



Всеукраїнська громадська організація  
Асоціація технологів-машинобудівників України  
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля  
НАН України  
Академія технологічних наук України  
ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК»  
Суспільство інженерів-механіків НТУ України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Український державний університет залізничного транспорту  
ПАТ «Ільницький завод МЗО»  
Машинобудівний факультет Белградського університету

# **ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ТА РЕНОВАЦІЯ ВИРОБІВ**

**Матеріали 23-ї Міжнародної  
науково-технічної конференції**

*20–22 червня 2023 р.*

Київ – 2023

**Інженерія поверхні та реновація виробів:** Матеріали 23-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 20–22 червня 2023 р. – Київ: АТМ України, 2023. – 99 с.

### **Наукові напрямки конференції**

- Наукові основи інженерії поверхні:
  - матеріалознавство
  - фізико-хімічна механіка матеріалів
  - фізико-хімія контактної взаємодії
  - зносо- та корозійна стійкість, міцність поверхневого шару
  - функціональні покриття поверхні
  - технологічне управління якістю деталей машин
  - питання трибології в машинобудуванні
- Технологія ремонту машин, відновлення і зміцнення деталей
- Впровадження стандартів ДСТУ ISO 9001 у промисловості, вищих навчальних закладах, медичних установах і органах державної влади
- Метрологічне забезпечення ремонтного виробництва
- Екологія ремонтно-відновлювальних робіт

**Матеріали представлені в авторській редакції**

© АТМ України,  
2023 р.

деформації зразків. Далі відбувається перехідний процес, який має характер швидко затухаючих коливань системи.

**Таблиця 1 – Характеристики кінетики процесу стрибкоподібної деформації металів**

Матеріал	$\varepsilon_D$	$\dot{\varepsilon}_D, \text{c}^{-1}$	$\ddot{\varepsilon}_D, \text{c}^{-2}$	$\tau_D, \text{мс}$	$P_{in}, \text{Н}$
03Х20Н16АГ6	0,0164	18,6	5000	15,4	2100
АМг5	0,0383	3,8	1000	16,8	420

Показано, що швидкості стрибкоподібної деформації, її прискорення і супутні динамічні навантаження досягають вельми великих величин, а тривалість стрибка визначається головним чином характеристиками системи навантаження.

### **Література**

1. Vorob'ev, E.V. Numerical analysis of the deformation instability of metals in liquid helium / E.V. Vorob'ev, T.V. Anpilogova // *Comp. Mat. Sci.* – 2013. – vol. 68. – P. 66–72.

*Волошин Д.І., Лемеш Р.С., Кушніренко І.В.*  
Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОХРОМИСТИХ ЧАВУНІВ ЯК ЗНОСОСТІЙКОГО МАТЕРІАЛУ**

Високохромистий чавун широко застосовується в техніці як зносостійкий матеріал. В Україні хромисті сплави 12–18% хрому і 1,0–4,3% вуглецю застосовують у різних галузях промисловості. Структура таких сплавів складається з голчастої або пластинчастої матриці та карбідів. Сплави вирізняються зниженою пластичністю. Впливати на їхню структуру і властивості можна шляхом модифікування, легування і термічної обробки.

У цій роботі були проведені дослідження, спрямовані на розробку складу високохромистих чавунів, що застосовуються як робочий шар двошарових валків чистових клітей сортових станів і лопаток дробометних апаратів.

Матеріал прокатних валків і лопаток дробометних апаратів крім високих контактних навантажень, піддається циклічним тепловим навантаженням. У цих умовах зносостійкість, термічна витривалість і механічні характеристики хромистих чавунів визначаються цілою низкою чинників: фазовим складом чавуну, його структурою, співвідношенням різних фаз у структурі, розмірами, формою і розподілом фазових структурних елементів. Властивості сплавів системи Fe-Cr-C обумовлюються особливостями впливу хрому як легуючого елемента: необмеженим розчиненням хрому в  $\alpha$ -Fe до 12%  $\gamma$ -Fe і утворенням карбідів.

Раніше проведеними дослідженнями показано можливість формування під час кристалізації високохромистих чавунів евтектики – аустеніт + карбіди  $(Cr,Fe)_7C_3$ ,  $(Cr,Fe)_{23}C_6$ .

У даній роботі досліджували особливості структуроутворення і властивостей високохромистих чавунів у литому стані та після різних режимів термічної обробки. Чавуни містили (у %): C – 2,5–3,5; Si – 0,3–1,5; Mn – 0,5–1,5; Cr – 10–25; Ni – 0,4–1,0; Ti – 0,1–0,2; Cu – 0,8–5,0; S і P – 0,03–0,06; Fe – решта.

Для робочого шару двошарових валків сортових станів у результаті проведених комплексних досліджень запропоновано чавуни з високим вмістом міді до 0,5%; хрому від 10 до 21% і нікелю 1%. При цьому такі сплави мали вищі показники міцності на вигін і стиск ( $\sigma_b = 860$ – $1098$  МПа;  $\sigma_{ст} = 1900$ – $2500$  МПа), а також непогану оброблюваність. Ці високохромисті чавуни мали хороші властивості в литому стані і не вимагали термічної обробки.

Вищенаведені склади високохромистих чавунів були використані при виробництві лопаток дробометних апаратів. З цією метою в лопатки серійного виробництва ввели додаткову кількість вуглецю, міді, нікелю і хрому. Було запропоновано режим термічної обробки з метою отримання більш високої твердості: нагрівання до  $1000$  °С, охолодження на повітрі, відпустка при  $250$  °С. У досліджуваних чавунах кількість карбідної фази змінювалася від 23,4 до 32,04% і ступінь евтектичності  $S_e = 0,764$ – $0,98\%$ .

У литому стані всі сплави мали майже повністю аустенітну структуру, твердість основи 50–53 HRC, після термічної обробки – 57–60 HRC.

Спостерігалася загальна тенденція – у міру збільшення кількості карбідної фази експлуатаційна стійкість лопаток збільшується,

більшу експлуатаційну стійкість мають лопатки, виготовлені з чавунів зі ступенем евтектичності  $\approx 1$ .

На підставі результатів досліджень запропоновано склад чавуну, який має експлуатаційну стійкість (у %): C – 2,5–3,5; Si – 0,6–1,0; Cr – 20–30; Ni – 0,2–0,4; Cu – 0,8–1,0; Ti – 0,1–0,2; Fe – решта.

Вартість лопаток, виготовлених за розробленою технологією, у 2,5 рази нижча, ніж лопаток, виготовлених за традиційною технологією, експлуатація вища майже в 4 рази.

*Волошина Л.В., Гарбуз О.С., Щербина О.О.*  
Український державний університет залізничного  
транспорту, Харків, Україна

## **ДО ПИТАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ВИРОБАХ ІЗ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ**

Умови роботи вузлів тертя визначають низку вимог до їх матеріалу: висока міцність за достатнього запасу пластичності, підвищена зносостійкість і хороше припрацювання.

У машинобудуванні для деталей подібних вузлів широко застосовують сірий чавун з пластинчастим графітом і високоміцний чавун з графітом кулястої форми. Однак за тривалої експлуатації чавунні деталі не виробляють свого ресурсу через відмови за рахунок прискореного зносу поверхні, що здебільшого спричиняється утворенням вузлів схоплювання.

Для забезпечення надійної безвідмовної роботи чавунних деталей, що працюють в умовах тертя і зношування, необхідно на поверхні отримати такий шар, який одночасно забезпечував би хороше і швидке припрацювання, низький коефіцієнт тертя і малий знос, мав здатність утримувати масляну плівку і протистояти задиру та схоплюванню.

Усім цим вимогам може задовольняти багатофазний поверхневий шар, у якому присутні як тверді фази, що сприймають високі тиски, так і м'які складові, що сприяють поліпшенню антифрикційних властивостей чавуну. Водночас для гарного видалення продуктів зносу матеріал поверхневого шару повинен бути відносно крихким.

## ЗМІСТ

<i>Аврамчук С.К., Волкогон В.М.</i> ТЕНДЕНЦІЇ ТА НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО СТВОРЕННЮ ЛЕГКИХ БРОНЬОВИХ МАТЕРІАЛІВ	3
<i>Анісімов В.М., Анісімов В.В.</i> ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКОЇ ПОВЕРХНІ ЛІНІЙНИХ БЛОК-КОПОЛІУРЕТАНІВ ПРИ ТЕРТІ В УМОВАХ РІДИННОГО СЕРЕДОВИЩА	7
<i>Антілогова Т.В.</i> ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ СТРИБКА ДЕФОРМАЦІЇ І ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА РЕАЛІЗАЦІЇ ЯВИЩА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЕРЕРИВЧАСТОЇ ПЛИННОСТІ МЕТАЛІВ	10
<i>Волошин Д.І., Лемеш Р.С., Кушніренко І.В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОХРОМИСТИХ ЧАВУНІВ ЯК ЗНОСОСТІЙКОГО МАТЕРІАЛУ	12
<i>Волошина Л.В., Гарбуз О.С., Щербина О.О.</i> ДО ПИТАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ВИРОБАХ ІЗ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ	14
<i>Воробйов Є.В.</i> ВНУТРІШНІЙ ТИСК ЗА ОХОЛОДЖЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ СУДИНИ ЯК ЗАСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ В УМОВАХ ДВОВІСНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ І КРІОГЕННИХ ТЕМПЕРАТУР	16
<i>Гришкевич О.Д., Гринюк С.І., Гришин В.С., Анісімов В.М.</i> ІОННО-ПЛАЗМОВЕ ЗМІЦНЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ПАР ТЕРТЯ	18
<i>Девін Л.М., Ричев С.В., Нечипоренко В.М., Грязев О.В., Скрипник А.А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ОСЬОВОЇ СИЛИ ТА ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ПРИ ФОРМУВАННІ ОТВОРУ СВЕРДЛОМ ФОРСТНЕРА	21
<i>Дмитриченко М.Ф., Богданов І.М.</i> АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	24
<i>Клименко С.А., Копеїкіна М.Ю.</i> ОБРОБКА РІЗАННЯМ ДЕТАЛЕЙ ІЗ НАПЛАВЛЕНИМИ ТА НАПИЛЕНИМИ ПОКРИТТЯМИ	28