

## МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПАКТНЫХ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ СИСТЕМ

**Кожевников М.М.**

**Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий  
г. Могилев, Беларусь**

Компактная сборочно-сварочная система должна обладать достаточно высокой степенью гибкости в условиях единичного и мелкосерийного производства. В таких условиях предполагается достаточно частая смена сварных конструкций и соответствующих сварочных инструментов. Для каждой сварной конструкции определена соответствующая технология сварки, включающая рациональную последовательность наложения сварных швов, направления сварки шва, порядок нанесения прихваток и вспомогательных швов, места закрепления сварной конструкции. Помимо этого определено рациональное положение сварных конструкций в пространстве при нанесении сварных швов с соответствующими конфигурациями позиционера.

Обозначим некоторый набор моделей сварных конструкций  $\{W_i\}$  ( $i=1, \dots, k$ ) для каждой из которых определена технология сварки  $T_i$  и соответствующий набор сварочных инструментов  $\{Tool_i\}$  (рисунок 1),  $R_i$  – робот. С учетом таких обозначений компоновку сборочно-сварочной системы можно представить в виде

$$K_j = (W_i, Tool_i, R_i, D_i),$$

где  $D_i$  –совокупность пространственных отношений между элементами компактной сборочно-сварочной системы.

Определим бинарную функцию  $\varphi_i(K_j)$  которая равна 1, если компоновка  $K_j$  позволяет реализовать технологию  $T_i$  для сварной конструкции  $W_i$  и равна 0 в противном случае. Тогда критерием, определяющим возможность сварки заданного множества из  $k$  сварных конструкций, является

$$\prod_{i=1}^k \varphi_i(K_j) - 1 = 0. \quad (1)$$

Если указанное равенство не выполняется, то набор сварных конструкций  $\{W_i\}$  не может быть реализован на сборочно-сварочной системе с компоновкой  $K_j$ .

Реализация критерия (1) в системе автоматизации проектирования предполагает решение следующих проектных задач.

1) Нанесение на графическую модель сварной конструкции в соответствии с технологией  $T_i$  основных, вспомогательных швов и прихваток с заданием последовательности их наложения и направлений сварки.

2) Указание на графической модели мест закрепления сварной конструкции.

3) Формирование образа для анализа столкновений сварной конструкции  $W_i$ .

4) Формирование модели сварочного инструмента по следующим этапам: указание на графической модели сварочной горелки рабочей точки инструмента и точки его крепления к фланцу робота, далее с учетом параметров графической модели сварочной горелки и координат указанных точек формируется ее кинематическая параметризация; формируется образ для анализа столкновений инструмента  $Tool_i$ .

5) Формируется графическая модель компоновки сборочно-сварочной системы  $K_j$ .

6) Выполняется анализ доступности и достижимости сварных швов, если швы доступны и достижимы по условиям теста столкновений и кинематического теста, то синтезируются оптимальные траектории с учетом направлений сварки швов.

7) На основе полученных траекторий в системе автономного программирования формируется программа управления.

8) Если результаты пунктов 6, 7 положительны то  $\phi_i=1$ , переходим к пункту 1 для анализа очередной сварной конструкции с технологией сварки  $T_i$ ; Если результаты пунктов 6, 7 отрицательны то  $\phi_i=0$  критерий (1) не реализуем, а компоновка сборочно-сварочной системы  $K_j$  не пригодна для реализации группы сварных конструкций  $\{W_i\}$ .



**Рисунок 1 – Оценка пригодности компоновки для сварки набора сварных конструкций**

Для выполнения таких задач в системе автоматизированного проектирования должны быть реализованы следующие компоненты: промышленные роботы; сварочные горелки; позиционеры; сварочная оснастка; устройства смены и хранения сварочных инструментов; периферийное оборудование сварочных комплексов; системы автономного программирования роботов. При этом алгоритмические возможности программно-методического пакета следующие: проверка доступности сварочного инструмента к местам сварки; выбор наиболее подходящего для данной совокупности сварных точек и швов сварочного инструмента (из имеющихся в базе данных); обучение промышленного робота сварке данного узла с оптимизацией сварочных параметров; разработка технологической программы сварки на языке программирования промышленного робота; графическое моделирование технологической программы; калибровка технологической программы в соответствии с реальным расположением промышленного робота и технологического оборудования в компактной сборочно-сварочной системе; пересылка технологической программы в систему управления промышленного робота по стандартному интерфейсу.

На всех этапах автоматизации проектирования выполняется трехмерное моделирование объектов компактной сборочно-сварочной системы, а также движений промышленного робота и позиционеров со сварными узлами (с учетом реально действующих ограничений, накладываемых сварочной технологией, оснасткой, промышленным роботом и позиционером). Для работы такой системы необходимо иметь образы сварных конструкций с наложенными швами, используемые в дальнейшем в составе образа компактной сборочно-сварочной системы, а также образы сварочных инструментов, промышленных роботов и позиционеров.