

УДК 669.183

Єременко А. П., Кобзева А. І., Стороженко Т. І.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ УПРАВЛІННЯ МІКРОСТРУКТУРОЮ ЧАВУННОГО ВИЛИВКА ШЛЯХОМ ДІЇ НА НЬОГО В ПРОЦЕСІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

В останні роки в галузі ливарного виробництва активно ведуться розробки різних фізичних методів, які дозволяють впливати на сплави в момент кристалізації і дають можливість керувати процесами формування структури металів і сплавів. В першу чергу, є потреба в розробці недорогих і мало енергоємних методів впливу на розплав, що кристалізується, з метою отримання більш якісних виливків. Одним з таких методів є метод впливу електричного струму на метал, що кристалізується.

На практиці небезуспішно використовують цілу низку різних зовнішніх чинників впливу на розплав, що твердне з метою поліпшення структури і властивостей виливків. Це такі як: електричний струм, магнітне поле, електромагнітне поле, ультразвук, відцентрові сили та ін. Для ливарного виробництва дуже важливо оперативно керувати процесами кристалізації виливка в момент формування його структури. Саме тому активно ведеться розробка різноманітних методів впливу на розплав в ливарній галузі для отримання високоякісних виливків.

Як показав аналіз літературних даних, одним з перспективних способів впливу на структуру і властивості сплавів є обробка електричним струмом в процесі кристалізації [1, 2, 4] Але в ливарному виробництві це питання є одним з найменш досліджених, а представлені роботи мають розрізнений і суперечливий характер[3–7].

Метою роботи є дослідження впливу електричного струму різної сили, частоти та скважності на макроструктуру сплаву, що твердіє в ливарній формі, з отриманням виливків підвищеної якості.

Для проведення досліджень була розроблена установка, за допомогою якої на розплав, що кристалізується в формі, можна подавати електричний струм заданої сили, частоти та скважності. Установка дає можливість плавного регулювання параметрів струму, як окремих його показників, так і всіх одночасно. Електрична схема експериментальної лабораторної установки представлена на рис. 1.

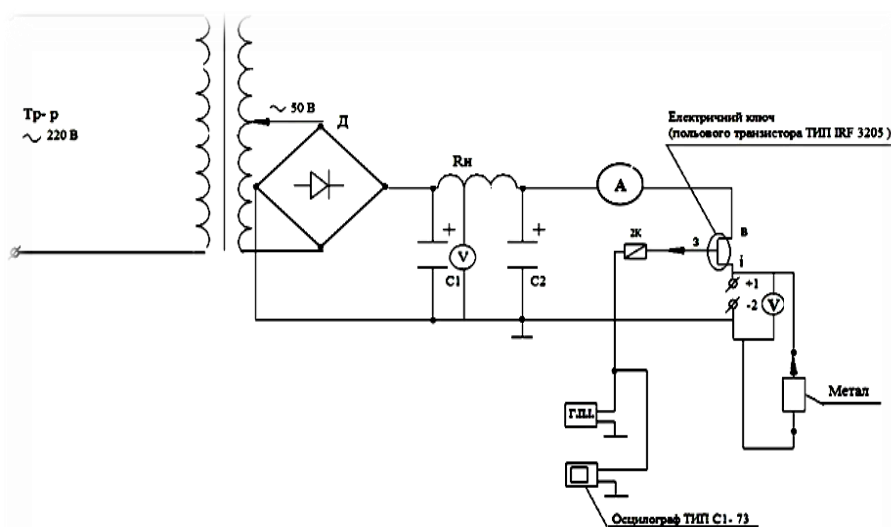


Рис. 1. Електрична схема експериментальної лабораторної установки

Схема включає трансформатор з діодним мостом, генератор частоти і скважності, комутаційні і вимірювальні прилади.

Змінна напруга заданої частоти і скважності з виходу електронного ключа через контакти 1 і 2 подається на виливок. Для візуального контролю частотних параметрів електричного струму, що подається на виливок, використовується осцилограф типу С1-73. Для контролю і виміру вихідної напруги і сили струму використовуються вольтметр і амперметр.

Принцип дії установки полягає в наступному: напруга 220В подається на автотрансформатор. З автотрансформатора напруга величиною 40В подається на діодний міст. Постійний струм через амперметр подається на електронний ключ, який виконаний з польового транзистора (ТИП IRF 3205).

Роботою електронного ключа керує генератор прямокутних імпульсів. Електричний струм заданої частоти і скважності подається на виливок. Для візуального контролю параметрів струму використовується осцилограф (тип С1-73). В розплав електричний струм підводиться через термостійкий вольфрамовий електрод, встановлений в центрі ливарної форми. Вплив електричного струму на протікання процесу кристалізації вивчали на чавуні з визначеним хімічним складом (3,6%С, 0,6%Si, 0,5%Mn, 0,1%S, 0.15%P). Плавку чавуну проводили в печі Гаммана. Заливку форм проводили при температурі 1340⁰С. Температуру вимірювали за допомогою термопарі ТПП-0555-0-1300, марки 589-06. Залита ливарна форма з підключеним до неї електродами наведена на рис. 2а. Отримані виливки представлені на рис. 2б.



а



б

Рис. 2. Ливарна форма з підключеним до неї електродом (а) та експериментальні виливки (б)

Ливарна форма виготовлялась з піщаноглинистої суміші, в двох металевих опоках. Всі експерименти проводились при однаковій вихідній температурі форми 80⁰С.

На першому етапі експериментів величина сили струму, який подавався на дослідний зразок сплаву, становила на 3 А, скважність 1 при частоті 200 кГц. На другому етапі експериментів сила струму складала також 3 А, скважність 3, при частоті 200 кГц.

З отриманих дослідних виливків з середньої осьової частини вирізались темплети для аналізу структури. З кожного темплету вирізали три зразки – 2 периферійних (верхній та нижній) і один центральний, з яких готували шліфи за стандартною методикою. (ГОСТ 3443-87, стандарт відповідає міжнародному стандарту ІСО 945-75) Характеристика включень графіту визначалась на нетравленому шліфі, а металевій основі – на шліфу після травлення при збільшеннях x100 і x500 на мікроскопі Neophot-21. [8, 9]. Структури фіксувались на цифрову фотокамеру. На рис. 3 приведені структури чавуну дослідних зразків.

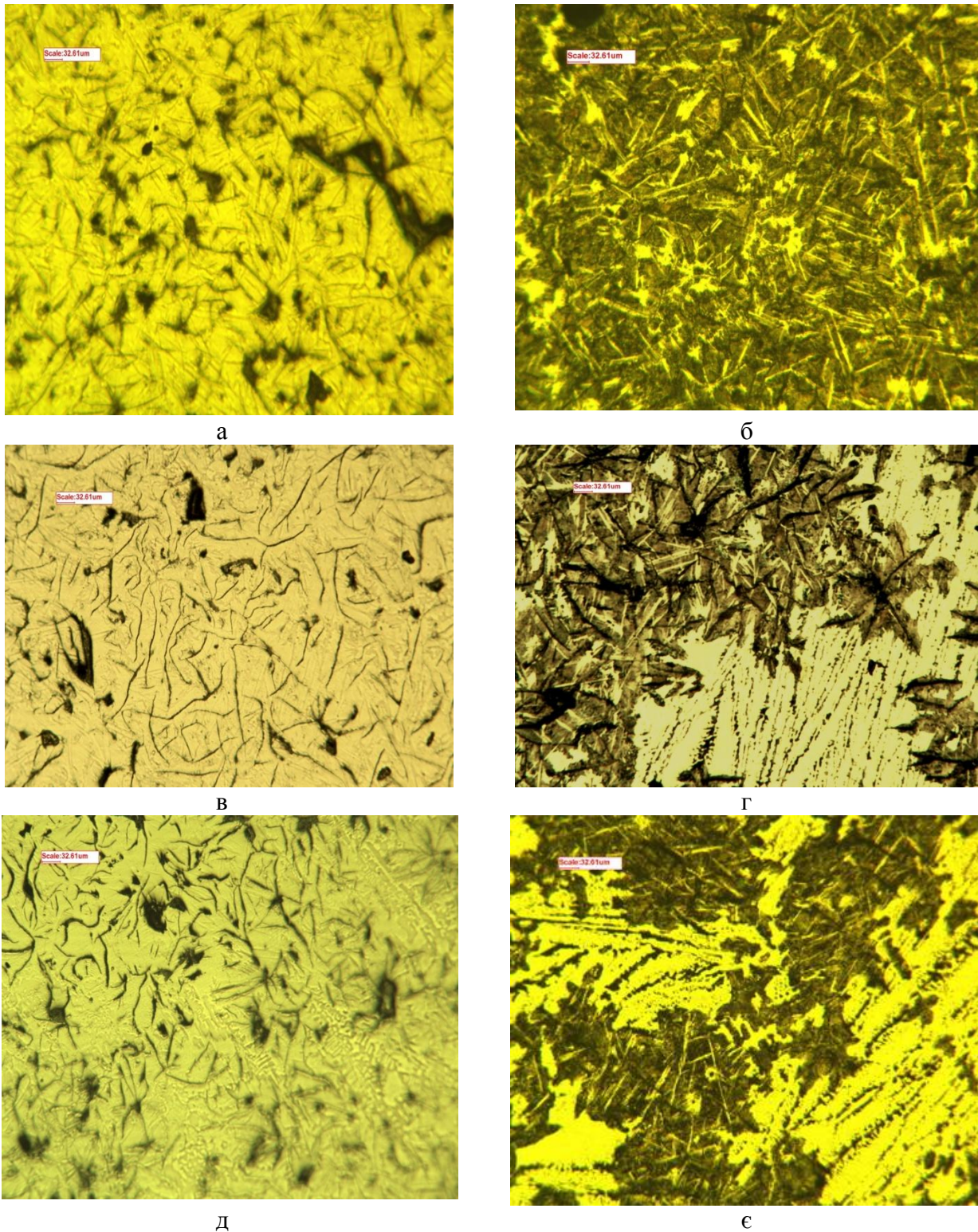


Рис. 3 Мікроструктура чавуну: дослідних зразків з обробкою електричним струмом: а) не травлені; б) травлені з прикладеним електричним струмом (сила струму 3А, скважність 1; в) не травлені, г) травлені; сила струму 3А, скважність 3; д) не травлені; е) травлені x100, без обробки електричним струмом.

Усі зразки мають мікроструктуру, характерну для сірого чавуну, а саме: велика кількість крупних включень мало розгалуженого, мало завихореного графіту; металева основа

характерна для доевтектоїдного чавуну: первинні дендрити аустеніту, перетворені на перліт, евтектичні колонії. Графіт у вихідних зразках пластинчастий завихрений ПГ4, довжина графітових включень ПГд90, розподілення нерівномірне. При кристалізації з прикладеним електричним струмом та сквапністю більш 1 розподілення графіту більш рівномірне, включення однорідні за розміром.

В центрі зразки мали перлітну структуру, на периферії – ледебурит. Евтектичне перетворення відбувалося на початку за стабільним механізмом, а наприкінці – за метастабільним. Така послідовність утворення евтектики характерна для половинчастого чавуну.

Порівняння зразків, через які в період тверднення пропускали електричний струм, з контрольними показує, що при проходженні струму дещо зменшується кількість ледебури-ту, укрупнюються евтектичні колонії, зменшується дисперсність перліту. Структура чавуну змінюється від П85(Ф15) до П45(Ф55). Це можна пояснити уповільненням тверднення зразків через виділення теплоти при проходженні струму.

У зразків з чавуну, що закристалізувався з прикладеним електричним струмом та сквапністю включення карбідів спостерігається практично рівномірно по всьому периметру шліфа, в зразках чавуну без обробки спостерігається концентрація карбідів поблизу серцевини шліфа і в поверхневому шарі.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень визначено, що електричний струм та сквапність впливають на процеси, що протікають при кристалізації чавуну. На результати обробки, як було встановлено, впливають не тільки сила струму, а й частотні характеристики. При використанні струму малої сквапності (1 меандр та більше) відбувається подрібнення зерна, змінюються форма, розміри і характер розподілення графітових включень. Використання електричного струму заданої сквапності та частоти може стати ефективним і мобільним інструментом управління цими процесами, однак практичне застосування цього методу потребує додаткових більш широких і точних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Специальные способы литья [Текст] : справочник / В. А. Ефимов, Г. А. Анисович, В. Н. Бабич [и др.] ; под общ. ред. В. А. Ефимов. – М. : Машиностроение, 1991. – 436 с.
2. Воздействие постоянного электрического тока на формирование поверхностного слоя отливки / И. Ф. Селянин [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. – 2012. – № 12. – С. 34–36.
3. Кольчурина И. Ю. Влияние внешних воздействий на микроструктуру кристаллизующегося сплава / И. Ю. Кольчурина, И. Ф. Селянин // Литейное производство. – 2009. – № 8. – С. 13–15.
4. Воздействие электрического тока на жидкий алюминиевый сплав / В. И. Якимов, Б. Н. Марьин, В. В. Зелинский [и др.] // Металлургия машиностроения. – 2003. – № 3. – С. 36–39.
5. Рыбкин В. А. Кристаллизация алюминиевого сплава под действием электрического тока / В. А. Рыбкин, С. Л. Тимченко // Литейное производство. – 2003. – № 10. – С. 17–19.
6. Тимченко С. Л. Влияние электрического тока на кристаллизацию алюминиевого сплава / С. Л. Тимченко, Н. А. Задорожний // Литейное производство. – 2005. – № 9. – С. 12–13.
7. Миненко Г. Н. Обработка электротокком модифицированного серого чугуна / Г. Н. Миненко // Литейное производство. – 2001. – № 2. – С. 11.
8. Гресс О. В. Дослідження дії електричного струму на процес кристалізації зливка / О. В. Гресс, А. І. Кобзева, С. А. Кенарейкін // Науковий вісник ДДМА. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 4 (25). – С. 44–49.
9. Межгосударственный стандарт, Отливки из чугуна с различной формой графита, официальное издание [электронный ресурс]: Москва – Режим доступа : <http://gostexpert.ru/gost/gost-3443-87>