

8. Научное открытие (Диплом № 302) // Закономерность аддитивности водородного магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов / Г.С. Ивасышин. – М.: РАЕН., МАНОИИ, 2006.
9. Седов Л.И. Размышления о науке и ученых. – М.: Изд-во «Наука», 1980. – 440 с.
10. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. Ред. кол. Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Боровик-Романов и др. – М.: Советская энциклопедия, 1984. – 944с.
11. Физические эффекты в машиностроении: Справочник / В.А. Лукьянец, З.И. Алмазова, Н.П. Бурмистрова и др.; Под общ. ред. В.А. Лукьянца. – М.: Машиностроение, 1993. – 224 с.
12. Thiessen P.A., Meyer K., Heinicke G. Grundlagen der Tribochemie.– Berlin: Akademie-Verlag, 1967. – 267 s.
13. Бройль Луиде. По тропам науки. – М.: ИЛ, 1962. – 304 с.
14. Научное открытие (Диплом №392) // Закономерность изменения энтропии термодинамического последствия триботехнической системы / Г.С. Ивасышин, М.М. Радкевич, С.Г. Чулкин. – М.: РАЕН., МАНОИИ, 2010.

И.П. НИКИФОРОВ, П.Н. МАЛЬЦЕВ, Е.Н. ИВАНОВ

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ АБРАЗИВНЫХ ЗЁРЕН

Выполнен анализ простейших объемных геометрических фигур, традиционно принимаемых в качестве моделей отдельных абразивных зёрен. Показано, что наилучшие результаты наблюдаются при использовании конуса (в т.ч. с закругленной вершиной) и двуполостного гиперboloида вращения.

В ходе проводимых исследований могут решаться задачи различного характера – частные и общие. В области абразивных технологий это: определение величины шероховатости обработанной поверхности, достигаемой точности, величины износа абразивного зерна, объема снятого металла, геометрических параметров среза, величины остаточных напряжений, температуры в зоне контакта, силы резания, мощности, условий необходимых для образования стружки, рациональной структуры абразивного инструмента, упругих и прочностных свойств зерна и связки и пр.

Задачи такого плана решаются, в том числе, на основе моделирования взаимодействия абразивных зёрен (как единичных, так и в составе группы) с обрабатываемой поверхностью. Однако зерна, расположенные на поверхности шлифовального круга, имеет сложные неповторяющиеся геометрические формы неправильных многогранников с закругленными вершинами (рис. 1), математически точно описать которые не представляется возможным. Поэтому в качестве их моделей принимаются элементарные геометрические фигуры, как плоские, так и объемные. Из последних наиболее часто используются: эллипсоид (трехосный или вращения), шар (сфера), конус (в т.ч. с закругленной вершиной), многогранник (пирамида), параболоид вращения и двуполостной гиперboloид вращения.

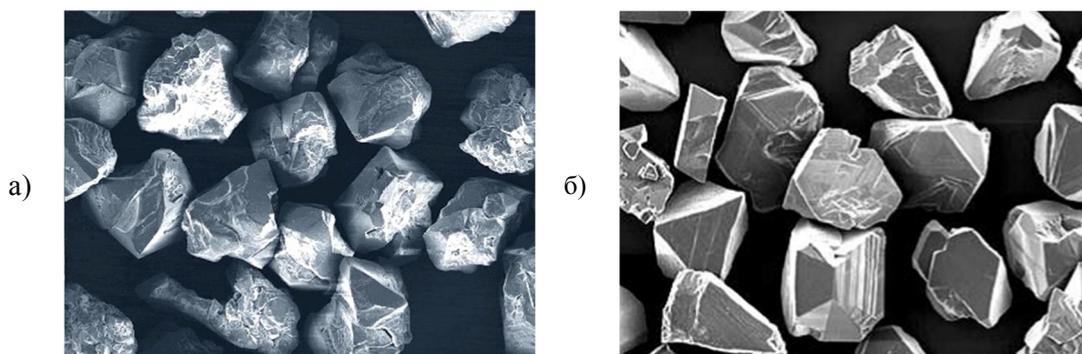


Рис. 1. Внешний вид абразивных зёрен:
а – алмазного порошка; б – кубического нитрида бора (КНБ)

В настоящее время отсутствуют критерии оптимального выбора тех или иных фигур в качестве моделей, и не выявлены области рационального использования каждой из них. В лучшем случае доказательством правильности использования отдельных фигур, применительно к конкретным условиям, исследователи считают удовлетворительное соответствие конечных результатов моделирования натурным испытаниям; либо в качестве доказательства принимается внешнее сходство формы абразивных зёрен с геометрической фигурой, например по параметру изометрии. По нашему мнению этого явно недостаточно, поскольку, во-первых: как правило, удовлетворительные результаты получаются в частных случаях, при конкретных условиях обработки; во-вторых: абразивное зерно контактирует с поверхностью заготовки и стружкой только своей вершиной, и в большинстве случаев нет необходимости рассматривать зерно как целостную фигуру.

Проведенные исследования показали, что одним из критериев оптимальности использования тех или иных геометрических фигур в качестве моделей абразивных зёрен может являться сечение режущего профиля. Статистически обобщив данные Д.Б. Ваксера [1], профессор В.К. Старков [2] предложил площадь сечения f режущего элемента абразивных зёрен связать с радиусом ρ их вершин, углом при вершине β и глубиной h внедрения зерна в тело заготовки:

$$f = 3,059h^{1,489}\rho^{0,599}\beta^{-0,081} \quad (1)$$

В развитие этой идеи нами выполнен сравнительный анализ основных геометрических фигур по величине площади их поперечного сечения с учетом возможной глубины внедрения в обрабатываемую поверхность. Удовлетворительными считались результаты, если отклонение площадей сечения зёрен-моделей от площадей натуральных зёрен не превышало $\pm 20\%$.

Расчёты показали, что параболоид вращения и сферу (с учётом выше принятого критерия) в качестве моделей абразивных зёрен использовать нецелесообразно. Это означает, что линии их контуров существенно отличаются от формы вершин реальных зёрен. Эллипсоид вращения предварительно должен быть привязан ко всему зерну с учетом изометрии последнего, и также не приводит к удовлетворительным результатам (зоны рационального применения практически отсутствуют).

В отличие от перечисленных фигур, конус с закругленной вершиной, острый конус и двуполостной гиперболоид вращения применять в качестве моделей является более обоснованным. Области рационального использования данных фигур в координатах «радиус вершины»-«угол при вершине», в зависимости от глубины внедрения зерна показаны на рис. 2. Из графиков следует, что эти области (для всех фигур) расширяются с увеличением глубины внедрения абразивного зерна в тело заготовки.

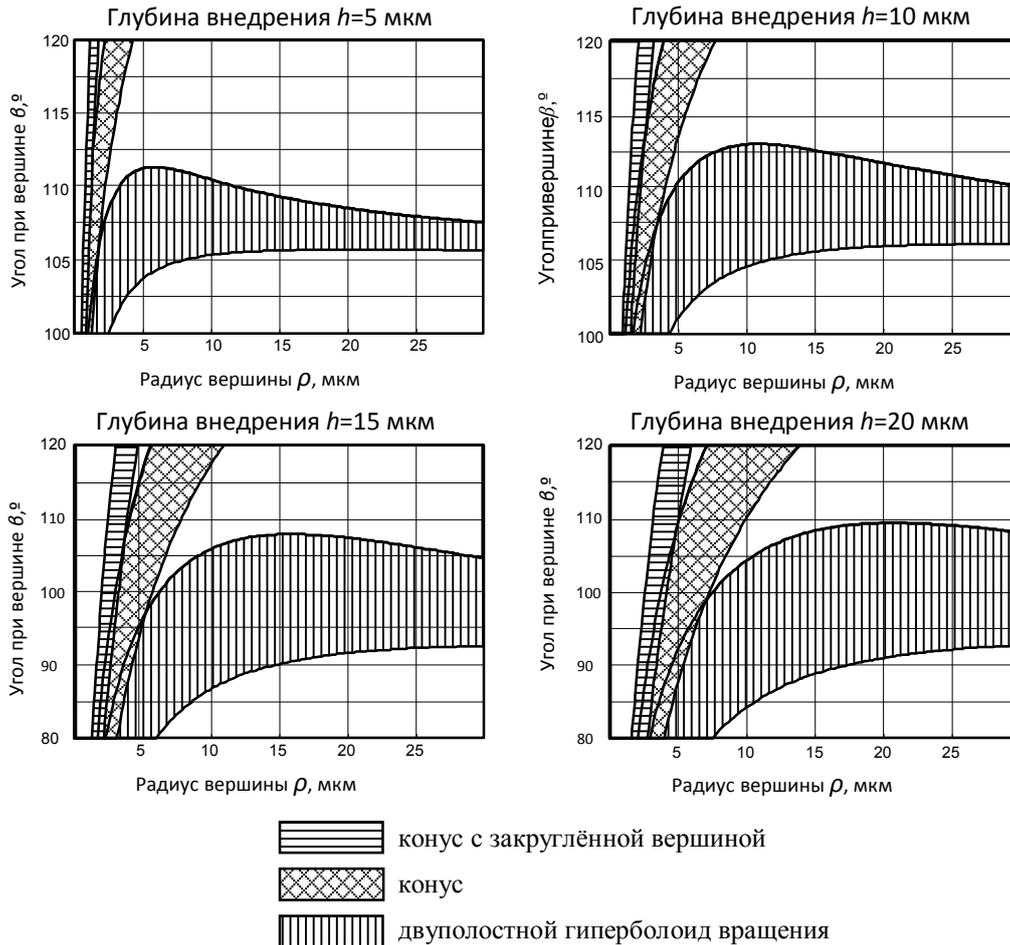


Рис. 2. Области рационального использования простейших геометрических фигур в качестве моделей абразивных зёрен, в зависимости от глубины внедрения зерна

Далее, на области рационального использования простейших геометрических фигур, используемых в качестве моделей, были нанесены зоны, соответствующие усредненным геометрическим параметрам реальных зёрен различной зернистости (рис. 3). На базе этого, и с использованием методов анализа и синтеза, были сформированы более детальные рекомендации о целесообразности использования отдельных фигур. Так, конус с закруглением может быть использован для моделирования микропорошков (M14...M28), имеющих радиус вершины $\rho \approx 2...4$ мкм; острый конус – для микропорошков (M40...M63) и шлифпорошков зернистостью 4...12, с радиусом $\rho \approx 3...10$ мкм. Двуполостной гиперболоид имеет более обширные области рационального использования. Его рекомендуется использовать в качестве моделей не только микропорошков и шлифпорошков, но и шлифовальных зёрен (зернистостью 16...40 и более). Наилучшие совпадения по площадям поперечных сечений наблюдаются при $\rho \approx 5...30$ мкм, когда угол при вершине $\beta \approx 90...100^\circ$ (для любых величин внедрения зерна в заготовку).

В пользу двуполостного гиперболоида говорит и тот факт, что данная фигура хорошо «привязывается» к геометрии абразивного зерна: телесный угол асимптотического конуса рационально принять равным углу при вершине зерна, а радиус вершины гиперболоида – радиусу вершины зерна. Проведенные исследования позволили выявить и иные преимущества при использовании гиперболоида. Они касаются полученных условий стружкообразования и объёма снимаемой стружки единичным абразивным зерном, с учетом процессов упругопластической деформации [3]. На основании этого разработаны номограммы, позволяющие определить конечное явление («резание» или «деформация») в зоне фрикционного взаимодействия единичного

абразивного зерна с обрабатываемой поверхностью с учётом коэффициента внешнего трения и усадки стружки, влияющих на положение линии режущей кромки.

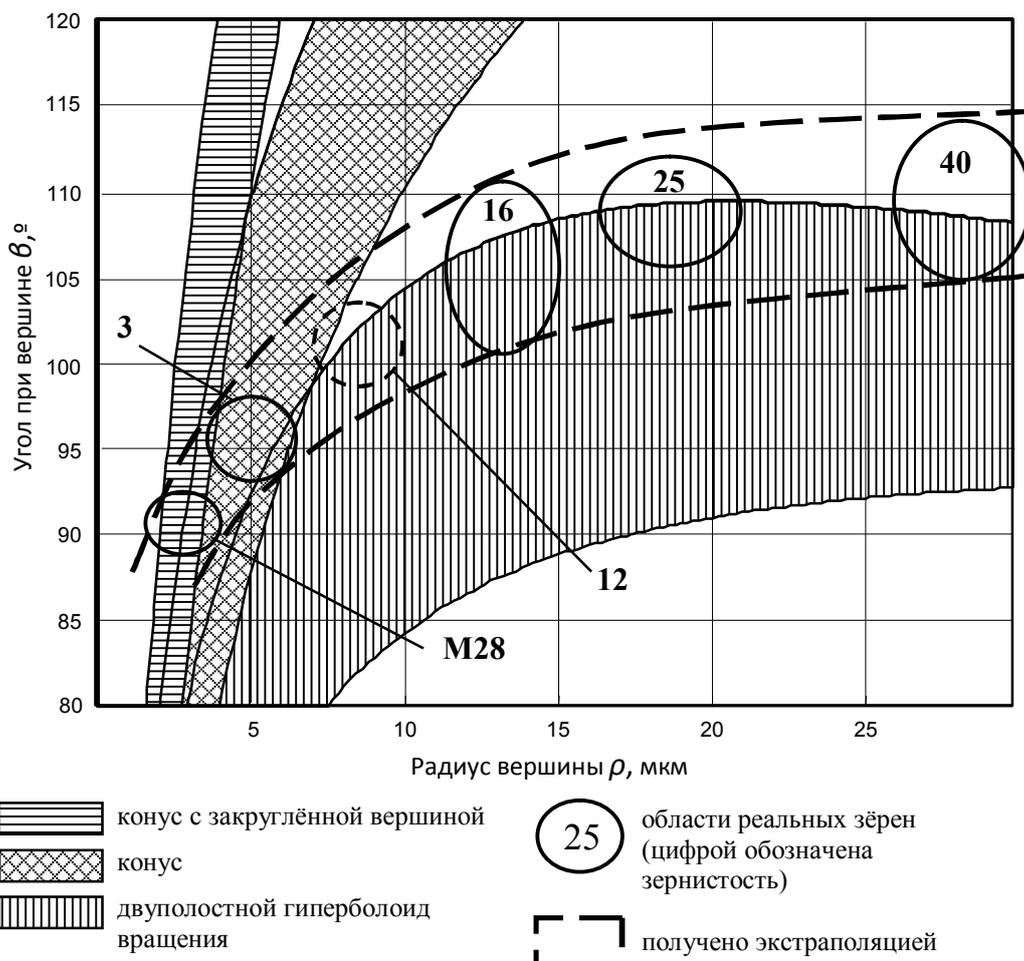


Рис. 3. Усредненные геометрические параметры абразивных зёрен и области рационального использования геометрических фигур (глубина внедрения зерна $h=20$ мкм)

ВЫВОДЫ:

1. Если в качестве критерия соответствия модели оригиналу принять сечение срезаемого слоя, то шар (сферу), эллипсоид и параболоид вращения использовать в качестве моделей абразивных зёрен нецелесообразно.

2. Конус с закругленной вершиной, острый конус и двуполостной гиперboloид вращения имеют вполне конкретные области их рационального применения в качестве моделей абразивных зёрен, площадь которых увеличивается с увеличением глубины внедрения зерна в тело заготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваксер Д.Б. Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании / Д.Б. Ваксер. – М. ; Л.: Машиностроение, 1964. – 123 с.
2. Старков В.К. Шлифование высокопористыми кругами / В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 2007. – 688 с.
3. Никифоров И.П. Определение объёма металла, снимаемого единичным абразивным зерном при плоском шлифовании / И.П. Никифоров, В.К. Кошмак, Н.Ф. Кудрявцева // Труды ППИ. – Сер. «Машиностроение». Электропривод. – №11.3, 2008. – С. 218–222.