

УДК 621.791

В.Н. Сорокин, к.т.н., доцент; **О.И. Стеклов**, д.т.н., профессор, кафедра «Сварка и мониторинг нефтегазовых сооружений» РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, e-mail: svarka@gubkin.ru; **К.А. Ганусов**, к.т.н., директор, ООО НПЦ «СплавТест»; **Д.В. Деркач**, инженер по сварке, ЗАО «Трест Коксохиммонтаж», e-mail: derkach2.5@bk.ru

Компетентность и квалификация сварщика в системе обеспечения качества сварочного производства

Сварщик является активным и непосредственным участником реализации технологического процесса сварки как в условиях высокотехнологичного производства технических систем, так и в условиях их монтажа. Исходя из определения уровня компетенции и квалификации сварщиков ручной дуговой сварки, показана необходимость в новых технологиях их обучения и переподготовки с учетом современных требований.

Ключевые слова: технологичность сварных соединений, ручная дуговая сварка, обучение, компетенция, квалификация, переподготовка сварщиков.

Сварка металлов является одним из ключевых и наиболее ответственных технологических процессов изготовления продукции. За прошедшее десятилетие требования заказчиков (потребителей) на продукцию (изделия, технические устройства и пр.), полученную с ее использованием, значительно изменились. Потребитель предпочитает продукцию от производителя, имеющего документально оформленную систему управления качеством, гарантирующую ее стабильный выпуск и конкурентоспособность.

Конкурентоспособность продукции, например технических устройств опасных производственных объектов, может быть обеспечена не только высоким уровнем выполнения конструкторско-технологических разработок, приведенных на рисунке, но и достаточным уровнем безопасности для человека и окружающей среды в процессе ее эксплуатации и утилизации. Массовая доля металла швов в сварных конструкциях редко превышает 1%, но, как свидетельствует статистика, 70–80% всех фиксируемых отказов связано со сварными соединениями [1, 2]. Для многих изделий с исключительно высокими требованиями к качеству сварных соединений и большой номенклатурой применяемых

сталей и легких сплавов эта ответственность многократно усиливается.

Но существующая база нормативно-технической документации не в полной мере охватывает все многообразие технологических процессов и соответствующего оборудования с точки зрения регламентации применения специализированных мероприятий, направленных на гарантированное исключение вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Одним из наиболее важных факторов обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции в условиях быстрого развития сварочных техники и технологии, возрастающей международной глобальной конкуренции является наличие квалифицированных кадров, в частности сварщиков.

Профессия сварщика ручной дуговой сварки (РДС) как специальный вид трудовой деятельности требует наличия определенных знаний и умений и предъявляет специфические требования к его образованию и к индивидуальным способностям. Необходим не только определенный уровень обученности, подготовленности к выполнению требуемого вида деятельности по данной специальности, но и комплекс специфической технической компетенции, качеств организма и личности человека.

Сварщик принимает и исполняет решение об изменении положения плавящегося электрода с целью изменения ситуации в зоне сварки. При этом сварщик, дискретно получая зрительную информацию, должен обеспечивать качественное выполнение процесса сварки в течение всей смены в пределах своих физиологических возможностей. Поэтому в промежутках между обработками получаемой информации он должен поддерживать его протекание в пассивном режиме – в режиме авторегуляции выполнения перемещений плавящегося электрода, соответствующих совокупности сопутствующих факторов в зоне сварки, т.е. иметь определенную функциональную программу в режиме «тлеющего разряда».

При имеющейся в настоящее время тенденции к снижению доли ручной дуговой сварки происходит изменение ее выполнения. Это связано с усложнением условий эксплуатации сварных изделий, повышением уровня требований к конструктивному воплощению и надежности исполнения, применением материалов повышенной прочности и т.д. Отдельным видам сварных конструкций могут быть присущи свои специфические качества: повышенная коррозионная и коррозионно-механическая стой-



Рис. Интерпретация системного решения конструкторско-технологических задач при производстве сварных изделий в заводских условиях

К₁ – согласование с заказчиком технического задания (ТУ) на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Уточнение назначения изделия (продукции) и его частных функций в соответствии с ГОСТ 15.001 (прогнозируемых показателей его тактико-технических характеристик, потребительских свойств в условиях эксплуатации и пр.); К₂ – разработка, оценка и выбор альтернативных эскизных (проектных) решений. Оптимизация компоновки функциональных структур изделия в целом и его отдельных систем и подсистем; К₃ – выбор и назначение конструкционных материалов, выполнение расчетов несущих элементов, назначение расчетных, обоснованных видов сварных соединений и параметров швов, методов контроля и правил приемки; К₄ – оценка неопределенностей, качественный и количественный анализ надежности, распределение ее требований; К₅ – определение эффективности применения и установление конкурентоспособности (связи между показателями надежности, эффективности и экономичности) выбранного варианта; К₆ – разработка требований по эксплуатации и стратегии соблюдения требований окружающей среды; К₇ – разработка технических условий (ТУ) на изготовление; К₈ – разработка сдаточных испытаний, обслуживания и ремонта, оценка реализации и соответствия ТЗ и ТУ; К₉ – конструкторская доводка отдельных узлов с учетом всех обстоятельств, оформление полного комплекта проектно-конструкторской документации в соответствии с единой системой конструкторской документации – ЕСКД (ГОСТ 2.114-95), оформление и передача рабочих чертежей изделия в соответствующие технологические отделы; К₁₀ – прочие задачи (типа гарантии производителя, правила транспортировки, особенности утилизации и др.)

Т₁ – анализ и согласование конструктивных решений свариваемых элементов и узлов на их технологичность (на однородность способов сварки, видов термообработки и пр.); Т₂ – оценка технологической оснащенности, разработка стратегии технологического проектирования маршрутной технологии, определение потребности в конкретном сборочно-сварочном и вспомогательном оборудовании, инструменте и специалистах; Т₃ – разработка планировок участков и их компоновки стандартным технологическим оборудованием; Т₄ – разработка технических заданий на проектирование и изготовление нестандартной технологической оснастки (при обоснованной необходимости); Т₅ – использование типовых или разработка пооперационных технологических процессов на заготовительном участке и запуск процесса реализации производства изделия и управление им, контроля качества их выполнения; Т₆ – оформление полного комплекта документов в соответствии с единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП) и единой системой технологической документации (ЕСТД); Т₇ – оценка текущей неполноты технологических достижений; Т₈ – прочие задачи

кость, герметичность, прочность и пр. Так, за период длительной эксплуатации отдельные оболочковые конструкции, рассматриваемые как нагруженные статически, могут подвергаться до 10^3 – 10^5 циклам повторно-статических (малоцикловых) нагружений при высо-

ком уровне напряжений и воздействия коррозионно-активных сред. Однако один из недостатков РДС заключается в зависимости качества сварных соединений от способности сварщика поддерживать необходимый режим сварки при взаимодействии с

различными факторами производственной среды, приведенными в таблице. В условиях монтажа выполнение одного и того же вида (типа) сварного соединения могут быть весьма разнообразны. Качество сварных конструкций будет определяться уровнем профессио-

нальной компетенции сварщика и его способностью применять знания, умения и опыт в знакомых и незнакомых трудовых ситуациях.

В общем, в наиболее распространенном понимании термин «компетенция» описывает требования сферы труда и результаты, которые должны быть достигнуты для обеспечения соответствия этим требованиям. Профессиональная компетенция отражает профессиональную квалификацию – степень пригодности, уровень подготовленности человека для выполнения работ, связанных с той или иной профессией. Это подтвержденная совокупность индивидуальных способностей, профессиональных умений и знаний, необходимых для выполнения задач на конкретном рабочем месте.

Таким образом, компетентность сварщика – это адекватность его личных и профессиональных качеств сложности решаемых задач и уровню предоставленных полномочий. Обычно выделяют два типа компетенций: предметно-специфическую и предметно-специализированную, т.е. понятие «компетенция» тесно связано с объектом и предметом труда. Например, достижение проектного качества формирования корня шва при сварке на весу с позиции технологической подготовки производства в определяющей степени зависит не только от конструктивно-технологических факторов (геометрических параметров свариваемых кромок, параметров режима сварки и свойств покрытых электродов), но и от квалификации сварщика.

Уровень квалификации – это требования к его компетенции при выполнении профессиональных обязанностей с учетом их сложности, нестандартности и степени ответственности, а специализация квалификации – объем требуемых для выполнения работы знаний, используемых сварочных материалов и оборудования. Величиной, отражающей уровень профессиональной подготовки сварщика, ранее являлся квалификационный разряд, т.е. квалификация сварщика является качественной характеристикой его деятельности, сформировавшейся как синтез его природных способностей, результатов обучения и опыта.

В понятии квалификации выделяют два аспекта – способность работника

к труду определенного качества (потенциальное качество труда) и реализация этой способности, которая выражается в количественных результатах труда.

Квалификацию сварщика РДС высокого уровня необходимо определять как умение выполнять все виды сварных соединений различных марок конструкционных материалов во всех пространственных положениях при наличии индивидуальных профессиональных моторных навыков (биомеханики движений) ведения сварки плавящимся электродом.

Таким образом, сварщик РДС по-прежнему остается активным и непосредственным участником реализации технологического процесса сварки, требующего от него успешной адаптации к внешним условиям и наличия определенных устойчивых моторных навыков ее выполнения. Процесс их формирования у сварщика напрямую связан не только с мотивационной потребностью, но и с его индивидуальной пригодностью к освоению программных моторных движений, методиками начальной стадии его обучения, условиями и сложностью дальнейшей профессиональной работы [3, 4].

Однако в программах подготовки, переподготовки и повышения профессионализма сварщиков отсутствовал блок оценки и тренинга его психофизиологических качеств. Требованиям профессии не всегда соответствует набор его моторных навыков. Поэтому необходимо обучение в течение всей профессиональной деятельности – любое целенаправленное обучение, осуществляемое на постоянной основе с целью совершенствования знаний, умений и компетенций, необходимых для личностного развития и трудоустройства. В работе [5] было показано, что в процессе первичной подготовки трое из десяти обучившихся профессии оказывались непригодны для квалификационного выполнения даже простых сварочных работ. При ранее существовавшей системе подготовки сварщиков для достижения ими высокой квалификации требовалось до 6–7 лет, хотя мастерство не определяется годами. Текущее присвоение сварщикам тарифных разрядов (вплоть до 6-го) в ходе их дальнейшей практи-

ческой деятельности происходило в основном по отраслевым и ведомственным достаточно жестким правилам и нормам. Данная процедура распространялась в основном на сварщиков, работающих на поднадзорных объектах и имеющих практический многолетний опыт.

Семь из десяти сварщиков, имеющих высокую квалификацию, непригодны для выполнения сварочных работ в сложных условиях, связанных с высоким нервно-эмоциональным напряжением (работа на высоте, в сложных климатических условиях и пр.), т.е. требующих сохранения устойчивого состояния психики. От мастерства и добросовестности сварщика во многом зависит эксплуатационная надежность технических устройств и систем.

ДАННАЯ СИТУАЦИЯ, ПО СУЩЕСТВУ, ЯВЛЯЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ ПРОЯВЛЕНИЯ СЛЕДУЮЩИХ БАЗОВЫХ ПРИЧИН:

- оценка практических начальных навыков осуществлялась только по итогам контроля сваренных образцов, что не позволяет своевременно заметить и устранить формирование ложных навыков;
- оценка процесса и ведения сварки по зрительной и слуховой информации происходит на фоне значительного уровня внешних помех и быстрого утомления зрения. Это обусловлено отсутствием сформированных программных моторных навыков, что затрудняет выделение обучаемым полезной информации о характере протекания процесса;
- форма представления, количество упражнений, их повторение, период задержки перед новой порцией информации не корректировались с учетом индивидуальных характеристик обучаемого (оперативной и долговременной памяти);
- случаи эффективного достижения желаемого результата обучаемым существенно зависят от педагогических возможностей (субъективных характеристик) инструктора; контроль текущего усвоения и итогов обучения неоправданно трудоемок. Не всегда по результатам тестовой оценки контрольных сварных соединений возможно определить, какие из элементов техники выполнения необходимо совершенствовать;

Таблица. Совокупность факторов, определяющих технологичность сварных соединений большеразмерных конструкций и объектов

№	Факторы	Производственная среда и характер функционирования
1	Принадлежность к конструкциям	Вид конструкций: трубные, опорно-крепёжные, ферменно-каркасные, облицовочные, отводно-переходные, штуцерные, компенсаторные и пр.
2	Место проведения сварочных работ	Нестационарность рабочих мест в условиях: стапеля; завода (цеха); монтажной площадки (в полевых условиях, на высоте, под водой и пр.).
3	Сборочные операции	Нестабильность параметров стыка, неточность геометрической формы отдельных элементов. Сложность регулирования зазора и совмещения кромок: • отдельных деталей (заготовок) в свободном состоянии; • укрупненных заводских блоков (узлов) различного веса и габаритов; • элементов, требующих подгонки по месту (с учетом длины, толщины и пр.).
4	Однотипность сварных соединений	Зависит от типа технических устройств и способов сварки (применяемым согласно действующим нормативным документам).
5	Конфигурация периметра стыка	Сварка стыков: прямолинейных, криволинейных, спиральных, сложноконтурных и пр.
6	Положение свариваемых кромок в пространстве	При сварке в нижнем положении обеспечивается хорошее качество переноса металла в ванну и формирование металла шва. Сварка в других пространственных положениях менее технологична.
7	Доступность свариваемых кромок	Выполнение сварки: • в удобных условиях производства; • при затруднительном подводе к стыку электрода и ограниченной видимости сварщиком зоны сварочной ванны; • в особо стесненных условиях; • с временно создаваемым доступом.
8	Исходное состояние геометрии свариваемых кромок	Предъявляемые требования: • кромки стыков не должны иметь дефектов; • плоскость реза кромок не должна отклоняться от оси соединяемых элементов; • внутренние диаметры трубных элементов могут отличаться на величину не более допустимых смещений свариваемых кромок.
9	Свариваемость	Сложность процесса сварки низколегированных сталей оценивается величиной эквивалентного содержания углерода – $C_{экр}^*$: • хорошая – $C_{экр} \leq 25\%$; • удовлетворительная – $0,25 < C_{экр} < 0,35\%$; • ограниченная – $0,35 < C_{экр} < 0,45\%$; • плохая – $C_{экр} \geq 0,45\%$.
10	Вид технологии	Технология, базирующаяся на использовании: • универсального сварочного оборудования и широко применяемых сварочных материалов; • специализированного сварочного оборудования и/или специальных сварочных материалов (предназначенной для конкретной технологии); • специальных технологий применительно к конструктивно сложным узлам технических устройств.
11	Удобство в работе при сварке	Выполнение работ в определенных положениях: в удобных или неудобных (стесненность рабочего пространства); лежа; с подмостей (лесов) и приставных лестниц; с люлек и навесных лестниц
12	Вредность условий труда	Производственная среда: • загазованность сварочными аэрозолями; • электромагнитные поля; • излучение открытой сварочной дуги; • освещенность рабочего места; • производственный шум и пр. Психофизиологические условия: • физическая нагрузка; • монотонность труда; • рабочая поза; • напряжение зрения; • нервно-психологическая нагрузка и пр.
13	Метеорология окружающей среды	Основные помехи: температура, влажность, скорость движения и запыленность окружающего воздуха. Сварка при низких температурах (<10 °С) приводит к общему и локальному охлаждению тела сварщика, при высоких вызывает его перегрев. При температуре <10 °С необходим предварительный подогрев металла (при этом надежность сварочного оборудования снижается).

* $C_{экр} = \frac{C}{M_C} + \frac{Si}{M_{Si}} + \frac{Mn}{M_{Mn}} + \frac{Cr}{M_{Cr}} + \frac{Ni}{M_{Ni}} + \frac{Mo}{M_{Mo}} + \frac{V}{M_V}$; вклад легирующих элементов для различных групп сталей оценивается по-разному.

• тренинг адаптационных возможностей сварщиков к различным условиям работы при их переподготовке проводился не всегда.

Приведенные частные выводы дают основания утверждать следующее.

В настоящее время ранее существовавший механизм профессиональной селекции сварщиков не работает. От-

раслевые школы сварщиков, которые создавались и непрерывно совершенствовались несколькими поколениями специалистов, практически отсутствуют. В условиях рыночных отношений государство отказалось от унитарной системы подготовки сварщиков.

Новые виды организации сварочного производства и моделей управления в

условиях рыночных отношений также актуализировали потребность в таких кадрах, т.е. к их знаниям, умениям и навыкам профессиональной подготовки [4, 5]. Сегодня уровень требований промышленности к компетенции сварщиков выше, чем их образовательный уровень в соответствии со стандартом о среднем профессиональном образовании.

В настоящее время при разработке, апробировании и реализации учебных программ начальной подготовки сварщиков РДС необходимо учитывать, что интеллектуальный и творческий потенциал у большинства современных молодых людей заметно превосходит уровень сверстников 1980–1990-х гг. Для развития этого потенциала контингента сетевого века требуются новые технологии целевого обучения и учебно-методического обеспечения. Внешняя среда заставляет учебные заведения видоизменяться. Требуется повышение педагогической компетенции и профессионально значимых качеств у инструкторов – наставников. Но для начала необходимо не только восстановить, но и реорганизовать систему тесного контакта между крупными отраслевыми компаниями с колледжами (центрами обучения) в части применения теоретических знаний при прохождении производственной практики – формирования и закрепления двигательных навыков у обучаемых.

Для этого со стороны бизнеса необходим саморегулируемый заказ на начальную подготовку специалистов и последующее обеспечение индивидуального непрерывного образования.

ВЫВОДЫ

1. Существующая начальная краткосрочная профессиональная подготовка сварщиков РДС не отвечает запросам производителей не только в количественном, но и в качественном отношении. Объем и продолжительность формирования устойчивых знаний и практических навыков у различных начинающих сварщиков с учетом их возраста может существенно отличаться, что сказывается на конечных индивидуальных результатах.
2. В сварочном производстве существует устойчивый дефицит квалифицированных кадров. В нелегких условиях социально-политической и экономической трансформации общества федеральным министерствам необходимо обеспокоиться этой острой проблемой

и начать вновь оказывать финансовую поддержку центрам подготовки.

3. Для успешного повышения квалификации сварщиков требуется не только разработка и внедрение методик новых по форме и содержанию, с учетом факторов производственной среды, технологичности изделий (элементов), психофизиологического состояния и индивидуальной одаренности обучаемого.

4. Повысить конкурентоспособность при профотборе по условиям отрасли можно путем перехода на контрактную систему подготовки, введения сертификации профессиональных компетенций с помощью разработки и совершенствования правовой базы и социальных условий.

5. Отечественную систему переподготовки сварщиков необходимо гармонизировать с международными требованиями для последующей выдачи сертификата соответствия через российский уполномоченный национальный орган.

Литература:

1. Патон Б.Е. Современные направления повышения прочности и ресурса сварных конструкций // Автоматическая сварка. – 2000. – № 9–10. – С. 3–9.
2. Стеклов О.И. Сварка начала XXI века // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2007. – № 12. – С. 44–52.
3. Глебов А.З. Рациональная организация рабочего места электрогазосварщика. – М.: Машиностроение, 1982. – 80 с.
4. Сорокин В.Н., Капустин О.Е. Защита персонала от неблагоприятного воздействия сварочной дуги // Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2012. – № 1/266.
5. Сас А. В., Грузинцев Б. П. Основы создания системы эффективной подготовки высококвалифицированных операторов ручной дуговой сварки // Сварочное производство. – 2013. – № 12. – С. 47–49.

UDC 621.791

V.N. Sorokin, Ph.D. in Engineering, Assistant Professor; **O.I. Steklov**, Doctor of Engineering, Professor, Oil and Gas Structures Welding and Monitoring Department of Gubkin Russian State University of Oil and Gas, e-mail: svarka@gubkin.ru; **K.A. Ganusov**, Ph.D. in Engineering, Director, SplavTest Research and Production Center LLC; **D.V. Derkach**, Welding Engineer, CJSC Trust Koksokhimmontazh, e-mail: derkach2.5@bk.ru

Welder's competence and qualification in the welding quality assurance system

A welder is actively and directly involved in implementation of the welding process during both high-tech production of technical systems and their installation. Based on the determined competence and qualification level of the manual arc welders, the need for new training and re-training technologies in view of the current requirements is shown.

Keywords: producibility of welded joints, manual arc welding, training, competence, qualification, welders re-training.

References:

1. Paton B.Ye. Sovremennye napravleniya povysheniya prochnosti i resursa svarykh konstruksiy (Current lines of enhancing strength and life of welded structures) // Automatic welding. – 2000. – No. 9–10. – P. 3–9.
2. Steklov O.I. Svarka nachala XXI veka (Welding in the early XXI century) // NEFTEGAS territory. – 2007. – No. 12. – P. 44–52.
3. Glebov A.Z. Ratsional'naya organizatsiya rabocheho mesta elektrogazosvartshika (Methods engineering for the electric gas welder's workplace). – Moscow: Mashinostroyeniye, 1982. – 80 p.
4. Sorokin V.N., Kapustin O.Ye. Zatshita personala ot neblagopriyatnogo vozdeystviya svarochnoi dugi (Personnel protection against harmful exposure to welding arc) // Works of Gubkin Russian State University of Oil and Gas. – 2012. – No. 1/266.
5. Sas A.V., Gruzintsev B.P. Osnovy sozdaniya sistemy effektivnoi podgotovki vysokokvalifitsirovannykh operatorov ruchnoi dugovoi svarki (Fundamentals of establishing the system for efficient training of manual arc welding highly qualified operators) // Welding industry. – 2013. – No. 12. – P. 47–49.