

ях кинематическая структура станка должна содержать простую кинематическую группу движения деления, последовательно соединенную со сложной кинематической группой движения формообразования боковых сторон пазов. Этому условию отвечает, в частности, кинематическая структура широкоуниверсального станка модели ВС-50, который снабжен делительным механизмом для периодического поворота шпинделя с заготовкой, благодаря чему обеспечивается возможность обрабатывать пазы по схеме с дискретно-непрерывным делением.

Литература

1. Данилов, В.А. Анализ условий формирования пазов на торцах деталей методом кинематического профилирования / В.А. Данилов, О.В. Яловский // Теория и практика машиностроения: международный научно-технический журнал. – 2004. – № 2. – С. 14 – 16.
2. Данилов, В.А. Влияние параметров настройки обрабатывающей системы на точность формообразования пазов / В.А. Данилов, Р.А. Киселев, О.В. Яловский; под общ. ред. П.А. Витязя, С.А. Астапчика // Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин: Тематический сборник. – Минск: УП «Технопринт»; Новополоцк: ПГУ, 2003. – С. 346 – 348.

УДК.621.91.04

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Н.Н. Попок, Р.С. Хмельницкий, Г.И. Гвоздь

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

Введение. В настоящее время на машиностроительных предприятиях выпускается широкая номенклатура различных деталей, которые состоят из определенных конструктивных элементов и поверхностей. В этой номенклатуре детали со сферическими поверхностями встречаются довольно часто: шаровая опора автомобиля, пробка шарового крана, пробка сегментного клапана, ось и др. К сферическим поверхностям таких деталей предъявляются высокие требования по качеству и точности.

Аналитический обзор. Рассмотрим способы механической обработки сферических поверхностей, которые используются в настоящее время в машиностроении, и технологическое оснащение для их реализации.

1. *Способ обработки фасонными резцами* осуществляется при вращательном движении заготовки и поступательном движении инструмента, форма режущей кромки которого приближена к профилю детали. Режущая кромка фасонного резца должна устанавливаться строго по центру обрабатываемой детали, иначе это может привести к искажению профиля детали. Фасонные резцы изготавливаются из быстрорежущей стали или оснащаются твердым сплавом [1, с. 363]. Этот способ обработки характеризуется хорошим качеством полученной поверхности и простотой реализации как на универсальных станках, так и на специальных. К недостаткам его можно отнести малую производительность и использование специального инструмента, который трудоемок в изготовлении и может обрабатывать поверхности лишь определенного радиуса. Данный способ целесообразен при серийном производстве деталей.

2. *Способ обработки резцом совмещением двух подач* осуществляется при вращательном движении заготовки и одновременном перемещении резца в продольном и поперечном направлениях относительно оси заготовки. Форма режущей пластины резца зависит от обрабатываемой сферической поверхности. Точность профиля и качество сферической поверхности зависит от точности перемещения рабочих органов станка. Данный способ обработки, как и способ обработки фасонными резцами, характеризуется хорошим качеством обработки и простотой реализации, для его осуществления в серийном производстве применяются станки с ЧПУ, где перемещение рабочих органов станка производится по программе, или копировальные станки, где перемещение рабочих органов станка осуществляется по копиру или детали-эталону. Иногда вместо копировальных станков используются универсальные станки, оснащенные специальным копиром или гидрокопировальным суппортом. В единичном производстве, где изготовление копира нерентабельно, а квалификация рабочего обычно высокая, перемещение рабочих органов станка осуществляют вручную, ориентируясь на чертеж детали, и контролируют чаще всего с помощью шаблона. Поперечное перемещение резца всегда производится вручную, продольное иногда автоматически. Качество обработки зависит от квалификации рабочего [1, с. 367].

3. *Способ обработки резцом при помощи поворотных приспособлений и специальных станков* осуществляется при вращательном движении заготовки и круговой подаче резца в горизонтальной плоскости, причем центр вращения находится на линии центров станка [1, с. 370]. Реализуется на специальных или универсальных станках с помощью поворотных при-

способлений, закрепляемых в резцедержателе станка, а иногда вместо резцедержателя. Станки и приспособления такого типа позволяют обрабатывать сферические поверхности с высокой точностью. Однако они довольно сложны по конструкции и поэтому имеют ограниченное распространение.

4. *Способ свободно обкатной обработки.* Формирование сферической поверхности происходит при принудительном вращении заготовки и движении подачи инструмента в сторону обрабатываемой поверхности, после появления контакта режущей кромки инструмента с поверхностью заготовки последняя начинает «вести» за собой инструмент – он начинает вращательное обкатное движение в том же направлении, что и заготовка. Инструмент выполнен в виде кольцеобразного (трубчатого) резца, режущая кромка которого образуется пересечением внутренней цилиндрической и торцовой поверхностью. Инструмент предварительно устанавливается с возможностью свободного вращения в опорах так, чтобы его ось находилась в одной плоскости с осью вращения заготовки под углом к ней, не кратным прямому [2]. Преимуществами данного способа являются высокая геометрическая точность и качество обработанной поверхности. Недостатки данного способа такие же, как и у способа обработки фасонным резцом.

5. *Способ обработки совмещением двух вращений.* Формирование шаровой поверхности происходит при взаимном вращательном движении инструмента и детали, причем главное движение совершает инструмент [3, с. 307, табл. 144]. В качестве инструмента может быть использован как кольцевой (трубчатый) резец, так и резцовая головка. В трубчатых резцах, режущая кромка образуется пересечением внутренней цилиндрической и торцовой поверхностей. Диаметр отверстия трубчатого резца $D_p \approx 0,9D_d$, где D_d – диаметр обрабатываемой сферы; угол наклона оси инструмента к оси детали $\alpha \approx 45^\circ$. В резцовой головке имеется несколько твердосплавных проходных резцов с углами в плане $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$, которые выставляются по калибру. Для обработки этим способом сферических поверхностей необходимо изготовить несложное устройство, сообщаемое вращение инструменту. Устройство монтируется на поперечном суппорте; оно состоит из шпиндельной бабки с инструментом и электродвигателя, расположенных на одной плите. Обрабатываемая заготовка закрепляется в патроне токарного станка, шпинделю которого сообщается медленное вращение. Возможна и другая схема установки: инструмент крепится на шпинделе станка, а обрабатываемая заготовка – в шпиндельной бабке устройства. Подача осуществляется поперечным суппортом до упора. Каретка суппорта станка во избежание перемещений ее во время работы закрепляется. Недостатками обработки кольцеобразным инст-

рументом являются, как и у обработки фасонными резцами, малая универсальность (каждый резец может обработать сферическую поверхность лишь определенного радиуса) и невысокая производительность. В то же время в резцовой головке данные недостатки устранены, то есть инструмент имеет возможность перенастройки на размер обрабатываемой поверхности и более высокую производительность, а также точность формообразования сферической поверхности определяется не профилем инструмента и точностью поворотного приспособления, а точностью траектории движения заготовки и инструмента, то есть кинематикой процесса, что позволяет получить сферические поверхности высокого качества и точности.

6. *Способ статико-импульсного иглофрезерования* заключается в сообщении вращательных движений заготовке и иглофрезы, к которой еще прикладывается статическая продольная нагрузка и дополнительная периодическая импульсная нагрузка [4, 5]. Иглофреза имеет пучки ворса, расположенные радиально относительно центра обрабатываемой сферической поверхности. Недостатками данного способа является трудоемкость изготовления инструмента и устройства для его осуществления, а также возможность его применения только при чистовой окончательной обработке. Но в то же время способ обладает рядом преимуществ, такими как получение высокого качества поверхности $Ra = 0,63$ мкм и одновременно упрочнения поверхностного слоя с глубиной $0,9 \dots 1,2$ мм.

7. *Способ точения комбинированной головкой* заключается в том, что заготовке и инструменту сообщают вращательные движения вокруг собственных осей, причем режущему инструменту сообщают движение по окружности, лежащей в плоскости, смещенной относительно центра обрабатываемой сферической поверхности. Для реализации данного способа используется режущий инструмент в виде двух кинематически связанных между собой резцовых головок, имеющих одинаковое количество, но не менее двух, резцов. Резцовые головки, из которых одну настраивают на предварительную черновую обработку, а другую – окончательную чистовую обработку за счет осевой подачи, располагают друг против друга под определенным углом к плоскости, перпендикулярной оси заготовки и проходящей через центр сферической поверхности и с траекторией вращения вершин резцовых головок, имеющих общую точку, расположенную на продольной оси заготовки. Головки вращаются от одного привода с одинаковой частотой для синхронизации движения резцов, заключающегося в последовательном прохождении общей точки поочередно резцами черновой и чистовой головок [6, 7]. Недостатками данного способа является трудоемкость

изготовления комбинированной головки. К преимуществам относится совмещение черновой и чистовой обработки сферической поверхности за один установ на одном станке, что улучшает качество и точность получаемой поверхности.

Выводы. В результате проведенного анализа видно, что при обработке сферических поверхностей деталей машиностроения в основном используются либо специальные способы обработки на специальных станках, либо специальные инструменты. При этом наиболее часто встречаемыми в машиностроении являются способы 1, 2, 3 и 5, так как они реализуются на станках, выпускаемых серийно, а способы 4, 6 и 7 требуют дополнительных затрат на проектирование и изготовление приспособлений к станкам.

Литература

1. Захаров, В.И. *Технология токарной обработки* / В.И. Захаров. – Л.: Лениздат, 1968. – С. 502.

2. Способ высокоточной свободнообкатной обработки сферической поверхности: пат. 2311991 (RU) МПК В23В 1/00, В23В 35/00 / А.В. Добровольский, С.И. Дмитриев (UA). – № 2004137691/02; заявл. 23.12.2004; опубл. 10.12.2007 // Бюл. № 34.

3. Блюмберг, В.А. *Справочник токаря* / В.А. Блюмберг. – Л.: Лениздат, 1963. – С. 452.

4. Способ статико-импульсного иглофрезерования сферической поверхности: пат. 2320459 (RU) МПК⁷ В23С 3/00 / Ю.С. Степанов, А.В. Киричек, А.В. Катунин, Б.И. Афанасьев, А.А. Катунин, Д.С. Фомин, Н.Н. Самойлов, К.Ф. Селеменев (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет» (RU). – № 2006123402/02; заявл. 30.06.2006; опубл. 27.03.2008 // Бюл. № 9.

5. Устройство для статико-импульсного иглофрезерования сферической поверхности: пат. 2320460 (RU) МПК⁷ В23С 3/00 / Ю.С. Степанов, А.В. Киричек, А.В. Катунин, Б.И. Афанасьев, А.А. Катунин, Д.С. Фомин, Н.Н. Самойлов, К.Ф. Селеменев (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет» (RU). – № 2006123403/02; заявл. 30.06.2006; опубл. 27.03.2008 // Бюл. № 9.

6. Способ точения наружных сферических поверхностей: пат. 2275989 (RU) МПК⁷ В23В 1/00 / Ю.С. Степанов, А.В. Киричек, Н.Н. Самойлов, А.В. Катунин, Б.И. Афанасьев, А.А. Катунин, Д.С. Фомин (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет» (RU). – № 2004133452/02; заявл. 19.11.2004; опубл. 10.05.2006 // Бюл. № 13.

7. Комбинированная головка для точения наружных сферических поверхностей: пат. 2275990 (RU) МПК⁷ В23В 5/40, В23С 3/04 / Ю.С. Степанов, А.В. Киричек, Н.Н. Самойлов, А.В. Катунин, Б.И. Афанасьев, А.А. Катунин, Д.С. Фомин (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет» (RU). – № 2004133451/02; заявл. 16.11.2004; опубл. 10.05.2006 // Бюл. № 13.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

И.К. Карась

ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск

Крупномодульные зубчатые передачи горных машин и оборудования испытывают повышенные динамические и знакопеременные нагрузки, колебания температуры. При этом работоспособность конкретных зубчатых передач может зависеть от ряда технологических, конструкционных и эксплуатационных факторов, таких как:

- перегрузка рабочих поверхностей зубьев по контактным напряжениям, связанная с погрешностями механической обработки зубчатых колес и сборки передачи, обуславливающими неправильную форму пятна контакта;
- высокие нагрузки в зацеплении из-за отклонения теоретического эвольвентного профиля зубьев от номинального вследствие погрешности зубонарезания;
- динамические нагрузки, возникающие при работе в исполнительных механизмах машин и передаваемые на зубчатую передачу (например, удары режущего инструмента при взаимодействии с горной породой).

Из-за погрешностей изготовления передачи усиливаются циклические контактные напряжения. Их влияние возрастает с износом сопряженных поверхностей зубьев.

Технологическая наследственность, приобретаемая в процессе механической обработки, влияет на точностные и прочностные параметры зубчатого венца [1]. Оценка этого влияния требует аналитического исследования. Указанные параметры закладываются в начале технологического процесса, при получении заготовки, и далее – при токарной обработке, нарезании зубьев и их финишной обработке.

ГОСТ1643-81 не определяет величины погрешностей базовых поверхностей, их допустимые отклонения принимаются исходя из опыта и по нормативам допускаемых погрешностей. Это обстоятельство часто приводит к несоответствию требований к точности зубчатого профиля колеса и его посадочных поверхностей.

Для оценки влияния погрешностей базовых поверхностей на точность профиля обработанных зубьев рассмотрим применяемую техноло-