

УДК 621.791

Прохоренко В. М., Чертов И. М., Гаевский В. О.**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Современные системы управления качеством продукции основаны на предотвращении появления дефектов, включающем как предварительные мероприятия, так и оперативный контроль технологических процессов. Для предотвращения появления дефектов в процессах механообработки, сборки широко используются замкнутые системы контроля качества, основанные на статистическом контроле технологических процессов (SPC) [1]. Применение таких систем в сварочном производстве сдерживается многофакторностью и сложностью формирования качественных характеристик сварных соединений. В настоящей публикации определены первоочередные задачи разработки замкнутых систем контроля качества сварных соединений, основанных на статистическом контроле технологических процессов сварки.

В сварочном производстве традиционно стремление к возможно большей степени механизации и автоматизации не только собственно сварки, но и всего комплекса предшествующих и следующих непосредственно за ней технологических операций [2–3]. Современные информационные технологии позволяют автоматизировать как основные процессы сварочного производства, так и координацию сварочных работ, направленную на управление качеством сварных соединений [4]. Разработка замкнутых систем контроля качества сварных соединений с обратными связями является актуальной научно-технической проблемой сварочного производства.

Более 10 лет на кафедре сварочного производства НТУУ КПИ проводятся исследования в рамках научного направления «Статистические методы как фактор оптимального планирования системы качества при изготовлении сварных конструкций». Развитием этих исследований является разработка замкнутой системы контроля качества сварных соединений [5], однако целый ряд задач требуют первоочередного решения.

Требования международных стандартов к качеству сварки плавлением металлических материалов [6] являются методической основой замкнутой системы контроля качества сварных соединений. Взаимодействие элементов системы организуется на хорошо разработанных подходах, принятых в автоматизированных системах управления технологическим процессом (АСУТП) [7].

Как правило, АСУТП имеет единую систему операторского управления технологическим процессом в виде одного или нескольких пультов управления, средства обработки и архивирования информации о ходе процесса, типовые элементы автоматики: датчики, устройства управления, исполнительные устройства. Для информационной связи всех подсистем используются промышленные сети. Пульты управления, средства обработки информации элементы автоматики и промышленных сетей достаточно универсальны и доступны.

Термин «автоматизированный» в отличие от термина «автоматический» подчеркивает необходимость участия человека в отдельных операциях как в целях сохранения контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций. Определение степени необходимого участия технологов, координирующих сварочные работы, в замкнутой системе контроля качества сварных соединений – актуальная организационно-техническая задача.

Не менее актуальной научно-технической задачей является разработка математических моделей принятия решений в замкнутой системе контроля качества сварных соединений. Требуют адаптации к процессам сварки математические модели:

- определения способности процесса сварки выполнять требования к качеству продукции на этапе подготовки производства;

- принятия решения о необходимости проведения корректирующих / предупреждающих действий в ходе оперативного управления процессом сварки;
- определения результативности корректирующих/предупреждающих действий.

В основу математических моделей могут быть положены статистические методы анализа данных [8–10]. Для разработки таких моделей с учётом специфики процессов сварки необходимы дополнительные исследования.

Определение способности процесса сварки выполнять требования – это экспертиза собственной изменчивости процесса, для оценки его способности изготавливать продукцию, согласованную с полем допуска, разрешённым спецификациями.

Собственная изменчивость процесса сварки определяется для каждой контролируемой характеристики качества сварного соединения отдельно как диапазон, в котором эта характеристика находится с вероятностью 99,73 % и рассчитывается как шесть среднеквадратичных отклонений контролируемой характеристики (6σ).

Способность процесса определяется по индексам, связывающим собственную изменчивость процесса с полем допуска, разрешённым спецификациями. Индекс воспроизводимости технологического процесса C_p – отношение полного поля допуска, к диапазону собственной изменчивости процесса. Индекс воспроизводимости является показателем потенциальной способности процесса выполнять требования к качеству, при идеальном центрировании в пределах допустимых значений. Индекс воспроизводимости процесса с учётом расположения центра настройки C_{pk} определяет фактическую способность процесса выполнять требования к качеству (рис. 1). C_{pk} применяется также в ситуациях, когда установлены односторонние спецификации.

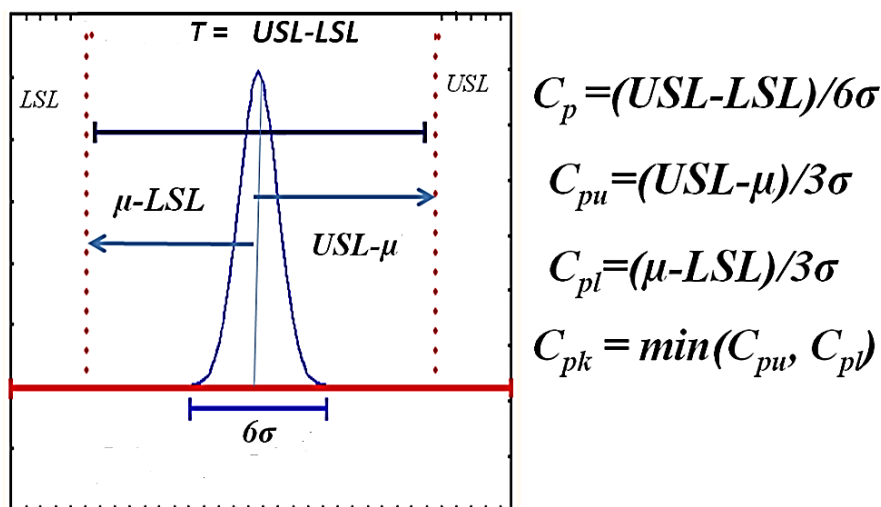


Рис. 1. Определение способности процесса выполнять требования

Для применения индексов воспроизводимости к процессам сварки необходимо оценить нормальность распределения характеристик качества сварных соединений, поскольку данные о нормальности распределения характеристик качества сварных соединений в настоящее время отсутствуют.

Целью данной работы является оценка нормальности распределения характеристик качества сварных соединений.

Ключевой составляющей системы автоматизированного контроля качества сварных соединений являются целевые уровни показателей способности процесса выполнять требования [11].

Технологический процесс сварки признаётся способным выполнять требования к качеству продукции, если фактические значения показателей способности не хуже целевых.

С одной стороны, чем выше значения показателей, тем выше способность процесса выполнять требования к качеству. С другой стороны, необоснованно завышенные значения показателей способности выполнять требования ведут к необоснованно высоким затратам на качество сварных изделий. Таким образом, актуальной задачей является определение критериев оптимизации индексов воспроизводимости процесса сварки.

В большинстве случаев процессы оптимизируют исходя из условия минимизации затрат на качество [12]. Однако такой подход не учитывает рисков, возникающих вследствие невыполнения требований к качеству продукции. Между тем, в последние годы управление рисками приобретает всё большую значимость [13]. Данные по оптимизации индексов воспроизводимости на основе анализа рисков применительно к сварке отсутствуют. Международный институт сварки рассматривает управление рисками как одно из ключевых направлений в сварочном производстве [14–21]. В качестве базовой методики управления рисками следует принять Анализ видов и последствий потенциальных отказов (FMEA).

По методике FMEA уровень риска определяют через приоритетное число риска RPN :

$$RPN = S \times O \times D, \quad (1)$$

где S – ранг последствий потенциальных несоответствий процесса сварки;

O – ранг возможности возникновения несоответствия процесса;

D – ранг, характеризующий возможность своевременного выявления несоответствия.

Принято считать приемлемым технологический процесс, для которого значение приоритетного числа рисков не превышает 100 баллов из 1000 максимально возможных. Для применения методики FMEA при оценке технологических рисков в замкнутой системе автоматизированного контроля качества сварных соединений необходимо разработать критерии назначения рангов S , O , D для сварки. Требуют разработки критерии ранга возможности появления несоответствий в процессе сварки, ранга влияния несоответствий, ранга возможности своевременного обнаружения несоответствий процессов сварки.

Не решенной на сегодняшний день задачей является разработка математической модели, устанавливающей зависимость целевого уровня индекса воспроизводимости процесса сварки от приемлемого (целевого) уровня приоритетного числа рисков. Решение этой задачи позволит принимать решения о приемлемости процесса сварки с учетом влияния изменчивости характеристик качества на технологические риски процесса сварки, автоматизировать процесс принятия решений технологами сварочного производства.

В ходе производства сварных изделий основными функциями замкнутой системы автоматизированного контроля качества сварных соединений является оперативный контроль процессов сварки с целью своевременного вмешательства (регулировки) в процесс сварки и оценка результативности проведенных корректирующих и предупреждающих действий.

Решение о необходимости проведения корректирующих или предупреждающих действий может быть принято с применением контрольных карт по одной выборке. Процесс сварки требует вмешательства в случае, если процесс находится под влиянием особых причин. Особые причины могут быть связаны с основным или вспомогательным сварочным оборудованием, действиями сварщиков/операторов сварочных установок, применяемыми сварочными материалами, режимами сварки, факторами влияния производственной среды.

Каждый случай влияния особых причин требует проведения корректирующих действий технологами, выполняющими координацию сварочных работ, но сигнал о необходимости таких действий должна давать замкнутая система контроля качества сварных соединений, она же должна давать информацию о направлении влияния особых причин на процесс сварки.

Замкнутая система контроля качества сварных соединений должна информировать технологов о результативности выполненных корректирующих действий в реальном масштабе времени. Для этого необходимо обосновать необходимые объемы и периодичность отбора выборок.

ВЫВОДЫ

В управлении качеством сварных изделий актуальной научно-технической проблемой является разработка замкнутых систем автоматизированного контроля качества сварных соединений. Для решения поставленной проблемы необходимо решить следующие задачи:

- разработать математические модели принятия решений в замкнутой системе контроля качества сварных соединений;
- провести оценку нормальности распределения основных показателей качества сварных соединений;
- определить критерии оптимизации индексов воспроизводимости процесса сварки;
- установить критерии назначения рангов для анализа и последствий потенциальных отказов для технологического процесса сварки (PFMEA);
- разработать математическую модель, устанавливающую зависимость целевого уровня индекса воспроизводимости процесса сварки от приемлемого (целевого) уровня приоритетного числа рисков;
- обосновать необходимые объёмы и периодичность отбора выборок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистическое управление процессами SPC : ссылочное руководство ; пер. с англ. – 2-е изд. – Н. Новгород : ООО СМЦ «Приоритет», 2007. – 224 с.
2. Гитлевич А. Д. Механизация и автоматизация сварочного производства : учеб. / А. Д. Гитлевич, Л. А. Этингер. – М. : Машиностроение, 1978. – 280 с.
3. Лебедев В. К. Автоматизация сварочных процессов / В. К. Лебедев, В. П. Черныш. – К. : Высшая шк., Головное изд-во, 1986. – 296 с.
4. ДСТУ ISO 14731:2008. Координація зварювальних робіт. Завдання та відповідальність. – Не дійсуючий. – Держспоживстандарт, наказ № 490 від 22.12.08. – Дійствовав до 01.07.2010 з.
5. Гаєвський О. А. Цільові рівні при підтвердженні відповідності процесів зварювання / О. А. Гаєвський, І. М. Чертов, В. О. Гаєвський // Зварювання та споріднені процеси і технології : матеріали IV Всеукраїнської міжгалузеві науково-технічної конференції студентів, аспірантів, 20–22 квітня 2011 р. – Київ : НТУУ КПІ, 2011. – С. 74.
6. ISO 3834: Quality requirements for welding – Fusion welding of metallic materials: Part 1: Guidelines for selection and use; Part 2: Comprehensive quality requirements; Part 3: Standard quality requirements; Part 4: Elementary quality requirements.
7. Поляк Б. Т. Робастная устойчивость и управление / Б. Т. Поляк, П. С. Щербаков. – М. : Наука, 2002. – 303 с.
8. Тарарычкин И. А. Статистические методы обеспечения качества продукции сварочного производства / И. А. Тарарычкин. – Луганск : Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля, 2002. – 335 с.
9. Волченко В. Н. Вероятность и достоверность оценки качества металлопродукции / В. Н. Волченко. – М. : Металлургия, 1979. – 88 с.
10. Бендерский А. М. Статистическое регулирование технологических процессов методом кумулятивных сумм / А. М. Бендерский. – М. : Знание, 1973. – 70 с.
11. ДСТУ ISO 9001:2008. Системи управління якістю. Вимоги. – На заміну ДСТУ ISO 9001–2001 ; надано чинності 2009–09–01. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 20 с.
12. BS 6143.2-1992 «Guide to the economics of quality. Part 2. The prevention, appraisal and failure model».
13. Анализ и последствий потенциальных отказов. FMEA : ссылочное руководство ; пер. с англ. – 4-е изд. – Н. Новгород : ООО СМЦ «Приоритет», 2009. – 142 с.
14. Risk management and risk assessment in the stainless steel welding sector [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iiwelding.org/Publications/TechnicalDB/TechnicalDataBase>.
15. Cancer risk in arc welding [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iiwelding.org/Publications/TechnicalDB/TechnicalDataBase>.
16. Catalogue of risk factors in welding processes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iiwelding.org/Publications/TechnicalDB/TechnicalDataBase>.
17. The management of risk: application to the welding industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iiwelding.org/Publications/TechnicalDB/TechnicalDataBase>.
18. ISO 3834 – Reducing failure risk in welded components. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iiwelding.org/Publications/TechnicalDB/TechnicalDataBase>.
19. The management of risk : application to the welding industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iiwelding.org/Publications/TechnicalDB/TechnicalDataBase>.
20. Шеклтон Д. Уменьшение опасности разрушения сварных конструкций [Электронный ресурс] / Д. Шеклтон. – Режим доступа: <http://www.svarkainfo.ru/rus/lib/blog/bl0309.php>.
21. Shackleton D. N. Applying a risk assessment approach to fabrication processes / D. N. Shackleton // IAW Regional Conference. – Tehran/Iran, March 2002.