

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Макущенко Ивана Сергеевича
«Противокоррозионный герметик для предотвращения коррозии
сопрягаемых металлических материалов», представленной на соискание
учёной степени кандидата технических наук по научной специальности
2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров
и композитов

Актуальность диссертационной работы

Увеличения срока эксплуатации авиационной техники достигается путем защиты ее элементов конструкций от возникновения и распространения коррозии. Герметизация, как один из основных способов противокоррозионной защиты, позволяет создать «барьер», способный не допустить утечек жидкостей и газов в места контактов элементов конструкций авиационной техники, таким образом, предотвращая возникновение коррозии. Применение герметиков авиационного назначения растет, ввиду развития авиационной отрасли. Однако, именно полисульфидные герметики обладают высоким спросом в авиастроении ввиду своих превосходных эксплуатационных характеристик и соответствия предъявляемым к материалам требованиям.

Полисульфидные герметики широко известны высокой прочностью, эксплуатацией в условиях экстремальных температур, а также долгому сроку службы и низкой потребности в ремонте. Главными особенностями полисульфидных герметиков являются их стойкость к воздействию многих жидких сред, высокая адгезия к металлу без применения подслоя, паро-и газонепроницаемость, также стойкость к воздействию УФ-излучения, озону, радиации и другим внешним воздействиям. Такой комплекс свойств дает преимущества перед герметиками на фтор-, кремнийорганической или полиуретановой основе.

Для повышения противокоррозионной защиты металлических элементов конструкций в полимерные составы вводят ингибиторы коррозии. Однако, применение ингибиторов коррозии в полисульфидных герметиках практически не исследовалось.

Актуальной задачей является исследование влияния ингибиторов коррозии на физико-механические и противокоррозионные свойства полисульфидного герметика, изучение его механизма защиты от коррозии и отверждения. Как результат, необходима разработка отечественного противокоррозионного герметика, обеспечивающего защиту конструкционных материалов в местах крепления элементов конструкций авиационной техники.

Целью своей работы автор ставит разработку состава, технологию изготовления и исследования механизма отверждения противокоррозионного полисульфидного герметика с улучшенными эксплуатационными

характеристиками для предотвращения контактной коррозии сопрягаемых металлических материалов авиационной техники.

Для достижения поставленной цели, автор решает следующие задачи:

1. Исследование и выбор меркаптосодержащих олигомеров в качестве матрицы герметика.
2. Исследование и выбор ингибиторов коррозии и их влияния на свойства модельной композиции герметика на основе меркаптосодержащих олигомеров.
3. Оценка эффективности защитной способности модельной композиции герметика, содержащей ингибиторы коррозии.
4. Разработка рецептуры и технологии изготовления герметика с противокоррозионными свойствами.

Научная новизна диссертации

В диссертационной работе Макущенко И.С. научно обосновано введение серы в вулканизаты на основе тиокола до 1,5 масс. ч., что способствует увеличению плотности вулканизационной сетки и структурных связей, повышающих прочность композиции. Установлено, что введение хромсодержащих ингибиторов коррозии в количестве 0,1 % ускоряет отверждение герметика ввиду протекания дополнительных реакций с участием шестивалентного хрома и способствует образованию плотной разветвленной микроструктуры. Предложен механизм защитного действия модельной композиции герметика, содержащего в составе ингибитор коррозии.

Практическая значимость полученных результатов работы

Автором разработаны и подтверждены на практике технологии, позволяющие изготавливать противокоррозионный герметик, выпускаемый под маркой ВГМ-17. Определена зависимость времени отверждения герметика в зависимости от условий окружающей среды. Противокоррозионный полисульфидный герметик опробован и внедрен в состав действующей авиационной техники.

Достоверность полученных результатов

Исследования подтверждены с использованием стандартизованных методов испытаний, поверенного современного оборудования, всесторонними исследованиями большого количества образцов и статистической обработкой значительного объема экспериментальных данных. Результаты исследований, представленные в диссертации, не противоречат опубликованным в открытой печати.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и основных выводов, списка литературы из 112 наименований, содержит

рисунков – 64, таблиц – 32. Общий объём диссертации – 148 страниц машинописного текста.

Введение

Автор обосновал актуальность диссертационной работы, сформулировал ее цель и определил задачи, научную новизну и практическую значимость работы, представил основные достигнутые результаты и положения, выносимые на защиту.

Первая глава

Первая глава представляет собой литературный обзор, в котором рассмотрены способы защиты элементов конструкций авиационной техники от воздействия коррозии, в частности, герметизирующими материалами, обеспечивающими дополнительную защиту.

Вторая глава

В главе приведено описание использованных материалов для изготовления модельной композиции герметика, приведены методики исследования. Выбранные автором методы свидетельствуют о высоком уровне исследований и надежности полученных данных.

Третья глава

Третья глава является началом экспериментальной части диссертационной работы и состоит из трех разделов, которые посвящены исследованию меркаптосодержащих олигомеров для оценки использования их в качестве матрицы герметика.

Определены динамическая вязкость, плотность, массовая доля примесей и воды, содержание общей серы и количество SH-групп меркаптосодержащих олигомеров. Исследованы основные физико-механические свойства вулканизатов на основе меркаптосодержащих олигомеров в зависимости от содержания серы. Показано, что вулканизаты на основе гибридных меркаптосодержащих олигомеров марок Ar, P-3, P-5 при введении серы имеют высокую прочность и низкую эластичность. При введении серы более 1,0 масс.ч. они быстро отверждаются, что усложняет их смешивание и дальнейшее нанесение. При содержании серы от 0,5 масс. ч до 1,5 масс. ч. в вулканизатах на основе тиоколов G 112, LP-32, TP-2 показатели физико-механических свойств в совокупности $\approx 35\%$ выше, чем у вулканизатов на тиоколах G21, LP-23, TP-3. Для тиоколов I-НТ, G21, LP-23, TP-3 требуется введение практически в 2,5 раза больше вулканизирующей пасты. Вулканизаты на основе тиоколов марок G-112, LP-32, II-НТ имеют высокие значения физико-механических свойств, соответствующих ГОСТ 12812-80, что в целом не исключает возможности применения их в качестве альтернативного варианта основы герметика. Однако, для дальнейших исследований в качестве матрицы противокоррозионного герметика был выбран тиокол марки TP-2.

Четвёртая глава

Четвертая глава диссертационной работы посвящена выбору и исследованию ИнК, и их влиянию на свойства МКГ на основе меркаптосодержащего олигомера и разделена на восемь разделов. Первый раздел посвящён разработке технологии изготовления модельной композиции герметика, содержащей ингибиторы коррозии. В технологии изготовления определены оптимальные параметры для перетира компонентов на трехвалковой краскотерке: ширина зазоров между валками не более 50 мкм при первом и втором проходе, температура валков равная 35-40 °С, скорость выходного вала 170-230 об/мин. Ингибиторы коррозии вводятся в компонент Б (вулканизирующую пасту), количество компонента Б определено в количестве 12 масс. ч.

Со второго по седьмой раздел изучаются свойства модельной композиции, содержащей ингибиторы коррозии. Введение более 1 % ингибитора коррозии снижает физико-механические свойства модельной композиции герметика, а введение 0,1 % и 0,5 % способствует улучшению физико-механических свойств более 10%. При содержании 0,1 % хромсодержащих ингибиторов коррозии композиция не относится к коррозионно-агрессивной. Таким образом, при дальнейших испытаниях принималась концентрация ингибиторов коррозии 0,1 % от общего количества компонентов.

Проведены исследования тепловых эффектов, протекающих в модельной композиции герметика, содержащей ингибиторы коррозии. Установлено влияние ингибиторов коррозии на скорость отверждения и микроструктуру, влагопоглощение, установлено наличие ионов ингибиторов в водной вытяжке модельной композиции герметика.

По полученным данным предположено, что в МКГ, содержащей ИнК, вероятно, реакция отверждения протекает по механизму поликонденсации, с сопутствующим выделением влаги. ИнК взаимодействуя с влагой диссоциируют с образованием ионов. В восьмом разделе приведены выводы по главе.

Пятая глава

Пятая глава диссертационной работы посвящена оценке эффективности защитной способности модельной композиции герметика, содержащей ингибиторы коррозии и состоит из пяти разделов.

В первом разделе приведены электрохимические исследования контактных пар в электролите, состоящем из водной вытяжки герметика без и содержанием ингибиторов коррозии и хлорида натрия. Установлено, что в электролитах водной вытяжки герметика, содержащей ингибиторы коррозии происходит снижение силы тока и напряжения, возникающие в гальванической паре. Ингибиторы коррозии показывают эффективность в снижении образования и распространения коррозии.

Во втором разделе по предварительной визуальной оценке было установлено, что наличие в составе МКГ ИнК способствует повышению

коррозионной стойкости конструкционно подобных образцов из разнородных материалов и увеличению времени их стойкости в агрессивной среде. В третьем и четвертом разделе проведена оценка площади и глубины распространения коррозии. Наибольшей эффективностью против распространения коррозии обладает композиция, содержащая ХЦА.

По результатам проведенных исследований предложен механизм защиты полисульфидного герметика, содержащего ингибиторы коррозии: в случае появления механических дефектов полимерных покрытий, принимающих на себя основной удар агрессивных факторов окружающей среды, высоких знакопеременных нагрузок, приводящих к появлению трещин, отслаиванию в результате снижения адгезии, может образовываться коррозия при попадании влаги или иного электролита. В процессе эксплуатации при возникновении механических дефектов и попадании влаги в образовавшуюся трещину, ингибитор коррозии вымывается в жидкость и попадает на защищаемую поверхность с образованием защитного слоя.

Шестая глава

Шестая глава описывает практическую реализацию полученных в работе результатов. По результатам испытаний установлено, что противокоррозионный герметик имеет квоту превосходства с зарубежным аналогом, показывает высокие прочностные свойства и адгезию к различным поверхностям. Герметик присвоена марка ВГМ-17.

Выводы

В выводах приводится совокупное описание всех основных полученных результатов, полученных в диссертационной работе.

Основные замечания и вопросы по работе:

1. Использование серы в полисульфидных олигомерах известно. Ускорение процесса отверждения в присутствии серы характерно для полисульфидных олигомеров с минимальным содержанием примесей.

2. Тиokol марки TP-2 по всей видимости является модификацией жидкого тиокола 2 марки производимого Казанским заводом СК .

3. В диссертации не указано что гибридные меркаптосодержащие олигомеры Аг, Р-2 и Р-5 не используются для получения топлвостойких герметиков

4. Непонятно что автор использует в качестве загустителя в герметиках.

5. В цели диссертационной работы автор ставит задачу «исследования механизма отверждения противокоррозионного полисульфидного герметика», однако из работы не ясен механизм отверждения полисульфидного герметика. Вместе с тем механизм отверждения противокоррозионного полисульфидного олигомера диоксидом марганца и бихроматом натрия в литературе известен и описан.

6. В разделе 4.7 приведены зависимости среднего значения изменения массы образцов МКГ, содержащих ИнК, в ходе экспозиции в топливе ТС-1 и дистиллированной воде. Однако, количество содержания ионов ингибиторов определено только в водной вытяжке модельной композиции герметика. Количество ионов, переходящих в топливо не установлено.

Высказанные замечания ни в коей мере не снижают ценности работы Макущенко И.С. «Противокоррозионный герметик для предотвращения коррозии сопрягаемых металлических материалов», которая соответствует научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов. Автором проделан и систематизирован большой объем экспериментальных и теоретических исследований. Работа выполнена на высоком научном уровне, изложена четким языком.

Заключение

По актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Макущенко И.С. «Противокоррозионный герметик для предотвращения коррозии сопрягаемых металлических материалов» соответствует требованиям ВАК, предъявляемыми к кандидатским диссертациям, согласно пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор Макущенко Иван Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Химии и технологии переработки эластомеров»

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,

доктор технических наук, профессор

Хак

Ю. Н. Хакимуллин
« 8 » октября 2025 г.

420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

Телефон:

Адрес электронной почты: hakim123@rambler.ru

Подпись Юрия Нуриевича Хакимуллина
заверяю

