





6-я Международная выставка и научная конференция по гидроавиации «Гидроавиасалон-2006»

# Gelendzhik'2006

## Перспективные технологии для снижения шума



Инженер-конструктор ТАНТК им. Г.М.Бериева Эдуард Заремба

Настоящее время для снижения шума от двигателей в самолетах-амфибиях Бе-200 применяются нанометрические технологии. Они представляют собой трехслойные конструкции, состоящие из перфорированной металлической обшивки, сотового наполнителя и пластиковой обшивки.

Второй вариант включает четыре несущих слоя, три из которых перфорированные и соединены с наполнителями диффузионной или электросваркой.

Второй вариант включает четыре несущих слоя, три из которых перфорированные. При этом несущие слои соединены парно с наполнителями, образуя зазор между перфорированными слоями.

Первый вариант еще не вышел из стадии эксперимента. А вот второй вариант уже находит применение на опытных двигателях.

Целесообразность использования того или иного метода снижения шума зависит от степени двухконтурности реактивного двигателя.

Второй вариант еще не вышел из стадии эксперимента. А вот второй вариант уже находит применение на опытных двигателях.

Целесообразность использования того или иного метода снижения шума зависит от степени двухконтурности реактивного двигателя.

Второй вариант еще не вышел из стадии эксперимента. А вот второй вариант уже находит применение на опытных двигателях.

Целесообразность использования того или иного метода снижения шума зависит от степени двухконтурности реактивного двигателя.

Второй вариант еще не вышел из стадии эксперимента. А вот второй вариант уже находит применение на опытных двигателях.

Целесообразность использования того или иного метода снижения шума зависит от степени двухконтурности реактивного двигателя.

Второй вариант еще не вышел из стадии эксперимента. А вот второй вариант уже находит применение на опытных двигателях.

Целесообразность использования того или иного метода снижения шума зависит от степени двухконтурности реактивного двигателя.

Второй вариант еще не вышел из стадии эксперимента. А вот второй вариант уже находит применение на опытных двигателях.

Целесообразность использования того или иного метода снижения шума зависит от степени двухконтурности реактивного двигателя.

Второй вариант еще не вышел из стадии эксперимента. А вот второй вариант уже находит применение на опытных двигателях.

Целесообразность использования того или иного метода снижения шума зависит от степени двухконтурности реактивного двигателя.

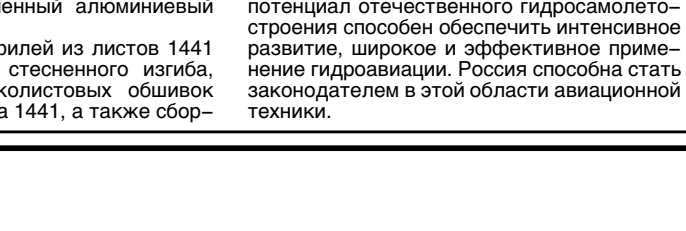
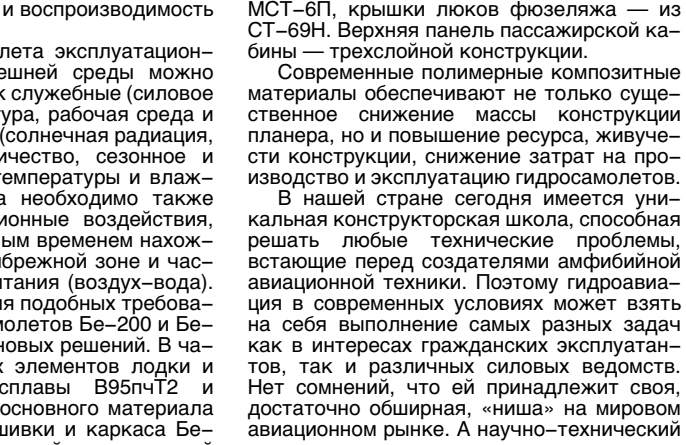
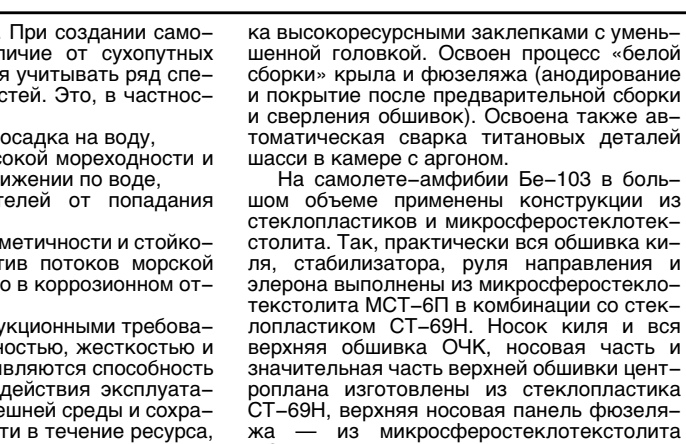
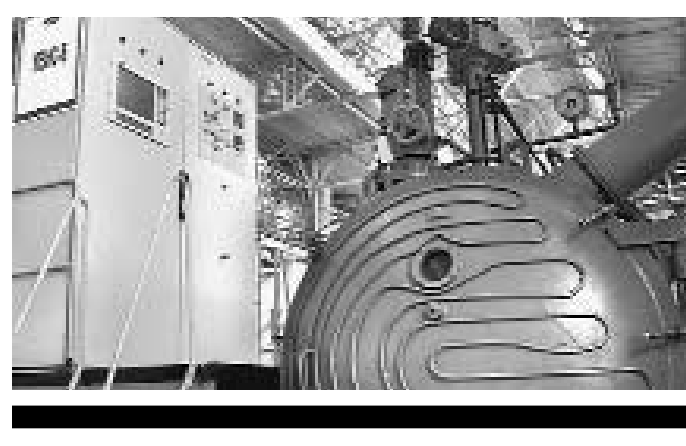
# МЕТАЛЛ И ВОДА



## В блеске панелей — опасность

Ведущий научный сотрудник, к.т.н. Вера Кузнецова

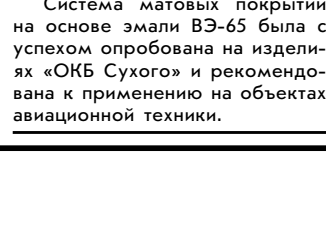
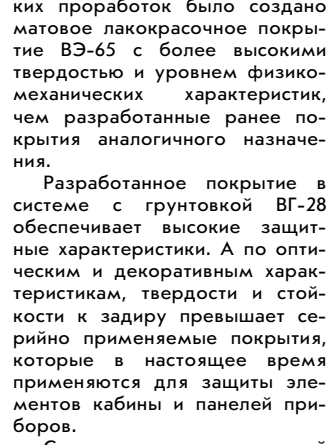
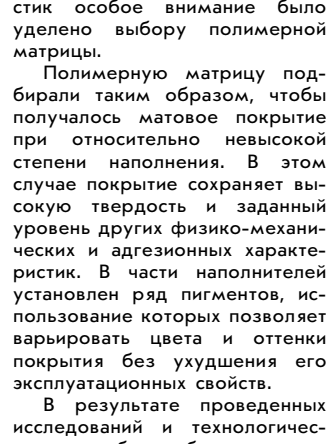
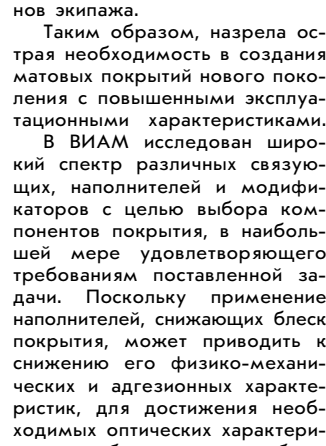
Развитие авиационной техники на современном этапе предъявляет высокие требования к качеству, внешнему виду



## Коррозия как причина усталости

Начальник лаборатории, к.т.н. Михаил Беляев

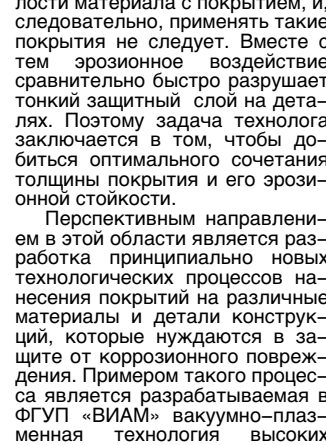
Окружающая среда, в условиях которой эксплуатируются авиационные материалы, оказывает значительное влияние на их прочностные свойства и в



## В широком диапазоне частот

Начальник сектора, к.т.н. Татьяна Гримайловская

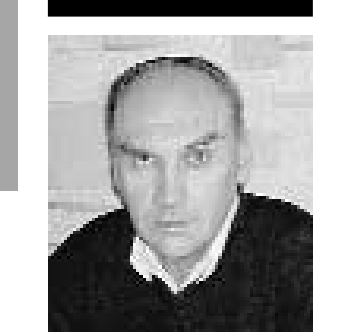
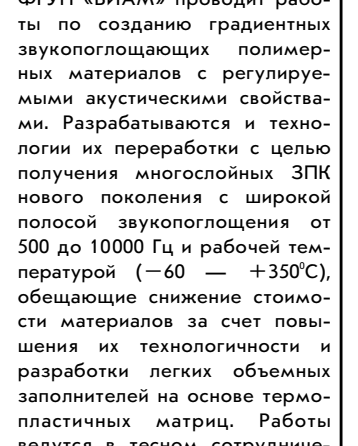
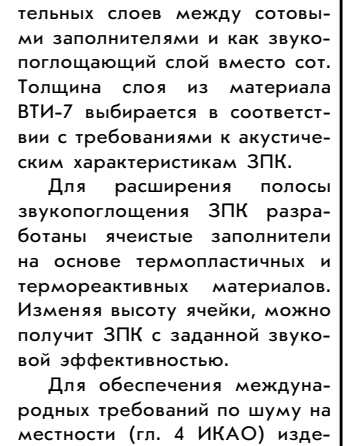
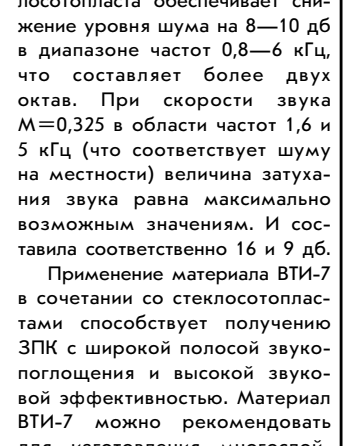
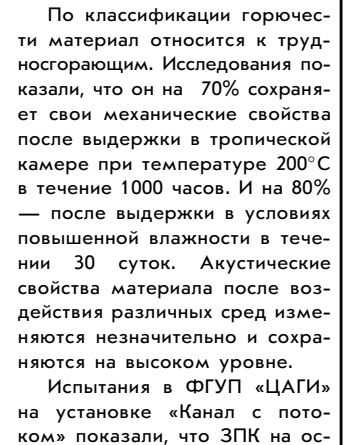
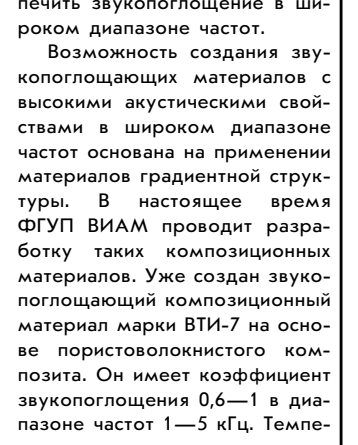
Проблема снижения шума на местности от работы авиационных двигателей стала одной из острейших задач авиа-



## Интерьер салона против огня

Начальник лаборатории Владимир Петухов

Автономность во время полета и наличие большого числа людей на ограниченном пространстве салона создает прост-



Начальник лаборатории Владимир Петухов

сложности в случае возникновения пожара на борту самолета. Поэтому при создании конструкции самолета помимо активных средств предупреждения и защиты от пожара должна использоваться и пассивная защита, затрудняющая возникнове-

ние и предотвращающая распространение огня. В первую очередь речь идет о материалах, имеющих низкую пожароопасность. В частности, они должны обеспечивать возможность эвакуации людей из горящего самолета после совершения им вынужденной посадки в течение двух минут.

В настоящее время при изготовлении панелей интерьера применяется разработанное ВИАМ водосодержащее фенолформальдегидное связующее ФПР-520, имеющее низкую экологичность и жароустойчивость при использовании в производстве за счет малого содержания ЛВЖ. Это связующее позволяет получать монолитный стеклопластик, соответствующий требованиям пожаробезопасности. Для изготовления же трехслойных панелей используется высококонцентрированное связующее ФПР-520, с появлением которого появилась возможность вести процесс по безклеевой технологии.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

Исключением из конструкции трехслойных панелей является пленка, сократившая тепловыделение, повисев тем самым пожаробезопасность панелей. Для внедрения связующего ФПР-520 в производство был проведен комплекс технологических мероприятий.

## Взлет с воды открывает новые возможности

Сейчас активно разрабатывается легкий самолет-амфибия Бе-101, предназначенный для коммерческой эксплуатации — в качестве частного самолета. В его конструкции широко используются композиционные материалы. Бе-101 может эксплуатироваться как в существующей инфраструктуре, так и вне сети аэродромов, базируясь на небольших водоемах, имеющих простейший выход на берег.

Перспективный многоцелевой самолет-амфибия Бе-112 проектируется для использования на региональных и местных воздушных линиях. Прежде всего — в регионах со слабо развитой транспортной инфраструктурой. Он сможет эксплуатироваться как с существующих аэродромов, так и с акваторий, оборудованных площадками для выхода на берег с целью заправки топливом и технического обслуживания.

В аэродинамической компоновке его лодки применена схема с широкой кормой и грузовой рампой, что позволяет расширить транспортные возможности самолета и упростить схему швартовки амфибии на неподготовленный берег.

Возможность создания современных самолетов-амфибий во многом определяется уровнем используемых материалов. К числу важнейших требований к ним относятся надежность, весовая эффективность, эксплуатационная безопасность, обеспечение летно-технических характеристик.

Различные эксплуатационные амфибии в сравнении с сухопутными летательными аппаратами не позволяют в полной мере использовать опыт проектирования последних без тщательной экспери-

ментальной проверки. При создании самолета-амфибии, в отличие от сухопутных самолетов, приходится учитывать ряд специфических особенностей. Это, в частности:

- взлет с воды и посадка на воду;
- достижение высокой мореходности и управляемости при движении по воде;
- защита двигателей от попадания морской воды;
- обеспечение герметичности и стойкости конструкции против потоков морской воды и ее агрессивного в коррозионном отношении воздействия.

Основными конструктивными требованиями, наряду с прочностью, жесткостью и другими свойствами, являются способность к сопротивлению воздействию эксплуатационных факторов внешней среды и сохранению любых технических проблемы, встающие перед создателями амфибий авиационной техники. Поэтому гидроавиация в современных условиях может занять на себя выполнение самых разных задач как в интересах гражданских эксплуатантов, так и различных силовых ведомств.

Нет сомнений, что ей принадлежит своя, достаточно обширная, «ниша» на мировом авиационном рынке. А научно-технический потенциал отечественного гидроавиационного строительства способен обеспечить интенсивное развитие, широкое и эффективное применение гидроавиации. Россия способна стать законодательницей в этой области авиационной техники.

В нашей стране сегодня имеется уникальная конструкторская школа, способная решать любые технические проблемы, встающие перед создателями амфибий авиационной техники. Поэтому гидроавиация в современных условиях может занять на себя выполнение самых разных задач как в интересах гражданских эксплуатантов, так и различных силовых ведомств.

Нет сомнений, что ей принадлежит своя, достаточно обширная, «ниша» на мировом авиационном рынке. А научно-технический потенциал отечественного гидроавиационного строительства способен обеспечить интенсивное развитие, широкое и эффективное применение гидроавиации. Россия способна стать законодательницей в этой области авиационной техники.

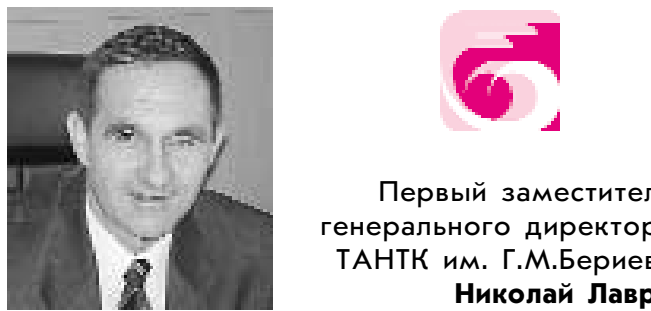


6-я Международная выставка и научная конференция по гидроавиации «Гидроавиасалон-2006»

Generoz 2006

МЕТАЛЛ И ВОДА

Благодаря применению интегральных конструкций



Первый заместитель генерального директора ТАНТК им. Г.М.Бериева Николай Лавро

Одним из путей снижения веса, повышения коррозионной стойкости и ресурса планера самолета-амфибии является применение полимерных композиционных материалов (ПКМ). Наиболее полно реализовать их свойства удалось в интегральных конструкциях.

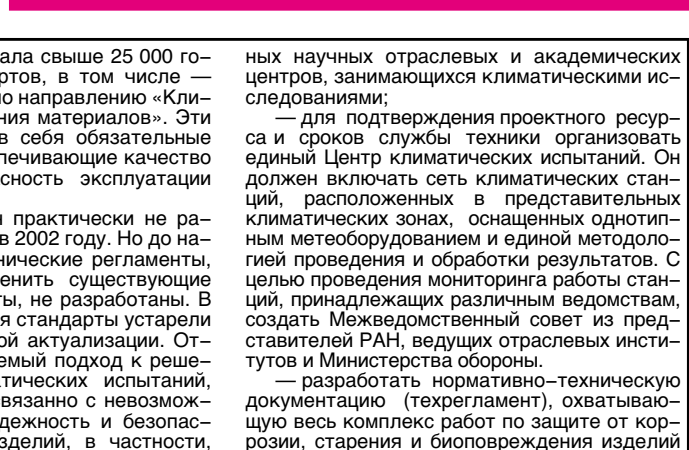
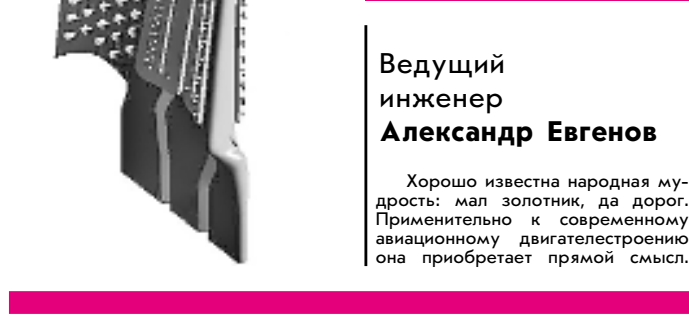
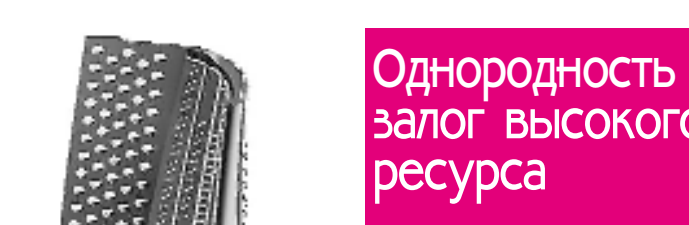
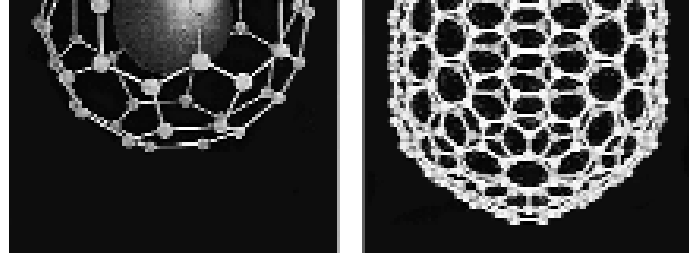
В период 1995-2003 гг. ТАНТК им. Г.М.Бериева была накоплен опыт проектирования и изготовления для самолетов-амфибий Бе-200 и Бе-103 боковин полкава, пилонных панелей крыла и крышек люков в виде интегральных конструкций из препрегов со стеклотканью, углеродными и гибридными наполнителями.

К наиболее весомым преимуществам интегральных конструкций следует отнести отсутствие механических соединений элементов и подгонки конструктивных элементов при сборке, минимум оснастки для изготовления. Недостатком конструкций из ПКМ являются в применяемых композиционных материалах.

Прежде всего это низкая удельная жесткость, накопленные статического электричества, сложности в передаче электроэнергии к потребителям с ростом объема применения ПКМ на планере самолета.

Безопасность гарантирует система испытаний

Эта база содержала свыше 25 000 государственных стандартов, в том числе — около 100 стандартов по направлению «Климатические испытания материалов». Эти стандарты включали в себя обязательные нормы и правила, обеспечивающие качество исполнения и безопасность эксплуатации изделий.



В последние годы существенное внимание уделяется технологиям, связанным с избирательным восстановлением (с целью ремонта) гальванических покрытий, поврежденных при эксплуатации узлов и агрегатов без демонтажа последних.

Восстановим, не снимая детали

Инженер Розалия Салахова

В последние годы существенное внимание уделяется технологиям, связанным с избирательным восстановлением (с целью ремонта) гальванических покрытий, поврежденных при эксплуатации узлов и агрегатов без демонтажа последних.

Ремонт поврежденных покрытий методом локального электроосаждения (метод электропитания) позволяет исключить применение гальванических ванн, значительно снизить потери электроэнергии, уменьшить загрязнение воздуха.

Ведущий инженер Александр Евгенов

Хорошо известна народная мудрость: мал золотник, да дорог. Применительно к современному авиационному двигателю это приобретает прямой смысл.

Золотниковые детали работают практически во всех узлах гидравлической газотурбинной двигателя: в насосах-регуляторах подачи топлива, форсажных насосах, автоматических дозирующих топлива.

Ресурс золотников, выполненных из существующих материалов, явно недостаточен, что стало особенно очевидным при эксплуатации отечественных истребителей в странах, где широко используются высокосернистые топлива.

Разработанная технология деформации позволила получить металл с высокой структурной однородностью и малым разбросом зерна.

Одним из преимуществ нанесения покрытий локальным способом является снижение скорости осаждения кадмиевого покрытия при локальном методе в 7-10 раз выше, чем аналогичных процессов в гальванической ванне.

Заполнители ускорят сборку

Ведущий научный сотрудник, к.т.н. Михаил Долматовский

Одной из постоянно актуальных задач, стоящих перед авиационной промышленностью, является снижение трудоемкости сборки литейных аппаратов при одновременном повышении качества изготовления конструкций и снижении их массы.

Полностью удовлетворить потребности при сборке (шафров, опливание припусков и технологических прокладок) следует отнести использование полимерных композиционных материалов (ПКЗ).

В настоящее время в НИИ «Авион» ведутся работы по созданию и внедрению в производство ПКЗ, способных выдерживать высокие температуры и нагрузки.

В НИИАЭ разработана портативная установка избирательного нанесения защитных покрытий на поверхности деталей.

Шероховатость цинковых и кадмиевых покрытий, полученных методом электропитания, уменьшается с ростом толщины покрытия, тогда как при нанесении этих покрытий в гальванической ванне шероховатость увеличивается с ростом толщины.

Основным преимуществом нанесения покрытий локальным способом является снижение скорости осаждения кадмиевого покрытия при локальном методе в 7-10 раз выше, чем аналогичных процессов в гальванической ванне.

В настоящее время в НИИАЭ проводятся работы по разработке технологии локального осаждения двухкомпонентных сплавов Zn-Ni, Cu-Zn, Cu-Sn, с использованием насыщенных анодов из гранул этих металлов.

От молний защитят наночастицы

Ведущий инженер Галина Начинкина

Развитие всепогодной авиации, внедрение углеродных композиционных материалов, а также оснащение самолетов современными электронными устройствами требует особого внимания к вопросам защиты от молний молниезащитности.

Объем применения углеродных композиционных материалов в ряде самолетов и вертолетов превышает 50% по весу, а по площади, выходящей на внешний контур, — около 80%.

Полностью удовлетворить потребности при сборке (шафров, опливание припусков и технологических прокладок) следует отнести использование полимерных композиционных материалов (ПКЗ).

В настоящее время в НИИ «Авион» ведутся работы по созданию и внедрению в производство ПКЗ, способных выдерживать высокие температуры и нагрузки.

В НИИАЭ разработана портативная установка избирательного нанесения защитных покрытий на поверхности деталей.

Шероховатость цинковых и кадмиевых покрытий, полученных методом электропитания, уменьшается с ростом толщины покрытия, тогда как при нанесении этих покрытий в гальванической ванне шероховатость увеличивается с ростом толщины.

Основным преимуществом нанесения покрытий локальным способом является снижение скорости осаждения кадмиевого покрытия при локальном методе в 7-10 раз выше, чем аналогичных процессов в гальванической ванне.

В настоящее время в НИИАЭ проводятся работы по разработке технологии локального осаждения двухкомпонентных сплавов Zn-Ni, Cu-Zn, Cu-Sn, с использованием насыщенных анодов из гранул этих металлов.



В последние годы существенное внимание уделяется технологиям, связанным с избирательным восстановлением (с целью ремонта) гальванических покрытий, поврежденных при эксплуатации узлов и агрегатов без демонтажа последних.

Ремонт поврежденных покрытий методом локального электроосаждения (метод электропитания) позволяет исключить применение гальванических ванн, значительно снизить потери электроэнергии, уменьшить загрязнение воздуха.

Золотниковые детали работают практически во всех узлах гидравлической газотурбинной двигателя: в насосах-регуляторах подачи топлива, форсажных насосах, автоматических дозирующих топлива.

Разработанная технология деформации позволила получить металл с высокой структурной однородностью и малым разбросом зерна.

Одним из преимуществ нанесения покрытий локальным способом является снижение скорости осаждения кадмиевого покрытия при локальном методе в 7-10 раз выше, чем аналогичных процессов в гальванической ванне.

В настоящее время в НИИАЭ проводятся работы по разработке технологии локального осаждения двухкомпонентных сплавов Zn-Ni, Cu-Zn, Cu-Sn, с использованием насыщенных анодов из гранул этих металлов.

Шероховатость цинковых и кадмиевых покрытий, полученных методом электропитания, уменьшается с ростом толщины покрытия, тогда как при нанесении этих покрытий в гальванической ванне шероховатость увеличивается с ростом толщины.

Основным преимуществом нанесения покрытий локальным способом является снижение скорости осаждения кадмиевого покрытия при локальном методе в 7-10 раз выше, чем аналогичных процессов в гальванической ванне.







6-я Международная выставка и научная конференция по гидроавиации «Гидроавиасалон-2006»

Gelendzik'2006

Испытательные станции в борьбе с коррозией

Начальник сектора Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН Петр Стрекалов

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН имеет 60-летний опыт работы по разным проблемам коррозии. Сразу после окончания второй мировой войны, когда начали восстанавливать разрушенный российский промышленный потенциал, возникла острая практическая необходимость в оценках коррозионной стойкости материалов, эффективности методов защиты, сроков службы изделий в различных условиях эксплуатации. Эта необходимость обусловила организацию в нашей стране первой сети коррозионных испытательных станций.

МЕТАЛЛ И ВОДА



Начальник ВЭТЦ ВИАМ, к.т.н. Вячеслав Касьяков

Бериллий — прочный, твердый и жесткий, жаро- и коррозионностойкий металл. Его плотность лишь незначительно превышает плотность магния и значительно (на треть) ниже плотности алюминия — «крылатого металла». При этом у него огромное превосходство над этими металлами по температуре плавления, что позволяет использовать бериллий в конструкциях, работающих в условиях выше точки плавления алюминия почти в 1,8 раза. А по весу конструкции из бериллия на 50—55% легче конструкций из алюминия при сохранении прочности свойств.



Важность испытаний в природных средах

Они экспонировались в теплом влажном, умеренном и тропическом климате в свободном и статическом напряженном состоянии. В большинстве случаев, как выяснилось, опасность представляют некачественные ПКМ, изготовленные с нарушением технологии (отклонение от температурного и временного режима формирования, прерывание процесса формирования, некачественные исходные компоненты и другие нарушения). Механические свойства данных ПКМ в исходном состоянии в большинстве случаев соответствуют требованиям технических условий. Но уже через 1—2 года пребывания в климатических условиях из-за значительного снижения деформационно-прочностных показателей такой материал может оказаться причиной повреждения или разрушения конструкции. Особенно — при максимальной температуре эксплуатации.

воздействию совместного влияния статических механических нагрузок и климатических факторов. А имеющаяся по этому поводу информация характеризует свойства незначительного количества ПКМ, изготовленных еще в середине 80-х годов. Также не проводятся испытания и практически отсутствует информация о влиянии динамических механических (циклических) нагрузок, а также других эксплуатационных нагрузок (тепловых, коррозионных и других) на свойства ПКМ при старении в природных средах. В то же время, исходя из понимания механизмов деградации свойств композиционных материалов при эксплуатации в климатических условиях, следует ожидать, например, что динамические механические нагрузки по степени влияния окажутся более агрессивным фактором, нежели статические. Опираясь на результаты фундаментальных и прикладных исследований ПКМ, а также исходя из материаловедческих основ предотвращения или локализации преждевременного разрушения материалов и экономической целесообразности, обеспечение безопасности ПТОС при эксплуатации или хранении в природных средах возможно при решении следующих задач:

Бериллий всегда вне конкуренции

Бериллий — прочный, твердый и жесткий, жаро- и коррозионностойкий металл. Его плотность лишь незначительно превышает плотность магния и значительно (на треть) ниже плотности алюминия — «крылатого металла». При этом у него огромное превосходство над этими металлами по температуре плавления, что позволяет использовать бериллий в конструкциях, работающих в условиях выше точки плавления алюминия почти в 1,8 раза.

Исследования показали, что химическое окисление бериллия не приводит к снижению механических свойств. А данная подготовка поверхности способствует резкому повышению адгезии лакокрасочного покрытия. Предотвращение окисления бериллия пассивной хроматной пленкой позволило изобрести термообработку изделий из бериллия в печах с окислительной атмосферой. Защитные действия пассивной хроматной пленки в окислительных условиях при повышенных температурах позволило широко внедрить данный процесс для защиты ответственных конструктивных деталей из бериллия в авиационно-космических изделиях — таких, как тормоза (предотвращает вынос вредных взрывоопасных элементов, зеркала, детали гироскопа, рамки остекления, платформы, окна рентгеновских аппаратов (как экологически чистые изделия)).

Бериллий является самым легким металлом, который не будет заметно испаряться в вакуумном пространстве. До настоящего времени одним из важнейших его применений является использование в конструкциях рентгеновских окон, для которых он оказывается идеальным, так как является прозрачным для электромагнитного излучения. Проницаемость для рентгеновских лучей у бериллия в 17 раз больше, чем у алюминия.

Широко применяется бериллий не только в атомной промышленности, где используются его чрезвычайно малые поперечное сечение захвата (в 20 раз меньше, чем у циркония) и способность к замедлению нейтронов, образовавшихся в результате ядерных реакций. Причем, величина сечения поперечного захвата нейтронов у бериллия в 50 раз меньше, чем у алюминия. Было найдено и то, что бериллий испускает нейтроны в 1,5 раза больше, чем другие элементы. Это свойство объясняется тем, что бериллий имеет очень малый атомный номер и небольшой заряд ядра. Бериллий меньше других элементов рассеивает пучок протонов, что позволяет осуществлять эффективное многоступенчатое охлаждение скважины мишень в циклотроне. При этом, как и в других случаях, долговечная наведенная радиоактивность в бериллии очень мала. При всех видах коррозионных испытаний установлено, что повышение дисперсности порошка приводит к некоторому повышению коррозионной стойкости бериллия. Примеси железа, углерода, меди и хрома, содержащиеся в бериллии, не оказывают влияния на общую коррозионную стойкость преславленного мелкодисперсного бериллия. Создание сложных конструкций требует применения большого количества различных материалов, находящихся в непосредственном контакте, что может привести к возникновению контактной коррозии. Исследования пока-

Ангармонизм — инструмент контроля

Ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н. Константин Никитин

В современном металлостроении так называемые дислокации — как пластические деформации, так и дислокации, возникающие в процессе изготовления деталей, рассматриваются с использованием представления о линейных дефектах кристаллической структуры — так называемых дислокациях. Важную роль играют и наличие точечных дефектов — вакансий. Дислокации и вакансии в сотни и тысячи раз понижают прочность металла. Под действием приложенной к детали внешней силы дислокации перемещаются по ее объему, эффективно взаимодействуя друг с другом и с точечными дефектами. По мере роста деформации интенсивность этих взаимодействий растет, в результате чего дислокационная субструктура по мере накопления повреждений претерпевает перестройку. Исходным моментом разрушения любого металла является образование микротрещины. Для ее зарождения необходим соответствующий концентратор напряжений. Таким концентратором является область скопления дислокаций и вакансий и жесткого образования дислокаций инородным включением или любым другим дефектом. Дислокация уже сама по себе является атомной трещиной.

Отсюда ясно, насколько важен контроль за дислокационной структурой ответственных несущих деталей. Однако традиционные методы исследования и контроля весьма трудоёмки, требуют специально подготовленных образцов и трудоемкого анализа для контроля готовых деталей в процессе их эксплуатации. Одним из наиболее перспективных новых методов, на наш взгляд, здесь является измерение так называемого дислокационного ангармонизма, реализуемое неразрушающими ультразвуковыми методами. Что же такое ангармонизм? Как известно, кристаллическую решетку легче растянуть, нежели сжать, что указывает на принципиальную нелинейность закона Гука. В реальном кристалле наличие дефектов структурно существенно увеличивает данную нелинейность. В физике металлов под ангармонизмом понимаются любые эффекты, обусловленные этим нелинейным характером закона Гука. С целью разработки практического метода неразрушающего контроля дислокационной структуры в ВИАМ была проведена серия работ по экспериментальному исследованию влияния пластической деформации на дислокационный ангармонизм меди, стали и ряда алюминиевых сплавов. Полученные результаты показали, что пластическая деформация значительно изменяет ангармонизм металлов. Например, наблюдаемое изменение модулей упругости третьего порядка достигало сотен процентов.

Значительно более сильное влияние дислокационного ангармонизма следует ожидать при измерении модулей упругости четвертого порядка. Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования показали, что здесь вклад дислокаций во много раз превышает вклад кристаллической решетки. И, следовательно, при измерении модулей упругости четвертого порядка влиянием кристаллической решетки можно пренебречь. Следовательно, измерение модулей упругости четвертого порядка позволяет контролировать непосредственно дислокационную структуру кристалла. И судить об ее уровне в процессе производства и дальнейшей эксплуатации деталей.

Нами были также проведены исследования количественной взаимосвязи модулей упругости четвертого порядка с плотностью дислокаций в монокристаллических пластинах чистого бездислокационного кремния. Путем введения туда дислокаций с тарированной плотностью впервые была получена экспериментальная взаимосвязь модуля упругости четвертого порядка с плотностью дислокаций для чистого монокристалла, хорошо согласующаяся с теоретической зависимостью. Проведенные нами исследования показывают принципиальную возможность разработки и создания эффективной методики и аппаратуры неразрушающего контроля дислокационной структуры и связанного с ней ресурса в процессе эксплуатации ответственных деталей летательных аппаратов, основанную на измерении ангармонизма неразрушающими ультразвуковыми методами.

Экспериментально было установлено, что пористость никелевых покрытий зависит от содержания нанопорошка в электролите и толщины покрытия. Так, начиная с толщины 15—20 мкм никелевые покрытия из электролитов, содержащих нанопорошки, становятся беспористыми. И, как следствие, обладают высокими защитными свойствами в коррозионных средах.

