

Редакция начинает публикацию статей по теме «Эффективная сварка, ресурсосбережение и качество». Современные сварочные и родственные технологии характеризуются интенсивным развитием и широким проникновением в производство и экономику всех стран, технологии носят межотраслевой характер. Сварные, паяные, клеевые и иные соединения стали массовой продукцией, от качества которой зависит надежность и работоспособность конструкций, изделий и сооружений. Доля национального продукта, изготовленного с использованием сварочных и родственных технологий, сегодня составляет 50–60 %. Сварка — это необходимый и пока незаменимый процесс, обеспечивающий функционирование промышленного, энергетического и строительного производства, химических, добывающих и перерабатывающих производств, транспорта, агротехники, быта и др. Сварочные и родственные технологии обеспечивают жизнедеятельность населенных пунктов, городов, мегаполисов, гражданских объектов деятельности и быта человека.

В серии статей будут освещаться прогрессивные технологии сварки, новые

сварные конструкции, сварочные материалы и оборудование, уникальные объекты сварочных работ, ноу-хау новейших методов соединений, эффективные системы подготовки рабочих и ИТР по сварочной специальности. Редакция считает

важным обратить внимание общественности на необходимость публикации статей, освещающих философию в области качества, концепций и подходов к обеспечению качества сварки и роли инженеров в нем.

Л.С. ДЕНИСОВ,
д. т. н., профессор кафедры «ПМ, сварка и ТМ» БНТУ,
председатель секции «Сварка и родственные технологии» ОО БИО

СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО — ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ

Самое непостижимое в мире —
то, что он постижим.

Альберт Эйнштейн



1. СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И КАЧЕСТВО

Современные сварочные и родственные технологии, создающие неразъемные соединения, широко применяются во всех сферах хозяйственной деятельности и практически на каждом предприятии при выпуске продукции, ремонтных и восстановительных работах. Сварка сегодня и в обозримом будущем — единственный способ обработки: разделительной резки и создания (быстро, качественно, прогрессивно) соединений металлов и неметаллов. В сварочном производстве республики занято более 200 тыс. рабочих, ИТР и обслуживающего персонала; более 14 тыс. квалифицированных рабочих сварщиков. Доля национального продукта, изготовленного с использованием сварочных и родственных технологий, по данным анализа, составляет более 50 %. Без всякого сомнения, сварочные технологии и родственные им процессы (пайка, наплавка, резка, термические способы защиты металлоизделий и др.) являются базовым технологическим процессом материального производства современного общества. Поэтому развитие этого направления является приоритетным для нашей республики.

Как межотраслевое сварочное производство (далее — СП) перерабатывает более 70 % всего металлопроката республики, а продукция сварочных и родственных технологий стала массовой [1]. От качества, прочности, герметичности и работоспособности соединений во многом зависит и качество выпускаемой ремонтируемой и восстанавливаемой продукции, снижение техногенных аварий и остановок производств.

Вместе с тем качество сварочных работ и сварных соединений продолжает оставаться низким, а его проблемы незавершенными. Можно считать, что значительное число предприятий, организаций и фирм в области обеспечения качества сварки продолжают пребывать на уровне 1905–1925 годов, когда Ф. Тейлор (1905) ввел «допуски и калибры» и профессию «технический контролер», а В. Шухарт (1925) — «контрольные карты» и «статистический контроль». В то же время практика, философия и идеология в области качества за рубежом постоянно развиваются и совершенствуются.

2. СТРАТЕГИЯ И ПРАКТИКА КАЧЕСТВА

Поиск решения проблемы качества на рубеже 1990-х годов завершился созданием мощной стратегии, укладывающейся в трех словах: Total Quality Management (TQM) — всеобщее управление качеством, или тотальное управление на основе качества. Основные принципы стратегии TQM в отличие от предшествующей TQC (Total Quality Control) — ориентация только на потребителя, признание человеческого потенциала работников основной ценностью предприятия, постоянное совершенствование. Фирмы, взявшие на вооружение эти принципы, показывают высокое качество и экономический успех, а многие страны концепцию TQM подняли на национальный уровень (Япония, Англия, Германия, Швеция и др.).

Предшествующая версия TQC делает акцент на управление производственной деятельностью в цепочки «поставщик — изготовитель — потребитель», с обеспечением качества продукции на всех этапах ее жизненного цикла. TQM ориентирует на всеобщее обеспечение качества, дающее блага как всем работникам предприятия, так и всей нации.

В стандартах ИСО 9000:2001 главные направления сфокусированы в восьми принципах:

- 1) ориентация на потребителя;
- 2) роль руководства;
- 3) вовлечение интеллекта работников;
- 4) процессный подход;
- 5) системный подход к менеджменту;
- 6) постоянное улучшение;
- 7) принятие решения, основанного на фактах;
- 8) взаимовыгодное отношение с поставщиками.

Эти принципы весьма важны и актуальны для современного сварочного производства.

Примеров внедрения и аккредитации систем управления качеством в сварочном производстве, к сожалению, пока нет. Известны попытки создания системы ИСО 9000:1994 технологических процессов сварки, используя стандарты EN: 729, 719, 287, 288 и др. (Германия). Однако полной модели управления сварочным производством на предприятиях по-прежнему нет. Причина кроется в технической и организационной неготовности про-

изводств республики к высокой планке качества по ИСО 9000, и вторая, не менее важная, — сварочное производство и сварка считаются не основным процессом. Главное — выпустить продукт (машину, трактор, велосипед и др.). Непонимание и недооценка важности технологических процессов сварки ведут к снижению качества, а в целом — к отставанию и даже к деградации сварочного производства [5, 6]. Некоторые примеры этому: до сих пор при сварке в защитных газах используется малоэффективная среда CO₂ вместо высокоэффективной среды, позволяющей улучшать качество и производительность — (CO₂ + Ar) или (CO₂ + Ar + O); отсутствие надежного и управляемого безотказного сварочного оборудования, новейших компьютерных информационных технологий; сокращение сварочных управляющих служб, непрофессионализм и т. п.

Между тем стандарты ИСО 9000 основной акцент делают на процессы, их прослеживание, анализ и измерения для поисков способов непрерывного совершенствования качества и организации производства. Введение международного стандарта ИСО 3834 реабилитирует незаслуженно игнорируемые процессы сварки и родственных технологий и ставит их в ряд важных, требующих пристального внимания. Практика функционирования сварочных производств убедительно доказывает необходимость внедрения систем качества как для отдельных способов сварки, так и всего комплекса сварочных процедур от подготовки до сдачи объекта. Это представляет собой требования к нормативной документации по сварке. В настоящее время действует свыше 1600 нормативов на способы и процессы сварки и родственных технологий, в том числе около 500 СТБ, 500 межгосударственных ГОСТ, около 120 европейских и межгосударственных норм.

С учетом правил ВТО в республике принят ряд законов, и в том числе «О техническом нормировании и стандартизации», по разработке ряда технических регламентов, в том числе касающихся сварочного производства. В связи с переходом на Еврокоды ведется работа по переводу Евразийских стандартов. Процессы сварки отнесены к «специальным» процессам, требующим валидации, что накладывает особую ответственность при разработке систем.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА

Исследования, выполненные автором в различное время [1, 2, 3, 4], позволили разработать систему сбора, учета и анализа качества в процессе сварочных работ. Эта система восполняет недостающее звено Международных стандартов по сварке, например ИСО 3834, и дает возможность эффективно выполнять процедуры корректировки и управления. Для успешной реализации процедур корректировки важно знать и понимать процессы формирования качества сварных соединений.

Известно, что условия сварочных работ и особенно в строительстве характеризуются большой степенью неоднородности, что не позволяет сразу использовать аппарат теории вероятности и математической статистики для научно обоснованного исследования и анализа процессов [1, 2]. Поэтому предварительно были установлены однородные статистические совокупности сварных соединений (далее — БС), обеспечена репрезентативность выборки и достоверность информации по обследуемым объектам сварочных работ, установлены показатели качества.

За единицу БС принято сварное соединение (стык) или участок стыка. Элементы производства и их группы для каждой совокупности должны изменяться незначительно и образовывать *i*-ю статистическую совокупность стыков. Количество единиц продукции N_i , входящих в совокупность, представляет объем стыков, сваренных в течение одного года, квартала и т. д.

Для сбора, учета дефектов, проведения анализа и измерения качества установлены измерители — показатели качества БС стыков и участков:

$$\text{показатель числа дефектов} — \bar{D} : \bar{D}_i = \sum \bar{D}_i / \sum n_i; \quad (1)$$

$$\text{показатель протяженности дефектов} — \bar{L} : \bar{L}_i = \sum \bar{L}_i / \sum n_i; \quad (2)$$

$$\text{комплексный показатель} — \sum [\bar{D}_i, \bar{L}_i] : \sum [\bar{D}_i, \bar{L}_i] = P_{(x)} + W_{(y)} + H_{(z)} + \dots, \quad (3)$$

где $\sum n_i$ — контрольные выборки БС;

$\sum \bar{D}_i$ и $\sum \bar{L}_i$ — число дефектных единиц, количество и протяженность;

$P_{(x)}, W_{(y)}, H_{(z)} + \dots$ — дефекты поры, шлаковые включения, непровары и т. д. и их количество или протяженность.

Установлен **показатель доли забракованных стыков (участков)** — Б:

$$B = \sum_m / \sum_n \cdot 100 \%. \quad (4)$$

Показатель оценивает % забракованных стыков (участков) — $\sum_m$ в выборки стыков — $\sum_n$.

Показатели универсальны и просты при измерениях и расчетах. Например, $\bar{D}$ и $\bar{L}$ могут включать как $\bar{D}_0$ и $\bar{D}_6$ — общее число дефектов и недопустимые, для $\bar{L}_0$ и $\bar{L}_6$.

Выполнен общий анализ состояния сварочного производства, его экономические аспекты (затраты на материалы, оборудование, технологию, исправление брака и т. д.).

Установлено, что в условиях рыночных отношений существенно возрастает роль экономики сварочного производства с его сложной и многоплановой структурой:

- обучение и квалификация исполнителей;
- сварочное и вспомогательное оборудование;
- свариваемые металлы и конструкции;
- сварочные материалы;
- нормативная и технологическая подготовка производства;
- сборочно-сварочные технологии;
- термообработка и упрочняющие технологии;
- контроль и оценка качества сварных соединений;
- нанесение упрочняющих и защитных покрытий и др.

Таблица 1 — Структура дуговых способов сварки

Способ сварки	Удельный вес, %
Ручная дуговая сварка	45*
Ручная газовая сварка	5,0
Механизированная сварка в CO ₂	32
Механизированная сварка в смесях (CO ₂ + Ar), РТК	5,0
Механизированная самозащитной порошковой проволокой	0,0
Сварка под флюсом	2,0
Автоматизированная сварка, в том числе с помощью роботов	1,5
Аргоно-дуговая сварка	5,0
Сварка электронным лучом	1,5
Лазерная сварка	0,0
Плазменная сварка	0,0

* В строительстве до 70 %.

Массовое производство сварочных соединений должно отвечать требованиям надежности и прочности, так как от качества соединений зависит качество выпускаемой продукции, а также ремонтируемых и восстанавливаемых изделий и сооружений. Рассмотрим удельный вес различных способов сварки в целом по республике (таблица 1).

На большинстве предприятий сложившаяся структура способов в целом непрогрессивна и в лучшем случае ориентирована на количество в ущерб качеству. Это отрицательно влияет в первую очередь на технический уровень и состояние технологии сварочных работ, расход энергоресурсов, металлоемкость процессов, снижение трудозатрат, рост производительности, качество сварочных соединений. Применяемые технологии дуговой сварки, используемые СП, рассматриваются современными специалистами как низкоэффективные и устаревшие: большой объем ручных способов сварки вместо механизированных и низкзатратных.

При выполнении сварочных работ в цехе, на строительном объекте и др. с разной степенью активности проявляется действие различных условий и факторов, влияющих на формирование качества сварных соединений, сварных металлоконструкций, готовых изделий и сооружений [2, 3]. Неудовлетворительные условия и факторы, как правило, дестабилизируют производство и приводят к низкому качеству и браку продукции. Специалистами эти факторы обычно известны, но они не анализируются, не прослеживаются и степень их воздействия на формирование качества не определяется. Это ведет к непредсказуемым всплескам брака и, что очень важно, отсутствию информации по базовому уровню качества, применяемого технологического процесса [4, 5].

В таблице 2 приведены некоторые условия и факторы влияния на стабильность технологического процесса и качество соединения. В таблице не рассматривается полный жизненный цикл сварочной продукции. Принято априори законченными и утвержденными: проект, подготовка и организация производства, включая технологические процессы, а также требования к качеству.

Таблица 2 — Условия и факторы влияния на стабильность технологического процесса и качество соединения

Условия и факторы	Значимость по экспертным оценкам		
	Большая +++	Средняя ++	Незначительная +
Сварочный процесс	+++		
Нарушение ритма работ		++	
Организация сварочных работ		++	
Сварочные материалы	+++		
Квалификация ИТР		++	
Подготовка кромок, сборка, прихватка	+++		
Квалификация рабочих	+++		
Сварочное оборудование	+++		
Вспомогательное оборудование и инструмент		++	
Мотивация	+++		
Условия работы		++	
Время года			+
Нормативно-техническая документация	+++		
Качество труда	+++		
Контроль качества		++	
Стимулы	+++		
Здоровье	+++		
И др.			

Анализ состояния каждого фактора (таблица 2) проводили по некоторым характеризующим его особенностям, названными нами параметрами.

Предварительно параметры устанавливают экспертным или экспериментальным путем. Фактор (Ф) имеет какое-то число параметров (П),

которые оценивают по количеству, характеру и размерам дефектов, обусловленных этим фактором:

$$\Phi \rightarrow (\Sigma \Pi) \rightarrow (\Pi X_1 \dots \Pi X_n) \quad (5)$$

Следовательно, каждый фактор (условия работ) можно охарактеризовать присущим ему параметрами. Назовем их факторными параметрами. Например, по фактору «Сварочные материалы» покажем параметры на примере сварочных электродов (рисунки 1, 2):

- X_1 — разность толщины покрытия;
- X_2 — состояние покрытия по внешнему виду;
- X_3 — прочность покрытия;
- X_4 — концентричность покрытия;
- X_5 — влажность покрытия;
- X_6 — состояние электродного стержня;
- X_7 — сварочно-технологические свойства.

Значения X_1 – X_7 характеризуют параметр по установленной дефектности.

Аналогично можно привести параметры и для других факторов [2, 5]. Параметры факторов должны иметь размерность области допускаемых значений. Установлена зависимость состояния факторов от состояния его параметров.

Оптимизация параметров по показателям X_i позволяет определить границы их допустимых значений и выход параметра за границы допуска, когда он начинает отрицательно влиять на технологический процесс, дестабилизировать его и приводить к появлению дефектности при формировании сварного соединения. В этом случае необходимо устанавливать причины, вызывающие отклонения параметров, и в том числе их выход за пределы допустимых значений. Например, высокая влажность покрытия (обмазки) электродов формируется по ряду причин:

- неудовлетворительная упаковка;
- нарушения при погрузке и разгрузке;
- неудовлетворительная транспортировка;
- неудовлетворительное складирование и хранение;
- электроды перед употреблением не прокалены;
- сварщик на объекте не имеет герметичного пенала;
- на объекте неудовлетворительный контроль и учет электродов и т. д.

Следовательно, дестабилизирующий параметр, вышедший за пределы границы регулирования, может быть назван причиной появления дефектов или причиной разлаженности процесса.

Установлено, что в первую очередь наибольшие потери качества происходят в результате неудовлетворительного состояния и, соответственно, отрицательного действия главным образом пяти доминирующих факторов сварочного производства (рисунок 1):

$$K_C = f(\Phi_{ac}, \Phi_{cm}, \Phi_{co}, \Phi_{nc}, \Phi_{op}), \quad (6)$$

где K_C — качество сварных соединений, выраженных в количественных и (или) качественных показателях, с (1), (2), (3), (4);

- a_1 — квалификация и мотивация исполнителя (Φ_{ac});
- a_2 — сварочные и свариваемые материалы (Φ_{cm});
- a_3 — сварочное оборудование и техоснастка (Φ_{co});
- a_4 — подготовка и сборка под сварку (Φ_{nc});
- a_5 — сварочный процесс и его регламент (Φ_{op}).

Указанными факторами на объектах сварочных работ генерируется до 70 % всей дефектности, и поэтому основное и первоочередное внимание производств должно быть сосредоточено на этих проблемных факторах [2, 6]. Это и есть первоочередная задача восстановления, развития и совершенствования сварочного производства на каждом предприятии, заводе и ремонтной базе.

На основании проведенных исследований состояния сварочного производства и объектов сварочных работ, оценки наиболее значимых факторов на первое место выдвигается проблема низкой квалификации рабочих сварщиков, острый дефицит опытных и квалифицированных сварщи-

ков и ИТР по специальности «Оборудование и технология сварочного производства».

Важным фактором является качество применяемых сварочных материалов. Обширный рынок свариваемых и сварочных материалов предполагает грамотный и квалифицированный выбор и закупку качественных материалов для конкретной технологии сварки. Ответственный за организацию и качество сварочных работ обязан принимать участие в выборе и закупке сварочных материалов, а также организовывать их хранение, подготовку к сварочным работам. Аналогичные работы должны проводиться при закупке сварочного оборудования, его хранения, ремонта и эксплуатации.

Важным фактором сварочного производства является подготовка свариваемых конструктивных элементов: их сборка и выдержка всех требуемых регламентов по ГОСТ (угол скоса кромок, притупление, зазор, крепление, прихватки и т. д.), что имеет важное значение для производительности работ и качества соединения.

Заключительным этапом после подготовки производства к сварочным работам является наличие грамотного, обоснованного и аттестационного технологического процесса и строгого исполнения регламентов при производстве сварочных работ.

Покажем суть установления причин дефектов сварки при анализе доминирующих факторов сварочного производства. Для этого сформируем графическую схему [2] причинно-следственных связей фактора и его параметров (6). Основная схема анализа имеет вид дерева целей. Каждая начальная ветвь фактора с параметрами и её влияние на образование дефектности может проследиваться от начала до конца, то есть вплоть до установления статистической количественно структуры дефектности (5). Обработку данных проводили по алгоритму «фактор — отрицательный параметр фактора — причины — дефекты», или коротко «Ф-П-Д». Показатели дефектности определяли визуально по внешнему осмотру и измерениям, а также по данным рентгено- или гаммаконтроля. Отрицательные факторные параметры (ОФП), выходящие за границы допуска, определяли экспериментально и экспертным способом.

Показано, что каждая доминирующая причина (ДП) по конкретной БС стыков характеризуется числом абсолютных или относительных повторений, суммой забракованных участков, видом, количеством и размером дефектов. Следовательно, каждую ДП или сочетание двух-трех причин можно описать структурной формулой дефектности:

$$ДП_i \rightarrow \Sigma D_i K_n \rightarrow K_{ш} + K_n + \dots + K D_i, \quad (7)$$

или

$$ДП_i \rightarrow \Sigma I_i \rightarrow K_n + K_{ш} + K_n + \dots + K I_i, \quad (8)$$

где $ДП_i$ — доминирующая причина i -го фактора, i -й БС,

$KП$, $KШ$, $KН$ и т. д. — статистические коэффициенты,

характеризующие количество, протяженность и вид дефектов.

Соответственно, формула дефектности может быть получена по всем частным показателям ($\overline{D_c}$, $\overline{L_c}$, $\overline{D_o}$, $\overline{L_o}$). Аналогично получают формулы статистической дефектности по отдельному исполнителю (сварщику), отдельному объекту, производственной организации и отрасли в целом. Вероятность ($P(\Phi_i, D_i)$), где Φ_i — фактор, представляющий причины, а D_i — дефекты) определяют за годовой цикл работы, с оценкой точности по экспериментальным и расчетным данным.

Таким образом, установлены доминирующие факторы производства, вызывающие дефектность с различными удельными весами; причинно-следственные связи дефектности с факторами производства. Показано, что каждому фактору соответствует определенный уровень дефектности, управляющая цепочка «фактор — причина — дефект», позволяющие по обратным связям количественно устанавливать причины дефектности с вероятностью $P = (0,75–0,85)$. Дальнейшей задачей была разработка адекватных объекту сварочных работ моделей для управления формированием и оптимизацией качества.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПО УПРАВЛЕНИЮ ФОРМИРОВАНИЕМ КАЧЕСТВА

Формирование качества сварных соединений происходит в результате действия не одного фактора (в нашем примере показаны сварочные электроды), а ряда факторов. Далее будем рассматривать пять основных доминирующих факторов (рисунок 1).

При исследовании формирования качества сварного соединения (K_c) (рисунок 1) использовали схемы, состоящие из нескольких доминирующих факторов, установленных для конкретной области сварки с известными

ми параметрами:

$$K_c \rightarrow (\Sigma \Phi) \rightarrow (\Phi, a_1, \dots, \Phi_{\text{оп}}). \quad (9)$$

Оценку K_c проводят по количеству, характеру и размерам дефектов. Схемы прослеживания процессов формирования качества сварного соединения по состоянию доминирующих факторов производства и их параметров показаны на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 — Схема-модель исследования факторов в условиях сварочных работ



Рисунок 2 — Схема-модель исследования параметров фактора:
 $\Sigma(D, I)$ — количество и протяженность дефектов

В дальнейшем многофакторные и параметрические схемы трансформировали в модели для целей управления процессами и производством в системе качества по ИСО 9000.

Для представленных на рисунках 1 и 2 параметрических моделей справедливо уравнение:

$$K_{\text{вых}} = F(K_{\text{вх}}, C, Y_{\theta}). \quad (10)$$

Формирование входного качества $K_{\text{вх}}$ и его оценку $F(\Sigma(D, I))$ выполняют путем предварительной оптимизации факторов по параметрическим моделям (рисунок 2).

Сущность управления качеством по модели (рисунок 2) заключается в сравнении $K_{\text{факт}}$ с $K_{\text{зад}}$ (расчетным). В случае $K_{\text{факт}} > K_{\text{зад}}$ осуществляют регу-

лирование (корректировку) технологических процессов и параметров факторов, обуславливающих $K_{\text{вых}}$. Алгоритм регулирования на основе имеющейся информации описан ниже.

В общем случае формирование дефектов в реальном технологическом процессе описывается стохастической моделью, где суммарный показатель дефектности можно разложить на дефектность, вызванную систематическими погрешностями от ОФП, и на дефектность, вызванную случайными причинами.

На распределение показателя качества влияют главным образом систематические отклонения ОФП. Общее распределение принимает асимметричный характер за счет смещения среднего значения C от заданного

уровня. Это обстоятельство указывает на разладку технологического процесса. Для случайных отклонений величина центра распределения и размаха с течением времени остается неизменной.

Следовательно, чтобы осуществлять регулирование качества сварки на объекте, необходимо анализировать алгоритм «Ф-П-Д» по обратным связям «дефект — причина — фактор» и производить корректирование технологии и условий производства. Эта задача и решается с помощью предложенной многофакторной модели, положенной в основу системы управления.

В модели каждый фактор имеет цель:

$$U_1 = f_1(\Phi_{ад}), U_2 = f_2(\Phi_{ад}), \dots, U_5 = f_5(\Phi_{ад}). \quad (11)$$

Отсюда устанавливаем общую цель достижения качества сварки на объекте управления по БС стыков (ЦО) для предприятия, строительной-монтажной организации и отрасли.

$$U_0 = \sum_{i=1}^5 U_i = K_{зад}, \quad (12)$$

В n -мерном пространстве случайных событий и целей факторов общая цель Кзад формируется как произведение скалярных векторов цели.

Таким образом, на базе выполненных исследований разработаны адекватные модели производственных процессов, позволяющие осуществлять статистическое регулирование технологических процессов сварочных работ и обеспечивать решение задачи — оптимизации уровня качества. Модели производственных процессов, сбор, учет и анализ качества встраиваются в стандарт ИСО 3834, который не дает данных о дефектах, учете, анализе и т. д.

5. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

I. Суть задачи повышения качества сварочных работ заключается в организации непрерывного (или интервального) мониторинга состояния технологических процессов и факторов производства, их оценки и корректировки, а также постоянного совершенствования технического уровня сварочных работ.

II. Важнейшими приоритетами повышения технического уровня сварочного производства, требующими инвестиционных вложений, в настоящее время являются:

- организация постоянно действующей и **эффективной** системы повышения квалификации и профессионализма рабочих и специалистов СП;

На производстве, как установлено практикой, обычно выявляется пять-семь особо значащих (доминирующих) факторов, которые всесторонне исследуются для установления параметров, уровня дефектности и их причин. Имея статистику и историю качества по изготавливаемой продукции, можно проводить оценку уровня качества и его оптимального прогнозирования для реальных условий производства. Исследование и анализ процессов формирования качества и расчеты дефектности по основным пяти-семи факторам могут быть выполнены собственными силами предприятия в течение 1–1,5 лет.

В результате проведенного анализа на предприятии устанавливается исходный уровень качества на выпускаемую продукцию и факторы, требующие совершенствования и инвестиций. В дальнейшем исходя из состояния технического уровня для конкретных изделий устанавливается, то есть ежегодно планируется, контрольный уровень качества:

$$K_{ax} = (100 - B) \%, \quad (13)$$

где B — статистический уровень брака,

$$\text{или} \quad K_{ax} = \Sigma(D_i), \quad (14)$$

где количество и (или) протяженность дефектов позволяют устанавливать статистический уровень дефектности.

На предприятии должны быть обученные специалисты по вопросам:

- систематизации элементов сварочного производства и оценке качества соединений;
- анализа технологических процессов сварочных работ с определением уровня дефектности и качества сварки;
- введения этих данных в алгоритм системы ИСО 3834 [7].

- внедрение **прогрессивной** структуры способов сварки (замена ручной на механизированную);
- внедрение **эффективных** технологических процессов (регламентов), новых низкокзатратных качественных сварочных материалов и оборудования;
- внедрение конструкций и изделий из **высокопрочных** свариваемых металлов, **снижение массы наплавленного металла**;
- укомплектование СП **актуализированной** нормативной документацией на процессы сварки и контроля качества;
- внедрение **реально действующей** системы управления качеством сварочных работ на основе ИСО 3834.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Денисов Л.С., Волченко В.Н. Применение системы статистического управления качеством сварных соединений в монтажных условиях // Сварочное производство, 1979. — № 5.
2. Денисов Л.С. Повышение качества сварки в строительстве. — М.: Стройиздат, 1982. — 160 с.
3. Денисов Л.С. Отраслевая система управления качеством продукции сварочного производства: Методические основы: часть 2 // Киев, ИЭС им. Е.О. Патона, 1989. — 34 с.
4. Денисов Л.С., Занковец П.В. Управление качеством сварочных работ // Автоматическая сварка, 1996. — № 12. — С. 26–31.
5. Денисов Л.С. Обеспечение качества продукции сварочного производства, проблемы и пути решения / Респ. межведомств. сб. научных трудов Сварка и родственные технологии // БГ НПК, НИКТИ СП с ОП — Минск, 1998. — С.81–85.
6. Денисов Л.С. Стратегия обеспечения качества и конкурентоспособности продукции сварочных производств предприятий и организаций Республики Беларусь // Сб. Технологии, оборудование, качество. 10-й Международный симпозиум. — Мн. «Экспофорум», 2008. — С. 57–63.
7. Денисов Л.С. Требования к качеству сварочных работ в свете ИСО-3834 должны учитываться всеми участниками технологического процесса // Сб. Технологии, оборудование, качество. 13-й Международный симпозиум. — Мн. «Экспофорум», 2010. — С. 47–49.

ШЕСТОЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ КОНКУРС СВАРЩИКОВ БЕЛАРУСИ

По сложившейся традиции шестой Республиканский конкурс сварщиков проводили 13 мая 2010 г. в Минске в рамках «Белорусского промышленного форума-2010».

Главные цели конкурса: демонстрация достижений техники и технологии сварки; демонстрация сварочного оборудования и сварочных материалов, обеспечивающих высокое качество и конкурентоспособность сварных соединений; демонстрация квалификации и мастерства сварщиков и ИТР — поднятие престижа профессии «Сварщик» и его роли в обеспечении качества; проведение анализа дефектообразующих факторов для совершенствования сварочного производства на предприятиях и в строительных организациях.

В конкурсе приняли участие 135 сварщиков от 63 предприятий, заводов, организаций и фирм, что на 159 % больше, чем в 2009 году. Сварщики-конкурсанты представляли весь спектр ведущих отраслей республики: нефтяников и газовиков, машиностроителей и энергетиков, агропромышленность и химическую отрасль, строительство и др.

Полностью материалы по конкурсу размещены на CD-приложении