

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации А.М. Полянского на тему «Материаловедческие решения проблем разрушения деталей и узлов ЖРД большой мощности в производстве и эксплуатации», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 26.03.2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 11.12.2023 г., протокол № 16.

Диссертация выполнена в АО «НПО Энергомаш» им. академика В.П. Глушко.

Научный консультант – д.т.н., профессор кафедры металловедения и физики прочности НИТУ МИСИС Кудря Александр Викторович, профессор.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 16 от 11.12.2023 г.) в составе:

1. Прокошкин Сергей Дмитриевич, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Беломытцев Михаил Юрьевич, д.т.н., профессор кафедры металловедения и физики прочности НИТУ МИСИС;
3. Ракоч Александр Григорьевич, д.х.н., профессор кафедры металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов, профессор;
4. Бутрим Виктор Николаевич, д.т.н., главный металлург АО «НПО Композит»;
5. Маркелов Владимир Андреевич, д.т.н., главный научный сотрудник АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»;
6. Орлов Виктор Валерьевич, д.т.н., генеральный директор АО «НПО «ЦНИИТМАШ»;
7. Филиппов Георгий Анатольевич, д.т.н., директор Научного центра качественных сталей ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- определены механизмы технологического охрупчивания материалов для ЖРД большой мощности: жаропрочного медноникелевого сплава (сплав 273); коррозионностойкой полностью мартенситной стали 03X12H10МТР-ВД (ВНС-25) со 100%-м содержанием мартенсита; жаропрочного никелевого сплава ЖСЗ-ДК;
- доказано влияние акустической (ультразвуковой) кавитации, вызываемой высокочастотными акустическими колебаниями в камере сгорания, на образование проплавов теплозащитного хромоникелевого покрытия в результате локального перегрева охлаждаемой стенки камеры сгорания на участках пучностей стоячей поперечной тангенциальной ультразвуковой волны, имеющей длину, равную расстоянию между проплавами;
- предложен способ идентификации механизмов высокотемпературного разрушения методом датированного окисления, основанного на определении концентрации кислорода по длине трещины;

- обнаружено, что высокотемпературное циклическое деформирование сплава ЭК-61 значительно увеличивает скорость образования δ -фазы по сравнению с обычным статическим старением и снижает предел выносливости сплава;
- установлено, что гидроэрозионный износ поверхностей проточной части турбины происходит под воздействием капельной фазы закритического криогенного кислорода. При высоких уровнях вибраций повреждение рабочих поверхностей сопрягаемых деталей узлов ЖРД в трактах с инертной средой происходит по механизму фреттинг-износа, а основными контролирующими износ процессами являются фреттинг – усталость и схватывание (адгезия).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- расширено представление о механизмах распространения усталостных трещин в выходных кромках лопаток соплового аппарата (СА) (сплав ЭК61) и рабочего колеса турбины (РКТ) (сплав ЭП741 НП), заключающееся в наличии встречного роста поверхностных трещин, которые, последовательно соединяясь, образуют магистральную трещину. Образование в вершинах поверхностных трещин под воздействием термоударных нагрузок зон пластичности приводит к смещению каждой следующей трещины по отношению к предыдущей, что значительно снижает среднюю скорость их роста;
- достигнуто понимание о различии причин массового и единичного растрескивания лопаток РКТ (вследствие высокого наводороживания в результате индивидуальных особенностей технологических процессов изготовления РКТ) и выходных кромок РКТ (вследствие наличия микроконцентраторов напряжений).
- Классифицированы причины и механизмы разрушения трубопроводов: с овальным сечением (разность между большой a и малой b полуосями овала: $O = (a-b)/2$) в изгибе под воздействием пульсаций внутреннего давления зарождение усталостных трещин происходит на внутренней поверхности трубы в области максимальных растягивающих окружных напряжений на средней линии изгиба; при отсутствии давления в трубопроводе зарождение трещин происходит на внешней поверхности трубы в области максимальных растягивающих окружных напряжений на средней линии изгиба путем замедленного разрушения по механизму водородного охрупчивания; усталостное разрушение – по основному материалу трубы с зарождением усталостной трещины на границе валика сварного шва.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработан и внедрен в АО «НПО Энергомаш» им. академика В.П. Глушко комплекс методик, в т.ч. разработанных соискателем, для исследования механизмов преждевременного разрушения узлов и агрегатов ЖРД и факторов, определяющих их проявление;
- определен спектр причин и механизмов технологических и эксплуатационных разрушений узлов ЖРД и реализованы разработанные конструктивно - технологические мероприятия по их устранению в условиях производства ОАО «НПО Энергомаш» (г. Химки), а также смежных предприятиях отрасли ПАО «Протон ПМ» (г. Пермь), КБХА и ВМЗ (г. Воронеж), НПО Лавочкина (г. Химки), АО Кузнецов (г. Самара), что подтверждено соответствующими актами внедрения;

Оценка достоверности результатов исследования выявила: результаты и выводы по ним получены с использованием комплексного подхода к решению поставленных задач на основе применения современного оборудования и методов исследования и большого объема выполненных экспериментов в т.ч. по разработанным автором методикам, согласуются с имеющимися в научно-технической литературе представлениями по проблематике диссертации;

Личный вклад соискателя состоит в том, что он, непосредственно участвовал в проведении исследований характера и механизмов технологических и эксплуатационных разрушений деталей и узлов ЖРД и вырабатывал конструктивно-технологические мероприятия, позволяющие предотвращать разрушения. Полученные результаты исследований оформлял в виде научных публикаций, докладов и патентов. Совместно с научным консультантом участвовал в формулировании научной новизны и практической значимости, а также выводов диссертационной работы.

Соискатель представил публикации с основными выводами и положениями исследования в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК (39 статей), а также индексируемых в базах данных Scopus (7 публикаций), 4 патента (ВАК).

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Полянского Александра Михайловича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС». Она является законченной научно-квалификационной работой, в рамках которой автором изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на предотвращение разрушения деталей и узлов ЖРД большой мощности в производстве и эксплуатации, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие научно-технического потенциала космической отрасли народного хозяйства.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Александру Михайловичу Полянскому ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 6 человек, участвовавших в заседании, из 7 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 6 человек, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

26.03.2024 г.



С.Д. Прокошкин