

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістрської роботи

рівень вищої освіти другий магістрський рівень

(перший (бакалаврський) рівень)

На тему: Технологічні особливості виробництва ковкого чавуну

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1361-мкм

Гнатишак А.Р.

(ПІБ)



(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

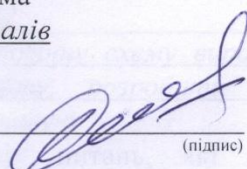
освітньо-професійна програма

Металургія кольорових металів

(шифр і назва)

Керівник Скачков В.О.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Запоріжжя - 2022 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
 ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий магістерський рівень
другий (магістерський) рівень

Спеціальність 136 металургія
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма металургія кольорових металів
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ

Ю.О. Белоконь

“ 10 ” 12 2022 року

ЗАВДАННЯ
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Гнатишак Андрій Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технологічні особливості виробництва ковкого чавуну

керівник роботи (проекту) Скачков Віктор Олексійович к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “04” 03 2020 року № 385-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 04.12.2022

3. Вихідні дані до роботи (проекта) розробити технологічну схему виробництва ковкого чавуну, визначити основні потреби матеріалу, розробити режими термообробки білого чавуну і оцінити властивості білого чавуну





4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік посилань.

Студент

Керівник проекту (роботи)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 11 слайдах (на 11 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	<i>Скачков В.О., доцент</i>	
<i>Розділ 2</i>	<i>Скачков В.О., доцент</i>	
<i>Розділ 3</i>	<i>Скачков В.О., доцент</i>	
<i>Розділ 4</i>	<i>Скачков В.О., доцент</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>05.09.- 29.09.2021</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>12-16.09.2021</i>	
3	<i>Розділ 1</i>	<i>10.09- 24.09.2022</i>	
4	<i>Розділ 2</i>	<i>25.09- 10.10.2021</i>	
4	<i>Розділ 3</i>	<i>28.11.2021</i>	
5	<i>Розділ 4</i>	<i>23-30.11.2021</i>	
6	<i>Висновки</i>	<i>04.12.2021</i>	

Студент _____


(підпис)

А.Р.Гнатюшак

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____


(підпис)

В.О Скачков

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гнатишак А.Р. Технологічні особливості виробництва ковкого чавуну

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 136 - Металургія, науковий керівник д.т.н., проф. В.О. Скачков. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Запорізького національного університету. Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, 2022.

Проведено аналіз схем та методів отримання ковкого чавуну. Встановлена залежність функціональних властивостей чавуну від фазової структури та розмірів фаз. Встановлено вплив модифікаторів на фазовий склад чавуну та структуру графіту а також встановлено термодинамічні умови фізико-хімічних процесів в процесі легування та розкислення чавуну.

Ключові слова: ЧАВУН, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ІНДУКЦІЙНА ПІЧ, РОЗКИСЛЕННЯ, ДОМІШКИ, КОВКИЙ ЧАВУН.

АНОТАЦІЇ

Аналіз процесів отримання ковкого чавуну в індукційних печах.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 136 – металургія, науковий керівник доктор технічних наук, професор В.А. Скачков. Інженерний інститут Запорізького національного університету. Металургійний факультет, кафедра металургії, 2020.

Проведено аналіз схем і методів отримання ковкого чавуну. Встановлено залежність функціональних властивостей чавуну від фазової структури і

розмірів фаз. Встановлено вплив модифікаторів на фазовий склад чавуну і структуру графіту, встановлено термодинамічні умови фізико-хімічних процесів в процесі легування і розкислення чавуну.

Ключові слова: ЧАВУН, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ІНДУКЦІЙНА ПІЧ, КИСЛОТНІСТЬ, ДОМІШКИ, ВИСОКОМІЦНЕ ЗАЛІЗО

ANNOTATION

Gnatishak A.R. Technological features of malleable chavun production

Qualification of the robot for the health step of the higher education of the master for the specialty 136 - Metallurgy, science kerivnik d.t.s., prof. V.A. Skachkov. Engineering Primary and Scientific Institute named after. Yu.M. Potebni. Zaporizhzhia National University. Department of metallurgical technologies, ecology and technogenic safety, 2022.

The analysis of schemes and methods for the production of malleable chavun was carried out. The staleness of the functional powers of the chavun in the phase structure of the phases has been established. The introduction of modifiers into the phase warehouse of chavun and the structure of graphite has been installed, as well as thermodynamic minds of physical and chemical processes have been installed in the process of alloying and deoxidation of chavun.

Key words: CHAVUN, MECHANICAL POWER, INDUCTION PICH, ROZISLENNIA, HOUSES, SMOOTH CHAVUN.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. Аналіз залізовуглецевих сплавів.....	9
1.1 Чавун: технологія, зі структурою, властивостями.....	9
1.2 Фазовий склад чавуну.....	12
1.3. Види і характерні властивості чавуну.....	14
1.4 Процеси легування і модифікації чавуну.....	20
1.5 Модифікація нанорозміру частинками карбіду	22
1.6 Вплив температурно-часових режимів на властивості чавуну.....	26
1.7 Види і технології лиття чавуну.....	28
Висновки до розділу 1.....	31
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ КОВКОГО ЧАВУНУ.....	31
2.1 Особливості отримання білого чавуну.....	31
2.2 Технологічна схема отримання виливків з ковкого чавуну.....	34
2.3 Формування структури ковкого чавуну.....	35
2.4 Методи прискорення відпалу білого чавуну.....	37
3 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА КОКИЛЬНОГО ЧАВУНУ.....	39
3.1 Залежність властивостей чавунного лиття від хімічного складу.....	39
3.2 Практика виплавки чавуну.....	41
3.2.1 Сировинні матеріали.....	41
3.2.2 Підготовка компонентів шихти до виплавки.	42

3.2.3	Виплавка.....	43
3.2. 4	Розлив чавуну.	44
3.2.5	Особливості технології плавки ковкого чавуну в індукційних тигельних печах.....	44
3.2.6	Розрахунок програми шихти для виплавки чавуну	46
3.3	Характеристики та сфери застосування ковкого чавуну.....	48
	Висновки до розділу 3.....	51
	РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	51
4.1	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів чавуноплавильного цеху	52
4.2	Заходи, щодо захисту від шкідливих і небезпечних чинників плавильного цеху	52
4.3	Виробнича санітарія основного приміщення цеху, побутових та допоміжних приміщень.....	53
4.4	Заходи з електробезпеки.....	56
4.5	Пожежна безпека.....	57
	Висновки по розділу 4.....	58
	загальні висновки.....	59
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60

ВСТУП

Чавун порівняно з вуглецевою сталлю характеризується кращими ливарними і гіршими пластичними властивостями.

Механічні властивості чавуну залежать від двох чинників: кількості, розміру, форми і розподілу графітових вкраплень; структури металевої основи.

Для отримання розплаву чавуну невеликих об'ємів можна використати індукційну піч. В процесі плавки в індукційних печах на розплавлений метал діють сили, викликані взаємодією струму, що проходить по індуктору і потоків, які індуються у розплавленому металі. Ці сили направлені радіально до центру розплавленого металу. Під їх дією метал витискується по вісі тигля вгору і вниз, створюючи активну циркуляцію, яка призводить до інтенсивного перемішування та забезпечує швидке одержання однорідного по складу сплаву.

Важливою особливістю індукційних печей є генерація тепла безпосередньо в металічній садці, а не передача його ззовні, що дає можливість нагріву металу до досить високих температур. Підвищення температур практично лімітується тільки стійкістю плавильного тигля і тепловіддачею випромінюванням в навколишнє середовище.

Особливості індукційного нагріву, згадані вище, дають можливість з успіхом проводити плавку металу не тільки у повітряній атмосфері, а і у вакуумі та в захисних атмосферах.

Мета роботи: надати аналіз конструктивно – технологічних схем та розробити технологію отримання високоміцного чавуну в печах з індукційним способом нагріву.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз схем та методів отримання ковкого чавуну.
2. Розробити технологічні варіанти отримання білого чавуну
3. Пропонуйте технологію і режими нудильного білого чавуну.
4. Розробити пропозиції щодо прискорення процесів знемагання білого чавуну.

Об'єкт дослідження: фізико-хімічні процеси та закономірності при виробництві ковкого чавуну.

Предмет дослідження: технологія процесу отримання ковкого чавуну та відливок з нього.

Методи дослідження: термодинамічний аналіз процесів відновлення оксидів, розрахункові методи складу шихтових матеріалів, режимів термообробки відливок з ковкого чавуну.

Наукова новизна:

1. Встановлена залежність функціональних властивостей чавуну від фазової структури та розмірів фаз.
2. Встановлено вплив модифікаторів на фазовий склад чавуну та структуру графіту.
3. Встановлено оптимальні режими знемагання білого чавуну.

Практичне значення:

1. Проведено вибір модифікаторів та запропоновано технологію виплавки білого чавуну.
2. Запропоновано варіанти термообробки відливок з білого чавуну.
3. Запропоновано нові сфери використання ковкого чавуну.

Апробація результатів роботи: результати досліджень, які включено до кваліфікаційної магістерської роботи, доповіли на конференції кафедри Металургії.

Відомості про публікації: основні результати роботи викладені в збірці магістерських робіт і статей, і 1 тезах конференцій.

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 32 найменувань, викладена на 61 сторінках машинописного тексту, включаючи 25 рисунків, 13 таблиць.

1. Аналіз залізовуглецевих сплавів

1.1 Чавун: технологія, зіструктурою, властивостями

С полавками заліза з вуглецем і рядом інших легуючих і модифікуючих елементів відносяться до категорії чавунних. Існує три групи чавуну, які є продуктами переробки залізної руди і вторинними металевими відходами з вмістом вуглецю понад 2, 14%.

Залежно від змісту графіту утворюється три види чавуну - доевтектичний, евтектичний і трансевтектичний.

Дейтектичні чавуни містять вуглець в межах від 2, 14 до 4, 3%. Доевтектичні чавуни мають структуру перліту, цементиту і ледебуриту.

Нугуни з вмістом вуглецю 4, 3% є евтектичними і представлені евтектикою - перлітовим ледебуритом.

Нугуни трансевтектичного типу містять вуглець в межах від 4, 3% до 6, 67%. Їх структура складена цементитом первинної і перлітової ледебу-рїти.

За типом виробництва чавуни бувають в основному доменними і вафельними. Доменні праски випускаються у вигляді лиття і переобладнання. Більша кількість доменних угунів випускаються у вигляді перерозподілу, призначених для переробки в сталь мартенівськими або конвертерними процесами. Доменні і вафельні чавуни використовуються для виробництва виливків і виробництва деталей з ковкого чавуну. Для виробництва ковкого чавуну необхідна їх спеціальна тонка настройка.

Вуглець в чавуні знаходиться у вільному і зв'язаному стані. Вільний вуглець в чавуні представлений включеннями графіту, які мають пластинчасту, кулясту, пластівчасту або вермикулярну форму. Основні види графітових включень представлені на рис. 1.1. Зв'язаний вуглець має форму хімічної сполуки Fe_3C - карбиду заліза (цементиту)..

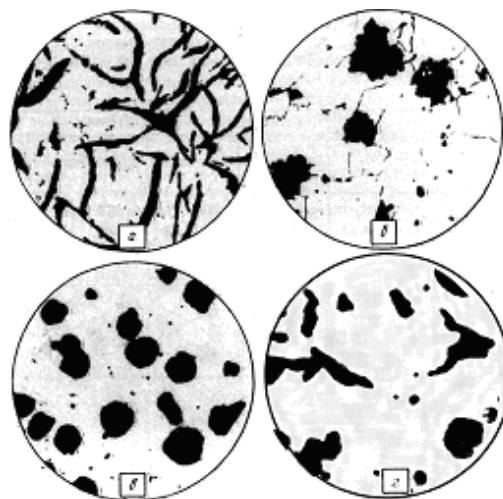


Рис. 1.1 Основними типами графітових включень є: (а) пластинчасті; б) пластівчасті форми; в) кулясті г) вермикулярні

Пластинчаста форма графіту грає роль концентраторів внутрішньо структурних напружень в чавуні. Цей факт призводить до значного зниження механічної міцності і пластичності чавуну в цілому. В результаті в чавунних деталях менш небезпечні різні порізи, пори, оболонки, неметалічні включення та інші структурні порушення. десятки деформацій і деформацій, що призводять до руйнування.

Механічні властивості високоякісних чавунів зі сферичною графітовою формою і ковкого чавуну з лушиться графітовою формою значно перевищують відповідні властивості чавунів з пластинчастою графітовою формою.

Збільшення вмісту вільного вуглецю в чавуні викликає підвищення ливарних характеристик чавуну, зниження температури переходу в рідкий стан, підвищення рідкої плинності і зниження кристалізаційної усадки. Цей факт призводить до виплавки з чавуну більш тонкостінного чавуну, меншої витрати металу на литники і прибутку. Сірий чавун - незамінний сплав для лиття машинобудівних деталей і вузлів, багатотонних рам верстатів, прокатних станів, великогабаритних установок і двигунів різного типу.

Механізми і синтетика процесу кристалізації чавуну безпосередньо залежать від вмісту вуглецю. Процеси кристалізації слідує структурному складу, відповідному залізовуглецевої діаграмі, рис. 1.2.

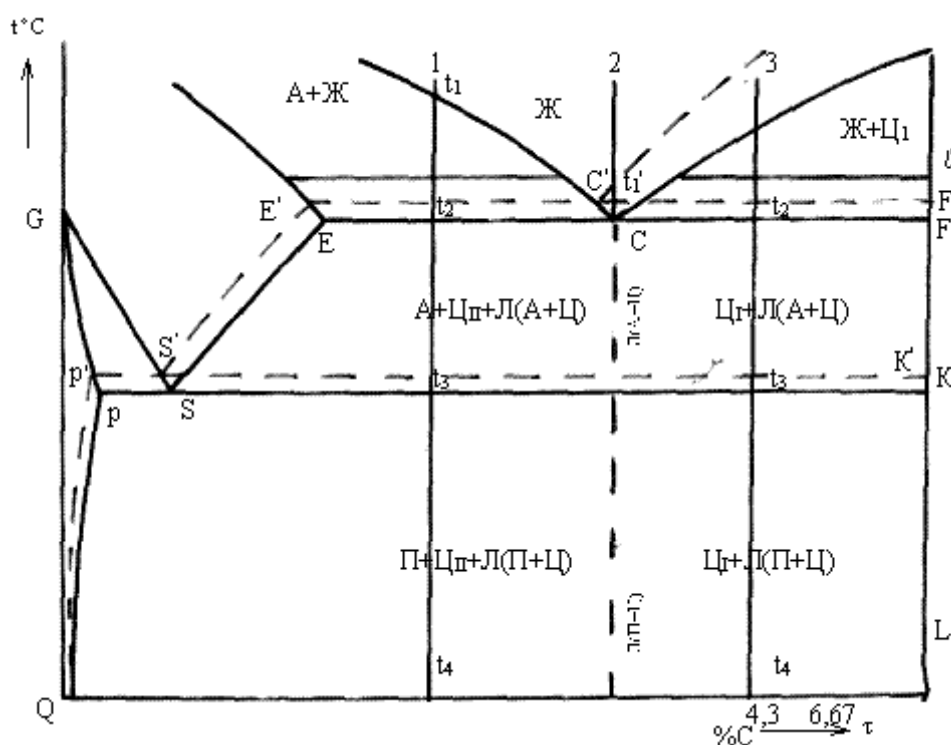


Рисунок 1.2. Кристалізована частина діаграми залізо-вуглець

У доевтектическом чавуні з вмістом графіту менше 4,3% кристалізація починається нижче лінії рідини з утворенням аустеніту. У міру зниження

температури кристалізації і утворення аустеніту рідкий розчин збагачується вуглецем, який при температурі 1147°C досягне значення 4,3%. Преевтектичні чавуни повністю кристалізуються в прямолінійному розрізі солідусної лінії E-Ф з одночасним утворенням аустеніту, цементиту і ледебуриту.

Кристалізація евтектичного чавуну а, що містить 4,3% вуглецю, відбувається при постійній температурі 1147°C з утворенням евтектики. Евтектика складається з надзвичайно насиченого вуглецем аустеніту (2,14%) і цементиту (див. рис. 1.2).

Кристалізація трансевтектичних чавунів більш складна. Початок кристалізації трансевтектичних чавунів відповідає лінії рідини з виділенням з рідкого розплаву тонких пластинчастих кристалів первинного цементу. При зниженні температури в складі розплаву вміст вуглецю зменшується по лінії рідини. При температурі 1147°C При концентрації вуглецю в рідкому сплаві досягне евтектичного значення 4,3%, при цьому розплав застигає з утворенням евтектики - ледебурита.

У тій же лінії солідуса сплави заліза знаходяться в твердому стані і подальші структурні перетворення зі зниженням температури обумовлені поліморфізмом заліза, а також зміною розчинності вуглецю в $\gamma\text{-Fe}$ і $\alpha\text{-Fe}$.

При температурі 727°C аустеніт, що містить 0,8% вуглецю, розпадається з назвою перліта. Структура чавуну в литві може бути змінена подальшою термічною обробкою.

1.2 Фазовий склад чавуну

До фаз сну, що входять до складу структур різних чавунів, крім графіту, відносяться ферит, цементит, перліт, аустеніт, ледебурит. У чавуні він існує у вигляді α , γ і δ - аллотропних модифікацій, що відрізняються кристалічною структурою і магнітними властивостями.

Ферит являє собою твердий розчин вуглецю (до 0, 02%) в α залізі і існує від 0° до 910° . До температури 769°C ферит має магнітні властивості. У температурному діапазоні від 910°C до 1392°C ферит переводить його на γ - залізо - аустеніт. У температурному діапазоні від 1392°C до 1539°C утворюється стійка δ -залізо. Кремній, марганець, фосфор та інші елементи також розчиняються в фериті. Чистий ферит м'який і пластичний, деякі легуючі елементи підвищують його міцність, твердість, крихкість.

Цементит - це хімічна сполука карбиду заліза (Fe_3C), що містить 9,33% заліза і 6,67% вуглецю. Цементит - найтвердіший і крихкий компонент чавуну.

Перліт - це евтектидна хімічна суміш цементиту і фериту. Цементитові астики в пластичній масі фериту надають цій механічній суміші високі властивості міцності. Перліт містить 0,83% вуглецю. Аустеніт - це твердий розчин вуглецю в γ заліза. Аустеніт не має магнітних властивостей. Ледебурит утворюється при температурі нижче 1145°C і утворює евтектичну механічну суміш аустеніту і цементиту (див. рис. 1.3). Вміст вуглецю в ледебуриті становить 4,3%. При нормальній температурі ледебурит являє собою суміш цементиту і перліту.

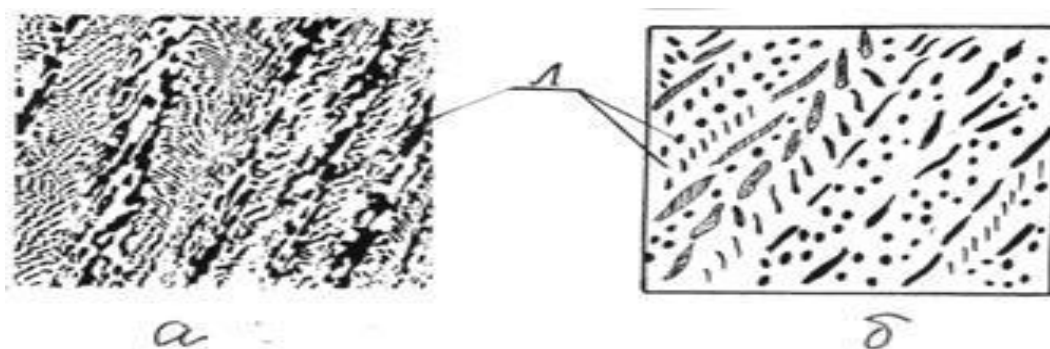
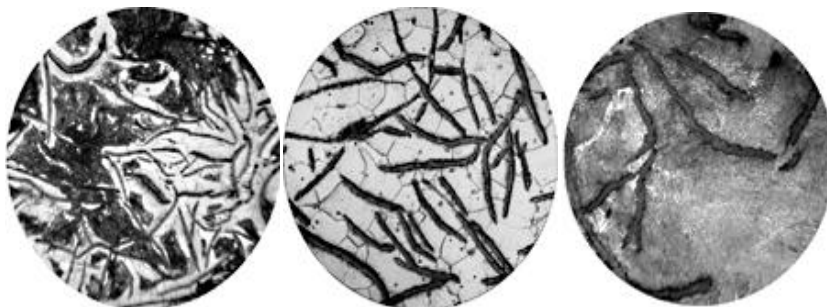


Рисунок 1.3 Мікроструктура ледебурита (а) та його схематичне зображення (б)
 Мартенсит має голчасту мікроструктуру, що надає сплаву дуже високу твердість. Мартенсит являє собою твердий перенасичений розчин вуглецю в α залізом. На формування структури чавунних виливків впливає хімічний склад чавуну, температура перегріву перед заливкою в форму і швидкість охолодження виливки в форму.

1.3. Види і характерні властивості чавуну

За хімічним складом всі види чавуну діляться на нелеговані і леговані. У поширенні чугу-нахміститься в межах 2, 4-3, 6% вуглецю, 0, 5-3% кремнію, 0, 2-1, 0% марганцю, 0, 0 4-0, 8% фосфору, 0, 02-0, 2% сірки, решта, до 100%, - залізо. Основні і легуючі хімічні елементи по-різному впливають на процес графітизації чавуну. До легуючих хімічних елементів часто відносять Al, C, Si, Ti, Ni, Cu, P, Co, Zr, Nb, W, Mn, Mo, S, S, Sg, V, Te, Mg, Sr, B. У всіх видах чавуну вуглець і кремній мають сильну графітизуючу дію, марганець і сірка сильно гальмують виділення вільного графіту. При однаковому вмісті вуглецю в межах 3, 0% і вмісті кремнію не вище 0, 8%, підлога може бути білим чавуном. Перлітовий чавун можна отримати з вмістом Si в межах від 1, 1 до 2% і при збільшенні його вмісту вище 2, 8%, утворюється сірий феритний чавун. Регулюючи загальну кількість вуглецю і кремнію в чавунному розплаві, а також змінюючи швидкість охолодження розплавленого в прес-формі, можна отримати виливки з різною структурою. При міцному чавуні має злегка міцну металеву основу, яка ослаблена високим вмістом великих включень пластинчастого графіту (див. рис. 1. 4). Основні переваги сірого чавуну засновані на легкому виробництві, володінні хорошими ливарними властивостями і невисокою вартістю.



а)

б)

в)

Рисунок.1. 4 Металеві фази та сірий чавун

(а) перліт; б) пірит-перліт; в). Ферритний

Від структури сірого перліто-феритового чавуну, він відрізняється тим, що в перлітовій металевій основі, в якій розташовані невеликі пластини графіту, утворюються феритові включення (див. рис. 1.4). Сірий і ферит-феритовий чавун використовується для виготовлення різноманітних деталей автомобілів і тракторів, вузлів і елементів верстатів, побутової техніки. Такий чавун характеризується досить високою міцністю і володіє хорошими ливарними властивостями.

Чавун характеризується високими міцними властивостями, в його структурі відсутній ферит, а графіт міститься в менших кількостях при менших геометричних розмірах (див. рис. 1.4)». Сірий чавун використовується для виробництва навантажених кгн п ногабаритичних заготовок - деталей компресорів, турбін, вузлів і вузлів для тепловозів, насос [14].

Функціональні властивості - пластичність сірого чавуну методами модифікації, легування і термічної обробки ВООЗ можна наблизити до властивостей сталі і одночасним збереженням кращих ливарних характеристик. Основні властивості сірого чавуну представлені в табл. 1.1.

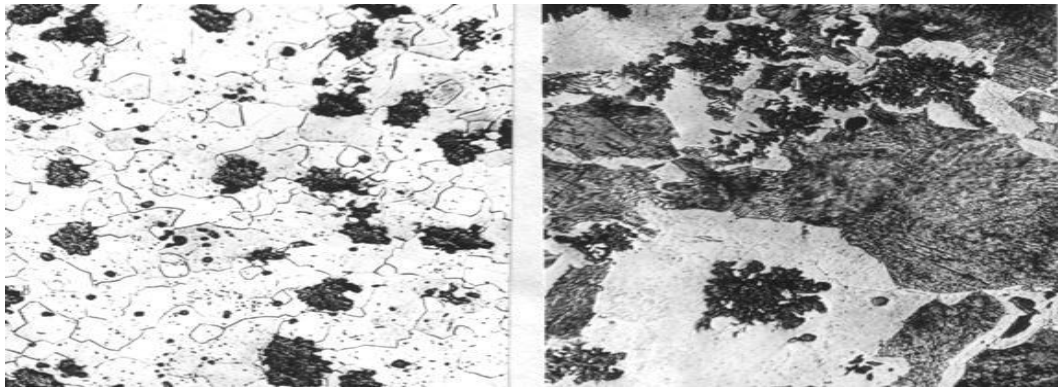
Таблиця 1.1 Органічний склад і міцність основних марок сірого чавуну

марки чавуну	СЧ 10	СЧ 15	СЧ 20	СЧ 25	СЧ 30	СЧ 35
Міцність - σ_B , МПа	100	150	200	250	300	350
Вуглець, С	3,5–3,7	3,5–3,7	3,3–3,5	3,2–3,4	3,0–3,2	2,9–3,0
Кремній, Si	2,2–2,6	2,0 – 2,4	1,4 – 2,4	1,4 – 2,2	1,3 – 1,9	1,2 – 1,5
Марганець, Mn	0,5–0,8	0,5–0,8	0,7–1,0	0,7–1,0	0,7–1,0	0,7–1,0
Фосфор, П	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Сірка, С	0,15	0,15	0,15	0,15	0,12	0,12

«Білий» чавун не містить в структурі вільного графіту. Фазовий склад білого чавуну складається з перліту і цементиту, має білий, блискучий злам. Такий склад білого чавуну надає йому досить високу твердість і міцність кістки, хорошу стійкість до всіх видів зносу. Такі властивості білого чавуну дозволяють відливати такі деталі, як леза і щоки кам'яних дробарок, зірочки і кульки для вилучення металевих деталей в барабанах латів і т. Д.

Структура і фазовий склад білого чавуну формується з низьким вмістом в ньому кремнію, вуглецю і графітуючих елементів. Формуванню такої структури сприяє також швидке охолодження виливків. Цей факт використовується у виробництві спеціальних видів деталей, таких як прокатні рулони, які використовуються для обробки металу, при виробництві паперу і картону. При виробництві таких виробів необхідно вживати спеціальних заходів для того, щоб в таких виливках, званих вибіленими, серцевина мала сіру структуру, досить в'язкого чавуну. Така макро структура виробів дозволяє витримувати ударні навантаження, а робочий поверхневий шар відмінно витримує процеси тертя. Набагато частіше в якості основи для переробки в ковкий чавун (КЧ) використовується білий чавун, з якого виготовляють багато високонавантажених деталей машин і механізмів. Термін «ковкий» чавун обумовлений його набагато більшою пластичністю і в'язомдокістки в порівнянні з сірим чавуном. Структура технології отримання ковкого чавуну полягає в литті частини білого чавуну з подальшою, досить тривалою, термічною обробкою. В процесі термічної обробки розкладається основна фаза білого чавуну - цементит з осадженням графітової фази в пластівчастої формі. При роботі за технологією лиття деталей з ковкого чавуну необхідно враховувати велику усадку білого чавуну. В цьому випадку необхідно забезпечити спеціальний відволікаючий прибуток в наповнювальних формах для подачі масивних елементів виливків. Ці особливості істотно обмежують сферу застосування даного процесу для лиття деталей з ковкого чавуну.

Хімічний склад білого чавуну і режими відпалу дозволяють отримати дві основні різновиди ковкого чавуну з металофазними конструкціями на ферритній і перлітовій основі. На рис. На рисунку 1.6 представлена мікроструктура двох видів ковкого чавуну на феритних (F) і перлітових (P) основах.



а)

б)

Рис. 1.6. Два види мікроструктури ковкого чавуну: **(а)** феритна основа;
б) перлітна основа.

Всі різновиди ковкого чавуну мають пластівчасту форму графіту. Ця структура визначає властивості ковкого чугуна як проміжного між сірим чавуном і сталлю. Досить високі механічні властивості ковкого чавуну в поєднанні з хорошою плинністю зумовили їх використання для виготовлення широкого асортименту дрібних, тонкостінних виливків для автомобілів, тракторів, сільсько господарських машин, а також конструкційної арматури та інших деталей серійного виробництва.

Таблиця 1.2. Механічні з різноманітними ковкими основних марок

Марки чавуну	КЧ 30-6	КЧ 35-10	КЧ 45-7	КЧ 55-4	КЧ 65-3	КЧ 70-2	КЧ 80-1,5
Міцність, МПа	294	333	441	539	637	686	784
Пластичність, %	6	10	7	4	3	2	1,5
Твердість, НВ	140	140	170	210	240	260	295

Ковкий чавун високого типу має хорошу пластичність, успішно витримує ударні навантаження. Перлітовий ковкий чавун має високу міцність і зносостійкість. Підвищення і жаро міцність досягається спеціальним легуванням. Пластичність перлітового чавуну знаходиться на середньому рівні.

Ковкий чавун маркується двома буквами КЧ і двома цифрами - перша відповідає тимчасовому опору, друга - відносному подовженню, %. Ковкий чавун використовується для лиття дрібних, тонкостінних деталей для різних типів машин, механізмів і автомобілів.

Високоміцний чавун має кулясту форму графіту (рис. 1.7). У порівнянні з виливками КСН, в порівнянні з КСн, випромінювання виливків обмежується товщиною стінок і масою виливків.

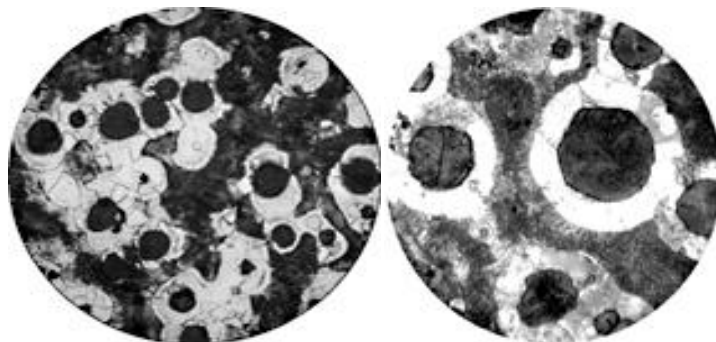


Рис. 1.7 Мікроструктури високоміцного чавуну

Високоміцний чавун маркується буквами ВЧ і цифрою, яка вказує на величину тимчасової соп-ротівації при розтягуванні. В даний час широко застосовуються спеціальні антифрикційні чавуни. Антифрикційні чавуни мають або перлітову, або перліто-феритну металеву основу і містять легуючі добавки на основі міді, хрому а, нікелю, титануа, алюмінію та ін. Антифрикційні чавуни є повною заміною більш дорогимі дефіцитним сплавам кольорових металів, які працюють в умовах тертя зі збільшеними швидкостями ковзання.

Високоміцний чавун зі сферичним графітом використовується для виробництва важких виливків відповідального призначення - високо навантажених колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання, деталей турбін, прокатних валків і т. Д, які експлуатуються в умовах ударних, змінних навантажень.

Високоміцний чавун наведено в таблиці 1.2, а вихіднийсклад - в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 .. Механічні властивості високоміцного чавуну

Марки чавуна	ВЧ 35	ВЧ 40	ВЧ 45	ВЧ 50	ВЧ 60	ВЧ 70	ВЧ 80
Міцність, σ_b , МПа	350	400	450	500	600	700	800
Межа плинності $\sigma_{0,2}$, МПа	220	250	310	320	370	420	480
Подовження δ , %	22	15	10	7	3	2	2
Твердість, НВ	155	170	182	200	230	280	305

Таблиця 1.4 . Хімія високоміцного чавуну (%wt.)

Марки чавуна	З	Так	Пн	Р	S	Крб
ВЧ 35	3,3-3,8	1,9-2,9	0.2-0.6	0,1	0,02	0,05
ВЧ 40	3,3-3,8	1,9-2,9	0.2-0.6	0,1	0,02	0,1
ВЧ 45	3,3-3,8	1,9-2,9	0.3-0.6	0,1	0,02	0,1
ВЧ 50	3,2-3,7	1,9-2,9	0.3-0.7	0,1	0,02	0,15
ВЧ 60	3,2-3,6	2,4-2,6	0.4-0.7	0,1	0,02	0,15
ВЧ 70	3,2-3,6	2,6-2,9	0.4-0.7	0,1	0,015	0,15
ВЧ 80	3,2-3,6	2,6-2,9	0.4-0.7	0,1	0,01	0,15

В даний час часто використовується чавун з вермикулярним графітом. Такі чавуни мають переважно феритне ядро яйцеклітин (рис. 1.1). Вермикулярний тип графіту займає проміжне положення між пластинчастим (див. рис. 1.1а), пластівчастим (див. рис. 1.1б) і сферичним видом (рис. 1.1с). Ця структура чавуну з вермикулярним графітом забезпечує більш високі міцнісні властивості, ніж у чавуну з пластинчастим графітом, але набагато нижче, ніж у високоміцного чавуну зі сферичним графітом.

Чавун з вермикулярним графітом зазвичай виплавляють з чистих шихтових матеріалів з досить невеликою кількістю сірки. При виплавці чавуну з вермикулярним графітом застосовують модифікатори, які в невеликих кількостях містять магній, ванадій, мідь, титан.

1.4 Процеси легування і модифікації чавуну

Легування чавуну застосовується для підвищення їх функціональних характеристик - міцності, зносостійкості, стійкості до корозії в агресивних середовищах, термохімічної стійкості та ін. Використовуються низько- і високолеговані хромові, кременисті, алюмінієві, марганцеві і нікелеві чавуни. При виробництві великогабаритних виливків з чавуну зі сферичним графітом використовується модифікація з металевим магнієм. Магній і сплави на його

основі є досить економічними сфероїдизаторами [1]. Магній використовується як метал, в складі сплавів або брикетів [2]. Модифікація з магнієвим металом обмежена складністю технології його застосування. З поліпшенням структури і властивостей чавуну забезпечується модифікація з рідкоземельними металами. Модифікація сірого чавуну здійснюється в основному рідкоземельними металами і магнієм. Все частіше використовуються специфічні модифікатори на основі рідкоземельних металів [3, 4]. Досить часто для модифікації великогабаритних виливків використовуються модифікуючі добавки, які застосовуються як для грубого, так і для високоміцного чавуну в [5]. Досить часто використовуються сплави рідкоземельних металів з добавками церію або ітрію. Ці складні модифікатори коштують дорого і роблять істотний вплив на виробництво карбідної фази в структурі високоміцного чавуну. Сірий чавун з пластинчастим графітом, легований великою кількістю компонентів, набуває безліч особливих властивостей. Електромагнітні виливки для електротехніки з аустенітною структурою металевої основи відливають з чавуну, що містить близько 7, 0% марганцю і до 12% нікелю. Для лиття корозіоностійких частин хімічного машинобудування, що працюють в умовах впливу сірчаної, оцтової, мурашиної кислот, їдкого натру, деяких солей і лугів, а також морської води, використовується чавун, легований молібденом, міддю, нікелем і хромом. Модифікація чавуну полягає в тому, що при литті чавуну вводяться добавки-модифікатори, що забезпечують шліфування структур чавунних компонентів або зміна форми графітових включень. Без введення модифікаторів в структуру чавуну в процесі кристалізації утворюється цементит. Введений модифікатор прискорює процес графітизації, в той час як графіт у вигляді дрібних включень. В результаті досягаються більш високі механічні властивості ливарного металу, а армуючий ефект графітових включень менш виражений. Виливки з високоміцного чавуну, модифіковані шляхом введення в розплав чавуну і модифікаторів на основі Mg, Ca, Li, Na і ін., Мають кулясту форму графіту. Найбільш ефективна модифікація сірого чавуну з

магнієм або його сплавами, під впливом якої графіт, що виділяється при кристалізації лиття, набуває сферичну форму, а чавун стає високоміцним (ВЧ).

Найбільше застосування отримав магній, при вмісті якого в межах 0,03-0,05% графіт утворюється у вигляді сферичних включень. Такий чавун називається магнієвим. Магнієвий чавун за механічними характеристиками близький до конструкційних вуглецевих сталей, при цьому він має ряд переваг: дешевше, плавиться при більш низькій температурі, має більш високі ливарні властивості, менш схильний до розтріскування, горіння, має меншу щільність і краще обробляється різанням. Для отримання виливків з високоміцного чавуну зі сферичним графітом використовується модифікація церію, яка вводиться у вигляді невеликих шматочків безпосередньо в ковш. Витрата церію становить не більше 0,3% від маси розплаву чавуну. За функціональними характеристиками церій чавун перевершує магнієвий чавун. В даний час використовується і чавун, модифікований невеликими кількостями рідкоземельних елементів. Області застосування низьколегованого чавуну дуже різноманітні. Так, з чавуну, легovanого разом з нікелем (до 1,75%), хромом (до 0,8%) і вольфрамом (0,2%), відливають штампи; чавун з одновідсотковим нікелем і 0,25% Cr — основні деталі високоточних металорізальних верстатів; з чавуну, складно легovanаних Ni, Cr, Mo і Cu, - циліндрів автомобільних двигунів і т.д.[14]

1.5 Модифікація нанорозміру частинками карбїду

В даний час використання наноматеріалів в металургії для підвищення якості продукції викликає великий інтерес. Нанорозмірні тугоплавкі частинки, які використовуються в якості модифікаторів, можуть служити центрами зародження в процесі кристалізації і блокувати дифузію атомів до зароджуються і ростуть до кристалів, сповільнюючи їх зростання [6,7,13]. Експериментально доведено вплив збільшення кількості зародків на одиницю об'єму розплаву на подрібнення кристалів і підвищення механічної характеристики металу[8,9]]. В цьому випадку необхідно збільшити кількість

кристалізаційних мікробів в сплавах. Обробка в високоенергетичних активаторах планетарного типу дає можливість активувати нанопорошкові частинки, а додаткове облицювання частинками дає можливість отримати модифікатори, які змочуються розплавами [10-11]. Незважаючи на велику кількість різних модифікаторів, актуальними є питання отримання модифікаторів на основі тугоплавких нанодисперсних частинок. Нанодисперсні порошки карбідів вольфраму і титану складу WC:TiC = 70:30 найкраще отримати методом SHS з подальшою механічною активацією [12,13]. Керамічні матеріали на основі карбідів злегка змочуються розплавами чавуну. З метою підвищення процесів змочування розплавами чавуну порошки додатково обробляють в активаторах з металами протектора хрому і лі-міді. За наведеною схемою були отримані модифікації складу: (WC, TiC) / Cr / Cu : 50/50 / 0 (модифікатор M1) і (WC, TiC) / Cr / Cu : 25/25 / 50 (модифікатор M2). Модифікатори застосовувалися у вигляді порошків з концентрацією керамічної фази в межах 0,01-0,2% [12, 13]. Процес модифікації здійснюється як в прес-формі, так і в ковші. Прес-форми були виготовлені з формувальних матеріалів на основі піщано-глиниста суміш (ПГС) і холодотвердуюча суміш (ХТК). Процес модифікації здійснюється при заливці в ковш форми ілі, шляхом укладання модифікатора в алюмінієву фольгу.

Хімічний склад чавунного зразка без модифікатора представлений в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 Хімічний склад немодифікованого чавуну

Елементи	C	Si	Mn	P	S	Ti	Cu	W
Масова частка, %	3,27	1,92	0,68	0,56	0,14	0,09	0,022	0,017

Процес модифікації, склад, кількість модифікатора і спосіб введення представлені в таблиці 3. 2: зразок 1 - контроль без модифікатора, зразки 2-4 - з модифікатором M2, зразок 5 - з модифікатором M1.

Таблиця 1.6 Параметри процесу модифікації

Номер	Назва	Склад (WC,TiC)/Cr/Cu, %	Концентрація керамічної фази	Спосіб введення
1	-	-	-	-
2	M2	25/25/50	0,33	Форма
3	M2	25/25/50	0,013	Форма
4	M2	25/25/50	0,034	Ковш
5	M1	50/50/00	0,062	Ковш

Основні властивості зразків модифікованого чавуну

зразків наведені в таблиці 1. 7.

Таблиця 1.7 Основні функціональні властивості зразків чавуну

Номер	Межа міцності, МПа	Твердість, одиниць НВW	Зміна міцності, %	Зміна твердості, %	Зміна відносної корозійної стійкості
1	178	177	0	0	0
2	211	166	18,5	6,6	13,7
3	209	197	17,4	11,3	7,2
4	190	182	6,72	2,8	4,1
5	180	194	1,1	9,6	7,6

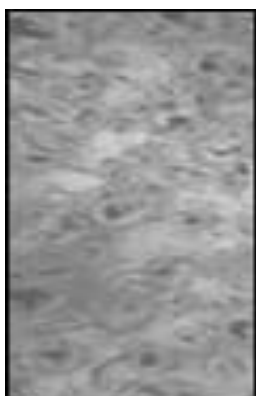
Приріст міцності на розрив склав від 1, 1 до 18, 5%, приріст твердості по Брінеллю склав з 2, 8 до 11, 3. Корозійна стійкість зросла з 7, 2 до 44, 1%. При модифікації в ковші були отримані максимальні значення корозійної стійкості в межах 37, 6 і 44, 1%.

На рис. 1.8-1.9 представлена мікроструктура немодифікованих і модифікованих зразків чавуну.

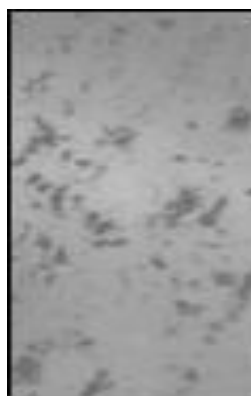


X 400

Рисунок 1.8 Мікроструктура немодифікованого чавуну



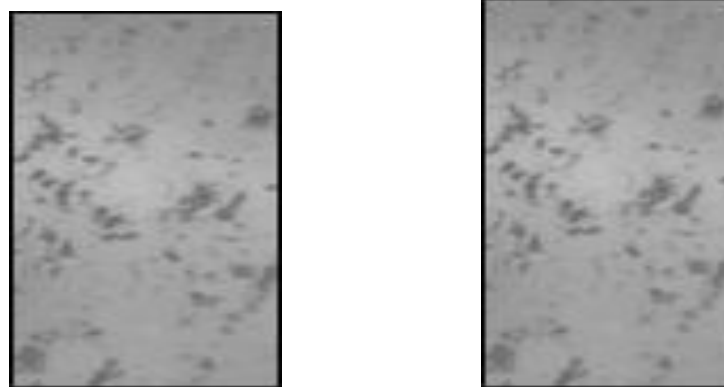
а) x400



б) x400

Рисунок 1.9 Мікроструктура чавуну, модифікованого у вигляді

(а) WC, TiC - 0,033%; б) WC, товщина - 0,033%



а) x400

б) x400

Рисунок 1.10 Мікроструктура чавуну модифікованого у ковші

(а) WC, TiC - 0,033%; б) WC, TiC - 0,062%.

У модифікованих зразках чавуну (рис. 1.8 , 1.9) спостерігається подрібнення графітових включень в порівнянні з контрольним зразком (рис. 1.8). Зразки, модифіковані за формою (рисунок 1. 9, зразки 2 і 3) і ковш (рис. 1. 10, зразки 4 і 5), відрізняються як розподілом, так і формою графітових включень.

1.6 Вплив температурно-часових режимів на властивості чавуну

Нагрівання рідкого чавуну до температури вище лінії ліквідуса супроводжується поступовим розчиненням графітових включень і кристалів цементиту. При незначному перегріванні чавунного розплаву над рідинної лінією і відливанні його в форму утворюються великі пластини графіту. При більшій кількості перегріву графітові пластини стають набагато менше. Тому чим вище температура перегріву чавунного розплаву, тим досконаліше розподіл атомів вуглецю в структурі атомів заліза. У разі високого перегріву до температури 1450 ° С в чавуні з'являється більш зв'язаний вуглець. При цьому графітових плям стає мало, а функціональні властивості чавуну

поліпшуються з підвищенням температури перегріву. З підвищенням температури розплаву чавуну інтенсивність окислення як кремнію, так і марганцю і вуглецю зростає. Перегрів розплаву чавуну в світловідбиваючої або електропечі супроводжується спочатку спіненням шлаку, а потім кип'ятінням ванни. Це сильно впливає не тільки на подрібнення частинок графіту, але і на рясне окислення вуглецю. Помірно високий перегрів розплаву чавуну до 1450°C - корисна операція, яка призводить до подрібнення значень первинного зерна аустеніту і графіту в чавуні доєвтектичного складу. Температура заливки ливарних форм визначається товщиною стінок виливків. Чим менше товщина стінок, тим вище повинна бути температура заливки. Швидкість охолодження виливків залежить від типу цв'їлі, які бувають піщано-глинисті в сухому вигляді, піщано-глинисті в сирому стані і металеві. Чим повільніше відбувається кристалізація чавуну, тим більше первинні зерна аустеніту в доєвтектичному чавуні і первинні зерна графіту або цементиту в чавуні трансевтектичного складу.

Обсяг, розміри, форма і розподіл вільних графітових структур залежать від швидкості кристалізації чавунного розплаву. При найвищому темпі кристалізації чавун може утворювати білу структуру. При цьому велика кількість вільного графіту наближається до нуля, а вуглець знаходиться в зв'язаному вигляді у вигляді цементиту. При зниженні швидкості кристалізації утворюється чавун «половинчастої форми», в якому частина сплаву кристалізується у вигляді білого кольору, а частина сплаву утворюється у вигляді сірого чавуну. При цьому утворюється сітчаста або дендритна структура графіту. При подальшому зниженні швидкості кристалізації розплаву чавун стає сірим. Графіт випускають в змішаному вигляді: у вигляді пластинчастого і евтектичного графіту. При ще більшому зниженні швидкості кристалізації виділяється графіт у вигляді закручених пластин або у вигляді прямих пластин на феритовій металевій основі. При подальшому зниженні швидкості охолодження розмір прямих пластин графіту стає більше.

Швидкість кристалізації зовнішнього тонкого шару лиття в кілька разів перевищує швидкість охолодження центральних шарів, тому структура чавуну в поперечному перерізі стає неоднорідною. Зовнішній шар може стати у вигляді білого, а середній і центральний шари - у вигляді сірого чавуну. Така закономірність спостерігається в поздовжньому розрізі експериментального клинового зразка. Структура чавуну перед заливкою ливарної форми визначається на підставі зламу експериментального випробувального клина.

Термічна обробка сірого чавуну дозволяє істотно змінити їх структуру і функціональні властивості. При відливці високоміцного чавуну на основі феритної α -перліт-графітової структури з переважаючим компонентом фериту і шляхом зміцнення високочастотними струмами до температури $975-1000^\circ\text{C}$ при швидкому охолодженні в затверділому шарі можна отримати однорідну мартенситову структуру.

1.7 Види і технології лиття чавуну

Виливки з високоміцного чавуну виробляються в піщані форми, лиття в кокелі чи то відцентровим литтям. Виливки у вигляді обертових тіл, таких як труби, гільзи, втулки і т. Д. виготовляються в основному відцентровим литтям. При швидкостях охолодження виливків в кокових формах вище $5,5^\circ\text{C}/\text{с}$ навіть при вмісті більше 0, 10% рідкоземельних металів в структурі з'являється помітна кількість карбідної евтектики, яка гальмує кристалізацію графіту. Чавун з вмістом більше 0, 10% рідкоземельних металів мають білу чавунну структуру з різною фазовою дисперсією. При збільшенні вмісту U рідкоземельних металів в структурі високоміцного чавуну зменшується кількість льодобурита і збільшується загальний вміст карбідів. При вмісті 0, 234% за масою рідкоземельних металів і охолодженні чавуну в коковій формі кристалізація ледебурита повністю пригнічується і утворюється аномальна евтектика, що складається зі збільшених блоків кристалів евтектичних фаз. Особливість отримання виливків з ковкого чавуну заснована на зниженій плинності білого чавуну, з якого він виготовлений. Термічний в клітці з білого

чавуну набагато більше усадки відялини, тому в виливках з білого чавуну утворюється більше усадочних оболонок, по рідкості і тріщин. Процес виготовлення виливків з ковкого чавуну тривалий і енергоємний, вартість таких виливків набагато вище. В результаті тільки до 5% чавунних виливків виготовляються з ковкого чавуну. У більшості випадків отримання виливків з високоміцних чавунів є більш доцільним. Для поліпшення мікроструктури металевої фази чавуну після її модифікації рекомендується вводити в розплав чавуну кусковий феросиліцій FS75 в межах 0, 3-1, 0% маси розплаву. Металеві структуровані дані показують, що оптимальна кількість комплексномодифікатора з вмістом не менше 40, 6% рідкоземельних металів становить 1, 5-2, 0%, що відповідає засвоюваності 0, 25-0, 30% рідкоземельних металів. Структура виливків з вибіленого чавуну, відлитих в піщано-глинистих формах, містить цементит в межах від 27, 7% до 30, 0%. Застосування комплексного модифікатора, що містить в своєму складі 41% кремнію і 4, 8% алюмінію, не дозволяє встановити ступінь впливу рідкоземельних металів на структуру і властивості чавуну в великогабаритних виливках. Для оцінки впливу рідкоземельних металів на формування мікроструктури, кількості і форми графіту в чавуні була проведена модифікація доєвтектичного чавуну, хімічний склад якої представлений в таблиці 1.8

Таблиця 1.8 Хімічний склад доєвтектичного чавуну

Хімічний елемент	Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
зміст, %	3,23.-	2,66 -	0,66 -	0,041 -	0,032..-
від маси.	.2,44	.. 2,90	.0,83	0,057	.0,034

Чавун модифікувався окремими добавками рідкоземельних металів. До складу добавок були введені Se і La. Кількість введених рідкоземельних металів варіювалася по осі між 0, 1 і 1, 0%. Такий спосіб дозволяє відключити вплив інших елементів комплексномодифікатора. У таблиці 2. 1 представлені результати впливу вмісту рідкоземельних металів на структуру

великогабаритних виливків. З даних табл. 2.1 Звідси випливає, що зі збільшенням вмісту рідкоземельних металів компактність графітових включень збільшується. При утриманні 0,064-0,105% рідкоземельних металів графіт стає вермикулярним. Компактний і вермикулярний графіт отримують з вмістом рідкоземельних металів в межах 0,122-0,315%. Збільшення вмісту рідкоземельних металів приблизно на 0,35% призводить до зносу форми графіту і при вмісті 0,405% рідкоземельних металів виділяється дрібнодисперсний міждендритний графіт.

Таблиця 1.9 Вплив рідкоземельних металів на структуру великогабаритних виливків

Тип форми	Швидкість	Вміст РЗМ	Ферит, %	Карбід,	Графіт,	Форма включення графіту
Піщано-глинисті	1,9	0,0475	57,7	-	7,9	Пластинчасті
		0,064	65,6	-	7,4	вермикулярні
		0,105	57,8	0,3	5,7	вермикулярний
		0,122	35,5	0,3	9,11	Компактні
		0,234	13,3	18,7	2,0	Компактний
		0,315	11,0	24,5	3,1	Компактний
		0,405	5,1	-	5,5	тонкорозподіленанн
Кокильна	5,5	0,0475	30,4	-	6,5	Розточнені
		0,064	34,8	25,7	1,3	Компактний
		0,105	1,3	31,3	0,10	Компактний
		0,122	1,4	33,0	0,10	Компактний
		0,234	2,6	32,4	0,40	Компактний
		0,315	0,9	30,6	0,10	Компактний
		0,405	1,1	30,7	0,60	компактна точка

Висока швидкість охолодження сприяє виробництву компактного вермикулярного графіту навіть при менших концентраціях рідкоземельних металів. При підвищених швидкостях охолодження виливків в коквалевих формах, вище 5, 5 ° С / с, вже при вмісті в структурі більше 0,10% рідкоземельних металів з'являється помітна кількість твёрдосплавної евтектики, повністю пригнічує кристалізацію. Графіт. Чавуни, що мають вміст більше 0,10% рідкоземельних металів, мають структуру білого чавуну з

досить великим поширенням фазових розмірів . Зі збільшенням вмісту рідкоземельних металів в структурі чавуну зменшується кількість льодобурита і збільшується загальний вміст карбідів. З вмістом рідкоземельних металів в межах до 0, 2% і з швидкістю охолодження чавуну в У кокаїловій формі кристалізація ледебурита була повністю припинена і утворилися евтектика, що складаються з грубої суміші кристалів евтектичних фаз. Вище сказане показує, що вплив рідкоземельних металів на форму графітових включень менш ефективно в порівнянні з магнієм. При всіх показниках охолодження в межах від 1, 9 до 5 , 5 ° С / с створювати великогабаритні по всьому перетину не представляється можливим. Кульові графітові вилівки. При невеликому вмісті рідкоземельних металів в межах 0, 06-0, 10% утворюється вермикулярний графіт. Компактна форма рафіту формується при вмісті 0, 20% ...0, 35% рідкоземельних металів.

Висновки до розділу 1

1. Проведено комплексний аналіз видів і марок чавуну , представлено їх структури, технологічні особливості виробництва та властивості.
2. Особлива увага приділяється особливостям будови білого чавуну, формуванню його структур для доевтектичних, евтектичних і трансевтектичних видів. Показано вплив кількісного вмісту вуглецю на механізми кристалізації . при литті розплавленого чавуну.
3. Показано значення ковкого чавуну при виготовленні виробів складних геометричних форм з урахуванням його функціональних характеристик у порівнянні з сірим, високоміцним чавуном і сталлю.

2 Технологічні особливості отримання ковкого чавуну

2.1 Особливості отримання білого чавуну

Білі чавуни утворюються при швидкому охолодженні і їх структура описується метастабільною діаграмою (Рис.1.2).

Структура білого чавуну залежить від вмісту вуглецю і класифікується вони за структурою і вмістом вуглецю наступним чином: чавун з вмістом вуглецю до 4, 3% (зліва від точки С) називається доевтектичним, з вмістом вуглецю 4, 3% (точка С) - евтектичним, з вмістом вуглецю більше 4, 3% (праворуч від точки С) - трансевтектичним.

Евтектичний білий чавун.

У точці С при постійній температурі 1130 ° С рідина кристалізується сумішшю аустеніту і цементиту, яка називається ледебурит і представлена цементитовими плитами з вбудованими колонами аустеніту. Вміст вуглецю в колонах аустеніту при подальшому охолодженні буде знижуватися по лінії SE. На лінії ПСК аустеніт буде містити 0, 8% (tSбалів) і розпадається на перліт. Нижче лінії PS К ледебурит буде складатися з цементитових плит, що містять перлітові колони. Будова ледебурита показано на рис. 2.1.

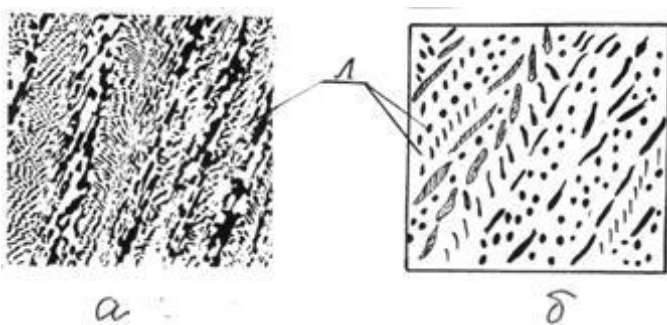


Рисунок 2.1 Структури ледебурита (а) і його схематичне зображення (б)

Доевтектичний білий чавун .

Нижче лінії змінного струму (рис. 1.2) в розплаві формуються і ростуть зародки аустеніту. При зниженні температурних значень кількість аустеніту в процесі кристалізації змінюється по лінії solidus AE, а склад розплаву - по лінії liquidus AC. По лінії ЕСF відбувається кристалізація ледебуриту. Після

завершення кристалізації айсбуриту сплав складається з зерен аустеніту складу точки E і ледебурита. При подальшому зниженні температури вміст вуглецю в зернах аустеніту зменшується по лінії S E і вуглецеваода, що надходить на поверхню зерен, утворює шар вторинного цементиту. На лінії P S K в аустені залишиться 0, 8% вуглецю. і аустеніт розпадеться на перліт. Перетворення в ледебуриті при охолодженні доєвтектичного чавуну повністю збігаються з перетвореннями в евтектичному чавуні. Після закінчення перетворення перліту сплав охолоджується до кімнатної температури і структура доєвтектичного чавуну складається з перліту + цементиту вторинного + ледебуриту. чавун показаний на рис. 2.2.

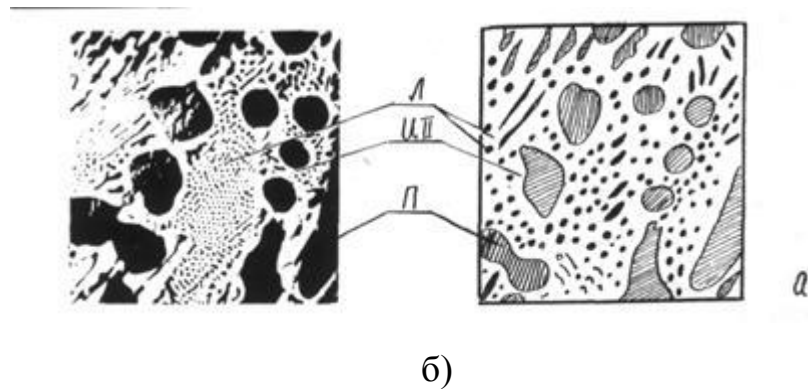


Рисунок 2.2 Білий доєвтектичний чавун: (а) - мікроструктура; б) - схематичне зображення

Трансевтектичний білий чавун.

Нижче лінії SD (рис. 1.2) У розплаві чавуну відбудеться кристалізація первинного цементиту у вигляді пластин. При подальшому зниженні температури склад чавунного розплаву змінюється по лінії liquidus SD. По лінії ECF відбувається кристалізація ледебуриту. Наступні перетворення в ледебуриті відповідають перетворенням в евтектичному чавуні і кінцева структура заєвтектичного чавуну складається з первинного цементиту і ледебуриту . 2.3.

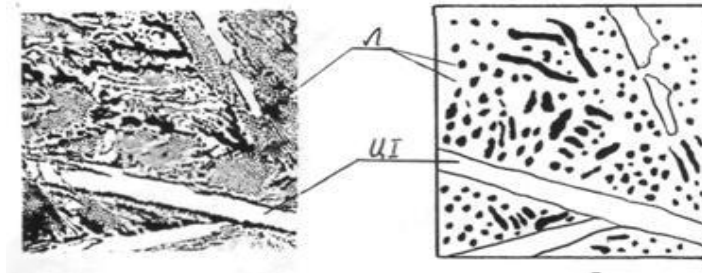


Рисунок 2.3 Білий заевтектичний чавун: (а) структура нересту; б) його схематичне зображення.

Застосування білого чавуну

У структурі білого чавуну міститься велика кількість цементиту, який має високу твердість, міцність, крихкість. В результаті білий чавун має високу твердість, зносостійкість, крихкість і обробляється різанням тільки надтвердих сплавів. Білий чавун утворюється у вигляді шару вибіленого чавуну на поверхні виливків, всередині якого кристалізується сірий чавун. такі Виливки мають тверду зносостійку поверхню і більш пластичну, в'язку серцевину.

Білий доевтектичний чавун використовується в якості заготовок середнього лиття, відпалених в ковкий чавун.

2.2 Технологічна схема отримання виливків з ковкого чавуну

Схема отримання виливків з ковкого чавуну включає в себе дві операції: отримання фасонних виливків з білого чавуну і графітізуючий відпал (знемагання) отриманих виливків. Результатом відпалу білого чавуну є ковкий чавун, який набагато пластичніше і менш крихкий.

Виливки з білого чавуну піддаються тривалому нагріванню в печі при температурі $950-1000^{\circ}\text{C}$. Для цього використовується білий чавун з помірною кількістю кремнію (0,6-1,4). У більшості випадків, малогабаритні вироби складної форми бувають литими. Відпал проводиться в два етапи. На першому етапі реалізується процес повного розпаду ледебуриту, на другому етапі - аустеніту і цементиту з утворенням фериту і графіту (рис. 2.4).

В процесі відпалу графіт виділяється в пластівчастої формі. Злам ковкого чавуну пластичний, бархатисто-чорний. Після закінчення відпалу в процесі

прискореного охолодження утворюється товстий чавун з перлітовою основою. Така структура з ковкого чавуну досить пластична і надає зламу легкий вигляд. Уключах графіту пластифікується металева основа з чавуну і чавун отримує здатність пластично деформуватися в холодному стані.

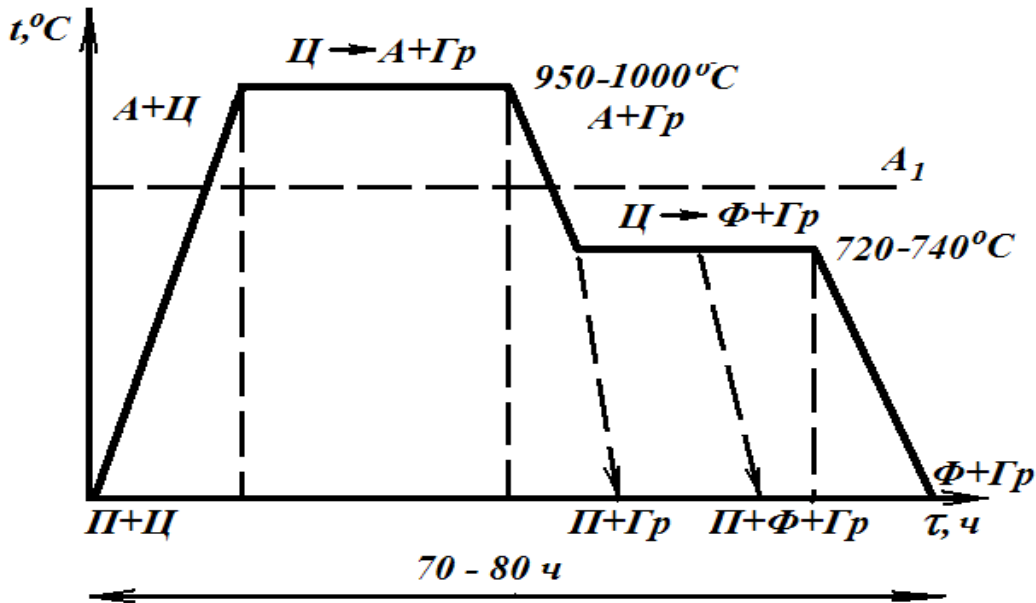


Рисунок 2.4 Режими відпалу (томління) білого чавуну

Залежно від режиму термічної обробки отримують сиа феритний ковкий чавун (ферит + графіт) або перліт (ферит + перліт + графіт).

2.3. Формування структури ковкого чавуну

Для отримання виливків з ковкого чуг-уна використовується білий чавун з хімістичною композицією білого чавуну, представленої в табл. 2.1.

Таблица 2.1 Оптимальний вміст хімічних елементів в білому чавуні

Хімічні елементи	C	Si	Mn	P	S
Найвище значення. %	3,0	1,0	0,4	0,2	0,10

Нижнє значення, %	2,2	0,7	0,2	0,1	0,08
-------------------	-----	-----	-----	-----	------

Для отримання ковкого чавуну білий чавун піддається тривалому відпалу (знемаганню). Температура відпалу повинна бути вище евтектоїдного інтервалу. Режим відпалу визначає тип графітової фази і металеву складову у вигляді феритної або перлітової структури. Феритна основа чавуну виходить шляхом відпалу виливків в нейтральному середовищі. Перлітова основа з чавуну виходить шляхом відпалу виливків в окислювальному середовищі. Окислювальне середовище створюється спеціальною засипкою у вигляді дрібнодисперсної залізної руди, змішаної з кварцовим піском. При цьому відбуваються як процеси графітизації, так і декарбонізації. Декарбонізований шар іноді досягає п декількох міліметрів. Структура чавуну в даному випадку складається з графіту і перліту. Структури ковкого чавуну показані на рис. 2.5.

Будова ковкого чавуну визначає різницю в їх механічних властивостях. Феритна структура і графіт у вигляді глобул обумовлюють підвищену пластичність і досить високі механічні властивості.

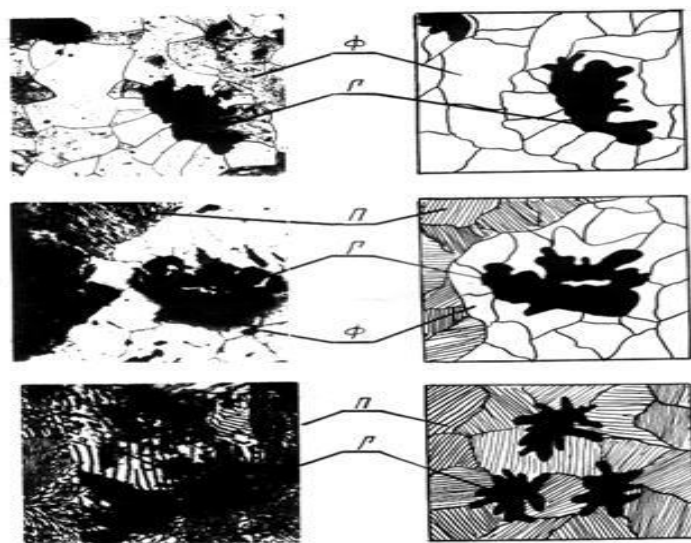


Рисунок 2.5 Мікроструктура ковкого чавуну: а – на феритній основі; б – на ферит-перлітовій основі; б – на перлітовій основі.

Перлітовий чавун має більш низькі пластичні властивості. Такий чавун рідко використовується для виготовлення виливків з невеликою товщиною стінок. Властивості феритних і перлітових видів чавуну представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Властивості ковкого чавуну з різною структурою металевої фази

марка чавуну	Тип чавуну	Міцність на розрив, МПа	Максимальне подовження, %	Твердість по Брінеллю, МПа
КЧ30-6	Ферритний	300	6	1630
КЧ343-8	Ферритний	330	8	1630
КЧ35-10	Ферритний	350	10	1630
КЧ37-12	Ферритний	370	12	1630
КЧ45-6	Перліт	450	6	1630
КЧ50-4	Перліт	500	4	2410
КЧ56-4	Перліт	560	4	2690
КЧ60-3	Перліт	600	3	2690
КХ 63-2	Перліт	630	2	2610

2.4 Методи прискорення відпалу білого чавуну

Великомасштабне виробництво виливків з ковкого чавуну передбачає прискорення режимів відпалу з одночасним підвищенням механічних і

функціональних властивостей. У практиці отримання виливків з ковкого чавуну застосовуються такі способи прискорення відпалу:

- виробництво чавуну з феритною структурою шляхом зміни хімічного складу;
- обробка чавунного розплаву спеціальними модифікаторами-раскислителями;
- застосування передтермічної обробки;
- отримання структури ковкого чавуну на основі гранульованого цементиту замість феритної фази.

Прискорити виробництво чавуну з феритною основою в процесі відпалу можна за допомогою використання елементів графітайзера. До таких елементів відносяться мідь, нікель, кремній і алюміній. Найбільше використовуються мідь і кремній. Алюміній використовується в невеликих кількостях як модифікатор, що позитивно впливає на низькотемпературне випускання.

Мідь забезпечує графіт в кулястої формі. Крім того, мідь в кількості до 1, 5% підвищує міцність на розрив і корозійну стійкість чавуну. Підвищення міцності на розрив викликається подрібненням графітових виділень в присутності міді за рахунок зниження коефіцієнтів дифузії.

Кремній, зі збільшенням його кількості, сприяє утворенню грубих включень графіту. Коли вміст кремнію збільшується, для збереження структури білого чавуну використовують антимодифікатори.

Під обробкою розплавленого чавуну розуміється комплекс методів у вигляді перегріву, охолодження, модифікації і ряду інших варіантів. Перегрів чавуну збільшує створення центрів графітації. Найбільш ефективно прискорення відпалу забезпечується комбінованими ефектами перегріву і модифікації. В якості модифікаторів може використовуватися алюміній і силікокальцій, які значно збільшують кількість графітових центрів і прискорюють графітизацію.

Обробка алюмінію в обсязі до 0, 08% з подальшим низькотемпературним відпалом значно прискорюють процес графітування.

В якості антимодифікаторів з високим вмістом кремнію можливе використання магнію, телуру, вісмуту. Добавки цих елементів сприяють відбілюванню чавуну при литті і не затягують процес графітизації при випалюванні.

Магній використовується в кількості до 0, 15%. Наявність магнію дозволяє збільшити вміст кремнію в чавуні до 1, 9% і прискорити процес відпалу в 4-5 разів в порівнянні зі звичайним варіантом. У присутності магнію допускається відпал при температурі до 1100 ° С без небезпеки отримання пластинчастого сірого чавуну.

Попередня термічна обробка сприяє виникненню графітових центрів і прискорює процес графітизації. До таких методів відноситься нікотемпературна обробка і попереднє загартовування. Низькотемпературна обробка представлена відпалом, при якому вводиться додаткове опромінення при температурі 320-400 ° С. При такій температурі кількість графітових центрів значно збільшується. Таке проведення значно прискорює подальший відпал. Попереднє затвердіння прискорює подальший відпал. Основним недоліком зміцнення є можливість утворення тріщин і зниження механічних пластичних властивостей. Отримання структури основної маси чавуну з наявністю гранульованого цементиту пов'язано з другим етапом графітизації за спеціальним режимом. Другий етап призначений для прискорення процесу сфероїдизації цементиту. При температурах в підкритичному інтервалі можна пройти два процеси - сфероїдизацію і графітизацію. . Прискорення того чи іншого процесу пов'язане з вмістом кремнію. У ковких чавунах з вмістом кремнію в межах 1% можлива переважна сфероїдизація цементиту, особливо при наявності слабкого карбідоутворюючого елемента - марганцю. Отримання рівномірного розподілу гранульованого цементиту в ковких чавунах з вмістом марганцю в межах 0, 2-0, 4% не представляється можливим, так як навколо графітових включень утворюються феритні поля.

3 Особливості виробництва ковальського чавуну

3.1 Залежність властивостей чавунного лиття від хімічного складу

Хімічний склад чавуну робить істотний вплив на графітизацію і фазоутворення в масі металу. Вуглець і кремній мають графітуючі властивості. Для більшості виливків використовується чавун з вмістом вуглецю в межах від 2,7 до 3,6%. Зі збільшенням вмісту вуглецю плинність чавуну збільшується, а температура плавлення знижується. При цьому збільшення загального вмісту вуглецю знижує механічну міцність чавуну. Вміст кремнію в звичайному чавуні становить не більше 2,5%. До елементів, які інгібують і графітацію, відносяться марганець і сірка. Збільшення вмісту марганцю в чавуні призводить до підвищення твердості чавуну і погіршення його оброблюваності. Збільшення вмісту сірки збільшує усадку чавуну, знижує його плинність, підвищує крихкість. Зміст сірки звичайно знаходиться в межах 0,1-0,12%. Фосфор знижує розчинність вуглецю в розплаві чавуну. Збільшення вмісту фосфору підвищує плинність чавуну і підвищує його крихкість. Вміст фосфору не повинно перевищувати 0,25%. Ця вимога не виконується для художнього лиття і в тонкостінних виливках для товарів народного споживання. Такі види лиття припускають підвищену плинність, при цьому вміст фосфору збільшується до 1,0-1,5%. При концентрації до 2,5% кремній повністю розчиняється в рідкому залозі, він не утворює самостійної фази і виступає в ролі графітазера. У чавуні з вмістом до 2,5% кремнієвий розчин продається в аустеніті в цементиті. Кремній витісняє з розчину углерод у вигляді спельти, а загальний вміст вуглецю зменшується зі збільшенням вмісту кремнію. При вмісті більше 2,5% в чавуні кремній утворює виражену карбідну фазу. При подальшому збільшенні концентрації кремній гальмує процес графітації і сприяє відбілюванню чавуну. При вмісті 18% в чавуні кремній з'єднується з залізом і утворює силіцид $FeSi$, який виділяється з розчину α заліза у вигляді евтектики $FeSi - \alpha$ залізо. Марганець і сірка пригнічують графітацію і є протилежністю вуглецю і кремнію. Марганець в сплаві

сприяє підвищенню вмісту вуглецю. У сірому залозі при збільшенні вмісту марганцю на 1% вміст вуглецю збільшується на 0,2%. Сірка витісняє вуглець. Збільшення вмісту сірки на 0,1% зменшується на 0,05%. Збільшення вмісту сірки в чавуні на 0,01% компенсується збільшенням вмісту кремнію на 0,1%. Сірка взаємодіє з залізом та іншими хімічними елементами з утворенням шкідливих сульфідів FeS і Al_2O_3 і менш шкідливих сульфідів. MnS, Cu_2S і т.д. Сульфід FeS має більш низьку температуру плавлення в порівнянні з іншими сульфідами. За допомогою сульфиду заліза він перешкоджає видаленню газів з рідкого чавуну, при цьому виливки стають неоднорідними і дірчавими. Сірка значно зменшує рідкий потік білого і сірого чавуну. Вплив сірки може зменшуватися зі збільшенням вмісту марганцю в сірому чавуні. При збільшенні вмісту марганцю з сульфідом FeS перетворюється в більш складний подвійний сульфід $mFeS \cdot nMnS$, який має більш високу температуру плавлення. Тугоплавкі подвійні сульфідні утворюють в чавуні самостійну кристалічну фазу у вигляді включень сірого кольору. Марганець, при його вмісті до 0,4%, витрачається в основному на освіту сульфиду марганцю. Допустимий вміст марганцю в кованому чавуні не повинно перевищувати 0,5-0,6%, а в сірому чавуні - 1,0%. Поршневі кільця для авіаційних двигунів можуть вміщати марганець до 1,5%. При великогабаритному чавунному литті вміст марганцю більше 1,2% призводить до утворення тріщин. Зміст марганцю в сірому чавуні до 1% є корисною домішкою, він блокує рідкісну дію сірки і подрібнює графіт і перліт. Фосфор знижує температуру кристалізації чавуну. У масивних виливках фосфор призводить до утворення зонального розрідження. Нікель і мідь підсилюють процес графітизації чавуну. Магній відомий як елемент, що сприяє виробництву високоміцного чавуна зі сферичною формою графіту. Кальцій в сплаві з кремнієм використовується в якості відмінного модифікатора; Прискорення графітизації чавуну при кристалізації. Літій додають в чавун для підвищення щільності ливарного металу і для зниження газової пористості.

3.2 Практика виплавки чавуну.

3.2.1 Сировинні матеріали

В якості сировини використовуються: чавунний брухт; сталевий брухт; злитки чавуну; синтетичний чавун; литники і пари з власного лиття.

Основні вимоги до сировини:

- розмір шматків - не більше 0,8 діаметра тигля печі;
- вага штук - до 60 кг;
- поверхня повинна бути очищена від іржі, засмічень, слідів фарби та інших забруднень;
- хімічний склад сировини визначається і представлений в таблиці (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Хімічний склад шихтових матеріалів

Вид сировини	Вуглець	Кремній	Сірка	Фосфор	Марганець
Брухт 1	C1	Si1	S1	P1	Mn1
Брухт 2	C2	Si2	S2	P2	Mn2
Брухт 3	C3	Si3	S3	P3	Mn3
Лом N	Cn	Sin	Sn	Pn	Mn _n .

3.2.2 Підготовка компонентів шихти до виплавки.

Металічний брухт подрібнюється, кратність ваги шматків до ємності печі зстановить 1 - 10 (якщо піч 5 00 кг то мосьова маса шматка не більше 50 кг). Великогабаритнішихти акуратно розкладаються в центрі печі і називаються сердечниками. По периметру серцевину посипають більш дрібними шматочками, діаметром від 20 до 60 мм. До навантажувальної шихти пред'являються вимоги до чистоти, особливо до масла і накипу. Очищення проводиться методом прожарювання в спеціальній камері. Батарея з зарядом встановлюється в камеру прожарювання, нагріту при спалюванні природного

газу. Температура прожарювання - 500 - 600 ° С, час прожарювання - 1, 5 ... 2 години. Накип знімається шляхом обробки компонентів заряду в камбузному барабані.

Перед завантаженням в піч шихта усереднюється, кварується, після чого береться середня проба, проводиться аналіз усередненого металу, дані передаються технологу, який проводить технологічні розрахунки, визначається кількість раскислителя, легуючих добавок, флюсів. Отримані дані заносяться в технологічну карту виплавки.

Навісне обладнання шихти підвішується, збирається в банки і подається на робоче місце плавильного агрегату, де плавильні заводи відповідно до технології закладають метал в плавильний агрегат. Великі шматки розміщують в центральній частині печі, а по периметру рівномірно насипають шматки шихти з геометричними розмірами від 30 до 40 мм.

Одночасно з шихою укладають феросплави(ФС10), призначені для розкислення чавуну.

Флюси: оксид кальцію і флюорит в кількості від 3 до 5% від ваги шихти, зважені до початку виплавки, дані записуються в платіжну карту, збираються в порційну банку і піддаються впливу плавильної пробки. При плавленні металу флюси подаються на поверхню розплаву металу, не даючи йому окислення з одного боку з іншого боку, витягуючи з металу сірку відповідно до реакції $S + CaO = CaS + SO_2 \uparrow$.

3.2.3 Виплавка

Плавильний завод проводить всі необхідні перевірки і включає топковий агрегат, стежить за ходом плавки, струмовими навантаженнями, ходом печі. За величиною температурафутерування оцінює вигорання і витримує піч в необхідному поточному режимі. Після появи розплаву заповнюються легуючі феросплави, присадки і флюси. Піч тримають до повного розплавлення металу, завершення легування, зливу металу. Розплав зливається в приймальний ковш. Розплав не стікає повністю. У печі має залишитися болото, на яке

завантажується наступна порція шихти і починається новий процес плавлення. Між процесами плавлення плавильник повинен оглянути поверхню футеровки печі, перевірити стан поверхні футерування, системи водяного охолодження і тиристорного охолодження, роботу підйомних механізмів, віддати замовлення на її ремонт або провести гарячий ремонт своїми силами. Потім проводиться розплавлення чавуну до заданого хімічного складу. Після подачі металу в піч і направлення флюсу метал відбирають на пробу. Проводиться хімічний аналіз, на підставі якого технолог дає висновок про готовність розплаву до заливки в форми. При необхідності хімічний склад металу регулюється технологом шляхом введення легуючого компонента, необхідного для отримання сплаву відповідної якості. Плавильний завод зобов'язаний контролювати запис введених легуючих компонентів в схему заряду і повне плавлення істирання знову введених гатурів.

3.2. 4 Розлив чавуну.

Заправний ковш необхідно вистелити, висушити і нагріти, а заправні пристрої перевірити стан підйомних пристроїв і стропових механізмів, а також готовність формувального виробу. Наповнювачі підганяють наповнювач в піч, беруть метал і відправляють ковш в зону наповнення. Заправка продукту здійснюється, при цьому необхідно забезпечити гладкість пломби, не порушуючи метал, що подається в форму. При заливці металу і в форму наповнювач контролює вихід металу в, акуратно додає стояк для фасетки і йде лиття для охолодження. Лиття знімається з ливарної форми після її охолодження до температури не вище 600 °С. Отримане відповідне лиття переноситься на ділянку пня, де і обробляється.

3.2.5 Особливості технології плавки ковкого чавуну в індукційних тигельних печах

Машинобудівні заводи країни щорічно накопичують значну кількість відходів у вигляді чавунної і сталеві стружки, інших відходів сталеплавильної обробки. З них тільки 1/4 використовується у

виробництві чавунних виливків. Використовуючи такі легкі відходи в якості шихти, в індукційну піч можна отримати всі арки чавуну з відповідною режимом підготовки шихти і виплавки. При складанні заряду необхідно визначити кількість карбюратора. Його кількість залежить від вмісту вуглецю, кремнію та інших елементів в металевій частині шихти (стружка, брухт, віддача виробництва), стану шихти, температури плавлення чавуну, виду карбюратора. При експлуатації лави в індукційній печі частота промивання шолома супроводжується певною послідовністю в завантаженні компонентів шихти, виплавці і в процесі роботи печі. Виплавка чавуну в тигельній печі повинна здійснюватися «болотом», тобто збереженням залишків рідкого металу в печі від плавильних розплавів за формою тигля. Маса «болота» повинна становити не менше 25-30% від маси металу в тиглі печі. Виплавка починається з завантаження компонентів шихти при наявності «болотної» і від'єднаної печі в такій послідовності: на дзеркало розплавленого металу навантажуються карбюратор в кількості 60-70% від розрахункового, потім сталевий брухт або сталеві стружка, чавунна або чавунна стружка і в останню очередь відходи власного виробництва. Всі завантажені шихтові матеріали повинні бути сухими. Перед завантаженням в піч грудку рекомендується нагріти загальний заряд до температури 350-650 ° С, а стружку до 250 ° С. Кусковий заряд потрібно акуратно завантажувати, щоб не пошкодити підкладку тигля; важкі шматки не слід кидати з великої висоти. Плавлення шихти необхідно проводити оперативно, але без перевищення гранично допустимого значення швидкості нагріву. Після повного розплавлення шихти і видалення шлаку в піч вводять решту частини карбуратора і необхідну кількість феросплавів. При необхідності піч завантажуються з віддачею власного виробництва. Розплав чавуну в печі перегрівається до заданої швидкості нагріву, завантажуються шлак і вимірюється температура термопара занурювальної камерою. Пробирки відбираються на експрес-аналіз для визначення хімічного складу,

проб на відбілювач і твердість. Після отримання результатів аналізу проб проводиться корекція хімічного складу і швидкості обертання розплаву. У разі хімічного складу для вугілляроду температура розплаву металу не повинна бути нижче 1450 ° С. При цьому карбюрування проводиться зі швидкістю 0, 1% в хвилину (при вмісті кремнію в чавуні до 2, 0%). Після закінчення коригування відбираються проби на повторний аналіз. Після отримання задовільних результатів температуру розплаву доводять до 1450 ° С. Випуск металу з печі здійснюється в добре приготованих і розігрітих ковшах. У випадку з піччю з «болотом» при зливі поплавка необхідно залишати не менше 25% її ємності в тиглі рідкого металу. На залишився в печі рідкий метал шихта знову завантажується вазані Великобританії вище послідовності і процес виплавки повторюється.

При виплавці повноцінного чавуну металомодифікують феросилі з ФС75 або орікокальцієм СК25, СК30 в перерахунку на 0, 7-0, 8% від маси металу в ковші. Модифікований катор подається в струмінь при випуску металу в ковш після заповнення 1/3 ємності ковша. Видозмінений тор слід висушити і просіяти через сито з осередками для просіювання великих шматків і через сито з осередками для відсіювання дрібниць. 10 мм 2,5 мм

3.2.6 Розрахунок програми шихти для виплавки чавуну

Програма призначена для розрахунку компонентного складу шихтових матеріалів з чавуну і сталевого брухту з урахуванням їх хімічного складу і горіння в процесі виплавки. Всі компоненти шихти готуються до виплавки за відповідною методикою. Всі компоненти шихти проходять хімічний аналіз, який представлений у вигляді таблиці 2.4. У таблиці наведено хімічний склад виплавляється чавуну, горіння хімічних елементів в процесі виплавки і допусків хімічного складу чавуну.

Таблиця 2.4 Тип таблиці хімічного складу шихтових матеріалів

Вид сировини	Вуглець	Кремній	Сірка	Фосфор	Марганець
Брухт 1	C1	Si1	S1	P1	Mn1
Брухт 2	C2	Si2	S2	P2	Mn2
Брухт 3	C3	Si3	S3	P3	Mn3
Брухт N	Cn	Si _n	S _n	P _n	Mn _n .
склад чавуну	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Парення	1,0	0,10-0,20	0	0	2,0-3,0
Хімічні допуски	DC	DSi	DS	DP	DMn.

4. Програма розроблена в середовищі TURBO PASCAL з ім'ям файлу

RasSht.PAS.

5. Вихідні дані для розрахунку вибираються з таблиці, згідно з формою

- рядок 1 WAR NN MM

- рядок 2 C1 Si1 S1 P1 Mn1

.....

- рядок N Cn Sin Sn Pn Mnn
- рядок N+1 Y1 Y2 Y3 Y4 Y5
- рядок N+2 DC DSi DS DP DMn
- рядок N+3 10 15 0 0 0

Вихідні дані записуються у файл IREMA. RAS.

У таблиці взяті такі символи:

- WAR - номер плавки;
- NN - кількість компонентів заряду;
- MM - кількість хімічних елементів, що підлягають обліку при розрахунку;
- C - вміст вуглецевого заряду в компоненті, %;
- Si - вміст кремнієвого заряду в компоненті, %;
- S - вміст в компоненті сірчаного заряду, %;
- P - вміст фосфору в компоненті заряду, %;
- Mn - вміст в компоненті заряду марганцю, %;

6. Результати розрахунку фіксуються у файлі KOREMA. PAS

Файл містить:

- хімічний склад чавуну, відповідний введеному з таблиці;
- хімічний склад чавуну, який можна отримати з сировини, відповідного таблиці;
- розрахована кількість компонентів шихти для плавлення у відсотках.

3.3 Характеристики та сфери застосування ковкого чавуну

Ковкий чавун має високу міцність, пластичність і в'язкість. Механічні властивості ковкого чавуну представлені в таблиці 2.2. Виробництво ковкого чавуну стрімко розвивається і вже перевищує випуск литої сталі. Ковкий чавун став ливарним сплавом, який за обсягами виробництва поступається лише сірому чавуну.

Досить часто перлітовий ковкий чавун отримують із середньою і високою міцністю, середньою пластичністю, високими функціональними характеристиками, хорошою зносостійкістю і вібростійкістю, а також з хорошими властивостями для процесів лиття. Зоб'ємом перліту ковкий чавуні може змінюватися різними видами термічної обробки. Його часто використовують для лиття колінчастих валів, розподільних валів, з'єднувальних валів, шатунів, шестерень, дисків зчеплення, гідроциліндрів та інших несучих частин силових машин. Вироби, виготовлені за технологією лиття з ковкого чавуну, мають високу міцність, високу в'язкість і низьку ціну. Колінчасті вали і литі деталі шасі з феритного ковкого чавуну використовуються в автомобільному виробництві. Застосування ковкого чавуну в автомобілебудуванні показало його високі функціональні характеристики. Удосконалення технічного рівня і технології виробництва ковкого чавуну дозволить значно розширити сфери його застосування. За своїми функціональними властивостями ковкий чавун розташовується між сірим чавуном і сталлю. У порівнянні зі сталлю, ковкий чавун коштує набагато дешевше, володіє хорошими ливарними властивостями, високими демпфуючими характеристиками, меншою чутливістю до порізів. Відпал ковких виливків з ковкого чавуну практично повністю знімає залишкові напруги. У порівнянні з сірим чавуном, ковкий чавун більш пластичний і набагато міцніше. Високоміцний чавун вважається онкурентом для ковкого чавуну, який має високі механічні властивості в менш складних технологічних процесах. Для підвищення механічних властивостей (твердості, зносостійкості і

міцності) ковкий чавун піддають нормалізації або загартуванню з високим відпуском для отримання гранульованого перліту. Феритний чавун має більш високу пластичність, ніж перлітовий чавун, але більш висока твердість перлітового чавуну забезпечує кращу стійкість до зносу. Такі будівельні деталі, як кронштейни і арматура (з'єднувальні деталі для трубопроводів), виготовляються з ковкого чавуну. Ковкий чавун широко використовується в машинобудуванні при виготовленні деяких деталей сільсько господарських машин, автомобілів, суден. З нього виготовляють високоміцні деталі, які працюють в умовах суворого зносу, ударних і змінних навантажень. Висока щільність виливків з ковкого чавуну дозволяє виготовляти деталі водо- і газопроводових установок, хороші ливарні властивості оригінального білого чавуну - виливки складних форм. Ковкий чавун використовується в конструкціях, схильних до динамічного і вібраційного навантаження і механічного зносу. До таких конструкцій відносяться перекриття промислових будівель, фундаменти важкого ковальсько-пресового обладнання, підфундаментні опори залізничних і автомобільних мостів, тьюбінгові для кріплення критичних транспортних тунелів під землею і в горах. Чавунні футерування широко застосовуються в особливо складних інженерно-геологічних умовах прохідницького будівництва. Вибір чавунних або залізобетонних залежить від ступеня перезволоження ґрунту. Чавунні трубки водонепроникніна відміну від залізобетонних. Практично єдиним недоліком чавунних накладок вважається їх велика металоємність і тому - відносно висока вартість.

Ковкий чавун володіє певною пластичністю і хорошою міцністю. Він зазвичай використовується для виготовлення заготовок з високими вимогами до міцності, в'язкості, а також складних і форм. Вироби з ковкого чавуну мають якісний зовнішній вигляд, рис.3.



Рисунок 3.1 Виріб з ковкого чавуну складної геометричної форми

Продуктивність лиття з ковкого чавуну набагато вище, ніж зі сталі, але трохи нижче, ніж з сірого чавуну.

Висновки до розділу 3

1. Оцінено вплив хімічних елементів на характеристики та ливарні властивості білого чавуну. Оптимальний вміст кремнію встановлено в межах не більше 2, 5%, вуглецю в межах 2, 7 - 3, 6%.
2. Наведено схеми підготовки сировини до виплавки, наповнення сировини в пічний агрегат, виплавки і лиття білого чавуну. Розроблені методи, що забезпечують відновлення процесу знемагання ходового заліза і створення в його структурі пластівчастого графіту
3. Наведено основні характеристики ковкого чавуну та його застосування в будівельній галузі, машинобудуванні, автомобілебудуванні.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів чавуноплавильного цеху

Виробництво чавуну характеризується складністю й різноманітністю технологічного процесу, різноманітністю механічного устаткування, у зв'язку із чим, у виробничому середовищі мають місце небезпечні фізичні й фізико-хімічні фактори. Це може бути причиною нещасних випадків і професійних захворювань. Інструкція з охорони праці для робітників цеху, встановлює вимоги безпеки при виконанні робітниками та службовцями покладених на них обов'язків, а також безпечного поведіння на робочих місцях і території цеху [18,20].

У повітря робочої зони при плавленні та розливанні сталі можуть потрапляти газоподібні речовини: CO, SO₂, NO₂ тощо. При виконанні деяких операцій металургійного процесу можливе виникнення шуму механічного, аеродинамічного і термічного походження (рух електромостових кранів, машин завалень, рух газових потоків по газопроводах та ін.). Вібрацію можуть створювати ті ж агрегати, які є джерелами шуму. Пічний і розливний прольоти є джерелами інтенсивних теплових випромінювань, а також відділення роздягання злитків. Із-за наявності в електросталеплавильному цеху великих кількостей надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря. Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може спричинити порушення теплового балансу організму. Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища, дозволяє зробити наступний висновок про умови праці [18,20]:

1) оцінка технічного й організаційного рівня відповідає технологічному регламенту й організації праці на робочому місці.

2) робоче місце має в наявності 4 фактори 1 ступеня, 7 факторів 3 ступеня. За показниками робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам списку № 1 пункту 1. Відповідно до гігієнічної класифікації праці сталеварові дається 30 днів додаткової відпустки, надбавка до зарплати - 24 % і виділяється молоко.

4.2 Заходи, щодо захисту від шкідливих і небезпечних чинників плавильного цеху

Умови праці в цеху характеризуються впливом на багатьох робочих місцях таких факторів виробничого середовища, як підвищена температура повітря, інфрачервоне й ультрафіолетове випромінювання, забруднення повітря токсичними речовинами й пилом, утворення електричних і магнітних полів. Виконання ряду операцій пов'язане з важкою фізичною працею, а на автоматизованих виробництвах - з обслуговуванням пультів керування. Є ділянки, де утворюється інтенсивний шум. У цехах, особливо в перехідний і зимовий періоди року, робітники піддаються впливу більших температурних перепадів, сильних потоків гарячого й холодного повітря. Досягненню нормативних показників сприяють інженерні рішення, що забезпечують комфортні умови праці та дозволяють безпечно експлуатувати технологічне обладнання. В цеху пил виділяється в шихтових і плавильних відділеннях. При ремонтних роботах виділяється пил вогнетривів, що може викликати силікоз і містить 65-97 % сполук кремнію, у тому числі 70 % діоксиду кремнію. Пил виділяється при збиванні, навантаженні, транспортуванні футеровки, під час ремонту ковшів, склепінню печей. Концентрація пилу перебуває, як правило, на рівні 25- 40 мг/м³. Джерелом шуму є технологічні гази, що рухаються, при подачі їх у комунікації, вдмухуванні в печі, крани що рухаються, транспортери, поїзди й ін. Рівні шуму на робочих місцях досягають 90дБА. Вібрація спостерігається в кабінах крановиків, при зачищенні металу й деяких інших операцій. Шкідливості, що супроводжують процес підготовки шихти, плавки, випуску й розливання

сталі є: оксид вуглецю; пил, що виділяється при підготовці шихти й завантаженню її в піч та при плавленні; теплове випромінювання; сухе повітря; шум і вібрація [21,23].

4.3 Виробнича санітарія основного приміщення цеху, побутових та допоміжних приміщеньВсі працівники цеху безкоштовно забезпечені спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту (ДНАОП 0.00-3.01-98). При відсутності засобів захисту шкідливості спричиняють появу окремих ознак профзахворювань (силікоз, глухота), а також приводять до зросту патології з короткочасною втратою працездатності (теплові удари). Мікроклімат оцінюється наступними параметрами: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання. Він підтримується за рахунок використання вентиляції і опалення в холодний та перехідний період року. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну вентиляцію. Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшення її концентрації в повітрі, все устаткування закрите зонтами (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою повітроводів із пристроями для очищення повітря, що видаляється. Також біля печей використовують природну вентиляцію. Тепле повітря надходить і видаляється через вікна, двері, ворота, ліхтарі. Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батареї), у яких як теплоносіїв використовують пару. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодопостачання. Ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідають санітарним вимогам передбачена місцева вентиляція деяких робочих місць. Для забезпечення допустимих умов праці використовують колективні і індивідуальні засоби захисту. Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й працездатності очей і може бути причиною нещасних випадків й

захворювань. Для ремонту устаткування передбачене штучне освітлення. На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне. У цьому випадку проводяться роботи при аварійному відключенні робочого освітлення. Евакуаційне освітлення застосовують для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення. Охоронне освітлення використовують у неробочий час. Штучне освітлення використовується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями стомлює очі, сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків. Застосовуються дугові ртутні лампи (ДРЛ-1000) та світильники типу Астра. Згідно БНіП П-4-79 для приміщень, у яких проводяться роботи IV розряду, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, передбачається сумісне освітлення. Природне освітлення нормується. Основним показником нормування служить коефіцієнт природної освітленості (КПО). Освітленість повинна бути забезпечена не менш 75% максимуму, що досягається застосуванням комбінованого освітлення. В цеху розташовано різноманітне обладнання, в якому при роботі виникає шум. За походженням шум буває механічний, виникаючий у результаті тертя вузлів і деталей механізмів і машин на холостому й робочому ході; аерогідродинамічний, що виникає при більших швидкостях руху потоків повітря, газів, рідин; імпульсний, виникаючий в результаті зіткнення твердих тіл; термічний, генеруємий при згоранні газоподібного палива в горілках і форсуночних пристроях. Шум різної інтенсивності й частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а згодом до розвитку професійної глухоти. Шум також негативно впливає на фізіологічні функції організму людини. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається й аналізується

корою головного мозку, шум приводить до перенапруги центральної нервової системи й розладу функцій внутрішніх органів і систем людини. Для зменшення шуму в джерелі його утворення заміняють ударні взаємодії деталей безударними, зворотно-поступальні рухи - обертальними. Демпфірують коливання співударних деталей й окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, повстю, азбестом й ін.; зменшують інтенсивність вібрацій деталей агрегатів шляхом облицювання цих поверхонь (ДСТУ 12.1.029-80 ССБП). Часто шум виникає внаслідок вібрацій машин і механізмів. Для ослаблення вібрацій всі агрегати, де виникають коливання (діючі машини, двигуни, вентилятори й т.п.), встановлюють на самостійних фундаментах, віброізолюваних від підлоги й інших конструкцій будинків, або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по повітроводах і трубопроводах приєднання їх до вентиляторів і насосів виробляється за допомогою гнучкої вставки із прогумованої тканини або гумового патрубку.

4.4 Заходи з електробезпеки

Електроустаткування цеху різноманітно. Сюди входять синхронні й асинхронні електродвигуни змінного струму й інше устаткування напругою вище 1000 В, а також електродвигуни, апаратура керування, кранове електроустаткування, внутрішньоцехові електромережі напругою до 1000 В. До основного електроустаткування відносяться автоматичні вимикачі, пічні трансформатори, коротка мережа, автоматичні регулятори пересування кисневої фурми та ін. Небезпека електричних поразок в цеху створює різне устаткування: електричний привід (включаючи пускорегулюючу апаратуру), електроустаткування підйомно-транспортних пристроїв, електрифікований внутрізаводський транспорт, зварювальні апарати, освітлювальні установки, електричний ручний інструмент і т.д. [22]. При експлуатації електродвигунів

замкнутого типу можливий випадковий дотик до проводів, що підводять електрострум, виводи яких знаходяться на сполучних клеммах клемної коробки на корпусі електродвигуна, у разі її незахищеності. На особливу увагу заслуговують переносні електродвигуни, які вживаються при експлуатації різних переносних електроінструментів. Якщо корпус такого електродвигуна опиняється під напругою, то внаслідок щільного контакту з великою поверхнею зіткнення створюється небезпека важкої поразки електричним струмом працюючих [18, 22]. При напрузі до 1000В в цеху застосовуємо чотирипровідну з глухозаземленою нейтраллю схему мереж трифазного струму (напругою 380/220В). При напрузі вище 1000В застосовуємо трипровідну з ізолюваною нейтраллю схему трифазних мереж. Захисні засоби від електроструму: ізолюючі штанги - використовують при проведенні робіт під напругою з роз'єднувачами високої напруги; ізолюючі кліщі для включення запобіжника; діелектричні килимки із спеціальної гуми завтовшки 3-5 мм для установок до 1000 В і 7-8 мм понад 1000 В. Для зменшення небезпеки поразки електричним струмом усі металеві частини конструкцій заземлюємо [22].

4.5 Пожежна безпека

Цех за пожежонебезпекою має категорію Г (негорючі речовини в гарячому стані). Адміністративна будівля цеху відноситься до III ступеня вогнестійкості (будівля з несучими конструкціями, що огорожені, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитових негорючих матеріалів) згідно ДБН 1.1.-7.2002.

Межі вогнестійкості конструкцій:

- несучі й сходові клітки – 1год.;
- самоосвіта – 0,5 роки;
- зовнішні несучі - 0,25год.;
- внутрішньо несучі - 0,25 год.;
- колонки - 1 рік;

- сходові площадки, щаблі, балки, марші сходових кліток -0,5год.;
- плити, настили й ін. несучі конструкційні перекриття - 0,75 год..

До первинних засобів пожежогасіння в цеху відносять: вогнегасники ВП-10 (5 шт.), ВВ-2 (14 шт.), ВВП-1Д (8 шт.), пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.). Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами [19,20].

На території цеху забороняється:

- закривати й захаращувати проїзди, під'їзди й підходи до будівлі, водопровідним і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб, які не пройшли інструктаж пожежного техмінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не за прямим призначенням;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді устаткування й комунікацій.

Створення оптимальних метеорологічних й екологічних умов на робочій площадці цеху є складним завданням, рішення якого йде в наступних напрямках:

- раціональне розміщення обладнання;
- використання водорозпилу для зниження викидів пилу при роботі печей;
- розробки засобів захисту навколишнього середовища від забруднення шумом (звукоізоляційні огорожі, кожухи);
- покращення герметизації джерел шкідливих викидів;
- широке використання природної і штучної вентиляції [20, 21].

висновки до розділу 4

Аналіз небезпек і промислової безпеки проводився в цеху з виробництва металургійної продукції. Запропоновано методи і засоби особистої і колективної безпеки та охорони навколишнього середовища.

Загальні висновки

1. Проведено комплексний аналіз видів і марок чавуну, представлені їх структури, технологічні особливості виробництва і властивості. Особлива увага приділяється особливостям будови білого чавуну, формуванню його структур для доевтектичних, евтектичних і трансевтектичних видів. Показано вплив кількісного вмісту вуглецю на механізми кристалізації при литті чавунного розплаву.
2. Показано значення ковкого чавуну при виготовленні виробів складних геометричних форм з урахуванням його функціональних характеристик у порівнянні з сірим, високоміцним чавуном і сталлю.
3. Оцінено вплив хімічних елементів на характеристики та ливарні властивості білого чавуну. Встановлено оптимальний вміст кремнію в межах не більше 2, 5%, вуглецю в межах 2, 7 - 3, 6%.
4. Наведено схеми підготовки сировини до виплавки, наповнення сировини в пічний агрегат, виплавки і лиття білого чавуну. Розроблені методи, що забезпечують відновлення томного процесу бігу заліза і створення в його структурі пластівчастого графіту.
5. Наведено основні характеристики ковкого чавуну та його застосування в будівельній галузі, машинобудуванні, автомобілебудуванні.
6. Небезпеки і промислова безпека здійснювалися в цеху з виробництва металургійної продукції. Запропоновано методи і засоби особистої і колективної безпеки та охорони навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Шерман А.Д. Чавун /М. : Металургія, 1991. – 576 с.
2. Модифікація чавуну для отливок [Електронний ресурс] : [Web-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: www.steeltimes.ru/books/blastfurnace/pigironotlivki/24/24.php.
3. Слынько Г.И. Влияние комплексных модификаторов на структуру серых и отбеленных чугунов/ Вісник приазовського державного технічного університету// Серія: Технічні науки.- 2018р. Вип. 36, стр 69-74.
4. Таленберг А.Е. Нові методи сфероїдируючої обробки чавуну за кордоном / А.Е. ТаЛенберг // Лите производство. – 1984 рік. – No 7. – С. 7-9.
5. Міркін Л.І. Фізичні основи сили і пластичності (Введення в теорію дислокацій). М.: МГУ, 1968. 538 с.
6. Крушенко Г.Г., Ямських І.С., Бонченков А.А., Мішин А.С. Підвищення якості чавунних виливків за допомогою нанопорошків. Металургія машинобудування, 2002, 2 (9), 20-21.

7. Полубояров В.А., Черепанов А.М., Коротаєва З.А., Ушакова Е.П. Спосіб екстра-пічної модифікації чавуну і сталей. Пат. 2344180, Російська Федерація, публ. 20.01.2009р.
8. Затуловский С. С.Суспензионная разливка. Киев: Наукова думка, 1981. 260 с.
9. Лезнік І.Д., Беркун А.Ф., Будашева Т.Б., Чебурков Е.М. Спосіб підвісного лиття чавуну. Пат. 2142355, Російська Федерація, публ. 10.12.1999р.
10. Полубояров В.А., Коротаєва З.А., Жданок А.А., Кузнецов В.А., Степанова Н.В. Інтраформна модифікація чавуну. Дослідження впливу модифікаторів на основі карбіду кремнію на процеси кристалізації сірого чавуну. ПОВІДОМЛЕННЯ 1. Праці вищих навчальних закладів. Чорна металургія, 2014, 6, 20-24. [
11. Володимир Анатолійович Полубояров, Зоя А. Коротаєва Олександр Анатолійович Жданок і Віктор Анатолійович Кузнецов. Нанодисперсний Гадфільд (110Г13Л) Модифікація сталі, Журнал Сибірського федерального університету. Інженерія та технології, 2016, 9(1),117-125.
12. Полубояров В.А., Жданок А.А., Коротаєва З.А., Кузнецов В.А. Виробництво ПХ і В2С із суміші вольфрамових, титанових і сажистих порошків шляхом саморозмножувального високотемпературного синтезу. Неорганічні матеріали, 2014, 50(5), 508-511.
13. Полубояров В.А. Модифікація сірого чавуну складу основи нанодисперсних порошків карбідів вольфраму і титану / В.А. Полубояров, З.А. Коротаєва, А.А. Жданок, Ф.К. Горбунов // Вісник Сибірського федерального університету. Інженерія & Технології, 2019, 12(2), 192-202
14. Скобло Т.С. Прокатні валки з високовуглецевих сплавів / Т.С. Скобло, Н.М. Воронцов, С.І. Рудюк. – М. : Металургія, 1994. – 336 с.
15. Деякі питання теорії контрмодифікації чавуну / А. В. Афонаскін, О. Д. Опалихіна, А. А. Жуков // Изв. Університетів. Металургії. 1991. No 7. с. 12–13.
16. Комаров О. С. Термокінетичні основи кристалізації чавуну / О. С. Комаров М.Н.: Наука і техніка, 1982. 262 с.
17. Методи металографічного травлення: Ср. ред.: Пер. с нем. М. Беккерт, Г. Клемм. 2-е вид. М.: Металургія
18. Якушев А. М. Проектирование сталеплавильных і доменных цехів. М.: Металургія, 1984. – 216 с.
19. ГОСТ 12.1. 005 – 88 Загальних санітарно – гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. – М.,1989.-18с.
20. Довідник по охороні праці на промислових підприємствах//Ткачук К.Н. і ін – К: Техніка, 1991.-289с.