

---

**Секція 3.  
КОНСТРУКЦІЯ МЕХАНІЗМІВ, МАШИН ТА КОНСТРУКЦІЙНІ  
МАТЕРІАЛИ**

УДК 621.785.53:669.131.7

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ**

**Лалазарова Наталія Олексіївна**, канд. техн. наук, доцент кафедри ТМтаМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [lalaz1932@gmail.com](mailto:lalaz1932@gmail.com), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2138-9081>

**Литовка Денис Євгенійович**, магістр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [litovkad134@gmail.com](mailto:litovkad134@gmail.com)

**Афанасьєва Ольга Валентинівна**, канд. техн. наук, доцент кафедри фізичних основ електронної техніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, e-mail: [7584839@ukr.net](mailto:7584839@ukr.net), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7852-7385>

Високоміцний чавун з кулястим графітом (ВЧКГ) характеризується високим рівнем експлуатаційних властивостей і з успіхом використовується при виготовленні колінчастих валів, що працюють в умовах великих контактних напружень, циклічних навантажень, а опорні поверхні шийок – в умовах інтенсивного тертя і зношування [1]. Високий рівень експлуатаційних властивостей колінчастих валів забезпечує надійну роботу двигуна.

ВЧКГ в литому стані характеризується певною структурною і хімічною неоднорідністю, що не дозволяє отримувати необхідний комплекс властивостей – міцності, пластичності, ударної в'язкості, зносостійкості – у вихідному стані. Для отримання необхідних властивостей запропоновано використовувати комплексний підхід – мікролегування, термічну обробку, азотування.

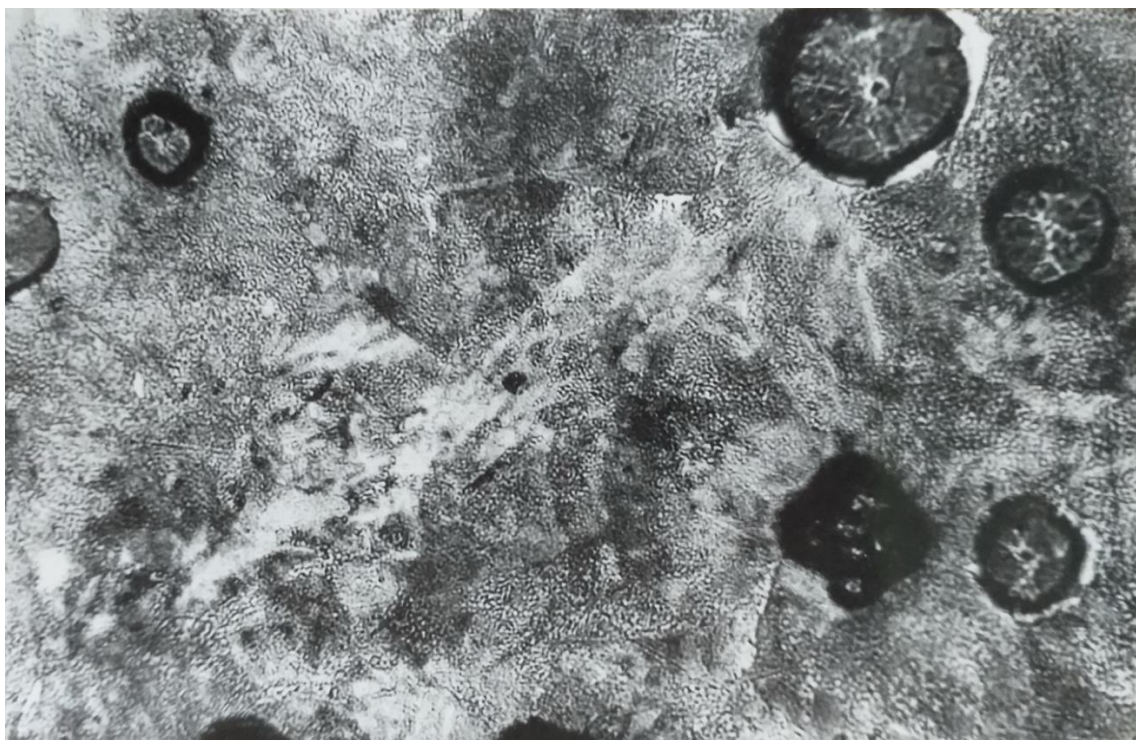
Мікролегування нікелем і молібденом (3,35 % С; 2,85 % Si; 0,0055 % S; 0,7% Mn; 0,065 % P; 0,6 % Ni; 0,075 % Mg; 0,31 % Mo) забезпечує незначну зворотну ліквідацію кремнію, збільшує прогартовуваність чавуну, в структурі збільшується частина перліту, відбувається подрібнення включень кулястого графіту, що сприяє підвищенню механічних властивостей. Структура чавуну в литому стані наведена на рис. 1.

Структура чавуну – перліт + 5 % фериту + кулястий графіт.

Дослідження показали достатньо високий рівень механічних властивостей чавуну вже в литому стані (табл. 1).

Реалізація термічної обробки дає змогу підвищити рівень механічних властивостей, зокрема втомну міцність. Була запропонована нормалізація з міжкритичного інтервалу (МКІ), що забезпечує зменшення ліквідації кремнію, легувальних елементів (молібдену в місцях евтектичних зерен), хімічних

з'єднань по границях зерен, збільшується однорідність структури. Свідомством ефективності нормалізації з МКІ є збільшення міцності, ударної в'язкості і втомної міцності (табл. 1).



збільшення  $\times 340$

Рисунок 1 – Мікроструктура досліджуваного чавуну в литому стані

Таблиця 1 – Властивості легованого чавуну

Стан чавуну	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta$ , %	КС, Дж/см <sup>2</sup>	НВW	$\sigma_{-1}$ , МПа
Литий	780	2,9	30	277	275
Після нормалізації	900	3	40	295-300	300

Для підвищення зносостійкості поверхонь тертя використовували азотування.

Насичення чавуну азотом через вихід на поверхню графітних включень і неоднорідну мікроструктуру утруднене (на відміну від сталі). Мікролегування чавуну і нормалізація з МКІ забезпечили формування однорідної дрібнодисперсної мікроструктури перліту з рівномірно розташованими включеннями кулястого графіту.

Азотування високоміцного чавуну виконували в середовищі дисоційованого аміаку – ступінь дисоціації аміаку 30 – 45 % при оптимальній температурі азотування – 650 – 700 °С. Шар товщиною 0,25 мм формується після витримки на протязі 12 год; мікротвердість шару – до  $H_{50}=10000-12500$  МПа. Надзвичайно важливою є підвищена пластичність азотованого шару на високоміцному чавуні, що позитивно впливає на роботу шийок в умовах значних

контактних напружень. В азотованому шарі виникають залишкові напруження стискання, величина яких на поверхні за літературними даними складає 600 – 700 МПа. Це підвищує границю витривалості на 30 – 40 % і переносе осередок втомного руйнування під азотований шар [2].

### Висновки

Таким чином, комплексний підхід забезпечує високий рівень експлуатаційних властивостей колінчастого валу з високоміцного чавуну з кулястим графітом.

### Література

1. **Волощенко С. М.** Створення наукових засад структуроутворення в чавуні для підвищення зносостійкості змінних деталей сільгосптехніки та транспорту : дис. ... д-ра техн. наук : 05.16.02. Київ, 2017. 236 с.
2. **Hasegawa T., Narita H.** A Study on Finished Surface Roughness of a Nitriding Spheroidal Graphite Cast Iron. *Proceedings of International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st century (LEM21)*. 2017. Vol. 9. 151. DOI: <https://doi.org/10.1299/jsmelem.2017.9.151>.

УДК 621.313:006.91

## МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА АНАЛІЗ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИТІВ $ZrO_2-WC$ І $ZrO_2-SiC$ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

**Нерубацький Володимир Павлович**, кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки,

Український державний університет залізничного транспорту,  
e-mail: nerubatskyi@kart.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4309-601X

**Геворкян Едвін Спартакович**, доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри інженерії вагонів та якості продукції,

Український державний університет залізничного транспорту,  
e-mail: edsgev@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0521-3577

**Комарова Анна Леонідівна**, кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри інженерії вагонів та якості продукції,

Український державний університет залізничного транспорту,  
e-mail: komarova@kart.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8597-5891

Сучасні тенденції розвитку транспортного машинобудування характеризуються постійним зростанням вимог до ефективності, надійності та довговічності рухомого складу. У зв'язку з цим виникає необхідність впровадження інноваційних конструкційних матеріалів, які здатні витримувати складні