

$$\omega_k = \frac{\beta}{l} \sqrt{\frac{Gg}{i}}, \quad (5)$$

где G – модуль упругости материала оправки при сдвиге;
 l – длина оправки;
 i – удельный вес материала стержня;
 β – корень уравнения частот.

Последствием действия крутильных колебаний в обрабатывающей системе являются увеличение ее кинематической погрешности и нагрузки на элементы передач.

Исходя из выше изложенного, актуален вопрос гашения колебаний в обрабатывающих системах. В частности, для гашения крутильных колебаний целесообразно применение демпферов (гасителей), основанных на введении сил трения в колебательную систему. Эффективность данного решения подтверждается опытом его применения в зубофрезерных станках. Например, в станке Lees-Bradner (США) применен демпфер сухого трения, состоящий из свободно вращающегося маховика, который поджимается с двух сторон фрикционными кольцами. Необходимо отметить, что применение демпферов такого типа (сухого трения) эффективно только при значительных амплитудах колебаний. Поэтому при выборе типа демпфера необходимо исходить из кинематических особенностей обрабатывающей системы и схемы формообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов В.А., Киселев Р.А., Обеспечение динамической устойчивости процесса обработки пазов на торцах деталей по схеме с непрерывным делением // Машиностроение: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып. 20, в двух томах: Т. 2/ Под ред. И.П. Филонова – Мн.: УП “Технопринт” – 2004.- С. 22-28.
2. Данилов В.А., Киселев Р.А. Оценка динамики процессов обработки прерывистых поверхностей по схеме с непрерывным делением // Научное издание: “Наука и технологии на рубеже XXI века”.: Материалы международной научно-технической конференции. – Минск, 2000. – С. 98 – 103.
3. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./ Ред. В.Н. Челомей – М.: Машиностроение, 1980.

УДК 621.91.04

Данилов В. А., Селицкий А. Н.

АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ СХЕМ ОБРАБОТКИ НЕКРУГЛЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Полоцкий государственный университет
 Новополоцк, Беларусь*

Профильные бесшпоночные соединения могут эффективно применяться вместо шлицевых и шпоночных в трансмиссиях машин и механизмов, а также режущих и вспомогательных инструментах благодаря следующим эксплуатационным и технологическим преимуществам [1]: соединение вала и ступицы сосны, так как некруглые профили обладают свойством самоцентрирования; выше усталостная прочность, меньше нагрев, износ и уровень шума; возможность осуществлять обработку более простыми по конструкции режущими инструментами, а также всеми видами механического упрочнения (обкатыванием, алмазным выглаживанием и др.); более низкая (на 40-50%) себестоимость.

Однако профильные соединения не нашли широкого применения в отечественном машиностроении, что обусловлено, в частности, недостаточной технологической отработкой про-

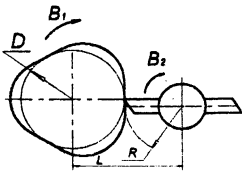
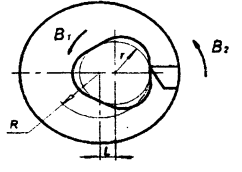
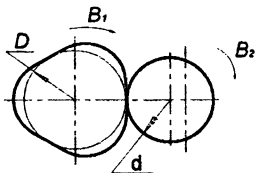
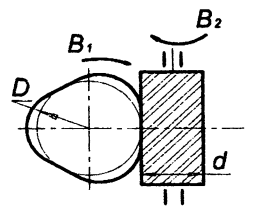
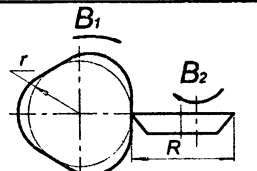
цессов формообразования профильных поверхностей, а также отсутствием специализированного отечественного металлорежущего оборудования, режущих инструментов и контрольно-измерительных средств, необходимых для изготовления профильных деталей.

В связи с этим актуальна разработка прогрессивных схем формообразования, реализуемых на универсальных станках простыми по конструкции режущими инструментами.

При механической обработке некруглый профиль образуется вследствие непрерывного периодического изменения расстояния между осью вращения обрабатываемой заготовки и формообразующим элементом режущего инструмента. Например, при точении это достигается сообщением резцу возвратно-поступательного движения, согласованного с вращением заготовки. При этом частота возвратно-поступательного движения резца задается в m раз больше частоты вращения заготовки (где m – число выступов некруглого профиля), что создает неудовлетворительные динамические условия работы станка, ограничивает частоту вращения шпинделя и, следовательно, производительность обработки. Заслуживают внимания схемы обработки некруглых профилей без возвратно-поступательных движений, например, вращающимися резцовыми головками, эксцентрично установленными дисковыми и цилиндрическими фрезами, а также ротационными инструментами [2].

Предпочтительные схемы обработки некруглых поверхностей представлены в таблице 1. На всех схемах обозначено: B_1 – вращение заготовки, B_2 – вращение инструмента.

Таблица 1. Параметры схем обработки профильных деталей

№ схемы	Кинематическая схема обработки	Частота вращения инструмента
1		$n_2 = \frac{v}{2\pi(Ri + r)}$
2		$n_2 = \frac{v}{2\pi(Ri - r)}$
3		$n_2 = \frac{v}{2\pi[m(R + l) + r]}$
4		$n_2 = \frac{v}{\pi \sqrt{\frac{D^2}{m^2} + d^2 \pm 2 \frac{Dd}{m} \sin \varphi}}$
5		$n_1 = \frac{v}{2\pi \sqrt{(R + l)^2 (m/c)^2 + r^2}}$

Обработка с образованием профиля по методу следа (схемы 1, 2).

Практическая реализация схемы формообразования данного типа возможна резцовой головкой внешнего касания (схема 1) или охватывающей заготовку (схема 2). В обоих случаях из возможных сочетаний направлений вращательных движений предпочтительнее вариант с одинаково направленными движениями инструмента и заготовки, так как обеспечивает меньшее изменение рабочих углов режущих зубьев и лучшую динамику процесса резания [2]. Достоинством схемы 2 является возможность обработки как наружных, так и внутренних поверхностей.

Обработка с образованием профиля по методу касания (схема 3).

Данный метод реализуется эксцентрично установленным дисковым инструментом.

При использовании рассмотренных методов возможна обработка гладких и ступенчатых деталей с некруглым профилем.

Обработка по методу обката (схемы 4, 5).

Профилирование некруглых поверхностей этим методом осуществляется при обработке эксцентрично установленным цилиндрическим инструментом (схема 4) или ротационным резцом (схема 5). Ротационное точение некруглых поверхностей кроме дискового резца (схема 5) может осуществляться также резцом с винтовой режущей кромкой. Данные способы являются высокопроизводительными, но не позволяют обрабатывать детали с прямыми уступами. *Обработка с образованием профиля по методу следа (схемы 1, 2).*

Эффективным типом станочного оборудования для обработки непрерывных и прерывистых поверхностей с периодически повторяющимся профилем являются, как показывает опыт эксплуатации станков-профиляторов немецких фирм "Wera", "Fortuna" и др. [1], станки, работающие по методу кинематического профилирования. Однако высокая стоимость данного типа импортного оборудования ограничивает возможность его применения в отечественной промышленности, что обуславливает актуальность создания собственных аналогичных станков и их инструментального оснащения, реализующих прогрессивные процессы формообразования таких поверхностей.

В зависимости от реализуемых схем обработки известные станки для обработки некруглых поверхностей можно отнести к четырем типам [3]: с вращательным движением шпинделя изделия и осциллирующим или качательным движением инструмента; с планетарным движением изделия; с планетарным движением инструмента; с вращательными движениями инструмента и изделия. Станки последнего типа благодаря рациональной кинематике обладают широкими технологическими возможностями при высокой производительности обработки, поэтому промышленная реализация процессов формообразования некруглых и прерывистых поверхностей ориентирована на создание станков данного типа. Решение этой задачи возможно по следующим направлениям: проектирование специального оборудования с необходимым инструментальным оснащением; расширение технологических возможностей близких по кинематической структуре универсальных станков за счет обеспечения необходимых параметров настройки и оснащения их сменными обрабатывающими модулями; создание специальных станков на базе универсальных.

Для серийного производства деталей профильных моментопередающих соединений рекомендуется использовать схемы обработки некруглых поверхностей, реализуемые на универсальном станочном оборудовании и основанные на методе кинематического профилирования. Исходя из схем обработки некруглых поверхностей кинематическая структура станка с вращательными движениями инструмента и заготовки должна содержать сложную кинематическую группу движения резания, простую или сложную группу движения подачи, а также группы движений установки и вспомогательных перемещений исполнительных органов. Такую кинематическую структуру имеет широкоуниверсальный зубошлицефрезерный станок модели ВС-50 производства Витебского станкостроительного завода, созданный при участии Полоцкого государственного университета [4].

Благодаря особенностям кинематики и сменным обрабатывающим модулям этот станок позволяет: нарезать цилиндрические зубчатые колеса и шлицевые валы червячными, модульными дисковыми и концевыми фрезами; обрабатывать наружные и внутренние резьбы дисковыми и гребенчатыми фрезами; шпоночные пазы, винтовые канавки и многогранники-концевыми фрезами; червяки – дисковыми фрезами и долбьяками, прерывистые поверхности с периодически повторяющимся профилем, некруглые поверхности методом кинематического профилирования инструментами с точечными, линейчатыми и поверхностными производящими элементами по схемам 1-5 (см. таблицу). На базе этого станка могут быть созданы более простые специальные станки для обработки моментопередающих валов (некруглых и шлицевых).

Недостатком станка ВС-50 является сложность конструкции шпиндельного узла, который содержит два коаксиально расположенных шпинделя, что снижает его жёсткость. Поэтому в конструкцию специального станка для обработки моментопередающих поверхностей по сравнению с базовым станком ВС-50 внесены следующие изменения:

- исключен механизм деления и радиального врезания;
- вместо двух коаксиально расположенных шпинделей предусмотрен один шпиндель, но две кинематические цепи передачи ему вращения, в зависимости от типа обрабатываемой детали (некруглые или шлицевые валы);
- в кинематическую цепь, связывающую шпиндели инструмента и изделия, для повышения кинематической точности введены более совершенные по конструкции беззазорные зубчатые передачи.

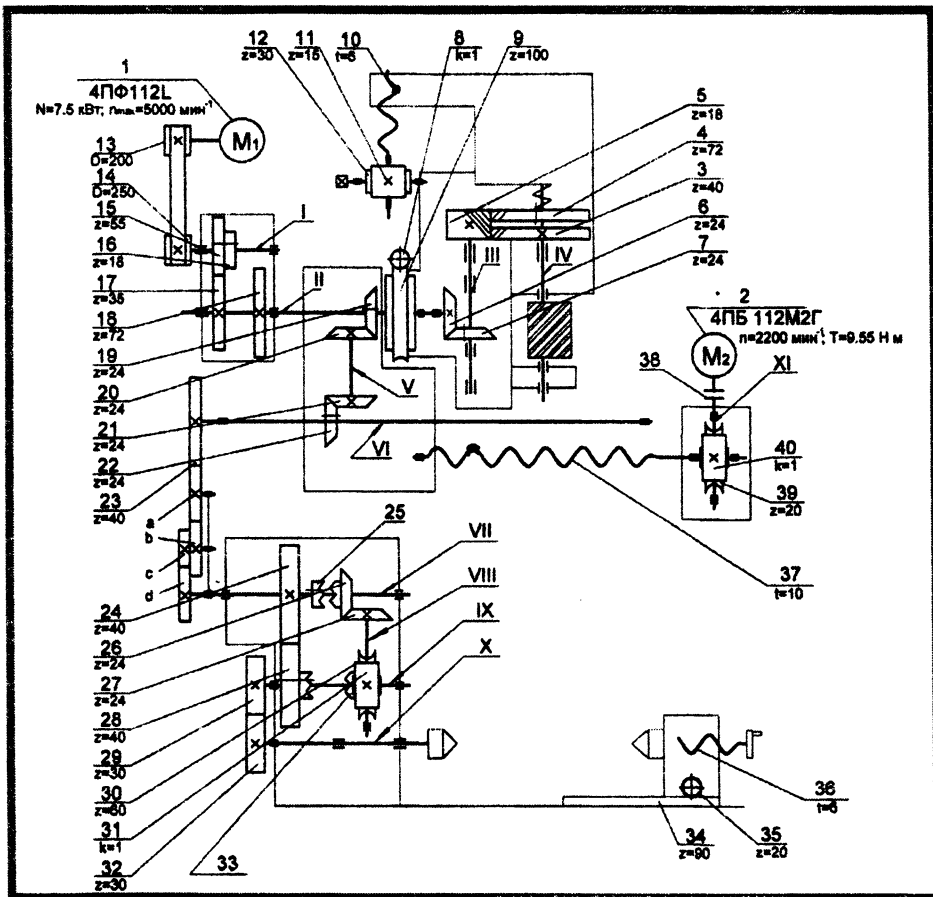


Рисунок 1 - Кинематическая схема станка для обработки профильных деталей машин

Кинематическая схема этого станка представлена на рис. 1.

Инструментальный шпиндель IV получает вращение от электродвигателя постоянного тока M1 по цепи, уравнение кинематического баланса которой имеет вид:

$$n_{об.эл.дв.} \cdot \frac{200}{250} \cdot \left[\frac{55}{35} \cdot \frac{18}{72} \right] \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{18}{72} = n_{фр.}, \quad \text{откуда} \quad n_{фр.} = n_{об.эл.дв.} \cdot 0.2 \cdot \left[\frac{55}{35} \cdot \frac{18}{72} \right].$$

Инструментальный шпиндель IV и шпиндель изделия X связаны между собой кинематической цепью согласно уравнению:

$$i_{об.фр.} = \frac{72}{18} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{40}{a} \cdot i_{дел.} \cdot \frac{40}{24} \cdot \frac{1}{24} \cdot \frac{30}{60} = \frac{k}{z} = \frac{1}{m},$$

где: k – число заходов фрезы;
 z – число шлицев на валу;
 m – число выступов некруглого профиля;

Тогда формула настройки гитары сменных зубчатых колес $\frac{ac}{bd}$ (гитары деления):

$$\text{при обработке некруглых валов } i_{дел.} = \frac{a}{160m},$$

$$\text{при обработке шлицевых валов } i_{дел.} = \frac{8a \cdot k}{3z}.$$

Обработка некруглых поверхностей на этом станке по схеме 4 (см. таблицу) осуществляется эксцентрично установленной цилиндрической фрезой. На оправке 1 (рис. 2) последовательно расположены ведущая втулка 2, фреза 3, дистанционные 4 и направляющая 5 втулки. Изменение эксцентриситета e установки фрезы достигается заменой эксцентричной втулки 6. Передача крутящего момента от оправки 1 к фрезе 3 осуществляется через ведущую втулку 2 посредством торцового шпоночного соединения.

Таким образом, задача создания специального оборудования для обработки некруглых валов решается путём модернизации универсальных станков и применения простых по конструкции инструментов.

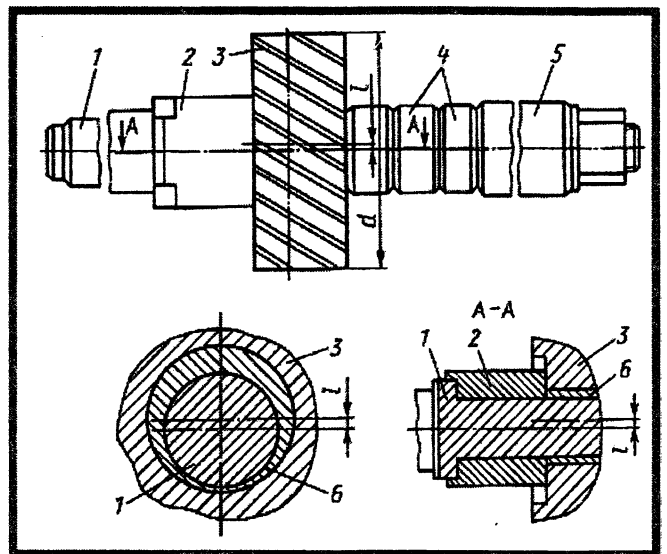


Рисунок 2 - Инструментальная наладка для обработки некруглых валов

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимченко А.И. Процессы формообразования профильных поверхностей изделий с равноосным контуром: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Мосстанкин. – М., 1993. – 41 с.
2. Данилов В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием. - Мн.: Наука і тэхніка, 1995.-264 с.
3. Данилов В.А. Станки для обработки профильных поверхностей, передающих момент // Техника машиностроения. – 1998. – № 4. – С.102–105.
4. Данилов В. А. Новые технологии формообразования профильных и прерывистых поверхностей резанием //Инженер-механик. – 2003. - №3. – С. 26-31.