



Рисунок 1 – Образцы применения композиционных материалов:  
*а* – шестерня, *б* – биметаллическая втулка, *в* – композиционная втулка

Разработанные композиционные материалы были использованы для изготовления линейных подшипников скольжения при ремонте турбоагрегатов типа Т-250, К-300, ТК-330, Т-100, Т-180, ПТ-65 для нормализации тепломеханического состояния турбоагрегата (пластины под поверхности скольжения корпусов подшипников турбины, продольные и поперечные шпонки, самоустанавливающиеся опоры под лапы ЦСД), а также для замены подшипников качения в системах парораспределения. При этом для нужд энергетики композиционный материал должен обладать следующими свойствами: общий износ пары трения – не более 0,1 мм; пробег за срок службы с учетом долговечности – 2000 м; коэффициент трения со смазкой– 0,04-0,06; удельное давление – до 100 кг/см<sup>2</sup>; температура эксплуатации – до 350°С; электрохимическая стойкость при работе с ответной парой трения. Разработки внедрены на Минских ТЭЦ-3, ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5, Лукомльской ГРЭС, Новополоцкой ТЭЦ-2 и других тепловых станциях Республики Беларусь используются для реконструкции турбинных агрегатов ОАО «БелЭнергоРемНаладка». Разработанные материалы использованы при ремонте и реконструкции более 20 турбоагрегатов.

Шестерни из композиционного материала были применены в качестве червячных пар на ОАО «Бобруйский завод Автогидроусилитель» и других предприятиях Республики и стран Евросоюза (например, NEST Baltija Каунас, Литва).

#### **Список использованных источников**

1. Kalinichenko A.S., Kezik V.Ya., Bergmann H.W., Kalinitchenko V.A. Structure of surface layers of metal matrix composites // *Materialswissenschaft und Werkstofftechnik*, 1999. – V. 30. – Pp. 136-144.
2. Витязь П.А., Калиниченко А.С., Жорник В.И., Кукареко В.А. Применение макрогетерогенных композитов и модификация смазочных материалов для модернизации тяжело-нагруженных узлов трения // *Ремонт, восстановление, модернизация*, 2010. – № 11. – С. 2-9.
3. Тучинский Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.

УДК 621.88; 669.53.01.99

### **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ, КОНСТРУКЦИЙ В КОМПОЗИЦИИ МЕТАЛЛ-МЕТАЛЛ, МЕТАЛЛ-ПОРИСТОЕ ТЕЛО-МЕТАЛЛ, МЕТАЛЛ-ПЛАСТИК, ПЛАСТИК-ПЛАСТИК С ПОМОЩЬЮ ПРОЦЕССА СКЛЕИВАНИЯ АДГЕЗИВАМИ**

*Калиниченко М.Л., Долгий Л.П.*

*Белорусский национальный технический университет*

Создание конструкционных изделий из трудно скрепляемых материалов, различных по модулю упругости и жесткости является весьма трудоемким, энергоемким и наукоемким процессом. Поэтому снижение затрат для создания ответственных узлов

представляет серьезную задачу для ведущих стран мира. Одним из перспективных методов создания неразъемных соединений является склеивание. Процесс склеивания уже хорошо зарекомендовал себя при изготовлении модельной оснастки в литейном производстве. Для решения данной задачи используются методы создания модельных комплектов на основе разнородных материалов, которые изготавливаются методом 3D-фрезерования, с последующим соединением и креплением на основу (подмодельные плиты) а также друг другом при помощи клеевых адгезивных соединений. При изготовлении опытных образцов (до 10 штук) требования к модельным комплектам не являются особенно жесткими, так как возможные дефекты и нестыковки полученных отливок решаются способами механической обработки.

Процесс склеивания – это гибкость и привлекательность дизайна изделия. Данный процесс не требует добавочных операций, способствует поглощению вибраций и шума, заполнение пор, герметизации, защищает поверхность от электрохимической коррозии, компенсирует тепловые расширения материалов, более равномерное распределение напряжений в склеиваемых элементах по всей площади, чем при сварке, клепке, или в резьбовых соединениях.

Технико-экономические показатели по результатам испытаний и освоения показывают, что применение предлагаемой технологии склеивания приводит к снижению стоимости и трудоемкости готовой продукции, а также повышению оперативности изготовления и высокой ремонтпригодности.

Технология позволяет соединять детали из трудно скрепляемых материалов, таких как нержавеющая сталь, титан и их композиций, а также иных разнородных материалов, в том числе пористых материалов. Склеенные соединения выдерживают нагрузки около 25 МПа. Технология удобна для ремонта любой техники, а также создания технологических изделий взамен технологии спекания, сварки, клепки и т.д. в области машиностроения.

Так, например, на базе НИИЛ ЛиТ были подготовлены чертежи и технологические карты сборки (рис. 1) для образцов щелевого фильтра и осуществлен выбор адгезива, который основывался на ранее проведенных экспериментальных данных [1]. Для исследования использовался адгезив компании 3М марки DP 8805NS. Подготовка поверхности проводилась в соответствии со стандартными методиками, разработанными компанией 3М для склейки металла [1].

Были получены ряд испытательных образцов (рис. 2) для проведения гидродинамических испытаний на базе участка водоподготовки ОАО «Белэнергоремналадка» (рис. 2а) и последующих промышленных испытаний на базе ОАО «Минскводоканал» (рис. 2б).

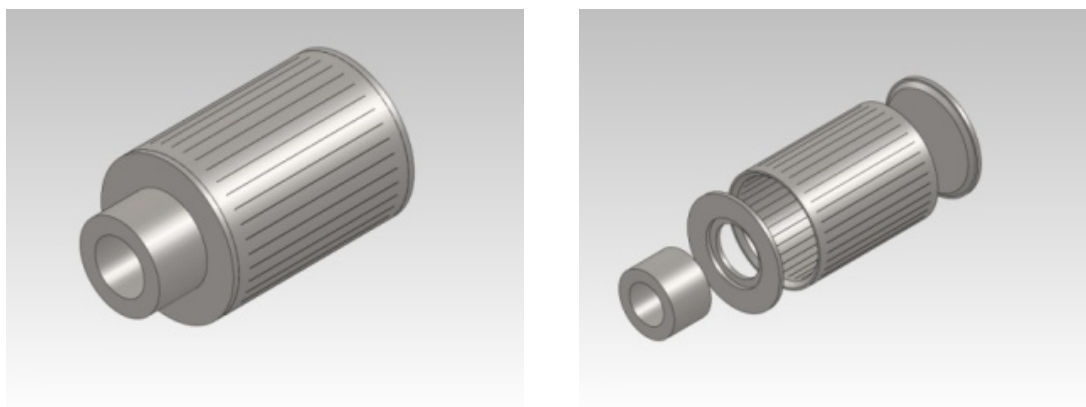


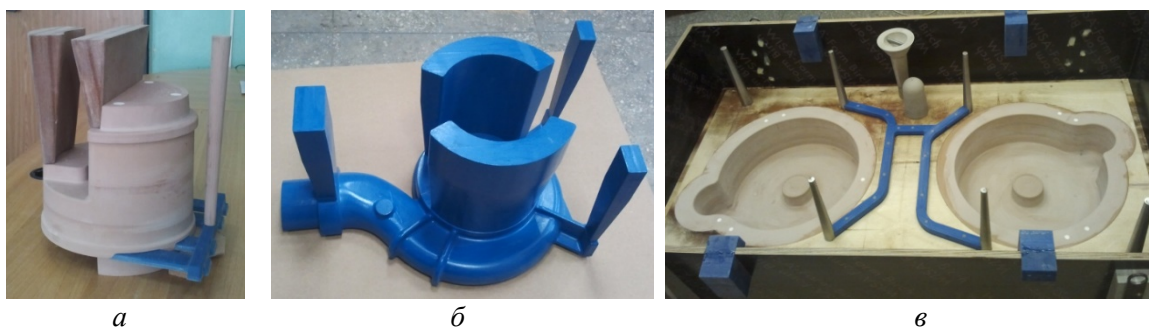
Рисунок 1 – Сборочная схема щелевого фильтра



*а* *б*  
Рисунок 2 – образцы для последующих испытаний

Стендовые испытания на макете (рис. 2а) проводились на базе участка водоподготовки ОАО «Белэнергоремналадка» в соответствии с ГОСТ 3845-75 и ГОСТ 52910-2008 на сертифицированном оборудовании: стенд испытаний гидравлическим давлением КПУУ 3424.00.00 с максимальным давлением 32 МПа.

Также технология склеивания успешно применяется для изготовления моделей для литья в землю на основе полимеров и иных материалов с помощью адгезивов для изготовления индивидуальных модельных комплектов для точного литья в металлургии (рис. 3).



*а* *б* *в*  
Рисунок 3 – Примеры исполнения модельной оснастки:  
*а* – модель корпуса с литниковой системой (МДФ и пластики: PROLAB 65 и LAB 850),  
*б* – модель корпуса насоса (пластик - LAB 850),  
*в* – модельная оснастка (МДФ и пластики: PROLAB 75 и LAB 850)

Для этого на базе НИИЛ ЛиТ производится компьютерное имитационное моделирование технологического процесса и изготовления 3-х мерных моделей для изготовления шаблонов и мастер моделей, а также для форм и другой производственной оснастки, которые благодаря низкому коэффициенту теплового расширения могут быть использованы для переработки препрегов.

В лаборатории проводятся научные исследования по оптимальному подбору адгезива к определенному виду (видам) материалов, в том числе и с различной пористостью. Учитывая, как практический аспект (долговечность), так и ценовой. На базе лаборатории выполняется как научно-исследовательская, так и опытно-конструкторская (технологическая) работа.

Лаборатория производит разработку рекомендаций по применению различных типов адгезивов, полимеров и их соединений, а также их комбинаций с металлами для создания модельных комплектов, а также подбор данных типов соединений для различных типов формовочных смесей. Производит разработку технологии склеивания под конкретное соединение. Производит усовершенствование процесса создания модельных комплектов. Разработку модельных комплектов для выпуска индивидуальных или массовых изделий.

Работа ведется по прямым договорам.

Представители машиностроительного и металлургического комплекса. Автомобилестроение, индустрия транспорта, промышленное применение, судостроение, авиационная индустрия, возобновляемая энергетика (ветро- и солнечная энергетика). Машиностроительные, приборостроительные, литейные и металлургические предприятия стран СНГ и Прибалтики.

#### **Список использованных источников**

1. Калиниченко М.Л., Калиниченко В.А. Сборник научных трудов X МНТК. Современные методы и технологии создания и обработки материалов. – Минск: ФТИ, 16-18.09.2015. – Кн. 2. – С. 196-199.

УДК 669:620.197

### **МЕТОД РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ**

*Качанов И.В., Жук А.Н., Филипчик А.В., Шаталов И.М., Ковалевич В.С., Качанова Е.В.  
Белорусский национальный технический университет*

Существует большое количество способов очистки плоских стальных поверхностей от коррозии. Обзор технологий очистки показывает, что их реализация в случае использования ручного труда (очистка с помощью шаберов, скребков, секачей, металлических щеток, зубила и т.д.) является малопродуктивной, осуществляется в плохих санитарно-гигиенических условиях труда, требует больших физических затрат [1-4].

Механизированные способы очистки (шарошки и щетки с пневмоэлектроприводом, пневмомолотки) также характеризуются рядом недостатков (сильный шум, неполная очистка сварных и заклепочных швов, наличие насечек на поверхности металла, низкая производительность, быстрое изнашивание шарошек и щеток).

Серьезные недостатки присущи и методу пескоструйной очистки. К их числу следует отнести высокую концентрацию абразивной пыли, достигающую до 15000 мг/м<sup>3</sup>, значительный расход абразива (25-30 кг/м<sup>2</sup>), дополнительные работы, связанные с предварительной просушкой песка, а также с последующей его уборкой и регенерацией. Большинство этих недостатков присущи и дробеструйной очистке.

Одним из направлений повышения производительности и улучшения условий труда при очистке корпусов судов от коррозии является использование метода гидроабразивной очистки (ГАО). Процесс очистки состоит в эрозионном воздействии высокоскоростной водяной струи и твердых абразивных частиц на обрабатываемый материал. Вода при этом выполняет лишь функцию носителя. В основе гидроабразивного метода, широко используемого в последнее время, лежит комбинированный механизм очистки, хрупкого и усталостного разрушения и местного оплавления [1]. Обработка осуществляется за счет определенного количества отдельных «съемов» материала, вызываемых ударением в него твердых частиц. Скорость процесса эрозии зависит от кинетической энергии формы частиц, угла атаки потока, механических свойств очищаемого материала.

Однако, отрицательным моментом рассмотренной технологии следует считать неполное использование кинетической энергии струи жидкости, взаимодействующей с преградой.

Для устранения отмеченного недостатка, с одновременным повышением производительности труда и снижением энергозатрат предлагается при очистке использовать реверсивно-струйное течение жидкости относительно обрабатываемой поверхности. Для получения такого течения сопловый блок помещается в корпус, который позволяет произвести разворот струи на 180° и тем самым увеличить силовое воздействие на обрабатываемую поверхность ориентировочно на 70-80 %, так же данное устройство позволяет