

## Покращення якості чавунних гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання

М.П. Волкотруб, кандидат технічних наук  
М.І. Прилуцький

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

*Досліджено вплив модифікування ультрадисперсними частинками карбонітриду титану на структуру і зносостійкість чавуну для гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Встановлено, що легування ферофосфором ФФ-16 і наступна обробка чавуну такими частинками подрібнюють зерно, подовжують включення графіту в чавуні, підвищують твердість і зносостійкість гільз на 20 – 25 % в порівнянні з нелегованим і немодифікованим чавуном.*

При виборі складу модифікатора та способу вводу у розплавлений чавун, який використовується для лиття гільз двигунів внутрішнього згорання, необхідно виходити, перш за все, з природи рідкого чавуну, способу лиття та вимог щодо якості металу.

Одним із нових способів модифікування є введення в розплав тугоплавких оксидів, нітридів, карбідів, які можуть бути центрами кристалізації, перешкоджаючи росту структурних складових сплаву, накопичуючись перед фронтом зростаючих кристалів. Застосування ультрадисперсних частинок (УДЧ) в якості модифікаторів посилює дію таких елементів, як кальцій, магній, РЗМ як подрібнювачів структури. Виходячи з цього оброблення розплаву УДЧ тугоплавких порошків може бути додатковим фактором покращення властивостей сплавів в порівнянні зі стандартною технологією модифікування.

Відомо, що підвищення вмісту фосфору в чавуні призводить до утворення фосфідної сітки, що суттєво знижує зносостійкість гільз. Для підвищення зносостійкості чавунних гільз при одночасній стабілізації їх механічних властивостей використовували легування сплаву ферофосфором і обробку його модифікаторами на нікелевій, феросилікокальцевій або феросиліцієвій основі з вмістом 10 – 12 % УДЧ карбонітриду титану.

Чавун складу (% мас. частка): 3,1 – 3,45 С, 1,7 – 2,5 Si, 0,7 – 1,1 Mn, 0,25 – 0,45 Cr, 0,15 Ni, 0,10 S, 0,2 P виплавляли в індукційній печі ємністю 30 тон і заливали в піч ІЧТМ-10 з кислою футеровкою. Температуру металу в печі контролювали термопарою занурення ПР 30/6. В якості шихти використовували ливарні і передільні чавуни, відходи власного виробництва та лігатуру. В печі ІЧТМ-10 проводили легування чавуну ферофосфором та модифікували УДЧ карбонітриду титану на основі нікелю. Сплав доводили до заданого хімічного складу і температури, випускали в проміжний ківш, потім розливали в роздаточні ковші.

За другим варіантом спочатку в печі ІЧТМ-10 рідкий чавун легували ферофосфором марки ФФ-16 у вигляді кусків розміром 10 – 30 мм, потім в роздаточному ковші модифікували УДЧ карбонітриду титану на основі нікелю у вигляді роздроблених пігулок або УДЧ карбонітриду титану на основі феросиліцію

(або феросилікобарію) у вигляді порошкоподібної модифікованої суміші, яку вводили безпосередньо в струмінь рідкого чавуну.



Рис. 1. Схема вирізання зразка.

Для вивчення структури та властивостей відлитих у металічні кокілі гільз вирізали темплети (рис. 1). З кожного темплета вирізали зразки для механічних випробувань і дослідження мікроструктури: частина з них відповідала товстому торцю (1-1 або 2-1), інша – тонкому (1-2 або 2-2). Характеристики складових мікроструктури (тип перліту, його дисперсність, тип, форма та розмір графіту) визначали відповідно до ГОСТ 3443-87 [4]. Випробовування зразків на зносостійкість проводили на машині тертя ІМ-6 за схемою диск-колодочка із застосуванням спеціального вузла навантаження. Зразки вирізалися з виливків гільз завтовшки до 15 мм. Робоча частина зразка 10 x 2 мм. Контртілом слугував диск діаметром 50 мм і завтовшки 10 мм із сталі 45, гартований на HRC 45 – 48. Досліди проводили у водному середовищі при частоті обертів диску 250 об/хв та тиску в зоні контакту 1,5 МПа. Заміряли глибину зношування зразка та визначали зносостійкість в мм за одиницю часу (год).

Однією з основних задач даної роботи було встановити оптимальну кількість модифікатора, який забезпечує отримання бажаної структури і максимальної твердості матриці.

Дослідження мікроструктури показало, що зі збільшенням кількості модифікатора відбуваються зміни форми включень графіту (рис. 2), а саме: при введенні до 0,12 % модифікатора – форма включень графіту стає близькою до гніздоподібної (ГФ 4); при введенні до 0,2 % модифікатора спостерігається зміна форми графіту та поява подовжених пластин.

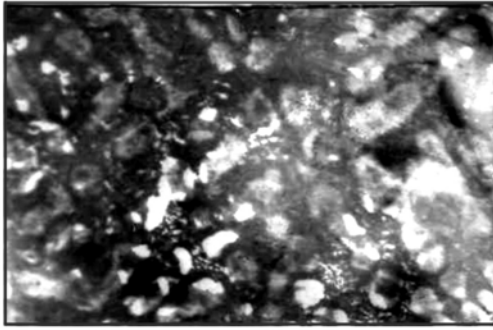
При введенні модифікатора більше 0,2 % включення графіту набувають пластинчастої форми (ГФ 1), збільшується довжина включень графіту (Граз 18а). Спостерігається ефект перемодифікування. З метою зменшення витрат модифікатора та підвищення твердості матриці чавуну вводили ферофосфор в кількості до 0,6 %. Встановлено, що при введенні ферофосфору графітні включення змінюють форму та збільшується довжина пластин графіту. Так, при вмісті 0,55 % фосфору спостерігається збільшення довжини пластин графіту до 150 мкм (Граз 90), хоча форма графітних включень змінюється значно менше, ніж при веденні УДЧ. Включення графіту набувають пластинчастої завихреної форми (ГФ 2).

Оцінку кількості перліту та фериту проводили за середньою площею (%), зайнятою цими фазами на мікросліфах (рис. 3). Вміст перліту досягає в середньому 85 %, вміст фериту відповідно 15 %. Дисперсність перлітної складової коливається в межах від Пд5 до Пд10. Розмір зерна суттєво зменшується при введенні УДЧ.

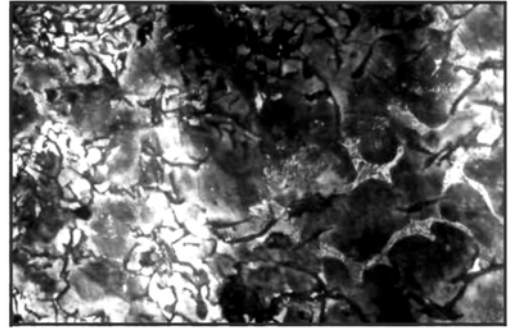
Твердість чавуну підвищується зі збільшенням вводу в метал добавок. Твердість чавуну без добавки ферофосфору та модифікування УДЧ карбонітриду титану складала HB 220, а при легуванні 1,6 – 1,8 % ферофосфору та вводи 0,12 – 0,30 % модифікатора, що містить 12 % карбонітриду титану складала HB 260 – 270. Твердість матриці сплаву підвищується від HRC 40 до HRC 45, що надзвичайно важливо для деталей, які працюють в умовах тертя.

Результати досліджень (таблиця) показують, що вміст хімічних елементів у складі чавуну відповідає технічним умовам на гільзи практично за всіма показниками, за виключенням проби № 1, де спостерігається незначна відмінність.

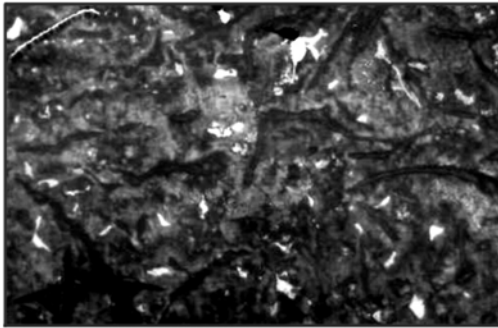
Встановлено, що зносостійкість чавуну серійної гільзи не перевищує 0,35 мм/год, а зносостійкість чавуну, легovanого фосфором та обробленого УДЧ карбідів титану, значно вища і складає 0,26 мм/год.



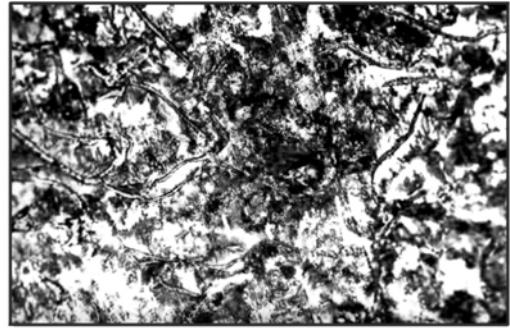
вихідний чавун



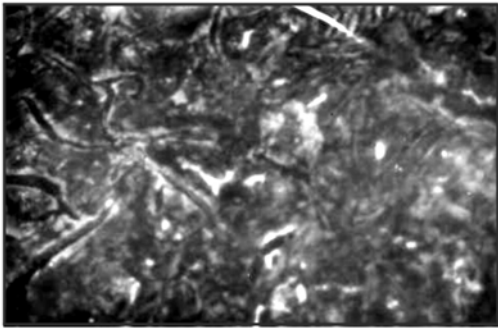
вихідний чавун



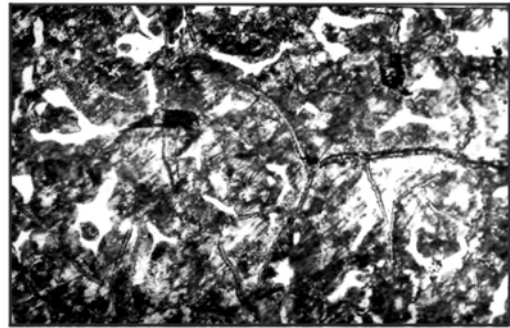
0,22% Р



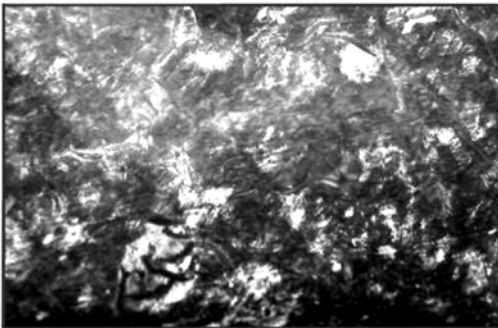
0,12% модифікатора



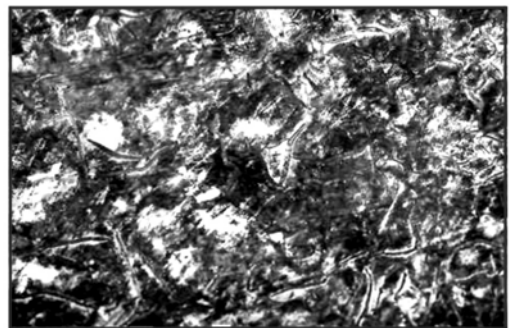
0,35% Р



0,22% модифікатора

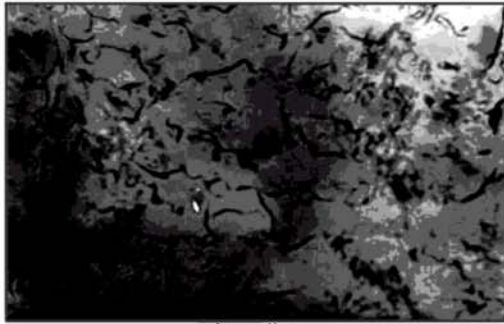


0,55% Р



0,40% модифікатора

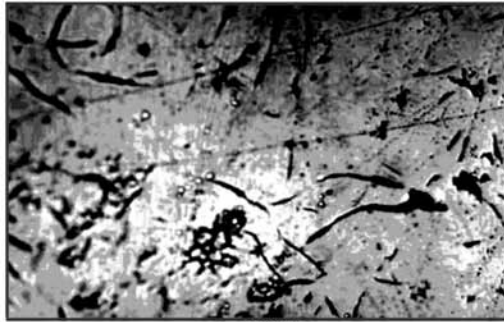
Рис. 2. Вплив УДЧ карбонітриду титану та ферофосфору на форму графіту. x100.



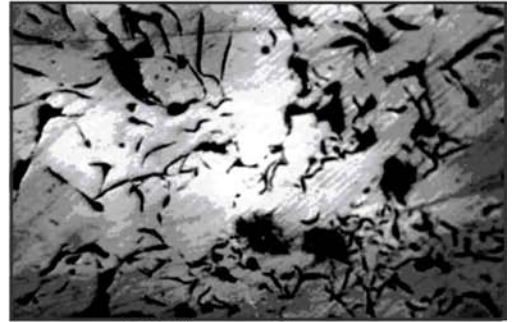
вихідний чавун



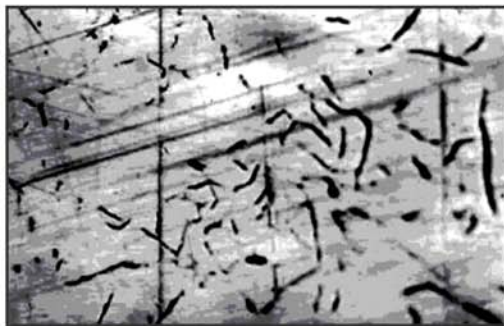
вихідний чавун



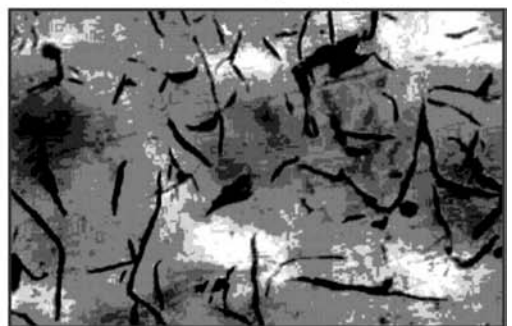
0,22% P



0,12% модифікатора



0,35% P



0,22% модифікатора



0,55% P



0,40% модифікатора

Рис. 3. Вплив УДЧ карбонітриду титану та фосфору на структуру чавуну. x100.

## Технічна інформація

### Хімічний склад досліджуваних чавунів

Проби чавуну	Вміст елементів, % (мас. частка)							
	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
ТУ	3,10-3,45	1,7- 2,5	0,7-1,1	0,25-0,45	0,10	0,15	0,20	0,12
1	3,40	1,85	0,40	0,40	0,30	0,18	0,55	0,11
2	3,15	1,88	0,40	0,40	0,40		0,57	0,12
3	3,28	1,95	0,40	0,30	0,32	0,25	0,60	0,12
4	3,18	2,50	0,60	0,30	0,51	0,29	0,70	0,07

Результати дослідно-промислової перевірки партії деталей «гільза циліндру», відлитих в ливарному цеху СП «Слав'янець» (м. Конотоп), показують, що стійкість гільз підвищується на 20 – 25 % порівняно зі стійкістю гільз нелегованого та немодифікованого чавуну. Підвищення твердості і зносостійкості виливків дає можливість виключати операцію термічної обробки гільз і таким чином знизити собівартість продукції.

## Література

1. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавления в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
2. Васильев В.А., Демьянов Е.Д. Повышение износостойкости чугуновых отливок. Улучшение качества чугунового литья. – Саратов: Саратовский университет, 1978. – 87 с.
3. Чернега Д.Ф., Прилуцкий М.И., Михаленков К.В. Технология дисперсного зміцнення алюмінієвих сплавів нітридними частинками // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 1998. – № 3. – С. 85 – 90.
4. ГОСТ 3443-87. Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры. – М.: ГКСМ КС СМ СССР, 10 с.

Одержано 13.01.10

**Н.П. Волкотруб, М.И. Прилуцкий**

### Улучшение качества чугуновых гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания

#### Резюме

Исследовано влияние модифицирования ультрадисперсными частицами карбонитрида титана на структуру и износостойкость чугуна для гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Установлено, что легирование феррофосфором ФФ-16 и последующая обработка чугуна такими частицами измельчают зерно, удлиняют включения графита в чугуне, при этом увеличивается твердость и износостойкость гильз на 20 – 25 % по сравнению с нелегированным и немодифицированным чугуном.

**M.P. Volkotrub, M.I. Prilutskiy**

### Quality improving of pig-iron of sleeves of internal combustion engines

#### Summary

Influence of modification by superdispersed titanium carbonitride particles on the structure and wear resistance of pig-iron of sleeves of internal combustion engines is investigated. It was found that alloying by ferrophosphorus ФФ-16 and the subsequent processing of pig-iron by these particles lead to grains size decreasing, elongate graphite in pig-iron, thus hardness and wear resistance of sleeves increases on 20 – 25 % in comparison with not alloyed and not modified pig-iron.