

КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ



Л.С. ДЕНИСОВ,
д.т.н., председатель
научно-производственной секции
«Сварка и родственные секции»
Белорусского инженерного общества

Сварочные и родственные им технологии широко применяются практически во всех сферах деятельности человека. Они представляют одни из базовых технологических процессов, создающих материальную основу современного общества. Сегодня и в обозримом будущем это — единственный эффективный способ быстро и качественно выполнять разнообразные соединения металлических, неметаллических и композиционных конструкций, разделительную резку и обработку материалов, защиту поверхностей изделий и другие не менее наукоемкие процессы.

Ежедневно на всех объектах республики различными способами сваривают, соединяют склеиванием сотни тысяч разнообразных соединений в машиностроении, строительстве, энергетике, нефтехимическом, агропромышленном комплексах и других отраслях. При этом на предприятиях промышленности выполняется до 45% указанного объема стыков.

На изготовление продукции, ремонтные и восстановительные работы расходуется около 75% потребляемого металлопроката республики, закупается более 8500 ед. оборудования для сварки и термической резки, более 30 тыс. тонн сварочных электродов, сварочной проволоки, различных газов, флюсов и припоев. При выполнении сварочных работ ежегодно потребляется около 2,5 млрд КВчас электроэнергии. Более 50% валовой национальной продукции изготавливается с применением сварочных и родственных технологий. Накоплен значительный потенциал по обеспечению нужд отечественного производства.

Вместе с тем, на фоне глобализации и жесткой конкурентной борьбы за рынки сбыта, на первое место выдвигается качество продукции. Для сварочных производств — это достаточно сложный и проблемный вопрос. Прежде всего, процесс сварки играет особую роль при изготовлении продукции и относится к специальным процессам, требующим валидации (СТБ ИСО 9001-2001, п. 7.5.2). Валидация должна продемонстрировать способность этого процесса достигать запланированных результатов качества. Сварка оказывает существенное влияние как на производительные затраты, так и особенно на качество соединений. Массовое производство сварных соединений должно отвечать требованиям надежности и работоспособности, ведь от качества соединения однозначно зависит качество выпускаемой продукции, ремонтируемых и восстанавливаемых конструкций машин, сооружений, трубопроводов и т.д. [1]

По данным Национальной академии наук (НАН) Беларуси [3] уровень брака сварных соединений, в силу целого ряда причин, на отдельных предприятиях и в организациях достигает 40% и более. Затраты на исправление брака составляют до 10% от затрат на выполнение общего объема работ. Чем ниже качество продукции, тем большая вероятность техногенных аварий с непредсказуемыми последствиями [2].

Современное мировое сообщество (производители и потребители) защищаются от недоброкачественного продукта путем внедрения и сертификации систем качества на основе международных стандартов ISO – 9001, ISO – 3834 и др. Это достаточно эффективный инструмент предотвращения брака на стадии производства и конечной стадии изготовления продукции.

В Республике Беларусь внедряются и сертифицируются системы менеджмента качества по СТБ ИСО 9001-2001 в национальной системе сертификации — с привлечением зарубежных фирм. Такой сертификат признается и другими странами. Вместе с тем, при сертификации предприятий, заводов, фирм, объединений и др. имеют место серьезные упущения, относящиеся к сварочному производству.

Во-первых, сертификация не оказывает должного влияния на результаты работы сварочного производства — качество его продукции. Это объясняется тем, что предприятия, имеющие СМК, не выполняют п. 7.5.2 СТБ ИСО-9001 [4], а сертифицирующие органы и службы не замечают этого недостатка. Поскольку процесс сварки по определению СТБ ИСО 9001 отнесен к специальному процессу, выполнение п. 7.5.2 должно быть обязательным.

Во-вторых, в республике сегодня нет ни одного органа по сертификации сварочных производств в соответствии ISO-3834. Данный международный стандарт полностью нацелен на сварочное производство и его упорядочение. Стандарт устанавливает требования к качеству сварки на трех уровнях. Например, в странах Западной Европы фирмы, где применяются сварочные процессы, не могут получить сертификат на СМК ISO-9001, не получив сертификата на соответствие ISO-3834.

Отсутствие сертификации сварочных производств по ISO – 3834 и невыполнение п. 7.5.2 отбрасывает наши СП на многие годы назад, блокируя освоение мировых рынков сбыта, развитие и прогресс сварочной науки и производства.

Для решения изложенных проблем по вопросам качества продукции сварочного производства необходимо: всем предприятиям, имеющим сварочные и родственные процессы выполнять пункт 7.5.2 и в 2010 году начать внедрение и сертификацию СП по СТБ ИСО-3834; создать в республике орган по сертификации сварочных производств, например, при институте сварки концерна порошковой металлургии (БГ НПК ПМ), кафедрах сварки БНТУ, БРУ и др.; начать обучение на семинарских занятиях технологов и руководителей сварочных работ по п. 7.5.2 и системе СТБ ИСО 3834; разработать для условий конкретного предприятия прозрачный механизм – методику учета и анализа с целью систематического (ежедневного) определения результатов работы по качеству: отдельного сварочного поста (сварщика), отдельного цеха (участка) и в целом по предприятию, организации, заводу, применительно к п. 7.5.2 СТБ ИСО 9001 и СТБ ИСО 3834.

Создание методики учета и анализа качества позволит вести учет дефектности, анализировать дефектность и различные отклонения, устанавливать причины брака и виновника брака, проводить корректирующие воздействия и разрабатывать мероприятия по предупреждению брака, совершенствовать технологический процесс и факторы производства.

Рассмотрим кратко общие принципы и подходы к со-

В сварочном производстве (СП) республики занято более 200 тыс. рабочих, инженеров и обслуживающего персонала, более 14 тыс. квалифицированных рабочих сварщиков, в том числе около 6 тыс. сварщиков работают на предприятиях Министерства промышленности, которое является флагманом республики по развитию сварочного производства. Около 1400 предприятий, заводов, фирм, объединений используют сварочные производственные процессы при изготовлении отечественной продукции и еще большее число при ремонтных и восстановительных работах.

зданию методики учета и анализа при управлении процессами сварочных работ в отдельном цеху (участке), отдельном рабочем месте сварщика. Будем надеяться, что эта информация поможет цеховым технологами руководителям сварочных работ в разработке конкретного механизма учета и анализа для местных условий, применительно к системам СТБ ИСО 9001 и СТБ ИСО 3834.

Объект сварочных работ представляет собой действующую сложную стохастическую систему с суммой случайных и систематических событий. Чтобы правильно выполнять анализ такой системы, необходимо применять и учитывать законы теории вероятностей и математической статистики. Разделим анализ на пять шагов.

ПЕРВЫЙ ШАГ

Он заключается в систематизации производства и установления однородной партии продукции, то есть однородной совокупности сварных соединений. На этом этапе определяют репрезентативность выборки и достоверность информации. Систематизация производства имеет своей целью установление и выделение однородных и постоянных по производственным признакам элементов совокупностей.

При формировании совокупности за основу принимается группировка по элементам производства и выбор группировочных признаков, например, диаметр трубопровода, толщина, способ сварки, контроля и т.д. За единицу совокупности, как правило, принимается сварное соединение (стык) или элемент соединения с конечной длиной.

К статистически однородным совокупностям относят соединения, имеющие сходные конструктивные, технологические и эксплуатационные признаки (диаметр, конструктив, способ и условия сварки, присадочный материал, квалификацию и т.д.). Достоверность информации устанавливается по применяемым методам контроля, репрезентативность и представительность выборки определяются методами математической статистики.



ВТОРОЙ ШАГ

На конкретном производстве вводят показатели (измерители) качества для анализа и утверждения процессов сварки. Например, это может быть показатель количества или протяженности дефектов.

Для описания структуры дефектности (вид, размеры, количество, соотношение дефектов в совокупности стыков) может быть введен комплексный показатель — «Статистическая формула дефектности (ФСД)». ФСД может составляться по отдельному сварщику, по цехам, участкам и в целом по предприятию.

Могут быть введены и другие показатели. Важно, чтобы они выражали качество количественно, были наглядными, простыми и удобными для расчетов.

ТРЕТИЙ ШАГ

С использованием показателей качества проводят анализ дефектности (вид, размеры, количество) по контролируемой совокупности стыков и процессу сварки на производстве. Рассчитывают статистический уровень дефектности. Это необходимо для того, чтобы знать исходный статистический уровень дефектности или уровень качества, корректирующих воздействий и др. Для более глубоких исследований могут устанавливаться законы распределения показателей.

ЧЕТВЕРТЫЙ ШАГ

Проводится факторно-функциональный анализ состояния сварочного производства. Опре-

деляются дефектные факторы, влияющие на технологический процесс и ведущие к его разладке. Выявляют причины дефектности в целом по фактору, далее по параметрам фактора. Например, при изучении влияния факторов производства на образование дефектов при сварке в организации «А» (табл 1) были установлены следующие соотношения:

Формула статистической дефектности такого производства насыщена практически всеми видами дефектов. Необходимы срочные меры для приведения в стабильное состояние факторов 1,2,3 и 4.

$ФСД = 0,18Н + 0,5ФШ + 0,2П(Ш) + 0,1Пд + 0,4Пр$, где ФШ — дефекты формы шва, П(Ш) — шлаки, Пд — подрезы, Пр — прочие дефекты: дефекты: смещение и др. 0,18; 0,5 — коэффициенты протяженностей и дефект швов при длине участка шва — 300 мм.

В таблице №2 приведены некоторые условия и факторы влияния на стабильность технологического процесса и качество соединения.

Анализ состояния каждого фактора (табл. 2) проводился по некоторым характеризующим его особенностям, названными параметрами, которые предварительно устанавливались экспертным или экспериментальным путем.

Фактор (Ф) имеет какое-то число параметров (П), оцениваемых по количеству, характеру и размерам дефектов, обусловленных этим фактором.

Следовательно, каждый фактор можно охарактеризовать присущими ему параметрами. Назовем их факторными параметрами. Например, по фактору «Сварочные материалы» покажем параметры на примере сварочных электродов:

- Разность толщины покрытия — X_1 ;
- Состояние покрытия по внешнему виду — X_2 ;
- Прочность покрытия — X_3 ;
- Концентричность покрытия — X_4 ;
- Влажность покрытия — X_5 ;
- Поверхность электродного стержня — X_6 ;
- Сварочно-технологические свойства — X_7 и др.

| № п/п | Производственный фактор | Удельный вес дефектности в % |
|-------|--------------------------------|------------------------------|
| 1 | Подготовка и сборка под сварку | 33,7 |
| 2 | Квалификация рабочего-сварщика | 22,3 |
| 3 | Сварочный процесс | 20,2 |
| 4 | Сварочные материалы | 18,1 |
| 5 | Сварочное оборудование | 4,7 |

Таблица №1. Факторы и дефектность

Значения $X_1... X_7$ характеризуют параметр по установленной дефектности. Аналогично можно привести параметры и для других факторов. Параметры факторов имеют размерность, области допускаемых значений. Устанавливают зависимость состояния факторов от состояния его параметров.

Оптимизация параметров по показателям $X_1... X_7$ позволяет определить границы их допустимых значений и выход

| Условия и факторы сварочного производства | Большая +++ | Средняя ++ | Незначительная + |
|---|----------------|---------------|---------------------|
| Сварочный процесс | +++ | | |
| Ритм работ | | ++ | |
| Организация | | ++ | |
| Сварочные материалы | +++ | | |
| Квалификация ИТР | | ++ | |
| Подготовка кромок, сборка, прихватка | +++ | | |
| Технический уровень СП | | ++ | |
| Квалификация рабочих | +++ | | |
| Сварочное оборудование | +++ | | |
| Вспомогательное оборудование и инструмент | | ++ | |
| Мотивация | +++ | | |
| Условия работы | | ++ | |
| Время года | | | + |
| Наличие и исполнение Н.Т.Д. | +++ | | |
| Качество труда | +++ | | |
| Контроль качества | | ++ | |
| Стимулы | +++ | | |
| Здоровье и т.д. | +++ | | |

Таблица №2.

Условия и факторы влияния сварочного производства (значимость по экспертным оценкам).

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

Как установлено исследованиями и расчетами показателей качества, в первую очередь наибольшие потери качества происходят в результате неудовлетворительного состояния и соответственно отрицательного действия главным образом пяти доминирующих факторов сварочного производства:

- квалификация и мотивация исполнителя,
- сварочные и свариваемые материалы,
- сварочное оборудование и техоснастка,
- подготовка и сборка под сварку,
- с варочный процесс и его регламент.

Таким образом, каждая доминирующая причина (ДП) по конкретной БС стыков характеризуется числом абсолютных или относительных повторений, суммой забракованных участков, видом, количеством и размерностью дефектов.

Таким образом, устанавливают доминирующие факторы производства, вызывающие дефектность и

их удельные веса; причинно-следственные связи дефектности с факторами производства. Показано, что каждому фактору соответствует определенный уровень дефектности; управляющая цепочка “фактор-причина-дефект” (Ф-П-Д), позволяющая по обратным связям количественно устанавливать причины дефектности с вероятностью $P = (0.75-0.85)$

ПЯТЫЙ ШАГ

Дальнейшая задача — разработка адекватных объекту сварочных работ моделей для управления формированием и оптимизацией качества.

Формирование качества сварных соединений происходит в результате действия ряда факторов. При исследовании формирования качества сварного соединения (Кс), рис 1, были использованы схемы, состоящие из нескольких (рассматривалось пять) доминирующих факторов, установленных для конкретной области сварки с известными параметрами.

Оценка Кс проводится по количеству, характеру и размерам дефектов. Схемы прослеживания процессов формирования качества сварного соединения по состоянию доминирующих факторов производства и их параметров показаны на рис. 1.

В общем случае формирование дефектов в реальном технологическом процессе описывается стохастической моделью, где суммарный показатель дефектности можно разложить на дефектность, вызванную системати-



Рис. 1 Схема-модель исследования образования дефектности в сварном соединении

ческими погрешностями, и на дефектность, вызванную случайными причинами. На распределение показателя качества влияют, главным образом, систематические отклонения, вызываемые факторными параметрами. Общее распределение принимает асимметричный характер за счет смещения среднего значения 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.

На предприятии обычно выявляется 5-7 доминирующих факторов, которые всесторонне исследуются для установления параметров, уровня дефектности и их причин. В результате проведенного анализа устанавливается исходный уровень качества на выпускаемую продукцию и факторы, требующие совершенствования и инвестиций. В дальнейшем, исходя из состояния технического уровня для конкретных изделий, устанавливается, т.е. ежегодно планируется, контрольный уровень качества:

$$K_{вх} = (100 - B)\%, \text{ где}$$

B – статистический уровень брака.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ:

1. Внедрение новых эффективных способов сварки и управления процессами должно быть первостепенным приоритетом развития сварочного производства на предприятиях.
2. Качество и прогресс сварочного производства

возможен только на основе разработки новых технологий, непрерывного анализа и совершенствования действующих технологических процессов.

3. Предложены механизмы учета, анализа и корректировки процессов при управлении качеством сварочных работ в цехе, участке, рабочем месте сварщика.

4. Установлены причинно-следственные связи уровня дефектности (совершенства) в сварных конструкциях от условий действующих факторов производства.

5. Важной и актуальной задачей на современном этапе, помимо проблемы квалифицированных специалистов (рабочих-сварщиков и ИТР), является внедрение механизированных, автоматизированных способов сварки и робототехнических комплексов, позволяющих снизить зависимость процесса от человеческого фактора и резко повысить производительность и качество сварочных работ.

6. На действующих производствах необходимо выявлять дестабилизирующие факторы и устанавливать причины брака. Решение этой архиважной задачи позволит резко повысить качество сварных соединений. ■

ЛИТЕРАТУРА:

1. Денисов Л.С. Повышение качества сварки в строительстве. М.: «Стройиздат», 1982, 160 с.
2. Денисов Л.С. Стратегия обеспечения качества, конкурентоспособности продукции сварочных производств, предприятий и организаций Республики Беларусь. //Сб. Технологии, оборудование, качество, 10-й Международный симпозиум //Мн.: «Экспофорум», 2007, с.45-56.
3. Вести НАН Беларуси, №2, 2007.
4. СТБ ИСО 9001 – 2001. Системы менеджмента качества. Требования.
5. СТБ ИСО 3834 – 1 – 2002. Требования к качеству сварки металлов плавлением.