

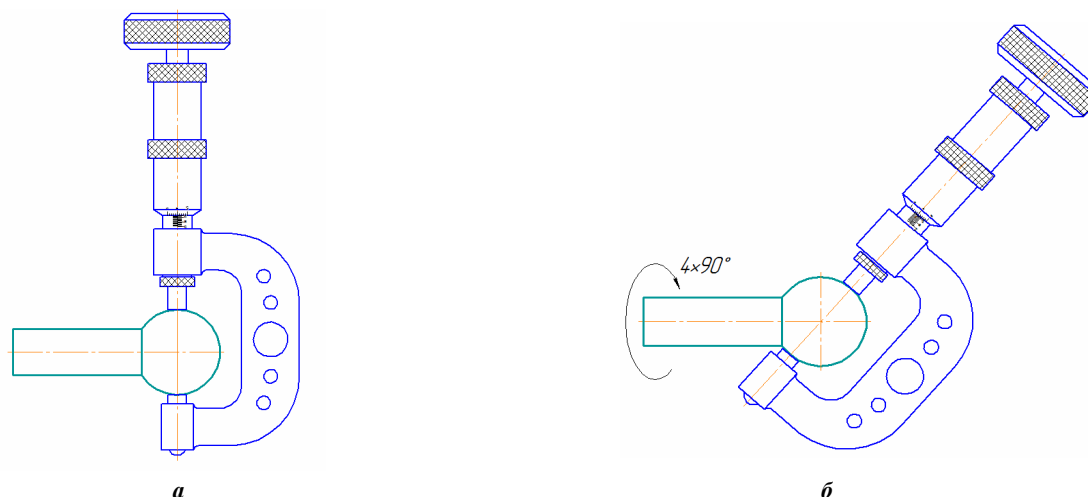
УДК 621.91.01/02

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ
И ТОЧЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ****Р.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ; В.С. АНИСИМОВ; Г.И. ГВОЗДЬ**
(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н.Н. ПОПОК)

Проведен анализ способов механической обработки сферических поверхностей деталей. Выбраны для исследования два способа обработки сферической поверхности деталей. Приведена методика исследования геометрической точности сферической поверхности и результаты исследования.

В машиностроении широко распространены детали со сферическими поверхностями, которые применяются в различных механизмах и узлах. К таким деталям можно отнести пробку в шаровом кране, шаровой палец в шаровой опоре автомобиля, шаровой сегмент в клапане и т.д. Данные детали должны обладать высокими качественными характеристиками и точным диаметральной размером по всей сферической поверхности детали.

Точность обработанной поверхности детали определяется отклонением её геометрической формы от правильной сферы. С целью определения этого отклонения производятся измерения диаметра сферы в плоскости, определяющей её «сжатость», так называемый «диаметральный размер», и в других четырех плоскостях, определяющих отклонение размеров сферы в этих плоскостях от диаметрального размера, а также отклонения размеров в этих плоскостях относительно друг друга. Схема измерения приведена на рисунке 1.



**Рисунок 1. – Схема измерения точности сферической поверхности
диаметрального размера (а); размера в 4-х сечениях (б)**

Образование в процессе обработки на детали сферы неправильной геометрии может привести к неработоспособности изделия или его неправильной работе. Так, например неточная сферическая поверхность на пробке шарового крана может привести к не герметичности, в шаровом пальце автомобиля – к повышенному износу шаровой опоры.

Для получения точного геометрического профиля и высокого качества сферической поверхности детали требуется специальный инструмент и технологическая оснастка. Существует большое количество специального инструмента, который работает по различным схемам обработки. К наиболее известным способам обработки относятся: обработка фасонным резцом на универсальном токарном станке; обработка резцом при совмещении двух подач на токарном станке с ЧПУ; обработка режущим инструментом при совмещении двух вращений; точение комбинированной головкой.

По результатам проведенного анализа способов обработки сферических поверхностей деталей установлено [1–5], что при обработке профильным инструментом возможны отклонения формы поверхности при неточном изготовлении инструмента. Обработка контурным резцом на токарном станке с ЧПУ позволяет достичь требуемой точности при условии малых перемещений рабочих органов станка. Более высокая точность достигается способами обработки с использованием комбинированной головки и специальной фрезы. Эти способы не только предполагают возможность настройки на размер, но и исключают

влияние погрешностей изготовления инструмента либо поворотного приспособления, так как точность формообразования сферической поверхности определяется точностью траектории движения заготовки и инструмента, то есть кинематикой процесса резания. С точки зрения трудоемкости изготовления инструмента наиболее предпочтительным является обработка на основе двух вращений (заготовки и фрезы).

На основании данного анализа в дальнейшем рассматривались два способа обработки, с помощью которых можно достичь требуемой точности сферической поверхности детали. Это обработка резцом при совмещении двух подач на токарном станке с ЧПУ и обработка режущим инструментом при совмещении двух вращений.

Обработка сферической поверхности детали «палец шаровой» производилась:

- на токарном станке с ЧПУ модели 16K20Ф3, оснащенной системой ЧПУ Sinumerik 802D резцом для контурной обработки Pafana SVJCR 2020 11 с частотой вращения $n = 600 \text{ мин}^{-1}$ и с подачей $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$;

- на универсально-заточном станке модели 3М642 с помощью специальных твердосплавных фрез (рис. 2), которые имели различные диаметральные размеры: 25 мм, 30 и 35 мм. Обработка производилась при частотах вращения инструмента 3150 и 6300 мин^{-1} , а также при частоте вращения детали 60 мин^{-1} .



Рисунок 2. – Специальная фреза

Полученные сферические поверхности детали были измерены по схеме, представленной на рисунке 1. Измерения обработанных поверхностей проводилось с помощью микрометра МК 50-1 ГОСТ 6507 и микрометра МК 25-1 ГОСТ 6507.

Результаты измерения точности сферической поверхности, полученной на токарном станке с ЧПУ, показали, что отклонение диаметральных размеров составило не более 0,01 мм.

Результаты измерения точности сферических поверхностей, полученных на заточном станке режущим инструментом при совмещении двух вращений, приведены в таблице.

Результаты измерений сферических поверхностей деталей после обработки режущим инструментом при совмещении двух вращений

| Диаметр фрезы | Размер сферы | Частота вращения 3150 мин^{-1} | | | Частота вращения 6300 мин^{-1} | | |
|---------------|----------------------|---|-------|-------|---|-------|-------|
| | | № детали | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 25 | Диаметральный размер | 25,44 | 25,19 | 24,95 | 24,85 | 24,98 | 25,47 |
| | Размер в сечении 1 | 25,55 | 25,36 | 25,03 | 24,9 | 25,05 | 25,5 |
| | Размер в сечении 2 | 25,53 | 25,34 | 25,03 | 24,87 | 25,06 | 25,5 |
| | Размер в сечении 3 | 25,56 | 25,34 | 25,02 | 24,88 | 25,03 | 25,49 |
| | Размер в сечении 4 | 25,56 | 25,31 | 25,04 | 24,89 | 25,04 | 25,54 |
| 30 | Диаметральный размер | 30,2 | 30 | 30,56 | 30,45 | 30,49 | 30,18 |
| | Размер в сечении 1 | 30,23 | 29,99 | 30,57 | 30,48 | 30,5 | 30,17 |
| | Размер в сечении 2 | 30,26 | 30,02 | 30,54 | 30,47 | 30,5 | 30,19 |
| | Размер в сечении 3 | 30,25 | 30,02 | 30,54 | 30,47 | 30,5 | 30,19 |
| | Размер в сечении 4 | 30,24 | 30,06 | 30,54 | 30,46 | 30,5 | 30,2 |
| 35 | Диаметральный размер | 35,29 | 35,18 | 35,38 | 35,28 | 35,28 | 35,99 |
| | Размер в сечении 1 | 35,31 | 35,24 | 35,4 | 35,26 | 35,28 | 35,99 |
| | Размер в сечении 2 | 35,37 | 35,21 | 35,42 | 35,25 | 35,28 | 35,99 |
| | Размер в сечении 3 | 35,35 | 35,2 | 35,41 | 35,26 | 35,28 | 35,99 |
| | Размер в сечении 4 | 35,31 | 35,21 | 35,39 | 35,26 | 35,28 | 35,99 |

Анализ результатов измерений, приведенных в таблице 1, показывает, что при обработке сферы $\varnothing 25$ мм отклонения размеров диаметров при частоте вращения инструмента 3150 мин^{-1} находятся в пределах $0,09 \dots 0,21$ мм; при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} и при обработке того же диаметра сферы отклонения составляют $0,02 \dots 0,07$ мм.

При обработке сферы $\varnothing 30$ мм отклонения размеров диаметров при частоте вращения инструмента 3150 мин^{-1} находятся в пределах $0,01 \dots 0,06$ мм; при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} и при обработке того же диаметра сферы отклонения составляют $0,01 \dots 0,03$ мм.

При обработке сферы $\varnothing 35$ мм отклонения размеров диаметров при частоте вращения инструмента 3150 мин^{-1} находятся в пределах $0,01 \dots 0,08$ мм; при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} и при обработке того же диаметра сферы отклонения составляют до $0,03$ мм.

Отклонения размеров объясняются неточностью установки оси вращения фрезы относительно оси заготовки, т.е. отсутствует пересечение осей в одной точке. Следовательно, имеет место образование эксцентриситетов e_1 и e_2 вдоль геометрических осей сферической поверхности (рис. 3).

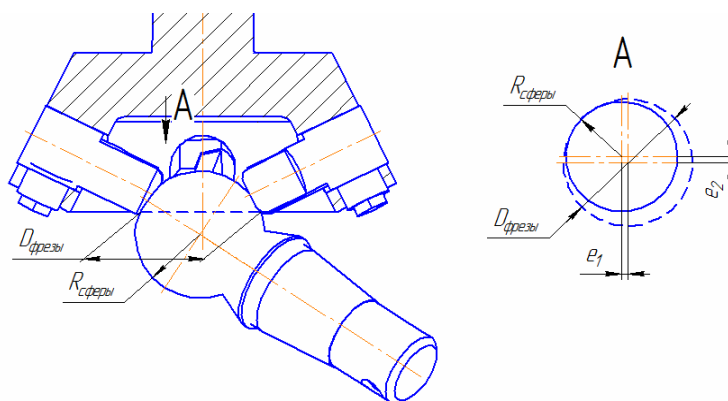


Рисунок 3. – Типовая картина образования эксцентриситетов

Более высокая точность размеров, достигнутая при обработке сферы $\varnothing 35$ мм при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} , является следствием приработки зубьев на заданный диаметр.

В результате сравнения способов обработки сферических поверхностей деталей можно сделать выводы: точность сферической поверхности, полученной на токарном станке с ЧПУ, напрямую зависит от жесткости станка и дискретности перемещения его рабочих органов, а полученной фрезерованием – от точной установки фрезы относительно оси заготовки и от заточки инструмента, исключая радиальное и торцовое биения.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Способы механической обработки наружной поверхности сферы / Р.С. Хмельницкий [и др.] // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета: Вып. 31. Прикладные науки. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – С. 134–137.
3. Способы обработки сферических поверхностей деталей и технологическое оснащение для их реализации / Н.Н. Попок [и др.] // Сборник научных трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. : в 3-х т. – Новополоцк : ПГУ, 2009. – Т. 2 : Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин. – С. 315–319.
4. Анализ конструкций технологического оснащения для точения вогнутых сферических поверхностей на универсальных токарных станках / Р.С. Хмельницкий [и др.] // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Вып. 68. Промышленность, 2013. – С. 92–94.
5. Анализ конструкций технологического оснащения для точения выпуклых сферических поверхностей на универсальных токарных станках / Р.С. Хмельницкий [и др.] // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Вып. 68. Промышленность, 2013. – С. 89–91