

МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НІКЕЛИСТОГО ЗАЛІЗА В ПАЛАСИТІ ОМОЛОН

Попередні електронно-мікроскопічні дослідження тонких морфологічних особливостей зерен нікелістого заліза паласиту Омолон свідчать про наявність на їх поверхні первинних і вторинних скульптурних елементів [2, 3], які утворились у процесі охолодження та ударного метаморфізму материнського тіла в поясі астероїдів, а також під час вивітрювання метеорита на Землі. Вивчені зерна були відібрані із олівінової фракції паласиту, яка до роздрібнення заповнювала комірки металічного каркасу. Вони характеризувались незначними розмірами і морфологічним різноманіттям. Отримані результати стимулювали додаткові електронно-мікроскопічні та хімічні дослідження вперше знайдених в олівіновій фракції паласиту пластинок і віскерсів нікелістого заліза [2], а також поверхні фрагментів, відокремлених від металічного каркасу, з метою порівняння особливостей їхньої будови і складу.

Загальна кількість досліджених зразків відповідає 63, з яких 10 — фрагменти металічного каркасу (перший тип), а 53 — дрібні зерна нікелістого заліза (другий тип), відібрані із силікатної фракції паласиту. Тонкі скульптурні та хімічні дослідження відібраних під бінокелем зразків були проведені за допомогою сканувального електронного мікроскопа (СЕМ) марки JEOL JSM-6490LV, обладнаному енергодисперсійним спектрометром Penta FETx3 Oxford Instruments.

Перший тип. Розміри відокремлених фрагментарних зразків металу становлять від $1,0 \times 0,5$ до $9,0 \times 3,0$ мм. У зв'язку з інтенсивним вивітрюванням металічного каркасу дослідження проведені лише на окремих ділянках поверхні, на яких макроскопічно відсутні гідроксиди заліза. До скульптурних особливостей поверхні цих зразків можна віднести:

1) окремі включення недиагностованих мінералів, а також негативних кристалів; до останніх належать скупчення 4-кутних відбитків найімовірніше кристалів мікрорабдиту розміром $0,1$ — $0,3$ мкм, а також ділянки із стільникоподібною будовою, видовжена форма стільників у яких вказує на їх пластичну деформацію;

2) деформаційні системи, в яких смуги і пластинки в окремих випадках ускладнені порами; менші пори (розміром близько $0,1$ мкм) мають округлу форму, а більші ($\leq 5 \times 4$ мкм) — корозійну, типову для інтенсивно ударно-

метаморфізованих зразків; у поодиноких випадках відзначені дві системи паралельних смуг, тобто нейманові лінії, які пересікаються під кутом 40° ;

3) полікристалічну будову камаситу, монокристали в якому мають форму, близьку до полігональної, їх розмір близько 25×25 мкм;

4) землисту тонкозернисту будову окремих ділянок, які під біокуляром характеризуються не блискучою, а матовою поверхнею; така особливість пов'язана з інтенсивним ударним метаморфізмом і стосується рідкісних скульптур ударного нагріву [4];

5) бризки високотемпературного розплаву FeS (?), про що свідчать їхня витягнута форма і добра змочуваність поверхні;

6) крихкі тріщини, що може бути індикатором додаткового низькотемпературного удару;

7) плівки гідроксидів, типові розетки акаганейту та гідроксидні кульки.

Відповідно до енергодисперсійних даних, фрагменти металічного каркасу представлені здебільшого камаситом (середнє з 33 аналізів, масова частка, %: 93,0 Fe; 5,83 Ni; 0,95 Co;), меншою мірою — тенітом (5 аналізів, масова частка, %: 62,5 Fe; 36,4 Ni; 0,29 Co) і плеситом (2 аналізи, масова частка, %: 84,5 Fe; 14,0 Ni; 0,61 Co).

Другий тип. Зерна металу мають розміри від 100×100 до 500×400 мкм і характеризуються скульптурою поверхні, яка переважно ідентична зернам першого типу. Більшість з них представлені тонкими вигнутими пластинками неправильної форми з рваними краями. Окремі пластинки утворюють складне за формою переплетення. Вони складені здебільшого камаситом, меншою мірою тенітом і плеситом. На цих зразках нікелістого заліза наявні деформаційні скульптури у вигляді сходинкоподібних, пластинчастих утворень, системи паралельно розміщених борозенок, складок і смуг, скульптури перекристалізації, а також продукти земного вивітрювання — гідроксиди заліза у вигляді плівочок та кульок, квіткоподібних утворень, ажурних скупчень субмікронних розеток гетиту, скупчень пластинок, мохоподібних утворень і трубочок. Деякі пластинки і зерна мають на поверхні мікронні та субмікронні включення олівіну, самородної міді (до 93,4 % Cu), шрейберзиту (до 21,8 % P), троїліту, а також графіту (до 99,7 % C).

Окремі зерна металу другого типу представлені віскерсами або їх скупченнями, які інколи переплетені між собою. Утворення таких кристалів може бути пов'язане із їх швидким нерівноважним ростом у вільному міжзерновому просторі, пересиченому парами Fe і Ni [1], або із проникненням металічного розплаву у міжзерновий простір і тріщини олівіну під час ударного метаморфізму. Віскерси мають сірий колір під біокуляром, довжину до 2 мм, товщину 20—30 мкм, пластинчасту будову (рис. 1). Окремі з них характеризуються поздовжніми та поперечними тріщинами (рис. 2). На ділянці одного з віскерсів видно скульптурні елементи пластичної та крихкої деформації, а саме поздовжню пластинчасту будову ниткоподібних агрегатів з поперечними тріщинами, у поєднанні з грануляцією цих пластинок (рис. 3), що стосується скульптур ударного нагріву. Серед досліджених зерен нікелістого заліза інколи трапляються спресовані до майже однорідної маси скупчення віскерсів, які, найімовірніше, належать до артефактів, пов'язаних з механічною деформацією під час відбору силікатної фракції паласиту.

На поверхні одного із зерен знайдено включення графіту округлої форми розміром 70×70 мкм (рис. 4). Його хімічний склад у середньому такий, масова частка, %: 99,2 C; 0,52 Fe; 0,17 Cu; 0,10 S. Відповідно до структури мінералу поверхня сколу кристала характеризується східчастою будовою.

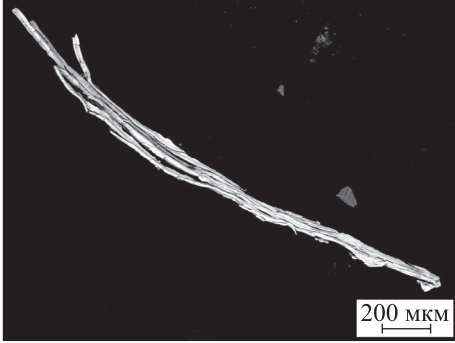


Рис. 1. СЕМ-знімок камаситового віскерсу, вздовж якого розміщуються пластинки деформації

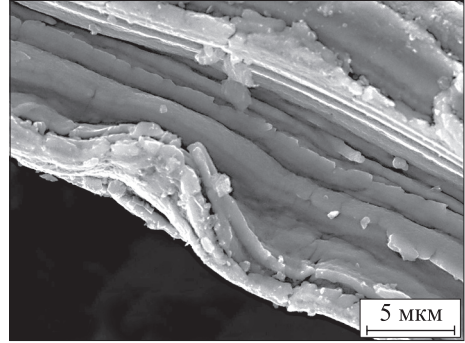


Рис. 2. СЕМ-зображення пластинок деформації на поверхні віскерсу

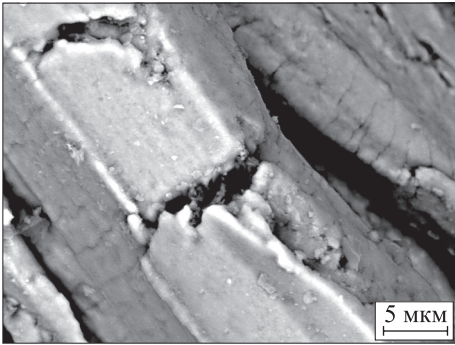


Рис. 3. Грануляція і поперечні тріщини на поверхні деформаційних пластинок камаситового віскерсу. СЕМ-знімок у відбитих електронах

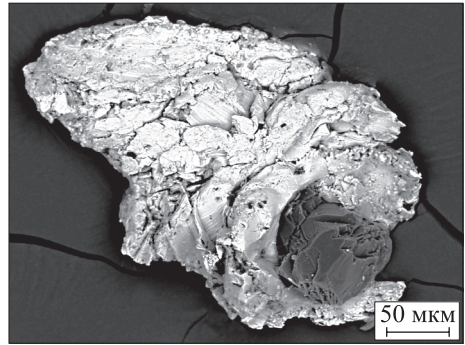


Рис. 4. СЕМ-знімок включення кристала графіту на поверхні зерна нікелістого заліза другого типу

В першій знахідці [2] зерна графіту були не лише округлими, а й представлені включеннями правильної 4-кутної форми на поверхні зерна металу. Згідно з нашими результатами, кристалізація графіту на фазовій межі нікелістого заліза зумовлена твердофазовою дифузією С у металі внаслідок його очищення за повільного охолодження материнського тіла паласиту. Надзвичайно малі кількості графіту були знайдені раніше лише в паласиті Красноярськ [6].

Згідно з дослідженнями хімічного складу зерен металу другого типу, камасит містить у середньому (64 точки), масова частка, %: 91,1 Fe; 7,48 Ni; 0,88 Co; плесит (45 точок) — 83,9 Fe; 14,7 Ni; 0,79 Co; а теніт (12 точок) — 76,1 Fe; 22,9 Ni; 0,33 Co, що узгоджується з типовими характеристиками складу мінералів нікелістого заліза в паласитах [5].

Порівняння скульптурних особливостей і хімічного складу поверхні зерен металу першого і другого типів дає змогу зробити такі висновки.

1. Головні скульптурні особливості поверхні двох типів зерен нікелістого заліза переважно ідентичні і засвідчують домінуючу роль в їх утворенні процесів ударного метаморфізму в космосі та вивітрювання на Землі.

2. Поверхня зерен нікелістого заліза другого типу характеризується вищим вмістом включень, а також більшим поширенням скульптур ударної перекристалізації, що вказує на вищу чутливість дрібних зерен до ударного ме-

таморфізму, ніж великих. Наявність включень графіту лише на поверхні зерен камаситу другого типу потребує досліджень.

3. Характерною морфологічною ознакою зерен металу другого типу є наявність тонких пластинок і віскерсів. Їх утворення зумовлено, найімовірніше, проникненням металевого розплаву в міжзерновий простір і тріщини олівінових кристалів під час остигання материнського тіла паласиту Омолон і/або за ударного метаморфізму.

4. Вища концентрація Ni в камаситі зерен другого типу може бути додатковим доказом його високотемпературного і нерівноважного утворення, зумовленого проникненням ударного розплаву камаситу із металічного каркасу в олівінові кристали.

5. Поверхня зразків першого типу вивітрена інтенсивніше у зв'язку з пріоритетним проникненням води по міжфазових межах метал—олівін, ніж по тріщинах олівінових зерен.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гиваргизов Е.И. Рост нитевидных и пластинчатых кристаллов из пара. — М.: Наука, 1977. — 303 с.
2. Семененко В.П., Горovenko Т.М. Скульптура поверхні та хімічний склад мінеральних зерен паласиту Омолон // Зап. Укр. мінерал. тов-ва. — 2009. — 6. — С. 63—69.
3. Семененко В.П., Квасниця І.В., Алексєєва О.І., Ширінбекова С.Н. Особливості скульптури поверхні зерен мінералів у паласитах // Там само. — 2008. — 5. — С. 68—74.
4. Семененко В.П., Тертычная Б.В., Клейманов А.В. Скульптура поверхності частиц никелистого железа в хондритах // Метеоритика. — 1987. — Вып. 46. — С. 73—80.
5. Чирвинский П.Н. Палласиты, их минералого-химический состав, положение в ряду других метеоритов. — М.: Недра, 1967. — 287 с.
6. Buseck P.R. Pallasite meteorites — mineralogy, petrology and geochemistry // Geochim. Cosmochim. Acta. — 1977. — 41, N 6. — P. 711—740.