

Исследование анизотропии износа синтетического алмаза в процессе механической обработки.

С.А. Терентьев¹, М.А. Доронин¹

¹ФГБНУ «Технологический институт сверхтвердых новых и углеродных материалов»

Алмаз является одним из самых труднообрабатываемых материалов. Прочные ковалентные связи между атомами, плотность структуры кристаллической решетки определяют высокую твердость алмаза. Разная плотность плоских сеток (кристаллографических плоскостей) приводит к анизотропии твердости граней кристалла, более плотные плоские сетки имеют большую твердость. Экспериментальные данные указывают на следующее убывание твердости семейств граней: $\{111\} > \{110\} > \{100\}$ [1]. Анизотропия твердости существует и в пределах одной грани [2], образуя так называемые «твердые» и «мягкие» направления, соответствующие минимальной и максимальной интенсивности изнашивания при обработке алмаза.

Вопросы алмазообработки всегда являются актуальными - появляются новые изделия из алмазов, обладающие рядом параметров, требования к которым повышаются из года в год, например, шероховатость поверхности (R_z , R_a). Для соответствия требованиям современных изделий из алмаза существует множество методов обработки: механический, механохимический, термохимический, метод динамического трения и др. [3-5]. В этих методах задействованы разные подходы к обработке материала, но все они в основном направлены на достижение наименьшей шероховатости (R_z , R_a) и/или наибольшей интенсивности изнашивания алмазного материала.

В представленной работе проведено исследование традиционной механической обработки синтетического алмаза. Рассмотрено изменение интенсивности изнашивания при обработке алмаза в разных плоскостях и по разным направлениям (рис. 1). Подробно изучены направления с максимальной и минимальной интенсивностями, которые являются «мягкими» и «твердыми» направлениями исследуемой плоскости. В вышеназванных направлениях произведены оценка качества получаемой поверхности алмаза разными методами: с помощью оптической микроскопии, сканирующей зондовой микроскопии. В числе измеренных показателей входит и температура нагрева держателя образца, которая непосредственно зависит от интенсивности изнашивания алмаза.

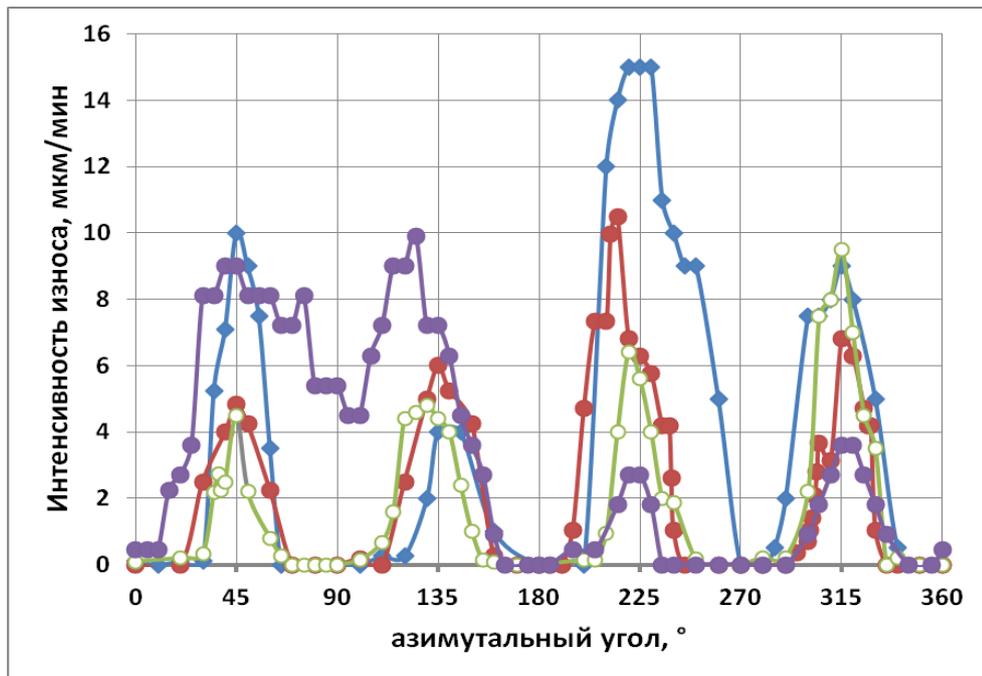


Рис.1. График зависимости интенсивности износа от азимутального угла: линией зеленого цвета обозначены показатели начальной плоскости {100}; красной – {1140} (2° от {100}); синей - {1,1,15} (5° от {100}); фиолетовой – {117} (11° от {100}).

В экспериментальной части работы были обработаны механическим способом образцы синтетического алмаза полученного методом HPHT, не содержащего металлических включений, имеющих одинаковые линейные размеры.

Процесс шлифования осуществлялся на чугунных кругах, шаржированных алмазным порошком марки АСМ 10/7. Для точного изменения азимутального угла в плоскости обработки была применена автоматическая система шлифования Dialit Super Table, погрешность которой составляет 0,5°. Для контроля отклонения от плоскости шлифования был применен метод рентгеноструктурного анализа Лауэ, который позволил точно (до 0,5°) ориентировать кристаллографическую плоскость, подвергаемую обработке.

На процесс обработки влияет множество факторов: площадь обрабатываемого алмазного образца, состояние обрабатываемого круга (чистота поверхности, степень овализации абразива, его температура), зернистость алмазного порошка, нагрузка на образец, температура нагрева, кристаллографическое направление обработки. Во время проведения эксперимента важно обеспечить условия постоянства этих факторов за исключением кристаллографического направления, на изучение которого и направлен эксперимент, и температуры, которая будет изменяться независимо от других факторов. Для того чтобы исключить влияние состояния обрабатываемого круга, необходимо перед замером контрольного образца, производить замеры образца-эталона, по интенсивности шлифования которого можно сделать выводы об изменении состояния круга и, как следствие, ввести корректирующие коэффициенты.

Соблюдая все эти условия, были проведены экспериментальные измерения, результатом которых стали показатели интенсивности износа в разных положениях шлифования, которые определялись азимутальным углом от начального кристаллографического направления ($\langle 110 \rangle$). Интенсивность износа определялась по формуле:

$$J_h = (h_0 - h_1) / t, \text{ где}$$

h_0 – начальная толщина образца, h_1 – толщина после обработки, t – время обработки в данном положении.

После проведения серии измерений была получена зависимость интенсивности изнашивания алмаза от азимутального угла поворота или кристаллографического направления в разных плоскостях, которая изображена на графиках на рис. 1. Начиная от $\{100\}$, образец наклоняли в сторону плоскости $\{111\}$.

Проанализировав результаты исследования можно сказать, что традиционная механическая обработка является эффективным методом обработки по показателям интенсивности изнашивания алмазного материала (рис.1) и позволяет достигать необходимого для современных изделий качества поверхности (рис. 2).

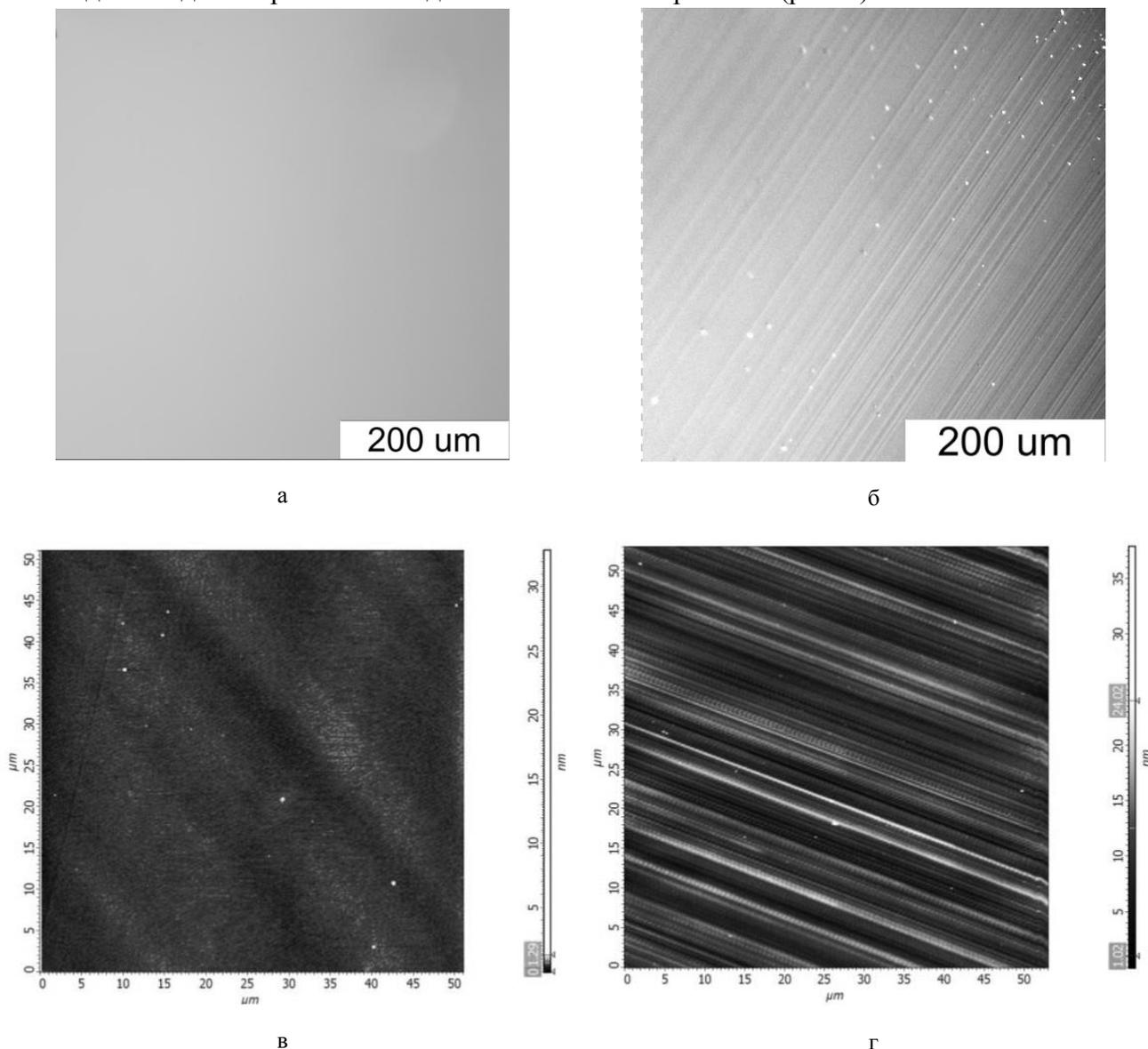


Рис. 2. Поверхность алмаза после обработки: а – «твердое» направление; б – «мягкое» направление (а и б - снимок с микроскопа Olympus VX51); в - «твердое» направление; г - «мягкое» направление (в и г – измерения среднеарифметической шероховатости с помощью сканирующего зондового микроскопа Ntegra Prima)

В процессе обработки важно знать кристаллографическую плоскость и направление алмазной заготовки. Интенсивность износа зависит от взаимного расположения атомов в структуре алмаза. Из графика, изображенного на рис.1 видно, что в плоскости $\{117\}$, имеющей большее отклонение от $\{100\}$, интенсивнее происходит сьем по направлению наклона к $\{111\}$ (угол от 45 до 135° от начального положения). В данной

плоскости «мягкие» направления заметно отличаются по показателям интенсивности износа.

Для достижения наибольшей эффективности съема необходимо ориентировать заготовку в «мягких» направлениях, для полировки с получением высокого качества поверхности – в «твердых». Это требование не всегда возможно выполнить, не зная морфологии кристалла алмаза, альтернативным вариантом ориентирования выступает анализ температуры: определив максимумы и минимумы температуры, становится возможным установление «мягкого» и «твердого» направления обработки (рис.3).

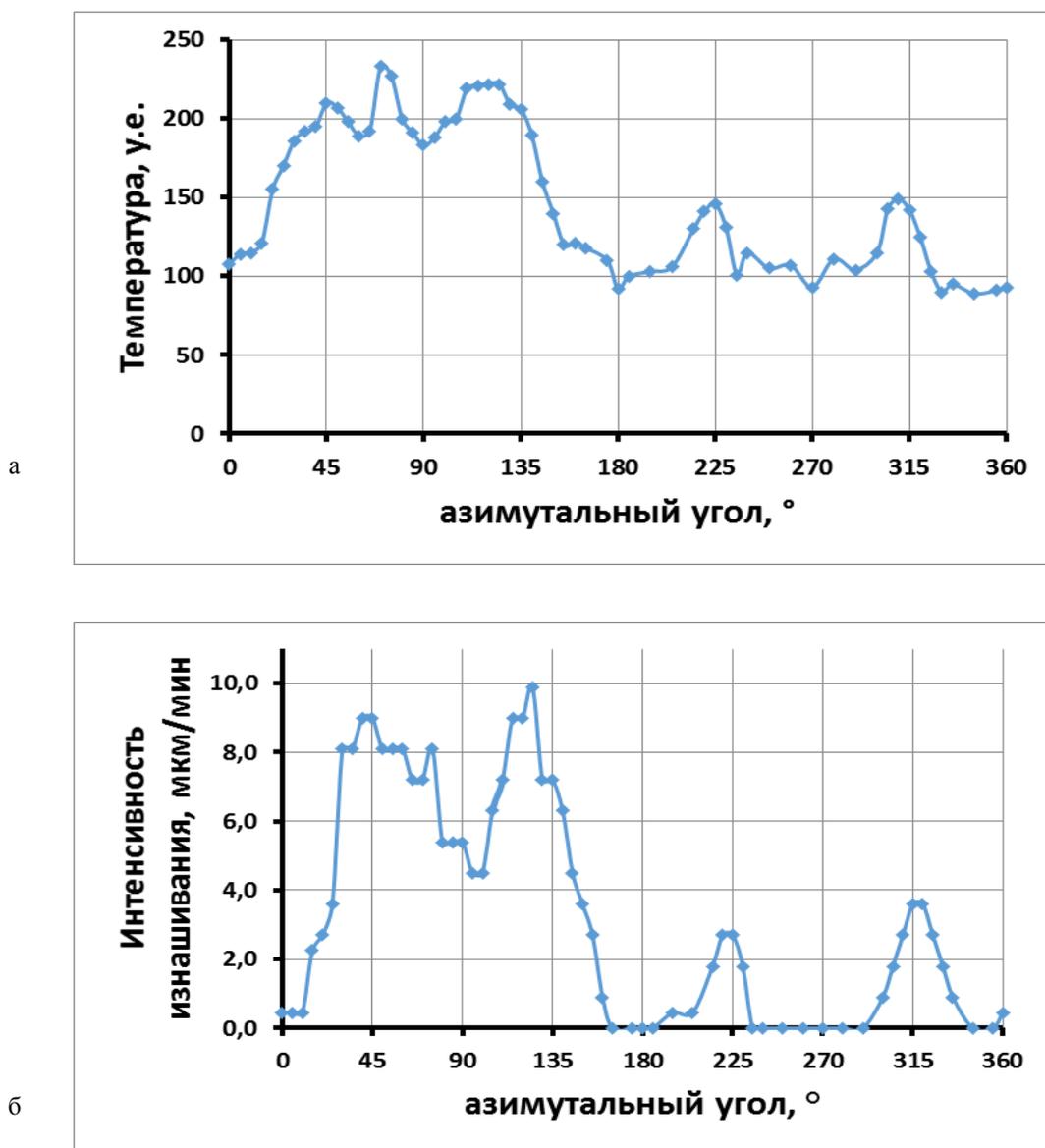


Рис.3. Графики зависимостей: а – температуры от азимутального угла поворота; б – интенсивности изнашивания от азимутального угла поворота (измерения проведены для синтетического алмаза Па типа в плоскости {117})

Литература

1. Поляков В.П., Ножкина, Н.В. Чириков Алмазы и сверхтвердые материалы: учебное пособие для вузов/. – М.: Металлургия, 1990. – 327 с.
2. Шафрановский И.И. Алмазы. – М. – Л.: Наука, 1964, 174 с.
3. Malshe A.P., Park B.S., Brown W.D., Naseem H.A. A review of techniques for polishing and planarizing chemically vapor-deposited (CVD) diamond films and substrates// *Diamond and Related Materials*. 1999. V.8, P 1198-1213.
4. Thomas Schuelke, Timothy A. Grotjohn Diamond polishing// *Diamond and Related Materials*. 2013. V. 32, P 17-26
5. *Polishing of Diamond Materials/* ed. by Yiqing Chen, Liangchi Zhang. Springer-Verlag London, 2013.