

26. The express-diagnostics of band electronic stream / [M. P. Rud, V. P. Boyko, Yu. I. Kovalenko etc.] // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – №3. – 2005. – С. 49–51.
27. Рудь М. П. Визначення розподілу густини струму стрічкового електронного потоку / М. П. Рудь // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Спецвипуск – 2007. – С. 148–150.
28. Кацман Ю. А. Электронные лампы высоких и низких частот / Ю. А. Кацман. – [2-е изд.]. – М. : Высшая школа. – 1968. – 375 с.
29. Пирс Дж. Р. Теория и расчет электронных пучков / Пирс Дж. Р. – М. : Госэнергоиздат, 1956. – 216 с.
30. Моделювання низькоенергетичної стрічкової електронної гармати Пірса методом кінцевих елементів / [М. П. Рудь, Г. В. Канашич, М. О. Бондаренко, Ю. І. Коваленко] // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Вип. 161. – Т. 173. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – С. 150–155.

Одержано 09.10.2012

Рудь М.П., Бондаренко М.А., Коваленко Ю.И., Яценко И.В., Губарь Е.Я., Канашич Г.В. Исследование и формирование ленточного электронного потока для микрообработки поверхностей материалов

Разработана методика исследования электронного потока ленточной формы, которая состоит из частей зондирования электронного потока и исследования зон термического влияния на металлической и стеклянной поверхностях. Исследованы зависимости пространственно-энергетических характеристик ленточного электронного потока от технологических параметров.

Ключевые слова: электронно-лучевая микрообработка, зондирование электронного потока, взаимодействие электронного потока с поверхностью.

Rud M., Bondarenko M., Kovalenko Y., Yatsenko L, Gubar E., Kanashevich G. Research and forming of ribbon electron beam for micromachining of material surfaces

Research methodology of band form electronic stream research that consists of electronic stream probe parts and research of the thermal affected zones on metallic and glass surfaces was invented. The dependence of the spatial and energy characteristics of band electron beam from technological parameters was investigated.

Key words: electron beam microprocessing, diagnostics of electron beam, interaction of the electron beam with the surface.

УДК 669.187.56:669.295:669.787

Ф. Л. Леоха, О. А. Снижко, С. Н. Ратиев, д-р техн. наук А. А. Троянский,
д-р техн. наук А. Д. Рябцев

Национальный технический университет, г. Донецк

ЛЕГИРОВАНИЕ ТИТАНА ПРИ КАМЕРНОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ

Приведены результаты исследований, посвященных разработке технологии легирования титана кислородом из порошка оксида титана (TiO₂) микро- и наноразмера при камерном электрошлаковом переплаве прессованных из титановой губки расходоуемых электродов, а также изучению влияния кислорода на свойства полученных сплавов.

Ключевые слова: титан, легирование, кислород, оксид титана, структура, твердость.

Введение

В настоящее время титан является одним из основных конструкционных материалов, применяемых в медицине [1]. При этом наибольшее применение находят сплав ВТ6-4 (Ti-6Al-4V) и сплавы нелегированного титана. Высокая коррозионная стойкость и удельная прочность титанового сплава ВТ6-4, наряду с высокой усталостной прочностью, сделали его основным

материалом для протезирования на несколько десятилетий [2]. Однако ванадий, при определенных условиях, может образовывать токсичные соединения, оказывающие негативное влияние на организм человека. Поэтому разработка титановых сплавов, легированных безопасными компонентами, сегодня является актуальной задачей.

В этом плане интересен кислород, который упрочняет титан, а его соединения не оказывают негативно-

го влияния на организм человека [3]. В данной работе приведены результаты исследований, выполненных в Донецком национальном техническом университете, которые посвящены разработке технологии легирования титана кислородом путем камерного электрошлакового переплава электродов из титановой губки с одновременным вводом оксида титана [4, 5].

Материалы и методика исследований

В качестве исходного материала для легирования использовали расходные электроды (рис. 1), изготовленные методом прессования титановой губки марки ТГ-110 (содержание кислорода 0,035 %).

Источником кислорода являлся порошок оксида титана (IV) TiO_2 , соответствующий ТУ 6-09-3811-79 и имеющий средний размер частиц 10–15 мкм (рис. 2, а), а также нанопорошок оксида титана, состоящий из сухих наночастиц рутила и анатаза. Средний размер частиц нанопорошка 21 ± 5 нм, удельная поверхность 50 ± 10 м²/гр (рис. 2, б).

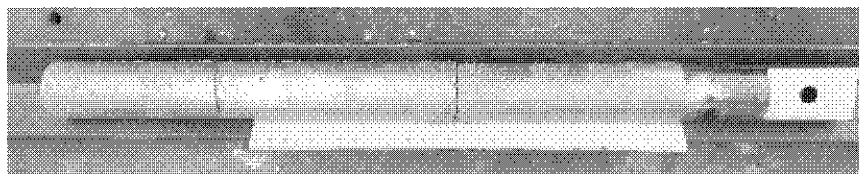


Рис. 1. Расходный электрод из титановой губки

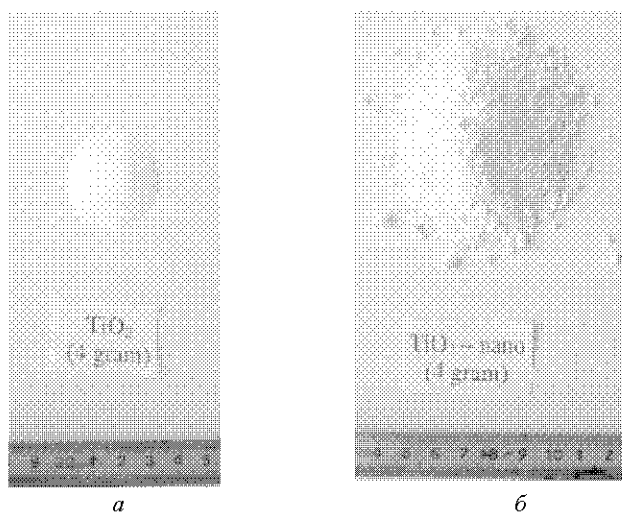


Рис. 2. Общий вид порошков оксида титана:

а – оксид (IV) титана TiO_2 марки ОСЧ; б – нанопорошок оксида (IV) титана TiO_2

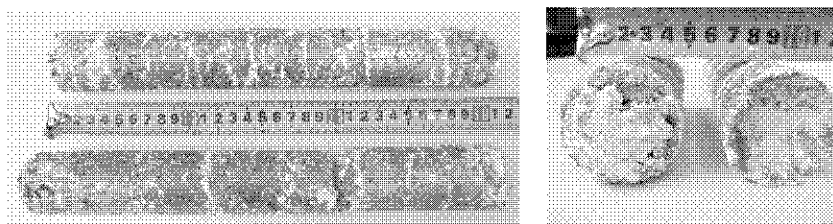


Рис. 3. Внешний вид блоков, прессованных из смеси титановой губки и порошка оксида титана

Предположительно, частицы порошка могут являться не только источником кислорода, но и при определенных условиях центрами зарождения кристаллов, способствуя образованию мелкокристаллической структуры [7].

В работе рассмотрены следующие технологические варианты ввода оксида титана:

- запрессовка в отверстие, просверленное вдоль оси электрода (плавки D-1, D-4, D-6);
- замешивание порошка в титановую губку перед прессованием расходных электродов (плавка D-7);
- добавление порошка непосредственно в шлаковую ванну (плавка D-3),
- без добавок оксида титана (сравнительная плавка D-5).

Следует отметить, что электроды, изготовленные путем предварительного замешивания порошка оксида титана с титановой губкой и последующим их прессованием, характеризовались плохой механической прочностью (рис. 3).

Расходуемые электроды переплавляли в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе диаметром 60 мм, в атмосфере аргона (ГОСТ 10157-79) под флюсом из чистого фтористого кальция марки «Ч» (ТУ 6-09-5335-88).

В результате переплава получали слитки титана (рис. 4) с различным содержанием кислорода. Из полученных слитков вырезали образцы для проведения химического анализа и металлографических исследований.

Анализ полученных результатов

Проведенный металлографический анализ показал, что в титане с содержанием кислорода 0,09 %_{вес.} (сравнительная плавка без ввода диоксида титана) наблюдается равноосная, крупная структура (рис. 5).

В образцах титана с содержанием кислорода 0,73 %_{вес.} (ввод нанопорошка оксида титана) и 0,57 %_{вес.} (ввод микропорошка оксида титана) структура имеет вид «корзиночного плетения», однако в образце с содержанием кислорода 0,73 %_{вес.} микроструктура более

развитая, иголки вытравливаются более эффективно и выявленная структура дисперснее, чем в титане с содержанием кислорода 0,57 %_{вес.}

Что касается макроструктуры слитков (рис. 6), то для металла с содержанием кислорода 0,09 %_{вес.} характерна структура классического электрошлакового слитка со столбчатой радиально-осевой кристаллизацией, на которой хорошо видны большие вытянутые дендриты. Введение же порошков оксида титана приводит к повышению содержания кислорода в металле (0,175 %_{вес.}, 0,30 %_{вес.}, 0,35 %_{вес.}, 0,57 %_{вес.}, 0,73 %_{вес.}) и измельчению дендритов.

При этом следует отметить, что большее влияние на измельчение структуры оказывает введение нанопорошков оксида титана.

Дополнительно на полученном металле произвели замеры твердости. Зависимость твердости от содержания кислорода в плавках, выполненных по различным технологиям, представлена на рисунке 7.

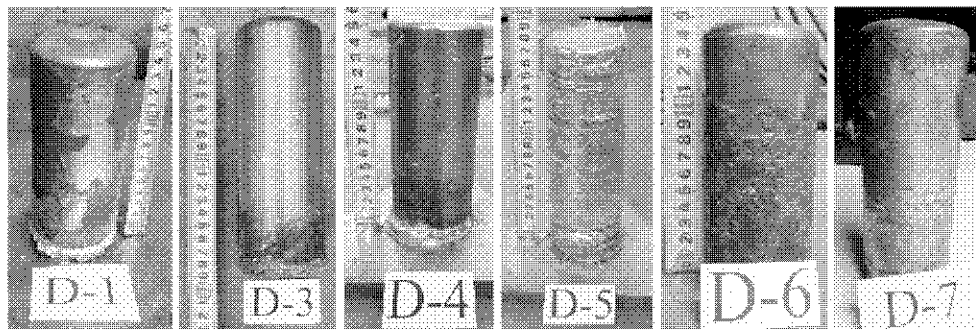


Рис. 4. Слитки титана, легированного кислородом из оксида титана при КЭШП:

D1 – 0,35 %_{вес.}, D3 – 0,175 %_{вес.}, D4 – 0,30 %_{вес.}, D5 – 0,09 %_{вес.}, D6 – 0,73 %_{вес.}, D7 – 0,57 %_{вес.}

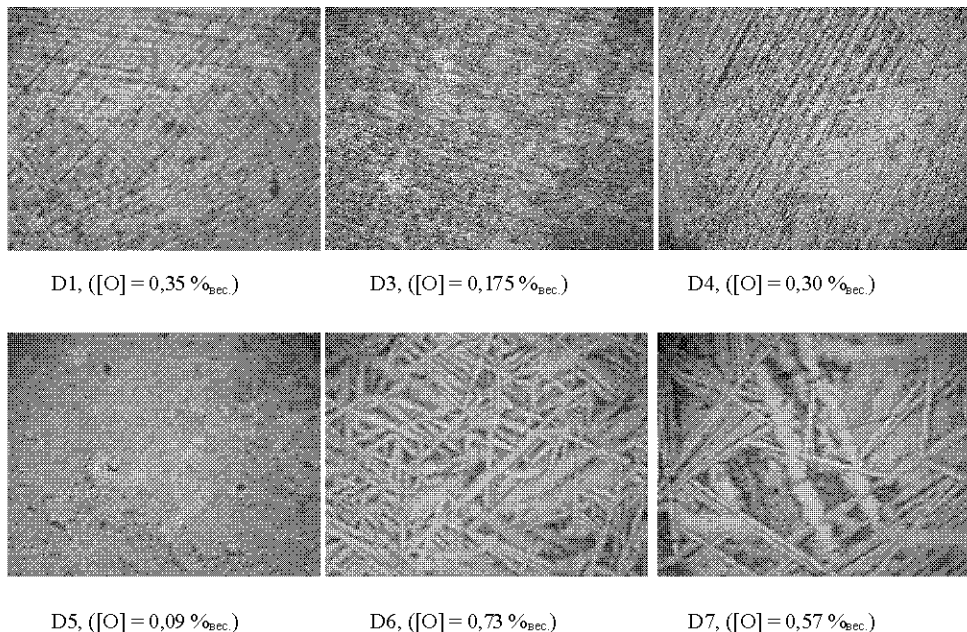


Рис. 5. Структура титана, легированного оксидом титана, ×100

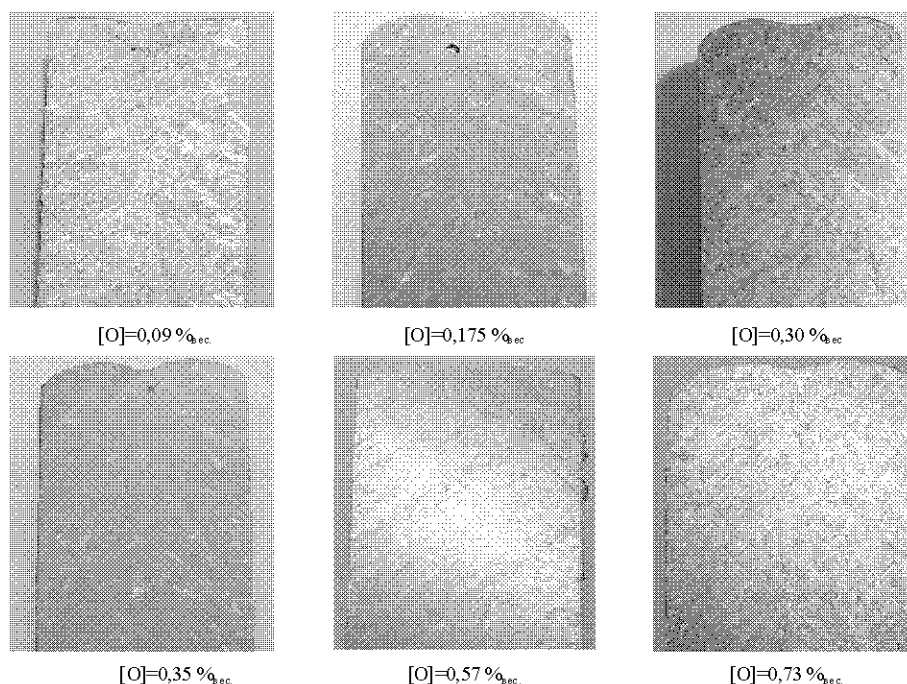


Рис. 6. Макроструктура титана с различным содержанием кислорода

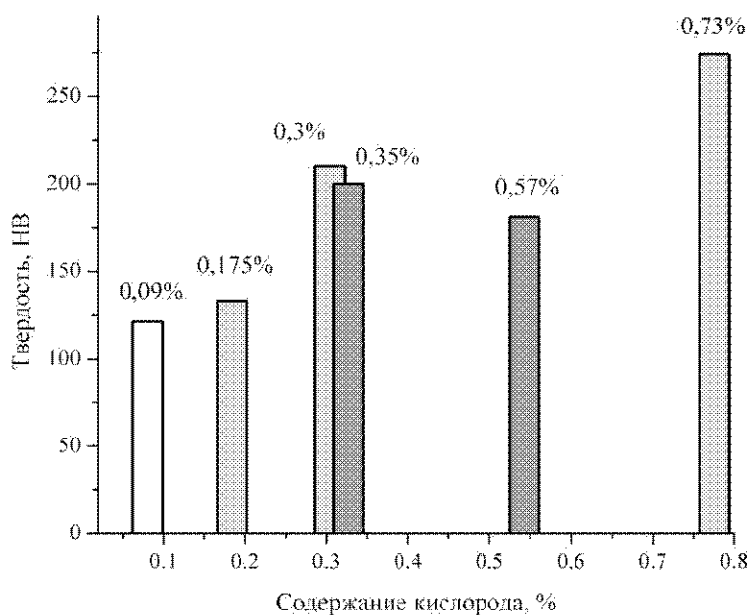


Рис. 7. Твердость титана в зависимости от содержания кислорода

Из рисунка 7 видно, что наименьшая твердость (123 НВ) характерна для титана, выплавленного по рафинирующей электрошлаковой технологии без добавок оксидов титана ($[O] = 0,09\%_{\text{вес.}}$). Добавки в электрод промышленного оксида титана ($[O] = 0,35\%_{\text{вес.}}$, $[O] = 0,57\%_{\text{вес.}}$) приводят к увеличению твердости до 214 и 283 НВ, соответственно.

Добавки же нанопорошка оксида титана ($[O] = 0,175\%_{\text{вес.}}$, $[O] = 0,30\%_{\text{вес.}}$ и $[O] = 0,73\%_{\text{вес.}}$) приводят не только к повышению твердости 142, 205 и 294 НВ, но и измельчению структуры слитка. При этом твердость

зависит от содержания кислорода в металле, которое, в свою очередь, определяется количеством и технологией подачи оксида в металл.

Наибольшая твердость – 294 НВ наблюдается в металле с содержанием кислорода $0,73\%_{\text{вес.}}$, полученном путем равномерного ввода нанопорошка оксида титана при выплавке слитка.

Выводы

1. Показана возможность эффективного легирования титана кислородом из порошка TiO_2 микро- и наноразмера от $0,175$ до $0,73\%_{\text{вес.}}$

2. Применение в качестве кислородсодержащей лигатуры порошков TiO_2 приводит к повышению твердости титана от 123 до 294 НВ и изменению структуры путем измельчения дендритов.

Список литературы

1. Biomedical Applications of Titanium and its Alloys / [C.N. Elias, J.H.C. Lima, R. Valiev, M.A. Meyers] // JOM. – 2008. – № 3. – P. 46–49.
2. Tao Sun. Characteristics and Chemical Stability of the Bioactive Titania Layer Formed on Ti, Ti-6Al-4V and NiTi SMA through a Low Temperature Oxidation Process / Tao Sun, Min Wang // Advanced Materials Research. – 2008. – Vol. 47–50. – P. 1403–1406.

3. Корнилов И. И. Титан. Источники, свойства, металлохимия и применение / И. И. Корнилов. – М.: Наука, 1975. – 310 с.
4. Легирование титана кислородом из газовой фазы при камерном электрошлаковом переплаве титановой губки / [С. Н. Рагиев, О. А. Рябцева, А. А. Троянский и др.] // Современная электрометаллургия. – 2010. – № 2. – С. 8–12.
5. Рябцева О. А. Исследование влияния содержания кислорода на структуру и свойства технически чистого титана в литом и термически обработанном состоянии / О. А. Рябцева, В. В. Папинский, С. Н. Рагиев // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – 2010. – Вып. 12 (177). – С. 293–301.

Одержано 22.10.2012

Леоха Ф.Л., Сніжко О.А., Ратієв С.Н., Троянський О.А., Рябцев А.Д. Легування титану при камерному електрошлаковому переплаві

Наведено результати досліджень, присвячених розробці технології легування титану киснем з порошку оксиду титану (TiO_2 , мікро-і нанорозміру при камерному електрошлаковому переплаві пресованих з титанової губки електродів, які витрачаються, а також вивченню впливу кисню на властивості отриманих сплавів.

Ключові слова: титан, легування, кисень, оксид титану, структура, твердість.

Leokha E., Snizhko O., Ratiiev S., Troyanskiy O., Ryabtsev A. Titanium alloying during chamber electroslag remelting

The research results of technology development of titanium oxygen doping by titanium oxide powder (TiO_2 , micro- and nano-sized chamber for electroslag remelting of titanium sponge molded consumable electrodes, as well as studying the oxygen influence on the alloys properties) are proposed.

Key words: titanium, alloying, oxygen, titanium oxide, structure, hardness.

УДК 621.791.92

Канд. техн. наук Р. А. Куликовский

Национальный технический университет, г. Запорожье

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПЛАВКОЙ ШТАМПОВ ПРЕСС-ФОРМ

Приведены причины отсутствия приемлемой для производства технологии восстановления штампов пресс-форм для производства огнеупорных и строительных материалов. Показано, что причиной снижения сопротивляемости прессующей поверхности штампа налипанию после наплавки является снижение твердости поверхности штампа в результате термического воздействия дуги.

Ключевые слова: штамп, наплавка, восстановление, твердость, охлаждение.

Среди наиболее массовых быстроизнашивающихся деталей оснастки для производства строительных и огнеупорных материалов особое место по условиям работы и предъявляемым требованиям занимают штампы пресс-форм. Срок службы их в ряде случаев не превышает одних суток. Многообразие форм прессуемых изделий обуславливает большой ряд конструктивных разновидностей штампов. Для большинства из них характерны высокая трудоемкость и энергоемкость процессов изготовления и упрочнения. В связи с этим актуальны разработка и применение технологии восстановления этих деталей.

Основными конструктивными элементами штампов, определяющих их работоспособность, являются рабочие кромки и прессующая поверхность.

Условия эксплуатации штампа предъявляют неодинаковые требования к различным его частям. Поверхности, формирующие нижнюю и верхнюю части

огнеупорного изделия, испытывают нормальные усилия прессуемой массы, что может приводить к шаржированию их абразивными частицами но, при этом, практически исключается изнашивание этой части деталей. Рабочая кромка, испытывая тангенциальные усилия абразивных зерен, попадающих в зазор между штампом и облицовочной пластиной, интенсивно изнашивается. В процессе работы также могут возникать «наезды» края штампа на торцы облицовочных пластин, что приводит к откалыванию ее фрагментов при недостаточном уровне вязкопластических свойств материала штампа. Как правило, допустимый износ кромок составляет 0,3... 0,8 мм.

Штампы в основном изготавливают из низкоуглеродистых низколегированных сталей. В качестве способа упрочнения применяется науглероживание и закалка на мартенсито-карбидную структуру. Общая глубина цементованного слоя 1,5... 2,0 мм. Максимальное