

УДК 620.186.1: 669.187.56

Канд. техн. наук В. Г. Іванов, канд. техн. наук Є. М. Парахневич

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

## ВПЛИВ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВЛЕННЯ НА МОРФОЛОГІЮ ГРАФІТНОЇ ФАЗИ В СІРИХ ЧАВУНАХ

*Представлено дані щодо впливу електрошлакового переплавлення на морфологію графітних вкраплень пластинчатої та кулястої форми. Встановлено, що швидка кристалізація чавуну в мідному кристалізаторі унеможливує виділення грубих включень графіту, подрібнює його та сприяє кристалізації цементиту.*

**Ключові слова:** електрошлакове переплавлення, чавун, форма вкраплень графіту.

### Вступ

Прогресивним процесом покращення фізико-механічних та службових характеристик литих виробів є електрошлакове переплавлення (ЕШП) або електрошлакова обробка, яка дає можливість значно очистити метал від шкідливих домішок і газів та підвищити властивості. Крім того, електрошлакове наплавлення з успіхом використовується для отримання біметалевих заготовок або при відновлювально-ремонтних роботах у металургії, ковальсько-штампувальному виробництві, автомобільному, нафтовому та енергетичному машинобудуванні. У чавунних виливках графітна фаза найбільшою мірою визначає властивості. Тому дослідження впливу електрошлакової обробки на характер, розміри та розподілення графітових включень у чавуні є актуальним.

### Постановка задачі

Внаслідок того, що чавун залишається одним з найрозповсюдженіших конструкційних матеріалів, а виробництво чавуну з кулястим графітом має стійку тенденцію до розширення обсягів виробництва мало значний інтерес встановити вплив електрошлакового переплавлення на зміну морфології графітних включень пластинчатої та кулястої форми.

### Огляд літератури

Електрошлакове оброблення чавуну використовується значно рідше ніж сталі, але теж досить добре вивчено [1–5]. У роботах Н. Г. Гиршовича, К. І. Ващенко, В. С. Шуміхіна, Б. І. Медовара та ін. описані результати впливу електрошлакового оброблення на властивості чавунів. Покращення властивостей пов'язують з очищенням металу від шкідливих домішок (фосфору, сірки та ін.) та газів, а також подрібненням структурних складових. Значно менше приділялося уваги зміні морфології графітної фази та можливості керування нею при електрошлаковому обробленні чи переплавленні.

У наш час суттєво змінюються умови плавки та сировинна база чавунів, а також зростає середня викорис-

тання біметалевих виливків та навіть композитних матеріалів, де чавунам відводиться також значна роль. Тому вивчення впливу електрошлакового переплавлення на морфологію графітної фази дозволить створити умови для керування нею з метою реалізації максимальною мірою всіх позитивних властивостей чавунів.

### Матеріали і методи

У цій роботі наведено вплив електрошлакової обробки на структуру чавунів та морфологію графітової фази. Використовувалися чавуни однакового заевтектичного складу з пластинчатою та кулястою формою. Заевтектичний склад вибирався з метою забезпечення при кристалізації графітної фази як провідної.

Попередньо в індукційній печі виплавляли чавун наступного складу (мас. частка, %): 3,72 C; 3,87 Si; 0,3 Mn; 0,038 P; 0,081 S. Для отримання кулястого графіту метал у ковші обробляли нікель-магнієвою лігатурою (15 % Mg, 0,6 % Ce) у кількості 0,5 % та феросиліцієм ФС 65 у кількості 1,0 %. Вміст сірки у високоміцному чавуні знизився до 0,019 %.

У графітові виливниці з внутрішнім діаметром 60 мм заливали циліндричні заготовки під штанги для ЕШП. Підготовлені заготовки кріпили до сталевих штанг за допомогою шпильок та зварювання.

### Експерименти

Електрошлакове переплавлення здійснювали на установці А550У-02 в мідному кристалізаторі діаметром 100 мм під стандартним флюсом АНФ-29. Злитки після переплавлення розрізали на зразки та піддавали металографічному дослідженню.

### Результати

Включення графіту в сірому чавуні характеризувалися прямолінійною пластинчатою формою з рівномірним розподіленням, довжина включень графіту становила 90–120 мкм, кількість графіту 12 %. Кількість перліту становила 20 %. У високоміцному чавуні включення

графіту були кулястої неправильної форми, рівномірно розподілені, діаметр включень становив 35–65 мкм, кількість графіту 12 %. Структура металевої основи містила ферит (біля 55 %) та ледебурит. Початкова структура наведена на рис. 1 *а, б*.

Після електрошлакового переплавлення морфологія графітної фази суттєво змінюється. Значно подрібнюються графітові включення, фосфідна евтектика, подавляється «спадковість» структури чушкового чавуну. Розподіл графітових включень у сірому чавуні стає міждендритним точковим або пластинчастим. Крім того, спостерігається також графіт компактної форми. Структура металевої основи стає дедритоподібною, строго орієнтовною за фронтом кристалізації. Перлітні ділянки подрібнюються та стають більш дисперсними. Спостерігаються також грубі включення цементиту (рис. 1, *в, з*).

Аналогічна тенденція спостерігається у високоміцному чавуні. Кулясті включення графіту також подрібнюються, структура стає дендритною. Спостерігається перетворення кулястої форми включень графіту на вермикулярну дисперсну форму (рис. 2, *б*).

#### Обговорення

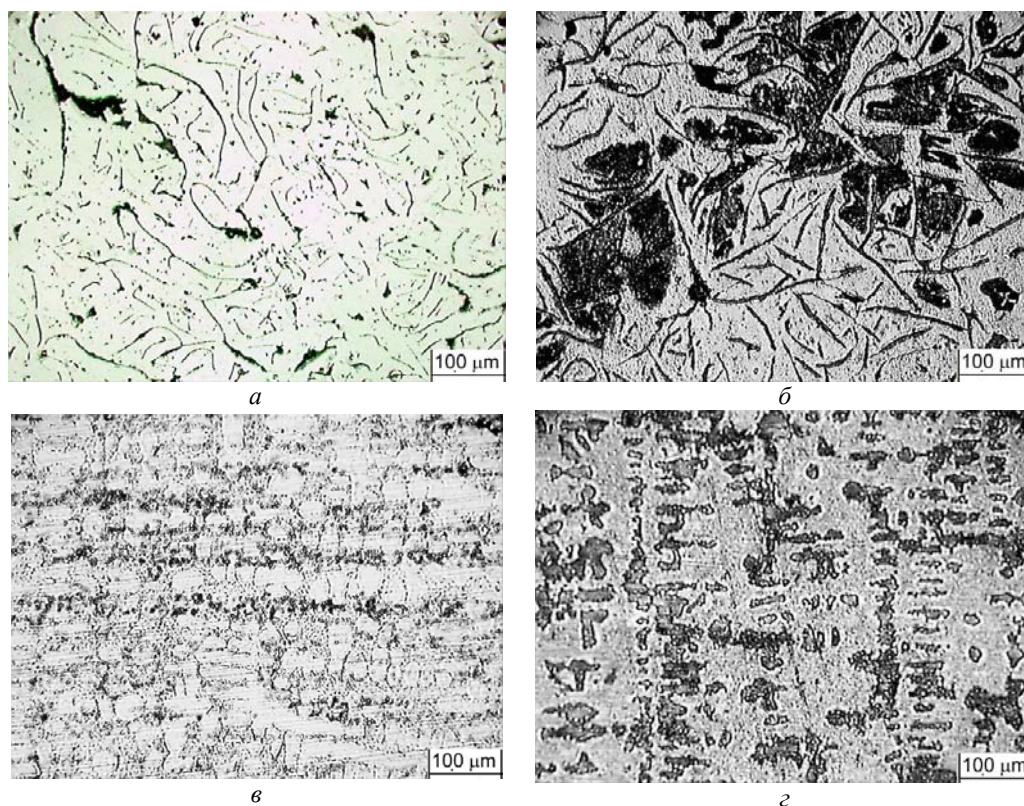
Такі зміни морфології графітної фази та структури є результатом впливу теплових факторів електрош-

лакового переплавлення. Швидка кристалізація чавуну в мідному кристалізаторі унеможливує виділення грубих включень графіту і сприяє кристалізації цементиту.

Уповільнення кристалізації чавуну за рахунок підбору складу шлаку, теплового режиму плавки та додаткового модифікування дозволить отримувати чавунні зливки або наплавлення з дрібним рівномірно розподіленим графітом компактної або кулястої форми, гарантуючи підвищені властивості та ресурс експлуатації литих виробів.

#### Висновки

Показано, що електрошлакова обробка сірого та високоміцного чавуну суттєво змінює морфологію графітної фази, що є результатом впливу теплових факторів процесу. Швидка кристалізація чавуну в мідному кристалізаторі унеможливує виділення грубих включень графіту і сприяє кристалізації цементиту. Уповільнення кристалізації чавуну за рахунок підбору складу шлаку, теплового режиму плавки та додаткового модифікування дозволить отримувати чавунні зливки або наплавлення з дрібним рівномірно розподіленим графітом компактної або кулястої форми, гарантуючи підвищені властивості та ресурс експлуатації литих виробів.



**Рис. 1.** Структура сірого чавуну до та після ЕШП:

*а, в* – графітові включення; *б, з* – структура металевої основи (оброблено ніталем)

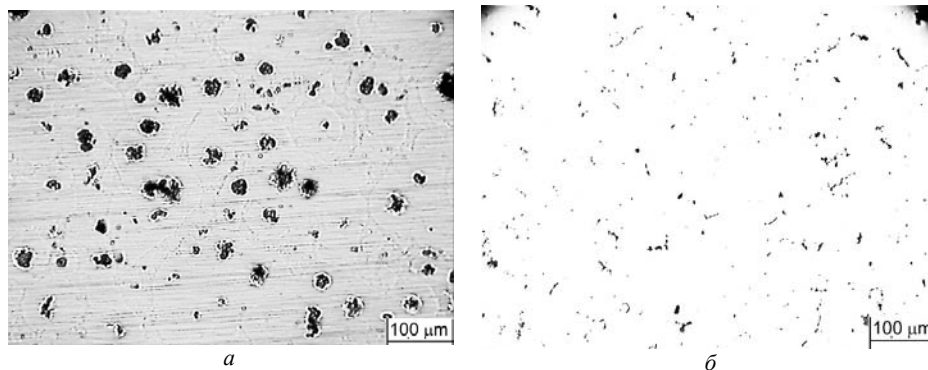


Рис. 2. Графітові включення до (а) та після ЕШП (б)

### Список літератури

1. Электрошлаковый металл / Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара. – К. : Наук. думка, 1981. – 680 с.
2. Кусков Ю. М. Электрошлаковая наплавка: достижения и перспективы (обзор) / Ю. М. Кусков // Сварочное производство. – 1999. – № 10. – С. 32–36.
3. Электрошлаковая технология восстановления сталеразливочных изложниц / [М. И. Гасик, В. К. Цебрятенко, Ю. П. Худик и др.] // Проб. спец. металлургии. – 1987. – № 1. – С. 5–7.
4. Медовар Л. Б. О прокатных валках будущего и электрошлаковых технологиях их изготовления / Л. Б. Медовар // Современная электрометаллургия. – 2003. – № 3. – С. 9–12.

Одержано 09.03.2015

### Иванов В.Г., Парахневич Е.Н. Влияние электрошлакового переплава на морфологию графитной фазы в серых чугунах

*Представлены данные по влиянию электрошлакового переплава на морфологию графитных включений пластинчатой и шаровидной формы. Установлено, что быстрая кристаллизация чугуна в медном кристаллизаторе устраняет выделение крупных включений графита, измельчает его и способствует кристаллизации цементита.*

**Ключевые слова:** электрошлаковый переплав, чугун, форма включений графита.

### Ivanov V., Parahnevich E. Effect of electroslag remelting on graphite phase morphology in grey cast iron

*The data of the electroslag remelting effect on morphology graphite inclusions with lamellar and spherical shape was presented. Rapid crystallization of cast iron in a copper mold eliminates the precipitating of large graphite inclusions, leading to a grain refinement and promotes cementite crystallization were established.*

**Key words:** electroslag remelting, cast iron, inclusion graphite shape.