

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ПЛАВКА НОВОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА Т120

С. В. Ахонин¹, А. Н. Пикулин¹, В. А. Березос¹, А. Ю. Северин¹, А. Г. Ерохин²

¹Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины.

03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ГП «НПЦ «Титан» ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

03028, г. Киев, ул. Ракетная, 26. E-mail: titan.paton@gmail.com

Проведены комплексные исследовательские работы по получению слитков нового высокопрочного сплава титана Т120 диаметром 150 мм способом электронно-лучевой плавки. Определены технологические параметры плавки слитков в электронно-лучевой установке УЭ208. Показано, что металл слитков нового высокопрочного титанового сплава Т120, полученного способом электронно-лучевой плавки, характеризуется химической однородностью, отсутствием включений низкой и высокой плотности. Изучение макроструктуры полученных слитков показало, что она имеет однородный характер, с отсутствием различно травящихся зон по сечению слитка, существенной разницы в структурах центральной и периферийной зон слитка не наблюдается, дефекты в виде пор, раковин, трещин и неметаллических включений отсутствуют. Библиогр. 9, табл. 1. ил. 10.

Ключевые слова: *сложнолегированный титановый сплав; слиток; электронно-лучевая плавка; промежуточная емкость; технологические режимы; химический состав; ультразвуковой контроль; структура*

В настоящее время во всем мире наблюдается устойчивая тенденция увеличения доли высокопрочных материалов, которые обеспечивают высокий комплекс механических и эксплуатационных свойств. Сплавы на основе титана являются конструкционным материалом, который сочетает ряд уникальных свойств, среди которых, в данном случае, можно прежде всего выделить высокие значения удельной прочности. Сплавы титана при нагреве до 500...550 °С сохраняют достаточно высокую прочность, тогда как другие легкие сплавы (алюминиевые и магниевые) могут работать в качестве конструкционных материалов при более низких температурах (150...250 °С). Сравнительно невысокий модуль упругости титана и его сплавов в некоторых случаях является значительным преимуществом, поскольку позволяет снизить напряжения, возникающие при знакопеременных нагрузках, а также термические напряжения при нагреве конструкции. Эти свойства, а также высокая коррозионная стойкость в ряде сред открывают титановым сплавам пути для самого широкого применения в различных областях техники в энергетическом и химическом машиностроении, в авиакосмическом комплексе, а также для производства защитных элементов, прежде всего бронезащиты. Развитие авиационной и ракетной техники требует существенного повышения эксплуатационных характеристик титановых сплавов. С целью решения этой задачи проводятся интенсивные работы по созданию новых и

усовершенствованию существующих титановых сплавов [1–3].

В Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) разработан высокопрочный титановый сплав Т120 с пределом прочности не менее 1200 МПа в отожженном состоянии, особенностью которого является высокая удельная прочность, и по этому показателю он не уступает известному высокопрочному титановому сплаву ВТ22 [4].

Одним из наиболее важных требований при получении слитков высокопрочных титановых сплавов является их высокая однородность по химическому составу. Высокая реакционная способность титана, его склонность к активному химическому взаимодействию с кислородом, азотом, углеродом и другими элементами не позволяют выплавлять титан и его сплавы в обычных металлургических печах. Плавка титана должна производиться в условиях, предохраняющих жидкий металл от насыщения газами и другими вредными примесями. Данные условия обеспечиваются наличием в печном пространстве вакуума либо защитной атмосферы.

Электронно-лучевая плавка (ЭЛП) является наиболее эффективным способом вакуумной металлургии и нашла применение в исследовательской практике и промышленности для получения сплавов, в том числе тугоплавких и высокорекреационных, со сверхнизким содержанием газов, летучих примесей и неметаллических включений [5]. При ЭЛП возможно регулирование скорости

плавления слитка в широких пределах, благодаря независимому источнику нагрева, что, в свою очередь, позволяет регулировать продолжительность пребывания металла в жидком перегретом состоянии. ЭЛП является наиболее эффективной технологией, позволяющей практически полностью обеспечить удаление включений высокой и низкой плотности [6].

Процесс ЭЛП осуществляется в вакууме 0,1...0,01 Па, что практически исключает дополнительное загрязнение титана газовыми примесями и позволяет использовать в качестве исходной шихты до 100 % лома и губчатого титана сниженных качеств без его предварительного прессования в расходуюемый электрод. Технология ЭЛП позволяет также выплавлять слитки титановых сплавов как круглого, так и квадратного сечения, а также слитки-слябы [7].

Однако в ряде случаев при выплавке слитков сложнолегированных титановых сплавов способом ЭЛП возникает проблема обеспечения заданного химического состава металла. Это вызвано тем, что при ЭЛП легирующие элементы с упругостью пара, превышающей упругость пара титана, испаряются более интенсивно. К таким элементам относятся алюминий, хром и др. Значительное влияние на распределение в слитке легкоплавких легирующих компонентов оказывает нагрев шихты в процессе плавки. При нагреве шихты до температуры плавления легкоплавкого компонента последний начинает вытекать из ее еще неплавящихся участков. Для равномерного распределения тугоплавких легирующих компонентов их можно вводить в составе лигатур, использовать тугоплавкие компоненты в виде тонкой стружки или обрэзи.

На производственных мощностях ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработана тех-

нология получения слитков нового высокопрочного титанового сплава Т120.

Для проведения опытных плавки использовалась лабораторная электронно-лучевая установка УЭ-208 (рис. 1), оснащенная промежуточной емкостью [8].

С целью отработки технологических режимов и создания технологии ЭЛП нового высокопрочного сплава титана Т120 проведены опытные плавки по получению слитков диаметром 150 мм.

Слитки получали путем переплава шихты, состоящей из титана марки Grade2, технически чистого ниобия, молибдена, железа и хрома, а также ванадий-алюминиевой лигатуры. Титан марки Grade2 представлял собой мерный компактный кусок слитка-сляба, полученный из переплава первичной шихты в виде титановой губки марки ТГ-120. Тугоплавкие элементы в состав шихты вводили в виде тонкой проволоки и стружки. Элементы с высокой упругостью пара алюминий и хром шихтовали с учетом потерь на испарение. Исходную шихту взвешивали на электронных весах СВП 50-5 и формировали из нее расходуюмую заготовку, которую укладывали в нерасходуемую короба, изготовленные из листового нелегированного титана толщиной 2...3 мм.

Для получения слитков перед проведением опытных плавки осуществляли подготовку оборудования, которая заключалась в чистке камеры плавки, плиты пушек, промежуточной емкости и кристаллизатора, поддона и лучеводов электронных пушек от конденсата, пыли и остатков металла предыдущих плавки. В обязательном порядке проводилась замена катодов электронно-лучевых пушек.

Во время проведения экспериментальных плавки осуществляли контроль технологических параметров таких, как производительность процесса плавки, токи лучей, величина ускоряющего напряжения. Численные значения ускоряющего напряжения и тока луча измерялись и регулировались оператором с помощью предназначенных для этого приборов. Производительность процесса плавки регулировалась скоростью подачи расходуюмой заготовки в зону плавки, скоростью вытягивания слитка, величиной одновременно заливаемой порции расплава в кристаллизатор.

После загрузки расходуюмой заготовки установку герметизировали и вакуумировали. При достижении рабочего давления в камере плавки $1,33 \cdot 10^{-2} \dots 6,66 \cdot 10^{-3}$ Па определяли натекание в рабочий объем камеры, после чего начинали процесс плавки. Допустимое значение натекания не более 30 мкм·л/с.



Рис. 1. Внешний вид лабораторной электронно-лучевой установки УЭ-208

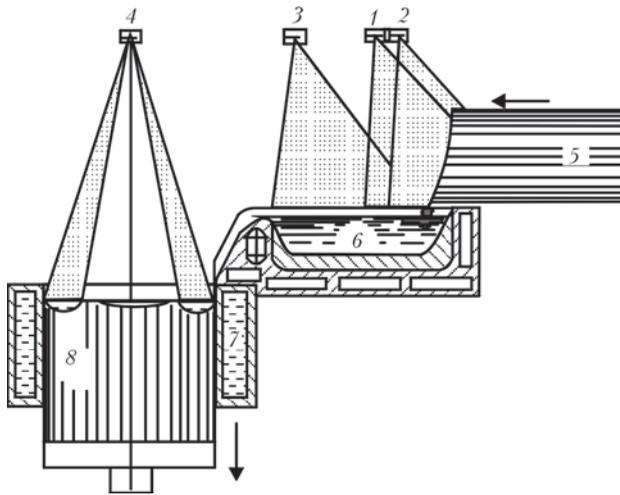


Рис. 2. Схема ЭЛП с промежуточной емкостью: 1–4 — электронно-лучевые пушки; 5 — расходная заготовка; 6 — промежуточная емкость; 7 — кристаллизатор; 8 — слиток

Сущность процесса (рис. 2) заключалась в горизонтальной подаче расходной заготовки 5 с заданной скоростью в зону плавки, ее плавлении электронными лучами над промежуточной емкостью 6. По мере наполнения промежуточной емкости жидкий металл сливался в кристаллизатор 7, где происходило формирование слитка 8 необходимой длины.

В процессе плавки поверхность жидкого металла в промежуточной емкости и кристаллизаторе обогревали электронными лучами пушек 1–4 (рис. 3):

пушками 1 и 2 осуществляли плавление расходной заготовки и обогрев поверхности металла в промежуточной емкости;

пушкой 3 нагревали металл на сливном носке промежуточной емкости, слив расплава в кристаллизатор, чистку сливного носка промежуточной емкости от застывшего металла перед вытягиванием слитка, нагрев металла в периферийной зоне кристаллизатора;

пушка 4 обогревала свободную поверхность металла в кристаллизаторе.

Плавку начинали плавным повышением токов лучей на пушках 1–4 до значений 0,5 А и устанавливали лучи в рабочее положение на переплавляемой заготовке, промежуточной емкости и кристаллизаторе. Прогревали заготовку в течение 10...15 мин пушками 1 и 2. Устанавливали рабочие значения токов лучей и начинали плавление расходной заготовки в промежуточную емкость. После заполнения промежуточной емкости выставляли рабочий ток пушки 3 и сливали жидкий металл в кристаллизатор. В момент поступления металла в кристаллизатор на пушке 4 выставляли ток формирования затравки. Затравка слитка

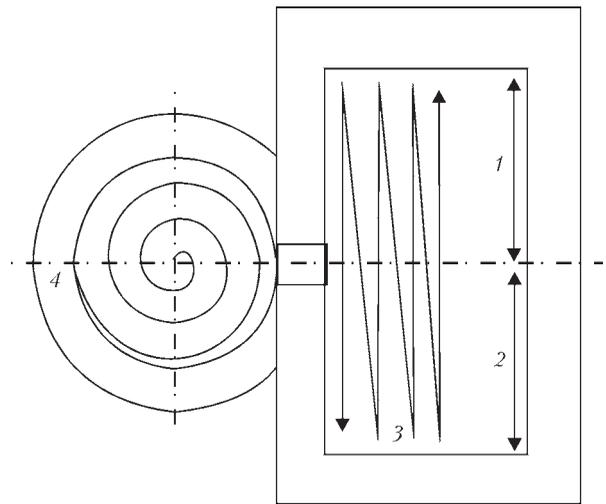


Рис. 3. Схема расположения и разверток лучей для плавки слитков диаметром 150 мм

формировалась за 3...5 сливов жидкого металла. После формирования затравки устанавливали рабочие токи лучей на пушках 3 и 4. Включали рабочую скорость подачи заготовки. Чистку сливного носка промежуточной емкости и вытягивание слитка проводили после каждого слива порции жидкого металла в кристаллизатор. По мере наплавки слиток опускали вниз механизмом вытягивания по полунепрерывному режиму: после повышения уровня жидкого металла в кристаллизаторе на необходимую величину слиток опускали до тех пор, пока ванна не опустится до прежнего уровня.

В процессе плавки исходная шихта непрерывно подавалась в рабочую область над промежуточной емкостью, где под действием электронно-лучевого нагрева происходила ее плавка (рис. 4).

В конце плавки производился вывод усадочной раковины путем постепенного снижения мощности обогрева верхнего торца слитка в кристаллизаторе с последующим контрольным проплавлением его центральной части (рис. 5).



Рис. 4. Процесс плавки слитка высокопрочного сплава титана Т120 диаметром 150 мм

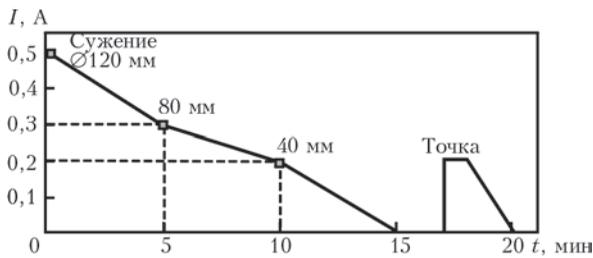


Рис. 5. Режим вывода усадочной раковины для слитков титанового сплава диаметром 150 мм

После плавки слитки остывали в камере в условиях вакуума в течение двух часов. После остывания слитка установку развакуумировали, выгружали слиток и маркировали его. Внешний вид полученных слитков приведен на рис. 6.

Значения оптимальных технологических параметров плавки для слитков диаметром 150 мм следующие:

скорость плавки, кг/ч	80
высота одновременно заливаемых порций металла в кристаллизатор, мм	5
мощность в кристаллизаторе, кВт	30
мощность в промежуточной емкости, кВт	120.

Для исследования химического состава слитков и оценки их гомогенности на станке отбирались пробы в виде стружки для химического анализа по схеме, представленной на рис. 7.

Из верхней и нижней частей слитка пробы отбирались на расстоянии 30...50 мм от его торцов для исключения влияния нестационарных режимов плавки, таких как формирование затравочной части в начале плавки и выведение усадочной ра-

ковины в конце плавки. Вес каждой пробы составлял не менее 20...30 г.

Отбор проб производился с боковой поверхности слитка при его механической обработке следующим образом: производилась предварительная проточка или строжка на глубину 2...3 мм, стружка при этом отбрасывалась. Частная проба отбиралась при последующей проточке или строжке на глубину 7...10 мм. Перегрев стружки и применение смазочно-охлаждающих жидкостей при отборе проб не допускались. Отобранные пробы укладывались в пакеты из бумаги с указанием номера плавки и места отбора пробы.

Для определения содержания кислорода, азота, водорода изготавливались образцы цилиндрической формы диаметром 3 и длиной 3 мм. Образцы изготавливались из колец при снятии фаски с торцов слитка. Содержание легирующих элементов сплава определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) на ICP-спектрометре ICAP 6500 DUO.

Исследование химического состава полученных слитков показало, что по всему сечению состав соответствует заданному (таблица). Распределение легирующих элементов как по длине, так и по поперечному сечению слитков равномерное. Повышенного содержания газов как в донной, так и в головной частях слитков не обнаружено.

Анализ полученных результатов показал, что металл слитков нового высокопрочного титанового сплава Т120, полученных способом ЭЛП, характеризуется химической однородностью и соответствует техническому заданию.



Рис. 6. Внешний вид слитков сплава Т120 диаметром 150 мм

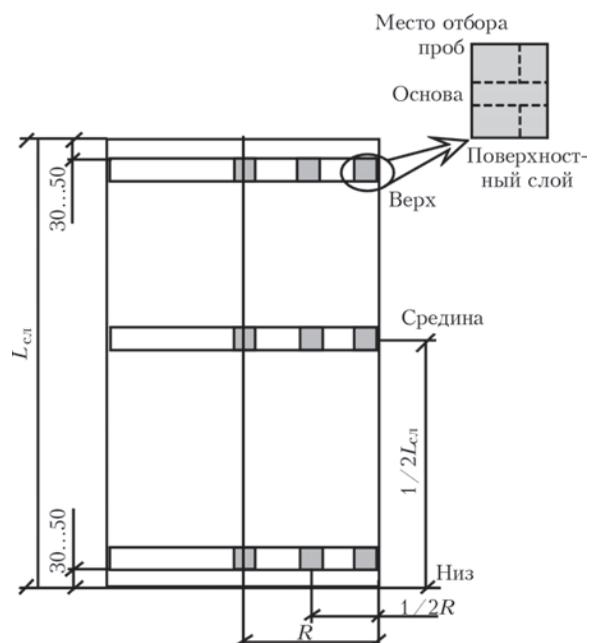


Рис. 7. Схема отбора проб для химического и металлографического анализа на слитке круглого сечения

Химический состав слитка сплава титана Т120 диаметром 150 мм, полученного способом ЭЛП												
Место отбора проб		Содержание химических элементов, мас. %										
		Al	V	Mo	Nb	Zr	Fe	Cr	O	N	Ti	
Верх слитка	центр	4,8	2,2	2,9	4,3	2,4	0,9	1,3	–	–	Основа	
	край	5,0	2,3	2,8	4,2	2,6	0,8	1,0	0,11	0,010	Основа	
Средина слитка	центр	5,3	2,3	2,8	4,2	2,6	1,0	1,1	–	–	Основа	
	край	5,4	2,5	2,9	4,1	2,7	1,1	1,2	–	–	Основа	
Низ слитка	центр	5,1	2,7	2,7	4,0	2,7	1,0	1,3	–	–	Основа	
	край	5,0	2,6	2,7	4,1	2,6	1,2	1,3	0,13	0,014	Основа	
Техническое задание		4,5...5,5	1,5...2,5	2,5...3,0	3,5...4,5	2,3...3,0	0,7...1,2	1,0...1,5	0,2	0,05	Основа	

Определение глубины залегания и конфигурации усадочной раковины и других неоднородностей в металле проводилось методом неразрушающего ультразвукового контроля (УЗК) с использованием дефектоскопа УД4-76 (рис. 8). Ультразвуковые колебания накладывались контактным способом с применением промежуточной среды (глицерина) для улучшения акустического контакта. Исследование проводилось путем последовательного ручного сканирования боковой поверхности по радиусу вдоль продольной оси слитков. Ось излучения была направлена вдоль радиуса цилиндра. Расстояние между участками сканирования равнялось 10...20 мм. Ось излучения соответствовала радиусу цилиндра. Сканированию подвергалась половина длины окружности цилиндра, что обеспечивало охват всего объема слитка. Для обеспечения охвата всего объема слитка сканированию подвергалась вся боковая поверхность слитка (рис. 9).

Макроструктура слитков изучалась на поперечных темплатах, вырезанных на расстоянии 50 мм от верха и низа слитков, а также из их середины. Выявление структуры проводилось травлением темплетов в 15 %-ном растворе фтористой кислоты с добавлением 3 %-ной азотной кислоты при комнатной температуре [9].

Структура металла слитков титанового сплава Т120 (рис. 10) плотная, однородная, с отсутствием различно травящихся зон по сечению слитка.



Рис. 8. Дефектоскоп ультразвуковой УД4-76

Существенной разницы в структурах центральной и периферийной зон слитка не наблюдается. Дефекты в виде пор, раковин, трещин и неметаллических включений не обнаружены. Кристаллическое строение металла одинаковое по всей длине слитков и характеризуется кристаллами, по форме близкими к равноосным.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в металле слитков нового высокопрочного титанового сплава Т120, полученных

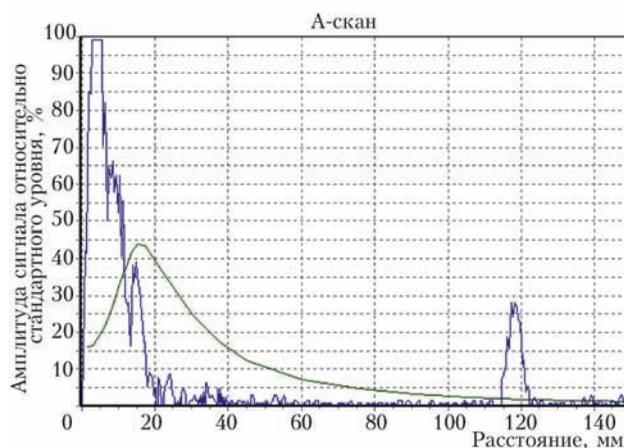


Рис. 9. Скан центральной части слитка диаметром 150 мм

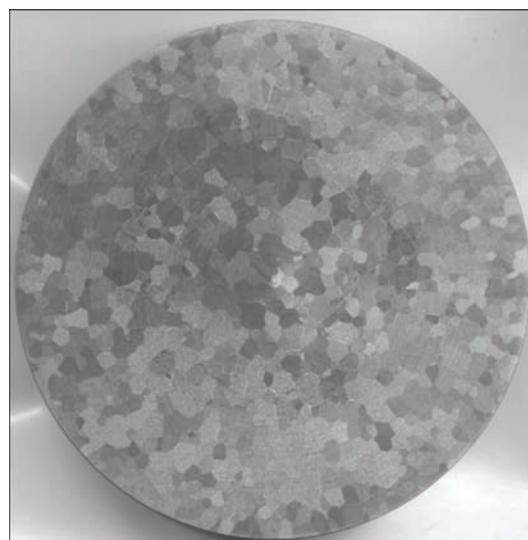


Рис. 10. Макроструктура поперечного сечения слитка высокопрочного титанового сплава Т120 диаметром 150 мм

способом ЭЛП, отсутствуют несплошности, неметаллические включения размером более 1 мм, а также плотные скопления более мелких включений. Структура металла плотная, кристаллическая неоднородность и зональное строение в слитках не выявлено. Распределение легирующих элементов как по длине, так и по поперечному сечению слитков равномерное.

Выводы

1. Проведенный комплекс работ позволил определить технологические параметры электронно-лучевой плавки слитков нового высокопрочного титанового сплава Т120: производительность процесса ЭЛП должна составлять 80 кг/ч, мощность электронно-лучевого нагрева в кристаллизаторе 30 кВт.

2. Металл слитков нового высокопрочного титанового сплава Т120, полученных способом ЭЛП, характеризуется химической однородностью, отсутствием включений низкой и высокой плотности, соответствует техническому заданию.

3. Показано, что структура металла слитков сплава Т120 плотная, однородная, с отсутствием различно травящихся зон по сечению слитка, существенной разницы в структурах центральной и периферийной зон слитка не наблюдается, дефекты в виде пор, раковин, трещин и неметаллических включений отсутствуют.

Список литературы

1. Глазунов С. Г., Ясинский К. К. Титановые сплавы для авиационной техники и других отраслей промышленности // Технология легких сплавов. — 1993. — № 7–8. — С. 2–14.
2. Хореев А. И., Хореев М. А. Титановые сплавы, их применение и перспективы развития // Материаловедение. — 2005. — № 7. — С. 25–34.
3. Титановые сплавы для авиационной промышленности Украины / С. Л. Антонюк и др. // Современная электрометаллургия. — 2003. — № 1. — С. 5–10.

4. Разработка нового высокопрочного титанового сплава / С. В. Ахонин и др. // Современная электрометаллургия. — 2016. — № 4. — С. 22–27.
5. Патон Б. Е., Тригуб Н. П., Ахонин С. В. Электронно-лучевая плавка тугоплавких и высокореакционных металлов. — К.: Наукова думка, 2008. — 311 с.
6. Электронно-лучевая плавка титана / Б. Е. Патон и др. — К.: Наукова думка, 2006. — 250 с.
7. Электронно-лучевой переплав титановой губки — новый способ получения титановых слитков и слябов / А. Л. Тихоновский и др. // Проблемы специальной электрометаллургии. — 1993. — № 1. — С. 66–70.
8. Электронно-лучевая установка УЭ-208 / А. Л. Тихоновский и др. // Там же. — 1992. — № 1. — С. 71–74.
9. Структура и коррозия металлов и сплавов: Атлас / И. Я. Сокол и др. — М.: Металлургия, 1989. — 400 с.

References

1. Glazunov S. G., Yasinsky K. K. Titanovye splavy dlya aviatsionnoy tekhniki i drugikh otrasley promyshlennosti // Tekhnologiya legkikh splavov. — 1993. — № 7–8. — S. 2–14.
2. Khoreyev A. I., Khoreyev M. A. Titanovye splavy, ikh primeneniye i perspektivy razvitiya // Materialovedeniye. — 2005. — № 7. — S. 25–34.
3. Titanovye splavy dlya aviatsionnoy promyshlennosti Ukrainy / S. L. Antonyuk i dr. // Sovremennaya elektrometallurgiya. — 2003. — № 1. — S. 5–10.
4. Razrabotka novogo vysokoprochnogo titanovogo splava / S. V. Akhonin i dr. // Sovremennaya elektrometallurgiya. — 2016. — № 4. — S. 22–27.
5. Paton B. E., Trigub N. P., Akhonin S. V. Elektronno-luchevaya plavka tugoplavkikh i vysokoreaktsionnykh metallov. — K.: Naukova dumka, 2008. — 311 s.
6. Elektronno-luchevaya plavka titana / B. E. Paton i dr. — K.: Naukova dumka, 2006. — 250 s.
7. Elektronno-luchevoy pereplav titanovoy gubki — novy sposob polucheniya titanovykh slitkov i slyabov / A. L. Tikhonovskiy i dr. // Problemy spetsialnoy elektrometallurgii. — 1993. — № 1. — S. 66–70.
8. Elektronno-luchevaya ustanovka UE-208 / A. L. Tikhonovskiy i dr. // Problemy spetsialnoy elektrometallurgii. — 1992. — № 1. — S. 71–74.
9. Struktura i korroziya metallov i splavov: Atlas / I. Ya. Sokol i dr. — M.: Metallurgiya, 1989. — 400 s.

ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВА ПЛАВКА НОВОГО ВИСОКОМІЦНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВУ Т120

С. В. Ахонін¹, О. М. Пікулін¹, В. О. Березос¹, А. Ю. Северин¹, О. Г. Єрохін²

¹Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.

03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ДП «НПЦ «Титан» ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України».

03028, м. Київ, вул. Ракетна, 26. E-mail: titan.paton@gmail.com

Проведено комплексні дослідницькі роботи з отримання зливків нового високоміцного сплаву титану Т120 діаметром 150 мм способом електронно-променевої плавки. Визначено технологічні параметри плавки зливків в електронно-променевої установці UE-208. Показано, що метал зливків нового високоміцного титанового сплаву Т120, отриманого способом ЕЛП, характеризується хімічною однорідністю, відсутністю включень низької та високої щільності. Вивчення макроструктури отриманих зливків показало, що вона має однорідний характер з відсутністю зон, що по-різному травляться по перетину зливка, суттєвої різниці в структурах центральної та периферійної зон зливка не спостерігається, дефекти у вигляді пор, раковин, тріщин та включень відсутні. Бібліогр. 9, табл. 1, іл. 10.

Ключові слова: складнолегований титановий сплав; зливок; електронно-променева плавка; проміжна ємність; технологічні режими; хімічний склад; ультразвуковий контроль; структура

ELECTRON BEAM MELTING OF NEW HIGH-STRENGTH TITANIUM ALLOY T120

S.V. Akhonin¹, A.N. Pikulin¹, V.A. Berezos¹, A.Yu. Severin¹, A.G. Erokhin²¹E.O. Paton Electric Welding Institute, NASU.

11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kiev, Ukraine. E-mail: office@paton.kiev.ua

²SE «RPC «Titan» of the E.O. Electric Welding Institute of NASU».

26 Raketnaya Str., 03028, Kiev, Ukraine. E-mail: titan.paton@gmail.com

Integrated research works were carried out for producing 150 mm diameter ingots of new high-strength titanium alloy T120 by the method of electron beam melting. Technological parameters of ingots melting in electron beam installation UE208 were determined. It is shown that the metal of ingots of the new high-strength titanium alloy T120, produced by the method of electron beam melting, is characterized by a chemical homogeneity, absence of inclusions of low and high density. Study of the macrostructure of produced ingots showed that it has a homogeneous nature, having no different etching zones in ingot section, noticeable difference in structures of central and periphery zones of ingots is not observed, there are no defects in the form of pores, cavities, cracks and nonmetallic inclusions. Ref. 9, Table 1, Figures 10.

Key words: complexly-alloyed titanium alloy; ingot; electron beam melting; cold hearth; technological conditions; chemical composition; ultrasonic testing; structure

Поступила 27.12.2016

Календарь выставок и конференций в 2017 г.

Дата	Место проведения	Название
4–7 апреля	Беларусь, Минск	Специализированные выставки «Сварка и резка 2017» и «Порошковая металлургия 2017»
11 апреля	Украина, Киев	XV Всеукраинская научно-практическая конференция «Специальная металлургия: вчера, сегодня, завтра»
май	Украина, Киев, ИЭС им. Е. О. Патона	Сессия научного совета по новым материалам МААН
23–25 мая	Украина, Запорожье	25-я Международная специализированная выставка «Машиностроение. Металлургия – 2017»
23–26 мая	Украина, Киев, ИЭС им. Е. О. Патона	9-я Международная конференция молодых ученых «Сварка и родственные технологии»
12–14 июня	Украина, Киев, ИЭС им. Е. О. Патона	Международная конференция «Роботизация и автоматизация сварочных процессов» www.pwi-scientists.com/rus/robotweld_2017
13–16 июня	Китай, Шанхай	Международная выставка металлургической и металлообрабатывающей промышленности «METAL + METALLURGY CHINA 2017»
21–24 июня	Италия, Верона	11-я Международная выставка алюминиевой промышленности «METEF 2017»
11–15 сентября	Украина, Одесса	Восьмая международная конференция «Лучевые технологии в сварке и обработке материалов» http://pwiscientists.com/rus/ltwmp2017
19–21 сентября	Германия, Штутгарт	Европейская выставка и форум по композиционным материалам, технологиям их производства и применения «Composites Europe 2017»
25–29 сентября	Германия, Дюссельдорф	Эссенская выставка «Сварка и резка» www.schweissen-schneiden.com
25–27 октября	Украина, Киев	Специализированные выставки «Машпром, ЛитЭкс-2017»
21–24 ноября	Украина, Киев	Международный промышленный форум-2017