ВСМПО-АВИСМА – ПРЕСТИЖНЫЙ АДРЕС В ТИТАНОВОМ МИРЕ

ПРОЕКТЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА НА ШЕЛЬФЕ

В.Г. СМИРНОВ, Ю.Е. ШАШКОВА | ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» | **г. Верхняя Салда**

ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» – крупнейший в мире и единственный в России интегрированный производитель титановой продукции.

В настоящее время Россия в лице «Корпорации ВСМПО-АВИСМА» занимает четверть мирового рынка титана – это самая большая цифра, характеризующая долю страны в международном бизнесе. Эта доля не сырьевая, это – высокотехнологичные изделия глубокой переработки, начиная от эксклюзивного химического состава слитка и заканчивая уникальным сочетанием прочностных качеств и геометрии конечного изделия. На предприятии освоен выпуск продукции из 33 сплавов на базе титана, созданы целевые сплавы под заданные рабочие характеристики детали. Все эти наработки используются в высокотехнологичных отраслях: авиастроении, судостроении, атомной энергетике, химической и нефтехимической промышленности, в нефтегазодобывающем комплексе.

Основным потребителем российских титановых полуфабрикатов остается зарубежное авиа- и двигателестроение, но есть тенденция на увеличение спроса со стороны российских предприятий, как со стороны авиастроителей, так и со стороны предприятий других отраслей промышленности. Сегодня перспективными отраслями промышленности, где применение титана целесообразно, являются атомная энергетика, нефтегазодобывающий комплекс, цветная металлургия.

Следует отметить, как одно из позитивных направлений, – это применение титана на строящихся объектах российской атомной энергетики. Применение титана в качестве конструкционного материала для изготовления конденсаторов паровых турбин, теплообменного оборудования обеспечивает гарантированный ресурс оборудования на период до 60 лет, что сопоставимо с закладываемым ресурсом работы ядерного реактора. Подобное оборудование поставлено на Ростовскую АЭС, Белоярскую АЭС, запланировано на строящиеся блоки Нововоронежской и Ленинградской АЭС, поставщиком тонкостенных сварных труб для этих объектов является ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА».

Конструкции из титановых сплавов нашли широкое применение в установках для опреснения морской воды, в сооружении морских платформ для разведки месторождений, добычи нефти и природного газа на шельфе. Применение титана в этой области будет расти вследствие тенденции перемещения промысла на более глубокие участки морского шельфа.

ТИТАН ВСМПО-АВИСМА для объектов нефтедобычи

Освоение морского шельфа, несмотря на более жесткие природные условия, сложную ледовую обстановку, представляет особый интерес для развития экономики. Процесс освоения российскими нефтяниками нефтедобычи на морских шельфах стал закономерным фактом, сегодня это подтверждают работы по Каспийскому шельфу, интенсификация работ по проектам «Сахалин–1», «Сахалин–4,5». Отдельно стоит переоснащение плавучей буровой станции для месторождения «Приразломная»

Термин «морское применение титана» – это применение титана в качестве материала для гражданских и военных надводных и подводных кораблей, а также в других конструкциях (опреснительные установки, плавучие электростанции), когда основным требованием к материалу является его устойчивость к воздействию морской воды. Морские конструкции могут быть разделены на три категории: корпусные, механические и энергетические конструкции. Титан в той или иной степени может быть использован во всех указанных категориях конструкций.

Комплекс инженерных сооружений для разработки шельфовых нефтегазовых месторождений включает автономные стационарные или плавающие установки (платформы) массой до 300 тыс. т, скважинное оборудование, придонное оборудование массой до 1500…2000т, кабельные системы дистанционного управления скважинами, гибкие трубопроводы с системами подвески и уравновешивания, транспортные подводные трубопроводы большого сечения, суда для укладки трубопроводов, нефтеналивные суда, береговое оборудование и другие виды оборудования.

Применение титановых сплавов перспективно для следующих систем и оборудования для освоения нефтегазовых месторождений на шельфе:

- глубоководные бурильные райзеры;
- обсадные трубы;
- добывающие райзеры;
- насосы и системы забортной, питьевой, буровой и попутной воды;
- трубопроводы циркуляционной системы технологических растворов;
- сепараторы жидкостные, теплообменное оборудование различного назначения;
- сосуды высокого давления;
- высокопрочные гибкие растяжки для фиксации платформы.

Впервые титановый теплообменник в схеме очистки нефти был введен в эксплуатацию в 1969 г. в США. Первый титановый буровой райзер был установлен на морской промысловой платформе «Хейдрун» (Heidrun), в дальнейшем титан нашел широкое применение на нефтяных буровых платформах, используемых норвежскими и американскими фирмами. Примеры практического применения титана приведены в табл. 1.

Россия имеет небольшой опыт по использованию титана при добыче нефти и газа на шельфе, поскольку предпринимает только предварительные действия по началу активной разработки запасов углеводородного сырья на арктическом, дальневосточном и северо-каспийском шельфе.

При разработке месторождения в Обской губе на добывающем судне применяется подогреватель флюида с трубным пучком, выполненным из титана марки ВТ1-0 на производственных мощностях ВСМПО по документации ОАО «ТАТНИИНЕФТЕМАШ». Необходимость использования титана на этом объекте продиктована выбором коррозионностойкого материала (титан отличается высокой коррозионной стойкостью к микробиологической коррозии, а именно к сульфидным бактериям, которые особенно активны в нефтепродуктах с высоким содержанием серы).

Для проекта морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломное» доля титана как конструкционного материала уже значительно возросла. Корпорация поставила под проект около 180 т титана, из них около 120т – это оборудование и элементы трубопроводов.

По мере создания все более глубоководных систем морской нефтедобычи резко возросла необходимость применения титановых сплавов для изготовления подводного оборудования. Так, большинство компаний предсказывает достижение к 2010 г. уровня глубин до 2,5 км. При этом значение применения ►

Применение	Компания	Проект	Марка сплава
Соединения, подвергающиеся давлению	Placid Oil	Green Canyon	23 (Ti-6Al-4VELI)
То же	Ensearch	Garden Banks	23
– « –	Oryx Energy	Neptune	23
Огневодные системы	Norsk Hydro	Troll B (Oil), Brage, Visund	Gr2 (Commercially Pure) (300 tons)
То же	Elf Petroleum	Froy TCP	Gr2
– « –	Statoil	Sleipnir West	Gr2
– « –	Statoil	Norne	Gr2
Морские подъемные трубы	Statoil	Sleipnir Veslefrikk	Gr2
Системы водного балласта	Mobil	Statfjord A/B	Gr2
То же	–	Hiberia	Gr2
Пробивные втулки	Statoil	Sleipnir West	Gr2
То же	Norsk Hydro	Oseberg	Gr2
– « –	Mobil	Statfjord A/B	Gr2
Трубопровод в пресных водах	Elf Petroleum	Frigg	Gr2
То же	Esso	Jofun	Gr2
– « –	Norsk Hydro	Njord, Visund	Gr2 (110 tons)
Seawater systems, fire, ballast and produced water Pipework	Statoil	Asgard B	Gr2 (300 tons)
Гравитационная система	Statoil	Troll A (Gas)	Gr2 (500 tons)
Бурильный стояк	Statoil (Conoco)	Heidrun	23
Усилительные линии	Statoil (Conoco)	Heidrun	Gr9 (Ti-3Al-2.5V)
Анкерная система трубопроводов	Statoil (Conoco)	Heidrun	Gr2

Табл. 1 Отдельные примеры практического применения титана в морском нефте- и газопромысле

Материал	Нижний предел текучести при растяжении, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Модуль упругости, ГПа	Коэффициент линейного расширения $x10^6$, 1/°С	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м•°С)	Плотность $x10^{-3}$, кг/м^3
Вт 1-0	310	380	103	8,2	19,3	4,5
08Х18Н10Т	210	520	196	16,1	15	7,9
Ст 20	220	410	212	12,3	51	7,85
Л68	89,5	290-340	–	19,7	116	–
Л070-1	98	294-343	–	19,7	117	8,54
Л63	108	290-370	–	20,0	108	8,4

Табл. 2 Механические свойства титана, коррозионно-стойкой стали, медьсодержащих сплавов.

Материал	Критическая скорость струевой коррозии, м/с	Потеря массы образцов при скорости 8,9 м/с, мг/см^2	Коррозионная стойкость по отношению к титану, %
Титан (Gr2)	До 8,2	0,022	100
Сплав 70Cu30Ni0.5Fe	5,5	30,7	0,07
Сплав 70С30Ni (монель)	4,3	9,5	0,23
Сталь 18-8	-	1,92	1,13

Табл. 3 Результаты испытаний титана и коррозионно-стойких сплавов в морской воде в условиях струевой коррозии.

Вид коррозии	Медные сплавы	Сталь 316	Нержавеющая сталь 6Mo и дуплекс	Титановые сплавы
Общая	Стойкие/ нестойкие	Стойкая	Стойкая	Стойкие
Щелевая	Нестойкие	Нестойкая	Нестойкая (выше 250°С)	Стойкие (до 800°С)
Питтинговая	То же	То же	Стойкие	Иммунные
Коррозионная усталость	– « –	– « –	То же	иммунные
Микробиологическая	– « –	– « –	– « –	иммунные
Коррозия сварного шва	– « –	– « –	– « –	иммунные
Эрозия-коррозия	– « –	Стойкая	Стойкая	Весьма стойкие

Табл. 4 Коррозионная стойкость конструкционных материалов

титана возрастает по трем основным причинам:

- ряд элементов подводного оборудования требует использования сплавов с высокой удельной прочностью и малым модулем упругости;
- на платформе требуется экономить массу оборудования. По данным компании Shell Oil снижение массы подводного оборудования на 1 т позволяет уменьшить массу опорного оборудования на 3 т, что равнозначно экономии около 150 тыс. долларов. Каждый лишний фунт оборудования на палубе платформы или добывающего судна обходится в 6,5 долларов;
- титан и его сплавы обладает высокой надежностью, в том числе и высокой коррозионной стойкостью в морской воде и в рабочих средах при нефтедобыче.

В химическом машиностроении, как отечественном, так и зарубежном, наибольшее распространение получил технически чистый титан, обладающий высокой коррозионной стойкостью [1–3].

Отметим только несколько моментов из уникального комплекса физико-механических свойств титана и преимущества, вытекающие из этих свойств, в сравнении с традиционными конструкционными материалами (табл.2).

Условия эксплуатации нефтепромыслового оборудования во многом аналогичны условиям эксплуатации изделий судового машиностроения, однако имеются и довольно существенные отличия:

- более высокая степень минерализации пластовой воды;
- наличие в рабочих средах сероводорода и углекислого газа;
- наличие аэробных и анаэробных (особенно сульфидообразующих) составляющих в продуктах добычи и окружающей среде;
- повышенные температуры рабочих сред;
- пониженные температуры атмосферы – до –40…–50 °С;
- возможность солевых и парафинооо-образных отложений на поверхностях;
- высокое давление рабочих сред;
- наличие абразивных компонентов в транспортируемых продуктах.

Разумная техническая политика должна предусматривать применение на судах высокоресурсных материалов и оборудования, особенно для систем морской воды, обеспечивающих безремонтный срок службы, равный сроку службы судна (25…30 лет при наработке 100 тыс. ч и более). Для плавучих морских установок требуемый ресурс безремонтной работы составляет 40…45 лет.

Экспертные оценки коэффициента интенсивности эксплуатации и наработки различных систем забортной воды судов и объектов морской техники в течение срока службы 25 лет свидетельствуют, что для основных систем охлаждения судов, плавбаз, плавучих электростанций и буровых установок требуемая наработка значительно превышает принятую норму 100 тыс. ч. ►

Сплав	Форма образца	Внешний вид образца после испытаний	Скорость коррозии	
			г/(м²•ч)	мм/год
Титан Вт1-0	Лист	Коррозионных повреждений не обнаружено	–	–
02Х17Н11М2 (316L)	Сегмент трубы без сварного шва	Кристаллографический питтинг; сросшиеся питтинги образуют конусы	5,05	5,67
02Х17Н11М2 (316L)	Сегмент трубы со сварным швом	Ножевая коррозия в области сварного шва	8,05	9,04
02Х22Н5АМ3 (SAF 2205)	Сегмент трубы без сварного шва	Коррозионных повреждений не обнаружено	0,002	0,002
02Х22Н5АМ3 (SAF 2205)	Сегмент трубы со сварным швом	Участки питтинговой коррозии в области сварного шва с наружной стороны трубы	3,39	3,81

Табл. 5 Результаты испытания различных материалов на питтинговую коррозию в 10% растворе $FeCl_3x10H_2O$ при 300 °С в течение 24 ч (по ГОСТ 99102)

Мировой опыт эксплуатации оборудования систем морской воды, изготовленных из углеродистой стали и медных сплавов, показывает, что срок их службы практически полностью, особенно в условиях низких гидростатических давлений, определяется коррозионной стойкостью этих материалов в реальных конструкциях труб и оборудования, которые вследствие резко переменной формы и размеров сечения проточной части формируют турбулентное отрывное течение с высокими местными скоростями воды, вызывающими вследствие низкой поляризуемости указанных материалов наиболее опасный вид коррозии – струевую. Титан в условиях струевой коррозии оказался абсолютно устойчивым. Скорость коррозии медьсодержащих сплавов под воздействием морской воды увеличилась в 10 раз. (табл. 3). Допустимая скорость морской воды в системах из титановых сплавов достигает 30 м/с – это позволяет безопасно повысить скорость потока в системах, уменьшить диаметры трубопроводов, радиусы изгиба труб.

Титан характеризуется исключительно высокой коррозионной стойкостью практически ко всем видам коррозии даже в сильно загрязненной морской воде при достаточно высоких температурах в отличие от других конструкционных материалов. Титан стоек к щелевой коррозии в морской воде при температурах до 800 °С, в то время как для некоторых нержавеющей сталей пределом является 100 °С. Характеристики по коррозионной стойкости материалов в чистой и в загрязненной морской воде приведены в табл. 4.

Для коррозионно-стойких сталей всех видов постоянной проблемой является питтинг, особенно в присутствии хлоридов (табл. 5). Титановые сплавы имеют широкий диапазон высокого коррозионного сопротивления питтинговой и щелевой коррозии.

Для нефтегазодобывающих систем континентального шельфа особо стоит отметить уникальную стойкость титана к разрушению в среде сероводорода, который в той или иной концентрации всегда присутствует в смеси нефтегазовых продуктов, получаемых из пласта.

Выбор с самого начала титана в сочетании с рациональным проектированием, изготовлением, монтажом и эксплуатацией служит предпосылкой для безопасной и надежной работы оборудования. Это касается как судов, так и морских платформ с плановыми сроками службы до 70 лет. В условиях моря стоимость замены того или иного компонента в несколько раз выше, чем на суше. Кроме того, простои морской платформы в связи с авариями приносят огромные убытки, которые несопоставимы с кажущейся экономией при применении менее дорогостоящих материалов.

ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» имеет полный металлургический цикл от исходного сырья (титановая губка) до металлургических полуфабрикатов (слитки, биллеты, плиты, листы, штамповки, прутки, трубы) и готовых изделий.

Титановые трубы ВСМПО-АВИСМА

При строительстве буровых платформ наибольшая доля титана задействована для организации трубопроводных систем различного назначения. Корпорация может полностью обеспечить весь сортамент труб, необходимый для этих целей. Трубное производство ВСМПО оснащенно комплексом оборудования, (гидравлические прессы усилием 20 000, 12 500, 3 500 т для производства труб из алюминиевых сплавов, гидравлические прессы усилием 3 150 и 660 т для производства труб и трубных заготовок, стан поперечно-винтовой прокатки ПВП 40-80 для производства горячекатаных труб, станы холодной прокатки труб ХПТ и ХПТР, волочильный стан, трубосварочные станы). Трубное производство оснащено современными средствами ультразвукового контроля, токовихревого контроля, гидро- и пневматическими испытательными стендами.

Корпорация производит следующие виды трубного проката:

- катаные трубы из всех отечественных и зарубежных сплавов титана диаметром 6…160 мм;
- прямошовные сварные трубы из титана марки ВТ1-0 диаметром 159…102-0мм толщиной стенки 3…14 мм;
- тонкостенные сварные трубы диаметром 15,9…40 мм толщиной стенки 0,4…1,25 мм, предназначенные для теплообменного оборудования опреснительных установок и конденсаторов энергетических установок.

Повышение требований к пруткам, профилям и трубной продукции потребовало создания системы работы под «заказ». Система регламентирует химический состав и размер слитков, назначает технологию переработки слитков в промежуточную заготовку и готовые полуфабрикаты, что обеспечивает заданные макро- и микроструктуру, уровень механических и эксплуатационных характеристик трубопрофильной продукции.

Для производства горячекатаных труб и трубных заготовок большого диаметра разработаны способы получения заготовки, включающие регламентированную ковку и последующую горячую прокатку на стане с пилигримовой установкой.

Получение промежуточных заготовок прессованием вместо ковки с одной стороны снизило трудоемкость и количество нагревов, а с другой, обеспечило получение регламентированной мелкозернистой структуры.

Одной из задач по созданию конкурентоспособной трубной продукции являлась разработка и освоение технологии производства высококачественных трубных заготовок (TREX) из сплавов титана. Новые технологии, разработанные в ходе освоения изготовления TREX, позволили создать производство холоднокатаных труб для высоконагруженных систем и послужили основой для разработки новых технических условий для судостроения и атомной энергетики, которые характеризуются более высокими требованиями по точности размеров и качеству поверхности. Сегодня производятся трубы повышенного качества из сплавов ПТ1М и ПТ7М с допусками по толщине стенки ±8,0….10,0 % (вместо ранее выпускавшихся с допусками ±10,0… .15,0% для силовых атомных установок).

Имея уникальный комплекс по производству и обработке титановых сплавов, ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» предлагает к поставке не только трубы из сплавов титана для геологоразведки и нефтегазодобычи на суше и на морском шельфе, но и целый спектр оборудования и элементов трубопроводов.

До недавнего времени основными законодателями в разработке и строительстве морских платформ были норвежские фирмы. В настоящее время российские нефтедобывающие компании приступают к реализации проектов освоения континентальных шельфов, работа по этим проектам (проектирование и строительство) осуществляется в России, поэтому остро встает вопрос о наличии нормативной базы. С целью продвижения российских сплавов типа Вт1-0, От4-0 в российские проекты шельфовой добычи специалистами ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» разработаны и согласованы с Ростехнадзором технические условия на трубы большого диаметра и элементы трубопроводов (см. Приложение). Считаем, что данная ►

информация полезна и для зарубежных инжиниринговых фирм, которые сегодня активно привлекаются для участия в российских проектах, так как мы предлагаем продукт, который соответствует требованиям российских надзорных органов.

Выпуск изделий (рис. 1) производится по техническим условиям, разработанными специалистами предприятия и согласованными с Федеральным Управлением по экологическому, технологическому и атомному контролю, а также одобренными ФГУП «РУБИН», ФГУП «СЕВМАШ».

Также для проекта МЛСП «Приразломная» были изготовлены корпусы фильтров для станции тонкой очистки воды (рис. 2) по конструкторской документации ОАО «ЦНИИСУДМАШ».

Наше предприятие готово предложить свои научные и производственные достижения, а также с удовольствием будет участвовать в решении задач, возникающих при развитии нефтедобычи на континентальном шельфе.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ НА ИЗДЕЛИЯ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ:

1. ТУ 3619-559-07510017-2003 «Детали трубопроводов титановые приварные. Отводы секционные»,
2. ТУ 3619-561-07510017-2003 «Детали трубопроводов титановые приварные. Отводы гнутые»,
3. ТУ 3619-560-07510017-2003 «Детали трубопроводов титановые приварные. Отводы штампосварные»,
4. ТУ 3619-551-07510017-2003 «Детали трубопроводов титановые приварные. Тройники»,
5. ТУ 3619-552-07510017-2003 «Детали трубопроводов титановые приварные. Переходы сварные»,
6. ТУ3619-554-07510017-2003 «Детали трубопроводов титановые приварные. Тройники штампосварные»,
7. ТУ3619-553-07510017-2003 «Детали трубопроводов титановые приварные. Переходы штампованные»,
8. ТУ 3619-605-07510017-2005 «Заглушки фланцевые из титана и титановых сплавов»,
9. ТУ 3619-583-07510017-2004 «Фланцы трубопроводов приварные встык из титана»,
10. ТУ 3619-577-07510017-2004 «Фланцы трубопроводов плоские из титана и титановых сплавов»,
11. ТУ 1825-544-07510017-2004 «Трубы сварные прямошовные из титановых сплавов для технологических трубопроводов»,
12. ТУ 3612-622-07510017-2007 «Сосуды и аппараты теплообменные из титана и титановых сплавов»,
13. ТУ 3611-620-07510017-2007 «Аппараты колонные сварные из титана и титановых сплавов»,
14. ТУ 3615-619-07510017-2007 «Сосуды и аппараты емкостные из титана и титановых сплавов».

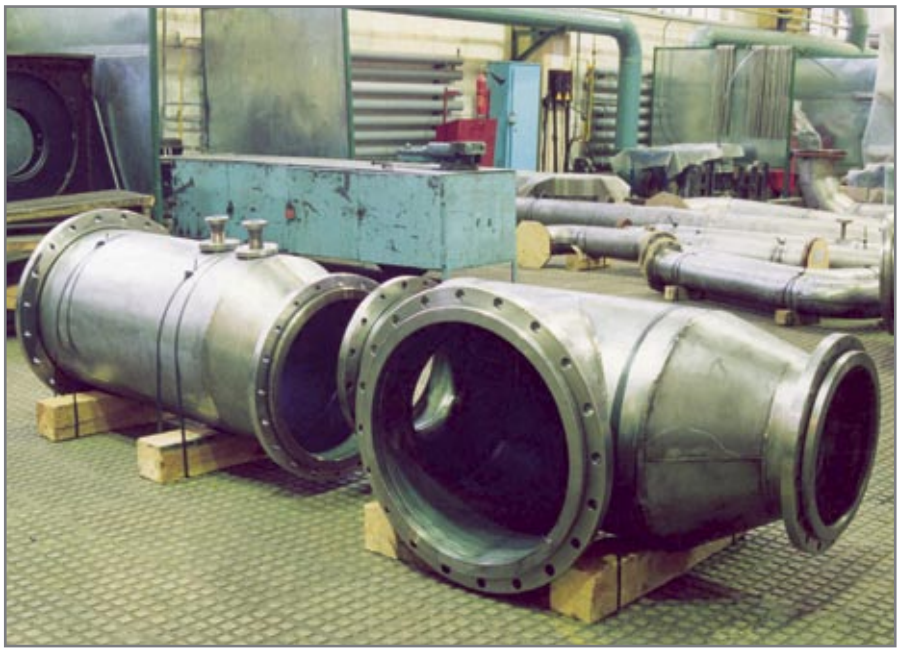

Рис. 1 Изделия из титановых сплавов

Рис. 2 Корпуса фильтров станции тонкой очистки для МПСП «Приразломная»

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Грегори Дж. К Титановые сплавы для техники освоения Мирового океана // Металл. 1990. Вып. 6.
2. Титан для морского нефте- и газопромысла. Справочник для конструкторов и потребителей. Группа информации по титану (TIG), август 1999.
3. Горынин И.В., Ушков С.С., Михайлов В.И. Титан – ключ к океанским глубинам// 9-я Всемирная конф. по титану. 2007.
4. Ушков С.С., Кудрявцев, А.С., Кириллин Э.Ф., Карасев Э.А. Технико-экономические аспекты применения титановых сплавов в судовых системах морской воды // Вопросы материаловедения. 1999. №3(20).
5. Тетюхин В.В., Левин И.В., Смирнов В.Г. Трубное производство ОАО «ВСМПО», достижения и перспективы развития. Сборник научных трудов «Достижения в теории и практике трубного производства», Ек-бург, ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2004 г.
6. Горынин И.В., Ушков С.С., Хатунцев А.Н., Лошакова Н.И. Титановые сплавы для морской техники. СПб.: Политехника, 2007. ■

ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА»
Россия 624760 Свердловская обл.,
г. Верхняя Салда, ул. Парковая, 1
т/ф: (34345) 21795
e-mail: shashkova@vsmpo.ru