

**Приспособление для укатки ограночных дисков
при ультразвуковом воздействии**

Киселев М.Г., Минченя В.Т., Степаненко Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Ограночный диск представляет собой режущий инструмент в виде диска диаметром 300÷350 мм с алмазоносным поверхностным слоем, предназначенный для обработки кристаллов алмаза и других сверхтвердых материалов.

Для формирования алмазоносного слоя применяют метод шаржирования (укатки), основанный на механическом внедрении зерен алмазных частиц в поверхностный слой материала диска, и метод, основанный на гальваническом наращивании алмазных зерен на поверхности диска. Шаржирование (укатка) зерен нанесенного алмаза осуществляется с помощью конуса из твердого сплава или синтетического поликристаллического алмаза (балласа), закрепленного в цанге вращающейся головки приспособления для укатки. Укаточной головке сообщают движение подачи относительно поверхности диска в радиальном направлении, а диску и деформирующему инструменту – вращательное движение относительно их осей. Вращательное движение деформирующего инструмента позволяет обеспечить его равномерный износ. Ось укаточной головки составляет с поверхностью диска угол 75° . Процесс укатки сопровождается упруго-пластическими деформациями материала поверхностного слоя и может рассматриваться как разновидность процессов упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД). Как показывают исследования, эффективность процессов ППД может быть значительно повышена за счет применения акустической энергии. В частности, при сообщении деформирующему инструменту ультразвуковых колебаний значительно снижается сопротивление материала пластической деформации. Это явление объясняется акустическим разупрочнением материала, в основе которого лежит воздействие температурных полей, возникающих при высокочастотной деформации материала, на его пластические свойства. Интенсивное термическое воздействие приводит к локальному размягчению и оплавлению слоев деформируемого материала, что снижает его со-

противление деформации. Для исследования строения очага деформации при контактном взаимодействии деформирующего инструмента с поверхностью диска приведем описание геометрии контактной поверхности инструмента.

Любая точка образующей поверхности инструмента является параболической точкой, то есть точкой, в которой гауссова кривизна поверхности равна нулю, а одна из главных кривизн отлична от нуля [1]. Прилегающая поверхность в параболической точке с точностью до членов третьего порядка малости представляет собой параболический цилиндр, определяемый уравнением

$$z = y^2 / r,$$

где r – главный радиус кривизны.

Для определения главного радиуса кривизны рассмотрим вертикальное сечение поверхности инструмента, проведенное через точку C ее образующей, находящуюся на расстоянии x от вершины (рис. 1).

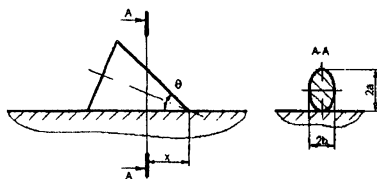


Рисунок 1

Так как данное сечение является главным нормальным сечением поверхности инструмента в точке C , то его радиус кривизны в вершине является главным радиусом кривизны поверхности. Если угол при вершине осевого сечения инструмента $\theta < 90^\circ$, то сечение представляет собой эллипс с вертикально ориентированной большой полуосью. При $\theta = 90^\circ$ сечение является параболой, а при $\theta > 90^\circ$ – гиперболой. Радиус кривизны эллипса в вершине большой полуоси определяется выражением

$$r = b^2 / a,$$

где a и b – соответственно большая и малая полуоси эллипса.

В рассматриваемом случае величина большой полуоси определяется выражением

$$a = x \cdot \operatorname{tg}(\theta)/2.$$

Для определения величины малой полуоси эллипса найдем положение его фокуса. Положение фокусов эллипса, определенного как множество точек пересечения секущей плоскости с поверхностью конуса, может быть определено путем построения так называемых шаров Данделена [2,3] (рис. 2).

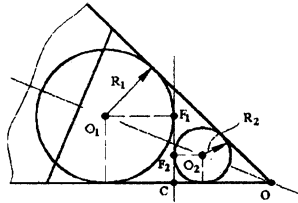


Рисунок 2

Шары Данделена представляют собой шары, вписанные в данный конус и касающиеся секущей плоскости. Можно показать, что точки касания шаров Данделена и секущей плоскости являются фокусами эллипса, а линии пересечения секущей плоскости и плоскостей, в которых лежат окружности касания шаров и конуса, – его директрисами. Данное утверждение справедливо и для других конических сечений (параболы и гиперболы). Различие состоит в том, что для эллипса шары Данделена заключены в одной полости конуса, для гиперболы – в различных полостях, а для параболы существует единственный шар Данделена.

Из треугольника OO_2C находим радиус шара R_2 :

$$R_2 + R_2 \operatorname{ctg}(\theta/2) = x, \text{ откуда}$$

$$R_2 = \frac{x}{1 + \operatorname{ctg}(\theta/2)}.$$

Расстояние от вершины эллипса до его фокуса

$$F_2C = R_2.$$

С другой стороны

$$F_2C = a - c,$$

где c – расстояние от центра эллипса до фокуса.

Таким образом, имеем

$$c = a - R_2 = \frac{x}{2} \operatorname{tg}(\theta) - \frac{x}{1 + \operatorname{ctg}(\theta/2)} = \frac{x \cdot \operatorname{ctg}(\theta/2)}{\operatorname{ctg}^2(\theta/2) - 1} - \frac{x}{1 + \operatorname{ctg}(\theta/2)} = \frac{x}{\operatorname{ctg}^2(\theta/2) - 1}$$

Полуоси эллипса связаны с расстоянием от вершины до фокуса соотношением

$$c^2 = a^2 - b^2, \text{ откуда}$$

$$b = \sqrt{a^2 - c^2} = \frac{x}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2(\theta/2) - 1}}.$$

Радиус кривизны эллипса в вершине

$$r = \frac{b^2}{a} = \frac{x^2}{\operatorname{ctg}^2(\theta/2) - 1} \cdot \frac{\operatorname{ctg}^2(\theta/2) - 1}{x \cdot \operatorname{ctg}(\theta/2)} = x \cdot \operatorname{tg}(\theta/2).$$

Аналогичные рассуждения, проведенные для случаев $\theta = 90^\circ$ и $\theta > 90^\circ$, показывают, что для любого значения угла при вершине осевого сечения инструмента радиус кривизны в вершине вертикального сечения его поверхности определяется выражением

$$r = x \cdot \operatorname{tg}(\theta/2).$$

Таким образом, поверхность деформирующего инструмента в малой окрестности точки касания его образующей с поверхностью диска с точностью до членов третьего порядка малости представляет собой параболический цилиндр и имеет главный радиус кривизны, пропорциональный расстоянию от точки касания до вершины инструмента, и нулевую гауссову кривизну. Выполненный расчет формы сечения деформирующего элемента позволяет рассмотреть кинематику процесса захвата абразивных зерен укаточным инструментом.

Литература

1. Математическая энциклопедия. В 5-и т. Т. 4. Ок-Сло / Гл. ред. И.М. Виноградов. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1982. – 1216 стб.
2. Математическая энциклопедия. В 5-и т. Т. 2. Д-Коо / Гл. ред. И.М. Виноградов. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1982. – 1104 стб.
3. Погорелов А.В. Аналитическая геометрия / А.В. Погорелов. 4-е изд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. – 208 с.