

*А. А. Свиридов\**

## **МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Для получения способом резания поверхностей заданной геометрической формы и размеров на изделии требуется создать точные формообразующие движения инструмента и заготовки, траектории и скорости которых связаны между собой кинематической зависимостью и не могут быть произвольными. Для выполнения в станке требуемого исполнительного движения необходимо создать кинематическую связь между исполнительными органами станка (узел заготовки и узел инструмента) и кинематическую связь конечных звеньев цепи (заготовка и инструмент) с источником движения, которая в большинстве случаев осуществляется с помощью механических звеньев (зубчатые и иные передачи, червяки, ходовые винты, кулачки и т.п.) как в цепях привода, так и во внутренних (формообразующих) цепях станка.

К числу определяющих факторов, влияющих на кинематическую структуру зубообрабатывающих станков со сложными формообразующими движениями, относятся:

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. А. Ванина.

1) структура кинематических цепей обката деления и различного ряда подач;

2) способы соединения групп обката и деления для конических колес и средства реализации этих способов;

3) компоновка станка, определяющая взаимное пространственное расположение узла заготовки и узла инструмента.

Структура кинематических цепей в значительной степени определяет конструктивную сложность станка, методы его настройки, оказывает существенное влияние на жесткость, точность (геометрическую и кинематическую) и виброустойчивость станка, особенно в станках с точными кинематическими цепями для осуществления точных взаимосвязанных формообразующих и координатных перемещений, когда необходимо создать жесткую кинематическую связь между инструментом и заготовкой.

Главным преимуществом кинематических цепей, составленных из механических звеньев, является то, что они обеспечивают точные значения передаточных отношений выходных звеньев кинематической цепи и не требуют дополнительной поднастройки в процессе работы.

На кинематическую точность внутренних цепей, составленных из механических звеньев, оказывают влияние следующие погрешности элементов цепей:

а) погрешности изготовления (погрешности формы и взаимного расположения рабочих поверхностей зубчатых и резьбовых венцов, кулачков, обкатных и делительных дисков);

б) монтажные погрешности звеньев на валах и подшипниках;

в) силовые погрешности, вызванные деформациями звеньев и валов под нагрузкой;

г) температурные погрешности.

Существенное влияние на точность цепи оказывает крутильная жесткость, которая определяется взаимным углом поворота валов конечных звеньев кинематических цепей в зависимости от приложенного крутящего момента, протяженности цепи, жесткости стыков кинематических пар, числом таких стыков. Особенно большое значение приобретает влияние крутильной жесткости в цепях значительной протяженности, при этом цепи не всегда обеспечивают необходимую кинематическую точность, так как повышенное трение, изнашивание звеньев приводят к постоянному снижению точности кинематических цепей.

При сложном пространственном расположении рабочих органов зубообрабатывающего станка (узла заготовки и узла инструмента), при большом числе промежуточных подвижных звеньев цепи и при значительном расстоянии между подвижными рабочими органами жесткие

кинематические цепи, составленные из механических звеньев, становятся многозвенными, протяженными и громоздкими, что приводит к усложнению конструкции цепей и станков в целом, а также к снижению точности функционально связанных перемещений исполнительных органов, увеличению металлоемкости.

Использование механических связей для построения внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков не удовлетворяет возрастающим требованиям повышения точности, жесткости, снижения металлоемкости, а все известные традиционные методы построения внутренних цепей на основе механических связей и повышения их точности, которая сводится к увеличению жесткости станков, повышению качества сборки и доводки узлов, выбору рациональной конструкции базовых деталей, достигли определенного уровня влияния на точность станков и практически не имеют резервов ее повышения. Дальнейшие работы в этом направлении приводят к существенному увеличению стоимости станка [1].

Одним из возможных практически реализуемых способов повышения точности и снижения металлоемкости цепей может быть применение взамен механических связей гидравлических связей на основе гидравлического шагового привода, что приводит к сокращению протяженности цепей благодаря исключению из состава до возможного минимума промежуточных механических звеньев (зубчатые и иные передачи, валы, муфты и т.п.), и как результат – к снижению металлоемкости кинематической цепи и станка в целом.

Гидравлические связи для построения внутренних (формообразующих) цепей выполняются на основе шагового гидравлического привода, осуществляются по разомкнутой схеме без применения датчиков обратной связи.

Гидравлический шаговый привод составляет новый класс объемных гидроприводов, функциональные особенности которых состоят в том, что они способны устойчиво обрабатывать релейные и импульсные сигналы с высокой точностью и большим усилием при значительной нагрузке [2 – 4].

Структурно шаговый гидропривод представляет собой гидромеханическую систему, состоящую из трех функционально и конструктивно завершенных агрегатов (модулей): источника рабочей жидкости (насосная установка), управляющего (коммутирующего) устройства – генератора гидравлических импульсов и исполнительного силового шагового гидродвигателя.

В качестве силового органа в шаговом гидроприводе используется специальный шаговый гидродвигатель, выходное звено которого

отрабатывает дискретные управляющие сигналы с высокой точностью и большим усилием по мощности.

Автономные функционально и конструктивно завершенные агрегаты (модули) шагового гидропривода имеют типовые присоединительные размеры и стыковочные устройства, что обеспечивает возможность соединения с конечными звеньями кинематических цепей, в качестве которых для данного типа металлорежущих станков применяются делительные червячные передачи.

Используя особенности частотного регулирования скорости исполнительных силовых шаговых гидродвигателей и высокие компоновочные качества шагового гидропривода представляется возможным гидравлические связи на основе шагового гидропривода применить для построения внутренних (формообразующих) цепей станков со сложными движениями формообразования, требующих точных взаимосвязанных движений заготовки и инструмента взамен механических цепей [5 – 6].

Это особенно актуально в станках, имеющих сложное пространственное расположение рабочих органов – узла заготовки и узла инструмента – при значительном расстоянии между ними, сложные разветвленные многозвенные переналаживаемые механические цепи значительной протяженности, где требуется осуществить необходимые относительные взаимосвязанные формообразующие движения инструмента и обрабатываемой заготовки, где наличие тяжело нагруженных длинных силовых кинематических цепей, подверженных значительным механическим и температурным деформациям и износу, требует громоздких имеющих низкий КПД механических устройств.

### Список литературы

1. **Кинематическая** структура металлорежущих станков с гидравлическими связями в внутренних (формообразующих) цепях для нарезания зубьев конических колес / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, М. З. До, М. М. Дамап // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 2(40). – С. 308 – 316.

2. **Построение** внутренних (формообразующих) цепей зубообрабатывающих станков на основе унифицированных гидравлических связей / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, В. И. Иванов, О. Н. Трифионов // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2013. – № 4(27). – С. 23 – 29.

3. **Металлорежущие** станки с гидравлическими связями на основе шагового гидропривода во внутренних (формообразующих) цепях / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, М. З. До, М. М. Дамап // Вестник

Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 167 – 176.

4. **Ванин, В. А.** Кинематическая структура зубодолбежных станков с гидравлическими внутренними (формообразующими) связями на основе шагового гидропривода / В. А. Ванин, А. Н. Колодин // Справочник. Инженерный журнал с приложениями. – 2013. – № 7. – С. 28 – 34.

5. **Ванин, В. А.** Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // СТИН. – 2014. – № 5. – С. 2 – 8.

6. **Vanin, V. A.** Kinematic Structure of Metal-cutting Machines with Hydraulic Couplings / V. A. Vanin, A. N. Kolodin, A. A. Rodina // Russian Engineering Research. – 2015. – N 4(12). – P. 763 – 768.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*