

УДК 621.791

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ «ГОДЕН – НЕГОДЕН» И КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Л. С. ДЕНИСОВ

ОО «Белорусское инженерное общество»

Минск, Беларусь

UDC 621.791

RESEARCH OF THE PRESENT «FIT OR NOT FIT» CONTROL SYSTEM AND THE QUALITY OF WELDED JOINTS

L. S. DENISOV

Аннотация. Рассмотрены исследования действующей на предприятиях системы контроля «Годен – негоден». Приводятся конкретные результаты выявленной дефектности и расчетные уровни качества. Определяются причины брака.

Ключевые слова: сварное соединение, дефекты и причины их образования.

Abstract. The paper examines the studies of the «Fit – not fit» control system operating at enterprises, provides specific results of the identified defects and calculated quality levels. The reasons for the marriage are determined.

Keywords: welded joint, defects and causes of their formation.

*«... Качество вряд ли имеет
достижимые пределы, тогда
как количество природных
богатств и производственных
ресурсов, несомненно, ограничено...»*

Мы живем в сложный и трудный период истории: COVID-19, длительная стагнация, отсутствие инвестиций для развития сварочного дела, отток специалистов-сварщиков за рубеж, тяжелые демографические условия и т. д. и т. п. затрудняют развитие сварочного производства в Республике Беларусь.

В этих условиях, для сохранения действующих сварочных производств от деградации и достижения высокого технического уровня в обеспечении качества сварных соединений металлоконструкций и надежности при эксплуатации, необходимы новые подходы, новые эффективные методы и средства при изготовлении высокоответственной и ответственной сварочной продукции.

Для решения данной задачи Научно-производственная (НП) секция «Сварка и родственные технологии» и ведущие ученые кафедры сварки Белорусско-Российского университета, работают в постоянном поиске путей сохранения и развития сварочного производства в сложных условиях современного периода. Это очень важно! Известно: «там, где выполняются надежные соединения

механизмов, разнообразных устройств, сооружений и т. д., государства добиваются высокого прогресса в машиностроении и других областях».

За многолетние годы работы по данной проблеме НП секцией «Сварка и родственные технологии» изучены условия и действующие факторы сварочного производства, накоплен опыт и разработаны новые эффективные и низкзатратные пути: способы формирования требуемого качества сварочной продукции и сварных соединений (СвС). В основе этих работ предлагается новая парадигма развития сварочного производства (СП).

Анализ действующего контроля по схеме «Годен – негоден» и его сравнение с Управляющим контролем процессами сварки и качества (рис. 1).

Фактические данные об объекте сварки и контроля	
Обеспечение качества СвС при контроле по схеме «ГнГ»	Обеспечение качества СвС при Управляющем контроле «УК ПСК»
1	2
1. Проектная документация на изделие (сооружение) и сварные соединения. 2. Исполнители (сварщики, сборщики, ИТР), их квалификация и допуски. 3. Сварочные материалы, сварочное оборудование, оснастка, документация. 4. Способы сварки № 111, 135, 141 и др. 5. Технологическая инструкция (WPS, ППСР и др.) на сварку и контроль. 6. Методы контроля качества сварных соединений (СвС), НМК, РМК и др. 7. Требования к качеству СвР и СвС согласно ТНПА. Анализ	1. Проектная документация на изделие (сооружение) и сварные соединения. 2. Исполнители (сварщики, сборщики, ИТР), их квалификация и допуски. 3. Сварочные материалы, сварочное оборудование, оснастка, документация. 4. Способы сварки № 111, 135, 141 и др. 5. Технологическая инструкция (WPS, ППСР и др.) на сварку и контроль. 6. Методы контроля качества сварных соединений (СвС), НМК, РМК и др. 7. Требования к качеству СвР и СвС согласно ТНПА. Анализ
Объект сварочных работ: подготовка, сборка, сварка, контроль «Годен – негоден» 1. Процедуры контроля качества СвС. 2. Оценка качества СвС по ТНПА. 3. Выдача актов (протоколов) по внешнему осмотру и измерениям СвС. 4. Выдача заключений о качестве СвС по НМК, РМК и др. 5. Регистрация документов и их хранение	Объект сварочных работ: подготовка, сборка, сварка, Управляющий контроль 1. Процедуры контроля качества выборки СвС по карте контроля. 2. Оценка качества СвС по ТНПА. 3. Оценка стабильности процесса сварочных работ (СвР). 4. Выдача актов (протоколов) по внешнему осмотру и измерениям СвС. 5. Выдача заключений о качестве СвС по НМК, РМК и др. Регистрация и хранение документов
Послеконтрольные операции по схеме «ГнГ»	Послеконтрольные операции при «УК»
При контроле качества СвС «Годен – негоден» послеконтрольные операции не выполняются	1. Сбор и учет дефектности и несоответствий. 2. Анализ дефектности. 3. Установление причин образования дефектности и брака. 4. Разработка мер по устранению причин образования дефектности и брака. 5. Отчет по качеству сварки на объекте, регистрация и хранение документов

Рис. 1. Алгоритмы подготовки и контроля по схеме «Годен – негоден» (ГнГ) и для сравнения по схеме «Управляющий контроль процессами сварки и качества» (УК ПСК)

Коротко проанализируем систему контроля, принятую на действующих предприятиях, с определением качества сварных соединений по схеме «ГнГ».

На рис. 1, столбец 1, приведен краткий алгоритм контроля сварных соединений по системе «Годен – негоден». Алгоритм и работы по контролю заканчиваются выдачей «Заключения о качестве СвС». Дальнейший ход контроля на этом и заканчивается. Однако известно, что контроль не обеспечивает качество соединений, а только отделяет годные СвС от негодных.

Как установлено, контроль по схеме «ГнГ» также не обеспечивает требования нормативов к качеству. При таком контроле мы не получаем необходимую, достоверную для оценки качества информацию. Отмечается сугубо необъективная и, как правило, с низкой достоверностью оценка качества. В лучшем случае оператор (дефектоскопист) знает количество забракованных стыков и может определить процент брака. Но не зная истоков появления (образования) дефектов и действующих на объекте факторов качества, руководитель сварочными работами *никак не может знать и причины брака, а соответственно, как их устранять???* И, что самое главное! – *решать проблему совершенствования сварочного производства (СП).*

НП секцией «Сварка и родственные технологии» выполнен обширный анализ состояния качества СвС на объектах сварки в процессе изготовления и эксплуатации различных изделий и сооружений.

На основании выполненных исследований предложена новая парадигма развития сварочного производства и повышения качества сварных соединений.

Рассмотрим результаты оценки качества и его состояния по схеме «Годен – негоден» независимыми организациями.

Как показывает практика эксплуатации, из-за различного рода дефектов сварных соединений конструкция может разрушиться задолго до окончания установленного срока ее эксплуатации.

На рис. 2 показаны «Причины разрушения сварных конструкций» по данным Международного института сварки (МИС).

Международный институт сварки в исследованиях качества сварных конструкций и сварных соединений (см. рис. 2) установил неудовлетворительное состояние проектирования – 28,8 %. Практически третья часть всех выполняемых сварных изделий имеет очень опасные дефекты с большой вероятностью разрушения в процессе их эксплуатации. Отмечаются высокий уровень дефектов в СвС – 21,3 %, высокие остаточные напряжения, дефекты формирования швов и др. Выявлен значительный объем нарушений технологических процессов, сборки, сварки и т. д.

Для сравнения приведем структурную формулу дефектности, установленную на одном из предприятий [1] (рис. 3).

Причины разрушения сварных конструкций	Случаи разрушения, %
Нерациональность спроектированных конструкций	28,8
В том числе:	
- неправильное конструирование соединений ;	22,5
- введение сварных узлов в участки повышенных напряжений.	6,3
Наличие дефектов в сварных соединениях	21,3
В том числе:	
- дефекты в швах и высокие остаточные напряжения ;	12,5
- дефекты формирования швов .	8,8
Повышение напряжения при эксплуатации, чрезмерные нагрузки	20,0
Нарушение технологии сварки, особенно для трудносвариваемых сталей .	18,7
Влияние коррозии .	5,0

Рис. 2. Причины разрушения сварных конструкций по данным МИС

Квалификация	→ $K_v = П(1,3) + Ш(0,8) + ПШБВ(0,5) + Н(0,5) + Пд(0,1)$.
Технология	→ $T_n = П(1,4) + Ш(1,1) + ПШБВ(0,3) + Пд(0,1)$.
Электроды	→ $Эл = П(1,8) + Ш(0,6) + ПШБВ(0,4)$.
Подготовка, сборка	→ $Пс = П(0,6) + Ш(0,4) + Н(1,3) + С_m(0,2)$.
Условия	→ $Ус = П(1,0) + Ш(0,7) + Н(0,5)$

Рис. 3. Структурная формула дефектности

Как видно из формулы дефектности, обнаруживается аналогичная тенденция (см. рис. 2).

Вместе с тем отсутствуют (не контролируются) такие важные факторы качества, как проектирование конструкций, тепловложения, измерения напряжений, недостаточен важный контроль внешним осмотром и измерением, например, плавность перехода от наплавленного металла к основному свариваемому металлу, геометрия сварного шва и др.

В табл. 1 показаны выявляемые дефекты при сварке трубопроводов малых диаметров. По данным контрольных лабораторий и НП секции «Сварка и родственные технологии», при ручной дуговой сварке труб диаметром 57...159 мм на объектах сварочных работ обнаруживается повышенный уровень дефектности.

Табл. 1. Дефектность и причины ее образования при ручной дуговой сварке труб диаметром 57...159 мм (по данным анализа)

Причины дефектности брака	Контр. соединения, шт.	Процент по разным причинам	Количество недопустимых и общих дефектов на участке контроля					Сумма всех дефектов, шт.	Д _б , шт./уч.	Д _о , шт./уч.
			П, шт.	Ш, шт.	Н, шт.	Цепочки и скопления пор и шлаковых включений, шт.	Подрез, смещение, ослабление корня шва, шт.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Некачественные сварочные материалы	163	32,9	289	99	15	18	2	423	2,6	4,4
Плохая подготовка кромок	135	27,2	195	49	74	13	2	333	2,2	2,5
Некачественная сборка	96	19,4	71	25	76	6	7	185	1,9	2,2
Нарушение технологии	47	9,5	101	17	11	4	1	134	2,4	2,8
Низкая квалификация сварщика	34	6,9	75	7	7	16	0	105	1,1	3,1
Неблагоприятные условия	13	2,6	29	0	1	7	0	37	2,8	4,8
Небрежность сварщика	7	1,4	22	0	4	0	0	26	2,2	3,7
Итого	495	99,9	782	197	188	64	12	1243	2,1	3,4

В табл. 1 по вертикальным столбцам 6–8 дефекты являются протяженными, преимущественно длиной 5...20 мм, условно принятые как одиночные. Аналогично для цепочек, скоплений пор, шлаков и подрезов.

Каждый конкретный дефект сварного изделия в этой таблице появился в результате причин, которые могут быть установлены только с введением на объекте Управляющего контроля процессов сварки и соединений.

По данным анализа дефектности Базовых партий на конкурсе сварщиков, общие итоги уровня дефектности по способам сварки выглядят следующим образом (табл. 2).

Табл. 2. Анализ дефектности Базовых партий сварных соединений по отраслям и Базовым совокупностям

Способ сварки	Количество сварщиков, чел.	Выявленная дефектность		Количество дефектов на 100 мм	
		Общая дефектность Σ од	Недопустимые дефекты Σ н. д	Σ од/100 мм	Σ н. д/100 мм
1	2	3	4	5	6
Нефтехимия					
135	3	11	8	1,25	0,89
141	3	15	8	1,67	0,89
111	12	60	44	1,79	1,31
Образование					
135	13	72	60	1,38	1,15
141	4	12	8	2,27	1,51
111	13	114	93	3,14	2,56
Промышленность					
135	30	126	95	1,10	0,8
141	4	10	7	1,90	1,33
111	8	51	45	2,28	2,05
Энергетика					
135	9	54	31	1,50	0,86
141	6	18	12	2,23	1,25
111	34	228	193	2,40	2,03
Архитектура и строительство					
135	7	55и	38	1,97	1,36
141	1	–	–	–	–
111	5	38	34	2,72	2,43
Коммунальное хозяйство					
135	2	9	7	1,13	0,88
141	Не представлены				
111	Не представлены				
Транспорт и коммуникация (участие в конкурсе не принимали)					
Организация областной подчиненности					
135	18	43	34	1,20	0,94
141	8	29	18	2,65	1,71
111	8	43	35	1,92	1,57
Средний уровень дефектности по способам сварки					
135	82	327	239	1,4	0,8
141	26	55	35	2,0	1,5
111	83	491	409	2,4	2,0
Всего	188				

Примечания

135 – механизированная сварка в защитных газах плоских образцов в вертикальном и горизонтальном положениях толщиной 6 мм.

141 – аргонно-дуговая сварка труб диаметром 57 мм, толщина стенки 4 мм.

111 – ручная дуговая сварка труб диаметром 57 мм, толщина стенки 3,5 мм.

Основные недостатки схемы «ГнГ» на объектах сварочных работ приведены в табл. 3.

Табл. 3. Недостатки схемы контроля «ГнГ»

Результаты анализов и исследований
<p>1. Контроль «ГнГ» не обеспечивает качества, он только отделяет годные СвС от негодных.</p> <p>2. Контроль «ГнГ» высокзатратный, абсолютно безынформативный.</p> <p>2.1. Не выполняется учет и информация о дефектах и несоответствиях.</p> <p>2.2. Не выполняется оперативный и обобщенный анализ дефектности по БПС.</p> <p>2.3. Не выполняются расчеты уровней качества и доминирующих факторов.</p> <p>2.4. Не выполняется учет действующих факторов на объектах СвР.</p> <p>2.5. Не устанавливается исходный уровень качества по БПС.</p> <p>2.6. Из-за невыполнения пп. 2.1–2.5 невозможно устанавливать и причины брака.</p> <p>2.7. По тем же условиям пп. 2.1–2.5 неясно, как предупреждать образование дефектов.</p> <p>2.8. Не выполняется разработка мероприятий по предупреждению образования дефектов, в том числе из-за незнания основ сварочных процессов.</p> <p>2.9. Не ведется планирование качества СвС по показателям и уровню дефектности.</p> <p>2.10. Не проводится обучение исполнителей: сварщиков, слесарей, ИТР и др. применительно к условиям и требованиям конкретного объекта сварки</p>

Выводы.

1. Как видно из приведенных на рисунках и в таблицах анализов и фактов, контроль по схеме «Годен – негоден» не удовлетворяет современным требованиям по обнаружению дефектов сварных соединений в различного рода металлоконструкциях и не обеспечивает их качество.

2. Установлено: наибольший объем брака допускается при ручных способах сварки, что указывает на необходимость ее замены механизированными и автоматизированными способами. В то же время способы 135 и 141 не отлажены, а их качество не всегда удовлетворяет действующим нормам ТНПА.

3. В целом, главными причинами брака сварных соединений при сварке являются: несовершенная организация, неумелая работа и слабые, недостаточные знания (или отсутствие таковых), а также!!! нарушение технологических процессов конкретного способа сварки для конкретной БПС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Денисов, Л. С.** Основы обеспечения бездефектной сварки, система статистического регулирования и управления качеством сварочных работ / Л. С. Денисов. – Минск: Право и экономика, 2020. – 228 с.: ил.