



МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

И. А. ТАРАРЫЧКИН, канд. техн. наук (Восточноукр. нац. ун-т, г. Луганск)

Предложена методика одновременного построения карт контроля состояния и относительной точности для определения характера корректирующих действий, направленных на восстановление нарушенной точности технологического процесса. Рассмотрены возможности методики на примере выполнения кольцевого шва с использованием технологии дуговой сварки в узкий зазор.

Ключевые слова: сварка в узкий зазор, статистическое регулирование, качество продукции, точность процесса, методика, корректирующие действия, карты контроля, критерии точности

Статистическое регулирование сварочных технологических процессов является одним из эффективных средств обеспечения качества продукции [1, 2]. Выбор конкретного метода регулирования осуществляют в зависимости от условий производства и природы контролируемой характеристики качества. В условиях крупносерийного и массового производства для контролируемых характеристик, имеющих количественную природу, регулирование процессов производят с применением контрольных карт средних арифметических значений, среднеквадратических отклонений, размахов [3].

При единичном и мелкосерийном производстве статистическое регулирование процесса следует выполнять с использованием карт контроля состояния, которые позволяют своевременно обнаруживать нарушение точности контролируемого процесса [4]. Однако непосредственное применение карт контроля состояния не дает ответа на вопрос о том, какого рода корректирующие действия должны быть выполнены для восстановления нарушенной точности.

В настоящей публикации изложена методика, позволяющая определять характер необходимых корректирующих действий, направленных на восстановление нарушенной точности контролируемого процесса, если статистическое регулирование осуществляют с использованием карт контроля состояния. Применяемые нами обозначения соответствуют принятым в работе [4].

Рассмотрим особенности протекания трех различных технологических процессов, представленных на рис. 1 (схемы 1–3). Отметим, что использование комплексного критерия точности $g_S = \theta + \eta$ для построения карт контроля состояния в соответствии с методикой, представленной в работе [4], позволяет получить одну и ту же систему ломаных линий для моментов времени t_1, t_2, \dots, t_5 при описании состояния указанных процессов (рис. 2, а). Точность всех этих процессов

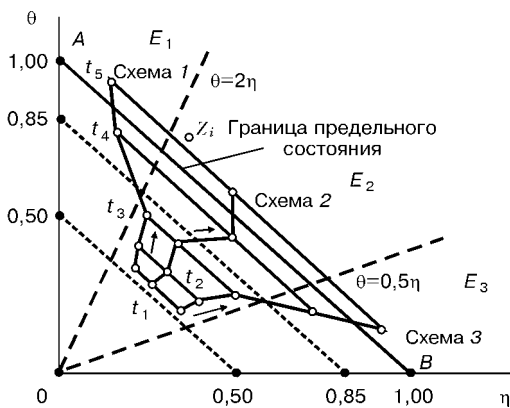


Рис. 1. Различные схемы протекания технологических процессов, представленные в системе координат $\theta\eta$

© И. А. Тарарычкин, 2002

в момент времени t_5 оказывается нарушенной различным образом, однако непосредственное использование критерия g_S не позволяет установить причину нарушений.

Для того чтобы сформулировать количественный критерий, позволяющий характеризовать состояние контролируемого процесса вблизи границы предельного состояния AB (рис. 1), следует определиться относительно используемой терминологии. Так, в дальнейшем характеристики точности процесса θ и η считаются соизмеримыми, если их значения отличаются не более чем в 2 раза. Тогда область E_2 соизмеримых значений θ и η на плоскости $\theta\eta$ будет расположена между двумя лучами, описываемыми уравнениями $\theta = 0,5\eta$ и $\theta = 2\eta$ (рис. 1).

Положение произвольной точки Z_i , характеризующей текущее состояние процесса относительно областей E_1, E_2, E_3 , может быть установлено с использованием критерия относительной точности процесса g_E :

$$g_E = \frac{\theta}{\eta} = \frac{\sqrt{2} |\bar{x} - W_0|}{S \Phi^{-1}(P)}$$

Для области E_1 выполняется условие $g_E \geq 2$. Переход процесса в эту область следует рассматривать как результат пре-

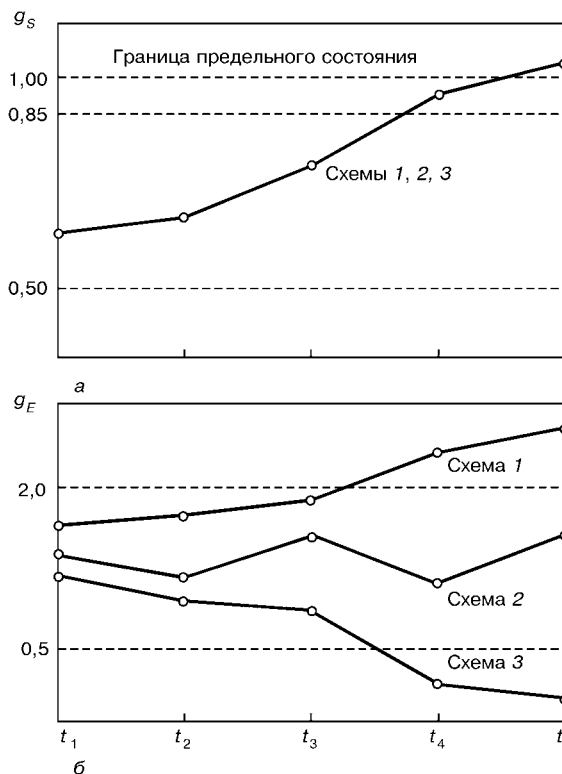


Рис. 2. Карты контроля состояния (а) и относительной точности (б) процессов, протекающих по различным схемам

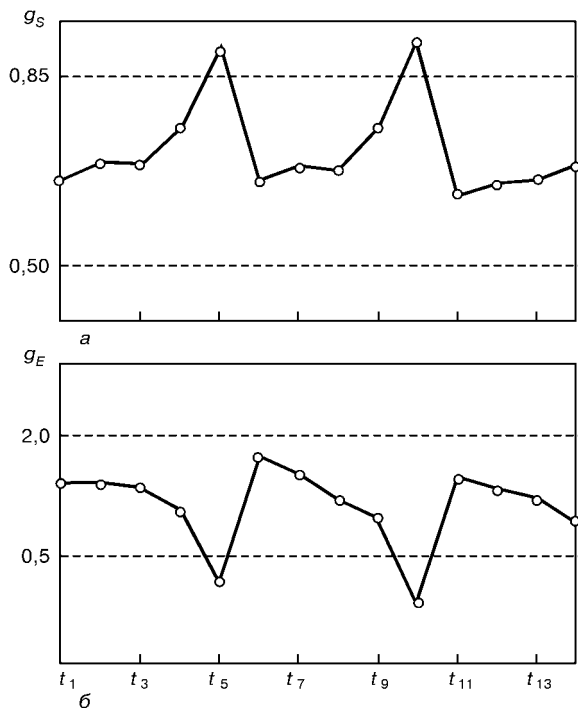


Рис. 3. Карты контроля состояния (а) и относительной точности (б) многомерного процесса сварки в узкий зазор с контролем по скорости сварки и отсутствию рассеяния контролируемой характеристики качества.

Для области E_3 выполняется условие $g_E \geq 0,5$ и переход процесса в эту область следует понимать как результат преимущественного смещения центра рассеяния контролируемой характеристики качества.

При выполнении условия $0,5 < g_E < 2$ (область E_2 значений θ и η) имеет место соизмеримое увеличение значений коэффициентов смещения настройки и рассеяния, приводящее к нарушению точности процесса.

Обозначенные подходы позволяют сформулировать следующую методику определения характера управляющих воздействий при статистическом регулировании технологических процессов:

состояние процесса оценивается периодически для установленных моментов времени t_i с построением карты контроля состояния в виде системы отрезков, последовательно соединяющих точки $g_S(t_i)$ [4];

для тех же моментов времени t_i выполняется одновременное построение карты контроля относительной точности процесса в виде системы отрезков, последовательно соединяющих точки $g_E(t_i)$;

в случае, если с момента времени t_j выполняется условие $g_S(t_j) > 0,85$, то для восстановления точности процесса следует произвести корректирующие действия, характер которых определяется по внешнему виду карты контроля относительной точности (если $g_E(t_j) \geq 2$, то это должны быть действия, ориентированные преимущественно на уменьшение рассеяния значений контролируемой характеристики качества; если $g_E(t_j) \leq 0,5$, то действия должны быть в основном ориентированы на уменьшение смещения величины X относительно центра конструкторского поля допуска; если $0,5 < g_E(t_j) < 2$, то принимаемые меры должны быть направлены на одновременное уменьшение как рассеяния величины X , так и на восстановление ее положения относительно середины поля допуска).

Совмещенный вид карт контроля относительной точности $g_E(t_i)$ для процессов, протекающих по схемам 1–3, представлен

на рис. 2, б, из которого видно, что характер корректирующих действий, направленных на восстановление нарушенной точности для каждого из рассматриваемых процессов оказывается различным и устанавливается в соответствии с изложенной методикой.

Предложенный метод совместного построения карт контроля состояния и относительной точности позволяет повысить эффективность статистического регулирования сварочных технологических процессов в условиях единичного и мелкосерийного производства, что следует пояснить конкретным примером.

Обеспечить качественное формирование многослойного кольцевого шва при сварке в узкий зазор обечайки с внутренним диаметром 1 м и толщиной стенки 75 мм можно только в условиях постоянного контроля за состоянием многомерного процесса [4]. При этом поддержание в заданном диапазоне параметров режима является важным условием обеспечения качества и предотвращения образования дефектов формы (подрезы и несплавления).

Изменение значений параметров режима в процессе сварки может быть обусловлено воздействием как факторов случайной природы, так и систематических причин. Рассматривая процесс непрерывного заполнения разделки, следует отметить, что изменение значений скорости сварки $v_{св}$ может быть связано не только с колебаниями угловой скорости привода вращения и несовпадением оси вращения с осью цилиндрической обечайки, но и с постепенным вертикальным смещением горелки. Перемещение такого рода при заполнении разделки может привести к увеличению $v_{св}$ на 15 % относительно номинала.

В соответствии с требованиями технологии отклонение скорости сварки от номинального значения по абсолютному значению не должно превышать 6 %. По этой причине параметр $X = v_{св}$ необходимо контролировать в процессе сварки, выполняя в случае необходимости корректирующие действия.

Карты контроля состояния и относительной точности процесса представлены на рис. 3. Как следует из рисунка, приближение процесса к границе предельного состояния зафиксировано в моменты времени t_5 и t_{10} . Управляющие воздействия в этих случаях были связаны с восстановлением точности процесса за счет соответствующего уменьшения угловой скорости привода вращения обечайки. При этом условие его удовлетворительного протекания с контролем точности по скорости сварки не было нарушено в течение всего периода заполнения разделки.

Рассмотренный пример наглядно демонстрирует те дополнительные возможности, которые возникают в рамках совместного использования сформулированных статистик g_S и g_E при документировании, оценке состояния и прогнозировании хода процесса. Однако эффективное применение критериев g_S и g_E оказывается возможным и в тех случаях, когда отсутствуют требования к документированию хода процесса, поскольку их текущие значения могут быть использованы при решении задач оперативного контроля и управления сварочными процессами в реальном масштабе времени.

1. *Контроль качества сварки* / В. Н. Волченко, А. К. Гурвич, А. Н. Майоров и др. — М.: Машиностроение, 1975. — 328 с.
2. *Гончаров Э. Н., Козлов В. В., Круглова Е. Д.* Контроль качества продукции. — М.: Изд-во стандартов, 1987. — 120 с.
3. *Статистические методы контроля качества продукции* / Л. Ноулер, Дж. Хауэлл, Б. Голд и др. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 104 с.
4. *Тарарышкин И. А.* Статистическое регулирование сварочных технологических процессов с использованием метода построения карт контроля состояния // Автомат. сварка. — 2001. — № 10. — С. 33–36.
5. *Вентцель Е. С.* Теория вероятностей. — М.: Физматгиз, 1962. — 564 с.

Method for simultaneous plotting the state control and relative accuracy cards to determine the character of correcting actions intended for restoration of the disturbed accuracy of the technological process is suggested. Capabilities of the method are considered by an example of making a circumferential weld using the narrow-gap arc welding technology .

Поступила в редакцию 14.12.2001, в окончательном варианте 01.04.2002