 0,25...1,55 МПа. С ростом удельного давления свыше 1,55 МПа в паре с перлитным чугуном наблюдались явления схватывания, на поверхности появлялись риски и следы задиров, свидетельствовавшие об адгезионном характере его изнашивания.

Внешне изнашивание протекало следующим образом. В интервале удельных давлений 0,25...1,55 МПа поверхность трения образцов покрывалась окислами светло-коричневого цвета. Толщина окисной пленки с ростом давления непрерывно увеличивалась. Однако при давлении свыше 1,0 МПа поверхность трения приобретала металлический оттенок полированного металла, свидетельствовавший об уменьшении толщины окисной пленки.

При давлении более 1,5 МПа на рабочей поверхности колодок из ИАЧ окислы исчезали. Износ сопровождался появлением локальных мест схватывания и отдельных рисок. На поверхности трения ролика обнаруживались пятна намазывания продуктов износа, количество их увеличивалось с ростом давления.

При небольших нагрузках внешне изнашивание перлитного чугуна практически не отличалось от аустенитного, но момент появления первых задиров у СЧФ наступал уже при давлении 0,75 МПа, а при нагрузке свыше 1,55 МПа резко возрастал момент трения и наблюдалось размазывание продуктов износа по поверхности ролика.

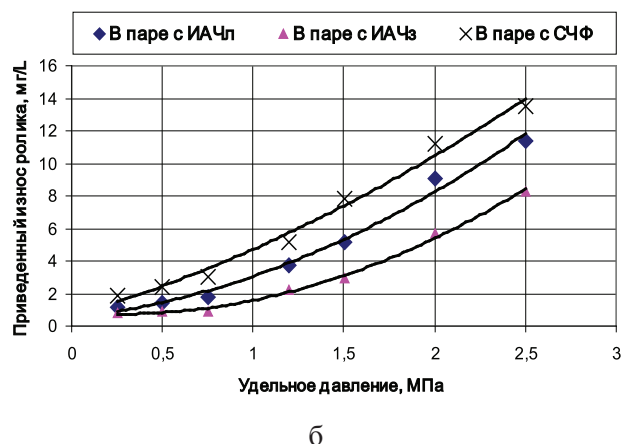
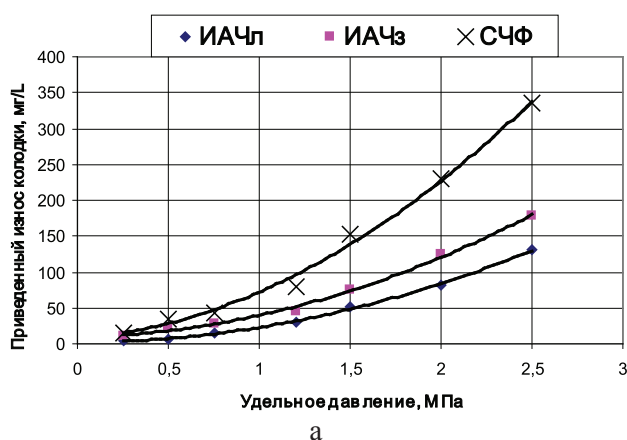


Рис. 1. Изменение износа в зависимости от удельного давления

С увеличением удельной нагрузки, износ ролика также возрастал (рис. 1, б), но меньше всего его изнашивание наблюдалось при работе в паре с ИАЧз. Так, в паре с ИАЧз в интервале давлений 0,25...1,25 МПа ролик изнашивался на 20...40% меньше, чем в паре с ИЧл и 1,7...2,2 раза меньше, чем с СЧФ. При дальнейшем увеличении давления разница в износе роликов при работе в паре различными чугунами уменьшалась. Меньший износ ролика при трении с колодкой из ИАЧз объясняется тем, что основа такой колодки состоит преимущественно из аустенита, твердость HB 160...170, относительно высокая пластичность которого обеспечивала минимальное механическое воздействие на сопряженную поверхность и быструю приработку пары.

На рис. 2 представлены результаты наблюдения за изменением коэффициента трения от удельных давлений. Из графика видно, что с ростом удельного давления до некоторого значения наблюдается снижение коэффициента трения, что определяется тем, что сила трения возрастает медленнее, чем прилагаемая нагрузка. Такое явление можно объяснить присутствием окисной пленки, интенсивно образующейся на поверхности трения от фрикционного разогрева и деформации. Кроме того, поверхности трения образцов покрыты графитом, который, выкрашиваясь из чугуна, обволакивает поверхность ролика. Вероятно, по этой причине, коэффициент трения в паре с серым фосфористым чугуном был несколько меньше, чем в паре с аустенитным, так как свободного графита в сером чугуне больше.

Таким образом, при небольших значениях нагрузки наблюдается преимущественно пленочное изнашивание в соответствии с правилом положительного градиента сдвигового сопротивления [1].

При удельном давлении свыше 1,22 МПа, когда на поверхностях трения появляются

отдельные очаги схватывания, коэффициент трения заметно возрастает, причем с повышением нагрузки интенсивность его роста непрерывно увеличивалась. Такой рост силы трения можно объяснить тем, что локальные схватывания с увеличением давления распространяются на большую площадь поверхности трения и вызывают дополнительное сопротивление относительному перемещению, что сопровождается также ростом износа испытываемых образцов.

Среднее значение коэффициента трения ИАЧз было несколько выше, чем ИАЧл, что связано с более высокой вязкостью такого чугуна.

В то же время коэффициент трения в паре с СЧФ при небольших удельных давлениях был самый низкий, но свыше 1 МПа, он резко возрастал, и при достижении давления в 1,5 МПа испытания прекращались, так как наблюдалось схватывание пары трения.

На основании вышеизложенного можно заключить, что при давлениях свыше 1,5 МПа пленочное изнашивание постепенно переходит в адгезионное, которое сопровождается местным схватыванием и вырыванием частиц металла с поверхности трения или размазыванием более мягкого металла по поверхности твердого. Наиболее важными факторами, способствующими образованию окисной пленки на поверхности трущихся образцов, являются фрикционный нагрев и степень искаженности кристаллической решетки металла, которая возникает от механической деформации или при фазовом наклепе.

Определение влияния скоростей скольжения на износ образцов проводилось при постоянном удельном давлении 0,25 МПа. Из проведенных испытаний установлено, что с ростом скорости скольжения износ колодок из всех разновидностей чугунов возрастает, при этом интенсивность износа ИАЧл была наименьшей, его износ был

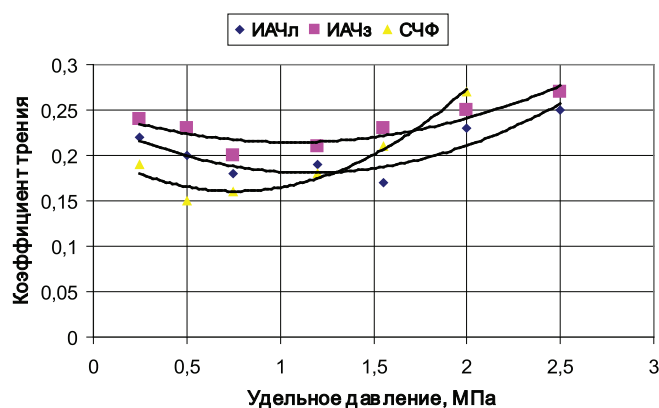


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от удельных давлений

в среднем в 1,5...2 раза меньше, чем перлитного, и на 30...50% меньше, чем ИАЧз. С ростом скорости скольжения разница в износе между ИАЧз и СЧФ сокращалась. Поверхность изнашивания при постоянном удельном давлении и различных скоростях скольжения имела полированный вид. Параллельными измерениями микротвердости и рентгеноструктурными исследованиями было установлено, что в процессе изнашивания при увеличении скорости скольжения практически не наблюдается роста микротвердости поверхности трения. При этом фазовый состав незначительно изменялся, но не имел выраженного характера и колебался на уровне исходного, полученного при данном удельном давлении 0,5 МПа.

Кроме этого, известно, что в процессе изнашивания метастабильные аустенитные чугуны и стали склонны к фазовым превращениям аустенита в мартенсит деформации, что является одним из факторов, обуславливающих рост микротвердости при износе. Таким образом, одновременно с изнашиванием проводились съемки рентгенограмм поверхности трения при различных удельных давлениях. Снятые рентгенограммы, подвергались комплексному анализу, основными задачами которого были наблюдения за изменением фазового состава, микронапряжениями второго рода и величиной блоков металлической структуры.

Условно, характер изменения кривой можно разделить на два участка. На первом, в интервале давлений от 0,25 до 1,25 МПа, происходит динамичное увеличение количества α -фазы мартенсита и уменьшение γ -фазы аустенита, причем с ростом давления интенсивность прироста мартенсита снижается, вплоть до полного прекращения. На втором участке кривой, в диапазоне 1,5...2,5 МПа, наблюдается уменьшение количества мартенсита и рост аустенита.

Такие изменения можно объяснить тем, что с увеличением удельного давления, несмотря на улучшение условий протекания фазового превращения $\gamma \rightarrow \alpha$, происходит интенсивное увеличение температуры в зоне трения, растущее влияние которой усиливается с величиной и становится фактором, противодействующим образованию мартенсита деформации. Прирост же аустенитной фазы на втором участке кривой обусловлен самозакаливанием отдельных микроскопических участков поверхности трения.

Таким образом, результаты приведенных физико-механических испытаний разрабатываемого сплава свидетельствуют о его достаточно высоких свойствах применительно к парам трения седло-клапан.

Список литературы

1. Костецкий Б.И. Структура и поверхностная прочность материалов при // Проблемы прочности. – 1981. – № 3. – С. 88–90.
2. Станчев Д.И. Перспективы применения специального аустенитного марганцовистого чугуна для деталей фрикционных узлов лесных машин / Д.И. Станчев, Д.А. Попов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции ВГТУ. – Вологда, 2007. – С. 109–111.
3. Пат. 2540008 РФ, МПК С22С 37/10. Износостойкий чугун / Д.А. Попов, И.Е. Поляков, А.И. Третьяков (РФ). – № 2014107382/02; заявл. 26.02.2014; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3. – 5 с.
4. Попов Д.А. Разработка сплава с повышенными механическими свойствами для газомоторных двигателей / Д.А. Попов, А.И. Третьяков, Р.В. Попов // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования. В 2 Т. Т. 2. Сб. науч. трудов по материалам Международной науч.-практ. конф. – Воронеж, 2014. – С. 345–347.
5. Технология машиностроения. Восстановление качества и сборка деталей машин / В.П. Смоленцев, Г.А. Сухочев, А.И. Болдырев, Е.В. Смоленцев, А.В. Бондарь, В.Ю. Склокин. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. тех. ун-та, 2008. – 303 с.

References

1. Kosteckij B.I. Struktura i poverhnostnaja prochnost materialov pri // Problemy prochnosti. 1981. no. 3. pp. 88–90.
2. Stanchev D.I. Perspektivy primeneniya specialnogo austenitnogo margancovistogo chuguna dlja detalej frikcionnyh uzlov lesnyh mashin / D.I. Stanchev, D.A. Popov // Aktualnye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehni-cheskoj konferencii VGTU. Vologda, 2007. pp. 109–111.
3. Pat. 2540008 RF, MPK S22S 37/10. Iznosostojkij chugun / D.A. Popov, I.E. Polja-kov, A.I. Tretjakov (RF). no. 2014107382/02; zajavl. 26.02.2014; opubl. 27.01.2015, Bjul. no. 3. 5 p.
4. Popov D.A. Razrabotka splava s povyshennymi mehanichesкими svojstvami dlja ga-zomotornyh dvigatelej / D.A. Popov, A.I. Tretjakov, R.V. Popov // Alternativnye istochniki jenergii na avtomobilnom transporte: problemy i perspektivy racionalnogo is-polzovanija. Vol. 2 T. T. 2. Sb. nauch. trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. Voronezh, 2014. pp. 345–347.
5. Tehnologija mashinostroeniya. Vosstanovlenie kachestva i sborka detalej mashin / V.P. Smolencev, G.A. Suhochev, A.I. Boldyrev, E.V. Smolencev, A.V. Bondar, V.Ju. Sklo-kin. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo gos. teh. un-ta, 2008. 303 p.

Рецензенты:

Астанин В.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технического сервиса и технологий машиностроения, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж;

Сухочев Г.А., д.т.н., профессор кафедры технологий машиностроения, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж.