

Г. Д. Ільницька, к.т.н, с.н.с. ¹,
В. І. Лавріненко, д.т.н., проф. ¹,
В.В. Смоквина, к.т.н. ¹,
В. Ю. Солод, к.т.н., доц. ²,

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України ¹,
Дніпровський державний технічний університет ²

ДОМІШКИ ТА ВКЛЮЧЕННЯ В АЛМАЗНИХ ЗЕРНАХ, ЯК ФАКТОР, ЯКИЙ НЕОБХІДНО ВРАХОВУВАТИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АЛМАЗНИХ ШЛІФПОРОШКІВ В АЛМАЗНОМУ ІНСТРУМЕНТІ

Для процесів алмазно-абразивної обробки застосовуються переважно алмази з діапазону марок АС6–АС20. Але якщо ми беремо конкретну марку алмазів, наприклад АС6, то відразу виникає усталений міф – для одної марки алмазів всі алмази однакові. А насправді синтетичні алмази однієї марки зовсім не є однаковими. Тобто, перед виготовленням алмазного круга, треба розібратися, які саме алмази ми маємо: в якій системі вони синтезовані, скільки домішок і включень в них, які їх магнітні властивості, є вони сумішшю, чи це вже є одібрані алмази. Крім того, ці алмази є пористими і містять певну кількість включень і домішок і ці алмази можуть піддаватися термообробці, причому у алмазів із більшим вмістом домішок ефект у підвищенні міцності алмазних зерен буде більшим, адже у них існує можливість в залежності від кількості, виду домішок і включень в алмазі змінювати поверхневий елементний склад алмазів і заліковувати тріщини.

Завдяки особливостям кристалічної структури (всі 4 валентних електрони атомів карбону міцно зв'язані) ідеальний кристал алмаза (без домішок та дефектів ґратки) повинен бути прозорим для видимого світла діелектриком. В реальних же кристалах завжди існує певна кількість домішок та дефектів ґратки. Навіть в найбільш чистих ювелірних алмазах вміст домішок досягає 10^{18} атомів на 1 см^3 . Найбільш розповсюджені домішки – Si, Al, Ca та Mg. Розподіл домішок в алмазі може бути нерівномірним, наприклад, на периферії їх більше, аніж в центрі. Сильні зв'язки між атомами карбону в структурі алмаза приводять до того, що будь-яка недосконалість кристалічної ґратки алмаза впливає на його фізичні властивості. При загальному опису властивостей алмаза виходять з того, що максимальний вміст домішок складає 5 %, причому кількість однієї домішкової компоненти не перевищує 2 %. В технічних природних алмазах також зустрічаються тверді (олівін, піроксен, гранати, хромшпінеліди, графіт, оксиди заліза, кварц и т.п.), рідкі (вода, вуглекислота) та газоподібні (нітроген та ін.) включення.

Для синтетичних алмазів (особливо марок АС4–АС32) було звернено увагу на те, що зерна мають домішки та включення як на поверхні, так і в дефектах (порах) цієї поверхні (рис. 1), а поруватість є відмінною особливістю таких алмазів (див. рис. 1).

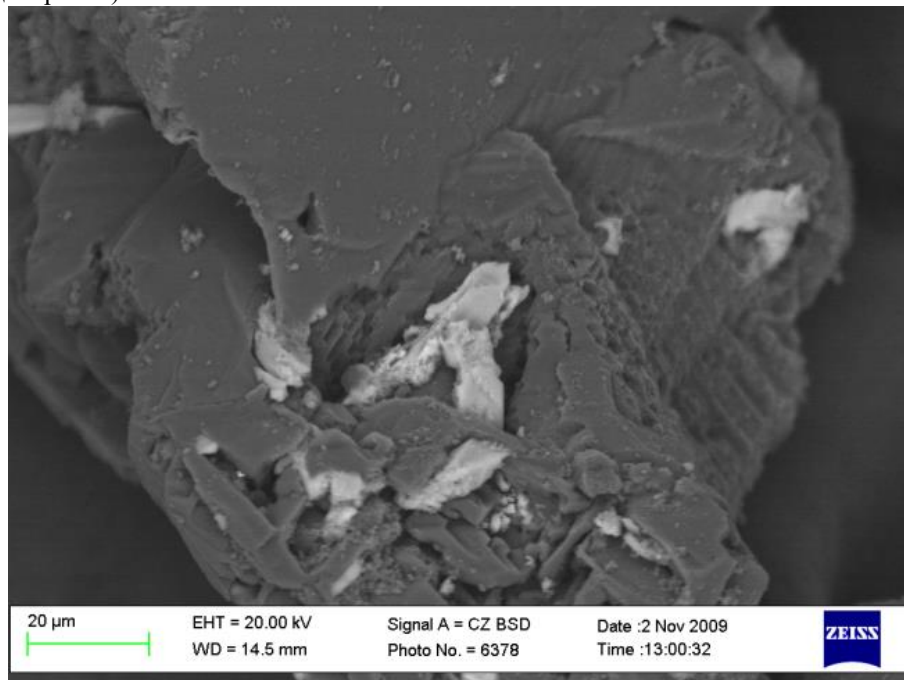


Рис. 1. Приклад наявності включень на поверхні та порах алмазів АС6 125/100 у вихідному стані

Нагадаємо, що алмаз при синтезі в системі метал (*Me*)–вуглець(*C*) отримують в спеціальних апаратах при високих *p, T*-умовах. Зазвичай, для зниження необхідних високих параметрів синтезу застосовують каталізатор у вигляді сплаву-розчинника. Вкажемо, що процес синтезу алмазів марок вказаної вище невисокої міцності відбувається при великих швидкостях росту кристалів, які при своєму рості захоплюють усі побічні фази, що є присутніми у реакційній камері. Ці фази (включення) – різного розміру: від атомних і до макроскопічних величин. Включення, які повністю законсервовані в кристали алмаза, є об'ємними дефектами. Відомі з літератури

дослідження з синтезу алмаза в основному виконані із застосуванням системи *Ni-Mn-C*. Разом з тим, існує певний інтерес до застосування більш дешевого сплаву-розчинника – *Fe-Si*. Виявлено, що вплив кремнію на сплави *Fe-C* є аналогічним до впливу нікелю, що дозволяє знизити термодинамічні параметри отримання алмаза. Між тим, алмази вказаних вище систем істотно різняться у якості та елементному складі внутрішньокристалічних і приповерхневих домішок металічних груп, які захоплюються від от сплаву-розчинника при синтезі, а тому суттєво відрізняються за своїми магнітними властивостями. Тобто, алмази однакової марки можуть отримуватися у різних ростових системах. Наслідком цього є те, що в них може бути різний вміст домішок (від 2 до 7 % за масою). Таким чином, марка алмазів здавалася б однаковою – АС6, а вміст і властивості можуть бути різними. Та власне це ми можемо і побачити, якщо покладемо ці алмази під мікроскоп (рис. 2). Ми бачимо там світлі зерна і темні. У цьому нашому випадку алмази АС20 100/80 були синтезовані в системі *Ni-Mn-C* і алмазна сировина, отримана після добування з продукту синтезу, піддавалася дробленню для усунення двійників, друзів, слабких дефектних зерен. Дроблений матеріал після хімічної обробки поверхні алмазів поділяли за розмірами зерен на окремі зернистості ситовим методом спочатку на ситах R-10 із отриманням зернистості 100/80. Тем не менш, видно (див. рис. 2), що і після такої підготовки зерна алмазів однієї марки різняться, особливо за кольором, і пов'язане це саме із масовим вмістом включень, тобто ці алмази марки АС20 не є однорідними.

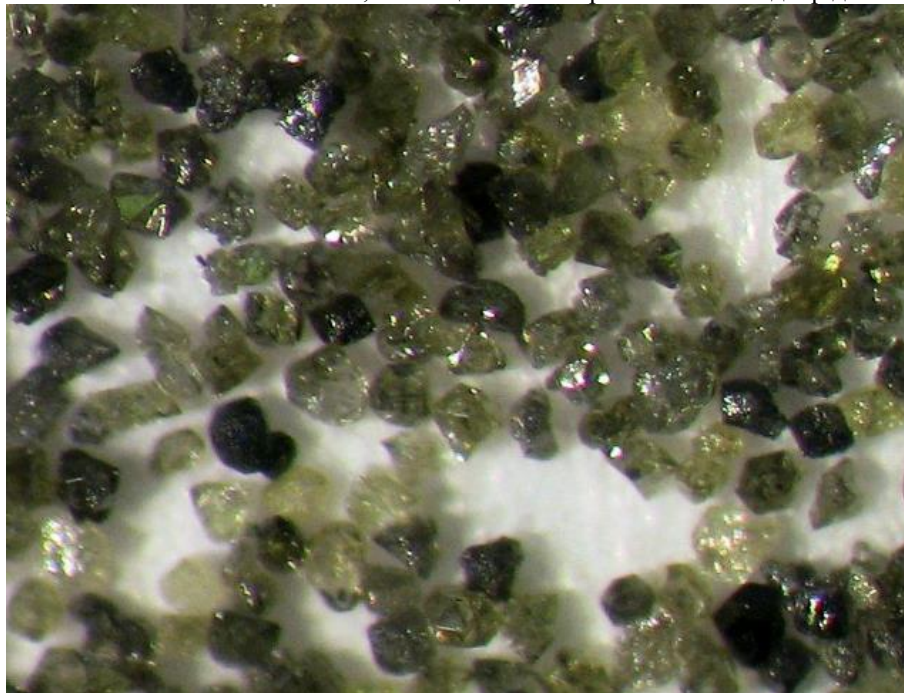


Рис. 2. Алмазні порошки марки АС20 100/80

Подивимося тепер на подальший поділ зерен АС20 за їх домішковим складом. Для цього вихідну суміш даних алмазів зернистості 100/90 поділяли в магнітному полі різної напруженості на магнітну і немагнітну фракції, і, після цього визначали статичну міцність зерен, питому магнітну сприйнятливість та вміст внутрішньокристалічних домішок і включень. В таблиці подані результати оцінки вказаних фізико-механічних характеристик алмазних порошоків марки АС20 магнітної (див. рис. 2, темні зерна), немагнітної (див. рис. 2, світлі зерна), а також вихідної фракції (суміш, див. рис. 2).

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики алмазних порошоків марки АС20 зернистості 100/90

Фракція	Характеристики			
	Питома магнітна сприйнятливість $\chi, 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$	Вміст внутрішньокристалічних домішок і включень $\beta, \%$ (за масою)		Показник міцності, Р, Н
		загальний	Ni, Mn, Fe, Cr, Co	
Магнітна	30,7	3,0451	2,8662	23,0
Немагнітна	4,2	1,3115	1,0754	16,4
Вихідна	18,7	2,5230	1,9875	18,1

Як видно з таблиці, після поділу в магнітному полі отримані алмазні порошки магнітної і немагнітної фракції різняться по значенню питомої магнітної сприйнятливості приблизно в 7 разів: от $30,7 \cdot 10^{-8}$ до $4,2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. За вмістом внутрішньокристалічних домішок і включень крайні фракції магнітного поділу різняться у 2,3 рази. При цьому міцність магнітної фракції збільшується у порівнянні із міцністю немагнітної фракції у 1,4 рази.

Як бачимо в порах алмазів невисокої міцності затримується певна кількість домішок. Виникає питання, а що відбувається із розвиненою поверхнею таких порошоків, чи не затримується щось на ній? Для відповіді на це питання для алмазних порошоків зернистості 100/90 марки АС20 вказаних фракцій на мас-спектрометрі МІ 1201 у інтервалі температур 20–1000 °С проводили аналіз парів води і диоксиду вуглецю, десорбованих з поверхні

зразків. Для цього досліджувані зразки переносили в кварцову кювету, вакуумували і знімали мас-спектри до 800 °С, швидкість нагріву складала 10 град/хв. [1]. Встановлено, що шорсткі поверхні усіх зразків алмазних порошків марки АС20 зернистості 100/90 (магнітної, немагнітної і вихідної фракцій) покриті певною кількістю ОН-груп, які, десорбуючись з поверхні алмазних зерен, створюють молекули води. Термодесорбційні спектри парів води до 200 °С свідчать про їх наявність на поверхні всіх зразків, а після 200 °С починає активно виділятися пара води, присутня у пористій структурі зразків. Термодесорбційна крива парів води на поверхні порошків немагнітної фракції вказує на найменший вміст парів води, у магнітної присутній більший вміст парів води.

Таким чином, підсумуємо. Чи є синтетичні алмази однієї марки однаковими? Як бачимо зовсім ні. Тобто, перед тим, як виготовити алмазний круг, треба розібратися, які саме алмази ми маємо: в якій системі вони синтезовані, скільки домішок і включень в них, які їх магнітні властивості, чи є вони сумішшю, чи це вже є одібрані алмази.

Література:

1. Исследование возможности улучшения эксплуатационных свойств алмазных порошков марки АС20 при изменении их размерных и физико-химических характеристик / В.И. Лавриненко, Г.Д. Ильницкая, Г.А. Петасюк и др. / Сверхтвердые материалы. – 2018. – № 4. – С. 59–70.