

изводительность насоса, то при частоте импульсов, подаваемых на шаговый двигатель, $f = 8$ кГц, и названной дискретности привод обрабатывает скорость 57 см/с.

Выводы:

1. Разработана конструкция симметричного линейного электрогидравлического шагового привода для перемещения рабочих органов робота подачи заготовок в токарном полуавтомате.
2. Проверены экспериментально и рассчитаны характеристики основных элементов привода.
3. Разработаны основы теории движения рабочего органа робота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчкевич Л. И. и др., Автоматы и автоматические линии, изд-во «Высшая школа», М., 1976.
2. Кузнецов М. М. и др., Линейный электрогидравлический шаговый привод, «Механизация и автоматизация производства», 1974, № 9.

Статья поступила 22 апреля 1977 г.

621.9.04 : 621.941

КИНЕМАТИКА ТОКАРНОГО СТАНКА ДЛЯ ТОЧЕНИЯ СИНОИДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Канд. техн. наук, доц. А. И. ГОЛЕМБИЕВСКИЙ

¹ (Статья представлена доцентом Новополоцкого политехнического института к. т. и. Б. П. Чемисовым)

Разрабатывается кинематическая структура токарного станка для точения синоидных поверхностей с управлением продольной подачи по закону изменения профиля.

В последние годы внимание машиностроителей привлекают некруглые профили для подвижного и неподвижного соединений деталей машин, обладающие рядом конструктивных и технологических преимуществ перед традиционными шлицевыми. Среди этих профилей наибольший интерес представляют синоидные [1], форма поперечного сечения которых описывается синусоидой

$$\rho = R - e (1 - \cos i \varphi), \quad (1)$$

где R — радиус выступов профиля, l — глубина впадины, i — число выступов профиля, φ — угловой параметр.

Анализ выражения (1) показывает, что радиус-вектор синоидного профиля определяется как разность между постоянной и синусоидально изменяющейся величинами. Изменяя величины параметров e и i , можно получить профили с различной протяженностью их контурной линии. Это открывает возможность построения нормального ряда синоидных соединений так же, как это сделано, например, для шлицевых соединений.

Для образования синоидного профиля (рис. 1) необходимо создать сложное исполнительное движение, состоящее из двух строго согласованных движений — вращения B_1 заготовки и поступательно-возвратного Π_2 движения резца. Реализовать это можно методом настроенных кинематических цепей с использованием чашечного резца, соответствующего профиля, или механизма-построителя [2, 3].

При разработке или модернизации универсального токарного станка для точения некруглых профилей наиболее приемлем метод настроенных кинематических цепей с механизмом-построителем во внутренней связи кинематической группы. В качестве такого механизма нами выбран кривошипно-ползунковый механизм, позволяющий достаточно просто регулировать величину поперечного хода резца и исходную точку этого движения.

На рис. 2 приведена кинематическая структура станка*) для точения синусоидных поверхностей [5]. Формообразующая часть этой структуры содержит две кинематические группы: группу образования профиля — $\Phi_v(B_1\Pi_2)$ и группу продольной подачи — $\Phi_s(\Pi_3)$. Группа $\Phi_v(B_1\Pi_2)$ — сложная.

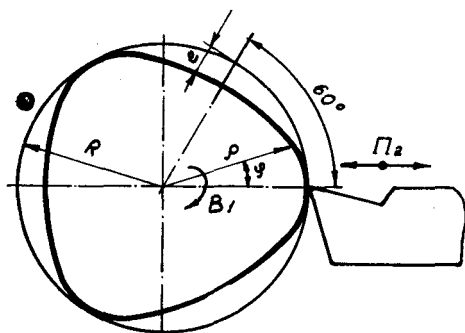


Рис. 1. Форма синусоидного профиля и способ его образования

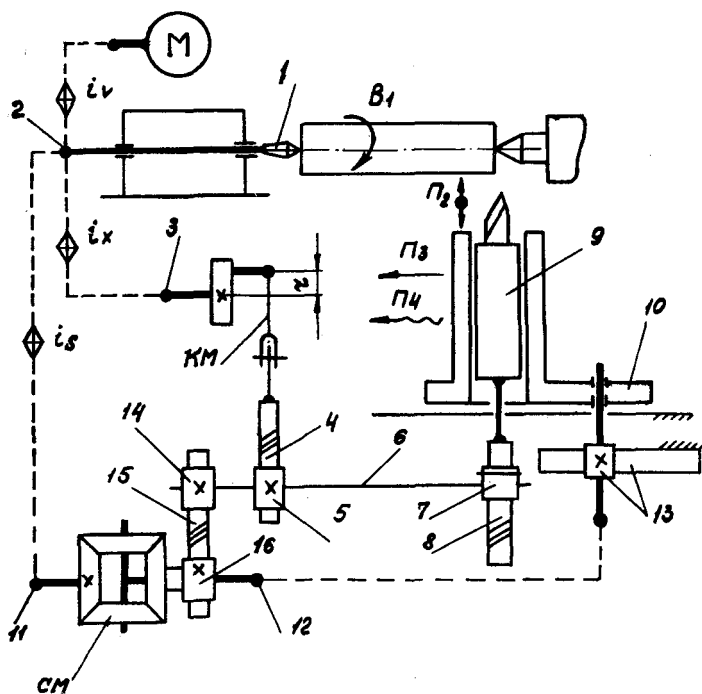


Рис. 2. Структурная схема токарного станка для точения синусоидных поверхностей

*) Описание структурной схемы станка выполнено в соответствии с теоретической концепцией монографии [4].

Ее внутренняя связь

$$B_1 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow i_x \rightarrow 3 \rightarrow KM \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow \Pi_2$$

представляет собой кинематическую цепь, связывающую шпиндель I заготовки с поперечными салазками 9 суппорта 10 . Эта цепь включает орган настройки i_x и кривошипно-ползунковый механизм KM , преобразующий вращательное движение кривошипного диска в поступательно-возвратное движение ведомого звена 4 , изменяющееся по синусоидальному закону. Это движение посредством червячной рейки, выполненной совместно с ведомым звеном 4 , передается колесу 5 , закрепленному на валу 6 , и затем посредством червячно-реечной передачи $7-8$ сообщается поперечным салазкам 9 . Внешняя связь этой группы передает энергию вращательного движения от электродвигателя M через орган настройки i_v и звено соединения связей 2 во внутреннюю связь.

Сложное исполнительное движение $B_1\Pi_2$ настраивается на траекторию (число выступов профиля) органом настройки i_x на путь режущего лезвия резца (параметр e профиля) изменением радиуса r кривошипного диска, на исходную точку этого движения изменением длины шатуна кривошипно-ползункового механизма и на скорость образования профиля органом настройки i_v .

Группа продольной подачи $\Phi_s(\Pi_3)$ — простая. Ее внутренняя связь — элементарная поступательная кинематическая пара, образованная продольными салазками суппорта 10 и направляющими станка. Внешняя связь

$$M \rightarrow i_v \rightarrow 2 \rightarrow i_s \rightarrow CM \rightarrow 11 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow \Pi_3$$

представляет собой кинематическую цепь, передающую энергию движения от электродвигателя к тяговому звену — реечному колесу 13 . Движение Π_3 — простое. Его скорость настраивается органом настройки i_s .

В процессе точения синусоидной поверхности глубина резания изменяется по закону синуса

$$t = t_1 + e(1 - \cos i\varphi), \quad (2)$$

где t_1 — постоянная составляющая глубины резания, определяемая операционным припуском по диаметру выступов профиля.

Изменение глубины резания вызывает соответствующее изменение силы резания, что приводит к изменению упругого отжатия в системе СПИД и, как следствие, к погрешности формы профиля.

Будем считать в первом приближении, что жесткость системы СПИД станка постоянная. Тогда упругое отжатие в системе СПИД можно рассматривать состоящим из двух составляющих: постоянной, определяющей размер динамической настройки, и переменной, являющейся в конечном итоге функцией угла поворота заготовки и определяющей погрешность формы профиля. Следовательно, для повышения точности профилирования поверхности в процессе обработки необходимо устранить переменную составляющую упругого отжатия в системе СПИД. Это возможно посредством стабилизации силы резания.

Наиболее эффективно и просто стабилизация силы резания достигается соответствующим управлением продольной подачей [6]. Расчеты, выполненные по справочным данным [7], показывают, что для стабилизации силы резания продольная подача должна носить пульсирующий характер. Реализация его посредством органа настройки i_s (рис. 2) затруднительна. Поэтому рациональнее выделить постоянную составляющую продольной подачи, определив ее как среднее арифметическое между максимальной и минимальной подачами (прямая 3 на рис. 3).

Для настройки постоянной составляющей продольной подачи орган i_s можно выполнить в зависимости от степени универсальности станка

или в виде гитары сменных зубчатых колес, или в виде коробки подачи. Переменную составляющую подачи (кривая 1 на рис. 3) можно «записать» на неподвижном или подвижном копира, «считывать» с него и накладывать с помощью суммирующего механизма на постоянную состав-

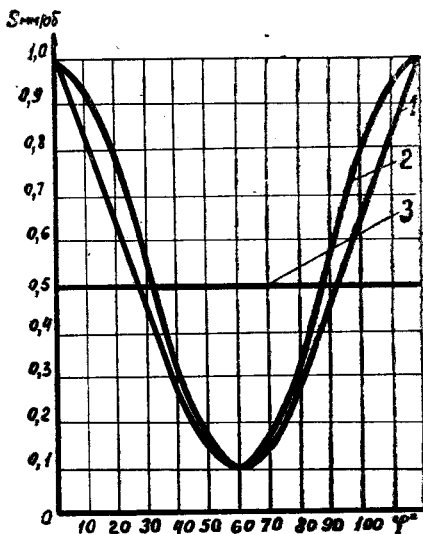


Рис. 3. Зависимость продольной подачи от угла поворота заготовки при стабилизации силы резания

ляющую. Однако в этом случае необходимо иметь значительное количество копиров и, кроме того, существенно усложняется настройка синхронизации копира и внутренней связи группы $\Phi_v (B_1 P_2)$. Поэтому рациональнее кривую 1 аппроксимировать кривой, описывающей закон изменения профиля (в рассматриваемом случае синусоидой 2). Тогда отпадает необходимость в копирах, а синхронизация переменной составляющей подачи с поворотом заготовки будет осуществляться автоматически. В кинематической структуре станка (рис. 2) это реализуется введением вспомогательной группы $B_{сп} (P_2 P_4)$. Внутренняя связь этой группы

$$P_2 \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 14 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow CM \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow P_4$$

представляет собой кинематическую цепь, связывающую поперечные салазки 9 с продольными салазками суппорта 10. Ее внешняя связь передает энергию вращательного движения от электродвигателя во внутреннюю связь через звено соединения связей — реечное колесо 5.

Конструктивно внешняя связь группы $B_{сп} (P_2 P_4)$ включает внешнюю связь с органом настройки i_v и часть внутренней связи с органом настройки i_x группы формообразования профиля $\Phi_v (B_1 P_2)$, а ее внутренняя связь посредством конического дифференциала CM кинематически связана с внешней связью группы продольной подачи $\Phi_s (P_3)$.

Оценка погрешности формы профиля синусоидной поверхности при управлении подачей по закону изменения профиля показывает, что в данном случае погрешность формы профиля уменьшается не менее чем в четыре раза.

Таким образом, некоторое усложнение кинематики станка для точения некруглых (синусоидных) поверхностей за счет введения в нее кинематической группы, синхронно управляющей продольной подачей по закону изменения профиля воспроизводимой поверхности, оправдано, так как позволяет существенно повысить точность профилирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синкевич В. М., Устройство для профильного точения бескопирным способом, «Технология судостроения», 1970, № 7.
2. Головин Г. М., Кинематика станков, ч. 1, изд. МВТУ им. Н. Э. Баумана, М., 1946.
3. Дружинский И. А., Методы обработки сложных поверхностей на металлорежущих станках, изд-во «Машиностроение», М., 1965.
4. Федотенок А. А., Кинематическая структура металлорежущих станков, М., 1970.
5. Голембиевский А. И., Токарный станок, Авторское свидетельство № 499975, В23В 5/44, «Бюллетень изобретений», 1976, № 3.
6. Адаптивное управление станками, под ред. Б. С. Балакшина, изд-во «Машиностроение», М., 1973.
7. Режимы резания, Справочник/под ред. Ю. В. Барановского, изд-во «Машиностроение», М., 1972.

Статья поступила 25 октября 1976 г.

621.941—52

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТОЧНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ОСЕВЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Канд. техн. наук, доц. Б. М. ДМИТРИЕВ, аспирант В. Б. АВДЕЕВ
(Статья представлена профессором МВТУ им. Н. Э. Баумана,
д. т. н. А. С. Прониковым)

Рассматриваются вопросы исследования процесса формирования суммарной погрешности обработки осевых размеров деталей на токарных станках с ЧПУ. Приводятся результаты экспериментов по оценке влияния составляющих погрешностей на точность осевых размеров в первоначальный момент работы станка и за межналадочный период.

При исследовании погрешностей обработки для получения суммарной погрешности необходимо сложить ее элементарные составляющие. Однако существующие методы суммирования, предназначенные для технологических целей, оказываются малоприменимыми для исследования точностной надежности станков. При рассмотрении вопросов точности основное внимание уделяется диаметральным размерам. В то же время существует ряд деталей, имеющих жесткие допуски на получение размеров вдоль оси детали. Цель данной работы — определить процесс формирования суммарной погрешности токарной обработки размеров детали вдоль оси с учетом взаимодействия и взаимного влияния составляющих погрешностей при образовании суммарной погрешности за межналадочный период. В качестве объекта исследования взят токарно-винторезный станок с ЧПУ модели 1Е61ПМ-ФЗ. Рассматривается случай патронной обработки ступенчатого валика.

Из практики известно, что суммарная погрешность обработки осевых размеров зависит от многих факторов, которые можно разделить на две группы: факторы, не зависящие или малозависящие от процессов, связанных со временем работы станка, и факторы, зависящие от процессов, связанных со временем работы станка.

К первой группе относится целый ряд погрешностей. Это погрешность статической наладки на размер $\Delta_1 Z$. Погрешность установки за-