

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

УДК 621.791.75.05

**НЕОБХОДИМОСТЬ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПОНЯТИЯ
СВАРИВАЕМОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ АЭС**

© 2014 г. Ю.В. Доронин*, Н.Н. Подрезов**

** ООО «Аттестационный центр городского хозяйства», Москва

* Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.

В статье сделана попытка обоснования формализации понятия свариваемости применительно к технологическим процессам сварки изделий АЭС. Выделен ряд технологических факторов, непосредственно влияющих на качество сварных соединений и, в конечном итоге, на свариваемость. Предложена расширенная формулировка термина «свариваемость» для использования в нормативной документации в атомной энергетике.

Ключевые слова: свариваемость, технологическая свариваемость, сварное соединение, фактор технологический, металлургическая свариваемость, жизненный цикл изделия.

Поступила в редакцию 23.07.2014 г.

Свариваемость, оказывающая решающее влияние на качество сварных соединений, упоминается всего один раз в основополагающих Правилах и нормах в атомной энергетике. В п. 3.1.1 ПН АЭ Г-7-008-89 [1] говорится о том, что «материалы для изготовления оборудования и трубопроводов должны выбираться с учетом требуемых физико-механических характеристик, технологичности, свариваемости и работоспособности в условиях эксплуатации в течение срока службы». Эта формулировка отражает известный факт, что в отечественном машиностроении в плане свариваемости всегда обращалось первостепенное внимание на выбор материалов, участвующих в формировании сварного соединения [2]. Например, в ГОСТ 23870-79 «Свариваемость материалов» в качестве критериев предложены балл зерна и механические свойства основного металла в околошовной зоне.

В ГОСТ 26001-84 «свариваемость – свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия». В окончательной нормативной формулировке основное понятие свариваемости закреплено в ГОСТ 29273-92 – «...металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, чтобы свариваемые детали отвечали техническим требованиям, как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют».

Данный стандарт имеет ряд очень полезных особенностей:

- разработан методом прямого применения международного стандарта ИСО 581-80 "Свариваемость. Определение";
- самый маленький (3 страницы) в РФ и на пространстве СНГ. Причина в сложности понятия «свариваемость», поэтому даётся только качественная формулировка;

– в одной формулировке заложены почти все комплексные составляющие свариваемости: материал, технологический процесс, тип и функциональное назначение конструкции;

– свариваемость одного и того же материала может быть оценена различно в зависимости от назначения изделия.

Тем не менее, ГОСТ 29273-92 практически не применяется в атомной энергетике и причин тому несколько.

Во-первых, традиционно считается, что физическая свариваемость является необходимым, а технологическая (тепловая + металлургическая) – достаточным условиями обеспечения свариваемости основного металла.

Во-вторых, технологическая свариваемость оценивается и качественно и количественно на уровне критериев 80-х годов. При качественной оценке технологической свариваемости вводятся сравнительные степени по отношению к вероятности трещинообразования: хорошая, удовлетворительная, ограниченная и плохая. По количественным эмпирическим оценкам, наподобие углеродного эквивалента или критерия Уилкинсона, принимаются меры, призванные повысить свариваемость основного металла в реальных технологических процессах.

В-третьих, не в полной мере учитывается конкретика сварочных производственных процессов. Например, в условиях разных предприятий качественный результат сварки одного и того же изделия из одинакового материала может сильно отличаться. То есть, в производстве изделий их свариваемость, не в меньшей степени, чем выбор основного металла, зависит от технологических факторов, сопровождающих процесс сварки.

Факторы технологического процесса показаны на рисунке 1 справа.

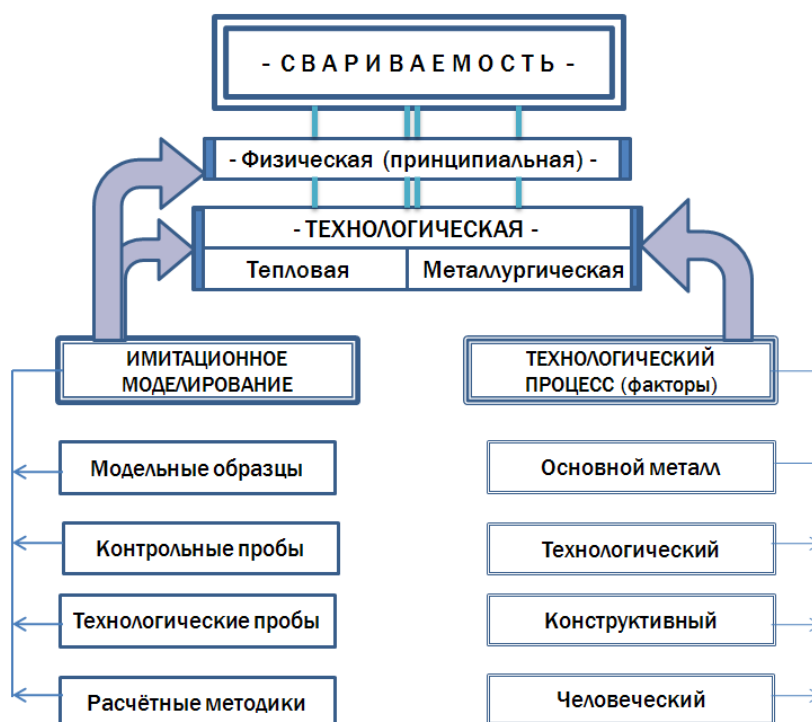


Рис. 1. – Информационные потоки (показаны стрелками), формализующие понятие «свариваемость» в атомной энергетике

Фактор влияния основного металла является определяющим. Все составляющие информационного потока, исходящего от имитационного моделирования (рис.1),

связаны с установлением свариваемости металлических материалов на уровне сварки проб, испытаний образцов и расчётов. Контрольные пробы задействованы и в технологическом процессе для паспортизации механических свойств и подтверждения применимости сварочных материалов конкретных партий и выплавов.

Технологический фактор оказывает влияние на свариваемость через подготовку кромок основного металла и сборку изделия, вид и режимы сварки, применяемые сварочные материалы, метеорологические условия, специальные технологические приёмы, обеспечивающие технологическую прочность сварных соединений конструкций. Приведём пример. В атомной энергетике технологический процесс сварки только одного шва сосуда АЭУ может продолжаться от 2...3 суток до одного месяца (рис.2). Метеорологические условия в этом случае играют далеко не последнюю роль, особенно, если при сварке применяются малоактивные флюсы типа АН-30, 48-ОФ-6, 48-ОФ-10 и т.п. Эти флюсы, как известно [3], весьма склонны к гидратации из-за наличия в их составе основных оксидов.

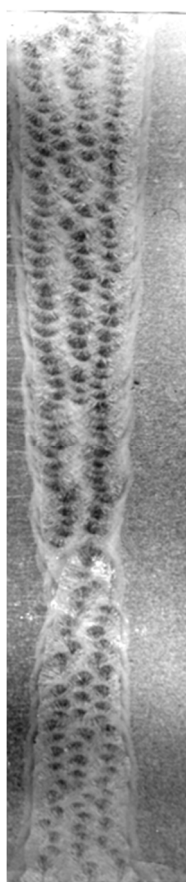


Рис. 2. – Кольцевой шов, обечайка активной зоны корпуса реактора, $\delta = 240$ мм.
Узко-щелевая разделка, количество валиков ~175

Конструктивный фактор определяется типом сварной конструкции и сопровождающими её параметрами (форма и пространственное расположение свариваемых элементов, масса, толщина, жёсткость). Особенно сильное влияние оказывают на свариваемость всевозможные концентраторы напряжений и деформаций, что характерно для сварных толстостенных конструкций больших габаритных размеров. При этом в отношении влияния концентраторов контрольные пробы, сопровождающие изделия, не являются показательными, вследствие несоответствия масштабного фактора. Дело ещё осложняется и тем, что по нормативным документам в атомной отрасли не допускаются трещины и трещиноподобные дефекты, что

значительно повышает требования к свариваемости изделий АЭУ.

Человеческий фактор связан с тем, что сварочные технологические процессы являются, как отмечалось, продолжительными и многооперационными. По этой причине всегда существует вероятность несанкционированных вмешательств, не всегда совпадающих с регламентными требованиями, со стороны оператора – сварщика или инженерно-технического персонала. Такие действия отмечались, например, на ПО «Атоммаш» при манипуляциях персонала с установкой местного нагрева, которой оснащён стенд ЭШС, при выполнении протяжённых швов толстолистовых заготовок, что приводило к повышенной дефектности изделий.

С учётом вышесказанного предлагается следующая уточняющая формализация обсуждаемого понятия для атомной отрасли: свариваемость – способность металлических материалов в изделии (конструкции) в условиях технологического процесса сварки образовывать целостное соединение, соответствующее отраслевым нормам оценки качества и эксплуатационным требованиям на всех стадиях жизненного цикла изделия (конструкции).

Данная формулировка полностью соответствует принципиальной концепции обновлённого международного стандарта ISO/TR 581: 2005 «Свариваемость. Материалы металлические. Общие принципы». Краткая суть этой концепции заключается в следующем тезисе – сварке подвергаются не металлические материалы, а изделия из металлических материалов в конкретных условиях. Кроме европейских норм (EN – European Norm) аналогичный подход применён в AWS (American Welding Society`s Standard), JIS (Japanese Industrial Standard), ASME (American Society of Mechanical Engineer`s Standard) и других национальных стандартах.

Следует отметить, что в настоящее время стандарты серии ISO в промышленном производстве и эксплуатации тесно взаимосвязаны между собой стандартизированными и унифицированными процедурами обеспечения жизненного цикла изделий (конструкций) логистической поддержкой. В соответствии с ГОСТ Р53393-2009 [4] «интегрированная логистическая поддержка промышленных изделий – совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых управленческих, инженерных и информационных технологий, ориентированных на обеспечение высокого уровня готовности изделий ... при одновременном снижении затрат, связанных с эксплуатационным обслуживанием». Следовательно, вопросы свариваемости изделий должны рассматриваться в контексте современных информационных производственных стратегий (создание баз данных и знаний, электронный документооборот, программное обеспечение логистики технологических процессов сварки и т.п.), но это отдельная тема.

ВЫВОДЫ

- 1) Существует необходимость обновления формализации понятия свариваемости в атомной отрасли с целью разработки современной нормативной базы.
- 2) Предложена формулировка свариваемости, концептуально совпадающая с аналогичным понятием в международных стандартах.
- 3) Влияние технологических факторов на свариваемость изделий необходимо анализировать на всех стадиях жизненного цикла изделия (конструкции) ответственного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПН АЭ Г-7-008-89 Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок [Электронный ресурс] // Электронная

- библиотека ГОСТов и нормативов OHRANATRUDA.RU – 2014. – Режим доступа: URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio//normativ/data_normativ/42/42048 – 18.07.2014.
2. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. [Текст] / Редкол.: Г.А. Николаев и др. Под ред. Н.А. Ольшанского – М.: Машиностроение, 1978 – Т.1. – С. 504.
 3. *Потапов, Н.Н. и др.* О металлургической роли глинозёма в малоактивных флюсах при автоматической сварке [Текст] / Н.Н. Потапов, К.В. Любавский // Сварочное производство.- 1972.- № 10.- С. 5-8.
 4. ГОСТ Р 53394 – 2009 Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения [Электронный ресурс]/Нормативные документы по вопросам ИЛП. Базовый комплекс 1. – 2014. – Режим доступа: URL: <http://www.cals.ru/information/standards/> - 16.07.2014.

The Necessity of Formalization of Weldability Conception in the NPP Goods Manufacturing

Y.V. Doronin *, N.N. Podrezov **

* LTD «Certification Center of municipal services»,
47A Izmajlovskoe St. (schosse), Moscow, Russia 105187,
*e-mail: bekkenbauer@yandex.ru ;

** Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360,
e-mail: p1n2f@rambler.ru

Abstract – In the article an attempt is made to justify the formalization of the notion of weldability applied to the processes of welding products NPP. Highlighted a number of technological factors that directly affect the quality of welded joints and, ultimately, on weldability. The proposed extended formulation of the term “weldability” use of normative documents in the nuclear industry.

Keywords: weldability, technological welding, welding joint, the technological factor, steel weldability, the life cycle of products.

REFERENCES

- [1] PN AJe G-7-008-89 Pravila ustrojstva i bezopasnoj jekspluatacii oborudovanija i truboprovodov atomnyh jenergeticheskikh ustanov [PN AE G-7-008-89 Rules for the construction and safe operation of the equipment and nuclear power station pipelines]. Jelektronnaja biblioteka GOSTov i normativov OHRANATRUDA.RU [The state standard specifications and standards e-library OHRANATRUDA.RU], 2014. Available at: http://ohranatruda.ru/ot_biblio//normativ/data_normativ/42/42048 (in Russian)
- [2] Svarka v mashinostroenii: Spravochnik v 4-h t [Welding in mechanical engineering: The reference book in 4 volumes] / Redkol.: G.A. Nikolaev i dr. Pod red. N.A. Olshanskogo [Editorial board: G. A. Nikolaev, etc. Edited by N. A. Olshansky]. M. Pub. Mashinostroenie [Mechanical engineering], 1978. 499 p. (in Russian)
- [3] Potapov N.N., Ljubavskij K.V. O metallurgicheskoj roli glinozjoma v maloaktivnyh fljusah pri avtomaticheskoj svarke [About a metallurgical role of alumina in low-active gumboils at automatic welding]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding production], 1972, № 10, ISSN 0491-6441, pp. 5-8. (in Russian)
- [4] GOST R 53394 – 2009 Integrirovannaja logisticheskaja podderzhka. Osnovnye polozhenija [SST P 53394 - 2009 The Integrated logistic support. Basic provisions]. Normativnye dokumenty po voprosam ILP. Bazovyj kompleks 1 [Normative documents concerning ILP. Basic complex 1]. 2014. Available at: <http://www.cals.ru/information/standards/> (in Russian)