

ЕШП ТИТАНУ У ВАКУУМІ

І.В. Протоковілов¹, Т. Бейнертс², В.Б. Порохонько¹, Д.А. Петров¹¹ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: lab38@paton.kiev.ua²Інститут фізики Латвійського університету.

32 Miera Str., Salaspils LV-2169, Latvia. E-mail: toms.beinerts@gmail.com

Наведено результати експериментальних досліджень процесу електрошлакового переплаву титану в камерній печі при різних значеннях тиску в плавильному просторі — від вакууму до надлишкового тиску. Експерименти проводили при виплавці зливків діаметром 85 і 105 мм з титанових сплавів BT1-0 і BT22 з використанням фторидно-хлоридного флюсу АН-Т4. Тиск інертного газу в камері печі змінювали в межах від 20 до 300 кПа. Показано, що в усьому досліджуваному діапазоні тисків електрошлаковий процес проходив стабільно з формуванням зливків з якісною боковою поверхнею і щільною структурою, без пор, шлакових включень та інших внутрішніх дефектів. Наведено експериментальні дані щодо впливу тиску в плавильному просторі на газовий склад і структуру титанових зливків. Показана можливість зменшення вмісту водню у титанових сплавах шляхом ведення електрошлакового процесу в умовах вакууму. Встановлено, що зливки титану BT1-0, виплавлені в умовах вакууму, характеризуються більшим розміром зерен у порівнянні зі зливком, отриманим при надлишковому тиску. Бібліогр. 11, табл. 1, рис. 7.

Ключові слова: електрошлаковий переплав, камерна піч, вакуум, титан, газовий склад, зливки, структура

Вступ. Через високу хімічну активність титану, зокрема його взаємодію при температурах вище 400...450 °С з атмосферними газами, електрошлаковий переплав (ЕШП) титанових сплавів має відбуватися виключно в камерних печах в захисній інертній атмосфері [1–3]. Зазвичай при ЕШП титану плавильний простір печі попередньо вакуумують, а потім заповнюють інертним газом (аргоном). Процес плавки проводять при надлишковому тиску аргону (120...140 кПа), що запобігає натіканню повітря в разі утворення нещільностей в вузлах печі. При цьому процес плавки можна здійснювати як в застійній атмосфері аргону, так і в проточній.

Така схема забезпечує надійний захист розплавленого металу і розігрітого до високих температур витратного електрода від взаємодії з зовнішньою атмосферою, а також перешкоджає випаровуванню легуючих компонентів з високою пружністю пари. Проте вона має і певні недоліки у порівнянні з плавкою в умовах вакууму.

Відомо, що водень, який відноситься до категорії шкідливих домішок, оскільки викликає водневу крихкість титанових сплавів, має зворотну розчинність у титані. При збільшенні температури і зменшенні тиску розчинність водню у титані суттєво зменшується. Через це при переплаві титану в вакуумі відбувається його рафінування від водню. Це має місце, наприклад, при вакуумно-дуговому переплаві (ВДП) і електронно-променевій плавці (ЕПП) титанових сплавів [4, 5]. При переплаві титану при надлишковому тиску видалення водню

відбувається значно меншою мірою або взагалі не відбувається.

Крім того, при переплаві титану в умовах надлишкового тиску створюються несприятливі умови для видалення вологи, яка може бути адсорбована матеріалом витратного електрода, залишками солей на внутрішній поверхні камери печі і т. под. Більшою мірою це стосується переплаву електродів, пресованих з губчастого титану або титанової стружки. Це пов'язане з тим, що в процесі зберігання титанової губки, при виготовленні з неї витратних електродів, їх транспортуванні і зберіганні можлива фізична адсорбція розвиненою поверхнею губчастого титану та залишками солей хлору (які не були повністю видалені з губчастого титану) вологи. Слід зазначити, що фізично адсорбовані поверхнею губки атмосферні гази не є розчиненими в титані. Тому при подальшому металургійному переділі в умовах високих температур та вакууму вони видаляються вакуумною системою. У разі переплаву електродів з губчастого титану в умовах надлишкового тиску залишки вологи можуть стати причиною підвищеного вмісту в титані водню та кисню.

Автори робіт [6, 7] вказують на можливість подібнення мікроструктури зливків, виплавлених вакуумним ЕШП. Такий ефект пояснюють більш рівномірним розподілом температури у ванні розплавленого шлаку, вирівнюванням фронту кристалізації та збільшенням локальної швидкості твердіння, викликаними інтенсифікацією гідроди-

І.В. Протоковілов — <https://orcid.org/0000-0002-5926-4049>, Т. Бейнертс — <https://orcid.org/0000-0001-7616-0025>,

В.Б. Порохонько — <https://orcid.org/0000-0002-6490-7221>, Д.А. Петров — <https://orcid.org/0000-0003-2937-9299>

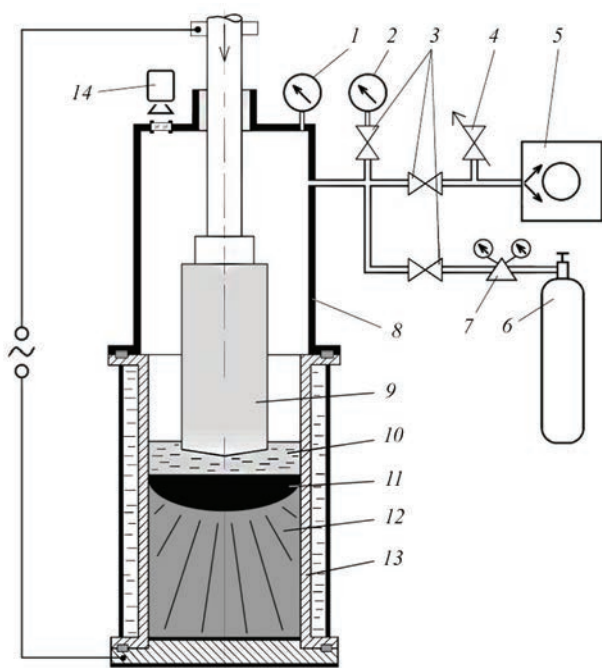


Рис. 1. Схема експериментальної установки для ЕШП у вакуумі: 1 — мановакуумметр; 2 — вакуумметр іонізаційний; 3 — вакуумні вентилі; 4 — натікач; 5 — вакуумний насос; 6 — балон із аргоном; 7 — газовий редуктор із ротаметром; 8 — камера печі; 9 — витратний електрод; 10 — шлакова ванна; 11 — металева ванна; 12 — зливоч; 13 — водоохолоджуваний кристалізатор; 14 — пристрій відеоспостереження

намічних потоків шлаку в результаті випаровування фторидів і виділення CO.

З огляду на вищезазначене, певний інтерес представляє дослідження процесу ЕШП титану в умовах розрядженого тиску (вакууму). ЕШП в вакуумі може поєднати переваги процесів ЕШП і ВДП, зокрема забезпечити високу якість поверхні зливка, щільну однорідну структуру металу, надійний газовий захист і рафінування від водню.

Газовий склад титанових зливок, отриманих ЕШП при різному тиску в плавильному просторі, мас. %

Сплав	Тиск, кПа	[O]	[N]	[H]
BT1-0	25	0,074	0,0060	0,0034
	160	0,070	0,0056	0,0052
BT22	25	0,13	0,015	—>—
	50	0,14	0,027	0,0053
	75	0,09	0,022	0,0065
	100	0,14	0,020	0,0076
	150	—>—	0,025	0,0068
	200	—>—	0,027	0,0064
	250	0,13	0,014	0,0070
	300	—>—	0,015	0,0064

Мета даної роботи полягала у вивченні технологічних особливостей процесу ЕШП титану в умовах вакууму, визначенні його впливу на газовий склад і особливості структуроутворення металу зливоків.

Методика проведення експериментів. Експериментальні дослідження проводили на розробленому в ІЕЗ ім. Е.О. Патона устаткуванні для камерного ЕШП високореакційних матеріалів (рис. 1). Установка оснащена камерою, яка забезпечує повну герметичність плавильного простору, вакуумною системою, системою подачі інертного газу і приладами для моніторингу тиску. Установка дозволяє здійснювати процес переплаву як в умовах надлишкового тиску до 500 кПа, так і в умовах вакууму при виплавці зливоків діаметром від 60 до 260 мм.

Дослідні плавки проводили при переплаві пресованих витратних електродів діаметром 50 і 75 мм під флюсом АН-Т4 у мідних водоохолоджуваних кристалізаторах діаметром 85 і 105 мм. Використовували електроди двох складів: з губчастого ти-



Рис. 2. Зливки титану BT1-0, виплавлені при тиску 25 (а) і 160 кПа (б)

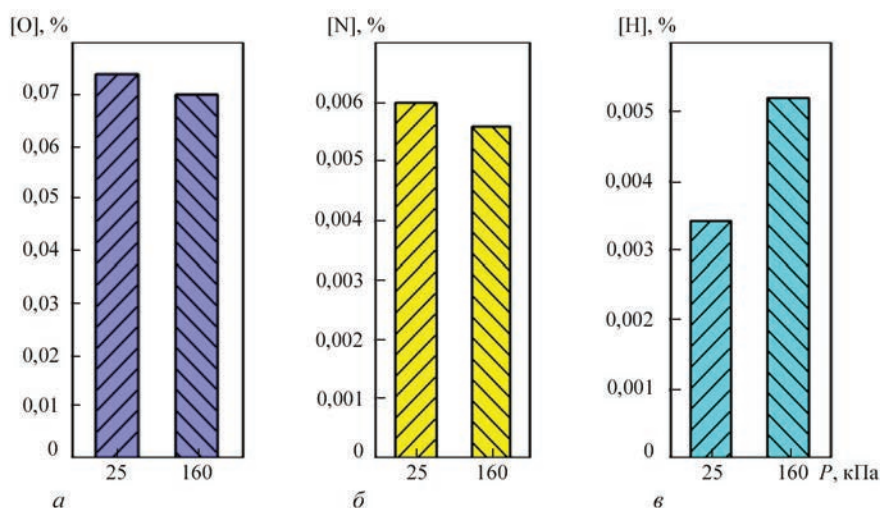


Рис. 3. Вміст кисню (а), азоту (б) і водню (в) в зливках титану BT1-0 в залежності від тиску в плавильному просторі печі ЕШП тану ТГ-110 під титан BT1-0; з губчастого титану ТГ-130 і лігатури К-5-1 (ТУ 48-4-306–88) під сплав BT22 (Ti–5Al–5V–5Mo–1Fe–1Cr). Перед плавкою плавильний простір вакуумували до тиску 2,6 Па ($2 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.), потім заповнювали аргonom. Експерименти проводили при різних значеннях тиску аргону — від вакууму 20 кПа до надлишкового тиску 300 кПа. Припустимі значення тиску обирали з урахуванням результатів роботи [8].

По результатах експериментів оцінювали стабільність електрошлакового процесу, досліджували газовий склад і особливості структуроутворення металу зливок. Газовий склад визначали способом відновлювального плавлення зразків в потоці інертного газу-носія [9]. Для цього виготовляли зразки циліндричної форми діаметром і довжиною по 3 мм (тип МИ-99).

Результати експериментів та їх обговорення. Результати експериментів представлені в таблиці і на рис. 2–7. В усьому досліджуваному діапазоні тисків (від вакууму до надлишкового тиску), електрошлаковий процес проходив стабільно. Це підтверджують результати досліджень, представлених в роботі [8], де були встановлені припустимі діапазони розрідженого тиску при застосуванні флюсу АН-Т4.

Виплавлені зливки мали добру якість формування бокової поверхні. Для порівняння на рис. 2

показано зовнішній вигляд зливок BT1-0, отриманих при тиску 25 і 160 кПа. При плавлі в умовах вакууму бічна поверхня виявилась трохи шорсткішою (рис. 2, а), ніж при надлишковому тиску (рис. 2, б). Це можна пояснити збільшенням гідродинамічної активності шлакової і металевої ванн при плавлі у вакуумі, що, в свою чергу, призводить до періодичної зміни товщини гарнісажної кірки на поверхні зливка. Проте в обох випадках поверхневих дефектів не виявлено.

Результати газового аналізу металу виплавлених зливок надані в таблиці і на рис. 3, 4. Аналіз отриманих даних вказує на відсутність чіткої закономірності щодо впливу тиску на вміст кисню і азоту в металі зливок. В зливках титану BT1-0 спостерігалось незначне (на 5...7 %) збільшення вмісту кисню і азоту в металі, виплавленому в умовах вакууму (25 кПа), у порівнянні з металом, отриманим при надлишковому тиску (160 кПа) (рис. 3, а, б). Проте різниця вмісту елементів знаходиться в межах похибки вимірювань, що не дає підстави стверджувати про певну закономірність.

Відсутність закономірності впливу тиску в досліджуваному діапазоні 25...300 кПа на вміст кисню і азоту також спостерігалась і при виплавлі сплаву BT22. В даному випадку вміст кисню і азоту в експериментах коливався в межах 0,09...0,14 і 0,014...0,027 % відповідно, без тенденцій до

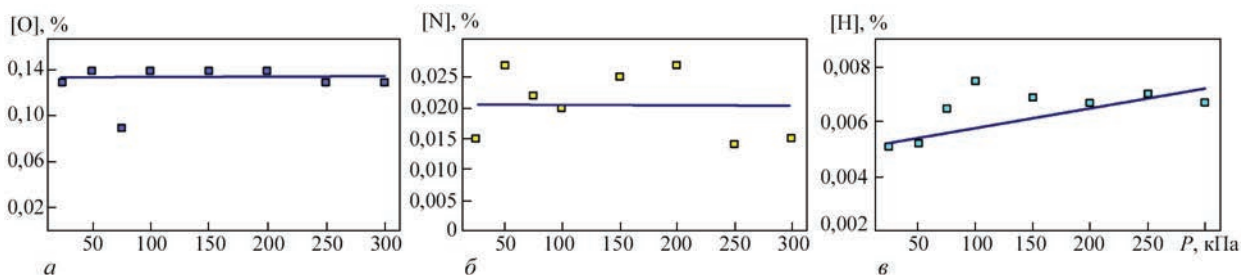


Рис. 4. Вміст кисню (а), азоту (б) і водню (в) в зливках сплаву BT22 в залежності від тиску в плавильному просторі печі ЕШП

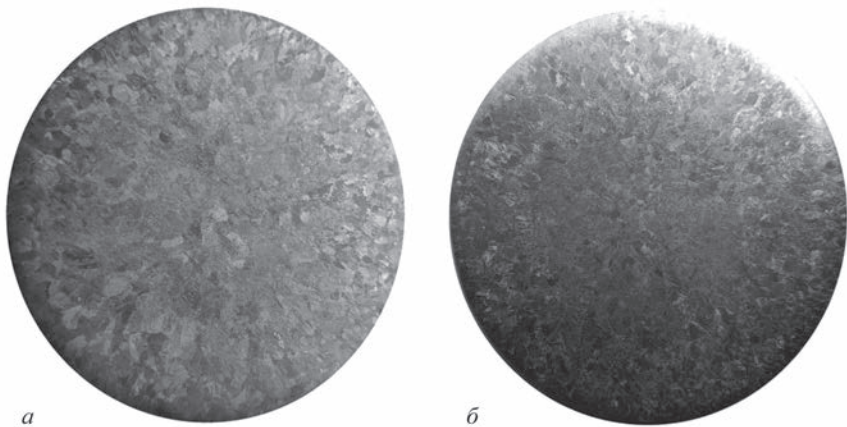


Рис. 5. Макроструктура поперечного перерізу титанових зливок діаметром 80 мм, отриманих ЕШП при тиску інертного газу 25 (а) і 160 кПа (б)

збільшення або зменшення (рис. 4, а, б). Очевидно такі результати пов'язані з різними випадковими чинниками, які вплинули на отримані дані (похибки вимірювань, неможливість підтримувати абсолютно однакові умови для різних плавок та ін.). Це говорить про необхідність подальшого статистичного доповнення отриманих результатів. Таким чином, можна стверджувати, що у дослі-

джуваному діапазоні рівень тиску в плавильному просторі мало впливає на вміст кисню і азоту в титанових зливках.

Щодо вмісту водню, то в даному випадку як і для зливок технічного титану ВТ1-0, так і для зливок титанового сплаву ВТ22 була встановлена певна закономірність. Вона виявляється в зменшенні наявності водню при веденні процесу

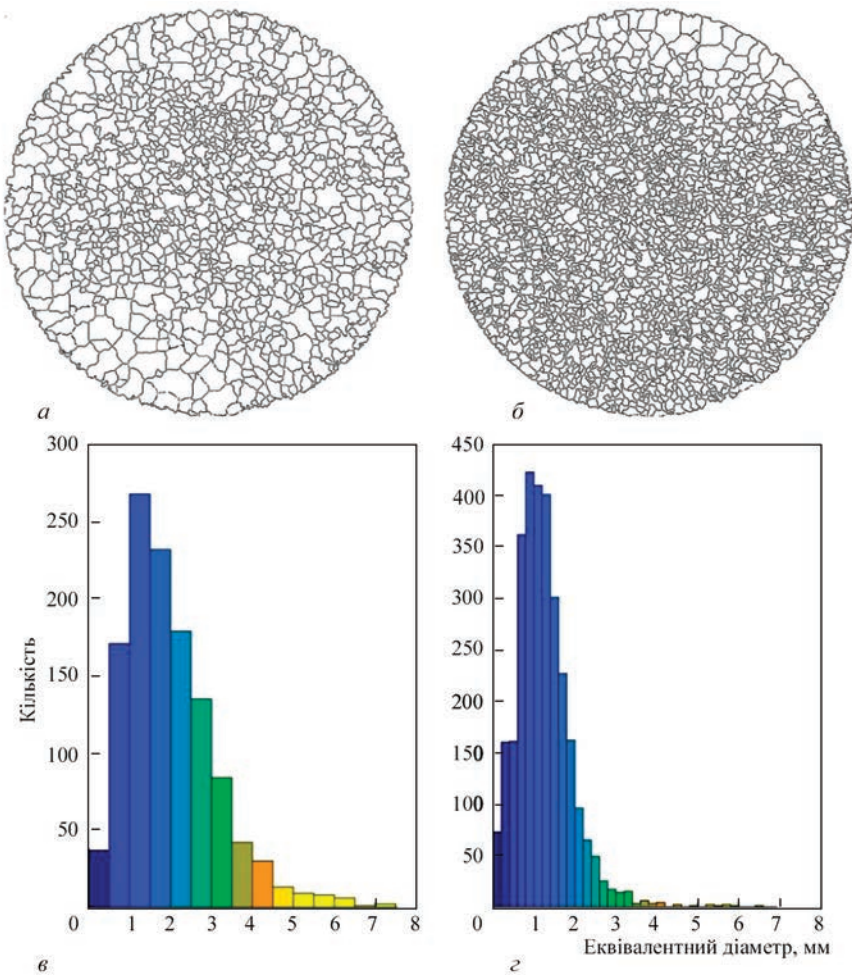


Рис. 6. Зеренна структура (а, б) і розподіл зерен по їх розміру (в, г) в зливках ВТ1-0, отриманих при тиску, кПа: а, в — 25; б, г — 160

ЕШП в умовах вакууму (рис. 3, в, 4, в). При виплавці зливоків ВТ1-0 зменшення тиску в плавильному просторі печі з 160 до 25 кПа призвело до зменшення вмісту водню в металі з 0,0052 до 0,0034 мас. %, тобто на 35 %. Для зливоків сплаву ВТ22 мала місце схожа ситуація. При зменшенні тиску з 100...300 (діапазон надлишкового тиску) до 25 кПа відбувалось закономірне зменшення вмісту водню в металі зливоків з 0,0064...0,0076 до 0,0052 мас. % (в середньому на 25 %).

Таким чином, отримані дані дають підстави стверджувати про можливість зменшення на 20...35 % вмісту водню у титанових сплавах шляхом ведення процесу ЕШП в умовах вакууму (20...25 кПа).

На рис. 5 наведено макроструктури поперечного перерізу зливоків титану ВТ1-0, отриманих ЕШП при тиску інертного газу в плавильному просторі 25 і 160 кПа. В обох випадках структура металу щільна, без пор, неметалевих включень і інших внутрішніх дефектів.

На рис. 6, 7 представлені результати аналізу макроструктури металу, отримані за допомогою програмного забезпечення MIPAR. Середній розмір зерна (еквівалентний діаметр) в зливку, виплавленому при тиску 25 кПа, становив 2,07 мм, а при 160 кПа — 1,26 мм. Тобто зливков, виплавлений при надлишковому тиску мав більш дрібнозернисту структуру, ніж зливков, виплавлений у вакуумі. З одного боку, це збігається з даними, на-

веденими в роботі [10], де зазначається, що зливки ЕШП під тиском мають більш дисперсну структуру у порівнянні зі зливками традиційного ЕШП. З іншого — суперечить даним роботи [6], де відмічено подрібнення структури зливоків ЕШП, виплавлених в умовах вакууму.

Вплив підвищеного тиску на характер структуроутворення можна пояснити відомими факторами: збільшенням ступеня переохолодження і швидкості кристалізації; зменшенням розмірів і більш рівномірним утворенням зародків кристалів; зменшенням енергії міжфазної взаємодії на межі розплав–кристал та ін. [11].

В нашому випадку вплив тиску на формування структури зливоків також можна пояснити через його вплив на режими ЕШП. Так, у роботі [8] було показано, що зменшення тиску в плавильному просторі нижче атмосферного призводить до зниження струму плавки. В свою чергу це спричиняє зменшення тепловиділення в шлаковій ванні (якщо примусово не збільшувати струм плавки за рахунок швидкості подачі електрода), що впливає на характер структуроутворення металу, локальну швидкість твердіння і розмір зерен литого металу.

На рис. 7 наведена мікроструктура зливоків титану ВТ1-0, отриманих при різних значеннях тиску. Дефектів у вигляді мікропористості, тріщин, неметалевих включень не виявлено. Метал характеризується грубою пластинчастою (голчастою) структурою з розорієнтованою внутрішньозерен-

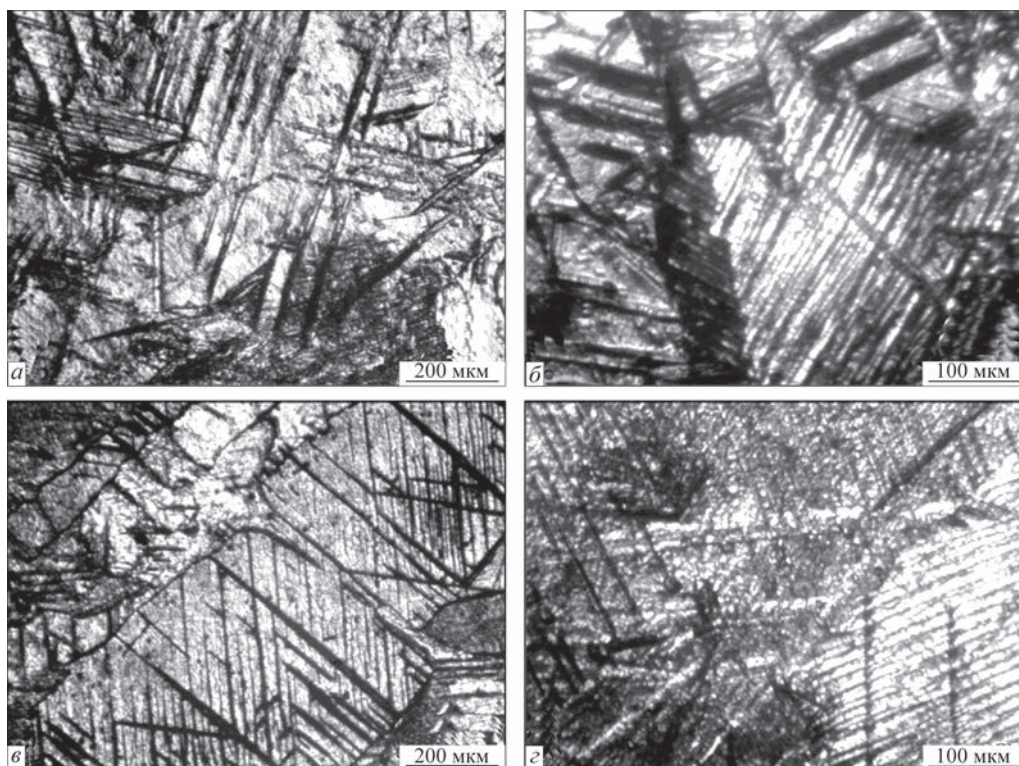


Рис. 7. Мікроструктура титанових зливоків, отриманих ЕШП при тиску інертного газу 25 (а, б) і 160 кПа (в, г)

ною будовою. Товщина α -пластин становить в середньому 8...15 мкм. Така структура є типовою для титану у литому стані і формується внаслідок високого перегріву розплаву і малих швидкостей кристалізації. Принципових відмінностей в мікροструктурі зливків, отриманих в умовах вакууму (25 кПа) і при надлишковому тиску (160 кПа), не виявлено.

Висновки

1. Способом ЕШП в камерній печі отримані зливки титанових сплавів BT1-0 і BT22 при різних значеннях тиску в робочій зоні — від вакууму до надлишкового тиску. Показано, що в усьому досліджуваному діапазоні тисків 20...300 кПа електрошлаковий процес відбувався стабільно з формуванням зливків з якісною боковою поверхнею і щільною структурою, без пор, шлакових включень і інших внутрішніх дефектів.

2. Отримано експериментальні дані щодо впливу тиску в плавильному просторі печі ЕШП в діапазоні 20...300 кПа на газовий склад титанових зливків. Встановлена можливість зменшення на 20...35 % вмісту водню у титанових сплавах шляхом ведення процесу ЕШП в умовах вакууму (20...25 кПа). При цьому закономірного впливу тиску в плавильному просторі на вміст кисню і азоту в титанових зливках у досліджуваному діапазоні не виявлено.

3. Встановлено, що зливки титану BT1-0, виплавлені в умовах вакууму (25 кПа), характеризуються більшим розміром зерен у порівнянні зі зливком, отриманим при надлишковому тиску 160 кПа. При цьому середній еквівалентний діаметр зерен становив 2,07 і 1,26 мм відповідно.

Список літератури

1. Протоковилів І.В., Петров Д.А., Порохонько В.Б., Назарчук А.Т. (2018) Технологические и металлургические особенности выплавки слитков титановых сплавов в электрошлаковых печах камерного типа. *Современная электрометаллургия*, **2**, 45–51. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/sem2018.02.06>
2. Компан Я.Ю., Протоковилів І.В. (2002) Некоторые технологические аспекты магнитоуправляемой электрошлаковой плавки (МЭП) титановых сплавов. *Мат. межд. науч.-техн. конф. «Специальная металлургия: вчера, сегодня, завтра» (8–9 октября 2002 г., Киев)*, сс. 256–262.
3. Протоковилів І.В., Порохонько В.Б. (2014). Способы управления кристаллизацией металла при ЭШП. *Современная электрометаллургия*, **3**, 7–15.
4. Аношкин Н.Ф., Глазунов С.Г., Морозов Е.И., Тетюхин В.В. (1978) *Плавка и литье титановых сплавов*. Дوباتкин В.И. (ред.). Москва, Металлургия.
5. Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Козлитин Д.А. и др. (1997) *Электронно-лучевая плавка*. Киев, Наукова думка.

6. Yu Liu, Xijie Wang, Guangqiang Li et al. (2020) Cleanliness improvement and microstructure refinement of ingot processed by vacuum electroslag remelting. *J. of Materials Research and Technology*, **9**(2), 1619–1630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.087>
7. Yu Liu, Xijie, Wang Guangqiang Li et al. (2018) Role of vacuum on cleanliness improvement of steel during electroslag remelting. *Vacuum*, **154**, 351–358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.05.032>
8. Протоковилів І.В., Порохонько В.Б., Петров Д.А. (2020) Исследование технологических особенностей и допустимых давлений процесса ЭШП в вакууме. *Сучасна електрометалургія*, **2**, 3–9. DOI: <https://doi.org/10.37434/sem2020.02.01>
9. Калинюк М.М. (2014) Організація процесу аналізу титанових сплавів на вміст домішок кисню, азоту, водню та вуглецю. *Метрологія та прилади*, **2**, 50–57.
10. Рашев Ц. (1995) *Высокоазотистые стали. Металлургия под давлением*. София, Издательство Болгарской АН.
11. Батышев А.И. (1990). *Кристаллизация металлов и сплавов под давлением*. 2-е изд. Москва, Металлургия.

References

1. Protokovilov, I.V., Petrov, D.A., Porokhonko, V.B., Nazarchuk, A.T. (2018) Technological and metallurgical peculiarities of melting of titanium alloy ingots in chamber-type electroslag furnaces. *Suchasna Elektrometal.*, **2**, 45–51 [in Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/sem2018.02.06>.
2. Kompan, Y.Y., Protokovilov, I.V. (2002) Some technological aspects of magnetically-impelled electroslag melting (MEM) of titanium alloys. In: *Proc. of Int. Conf. on Special Metallurgy: Yesterday, Today, Tomorrow (8–9 October 2002, Kyiv)*, 256–262 [in Russian].
3. Protokovilov, I.V., Porokhonko, V.B. (2014) Methods to control metal solidification in ESR. *Sovrem. Elektrometall.*, **3**, 7–15 [in Russian].
4. Anoshkin, N.F., Glazunov, S.G., Morozov, E.I., Tetyukhin, V.V. (1978) *Melting and casting of titanium alloys*. Ed. by V.I. Dobatkin. Moscow, Metallurgiya [in Russian].
5. Paton, B.E., Trigub, N.P., Kozlitin, D.A. et al. (1997) *Electron beam melting*. Kyiv, Naukova Dumka [in Russian].
6. Yu, Liu, Xijie, Wang, Guangqiang, Li et al. (2020) Cleanliness improvement and microstructure refinement of ingot processed by vacuum electroslag remelting. *J. of Materials Research and Technology*, **9**(2), 1619–1630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.087>
7. Yu, Liu, Xijie, Wang, Guangqiang, Li et al. (2018) Role of vacuum on cleanliness improvement of steel during electroslag remelting. *Vacuum*, **154**, 351–358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.05.032>
8. Protokovilov, I.V., Petrov, D.A., Porokhonko, V.B. (2020) Investigation of the technological features and admissible pressures of the process of vacuum ESR. *Suchasna Elektrometal.*, **2**, 3–9 [in Russian]. DOI: <https://doi.org/10.37434/sem2020.02.01>
9. Kalyniuk, N. (2014) Arrangement of the process for titanium alloys analysis on content of oxygen, nitrogen, hydrogen and carbon impurities. *Metrologiya ta Prylady*, **2**, 50–57 [in Ukrainian].
10. Rashev, Ts. (1995) *High-nitrogen steels. Metallurgy under pressure*. Sofia. Publ. House of the Bulgarian Academy of Sci. [in Russian].
11. Batyshev, A.I. (1990) *Crystallization of metals and alloys under pressure*. 2nd ed. Moscow, Metallurgiya [in Russian].

ESR OF TITANIUM IN VACUUM

I.V. Protokovilov¹, T. Beinerts², V.B. Porokhonko¹, D.A. Petrov¹¹E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.

11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: lab38@paton.kiev.ua

²Institute of Physics, University of Latvia 32 Miera Str., Salaspils LV-2169, Latvia. E-mail: toms.beinerts@gmail.com

The results of experimental studies of the process of electroslog remelting of titanium in a chamber furnace at different values of pressure in the melting area, from vacuum to excess pressure, are given. Experiments were carried out during the melting of ingots with a diameter of 85 and 105 mm from titanium alloys VT1-0 and VT22 using fluoride-chloride flux AN-T4. The pressure of the inert gas in the furnace chamber was varied from 20 to 300 kPa. It is shown that in the entire studied range of pressures, the electroslog process proceeded stably with the formation of ingots with a high-quality side surface and a dense structure, without pores, slag inclusions and other internal defects. Experimental data on the effect of pressure in the melting area on the gas composition and structure of titanium ingots are given. The possibility of reducing the hydrogen content in titanium alloys by carrying out the electroslog process under vacuum conditions is shown. It was also established that the VT1-0 titanium ingot, melted under vacuum conditions, is characterized by a larger grain size compared to the ingot obtained at excess pressure. 11 Ref., 1 Tabl., 7 Fig.

Keywords: electroslog remelting, chamber furnace, vacuum, titanium, gas composition, ingot, structure

Отримано 13.02.2024

Отримано у переглянутому вигляді 19.02.2024

Прийнято 22.02.2024

ПЕРЕДПЛАТА 2024



Журнал «**Автоматичне зварювання**» є міжнародним науково-технічним та виробничим журналом у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень за напрямками: матеріалознавство та металургія зварювання, наплавлення та інших споріднених технологій; технології та матеріали для зварювання конструкційних матеріалів; виробництво зварних метало конструкцій для різних галузей промисловості; відновлювальний ремонт для подовження ресурсу зварних конструкцій і вузлів; проблеми міцності, конструювання та оптимізації зварних конструкцій; технології 3D друку, які базуються на зварювальних процесах; гібридні технології зварювання. В журналі публікується також інформація про нові зварювальні матеріали, джерела живлення та технології; звіти про виставки, конференції та семінари, анонси нових книг та винаходів, новини від відомих компаній та інше.



Журнал «**Сучасна електрометалургія**» є міжнародним науково-теоретичним та виробничим журналом у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень у сферах: металургія чорних і кольорових металів та сплавів; спеціальна електрометалургія (електрошлакова, електронно-променева, плазмова- та вакуумно-дугова технології); нові матеріали; енерго- і ресурсозбереження; матеріалознавство, 3D технології у спеціальній електрометалургії. Публікується також допоміжна інформація з тематики журналу.



Журнал «**Технічна діагностика та неруйнівний контроль**» є міжнародним науково-технічним та виробничим журналом у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень з діагностики матеріалів і конструкцій та методи неруйнівного контролю для оцінки стану матеріалів і конструкцій; теорія, методи і засоби технічної діагностики. Розміщуються матеріали з моніторингу конструкцій та подовження ресурсу та працездатності засобами НК. Публікується супутня інформація з тематики журналу, а також інформація про події та новини в Українському товаристві НК та ТД.

РЕКЛАМА В ЖУРНАЛАХ

Реклама публікується на обкладинках і внутрішніх вклейках журналів.

Перша сторінка обкладинки – 200×200 мм.

Друга, третя і четверта сторінки обкладинки – 200×290 мм.

Перша, друга, третя, четверта сторінки внутрішньої обкладинки – 200×290 мм.

Вклейка А4 – 200×290 мм. Розворот А3 – 400×290 мм. А5 – 185×130 мм.

Розміри журналів після обрізу 200×290 мм.

Всі файли в форматі IBM PC, кольорова модель СМΥК, роздільна здатність 300 dpi.

ВАРТІСТЬ РЕКЛАМИ

Ціна договірна. Передбачена система знижок. Вартість публікації статті на правах реклами становить половину вартості рекламної площі. Публікується тільки профільна реклама з тематики журналів. Відносно вартості, знижок та термінів публікації прохання звертатися у видавництво.

ВИДАВНИЦТВО

Міжнародна Асоціація «Зварювання»

03150, Київ, вул. Казимира Малевича, 11

Тел./факс: 38044 205-23-90

E-mail: journal@paton.kiev.ua, patonpublishinghouse@gmail.com

<https://patonpublishinghouse.com>