

Встановлення закономірностей створення дифузійних покриттів на сплавах та взаємозв'язку між їх складом, будовою і властивостями
Установление закономерностей создания диффузионных покрытий на сплавах и взаимосвязи между их составом, строением и свойствами
Establishing patterns of formation of diffusion coatings on alloys and the relationship between their composition, structure and properties

1, Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті. - 0113U000999, № реєстрації в університеті 2608-ф

2. Науковий керівник д.т.н., проф. Хижняк В.Г., Хижняк В.Г., V. Khizhnyak

3, Суть розробки, основні результати

Показано збільшення триботехнічних характеристик титанових сплавів в умовах тертя без змащування, абразивного зношування, жаростійкості, корозійної стійкості після дифузійного насичення поверхні азотом, вуглецем, киснем, хромом, алюмінієм.

Встановлена можливість інтенсифікації процесів дифузійного насичення за рахунок введення в реакційний простір активаторів, а також попередньою активацією поверхні магнітно-абразивною обробкою, що насичується. Це дозволяє знизити температуру насичення титану та його сплавів до 550-900 °С та зменшити час насичення до 2-3 годин.

Після високотемпературної нітроцементації та азотування зносостійкість титанових сплавів підвищується в (2-8) разів, а коефіцієнт тертя знижується на (15-17) % в порівнянні з необробленими.

Запропонована комбінована обробка титанових сплавів, яка включає попередню активацію поверхні (магнітно-абразивна обробка) з наступною низькотемпературною нітроцементацією (при 550 °С). Це дозволяє підвищити зносостійкість в (2-3) рази, зменшити коефіцієнт тертя на 5-10 %, збільшити опір втомі на 40 %.

Використання попередньої та кінцевої магнітно-абразивної обробки зменшує шорсткість робочих поверхонь та додатково її зміцнює.

Встановлено, що покриття на основі інтерметалідів хрому, алюмінію та титану на титанових сплавах підвищують мікротвердість в (3-4) рази, абразивну зносостійкість в (1,5-1,8) рази, зносостійкість в умовах тертя на (20-40) % жаростійкість до 900 °С впродовж 30 годин та корозійну стійкість в водному розчині 1,5 % $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ в (10-15) разів, в водних розчинах 35 % H_2O_2 та 10 % HOOCSSOON – в 2 рази.

Показана можливість азотування та нітроцементації цирконію, що дозволяє підвищити його поверхневу твердість за рахунок утворення на поверхні нітриду, карбїду, оксидів цирконію та твердого розчину азоту та вуглецю в цирконії.

Показано увеличение триботехнических характеристик титановых сплавов в условиях трения без смазки, абразивного износа, жаростойкости, коррозионной стойкости после диффузионного насыщения поверхности азотом, углеродом, кислородом, хромом, алюминием.

Установлена возможность интенсификации процессов диффузионного насыщения за счет введения в реакционное пространство активаторов, а также предварительной активации поверхности магнитно-абразивной обработкой, которая насыщается. Это позволяет снизить температуру насыщения титана и его сплавов до 550-900 °С и уменьшить время насыщения до 2-3 часов.

После высокотемпературной нитроцементации и азотирования износостойкость титановых сплавов повышается в (2-8) раз, а коэффициент трения снижается на (15-17)% по сравнению с необработанными.

Предложенная комбинированная обработка титановых сплавов, которая включает предварительную активацию поверхности (магнитно-абразивная обработка) с последующей низкотемпературной нитроцементации (при 550 ° C). Это позволяет повысить износостойкость в (2-3) раза, уменьшить коэффициент трения на 5-10%, увеличить сопротивление усталости на 40%.

Использование предварительной и конечной магнитно-абразивной обработки уменьшает шероховатость рабочих поверхностей и дополнительно ее укрепляет.

Установлено, что покрытие на основе интерметаллидов хрома, алюминия и титана на титановых сплавах повышают микротвердость в (3-4) раза, абразивную износостойкость в (1,5-1,8) раза, износостойкость в условиях трения на (20-40)% жаростойкость до 900 °C в течение 30 часов и коррозионную стойкость в водном растворе 1,5% $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ в (10-15) раз, в водных растворах 35% H_2O_2 и 10% HOOCCOOH - в 2 раза.

Показана возможность азотирования и нитроцементации циркония, позволяет повысить его поверхностную твердость за счет образования на поверхности нитрида, карбида, оксидов циркония и твердого раствора азота и углерода в цирконии.

Showing an increase tribotechnical characteristics of titanium alloys in terms of friction without lubrication, abrasion wear, heat resistance, corrosion resistance the surface after diffusion saturation with nitrogen, carbon, oxygen, chromium, aluminum.

The possibility of intensification of diffusion saturation by introducing into the reaction space activators and activation of surfaces prior Magneto-abrasive treatment that is saturated. This reduces the saturation temperature of titanium and its alloys to 550-900 0C saturation and reduce time to 2-3 hours.

After vysotemperaturnoyi nitrotsementatsiyi nitriding and wear resistance of titanium alloys increases (2-8) times, and the coefficient of friction is reduced by (15-17)% compared to untreated.

A combined treatment of titanium alloys comprising pre-activated surface (magnetic-abrasive treatment) followed nitrotsementatsiyeyu low temperature (550 ° C while). This allows you to increase the wear resistance (2-3) times, reduce friction by 5-10%, increase fatigue resistance by 40%.

Using preliminary and final magnetic abrasive treatment reduces the roughness of working surfaces and further strengthens it.

Established that coatings based on intermetallic chromium, aluminum, titanium and titanium alloys to increase in microhardness (3-4) times, abrasive wear resistance (1.5-1.8) times, wear resistance under friction on the (20-40)% heat resistance up to 900 0 C for 30 hours and corrosion resistance in aqueous solution 1.5% $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{SOON}$ in (10-15) times, in aqueous 35% H_2O_2 and 10% HOOCCOOH - 2 times.

The possibility of nitriding and nitrotsementatsiyi zirconium, allowing it to increase the surface hardness due to the formation on the surface of nitrides, carbides, oxides and zirconium solid solution of nitrogen and carbon in zirconium.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

- 1 Хижняк В.Г., Бобіна М.М., Соловар О.М., Заболотна О., Заболотний І. Патент на корисну модель; Назва об'єкту ІВ - Спосіб нанесення дифузійних покриттів; Назва охоронного документу - Патент на корисну модель; № UA 94907 U дата 10.12.2014
- 2 Хижняк В.Г., Бобіна М.М., Соловар О.М. Заболотна О., Заболотний І. корисна модель; Назва об'єкту ІВ - Патент; Назва охоронного документу - Спосіб азотування титанових сплавів в атмосфері технічного азоту; № 74754 дата 12.11.2013
- 3 Хижняк В.Г., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В. та ін. корисна модель; Назва об'єкту ІВ - Патент; Назва охоронного документу - Спосіб азотування титанових сплавів з активацією процесу; № 78513 дата 25.03.2013
- 4 Хижняк В.Г., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В. та ін. корисна модель; Назва об'єкту ІВ -

Патент; Назва охоронного документу - Спосіб поверхневого комплексного зміцнення титанових сплавів; № 78509 дата 25.03.2013

- 5 Смокович І.Я.; Лоскутова Т.В.; Хижняк В.Г.; Бобіна М. М.; Броннікова В. А.; Цимбалюк В.М. Патент на корисну модель № 94907 10.12.2014, бюл. № 23
- 6 Аршук М.В., Хижняк В.Г., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В., Курдибайло Р.А., Кучеренко П.М. Спосіб нанесення дифузійних покриттів Патент України на корисну модель № 81813 від 10.07.2013 р.
- 7 Аршук М.В., Хижняк В.Г., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В., Калашніков Г.Ю., Булигін І.О. Спосіб нанесення дифузійних покриттів Патент України на корисну модель № 81814 від 10.07.2013 р.

5. Порівняння зі світовими аналогами

Нанесення покриттів зазначених типів дозволяє підвищити твердість, міцність, зносостійкість, жаростійкість, жароміцність, задиростійкість, корозійну стійкість робочої поверхні, знизити коефіцієнт тертя, збільшивши працездатність деталей в 1,5 –8,0 разів у порівнянні із серійними. Науково технічний рівень роботи відповідає або перевищує світовий, аналогічних розробок в майже немає.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).

Усі розроблені процеси прості з технологічної точки зору, не вимагають застосування дефіцитних матеріалів і спеціального дорогого устаткування, економічно доцільні (термін окупності витрат при впровадженні пропонувані процесів підприємстві залежить від необхідності адаптування їх до конкретного виробництва).

7. Потенційні користувачі

Авіабудування, моторобудування, суднобудування, приладобудування, енергетика, хімічна, фармацевтична, харчова галузі промисловості.

8. Стан готовності розробки

Проведені лабораторні випробування

9. Існуючі результати впровадження.

10. Форма участі інвестора (яка краща форма участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті%, частка від прибутку%, інше)

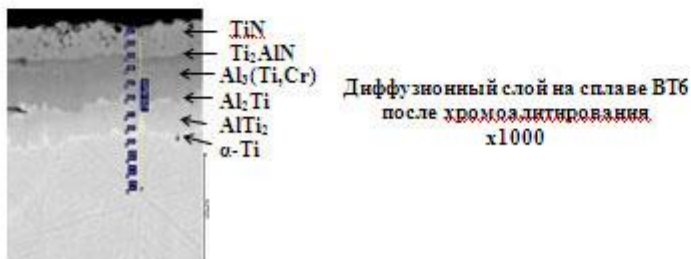
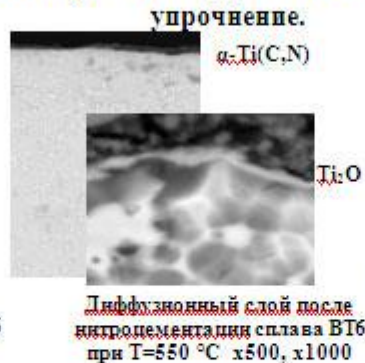
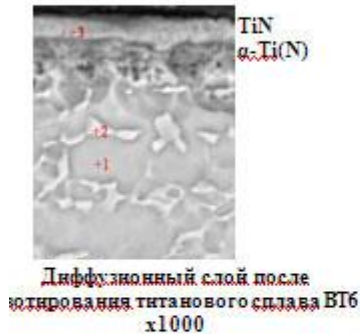
11. Обсяг інвестицій (необхідна для результатів проекту сума інвестицій в доларах США).

12. Мета інвестицій (розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше).

13. Назва підрозділу, телефон (044)454-9545, e-mail.marina351@rambler.ru

14. Фото або декілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (рекламного характеру). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.

Разработаны комплексные технологии азотирования, оксикарбонитрида, хромоалитирования титановых сплавов, позволяющие повысить их износостойкость в 3-20 раз, усталостную прочность на 40-60%, предотвратить схватывание при трении, а также повысить рабочие температуры до (850-900)⁰ С. Применение предварительной и окончательной магнитно-абразивной обработки позволяет получить высокую чистоту рабочих поверхностей и дополнительное их упрочнение.



Научный руководитель работ
проф. каф. металловедения и термической
обработки
д.т.н. Виктор Гаврилович Хижняк
Тел. (044)454-9545

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомї монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).

Монографія **Хижняк В.Г.** Ультрадисперсні дифузійні карбонітридні покриття на сталях та твердих сплавах / Хижняк В.Г., Х арченко Н.А., Сигова В.І. Суми: 2013. – 112 с.

Статті

- 1 I.Smokovich, HEAT RESISTENCE JF VT6 ALLOE WITH AND WITHOUT ALUMINUM-CHROMIUM DIFFUSION COATINGS AT 500, 700, AND 900⁰C / I.Smokovich, T.Loskutova, V.Khizhnyak -Powder Metallurgy and Metal Ceramics – 2014. – 1/2 (495). – P. 48-56 http://www.materials.kiev.ua/science/edition_view.jspid
- 23 В.Г. Хижняк, М.М. Бобіна, О.М. Соловар Зносостійкі покриття на основі азоту та вуглецю на титановому сплаві VT6./ Проблеми тертя та зношування: Наук.-тех. зб. - К. 2015- №2(67), с.28-34 РИНЦ, EBSCO, WordCat, Google Scholar jrn1.nau.edu.ua
- 3 Хижняк В.Г. Диффузионные покрытия с участием хрома и алюминия на стали 12X18H10T с барьерным слоем нитрида титана/ Хижняк В.Г., Аршук М.В. // Известия высших учебных заведений Черная металлургия М.: МИСИС, 2013. – № 3. – С. 69 – 70 <http://fermet.misis.ru/index.php/jour>
- 4 Хижняк В.Г. Диффузионное титаноалюмосилицирование стали 12X18H10T в порошках при пониженном давлении / Хижняк В.Г., Аршук М.В., Дацюк О.Э. // Известия высших учебных заведений Черная металлургия М.: МИСИС, 2014. – № 7. – С. 67-69./Scopus. ISI, Scopus, РИНЦ <http://fermet.misis.ru/index.php/jour>
- 5 Хижняк В.Г. Будова та абразивна зносостійкість азототитаноалітованих сталей та твердого сплаву ВК8 / Хижняк В.Г., Аршук М.В., Хижняк О.В., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В. // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журнал / К.: НАУ, 2014. – №. 4(65). – С. 60-67. РИНЦ, EBSCO, WordCat, Google Scholar jrn1.nau.edu.ua
- 6 А.Б. Бобин Поверхностное упрочнение многогранных неперетачиваемых

твердосплавних пластин / Бобин А.Б., М.Н. Бобина, В.Г. Хижняк, М.В. Аршук / Проблеми тертя та зношування: наук.–техн. журнал / К.: НАУ, 2015. – №. 1(66). – С. 102-108 РИНЦ, EBSCO, WordCat, Google Scholar jrn1.nau.edu.ua

- 7 Аршук М.В. Титаноалюминидные покрытия на стали 12Х18Н10Т с барьерным слоем нитрида титана / Аршук М.В., Микитчик А.В., Хижняк В.Г., Карпец М.В.// Современная электрометаллургия, К.: МА «Сварка», 2013, - №2 (103). – С.50-55 Google Scholar. ISI, Scopus, РИНЦ <http://patonpublishinghouse.com/rus/journals/sem>
- 8 Хижняк О.В. Дифузійні багатошарові покриття карбідів, нітридів перехідних металів на твердому сплаві ВК6// Хижняк О.В., Калащніков Г.Ю., Хижняк В.Г., Штойка В.Ю., Побережний Д.А./ Проблеми тертя та зношування: наук.–техн. журнал / К.: НАУ, 2015. – №. 3(68). – С. 78-85 РИНЦ, EBSCO, WordCat, Google Scholar jrn1.nau.edu.ua

Дисертації

- 1 **Аршук М.В.** «Титаноалітовані та хромоалітовані покриття з бар'єрним шаром нітриду титану на сталі 12Х18Н10Т» захистила 11 листопада 2014 року кандидатську дисертацію. Диплом кандидата технічних наук № 026410 від 26 лютого 2015 року. Науковий керівник **Хижняк В.Г.**
- 2 **Смокович І.Я.** «Підвищення властивостей титанового сплаву ВТ6 нанесенням дифузійних покриттів на основі алюмінію та хрому» захист кандидатської дисертації 30 червня 2015 року. Науковий керівник **Лоскутова Т.В.**

16. Ключові слова до розробки

ТИТАНОВІ СПЛАВИ, ПОКРИТТЯ, МІКРОСТРУКТУРА, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ФАЗОВИЙ СКЛАД, ДИФУЗИЯ, ВУГЛЕЦЬ, АЗОТ, ХРОМ, АЛЮМІНІЙ, ВЛАСТИВОСТІ, МІКРОТВЕРДІСТЬ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ВТОМНА МІЦНІСТЬ, ЖАРОСТІЙКІСТЬ, КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ

Аршук Марина Віталіївна, НТУУ "КПІ" ІФФ, кафедра металознавства та термічної обробки, корпус № 9, кім. 306, тел. (093)767-52-32