

УДК.621.9-529.001.2

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ
СВЯЗЕЙ В ЗУБОРЕЗНЫХ СТАНКАХ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ
КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС РЕЗЦОВЫМИ ГОЛОВКАМИ**

В. А. Ванин, А. Н. Колодин, Н. А. Храмова, А. С. Аверин

*Кафедра «Технология машиностроения, металлорежущие станки
и инструменты», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; dekorkan@yandex.ru*

Ключевые слова и фразы: внутренние (формообразующие) цепи; гидравлические связи; гидравлический шаговый привод; металлорежущие станки.

Аннотация: Рассмотрена возможность построения внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков различного технологического назначения со сложными движениями формообразования в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода, состоящего из конструктивно и функционально завершенных блоков: насосной установки, исполнительного шагового гидродвигателя и управляющего (коммутирующего) блока, выполненного в виде генератора гидравлических импульсов, формирующего управляющие импульсы и распределяющего их в определенной последовательности по рабочим камерам шагового гидродвигателя, обеспечивая дискретное вращение выходного вала шагового гидродвигателя, взамен механических кинематических цепей, в станках со сложными движениями формообразования, обеспечивающими жесткую кинематическую связь между заготовкой и инструментом в целях повышения точности, снижения металлоемкости, создания рациональных конструкций внутренних кинематических цепей металлорежущих станков.

Введение

Одним из важнейших показателей при создании новой конструкции металлорежущего станка, а также при модернизации существующей, является сложность исполнения внутренних (формообразующих) цепей, обеспечивающих жесткую кинематическую связь между заготовкой и инструментом, их протяженность, многозвенность, так как структура внутренних цепей в значительной степени определяет конструктивную сложность станка в целом, оказывает существенное влияние на точность, жесткость, методы его настройки, металлоемкость.

Для осуществления в станке определенного исполнительного движения необходимо создать кинематическую связь между исполнительными звеньями станка (заготовкой и инструментом) и кинематическую связь этих звеньев с источником движения, осуществляемую кинематическими цепями. Последние состоят из механических элементов (валы, зубчатые и иные передачи, муфты и т. п.) как в цепях главного движения, так и во внутренних (формообразующих) цепях станков. Формообразующие цепи выполняются как индивидуализированная конст-

рукция для станков как разного технологического назначения, так и одного типа, но разных типоразмеров [1].

Несмотря на характерные особенности внутренних (формообразующих) цепей станков и общие принципы их конструирования и построения существует огромное разнообразие компоновочных и конструктивных исполнений для одного типа станков, но разного габарита. Большое разнообразие проявляется в технологических возможностях, в величинах основных параметров технических характеристик (точность кинематическая и геометрическая, динамическая жесткость).

Характеристика механических внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков

Кинематические цепи с механическими звеньями обеспечивают точные передаточные отношения выходных звеньев и не требуют дополнительных подстроек в процессе работы. Имеющиеся в каждом звене погрешности изготовления, а также погрешности монтажа звеньев, их силовые и температурные деформации оказывают существенное влияние на точность цепей. На кинематическую точность внутренних (формообразующих) цепей, составленных из механических звеньев (валы, зубчатые колеса, муфты и т. п.), влияет геометрическая неточность элементов, погрешности их взаимного расположения, обусловленные погрешностями обработки и сборки.

Внутренние (формообразующие) цепи из механических звеньев при сложном пространственном расположении узлов инструмента и заготовки и при значительном расстоянии между ними становятся протяженными, многозвенными, громоздкими и не всегда обеспечивают необходимую кинематическую точность кинематической цепи. Под действием усилий резания, переменных сил трения, инерционных нагрузок, температурных деформаций валы с закрепленными зубчатыми колесами, муфтами, шкивами деформируются, что создает дополнительные динамические нагрузки в кинематических цепях, а валы с закрепленными звеньями (зубчатые, червячные колеса, муфты и так далее) испытывают крутильные и поперечные колебания. Особенно большое значение приобретает влияние крутильной жесткости в формообразующих цепях значительной протяженности, при этом цепи не всегда обеспечивают необходимую кинематическую точность, так как повышенное трение, изнашивание приводит к постоянному снижению точности кинематических цепей.

При сложном пространственном расположении рабочих органов, большом числе промежуточных звеньев и значительном расстоянии между подвижными исполнительными звеньями (узел заготовки и узел инструмента) жесткие кинематические цепи, составленные из механических звеньев, становятся сложными, многозвенными, что приводит к усложнению станка, а также снижению точности функционально связанных перемещений исполнительных органов, увеличению металлоемкости.

Анализ имеющихся компоновок и конструктивных исполнений внутренних (формообразующих) цепей станков различного технологического назначения, составленных из механических звеньев, позволяет выявить их существенные недостатки:

– значительная протяженность кинематических цепей, особенно при сложном пространственном расположении узлов инструмента и заготовки и при большом расстоянии между исполнительными органами станка; большое число элементов, составляющих цепи (валы, зубчатые и иные передачи, подшипники и т. д.);

– кинематические цепи, составленные из механических звеньев, имеют непостоянную жесткость, обусловленную протяженностью цепи, жесткостью стыков в кинематических парах, их числом;

– индивидуальное проектирование и построение внутренних кинематических цепей под каждую отдельную компоновку станка одного технологического назначения, но разного габарита.

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 повышение их точности, которые сводятся к увеличению жесткости станков, повышению качества сборки и доводки узлов, выбору рациональной конструкции базовых деталей достигли определенного предельного уровня влияния на точность станков и практически не имеют резервов повышения точности. Дальнейшие работы в этом направлении приводят к существенному повышению стоимости станка.

Одним из возможных практически реализуемых способов повышения точности внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков и сохранения ее в процессе эксплуатации является сокращение протяженности кинематических цепей путем исключения до возможного минимума числа промежуточных звеньев и применения высокоточных приводов, обеспечивающих прямое непосредственное соединение исполнительного двигателя с нагрузкой (заготовкой и инструментом), исключая при этом коробки подач, редукторы, промежуточные передачи.

Такие кинематические связи могут быть выполнены в виде шагового гидропривода, применение которого во внутренних цепях металлорежущих станков различного технологического назначения позволит в разомкнутой системе реализовать управляющие функции с большой точностью [2 – 8].

При построении внутренних (формообразующих) цепей на основе шагового гидропривода в станках различного технологического назначения обеспечивается:

– унификация элементов привода и привода в целом как станков одного назначения по отдельным координатам, так и станков различного функционального назначения, но разного типоразмера;

– максимальное исключение до возможного минимума из состава кинематических цепей всех промежуточных зубчатых передач; в цепях обязательным является лишь наличие конечных прецизионных механических звеньев в виде червячных (для зубообрабатывающих станков различного технологического назначения) и винтовых передач (для резьбообрабатывающих станков).

Построение внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода

Основной целью построения внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков различного технологического назначения на основе шагового гидропривода в виде гидравлических связей является устранение неоправданного многообразия конструктивного и компоновочного исполнений внутренних (формообразующих) кинематических цепей, выполняющих однотипные функции в станках различного технологического назначения, но разного типоразмера и приведение их к возможному конструктивному единообразию, рациональному минимуму типоразмеров, упорядочению многообразия конструктивных решений кинематических цепей станков, единообразию способов их изготовления, сборки, испытаний.

Гидравлический шаговый привод представляет собой новый класс объемных гидроприводов, характерной особенностью которых является то, что в качестве силового исполнительного органа в них используется специальный гидравличе-

ский шаговый двигатель, выходной вал которого устойчиво обрабатывает управляющие дискретные сигналы с высокой точностью и большим усилением по мощности при значительных нагрузках. Структурно шаговый гидропривод представляет собой систему, состоящую из трех функционально и конструктивно завершенных агрегатов (модулей): источника рабочей жидкости (насосная установка); управляющего (коммутирующего) устройства (генератор гидравлических импульсов) и исполнительного силового гидравлического шагового двигателя (ГШД) [9].

Для воспроизведения образующей линии по методу обката между перемещениями рабочих органов заготовки и инструмента необходимо осуществить требуемую функциональную зависимость, а для получения формообразующего движения необходимо обеспечить жесткую кинематическую связь между заготовкой и инструментом. Из всех существующих конструкций шаговых гидродвигателей наиболее приемлемыми для построения внутренних (формообразующих) цепей, выполненных в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода, следует признать двигатели с механической редукцией шага.

Механический генератор гидравлических импульсов поворотного типа представляет собой устройство, в котором в определенной последовательности за счет вращающегося золотника (втулки) периодически закрываются и открываются рабочие щели, расположенные на периферии золотника. Лишь одна щель соединена с источником питания, через которую импульсы давления рабочей жидкости периодически поступают в рабочие камеры шагового гидродвигателя, осуществляя дискретное вращение его выходного вала, а все остальные щели соединены со сливом за счет определенного расположения окон в неподвижной гильзе генератора гидравлических импульсов. Выходы неподвижной гильзы генератора гидравлических импульсов соединены с рабочими камерами шагового гидродвигателя, выходной вал которого связан с рабочим органом (узлами заготовки и инструмента) [9].

Все составляющие агрегаты (блоки, модули) шагового гидропривода имеют типовые присоединительные размеры и стыковочные устройства, что позволяет обеспечить соединение с конечными звеньями внутренних кинематических цепей (делительными червячными или винтовыми передачами) силового шагового гидродвигателя.

При использовании во внутренних кинематических цепях станков шагового гидравлического привода с исполнительными ГШД, связь между заготовкой и инструментом осуществляется благодаря тому, что расход рабочей жидкости посредством распределительных устройств различного типа преобразуется в определенную последовательность гидравлических импульсов. Каждому импульсу соответствует определенный угол поворота выходных валов ГШД, при этом угол поворота пропорционален числу поданных импульсов, а скорость вращения пропорциональна частоте их следования. Передаточное отношение между исполнительными звеньями гидравлической связи (заготовкой и инструментом) зависит от соотношения частот гидравлических импульсов, подаваемых к исполнительным ГШД, осуществляющим относительные движения заготовки и инструмента.

Построение внутренних (формообразующих) кинематических цепей в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода возможно осуществить благодаря тому, что при этом обеспечиваются:

- 1) жесткая функциональная кинематическая связь между исполнительными органами с сохранением точного передаточного отношения, численное значение которого определяется расчетными перемещениями конечных звеньев (инструмента и заготовки) кинематической цепи;

2) возможность регулирования скоростей движения исполнительных органов и их передаточных отношений в определенном диапазоне;

3) податливость гидравлической цепи не ниже податливости цепи, составленной из механических звеньев.

Используя свойство частотного регулирования скорости исполнительных органов гидравлического шагового привода, можно применить гидравлические связи на базе шагового гидравлического привода. Для построения кинематических внутренних цепей металлорежущих станков, имеющих сложные разветвленные многозвенные переналаживаемые механические цепи значительной протяженности, должна обеспечиваться жесткая функциональная связь для создания взаимосвязанных формообразующих движений заготовки и инструмента, когда наличие тяжело нагруженных длинных силовых кинематических цепей, подверженных значительным механическим и температурным деформациям и износу, требует применения громоздких механических устройств.

Внутренние (формообразующие) цепи металлорежущих станков, построенные в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода, отличаются следующими особенностями:

– кинематические связи между конечными элементами (инструментом и заготовкой) автономны, и связь угловых (линейных) перемещений по ним осуществляется через коммутирующее устройство (генератор гидравлических импульсов);

– из состава кинематических цепей в максимальной степени исключаются промежуточные зубчатые передачи, кроме конечных делительных звеньев, что резко сокращает протяженность кинематических цепей, составленных из механических звеньев;

– вместо протяженных громоздких многозвенных металлоемких конструкций кинематических цепей применяется система гидравлической синхронной связи с силовыми исполнительными шаговыми гидродвигателями;

– применение шагового гидропривода во внутренних цепях металлорежущих станков базируется на унификации функциональных узлов типовой схемы, которые с помощью трубного монтажа собираются в систему приводов различного функционального назначения.

Построение внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода приводит к упорядочению многообразия конструктивного исполнения внутренних цепей станков различного назначения и типоразмеров на основе типовых агрегатов (модулей), входящих в состав шагового гидравлического привода. Все индивидуализированные компоновки и конструкции внутренних (формообразующих) кинематических цепей станков различного технологического назначения, составленных из механических звеньев, могут быть заменены для аналогичных условий эксплуатации унифицированными гидравлическими связями на основе гидравлического шагового привода с использованием ограниченного числа узлов и деталей индивидуального проектирования и изготовления.

Это относится к металлорежущим станкам, имеющим сложное пространственное расположение рабочих звеньев при значительном расстоянии между подвижными рабочими органами, длинные и разветвленные многозвенные переналаживаемые кинематические цепи, где требуется создание необходимых относительных взаимосвязанных формообразующих движений инструмента и обрабатываемой заготовки, таких как винторезные цепи в резьбообрабатывающих станках, цепи обката, деления в зуборезных станках для обработки зубьев конических и цилиндрических зубчатых колес, цепи подачи различного вида (тангенциальная, радиальная, диагональная) в зубофрезерных станках.

Рассмотрим структурные схемы станков различного технологического назначения и исполнения, формообразующие кинематические цепи которых построены по модульному принципу с использованием гидравлических связей на основе шагового гидропривода с различными схемами коммутаций рабочей жидкости.

Реализация построения внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков на основе шагового гидропривода

На рисунке представлена структурная схема зуборезного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания зубьев прямозубых конических колес двумя резцовыми головками [10] с системой управления от блоков гидрораспределителей, построенной на базе двухкромочного золотника с торцевым распределением рабочей жидкости [11].

Станок включает в себя инструмент (две резцовые головки 13), который размещен на люльке 12 и получает вращение от электродвигателя Д через звено настройки i_v , и заготовку 14, связанную с люлькой 12 гидравлической цепью обката. Вращение люльки 12 с инструментом 13 осуществляется от шагового гидродвигателя 10, кинематически связанного посредством червячной передачи 11 с люлькой. Вращение заготовки 14 производится шаговым гидродвигателем 16, кинематически связанным с бабкой изделия посредством червячной передачи 15. Управление шаговыми гидродвигателями 10 и 16 приводов вращения обкатной люльки 12 с инструментом 13 и заготовки 14 осуществляется блоками гидрораспределителей 18 и 17, выполненных на базе двухкромочного золотника с торцевым распределением рабочей жидкости, при этом число таких гидрораспределителей в каждом из блоков определяется числом рабочих камер ГШД. Настройка гидравлической внутренней (формообразующей) связи на требуемое передаточное отношение производится генератором гидравлических импульсов 3, представляющим собой набор кодирующих дисков, закрепленных на общей оси и получающих вращение от отдельного гидромотора 4.

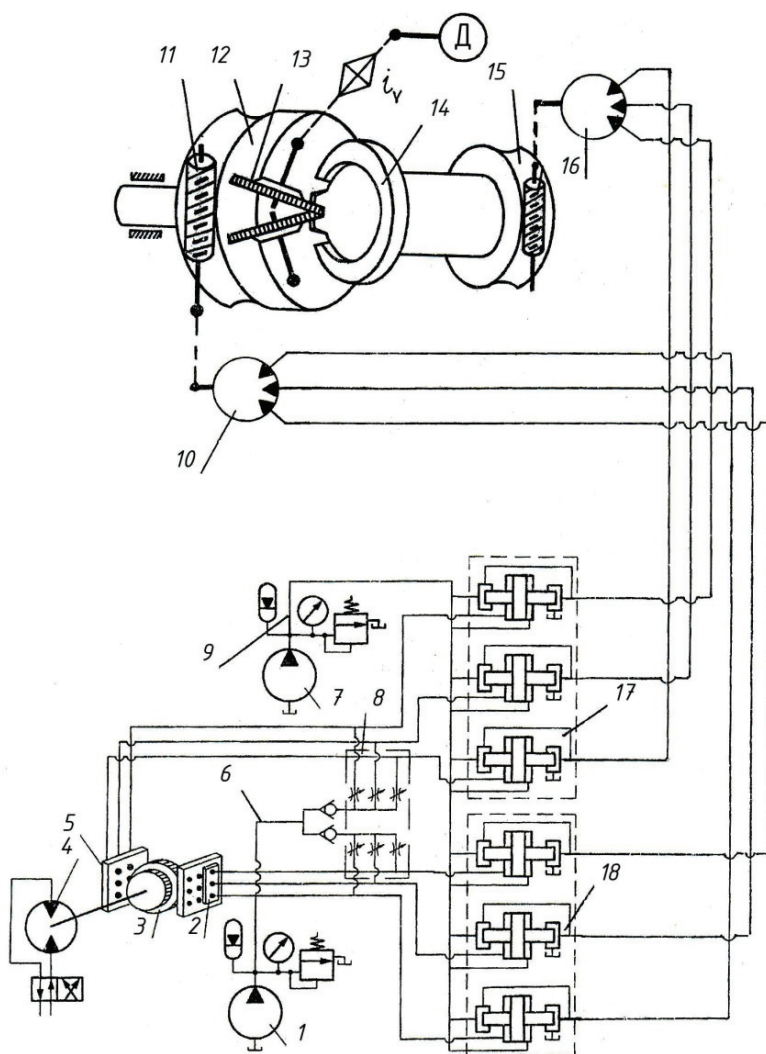
Число кодирующих дисков в генераторе, определяет общее число передаточных отношений гидравлической внутренней (формообразующей) цепи. Генератор гидравлических импульсов формирует импульсы давления и распределяет их по рабочим камерам ГШД, периодически в определенной последовательности открывая и закрывая рабочие щели. Наружная поверхность каждого из кодирующих дисков выполнена таким образом, что его выступы при вращении дисков либо перекрывают сопло, либо оставляют его свободным, причем один выступ может перекрывать только лишь одну щель, то есть скважность между выступом и впадиной кодирующего диска должна выполняться в соотношении $\frac{1}{n-1}$, при этом щели располагаются в корпусе генератора импульсов с шагом

$$t_{щ} = t_B \left(m \pm \frac{1}{n} \right),$$

где t_B – шаг выступов кодирующего диска

$$t_B = \frac{360^\circ}{z},$$

здесь z – число выступов кодирующего диска; m – целое число, выбирается из условий удобного расположения и подсоединения рабочих щелей к гидролиниям; n – число щелей соответствующих числу каналов ГШД.



Структурная схема зуборезного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания зубьев прямозубых конических колес двумя резовыми головками

При таком расположении рабочих щелей относительно выступов вращающегося кодирующего диска одна из щелей поочередно перекрывается выступом, а через две щели, оставшиеся непокрытыми, рабочая жидкость поступает на слив. Наружная поверхность кодирующего диска и рабочая щель (сопло) образуют управляемый дроссель, а пространство между соплом и постоянным дросселем образует междроссельную камеру, давление в которой зависит от величины зазора между соплом и натяжной поверхностью кодирующего диска. В момент, когда выступ вращающегося диска генератора гидравлических импульсов находится напротив рабочей щели, происходит скачкообразное повышение управляющего давления, в результате чего переключается гидрораспределитель. В момент, когда управляющее давление в одном из каналов увеличивается до максимального, в других каналах, оставшихся непокрытыми, рабочая жидкость поступает на слив. При отсутствии управляющего сигнала (импульса давления) рас-

пределитель находится в левом положении под действием давления питания и усилия пружины с правого торца распределителя.

Давление питания на вход каждого из гидрораспределителей подается через регулируемый дроссель блока дросселей 8 от насосной установки 1, а затем, в зависимости от положения торцовых гидрораспределителей, по одному из каналов направляется к гидравлическим шаговым двигателям 10 и 16 приводов инструмента и заготовки соответственно.

Генератор гидравлических импульсов обеспечивает постоянное для данной настройки отношение частот гидравлических импульсов давления, а следовательно, частот вращения выходных валов ГШД приводов заготовки и инструмента. Коммутация потоков рабочей жидкости по силовым каналам и рабочим камерам гидродвигателей зависит от того, какая щель управляющих каналов перекрыта в данный момент выступом вращающегося кодирующего диска генератора гидравлических импульсов. Передаточные отношения между исполнительными органами гидравлической связи во внутренней цепи шаговыми гидродвигателями 10 и 16 приводов инструмента и заготовки зависят от соотношения частот гидравлических импульсов, формируемых генератором гидравлических импульсов, и распределяемых по рабочим камерам исполнительных ГШД и определяется числом гидравлических импульсов, подаваемых за один оборот блока кодирующих дисков генератора гидравлических импульсов.

Изменение величины передаточного отношения гидравлической цепи обката (деления) производится перемещением ползушек 2 на корпус генератора гидравлических импульсов относительно периферии кодирующих дисков с различным числом выступов, осуществляя при этом коммутацию потоков рабочей жидкости по силовым каналам и рабочим камерам ГШД в зависимости от того, какая щель из управляющих каналов перекрыта в данный момент времени выступом вращающегося кодирующего диска генератора гидравлических импульсов.

Рабочая жидкость от силовой насосной станции 8 поступает на вход блоков дискретных гидрораспределителей 17 и 18, а затем, в зависимости от положения распределителей, по одному из силовых каналов подается в рабочие камеры шаговых гидродвигателей 10 и 16 приводов инструмента и заготовки соответственно.

Заключение

Использование гидравлических связей на основе шагового гидравлического привода делает возможным построение внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков по модульному принципу, внедрение которого позволит построить разные по характеристикам и возможностям внутренние кинематические цепи станков различного назначения и типов на основе узкой номенклатуры функционально и конструктивно завершенных блоков (модулей) с использованием ограниченного числа узлов и деталей индивидуального проектирования и изготовления. Гидравлические связи во внутренних цепях станков, построенные по модульному принципу, обладают следующими положительными качествами, отличными от традиционных механических связей:

1) обеспечивается конструктивная однородность формообразующих кинематических цепей между конечными звеньями цепей – заготовкой и инструментом – для станков различного технологического назначения и разных типоразмеров, при этом возможно исключить конструктивное и размерное многообразие кинематических цепей, предназначенных для выполнения однотипных функций, и реализовать построение внутренних цепей различных типов металлорежущих станков с большим различием характеристик из небольшого ограниченного, экономически обоснованного количества типоразмеров одинаковых первичных (типовых

или стандартных) агрегатов (модулей), что ведет к упорядочению номенклатуры одноименных внутренних цепей, сходных по функциональному назначению, путем установления типоразмерных рядов гидравлических связей;

2) уменьшается накопленная погрешность изделия, так как общая протяженность кинематической цепи между согласуемыми органами, обуславливающая накопление ошибки за счет увеличения угла закручивания по ее длине в случае применения гидравлической связи предельно сокращается. Погрешность гидравлической связи не зависит от расстояния между задающим устройством и исполнительным ГШД, определяется точностью конечных делительных звеньев цепи (червячные, винтовые передачи) и точностью изготовления элементов шагового гидродвигателя, инструмента и заготовки;

3) уменьшается металлоемкость и масса станка за счет исключения из механической цепи до возможного минимума числа промежуточных звеньев (зубчатых колес, валов и тому подобное) при замене ее гидравлической связью, что существенно упрощает кинематику станка; уменьшает габаритные размеры узлов, несущих инструмент и заготовку; повышает жесткость их корпусов благодаря устранению окон и полостей в них для размещения кинематических передач, а также создает более рациональную компоновку, предельно сближая при этом узлы инструмента и заготовки при сложном пространственном расположении рабочих органов станка;

4) обеспечивается унификация как элементов привода, так и приводов в целом для станков одного назначения по отдельным координатам и для станков различного технологического назначения разных типоразмеров. Это дает возможность преодолевать конструктивное и размерное многообразие кинематических внутренних цепей, предназначенных для выполнения однотипных задач, снизить затраты на проектирование и изготовление, организовать выпуск станков разнообразных модификаций на основе типизации решений на единой базе унифицированных узлов (модулей) – ГШД с механической редукцией шага, генератора гидравлических импульсов, насосной установки;

5) значительно упрощается кинематическая структура станка за счет исключения до возможного минимума из кинематических цепей всех промежуточных звеньев, при этом в составе цепей остаются только конечные прецизионные делительные червячные и винтовые передачи, осуществляющие прямое непосредственное соединение исполнительных ГШД с инструментом и заготовкой;

6) расширяются возможности применения шагового гидропривода для выполнения сложных взаимосвязанных формообразующих движений в станках, особенно при сложном пространственном расположении рабочих органов станка и большом числе промежуточных звеньев в цепи и значительном расстоянии между подвижными рабочими органами, когда механические кинематические цепи становятся сложными и громоздкими, что приводит к усложнению конструкции станка и снижению точности функционально связанных перемещений;

7) обеспечивается конструктивная преемственность при создании внутренних цепей станков благодаря типизации конструкции внутренних кинематических цепей на основе гидравлической связи в виде шагового гидропривода, состоящего из конструктивно и функционально завершенных агрегатов (модулей), имеющих унифицированные габаритно-установочные и присоединительные элементы.

Список литературы

1. Федотенок, А. А. Кинематическая структура металлорежущих станков / А. А. Федотенок. – М. : Машиностроение, 1970. – 403 с.
2. Ванин, В. А. Построение формообразующих кинематических цепей металлорежущих станков на основе гидравлических связей / В. А. Ванин // СТИН. – 2005. – № 2. – С. 13 – 17.

3. Ванин, В. А. Кинематическая структура зуборезных станков с гидравлическими внутренними связями на основе шагового гидропривода для нарезания зубьев некруглых колес / В. А. Ванин, А. Н. Колодин // СТИН. – 2008. – № 12. – С. 2 – 10.
4. Ванин, В. А. Кинематическая структура зубо- и резьбообрабатывающих станков с унифицированными гидравлическими связями в формообразующих цепях / В. А. Ванин // СТИН. – 2008. – № 1. – С. 2 – 6.
5. Построение внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков с неравномерными движениями формообразования на основе гидравлических связей / В. А. Ванин [и др.] // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 1(45). – С. 261 – 272.
6. Трифонов, О. Н. Агрегатно-модульное построение внутренних цепей станков на основе шагового гидропривода / О. Н. Трифонов, В. А. Ванин, В. И. Иванов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7, № 2. – С. 294 – 304.
7. Построение внутренних цепей металлорежущих станков на агрегатно-модульной основе / В. А. Ванин [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 1999. – Т. 5, № 3. – С. 427 – 435.
8. Металлорежущие станки с гидравлическими связями на основе шагового гидропривода во внутренних (формообразующих) цепях / В. А. Ванин [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 167 – 175.
9. Ванин, В. А. Кинематические связи в металлорежущих станках на основе гидравлического шагового привода / В. А. Ванин, С. В. Мищенко, О. Н. Трифонов. – М. : Машиностроение-1, 2005. – 328 с.
10. Пат. 2168400 Российская Федерация, МПК⁷ В 23 F 5/27. Зуборезный станок для нарезания прямозубных конических колес / Ванин В. А. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 99112021/02 ; заявл. 03.06.99 ; опубл. 10.06.2001. – Бюл. № 16 (I ч.). – 2 с.
11. Пат. 2087276 Российская Федерация, МПК⁶ В 23 F 5/06, 5/08. Цепь обката зубошлифовального станка / Ванин В. А., Трифонов О. Н. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 94040111/02 ; заявл. 27.10.1994 ; опубл. 20.08.1997, Бюл. № 23. – 3 с.

Application of Hydraulic Connections in Shaping Gear Cutting Machines for Cutting Bevel Gears with Cutter Heads

V. A. Vanin, A. N. Kolodin, N. A. Khranova, A. S. Averin

Department "Technology of Mechanical Engineering, Machine Tools and Instruments", TSTU; dekorkan@yandex.ru

Key words and phrases: hydraulic connections; hydraulic stepper drive; internal (shaping) circuit; metal-cutting machines.

Abstract: We considered the possibility of building internal (formative) chains of machine tools of various process purposes with complex movements of forming hydraulic connections on the basis of the hydraulic drive stepper composed of structurally and functionally completed units: the pump unit, hydraulic stepper engine and control (switching) unit configured as a generator of hydraulic impulses that forms control pulses and distributes them in a certain order on the working chambers of hydraulic stepper engine, providing discrete rotation of the output shaft of the hydraulic stepper engine instead of mechanical kinematic chains in machine tools with complex

movements of formation, providing a rigid kinematic connection between the workpiece and tool to improve accuracy, reduce metal consumption and develop rational constructions of internal kinematic chains of metal cutting machines.

References

1. Fedotenok A.A. *Kinematicheskaya struktura metallorezhushchikh stankov* (Kinematic structure of machine tools), Moscow: Mashinostroenie, 1970, 403 p.
2. Vanin V.A. *STIN*, 2005, no. 2, pp. 13-17.
3. Vanin V.A., Kolodin A.N. *STIN*, 2008, no. 12, pp. 2-10.
4. Vanin V.A. *STIN*, 2008, no. 1, pp. 2-6.
5. Vanin V.A., Kolodin A.N., Do M.Z., Damap M.M. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet imeni V. I. Vernadskogo*, 2013, no. 1(45), pp. 261-272.
6. Trifonov O.N., Vanin V.A., Ivanov V.I. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2001, vol. 7, no. 2, pp. 294-304.
7. Vanin V.A., Trifonov O.N., Ivanov V.I., Kuleshov Yu.V. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 1999, vol. 5, no. 3, pp. 427-435.
8. Vanin V.A., Kolodin A.N., Do M.Z., Damap M.M. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2013, vol. 19, no. 1, pp. 167-175.
9. Vanin V.A., Mishchenko S.V., Trifonov O.N. *Kinematicheskie svyazi v metallorezhushchikh stankakh na osnove gidravlicheskogo shagovogo privoda* (Kinematic connection in machine tools based on hydraulic stepper drive), Moscow: Mashinostroenie-1, 2005, 328 p.
10. Vanin V.A., Tambov State Technical University, *Zuboreznyi stanok dlya narezaniya pryamozubnykh konicheskikh koles* (Gear machine for cutting bevel gears pryamozubnyh), Russian Federation, Pat. 2168400.
11. Vanin V.A., Trifonov O.N., Tambov State Technical University, *Tsep' obkata zuboshlifoval'nogo stanka* (Generating chain gear grinding machine), Russian Federation, Pat. 2087276.

Anwendung der hydraulischen formbildenden Beziehungen in den Schneidwerkbänken für das Schneiden der konischen Räder von den Meißelköpfen

Zusammenfassung: Es ist die Möglichkeit der Konstruktion der inneren (formbildenden) Ketten der spanabhebenden Werkzeugmaschinen verschiedener technologischer Bestimmung mit den komplizierten Bewegungen der Formgebung in Form von den hydraulischen Beziehungen aufgrund des Schritthydroantriebes betrachtet, der aus den konstruktiv und funktional beendeten Blöcken besteht: der Pumpanlage, des vollziehenden Schritthydraulikmotors und des Verwalters (schaltend) des Blocks, der in Form vom Generator der hydraulischen Impulse erfüllt ist, bildend die verwaltenden Impulse und verteilend sie in einer bestimmten Reihenfolge nach den Arbeitskammeras des Schritthydraulikmotors, das diskrete Drehen der Abgabewelle des Schritthydraulikmotors, anstatt der mechanischen kinematischen Ketten, in den Werkbänken gewährleistet, mit den komplizierten Bewegungen der Formgebung, die die harte kinematische Verbindung zwischen den Ausgangsmaterialien und mit den Instrumenten zwecks der Erhöhung der Genauigkeit gewährleisten, die Senkung des Metallanteils, der Bildung der rationalen Konstruktionen der inneren kinematischen Ketten der spanabhebenden Werkzeugmaschinen.

Application des connexions hydrauliques constituant de nouvelles formes dans les machines à engrenages pour la coupe des roues à tarteau

Résumé: Est examinée la possibilité de la cinstruction des chaînes intérieures (constituant de nouvelles formes) des machines à engrenages de différente destination avec des mouvements complexes des formes en vue des connexions hydrauliques à la base de la commande hydraulique pas à pas qui se compose de: installation de pompe, moteur hydraulique pas à pas unité de commande en vue du générateur des impulsions hydrauliques qui formes des impulsions de commande et les répartit par les chambres du moteur hydraulique pas à pas.

Авторы: *Ванин Василий Агафонович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»; *Колодин Андрей Николаевич* – ассистент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»; *Храмова Наталья Александровна* – магистрант кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»; *Аверин Алексей Сергеевич* – магистрант кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Муромцев Дмитрий Юрьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
