

УДК 621431.74

Апчел В.Н., Слободянюк И.М., Молодцов Н.С.
ОНМА

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГОЛОВОК ПОРШНЕЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПУТЕМ УПРОЧНЕНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ ПРИ РЕМОНТЕ

Повышение надежности судовых дизелей при проведении ремонта изношенных деталей важное значение имеет обоснование и выбор критериев, определяющих совокупность эксплуатационных свойств, которые должна гарантировать технология ремонта и упрочнения изношенных деталей. В первую очередь это относится к деталям цилиндропоршневой группы (ЦПГ), в том числе головок поршней (ГП). Изнашивание канавок под поршневые кольца является главной причиной их отказов.

Головки поршней являются самой ответственной и быстроизнашивающейся деталью ЦПГ, работающей в теплонапряженных условиях, при ударных нагрузках и в коррозионной среде. Судоремонтными заводами и проектно-конструкторскими организациями Украины и за рубежом освоены технологические процессы восстановления головок поршней МАН, Б и W «Зульцер» и др. с диаметром рабочих цилиндров от 450 до 900 мм [1]. Технологии предусматривают использование различных материалов, в том числе электродуговой наплавки различными материалами: порошковой проволокой ПП-3Х2НВ88, ПП-АН 34, ПП-АН49, сплошного сечения Св-08Г2С, Св-08А, Св-08ХМА, Св-08СН9І7Т, Св-10Х13, Св-І2Х13 и др.

Эти технологии не в полной мере обеспечивают эксплуатационные свойства, в первую очередь твердость упрочненной поверхности и коррозионную стойкость, что уменьшает их долговечность. Главной причиной этого является отсутствие критериев обеспечения эксплуатационных свойств, предъявляемых условиями применения восстановленной детали, которые в значительной степени зависят от условий плавания.

При разработке различных способов продления жизненного цикла эксплуатирующихся судов, необходимо ориентироваться на будущие условия эксплуатации, особенно судов внутреннего, смешанного и прибрежного плавания. При этом ремонт судовых дизелей, с учетом изменений нагрузки, является важнейшей проблемой, так как изменение условий эксплуатации приводит к изменению физической

природы изнашивания деталей цилиндропоршневой группы и в первую очередь поршней, что влияет на долговечность двигателя.

Потому необходима разработка новой концепции регенерации деталей узлов СЭУ, быстро разрушающихся под действием механического и коррозионного износа. В первую очередь это относится к ответственным деталям цилиндропоршневой группы (ЦПГ) СЭУ: главного двигателя, дизель-генератора, аварийного дизель-генератора, воздушного компрессора, гидравлического насоса объемного действия и мотоботов.

Цель работы – исследование процесса упрочнения торцов канавок головок поршней методом плазменной наплавки твердыми, коррозионно-стойкими порошками.

Срок службы ГП до их восстановления или замены из-за износа канавок для компрессионных колец у судовых крейцкопфных двигателей со средним эффективным давлением (P_e) 0,8МПа (дизели "МАН" типа KZ модификаций А и С, "Зульцер" типа RD, "Бурмейстр и Вайн" типов VTBF, VT2BF и K- E) составляет 25-30 тыс. ч работы. Срок службы этих деталей на современных двигателях с $P_e > 0,8$ МПа значительно ниже. Так, например, на двигателях "МАН" типа K6Z257/80F наработка головок поршней до их замены из-за предельного увеличения зазора между компрессионным кольцом и торцом канавки вследствие износа составляет в среднем 5-10 тыс.ч. Причина столь значительной разницы в ресурсе головок поршней заключена, в первую очередь, в различной физической природе износов канавок у различных типов двигателей.

Исследования, проведенные фирмой "МАН", показали, что для двигателей с максимальным давлением сгорания $P_z < 6$ МПа доминирующим является абразивный износ канавок, вызванный механическим трением компрессионного кольца о торцы канавок. При использовании в таких двигателях высокосернистых сортов топлива процесс абразивного износа канавок несколько интенсифицируется коррозионными явлениями. С целью снижения скорости абразивного износа канавок в этих двигателях дизелестроители применяют поверхностное упрочнение рабочих поверхностей канавок.

Для двигателей с более высокими значениями P_e и F_z основным фактором износа является адгезионное разрушение, при этом абразивная составляющая износа канавок обычно не превышает 10% от общего износа. К двигателям такого класса относятся дизели фирм "МАН" типов KZ - E и F , KSZ всех модификаций, "Зульцер" типов

RN и PN-M, "Бурмейстер и Вайн" типа K-GF. По единому мнению всех дизелестроителей, выпускающих подобные двигатели, наиболее приемлемым на современном этапе решением вопроса о снижения интенсивности коррозионного разрушения канавок является хромирование их торцов.

Однако, для восстановления ГП хромирование канавок мало применимо. Это связано с многими причинами:

- неравномерным износом хромированных канавок по образующей, т.к. износ в крейцкопфных двигателях всегда больше в районе левый борт- корма;
- наличие трещины в перемычках;
- если величина износа превышает возможную толщину хромового покрытия (0,25 мм), то следует изношенную поверхность наращивать и упрочнять перед хромированием и т.д.

Поэтому отказ от дорогостоящей и экологически опасной технологии хромирования ведет к поиску альтернативных способов упрочнения опорных поверхностей канавок поршней.

В результате поиска новых эффективных способов восстановления и упрочнения деталей и материалов, обеспечивающих заданные механические и физические свойства, было установлено, что таким способом является плазменная наплавка порошков. К преимуществам плазменного метода наплавки порошков можно отнести то, что этим способом можно нанести покрытие из таких различных материалов, как металлы, сплавы, окислы, карбиды, бориды и пр. В процессе наплавки поверхность нагревается до сравнительно небольших температур, что позволяет сохранить особенности структуры и свойства материала основы [2-4].

Сущность схемы разрабатываемого технологического процесса восстановления ГП заключается в постановке на изношенную головку поршня стальных противоизносных вставок, рабочая поверхность которых наплавлена с помощью плазмы износостойкими, твердыми порошками.

Для разработки технологии восстановления головок поршней необходимо выполнить следующие исследования:

- выбор наплавленных материалов и наплавку опытных образцов;
- разработка конструкции колец под плазменную наплавку;
- отработка режимов плазменной наплавки порошка на кольца;

- исследование сварного шва наплавленного слоя ПГ-СР с основой;
- выбор режимов термической обработки наплавленных противоизносных колец;
- исследовать поведение кольца при высоких температурах термообработки, поскольку наплавленное кольцо представляет собой биметаллическую пластину и может деформироваться;
- определение способа механической обработки упрочненной твердой поверхности;

Лабораторные образцы для плазменной наплавки изготавливались из стали 09Г2 и стали Ст.3 в виде круглых пластин диаметром 100 мм и толщиной 30мм.

Заготовки под плазменную наплавку противоизносных колец ГП выполнялись в двух вариантах: а) в виде колец из стали 09Г2, 10ХСНД толщиной 5...10мм, б) в виде круглых пластин толщиной 30 мм, в которых протачивались кольцевые канавки под плазменную наплавку. При сварке упрочненных колец с перемычками ГП использовались электроды марки УОНИИ 13/45 и УОНИИ 13/55, сварочные проволоки Св-08ХМА и Св-08Г2С.

Предварительный подогрев при плазменной наплавке производился газовой горелкой до температуры 450...500 °С.

Металлографические исследования проводились на оптическом микроскопе «Neohot – 21», микротвёрдость измерялась на микротвердомере ПМТ- 3, твердость – по методу Роквелла. Отсутствие трещин на лабораторных образцах и противоизносных кольцах определялось методом цветной дефектоскопии, рентгеновским методом и металлографически.

Отработка режимов наплавки осуществлялась на установке УПН-303.

Выбор наплавочных материалов.

В результате поиска новых эффективных способов восстановления и упрочнения деталей и материалов, обеспечивающих заданные механические и физические свойства, было установлено, что таким способом является плазменная наплавка порошков. Анализ литературных источников показал, что наиболее перспективными являются порошковые материалы типа «Т-Термо», а метод нанесения – плазменная наплавка.

Порошковые материалы серии «Т-Термо» применяются для наплавки и газотермического напыления с последующим оплавлением.

Это гранулированные порошки на основе никелевых самофлюсующихся сплавов системы Ni-Cr-B-Si, а также их смеси с порошками карбида вольфрама. Порошки выпускаются и реализуются ООО «Технологический Центр «Техникорд» предприятием по ТУ 197-001-58230383-2006.

Назначение порошковых материалов серии «Т-Термо»: создание защитных покрытий, обладающих высоким сопротивлением абразивному изнашиванию, стойкостью против коррозии и окисления в сочетании с отличными антифрикционными свойствами при нормальных и повышенных (до 700-800°C) температурах.

Свойства покрытий из порошков серии «Т-Термо». После наплавки или оплавления, прочность сцепления покрытия с основой может достигать 450 МПа. При этом твердость покрытия находится в диапазоне от 170 НВ до 65 HRC, что определяется составом порошкового материала. Усадка покрытия после оплавления - не более 8 %, общая пористость - до 1%.

В работах [5,6] уже сообщались результаты отработки режимов плазменной наплавки порошков серии «Т-Термо» авторами.

Для порошков системы Ni-Cr-B-Si № 635 с 35% композита на основе карбида вольфрама, выбран следующий режим, при котором наплавленный слой не имеет дефектов:

- Сила тока 170÷180 А.
- Напряжение на дуге 30÷33 В
- Скорость наплавки 2÷3 м/ч
- Расход порошка 2 кг/ч
- Амплитуда колебаний 8 мм
- Расход газов:
плазмообразующего 70 л/ч,
защитного и транспортирующего 120 л/ч.

По окончании наплавки производилась термообработка при температуре 750°C в течении 3 часов, с охлаждением в печи. Пор и трещин в наплавленном слое не обнаружено. Отсутствие трещин определялось методом цветной дефектоскопии.

Твердость наплавленного слоя порошка № 635 HRC54-55, что вполне соответствует поставленным требованиям

Структура наплавленного слоя представляет собой никелевую матрицу с равномерно распределёнными карбидными включениями (рис. 2).



Рис. 2. Микроструктура наплавленного плазменным методом слоя «Т-Термо» $\times 200$

Для разработки технологии ремонта ГП необходимо было выбрать способ их механической обработки.

Механическая обработка наплавленных образцов показала, что их лезвийная обработка нецелесообразна, так как высокая твердость поверхности приводит к быстрому выходу из строя резцов. Кроме того, образцы наплавленные порошком № 635 лезвийной обработке не поддаются вообще.

Установлено, что для обработки этих материалов необходимо применить абразивное шлмфование. Опыты показали, что наиболее целесообразно применять для шлифования наплавки всех марок порошков серии «Т-Термо» керамические шлифовальные круги из оксида алюминия или карбида кремния.

Установлено, что при плазменной наплавке заготовок, выполненных в виде колец диаметр 450-740 мм, не зависимо от режимов наплавки, происходит их значительное коробление. Поэтому исследование проводилось на заготовках в виде пластин толщиной 30 мм. На таких заготовках при наплавке коробления не происходило. После шлифования кольцо разрезалось на две части, для установки на проточенную переемычку ГП и приварки (рис.3 в).

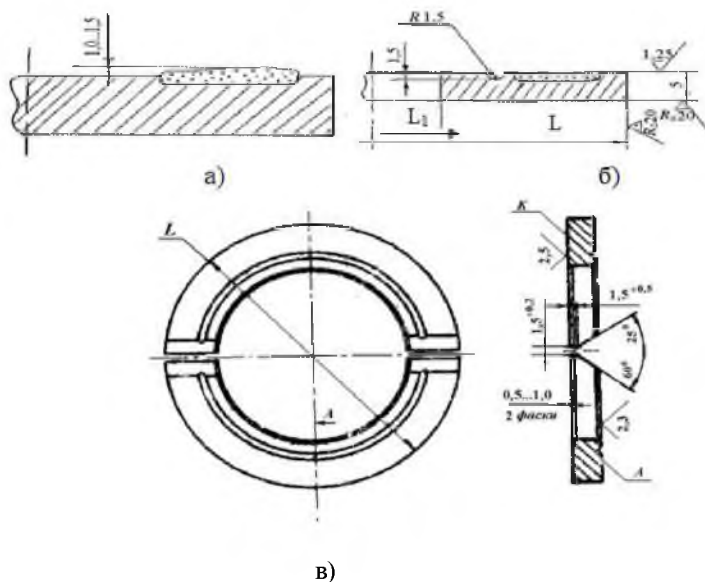


Рис. 3. Эскиз колец после наплавки (а) и окончательной обработки (б, в).
 L – наружный диаметр головки поршня.

Выводы

1. Установлены режимы плазменной наплавки на углеродистые стали никель-кобальтовых порошков, обеспечивающие качество слоя при отсутствии дефектов наплавки, что подтверждается дефектоскопией и металлографическими исследованиями сварного шва наплавленного слоя.
2. Разработана конструкция колец ГП под плазменную наплавку в заводских условиях. Определен способ механической обработки твердой упрочненной поверхности.
3. Высокая твердость наплавленного слоя «Т-Термо». №635 равная HRC 54...55, позволяет рекомендовать их в качестве упрочняющего материала торцов канавок стальных головок поршней главных двигателей СЭУ, эксплуатирующихся как на частичных, номинальных так и форсированных режимах.
4. Исследования показали, что для избежания образования трещин в наплавленном слое необходимо производить их термообра-

ботку в течение 3 часов при 750°C. Время между наплавкой и началом термообработки не должно превышать 1 часа.

5. Результаты исследования по отработке режимов наплавки, конструкции заготовки под наплавку, механической обработки и др. могут быть использованы для разработки технологической инструкции восстановления стальных головок поршней судовых дизелей МАН, Бурмейстер и Вайн, «Зульцер», «Вяртсиля», а также дизель-генераторов, насосов и др. с использованием преимуществ метода нанесения порошка плазменной наплавкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слободянюк И.М., Молодцов Н.С. Повышение надежности восстановленных головок поршней судовых дизелей, путем повышения их эксплуатационных свойств, при ремонте. // Судовые энергетические установки. Научн. техн. сб. - Одесса: ОНМА. 2005. Вып. № 14. - С: 127 - 134.
2. Никитин Н.Д. и др. Теплозащитные и износостойкие покрытия деталей дизелей. - Л.: Машиностроение, 1977. - 165 с.
3. Кудинов В.О., Иванов В.М. Наплавка плазмой тугоплавких покрытий. - М.: Машиностроение, 1984. - 192 с.
4. Костиков В.И., Иванов В.М. и др. Плазменные покрытия. - М.: Машиностроение, 1976. - 134 с.
5. Апчел В.Н., Солодовников В.Г., Слободянюк И.М. Выбор материалов для упрочнения головок поршней форсированных судовых малооборотных дизелей. // Матеріали науково-технічної конференції на тему «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт». 26.03.2014–28.03.2014. Одеса: ОНМА, 2014. - С: 48-51.
6. Апчел В.Н., Слободянюк И.М. Повышение надежности цилиндропоршневой группы малооборотных дизелей после ремонта // Научно-виробничий журнал Проблеми техніки - №4. - Одеса: 2014. - С: 90-102.