

УДК 621.91.01

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ
НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ****М.М. ШАУРКО, А.А. ДЁМКИН***(Представлено: д-р техн. наук Н.Н. ПОПОК, канд. техн. наук, доц. Р.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ)*

Приведен анализ способов обработки неполных сферических поверхностей деталей на токарных станках с ЧПУ. Рассмотрены кинематические схемы резания данных способов. Выявлены их преимущества и недостатки.

В машиностроении существуют большое количество деталей, в которых встречаются следующие разновидности сферических поверхностей:

- сфера (др.-греч. σφαῖρα – мяч, шар) – геометрическое место точек в пространстве, равноудаленных от центра сферы (например, шарик подшипника);
- сферический сегмент – часть сферы, отсеченная от нее какой-нибудь плоскостью (например, шар рукоятки, линза);
- сферические пояс – часть сферы, заключенная между двумя параллельными секущими плоскостями (например, пробка шарового крана).

Сферические сегмент и пояс иногда называют неполными сферическими поверхностями.

Анализ способов обработки неполных сферических поверхностей деталей показывает, что зачастую приходится использовать специальные станки, специальное технологическое оснащение или специальный режущий инструмент [2]. В настоящее время при обработке деталей в металлообработке все чаще используются станки с числовым программным управлением, которые позволяют за счет движений получать сложные геометрические формы деталей.

Рассмотрим более подробно способы обработки неполных сферических поверхностей деталей, реализуемых на токарных станках с ЧПУ (таблица).

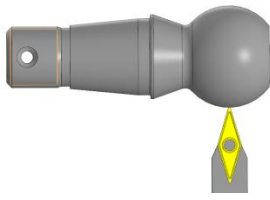
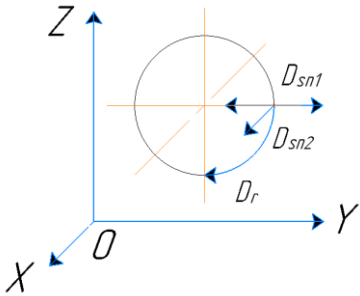
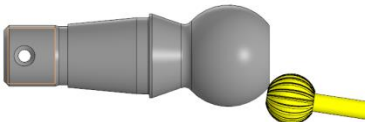
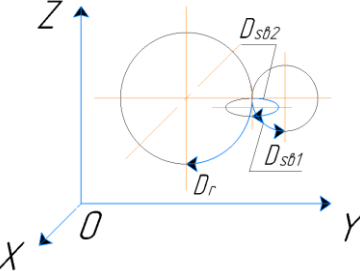
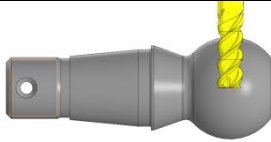
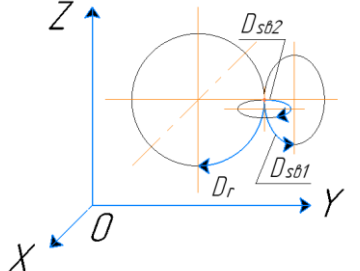
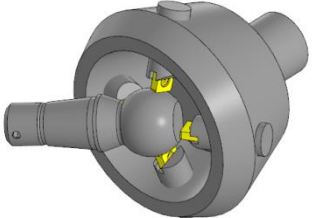
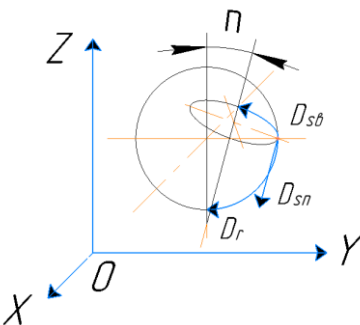
Точение резцом (см. таблицу 1, п.1) наиболее распространенный способ обработки неполных сферических поверхностей на токарных станках с ЧПУ. Кинематическая схема обработки неполной сферической поверхности состоит из трех элементов: главного вращательном движении заготовки D_g и двух вспомогательных поступательных движений D_{s1} и D_{s2} режущего инструмента. Анализируя кинематическую схему резания видно, что все эти движения полностью совпадают с движениями, реализуемым на двухосевых токарных станках с ЧПУ: вращение шпинделя и перемещение револьверной головки по осям X и Z станка. В качестве преимуществ данного способа можно отметить, что для его реализации достаточно использование токарного резца для контурного точения. Недостатком данного способа является приближение скорости резания к нулю у полюса сферической поверхности.

В настоящее время на токарных станках с ЧПУ помимо обработки тел вращения резцами применяют обработку фрезами [3, 4]. Далее рассмотрим возможности обработки неполных сферических поверхностей деталей фрезами.

Фрезерование сферической фрезой (см. таблица п.2). Кинематическая схема фрезерования сферической фрезой состоит из трех элементов: главного вращательном движении шаровой фрезы D_g , вспомогательного вращательного движения заготовки D_{sv1} и перемещения режущего инструмента по дуге D_{sv2} . Причем следует отметить, что перемещение режущего инструмента по дуге D_{sv2} реализуется на станке с ЧПУ при помощи круговой интерполяции за счет двух согласованных поступательных движений по осям X и Z . И при разложении движения D_{sv2} на два поступательных движения D_{sp1} и D_{sp2} кинематическая схема резания примет вид четырехэлементной. Данная кинематическая схема также легко реализуется на токарном станке с ЧПУ, оснащенным револьверной головкой с возможностью установки приводного инструмента. Согласно рекомендациям [3] фирмы Sandvik Coromant при работе фрезой со сферическим концом наиболее критической зоной режущей кромки является центр инструмента, где скорость резания близка к нулю, что неблагоприятно для процесса резания. А при обработке сферической поверхности детали ее скорость вращения будет также приближаться к нулю на полюсе. Поэтому рекомендуется наклонять ось вращения режущего инструмента по отношению к оси заготовки на 10–15 градусов для смещения зоны резания от центра инструмента, что приведет к увеличению минимальной скорости резания, стойкости режущего инструмента и улучшению стружкообразования, и, как следствие, улучшению качества обработанной поверхности. К недостаткам данного способа можно отнести высокую стоимость режущего инструмента, а также необходимость применения специальной поворотной приводной головки.

Фрезерование концевой фрезой (см. таблица п.3) отличается от предыдущего способа тем, что ось главного вращательного движения концевой фрезы D_r перпендикулярна оси вспомогательного вращательного движения заготовки D_{sv1} . Это отчетливо видно на кинематической схеме резания. Так как обработка проводится периферией концевой фрезы скорость резания в любой точке, обрабатываемой неполной сферической поверхности остается постоянной. Что благоприятно сказывается на процессе резания и качестве обработанной поверхности. Из недостатков данного способа следует отметить необходимость применения станка с радиальной приводной головкой со смещением для установки режущего инструмента с возможностью перемещения револьверной головки вдоль оси Y .

Таблица 1. – Способы обработки сферических поверхностей деталей на токарных станках и ЧПУ

№ п/п	Способ обработки	Процесс обработки	Кинематическая схема резания
1	2	3	4
1	Точение резцом		
2	Фрезерование сферической фрезой		
3	Фрезерование концевой фрезой		
4	Скоростная комбинированная обработка специальным инструментом		

Скоростная комбинированная обработка специальным инструментом (см. таблица п.3). Кинематической схемы резания данного способа обработки может быть двух- (два вращательных движения) и трех- (два вращательных и поступательное движения) элементной, реализуемой на трех переходах операции формообразования неполной сферической поверхности [5]. На первом переходе происходит врезание вращающегося инструмента

во вращающуюся заготовку (черновая обработка), причем направление поступательного движения врезания (подача) $D_{сп}$ происходит по оси главного вращательного движения инструмента D_r . Ось вращательного движения подачи заготовки $D_{св}$ направлена под углом η к оси главного вращательного движения. На втором переходе происходит выхаживание поверхности (получистовая обработка) и реализуется двухэлементная кинематическая схема резания с главным вращательным движением инструмента D_r и вращательным движением подачи заготовки $D_{св}$. На третьем переходе, когда лезвия инструмента выходят на требуемый размер сферы, реализуется выглаживание (чистовая обработка) поверхности сферы. На этих переходах наряду со встречным движением D_r и $D_{св}$ возможно осуществление их попутного вращения, что будет способствовать более качественному выглаживанию поверхности [6]. Скоростная обработка неполных сферических поверхностей деталей машин первоначально была реализована на универсально-заточном станке модели 3М642, но анализируя кинематическую схему резания, видно, что ее можно реализовать на токарном станке с ЧПУ при помощи поворотной приводной головки. К недостаткам данного способа можно отнести необходимость точной настройки угла поворота приводной головки.

На основе анализа кинематических схем резания рассмотренных способов обработки неполных сферических поверхностей деталей машин можно сделать вывод, что они все реализуемы на токарных станках с ЧПУ. Выбор же конкретного способа обработки будет зависеть, как от конфигурации неполной сферической поверхности, так и от возможностей токарного станка и технологического оснащения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения: руководящий техн. материал: кл. 40 и 50 общесоюз. классификатора пром. и с.-х. продукции. – Москва : Изд-во стандартов, 1976. – 238 с.
2. Анализ способов обработки сферических поверхностей / Н.Н. Попок [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та: Сер. В. Прикладные науки. Промышленность. – 2006. – № 12. – С. 42–45.
3. Sandvik Coromant [Электронный ресурс] // Старт/Техническая информация/Фрезерование/Профильное фрезерование: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/profile-milling.aspx>. – Дата доступа: 10.09.2020
4. Анализ особенностей высокоскоростного точения фрезерованием / А.М. Марков [и др.] // Актуальные проблемы в машиностроении: Том 4. Инновационные технологии в машиностроении. – 2017. – № 3. – С. 39–44.
5. Технологическое обеспечение обработки неполных сферических поверхностей деталей машин/ Н.Н. Попок, Р.С. Хмельницкий, В.С. Анисимов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2018. – № 3. – С. 54–60.
6. Кинематическое и технологическое обеспечение формирования регулярного микрорельефа сферических поверхностей деталей комбинированной обработкой резанием / Н.Н. Попок, Р.С. Хмельницкий, В.С. Анисимов, Г.И. Гвоздь, В.А. Кукареко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. Промышленность. – 2017. – № 11. – С. 16–25.