



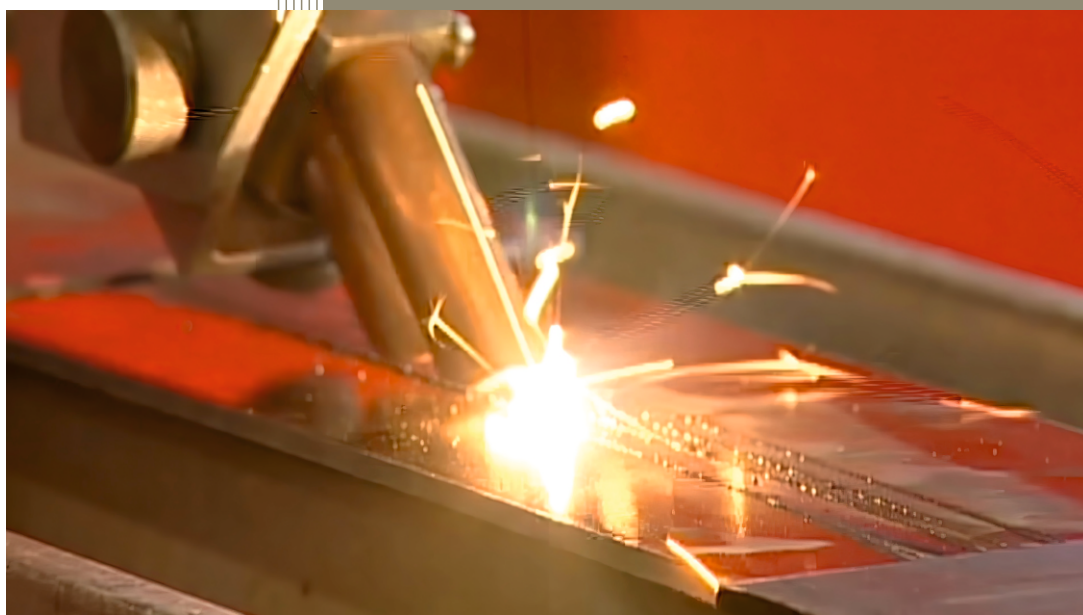
НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ЦНИИ КМ «ПРОМЕТЕЙ»



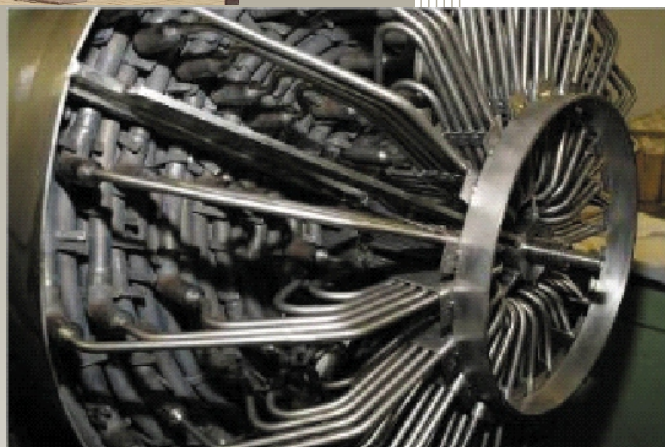
СВАРКА

каталог продукции и услуг



СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ТЕХНОЛОГИИ
СВАРКИ И НАПЛАВКИ
ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Санкт-Петербург
2023



191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, 49

Тел.: (812) 274-37-96

e-mail: mail@crism.ru

www.crism-prometey.ru





ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И. В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» является крупнейшим межотраслевым материаловедческим центром России, признанным лидером в области разработки уникальных конструкционных металлических, полимерных композиционных и функциональных материалов, а также технологий их производства.

Разработки института направлены на развитие основополагающих отраслей промышленности: судостроения, атомной, тепловой и гидроэнергетики, газодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, машиностроения, где изделия, конструкции и оборудование работают в экстремальных условиях эксплуатации.

Одним из важнейших направлений деятельности НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» является разработка сварочных материалов и технологий сварки конструкционных материалов различных классов и назначения: сталей, алюминиевых, титановых и медных сплавов в широком диапазоне толщин. Специалистами института разработаны инновационные методы сварки вертикальных, стыковых и тавровых соединений с принудительным формированием шва; технологии сварки встык кольцевых поковок супербольших толщин.

Благодаря высокому уровню разработок институт имеет репутацию надежного партнера, что позволяет устанавливать прочные и доверительные отношения с отечественными и зарубежными заказчиками.

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» является пионером в создании и применении морских титановых сплавов для корпусов судов, судовой энергетики и судового машиностроения. Предприятием разработаны и внедрены технологии промышленного производства полуфабрикатов, их сварки и наплавки, что позволило создать уникальные образцы глубоководной техники для освоения мирового океана.

В цельнотитановом исполнении были созданы заказы проектов 661, 705, 705К, 685 («Комсомолец»), 865, 945 («Барракуда»), 945А («Кондор»), 1851, 1910, 10831 и др. Из морских титановых сплавов изготовлены прочные корпуса российских глубоководных аппаратов «Русь», «Консул», а также аппаратов «Бестер», «Приз», предназначенных для спасательных работ, исследования дна мирового океана, для различного рода подводных работ, связанных в основном с разведкой полезных ископаемых.

Опыт эксплуатации созданных образцов техники подтвердил эффективность применения морских титановых сплавов. Применение титановых сплавов позволяет повысить технические характеристики изделий, необходимую мощность энергетических установок, снизить массогабаритные характеристики, численность обслуживающего персонала, повысить скоростные характеристики, скрытность, автономность, ресурс и надежность оборудования.

Морские титановые сплавы используются в системах и оборудовании изделий и судов с несущими конструкциями из сталей. Это корабельные системы морской воды, парогенераторы, турбинные установки, теплообменное оборудование, движительные комплексы, рули, гидроакустические системы и др. За счет применения титановых сплавов решена проблема ресурса парогенераторов транспортных атомных энергетических установок (АЭУ) и корабельных систем морской воды.

Ресурс корпусных конструкций и судовых систем морской воды из титановых сплавов не лимитирует срок эксплуатации судна в целом. Уникальные свойства титановых сплавов и многолетний опыт их применения в судостроении, включая ледокольный флот, дают существенные преимущества при проектировании, строительстве и эксплуатации конструкций и оборудования для добычи углеводородов с морского дна, особенно при наличии в продуктах добычи углекислого газа, сероводорода и минерализованной воды.

Морские титановые сплавы обладают высокой технологичностью при производстве полуфабрикатов и в судостроительном переделе, высокой прочностью при высоких значениях пластичности и вязкости в крупногабаритных полуфабрикатах, имеют хорошую свариваемость всеми видами сварки без последующей термообработки для снятия сварочных напряжений.

Основные материалы и полуфабрикаты из титановых сплавов, разработанные НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» и освоенные промышленностью:

- ◆ листовой прокат: ПТ-3В, 5В, 40, ВТ1-0, ВТ1-00;
- ◆ толстолистовые холодногнутые и горячештампованные заготовки: ПТ-3В, 5В;
- ◆ поковки и кованые прутки: ПТ-3В, 3М, 5В, 37, 19;
- ◆ цельнокатаные кольца: ПТ-3В, 3М, 5В;
- ◆ горячекатаные прутки: ПТ-3В, 3М, 5В, 37, 19; ВТ-16;
- ◆ фасонные отливки: ТЛЗ, ТЛ5, 5ВЛ;
- ◆ горячедеформированные трубы: ПТ-7М, ПТ-1М, ВТ1-0, ВТ1-00;
- ◆ сосуды для хранения воздуха и газов под давлением (баллоны): 14;
- ◆ холоднодеформированные трубы: ПТ-7М, ПТ-1М, ВТ1-0, ВТ1-00, 14, 5В;
- ◆ сварные трубы: ВТ1-0, ВТ1-00;
- ◆ сварочная проволока: ПТ-7Мсв, 2В, ВТ1-00св, ВТ6св.

Осуществляем:

★ *Выбор, разработку и обоснование применения сварочных материалов и технологий сварки под задачи и требования Заказчика.*

★ *Материаловедческое сопровождение проектов Заказчика на всех этапах жизненного цикла. Техническое сопровождение строительства заказов на предприятии Заказчика, в том числе сопровождение изготовления сварных конструкций.*

★ *Материаловедческое и техническое сопровождение промышленного освоения технологий сварки на предприятии Заказчика. Организацию и подготовку производства по сварке титановых сплавов, включая теоретическое и практическое обучение ИТР и рабочих по сварке.*

★ *Организацию и проведение исследований работоспособности сварных соединений (при необходимости).*

★ *Экспертизу российских и зарубежных основных и сварочных материалов на соответствие условиям эксплуатации и требованиям российской нормативной документации.*

★ *Обучение и аттестацию производственного персонала предприятий на право выполнения работ по сварке и контролю качества сварных соединений из титановых сплавов.*

АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ	6
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ	7
СОЕДИНЕНИЕ ТИТАНА СО СТАЛЯМИ	
Пайка соединений сталь – титан в вакууме	8
Сварка взрывом	9
АРГОНОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ.....	10
СВАРОЧНЫЕ И НАПЛАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	11
КРЫЛЬЕВЫЕ УСТРОЙСТВА ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ.....	12
НОРМАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ...	14

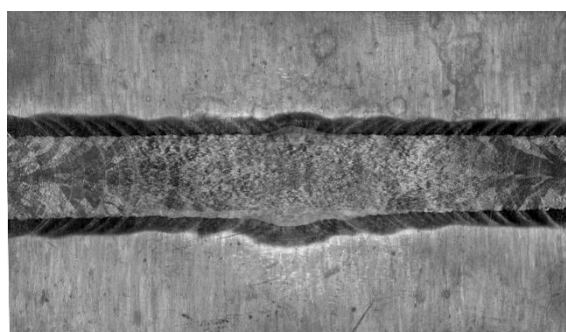
АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработаны и широко внедрены при строительстве титановых проектов экономичные способы сварки титана: аргонодуговая сварка погруженной дугой и аргонодуговая сварка по щелевому зазору. С применением указанных способов или их комбинаций был выполнен большой объем сварки корпусных конструкций подводной морской техники. Для выполнения сварочных работ впервые в мировой практике были созданы промышленные образцы сварочного оборудования: посты ручной сварки, автоматы с плавящимся и неплавящимся электродами, позволяющие производить сварку в различных пространственных положениях.

Разработана технология сварки листов больших толщин, которая была внедрена на судостроительных предприятиях отрасли. Выполнен большой комплекс работ по исследованию работоспособности титановых сплавов в составе корпусных корабельных конструкций и разработаны рекомендации по их проектированию.

Кроме значительного снижения расхода сварочных материалов и объема сварочных работ преимущество указанных способов заключалось в возможности обеспечения равнопрочности сварных соединений при практическом отсутствии усиления шва.

Способ сварки по щелевому зазору был использован при сварке АПЛ из титана проектов: 705, 705К, 685 («Комсомолец»), 945 («Барракуда»), 945А («Кондор») и др. Благодаря технологическим разработкам в настоящее время с помощью аргонодуговой сварки по щелевому зазору можно выполнять сварные соединения в толщинах более 200 мм.



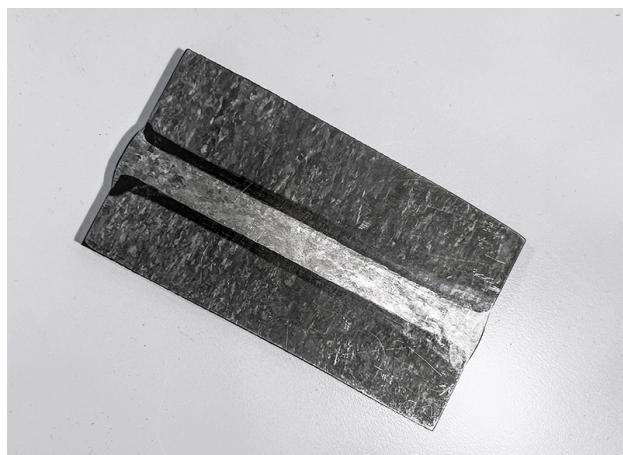
Сварное соединение, выполненное ручной аргонодуговой сваркой в щелевую разделку

Внедрение аргонодуговой сварки по щелевому зазору для строительства крупногабаритных сварных титановых конструкций позволило значительно снизить стоимость этих конструкций и сделать титан более доступным и привлекательным материалом для проектирования и применения в кораблестроении и других областях.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Большая работа выполнена предприятием в части разработки и совершенствования технологии электронно-лучевой сварки (ЭЛС) конструкций из титановых сплавов в широком диапазоне толщин – от 1,0 до 200 мм и более.

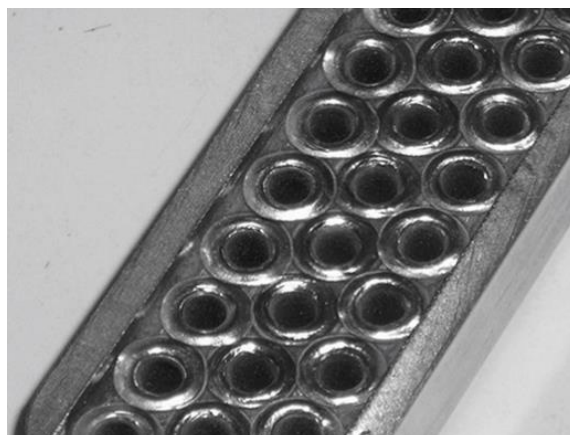
С помощью ЭЛС при создании парогенераторов и теплообменного оборудования нового поколения из сплавов титана была решена задача выполнения качественных сварных соединений труб в узлах труба – трубная решетка с обеспечением глубины проплавления 4 мм и выше, чего невозможно было достичь аргонодуговой сваркой.



Сварное соединение, выполненное с помощью электронно-лучевой сварки



Сварное соединение, выполненное с помощью комбинирования электронно-лучевой и аргонодуговой сварки



Образец соединения труба - трубная решетка, выполненного ЭЛС для кассетного парогенератора ТМ4-286ЛСП

СОЕДИНЕНИЕ ТИТАНА СО СТАЛЯМИ

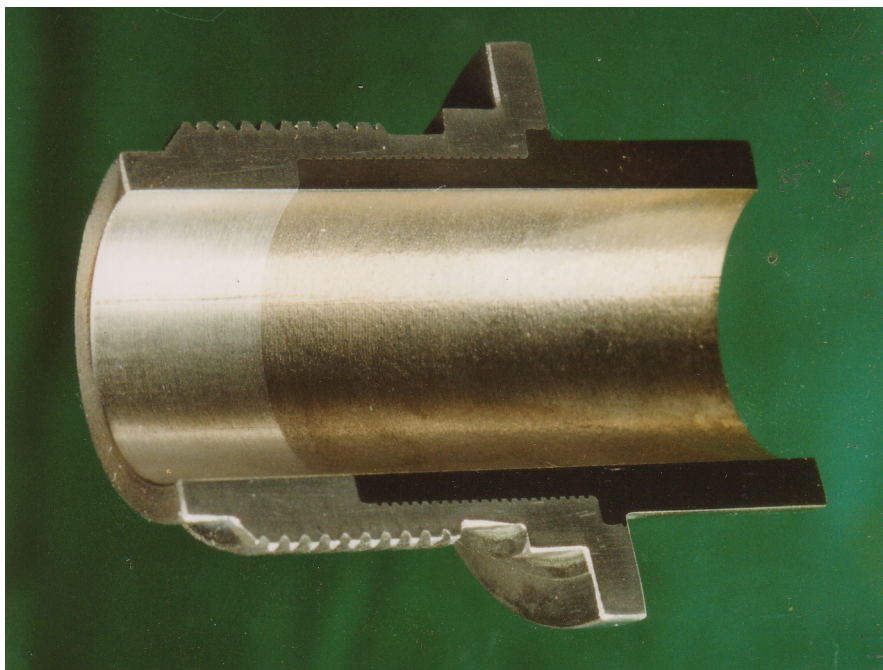
Получение плотно-прочных соединений титана со стальными материалами возможно с применением пайки в вакууме и сварки в твердой фазе – сварки взрывом.

Пайка соединений сталь – титан в вакууме

В парогенераторах ядерных энергетических установок для соединения титановых труб со стальными применяются резьбопаяные переходники. Сварка титановых сплавов со сталями напрямую невозможна вследствие образования хрупких интерметаллидов TiFe.

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработана и внедрена технология получения неразъемных соединений титановых сплавов со сталями методом пайки в вакууме. Прочность данного соединения обеспечивает резьбовое соединение, а вакуумная пайка серебряным припоем – герметичность при температурах до 350°C.

Применение этой технологии позволяет обеспечивать получение неразъемных соединений сталей с титановыми сплавами высокого качества, работающих в условиях теплосмен и сохраняющих работоспособность парогенераторов в течение всего срока службы.



Резьбопаяное соединение сталь – титан

Сварка взрывом

Применяется преимущественно для получения биметаллических листовых материалов из титана марок ВТ1-0, ВТ1-00 и стали марок:

- 09Г2С, 20К, 22К, 10ХСНД;
- 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т, 12Х18Н10Т.

Толщина титана как правило составляет 5 мм. В отдельных конструкциях толщина плакированного слоя достигает 15 мм.

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработаны принципиальная технология и технические условия на изготовление крупногабаритных биметаллических плит сталь – титан сваркой взрывом в среде защитных газов для производства крупногабаритных биметаллических полуфабрикатов площадью не менее 20 м².

Изготовление крупногабаритных биметаллических плит для трубных решеток конденсатора паротурбинных установок реализовано на производственных мощностях ООО «Битруб Интернэшнл». Технология является конкурентоспособной экспортоориентированой продукцией мирового технического уровня. По этой технологии были произведены ООО «Битруб Интернэшнл» совместно с НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» биметаллические плиты сталь 09Г2С + титан ВТ1-0 габаритами 30×3200×3600 мм для изготовления трубных решеток конденсаторов турбоустановок энергоблоков АЭС.



Биметаллическая трубная решетка для конденсатора турбоустановки

Новая технология обеспечивает получение максимальной сплошности соединения слоев разнородных материалов с допустимым дефектом площадью не более 1 см^2 , при этом предел прочности биметаллического соединения на отрыв составляет не менее 200 МПа.

АРГОНОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Применяется для повышения износостойкости поверхностей арматуры, затворов, задвижек из титановых сплавов.

Аргонодуговая наплавка толщиной до 4 мм производится на рабочие поверхности затворов арматуры, задвижек и другого машиностроительного оборудования, испытывающего высокие контактные нагрузки. Для этого разработаны следующие присадочные материалы на основе титана:

- ◆ термически окисленный сплав Ti-Al-V-Zr, содержащий до 1% кислорода;
- ◆ сплав В-32, содержащий 32% карбида вольфрама;
- ◆ сплав ВМ-40, содержащий по 20% карбида вольфрама и карбида молибдена.

В настоящее время в качестве присадочного материала для выполнения наплавки на рабочие поверхности судовой арматуры из титановых сплавов применяются в основном термически окисленные прутки

из сварочной проволоки марки ПТ-7Мсв диаметром 3–4 мм. Твердость HV наплавленного этими прутками металла составляет 350–430 ед.

Практическая реализация

Технологии наплавки внедрены на предприятиях РФ.

Разработаны технологические процессы и методические рекомендации по наплавке и контролю наплавленных изделий из титановых сплавов различного назначения.

Разработана нормативно-техническая и технологическая документация.

Предложения по сотрудничеству

- ◆ Научное, материаловедческое и техническое сопровождение изготовления сварных конструкций на предприятиях-изготовителях.
- ◆ Экспертиза технической документации.

СВАРОЧНЫЕ И НАПЛАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Проволока сварочная из титана марки ВТ1-00св и титановых сплавов марок 2В, ПТ-7Мсв, ВТ6св

Сварочные и наплавочные материалы из титана и титановых сплавов марок ВТ1-00св, ВТ6св, 2В, ПТ-7Мсв в виде проволоки и прутков применяются для изготовления сварных конструкций и оборудования из титана и титановых сплавов различного назначения, разработанных НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей». Особенности сварки титановых сплавов являются высокая химическая активность при высоких температурах и необходимость тщательной защиты зоны сварки от воздушной среды.

В качестве защитных сред при сварке конструкций и изделий из титановых сплавов выступают инертные газы (аргон и гелий) и вакуум.

В качестве присадочных прутков для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и сварочной проволоки при механизированных видах сварки α - и псевдо- α -сплавов титана используют сварочную проволоку марок ВТ1-00св, 2В, ПТ-7Мсв, ВТ6св по ГОСТ 27265-87, размерный сортамент и механические свойства которой приведены ниже.

Марка сварочной проволоки выбирается в зависимости от марки свариваемого сплава, типа соединения и условий его эксплуатации.

Размерный сортамент

Марка сплава	Диаметр проволоки, мм
ВТ1-00св	1,0–7,0
2В, ПТ-7Мсв	1,2–7,0
ВТ6св	1,6–7,0

Основные характеристики

Марка сплава	Временное сопротивление σ_b , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %, не менее
BT1-00св	295–470	30,0
2В	490–635	16,0–20,0
ПТ-7Мсв	440–635	16,0–20,0
BT6св	665–865	12,0

Сварочная проволока из титановых сплавов повышенного качества (низкое содержание водорода и более жесткие требования к поверхностным дефектам по сравнению с требованиями ГОСТ 27265–87) поставляется по ТУ 24.45.30-193-075161250-2018.

В качестве присадочной проволоки для выполнения наплавки уплотнительных поверхностей судовой арматуры из титановых сплавов применяются окисленные прутки из сварочной проволоки марки ПТ-7Мсв диаметром 3–4 мм. Твердость наплавленного этими прутками металла HV составляет 350–430 ед.

Преимущества:

- ♦ обеспечение равнопрочности сварных соединений основному металлу;
- ♦ крупногабаритные сварные конструкции не требуют термической обработки после сварки.

Предложения по сотрудничеству

- ♦ Рекомендации по выбору и обоснованию применения основных и сварочных материалов.
- ♦ Сертификация (аттестация) предприятий-производителей сварочных материалов.
- ♦ Техническое сопровождение технологий сварки.

КРЫЛЬЕВЫЕ УСТРОЙСТВА ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Крыльевые устройства (КУ) из титановых сплавов для судов на подводных крыльях обладают рядом преимуществ по сравнению с КУ из других материалов (стали и алюминия).

КУ из титанового сплава марки ПТ-3В обладают более высокой удельной прочностью по сравнению с КУ из стали. Стальные КУ для соблюдения требований по массовым характеристикам можно

изготавливать только полыми, что существенно усложняет технологию и увеличивает трудоемкость их изготовления и, как следствие, стоимость. Титановые КУ имеют сплошное сечение и технология их изготовления гораздо проще, а трудоемкость ниже.

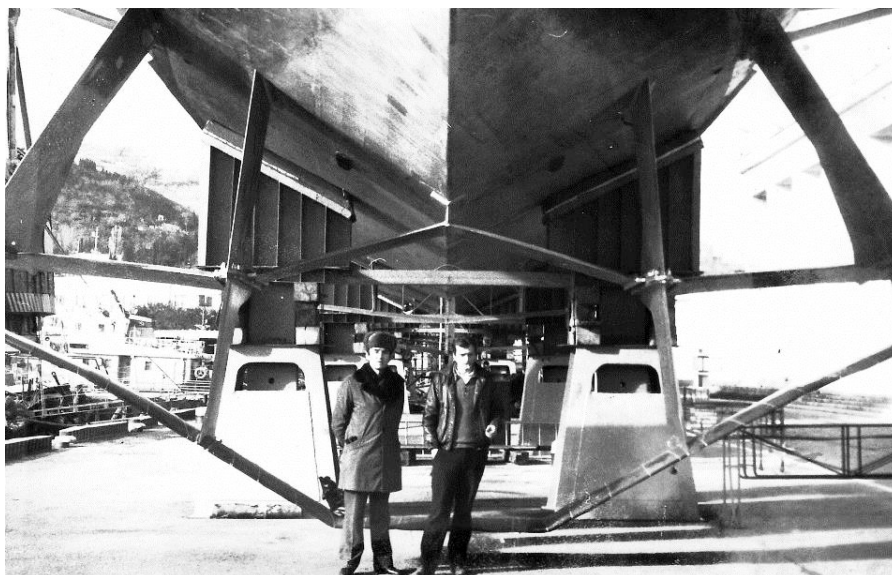
Кроме того, вследствие более высокой коррозионной стойкости титановых сплавов по сравнению со сталями титановые КУ имеют гораздо больший срок службы по сравнению со стальными.

Более высокая прочность титановых сплавов по сравнению с алюминиевыми сплавами позволяет использовать титановые КУ в условиях действия высоких нагрузок, в том числе динамических и ударных (в море при большом волнении).

По контракту с фирмой «Серес» (Греция) ЦНИИ КМ «Прометей» было изготовлено 16 КУ из титана для теплохода типа «Комета» для использования на туристических маршрутах в Эгейском море. Изготовление производилось на базе научно-производственного экспериментального комплекса ЦНИИ КМ «Прометей».

Выпущен руководящий документ РД5.УЕИА.2970-92 «Конструкции сварные крыльевых устройств из сплавов типа ПТ-ЗВ. Технологические требования к проектированию и изготовлению».

При соответствующей подготовке возможно возобновление изготовления на базе научно-экспериментального производственного комплекса «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей».



Сварные крыльевые устройства из титанового сплава ПТ-ЗВ

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Технические требования, технологические процессы и методические рекомендации

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработана нормативно-техническая документация, технические требования, технологические процессы и методические рекомендации к проектированию, изготовлению и контролю сварных конструкций из титановых сплавов различного назначения, в том числе:

- ◆ «Основные технические требования к проектированию, изготовлению и контролю сварных конструкций из титановых сплавов»;
- ◆ «Типы и конструктивные элементы сварных конструкций корпусов и изделий машиностроения из титановых сплавов»;
- ◆ «Технология ручной аргонодуговой сварки конструкций с традиционными типами разделки кромок, а также технология сварки по щелевому зазору»;
- ◆ «Технология ручной аргонодуговой сварки судовых трубопроводов из титановых сплавов»;
- ◆ «Технология ручной аргонодуговой сварки труб с трубными решетками из титановых сплавов»;
- ◆ «Технология электронно-лучевой сварки труб с трубными решетками из титановых сплавов»;
- ◆ «Технология сварки трубопроводов и других изделий машиностроения в обитаемых камерах типа «Атмосфера» с инертной контролируемой средой»;
- ◆ «Автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом конструкций для стыковых и угловых соединений из титановых сплавов»;
- ◆ «Автоматическая аргонодуговая сварка труб с трубными решетками из титановых сплавов»;
- ◆ «Технология электронно-лучевой сварки конструкций из титановых сплавов»;
- ◆ «Термическая обработка сварных конструкций из титановых сплавов»;
- ◆ «Неразрушающие методы контроля сварных швов из титановых сплавов. Правила приемки»;
- ◆ «Технология получения неразъемных соединения титана со сталью применительно к изделиям судового машиностроения»;
- ◆ «Исправление дефектных участков сварных соединений и основного металла конструкций из титановых сплавов»;
- ◆ «Сварка и исправление дефектов отливок из титановых сплавов методом ручной аргонодуговой сварки»;
- ◆ «Ручная аргонодуговая сварка и ремонт сварных соединений из титана на открытом воздухе»;
- ◆ «Металлографический метод контроля сварных соединений из титановых сплавов. Методика контроля и нормы оценки».