



Из изложенного выше следует, что сварку кольцевых швов, расположенных в активной зоне корпуса реактора ВВЭР-1000, рекомендуется выполнять проволокой марки Св-08ХГНМТА под флюсом НФ-18М, поскольку при этом металл шва отличается наибольшей радиационной стойкостью. С целью увеличения расчетного и фактического срока службы корпуса реактора ВВЭР-1000 с 1995 г. введены дополнительные ограничения на содержание в проволоке Св-09ХГНМТА-ВИ никеля (1,3 мас. %) и следующих вредных примесей, мас. %: $S \leq 0,006$, $P \leq 0,006$, $Sb \leq 0,008$, $Sn \leq 0,0010$, $As \leq 0,0010$, $Cu \leq 0,06$. Содержание серы и фосфора во флюсе НФ-18М также снижено до 0,012 %. Кроме того, для сварки швов активной зоны предложено применять проволоку диаметром не более 4 мм при узкой разделке кромок свариваемых обечаек.

Для создания корпусов реакторов перспективных установок с более высокими показателями эксплуатационной безопасности, мощности и увеличенным в 1,5...2,0 раза ресурсом (до 60 лет и более) наиболее целесообразным представляется применение разработанной институтом в сотрудничестве с ОКБ «Гидропресс» и Ижорским заводом стали усовершенствованного состава марки 15Х2НМФА класса 0 и сварочных материалов проволоки Св-10ХЗГМФТА-ВП и флюса ФП-33. Эта марка стали является модификацией стали 15Х2МФА и содержит в своем составе не более 0,8 мас. % Ni.

1. Применение новых сварочных материалов для кольцевых швов на корпусах реакторов АЭС повышенной мощности

Results of the gained experience on improvement of steels and welding consumables, used in fabrication of WWER reactors of nuclear power stations are presented. Special attention is given to the problems of radiation and thermal embrittlement of the joints, influencing the safety of reactors at long-term operation

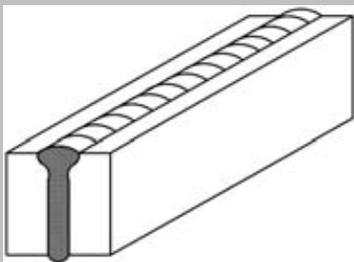
/ И. В. Горынин, В. А. Игнатов, Б. Т. Тимофеев, Ю. И. Шкатов // Автомат. сварка. — 1983. — № 10. — С. 38–42.

2. Радиационное повреждение стали корпусов водо-водяных реакторов / Н. Н. Алексеев, А. Д. Амаев, И. В. Горынин, В. А. Николаев / Под ред. И. В. Горынина. — М.: Энергоиздат, 1981. — 192 с.
3. Конструкционные материалы АЭС / Ю. Ф. Баландин, И. В. Горынин, Ю. И. Звездин, В. Г. Марков. — М.: Энергоиздат, 1984. — 280 с.
4. Радиационная повреждаемость и работоспособность конструкционных материалов / Под ред. А. М. Паршина, П. А. Платонова. — СПб.: Политехника, 1997. — 312 с.
5. Влияние никеля на радиационное охрупчивание стали 15Х2НМФАА / В. А. Цыканов, В. К. Шамардин, А. М. Печерин, Т. Н. Колесова // Проблемы материаловедения при изготовлении и эксплуатации оборудования АЭС: Сб. аннотаций 5-й Междунар. конф., С.-Петербург–Пушкин, 7–14 июня 1998 г. — СПб.: ЦНИИ КМ «Прометей», 1988. — С. 50–51.
6. Влияние никеля на радиационное охрупчивание основного металла и металла швов стали 15Х2НМФА-А / А. М. Морозов, В. А. Николаев, Е. В. Юрченко, В. Г. Васильев // Проблемы материаловедения при проектировании, изготовлении и эксплуатации оборудования АЭС: Тр. 6-й Междунар. конф., г. С.-Петербург, 19–23 июня 2000 г. — СПб.: ЦНИИ КМ «Прометей», 2000. — Т. 2. — С. 372–396.
7. Анализ механических свойств сварных соединений корпусов водо-водяных аппаратов / А. С. Жеребенков, Ю. В. Соболев, Б. Т. Тимофеев, Т. А. Чернаенко // Вопр. судостроения. Сер. Сварка. — 1983. — Вып. 35. — С. 76–83.
8. Данаусов А. В., Тимофеев Б. Т. Сопоставление механических свойств металла кольцевых швов эксплуатирующихся реакторов ВВЭР-1000, выполненных по различным технологическим вариантам // Вопр. материаловедения. — 2000. — № 3. — С. 96–103.
9. ПНАЭ Г-7-010–89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки: Правила контроля. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 135 с.
10. ПНАЭ Г-7-002–86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 525 с.

Поступила в редакцию 03.11.2005

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛС ВЫСОКОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ПРОГРАММИРОВАНИЕМ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ

Разработана технология сварки новых конструкционных материалов, удовлетворяющая высоким требованиям к качеству и прочности сварных соединений при использовании их в летательных аппаратах, криогенных установках или других высоконагруженных конструкциях.



Среди разнообразных технологических приемов электронно-лучевой сварки таких, как сварка сканирующим пучком, тандемная или с двойным преломлением пучка, сварка с программированием тепловложения в пределах контура развертки пучка занимает особое место. Она открывает перед исследователями или технологами принципиально новые возможности активного управления размерами и формой зоны проплавления, предотвращения образования корневых дефектов или структурной неоднородности, повышения стойкости к образованию горячих трещин и пор в металле шва, обеспечения стабильных показателей прочности как в пределах сварного соединения, так и в сечении при сварке заготовок большой толщины.

Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 7
Тел.: (38044) 287-44-06; факс: (38044) 287-12-83; 287-46-30



В промежутке между сварочными работами для выполнения ТО сварных швов целесообразно пользоваться электростанцией сварочной установки.

Выводы

1. Применение ускоренной интенсивной индукционной ТО, предусматривающей кратковременное превышение температуры металла шва выше точки превращения A_{c3} , приводит к увеличению ударной вязкости сварных швов, уменьшению ширины зоны нагрева и экономии энергии, затрачиваемой при ТО.

2. При осуществлении ТО сварного шва в течение 90...180 с для сталей классов прочности Х65 и Х80 (соответствующих химических составов) значения ударной вязкости металла сварного шва повышаются до требуемого уровня, при этом прочность стандартных образцов сварного шва понижается не более чем на 3,6 и 7,0 % соответственно.

3. Исходя из результатов механических испытаний сварных швов труб из сталей классов прочности Х65 и Х80 можно рекомендовать ускоренную индукционную ТО для повышения ударной вязкости металла сварного шва труб большого диаметра.

1. *Погоржельский В. И.* Технология контролируемой прокатки низколегированных сталей // Производство высококачественного проката. — М.: Металлургия, 1979. — С. 10-20.
2. *Контактная стыковая сварка трубопроводов / С. И. Кучук-Яценко, В. Г. Кривенко, В. А. Сахарнов и др.* — Киев: Наук. думка, 1986. — 208 с.

3. *СП 105-34-96.* Свод правил сооружения магистральных газопроводов. — М.: РАО «Газпром», 1996. — 42 с. — Введ. 01.10.96.
4. *Местная термообработка сварных стыковых соединений газопроводных труб диаметром 1420 мм / В. К. Лебедев, Ю. В. Скульский, С. И. Кучук-Яценко и др.* // Авто-мат. сварка. — 1977. — № 10. — С. 38-40.
5. *Корольков П. М.* Местная термическая обработка сварных тройников и тройниковых соединений // Стр-во трубопроводов. — 1987. — № 7. — С. 24-25.
6. *Корольков П. М.* Термообработка сварных соединений трубопроводов в полевых условиях // Монтажные и спец. работы в строительстве. — 1996. — № 11/12. — С. 21-24.
7. *Хромченко Ф. А., Корольков П. М.* Технология и оборудование для термической обработки сварных соединений. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 200 с.
8. *Бабат Г. И.* Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение. — М.; Л.: Энергия, 1965. — 552 с.
9. *Гриднев В. Н., Ошкадеров С. П., Телевин Р. В.* К вопросу об $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращениях в деформируемых углеродистых сталях при скоростном нагреве // Металлофизика. — 1970. — Вып. 9. — С. 107-109.
10. *Головин Г. Ф., Зимин Н. В.* Технология термической обработки металлов с применением индукционного нагрева. — Л.: Машиностроение, 1979. — 120 с.
11. *ВСН 006-89.* Инструкция по технологии стыковой электроконтактной сварке оплавлением магистральных трубопроводов из сталей с пределом прочности до 60 кгс/мм². — М.: ВНИИСТ, 1989. — 48 с.
12. *Бакиш О. А.* Об учете фактора механической неоднородности сварных соединений при испытании на растяжение // Свароч. пр-во. — 1985. — № 7. — С. 20-21.
13. *Контактная стыковая сварка высокопрочных труб большого диаметра / С. И. Кучук-Яценко, В. И. Махненко, Б. И. Казымов и др.* // Стр-во трубопроводов. — 1987. — № 7. — С. 21-25.
14. *Исследование режимов работы индукторов для термообработки стыков труб при строительстве трубопроводов / А. Г. Шварцман, Г. В. Будкин, И. Н. Бриельков и др.* // Свароч. пр-во. — 1990. — № 6. — С. 20-21.

The process of heat treatment (HT) at a comparatively short-term intensive action of the electromagnetic field on the welds made by flash-butt welding was studied. HT modes and mechanical properties of the treated and control welds are considered. It is established that application of accelerated intensive induction HT, envisaging a short-term increase in weld temperature above A_{c3} point, leads to an increase in the index of impact toughness of welds, narrowing of the heating zone, as well as saving of the energy consumed in HT. At weld HT duration of 90 to 180 s for steels of Х65 and Х80 steel grades, values of weld metal impact toughness are increased up to the required level, while the weld metal strength decreases by not more than 3, 6 and 7 %, respectively. Accelerated induction HT can be used for improvement of impact toughness of the metal of welds of large diameter pipes

Поступила в редакцию 06.05.2005

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ УГЛОВЫХ ШВОВ ВО ВСЕХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ

Автоматическая сварка угловых швов во всех пространственных положениях выполняется в CO_2 со свободным формированием металла на сварочном токе 180...300 А; скорость сварки составляет 0,08...0,10 м/мин.

Технология позволяет в потолочном положении выполнить сварку угловых швов с катетом 8...12 мм за один проход. Швы формируются без подрезов и наплывов с плавным переходом к основному металлу.

При этом достигаются более высокие пластические свойства сварных соединений по сравнению с известными технологиями. Малогабаритное сварочное оборудование имеет соответствующий уровень автоматизации и обеспечивает высокое качество сварных швов при их выполнении операторами невысокой квалификации. Производительность по сравнению с ручной сваркой увеличивается в 2-2,5 раза.

Предлагаемая технология сварки не имеет аналогов в мировой практике.

Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 48
Тел./факс: (38044) 287-62-13, 529-06-07; E-mail: paton48@paton.kiev.ua



роходной дуговой сварки с колебательными движениями горелка, которые широко используются на производстве. Профиль шва, полученный с помощью этой модели, сравнивали с экспериментальным (сварка в тавровых или стыковых соединений) и было продемонстрировано хорошее согласие данных расчетов и эксперимента. Поэтому разработанная модель является полезной в качестве инженерного метода для моделирования сварки в производственной среде.

1. Ohji T., Nishiguchi K. // Technol. Rep. of Osaka Univ. — 1983. — **33**. — P. 35–43.
2. Zacharia T., Eraslan A. H., Aidun D. A. // Weld. J. — 1988. — **67**. — P. 18–27.
3. Zacharia T., David S. A., Vitek J. M. et al. // Ibid. — 1995. — **74**. — P. 353–362.

4. Nishiguchi K., Ohji T., Yoshida H. et al. // JWS. — 1986. — **4**(4). P. 673–677.
5. Kondoh K., Ohji T. // Science and Technology of Welding and Joining. — 1998. — **3**(3). — P. 127–134.
6. Dilthey U., Roosen S. // Proc. of Intern. symp. on theoretical prediction in joining & welding JWRI. — 1996. — P. 133–154.
7. Kim J. W., Na S. // J. Transact. of ASME. J. Eng. for Industry. — 1994. — **166**. — P. 78–85.
8. Pardo E., Weckman D. C. // Metallurg. Transact. B. — 1989. — **20**. — P. 937–947.
9. Ohji T. Ph. D. Thesis. Osaka Univ., 1978.
10. Tsuji Y., Yamamoto T., Miyasaka F. et al. // Quart. J. JWS. — 2000. — **18**(4). — P. 572–533.
11. Ohji T., Tsuji Y., Miyasaka F. et al. // Materials Science & Technology. — 2001. — **17**. — P. 167–168.
12. Yamamoto T., Ohji T., Miyasaka F. et al. // Science and Technology of Welding and Joining. — 2002. — **7**. — P. 260–264.

Analysis has been performed of engineering applicability of mathematical models for numerical simulation of MAG welding under the production conditions. A three-dimensional non-stationary thermal model of welding is considered. Numerical analysis of interpass temperature distribution through the base metal is performed for evaluation of weld pool dimensions, using the method of finite differences based on the heat flow equation, as well as analysis of theoretical configuration of liquid metal, taking into account the equilibrium of the force of gravity, surface tension and arc pressure. The developed model was used for simulation of various welding processes, such as multipass welding and welding of fillet and butt welds with transverse oscillations of the torch. It is established that this model can be used to predict the MAG welding process and the profile of the weld obtained by this process in production.

Поступила в редакцию 15.01.2005

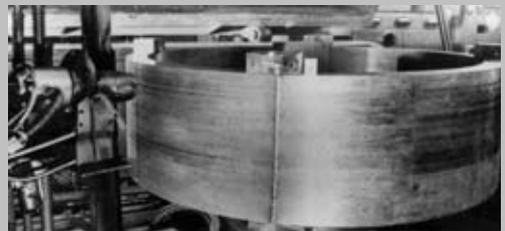
ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛС ЕМКОСТЕЙ И ДРУГИХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ С ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ ДО 150 ММ

Разработана комплексная технология изготовления с применением электронно-лучевой сварки цилиндрических или конических оболочек и емкостей диаметром от 300 до 8000 мм, используемых в качестве корпусов ракетно-космических аппаратов, топливных систем, сосудов давления или криогенных емкостей, из алюминиевых и магниевых сплавов.



Кроме операций сварки, технология решает проблемы конструктивного исполнения свариваемых кромок различных типов соединений, подготовки поверхности изделий и кромок перед сваркой, выполнения требований к точности сборки и выбору пространственного положения соединений, а также выбора рациональных способов контроля качества и прочностных испытаний сварных соединений при криогенных температурах включительно.

Технология обеспечивает повышение на 15...25 % временного сопротивления соединений термически упрочняемых и усиленно нагартованных алюминиевых сплавов, уменьшение в 4–5 раз остаточных сварочных деформаций и в 5–7 раз ширины зоны термического влияния по сравнению с дуговыми способами сварки.



Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 7
Тел.: (38044) 287-44-06; факс: (38044) 287-12-83; 287-46-30

в 2000–2004 гг. превышение отчислений в бюджет и целевые фонды над льготами в сумме 36 млн грн. При этом не было израсходовано ни копейки бюджетных средств, была выпущена высокотехнологическая продукция и созданы дополнительные рабочие места. Регулярные проверки финансовой деятельности Технопарка ИЭС, а также целевого использования средств спецсчета выявили их полное соответствие действующему законодательству. Это показывает, что созданная нормативно-законодательная база функционирования технопарков и добросовестное ее соблюдение позволяют обеспечить такие результаты, при которых разговоры

о технопарках как о «бюджетной дыре» и о сплошных злоупотреблениях — не более, чем попытка злонамеренной дискредитации жизненно важного для страны дела.

P.S. 12 января 2006 г. Верховная Рада Украины приняла новый Закон о внесении изменений и дополнений в ранее действующий Закон Украины «О специальном режиме инвестиционной и инновационной деятельности технологических парков», который позволит обеспечить дальнейшее развитие технопарков, повысить эффективность выполняемых инновационных проектов.

World experience of innovative activity of technoparks is considered. State support measures, as well as priority areas, goals, objectives, and results of activity of the «E. O. Paton Electric Welding Institute» Technopark in the period of 2000–2004 are described.

Поступила в редакцию 21.09.2005

УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА КЛ-118 ДЛЯ ЭЛС, ОСНАЩЕННАЯ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С СЕМЬЮ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Вакуумная камера и откатные двери имеют две оболочки: внутреннюю из нержавеющей стали и наружную из конструкционной стали, соединенные между собой шпангоутами. Полученное коробчатое сечение позволяет существенно снизить металлоемкость конструкции при сохранении высокой жесткости, которая гарантирует высокую точность механизма перемещения.

Механизм перемещения электронно-лучевой пушки портального типа позволяет перемещать пушку по координатам X, Y, Z и вращать ее в плоскости X–Y ($\pm 90^\circ$) и X–Z (на 90°). Камера снабжена числовым программным управлением перемещения по семи координатам с возможностью одновременного управления перемещением по четырем координатам.

Уникальный стабилизатор высокого напряжения, оснащенный электровакуумной лампой, обнаруживает и подавляет пробой, что позволяет выполнять сварку непрерывным швом без несплошностей и дефектов.

Обеспечивается управление сваркой с автоматическим слежением за стыком в реальном масштабе времени с помощью системы RASTR, использующей эмиссию вторичных электронов.

Анализатор параметров луча позволяет оператору определить действительные рабочие режимы луча до начала выполнения шва и сократить время на подбор параметров сварки.

Катоды из гексаборида лантана обеспечивают срок службы более 40 ч при мощности 60 кВт, предотвращают «уход луча» при изменении положения фокуса.



Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 57
Тел./факс: (38044) 525-43-19
E-mail: nazarenko@technobeam.com.ua
<http://www.nas.gov.ua/pwj/beam>