

УДК 621.922.34

М. Н. Шейко*, В. Н. Скок, О. О. Пасичный

Ин-т сверхтвердых материалов

им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

*max-kiiev@i.ua

**Форма зерен как фактор, определяющий
параметры алмазно-гальванического
покрытия правящего инструмента.**

**Сообщение 2. Фактическая площадь контакта
зерен с графитовой формой и смежные
характеристики как исходные для расчета
режимов нанесения алмазно-
гальванического покрытия методом
гальванопластики**

Приведены экспериментально установленные данные фактической площади контакта зерен с графитовой формой, используемой в технологии нанесения алмазно-гальванического покрытия правящего инструмента методом гальванопластики. Также приведены результаты определения максимального сечения алмазных зерен порошков различных зернистостей, удельного числа зерен на поверхности, их ориентации, которые необходимы для расчета площади свободной поверхности осаждаемого никеля, а следовательно, скорости и времени осаждения, а также конечной толщины алмазно-гальванического покрытия.

Ключевые слова: алмазно-гальваническое покрытие, алмазный порошок, правящий инструмент, технология гальванопластики.

Технология нанесения алмазно-гальванического покрытия (АГП) методом гальванопластики [1] подразумевает электрогальваническое закрепление алмазных зерен в один слой на графитовой форме, поверхность которой обратна к формируемой рабочей поверхности правящего инструмента. Практика изготовления такого инструмента, прежде всего алмазных роликов, связана с расширением диапазона зернистостей и марок алмазного шлифпорошка. Соответствующая корректировка и модификация режимов осаждения никеля – основы для нанесения АГП – невозможны без знания закономерности изменения площади свободной поверхности осаждения, которая сокращается по сравнению с номинальной площадью формы: вначале за счет площади контакта с формой закрепленных алмазных неэлектропроводных зерен, затем за счет площади сечений зерен на соответствующей высоте.

Целью настоящей работы является определение фактической площади контакта алмазных зерен с графитовой формой и максимальной площади сечения зерен в плоскости, эквидистантной поверхности формы; определение удельного числа зерен, базирующихся на поверхности своей гранью или ребром.

© М. Н. ШЕЙКО, В. Н. СКОК, О. О. ПАСИЧНЫЙ, 2016

Для определения фактической площади контакта алмазные порошки АС100...АС200Т каждой зернистости в диапазоне от 250/200 до 800/630 предварительно закрепляли методом засыпки на смазанную клеем поверхность стеклянных пластин размером 110×20×3 мм (а не графитовой формы). Все остальное – характер засыпки, состав клея, режим последующей сушки и полимеризации – соответствовало существующей технологии нанесения АГП методом гальванопластики. Смоченная клеем грань (или ребро) алмазного зерна давали визуально четко различимые пятна контакта. А оптическая прозрачность пластин позволяла наблюдать и делать фотоснимки в отраженном свете этих пятен с обратной от нанесенного слоя стороны пластины. Для съемки использовали микроскопы МБС-9 и Neophot-2. Характерное поле зрения, в рамках которого определяли размер зерна, составляло от 2×2 мм для зернистости 250/200 до 5×5 мм для зернистости 630/500 и выше.

Для фиксации максимальных сечений алмазных зерен (или очень близких к ним по величине проекций на плоскость) делали фотоснимки стеклянных пластин с закрепленным алмазным порошком в проходящем свете на микроскопе МБС-9. На рис. 1 представлены характерные снимки одного и того же участка закрепленного алмазного порошка с обратной стороны пластины в отраженном и проходящем свете: в отраженном свете видны пятна фактического контакта с подложкой, в проходящем свете четко отражены проекции зерна на поверхность. Показательно, что контакт зерен с подложкой осуществлялся не только по граням кристалла алмаза, но, хотя и реже, по ребрам и даже вершинам.

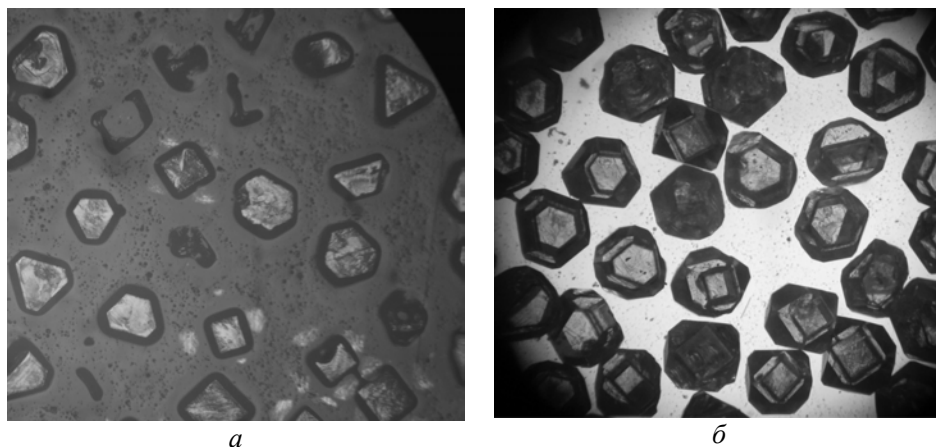


Рис. 1. Алмазные зерна, закрепленные клеевой пленкой, в отраженном (а) и проходящем (б) свете.

Снимки обрабатывали (как в отраженном, так и проходящем свете) прорисовкой контуров пятен контакта зерен и их проекций с последующим измерением площадей методами АСАD с согласованием масштабов. Кроме того, подсчитывали число зерен на поверхности как общее, так и контактирующих гранью или ребром. Для каждой из зернистостей вычисляли среднее значение как фактической площади контакта F , так и площади максимального сечения S . Результаты представлены в табл. 1 и на рис. 2. Анализ данных позволяет констатировать, что приведенная площадь контакта F/d^2 (d – размер ячейки верхнего сита), т. е. средняя площадь контакта зерна, приведенная к единице площади верхнего сита, – величина постоянная, не зависящая

от зернистости по крайней мере для указанного диапазона. Подобное можно утверждать и о приведенной площади максимального сечения S/d^2 . Отношение приведенных площадей дает отношения площадей контакта подложки с зерном и его максимального сечения

$$\mu = \frac{F}{S} = \frac{F/d^2}{S/d^2}. \quad (1)$$

Эта величина (см. табл. 1) составляет $0,28/0,81 = 0,35$.

Таблица 1. Площади контакта с подложкой и максимального сечения зерен алмазного порошка марок АС100...АС200Т и их приведенные величины, усредненные для каждой зернистости

| Зернистость | d , мм | F , мм ² | F/d^2 | S , мм | S/d^2 |
|-------------|----------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|
| 250/200 | 0,250 | 0,024±0,004 | 0,38±0,07 | 0,052±0,004 | 0,83±0,07 |
| 315/250 | 0,315 | 0,027±0,004 | 0,27±0,05 | 0,077±0,004 | 0,78±0,04 |
| 400/315 | 0,400 | 0,050±0,009 | 0,31±0,06 | 0,150±0,008 | 0,94±0,05 |
| 500/400 | 0,500 | 0,070±0,013 | 0,28±0,06 | 0,217±0,010 | 0,87±0,04 |
| 630/500 | 0,630 | 0,076±0,009 | 0,19±0,03 | 0,283±0,010 | 0,71±0,03 |
| 800/630 | 0,800 | 0,165±0,039 | 0,26±0,06 | 0,48±0,04 | 0,75±0,07 |
| | | | Среднее | | Среднее |
| | | | 0,28 | | 0,81 |

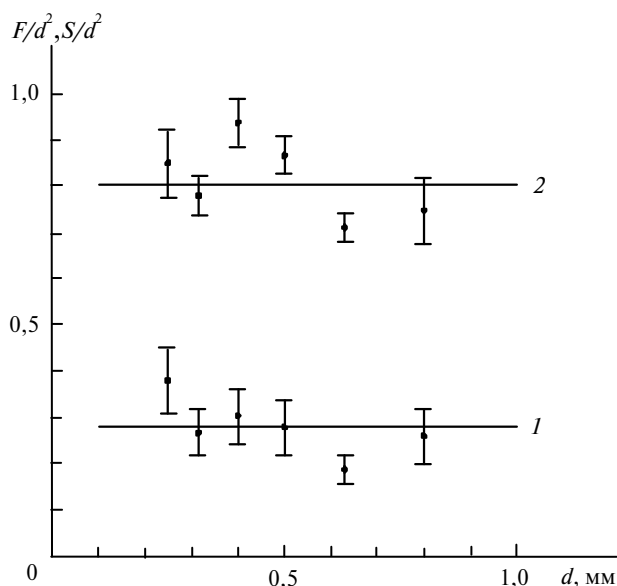


Рис. 2. Приведенные площади контакта с подложкой F/d^2 (1) алмазных зерен и их максимального сечения S/d^2 (2) для различных зернистостей.

Вторая группа параметров, которые определяли экспериментально, это удельное число алмазных зерен n_c на поверхности подложки, а также число зерен, контактирующих гранью кристалла. Параметр n_c и его максимально возможное значение $(n_c)_{\max}$ подробно рассмотрены в [2], а в настоящей работе подсчитана доля G контактирующих гранью зерен относительно $(n_c)_{\max}$

(табл. 2). Графическое представление (рис. 3) этих данных для порошков разных зернистостей указывает на связь доли зерен, контактирующих гранью, с зернистостью. Для крупнозернистых порошков эта доля возрастает. Это может быть объяснено более устойчивым положением зерна, лежащего на грани, когда его центр массы лежит ниже, минимизируя потенциальную энергию поля гравитации. Для более мелких и легких алмазов адгезионные силы клеевой пленки могут удерживать зерно на ребре, в то время как момента силы тяжести не достаточно для опрокидывания его на грань. Указанная экспериментальная зависимость (см. рис. 3) хорошо аппроксимируется экспоненциальной функцией

$$G = 1 - e^{-2,22d}, \quad (2)$$

которая, кроме того, за пределами интервала изменения d дает естественные, с физической точки зрения, результаты. При $d \rightarrow 0$ G также стремится к нулю, т. е. для сверхлегкого зерна адгезионные силы при его базировании на подложке превалируют над гравитационными, и исход упасть на клеевую поверхность гранью равновероятен исходу приклеится произвольной точкой, число которых бесконечно, а вероятность равна нулю. С другой стороны, при $d \rightarrow \infty$ $G \rightarrow 1$, т. е. для тяжелого зерна адгезионные силы несутся в сравнении со стремлением минимизировать высоту центра тяжести, и зерно с достоверностью переворачивается на грань.

Таблица 2. Удельное число алмазных зерен n_c , доля G контактирующих гранью зерен относительно $(n_c)_{\max}$ и приведенная высота зерен h/d для алмазных порошков марок AC100...AC200T

| Зернистость | d , мм | n_c , мм ⁻² | $\frac{n_c}{(n_c)_{\max}}$ | G | h/d |
|-------------|----------|--------------------------|----------------------------|------|-----------|
| 250/200 | 0,250 | 11,3 | 0,72 | 0,48 | – |
| 315/250 | 0,315 | 7,2 | 0,74 | 0,65 | 0,92±0,06 |
| 400/315 | 0,400 | 4,4 | 0,72 | 0,59 | 0,97±0,07 |
| 500/400 | 0,500 | 2,9 | 0,74 | 0,58 | – |
| 630/500 | 0,630 | 2,38 | 0,95 | 0,76 | 0,90±0,04 |
| 800/630 | 0,800 | 1,45 | 0,95 | 0,77 | 0,93±0,05 |

Третий параметр, установленный в эксперименте, это высота h зерна, лежащего на одной из своих граней. По существу, это расстояние между двумя параллельными гранями кристалла алмаза. Параметр h получен прямым измерением на микроскопе МБС-9 высоты всех зерен, расположенных на краю стеклянной пластины и попавших в поле зрения. В этом случае пластину ориентировали алмазным слоем вдоль оптической оси микроскопа, т. е. алмазные зерна рассматривали “в профиль”. В табл. 2 представлены усредненные в диапазоне каждой зернистости и приведенные к единице длины ячейки верхнего сита значения высоты алмазных зерен – h/d . Графическая форма представления этих данных (рис. 3) позволяет утверждать, что в пределах ошибки измерений приведенная высота h/d не зависит от зернистости и составляет 0,9, т. е. h меньше размера ячейки верхнего сита d .

Отсюда становится понятнее закономерность изменения толщины алмазного слоя, описанная в предыдущем сообщении [3], а именно – приведенная

толщина d/d слоя алмазных порошков крупных зернистостей стремится к 0,9, а мелких зернистостей – к 1,1. Действительно, крупные алмазы лежат на грани и имеют малую высоту $h = 0,9d$. Толщина же слоя алмазных порошков мелкой зернистости определяется высотой лежащих на ребрах (и даже вершинах!) зерен, поэтому толщина больше $0,9d$ и даже d .

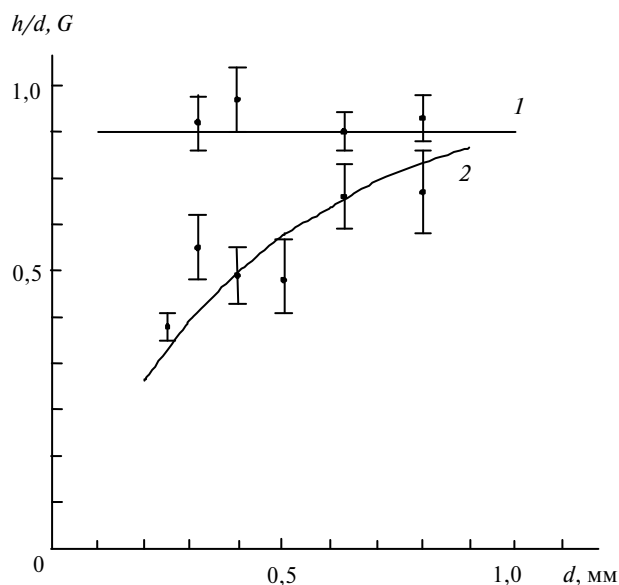


Рис. 3. Приведенная высота алмазных зерен h/d (1) и доля зерен G (2), контактирующих с подложкой гранью, относительно их максимального удельного числа $(n_c)_{\max}$.

Полученные результаты могут быть использованы для расчета площади свободной поверхности осаждаемого никеля, следовательно – скорости, времени и конечной толщины АГП и, кроме того, представляют непосредственный интерес для изучения морфологии зерен алмазных порошков различных марок и зернистостей.

Авторы признательны С. Н. Назарчуку за помощь, оказанную в работе на микроскопе Neophot-2.

Наведено експериментально встановлені дані фактичної площі контакту зерен з графітової формою, що використовують в технології нанесення алмазно-гальванічного покриття правлячого інструменту методом гальванопластики. Також наведено результати визначення максимального перетину алмазних зерен порошків різних зернистостей, питомої кількості зерен на поверхні, їх орієнтації, що необхідні для розрахунку площі вільної поверхні осаджуваного нікелю, а отже, швидкості, часу і кінцевої товщини алмазно-гальванічного покриття.

Ключові слова: алмазно-гальванічне покриття, алмазний порошок, правлячий інструмент, технологія гальванопластики.

The paper gives experimental data on the actual contact area between grains and the graphite form used in the process of deposition of a diamond coating onto a dressing tool by the electroforming method. Also, the authors provide the results of determination of the maximum section of diamond grains in the powders of different grain sizes, the specific number of grains on the surface and their orientation – the data needed for the calculation of the free surface area of nickel being deposited, and thus the deposition rate and time as well as the final thickness of the diamond electroplated coating.

Keywords: *diamond electroplated coating, diamond powder, dressing tool, electroforming process.*

1. Коломиец В. В., Полупан Б. И., Химач О. В. Алмазный инструмент фасонного профиля. – К.: Наук. думка, 1992. – 176 с.
2. Шейко М. Н., Скок В. Н., Лубнин А. Г. Основные характеристики абразивно-алмазного слоя правящих инструментов // Сверхтв. материалы. – 2007. – № 4. – С. 75–78.
3. Шейко М. Н., Скок В. Н. Форма зерен как фактор, определяющий параметры алмазно-гальванического покрытия правящего инструмента. Сообщение 1. Величина занижения корпуса инструмента под нанесение алмазно-гальванического покрытия методом гальваностегии // Там же. – 2015. – № 6. – С. 86–88.

Поступила 03.03.15