

УДК 621.921.343

Г.Д. Ильницкая, А.М. Исонкин, И.Н. Зайцева  
Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Украина  
Тел.: +38 (044) 4675831; E-mail: [izaitseva@ukr.net](mailto:izaitseva@ukr.net)

## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ АЛМАЗОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В РАЗНЫХ РОСТОВЫХ СИСТЕМАХ, НА ПРОЦЕСС ИХ ГРАФИТИЗАЦИИ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

*Разрушение алмазов в стадии изготовления инструмента существенно снижает технико-экономическую эффективность его использования. Термическая прочность зерен алмазов тесно связана с графитизацией и окислением, т.е. процессами, протекающими на поверхности зерен алмазных шлифпорошков при нагреве. Для исследования были выбраны алмазные шлифпорошки, синтезированные в двух ростовых системах: никель-марганец-углерод и железо-никель-углерод. Показано, что скорость окисления алмазов, синтезированных на основе железо-никель выше, чем скорость окисления алмазов, синтезированных на основе никель-марганца.*

**Ключевые слова:** алмаз, шлифпорошки, термическая прочность, графитизация, скорость окисления.

### Введение

Технологии промышленного синтеза синтетических алмазов уже более 50 лет, но область применения синтетических алмазов постоянно расширяется. Это обеспечивается постоянным совершенствованием как технологии получения порошков заданного качества, так и методов контроля их характеристик.

В результате совершенствования процесса синтеза алмаза рядом ведущих отечественных и зарубежных фирм получены порошки алмаза, синтезированные в различных ростовых системах, разной дисперсности и прочности.

Порошки синтетического алмаза используются при изготовлении инструмента широкого назначения. Так, для шлифования камня, резания мягких пород природных материалов используются низкопрочные синтетические алмазы марок АС15–АС32. Эффективность работы бурового инструмента при геологоразведочных работах во многом зависит от качества применяемых алмазов. Так, применение высокопрочных синтетических алмазов марок АС125–АС200 привело к созданию нового более эффективного бурового инструмента.

Одной из важнейших характеристик алмазного порошка является стойкость к окислению при взаимодействии с газовой средой.

Процессу окисления алмазных порошков статического синтеза посвящено большое количество работ [1-5]. Установлено, что природа и количественный состав примесей являются одними из важных факторов, влияющих на процесс окисления алмазов.

Работа инструмента осуществляется на воздухе при температурах не менее 1000°С. В связи с этим, исследование коррозионной стойкости алмазов в воздушной среде при высокотемпературной обработке является весьма актуальным. Термостойкость порошков сверхтвердых материалов, как и любых хрупких материалов, характеризуется их способностью выдерживать без разрушения резкие смены температуры. Термостойкость материалов, прежде всего, огнеупорных,

конструкционных, металлокерамических, предназначенных для изготовления элементов конструкций, работающих при высоких температурах, зависит от типа материала, его структуры, теплопроводности, коэффициента линейного расширения и др. физико-механических свойств, а также от размеров и конструкционных форм образца. Как правило, термостойкость порошков сверхтвердых материалов, в том числе и порошков синтетического алмаза, определяется способностью зерен этих порошков сохранять прочностные характеристики в результате термической обработке при определенных температурах [6, 7].

Целью настоящей работы являлось исследование кинетики процесса окисления алмазов разной дисперсности, синтезированных в различных ростовых системах, в воздушной среде при температурных режимах работы инструмента (900°C, 950°C).

### **Методика эксперимента**

Исследование влияния газофазного окисления выполняли в воздушной среде на порошках алмаза разной дисперсности, синтезированных в системах Ni–Mn–C и Fe–Ni–C. В действующей нормативной документации – ГОСТ 3292-95 «Порошки алмазные синтетические» – дисперсность порошков алмаза определяется в виде зернистости порошка и оценивается дробью размеров квадратных ячеек смежных сит  $d_2/d_1$ .

Были исследованы образцы как низкопрочных алмазов марки AC32 разных зернистостей: 125/100, 160/125 и 400/315, полученных с использованием катализатора в виде сплава никель-марганец, так и высокопрочных алмазов марки AC200 зернистостей 315/250 и 400/315, синтезированных с применением ферроникеля.

Образцы алмазов марок AC32 и AC200 разных зернистостей подвергались окислению при температуре 900°C и 950°C в течение различного времени: от 10 минут до 6 часов.

Степень окисления зёрен алмаза оценивалась по убыли их массы в результате окисления ( $\Delta m$ , %). Степень газофазного окисления алмазных шлифпорошков разных марок и зернистостей оценивалась по изменению скорости окисления алмазов при уменьшении их массы на 10 %.

### **Результаты и обсуждение**

Результаты эксперимента по окислению низкопрочных алмазов, синтезированных в системе Ni–Mn–C, марки AC32 зернистостей 125/100, 160/125 и 400/315 при температуре 900°C в течение времени: от 10 минут до 6 часов представлены на рис. 1.

На рис. 1 показаны кинетические кривые (1, 2 и 3), иллюстрирующие потерю массы порошков алмаза марки AC32 разной зернистости: 125/100, 160/125 и 400/315, соответственно. Как следует из рис. 1, с увеличением времени окисления возрастает потеря массы образцов всех зернистостей, но потеря массы алмаза зернистости 125/100 выше, чем алмаза зернистости 400/315. Так, после термической обработки в течение 30 мин потеря массы ( $\Delta m$ ) для алмаза зернистости 125/100 составила 3.60 %, для 160/125 – 2.9 % и для 400/315 – 1.32 %.

Таким образом, с ростом крупности зёрен алмаза потеря их массы при термообработке при температуре 900°C уменьшается приблизительно в 3 раза. Скорость окисления алмазов при потере 10 % массы ( $\Delta m=10\%$ ) при температуре

900°C для алмазного шлифпорошка зернистости 125/100 составила 0.065 г/мин, для 160/125 – 0.060 г/мин и для 400/315 – 0.050 г/мин.

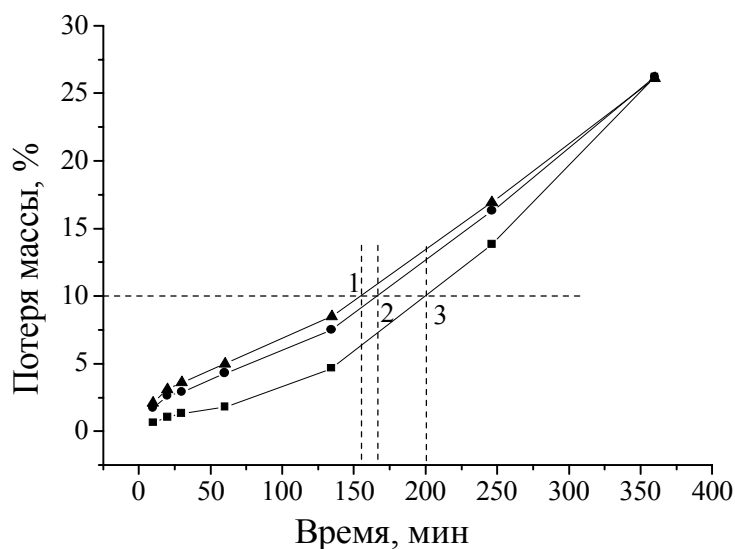


Рис. 1. Зависимость потери массы низкопрочных алмазов марки АС32, синтезированных в системе Ni–Mn–C, от времени окисления при температуре 900°C: 1 – зернистость 125/100, 2 – зернистость 160/125, 3 – зернистость 400/315

После термической обработки в течение 6 часов потеря массы алмазов, синтезированных в системе Ni–Mn–C, марки АС32 всех зернистостей становится одинаковой и приближается к величине  $\Delta m=26\%$ . Это свидетельствует о том, что при длительной высокотемпературной термообработке скорость окисления алмазов (Ni–Mn–C) разных зернистостей: 125/100, 160/125 и 400/315 становится постоянной – после окисления примесей и включений в зёрнах алмаза.

Образцы алмазов марки АС32 (Ni–Mn–C) разных зернистостей: 125/100, 160/125 и 400/315 подвергались окислению также при температуре 950°C в течение 10, 20 и 30 минут. Установлено, что с увеличением времени окисления также возрастает потеря массы образцов всех зернистостей, но потеря массы алмаза зернистости 125/100 больше чем алмаза зернистости 400/315. После термической обработки в течение 30 мин потеря массы для алмаза зернистости 125/100 примерно в 3 раза выше, чем алмаза зернистости 400/315. Скорость окисления алмаза при потере 10 % массы ( $\Delta m=10\%$ ) при температуре 950°C для алмазного шлифпорошка зернистости 125/100 составила 0.77 г/мин, для 160/125 – 0.63 г/мин и для 400/315 – 0.50 г/мин.

В табл. 1 представлены результаты определения скорости окисления алмазов (Ni–Mn–C) разных зернистостей при  $\Delta m=10\%$  при температуре 900°C и 950°C.

Как следует из табл. 1 скорость газофазного окисления низкопрочных алмазов марки АС32 (Ni–Mn–C) возрастает при повышении температуры окисления. С ростом зернистости скорость газофазного окисления алмазных шлифпорошков уменьшается как при 900°C, так и при 950°C.

Таблица 1. Скорость окисления (при  $\Delta m=10\%$ ) низкопрочных алмазов марки AC32, синтезированных в системе Ni–Mn–C, разных зернистостей при температуре 900°C и 950°C

AC32 Зернистость	Скорость окисления алмазов при различной температуре, g/min	
	900°C	950°C
125/100	0.065	0.77
160/125	0.060	0.63
400/315	0.050	0.50

Исследование газофазного окисления высокопрочных алмазов, синтезированных в системе Fe–Ni–C, марки AC200, зернистостей 315/250 и 400/315 также проводилось при температуре 900°C и 950°C. Результаты эксперимента по окислению высокопрочных алмазов марки AC200 при температуре 900°C в течение времени от 10 минут до 6 часов представлены на рис. 2.

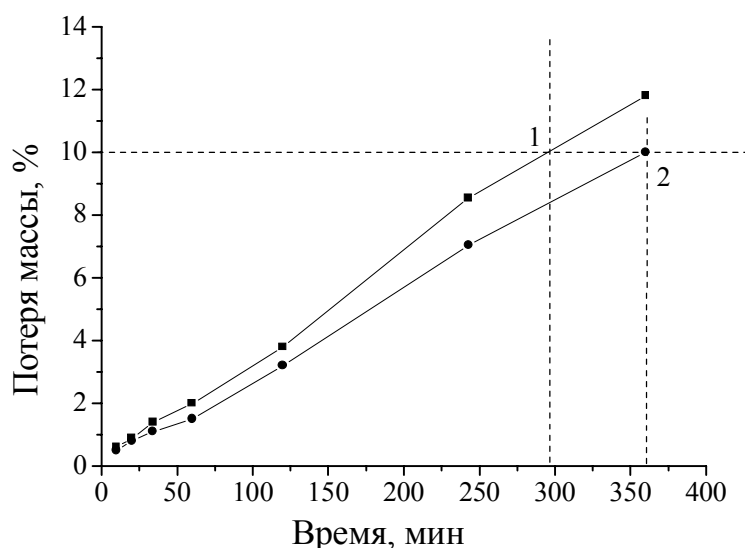


Рис. 2. Зависимость потери массы высокопрочных алмазов марки AC200, синтезированных в системе Fe–Ni–C, от времени окисления при температуре 900°C: 1 – зернистость 315/250, 2 – зернистость 400/315

Как видно из рис. 2, с увеличением времени окисления возрастает потеря массы образцов высокопрочных алмазов марки AC200 зернистостей 315/250 и 400/315. Так, после термической обработки в течение 30 мин, потеря массы для алмаза зернистости 315/250 составила 1.40 %, для 400/315 – 1.1 %.

Образцы алмазов марки AC200 (Fe–Ni–C) зернистостей 315/250 и 400/315 подвергались окислению при температуре 950°C в течение 10, 20 и 30 минут. В результате проведения эксперимента установлено, что с увеличением времени окисления возрастает потеря массы образцов обеих зернистостей, но потеря массы алмаза зернистости 315/250 больше чем алмаза зернистости 400/315.

Была определена скорость окисления высокопрочных алмазов марки АС200 при потере 10 % массы ( $\Delta m=10\%$ ) при температуре 900°C и 950°C для зернистостей 315/250 и 400/315. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Скорость окисления (при  $\Delta m=10\%$ ) высокопрочных алмазов марки АС200, синтезированных в системе Fe–Ni–C, разных зернистостей при температуре 900°C и 950°C

АС200 Зернистость	Скорость окисления алмазов при различной температуре, g/min	
	900°C	950°C
315/250	0.033	0.093
400/315	0.027	0.082

Как следует из табл. 2, скорость газофазного окисления высокопрочных алмазов марки АС200 растёт при повышении температуры окисления. С ростом зернистости скорость газофазного окисления алмазных шлифпорошков снижается как при 900°C, так и при 950°C.

Таким образом, в результате выполненных исследований окисления в воздушной среде низкопрочных алмазных шлифпорошков, синтезированных в системе Ni–Mn–C, марки АС32, и высокопрочных, синтезированных в системе Fe–Ni–C – марки АС200, установлено, что с увеличением дисперсности зёрен алмаза возрастает потеря их массы и растёт скорость газофазного окисления и снижается их коррозионная стойкость.

### Выводы

1. Показано, что скорость окисления зерен низкопрочных алмазов марки АС32, синтезированных в системе Ni–Mn–C, приблизительно в 3 раза выше, чем скорость окисления высокопрочных алмазов марки АС200, синтезированных в системе Fe–Ni–C.
2. В результате выполненных исследований окисления в воздушной среде алмазных шлифпорошков, синтезированных в системах Ni–Mn–C и Fe–Ni–C, установлено, что с увеличением дисперсности зёрен алмаза уменьшается потеря их массы и растёт скорость газофазного окисления.
3. Проведенные эксперименты показали, что с повышением температуры термообработки возрастает потеря массы алмазов, синтезированных как в системе Ni–Mn–C так и в системе Fe–Ni–C.

### Список литературы:

1. Гатилова Е.Г. Окисление высокодисперсных синтетических алмазов кислородом воздуха / Е.Г. Гатилова, В.Г. Малоголовец // Синтетические алмазы. – 1973. – №4. – С. 11–19.
2. Полянская Н.Д. Взаимодействие алмазов с окисляющими средами / Н.Д. Полянская // Адгезия расплавов и пайка материалов. – 1982. – №9. – С. 55–62.
3. Федосеев Д.В. Окисление алмазов / Д.В. Федосеев, К.С. Успенская // Синтетические алмазы. – 1977. – №4. – С. 18–24.
4. Физические свойства алмаза: Справочник. – Киев: Наукова думка, 1987. – 190 с.

5. Исследование коррозионной стойкости алмазных шлифпорошков в воздушной среде / [Богатырева Г.П., Маринич М.А., Ильницкая Г.Д. и др.] // Проблемы коррозии та протикорозійного захисту матеріалів: у 2-х т. Спецвипуск журналу «Фізико-хімічна механіка матеріалів». – 2008. – Т. 1, №7. – 496 с.

6. Повышение износостойкости бурового инструмента, оснащенного синтетическими алмазами / [Н.В. Новиков, Г.П. Богатырева, Г.Д. Ильницкая и др.] // Сверхтвердые материалы. – 2009. – №1. – С. 83–92.

7. Влияние физико-химических воздействий на процесс окисления низкопрочных алмазных шлифпорошков / [Г.П. Богатырева, Г.Д. Ильницкая, М.А. Маринич и др.] // Международный сборник научных трудов. Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов; Ин-т сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины. – К.: Логос, 2010. – С. 35–40.

Надійшла до редакції 25.01.2013.

**Г.Д. Ільницька, О.М. Ісонкін, І.М. Зайцева  
ВПЛИВ ДИСПЕРСНОСТІ АЛМАЗІВ,  
СИНТЕЗОВАНИХ У РІЗНИХ РОСТОВИХ  
СИСТЕМАХ, НА ПРОЦЕС ЇХ  
ГРАФІТИЗАЦІЇ В ПОВІТРЯНОМУ  
СЕРЕДОВИЩІ**

*Руйнування алмазів в стадії виготовлення інструменту істотно знижує техніко-економічну ефективність його використання. Термічна міцність зерен алмазів, тісно пов'язана з графітизацією й окисленням, тобто процесами, що протікають на поверхні зерен алмазних шлифпорошків при нагріванні. Для дослідження були обрані алмазні шлифпорошки, синтезовані в двох ростових системах: нікель-марганець-вуглець і залізо-нікель-вуглець. Показано, що швидкість окислення алмазів, синтезованих на основі залізо-нікель вище, ніж швидкість окислення алмазів, синтезованих на основі нікель-марганцю.*

**Ключеві слова:** алмаз, шлифпорошки, термічна міцність, графітизація, швидкість окислення.

**G.D. Pnitskaya, A.M. Isonkin, I.N. Zaitseva  
INFLUENCE OF DISPERSED DIAMOND  
SYNTHESIZED IN  
DIFFERENT GROWTH SYSTEMS, THE  
PROCESS OF THEIR  
GRAPHITIZATION IN AIR**

*As a rule thermal resistance of SHM powders including synthetic diamond powders is determined by the ability of grains of these powders to keep strength properties as a result of thermal processing at certain temperatures. Therefore in tool making it is necessary to use thermally stable grains of diamond grinding powders. Thermal strength of diamond grains is closely coupled with graphitization and oxidation i.e. processes proceeded on surface of diamond grinding powder grains at heating. Diamond grinding powders synthesized in two growing systems: Ni-Mn-C and Fe-Ni-C have been selected as subject of inquiry. It is shown, that speed of oxidation of the diamonds synthesized on a iron – nickel basis is higher, than the speed of oxidation of the diamonds synthesized on nickel - manganese basis.*

**Key words:** diamond, grinding powders, thermal stability, graphitization, speed of oxidation.