

зерна», а для недендритної морфології α -фази, елементи якої суттєво меншого розміру ніж дендритні зерна, переважна кількість евтектики розташована «між зернами». При цьому потрібно також відзначити, що значення мікротвердості евтектики і α -фази недендритної глобулярної структури дещо більші за аналогічні величини дендритної структури.

Таким чином, експериментальні дослідження показали, що зміна структури первинної фази в алюмінієвому сплаві АК7ч від дендритної до недендритної сприяє певному зниженню коефіцієнта тертя. Оскільки на триботехнічні властивості досліджуваного алюмінієвого сплаву здебільшого впливають особливості і характеристики евтектики, а не первинної α -фази, то ймовірно, що одержаний результат коефіцієнта тертя можливо пояснити іншим характером розміщення евтектичної складової в сплаві з недендритною морфологією та дещо більшою величиною її мікротвердості, в порівнянні зі сплавом з дендритною структурою.

УДК 669.131.7:669.15:546.28

О. П. Нестерук, В. Б. Бубликов, Ю. Д. Бачинський, Н. П. Моїсєєва, С. М. Медвідь

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

otdel.vch@gmail.com

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОМІЦНИХ ЧАВУНІВ ПЕР- ЛІТНОГО КЛАСУ З ПІДВИЩЕНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Високоміцний чавун з кулястим графітом широко застосовується в сучасному обладнанні та конструкціях завдяки здатності покращувати їх техніко-економічні характеристики. Використання такого чавуну дає змогу зменшити масу литих деталей, підвищити їхню продуктивність, надійність і термін експлуатування, водночас скоротивши витрати ресурсів на виробництво. Попит на високоміцний чавун залишається актуальним в таких ключових галузях, як оборонна, енергетична та машинобудівна промисловість України. Проте зростають також і вимоги до якості металу і його механічних характеристик. На сьогодні більшість українських підприємств випускає лише одну марку високоміцного чавуну – ВЧ450-5 з мінімальним рівнем механічних властивостей ($\sigma_B \geq 450$ МПа, $\delta \geq 5$ %). Розробка і застосування нових марок високоміцного чавуну з поліп-

шеними експлуатаційними та міцнісними властивостями має великий інтерес у промислово-розвинених країнах і дуже часто цей конструкційний матеріал використовують для виготовлення відповідального литва.

На більшості підприємств України досі використовуються застарілі методи виробництва високоміцного чавуну з кулястим графітом. Зокрема, модифікування розплаву здійснюється у відкритих ковшах магнієвмісними лігатурами. Цей процес супроводжується великими викидами шкідливих речовин у повітря, оскільки при цьому згорає від 65 до 75 % введеного магнію. Крім того, така технологія є нестабільною, що іноді призводить до дефектності відливок через порушення структури металу. Недостатній рівень графітизувального ковшового модифікування проявляється через утворення в тонкостінних виливках структурно-вільного цементиту (відбілу). Для виправлення цієї ситуації необхідна додаткова енергозатратна термічна обробка (зазвичай відпал при температурі 920–950 °C).

Застосування високоефективного екологічного методу модифікування розплаву чавуну в передкристалізаційному періоді, який створює умови для формування у виливках подрібненої ізотропної мікроструктури з заданою металевою основою і включеннями кулястого графіту, запобігає утворенню структурно-вільного цементиту, усадкової пористості та інших ливарних дефектів, забезпечує у виливках оптимальне співвідношення міцнісних та пластичних властивостей і високу гідроцільність (~50 МПа).

Одним із перспективних напрямів удосконалення технології виробництва перлітного високоміцного чавуну з підвищеною пластичністю є використання для обробки розплаву феросиліцій-магнієвих лігатур, легованих кальцієм. Контроль вмісту сірки при виробництві високоміцного чавуну давно вважається важливим. Для уникнення проблем, пов'язаних із сіркою у високоміцному чавуні, необхідно регулярно вимірювати (аналізувати) вміст сірки в рідкому базовому чавуні перед обробкою. Для ефективного модифікування лігатурами масова частка сірки у вихідному чавуні повинна бути $0,01 \pm 0,002$ % [1,2]. Вище або нижче цих рівнів зростає ризик виникнення проблем. Дослідження показали, що додавання 4-5 мас. % кальцію до складу таких лігатур дозволяє підвищити ефективність модифікування на 20-30 %.

Завдяки високій хімічній активності кальцію до сірки та кисню, він ефективно очищує чавунний розплав від цих домішок, що сприяє кращому засвоєнню магнію. Це, у свою чергу, знижує переохолодження, яке зазвичай виникає під час введення модифікатора, і позитивно впливає на процес формування структури. Покращуються умови

зародження кулястого графіту під час затвердіння розплаву, що зменшує ризик утворення цементитної фази (відбілу) в тонких перетинах виливків і знижує об'ємну усадку.

Перевагами введення у чавунний розплав кальцію також є:

- зниження витрати дорогих імпорتنих модифікувальних сплавів;
- значне зниження схильності високоміцного чавуну до відбілу, що дозволяє ліквідувати операцію високотемпературного графітізуючого відпалу;
- зменшення величини об'ємної усадки, зниження маси живильних бобишок і загалом підвищення якості литих виробів.

Список літератури

1. Бубликов В.Б, Бачинський Ю. Д., Нестерук О. П. Одержання високоміцних чавунів перлітного класу з підвищеними технологічними і механічними властивостями. Процеси лиття. – 2024. – №1 (том 155). – С. 3-13.

2. Reginald D. Forrest. What is the optimum base sulfur content prior to nodulatisation? *The Sorelmetal Book of Ductile Iron*. – March 2006. – p. 95–96.

УДК 621.74

Д. А. Ніколаєв

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Харків

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВАГРАНОЧНОЇ ПЛАВКИ ЗА АНАЛІЗОМ ШЛАКУ

Об'єктом дослідження у роботі є температурний режим плавки у вагранці. Існуюча проблема полягає в тому, що через агресивне високотемпературне середовище неперервне вимірювання параметрів внутрішнього середовища в робочому просторі вагранки надто складне. Навіть за реалізацію такої можливості можуть виникати похибки першого та другого роду. Це викликає необхідність непрямого контролю температурного режиму, який міг би забезпечити рішення задачі ідентифікації – чи дійсно система контролю працює в штатному режимі та забезпечує задачі вимоги точності, чи має місце параметрична відмова по відповідному контуру контролю. Наявність зазначеної