

УДК 621.91.04

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

*д-р техн. наук, доц. Н.Н. ПОПОК, В.А. ТЕРЕНТЬЕВ,
Р.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ, А.В. СИДИКЕВИЧ
(Полоцкий государственный университет)*

Приведен сравнительный анализ способов обработки сферических поверхностей. Рассмотрена технологическая оснастка и режущий инструмент для реализации этих способов. Выявлены недостатки этих способов и инструментов, требующие дальнейшего совершенствования механической обработки сферических поверхностей. Предложена обработка сферических поверхностей по схеме охватывающего фрезерования. Показаны преимущества этого способа по сравнению с аналогами.

В настоящее время в технике широко применяются детали со сферическими поверхностями и существует проблема их обработки с заданной производительностью и требуемым качеством при минимально возможных производственных затратах. В зависимости от этих требований разрабатывается технологический процесс обработки, выбирается оборудование и режущий инструмент. При этом важным фактором повышения эффективности производства является режущий инструмент, доля которого в себестоимости металлообработки, с одной стороны, редко превышает 5 %, но, с другой стороны, от его выбора существенно зависят показатели технологического процесса.

Рассмотрим **способы и технологическую оснастку для механической обработки сферических поверхностей деталей** (таблица).

1. Фасонными резцами методом врезания (см. таблицу, п. 1). Этот метод характеризуется высокой производительностью и хорошим качеством обработки. Обтачивание осуществляют специальными фасонными резцами, форма режущей кромки которых приближена к профилю детали. Этот способ применяется только при серийном производстве деталей. Режущая кромка фасонного резца должна устанавливаться строго по центру обрабатываемой детали. Невыполнение этого условия приводит к искажению профиля детали. В процессе работы фасонные резцы затупляются и чтобы не исказить профиль, переточку производят по передней поверхности резца. Фасонные резцы обычно изготавливают из быстрорежущей стали. В настоящее время все шире применяют фасонные резцы, оснащенные твердым сплавом. Твердосплавные резцы позволяют производить фасонное обтачивание при больших скоростях резания. При обработке жестких деталей фасонными резцами обычно достигается чистота поверхности $Ra 1,6...3,2$. Для дальнейшего снижения шероховатости поверхности практикуется «выдержка» резца в конце обработки без подачи в течение 15...20 оборотов шпинделя. Иногда для этой же цели резко снижают скорость резания при чистовом обтачивании (до 2...4 м/мин), одновременно обильно подавая охлаждающую жидкость [1, с. 363]. Недостатком обработки фасонными резцами являются то, что каждый резец может обработать сферическую поверхность лишь определенного радиуса с малой производительностью.

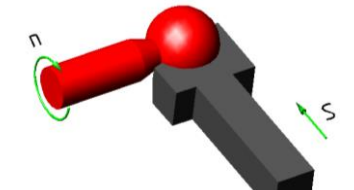
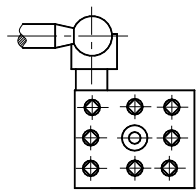
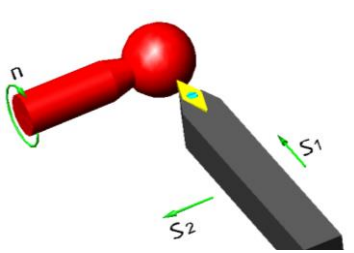
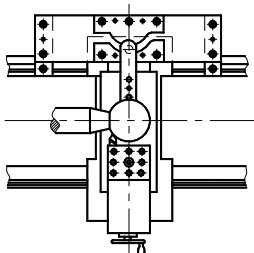
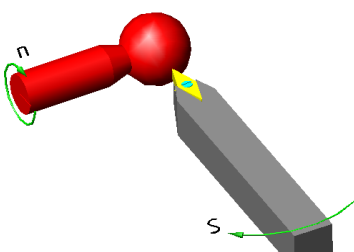
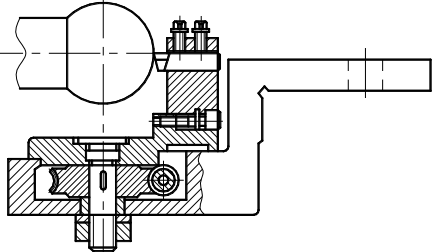
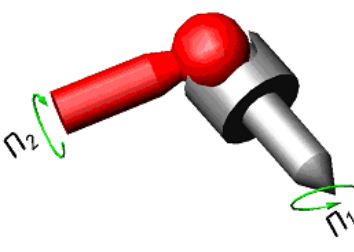
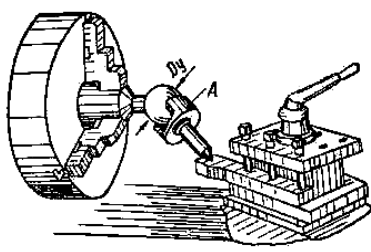
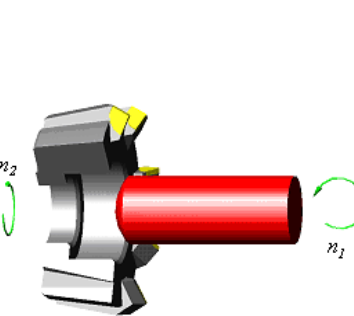
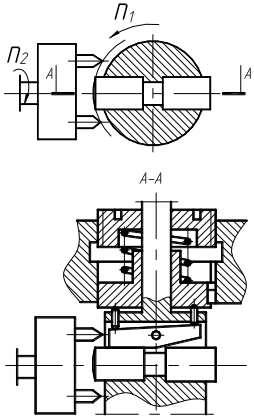
2. Резцом методом совмещения двух подач (продольной и поперечной) (см. таблицу, п. 2). Этот способ применяют:

- в серийном производстве на станках с числовым программным управлением. Сущность метода заключается в том, что управляющая программа сообщает резцу продольное и поперечное перемещения. Качество обработки зависит от дискретности перемещения рабочих органов станка;

- в серийном производстве на копировальных станках и на универсальных станках, оснащенных специальным копиром или гидрокопировальным суппортом. Для настройки станка необходимо изготовить соответствующий копир. В некоторых случаях роль копира выполняет первая (образцовая) деталь. Этим способом можно обтачивать фасонную деталь любой формы, если диаметральные размеры ее увеличиваются в направлении подачи, т.е. от задней бабки к передней. Если диаметры детали на каком-либо участке уменьшаются в направлении подачи, то обработка ее с помощью гидрокопировального суппорта возможна лишь в том случае, если на любом участке уменьшение диаметра детали не превышает длины участка [1, с. 367];

- в единичном производстве, когда нет станков с ЧПУ и изготовление фасонных резцов или копиров нерентабельно, а квалификация рабочего обычно высокая. Сущность метода заключается в том, что рабочий вручную сообщает резцу продольное и поперечное перемещения, ориентируясь на чертеж детали и контролируя свою работу чаще всего с помощью шаблона. Поперечное перемещение резца всегда производится вручную, продольное – иногда автоматически. Качество обработки зависит от квалификации рабочего.

Способы механической обработки сферических поверхностей

№ п/п	Описание	Схема обработки	Схема реализации на станке
1	2	3	4
1	Фасонным резцом методом врезания на универсальном токарном станке		
2	Резцом методом совмещения двух подач на токарных станках: универсальном, копировальном или станке с ЧПУ		
3	Резцом с помощью поворотных приспособлений		
4	Специальным кольцеобразным режущим инструментом, методом двух вращений		
5	Торцевой фрезой, методом двух вращений		

3. Резцом при помощи поворотных приспособлений и специальных станков (см. таблицу, п. 3). Часто наружные сферические поверхности обтачивают с помощью поворотных приспособлений, закрепляемых в резцедержателе станка, а иногда вместо резцедержателя. Закрепленному в приспособлении резцу сообщают вращательное движение в горизонтальной плоскости, причем центр вращения находится на линии центров станка [1, с. 370]. Схема съемного поворотного приспособления для обтачивания наружных сферических поверхностей представлена в таблице (графа 4). Корпус приспособления уста-

навливают в резцедержателе станка. В корпусе закреплены салазки резцедержателя, которые могут вращаться вокруг оси вала с помощью червяка и червячного колеса. Ось вала пересекает ось вращения шпинделя станка с закрепленной деталью. Перемещая с помощью винта резцедержатель по салазкам, регулируют радиус обрабатываемой сферической поверхности. Вращение сообщается приспособлению с помощью рукоятки, насаженной на ось червяка. Приспособления такого типа позволяют обрабатывать сферические поверхности с высокой точностью. Однако они довольно сложны по конструкции и поэтому имеют ограниченное распространение.

4. Специальным кольцеобразным режущим инструментом методом двух вращений (см. таблицу, п. 4). Формирование шаровой поверхности происходит при взаимном вращательном движении кольцеобразного инструмента и детали [2, с. 307, табл. 144].

В трубчатых резцах режущая кромка образуется пересечением внутренней цилиндрической и торцевой поверхностей. Диаметр отверстия трубчатого резца $D_p \approx 0,9D_d$, где D_d – диаметр обрабатываемой сферы; угол наклона оси инструмента к оси детали $\alpha \approx 45^\circ$.

Для обработки этим способом сферических поверхностей необходимо изготовить несложное устройство, сообщающее вращение инструменту. Монтируется устройство на поперечном суппорте и состоит из шпиндельной бабки с инструментом и электродвигателя, расположенных на одной плите.

Обрабатываемая деталь закрепляется в патроне токарного станка, шпинделю которого сообщается медленное вращение. Возможна и другая схема установки: инструмент крепится на шпинделе станка, а обрабатываемая деталь – в шпиндельной бабке устройства. Подача осуществляется поперечным суппортом до упора. Каретка суппорта станка во избежание ее перемещений во время работы закрепляется.

По такой же схеме, как и обтачивание трубчатым резцом, может производиться притирка сферических поверхностей с помощью пасты. Притиру в этом случае сообщается такая же форма, как и трубчатому резцу.

Недостатками обработки кольцеобразным инструментом являются, как и у обработки фасонными резцами, малая универсальность его (каждый резец может обработать сферическую поверхность лишь определенного радиуса) и невысокая производительность.

5. Торцевой фрезой методом двух вращений (см. таблицу, п. 5). При обработке сферического торца стержневых деталей заготовкам, установленным в приспособление, сообщают вращение вокруг оси, перпендикулярной к оси вращения инструмента, причем обе оси проходят через центр сферы [3, с. 37]. В результате этих двух движений обработанная поверхность имеет идеальную сферическую форму. Частота n_1 вращения заготовок должна быть меньше частоты n_2 вращения инструмента. Чем меньше отношение n_1/n_2 , тем выше качество обработки. Инструменту не требуется придавать сферическую форму, что упрощает его конструкцию и эксплуатацию. Благодаря непрерывности процесса обработки его можно легко автоматизировать.

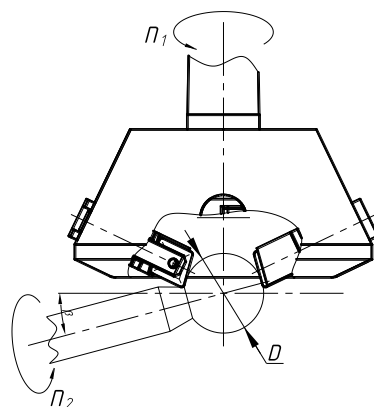
При обработке сферического торца толкателей на универсальном токарно-винторезном станке (см. таблицу, графа 4) торцевую фрезу устанавливают в шпинделе, а приспособление (ротор) с заготовками – на суппорте, от которого вращение с помощью зубчатой передачи (на схеме реализации на станке не показана) передается ротору. Последний расположен так, чтобы его ось и ось фрезы проходили через центр сферической поверхности торца толкателей, обе оси были взаимно перпендикулярны, а расстояние от оси ротора до рабочего торца фрезы $L = 0,5\sqrt{4R^2 - D^2}$, где R – радиус обрабатываемой сферы; D – диаметр, на котором расположены режущие кромки зубьев фрезы. Диаметр D должен быть больше или равен диаметру d заготовки.

В гнезда ротора заготовки устанавливают вручную либо автоматически. Закрепление заготовки осуществляется автоматически с помощью двуплечего рычага, установленного в роторе, и копира. Усилие, передаваемое рычагу от копира через ролики, определяется жесткостью пружины, сжатие которой регулируют гайкой. Когда правое плечо рычага поднято, заготовка свободно устанавливается в гнездо ротора, а заготовка, находящаяся в смежном гнезде, надежно закреплена левым плечом рычага и обрабатывается инструментом. При повороте ротора на угол 90° правое плечо рычага опускается под действием копира, зажимая заготовку; при подходе к инструменту она оказывается надежно закрепленной. В это время левое плечо рычага поднимается, освобождая обработанный толкатель, который под действием собственного веса падает на приемный лоток, а затем в тару. После следующего поворота ротора на угол 90° процесс повторяется. Внедрение описанного способа обработки позволило отказаться от использования профилированного (фасонного) резца, значительно улучшить качество сферической поверхности толкателя и снизить трудоемкость ее обработки в 5 раз.

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. В случае обработки широкой номенклатуры и большого диапазона обработки сферических поверхностей необходимо применять либо специальные станки, либо проектировать дополнительную технологическую оснастку или большое количество специальных режущих инструментов, приводящих к повышению себестоимости механической обработки детали. Причем обработка при помощи копировальных устройств имеет недостаточную точность. А для получения сферической поверхности с определенными геометрическими характеристиками необходим инструмент с такими же жестко заданными характеристиками (фасонный и кольцеобразный инструмент), которые сложны и трудоемки в изготовлении.

Создание специального оборудования выгодно лишь в серийном и массовом производствах, а специального инструмента – в мелкосерийном и единичном. Поэтому появилась необходимость в новом способе обработки сферических поверхностей, с повышенной производительностью и высокой точностью и специальным режущим инструменте, охватывающем большой диапазон обрабатываемых размеров за счет регулировки. Повысить производительность можно за счет применения многолезвийной обработки, а точность – за счет вращения инструмента, где точность формообразования сферической поверхности определяется не профилем инструмента и точностью поворотного приспособления, а точностью траектории движения заготовки и инструмента, т.е. кинематикой процесса, что позволяет получить сферические поверхности высокого качества и точности.

Поставленную задачу можно решить при помощи специального сборного режущего инструмента, построенного по модульному принципу, работающего по схеме охватывающего фрезерования (рисунок). В данном способе обработки заготовке и инструменту сообщают вращательные движения вокруг собственных осей, как и при обработке кольцеобразным инструментом. Но в отличие от кольцеобразного инструмента, где одна режущая кромка, данный инструмент имеет 2, 3 и более режущих кромок, что позволяет увеличить подачу, скорость вращения инструмента, а следовательно, увеличить производительность и уменьшить себестоимость обработки.



Обработка сферических поверхностей по схеме охватывающего фрезерования

За счет применения блоков режущих инструментов, в которых возможна установка многогранных непереключаемых пластин твердого сплава или минералокерамики, вставок с КНБ, алмаза или элементов для поверхностно-пластического деформирования, расширяются технологические возможности инструмента, в частности, возможно производить обработку заготовок из различных материалов и различной твердости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В.И. Технология токарной обработки. – Л.: Лениздат, 1968. – 502 с.
2. Блюмберг В.А. Справочник токаря. – Л.: Лениздат, 1963. – 452 с.
3. Холмогорцев Ю.П. Обработка сферических и тороидальных поверхностей на универсальных станках // СТИН. – 2002. – № 6. – С. 37.