

## **Вплив технології одержання на структуру та властивості елінварів**

### **2. Сплав типу 44НХТЮ**

К. О. Гогаєв, П. І. Лобода\*, Ю. М. Романенко\*, О. К. Радченко, М. О. Пінчук\*, В. В. Грабін\*\*

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ, e-mail: arrach@ipms.kiev.ua

\* Національний технічний університет України "КПІ" МОН України, Київ

\*\* Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ

*Досліджено зміну металографічних структур і механічних властивостей сплаву типу 44НХТЮ (з добавкою 6% кобальту), отриманого за різними методами, при його термомеханічній обробці. Встановлено, що зміна технології отримання елінварного сплаву (замість електронно-променевого переплаву — струминне осадження) дозволяє зменшити розмір зерна в два рази, а термомеханічна обробка (гартування та прокатування) призводить до зменшення мікротвердості.*

**Ключові слова:** структура, Osprey процес, порошкова металургія, елінвар, електронно-променевий переплав.

Питання про вплив технології одержання на структуру та властивості елінварів, згідно з дослідженнями різних вчених, розглянуте в першій частині цієї роботи [1].

Метою даної роботи є дослідження впливу методів одержання елінварного сплаву типу 44НХТЮ та деяких параметрів технологічного процесу на їх структуру та властивості. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

дослідити структуру та властивості елінварного сплаву, отриманого електронно-променевою плавкою, методами Osprey процесу та порошкової металургії;

провести комп'ютерну статистичну обробку одержаних металографічних зображень та визначити кількісні параметри структур;

дослідити вплив деформації на мікротвердість елінварних сплавів, одержаних різними методами.

### **Експериментальна частина**

#### **Вихідні матеріали**

Досліджували три зразки сплаву 44НХТЮ, виготовлені трьома методами: електронно-променевим переплавом, методами Osprey процесу та порошкової металургії. При виготовленні сплаву за технологією електронно-променевого переплаву (рис. 1, а) на установці УЕ-174 головним було недопущення появи у зливку дефектів усадкового походження, причиною яких є формування зустрічного фронту твердіння з боку вільної поверхні, а також формування рівномірної кристалічної структури по товщині заготовки. Виплавку зливок (заготовок для подальшого прока-

© К. О. Гогаєв, П. І. Лобода, Ю. М. Романенко, О. К. Радченко, М. О. Пінчук, В. В. Грабін, 2013

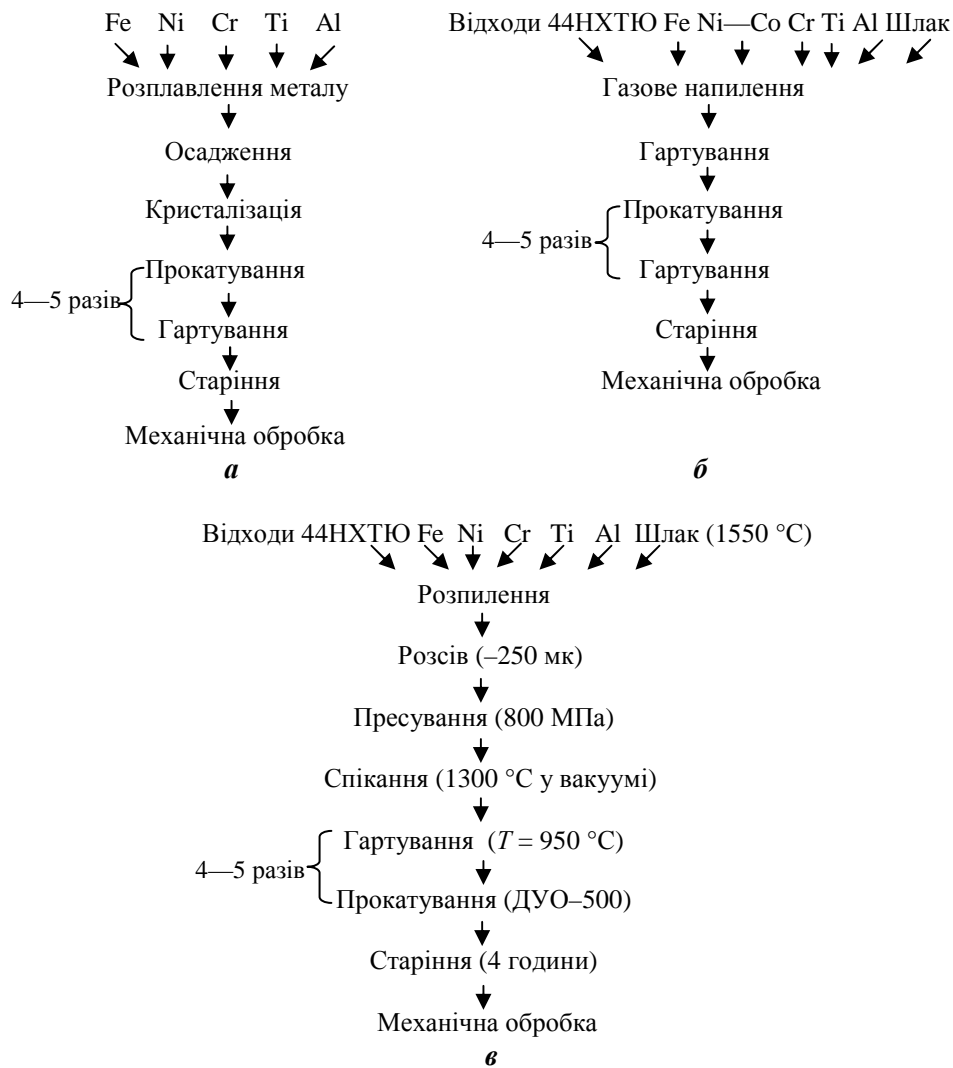


Рис. 1. Технологічні схеми одержання елінварних сплавів електронно-променевим переплавом (а), методами Osprey процесу (б) та порошкової металургії (в).

тування смуги) прецизійного сплаву проводили наступним чином: в ємність бічного механізму подачі шихтових матеріалів в необхідній пропорції з урахуванням угару закладалися відповідні вихідні (шихтові) матеріали: залізо, алюміній, нікель, титан та хром. Спеціальним пристроєм шихтові матеріали пропорційно подавалися в проміжну ємність, де за допомогою електронно-променевих гармат відбувалося їх плавлення та рафінування. Зливоч закладався в бічний механізм. Рідкий метал відповідного складу пропорційно зливався в водоохолоджувальний прямокутний мідний кристалізатор, де відбувалося формування заготовки. Процес наповнення прямокутного мідного кристалізатора проходив поетапно. Спочатку був сформований шар рідкого металу товщиною 4 мм. Регульований налив рідкого металу контролювали за допомогою датчика контролю висоти рідкого металу (з точністю до 0,1 мм). Після досягнення висоти 4 мм подачу рідкого металу припиняли. Рідкий метал витримували 3—5 хв для

забезпечення спливання оксидних та неметалевих домішок. Потім поверх наливали шар товщиною 2 мм і знову робили витримку 3—5 хв і так далі, поки не сформувався шар товщиною 12 мм. Після завершення технологічного процесу виготовлення зливка та його охолодження робочу камеру розгерметизували і видалили зливки. Перед прокаткою верхній шар заготовки шліфували на глибину 200 мкм для видалення поверхневого шару зі збільшеним вмістом сірки, фосфору, водню, кисню, азоту.

За технологією струменевого осадження (Osprey process) (рис. 1, б) заготовку виготовляли таким чином: розплавляли метал в індукційній печі, вливали розплав у металоприймач, після чого струмінь рідкого металу поступав у форсунку. В останній відбувалося розпилення розплавленого металу газом (азотом) з утворенням потоку рідких та твердорідких крапель, які попадали на горизонтальну поверхню кристалізатора, розплющувалися і при кристалізації формували матеріал з високою щільністю. Результати хімічного аналізу порошку та осаду Osprey процесу наступні (% (мас.)): Fe — 39,3; Ni — 38,0; Cr — 7,0; Ti — 3,5; Mn — 1,4; Si — >1; Al — 0,8; Co — 6,0.

Технологія порошкової металургії (рис. 1, в) передбачала розпилення гомогенного сплаву, розсів порошоків на фракції, спікання вільно насипаного порошку або його прокатування за несиметричною схемою [2], прокатування спеченого продукту до необхідного розміру з проміжним гартуванням, старіння зразків сплаву з заданими розмірами. Досліджували зразки елінварного сплаву у вихідному стані та після пластичної деформації прокатуванням на стані ДУО-500. Всі зразки перед прокатуванням піддавали механічній обробці з метою надання їм прямокутної форми. Деформація за один прохід не перевищувала 30%, після чого зразки гартували. Вихідна товщина зразка становила 8—10 мм, кінцева — не перевищувала 1 мм.

### **Результати експерименту та їх обговорення** **Металографічний аналіз**

Для проведення металографічних досліджень зразки запресовували у бакеліт при температурі 150 °С за тиску 15 МПа та виготовляли шліфи (шліфування наждачним папером 320, 600, 800, 1200 та полірування суспензією корунду 50 нм). Металографічні дослідження виконували на оптичному та електронному мікроскопах. Для виявлення зеренної структури зразки травили у розчині соляної кислоти у спирті з домішкою мідного купоросу. Дослідження проводили на поздовжньому перерізі зразків. Для металографічного аналізу застосовували мікроскоп Meiji Techno 8500 та збільшення у 80—1200 разів. Статистичний обрахунок металографічних зображень виконували з використанням програмного комплексу Image Lab 1.0. Аналіз хімічного складу зразків проводили на рентгенофлуоресцентному аналізаторі Expert-3L, локальний аналіз хімічного складу — на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И за допомогою енергодисперсійного рентгенівського мікроаналізатора.

Металографічний аналіз проводили на зразках сплаву, одержаних різними методами, з метою порівняння параметрів їх зеренної структури. Металографічні зображення структур представлені на рис. 2. Структура вихідного сплаву, отриманого методом порошкової металургії (рис. 2, а, *ліворуч*), складається з частинок округлої форми різних розмірів (світлий колір), а також невеликої кількості пор (темний колір). Після про-

катування пористість практично зникла, а частинки набули форми неправильних багатогранників (рис. 2, *а, праворуч*).

Структура вихідного сплаву, одержаного за Osprey процесом (рис. 2, *б, ліворуч*) складається з частинок спотвореної форми (світлий колір) та пор (темний колір). Така структура утворюється тому, що частинки при формуванні знаходяться у твердорідкому стані. Після прокатування границі між частинками зникають. Практично не видно контурів частинок і пор, тоді як чітко спостерігаються границі зерен і прямолінійні границі двійників, які утворилися в результаті інтенсивної пластичної деформації (рис. 2, *б, праворуч*). Структура сплаву, отриманого електронно-променевим переплавом, представляє собою майже однорідний матеріал (границі зерен практично не протравлені, незважаючи на довгий вплив травника) з включеннями невеликих пор (темний колір), які напевне утворилися при кристалізації сплаву (рис. 2, *в, ліворуч*). Після прокатування структура набула явно вираженої анізотропії, зерна сплаву витягнулись у напрямку прокатування (рис. 2, *в, праворуч*). В середині зерен утворилися деформаційні двійники з паралельними прямими гранями. Зони темного кольору прилягають до границь зерен і можуть являти собою другу зміцнюючу фазу або спотворені пори. Для ідентифікації

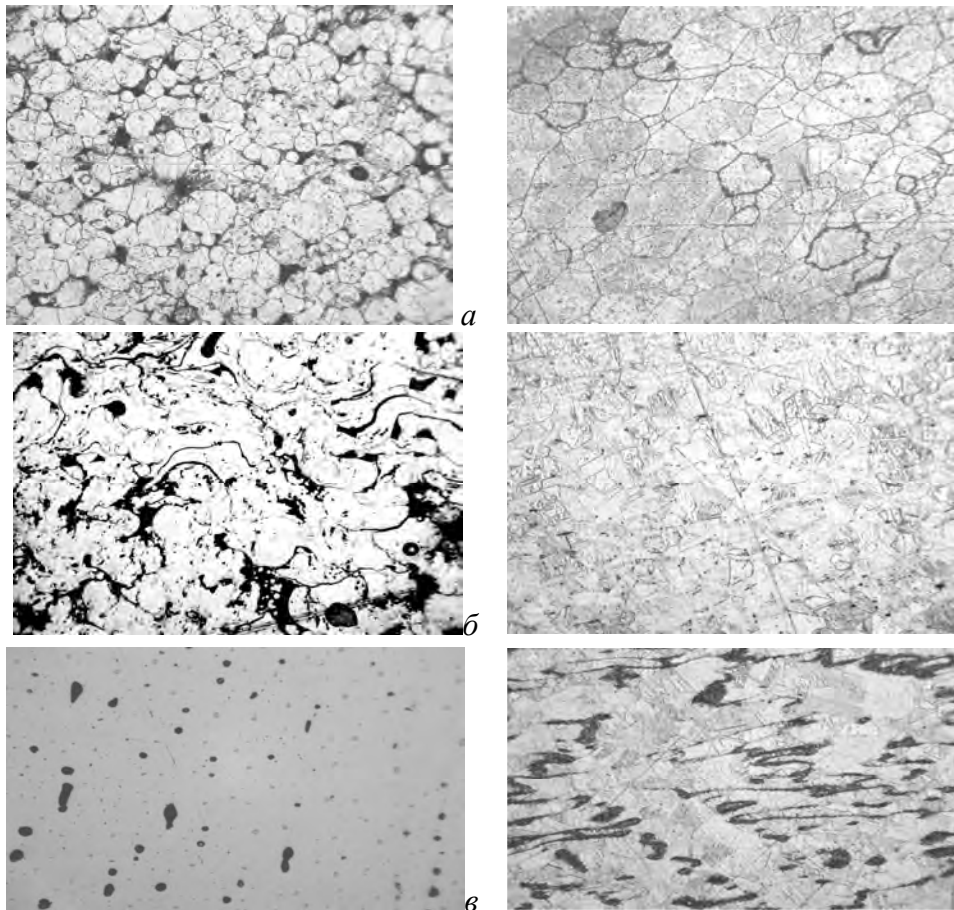


Рис. 2. Мікроструктура (x100) зразків, отриманих за технологією порошкової металургії (*а*), Osprey процесу (*б*) та електронно-променевого переплаву (*в*): *ліворуч* — вихідний стан; *праворуч* — після прокатки.

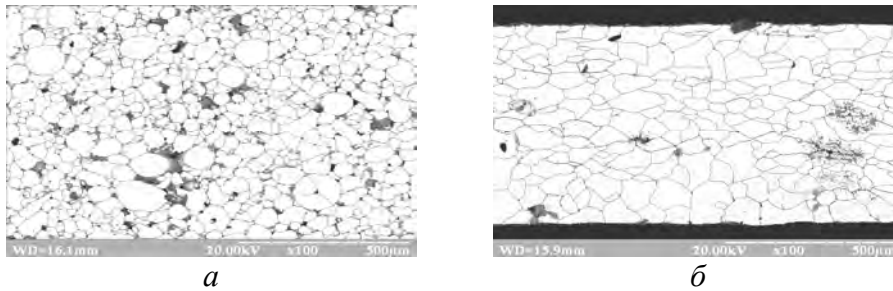


Рис. 3. Зеренна структура (x100) зразків, отриманих за технологією порошкової металургії: *a* — вихідний стан; *б* — після прокатки.

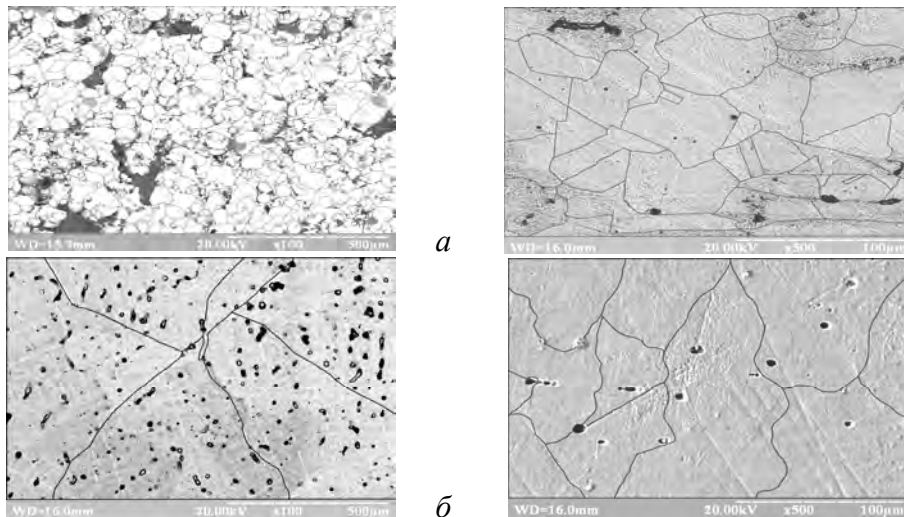


Рис. 4. Зеренна структура зразків, отриманих за технологіями Osprey процесу (*a*) та електронно-променевого переплаву (*б*): *ліворуч* — вихідний стан (x100); *праворуч* — після прокатки (x500).

цих зон необхідно порівняти їх мікротвердості з мікротвердостями світлої фази.

Зображення, одержані на растровому електронному мікроскопі РЕМ-10БИ (рис. 3, 4), були піддані статистичній обробці. Зеренну структуру досліджували за допомогою програмного комплексу Image Lab 1.0. Характеристики зеренної структури: середній розмір, показники видовженості, округлості і периметр зерен та стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, довірчий інтервал пористої структури наведені у табл. 1. Електронно-мікроскопічне дослідження раніше проводили для сплаву типу 44НХТЮ [1] та сплаву, одержаного за методом порошкової металургії з застосуванням наночастинок [2].

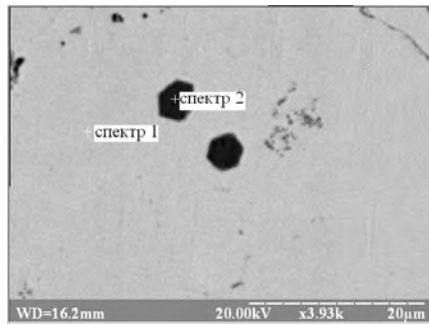
#### Аналіз хімічного складу

Хімічний склад визначали за енергодисперсійним рентгеноспектральним аналізом в певних точках на шліфах (рис. 5). Хімічний склад окремих областей сплаву (табл. 2) дещо відрізняється від наведеного раніше загального хімічного складу порошку або напівфабрикату (Osprey процес). Це пояснюється тим, що не всі елементи можна визначити цим аналізом і загальна сума, до якої відносять кількість визначеного елемента, виявляється заниженою, тому наведений вміст елемента є дещо завищеним. Визначена кількість силіциду, титану та хрому менша, ніж за результатами

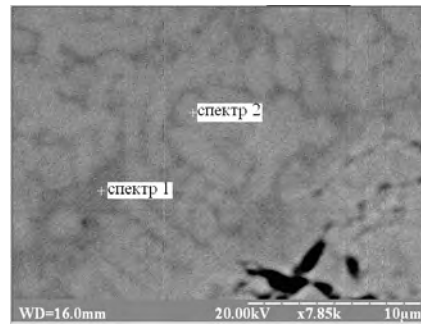
**Т а б л и ц я 1. Характеристики зеренної структури елінварів типу 44НХТЮ, отриманих за різними технологіями**

Параметри зеренної структури	Порошкова металургія		Osprey процес		Електронно-променева плавка	
	вихідний стан	після прокатування	вихідний стан	після прокатування	вихідний стан	після прокатування
Середній розмір, мкм	37,1	58,9	27,6	22,6	54,5	63,5
Стандартне відхилення	31,2	41,3	26,2	16,0	45,1	27,2
Довірчий інтервал	3,8	7,8	2,7	5,6	38,7	22,2
Коефіцієнт варіації, %	84,1	70,1	94,9	70,7	82,8	42,8
Видовженість, відн. од.	1,9	2,0	2,0	3,1	2,0	1,8
Стандартне відхилення	0,9	0,8	0,8	3,3	0,8	0,6
Довірчий інтервал	0,1	0,2	0,1	1,1	0,7	0,5
Коефіцієнт варіації, %	45,8	41,2	38,8	106,4	40,9	34,9
Периметр, мкм	228,4	348,6	197,1	127,0	281,4	291,9
Стандартне відхилення	359,0	521,3	333,0	96,8	229,3	143,4
Довірчий інтервал	43,8	98,7	34,4	33,6	196,9	116,8
Коефіцієнт варіації, %	157,1	149,6	168,9	76,2	81,5	49,1
Округлість, відн. од.	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Стандартне відхилення	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Довірчий інтервал	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1
Коефіцієнт варіації, %	42,9	39,7	55,1	48,5	47,9	22,4

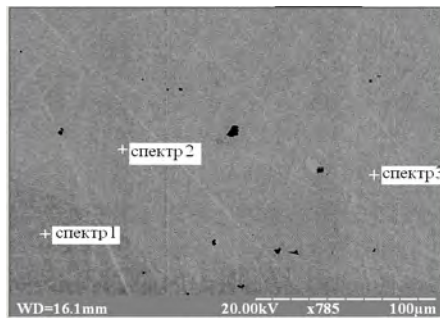
хімічного аналізу, а заліза та нікелю — дещо більша. До того ж спектр 2, який належить темному полю (у вигляді шестикутника розміром 4—4,5 мкм), складається головним чином з титану, ймовірно що в цій області утворився карбід титану. На рис. 5, б бачимо дендритну структуру. Енергодисперсійні спектри взяті з двох областей: міждендритної області (темне поле, спектр 1) та області дендриту (спектр 2). Область дендриту збагачена залізом, ймовірно в цій області утворився інтерметалід  $Fe_3Ni$  (75% Fe), який розчинений у твердому розчині Ni—Fe. Відносно інших елементів можна константувати наступне: область дендритів збіднена титаном (в 4 рази) та кремнієм (в 2 рази) (табл. 3).



*a*



*б*



*в*

Рис. 5. Електронно-мікроскопічні зображення мікроструктури елінвару типу 44НХТЮ, одержаного методом порошкової металургії (x3930, *a*), Osprey процесом (x7850, *б*) та електронно-променевим переплавом (x785, *в*).

**Т а б л и ц я 2.** Хімічний аналіз ділянок шліфа, що відповідають спектрам на рис. 5, *a*

Елемент*	Спектр 1		Спектр 2	
	Інтенсивність, імп.	Вміст, % (мас.)*	Інтенсивність, імп.	Вміст, % (мас.)
Si	124	0,50	22	0,7
S	70	0,33	49	0,3
Ti	551	2,26	15140	98,86
Cr	725	3,47	0	0
Fe	5273	46,32	27	0,36
Ni	3173	47,11	34	0,58

\*Вміст алюмінію встановити не вдалось. Згідно з результатами хімічного аналізу, кількість його не перевищує 0,8% (мас.).

**Т а б л и ц я 3.** Хімічний аналіз ділянок шліфа, що відповідають спектрам на рис. 5, *б*

Елемент*	Спектр 1		Спектр 2	
	Інтенсивність, імп.	Вміст, % (мас.)	Інтенсивність, імп.	Вміст, % (мас.)
Si	173	0,71	78	0,32
Ti	1020	4,66	319	1,17
Cr	693	3,92	884	3,69
Fe	4424	39,25	5924	53,15
Ni	3449	51,46	2753	41,66

\*Див. примітку до табл. 2.

**Т а б л и ц я 4. Хімічний аналіз ділянок шліфа, що відповідають спектрам на рис. 5, в**

Елемент*	Спектр 1		Спектр 2		Спектр 3		Середній вміст, % (мас.)
	Інтенсивність, імп.	Вміст, % (мас.)	Інтенсивність, імп.	Вміст, % (мас.)	Інтенсивність, імп.	Вміст, % (мас.)	
Si	23	0,10	26	0,11	71	0,28	0,16
Ti	309	1,14	291	1,08	395	1,45	1,22
Cr	576	2,35	647	2,64	670	2,80	2,60
Fe	5216	47,25	5426	50,33	5428	46,20	47,93
Ni	3164	49,16	2899	45,84	3387	49,26	48,09

\*Див. примітку до табл. 2.

Поле шліфа, зображене на рис. 5, в, є однорідним, структурні елементи не розрізняються, чорні ділянки — ймовірно, пори. В різних частинах зразка було зроблено 3 аналізи (табл. 4). Хімічний склад досліджених зон мало відрізняється один від одного, лише спектр 2 показує деяке збільшення кількості заліза (приблизно на 4%).

#### Дослідження мікротвердості

Мікротвердість вихідних та прокатаних зразків вимірювали за стандартною методикою на приладі ПМТ-3 за навантаженням 50 г (0,49 Н). Витримка при навантаженні становила 10 с. Для кожної точки робили 9 вимірювань. Розраховували середнє стандартне відхилення та довірчий інтервал при рівні значимості 0,01.

Результати досліджень наведено в табл. 5. Найбільше середнє значення мікротвердості — у вихідного зразка, що отриманий за електронно-променевим переплавом (4,5 ГПа). Після гартування та прокатування мікротвердість зразків суттєво знизилась, але все одно найбільше її значення відповідає зразку, одержаному за електронно-променевим переплавом (2,8 ГПа). Найменше стандартне відхилення мікротвердості — у зразка, отриманого за Osprey процесом, після прокатування (0,048 ГПа). Це може свідчити про високу однорідність структури. Довірчий інтервал у всіх випадках не перевищує 10—12%, але для прокатаних зразків він менший.

**Т а б л и ц я 5. Мікротвердість зразків, одержаних за різними методами**

Метод одержання	Вихідний стан		Після прокатки	
	Середнє значення, ГПа	Стандартне відхилення, ГПа	Середнє значення, ГПа	Стандартне відхилення, ГПа
Порошкова металургія	2,829 ± 0,315*	0,367	2,530 ± 0,218	0,253
Osprey процес	4,246 ± 0,507	0,591	2,502 ± 0,041	0,048
Електронно-променевий переплав	4,505 ± 0,549	0,640	2,812 ± 0,144	0,168

\*Довірчий інтервал розрахований для рівня значимості 0,01.



## Вихідна структура сплавів

Згідно з проведеним літературним оглядом, при структурних дослідженнях рідко вказуються числові параметри структур елінварних сплавів, присутня лише їх якісна оцінка. Тому є цікавим порівняти кількісні параметри структур елінварного сплаву типу 44НХТЮ, одержаного за різними методами (порошкова металургія, Osprey процес, електронно-променевий переплав). Зокрема, середній розмір зерен, їх видовженість, округлість та у випадку деформаційної обробки — кут розорієнтування нерівновісних зерен. Найменший середній розмір зерен притаманний структурі сплаву, одержаного за Osprey процесом (27,6 мкм). Трохи більшим є середній розмір зерен сплаву, отриманого за методом порошкової металургії (37,1 мкм). Найбільший середній розмір зерна має сплав, одержаний за електронно-променевим переплавом (54,5 мкм). Середні розміри зерен сплавів, отриманих за цими методами, після прокатування складають відповідно 58,9; 22,6 та 63,5 мкм. Як бачимо, лише Osprey процес дозволяє отримати задовільний розмір зерна (20—25 мкм [3]). Ця величина знаходиться на рівні розміру зерен, одержаних за методом порошкової металургії із застосуванням нанорозмірних частинок [4].

Результати статистичної обробки величини середнього розміру зерна вказують, що сплави мають досить неоднорідну структуру (коефіцієнти варіації розміру зерна сплавів, одержаних за методами порошкової металургії, Osprey процесу та електронно-променевого переплаву, мають близькі значення і відповідно дорівнюють 84,1; 94,9; 82,8). Найбільш однорідною є зеренна структура сплаву, отриманого за електронно-променевим переплавом.

Аналіз таких параметрів структури, як видовженість та округлість зерен, показав, що фактор округлості зерен сплавів, одержаних за трьома дослідженими методами, має близькі значення: 0,5 — для методу порошкової металургії та електронно-променевого переплаву і 0,4 — для Osprey процесу. Найбільший розкид (коефіцієнт варіації 55,1%) величини округлості зерна має сплав, отриманий за Osprey процесом, а найменший — за методом порошкової металургії (коефіцієнт варіації 42,9%). Зерна вихідних структур сплавів є не досить округлими, тому розглянемо також фактор їх видовженості. Величина видовженості зерен в усіх трьох сплавах близька до 2. Це свідчить про те, що довжина зерна по одній з взаємно перпендикулярних осей вдвічі більша за довжину по другій осі.

## Структура сплавів після термодформаційної обробки (закалювання та прокатування)

Деформаційна обробка, як правило, змінює, принаймні, форму зерен, а термодформаційна — також їх розмір. Після гартування (920 °С) зразок товщиною 8 мм прокатували з середньою величиною обтиснення 30%. Прокатування проводили за декілька проходів з гартуванням перед кожним з них. Кінцева товщина зразка становила приблизно 1 мм.

Мінімальний середній розмір зерна після прокатування мав сплав, одержаний за Osprey процесом (22,6 мкм), а найбільший — сплав, отриманий за електронно-променевим переплавом (63,5 мкм). При цьому найбільший розкид розміру зерна також характерний для Osprey процесу (коефіцієнт варіації 94,9%). Трохи менший розкид розмірів зерна мають

сплави, одержані за методами порошкової металургії та електронно-променевого переплаву (коефіцієнти варіації 84,1, та 82,8% відповідно). Параметри форми зерен після прокатування близькі до параметрів вихідних структур, що потребує додаткового дослідження та окремого пояснення.

Згідно з результатами досліджень, найбільшу мікротвердість ( $4,5 \pm 0,5$  ГПа) має вихідний зразок сплаву, одержаного за електронно-променевим переплавом, тоді як найменшу — вихідний зразок сплаву, отриманого за методом порошкової металургії ( $2,8 \pm 0,3$  ГПа). Мікротвердість чистих металів: заліза, нікелю, хрому та титану відповідно дорівнює 70, 190, 250 та 200 МПа [5]. Сплав 65% Fe—7% Cr—28% Ni після гартування має мікротвердість всього 1,3 ГПа [6]. Дисперсна фаза, що виділяється під час старіння, має середню мікротвердість 3,6 ГПа, тоді як аустеніт та аустеніт + дисперсійна фаза — 2,7 ГПа [4]. Таким чином, підвищену мікротвердість можна пояснити утворенням або інтерметалідних сполук вже на етапі одержання сплавів або нових більш твердих фаз, наприклад при ЕПП. При цьому методі спостерігається найбільш неоднорідна мікротвердість по площі зразка (стандартне відхилення 640 МПа). Після гартування та прокатування мікротвердість більшості зразків суттєво знизилась (табл. 5). Так, мікротвердість зразка, одержаного за електронно-променевим переплавом, після прокатування становила  $2,8 \pm 0,1$  ГПа, тобто зменшилась майже в 2 рази. Це можна пояснити тим, що гартування зразка має більший вплив на мікротвердість, ніж деформаційне зміцнення при підвищеній температурі.

### Висновки

Найменший розмір зерна, який в подальшому впливає на механічні властивості елінвару, можна одержати Osprey процесом. Середній розмір зерна, при умові його округлості, становить для сплаву, отриманого за Osprey процесом, 27,6 мкм, методом порошкової металургії — 37,1 мкм, електронно-променевим переплавом — 54,1 мкм, тобто зміна технології одержання елінварного сплаву дозволяє зменшити вихідний розмір зерна практично вдвічі.

Мікротвердість вихідних зразків сплаву практично на порядок більша за мікротвердість чистих металів, які входять до його складу, а термомеханічна обробка (гартування та прокатування) призводить до зменшення мікротвердості.

1. Гогаєв К. О. Вплив технології одержання на структуру та властивості елінварів. 1. Сучасний стан питання / [К. О. Гогаєв, П. І. Лобода, Ю. М. Романенко та ін.] // Современные проблемы физического материаловедения. — К. : Ин-т пробл. материаловедения НАН Украины. — 2013. — Вып. 22. — С. 118—129.
2. Гогаєв К. А. Особенности и технологические параметры асимметричной прокатки металлических порошков / К. А. Гогаєв, Г. Я. Калущкий, В. С. Воропаев // Вісник Національного техн. ун-ту України "КПІ", Серія "Машинобудування", 2010. — С. 89—93.
3. Бараз В. Р. Элинварные сплавы: особенности состава, структуры и свойств. Ч. 2 / В. Р. Бараз, В. А. Стрижак // Национальная металлургия. — 2003. — № 5. — С. 105—109.
4. Анциферов В. Н. Исследование порошкового прецизионного сплава типа 44НХТМ, полученного с использованием нанопорошков / В. Н. Анциферов, С. А. Оглезнева, М. Н. Порталов // Металлы. — 2011. — № 2. — С. 78—82.

5. *Иванько А. А.* Твердость: (Справ.). — К. : Наук. думка, 1968. — 128 с.
6. *Дерябин А. В.* Микротвёрдость и теплоёмкость сплавов железо—никель—хром / А. В. Дерябин, И. Г. Писляр, Ю. А. Чирков // Физика металлов и металловедение. — 1979. — **48**, вып. 2. — С. 441—443.

**Влияние технологии получения на структуру и свойства  
элинварных сплавов  
2. Сплав типа 44НХТЮ**

К. А. Гогаев, П. И. Лобода, Ю. Н. Романенко, А. К. Радченко,  
Н. А. Пинчук, В. В. Грабин

*Исследовано изменение металлографических структур и механических свойств сплава типа 44НХТЮ, полученного различными методами, при его термомеханической обработке. Установлено, что изменение технологии получения элинварного сплава (вместо электронно-лучевого переплава — струйное осаждение) позволяет уменьшить размер зерна в два раза, а термомеханическая обработка (закалка и прокатка) приводит к уменьшению микротвердости.*

**Ключевые слова:** структура, Osprey процесс, порошковая металлургия, элинвар, модуль упругости, электронно-лучевой переплав.

**Impact of technology for the structure and properties  
of elinvar alloys  
2. Alloy type 44НХТЮ**

K. O. Gogaev, P. I. Loboda, Y. M. Romanenko, O. K. Radchenko,  
M. O. Pinchuk, V. V. Grabin

*In this work the change metallographic structure and mechanical properties of the alloy type 44НХТЮ obtained by different methods in its thermomechanical processing. Found that changing technology for elinvar alloy can reduce the grain size in two and thermomechanical treatment hardening and rolling reduces the microhardness.*

**Keywords:** structure, Osprey process, powder metallurgy, elinvar, elastic modulus, electron-beam melting.