

15. Rahman G., Haseen U. J. Elastic and magnetic properties of cubic Fe₄C from first-principles. – Cond-mat.mtrl-sci. – 2014. – arXiv:1408.5489. – Mode of access: <http://arxiv.org/abs/1408.5489v1>.
16. Zaitsev A. M. Optical Properties of Diamond : a data handbook / A. M. Zaitsev // Berlin : Springer, Verlag. – 2001. – 502 p.

Поступила 25.07.16

УДК 549.211:548.736.15

М. А Серга, канд. техн. наук; **А. В. Бурченя**; **О. А. Заневский**, канд. хим. наук;
О. П. Потапенко

Институт сверхтвердых материалов им.В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ИСХОДНЫЙ ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ Fe-Al ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА ТИПА ПА

Исследована фазовая структура сплава-растворителя Fe-Al, применяемого при выращивании монокристаллов алмаза Па типа методом НРНТ. Получены рекомендации относительно дополнительного легирования сплава для оптимизации процесса выращивания монокристаллов.

Ключевые слова: монокристаллы алмаза, система железо–алюминий–углерод, система железо–алюминий–кобальт -углерод, фазы железа

Введение

Для выращивания монокристаллов алмаза типа Па применяются сплавы на основе Fe–Al с содержанием алюминия 3–4,5 масс.% [1]. Исходные слитки этих сплавов изготавливают обычно методами электронно-лучевого переплава или индукционного плавления; исходный фазовый состав этих сплавов зависит от условий их приготовления и представляет собой смесь α-фазы и γ-фазы железа [2]. Фазовая диаграмма сплавов Fe–Al очень сложная (рис. 1) [2], при воздействии высоких давлений фазовые соотношения в этой системе могут существенно изменяться. Это приводит к неоднородностям по составу при насыщении растворителей углеродом и различным результатам по кристаллизации алмаза при использовании сплавов с одинаковым содержанием исходных компонент.

Увеличение давления приводит к расширению области стабильности γ-фазы; в условиях насыщения растворителя углеродом от источника наблюдается образование карбидов (Fe₃C, Fe₇C₃).

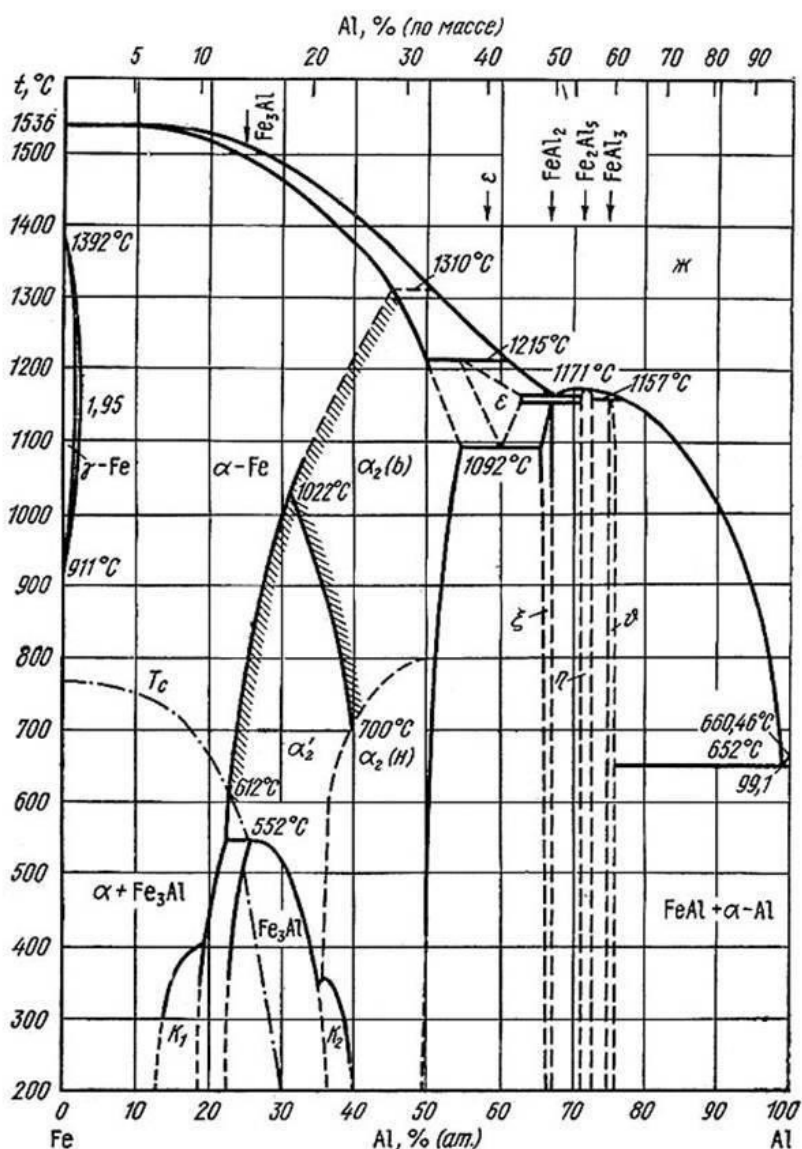


Рис.1. Диаграмма состояния системы Fe-Al при атмосферном давлении [2]

Методика исследования

Выращивание монокристаллов алмаза в сплавах-растворителях углерода на основе Fe-Al проводилось в аппарате высокого давления типа «тороид» ТС-40 методом спонтанной кристаллизации при давлении 5,5 ГПа и температуре 1500–1600 °С. Эксперименты по выращиванию алмазов были выполнены с применением железа, алюминия и кобальта чистотой 99,99 %, высокочистого природного графита ГСМ-1.

Фазовый состав изготовленных образцов исследовали на дифрактометре ДРОН-3; дифрактограммы записывали в дискретном режиме на медном излучении при параметрах: интервал съемки $2\theta=(20-110)^\circ$, шаг сканирования $0,05^\circ$ [3]

Результаты

Изменение условий термобарической обработки сплавов Fe-Al 4 масс.% показало, что в однофазном состоянии со структурой α -Fe эти сплавы можно получить только в очень узком диапазоне давлений и температур. Однако, легирование системы Fe-Al кобальтом

приводит к стабилизации α -фазы в диапазоне температур от комнатной до $T_{\text{плавления}}$ и при содержании Co в количестве 7–12 масс.% исходные образцы являются однофазными (рис.2).

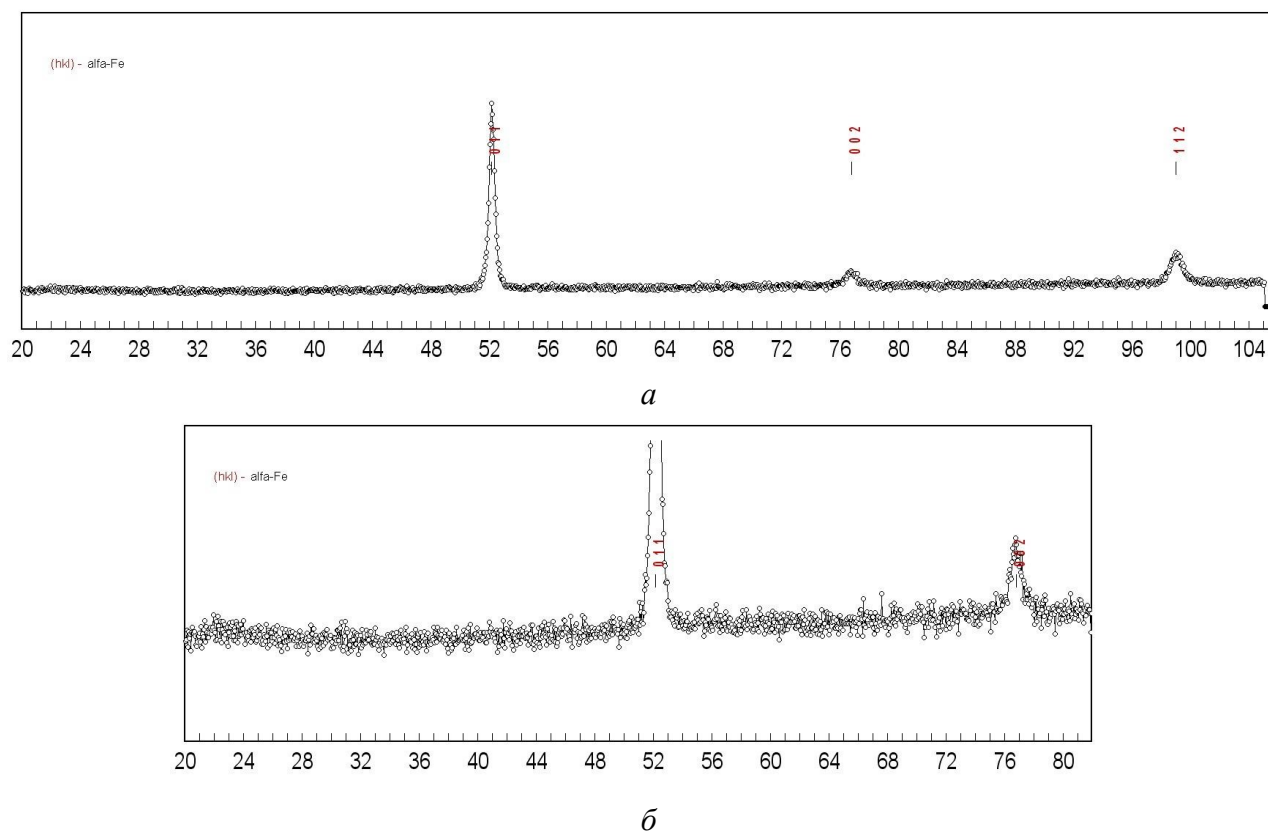


Рис. 2. Дифрактограммы сплавов Fe–Al 4 масс.% с содержанием Co 11,2 мас% после сплавления компонентов индукционным методом: а – дифракционный спектр в широком диапазоне углов отражения; б – то же с увеличением масштаба в 5 раз; $2\Theta = 20\text{--}80$

Дифракционные данные для полученного спектра приведены в таблице.

Результаты фазового анализа образца Fe–Al 4 масс.% при использовании Co излучения; угловая поправка составляет – ,026

I эксп.	2Θ	d эксп.	Фазовый состав				
			α -фаза железа				
			l	D розр	h	k	l
100,00	52,088	2.0382	100,0	2.0395	0	1	1
15,4	76.646	1.4429	12,9	1.4422	0	0	2
33,3	98.905	1.1774	23,8	1.1775	1	1	2

Из приведенных в таблице дифракционных данных и расчетов периодов кристаллической решетки α -Fe, период $a = 2,8843 \text{ \AA}$, что несколько выше чем у чистого

железа, для которого $a = 2,866 \text{ \AA}$; это различие можно объяснить влиянием легирования сплавов кобальтом [4].

Полученные сплавы Fe–Al 4 мас% – Co 12 мас% были использованы в качестве растворителя для выращивания монокристаллов на затравке методом температурного градиента. Во всех проведенных 12 циклах выращивания наблюдался стабильный рост монокристаллов алмаза типа 2a высокого структурного совершенства (рис 3). Кристаллы имели кубооктаэдрический габитус, скорости роста составляли 0,15–0,2 мг/ч.



Рис. 3 Образцы выращенных кристаллов массой:
а – 0,7 карат; б – 0,8 карат; в – 0,65 карат.

Выводы

Таким образом, использование легированных кобальтом сплавов Fe–Al 4 масс.% в качестве растворителей существенно улучшает условия их насыщения углеродом при высоких давлениях и температурах и ростовые характеристики – скорость выращивания и структурное совершенство.

Досліджено фазову структуру сплава-розчинника Fe-Al, що застосовується при вирощуванні монокристалів алмазу Па типу методом НРНТ. Отримано рекомендації що до додаткового легування сплаву для оптимізації процесу вирощування монокристалів.

Ключові слова: монокристали алмазу, система залізо-алюміній-вуглець, система залізо-алюміній-кобальт-вуглець, фази заліза

THE INITIAL PHASE COMPOSITION OF Fe–Al-BASED ALLOYS TO GROW DIAMOND SINGLE CRYSTALS OF TYPE IIa

The phase structure of the solvent - alloy Fe–Al, used for growing single-crystal diamond is type IIa by HPHT method was researched. Obtain advice on additional alloying alloy to optimize the crystal growth process.

Key words: diamond single crystals, iron–aluminum–carbon system, iron–aluminum–cobalt–carbon system, iron phases

Литература

1. Bundy F. P., Bovenkerk H. P., Strong H. M., Wentorf R. H. Diamond-graphite equilibrium line from growth and graphitization of diamond // J. Chem. Phys. – 1961. – 35, N 2. – P. 383–391.
2. Фазовые диаграммы состояний при высоком давлении / Тонков Е. Ю. — М.: Металлургия. – 1988. – 192 с.

3. Марків В. Я., Беявіна Н. Н. Аппаратно-програмний комплекс для дослідження полікристалічних речовин за їх рентгенівськими дифракційними спектрами // Друга міжн. конф. «Конструкційні та функціональні матеріали» (КФМ'97) : 3б. наук. праць – Львів, 1997. – С. 260–261.
4. Синтетические сверхтвердые материалы: в 3 т. Т. 1. Синтез сверхтвердых материалов [под ред. Н. В. Новикова]. – К. : Наукова думка, 1986. – 280 с.

Поступила 25.07.16

УДК: 621.923.02:548.0

О. І. Чернієнко; Г. А. Петасюк, О. О. Бочечка, доктори техн. наук;
Л. О Романко, канд. техн. наук; **Т. О. Косенчук**

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ, МІЦНІСТЬ ТА МОРФОМЕТРІЯ АЛМАЗУ, КРИСТАЛІЗОВАНОГО В СИСТЕМІ Ni-B-Ti-C

Представлено результати дослідження процесу кристалізації алмазних порошків у системі Ni-B-Ti-C та вплив зміни співвідношення компонент шихти на їхні властивості. Введення в систему бору у поєднанні з титаном дозволяє знизити електроопір алмазних порошків з 10^{12} до 10^6 Ом·см. При цьому показник міцності та морфометричні характеристики змінюються несуттєво.

Ключові слова: електропровідний алмаз, морфометричні характеристики, показник міцності порошку

Вступ

Проблема отримання електропровідного алмазу за допомогою технології високого тиску полягає в тому, що при одночасному входженні в ґратку алмазу атомів бору та нітрогену вони взаємодіють між собою, в результаті чого не утворюються центри провідності. Для утворення таких центрів потрібно запобігти потраплянню нітрогену до ґратки алмазу. Тому ідеєю даної роботи є введення компоненту, який би зменшував входження азоту до ґратки алмазу. Таким компонентом може бути титан. Отже, об'єктом дослідження даної роботи є кристалізація алмазу в системі Ni-B-Ti-C. Задача роботи полягає у вивченні впливу зміни вмісту бору та титану в ростовій системі на міцність, електропровідність та морфометричні характеристики синтезованих в ній алмазних порошків.

Методика

Сплави системи Ni-B-Ti отримували шляхом плавлення при температурі 1500 °С в атмосфері аргону. Вміст бору і титану в досліджуваних сплавах змінювали від нуля до 10 % (ат.). Зливки сплаву піддавали механічному подрібненню до розміру $\leq 0,5$ мм. Отримані порошки сплаву використовували для синтезу алмазу. Для цього їх змішували з порошком графіту і піддавали термобаричній дії в області стабільності алмазу. Термобаричний вплив здійснювали в апараті високого тиску типу «тороїд» за тиску 5 ГПа і температури 1500 °С.

Для визначення показника міцності використовували алмазні порошки зернистістю 125/100, синтезовані при різних концентраціях бору в шихті. Показник статичної міцності порошків при стиску визначали за допомогою приладу ДДА-33А у відповідності з ДСТУ