

УДК 621.9.858.562

С.В.Лебедев (6 курс, каф. ТМ), С.А.Любомудров, к.т.н., доц.

ОБРАБОТКА ТОЧНЫХ ВОГНУТЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ОБКАТА

Поверхности деталей машин, имеющие сферическую форму, достаточно часто применяются в настоящее время в машиностроении. Наиболее точные сферические поверхности имеют аэростатические подшипники скольжения гироскопов современных навигационных систем, где скорость вращения ротора превышает 40000 об/мин. Этим объясняется необходимость совершенствовать существующие методы обработки сферических поверхностей и изыскивать новые. В настоящее время вогнутые сферические поверхности обрабатывают следующими способами.

1. Растачивание, или обработка однолезвийным инструментом (осуществляется преимущественно на станках токарной группы при помощи различных по конструкции приспособлений, а также при помощи ЧПУ). Основными преимуществами данного способа являются относительная простота изготовления режущего инструмента, достаточно несложные по конструкции приспособлений и неплохая производительность. К недостаткам следует отнести достаточно сложную настройку приспособлений, высокие требования по точности к приспособлениям, а также влияние износа резца на точность обработки.

2. Фрезерование, или обработка многолезвийным инструментом (обработка пальцевыми фрезами, а также фрезами, имеющими сферическую форму режущей части). Данный способ применяется в основном для черновой обработки или обработки деталей невысокой точности. Это объясняется тем, что фреза в процессе обработки изнашивается неравномерно и постепенно теряет форму. К тому же изготовить фасонную сферическую фрезу с высокой точностью невозможно. А при обработке поверхности пальцевой фрезой по программе на обработанной поверхности останутся значительные следы. Положительные стороны данного метода – высокая производительность и универсальность (пальцевой фрезой по определенной программе на оборудовании с ЧПУ можно обработать широкий диапазон диаметров сфер, в то время как для токарного приспособления диапазон ограничен).

3. Электрофизическая (электроэрозионная) обработка сферических поверхностей. На современных электроэрозионных станках с программным управлением с применением нескольких подобранных по специальной методике электродов можно добиться точности обработки в пределах 10 мкм с шероховатостью поверхности до Ra1,4 мкм. Но производительность данного метода чрезвычайно низка. Главным же недостатком данного метода является наличие поврежденного (измененного) поверхностного слоя толщиной до 5 мкм, который впоследствии необходимо удалять, так как в поврежденном из-за высокой температуры в зоне обработки поверхностном слое свойства материала не сохраняются.

4. Еще как способ получения сферических поверхностей можно выделить холодную штамповку. Но, исходя из того, что, во-первых, при штамповке к заготовке и инструменту прикладываются значительные усилия, что может значительно изменить некоторые параметры заготовки (заготовку «поведет»), появится неравномерность структуры по объему и т.д.), а во-вторых, материал, выдавленный из образованной сферической полости распределяется в штампе или уходит в облой, после штамповки требуется последующая значительная механическая обработка.

Окончательную механическую обработку или доводку вогнутых сферических поверхностей выполняют следующими способами.

Электрохимической обработкой. При этом при точно изготовленном электроде-копире достигаются неплохие результаты по точности и шероховатости поверхности, появление измененного (поврежденного) поверхностного слоя неизбежно, следовательно данный метод нельзя считать универсальный и можно использовать только в особых случаях (для поверхностей, не входящих в непосредственный контакт с другими).

Шлифование сферических поверхностей можно осуществлять на универсальных шлифовальных станках с применением специальных приспособлений (по методу обкатки, см. ниже). При этом используется шлифовальный круг определенного диаметра с закругленной поверхностью. Используя данный метод необходимо тщательно выставить центр заготовки и шлифовального круга по высоте строго в одной плоскости.

Алмазное выглаживание вогнутых сфер производится на токарных станках с использованием тех же приспособлений, что и для точения. При исходной шероховатости поверхности Ra1,25 мкм достигается уменьшение шероховатости до Ra0,63, а при исходной шероховатости по Ra 0,32...0,16 мкм шероховатость поверхности уменьшается до 0,08...0,04.

Полировка и доводка сферических поверхностей осуществляется с применением плавающего притира и полировочных паст. Как свидетельствует производственная практика, приспособления с плавающими притирами довольно сложны, а процент брака при обработке значителен.

Из написанного выше вытекает, что необходим простой способ, позволяющий достаточно точно обрабатывать вогнутые сферические поверхности. Данным характеристикам удовлетворяет способ обработки сферических поверхностей методом кольцевого инструмента (методом обкатки). В качестве кольцевого может выступать любой инструмент, вершина которого при вращении описывает окружность (резец, фреза, шлифовальный круг). При этом при взаимном вращении заготовки и инструмента вокруг осей, пересекающихся под определенным углом α , образуется сферическая поверхность. При этом радиус получаемой сферической поверхности будет определяться следующим образом:

$$R_{\text{инстр}} \leq R_{\text{дет}} \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Реализация данного метода достаточно проста (необходимо приспособление, придающее вращение заготовке, а также регулируемая резцовая оправка – для обработки на токарном станке). Сложность состоит лишь в том, чтобы добиться минимального отклонения от пересечения осей вращения заготовки и инструмента, поскольку данная погрешность полностью перетекает в отклонение от сферичности обрабатываемой поверхности, которая приобретает форму тороида. Кроме того, осложняется обработка дна сферы (на дне будет присутствовать или «Выступ» или «Площадка»). Поэтому следует предусмотреть отверстие или выемку на «дне» сферы (обычно это не влияет на реализацию функции детали). Поскольку отклонение от пересечения осей будет присутствовать в любом случае, сказанное выше следует отнести к недостаткам метода.

Достоинствами данного метода являются следующие особенности:

1. Диаметр обрабатываемой поверхности не зависит от погрешности угла α , данная погрешность влияет только на форму поверхности, то есть возможно возникновение необработанного «кольца» на периферии сферической поверхности, а также «Выступа» или «Площадки» на дне сферы. Если предусмотреть отверстие или углубление на «дне» сферы – этого можно избежать.
2. Скорость резания при обработке сферической поверхности кольцевым инструментом нелинейно возрастает (при противоположном вращении заготовки и инструмента) от центра к периферии, причем максимальное и минимальное значения отличаются на величину скорости вращения заготовки, которая значительно меньше скорости вращения инструмента, то есть скорость резания можно принять постоянной.

3. Зная закон износа инструмента, легко вносить корректирующую поправку.

Достаточно легко реализовать данный способ практически (достаточно простое и дешевое приспособление). Причем в качестве кольцевого можно принять широкий диапазон инструментов, в зависимости от требуемой точности и производительности.