

пенсировать разницу длин корпусов 13 и предохраняет трубку 12 от поломки. Затем пневмоцилиндры 22 перемещают затворы 17 и 23 из исходного положения, когда дозаторы 6 и 19 находятся под бункерами 20 и 26 и заполняются порошком 21 и песком 27, в рабочее, при котором порошок из дозатора 19 по каналу 18 засыпается в зазор между трубкой 12 и корпусом 13, а песок через патрубок трубки 12 попадает в ее внутреннюю полость. Подпружиненный шибер 25, дойдя до упора 24, открывает дозатор 6 только над патрубком трубки 12 и тем самым предохраняет полуавтомат от попадания в его внутреннюю полость песка.

Одновременно включается вибратор 2, который через ударник 1 и подпружиненную втулку 14 передает колебания корпусу 13. За счет этого достигается равномерная укладка порошка 21 в зазоре между трубкой 12 и корпусом 13. Наличие упругой прокладки 9 под втулкой 11 позволяет избежать механических повреждений корпуса 13 при наложении на него вибрации.

После окончания засыпки затворы 17 и 23 возвращаются пневмоцилиндрами 22 в исходное положение. Затем включается электродвигатель 5 с обратным направлением вращения и трубка 12 извлекается из корпуса 13 траверсой 7. При этом продолжается работа вибратора 2, что позволяет избежать заклинивания трубки 12 между слоями песка и металлического порошка.

Управление работой полуавтомата осуществляется при помощи концевых датчиков, которые на рисунках не показаны. Полуавтомат позволяет осуществлять формирование капиллярно-пористой структуры тепловых труб диаметром 12...20 мм, длиной 200...500 мм. Производительность полуавтомата – 150 шт/ч.

УДК 621.9.06

Л.М. АКУЛОВИЧ, О.Л. РОДИОНОВА,  
В.Н. СКРОБ

## МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Программы управления станками с ЧПУ, разработанные с использованием метода аппроксимации спирали Архимеда ломаной линией [1], не позволяют вводить коррекцию на радиус инструмента при обработке плоских кулачков.

Предлагается использовать замену спирали Архимеда сопряженными дугами окружностей. Для этого в центре спирали строится правильный равно-сторонний многоугольник со стороной

$$A = T/n ,$$

где  $T$  – шаг спирали Архимеда;  $n$  – число сторон многоугольника.

Теоретическую кривую можно аппроксимировать дугами касающихся окружностей, центры которых находятся в вершинах многоугольника, а радиусы соответственно равны  $R, R + A, R + 2A, R + 3A$  и т.д., где  $R$  – начальный радиус аппроксимирующей окружности.

Числовое значение  $R$  зависит от шага спирали Архимеда  $T$  и рассчитывается по известным тригонометрическим формулам решения треугольников в соответствии с выбранным количеством сторон многоугольника и углом начала аппроксимации  $\varphi_n$ .

Рассмотрим аппроксимацию спирали Архимеда дугами касающихся окружностей, центры которых находятся в вершинах квадрата (рис. 1).

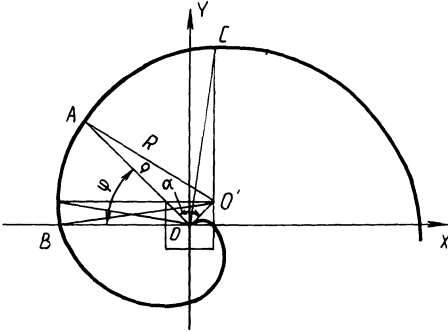


Рис. 1. Схема аппроксимации спирали Архимеда дугами окружностей, центры которых находятся в вершинах квадрата:

$R$  – радиус аппроксимирующей окружности;  $\rho$  – фактическая величина радиуса-вектора

Используя известные тригонометрические выражения, представим действительные значения радиусов-векторов спирали Архимеда  $\rho$  в виде функции радиуса аппроксимирующей окружности  $R$  и текущего угла  $\varphi$ :

$$\rho_\varphi = R \frac{\sin [180^\circ - \alpha - \arcsin (\frac{OO'}{R} \sin \alpha)]}{\sin \alpha}, \quad (1)$$

где  $\alpha = 135^\circ - \varphi$ .

Для практического пользования предлагаемым способом необходимо знать погрешность, вносимую аппроксимацией спирали Архимеда дугами окружностей. Эта погрешность определяется как разность теоретически заданного радиуса-вектора и радиуса-вектора  $\rho_\varphi$ , рассчитанного по уравнению (1), т.е.

$$\Delta = \rho - \rho_\varphi, \quad (2)$$

где  $\rho$  – определяется из уравнения спирали Архимеда:  $\rho = a\varphi$ ;  $a$  – приращение радиуса-вектора спирали Архимеда при повороте на единицу центрального угла.

Анализ уравнений (1), (2) показывает, что с увеличением угла  $\varphi$  погрешность  $\Delta$  уменьшается. Следовательно, предлагаемым способом каждый последующий виток спирали Архимеда описывается точнее предшествующего.

В табл. 1 для различных витков спирали Архимеда приведены значения относительной погрешности радиусов-векторов, возникающей в результате замены заданной кривой дугами касающихся окружностей, для некоторых значений числа сторон многоугольника и шага спирали. Данные таблицы позволяют технологу-программисту в зависимости от требований чертежа детали выбрать число сторон многоугольника, с помощью которого следует производить аппроксимацию спирали Архимеда в каждом конкретном случае. Для этого

Табл. 1. Относительная погрешность радиусов-векторов ( $\Delta/\rho, \%$ ) для различных витков спирали Архимеда

Число сторон много- угольника	Порядковый номер витка $K$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	23,02	1,868	0,938	0,525	0,379	0,295	0,241	0,204	0,176	0,155	0,139	0,067
4	29,29	1,005	0,309	0,148	0,086	0,057	0,040	0,030	0,023	0,018	0,015	0,004
6	33,3	0,716	0,214	0,101	0,059	0,038	0,027	0,020	0,015	0,012	0,010	0,003

Пр и м е ч а н и е. Радиус начальной окружности  $R$  принимается равным наименьшему радиусу-вектору аппроксимируемого участка спирали.

необходимо определить порядковый номер  $K$  витка спирали с наименьшим радиусом-вектором, заданным на чертеже детали:

$$K = \rho_n / T,$$

где  $\rho_n$  — наименьший радиус-вектор аппроксимируемого участка спирали Архимеда.

В системе АПТСМ автоматизированной подготовки программ для станков с ЧПУ разработана типовая подпрограмма (макроопределение) аппроксимации спирали Архимеда деталей типа "диск" дугами окружностей с центрами в вершинах квадрата. Использование предложенного метода аппроксимации позволяет разрабатывать программы обработки поверхностей деталей такого типа без разработки технологии и предварительных расчетов, что полностью удовлетворяет требованиям [2] гибкого автоматизированного производства как по производительности, так и по оптимизации технологических решений.

Программы управления, разработанные с использованием метода аппроксимации спирали Архимеда дугами окружностей, содержат количество кадров в 20–40 раз меньше, чем при аппроксимации ее ломаной линией. С уменьшением длины перфоленты снижается вероятность появления ошибок при ее подготовке и отказов устройств ЧПУ при обработке детали.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Препроцессор СПД-ЧПУ для автоматизации расчета спирали Архимеда при разработке управляющих программ изготовления плоских кулачков на оборудовании с ЧПУ: Информац. листок ВИМИ № 83-1978.
2. Система подготовки программ управления станками с ЧПУ в составе гибких производственных участков / Л.М. Акулович и др. // Автомоб. пр-во. — 1984. — № 4. — С. 17–20.