

**ТЕХМАШ**



Акционерное общество  
«Центральный научно-исследовательский  
институт материалов имени Д.И. Менделеева»  
(АО «ЦНИИМ»)  
ул. Парадная, д.8, Санкт-Петербург,  
Российская Федерация, 191014  
Тел.: (812) 271-49-72, (812) 578-93-01  
Факс: (812) 710-76-60  
e-mail: info@cniim.spb.ru  
http://www.cniim.spb.ru/  
ОКПО 07529945 ОГРН 1107847269045  
ИНН/КПП 7842436263/784201001

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
75.1.018.01  
доктору технических наук,  
профессору  
Е.И. Хлусовой  
191015, г. Санкт-Петербург  
ул. Шпалерная, д. 40

От 24.02.2026 № 191/1018-59  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Уважаемая Елена Игоревна!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертационной работы  
О.В. Шубина, представляемой на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности: 2.5.8 Сварка, родственные процессы и  
технологии.

Приложение: отзыв, на 3 л. в 2 экз.

С уважением,  
Первый заместитель генерального директора –  
заместитель генерального директора  
по научной работе

  
О.П. Шаболдо

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Шубина Олега Владимировича на тему «Разработка технологии сварки корпусов ВВЭР из стали 15Х2НМФА КЛ. 1, обеспечивающей повышение сопротивления хрупкому разрушению металла сварных швов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии»

Представленный на отзыв реферат диссертация инженера Шубина О.В. посвящен решению важной научно-технической задачи по созданию технологии сварки под флюсом корпусов ВВЭР из стали 15Х2НМФА КЛ. 1, обеспечивающей повышение сопротивления хрупкому разрушению (СХР) металла сварных швов. Это направление связано с интенсивным строительством атомных электростанций с ядерными реакторами ВВЭР-1000, ВВЭР-1200 и ВВЭР-ТОИ в нашей стране, и за рубежом. Целью выполненных исследований являлось научное обоснование выбора оптимального технологического процесса многопроходной автоматической сварки под флюсом с применением сварочной проволоки марки Св-09ХГНМГАА-ВИ корпусов и крышек атомных реакторов. Автор исследовал влияние на структуру и работоспособность сварных соединений особенностей их сварки на постоянном (обратной полярности) и переменном токе с учетом последующего многократного высокого отпуска. В задачи диссертации входило установление взаимосвязи величины и состава неметаллических включений металла шва с типом и активностью сварочного флюса.

Хорошая методическая основа диссертации в сочетании с сериальными испытаниями, а также большой объем проведенных исследований структуры металла шва свидетельствуют о достоверности полученных результатов.

Научная новизна диссертации О.В. Шубина состоит в том, что автором были установлены причины снижения ударной вязкости металла шва ниже критериального значения  $59 \text{ Дж/см}^2$  при минус  $15^\circ\text{C}$ :

НИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 457/01-20/510	№
27» 02 20 26 г.	подп.
Осн. 3 л.	
Прил. — л.	

- структурная неоднородность (образование участков феррита в бейнитной матрице) при снижении скорости охлаждения в интервале температур наименьшей устойчивости аустенита (800 – 500 °С) менее 2 °С/с;

- образование карбидов хрома и молибдена по границам зерен в процессе промежуточного отпуска при температуре 620 °С продолжительностью более 10 часов;

- повышение в металле шва кислорода свыше 0,04 %, входящего в состав неметаллических включений при протекании кремний-восстановительного процесса на стадии взаимодействия жидкой шлаковой и металлических фаз.

Установлено, что сварка под флюсом модулированным переменным током, в сравнении с постоянным током обратной полярности, позволяет повысить ударную вязкость металла шва за счет снижения содержания в нем кислорода на 0,008 – 0,015 %. Научно обосновано применение низко активного агломерированного сварочного флюса для выполнения кольцевых швов КР, что способствует снижению критической температуры хрупкости с минус 15 °С до минус 25 °С.

Установлена зависимость между референсной температурой  $T_{100}$  ( $T_0$ ) и критической температурой хрупкости  $T_{K0}$  для металла шва, выполненного по разработанной технологии:  $\delta T_{cr-ch} = T_{K0} - T_{100} = 29,1$  °С.

Рекомендованное сочетание флюса марки 48АФ-71 и переменного сбалансированного тока дополнительно снизило критическую температуру хрупкости до минус 35 °С при обеспечении прочих механических свойств металла шва и сварных соединений в целом, включая ЗТВ. т.е. до уровня требований к основному материалу.

Достигнутые результаты позволили автору диссертации рекомендовать разработанное сочетание сварочных материалов и технологию сварки к применению при изготовлении корпусов и крышки реактора современных проектов ВВР с учетом гарантийного срока службы ВВР в течение 60 лет. В этом состоит несомненная практическая ценность данной работы

По содержанию автореферата имеется к следующему замечание:

- не представлены рекомендации по компенсации ограничения (для предотвращения опасного образования карбидов по границам зерен) общего времени промежуточных отпусков сварных соединений с учетом возможно необходимого их количества;
- в описании к рисунку 8 не указано о проведении последующего окончательного отпуска, тогда как в последнем абзаце на с.12 со ссылкой на этот же рисунок сообщается, что последующий окончательный отпуск устраняет образование карбидов на границе зерен не полностью;
- на с. 13 ошибочно указана ссылка на рисунок 11 а вместо 13 а.

Указанное замечание не снижает научной и практической ценности представленной диссертационной работы. Достоверность исследований не вызывает сомнений. Материалы диссертации широко апробированы, ее содержание (основные положения и выводы) представлены научной общественности в виде докладов и публикаций.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор – Шубин О.В., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 «Сварка, родственные процессы и технологии».

Кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
начальник отдела сварочных  
материалов и технологий

Валерий Борисович Вихман

Подпись В.Б. Вихмана удостоверяю

Первый зам. генерального директора  
- зам генерального директора  
по научной работе АО «ЦНИИМ»



О.П. Шаболдо