

*Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации:  
Сб. науч. тр. XII-ой междунар. науч.-техн. конф. 19-20 мар. 2015 г., г. Курск, т. 1,  
с. 389-393*

---

## **МЕСТО И ОПЫТ СОХРАНЕНИЯ ДОКОНСОЛИДАЦИОННОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ИЗНОСОЗАЩИТЫ АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН ИХ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ В ЗАДАЧАХ АЛМАЗНО-ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ**

*Гуцаленко Юрий Григорьевич, старший научный сотрудник  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

Алмазно-искровое шлифование (АИШ) кругами на высокопрочных металлических связках изначально и доныне [01] ориентировано на надежное алмазоудержание связкой выступающих над ее уровнем зерен, с управляемым обновлением режущего рельефа, исходя из максимального использования уникального рабочего потенциала сверхтвердых абразивов.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования влияния степени износа и обновления режущего рельефа алмазного круга на устойчивость процесса и параметры операций АИШ указывают на определяющее влияние исходного размера, геометрии, прочности, износостойкости сверхтвердых зерен алмазно-металлической композиции инструмента на его потенциальную работоспособность, интенсивность и ресурс рабочей эксплуатации. Поэтому проблематика сохранности синтезированных алмазных зерен в доэксплуатационный отрезок их жизненного цикла и поверхностной износозащиты является безусловно актуальной.

Разработкам в этом направлении посвящена значительная часть выполненного в НТУ «ХПИ» диссертационного исследования [02]. Материалы этого исследования содержат, в частности, научно-технические предпосылки и аргументацию нанесения на алмазные зерна металлопокрытия, дополненного наноалмазной составляющей; специально разработанную методику химического осаждения на зерна синтетических алмазов никелевых покрытий с наноалмазными включениями; методику трехмерного конечно-элементного моделирования процесса спекания рабочей части шлифовальных кругов, содержащей алмазные зерна с износостойким металлопокрытием, и алмазного шлифования такими инструментами; рекомендации по металлопокрытию зерен алмазных шлифпорошков перед спеканием в алмазно-металлическую композицию рабочей части инструмента; данные о возможности этого спекания металлопокрытых алмазных зерен без разрушения и разработку практической технологии износостойкой металлизации алмазных зерен с введением ультрадисперсных детонационных наноалмазов. Методически и практически рассматриваемая часть работы [02] в значительной степени опирается на развитие предшествующего опыта НТУ «ХПИ», в особенности заключенного в материалах диссертационных исследований,

выполненных на кафедрах интегрированных технологий машиностроения [03] и химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии [04].

Исходя из известной вследствие разрушений при спекании размерной реструктуризации зерен алмазного шлифпорошка в обычной практике изготовления алмазных кругов на металлической связке М2-01, наиболее употребляемой в инструментах АИШ, специальное внимание в выполненных исследованиях в этом направлении уделено использованию других связок, в особенности керамических [02]. Повышенный интерес к оптимизации изготовления шлифовальных кругов на керамических связках связан, в частности, с установлением общих особенностей формирования улучшенных структур токопроводной керамики при ее спекании по методу SPS (с прямым токоподводом) и ее шлифовании по методу АИШ [05].

Ролевая активизация режущих алмазных зерен в электрическом контакте шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой в связи с их металлопокрытием соответствует успешно апробированной концепции АИШ с введением в зону резания дополнительной энергии постоянного электрического тока [06], причем с мягкими электрическими режимами возбуждения электрических разрядов по механизму скользящих электрических контактов [07].

Введение сверхтвердой составляющей в виде детонационных наноалмазов (ДНА) в состав металлопокрытия алмазных зерен инструментов АИШ открывает новые перспективы в повышении ресурса шлифовальных кругов и технологических возможностей метода.

Ко времени первой публикации (1988 г., [08]), раскрывающей суть четвертьвекового освоения в СССР метода получения ДНА, от первого опыта взрывного синтеза ДНА в 1963 году, осуществленного российскими учеными-газодинамиками К. В. Волковым, В. В. Даниленко и В. И. Елиным из ВНИИТФ в наукограде Снежинск Челябинской области (Челябинск-70), на базе НПО «Алтай» уже существовало их промышленное производство, ежегодный объем которого составлял около 10 млн. карат [09]. В Украине самостоятельный пионерский синтез ДНА осуществлен в Институте проблем материаловедения (г. Киев) под руководством академика В. И. Трефилова [10]. Промышленное производство ДНА с 1992 года организовано в ЗАО «Алит» (г. Житомир) [11]. Производством ДНА в г. Харькове с использованием оригинальной технологии синтеза и химической очистки занимается ООО НПП «SintA» [12].

В исследовании [13] впервые установлено, что ДНА имеют тетрагональную кристаллическую решетку с параметрами  $a = 0,3585$  нм и  $c = 0,345$  нм, а морфологические образцы, полученные данным способом, представляют собой полые газонаполненные сферы частиц алмаза со

средним внутренним радиусом оболочки 1,894 нм и с внешним 2,547 нм. Эти частицы, размером до 4-6 нм, кристаллизуются в алмазную фазу, одновременно спекаясь, образуя вторичную фрактальную структуру. При этом в процессе кристаллизации внутри частиц формируются газонаполненные полости.

Взаимодействие с газовой средой взрывной камеры приводит к окислению поверхностных атомов углерода. Источниками газовой выделенной ДНА являются внутренние и межчастичные закрытые полости и окисленные атомы углерода. Конечный продукт содержит углерод (от 84,0 до 89,0 масс. %), водород (от 0,3 до 1,1 масс. %), азот (от 3,1 до 4,3 масс. %), кислород (от 2,0 до 7,1 масс. % [09]).

Можно предположить, что при АИШ (например, с организацией токоподвода в зону резания по схеме [06]) протекание электрического тока в объеме металлопокрытия алмазного зерна будет сопровождаться интенсификацией плотности электрического поля вокруг наночастиц алмаза, воспринимаемых аналогично порам в технологиях электроконсолидации керамики под давлением по методу SPS [14], с повышенной вероятностью электроразрядной атаки газонаполненных полостей внутри наночастиц алмаза, инициацией в них озона, реализующего повышенную окислительную активность захватом углерода, и т. д. [15].

Поведение электрического тока в области внедренных в твердое металлическое тело частиц ДНА ранее не прогнозировалось и не изучалось, но представляет несомненный теоретический и практический интерес с позиций влияния на контактные свойства полых наноалмазных частиц и на их структурообразующую функцию в окружающем объеме металлопокрытия.

В аналитико-синтетических конструкциях общей картины искрово-разрядных проявлений АИШ с участием металлопокрытых алмазных зерен, содержащих ДНА в составе покрытия, не следует, по-видимому, исключать и возможности возникновения известных в природе газоздушных сред локальных полей статического электричества, энергия которых может освобождаться посредством искровых разрядов [16], с адресацией этой возможности невакуумированным закрытым пространствам под алмазной оболочкой ДНА.

Конечный продукт в конвенциональных технологиях синтеза ДНА в металлических камерах, помимо неалмазной фазы латентного углерода [17] и газовой составляющей, содержит результаты взаимодействия продуктов детонации со стенками камеры, обычно стальной. Исследование [13] конденсированных продуктов взрыва, полученных при детонации зарядов взрывчатых веществ, состоящих из сплава 1,3,5-тринитротолуола с циклотриметилентринитраминном и подорванных в атмосфере продуктов

предыдущего взрыва такого же заряда, показало содержание несгораемых примесей оксида Fe(III), карбида железа и  $\alpha$ -железа в пределах 4,2-6,5 %, со следующим распределением интенсивностей в спектре среди железосодержащих примесей: вклад линии  $\alpha$ -железа составляет 29-43 %, магнетита – 36-48 %, отдельных ионов Fe(III) – 16-27 % [13]. Конечно, конкретика этих результатов соответствует условиям исследований [13] (объем взрывной камеры 3,05 м<sup>2</sup>, содержание кислорода в ней – до 6 объёмн. %; масса заряда – 0,65 кг; температура стенок камеры – до 363 К; соотношение масс конденсированных продуктов детонации взрывчатых веществ – 9 (тринитротолуол) : 1 (гексаген), при 8 масс.% алмазной нанопазы; и др.). Однако структура и порядок значений полученных данных позволяют предполагать кардинальное изменение условий токопроводности в наноалмазных оболочках, в условиях АИШ располагающих к их электроразрядной очистке подобно [18], возможно со скольжением разряда по границам [19].

*Список литературы*

1. Гуцаленко Ю. Г. Исторический опыт и современные перспективы алмазно-искрового шлифования // Техника и технологии: пути инновационного развития: Сб. науч. тр. 4-ой междунар. науч.-практ. конф. 30 июня 2014 г., посвящ. 50-летию Юго-Зап. гос. ун-та, г. Курск, Россия. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – С. 264-270.
2. Бабенко Е. А. Повышение работоспособности алмазных кругов на полимерных и керамических связках : Дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 – процессы механической обработки, станки и инструменты / Нац. техн. ун-т «Харьк. политехн. ин-т». – Харьков, 2014. – 203 с.
3. Федорович В. А. Разработка научных основ и способов практической реализации управления приспособляемостью при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов : Дис. ... докт. техн. наук : 05.03.01 – процессы механической обработки, станки и инструменты / Нац. техн. ун-т "Харьк. политехн. ин-т". – Харьков, 2002. – 469 с.
4. Мухина Л. В. Технология химического нанесения никелевого покрытия с заданной морфологией поверхности на синтетические алмазы : Дис. ... канд. техн. наук : 05.17.01 – технология неорганических речовин / Нац. техн. ун-т «Харк. политехн. ин-т». – Харьков, 2008. – 250 с.
5. Гуцаленко Ю. Г. Теория и практика оптимальной организации электроразрядных технологий спекания под давлением и алмазного шлифования высокоплотных порошковых материалов // Сучасні технології в машинобудуванні. – Вип. 9. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – С. 17-22.
6. Фадеев В. А. Алмазное шлифование твердых сплавов с введением в зону резания дополнительной энергии постоянного тока : Дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 – процессы механической обработки, станки и инструменты / Харьк. гос. политехн. ун-т. – Харьков, 1995. – 273 с.
7. Намитоков К. К. Электроэрозионные явления : Монография – М. : Энергия, 1978. – 456 с.
8. Лямкин А. И. Получение алмазов из взрывчатых веществ / А. И. Лямкин, Е. А. Петров, А. П. Ершов, Г. В. Сакович, А. М. Ставер, В. М. Титов // Доклады АН СССР. – 1988. – Т. 302, № 3. – С. 611-613.

9. Верещагин А. Л. Свойства детонационных наноалмазов – Барнаул : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2005. – 134 с.
10. Трефилов В. И. Особенности структуры ультрадисперсных алмазов, полученных высокотемпературным синтезом в условиях взрыва / В. И. Трефилов, Г. И. Саввакин, В. В. Скороход, Ю. М. Солонин, А. Ф. Хриенко // Доклады АН СССР. – 1978. – Т. 239, № 4. – С. 838-841.
11. Даниленко В.В. Из истории открытия синтеза наноалмазов // Физика твердого тела. – 2004. – Т. 46, вып. 4 – С. 581-584.
12. ООО НПП «SintA» : [Официальный сайт ; Харьков, Украина]. – Режим доступа : <http://nanodiamond.com.ua>.
13. Верещагин, А. Л. Синтез и свойства тугоплавких неорганических соединений и фаз, полученных в режимах горения и детонации газовыделяющих конденсированных составов : Дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.04 – физическая химия / Бийск. технологич. ин-т (фил.) Алт. гос. техн. ун-та (вып.), Ин-т структур. макрокинетики и проблем материаловедения РАН (защита). – Бийск, 2004. – 248 с.
14. Геворкян Э. С., Гуцаленко Ю. Г. Особенности и место электроконсолидации прямым действием переменного тока в системе методов субмикро- и нанопорошкового спекания под давлением // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – 2010. – № 49. – С. 144-161.
15. Геворкян Э. С., Гуцаленко Ю. Г. Генезис экспансии семикарбида вольфрама в вольфрамокерамических инструментальных композитах горячего прессования с электроконсолидацией нанопорошков на монокарбидной основе // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – 2010. – № 53. – С. 19-30.
16. Райзер Ю. П. Физика газового разряда.– М. : Наука, 1992. – 536 с.
17. Возняковский А. П. Экологические проблемы получения детонационных наноалмазов. Поверхность и функционализация / А. П. Возняковский, Ф. А. Шумилов, А. Х. Ибатуллина, И. В. Шугалей // Экологическая химия. – 2012. – Т. 21, № 3. – С. 164-167.
18. Guicciardi S. Composition dependence of mechanical and wear properties of electroconductive ceramics // Порошковая металлургия. – 1999. – №3-4. – С. 32-41.
19. Бакшин В. К. Особенности скользящего разряда по границе раздела диэлектриков с различной диэлектрической проницаемостью / В. К. Бакшин, Г. П. Кузьмин, И. М. Минаев, А. А. Рухадзе, Н. Б. Тимофеев // Прикладная физика. – 2005. – № 6. – С. 54-59.