

В диссертационный совет (24.2.327.04)
Д 212.125.15
при ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»
по адресу: 121552, г. Москва, ул.
Оршанская, д. 3.

ОТЗЫВ

официального оппонента **Помельниковой Аллы Сергеевны**,
доктора технических наук, профессора на диссертационную работу
Бибикова Петра Сергеевича «Влияние газо-термоциклических процессов
азотирования на структуру и свойства высоколегированных
коррозионностойких сталей авиационного назначения», представленную к
защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки)

Диссертационная работа Бибикова П. С. «Влияние газо-термоциклических процессов азотирования на структуру и свойства высоколегированных коррозионностойких сталей авиационного назначения» выполнена на основании значительного объема теоретических и практических исследований, проведенных непосредственно автором или при его участии в творческом коллективе.

Актуальность темы диссертации

Как выяснилось в результате совместной работы с некоторыми предприятиями, длительная эксплуатация многих изделий авиационного назначения часто выявляла брак поверхности деталей после традиционного азотирования, который наблюдался в виде неравномерного слоя, капельного слоя, а также, что самое опасное, в виде микро- и макротрещин. Это приводит к невозможности дальнейшего использования деталей и замене их, зачастую уже находящихся в сложных узлах и конструкциях. Причина некачественных слоев заключается в сложности азотирования высоколегированных сталей. Кроме того, при переходе от образцов и мелких серий изделий к массовому и крупносерийному производству, при котором требуется азотировать большие каталитические поверхности, процесс на практике выполнить достаточно проблематично. Кроме того, классическая структура, образующаяся на поверхности азотированного изделия – развитая высоко азотистая ϵ -фаза, которая, безусловно, повышает твердость слоя, но одновременно резко снижает пластичность и сопротивление хрупкому разрушению. Для ряда исследуемых деталей,

работающих в условиях изнашивания, такая высокая твердость считается недопустимой.

В диссертационной работе предложена трех ступенчатая (трехстадийная) схема азотирования, позволяющая одновременно получать гарантированные, качественные слои большей толщины, снизить твердость азотированного слоя до требуемой по условиям эксплуатации, резко сократить потребление аммиака, что немаловажно с точки зрения экологической безопасности, сохранив при этом механические свойства на уровне традиционного процесса. И, кроме того, получить возможность только одним параметром - длительностью третьей стадии - регулировать фазовый состав азотированного слоя, его структуру и, соответственно, изменять свойства изделия в широком диапазоне.

Поэтому тема диссертационной работы и исследования, проведенные автором, являются, безусловно, **актуальными и востребованными**.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы Бибикова П. Е. состоит:

- *в новом системном подходе* к процессу азотирования высоколегированных коррозионностойких сталей, основанном на исследовании закономерностей формирования азотированного слоя при трех стадийном термоциклическом процессе, заканчивающемся стадией стабилизирующей диффузии;
- *в научном обосновании* предложенных режимов азотирования, а именно: новых составов насыщающей среды, цикличности подачи воздуха и в связи с этим микроциклирования температуры на границе насыщающая среда-поверхность детали;
- *в научном обосновании* дисперсионного упрочнения поверхности азотированного слоя (ϵ -фазы) за счет образования нитридов легирующих элементов по механизму старения;
- *в научном обосновании* возможности регулирования фазовым составом и структурой поверхности параметром - *длительностью* третьей стадии объемной, или стабилизирующей диффузии;
- *в научном объяснении* образования и трансформации структуры приповерхностного слоя при дополнительной, третьей стадии стабилизирующей диффузии, заключающейся в разложении ϵ -фазы, дополнительном образовании γ' -фазы и переходе высвобождающегося азота в твердый раствор, что обеспечивает прирост зоны внутреннего азотирования.

Достоверность научных результатов и выводов диссертационной работы

Достоверность научных результатов и выводов диссертационной работы определена проведением экспериментов с использованием современных методов и методик (металлографического метода

исследований, рентгеновского фазового анализа, электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального анализа и др); использованием сертифицированного оборудования и применяемой в качестве теоретической базы классической теории азотирования, а также согласованностью теоретических результатов с экспериментальными данными, полученными автором и другими исследователями, работающими в данной области;

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается использованием основных научных положений материаловедения, а также ранее полученных и подтвержденных на практике результатов исследований других авторов, которые позволили уточнить решение поставленных задач и расширить их применение на практике.

Кроме того, рекомендуемая технология базируется на классических принципах теории азотирования, разработанной такими выдающимися учеными, как Лахтин Ю. М., Коган Я. Д., Герасимов С. А., Шашков Д. П., Александров В. А. и др.

Научная и практическая значимость работы

Разработанный автором новый метод трех стадийного азотирования позволяют *формировать качественную структуру* поверхности высоколегированных коррозионностойких сталей, представляющую сочетание низко азотистой, достаточно твердой, дисперсионно упрочненной нитридами легирующих элементов ϵ -фазы, протяженной, пластичной γ' -фазы и зоны внутреннего азотирования. Такая структура, как известно, хорошо работает в условиях изнашивания, обладает достаточной прочностью, пластичностью и сопротивлением хрупкому разрушению. Практические рекомендации по новому методу трех стадийного азотирования нашли свое применение на промышленных предприятиях аэрокосмической отрасли, что подтверждено актами внедрения.

Разработанная автором технология позволяет проводить процессы азотирования во временных пределах традиционного, классического азотирования, при этом значительно сокращая расход аммиака и выбросы в атмосферу, увеличивая толщину азотированного слоя, но при этом снижая твердость до необходимых по условиям эксплуатации значений, что позволяет исключить трещины при дальнейшей эксплуатации изделий.

Внедрение технологического процесса трех стадийного азотирования на производственном предприятии ПАО «Гидроавтоматика», ООО «Производственная Компания «Техзаказ-М» для рычагов, втулок, цапф и некоторых других изделий авиации позволило практически к нулю свести

брак поверхности, что является практической ценностью диссертационной работы Бибикова П. С.

Следует особо отметить, что на способ трех стадийного азотирования «Способ азотирования коррозионностойких и высоколегированных сталей» автором *получен патент Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент). № 2 756 547 С1, МПК С23С 8/26 (2006.01), рег. 01.10.2021.*

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа, состоит из введения, шести глав, заключения, основных выводов, списка литературы из 94 наименований. Диссертация изложена на 112 страницах, содержит 18 таблиц, 35 рисунков и 3 приложения.

Изложенные в диссертации материалы достаточно полно отражают объем проведенных диссертантом исследований. Представлены технически грамотным языком.

Автореферат, изданный на правах рукописи, содержит 22 страницы. Материалы, изложенные в автореферате, достаточно полно отражают содержание диссертации Бибикова П. С.

Замечания по диссертационной работе:

1. В выводе 1 отмечается, что была выявлена статистика запросов от авиационных предприятий о частом браке. Поясните, какой была выборка и какова частота встречающихся видов брака.
2. Хотелось бы, чтобы диссертант уточнил, что понимается под микроциклированием и макроциклированием (стр.51-53).
3. Следовало подробнее объяснить выбор состава рекомендуемых насыщающих сред, в том числе 70% воздуха и 30% аммиака.
4. Теплопроводность металла и скорость отвода тепла от поверхности детали ниже, чем скорость выделения тепловой энергии горения водорода на той же поверхности. С учетом этого, возможно ли, что температура на границе раздела газ-металл в момент подачи воздуха будет существенно выше, чем приведено в расчетах? И как это может повлиять на структуру поверхности?
5. Не указаны увеличения на фотографиях микроструктур диффузионных слоев (рис.2 автореф., рис.4.3,4.6 дисс.). Неточность в написании химических соединений (с.23 дисс., с.21 автореф.: NH_3 , O_2 , H_2O , NH_4Cl ;). Отсутствие единообразия в обозначении микротвердости (HV , кгс/мм²-с.23 дисс.; $\text{HV}_{0,98}$, МПа-с.24 дисс., с.9 автореф.; HV_{100} - с.66 дисс., с.9 автореф.; Микротвердость, МПа-с.91 дисс.).

6. Дополнением к информации об уменьшении брака после трех стадийного азотирования на промышленных предприятиях было бы целесообразно привести расчет экономического эффекта от внедрения данной технологии.

7. В списке работ по теме диссертации следовало бы указать и полученный автором патент Федеральной службы по интеллектуальной собственности на заявленный трех стадийный способ азотирования.

Отмеченные выше замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы П.С. Бибикова.

Основные результаты работы опубликованы в журналах и представлены на нескольких международных научно-технических конференциях. Всего опубликовано 7 печатных работ. В том числе 4 - в журналах, рекомендованных ВАК и 3- в журналах, включенных в международные системы цитирования Scopus, Web of Science.

Диссертационная работа Бибикова П.С. «Влияние газотермоциклических процессов азотирования на структуру и свойства высоколегированных коррозионностойких сталей авиационного назначения» в целом представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную решению актуальной проблемы, соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Бибиков П. С., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры МТ-8 «Материаловедение»
ФГБОУ ВПО «Московского государственного технического университета
им. Н. Э. Баумана»

Алла Сергеевна

Помельникова Алла Сергеевна.

Подпись Помельниковой Аллы Сергеевны заверяю.

02.12.2021

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1
тел. 8(499) 267-00-71, pomelnikovalla@rambler.ru

