

УДК 669/055

КОЛЕСНИКОВ Валерій

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри технологій виробництва
і професійної освіти
ДЗ «Луганський національний
університет імені Тараса Шевченка»,
м. Старобільськ, Україна
kolesnikov197612@gmail.com*

МЕТАЛОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ NI-CO СПЛАВІВ NiCo15Cr9W6Al5Mo4 (EP-741HP)

В енергетичній галузі використовується широкий спектр сталей та сплавів. Наприклад, для виготовлення жароміцних виробів відповідального призначення використовують сплави: EP741HP, EP742 (інші позначення: EP741HP, XH51KBMTЮБ, NiCo15Cr9W6Al5Mo4, EP742, XH62BMKTЮ).

Раніше досліджено спечені гранульовані Ni-Co сплави типу EP-741HP, які мають наступний хімічний склад (мас., %): Ni 55,58; Cr 9,23; Fe 0,057; Mo 3,82; Ti 1,6; Al 5,3; Nb 2,63; Mn 0,5; Si 0,46; S 0,09; P 0,015; Co 15,2; W 5,91; C 0,06; Hf 0,40; Y 0,072; B 0,015; Cu 0,49; Mg 0,02 [1].

На зразках з цих сплавів досліджено на тріщиностійкість ненаводнених та наводнених (за високих тисків і температур) зразків на спеціальному обладнанні. Дослідження на циклічну тріщиностійкість та довговічність проводили на експериментальному обладнанні за умов чистого згину зразків із частотою 1 Hz за синусоїдальної форми циклу навантаження ($R = 0,8$). За циклічного навантаження визначено параметри рівняння Періса (c та n), що описують лінійну ділянку кінетичної діаграми (стабільного підростання тріщини втомі) за різних режимів наводнювання та вмісту залишкового водню. Зазначені залежності використано для консервативної оцінки середніх значень параметрів тріщиностійкості.

Мікроструктуру сплавів досліджено за допомогою мікроскопів: ЛОМО ЕС МЕТАМ ПБ-21, Zeiss Stemi 2000 – C Stereo Microscopes й цифрових камер SIGETA: Industrial color digital camera UCMOS 1300, 1.3 MP, та International color vigital camera MCMOS 5100 5.1 MP.

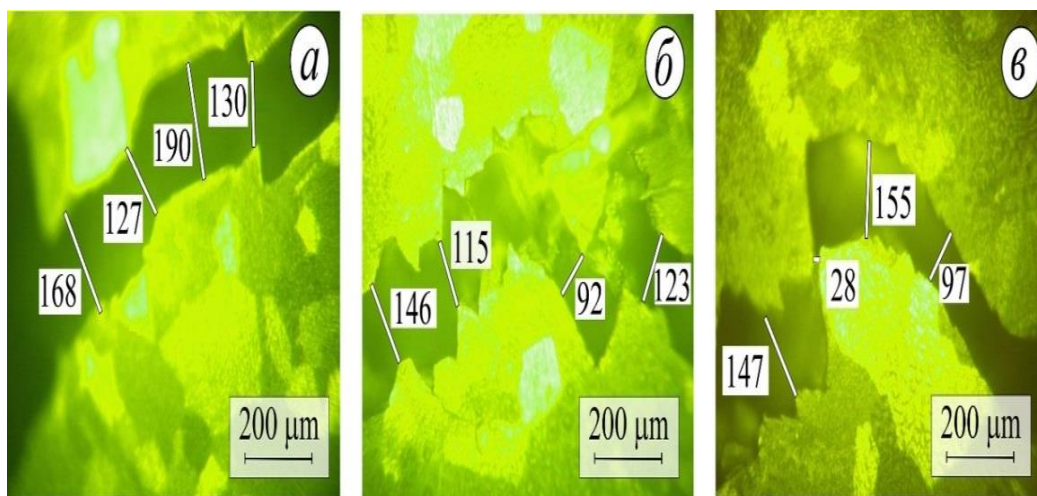
Кількісну оцінку фазового складу мікроструктури сплавів та розміри стружки й пошкоджень на поверхнях різання проводили за допомогою комп'ютерної обробки зображень мікроструктури (програмний комплекс TOUP VIEW 3.7), що дає можливість прецизійніше проводити кількісну оцінку фазового складу сплаву в порівнянні з традиційними методами.

Мікроструктуру Ni-Co сплавів досліджено за допомогою травлення поверхні шліфів реактивом Марбле ($\text{CuSO}_4 - 4 \text{ g}$, $\text{HCl} - 20 \text{ ml}$, вода – 20 ml) за режимом: 1) травлення 10...15 секунд; 2) промивка водою; 3) сушка гарячим повітрям.

Для виявлення γ' - фази і евтектики ($\gamma+\gamma'$) використовувався реактив $\text{CuSO}_4 - 20 \text{ g}$, $\text{H}_2\text{SO}_4 - 5 \text{ ml}$, решта - H_2O , густина струму - 500 A/m^2 . Для виявлення карбідів використовувався реактив: $\text{NaF} - 30 \text{ g}$, $\text{HCl} - 100 \text{ ml}$, лимонна кислота – 100 g , $\text{H}_2\text{O} - 1000 \text{ ml}$, густина струму 200 A/m^2 . Ідентифікацію σ -, μ - фаз, карбідів типу M_{23}C_6 , M_6C , що мають пластинчасту або голчасту морфологію проведено кольоровим травленням за допомогою реактиву: червона кров'яна сіль – 10 g , $\text{NaOH} - 10 \text{ g}$, $\text{H}_2\text{O} - 100 \text{ ml}$, щільність струму 500 A/m^2 .

Результати експериментальних досліджень проаналізовано, систематизовано, оброблено методами математичної статистики та подано у вигляді таблиць, графіків або діаграм. Статистичну обробку результатів виконували з використанням програм Excel та Origin. При значній кількості змінних використано сучасні методи планування експериментальних досліджень.

Мікроструктура сплавів ЕП 741 НІ складається з $\gamma+\gamma'$ - фаз та карбідів. На рисунку 1 наведено фрагменти тріщини, що проходить скрізь структурні складові досліджуваних сплавів.



**Рисунок 1 – Розповсюдження тріщини в сплаві ЕП-741НІ:
 початок тріщини – а; відстань між берегами тріщини – б;
 гальмування тріщини біля інтерметалідного включення – в.**

Структурною особливістю сплаву ЕП-741 базового складу ЕП-741П (ХСІ) є наявність границь вихідних порошків, які не проростали через рекристалізовані зерна.

Це обумовлено, головним чином, частинками карбідів, які унаслідок виділення на поверхнях гранул порошків перешкоджають повній консолідації матеріалу. У новому варіанті сплаву ЕП-741НП (ХСІІ) збільшено вміст карбідоутворюючих елементів, а концентрацію вуглецю зменшено до 0,03 ваг. %. Принциповою є добавка Hf (гафнію), який, по-перше, утворює стабільні карбіди типу MeC, що дозволяє прибрати карбідні сітки із границь вихідних порошків, а по-друге, підвищує енергію когезії когерентних γ та γ' фаз. Сплав ЕП-741НП додатково легований міддю, яка підвищує водневутривкість жароміцних нікелевих сплавів. На зразках зі сплаву ЕП741НП на межах зерен карбіду виявлено і двійники зерен, а також виділення γ фази всередині зерен. Жароміцні сплави на нікелевій основі ЕП 741П мають різний фракційний склад частинок сферичної форми розмірами від 40 до 400 μm .

Також на зразках з цих сплавів проведено дослідження механічної оброблюваності й пошкоджуваності нікель-кобальтових та інших сплавів за умов зміни додавання різних охолоджуваних рідин та умов обробки [2 - 5].

Список використаної літератури

1. **Балицький О. І., Барна Р. А., Іваськевич Л. М., Колесніков В. О.** Трещиностійкість та довговічність нікель-кобальтових сплавів у водні // *Матеріали 6-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій»*. Львів: КІНПАТРИ ЛТД. 2018. С. 24-26.
2. **Колесніков В. О.** Дослідження механічної оброблюваності та пошкоджуваності Ni-Co сплавів // *Матеріали 6-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій»*. Львів: КІНПАТРИ ЛТД. 2018. С. 44-46.
3. **Balyts'kyi O. I., Kolesnikov V. O., Havrylyuk M. R.** Influence of Lubricating Liquid on the Formation of the Products of Cutting of 38KhN3MFA Steel // *Materials Science*. 2019. Vol. 54. N 5. P. 722-727. Translated from *Fyzyko-Khimichna Mekhanika Materialiv*, Vol. 54, No. 5, pp. 103-107, September–October, 2018.
4. **Balyts'kyi O. I., Kolesnikov V. O., Havrylyuk M. R.** Influence of modification of 38KhN3MFA steel on the structural-phase state and cutting products under variable technological conditions // *Materials Science (Springer)*. 2020. Vol.55, N 6. P. 915-920.
5. **Balitskii O. A., Kolesnikov V. O., Balitskii A. I., Elias J. J., Havrylyuk M. R.** Hydrogen effect on the high-nickel surface steel properties during machining and wear with lubricants, *Archives of Materials Science and Engineering* 104/2 (2020) 49-57. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.4894>.



СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

**МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**



14 - 15 квітня 2020 р.
м. Старобільськ,
Україна

Міністерство освіти і науки України,
ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»
Наукова рада Національної академії наук України з проблеми
«Фізико-хімічна механіка матеріалів»
Морська академія в Щеціні, м. Щецін, Республіка Польща
Західнопоморський технологічний університет у Щеціні,
м. Щецін, Республіка Польща
Республіканський інститут професійної освіти,
м. Мінськ, Республіка Білорусь
Південно-Казахстанський університет
імені м. Ауєзова, Шимкент, Казахстан
Інститут професійно-технічної освіти НАПН України
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний педагогічний університет ім. М. П. Драгоманова
Хмельницький національний університет
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка
Національний університет харчових технологій
Харківський державний університет харчування та торгівлі
ДНЗ «Луганський центр професійно-технічної освіти
державної служби зайнятості»

**СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ,
ПЕРСПЕКТИВИ
МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
(14-15 квітня 2021 р., м. Старобільськ)**

*Конференція присвячена 100 річчю від часу заснування
Державного Закладу «Луганський національний
університет імені Тараса Шевченка»*



**м. Старобільськ
Україна
2021**

УДК 37:082.2(06)

С89

Сучасна наука та освіта: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Старобільськ, 14-15 квітня 2021 року). Старобільськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2021. 222 с.

Програмний комітет:

САВЧЕНКО Сергій, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

КУРИЛО Віталій, доктор педагогічних наук, професор, академік Національної академії педагогічних наук України, перший проректор ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

ПУШКАРЬОВА Тамара, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України, начальник відділу проєктної діяльності ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» Міністерства освіти і науки України, м. Київ, Україна

ОРЛОВ Валерій, доктор педагогічних наук, професор, головний науковий співробітник лабораторії професійної кар'єри Інституту ПТО НАПН України, м. Київ, Україна

БАЛИЩЬКИЙ Олександр, доктор технічних наук, професор, провідний співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна

ХМЕЛЬ Ярослав, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологічних процесів Морської Академії в Щеціні, м. Щецін, Республіка Польща

АБРАМЕК Кароль, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри експлуатації автомобілів Західнопоморського технологічного університету в Щеціні, м. Щецін, Республіка Польща

КІЛЬДЕРОВ Дмитро, доктор педагогічних наук, професор, декан інженерно-педагогічного факультету Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова

КУРОК Віра, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України, Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, м. Глухів, Україна

АНДРОЩУК Ігор, доктор педагогічних наук, професор, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

СТЕШЕНКО Володимир, доктор педагогічних наук, професор, ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет», м. Слов'янськ, Україна

Організаційний комітет:

ВАХОВСЬКИЙ Леонід, доктор педагогічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

ДРЕЛЬ Віктор, кандидат біологічних наук, доцент, директор навчально-наукового інституту торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

КОЛЕСНИКОВ Валерій, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», науковий співробітник відділу «Міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах» Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України м. Львів, Україна

КРАМАРЕНКО Дмитро, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

БУРДУН Віктор, кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

МОРОЗОВА Марія, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри товарознавства, торговельного підприємництва та експертизи товарів ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

БЕСЕДА Олександр, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

У матеріалах конференції розглядається наукове обґрунтування проблемних питань сучасної освіти та розвитку науки в умовах цивілізаційних змін та соціально-економічної транс-формації; аспекти налагодження міжнародної співпраці та обмін досвідом, науковими ідеями в галузях освіти, науки, харчових технологій, готельно-ресторанної справи, автомобільного транспорту та прикладного матеріалознавства, сучасних агротехнологій, торгівлі, торговельного підприємництва та експертизи товарів.

Рекомендовано до друку Вченою радою ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка» (протокол № 9, від 28 травня 2021 р.).

Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів, за виклад, зміст і достовірність яких відповідальні автори.

Розповсюдження та тиражування без офіційного дозволу Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» заборонено.

КАЛАШНИК Андрій, ЄЛЬБАКІЄВ Дмитро, ГРИГОРЕНКО Денис ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ, ВИДАЛЕННЯ, ЗАМІНИ ТА РЕМОНТИ КУЗОВНИХ ДЕТАЛЕЙ	134
КОЛЕСНИКОВ Валерій МЕТАЛОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ NI-CO СПЛАВІВ NiCo15Cr9W6Al5Mo4 (EP-741HP)	137
КОЛЕСНИКОВ Валерій, ГАВРИЛЮК Марія, БАЛИЦЬКИЙ Олександр ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОДУКТІВ РІЗАННЯ ТА ЗНОШУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ ЗАСАД	140
РЕВЯКІНА Ольга СИНТЕЗ ГЕОМЕТРІЇ ЗУБЦІВ АРОЧНИХ ПЕРЕДАЧ ПРИ ЗМІЩЕНІ ВИХІДНОГО КОНТУРА	143
ПРОНІН Олександр, КАЛАШНИК Андрій, КОЛЕСНИКОВ Валерій ПРИКЛАД ВИРІШЕННЯ ОДНІЄЇ З ПРИКЛАДНИХ МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ ПРОБЛЕМ В ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННІ	147
ПРОНІН Олександр, МІЛЮТІН Євгеній, НІЧИК Сергій НОВА ПЛАТФОРМА E-GMP ВІД HYUNDAI MOTOR GROUP ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ	149
ХМЕЛЬ Ярослав, БАЛИЦЬКИЙ Олександр, КОЛЕСНИКОВ Валерій ДЕЯКІ МАТЕРІАЛОЗНАВЧІ ПІДХОДИ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОДУКТІВ ЗНОШУВАННЯ ПІСЛЯ НАВОДНЕННЯ	152
ЧМИР Віктор ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ФОРМ ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ	154
6. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ АГРАРНОГО, ПЕРЕРОБНОГО ТА ХАРЧОВОГО ВИРОБНИЦТВА	
ГІРЕНКО Наталія АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ФАРШЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ДОБАВКАМИ ГІДРОБІОНТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ	157

Наукове видання

**СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ,
ПЕРСПЕКТИВИ**

**МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
(14-15 квітня 2021 р., м. Старобільськ)**

*Конференція присвячена 100 річчю від часу заснування
Державного Закладу «Луганський національний
університет імені Тараса Шевченка»*

Відповідальні за випуск:

канд. пед. наук Морозова М.М.

Оригінал макет:

канд. пед. наук Морозова М.М.

*Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів, за
виклад, зміст і достовірність яких відповідальні автори.*

Здано до склад 31.05.2021 р. Підп. до друку 31.05.2021 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офсет. Гарнітура Times New Roman.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 9,2. Наклад 100 прим. Зам. № 13/05.

Видавець:

Видавництво Державного закладу
«Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»
пл. Гоголя, 1, м. Старобільськ, Луганська область, 92703
тел: 095-620-10-20; e-mail: luguniv.info.edu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3459 від 09.04.2009.

Виготівник:

ФОП Пронькіна Катерина Володимирівна
вул. Гушенка, 14, м. Лисичанськ, Луганська обл., 93113
тел.: +38(095) 330-44-20, +38(067)458-63-15

Колесніков Валерій Олександрович

доцент, к.т.н.

кафедри технологій виробництва і професійної освіти

Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму

Kolesnikov Valerii Olexandrovich

Associate Professor, Ph.D.

Department of Production Technologies and Professional Education

Educational and Scientific Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism

Колесніков Валерій Олександрович

науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України

Kolesnikov Valerii Olexandrovich,

researcher, Ph.D.

Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments

Колесніков В.О. Металографічні дослідження Ni-Co сплавів

NiCO15CR9W6AL5MO4 (ЕП-741НП) // Сучасна наука та освіта: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Старобільськ, 14-15 квітня 2021 року). Старобільськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2021. С. 137 – 139. ISBN 978-617-95067-7-2.