

2. Полученные во второй части работы теоретические результаты позволяют применять известные результаты теории конечных интегральных преобразований к решению специальных задач гидромеханики.

**Список литературы:** 1. *Helmholz, H.* Über electrische Grenzschichten. Annalen der Physik und Chemie [Текст] / *H. Helmholtz* // -1879.- P.337-383. 2. *Лойцянский, Л. Г.* Механика жидкости и газа [Текст] / *Л. Г. Лойцянский* // - М.- Наука- 1970. 3. *Громека, И. С.* К теории движения жидкости в узких цилиндрических трубках [Текст] / *И. С. Громека* // Собр. Сочинений АН СССР – 1952. С. 149-171. 4. *Слезкин, Н. А.* Динамика вязкой несжимаемой жидкости [Текст] / *Н. А. Слезкин* // - М.: Гостехиздат-1955. 5. *Ламб, Г.* Гидродинамика [Текст] / *Г. Ламб* // - М.: Гостехиздат-1947. 6. *Седов, Л. И.* Механика сплошной среды [Текст] / *Л. И. Седов* // – М.: Наука, 1973, т.1,2. 7. *Лямбоси, П.* Вынужденные колебания несжимаемой вязкой жидкости в жесткой горизонтальной трубе. Русский перевод в сб. «Механика» [Текст] / *П. Лямбоси* // -1953-вып.3, ИЛ, С. 67-77. 8. *Watson, G. N.* Bessels Functions [Text] / *G. N. Watson* // Cambridge -1944. 9. *Грей, Э.* Функции Бесселя и их приложения в физике и механике [Текст] / *Э. Грей, Г. Метьюз* // - ИЛ, 1949. 10. *Трантер, К. ДЖ.* Интегральные преобразования в математической физике [Текст] / *К. ДЖ. Трантер* // М.-ГИТТЛ- 1956. 11. *Ногін, М. В.* Нестационарна теплопровідність необмеженого циліндра при симетричному нагріві [Текст] / *М. В. Ногін* // -К.- КНУ ім.Т.Г.Шевченка, 2011, С.125-126.

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 532.2,517.2

**Периодическое движение вязкой несжимаемой жидкости по неограниченной цилиндрической трубе/ Н. В. Ногин** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 1 (977). – С. 182-186. – Бібліогр.:11 назв.

Одержаний розв'язок спеціальної крайової задачі для рівняння Нав'є-Стокса нестационарного ламінарного руху рідини в круглій циліндричній трубі у випадку періодичного закону зміни тиску. Таким чином, створена можливість використання швидкозбіжних степеневих рядів для розрахунку компонент поля швидкості. Показана ідентичність розв'язків спеціальної задачі гідродинаміки з граничною задачею теплопровідності з застосуванням інтегрального перетворення Ханкеля.

**Ключові слова:** в'язка нестислива рідина, ламінарний рух, функції Бесселя, інтегральне перетворення Ханкеля.

Received a special solution of the boundary value problem for the Navier-Stokes unsteady laminar flow in a circular cylindrical tube in the case of the periodic law of pressure. Thus, a possibility of rapidly converging power series to calculate the components of the velocity field. The identity of the special problems of hydrodynamics with boundary heat conduction problem by using the integral Hankel transform.

**Keywords:** viscous incompressible fluid, laminar flow, Bessel functions, integral Hankel transform.

УДК 669.15-198:669.168:669.27

**О. А. ГЛОТКА**, канд. техн. наук, доцент, ЗНТУ, Запоріжжя, Україна

### **АНАЛІЗ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ВАЖКОТОПКОВОГО ВОЛЬФРАМ-НІКЕЛЬ-ЗАЛІЗНОГО БРУХТУ**

Проведений аналіз структурно-фазового стану важкотопкого брухту системи «вольфрам-нікель-залізо» після довготривалого відпалення. Встановлено природу та проаналізовано склад вкраплень. Запропоновано рекомендації до подальшого використання брухту.

**Ключові слова:** структурно-фазовий стан, важкотопкий брухт, неметалеві вкраплення, рентгеноспектральні дослідження.

**Вступ.** Пошук нових джерел постачання легувальних елементів є одним з основних завдань сьогодення. Проте історично склалося, що Україна не має значної кількості руд кольорових металів, а попит на спеціальні сталі та стопи суттєво зростає. Водночас на металургійних підприємствах накопичені металеві відходи, що містять значну кількість висококоштовних елементів і можуть бути використані під час повторного перероблення. Одним із таких матеріалів є важкотопкий брухт системи «вольфрам-нікель-залізо»,

щорічна утилізація якого коливається в межах 100000 т [1,2].

Для легування сталей застосовують феровольфрам, у якому кількість вольфраму коливається від 50 до 70 % (мас.), а вартість становить 650 грн/кг (ціни наведені на початок 2012 р.). У сплави на нікелевій основі вводять чистий вольфрам, оскільки до них висуваються значно вищі вимоги щодо кількості домішок та механічних властивостей, а ціна вольфраму коливається в межах 1300 грн/кг. Порівнюючи вартість вищезазначених матеріалів з ціною на важкотопкий брукхт (75 грн/кг), можна очікувати на суттєвий економічний ефект під час його використання для високовольфрамових сталей та сплавів.

**Мета досліджень.** Метою даної роботи було виявлення структурно-фазового стану важкотопкого брукхту, що в подальшому може бути використаний для витоплення спеціальних матеріалів.

**Матеріали досліджень.** Хімічний склад важкотопкого брукхту відповідав ТУ 48-19-54-91 та ТУ 48-19-28-82. Брукхт відноситься до псевдо-сплави, що отримуються порошковою металургією за допомогою рідиннофазного спікання порошків.

Перед проведенням дослідження зразки відпалювали за температури 1000 °С впродовж 100 год. з метою одержання максимально можливих сегрегацій.

Аналіз неметалевих вкраплень та мікроструктури виконували на растровому електронному мікроскопі «РЕМ-106І», що оснащений системою енергодисперсійного аналізу, за прискорювальної напруги 20 кВ у вторинних електронах. Кількісний рентгеноспектральний мікроаналіз виконано порівнянням одержаних спектрограм з еталонними, які записані в базу комп'ютера від еталонних матеріалів. Точність детектування елементів спектрометром знаходилася на рівні 0,1 % (мас.).

Зразки перед випробуванням механічно шліфували, полірували та травили в реактивах Марбль (100 мл  $HCl$ , 20 г  $CuSO_4$ , 100 мл  $H_2O$ ) та Мураками (10 г  $NaOH$ , 10 г  $K_3[Fe(SN)_6]$ , 100 мл  $H_2O$ ) впродовж 5...8 с.

**Результати досліджень.** Дослідження неметалевих вкраплень зазвичай виконується на нетравлених шліфах за невеликих збільшень, проте таке дослідження не дає змогу виявити візуально області які чітко класифікуються як домішки (рис. 1). Проте на поверхні шліфа чітко розрізняються області зі структурними складовими навіть без травлення, що свідчить про значний перепад між мікротвердостями фаз шліфа. Така мікроструктура є типовою для всіх полів зору та мало чим відрізняється від літературних даних [3-5].

У відповідності до політермічних перерізів [4, 6] фазовий склад брукхту системи «вольфрам-нікель-залізо» може мати доволі велике різноманіття інтерметалідів та твердих розчинів, що пояснюється різною швидкістю охолодження та тривалістю витримки псевдо-сплаву.

Проведення аналізу отриманих дифрактограм, від важкотопкого брукхту, дав змогу стверджувати, що структурно-фазовий склад псевдо сплаву складається з твердого розчину на основі вольфраму, твердого розчину на основі нікелю та інтерметалідів  $(Fe,Ni)W$  і  $Ni_4W$ . Інтерметалід  $Ni_4W$  вперше виявлений в сплавах системи «вольфрам-нікель-залізо», він має ГЦК ґратку з параметром  $a=3,5864$  нм. Таким чином сферичні частинки на мікрофотографії (рис.1) можливо класифікувати, як твердий розчин на основі вольфраму, фазу-зв'язку - як твердий розчин на основі нікелю з інтерметалідними вкрапленнями. Ймовірно інтерметаліди збагачені на вольфрам будуть знаходитися на межі між твердим розчином на основі вольфраму та твердим розчином на основі нікелю, а інтерметаліди збагачені на нікель в твердому розчині на основі нікелю.

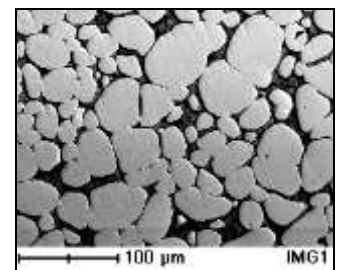


Рис. 1 -

Мікроструктура брукхту до травлення

Отже за рахунок складного фазового складу та умов виготовлення важкотопкого брукхту необхідно детально та ретельно дослідити неметалеві вкраплення у вказаній

системі, що можуть потрапити в будь який момент виготовлення псевдо-сплаву.

Такі елементи як сірка, фосфор, кремній, марганець та вуглець знаходяться поза зоною чутливості приладу. Поріг розпізнавання сірки та фосфору знаходиться за межею 0,05 % (мас.), кремнію та марганцю – 0,3 %, а вуглецю – 0,1 %. Визначення хімічного складу з поверхні шліфа розміром 2×2 мм не дає змогу виявити присутність домішок, оскільки ймовірно вони скопичуються по межах зерен в невеликій концентрації, тому було прийнято рішення провести довготривалий відпал з метою утворення сегрегацій неметалевих вкраплень за рахунок проходження дифузійних процесів в повній мірі при температурі 1000 °С впродовж 100 год. Лише довготривалий відпал дає змогу виявити області, що збагачені на шкідливі елементи.

Структурні складові брухту після відпалення набули значно більших розмірів (рис. 2) порівняно з вихідним матеріалом [7]. Площа, що займає матриця, та відстань між частинками значно збільшилася, а отже це свідчить про проходження явищ коагуляції та сфероїдизації. Таким чином, можливо припустити, що такі ж самі процеси пройшли з неметалевими вкрапленнями та вони набули значних розмірів та форми. Окрім цього з'явилися області з присутністю округлих вкраплень, які значно темніші від матриці матеріалу (це свідчить про значно менший порядковий номер елементів від яких було отримано випромінення).

Кількість вкраплень є доволі незначною, оскільки в одному полі зору, при збільшенні в 100 разів, спостерігається не більше одного-двох вкраплень.

Аналіз хімічного складу вкраплень дав змогу стверджувати про їх ідентичність за об'ємом шліфа та присутністю однакових хімічних елементів (алюміній, кремній, кальцій, титан) у всіх випадках. Кількісний аналіз вкраплень має наступний характер і коливається в межах: алюмінію від 5,89 до 7,96; кремнію від 19,08 до 25,71; кальцію від 63,27 до 60,57; титану від 3,16 до 14,46 % (мас.). Така частка кальцію змушує віднести включення до неметалевих, а значно менша концентрація металів пояснюється розчиненням їх у матриці.

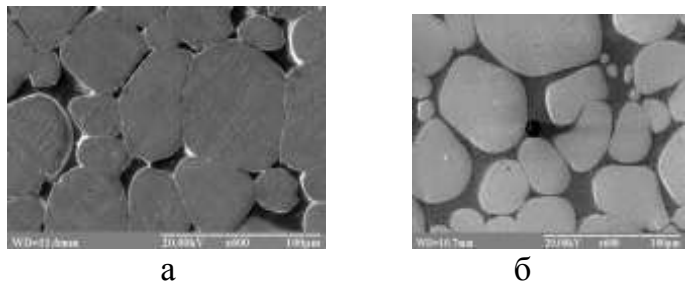


Рис. 2 - Структура відпаленого важкотопкого брухту: а - вихідний матеріал (до відпалу), б – матеріал після довготривалого відпалу

Таким чином використання важкотопкого брухту для виготовлення спеціальних матеріалів, що працюють в газотурбобудуванні є можливим, навіть за наявності домішок. Така невелика концентрація та природа вкраплень не повинна призвести до погіршення механічних та експлуатаційних властивостей, а зниження коштовності легуючих елементів вплине на вартість готової продукції, що підвищить рентабельність основної номенклатури сталей та сплавів. Проте слід ретельно обирати марки, для чіткого попадання в розкид хімічного складу, та вимог до неметалевих вкраплень за технічною документацією на продукцію, що випускає підприємство.

**Висновки.** Розглянута природа неметалевих вкраплень важкотопкого брухту. Встановлено неможливість виявлення неметалевих вкраплень на необробленому зразку. Запропоновано проведення довготривалого відпалення, для проходження явищ коагуляції та сфероїдизації. Виявлено незначну кількість сферичних неметалевих частинок, що мають в своєму складі алюміній, кремній, кальцій та титан. Встановлено природу неметалевих вкраплень. Проаналізовано можливість використання брухту для введення в спеціальні сталі та сплави, що працюють в газотурбобудуванні. Висунуті рекомендації по використанню брухту для виготовлення спеціальних матеріалів.

**Список літератури:** 1. Глотка, О. А. Розробка та аналіз структурно-фазового стану Ni-W та Fe-W стопів на основі важко топкого W-Ni-Fe брухту для легування спеціальних матеріалів у газотурбобудуванні [Текст] : дис. ... канд. тех. наук / О. А. Глотка. – Запоріжжя, 2011. - 166 с. – Бібліогр. : с. 142-166. 2. Глотка, О. А. Дослідження важко топкого брухту, що містить вольфрам [Текст] / О. А. Глотка, А. Д. Коваль, Л. П. Степанова // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні – 2007. - № 1. - С. 17-20. 3. Исследование неоднородности структуры тяжелых сплавов [Текст] / К. Б. Поварова, Г. Б. Черняк, Э. Е. Дуняшенков и др. // Металлы. - 2005. - № 1. – С. 84-93. 4. Фазовый состав связи в тяжелых сплавах типа ВНЖ [Текст] / А. М. Захаров, А. В. Никольский, В. Г. Паришков и др. // Цветные металлы. – 1990. - № 7. - С. 92-94. 5. Фазовые равновесия в вольфрамовом угле системы W-Ni-Fe при 800-575°C [Текст] / А. В. Никольский, А. М. Захаров, В. Г. Паришков и др. // Порошковая металлургия.- 1991.- №8.- С. 61-67. 6. Примеси элементов замещения и их влияние на особенности разрушения W-Ni-Fe сплавов [Текст] / Р. В. Минакова, П. А. Верховодов, А. В. Толстунов и др. // Порошковая металлургия. - 1983. - № 11. - С. 72-77. 7. Глотка, О. А. Порівняльний аналіз структурно-фазового стану феровольфраму та брухту системи W-Ni-Fe [Текст] / О. А. Глотка, А. Д. Коваль, В. Л. Грешта // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2012. - № 18. – С. 95-97.

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 669.15-198:669.168:669.27

**Аналіз структурно-фазового стану важкотопкого вольфрам-нікель-залізного брухту // Глотка О. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 186-189. – Бібліогр.: 6 назв.**

Проведен аналіз структурно-фазового стану тугоплавкого лома системи «вольфрам-нікель-железо» після довготривалого отжига. Установлено природу і проаналізовано склад включень. Предложено рекомендації к дальшому використанню лома.

**Ключевые слова:** структурно-фазовое состояние, тугоплавкий лом, неметаллические включения, рентгеноспектральные исследования.

The analysis structural-phase state refractory scrap of "tungsten-nickel-iron" after long annealing. The nature and composition of the inclusions analyzed. Recommendations for further use of scrap.

**Keywords:** structure-phase state, refractory scrap, non-metallic inclusions, x-ray studies.

УДК 669.187.001.2

*М. АЛАЛІ*, аспірант, НТУ «ХПІ»;

*Л. В. КРИЧКОВСЬКА*, д-р біол. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

*В. Л. ДУБОНОСОВ*, н.с., НТІ «ГТР», Харків

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ОТРИМАННЯ НАНОСОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ**

В роботі розглянута можливість використання вуглецевих матеріалів в якості каталізаторів і сорбентів. В останні роки приділяється велика увага матеріалам на основі вуглецю. Вироби на їх основі мають високу міцність при малій вазі, стійкі до впливу як високих, так і низьких температур, хімічних агентів, електропровідні, добре сумісні з біологічними тканинами людини.

**Ключові слова:** нанотрубки, сорбенти, каталізатори

**Вступ:** Вуглецеві матеріали знаходять широке застосування в різних галузях науки і техніки. Їх застосовують в аерохімічній, хімічній, нафтохімічній, в металургійній промисловості, в машинобудуванні, в будівництві, у медицині, використовують привирішенні екологічних проблем, як каталізатори, носії каталізаторів і як сорбенти. В останні роки приділяється велика увага матеріалам на основі вуглецю. Вироби на їх основі мають високу міцність при малій вазі, стійкі до впливу як високих, так і низьких температур, хімічних агентів, електропровідні, добре сумісні з біологічними тканинами людини. Вуглецеві матеріали знаходять широке застосування в різних галузях науки і

© М. АЛАЛІ, Л. В. КРИЧКОВСЬКА, В. Л. ДУБОНОСОВ, 2013