



НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ЦНИИ КМ «ПРОМЕТЕЙ»



# СВАРКА

каталог продукции и услуг



СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ  
СВАРКИ И НАПЛАВКИ  
СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ ДЛЯ  
ЭНЕРГЕТИКИ И СУДОВОГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ

Санкт-Петербург  
2023



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

Тел.: (812) 274-37-96

e-mail: [mail@crism.ru](mailto:mail@crism.ru)

[www.crism-prometey.ru](http://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 СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, СУДОСТРОЕНИЯ И НЕФТЕХИМИИ**

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» имеет богатый опыт создания и промышленного освоения новых конструкционных, сварочных и наплавочных материалов с заданным комплексом свойств, обладающих высокой стабильностью в процессе эксплуатации. Многопрофильность предприятия позволяет адаптировать разрабатываемые материалы и технологии под нужды различных отраслей:

- ◆ атомной и тепловой энергетики;
- ◆ судового машиностроения;
- ◆ нефтехимии и др.

Для атомной энергетики предприятием разработаны конструкционные, сварочные и наплавочные материалы и технологии изготовления конструкций практически для всех типов отечественных атомных реакторов:

- ◆ реакторов водо-водяного типа ВВЭР и РБМ-К на тепловых нейтронах;
- ◆ реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем типа БН-600, БН-800 и БН-1200;
- ◆ реактора на быстрых нейтронах с теплоносителем жидкий свинец и сплав свинец – висмут.

Конструкционные материалы и технологии сварки и наплавки, разработанные НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», применяются при изготовлении корпусов реакторных установок РИТМ-200 для ледоколов проекта 22220 «Арктика», «Сибирь», «Урал», «Якутия», «Чукотка»; реакторной установки РИТМ-400 для ледокола повышенной мощности и ресурса «Лидер» проекта 10510; реакторной установки плавучего модернизированного энергоблока (РИТМ-200С) и оборудования реакторной установки строящегося наземного энергоблока АСММ (РИТМ-200Н) и других установок малой мощности. Транспортные атомные энергетические установки доказали свою работоспособность и возможность длительной и надежной эксплуатации.

Сварочные материалы для сварки и наплавки корпусов и оборудования атомных энергетических установок АЭУ, разработанные НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», обеспечивают равнопрочность сварных швов и основного металла, отсутствие теплового старения.

Предприятие ведет систематические работы по изучению механизмов и закономерностей повреждения материалов под воздействием эксплуатационных факторов – нейтронного облучения, длительных

тепловых выдержек, коррозионного воздействия рабочей среды. На базе этих исследований создан ряд расчетных методик прогнозирования остаточного ресурса конструкций, в первую очередь, корпусов атомных реакторов, что позволило обосновать возможность продления срока эксплуатации атомных энергоблоков.

На основе этого опыта разрабатывается комплекс конструкционных, сварочных и наплавочных материалов для создания высокотехнологичных, конкурентоспособных образцов новой техники.

### **Осуществляем:**

★ разработку новых сварочных материалов, технологий сварки металлов и сплавов, технологий антикоррозионной и износостойкой наплавки;

★ материаловедческое сопровождение изготовления оборудования для атомных энергетических станций (АЭС) на предприятиях;

★ экспертизу технической документации;

★ аттестационные испытания новых материалов основных и сварочных в соответствии с ГОСТ Р 50.04.01–2018, ГОСТ Р 50.04.06–2018;

★ аттестационные испытания технологии сварки и наплавки в соответствии с ГОСТ Р 50.04.03–2018.

## **СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НЕФТЕХИМИИ**

Сварочные материалы и технологии сварки оборудования из теплоустойчивых сталей типа 12Х2МФА, 15Х2МФА, 15Х2НМФА, 15ХЗНМФА, 15Х2НМ1ФА, 2,25%Cr–1%Mo–0,25%V для водяных атомных энергетических установок..... 6

Сварочные материалы и технологии автоматической сварки коррозионно-стойких сталей, однослойной и двухслойной наплавки антикоррозионных покрытий на внутренние поверхности оборудования из низколегированных сталей ..... 6

Материалы и технология сварки реакторных установок с жидкотеплоносителем ..... 6

Сварочные материалы и технологии сварки хладостойких экономнолегированных сталей ..... 6

Сварочные материалы и технологии сварки высоконикелевых сплавов ..... 6



## СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Материалы для автоматической сварки углеродистых, кремний-марганцовистых и низколегированных теплоустойчивых сталей с повышенными характеристиками сопротивления хрупким разрушениям металла шва ..... 6

Сварочные материалы и технологии двухслойной и однослойной антикоррозионной наплавки ..... 6

Материалы и технология автоматической плазменно-дуговой наплавки направляющих и уплотнительных поверхностей судовой арматуры ..... 6

Сварочные агломерированные флюсы для сварки и наплавки сталей различного структурного класса ..... 6

## **СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НЕФТЕХИМИИ**

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработаны и в течение длительного времени применяются следующие материалы для сварки и наплавки оборудования АЭУ нескольких поколений:

- ◆ сварочные проволоки: Св-09ХГНМТА(АА), Св-10ХМФТУ(-А), Св-03Х15Н35Г7М6Б, Св-04Х17Н10М2, Св-02Х17Н10М2;
- ◆ ленты для антикоррозионной наплавки Св-07Х25Н13(А), Св-04Х20Н10Г2Б(А);
- ◆ флюсы для сварки и наплавки: ОФ-6, ОФ-10, ОФ-40, НФ-18М;
- ◆ электроды для ручной дуговой сварки: РТ-45Б, Н-3(АА), Н-6(А), Н-10(А), ЭА-395/9, ЭА-400/10(У), ЭА-898/21Б, ЭА-855/51, А-1, А-2.

### **Сварочные материалы и технологии сварки оборудования из теплоустойчивых сталей типа 12Х2МФА, 15Х2МФА, 15Х2НМФА, 15Х3НМФА, 15Х2НМ1ФА, 2,25%Сr–1%Мо–0,25%V для водо-водяных атомных энергетических установок**

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработаны следующие сварочные материалы и технологии для реакторных установок нового поколения:

- ◆ Агломерированный флюс 48АФ-71 для сварки сталей:
  - ★ типа 15Х2НМФА, 15Х3НМФА, 15Х2НМ1ФА в сочетании с ранее разработанной сварочной проволокой Св-09ХГНМТА-ВИ;
  - ★ типа 15Х2МФА(А) в сочетании с новой сварочной проволокой Св-15ХГМТА.
- ◆ Покрытые электроды ЭП-35/8 для сварки сталей типа 15Х2МФА(А).

Указанные сварочные материалы обеспечивают получение механических свойств металла шва, включая характеристики сопротивления хрупким разрушениям (значение исходной критической температуры хрупкости металла шва не выше  $-35^{\circ}\text{C}$ ), на уровне свойств основного металла, в том числе под воздействием эксплуатационных факторов – температуры и нейтронного облучения.

◆ Сварочная проволока Св-15Х3ГМФТА в сочетании с агломерированным флюсом марки 48АФ-70.

◆ Покрытые электроды ЭП-35/7 для сварки сталей типа 2,25%Сr–1%Мо–0,25%V.

Указанные сварочные материалы используются при изготовлении реакторов гидрокрекинга нефти и другого оборудования нефтехимии, обеспечивают получение высокого уровня свойств металла шва, включая прочностные свойства, хладостойкость и длительную прочность.

### **Сварочные материалы и технологии автоматической сварки коррозионно-стойких сталей, однослойной и двухслойной наплавки антикоррозионных покрытий на внутренние поверхности оборудования из низколегированных сталей**

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» для реакторных установок нового поколения разработаны следующие сварочные и наплавочные материалы и технологии:

- ◆ Агломерированный сварочный флюс марки 48АФ-72.

Предназначен для автоматической сварки под флюсом коррозионно-стойких сталей аустенитного класса проволокой марки Св-04Х-19Н11М3 и ее аналогов.

- ◆ Агломерированный сварочный флюс марки 48АФ-73.

Предназначен для выполнения однослойного коррозионно-стойкого покрытия ленточным электродом типа 309LNb электрошлаковым методом.

- ◆ Агломерированный сварочный флюс марки 48АФ-74.

Предназначен для выполнения многослойного коррозионно-стойкого покрытия ленточным электродом типа Св-07Х25Н13 (подслой) и Св-04Х20Н10Г2Б методом электродуговой наплавки.

### **Материалы и технология сварки реакторных установок с жидкометаллическим теплоносителем**

Для реакторных установок нового поколения специалистами предприятия разработаны:

- ◆ Технологии автоматической дуговой сварки под флюсом и аргонодуговой сварки с использованием сварочной проволоки марки Св-10Х12НМФТ и ручной дуговой сварки покрытыми электродами марки ЭМ-99 для реакторных установок с натриевым теплоносителем.

- ◆ Технология аргонодуговой сварки с использованием сварочной проволоки марки Св-03Х15Н12С3В2Т для энергетических установок со свинцовым и свинцово-висмутовым теплоносителями.

Технологии разработаны для сварки металлоконструкций из мартенситно-ферритных сталей в толщинах от 3 до 150 мм при изготовлении теплообменного оборудования и трубопроводов высокотемпературных реакторных установок большой мощности.



## **Сварочные материалы и технологии сварки хладостойких экономнолегированных сталей**

Технология автоматической дуговой сварки под флюсом и аргонодуговой сварки с использованием сварочных проволок марок Св-08Г2СА-А, Св-08ГСА-А, ручной дуговой сварки покрытыми электродами марок УОНИИ-13/55 АА, 48Н-37/1 применяется для сварки металлоконструкций из низколегированных кремнемарганцовистых сталей в толщинах от 16 до 400 мм, цельнометаллических и металлобетонных контейнеров для отработавшего ядерного топлива с обеспечением хладостойкости металла шва и зоны термического влияния сварных соединений при температурах до минус 50°С в исходном состоянии после сварки и в состоянии послесварочного отпуска.

Смежные области использования – сварные металлоконструкции из низколегированных кремнемарганцовистых сталей при изготовлении объектов для низкотемпературной эксплуатации:

- ◆ нефтегазодобывающее оборудование;
- ◆ объекты химического и нефтехимического взрывопожароопасного производства;
- ◆ подъемно-транспортное оборудование.

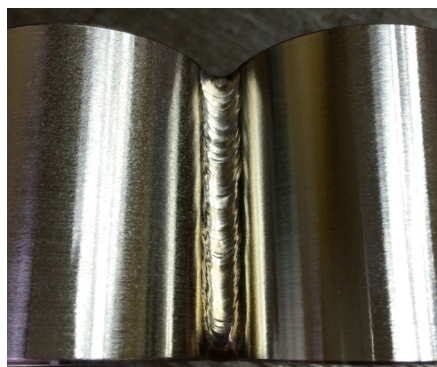
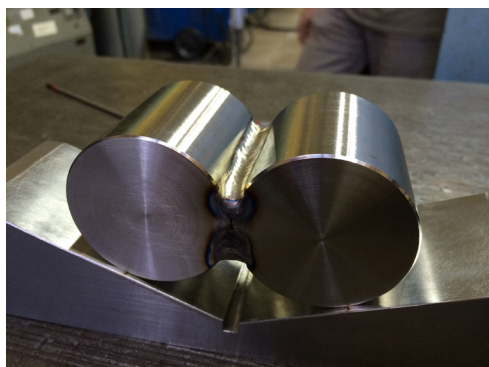
## **Сварочные материалы и технологии сварки высоконикелевых сплавов**

Технология аргонодуговой сварки с использованием сварочной проволоки марки Св-ХН50МГВ разработана для сварки металлоконструкций из жаропрочных высоконикелевых сплавов в толщинах от 3 до 60 мм при изготовлении оборудования транспортных и стационарных энергетических установок с температурой эксплуатации до 900°С.

Для сплавов на основе никеля характерны высокие рабочие температуры, коррозионная стойкость, ударная вязкость, термостойкость, пределы прочности и текучести, твердость, сопротивление ползучести. Однако традиционная для высоконикелевых сплавов склонность к образованию горячих трещин в металле шва и в зоне термического влияния требует особого внимания к технологии сварки.

Комбинированное сочетание оптимизированного химического состава сварочной проволоки марки Св-ХН50МГВ и рациональный выбор технологических параметров сварки позволяет обеспечить требуемые технологическую прочность и эксплуатационные характеристики высоконикелевых сварных соединений.

При оценке стойкости к образованию горячих трещин высоконикелевого сплава марки ХН55МВЦ-ВИ (ЧС57) в технологической сварной пробе «Каутца», выполненной аргонодуговым способом сварки с использованием проволоки марки Св-ХН50МГВ, выявлено отсутствие дефектов.



Сварная труба «Каутца»

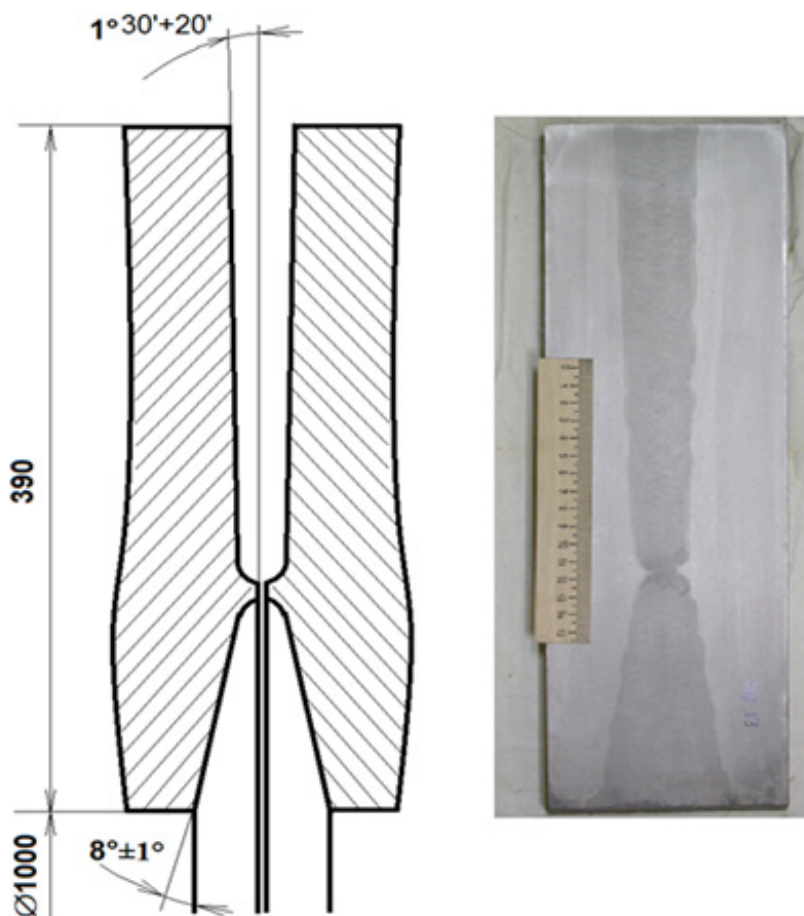
## СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Материалы для автоматической сварки углеродистых,  
кремний-марганцовистых и низколегированных теплоустойчи-  
вых сталей с повышенными характеристиками сопротивления  
хрупким разрушениям металла шва**

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработаны материалы и технологии автоматической сварки под флюсом при изготовлении оборудования из углеродистых, кремний-марганцовистых сталей и теплоустойчивых радиационно стойких сталей системы легирования Cr–Mo, Cr–Mo–V, Cr–Ni–Mo–V, обеспечивающие высокий уровень сварочно-технологических свойств (в том числе при сварке в узкую разделку в толщинах до 400 мм), высокие прочностные характеристики сварных соединений и высокую стойкость к хрупкому разрушению металла сварного шва. Гарантированные механические свойства металла шва приведены в таблице.

### Гарантированные механические свойства металла шва после термообработки

Марка стали	Сварочная проволока	Свароч- ный флюс	Предел текуче- сти при 350°С, МПа	KCV-35, Дж/см <sup>2</sup>
22К, 15ГС, 09Г2С и им подобные	Св-08ГС	48АФ-71	≥216	≥59
15Х2МФА-А и ее модификации	Св-15ХГМТА		≥392	
15Х2НМФА, 15Х3НМФА, 15Х2НМ1ФА	Св-09ХГНМТАА-ВИ			



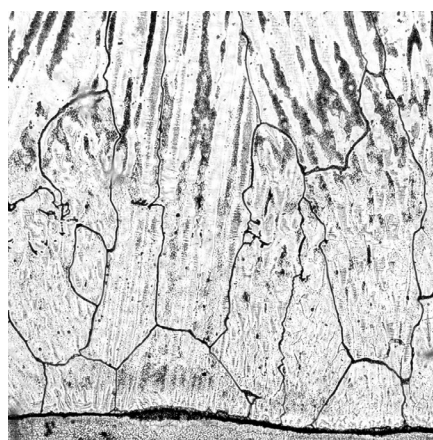
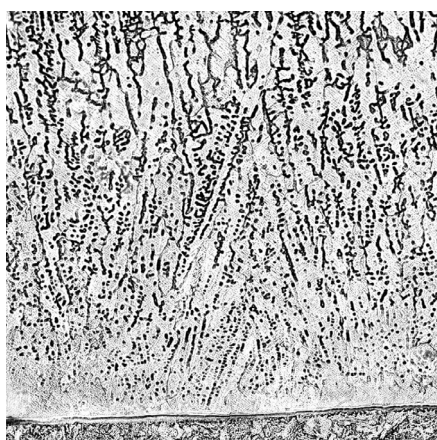
Макрошлиф сварного соединения стали 15Х2МФА-А толщиной 390 мм выполненного автоматической сваркой под флюсом

### **Сварочные материалы и технологии двухслойной и однослойной антикоррозионной наплавки**

Для изготовления оборудования из углеродистых, кремниймарганцовистых и низколегированных сталей, работающего в условиях воздействия агрессивных сред, разработаны материалы и технологии выполнения коррозионно-стойких покрытий методами ручной дуговой, механизированной, автоматической дуговой или электрошлаковой наплавки. Химический состав наплавленных покрытий приведен в таблице.

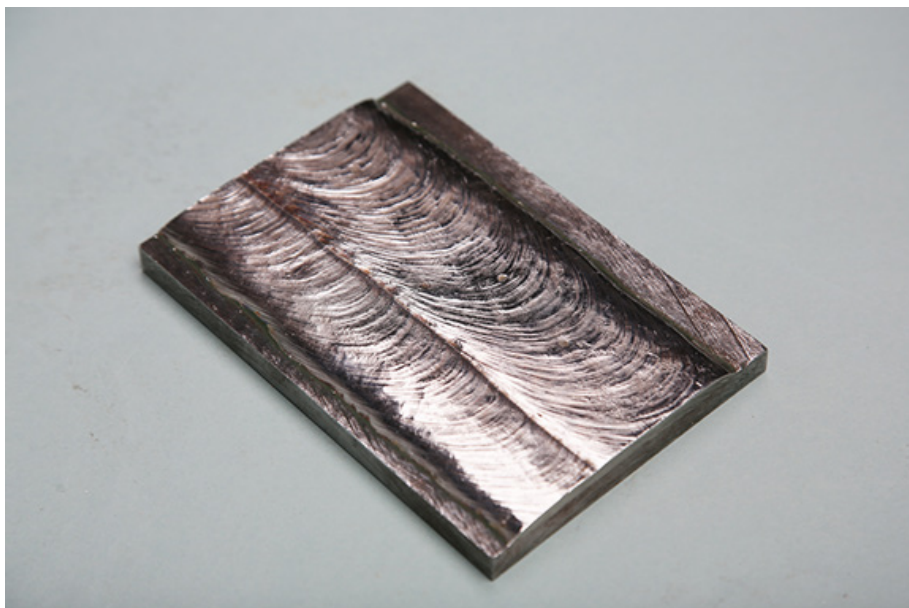
**Типичный химический состав наплавленного металла  
антикоррозионных покрытий**

Сварочный материал, назначение	Содержание химических элементов, % мас.						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb
<b>Материалы для однослойных покрытий</b>							
Лента Св-02Х21Н11Г2Б, флюс 48АФ-73 для автоматической наплавки	0,02	0,4	1,2	20	11	–	0,7
Проволока Св-03Х15Н35Г7М6Б, электроды ЭА-32/53 для аргонодуговой и ручной дуговой наплавки	0,02	0,3	7,0	15	35	7	1,5
<b>Материалы для двухслойных покрытий</b>							
Лента Св-04Х20Н10Г2БА (подслой лента 07Х25Н13А), флюс 48АФ-74 или ОФ-40 для автоматической наплавки	0,04	0,6	1,5	18	10	–	1,0
Электроды ЭА-898/21Б (подслой электроды ЗИО-8) для ручной дуговой наплавки							
Проволока Св-04Х20Н10Г2Б (подслой проволока Св-07Х25Н13) для аргонодуговой наплавки							

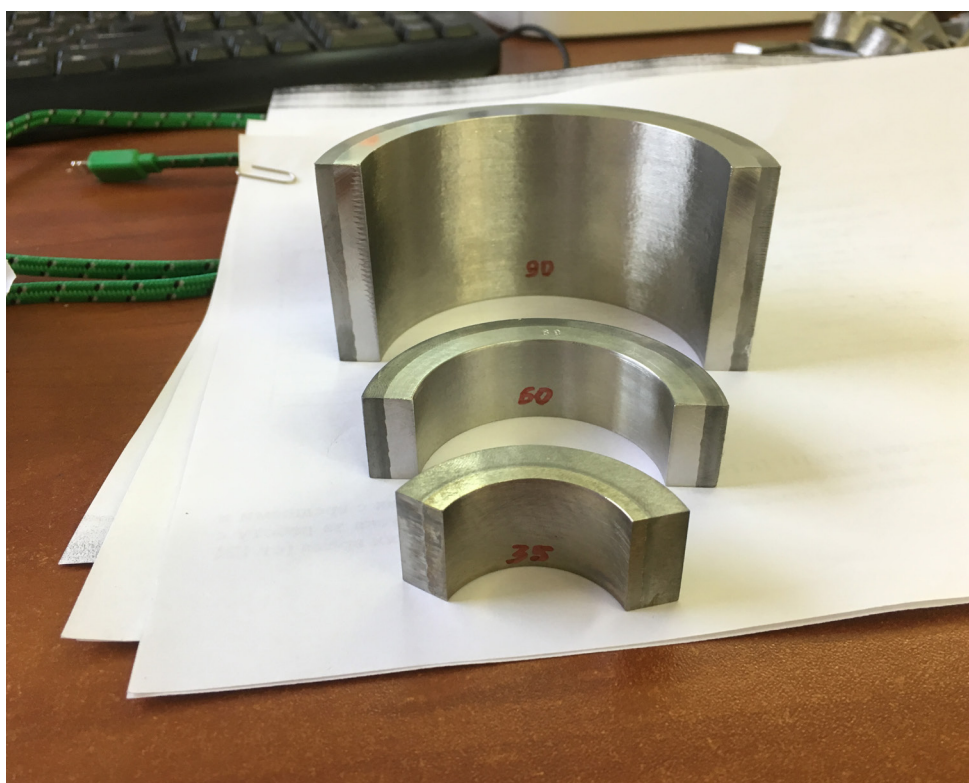


Структура металла антикоррозионной наплавки, выполненной электрошлаковым (слева) и электродуговым (справа) методами





Внешний вид наплавленной поверхности автоматическим дуговым способом ленточным электродом



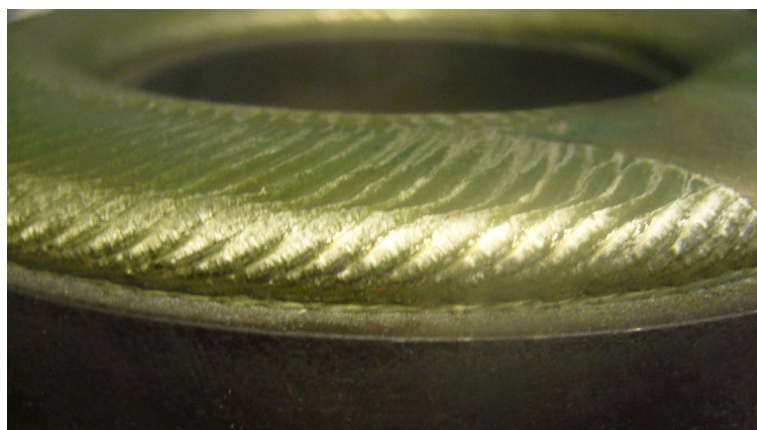
Макрошлиф антикоррозионных наплавов проволокой Св-03Х15Н35Г7М6Б патрубков  $\varnothing$  90, 60 и 35 мм

## Материалы и технология автоматической плазменно-дуговой наплавки направляющих и уплотнительных поверхностей судовой арматуры

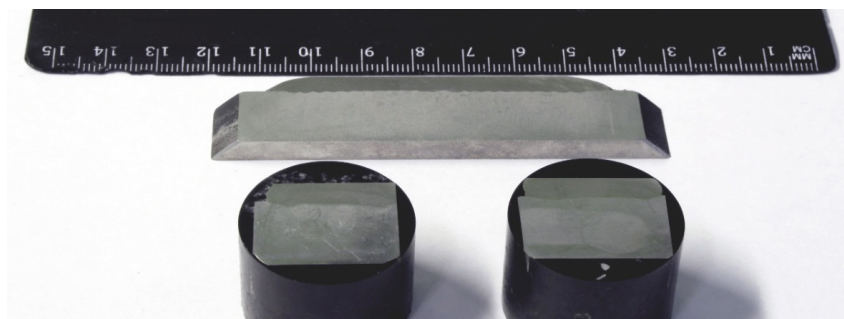
Разработаны порошковые материалы и технологии их применения при плазменно-дуговой наплавке направляющих и уплотнительных поверхностей судовой арматуры, обеспечивающие повышение производительности и качества наплавляемой поверхности в сравнении с ручными способами наплавки, а также высокие значения твердости. Химический состав наплавленных покрытий приведен в таблице.

### Типичный химический состав и твердость наплавленного металла

Тип материала	Содержание химических элементов, % мас.							Твердость HRC
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	прочие	
190K62X29B5C2	1,8	2,2	–	31,0	–	–	W 4,2	≥41,5
09X31H8AM2	0,1	0,3	1,2	33,0	7,0	2,0	N 0,3	≥41,0



Внешний вид уплотнительной наплавки типа 190K62X29B5C2, выполненной плазменно-порошковым способом



Структура уплотнительной наплавки типа 190K62X29B5C2, выполненной плазменно-порошковым способом



## Сварочные агломерированные флюсы для сварки и наплавки сталей различного структурного класса

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» на собственном производстве изготавливаются высокотехнологичные сварочные агломерированные флюсы следующих марок:

Марка флюса	Назначение
48АФ-70	Сварка оборудования гидрокрекинга нефти из стали 2,25%Cr–1%Mo–0,25%V, к которому предъявляются повышенные требования по теплоустойчивости и хладостойкости сварных соединений
48АФ-71	Сварка кремниймарганцовистых и легированных сталей, к сварным швам которых предъявляются повышенные требования по хладостойкости или стойкости против хрупкого разрушения
48АФ-72	Сварка коррозионно-стойких сталей аустенитного класса различных марок
48АФ-73	Наплавка однослойного антикоррозионного покрытия ленточным электродом электрошлаковым методом
48АФ-74	Наплавка однослойного и многослойного антикоррозионного покрытия ленточным электродом электродуговым методом

## Материалы и технология сварки сталей аустенитно-ферритного класса (дуплекс-сталей)

В НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» разработаны сварочные материалы и технология сварки аустенитно-ферритных сталей (дуплекс-сталей) типа SAF 2205 (X22H5AM3), SAF 2507 (X25H7AM4), обеспечивающие высокую коррозионную стойкость сварных соединений в агрессивных средах и морской воде.

### Типичный химический состав металла шва (наплавленного металла)

Сварочный материал, назначение	Способ сварки	Содержание химических элементов, % мас.						
		C	Cr	Ni	Mo	Mn	N	Si
Сварочная проволока марки Св-02Х-22Н9АМ3 (ЧС 127) ТУ 14-130-249-93	АРДС	0,02	22	9	3,2	1,4	0,12	0,8
Сварочная проволока марки Св-02Х25Н10М4 ТУ 14-131-938-99	АРДС	0,02	25	10	3,5	1,5	0,2	0,8
Сварочные электроды марки ЭА 127/56 ТУ 5.965-11614-96	РДС	0,03	22	9	3,2	1,5	0,18	0,4

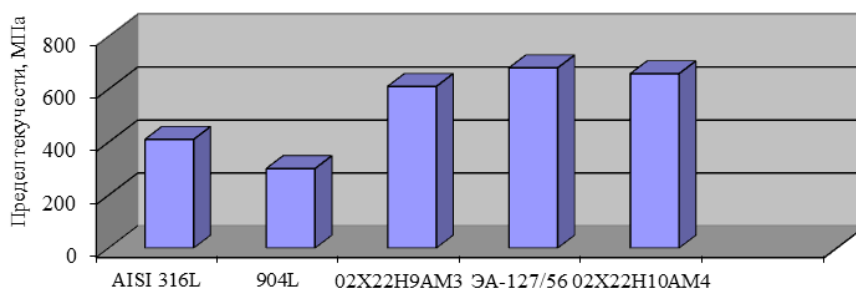
**Типичные значения механических свойства металла шва  
(наплавленного металла)**

Сварочный материал, назначение	Способ сварки	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>
Сварочная проволока марки Св-02Х22Н9АМ3 (ЧС 127) ТУ 14-130-249-93	АРДС	760	600	30	170
Сварочная проволока марки Св-02Х25Н10М4 ТУ 14-131-938-99	АРДС	850	748	24	150
Сварочные электроды марки ЭА 127/56 ТУ 5.965-11614-96	РДС	840	680	33	90

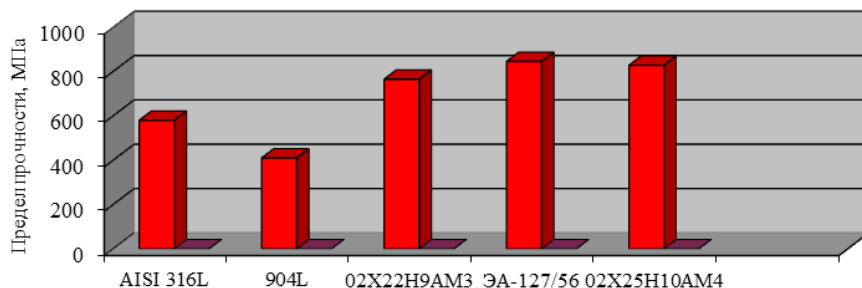
**Коррозионные характеристики металла шва  
(наплавленного металла)**

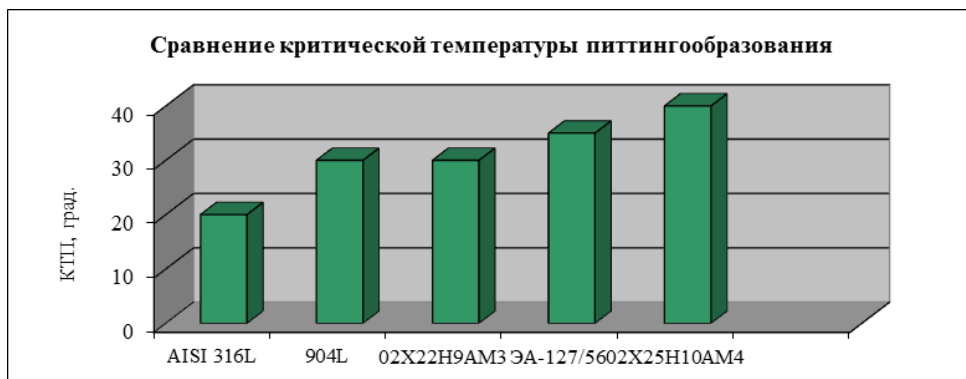
Коррозионные характеристики	Способ сварки	
	АРДС	РДС
Склонность к МКК	Не склонен	
Питтинговая (щелевая) коррозия, температура начала проявления коррозии, °С	≥30 – Св-02Х22Н9АМ3 ≥40 – Св-02Х25Н10АМ4	≥35
Средняя скорость корро- зии в кислотах, мм/год	0,0003	0,00005

**Сравнение предела текучести**



**Сравнение предела прочности**





Сравнительные характеристики механических и коррозионных свойств сварочных материалов аустенитного и аустенитно-ферритного классов