

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ FMEA

А.М. Белоусов, О.А. Белянкова, Л.А. Редько, Е.В. Шильникова

Проведен анализ качества сварных соединений железобетонных изделий на строительных площадках г. Томска. Определены наиболее часто встречающиеся группы дефектов сварных соединений. Использован метод FMEA – анализа для количественной оценки уровня риска.

Ключевые слова: качество, дефект, сварные соединения, железобетонные изделия, метод FMEA, система менеджмента качества, сварка, процесс, анализ рисков.

При монтаже зданий из железобетонных конструкций одним из важнейших этапов является процесс сварки металлической арматуры. От результатов этого процесса зависит качество постройки дома, уровень эффективности строительства в целом, а также удовлетворенность потребителей – собственников помещений [1].

Для собственников жилья важной характеристикой качества дома является время его эксплуатации до капитального ремонта или период безаварийной эксплуатации здания. Это потребительское свойство связано с рядом показателей надежности зданий, в числе которых такой показатель, как качество сварных соединений железобетонных конструкций [2]. Качество сварных соединений определяется геометрией сварного шва, отсутствием непроваров, прожогов, трещин, включений и других дефектов [3].

На протяжении июля 2016 г. на строительных площадках г. Томска был проведен анализ качества 96 сварных соединений, полученных с использованием ручной дуговой сварки. Данные для анализа были получены из записей в ходе процесса контроля качества сварных соединений, таких как: журналы сварочных работ, акты по визуальному и измерительному контролю и заключения по ультразвуковому контролю сварных соединений. Контроль качества сварных соединений выполнялся дефектоскопистами по указанным видам контроля в соответствии с требованиями нормативных документов [4].

На основании проведенного исследования, наиболее частыми дефектами сварного соединения ЖБИ являются: подрезы, поры, шлаковые включения (рис.1).



Рисунок 1 – Диаграмма Парето выявленных дефектов

Внешний вид этих дефектов представлен на рисунке 2 (а-в).



а – подрезы, б – пора, в - шлаковые включения

Рисунок 2 – Дефекты сварного шва

Переделки, вызванные дефектами сварного соединения требуют дополнительных затрат рабочего времени сварщика, времени работы оборудования, материалов. На устранение одного дефектов потребуются 10 часов дополнительных работ, что повлечет за собой дополнительные затраты - это снижает эффективность процесса строительства здания в целом.

Для повышения эффективности деятельности строительная организация внедрила систему качества в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ ISO 9001-2011 [5]. Основой этой системы является процессный подход. Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместным действием того и другого [6]. Процесс сварки относится к специальным про-

цессам, подтверждение соответствия результатов которого затруднено или экономически нецелесообразно. Таким образом, необходимо управлять условиями реализации процесса, чтобы на выходе получались результаты, соответствующие требованиям.

В этих случаях соответствие сварных конструкций установленным требованиям достигается регулированием и улучшением процессов, на основе их постоянного мониторинга и анализа.

Схематично процесс получения сварного соединения представлен в таблице 1.

Для оценки достижения целей процесса важно определить критерии результативности процесса и показатели мониторинга. Они, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015, должны назначаться на основе применения риск-ориентированного мышления [7]. Т.е. должны анализироваться события, которые могут повлиять на достижение целей процесса. Эти события, риски, должны быть оценены количественно и разделены на категории по степени опасности. Опасными событиями необходимо управлять, в том числе предупреждать их появление. Для определения критериев мониторинга важно знать организацию процесса, факторы, оказывающие на него значительное воздействие.

Качество сварных изделий зависит от соответствия материала техническим условиям, состояния оборудования и оснастки, обоснованности требований технологической документации, соблюдения технологической дисциплины, а также квалификации персонала.

Обеспечить высокие технические и эксплуатационные свойства изделий можно при условии точного выполнения технологических процессов. Важным этапом процесса сварки является контроль качества, как готовых изделий, так и параметров качества процесса. Обнаружение несоответствия может являться сигналом для корректировки процесса [8].

На строительном объекте измерение дефектов проводятся инструментальным и визуальным методами [9]. Кроме того, систематически проверяют приспособления и оборудование. При предварительном контроле подвергаются проверке основные и вспомогательные материалы, устанавливается их соответствие чертежу и техническим условиям. Персонал, осуществляющий сварку должен быть компетентным и иметь подтверждающие это документы.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ FMEA

Таблица 1 – Описание процесса сварки

Средства управления: технологическая документация		Критерии результативности: Время, стоимость, отсутствие нареканий к качеству сварного шва	
Входные данные: заявка на проверку	Процесс: сварка		Выходные данные: сварной шов, документация
Ответственность: прораб	Ресурсы: персонал, материалы, оборудование		Показатели мониторинга процесса: Параметры режима сварки Качество подготовки свариваемых поверхностей

Таким образом, качество процесса сварки зависит так же от качества ряда обеспечивающих процессов: управление персоналом, входной контроль качества материалов, управление средствами мониторинга и измерений.

В системе менеджмента качества в соответствии с требованиями [7] необходимо применять анализ рисков в процессах (п. 6.1), однако не указано, как его проводить и какую методологию использовать. Методология риск-менеджмента [10] включает обширный перечень методов управления рисками на этапах процесса риск-менеджмента [11]. Наибольшее распространение получил метод FMEA-анализа в силу его простоты, универсальности, он применим ко всем этапам процесса риск-менеджмента, а также позволяет дать количественную оценку риска [12].

Применение метода FMEA позволяет определить вероятность обнаружения дефектов. Вероятность обнаружения дефекта – вероятность того, что дефект определенного вида и размера может быть обнаружен при помощи конкретного метода неразрушающего контроля с использованием определенной методики и оборудования. Само по себе знание вероятности обнаружения не дает улучшения качества выполняемого процесса, но оно является важным показателем для расчета надежности и прочности конструкций с учетом обнаруженных дефектов. Это позволяет оценить и управлять рисками разрушений и повреждений конструкций во время эксплуатации [13].

Метод позволяет обеспечивать безопасность выполнения процессов путем выявления потенциальных дефектов строительных конструкций с высокой критичностью. Помогает анализировать потенциальные дефекты,

и их причины и последствия, а также оценивать риски их появления и/или необнаружения в ходе выполнения процесса и принимать меры для устранения или снижения вероятности ущерба от их появления.

По результатам проведения FMEA анализа технологического процесса сварки и степени его влияния на вероятное возникновение дефектов было установлено, что наиболее критичными с точки зрения снижения надежности являются такие дефекты как подрезы, поры, шлаковые включения, таблица 2.

Для совершенствования процесса сварки были определены направления для предупреждения и устранения дефектов:

1. Свариваемые детали в местах соединения должны быть очищены от грязи, масла, ржавчины и окалины.
2. Поверхность шва не должна иметь заусенцев, травмирующих руки.
3. Сварочные материалы должны соответствовать требованиям стандартов, а также должны быть обеспечены соответствующие условия их складирования и хранения.
4. Контроль параметров режимов сварки должен производиться периодически во время работы, не реже двух раз в смену. При этом контролируются: величина сварочного тока, напряжение на дуге, расход углекислого газа, которые должны соответствовать величинам, указанным в документации по технологическому процессу.

Таким образом, можно определить критерии мониторинга процесса сварки ЖБИ. Ими будут параметры режимов сварки.

При их соответствии требованиям нормативных документов количество дефектов на выходе данного процесса уменьшится.

Таблица 2 – FMEA-анализ процесса сварки

N	Процесс	Вид дефекта	Последствие дефекта	Причина дефекта	S	O	D	ПЧР
1	Ручная дуговая варка	Подрезы	Финансовые потери, увеличение сроков строительства	Не зачищено место сварного шва, заваливание валика, сжатые сроки выполнения работ	8	7	2	112
2	Ручная дуговая варка	Поры	Финансовые потери, увеличение сроков строительства	Загрязнение кромок сварного шва, отсыревшие электроды	3	4	2	24
3	Ручная дуговая варка	Шлаковые включения	Финансовые потери, увеличение сроков строительства	Непостоянство тока, отсыревшие электроды, не зачищено место сварного шва	2	4	2	16

Сочетание методов идентификации несоответствий, анализа причин их появления позволяет эффективно управлять процессами системы менеджмента качества и качеством их результатов. Применение диаграммы Парето и метода FMEA позволило: – выявить проблемные зоны жизненного цикла сварных конструкций; – повысить прослеживаемость процессов сварки; – облегчить поиск немногочисленных, но существенно важных причин, формирующих качество процесса сварки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 года). Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ // Российская газета. – 2009. – № 255.
2. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. – М.: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013 г. – 204 с.
3. ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением. – М.: Стандартинформ, 2014 г. – 36 с.
4. ГОСТ 23118-2012 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013 г. – 30 с.
5. ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2012 г. – 33 с.
6. ГОСТ Р ИСО 857-1-2009 Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1. Процессы сварки металлов. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010 г. – 54 с.
7. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015 г. – 32 с.
8. Шмелева Л.А. Контроль качества продукции на примере производства железобетонных изделий/ Л.А. Шмелева // Материалы международной научно-практической конференции «Экономические аспекты развития промышленности в усло-

виях глобализации». – 2015. – Издательство: общество с ограниченной ответственностью "Научный консультант" (Москва). – С. 242-245.

9. Kalinichenko N. Determination of the Depth of Closed Blind Cracks in Non-metal Check Samples and Test Panels for Penetrant Testing/ N. Kalinichenko, A. Kalinichenko, I. Lobanova, A. Zaitseva, E. Loboda// MATEC Web Conf. – 2016г. – Vol. 79. – С. 01024. Режим доступа: DOI <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20167901024>.

10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска. – М.: Стандартинформ, 2012 г. – 74 с.

11. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство. – М.: Стандартинформ, 2012 г. – 26 с.

12. ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. – М.: Стандартинформ, 2008 г. – 40 с.

13. Аксенов В.А. Применение системы менеджмента качества при проектировании технологических процессов шлифования рельсов/ В.А. Аксенов, А.С. Ильиных, А.В. Матафонов, М.С. Галай// Ползуновский вестник. – 2014г. – № 4-2. – С. 163-167.

Белоусов Артем Михайлович - магистрант Томского политехнического университета по направлению «Управление качеством», e-mail: laredko@tpu.ru; тел: (3822) 43-73-07.

Белянкова Ольга Александровна - ведущий специалист по качеству ООО «Стройтехновации ТДСК», e-mail: laredko@tpu.ru.

Редько Людмила Анатольевна – к.т.н., доцент кафедры Физических методов и приборов контроля качества Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета, e-mail: laredko@tpu.ru; тел: (3822) 43-73-07

Шильникова Елена Владимировна - руководитель службы качества, член-корреспондент Академии качества, e-mail: laredko@tpu.ru