

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Илюшин И.Э.

Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Беларусь

Технологический процесс точечной контактной сварки (ТКС) заключается в сжатии соединяемых деталей между двумя электродами, формирующими «точечный» шов. Основные требования, предъявляемые к роботам-манипуляторам (РМ) для ТКС – это точность позиционирования, скорость перемещения инструмента между точками сварки и способность манипулировать массивными технологическими инструментами. Такой инструмент состоит из сварочных клещей, трансформатора и кабелей вторичной цепи. На практике размещают трансформатор на одном из звеньев робота либо используют сварочные инструменты с подвесным трансформатором. Во втором случае в процессе работы кабель подвергается изгибу и скручиванию, что резко снижает его долговечность. Поэтому в процессе реализации программных траекторий робота необходимо предъявлять требования к минимизации деформации вторичного токоподводящего кабеля.

Величину изгиба кабеля можно косвенно оценить по длине кривой, соединяющей точки крепления и имеющей кривизну, не превышающую предельное значение L . В качестве критерия определим максимально допустимую длину кривой L_{\max} . Величину скручивания оценим величиной φ и ψ углов поворота сварочных клещей вокруг осей x и y соответствующего клещам фрейма. Этим углам зададим ограничения в виде максимально допустимых углов поворота φ_{\max} и ψ_{\max} . Тогда ограничения на деформацию кабеля имеют вид:

$$\begin{cases} L \leq L_{\max}, \\ \varphi \leq \varphi_{\max}, \\ \psi \leq \psi_{\max}. \end{cases} \quad (1)$$

Для реализации траектории РМ в конфигурационном пространстве используем статистическую модель, дополненную дискретизацией упорядоченной решеткой в области конфигурационного пространства, «насыщенной» препятствиями. Исходной информацией для формирования модели конфигурационного пространства является геометрическая модель РТК, а также координаты стартовой и целевой конфигураций. Модель конфигурационного пространства промышленного РМ для точечной контактной сварки представляется в виде неориентированного графа $\mathbf{R} = (\mathbf{V}, \mathbf{E})$. Вершины \mathbf{V} этого графа представляют собой множество свободных от столкновений конфигураций робота \mathbf{q}_i , а также векторов допустимых угловых скоростей движения звеньев $\dot{\mathbf{q}}_i$, соответствующих этим конфигурациям. Множество \mathbf{V} формируется за счет случайной генерации конфигураций РМ \mathbf{q}_i и проверки их на столкновение робота с препятствиями, а также на допустимую степень деформации силового кабеля в соответствии с (1). Если условия выполнены, то генерируется соответствующий конфигурации \mathbf{q}_i вектор допустимых угловых скоростей $\dot{\mathbf{q}}_i$, координаты которого

также случайные величины, после чего конфигурация \mathbf{q}_i и вектор угловых скоростей $\dot{\mathbf{q}}_i$ добавляются в множество \mathbf{V} .

Ребрам E графа ставятся в соответствие прямолинейные участки траекторий между соседними свободными от столкновений конфигурациями. Конфигурации робота \mathbf{q}_i и \mathbf{q}_j являются соседними, если между ними существует свободный от столкновений прямолинейный участок траектории и $D(\mathbf{q}_i, \mathbf{q}_j) \leq d$, где $D(\bullet)$ – симметрическая функция, характеризующая расстояние между двумя локациями РМ, d – константа. Кроме того, осуществляется проверка прямолинейного участка на возможность перемещения робота из конфигурации \mathbf{q}_i в конфигурацию \mathbf{q}_j с заданной скоростью $\dot{\mathbf{q}}_i$. При наличии в конфигурационном пространстве зоны, «насыщенной» препятствиями, она описывается топологически упорядоченной решетчатой моделью, при этом каждой конфигурации в этой зоне ставится в соответствие фиксированное значение вектора угловых скоростей $\dot{\mathbf{q}}_{greed}$.

Таким образом, искомая траектория РМ, соединяющая стартовую и целевую конфигурации робота, представляет собой последовательность, состоящую из свободных от столкновений соседних конфигураций, каждой из которых поставлен в соответствие вектор допустимых угловых скоростей, и прямолинейных участков, соединяющих эти конфигурации.

Исследование эффективности проводилось в экспериментальной среде моделирования РТК с применением эмулятора систем управления типа RCM (Robot Control Multiprocessor). Предложенные алгоритмы генерации программных траекторий реализованы на языке программирования C++ и интегрированы в систему моделирования РТК. В качестве объекта исследования использовалась роботизированная ячейка для ТКС металлической конструкции (рисунок 1, а). Ячейка включает робот KR125 со сварочными клещами (рисунок 1, б). На трехмерную модель металлоконструкции нанесено 4 сварных шва.

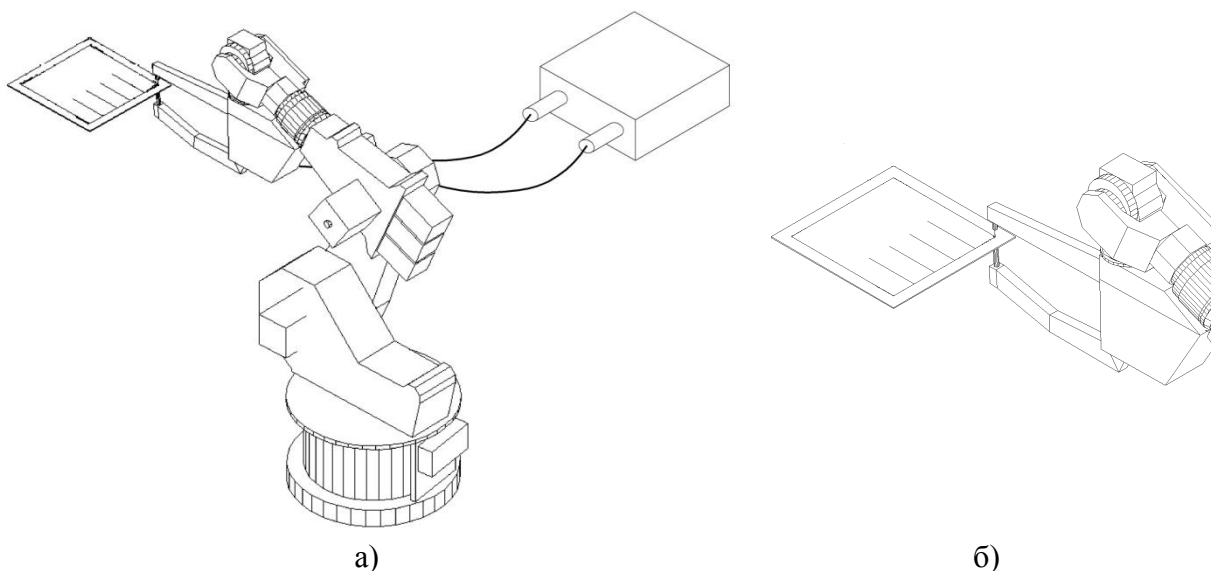


Рисунок 1 – Роботизированная ячейка (а) и технологический инструмент (б)

Экспериментально определены геометрические характеристики РТК необходимые для генерации программных траекторий роботов с учетом модели конфигурационного пространства. Эксперименты проведены с использованием координатно-измерительной машины Carl Zeiss Duramax.