

Графітізована сталь та перспективи її впровадження у виробництво

Вінницький національний технічний університет

Анотація В роботі проведено аналіз властивостей та переваг графітізованої сталі перед чавунами, дослідженні можливості легування та модифікування графітізованої сталі, режимів графітізуючого відпалу.

Ключові слова: Графітізована сталь, чавуни, модифікування, легування, графітізуючий відпал.

Abstract The robot analyzes the properties and advantages of graphitized steel over cast irons. research on alloying and modifying graphitized steel and graphitizing annealing modes.

Keywords: Graphitized steel, cast iron, modification, alloying, graphitizing annealing.

Вступ

Лита вуглецева сталь має у цілому високу якість фізико-механічних властивостей, однак її ливарні властивості й оброблюваність різанням значно нижча, ніж у більшості чавунів [1,2]. Відсутність графітної фази у ній не дозволяє використовувати її як антифрикційний матеріал [3]. Крім того, маловуглецева лита сталь не здатна піддаватися мартенситному гартуванню з метою підвищення її зносостійкості, і у цьому відношенні вона значно поступається значно більш зносостійким чавунам, особливо перлітним [3] та тим більш бейнітним чи вибіленим.

Графітізована сталь має ряд переваг перед графітізованими чавунами у тому числі ковкими та високоміцними, вона має більш високу міцності, ударну в'язкість та високі триботехнічні властивості, у процесі отримання виливків з графітізованої сталі не проводять обробку складними модифікаторами, тому що вона виходить автоматично вибіленою у литому стані, із-за низької суми вмісту вуглецю та кремнію.

Результати дослідження

Проведенні дослідження показали, що перша стадія графітізуючого відпалу внаслідок меншого вмісту цементиту у литому стані має, як правило, меншу тривалість [4, 5].

Підвищувати вміст вуглецю та кремнію вважалось небезпечним через можливість випадання евтектичного графіту у литому металі, особливо у товстостінних перетинах виливків.

Враховуючи ці фактори для рішення цієї задачі було розроблено два різних шляхи.

1. Модифікування висококремнистої сталі сілікокальцієм.

Досліди проводилися на сталі 174S2 (0,75% C, 2,0% Si). Сілікокальцій з 31% Са додавався у кількості 1,0% у рідкий метал перед заливанням форм, потім виконувалась гаряча вибивка виливків з металевого кокілю та гартування з «ливарного нагріву» виливків у киплячій воді.

Після цього робився графітізуючий відпал при 950 °С протягом однієї години, у результаті чого у нормалізованому металі цілком був відсутній надлишковий цементит.

Під впливом кальцію включення графіту отримували кулясту форму з характерною білою точкою у центрі глобули та ефектом «мальтійського хреста» під час вивчення мікроструктур у металомікроскопі у поляризованому світлі (при схрещених ніколях).

На рис. 1 представлена отримана мікроструктура, у якій більш великі глобулі зародилися у модифікованому сілікокальцієм металі ще у литому стані (отримали кулясту форму завдяки кальцієві) та підросли у процесі відпалу.

Дрібні глобулі зародилися під час відпалу, їх малий розмір та велика кількість є результатом високого вмісту кремнію у розробленій графітізованій сталі марки 175S2 [6]. На рис. 1 видно, що частина глобулей графіту оточена тонкою облямівкою фериту.

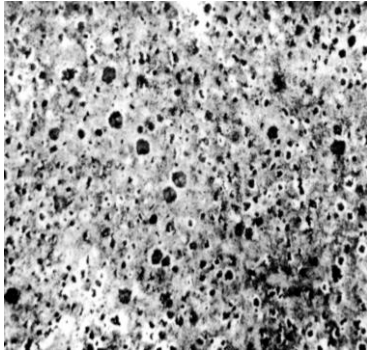


Рис. 1 Сорбіто – феритна графітизована Сталь марки 175S, модифікована кальцієм, що має дрібні компактні включення графіту, травлення ніталем; $\times 100$

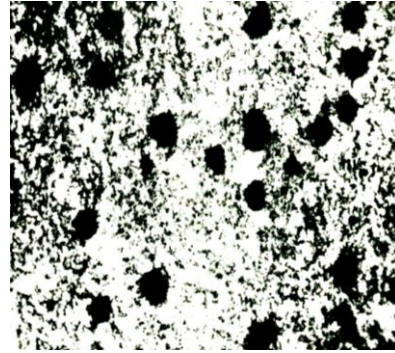


Рис. 2 Сорбітна сірчиста графітизована сталь марки 200S2, легована міддю, після двох годин відпалу при $950\text{ }^{\circ}\text{C}$, нормалізація в потоці повітря, травлення ніталем; $\times 400$

2. Легування висококремнистої сталі поверхнево-активними елементами та міддю.

В проведених дослідях в якості поверхнево-активного елемента використовували сірку, в результаті проведених досліджень виявлено, що графітизованій сталі сірка не гальмує першу стадію графітизації. Якщо немає необхідності у другій стадії графітизації у одержанні феритних структур, то вміст сірки у металі може бути збільшений без великого збитку для механічних властивостей, тому що:

- сірка сфероїдує включення вуглецю відпалу;
- компактні сульфідні включення типу Mn, виявляються оточеними графітною фазою і тим самим перестають бути концентраторами напружень, щодо металевої матриці графітизованої сталі, рис. 2.

Дослідження були проведені на сталі марки 200S2 (2,0% C, 2,0% Si), легованої 0,8% Cu та 0,3% S. Така сталь містить графіт та сульфідні, є антифрикційним матеріалом з гарними протизадирними та зносостійкими властивостями [7].

Гаряча вибивка сталевих виливків та самовідпал

Застосування хімічно твердіючих сумішей у ливарному виробництві дозволяють здійснювати гарячу вибивку та очищення виливків, а також використовувати ливарне нагрівання для самовідпалу графітизованих сталей. Відомо, що у звичайному білому чавуні з вмістом 0,5...1,5% Si спостерігається дефіцит центрів графітизації. У зв'язку з цим така технологія у виробництві звичайного ковкого чавуну не перспективна. У графітизованій сталі ця проблема, дефіциту центрів графітизації, відпадає внаслідок високого вмісту кремнію у них та високої концентрації центрів графітизації у металі.

Досліди були проведені на графітизованій сталі марки 175S3 (з 3,0% Si). Графітизована сталь має перевагу перед чавунами, тим що вона має більш високі температури ліквідусу та солідусу і тим самим, більший запас тепла для самовідпалу. Самовідпал виконувався у сталевих коробах, футерованих цеглинами з пористого вогнетриву, що забезпечує теплоізоляцію вибитих виливків протягом 2...3 годин, що виявилось достатнім для самовідпалу.

Висновки:

1. Розроблено методи одержання виробів з графітизованої сталі без застосування термообробки, за рахунок самовідпалу виливків під час охолодження, а також методи скорочення режимів графітизуючого відпалу.

2. У зв'язку з різким подорожчанням модифікування високоміцного чавуну сфероїдуєчими добавками графітизована сталь стає конкуренто здатною.

3. Графітизовану сталь також можна піддавати модифікуванню. Ефективним та недорогим є комплекс для модифікування Ca + B. Дещо дорожче модифікування PЗМ.

4. Могуть бути рекомендовані дві групи сплавів, що відрізняються за вмістом і рядом властивостей: типу 125S2 та типу 200S2 (або 175S3 після додаткової обробки).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Клочнев Н. И. Литейные свойства чугуна/ Н. И. Клочнев // – М.: Машиностроение. –1968. – 132 с.
2. Савуляк В. И. Стабильные технологии получения высокоуглеродистых износостойких сплавов с компактным графитом/ В. И. Савуляк, А. Б. Янченко // Міжнародна наукова-практична конференція «Інноваційні ресурсозберіжні матеріали та зміцнювані технології».– м. Маріуполь. – ДВІЗ «ПДТУ». –2012. – С.48 – 49.
3. Крагельский И. В. Трение и износ/ И. В. Крагельский // М.: Машиностроение. –1968. – 480с
4. Influence of silicon, copper and sulphur on the response to heat treatment of cast iron – carbon alloys with Compact – Graphite./A. A. Zhukov, A. K. Chakrabarti, S. C. Panigrahi, G. Laxminarayana, A. B. Yanchenko // Trans of Indian Institute of Foundrymen. – 1994. – vol. 4.– P. 109 – 116.
5. Zhukov A. A. Some peculiarities and new trends in ADI technology/ A. A. Zhukov, O. B. Yanchenko // Indian Foundry Journal. – 1992. – № 8. p. 17 – 22.
6. Zhukov A. A. East – West technology transfer. /A. A. Zhukov, A. B. Yanchenko // Cast Metals. – 1992. – vol. 5. – № 1. – P.57.
7. Жуков А. А. Графитизированная сталь, как заменитель высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. /А. А. Жуков, А. Б. Янченко// В кн., Международная научная конференция. «Антифрикционные и износостойкие чугуны». – Изд. АЛУ Украины. – 1992. – С.71.

Янченко Олександр Борисович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, 1961yab@gmail.com

Yanchenko Alexander B. – Ph.D. (Engineering), Senior Lecturer of Department of branch mechanical engineering, Vinnytsia National Technical University, Email: 1961yab@gmail.com.

Бондаренко Ірина Олексіївна група 13В-19м., факультет машинобудування та транспорту, Bondarenko Iryna O. – group 1ZV-19m., Faculty of Mechanical Engineering and Transport.