

УДК 514.852:621.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЛАЙНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОДОШВ ОБУВИ

В.А. Новгородцев, Б.М. Кунявский

При производстве обуви существует несколько операций, суть которых заключается в обработке по контуру криволинейных плоских деталей (чаще всего подошв) из кожи, резины и других материалов. Это операции фрезерования, взерашивания, окраски, нанесения клея и т.д. При выполнении этих операций необходимо обеспечить постоянную скорость движения инструмента относительно обрабатываемого контура. Это обеспечивает в одних случаях (окраска, нанесение клея) высокое качество обработки, в других (фрезерование) - максимальную производительность.

Проектирование механизмов, обеспечивающих постоянную скорость подачи инструмента, рассмотрим на примере фрезерования по контуру уреза подошвы. Заготовка закрепляется на вращающейся оправке 6 (рис. 1), имеющей форму подошвы и являющейся копиром, по которому обкатывается ролик 7, установленный на коромысле 8. Соосно с роликом расположена фреза, обрабатывающая урез подошвы. Система копир-ролик (а значит, и заготовка-фреза) представляет собой кулачковый механизм с качающимся роликовым коромыслом, кинематическими зависимостями для которого [1] воспользуемся при выводе расчетных формул.

Скорость подачи V_{ϕ} определяется зависимостями

$$V_{\phi} = \frac{L \sin \psi}{\cos \delta} \left(1 - \frac{r_{\phi}}{\rho}\right) \omega, \quad (1)$$

где δ - угол давления, причем

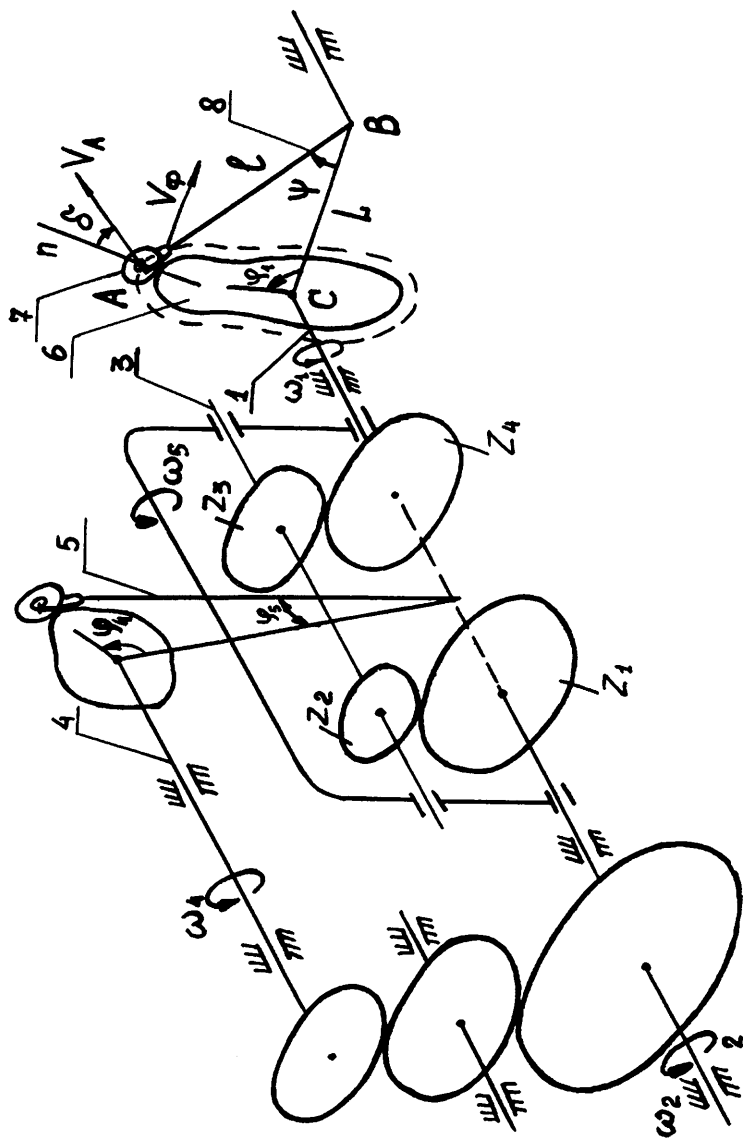


Рис I. Кинематическая схема механизма

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\ell \left(\frac{d\psi}{d\varphi_1} - 1 \right) + L \cos \psi}{L \sin \psi}, \quad (2)$$

ρ - радиус кривизны эквидистантного профиля (профиля, все точки которого отстоят от профиля подошвы на расстоянии, равном радиусу фрезы r_f) вычисляется по формуле

$$\rho = \frac{L \sin \psi}{\cos \delta} \left\{ 1 + \frac{\ell \cos \delta}{L \sin \psi} \left[\frac{d\psi}{d\varphi_1} \left(1 + \frac{d\psi}{d\varphi_1} \right) \sin \delta - \frac{d^2 \psi}{d\varphi_1^2} \right] \right\}^{-1}, \quad (3)$$

ℓ - длина коромысла; L - расстояние между осью вала I и осью качания коромысла; ψ - угол, определяющий положение коромысла (см. рис. I); φ_1 - угол поворота копира с подошвой.

Для определения V_f по формулам (1)–(3) необходимо иметь зависимость $\psi(\varphi_1)$. Эту зависимость можно получить [1], если известно уравнение эквидистантного профиля (на рис. I профиль показан пунктирной линией). Профиль же подошвы задан не аналитически, а координатами нескольких десятков точек. Таким образом, возникает задача представления контура подошвы и эквидистантного профиля через элементарные функции. При этом аппроксимирующая функция должна быть непрерывной и иметь непрерывные первые две производные. Из (1)–(3) видно, что при невыполнении этих требований скорость фрезерования будет меняться скачкообразно, что недопустимо. Этим требованиям удовлетворяет аппроксимация кубическими сплайнами с периодическими граничными условиями [2], причем требуется произвести сглаживание [3] для устранения осцилляций второй производной, ведущих к возникновению вибраций заготовки и инструмента.

После представления $r(\varphi)$, где r - радиус-вектор контура подошвы, а φ - полярный угол, в виде кубического сплайна, можно вычислить ряд точек эквидистантного профиля, например, точек, эквидистантных контуру подошвы, координаты которых заданы, и получить зависимость $R(\varphi)$ в виде кубического сплайна, где R - радиус-вектор эквидистантного профиля. Имея зависимость $R(\varphi)$ и применяя метод обращенного движения [1], легко получить таблицу значений ψ_i и φ_i (см. [4]). Так как зависимость $\psi(\varphi_1)$ тоже должна удовлетворять указанным выше требованиям, то, применяя аппроксимацию кубическими сплайнами в третий раз, получим зависимость $\psi(\varphi_1)$ в виде сплайна

$$\psi = S_i = \sum_{\alpha=0}^3 b_i^{\alpha} (\varphi_i - \varphi_{i\alpha})^{\alpha}, \quad i = 0, \dots, n-1, \quad (4)$$

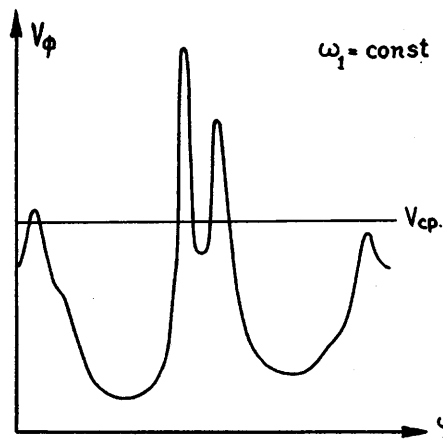


Рис. 2

где n - число узлов аппроксимации. Имея (4), легко вычислить скорость подачи. На рис. 2 представлен график зависимости V_{ϕ} от φ_1 , построенный для одной из подошв (контур подошвы задан 64-мя точками) при $\omega_1 = \text{const}$. Из графика видно, что максимальная скорость обработки более чем в два раза превышает среднюю скорость.

Так как при обработке ограничена максимальная скорость $V_{\max}$, то фрезерование контура подошвы с постоянной скоростью подачи фрезы, равной $V_{\max}$, позволит уве-

личить производительность машины в два раза. Обеспечение постоянной скорости обработки может быть достигнуто за счет программируемой неравномерности вращения заготовки ($\omega_1 \neq \text{const}$). Такое вращение может быть получено путем введения в привод вращения заготовки дифференциального кулачкового-зубчатого механизма [5], показанного на рис. 1.

Механизм работает следующим образом. Вал 2 вращается с постоянной скоростью ω_2 и передает вращение валу I через соосный двухступенчатый редуктор с передаточным числом K . Неравномерность вращения вала I создается за счет качательного движения подвижного вала 3 (водила) вместе с корпусом редуктора и коромыслом 5. Качательное движение водилу передается от дополнительного кулачка, закрепленного на валу 4 и имеющего скорость вращения, равную скорости вращения вала I при неподвижном водиле. При этом

$$\omega_1 = K \cdot \omega_2 + (1-K)\omega_5, \quad (5)$$

где $K = Z_3 Z_1 / Z_2 Z_4$ - передаточное число редуктора при неподвижном водиле.

Учитывая, что $\omega_4 = K \omega_2$, из (5) получим

$$\omega_1 = \omega_4 + (1-K) \omega_5. \quad (6)$$

При проектировании рассматриваемого механизма необходимо определить такой закон качательного движения коромысла 5, $\varphi_5(\varphi_4)$, который, создавая неравномерное вращение вала I, обеспечивал бы постоянную скорость обработки уреза подошвы, равную V_{max} . Из (1) следует, что при этом скорость ω_1 должна удовлетворять зависимости

$$\omega_1(\varphi_1) = \frac{V_{max} \cos \delta \cdot \rho}{L \sin \psi (\rho - r \varphi)} \quad (7)$$

Так как $\frac{d\varphi_4}{d\varphi_1} = \frac{\omega_4}{\omega_1}$, то из (7), положив $\varphi_4^0 = 0$, получим

$$\varphi_4 = \frac{\omega_4}{V_{max}} \int_0^{\varphi_1} \frac{L \sin \psi}{\cos \delta} \left(1 - \frac{r \varphi}{\rho}\right) d\varphi_1 = \frac{\omega_4}{V_{max}} \int_0^{\varphi_1} S_2(\varphi_1) d\varphi_1. \quad (8)$$

Из (6) следует, что

$$\varphi_5 = \frac{\varphi_1 - \varphi_4}{(1-K)} + \varphi_5^0, \quad (9)$$

где φ_5^0 — начальное значение угла φ_5 (при $\varphi_1 = \varphi_4 = 0$). Из (8) и (9) можно получить зависимость $\varphi_5(\varphi_4)$ в параметрическом виде, необходимую для профилирования кулачка. Интеграл в (8) вычисляется приближенными методами.

На практике кулачок изготовляют на основании ряда значений φ_5 , вычисленных на равномерной сетке. Для получения соответствующей таблицы, сначала строится произвольная таблица значений $\varphi_5(\varphi_1)$ и $\varphi_4(\varphi_1)$, после чего $\varphi_5(\varphi_4)$ следует опять-таки аппроксимировать кубическим сплайном с периодическими граничными условиями.

Таким образом, применение сплайнов позволяет эффективно решать задачи проектирования механизмов для обработки подошв и других некруглых деталей [6], обеспечивая существенное повышение производительности.

Л и т е р а т у р а

1. АРТОБОЛЕВСКИЙ И.И. Теория механизмов и машин. — М.: Наука, 1975. — 639 с.

2. ЗАВЬЯЛОВ В.С., КВАСОВ Б.И., МИРОШНИЧЕНКО В.Л. Методы сплайн-функций. - М.: Наука, 1980. - 350 с.
3. КАГАН и др. Проектирование контуров обувных деталей с применением ЭВМ. - Кожевенно-обувная пром., 1978, № 1, с. 39-42.
4. ЛЕБЕДЕВА И.Г., НОВГОРОДИЦЕВ В.А. Анализ кулачковых механизмов при помощи ЭВМ. - В кн.: Материалы восьмой и девятой научно-методических конференций профессорско-преподавательского состава. М., 1978, с. 134-136.
5. НОВГОРОДИЦЕВ В.А., ФИШИН М.Е. Дифференциальные кулачково-зубчатые механизмы периодического поворота. - В кн.: Теория механизмов и машин. Харьков, 1975, вып. 18, с. 102-109.
6. КУЛИК В.К. О минимальном подходе к задачам синтеза копировальных систем. - В кн.: Теория механизмов и машин. Харьков, 1976, вып. 20, с. 25-30.

Поступила в ред.-изд.отд.
28 февраля 1981 года