

**Світлана Аврамчук**

## **ТЕХНОЛОГІЯ, СТРУКТУРА, СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ РОЗПИЛЕНИХ ПОРОШКІВ СПЛАВІВ Ni-Mn ДЛЯ СИНТЕЗУ АЛМАЗІВ**

### **Актуальність теми досліджень**

Ефективність технологій виробництва синтетичних алмазів визначається їх економічною доцільністю та технологічною довершеністю, які залежать від багатьох факторів у ланцюгу технологічного процесу. Одним з головних є ефективність застосування вихідних матеріалів – графіту та металу-розчинника, які повинні забезпечити максимальну ступінь перетворення графіту в алмаз, вихід алмазів, їх механічну міцність тощо. При цьому технологія виробництва повинна забезпечувати отримання алмазів потрібної якості та необхідного розподілу їх за розмірами.

Полишити технологічний процес виробництва алмазів можна за рахунок цілеспрямованого впливу на процес синтезу шляхом керування кількістю центрів кристалізації алмазів та швидкістю росту їх кристалів. Змінюючи параметри процесу синтезу алмазів (тиск і температуру) та співвідношення і фракційного складу вихідних компонентів реакційної суміші (графіт – метал-розчинник), можна впливати на зародкоутворення та ріст кристалів. Але, як свідчать відомі експериментальні дані, на процес синтезу та властивості отримуваних кристалів алмазу поруч із згаданими факторами значний вплив мають структура та склад металу-розчинника відносно вмісту вуглецю і присутні в ньому домішки. Максимальну ступінь перетворення графіту в алмаз потрібної якості можна забезпечити лише в тому випадку, коли застосовані порошки металу-розчинника будуть мати відповідні геометричні розміри, структуру та стан поверхні і мінімальний вміст домішок.

Відома технологія приготування металу-розчинника системи Ni-Mn у промисловому виробництві, що заснована на точінні попередньо виплавленого в форму зливка та подальшому подрібненні стружки, не забезпечує необхідного комплексу властивостей алмазів. Це пов'язано з тим, що частинки порошку мають велику неоднорідність за структурою та хімічним складом – в результаті неконтрольованого розчинення домішок у процесі приготування та твердіння зливка сплаву Ni-Mn. Крім того, відома технологія визначається великою трудомісткістю та низьким виходом кінцевого продукту.

Все це свідчить про те, що оптимізувати процес синтезу алмазів можна з використанням порошків сплаву Ni-Mn однорідних за структурою та хімічним складом, для чого потрібно розробити відповідну технологію їх отримання. Вирішити таке завдання можна при застосуванні в процесі отримання порошків методу надшвидкісного твердіння розплаву, який забезпечує не тільки отримання порошків з необхідними параметрами, але й значно розширює можливості рафінування сплаву за рахунок великої швидкості охолодження, яка має місце в цьому методі.

Метою роботи є розробка технології отримання порошків сплавів Ni-Mn із застосуванням надшвидкісного твердіння розплаву, які забезпечать поліпшення технічних показників процесу синтезу алмазу за рахунок цілеспрямованого керування структурою, фазовим та хімічним складом порошків сплаву.

З метою правильного розуміння процесів, що мають місце при плавленні та твердінні сплавів вивчення їх фазового складу та прогнозування активності в процесах утворення алмазів на основі літературних даних розглянуто діаграму стану рівноваги бінарних систем Ni-Mn, Ni-C та Mn-C, а також потрібної системи Ni-Mn-C за умов атмосферного тиску та тиску, що відповідає області стабільності алмазу.

Вивчення впливу тиску на рівновагу розплаву з графітом, алмазом та карбідом  $Mn_7C_3$  в системі Mn-C свідчить про те, що тиск стабілізує рівновагу розплаву з карбідом  $Mn_7C_3$  та алмазом. В умовах синтезу алмазів карбід  $Mn_7C_3$  плавиться конгруентно і рівновага  $p - Mn_7C_3 - C$ р описується евтектичною діаграмою стану.

Детально розглянуто систему Ni-Mn-C в умовах атмосферного тиску та при  $P=6$  ГПа. Виникнення карбіду  $Mn_7C_3$  залежить від умов твердіння розплаву, коли його кількість збільшується при підвищенні швидкості твердіння, при цьому за всіх умов у карбіді розчиняється біля 1,3 ат. % нікелю. Під тиском карбід  $Mn_7C_3$  стає більш стійким і збагачується вуглецем до стехіометричного співвідношення, а вміст нікелю підвищується до 2,2 ат. %.

Проаналізовано роботи, які висвітлюють роль металів-розчинників у процесах утворення зародків та росту кристалів алмазу, що дозволяє правильно зрозуміти механізм синтезу та розробити методи цілеспрямованої дії на цей процес шляхом надання сплаву потрібних характеристик.

Розглянуто вплив структури, фазового складу сплаву Ni-Mn та вмісту в ньому домішок на процес синтезу алмазів. Наявність крупних карбідів, деяких домішок та неоднорідність сплаву негативно впливають на зародкоутворення та ріст кристалів алмазу. Збільшення вуглецю приводить до зростання центрів кристалізації

алмазів та зменшення кількості алмазів крупної фракції, не змінюючи швидкості перетворення системи "графіт-алмаз".

Наявність кисню в металі-розчиннику знижує розчинність графіту в розплаві за рахунок адсорбції на міжфазній межі розплаву графіту, перешкоджаючи процесу зародкоутворення. Азот – навпаки – сприяє збільшенню центрів кристалізації.

Проведено критичний аналіз технології приготування диспергованого сплаву Ni-Mn у промислових умовах, і на основі приведених даних зроблено висновок про перспективність підвищення ефективності процесу синтезу алмазів при використанні розпиленних порошків сплаву Ni-Mn із застосуванням великих швидкостей охолодження при його кристалізації.

На основі проведеного літературного огляду сформульовано завдання дослідження: вивчення особливостей відцентрового розпилення порошків сплавів Ni-Mn при швидкості кристалізації розплаву в межах  $10^3$ - $10^8$  К/с; дослідження закономірностей формування структури та складу розпиленних порошків сплаву в залежності від режимів процесу; вивчення технологічних та фізичних характеристик розпиленних порошків сплаву Ni-Mn та комплексне їх дослідження в порівнянні зі стружкою Ni-Mn при синтезі алмазів, включаючи вивчення фізичних та механічних характеристик синтезованих алмазних порошків; розробка технологічних принципів отримання розпиленних порошків Ni-Mn та рекомендацій щодо їх практичного застосування.

## **Результати дослідження**

1. Проведено дослідження процесу отримання порошків сплаву Ni-Mn методом надшвидкісного твердіння розплаву при відцентровому розпиленні. Для розпилення порошків сплаву Ni-Mn у роботі використовували розроблену в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України установку відцентрового розпилення.

Плавлення заготовки, яка оберталася з коловою швидкістю до 50 м/с, здійснювали з торця за допомогою плазми. Краплі розплавленого металу під дією відцентрових сил відривалися від заготовки і кристалізувались при контакті з екраном, охолоджуваним водою, або при вільному падінні в атмосфері інертних газів. У першому випадку порошки мали пластинчато-лускату форму, а в другому – сферичну. В залежності від швидкості обертання заготовки змінювалась швидкість охолодження, яка знаходилась у межах  $10^3$ - $10^8$  К/с, що в певній мірі впливало на структуру та хімічний склад розпиленних порошків.

Швидкість обертання заготовки визначала також фракційний склад розпиленних порошків. На рис. 1 показано розподіл розпиленних порошків за розміром у залежності від швидкості обертання розпилюваної заготовки. Видно, що збільшення швидкості приводить до зменшення розміру порошків основної фракції, яка складає для кожної фіксованої швидкості 70-85%.

Вивчення хімічного складу та кількості домішок у порошках проведено методом нейтронно-активаційного аналізу. Він показав підвищений вміст кисню в стружці, що пояснюється особливостями технології приготування зливка в атмосферних умовах та окисленням стружки в процесі її отримання точінням зливка. При розпилюванні зливка спостерігається рафінування порошків, і домішки кисню відсутні.

Технологічні характеристики розпиленних порошків, які приведено в табл. 1, визначали за стандартними методиками. Геометричні характеристики порошків пластинчато-лускатої форми (ПЛФ) вимірювали за допомогою годинникового проєктора ЧП-2, а товщину - за допомогою оптичного мікроскопа з вимірювальною сіткою по поперечному їх розтині на мікрошліфах.

Порошки ПЛФ мали розміри: в довжину - 1-5 мм, ширину - 0,5-1,5 мм при товщині 15-20 мкм. Вони мали добре розвинуту поверхню. Питому поверхню визначали методом термічної десорбції та газопроникливості порошку, що складає 0,029-0,031 м<sup>2</sup>/г. У той же час питома поверхня стружки металу-розчинника має значення в 2 рази нижчі.

Структуру та фазовий склад порошків металу-розчинника різного походження досліджували, застосовуючи металографічний, рентенофазовий та диференційно-термічний аналізи, і вимірюванням мікротвердості. Мікроструктуру порошків Ni-Mn-C, отриманих різними способами, вивчали за допомогою металографічного мікроскопа "Neofot-21".

Як свідчать результати досліджень, для структури стружки Ni-Mn-C характерною є наявність певних карбідів розміром до 0,1 мкм, що мають в розрізі багатогранну форму, невеликих острівців твердого розчину Ni-Mn-C дендритної форми та евтектики. Розпилені порошки сплаву Ni-Mn при швидкості охолодження 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> К/с характеризуються дендритною мілкозернистою структурою, а при швидкості охолодження до 10<sup>6</sup> К/с спостерігається гомогенізація твердого розчину і виникнення зерен розміром 5-8 мкм. Включення карбідів у твердому розчині не перевищує розміру 2 мкм.

Таблиця 1

Технологічні характеристики порошків сплавів системи Ni-Mn різного походження

Матеріал	Метод отримання	Форма частинок	Розміри порошків, мм	Текучість через отвір діаметром, мм		Насипна густина, г/см <sup>3</sup>	
				2,5	5,0	Вільна засипка	Утрушування
Ni-Mn	Відцентро розпиленн	Сфера	-0,25	24,1	3,5	-	-
			+0,25-0,5	25,5	3,76	4,36	4,65
			+0,5-1,0	-	4,95	4,38	4,60
			+1,0	-	6,6	4,33	4,56
Ni-Mn	Відцентро розпиленн	ПЛФ	+1,0-2,0	-	-	0,75	0,92
			-1,0	-	-	0,81	1,00
			+2,0	-	-	0,49	0,70
Ni-Mn	Газове розпиленн	ПЛФ	-1,25+0,4	-	-	0,77	0,84
			0,40+0,2	-	-	1,47	1,62
Ni-Mn	Стружка після точіння зливка	Голки	-1,6+0,5	-	-	2,68	2,92
			-0,5+0,25	-	-	1,76	2,27
			-0,25+0,08	61,8	9,2	2,44	3,02

Мікротвердість окремих фаз структури розпиленних порошків не вдалося виміряти через її дисперсність, а середній показник знаходиться на рівні евтектики вихідного зливка. У стружці найбільше значення мікротвердості мають карбідні зерна 13,7-15,0 ГПа, евтектики 7,3-9,75 ГПа, твердого розчину 5,8-7,0 ГПа.

Фазовий склад порошків Ni-Mn визначали за допомогою дифрактометра ДРОН-3М, а вивчення розподілу компонентів у сплаві - рентгенівським мікроаналізатором "Мікроскан-5" шляхом сканування по досліджуваній ділянці зондом діаметром 0,5 мм з безперервним записом інтенсивностей на стрічці самописця. Топографія розташування окремих компонентів вивчалась при скануванні електронного зонду з отриманням відображення у відбитих електронах та в характеристичному рентгенівському випромінюванні.

Встановлено, що розпилені порошки Ni-Mn характеризуються надрівномірним розподілом компонентів (рис. 2).

Порівняльний аналіз результатів металографічних досліджень, вимірів мікротвердості та диференціально-термічного аналізу дав змогу зробити висновок про те, що в сплаві системи Ni-Mn-C виникнення інтерметаліду Ni-Mn з  $\gamma$ -твердого розчину має місце тільки в евтектичних зонах, де частина марганцю зв'язується в карбід Mn<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, а залишки твердого розчину при цьому збагачуються нікелем до стехіометричного співвідношення.

При розпиленні такого сплаву, завдяки високій швидкості охолодження, дисперсні карбідні виділення рівномірно розподілені по всій структурі. У зв'язку з цим відсутні окремі колонії і вся структура являє собою квазіевтектику. Це дає можливість стверджувати, що плавлення такого матеріалу в умовах синтезу алмазів буде проходити більш інтенсивно і одночасно по всьому об'єму частинок, що сприяє стабілізації умов синтезу в реакційному просторі апарата високого тиску.

Структура безвуглецевого сплаву Ni-Mn являє собою однофазний  $\gamma$ -твердий розчин, і розпилені порошки цього сплаву відзначаються досить значною пластичністю, що дозволяє піддавати їх деформаційній обробці.

Підвищена пластичність розпилених порошків дозволила застосувати деформаційну їх обробку з метою зміни форми сферичних порошків та надання їм необхідних технологічних характеристик, а також пересування компактних зразків з порошків ПЛФ.

Деформаційна обробка сферичних порошків вузької фракції виконувалась за допомогою прокатного станку при розмірі щілини між валиками 0-0,5 мм. Максимальний питомий тиск - 700 МН/м<sup>2</sup>. При цьому формуються лускаті частинки порошку, що мають потрібну насипну густину та текучість. Запропонований прийом дав змогу, змінюючи ступінь деформування частинок порошку, управляти його технічними характеристиками.

Порошки ПЛФ при зусиллі 1500 МПа добре формуються, а спресовані зразки в залежності від розмірів вихідних порошків мають поруватість 20-25% і високу механічну міцність, що дало змогу проводити з ними різні маніпуляції при спорядженні контейнерів апарата високого тиску, а також стабілізувати процес синтезу за рахунок високої точності кількості сплаву та збільшити кількість алмазу в результаті розміщення в реакційному просторі більшої кількості шарів компонентів.

2. Проведено вивчення особливостей синтезу та характеристик алмазів, які були отримані в присутності розпилених порошків сплаву Ni-Mn, та проведений аналіз результатів порівняльних випробувань при

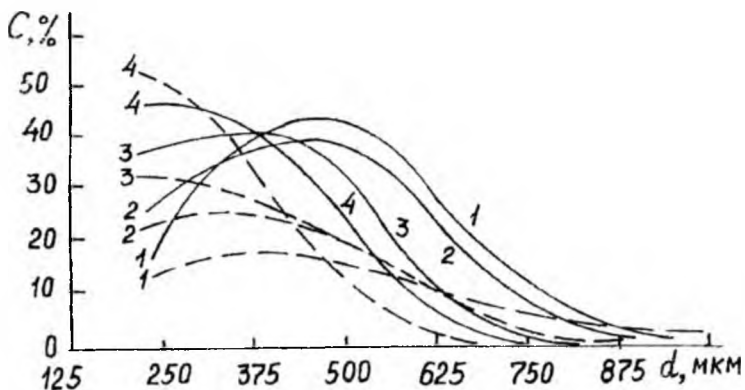


Рис.1. Фракційний склад порошків (сферичних – суцільна лінія; пластинчасто-лускових – крискована лінія) сплаву Ni-Mn, розпилених відцентровим методом в залежності від колової швидкості обертання електроду (м/с): 1 – 12,5; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 37,5

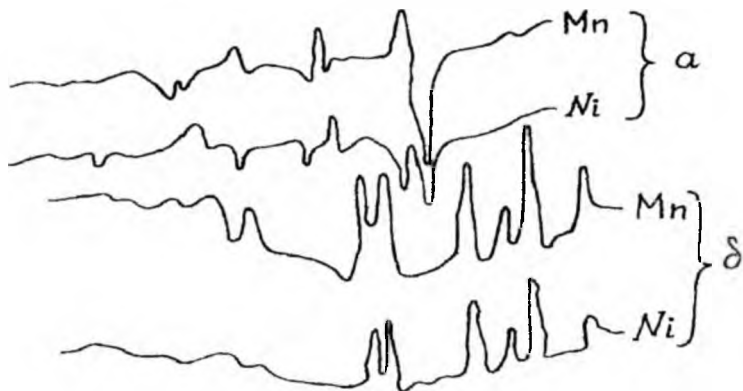


Рис.2. розподіл компонентів у сплаві Ni-Mn:  
а – в стружці зі зливка; б – в розпилених порошків ПЛФ

синтезі алмазів порошків сплаву Ni-Mn, виготовлених за різних умов.

Дослідження та порівняння ефективності застосування порошків сплаву Ni-Mn, отриманих різними методами, проводили в режимах синтезу алмазів марок АС6 та АС32.

Результати випробувань порошків сплаву Ni-Mn різного походження при синтезі алмазів марки АС6 свідчать про те, що за рахунок більшої питомої поверхні розпилених порошків сплаву Ni-Mn ступінь перетворення графіту в алмаз в їх присутності збільшується на 20-25% у порівнянні з використанням стружки сплаву, а вихід алмазів – на 10-12%, при цьому зусилля пресу знижується на 12-15%.

Більш інтенсивне протікання процесу синтезу в присутності розпилених порошків можна пояснити рівномірним розподілом вуглецю по об'єму частинок розпиленого сплаву, що сприяє більш швидкому досягненню пересичення розплаву для утворення зародків, а також відсутністю кисню. В той же час в частинках стружки основна кількість вуглецю знаходиться в складі карбідів, які можуть досить довгий час перебувати у стані рівноваги з розплавом, перешкоджаючи алмазо-утворенню.

Підвищення загального вмісту алмазів з одного циклу забезпечується за рахунок збільшення площі контакту метал-графіту і досягається також за рахунок збільшення маси реакційної металовуглецевої суміші в контейнері АВТ, що стало можливим завдяки пластичності розпилених порошків.

Вивчено ефективність застосування розпилених порошків сплаву Ni-Mn при синтезі монокристалів алмазу. Надійність результатів забезпечувалась здійсненням процесу при наявності в одному досліді порошків сплаву різного походження. Для цього в контейнер АВТ опоряджували одну половину шарів сплаву з розпиленого порошку, а другу - зі стружки. Хід процесу синтезу за різних температурних умов оцінювали шляхом вивчення еволюції морфології кристалів алмазу в різних зонах робочої АВТ.

Встановлено, що в зоні робочого об'єму АВТ, де розміщували розпилені порошки сплаву Ni-Mn, інтенсивне виникнення алмазів спостерігається при температурі на 50-100 К нижчій, ніж у зоні зі стружкою сплаву. При температурі синтезу в центрі робочого об'єму, яка сприяє росту алмазів октоедричного габітусу в зоні зі стружкою сплаву, в зоні з розпиленими порошками сплаву кристали алмазу мають значну кількість дефектів росту (скелетність, сліди розчинення в гранях та ямок травлення), які обумовлені пересиченням та високою швидкістю росту граней, чому сприяє більш інтенсивне плавлення розпилених порошків сплаву та швидке



розчинення графіту. Вихід алмазів при використанні розпиленних порошків на 10-12% вищий, ніж при використанні стружки. Максимум розподілу алмазів за розмірами більш розмитий і включає зернистості 315/250-200/160, що складає 55-58% загального виходу.

Досліджено фізико-механічні властивості алмазів, отриманих у присутності порошків сплавів системи Ni-Mn різного походження. Для оцінки якості алмазів вивчали їх магнітну сприйнятливості як таку, що характеризує поведінку алмазів при нагріванні в процесі виготовлення інструменту, а також механічну міцність при статичному навантаженні. Величину магнітної сприйнятливості ( $\chi$ ) алмазних порошків визначали за методом Фарадея та розраховували за формулою:

$$\chi = \Delta P (\mu_0 m \cdot H \cdot dH/dz)^{-1},$$

де  $\Delta P$  – зміна ваги алмазного порошку в магнітному полі;

$\mu_0$  – абсолютна магнітна сприйнятливості,

$m$  – маса алмазного порошку, кг;

$H \cdot dH/dz$  – характеристика магнітного поля,  $A^2/m^3$

Магнітні характеристики для алмазних порошків, що були отримані в присутності порошків Ni-Mn різного походження, приведено на рис. 3 та рис. 4.

Встановлено, що на початковій стадії для алмазних порошків, отриманих у присутності розпиленних порошків Ni-Mn, та для алмазів малих розмірів величина магнітної сприйнятливості нижча, ніж при застосуванні стружки. Це пояснюється тим, що магнітна сприйнятливості стружки сплаву Ni-Mn, яка має більшу впорядкованість у вихідному стані, вища, ніж у розпиленних порошках ( $15,5 \cdot 10^{-8}$  та  $14,7 \cdot 10^{-7}$   $m^3/kg$  відповідно). При однаковій кількості крапель, що входять у кристали алмазу, величина  $\chi$  для алмазу, який синтезовано в присутності стружки, закономірно має високе значення. В міру збільшення зернистості, починаючи з фракції 315/250, їх магнітна сприйнятливості інтенсивніше зростає при використанні порошків сплаву Ni-Mn за рахунок більш високої швидкості росту кристалів. Такий висновок підтверджується підвищенням загального виходу алмазів та вище приведеною еволюцією морфології синтезованих алмазів.

Дослідженням магнітних властивостей різних алмазних порошків після термічної обробки при  $T = 923-1070$  К протягом 15 хв встановлено, що коефіцієнт зміни відносної магнітної сприйнятливості  $\chi_{т.о.}/\chi_{в.}$  вищий у алмазів, синтезованих у присутності розпиленних порошків Ni-Mn, що також є

підтвердженням більш високих швидкостей росту кристалів у даній системі, які супроводжуються захопленням більшої кількості вкраплень

Оцінено ступінь однорідності алмазних порошків за фізико-механічними властивостями шляхом визначення їх магнітного фракційного аналізу після ситової класифікації, який полягає в розділенні алмазних порошків у магнітному полі з різною величиною напруженості на декілька продуктів з різною величиною магнітної сприйнятливості. Встановлено, що застосування при синтезі алмазів розпилених порошків металу-розчинника Ni-Mn забезпечує отримання кристалів з більш стабільними характеристиками. Вивчено механічну міцність алмазів згідно із загальноприйнятою методикою (ГОСТ 9206-80).

Показано, що механічна міцність алмазних кристалів при статичному навантаженні залежить від вмісту вкраплень, причому немагнітний продукт має більш високі значення. Деякі відхилення від цієї закономірності в алмазних порошків, які були синтезовані в присутності стружки Ni-Mn, пояснюється характером входження домішок у кристали, що приводить до підвищення їх дефектності та зниження механічної міцності. Більш високе значення міцності порошків з максимальною величиною магнітної сприйнятливості обумовлене наявністю металевої плівки на поверхні кристалів алмазу. Міцність алмазних порошків АС32,

Таблиця 2

Механічна міцність алмазів 125/100, отриманих у присутності сплаву системи Ni-Mn різного походження (до і після термічної обробки)

Партія	Стан	Величина механічної міцності, Н					
		Продукт магнітного фракційного аналізу					
		1	2	3	4	5	6
Конт- рольна	Вихідний	18,79	15,67	16,83	14,4	13,38	17,0
	Після термообробки	20,9	16,15	16,71	19,09	18,31	17,4
Дослід- на	Вихідний	19,29	15,62	16,62	17,2	19,66	17,12
	Після термообробки	18,15	18,08	19,13	22,23	22,14	22,41

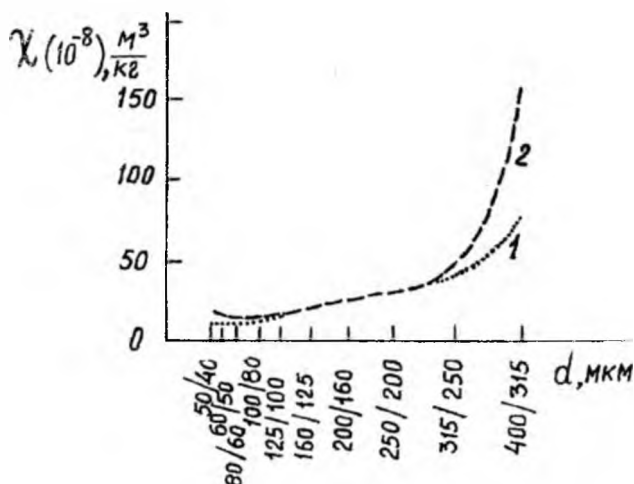


Рис.3. Характер зміни магнітної сприйнятливості алмазних порошків, отриманих у присутності сплаву Ni-Mn:  
1 – стружка зі зливка; 2 – з розпилених порошків ПЛФ

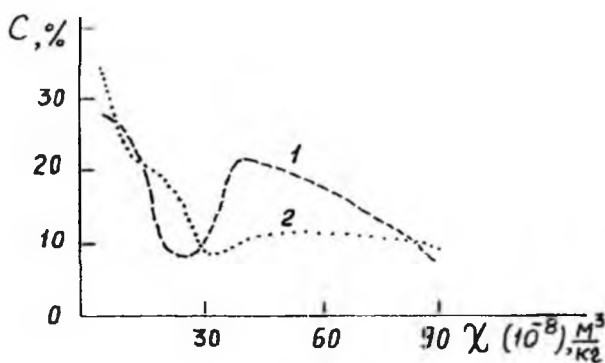


Рис.4. магнітний фракційний аналіз алмазних порошків, отриманих у присутності сплаву Ni-Mn:  
1 – стружка зі зливка; 2 – з розпилених порошків ПЛФ

отриманих у присутності порошків сплаву Ni-Mn, на 5-7% вища, ніж у присутності стружки, що дозволило виділити з них біля 15% порошків, які відповідають маркам AC50-AC80.

Досліджено вплив термічної обробки алмазних порошків при температурі 1073 К протягом 15 хвилин на величину їх механічної міцності. Результати вимірювань, які приведені в табл. 2, свідчать про те, що алмази, синтезовані із застосуванням розпиленних порошків сплаву Ni-Mn, мають після термічної обробки помітно вищі значення механічної міцності.

Наведені дані свідчать про перевагу застосування при синтезі алмазів розпиленних порошків перед стружкою, отриманою зі злиwkів Ni-Mn.

3. Розроблено технологічний процес отримання порошків металу-розчинника Ni-Mn методом відцентрового розпилення.

Модернізація дослідно-промислової установки для розпилення порошків спростувала технічні ускладнення при виникненні потреби розпилення заготовок різних розмірів. Для цього передбачено механізм сканування нагрівача та вертикального переміщення екрану, а також змінено конструкцію притискування заготовки, що виключає потребу в держаку заготовки та спрощує її механічну обробку перед розпиленням.

На основі детального аналізу виконаних досліджень сформульовані вимоги для характеристик розпиленних порошків металу-розчинника, який використовується при синтезі алмазів. Для отримання алмазів марки AC6 потрібні порошки сплаву Ni-Mn-C, які мають товщину 80-180 мкм, що забезпечується одноразовою прокаткою розпиленних сферичних порошків діаметром 300-500 мкм.

Для синтезу кристалів алмазів марки AC32 та вище в процесі приготування порошків металу-розчинника розпилення проводиться при швидкості обертання 12,5-18м/с з використанням охолоджуваного водою екрану. Розміри частинок розпиленого порошку сплаву Ni-Mn при цьому складають 2,0-3,0 мм при загальній товщині 30-50 мкм. Розпилені порошки металу-розчинника пластинчато-лускатої форми, які виникають при цьому, формуються в диски потрібних розмірів у залежності від типу апарата високого тиску, що застосовується в кожному конкретному випадку. Схема отримання розпиленних порошків металу-розчинника для синтезу алмазів різних марок приведена на рис. 5.

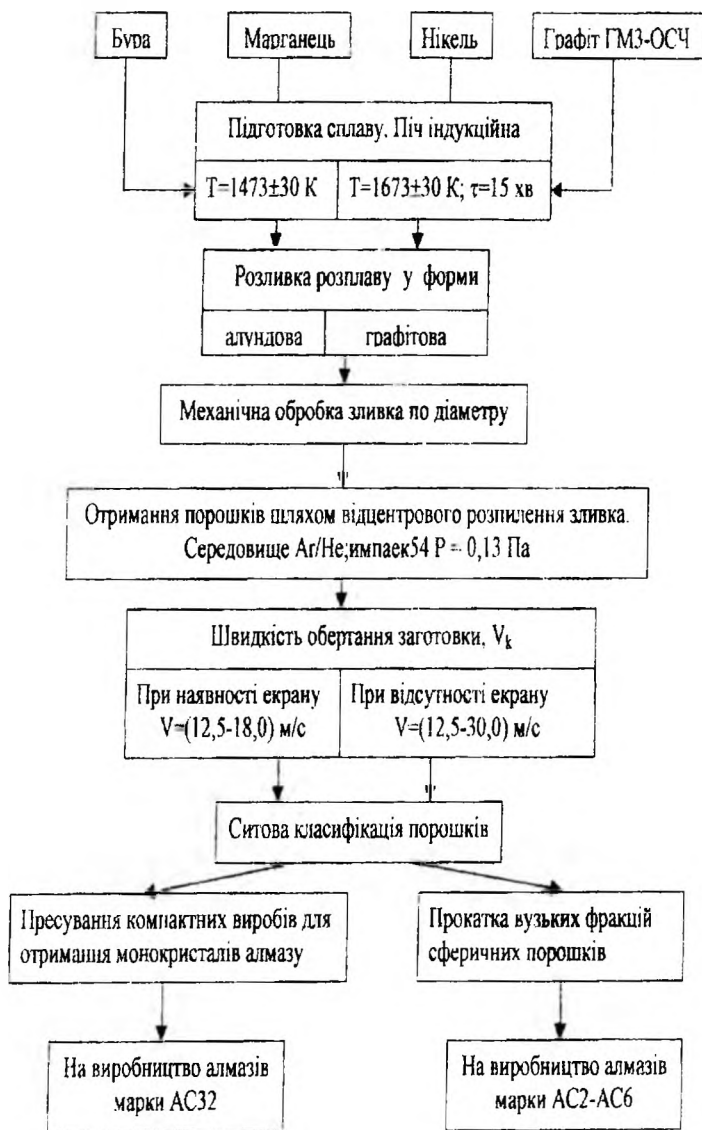


Рис. 5 Технологічна схема отримання розпилених порошоків сплаву Ni-Mn

## Висновки

1. Встановлено закономірності формування гранулометричного складу порошків сплавів Ni-Mn при відцентровому розпиленні з коловою швидкістю обертання електроду від 12,5 м/с до 37,5 м/с. Показано, що переважний вміст потрібних фракцій 250-500 мкм має місце при колівій швидкості розпилюваного електроду в діапазоні 20-37,5 м/с.

2. Встановлено закономірності структуроутворення порошків сплаву Ni-Mn-C відцентровим методом у діапазоні швидкостей охолодження  $10^3$ - $10^8$  К/с. Показано, що при швидкості охолодження розпиленних порошків  $10^3$ - $10^4$  К/с виникає дендритна дрібнокристалічна структура, а при швидкості охолодження до  $10^6$  К/с спостерігається гомогенізація твердого розчину з виникненням рівновісних зерен розміром 5-8 мкм, при цьому високодисперсні карбіди настільки рівномірно розподіляються в структурі сплаву, що вона являє собою квазіевтектику.

3. Вперше встановлено конгруентність плавлення розпиленних порошків сплаву Ni-Mn-C при синтезі алмазів, за рахунок чого має місце підвищення загального виходу алмазів. Запропоновано модель структури розпиленних порошків сплаву Ni-Mn-C, в якій кожне карбідне включення оточене зоною інтерметаліду, який поступово переходить в  $\gamma$ -твердий розчин у більш віддалених від карбіду областях.

4. Комплексними дослідженнями показано, що в порівнянні зі стружкою сплаву Ni-Mn застосування при синтезі алмазів розпиленних порошків забезпечує підвищення ступеня перетворення графіту в алмаз за рахунок однорідної дисперсної структури та меншого вмісту шкідливих домішок.

5. Розроблено технологічні принципи отримання відцентровим розпиленням порошків сплавів Ni-Mn, які дозволяють цілеспрямовано впливати на структурний стан та склад сплаву і, таким чином, підвищити ступінь перетворення графіту в алмаз на 20-25%.

6. Запропоновано деформаційну обробку прокаткою розпиленних порошків Ni-Mn, що дає змогу за рахунок зміни форми забезпечити їх потрібні технологічні характеристики та отримувати пресовані зразки.

7. Застосування розпиленних порошків сплаву Ni-Mn дозволяє збільшити загальний вихід алмазів на 10-12% та забезпечити при цьому підвищення їх міцності при статичному навантаженні на 5-7%.

8 Відпрацьовано методику деформаційної обробки сферичних порошків сплавів Ni-Mn прокаткою при максимальному питомому тиску  $700 \text{ МН/м}^2$ , яка забезпечує їм потрібні технологічні характеристики, та процес пресування лускатих порошків при зусиллі до  $1500 \text{ МПа}$ , що забезпечує підвищення виходу алмазів зернистістю  $315/250 - 200/160$  до  $55-58 \%$ .

1. Аврамчук С.К., Волкогон В.М. К вопросу о влиянии скорости кристаллизации на фазовый состав сплава Ni-Mn для синтеза алмазов // Тез. докл IV Междунар. Науч.-методич. конф. "Интеграция образования науки и производства". - Луцк : ВИЭМ, 2000 – С. 35
2. Аврамчук С.К., Волкогон В.М. Некоторые особенности морфологии и свойства алмазов, синтезированных в присутствии распыленных порошков сплава Ni-Mn // Сверхтвердые материалы. – 1999. - №6. – С.46.
3. Аврамчук С.К., Волкогон В.М. Эффективность использования порошков сплава Ni-Mn различного происхождения при синтезе алмазов // Тр. Междунар. семинар. "Современные материалы, технологии, оборудование и инструменты в машиностроении (наука - производству '99)". – К.: АТМ Украины. 1999. – с.4.
4. Влияние скорости охлаждения на структуру и свойства порошков системы Ni-Mn-C / С.К. Сегада, Н.Н. Кузьменко, В.М. Волкогон, Л.Д. Кулак // Сверхтвердые и композиционные материалы и покрытия, их применение. – К.: ИСМ АН УССР – 1991. – С.35.
5. Влияние структурного состояния сплава Ni-Mn на магнитные характеристики синтетических алмазов / С.К. Сегада, В.М. Волкогон, Л.Д. Кулак, Г.Ф. Невструев // Матер. Респ. научно-техн. совещ. "Проблемы синтеза и применения сверхтвердых материалов в народном хозяйстве". – Махачкала: Даг. прав. НТО машиностр. – 1990. – С.16.
6. Влияние условий получения металла-растворителя на некоторые физико-механические характеристики синтезируемых алмазов / С.К. Сегада, Н.Н. Кузьменко, В.М. Волкогон, Л.Д. Кулак // Новые разработки в области сверхтвердых материалов и покрытий. – К.: ИТК ИСМ им. В.Н. Бакуля АН Украины. – 1992. – С.21.
7. Особенности формирования порошков металла-растворителя системы Ni-Mn в зависимости от условий получения / С.К. Сегада, Н.Н. Кузьменко, В.М. Волкогон, Л.Д. Кулак // Новые разработки в области сверхтвердых материалов и покрытий. – К.: ИТК ИСМ им. В.Н. Бакуля АН Украины. – 1992. – С.24.

- 8 Рентгеноструктурные исследования порошков сплава системы Ni-Mn, используемых при синтезе алмазов / С.К. Сегеда, Л.Н. Ключков, В.М. Волкогон и др. // Матер. Респ. научно-техн. совещ. "Проблемы синтеза и применения сверхтвердых материалов в народном хозяйстве". Махачкала: Даг. прав. НТО машиностр. – 1990. – С.7.
9. Сегеда С.К., Волкогон В.М. Влияние термической обработки на некоторые физико-химические свойства алмазов, полученных в присутствии сплава различного происхождения // Современные достижения в области физического материаловедения: Сб. науч. тр. – Киев НТК ИПМ НАН Украины – 1992. – С.75.
10. Сегеда С.К., Волкогон В.М. К вопросу об оптимальном процессе получения распыленных порошков Ni-Mn для синтеза алмазов // Современные достижения в области физического материаловедения К: НТК ИПМ НАН Украины – 1992. – С.70.
- 11 Avramchuk S.K., Volkogon V.M. Structure, phase and chemical structure of the sprayed powders of on alloy Ni-Mn for synthesis of dismonds // Inter conf. Advanced materials. Simposium A: Ingeneering of composites: investigations technologies and perspectives Kijv: IPM NAS Ukraine.- 1999. – P.206.

Avramchuk S.K. Technology, structure, phase structure and characteristics of the sprayed powders of on Ni-Mn alloys for synthesis of diamonds. The experimental researches of the production process carried out by centrifugal dusting of solvent metal powders belonging to the Ni-Mn-C system for the diamond synthesis have been done. The peculiarities of the forming process of their structure and composition have also been analyzed. It has been determined that owing to the centrifugal dusting it's possible to obtain the powders with even distribution of alloy's components all over the volume. The centrifugal dusting promotes the forming of homogeneous high-dispersed structure, which provides the powders with high plasticity and this process is accompanied by their refining. Dusted powders physical and technological characteristics have been studied. The possibility of their deformational rolling for the controlling the technological characteristics and compaction. Comparative tests during the diamond synthesis of dusting powders of the Ni-Mn alloy, dispersed by ingot's turning treatment with following grinding have been carried out. Morphology's evolution and physical and mechanical characteristics of diamonds have been studied. The high effectiveness and the dusted powders ability for diamond creation are shown. It makes possible to increase the degree of change from graphite into diamond for 20-25 per cent, to make the diamond outlet 10-12 per cent more and to make their mechanical strength 5-7 per cent more.