Дослідження впливу вмісту включень та домішок на окислення алмазів з низькою міцністю

Лавріненко Валерій1, д.т.н., проф.; Рудь Віктор2, д.т.н., проф.;

Ільницька Галина1, к.т.н., с.н.с.; Логінова Ольга1, д.х.н., с.н.с.;

Смоквина Володимир1, к.т.н., с.н.с.; Зайцева Ірина1, к.т.н.;

Тимошенко Вікторія1, к.т.н.; Старик Сергій1, к.т.н., с.н.с.;

Білорусець Віктор1; Котинська Людмила1

1 Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,

вул. Автозаводська, 2, Київ, 04074, Україна

gil-ism@ukr.net

2 Луцький національний технічний університет,

вул. Львівська, 75, Луцьк, 43018, Україна

**Ключові слова:** вміст включень та домішок, розділення у магнітному полі, термостійкість.

1. Вступ

Процес синтезу низькоміцних алмазних порошків марок АС4, АС6 відбувається при великих швидкостях росту кристалів. Зростаючий кристал алмазу при вирощуванні захоплює всі побічні фази, які присутні в реакційній камері. При цьому включення повністю законсервовані в об`ємі кристала алмазу і є об'ємними дефектами, які дуже сильно впливають на експлуатаційні властивості порошків алмазу [1].

1. Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на шліфпорошках синтетичного алмазу марки АС6 зернистості 125/100, отриманих в системі Ni-Mn-C. Шліфпорошки алмазу попередньо були розділені в магнітному полі на немагнітну і магнітну фракції. Після їх розділення були вивчені наступні властивості отриманих зразків: магнітна сприйнятливість, міцність при статичному стиску, термостійкість за методиками, розробленими в Інституті надтвердих матеріалів.

Після розділення в магнітному полі магнітна і немагнітна фракції шліфпорошків алмазу окремо піддавалася обробці. Обробка проводилася наступним чином: зерна алмазу піддавалися спочатку високотемпературній обробці при 800 °С і 1000 °С в повітряному середовищі протягом 10 хвилин, а потім хімічній обробці в суміші соляної і азотної кислот у співвідношенні 3:1. У вихідних шліфпорошках алмазу і після їх обробок визначали загальний   
(*β*, % за масою) та елементний склад домішок і включень методами растрової електронної мікроскопії та рентгеноспектрального мікроаналізу з програмно-цифровою обробкою зображення за допомогою електронного мікроскопу ZEISS EVO 50XVP (Carl Zeiss, Німеччина) укомплектованого аналізатором рентгенівських спектрів Ultim Max 100 (Oxford Instruments, Англія).

Методом комплексного диференціального термічного аналізу були проведені дослідження процесу окислення на повітрі вихідних шліфпорошків та після їх розділення у магнітному полі на немагнітні та магнітні фракції.

1. Результати досліджень

Були досліджені характеристики якості вихідних шліфпорошків. Найбільша відмінність в отриманих результатах досліджень властивостей немагнітної і магнітної фракцій вихідних шліфпорошків алмазу спостерігається в магнітній сприйнятливості (*χ*). Величини *χ* цих фракцій розрізняються приблизно в 8 разів. Характеристики міцності шліфпорошків алмазу немагнітної і магнітної фракцій у вихідному стані майже не розрізняються між собою. Термостійкість зерен алмазів немагнітної фракції вище на 15 %, а магнітної фракції після термічних впливів знижується в 1,4 рази, що пов'язано з більш високим вмістом включень та домішок.

Дослідження вмісту включень і домішок в немагнітній і магнітній фракціях порошків алмазу та у вихідному порошку і після проведених обробок показує, що в немагнітній фракції елементи (Ni+Mn) від загальної кількості включень і домішок складають: у вихідному стані 61,3 %, після обробки при 800 °С – 75,5 %, після обробки при 1000 °С – 72,5 %. У магнітній фракції елементи (Ni+Mn) у вихідному стані становлять 78,4 %, після обробки при 800 °С – 78,1 % і після обробки при 1000 °С – 66,9 %.

Магнітна сприйнятливість шліфпорошків алмазу немагнітної фракції з 3,5×10-8 м3/кг у вихідному стані змінюється до 12,3×10-8 м3/кг за рахунок фазового перетворення сплаву-розчинника при 800 °С. Магнітна сприйнятливість після хімічної обробки і розчинення металевих включень, що з'явилися на поверхні зерен алмазу після термообробки складає 4,9×10-8 м3/кг. В результаті термічної обробки при 1000 °С 26,6×10-8 м3/кг, а після хімічного розчинення включень, що виплавилися, після термообробки 0,39×10-8 м3/кг. Магнітна сприйнятливість шліфпорошків алмазу магнітної фракції з   
30,2×10-8 м3/кг у вихідному стані змінюється до 180×10-8 м3/кг за рахунок фазового перетворення сплаву-розчинника при термообробці як при 800 °С так і при 1000 °С. Після хімічної обробки і розчинення металевих включень, що з'явилися на поверхні зерен алмазу після термообробки при 800 °С магнітна сприйнятливість складає 40,9×10-8 м3/кг, а після 1000 °С 8,8×10-8 м3/кг.   
В результаті проведених обробок загальний вміст домішок і включень в шліфпорошках алмазу немагнітної фракції змінюється від 3,268 % (за масою) у вихідному стані до 1,282 % (за масою) після термохімічної обробки. У магнітній фракції загальний вміст домішок і включень змінюється від 6,4992 % (за масою) до 1,974 % (за масою).

Аналіз кількості розчинених включень і домішок після обробок при 800 °С і 1000 °С в обох фракціях показує, що після проведення обробки шліфпорошків алмазу немагнітної фракції в них розчинилося елементів (Ni+Mn): при 800 °С 38,1 % домішок і включень, а після 1000 °С – 53,5 %. В магнітній фракції після виконання обробки при 800 °С розчинилося 37,0 % елементів сплаву-розчинника (Ni+Mn), а після 1000 °С – 74,1 %.

В результаті проведеного диференціального термічного дослідження показано, що вихідний порошок немагнітної фракції починає окислюватися при температурі 900 °С. Шліфпорошки магнітної фракції через високий вміст в ньому домішок і включень починає окислюватися при температурі 800 °С. Шліфпорошки алмазу немагнітної і магнітної фракцій після обробки при 1000 °С починають окислюватися при температурі 690 °С і 680 °С, відповідно. Швидкість окислення порошків алмазу магнітної фракції в порівнянні з порошком алмазу немагнітної фракції зростає в 1,2–1,5 рази.

Термостійкість до окислення на повітрі і міцність порошків алмазу залежать від концентрації в них металевих домішок. Чим вище кількість металевих домішок міститься в порошках алмазу, тим термостійкість до окислення і міцність нижче. Для алмазів, синтезованих в системі Ni-Mn-C показано, що з ростом в них вмісту домішок і включень сплаву-розчинника, швидкість їх окислення зростає.

1. Висновки

Показано, що в результаті проведених обробок загальний вміст домішок і включень в шліфпорошках алмазу немагнітної фракції змінюється у 2,6, а магнітної у 3,2 рази.

Встановлено, що швидкість окислення порошків алмазу магнітної фракції в порівнянні з порошком алмазу немагнітної фракції зростає в 1,2–1,5 рази.

Термостійкість до окислення на повітрі і міцність алмазних порошків залежать від концентрації в них металевих домішок. Чим вище кількість металевих домішок міститься в алмазних порошках, тим термостійкість до окислення і міцність нижче.

Робота виконувалась на підставі меморандуму про співпрацю з Луцьким національним технічним університетом.

Список посилань

1. Лавріненко В. І., Новіков М. В. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: енциклопедичний довідник. – К.: ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с**.**