

Фрезерование сферической поверхности фрезерной головкой

Ю.В. Иванов, Ю.Н. Скорская, Н.М. Глухов

Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

Аннотация: В статье рассмотрены математическая модель, конструкция фрезерной головки и метод обработки сферической поверхности, даны расчетные формулы для определения настроечных размеров и диаметра обрабатываемой сферы, позволяющие создать условия для автоматизации процесса.

Ключевые слова: программное обеспечение, автоматизация процесса, сферическая поверхность, твердое резание, безвершинное резание, обработка сферической поверхности.

Наружные сферические поверхности находят все большее применение в промышленности. Во многих случаях, такие поверхности целесообразно обрабатывать фрезерованием (Рис.1).

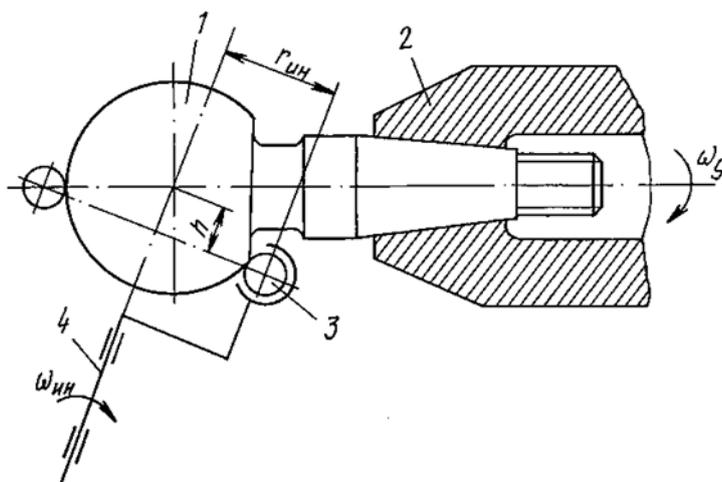


Рис.1. Схема фрезерования сферической поверхности шаровой опоры.

В КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана были проведены теоретические исследования возможности реализации метода фрезерования при обработке поверхности шара. Для этого была разработана программа в приложении MathCad 13. На основе исследований спроектирована фрезерная головка для обработки сферической поверхности.

Метод основан на известном положении, что сечение шара плоскостью представляет собой круг. Фрезерование сферических поверхностей чаще всего осуществляется специальными фрезерными головками. Для получения

сферической поверхности оси вращения инструмента и заготовки должны пересекаться под определенным углом [1,2].

Картина формообразования сферы была получена с использованием метода обращенного движения. В соответствии с этим методом сфера считалась условно неподвижной, а фрезе, кроме присущих ей движений, придавалось движение обратное движению сферы [3].

Для вывода уравнения движения кромки фрезы использовались матрицы элементарных перемещений: M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 [4]. Разработанный алгоритм траектории движения режущих кромок позволил получить сферическую поверхность с заданным качеством поверхности методом фрезерования (Рис.2).

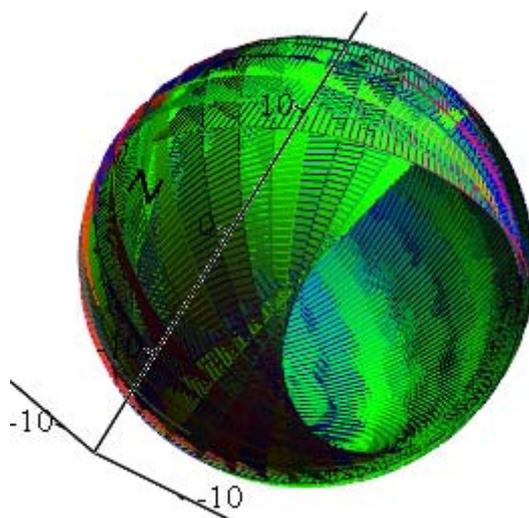


Рис. 2. Формообразование при 6 оборотах фрезы.

Как правило, поверхность сферы на таких деталях имеет высокую твердость (часто более 50HRC). В тоже время абразивная обработка таких поверхностей имеет ряд существенных недостатков, в том числе шаржирование поверхности, что существенно снижает долговечность ее работоспособности.

Процессы лезвийной обработки заготовок с такой твердостью относятся к твердому резанию.

Целью замены шлифования твердым резанием является уменьшение трудоемкости изготовления деталей и, как следствие, увеличение экономичности процесса обработки. Увеличение экономичности определяется следующими факторами [5,6,7]:

- сьем материала при твердом резании в три раза меньше, чем при шлифовании;
- точность обработки идентична как при твердом резании, так и при шлифовании;
- время обработки при твердом резании в несколько раз меньше, чем при шлифовании;
- СОЖ не применяется;
- процесс твердого резания происходит на том же станке, на котором осуществляется и обычная обработка незакаленных деталей, что тоже повышает гибкость и универсальность процесса;
- более дешевый процесс утилизации стружки по сравнению с отходами после шлифования.

Все вышеперечисленное позволяет говорить о том, что твердое резание практически всегда на 30-50% экономичнее шлифования.

Инструментальным материалом для твердого точения является режущая керамика и кубический нитрид бора. Керамика существенно дешевле, в тоже время хуже воспринимает ударные нагрузки.

В КФ МГТУ им Н.Э. Баумана на основе теоретических исследований, была спроектирована фрезерная головка для обработки сферической поверхности $\varnothing 30$ мм с механическим креплением минералокерамических пластин (Рис.3). Форма пластин была выбрана квадратной для обеспечения прямолинейных режущих кромок, что бы обеспечить безвершинное резание при окончательном формировании сферической поверхности.

Фреза представляет собой сборную конструкцию, состоящую из корпуса с цилиндрическим хвостовиком, вкладыша, режущих пластин и узла крепления, в который входят винт и клин. Такая конструкция обеспечивает технологичность и заданную точность предлагаемой фрезы [8,9].

В качестве режущих пластин используются пластины из оксидно-карбидной керамики ВОК-60. Форма пластин четырёхгранная ($12,7 \times 12,7 \times 4,76$), высокой степени точности (G).

Геометрические параметры зуба фрезы были следующие: $\gamma = -10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\lambda = 0$.

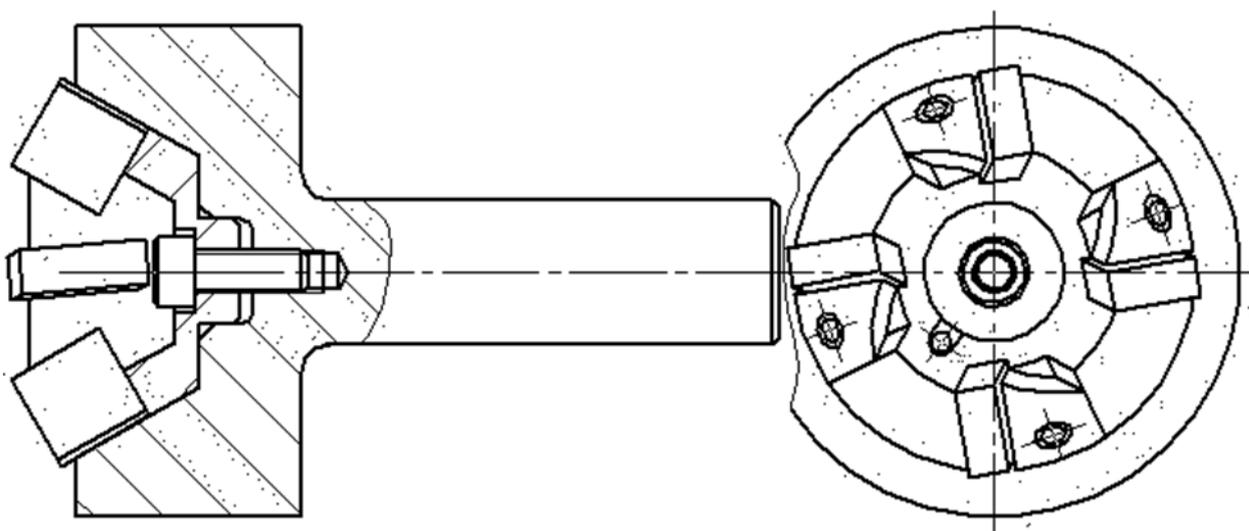


Рис. 3. Фрезерная головка

В предлагаемом методе обработки пластина, находящаяся на оси заготовка располагалась касательно к сферической поверхности и перпендикулярно к ее оси. Такая схема упростила расчёт настроечных перемещений и позволила точно получить заданный диаметр сферы (Рис.4).

Одним из настроечных размеров при обработке опоры со сферической частью являлась установка инструмента (фрезы) таким образом, чтобы зуб фрезы расположенный перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки находился на расстоянии базового размера от установочной базы.

В процессе обработки фреза вдоль оси заготовки не перемещалась, а перемещалась только в направлении перпендикулярном ее оси, при этом

При формировании сферической поверхности выделялись три основные ее стадии:

1. Фреза подводилась к заготовке до касания ее зубьев, расположенных в данный момент перпендикулярно оси заготовки, в точке P (рис. 1).

2. При дальнейшем движении фрезы перпендикулярно оси заготовки происходил процесс врезания фрезы в заготовку. При этом в работе, в основном, участвовала вспомогательная режущая кромка и частично главная режущая кромка. Данный процесс продолжался пока главные режущие кромки не коснулись заготовки в точке Q . В этот момент сформировалась поверхность сферы радиусом R'' . Припуск h с торца сферы был практически снят.

3. Далее, при перемещении фрезы на расстояние a , формировалась окончательно сферическая поверхность радиусом R . Окончательное формирование сферической поверхности осуществлялось главной режущей кромкой. Вершина режущей пластины и вспомогательная режущая кромка непосредственно не влияли на получаемые размеры сферы и качество ее поверхности, т.е. процесс образования сферы в данном случае соответствовал схеме безвершинного (бреющего) резания.

Как известно, безвершинное резание обладает рядом преимуществ [10]:

- инструмент работает по принципу свободного резания, когда в работе участвует только прямолинейная главная режущая кромка (без вершины и вспомогательных режущих кромок);
- отсутствие вершины позволяет повысить стойкость режущей кромки;
- меньшее значение толщины срезаемого слоя по сравнению с обычным резанием, что позволяет работать с большими значениями подачи;
- получение поверхности с более низкой шероховатостью.

Основным настроечным перемещением при окончательном формировании сферы являлась величина a , которую определяли следующим образом:

$$a = (\sqrt{R'^2 - b^2} - \sqrt{R^2 - b^2}),$$

где $R' = R + h$ - радиус сферы заготовки;

R – радиус обработанной сферы;

h – припуск на обработку;

b – расстояние от оси обработанной сферы до ее края со стороны опоры.

Радиус промежуточной сферы в конце этапа врезания:

$$R'' = R + O'O,$$

где $O'O = a \operatorname{tg} \beta$;

$$\sin \beta = \frac{b}{R}.$$

Угол установки фрезы α и ее радиус по вершинам зубьев R_ϕ определяли следующим образом:

$$\alpha = \frac{90 - \beta}{2},$$

$$R_\phi = R \cos \alpha + \Delta R_\phi,$$

т.к. $KN = a$, то $\Delta R_\phi = a \sin \alpha$.

Выводы:

1. Предложенная схема обработки, математическая модель процесса получения сферической поверхности и предложенная конструкция фрезерной головки позволили упростить расчёт настроечных перемещений и достаточно точно получить заданный диаметр сферы, а также создали условия для автоматизации данного процесса.



2. Использование минералокерамических пластин дало возможность отказаться от шлифования, что обеспечило повышение экономичности механической обработки.

3. Метод безвершинного резания при окончательном формировании сферической поверхности обеспечил получение шероховатости поверхности не хуже, чем при шлифовании.

Литература

1. Этин А. О. Кинематический анализ методов обработки металлов резанием. М.: Машиностроение, 1964. 324 с.

2. Litvin F.L. Theory of Gearing // NASA References Publication 212, AVSCOM Technical Report 88. Washington, D.C., 1989. p. 620

3. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей резанием. – Киев.: Выща школа, 1977. С.191.

4. Щегольков Г.А. Дискретизация профиля изделия при автоматизированном проектировании фасонных режущих инструментов // Станки и инструмент, 1993, №5, С.16–20

5. Демаков Д. В. Краткий анализ исследований проблем развития регионального машиностроения // Инженерный вестник Дона, 2012, № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/979/.

6. Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 2002. 684 с.

7. Баландин А.Д., Тягунова З.В., Санова Л.А. Программные процедуры с профилями деталей и инструментов в задачах теории формообразования поверхностей // Инженерный вестник Дона, 2015, №2 (часть 2). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2p2y2015/2922/

8. Иванов Ю.В., Скорская Ю.Н. Исследование характера изменения параметров срезаемого слоя при фрезеровании специальной фрезой // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL:ivdon.ru/magazine/archive/n4y2018/5367/

9. Иванов Ю.В., Скорская Ю.Н. Анализ методов фрезерования глубоких кольцевых пазов дисковой фрезой // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL:ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4527/

10. Bukinham E. How to evaluate the effect of spline misalignment. USA, Machinery. 1961. Vol.67, №12. p.120.

References

1. Etin A. O. Kinematicheskiy analiz metodov obrabotki metallov rezaniem [Kinematic analysis of methods of processing of metals by cutting]. M.: Mashinostroenie, 1964. 324 p.

2. Litvin F.L. Theory of Gearing. NASA References Publication 212, AVSCOM Technical Report 88. Washington, D.C., 1989. p. 620

3. Rodin P. R. Osnovy formoobrazovaniia poverkhnostei rezaniem [Fundamentals of shaping surfaces by cutting]. Kiev: Vyshcha shkola, 1977. p. 191.

4. Shhegol'kov G.A. Stanki i instrument. 1993. №5. pp. 16-20.

5. Demakov D. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/979/.

6. Suslov A.G., Dal'skiy A.M. Nauchnye osnovy tekhnologii mashinostroeniya [Scientific fundamentals of engineering technology]. M.: Mashinostroenie, 2002. 684 p.

7. Balandin A.D., Tyagunova Z.V., Sanova L.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №2 (chast' 2). URL:ivdon.ru/magazine/archive/n2p2y2015/2922/



8. Ivanov Yu.V., Skorskaya Yu.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4.
URL:ivdon.ru/magazine/archive/n4y2018/5367/
9. Ivanov Yu.V., Skorskaya Yu.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №4.
URL:ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4527/
10. Bukinham E. How to evaluate the effect of spline misalignment. USA, Machinery. 1961. Vol.67, №12. p.120.