

4. Оленник Н.В., Кычин В.П., Луговской В.П. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин. – К.: Техніка, 1984. – 151 с.
 5. Афтаназів І.С. Використання вібрацій для зміцнення деталей/ Вибрации в технике и технологиях. – 1995, № 1(2). – С. 27-34.
 6. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1982. – 248 с.

УДК 539.43 В.В. Широков, д.т.н.; ст.н.с. Л.А. Арендар; інж. Н.Б. Рацька – ФМІ ім. Г.В.Карпенка НАН України

ВПЛИВ ФОСФІДНОЇ ЕВТЕКТИКИ НА ЗНОШУВАНІСТЬ, БУДОВУ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОМІЦНИХ ЧАВУНІВ

Досліджено зносотривкість високоміцних чавунів, легованих фосфором у межах 0,02...0,97 % мас., а також структура та деякі фізико-механічні властивості таких чавунів.

V.V. Shirokov, L.A. Arendar, N.B. Ratska

The influence of phosphide eutectics on wear-resistance, structure and physico-mechanical properties of high-strength cast-irons

The wear-resistance of high-strong cast-irons, alloyed by phosphorus in boundary paths 0,02...0,97 % the masses, and also structure and some physico-mechanical properties of such cast-irons are explored in given work.

Процес тертя між двома твердими тілами неодмінно супроводжується зношуванням і енергетичними втратами. Один з головних напрямків досягнення оптимальних показників тертя і поверхневої міцності ґрунтується на підборі легуючих елементів. Близько 75 % виробів, які отримують у машинобудуванні, металургії та інших галузях народного господарства литтям, припадає на чавун [1]. У зв'язку з цим проблема оптимізації складу і структури цього матеріалу з метою покращення експлуатаційних та ливарних властивостей надзвичайно актуальна. Численними дослідженнями останніх років встановлено, що найбільш ефективного підвищення фізико-механічних та інших властивостей чавунів досягають легуванням, вдосконаленням температурних режимів лиття і термічною обробкою [2].

До ефективних твердорозчинних неметалічних зміцнювачів залізовуглецевих сплавів відноситься фосфор, який практично не впливає на процес графітизації. У чавунах фосфор – корисна домішка, оскільки покращує оброблюваність, рідкотекучість та фрикційні властивості [3]. Це пов'язано з утворенням відносно легкоплавкої потрійної евтектики, яка плавиться при 950°C [4]. У момент застигання евтектика складається з аустеніту, збагаченого фосфором, цементиту і фосфіду заліза Fe₃P. Тверді ділянки фосфідної евтектики (ФЕ) сприяють підвищенню твердості і зносотривкості металу [4]. У літературі немає достатньої кількості даних про вплив фосфідної евтектики на зносотривкість чавунів [4,5]. Тому виникає необхідність встановлення межі оптимального поєднання зносотривкості та інших фізико-механічних властивостей, яке досягається введенням фосфору.

Метою роботи було вивчити вплив фосфору на зносотривкість, будову та деякі інші фізико-механічні властивості та високоміцних чавунів із фосфідною евтектикою.

Для вивчення зносотривкості було розроблено і виготовлено установку, силовий вузол якої працює за принципом "вкладка – вал". Зразки з металу відповідних плавок та контртіла (сталь 45) попередньо притирались. Програма дослідження зносотривкості наступна: швидкість ковзання 0,4 м/с; шлях тертя для зразків з високоміцних чавунів – 1440 м, сірих – 360 м, тривалість випробувань для високоміцних чавунів – 1 год., загальне навантаження – 80 Н. Стійкість до зношування оцінювалась на основі порівняльного аналізу масових втрат чавунів з різним вмістом фосфору (табл.). До і після випробувань проводили мікроструктурний аналіз металу (з використанням мікроскопа МИМ-9), а також визначали твердість за Брінелем, мікротвердість структурних складових (за допомогою ПМТ-3), поверхневу термо-ЕРС.

Отримання вторинних структур заданого типу із специфічними властивостями суттєво залежать від хімічного складу вихідного матеріалу. Легуючі домішки обумовлюють кінетику утворення та весь комплекс властивостей вторинних структур, визначаючи їх міцність і зв'язок з основним металом.

Хімічний склад та деякі властивості досліджуваних чавунів після стандартної термообробки, яка полягала у двоступеневому пічному відпалі (витримка при температурах 900 °C і 650 °C), наведені у таблиці.

Табл. Хімічний склад (% мас), твердість та термо-ЕРС (мкВ) чавунів

Чавун	C	Si	S	P	HRB	TEPC
BЧ2	3.44	2.48	0.75	0.055	104.70	1923.8
BЧ3	3.07	2.39	0.74	0.090	106.10	1988.8
BЧ4	3.79	2.63	0.70	0.150	103.70	2199.8
BЧ6	3.25	3.05	0.83	0.400	101.50	2061.2
BЧ7	3.50	3.12	0.69	0.550	104.17	2170.8
BЧ8	3.08	2.62	0.93	0.760	107.33	2092.0
BЧ9	3.19	2.48	0.70	0.970	108.00	2283.4

Результати випробувань чавунів на опір зношуванню свідчать про підвищення зносотривкості (рис. 1). Це свідчить про те, що у процесі сухого тертя локальне підвищення температури у зоні контакту, може спричинити оплавлення фосфідної евтектики, що підвищує її антифрикційні властивості.

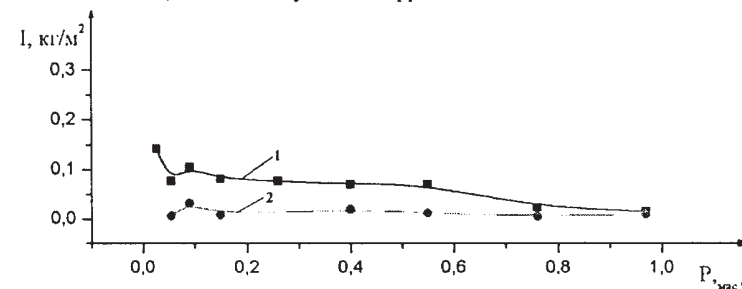


Рис. 1. Вплив концентрацій фосфору на зносотривкість високоміцних чавунів (2) у парі зі сталлю 45 (1)

Підвищення зносотривкості пояснюється зміною структури чавунів внаслідок легування фосфором (рис. 2). Фосфідна евтектика у чавунах може утворюватись навіть за малих концентрацій фосфору (0,05 мас %), що пов'язано з його

сильною прямою ліквіацією [4]. У зв'язку з цим спостерігається суттєве збагачення фосфором твердної рідини. Згідно з [1], аналіз розподілу фосфідної евтектики у чавунах свідчить про наступне. За концентрацій 0,3...0,4 мас. % Р кількість ФЕ становить не більше 4 % площі поверхні шліфа. При концентрації 0,5...0,6 мас. % відносна кількість евтектичних включень досягає 6 % площі поверхні шліфа. При 0,92 мас. % – вона збільшується до 15 %. Ці дані підтверджуються даними металографічного аналізу (рис. 1)

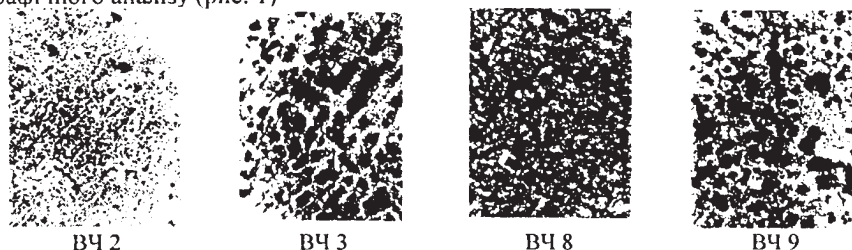


Рис. 2. Мікроструктура досліджуваних чавунів ($\times 325$)

У зв'язку з тим, що вплив фосфору на міцнісні характеристики чавуну оцінюються неоднозначно [1], було проведено вимірювання твердості та мікротвердості високоміцних чавунів, легованих фосфором (рис. 3,4). Оскільки фосфід заліза Fe_3P , який входить у потрібну евтектику, має твердість вищу [2], ніж матриця спостерігається тенденція до підвищення твердості чавунів у цілому.

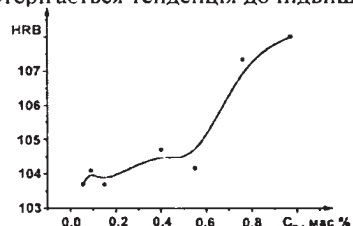


Рис. 3. Залежність твердості високоміцних чавунів від вмісту фосфору

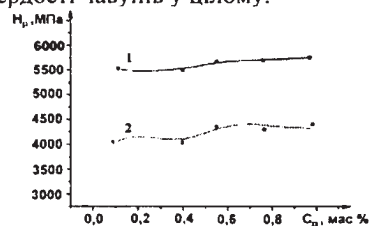


Рис. 4. Вплив фосфору на мікротвердість структурних складових високоміцних чавунів: 1 – перлітна; 2 – феритна

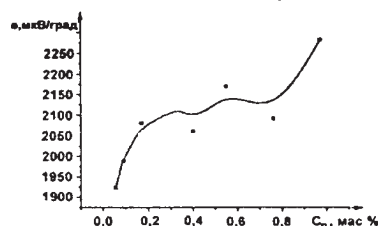


Рис. 5. Значення мікротермо-ЕРС на поверхні високоміцних чавунів, легованих фосфором

З огляду на те, що кількість фосфідної евтектики збільшується зі збільшенням концентрації фосфору, було оцінено зміни поверхневої мікро-термоелектрорушійної сили (ТЕРС) чавунів. На рис. 3 наведено криві залежності термо-ЕРС для високоміцних чавунів від концентрації фосфору у металі. У цілому можна

зробити висновок, що із збільшенням відсотка фосфідної евтектики, значення термо-ЕРС у високоміцних чавунах має тенденцію до підвищення.

Таким чином, за допомогою легування ВЧ фосфором у межах 0,02...0,97 % мас. можна досягти підвищення зносостійкості. Враховуючи результати досліджень інших властивостей цих чавунів [5], можна зробити висновок, що при концентрації фосфору 0,15...0,26 % мас. у ВЧ досягається висока зносостійкість при несуттєвому негативному впливі ФЕ на інші службові властивості.

Література

1. Волчок І.П., Єгоров А.О., Слинко Г.І. Мікромеханізм руйнування і властивості фосфористих чавунів// Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій (випуск 2): В 3-х т.// Під заг. ред. Панасюка В.В. – Львів: Каменяр, 1999, т.1. – С. 208-220.
2. Волчок І.П. Сопротивление разрушению стали и чугуна. – М.: Металлургия, 1993. – С. 191.
3. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1977. – С. 646.
4. Бунин К.П., Таран Ю.П. Стрессные чугуны. – М.: Металлургия, 1972. – С. 159.
5. Андрейко І. М., Слинко Г. І., Остап О. П., Волчок І.П. Циклічна тріщиностійкість сірих і високоміцних чавунів з підвищеним вмістом фосфору// ФХММ. – 2000, № 6. – С. 45-51.

УДК 621.336.22

В.В. Широков, д.т.н.; ст.н.с. Ю.І. Василенко;
інж. В.А. Зазуляк, к.т.н. – ФМІ ім Г.В. Карпенка НАН України

ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ КОМПОНЕНТІВ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АЛЮМІНІУ ПРИ ТЕРТІ З МІДЮ

Досліджено вплив легування алюмінію міддю, кремнієм, оловом, свинцем на його зносостійкість при терті у парі з мідним контактним електропроводом і встановлено, що воно підвищує зносостійкість сплавів і зменшує знос контактного проводу, особливо у випадку використання додаткової вуглеграфітової вкладки.

V.V. Shyrovkov, Yu.I. Vasylenko, V.A. Zazulak

Influence of alloyed components to wear-resistance of aluminum at the friction in pair with copper

The influence of copper, silicon, tin, lead on wear-resistance its alloys with aluminum attached to friction in pair with copper contact electroconductor are investigated. Established, that aluminum add with stated metals raises alloys wear-resistance and diminishes a wear of electroconductor contact.

В Україні, країнах СНД на тролейбусах використовують дешеві вуглеграфітові вставки струмознімачів, які експлуатуються без змащування мідного контактного дроту, забезпечують мінімальне його зношення і за експлуатаційними показниками мають перевагу над існуючими металічними аналогами. Однак, внаслідок низьких опор крихкому руйнуванню та міцності часто виходять з ладу при ударах, що мають місце, наприклад, при проходженні кріплень спецчастин струмової мережі. Вуглеграфітові вставки малопридатні для експлуатації у дощову погоду, при налипанні мокрого снігу і утворенні на контактних дротах кірки льоду, оскільки у цих випадках їх зносостійкість зменшується на один, два порядки.

За несприятливих погодних умов застосовують вставки виготовлені з "м'якого" чавуну із вільними зернами графіту, іноді сталеві [1]. Після руйнування