

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., доцента
Ольшанской Татьяны Васильевны
на диссертационную работу АЛВАНА ХУССАМА ЛЕФТА АЛВАНА
«Повышение кавитационной стойкости поверхностей деталей
нанесением защитных покрытий»,
представленную в диссертационный совет УрФУ 2.5.06.15
на базе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.8. «Сварка, родственные процессы и технологии»

Актуальность темы

В диссертационной работе Алвана Х.Л.А. рассматриваются вопросы, механизмов кавитационного разрушения покрытий из широко используемых, а также предложенных автором, кавитационностойких материалов, нанесенных различными методами. На основе исследований проводится выбор способов защиты поверхностных слоев изделий от кавитационного разрушения.

Кавитационное разрушение является одной из наиболее серьезных проблем при работе оборудования в условиях контакта с высокоскоростными жидкими средами (например, крыльчатки насосов, лопатки турбины гидростанций и т.п.). При производстве подобного оборудования используют материалы, обладающие повышенной стойкостью к кавитационной эрозии. Как правило, основой таких материалов являются дорогостоящие никелевые и кобальтовые сплавы. Учитывая локализацию кавитационного разрушения в поверхностных слоях, изготовление крупногабаритных деталей целиком из кавитационностойких материалов становится экономически нецелесообразным. Экономически более выгодным является нанесение покрытий из таких материалов на основу из менее дорогостоящих сплавов.

Таким образом, одним из эффективных методов защиты может стать нанесение кавитационностойких покрытий. При этом, несомненно, важными задачами становятся выбор новых материалов с высокой стойкостью к кавитационной эрозии при минимальном содержании дорогостоящих легирующих элементов, поиск способов нанесения покрытий из таких материалов с учетом их технологичности и стоимости.

В связи с вышеизложенным можно констатировать, что тема диссертационной работы Алвана Хуссама Лефта Алвана «Повышение кавитационной стойкости поверхностей деталей нанесением защитных покрытий» является **актуальной**.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

На основании анализа полученных автором результатов исследования, а также научных публикаций в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК и международных баз цитирования Scopus и Web of Science, посвященных тематике диссертационной работы Алвана Х.Л.А., можно выделить следующие научные и практические положения:

1. Установлено, что в металле покрытия, наплавленного порошковой проволокой ППМ-6 (60Х8ТЮ), под действием кавитации происходит интенсивное деформационное мартенситное превращение ($\gamma \rightarrow \alpha'$), аналогично как в сталях с метастабильным аустенитом при других видах внешней нагрузки высокого уровня. В процессе кавитационного воздействия содержание мартенситной фазы увеличивается от 29,5%, образованного при охлаждении, до 73,5%, образуемого за счет деформации.

2. Предложен механизм упрочнения рабочей поверхности образцов, наплавленных TiG из ППМ-6 (60Х8ТЮ), под действием кавитации: на первом этапе с увеличением длительности кавитационного воздействия упрочнение происходит за счет роста доли α' -мартенсита в структуре, а затем за счет наклепа образовавшихся дисперсных кристаллов мартенсита. Малые потери массы покрытия при кавитационном нагружении объясняются возможностью материала эффективно поглощать энергию кавитации без разрушения.

3. Установлено, что абсолютные значения твердости для разного вида покрытий не являются эквивалентом их кавитационной стойкости. Так при более низкой твердости наплавленного слоя ППМ-6 относительно газотермических покрытий WC-CoCr, WC-CrC-Ni и NiCrBSi (на 100-300 HV ниже), его стойкость против кавитационной эрозии выше \sim в 20 раз. Это обусловлено разными механизмами изнашивания поверхностей. В наплавленном покрытии из ППМ-6 имеет место износ в границах зерен в сочетании с $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращением, в случае газотермических покрытий происходит выкрашивание твердых фаз.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, полнотой и надежностью проведенных исследований, применением современных методик исследования структуры, использованием сертифицированного современного оборудования, а также непротиворечивостью полученных результатов имеющимся данным других исследователей и известным теоретическим представлениям.

Публикации и апробация

Результаты диссертации Алвана Х.Л.А. прошли надежную апробацию на всероссийских и международных научных конференциях, научно-практических конференциях, а также при рецензировании статей, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК. По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ, в том числе 10 в журналах, рекомендованных ВАК, и в 8 изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, получен 1 патент.

Необходимо так же отметить, что все экспериментальные исследования, рассмотрение и трактовка полученных результатов, а также обработка и их анализ выполнены **лично автором или при его участии**.

Практическая значимость результатов работы

Практическая значимость представленной работы состоит в следующем:

1. Разработаны оригинальный лабораторный комплекс и методика проведения испытаний на кавитационную стойкость, которые позволяют проводить испытания как однородных материалов, так и покрытий, полученных разными методами. Лабораторный комплекс отличается от существующих аналогов схемой взаимного расположения образца и кавитационной струи, и добавлением электрохимического воздействия за счет анодной поляризации образца, что позволяет ускорить испытания, повысить достоверность и стабильность результатов.

2. На основе комплексных исследований показано, что наилучшую стойкость к кавитационному разрушению имеет покрытие из порошковой проволоки ППМ-6 наплавленном методом TIG (примерно в 4 и 10 раз выше по сравнению с образцами из аустенитных сталей E308L-17 и AISI 316L и примерно в 20 раз выше по сравнению с газотермическими покрытиями WC-CoCr, WC-CrC-Ni, и NiCrBSi). Это позволяет рекомендовать данный вид покрытия для эффективного метода защиты от кавитационного разрушения.

3. Разработаны технологические рекомендации по упрочнению типовых крыльчаток водяного насоса для перекачки воды в системе охлаждения различных агрегатов, подверженных кавитационной эрозии, применительно к типовой электростанции Дора (Багдад, Ирак) наплавкой порошковой проволокой ППМ-6.

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Кандидатская диссертация Алвана Хуссама Лефта Алвана полностью отвечает критериям, которые предусматривает для таких квалификационных работ «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденное

Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. В ней реализованы следующие принципы соответствия:

- содержание диссертации полностью соответствует заявленным в работе целям и задачам;
- автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации;
- печатные работы Алвана Х.Л.А., опубликованные в научных журналах, в том числе научных журналах, рекомендованных ВАК изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, также сборниках научных трудов международных конференций с достаточной полнотой отражают содержание диссертации;
- диссертация Алвана Х.Л.А., соответствует паспорту научной специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии», как по области исследования, так и по предмету исследования. Поэтому соответствие темы диссертации и научной специальности сомнений не вызывает.

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 187 страницы, среди них 63 рисунка, 18 таблиц. Список литературы содержит 187 наименования.

По моему мнению, автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Автором изучены и критически проанализированы достижения и теоретические положения многих исследователей, занимающихся изучением механизмов кавитационного разрушения, влиянием фазового состава и фазовых превращений на развитие усталостного разрушения в условиях кавитационного воздействия сталей со структурой метастабильного аустенита, а также занимающихся вопросами защиты металлических деталей от кавитационной эрозии и создания кавитационностойких материалов.

В работе представлен достаточно большой объем экспериментальных исследований по определению кавитационной стойкости покрытий, рассмотрен широкий диапазон покрытий из кавитационностойких материалов, нанесенных различными методами. Представлена разработанная установка, на которой проводятся испытания исследуемых материалов при кавитационном воздействии.

Для подтверждения теоретических положений автором проводится глубокий анализ причин различной кавитационной стойкости на основе экспериментальных исследований микроструктуры, фазового состава, микротвердости материалов и топографии поверхности.

В результате проведенных исследований представлены рекомендации по применению покрытия из порошковой проволоки ППМ-6 наплавленного методом TIG для эффективной защиты от кавитационного разрушения, и технология его нанесения для лопаток насосов системы охлаждения агрегатов электростанции Дора (Багдад, Ирак).

Замечания и дискуссионные положения

1. После проведенных испытаний поверхности покрытий, наплавленных проволокой аустенитного класса 316L и 308L, имеют практически одинаковый тип кавитационной эрозии с образованием кратеров, но разную стойкость по потере веса. Как оценивали начало кавитационного разрушения на данных образцах?

2. Почему при сравнительном исследовании покрытий, наплавленных AISI 316L, E308L-17 и ППМ-6, в работе приводятся данные по изменению микротвердости в зависимости от длительности кавитационного воздействия только для образца, наплавленного ППМ-6, а для остальных нет?

3. Считаю абсолютно некорректным применение термина «металл из метастабильной аустенитной стали 60X8ТЮ» для характеристики металла, полученного наплавкой порошковой проволокой ППМ-6. Сталь данного химического состава 60X8ТЮ относится к двухфазной – аустенито-мартенситной, что непосредственно подтверждается самим автором по результатам рентгенофазового анализа (29,5% мартенсита в структуре после наплавки). Однофазными принято считать стали, где вторая фаза не превышает 10%.

Данный термин встречается по тексту в автореферате и диссертационной работе (в Научной новизне работы, Теоретической и практической значимости работы и т.д.). На мой взгляд корректным будет термин «металл из стали 60X8ТЮ с метастабильным аустенитом»

Отмеченные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научную и практическую значимость.

Заключение

Диссертационная работа Алвана Хуссама Лефта Алвана «Повышение кавитационной стойкости поверхностей деталей нанесением защитных покрытий» представляет собой законченную работу, в которой автор, основываясь на литературном анализе проблемы, а также на теоретическом анализе и экспериментальном материале достиг поставленной цели. По результатам работы разработаны рекомендации по применению покрытия из

стали 60X8ТЮ с метастабильным аустенитом, а также разработана технология нанесения данного покрытия для защиты от кавитационного разрушения.

Выводы по работе соответствуют результатам теоретических и экспериментальных исследований. Выводы сформулированы корректно и отражают суть проведенных исследований. Основное содержание диссертации отражено в публикациях автора, в том числе 10 в журналах, рекомендованных ВАК, 8 в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, получен 1 патент.

По значимости полученных результатов, их новизне и оригинальности, а так же практической ценности, представленная диссертационная работа «Повышение кавитационной стойкости поверхностей деталей нанесением защитных покрытий» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Алвана Хуссама Лефта Алвана заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», доктор технических наук, доцент

Ольшанская Татьяна Васильевна

Подпись Ольшанской Е.В. заверяю



Ученый секретарь ПНПУ

В.И. Макаревич

Почтовый адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, корпус А

Телефон: +7 (342) 219-84-63

Адрес электронной почты: tvo66@rambler.ru