

УДК 621.91.01

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ КОРПУСІВ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ ДОЇЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

Савуляк В.І

Янченко О.Б

Вінницький національний технічний університет

Приведены результаты экспериментальных работ по внедрению энерго- и ресурсосберегающей технологии за счет использования влияния поверхностно-активных элементов на процессы кристаллизации и графитизации чугуна.

Определен химический состав, который позволяет стабильно получать отливки с заданными механическими свойствами, разработаны оптимальные режимы самоотжига чугуна для получения компактной формы графита.

Results over of experimental works are brought on introduction of technology of economy of energy and resources account of the use of influence of superficial - active elements on the processes of crystallization and graphitization of cast-iron.

Chemical composition that allows stably to get founding with the set mechanical properties is certain, the optimal modes of self-annealing of cast-iron are worked out for the receipt of compact form of graphite.

Сучасне машинобудування вимагає застосування матеріалів, що мають не тільки підвищену міцність, але і мають ряд властивостей, які забезпечують тривалу та надійну роботу виливків у жорстких умовах експлуатації. Одним із таких матеріалів є чавуни з компактною дисперсною формою графіту. За даними міжнародної організації ISSIM світове виробництво литва з високоміцного чавуну різних марок складає більше 40 млн. тонн в рік і до 2015 року прогнозується щорічне збільшення на 1млн. тонн. Проблемою в забезпеченні таких об'ємів литва є дефіцит модифікаторів, їх вартість, а також висока енергоємність процесів та їх технологічна нестабільність.

Підвищені вимоги до якості, експлуатаційних та службових характеристик чавунів вимагають постійного вдосконалення їх складу та технології виробництва. Від цього залежить збільшення терміну служби сучасного обладнання, машин і механізмів. У зв'язку з цим важливою є проблема підвищення зносостійкості, корозійностійкості, герметичності і ін., яка актуальна для тваринництва та багатьох інших галузей виробництва (гірничодобувної, металургійної, машинобудівної тощо).

Метою роботи є одержання виливків корпусів вакуумних насосів доїльного устаткування за енерго- та ресурсозбережною технологією з покращеними фізико-механічними властивостями.

При проведенні робіт за мету взяті такі завдання:

1. При зниженому вмісті марганцю у чавуні та підвищеному вмісті поверхнево-активного елементу сірки досягати відбілу чавунних виливків, що є необхідною передумовою успішного графітизуючого відпалу на високоміцний чавун, без використання модифікаторів та додаткового легування.

2. За рахунок використання самовідпалу з «ливарного нагріву», без проведення графітизуючого відпалу в печах, отримати компактну форму графіту.

Плавка проводилась в індукційній печі з кислим тиглем. Паралельно відливали клиноподібні проби, з яких виготовляли зразки для проведення механічних випробувань та мікрошліфи.

В таблиці 1 приведено хімічний склад експериментальних сплавів.

Відпал чавунних виливків сплаву 1, табл. 1 (рис.1,а) показав, що при температурі 950°C з тривалістю 1 год метал цілком графітизувався (рис. 1,б).

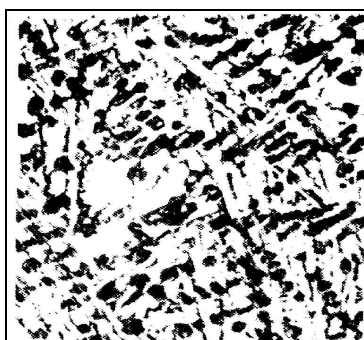
Але за рахунок підвищеного вмісту в ньому вуглецю та кремнію (в порівнянні зі звичайними ковкими чавунами) випадання фериту неможливо повністю запобігти навіть при різкій нормалізації (на повітрі із застосуванням обдування повітрям). Включення графіту за тієї ж причини мають несприятливу пластинчасту форму. Механічні властивості тому знижені ($\sigma_b \geq 360$ МПа; $\delta \leq 2,5\%$). Але для виливків корпусів вакуумних насосів ці властивості задовільняють технічним вимогам ($\sigma_b \geq 300$ МПа).

З метою стабілізації перлітної структури виливків та підвищення зносостійкості досліджували легування чавунів міддю (сплав 2, табл. 1). Але цей елемент помітно знижував якість відпалу чавуну [1,2].

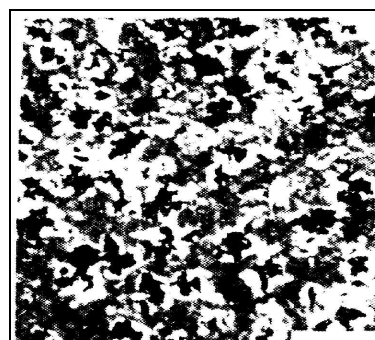
Перлітна структура матриці фіксується в чавуні вже при вмісті $\sim 0,3\%$ S (сплав 3, табл. 1). При вмісті 0,4 - 0,5% S перлітна структура зберігається навіть після охолодження чавуну з піччю після графітизуючого відпалу.

При цьому перліт сфероїдизується (рис.2) та ми отримуємо матеріал типу "Армастил" (закордонний сплав типу ковкого чавуну з матрицею зернистого перліту) [3]. Перевага запропонованого методу полягає в тому, що зернистий перліт утворюється без спеціальної додаткової термообробки тільки за рахунок впливу поверхнево – активного елемента сірки.

Високі механічні властивості такого матеріалу (сплав 4, табл.1) з компактними, а не пластинчастими включеннями вуглецю відпалу, однорідною структурою матриці, що складається з зернистого перліту та дрібних сульфідів, які важко відрізнити від гранул евтектоїдного цементиту. В дисперсному ледебуриті дрібні сульфіді спостерігаються як у ледебуритному аустеніті (перліті), так і у цементитній фазі. Після відпалу велика частина сульфідів знаходиться всередині графітних включень.



а)

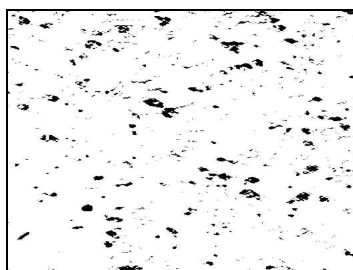


б)

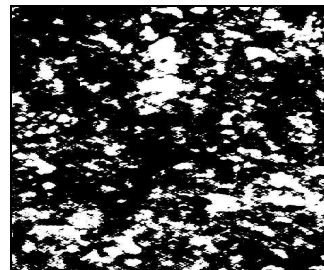
Рис. 1. Мікроструктура сплаву 1 – 1 ($\times 100$)

а) – після лиття в кокіль; б) – після відпалу при 950°C 2 год та швидкого охолодження на повітрі

При охолодженні виливків на повітрі після графітизуючого відпалу замість зернистого перліту утворюється дрібнопластинчастий чи сорбітоподібний евтектоїд, такий чавун має високі міцнісні та зностійкі властивості (сплав 5; табл.1).



а)



б)

Рис. 2. Мікроструктура сплаву 4
а) – литий стан без самовідпалу; б) – після самовідпалу

Таблиця 1

Вміст елементів у чавуні

Номер сплаву	Вміст елементів, %				
	C	Si	Mn	P	S
1	3,6	1,9	0,36	0,27	0,12
2	3,6	2,1	0,36	0,28	0,07
3	3,4	1,9	0,21	0,12	0,29
4	3,5	2,3	0,12	0,08	0,39
5	3,7	2,5	0,10	0,10	0,40
6	2,7	2,5	0,25	0,17	0,10
7	3,0	1,6	0,26	0,10	0,29
8	3,0	1,7	0,18	0,12	0,22
9	3,6	2,6	0,16	0,06	0,28
10	3,7	2,1	0,55	0,14	0,55

Примітки: 1. В сплаві 2 вміст 0,42% Cu;

2. Сплави містили не більше 0,05% Cr, 0,007% Ni, 0,0015% Al

Так в роботі [4] було показано, що при 0,8 - 1,1% S при кристалізації чавун, внаслідок наявності в ньому кремнію, зберігає здатність графітуватись при повільному охолодженні. На рис.3,а показана мікроструктура сплаву 6 у литому стані після дуже повільного затвердіння. Незважаючи на високий вміст сірки (1,1% S), чавун з 2,5% Si графітувався, хоча пластинки графіту за рахунок тензоактивних властивостей сірки утворилися дрібними та мають достатньо ступінь завихреності. Включення сульфідної фази в основному сфероїдизовані, причому у середині глобулей спостерігається ядро евтектичного аустеніту. Така форма евтектичного розпаду обумовлена тензоактивними властивостями сірки [5].

Цікаві результати дало дослідження сплаву 6, який швидко кристалізувався в кокіль. Графіту в ньому не було, ледебурит вийшов дрібнодисперсним з великою кількістю сульфідів. Після тривалого графітізуючого відпалу (8 год при 950°C) структура вийшла графітно - перлітною. Сульфіди виявилися усередині графітних включень, що обволокли ці сульфіди в процесі росту графітної фази. Компактність включень вуглецю відпалу виявилася недостатньою (рис. 3,б) при підвищеному вмісті кремнію в сплаві 6.

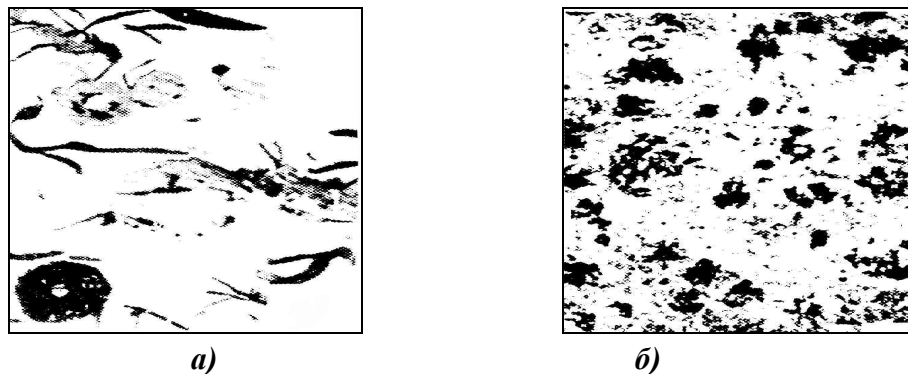


Рис. 3. Мікроструктура сплаву 6 ($\times 100$)

а) – після повільної кристалізації; б) – після кристалізації в кокіль та відпалу при 950°C, 8 год

За рахунок високого вмісту сірки та кремнію в сплаві 6 розчинність вуглецю в твердому металі та в його розплаві - знижена (табл.1). Триботехнічні властивості сплавів такого типу дуже високі [7].

Результати випробувань механічних властивостей приведені (табл.2).

Сульфідні включення у вибілених виливках дрібні, рівномірно розподілені як у евтектичному так і надлишковому аустеніті та в евтектичному цементиті. Після відпалу сульфідна фаза виявилася оточеною графітною оболонкою.

Таблиця 2

Результати випробувань механічних властивостей

Номер сплаву	σ_b , МПа	δ , %	НВ	Мікроструктура матриці
1	420	2	229	Перліт + ферит
2	420	3	241	Перліт
4	520	6	207	Зернистий перліт
5	570	1,6	241	Перліт
7	970 – 1170	-	207	Перліт
8	480 – 5600	1	255 – 269	Перліт
10	280 – 320	2,4 – 3,4	196	Перліт + ферит

При затвердінні чавуну білим цього немає, мікроліквація сірки відсутня [8]. Звідси і друга перевага впроваджуваного процесу - рівномірність механічних властивостей виливків.

Третя перевага - висока оброблюваність різанням чавуну [6, 7].

Четверта перевага - високі антифрикційні та протизадирні властивості чавунних виливків [6,7].

На відміну від фосфору, сірка не викликає явища відпускнуї крихкості, що спостерігається в чавунах з компактною формою графіту.

Проведені теоретичні розрахунки термічних полів за допомогою прикладних програм кінцево-елементного аналізу (рис.4) показали можливість реалізації самовідпалу заготовок, виготовлених за розробленою технологією отримання заготовок з чавунів з дрібнозернистим компактным графітом, для вакуумних насосів доїльного устаткування для обладнання тваринницьких ферм. На рис.5 показано графік остигання заготовок за умов їх ізоляції у спеціальних теплоізолюючих контейнерах.

Враховуючі отриманні данні розрахунків, які з допустимими відхиленнями співпадають з експериментальними даними, можна зробити висновок, що поверхнево-активний елемент сірка при кристалізації високовуглецевих сплавів на першому етапі кристалізації гальмує процес графітизації, а на другому етапі впливає на процес сфероїдизації вуглецю і за рахунок цього впливу ми отримуємо компактні включення графіту відпалу чи самовідпалу.

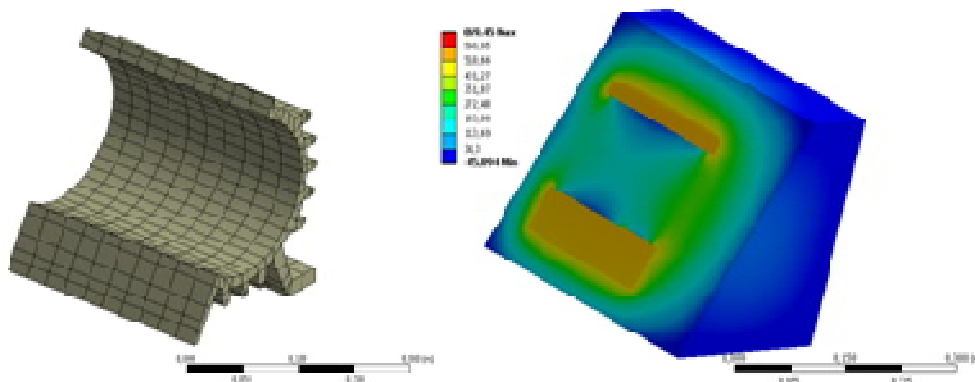


Рис. 4. Тепловий розрахунок корпусу насоса під час самовідпалу

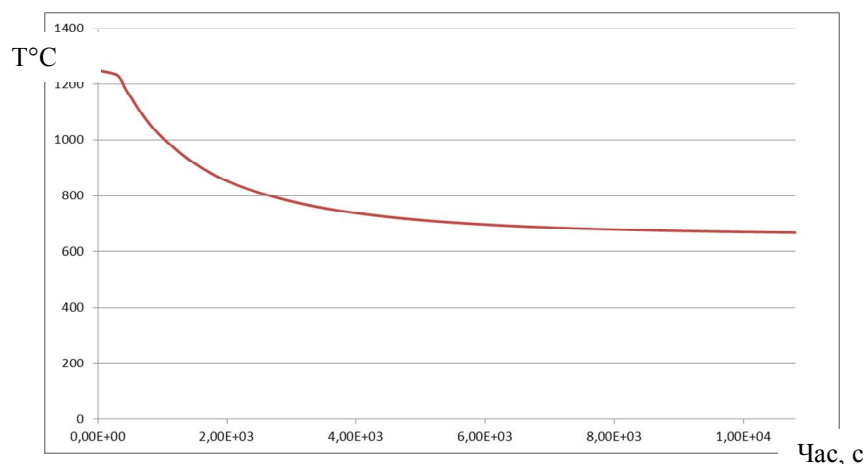


Рис. 5. Охолодження заготовок вакуумного насоса у теплоізолюючому контейнері

Висновки

В результаті проведених досліджень та проведення експериментальних робіт встановлено:

- використання у складі чавуну підвищеного вмісту поверхнево-активних елементів (сірки) та кремнію дозволило реалізувати стабільну енерго- та ресурсозбережну технологію лиття заготовок вакуумних насосів з компактним графітом у структурі та високими експлуатаційними властивостями.

Використання на ДП «45 ЕМЗ» запропонованої технології дало можливість зменшити відсоток бракованих виливок на 10%, підняти на 17% механічні властивості без погіршення оброблюваності виливків.

Література

1. Влияние меди и фосфора на обрабатываемость чугуна резанием и износостойкость [Текст]/А.А. Жуков, И.О. Пахнюций, О.Д. Опалихина, А.Б. Янченко// Международная конференция "Антифрикционные и износостойкие чугуны". Винница.- Изд. АЛУ.- 1992.- С.53-54.
2. Жуков, А.А. Антифрикционные теплостойкие чугуны с композиционной структурой [Текст] /А.А. Жуков, В.П. Половинчук, А.Б. Янченко// Межвузовский сборник "Проблемы литейного металловедения чугуна".- Набережные Челны. - Изд. Камского политехнического института. -1992.- С.21-28.
3. О повышении содержания серы в ковком чугуне [Текст]/Г.Ю. Шульте, Н.А. Гедеревич, А.Б. Янченко, А.А. Жуков, В.Е. Смалько// Литейное производство.- 1993.- №11.- С.11-12.
4. О сокращениях графита и сульфидов в сером чугуне [Текст]/ А.А. Жуков, С.М. Иваненко, В.А. Кузьменко, А.Б. Янченко // Изв. Вузов. Черная металлургия.- 1990.- №11.- С.77-78.
5. Флемингс, Ч. Процессы затвердевания (Solidification Processing) [Текст]: Пер. с англ.- М.: Мир.- 1977.- 423с.
6. Савуляк, В.І. Технологія стабільного забезпечення структури і експлуатаційних властивостей антифрикційних високовуглецевих сплавів зустрічним модифікуванням [Текст]/ В. І. Савуляк, О. Б. Янченко //Міжвузівський збірник. «Металургія та матеріалознавство». - Луцьк. - ЛНТУ Вип.31.-2011.- С.318-322.
7. Савуляк, В.И. Высокосернистые и серно-медистые антифрикционные чугуны улучшенной обрабатываемости резанием [Текст]/ В.И. Савуляк, А.А. Жуков, И.О. Пахнюций//Металловедение и термическая обработка металлов.- 1998.- №3.- С.3.
8. Савуляк, В.И. Стабильные технологии получения высокоуглеродистых износостойких сплавов с компактным графитом[Текст]/ В.И. Савуляк, А.Б.Янченко// Міжнародна наукова-практична конференція «Інноваційні ресурсозбережні матеріали та зміцнювальні технології».- м. Маріуполь.-ДВИЗ «ПДТУ». -2012.- С.48-49.