

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Зміцнення чавунних деталей автомобіля оксидами
заліза та хрому»

Рівень вищої освіти бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
Освітня програма «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр: КРМТВАТАМ 211251.000 ПЗ

Виконав студент 4-го курсу
група МТВА 21-1
Шифр


Підпис

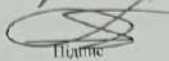
Віталій АЛІКСЄЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник К.Т.Н., доц.
Науковий ступінь, звання


Підпис

Ольга ДРОБОТ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтроль К.Т.Н., доц.
Науковий ступінь, звання


Підпис

Олег БАБАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ
Назва


Підпис

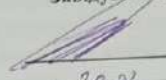
Олександр ДИХА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 10.06.25

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 132 Матеріалознавство
Освітня програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ


Диха О.В.
20.02 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

АЛІКСЄВУ ВІТАЛІЮ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ
Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: Змінення чавунних деталей автомобіля оксидами заліза та хрому.

керівник роботи: Дробот Ольга Савівна, доцент каф. ТАМ.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 7.02.2025 р. № 23 (Д 14)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 16.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали курсових проектів, робіт, практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз вихідних даних та відомих технічних рішень; 2. Розробка технологічного процесу виготовлення заготовок поворотних кулаків; 3. Обґрунтування вибору матеріалу для виготовлення поворотних кулаків та технології зміцнення. 4. Дослідження структури та властивостей готових деталей. 5. Безпека та екологічність проектного технологічного процесу.

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 8.02 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва розділу кваліфікаційної роботи | Строк виконання | Примітка |
|-------|---|-----------------|----------|
| 1 | Літературний огляд | 4.05.25 | вик |
| 2 | Технологічний розділ | 16.05.25 | вик |
| 3 | Експериментальна частина | 26.05.25 | вик |
| 4 | Оформлення розрахунково-пояснювальної записки | 10.06.25 | вик |
| 5 | Оформлення презентації кваліфікаційної роботи | 12.06.25 | вик |
| 6 | Нормоконтроль кваліфікаційної роботи | 14.06.25 | вик |
| 7 | Захист дипломної роботи | 16.06.25 | |

Студент



Підпис

Віталій АЛІКСЄЄВ

Керівник кваліфікаційної роботи






Підпис

Ольга ДРОБОТ

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ | 7 |
| 1.1. Призначення та умови роботи поворотного кулака | 7 |
| РОЗДІЛ 2. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД | 10 |
| 2.1. Характеристика матеріалів для поворотних кулаків | 10 |
| 2.2. Технологія виготовлення заготовок поворотного кулака | 11 |
| 2.2.1. Схема технологічного процесу виготовлення вилівка | 12 |
| 2.2.2. Формівні і стержневі суміші | 14 |
| 2.2.3. Виготовлення форм у двох опоках за різнімою моделлю | 15 |
| 2.2.4. Новітні матеріали для ливарних форм | 16 |
| 2.2.5. Ливарні властивості сплавів | 17 |
| 2.3. Характеристика сірих чавунів | 18 |
| 2.3.1. Структура і властивості сірих чавунів | 18 |
| 2.3.2. Підготовка рідкого сплаву, заливання у форми | 20 |
| 2.3.3. Вибивання, обрубвання і очищення литва | 21 |
| 2.4. Обладнання для розплавлення сплавів | 22 |
| 2.5. Дефекти лиття | 23 |
| 2.5.1. Геометричні невідповідності | 23 |
| 2.5.2. Дефекти поверхні | 24 |
| 2.5.3. Несуцільності | 25 |
| 2.5.4. Наявність включень | 26 |
| 2.5.5. Структурні невідповідності | 27 |
| 2.6. Термічна обробка виливок | 27 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|---------------|---|------|---|---------------|-------|---------|
| КРМТВАТАМ 211251.000 ПЗ | | | | | | | | |
| Зм | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | Змінення чавунних деталей автомобіля оксидами заліза та хрому | Літера | Аркуш | Аркущів |
| Виконав | | Аліксєєв |  | | | | | |
| Перевір. | | Дробот |  | | | | 4 | 58 |
| Н. контр. Затвер. | | Бабак Дика |  | | | ХНУ МТВА-21-1 | | |

| | |
|---|----|
| РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 29 |
| 3.1. Вибір та обґрунтування матеріалу для поворотного кулака | 29 |
| 3.2. Вплив домішок на будову та властивості чавуну | 31 |
| 3.3. Обґрунтування вибору складу чавуну для виготовлення поворотного кулака | 32 |
| 3.3.1. Мікроструктура і властивості сірого чавуну | 33 |
| 3.3.2. Модифікування чавуну | 37 |
| 3.4. Обґрунтування вибору режиму термічної обробки поворотного кулака | 38 |
| 3.4.1. Відпал виливок | 39 |
| 3.4.2. Гартування поворотного кулака | 39 |
| 3.4.3. Печі для термічної обробки | 42 |
| 3.4.4. Характеристика охолоджувального середовища | 43 |
| 3.5. Контроль якості термічної обробки | 44 |
| 3.5.1. Контроль технологічних процесів | 45 |
| 3.5.2. Методи контролю якості продукції | 45 |
| 3.5.3. Контроль внутрішніх та зовнішніх дефектів | 48 |
| 3.6. Техніка безпеки при роботі на обладнанні в термічних цехах | 53 |
| ВИСНОВКИ | 55 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 56 |
| ДОДАТКИ | 58 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Надійна та тривала робота автомобіля залежить від конструктивної міцності кожної деталі, її зносостійкості та утомної міцності.

Основна мета ремонтного виробництва – відновлення зношених деталей чи заміна зруйнованих. Для відновлення зношених деталей розроблена значна кількість методів та способів, які успішно використовують в ремонтних виробництвах.

Для відновлення зношених деталей використовують механічну обробку, хіміко-термічну, наплавлення, напилення, нанесення електролітичних покриттів тощо. Відновлення проводять до рівня нових деталей при відносно невисокій собівартості.

В разі потреби заміни зруйнованої деталі виникають проблеми з її придбанням чи виготовленням. Не кожне ремонтне виробництво має достатньо обладнання та приладів для виготовлення потрібної деталі, тому для пошуку потрібного виробника необхідно знати основні технологічні процеси виготовлення та зміцнення деталей автомобільного призначення.

В роботі розглянуто умови роботи важливої деталі, яка входить до складу передньої підвіски, поворотного кулака, з'ясовані причини виходу з ладу, розроблені технологічні заходи для підвищення його механічних характеристик та зносостійкості.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ

1.1. Призначення та умови роботи поворотного кулака.

Поворотний кулак є важливою деталлю передньої підвіски автомобіля. До поворотного кулака кріпляться колеса, гальмівні диски, колісна маточина, наконечники рульового механізму. Поворотний кулак забезпечує їм здатність повертатися колесам ліворуч, праворуч при керуванні автомобілем. (рис.1.1). Поворотний кулак передає зусилля при повороті рульового колеса на колеса, зміни їх положення під час руху. Поворотні кулаки оснащені кульовими підшипниками або іншими механізмами для забезпечення плавності обертання. До поворотного кулака кріпиться гальмівна система, ступиця, кермові наконечники, амортизатор.

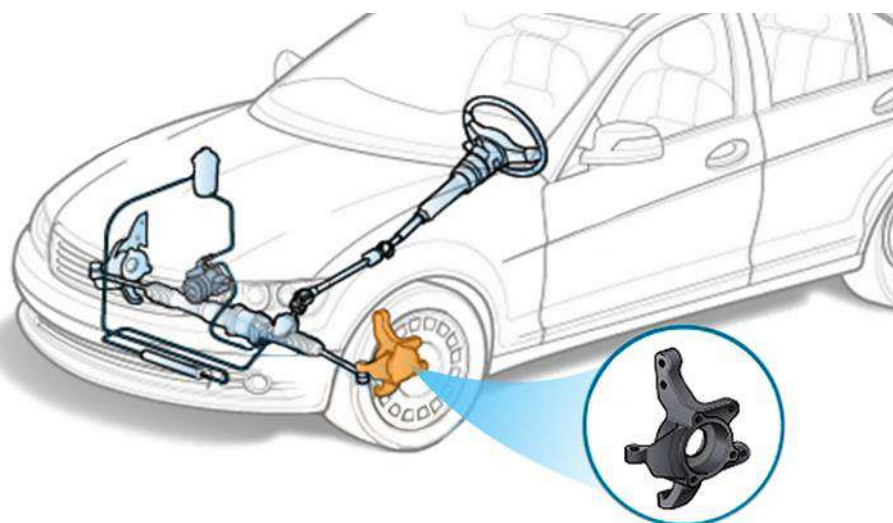


Рисунок 1.1 – Поворотний кулак і його місце в автомобілі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

Поворотний кулак виконує важливі функції в автомобілі:

1- забезпечує кріплення коліс – має з'єднання для кріплення колеса. Таким чином відбувається керування напрямом руху автомобіля при управлінні кермом.

2 – передача руху. Поворотний кулак передає рух від керма до колеса, що забезпечує автомобілю керованість.

3- забезпечення стійкості , особливо під час руху та поворотів.

4 – маневреність, завдяки поворотному кулаку автомобіль легко маневрує.

Поворотний кулак одночасно виконує функції опори ходової частини та кермового управління автомобіля. До кулака кріплять деякі частини системи гальмування.

Для забезпечення роботи підвіски, кулак має отвори для кріплення важеля і амортизатора. Болтовим з'єднанням кріпиться стійка, а вісь важеля кріпиться через кульову опору. Завдяки цьому елементу колеса повертаються.

Обертання коліс забезпечує підшипник, який вставляється у поворотний кулак. Залежно від ситуації на дорозі поворотний кулак забезпечує одночасно і поворот колеса і його амортизацію, а також передачу крутного моменту на маточини. На поворотному кулаку монтують гальмівні супорти та датчики.

Поворотний кулак — виготовляють як масивну деталь, яка здатна сприймати можливі удари і вібрації під час руху автомобіля. Під час експлуатації він піддається зносу, внаслідок чого виникає потреба їх ремонту або заміни (рис.1.2).

Для зменшення зносу порожнини корпусу поворотного кулака і шарової опори поворотного кулака заповнюють мастилом марки Літол – 24, яке також захищає порожнини поворотного кулака від попадання бруду і води та підвищує строк його експлуатації.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Враховуючи, що виробники автомобілів використовують різні системи підвісок, форма поворотних кулаків теж різна. Цю деталь вибирають відповідно до марки автомобіля.

Симптомами несправності поворотного кулака є такі [1] :

- 1 – гучні звуки при поворотах (може свідчити про знос або пошкодження кулака чи його підшипників);
- 2 – вібрація або відчуття гойдання керма;
- 3 – важкість керування автомобілем;
- 4 – нерівномірний знос шин;
- 5 – зміни в зазорі або люфті колеса.

Виявлені несправності можуть призвести до проблем з безпекою і керуванням автомобіля.



Рисунок 1.2 - Поворотний кулак з тріщиною

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

2.1. Характеристика матеріалів для поворотних кулаків

Поворотний кулак має бути виготовлений з міцного матеріалу, який під дією навантажень здатен зберігати розміри та форму. Для виготовлення поворотних кулаків використовують чавун і сталь [1]. Вибір матеріалу визначає спосіб виготовлення даної деталі. При виборі сталі для виготовлення кулака можна застосувати метод лиття чи об'ємне штампування. При виборі чавуна – метод лиття, так як чавун має дуже низьку пластичність.

Деталі з чавуну мають досить високу зносостійкість. На зносостійкість сірого чавуну суттєво впливає вміст вуглецю та його стан. Вуглець в чавуні знаходиться в зв'язаному стані у вигляді твердих карбідів і у вільному стані у вигляді графітних включень різної форми.

Графіт зменшує зносостійкість чавуну, але розпадаючись під час тертя виконує роль мастила, сприяє опору чавуна зносу. На зносостійкість чавуну впливає також форма розподілення графітних включень. Чавун з грубо пластинчастим перлітом є більш зносостійким, ніж чавун з зернистим перлітом. Зносостійкість сірого чавуна підвищується при збільшенні кількості зв'язаного вуглецю до 0,6 %. Опір чавуну зносу переважно залежить від структури металевої основи. Чавуни з перлітною основою менше зношуються ніж чавуни з феритною. Чим вища твердість чавуна, тим вища його зносостійкість. Підвищення міцності і зносостійкості чавунних виробів досягають уведенням в ливарний сірий чавун присадок нікелю, хрому, магнію, молібдену та інших легуючих елементів та проведенням термічної обробки виливок.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.2. Технологія виготовлення заготовок поворотного кулака

Поворотні і рульові важелі, поворотні кулаки, кронштейни і півосі піддаються знакозмінним навантаженням. Тому такі деталі повинні мати необхідну утомну міцність і мати по всьому перерізу структуру сорбіту або троостосорбітну структуру без включень фериту.

Поворотний кулак є масивною деталлю, яка під час експлуатації піддається значним знакозмінним навантаженням, іноді ударам, тому його виготовляють переважно з чавуну, який є досить міцним, технологічним та недорогим матеріалом. Чавун має високі ливарні властивості і широко використовується для виготовлення виливок [2]. .

Ливарне виробництво – процес одержання фасонних деталей або заготовок заливанням розплавленого металу у форми, порожнина яких відповідає конфігурації та розмірам деталей. Після затвердіння металу форми розкривають або ламають і виймають вилиті деталі – виливки. Остаточних розмірів виливки набувають після механічної обробки. Загальний вигляд виливка і ливарної форми для його одержання показано на рис. 2.1.

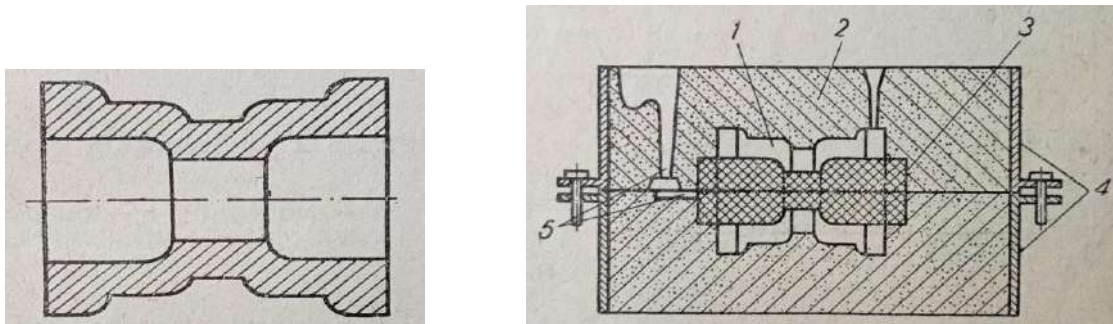


Рисунок 2.1 – а – виливок; б - ливарна форма

Порожнина 1 – форми обмежена стінками 2 і стрижнем 3, який встановлюється для одержання отвору у виливку. Центрується і закріплюється стержень у формі подовженими кінцями, які називають знаками. Рідкий метал заливають у порожнину форми через систему каналів 5, що називається ливниковою системою. Вся форма розміщена в опоках 4.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

Форми можуть бути виготовлені з піщано - глинистих сумішей, металевих сплавів, вогнетривів і інших матеріалів. Форми, виготовлені з піщано - глинистих сумішей, заливають металом один раз, при вийманні виливків їх ламають. Металеві форми (кокілі) можна заливати кілька сот, тисяч і десятків тисяч разів залежно від того з якого сплаву вони виготовлені, який їх розмір і які сплави в них заливають. Форми, які виготовлені з вогнетривких матеріалів, цегли і глини, витримують кілька , але перед кожною заливкою їх виправляють. Лиття є недорогим і доступним способом одержання заготовок.

Способів лиття є декілька, але не кожний спосіб забезпечить отримання якісного чавунного виливка.

Найбільш поширеним способом одержання виливків із сплавів чорних та кольорових металів є лиття в піщано-глиняні форми. Як свідчить статистика майже 70% заготовок для деталей машин одержують литтям. Литтям отримують виливки складної форми та значної маси. В індивідуальному виробництві виготовлення виливків у піщано- глинистих формах є найпростішим і найдешевшим способом. Виливки, одержані таким способом мають занижену точність, повинні мати підвищені припуски на механічну обробку.

Переважну кількість виливок одержують у разових піщано-глиняних формах з формової суміші, яка складається з кварцового піску, вогнетривкої глини та спеціальних добавок.

2.2.1. Схема технологічного процесу виготовлення виливка

Для одержання виливка потрібно виконати наступні операції:

- 1) виготовлення модельного комплекту;
- 2) приготування формувальних і стержневих сумішей;
- 3) виготовлення форм і стержнів;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

4) сушіння стержнів і форм; 5) складання форм; 6) одержання рідкого металу; 7) заливання форм металом; 8) вибивання виливків з форм; 9) обрубубвання й очищення литва; 10) термічна обробка; 11) контроль якості виливок.

Модельний комплект складається з моделі за допомогою якої одержують зовнішні окреслення вилівка в формі. Внутрішні порожнини і отвори у виливках утворюють за допомогою стержнів, які виготовляють у стержневих ящиках.

Модель відрізняється від вилівка. Вона не має отвору, а, навпаки в місцях виходу отвору на торцях, є виступи - знаки. Подібні знаки є в стержневому ящику, отже їх буде мати і стержень. Моделі складної форми виготовляють рознімними. Це дає змогу легко виймати модель частинами без руйнування форми. Модель виготовляють дещо більших розмірів, ніж деталь, тому що враховують лінійну усадку сплаву і дають припуски на обробку поверхонь, які підлягають механічній обробці.

Припуски на механічну обробку для виливків з сірого чавуну в межах від 2 до 24 мм на сторону,

Модельні комплекти виготовляють з різних матеріалів, до яких висувають такі вимоги: мала питома вага; добра оброблюваність; стійкість проти корозії; відсутність або мала гігроскопічність; низька вартість. Поширеним матеріалом для моделей є дерево, а при машинному формуванні – металеві сплави (переважно алюмінієві). Іноді для виготовлення моделей використовують гіпс, спеціальні цементи, пластмаси.

Ливникова система призначена для заливання з визначеною швидкістю металу у форму. Модель традиційної ливникової системи складається з ливникової чаші, стояка, шлаковловлювача та живильника.

Ливникова чаша – приймає струмінь металу, що зливається у форму.

Стояк – вертикальний канал, який з'єднує ливникову чашу з іншими елементами ливникової системи.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Шлаковловлювач - призначений для затримки неметалевих включень. При поворотах і втраті швидкості руху струменя металу в шлаковловлювачі шлак спливає на поверхню, а чистий я виходу повітря і газів метал проходить у канали, які безпосередньо підводять метал до форми. В разі виготовлення великих і середніх виливків до ливникової системи додають випор для виходу повітря і газів з форми [2-5].

2.2.2. Формівні і стержневі суміші

Формівні і стержневі суміші, які застосовують для виготовлення разових форм, повинні мати такі властивості: пластичність, текучість, міцність, газопроникність, піддатливість, вогнетривкість, непригарність мінімальну газотвірність. Крім того формівні суміші повинні бути дешеві і зберігати свої властивості при багаторазовому їх використанні.

Склад формівних і стержневих сумішей

Основними складовими формівних і стержневих сумішей є пісок, глина (або інші скріплювачі), вода і спеціальні добавки.

Склад формівних сумішей визначається сплавами, з яких вилитимуться деталі (чавун, сталь, кольрові сплави).

Особливо високі вимоги пред'являються до стержневих сумішей, тому що під час заливання і охолодження металу стержні перебувають у більш важких умовах ніж стінки форм. Вони нагріваються до більш високих температур, зазнають значного тиску і в той час повинні добре відводити гази, що утворюються. Основними матеріалами для виготовлення стержневих сумішей є кварцовий пісок і спеціальні скріплювачі.

В якості скріплювачів використовують різні органічні і неорганічні речовини: олію, мінеральне масло, смоли, сульфатно-спиртову барду, рідке скло. Дія скріплювача виявляється під час сушіння або після сушіння при охолодженні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Приготування формівних сумішей.

Готують формівні суміші в спеціальному сумішопідготовчому відділенні. Сирі формові матеріали (пісок, глина, вугілля тощо) сушать, розмелюють і просівають. Відпрацьовану суміш, що була у вжитку, також розмелюють просівають, а потім очищають від скрапу і пилу. Підготовлені матеріали у визначеній пропорції змішуються в спеціальних змішувачах.

2.2.3. Виготовлення форм у двох опоках за рознімною моделлю.

Виливок для поворотного кулака доцільно одержувати у формі, яка виготовляється у двох опоках за рознімною моделлю (рис.2.2).

Моделльний комплект складається з рознімної моделі (рис. 2.2, б) і двох стержневих ящиків (рис. 2.2, в).

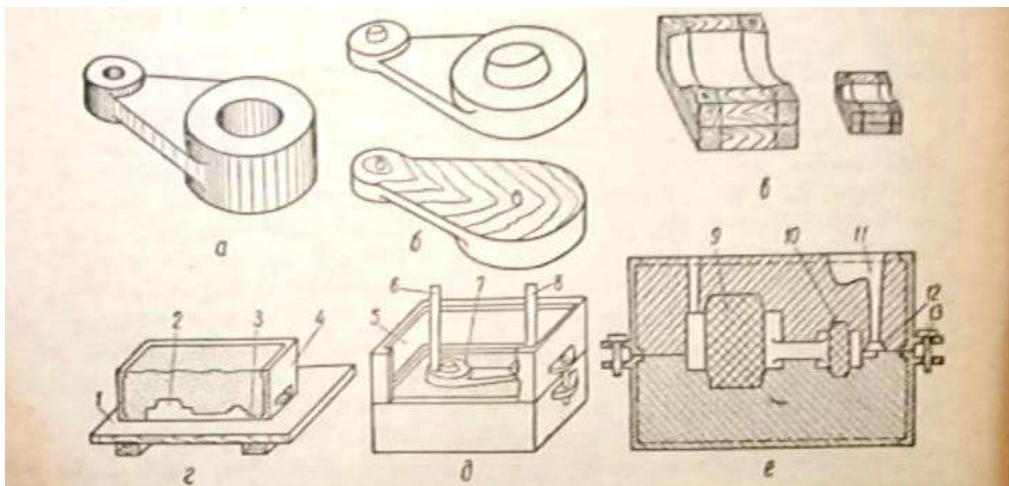


Рисунок 2.2 - Склад модельного комплекту : а - виливок; б – модель;
в - стержневий ящик; г – опока на під модельній дошці; д – опоки в зборі;
е – готова ливарна форма

Виготовлення ливарної форми

На підмодельну дошку 1 (рис.2.2, г) встановлюють площиною розніму нижню половину моделі 2 модель живильника 3 і нижню опоку 4. В опоку засипають формову суміш і ущільнюють її трамбівкою. Зайву землю зчищають лінійкою для одержання горизонтальної площини на рівні кромки опоки, наколюють вентиляційні канали для збільшення газопроникності

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

форми. Потім опоку повертають на 180 °, поверхню розніму форми вигладжують гладилкою і посипають роздільним піском. Після цього на нижню половину моделі накладають верхню її половину 7, взаємно центруючи їх шипами, встановлюють верхню опоку 5, центруючи її з нижньою штирями 13, моделі стояка 8, випора 6 і шлаковловлювача 12 (рис.2.2, д, е) Потім засипають в опоку формівну суміш, ущільнюють, зчищають її надлишок, наколюють вентиляційні канали, прорізують ливникову чашу 11, виймають моделі стояка і випора, знімають верхню опоку, повертають на 180° і ставлять поряд з нижньою. З кожної опоки виймають половини моделі і моделі ливникової системи, живильники з нижньої і шлаковловлювач з верхньої опоки. виправляють можливі дефекти, форму складають - в нижню половину її встановлюють виготовлені і висушені стержні 10, 9. Верхню опоку ставлять на нижню, центруючи їх штифтами 13. Опоки скріплюють скобами або зверху на них кладуть вантаж, щоб при заливанні метал не пройшов у площину розніму форми.

2.2.4. Новітні матеріали для ливарних форм

Холодно твердіючі суміші

Сучасні ливарні виробництва віддають перевагу новій технології виготовлення форм і стержнів. Нова технологія виготовлення форм і стержнів - полягає в тому що в піщану суміш вводять у певному співвідношенні хімічні добавки, під дією яких суміш переходить у «рідко рухомий стан». Замість набивання та ущільнення суміші за існуючою технологією рідку суміш заливають у стержневі ящики, або на моделі, і через 30 - 40 хв. виймають тверді стержні. Процес само тверднення суміші проходить на повітрі без підігріву й одночасно по всьому об'єму великих і дрібних стержнів або форм. Застосування рідких сумішей поліпшує умови

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

праці, дає можливість уникати появи пилу і шуму, які утворюються під час роботи формувальних машин, покращує якість і точність виливок.

Розсипчасті самозастигаючі суміші містять речовини на основі піску, спеціальних смол і закріплювача. Робота з холодно- твердіючими сумішами (ХТС) вимагає високої швидкості. Це зумовлено тим, що до їх складу входять рідкі смоли, які дуже швидко застигають при додаванні каталізаторів. Суспензія з ХСТ просто заливається в опоку, де твердне протягом 20 – 30 хвилин при кімнатній температурі. При використанні цих сумішей оснастку виготовляють з металу та інших міцних матеріалів. Важливою перевагою технології є зменшення розміру форм, що знижує собівартість отриманих виливок [6].

2.2.5. Ливарні властивості сплавів

Ливарні сплави такі як сірі чавуни мають різноманітні механічні та фізичні властивості. При проектуванні деталі основну увагу приділяють механічним властивостям. Основними механічними властивостями сплаву є межа міцності при випробуваннях на розтяг та видовження, яке характеризує пластичність сплаву.

Експериментальні дані свідчать, що вуглецева сталь володіє високою пластичністю і одночасно – високою міцністю. Максимальну міцність має легована сталь і високоміцний чавун та достатню пластичність (5 – 10 %). Низьку пластичність має сірий чавун (видовження 0, 25%), але він має інші важливі властивості.

Мідні сплави мають досить високу міцність, пластичність та корозійну стійкість, але дороговартісні. Крім пластичності та міцності при виборі сплаву враховують ще інші властивості. Для виготовлення одних деталей основною властивістю є густина, для інших жароміцність, корозійна

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

стійкість, зносостійкість, тощо. Конструктор закладає в свою конструкцію максимальні механічні властивості, якими володіє вибраний ним сплав.

Придатність сплавів для виробництва литва визначається їх ливарними властивостями: *рідкотекучістю, усадкою, ліквіацією, газотвірною здатністю і температурою плавлення.*

Рідкотекучість – здатність металу з визначеною точністю заповнювати форму. Вона залежить від складу сплаву, його властивостей і від ступеня перегріву відносно температури плавлення.

Усадка - зменшення об'єму і лінійних розмірів виливка при охолодженні його від температури заливання до нормальної температури.

Ліквіація – неоднорідність складу виливка, який закристалізувався. Вона погіршує якість виливка, тому що неоднорідність складу зумовлює неоднорідність структури і властивостей у різних його частинах.

Газотвірна здатність – характеризується кількістю газу, що виділяється під час кристалізації. При охолодженні металу в формі розчинність газів падає і при виділенні їх у великій кількості утворюються газові раковини у виливках.

2.3. Характеристика сірих чавунів

2.3.1. Структура і властивості сірих чавунів

В якості ливарних сплавів використовують сірі чавуни, сталі, бронзи, спеціальні ливарні латуні тощо. В машинобудуванні 74% всіх виливок виготовляють із сірого чавуна, 21% із сталі, 3% з ковкого чавуна, 2 % з кольорових сплавів. Виливки із сірого чавуну є найдешевшими. Якщо вибрати середню вартість виливка з сірого чавуну за 100% , то вартість з ковкого чавуна буде вже 130 %, із сталі –150 %, кольорових сплавів 300-600%.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

Сірий чавун – сплав заліза з вуглецем (де вуглецю більше 2%) та інших елементів - кремнію, марганцю, фосфору, сірки. Вуглець в сірих чавунах знаходиться як у структурно вільному стані – у вигляді графітних включень, так і в зв’язаному стані – у вигляді цементиту, який входить до складу перліту. Залежно від кількості зв’язаного вуглецю чавун поділяють на сірий половинчастий та білий [3, 7].

В сірому чавуні хімічно зв’язаного вуглецю менше 0,8%, в половинчастому – більше 0,8% , а в білому – майже весь вуглець знаходиться в зв’язаному стані – хімічної сполуки Fe_3C ,

Сірий чавун є самим дешевим з ливарних сплавів. Його механічні властивості залежать від величини зерна, від розмірів і характеру розподілу включень графіту, а також від співвідношення між загальним, зв’язаним і вільним вуглецем (графітом). В сірому чавуні графіт кристалізується у вигляді пластинок, які діють як внутрішні тріщини. Це є основною причиною низької міцності сірого чавуну та малої пластичності (до 0,3 %). Однак присутність графіту в чавуні сприяє меншій чутливості до зовнішніх надрізів. Внаслідок цього конструкційну міцність чавунного вилівка не суттєво зменшують гострі кути, різкі переходи, неметалеві включення, невеликі газові раковини та пори. Сірий чавун має здатність розсіювати вібраційні коливання при змінних навантаженнях - циклічну в’язкість. Завдяки високій демпфуючій здатності сірий чавун є хорошим конструкційним матеріалом, який в багатьох випадках замінює більш дорогу сталь. Сірий чавун має гарні ливарні властивості. Окремі марки чавуну (СЧ 30, СЧ 40) володіють досить високою міцністю та зносостійкістю. Все це зумовлює широке використання сірого чавуну для виготовлення деталей в машинобудуванні.

Властивості вилівка залежать від структури чавуну. Звичайний сірий чавун містить в структурі графітні включення пластинчастої форми.

Структура металевої основи може бути феритною, ферито-перлітною чи

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

перлітною. Утворення тієї чи іншої структури залежить від хімічного складу чавуна та швидкості охолодження виливка.

Швидкість охолодження виливка впливає на утворення тієї чи іншої структури чавуна. При збільшенні швидкості охолодження підвищується вміст в чавуні цементиту; при зменшенні швидкості охолодження виливка збільшується в чавуні вміст графіту. Тому виливка з стінками різної товщини і з різною швидкістю охолодження при однаковому хімічному складі мають різну мікроструктуру, а отже і механічну міцність. В зонах виливка, де метал охолоджується з більшою швидкістю, наприклад біля поверхні, утворюється більш дрібне зерно і виділяється більш дрібний графіт, тому в таких виливках в цих зонах будуть більш високі механічні властивості, а в середній зоні, яка охолоджується з меншою швидкістю, утворюється грубе зерно.

Діаграма показує, що у виливках з стінками різної товщини утворюються різні структури. У тонкій частині може утворитися білий чавун, а в потовщеній частині – феритний чавун. Виливок буде мати різні механічні властивості.

Форма графітних включень впливає на механічні властивості чавуна. Мінімальну міцність має чавун з пластинчастим графітом, максимальну – з кулястим. Підвищення міцності сірого чавуна можливе легуванням та модифікуванням.

2.3.2. Підготовка рідкого сплаву, заливання у форми

Відповідальним етапом технологічного процесу лиття є приготування рідкого сплаву. Після перевірки хімічного складу шихтові матеріали подають на плавильне відділення.

Після розплавлення і доведення до відповідного складу і температури розплавлений метал із плавильних агрегатів (печей) зливається у розливальні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

ковші, які попередньо підігріваються до заданої температури в залежності від типу сплаву і подаються для заливання у зібрані ливарні форми.

2.3.3. Вибивання, обрубання і очищення литва.

Після заливання, метал кристалізується, виливки вибивають із форми і направляють у відділення для очищення від пригару й обрубання залишків ливникової системи. Після очищення виливки направляють у відділ технічного контролю.

Обрубання литва проводять з метою видалення ливників, додатків, рубчиків, приливів та інших нерівностей, які є на поверхні вилівка. Ливники чавунних виливок відбивають ударом молота або кувалди оскільки чавун – крихкий сплав.

Поверхню виливків очищають від піску на спеціальних механізованих установках: в очисних барабанах, піскоструминних, дробоструминних, дробометних і гідравлічних камерах; у малих цехах – вручну за допомогою щіток і пневматичних зубил. Додатки видаляють газовим різанням.

Пригорену формівну суміш видаляють з поверхні вилівка гідравлічним чи піскогідравлічним струменем. На поверхню вилівка направляють струмінь води з піском під тиском 35 ат і очищають поверхню [8].

Після вибивання вилівка із форми на його поверхні залишається пригорена формівна суміш та заусенці, які зачищають в обрубному відділенні. Придатні виливки піддають термічній обробці для зняття внутрішніх напружень, знову піддають контролю і направляють на механічну обробку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

2.4. Обладнання для розплавлення сплавів

Плавлення металу для одержання виливків здійснюють переважно в електричних печах (рис.2.3, а). Для плавлення чавуну в ливарних цехах найчастіше застосовують вагранки (рис.2.3, б) [9].



а)



б)

Рисунок 2.3 - Печі для плавлення чавуну:

а) – індукційна піч; б) - вагранка

Індукційна електрична піч має індуктор, який охолоджується водою, тигель з металевою шихтою. Через індуктор проходить однофазний змінний струм підвищеної частоти (500 – 1000 кГц). Струм створює змінний магнітний потік, який проходить через шихтовий матеріал в тиглі, наводить в них потужні вихрові струми (Фуко) які нагрівають метал до розплавлення та необхідної температури.

Вагранка являє собою циліндричну шахтну піч, зовні покрита сталевим кожухом, а зсередини обкладена вогнетривкою шамотною цеглою. Вагранка – піч безперервної дії. Сировиною для плавлення чавуну у вагранці є

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

металева шихта, паливо, флюси, паливом – кам’яновугільний кокс. В якості флюсів використовують вапняк.

2.5. Дефекти лиття

Дефектом вважають невідповідність вилівка вимогам, які до них висувають [10, 11]. Виливки з дефектами попадають за класифікацією в одну з груп:

- 1 – виріб може бути придатним, якщо відповідає чинним стандартам та технічним вимогам;
- 2 - умовно придатний . виріб має несуттєві відхилення, які не впливають на функціональні та експлуатаційні показники;
- 3 - виправний брак. Виріб має один або декілька недоліків, які можна усунути , деталь буде використана за призначенням.
- 4 – остаточний брак. Наявні недоліки не можна виправити або економічно не вигідно

Способи усунення недоліків вибирають індивідуально до кожного вилівка і можливостей виробництва.

Згідно ДЕСТ 19200-80 дефекти класифікують: за невідповідністю геометрії; за дефектами на ті

Більшість дефектів виникають через порушення технологій та помилок при створенні чи проектуванні форми.

У більшості випадків усі перераховані вище дефекти виникають через недотримання технології, при усадці та через наявність помилок при створенні або проектуванні форм.

2.5.1. Геометричні невідповідності

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Недолів – виникає при недостатній кількості металу, що надійшов у ливарну форму.

Незалів – виникає при пошкодженні ливникової системи чи порушенні технології заливання рідкого металу.

Незлитина – щілина чи наскрізний отвір, що утворюється у стінках деталі.

Причина – зустрічні потоки металу, який подається в ливник не змогли злитися в єдиний потік.

Різна товщина стінок – не якісно зібрана форма, пошкодження оснастки.

Обтиск – порушення форми при транспортуванні, збиранні, заливанні.

Подутість – виникає при нещільній формі.

Перекіс класичний або стрижневий- виникає при зміщенні частин форми або отворів через перекіс. Не ретельно складене оснащення.

Різностінність - прорахунки при виготовленні оснастки.

Залив стрижневий – виникає при пошкодженні стрижня.

Жолоблення – причина - напруження, що виникають при охолодженні.

Переважно виникає у виробках з пласкою, рівною поверхнею, має вигляд лінзи опуклої чи увігнутої.

Вилом – може утворитися при видаленні стрижня або ливникової системи, а також при неправильному зберіганні, транспортуванні чи очищенні виливка.

Заріз - спотворення контуру деталі при зачищенні, видаленні ливника.

Вихід металу – порожнина покрита кіркою, внаслідок витікання металу з форми.

Прорив - спотворена форма виливка.

2.5.2. Дефекти поверхні

Дефекти поверхні виникають внаслідок фізико-хімічних процесів, які відбуваються при контакті рідкого металу та формівної суміші.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Пригар - щільний шар пригорілої формівної суміші, виникає у виливок які отримують у піщані форми.

Окисл– виникає тонкий окислений шар після тривалої термічної обробки.

Шорсткість – на поверхні виливка утворюються бульбашки газу при контакті форми та металу.

Спай - поглиблення округлої форми, виникають при неповному з'єднанні порцій металу, які через ливник подаються до форми.

Плена – утворення окремого шару оксидів металу через нерівномірне заливання у форму.

Складчастість - виникнення хвилястості на поверхні. Причиною може бути погана рідко текучість металу.

Ужимина - поглиблення, краї якого заповнені формувальною сумішшю.

Причиною є

окислення форми при різкому впливі рідкого металу.

Скипання - скупчення наростів і раковин. Вони можуть бути і на поверхні, і всередині виливка. Причина – значне пароутворення при зволоженні частин форми або стрижня.

Засміченість - залишки вкраплень формувальної суміші, через неякісне трамбування або з інших причин.

Наріст - з'являється у разі, якщо форма була частково пошкоджена.

Найчастіше наріст можна просто зрізати або сточити.

Просічення - невеликі смужки металу, які виникають при наявності тріщин у формі.

2.5.3. Несуцільності

Дуже шкідливим дефектом виливок є несуцільності. До них належать:

- Гарячі тріщини, які виявляються у вигляді щілини незначної довжини, яка має ламану форму. Причиною появи є погана усадка при

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

кристалізації, недостатня піддатливість форми та стрижнів чи недостатня витримка виливків у формі.

- Холодні тріщини – руйнування, яке виникає після кристалізації внаслідок виникнення значних залишкових напружень., які зумовлені неоднаковою швидкістю охолодження різних частин виливка.
- Раковина усадкова – порожнина з грубою або окисленою поверхнею. Виникає через недоліки в ливниковій системі.
- Раковина газова – проявляється у вигляді бульбашок газів з гладкою поверхнею у тілі виливка. Причиною появи є гази, що виділяються при контакті з формувальною сумішшю розплавленого металу. Сприяє утворенню дефекту недостатня газопроникненість формівної суміші.
- – Раковина ситоподібна – подібна до тонких, довгих раковин, які розташовані під поверхнею виливка, в яких знаходиться водень.
- Пористість усадкова – пори на поверхні виливка. Причиною є погане живлення та усадка металу. В чавунних виливках виникає графітова пористість.
- Утяжина – механічний дефект у вигляді поглиблення на поверхні. Виникає при незадовільному живленні ливарної форми.
- Піщана раковина – утворюється при помилках формування форми або при недостатній міцності форми внаслідок слабкого набивання форми чи поганої конструкції шлаковловлювача.
- Шлакова раковина – скупчення шлаку внаслідок порушення роботи ливникової системи.

2.5.4. Наявність включень

До цієї групи дефектів належать металеві і неметалеві частинки, які потрапили у виливок. До цієї групи належать:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- Корольок – кулясті часточки металу, які виникли при розбризуванні рідкого металу при його заливанні у ливарну форму.
- Металеві включення – виникають внаслідок поганого перемішування рідкого металу та погану його гомогенізацію.
- Неметалеві включення – залишаються у виливках внаслідок руйнування ділянки форми під час контакту з рідким металом.

2.5.5. Структурні невідповідності

Такі дефекти виникають в чавунних виливках при наявності масивних ділянок або стінок різної товщини.

Основними дефектами є:

- *Вибіл* - формування в виливках з сірого чавуну структурно вільного цементиту. Переважно така структура утворюється у виливках з тонкими стінками.
- *Ліквация* – нерівномірне розміщення компонентів сплаву по об'єму виливка. Виникає під час кристалізації.
- *Флокени* – включення водню, які викликають внутрішні напруження, що розривають тіло виливка.

Газові та піщані раковини, відкриті усадкові раковини виправляють зварюванням. На невідповідальних виливках забивають замазками чи мастиками.

2.6. Термічна обробка виливок

Виливки часто мають грубозернисту структуру, ліквацийні зони, де нерівномірно розподілені неметалеві включення та легуючі елементи. Для підвищення якості виливків їх піддають термічній обробці: відпалу для

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

усунення відбіленого шару (білого чавуну), відпуску для зняття внутрішніх напружень.

Висновки по розділу.

1. Аналіз умов роботи поворотного кулака показав, що деталь працює у важких умовах навантажень та зносу.
2. Поворотний кулак має забезпечити високу надійність та зносостійкість вузла тертя, тому має бути виготовлений з міцного, зносостійкого матеріалу.
3. Спосіб одержання поворотного кулака має бути не трудомістким, забезпечувати економне використання металу.

Постановка задачі:

1. Вибрати та обґрунтувати матеріал для виготовлення поворотного кулака .
2. Вибрати та обґрунтувати спосіб одержання заготовок для поворотного кулака.
3. Розробити технологію зміцнення поворотного кулака.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Вибір та обґрунтування матеріалу для поворотного кулака

Поворотний кулак, як зазначалось є відповідальною деталлю підвіски автомобіля. Він сприймає значні навантаження, які є змінними як за величиною, так і за знаком, піддається напруженню на згин та дії інших знакозмінних напружень. Від матеріалу деталі вимагають витривалості, високих значень опору утомі, які є причиною виходу деталі з ладу.

Утома матеріалу – це процес поступового і тривалого руйнування металу в умовах повторюваних змінних напружень. Метал, який знаходиться під дією знакозмінних навантажень починає руйнуватись при навантаженнях, які нижчі за межу міцності та навіть за межу текучості. Виникнення тріщин утоми зумовлене особливостями кристалічної будови металів.

Полікристалічні метали мають дрібнозернисту структуру з зернами різної орієнтації, які відокремлені границями, порами, і неметалевими включеннями. По-різному орієнтовані кристаліти не є однорідними із-за умов кристалізації, обробки тощо. Внаслідок анізотропії кристаліти неоднаково чинять опір дії зовнішнім навантаженням. В кристалітах, які несприятливо орієнтовані до напрямку дії зовнішніх сил, виникають більші напруження, і в них відбувається пластична деформація у вигляді зсуву. В інших кристалітах деформація має пружний характер. Присутність в металі сторонніх включень і мікроскопічних пор також викликає концентрацію напружень

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Під час пружної деформації міжатомні відстані і невеликі викривлення кристалічної решітки відновлюються після зняття навантаження.

Під час пластичної деформації зв'язок між атомами кристалічної решітки порушується по площинам зсуву чи площинам ковзання. Під дією змінного навантаження пластична деформація набуває знаковмінного характеру і ковзання в зернах металу відбувається в різних напрямках, внаслідок чого зовнішніх ознак остаточної деформації не виникає. Під час перших циклів змінного напруження результатом пластичної деформації є зміцнення площин ковзання всередині окремих зерен, що викликає зміцнення металу. При збільшенні кількості циклів змінного напруження процес пластичної деформації слабких зерен може бути вичерпаним, а ступінь викривлення кристалічної решітки же сприяти появі зон, де атомні зв'язки будуть порушені, а нові не виникнуть. Це призводить до субмікроскопічного порушенню суцільності (рихленню металу) і зародження мікротріщин. Початкова стадія при руйнуванні від втоми є результатом дії дотичних напружень, які викликають багаторазову пластичну деформацію. Подальший ріст мікротріщини і поява нових мікротріщин може припинитись, за умови виникнення стану рівноваги. Він настане, якщо під дією дотичних напружень ослаблення від руйнування найбільш слабких зерен, буде компенсуватись зміцненням більш міцних. Має місце і зворотній процес, коли мікротріщини, які вже виникли, збільшуються в розмірах і з'єднуються в одну загальну тріщину, коли основну роль починають грати нормальні напруження. Утворення тріщин втоми частіше відбувається по напрямку дії найбільших нормальних напружень. Викладене дозволяє зробити висновок, що межа втоми матеріалу залежить від його опору відриву та від ступеня зменшення цього опору при багаторазовій пластичній деформації.

Утворення тріщин втоми на поверхні виробу відбувається не тільки при циклічних напруженнях згину і кручення, але й при циклічному розтягу – стисканні. Тріщина втоми і в одному, і в другому випадку майже завжди

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

утворюється на поверхні деталі, так як зовнішні шари гірше чинять опір циклічним навантаженням.

3.2. Вплив домішок на будову та властивості чавуну

Основою чавуну є залізо другим основним компонентом є вуглець. Домішками є марганець, кремній, сірка та фосфор та інші. Їх кількість та вплив на властивості інший ніж у сталі.

Вуглець і кремній – основні компоненти чавуну. Вони сприяють утворенню графіту, знижують температуру плавлення чавуну, забезпечують його високі ливарні властивості такі як рідко текучість і якісне заповнення форми.

Вуглецю в чавуні може бути від 2, 5 до 4 %, він присутній в структурі чавуну у формі графіту та цементиту.

Кремній сприяє графітизації, розчиняється в фериті. Вміст кремнію в різних сортах чавуну від 0,5 до 4, 5 %.

Марганець підвищує схильність чавуна до відбілювання, так як сприяє утворенню цементиту, в зв'язку з цим підвищує твердість чавуну. Важливим є взаємодія марганцю з сіркою, утворення MnS , внаслідок чого шкідлива дія сірки не реалізується. Таким чином марганець сприяє графітизації.

Марганець розчиняється в фериті. Арганцю в чавуні в межах 0,4 – 0,6%.

Сірка – є шкідливою домішкою чавунів, сприяє відбілюванню чавуну, погіршує його рідко текучість і спричиняє утворення газових пухирів. Сірка у 5 - 6 разів активніше впливає на відбілювання чавуну, ніж марганець.

Особливо шкідливою є сполука FeS - сірчанисте залізо. Шкідливий вплив сірки на властивості чавуну проявляються при вмісті її більше за 0,15%.

Вплив *фосфору*. Фосфор в невеликій кількості є корисною домішкою, підвищує рідко текучість сірого чавуну, що є важливим при одержанні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

тонкостінних виливків Фосфор має сильне споріднення до заліза , утворюючи фосфід Fe_3P . В чавунах з вмістом до 0,5% фосфору більша його частина утворює твердий розчин з феритом , в місцях ліквацій утворюється фосфідна евтектика, яка складається з фериту, цементиту і фосфіду заліза ($\Phi + Fe_3C + Fe_3P$).

Фосфідна евтектика містить близько 10 % P. має структуру, яка складається з дрібних точкових кристалів, які не утворюють суцільної сітки, має високу твердість. Температура плавлення фосфідної евтектики 950 - 980°C. При вмісті в чавуні 1% фосфору фосфідна евтектика в структурі буде займати біля 10% .

Фосфідна евтектика підвищує пружні властивості чавуну і його опір зносу. Ліквація і утворення грубих виділень фосфідної евтектики сильно підвищують крихкість чавуну.

Водень –є шкідливою домішкою, попадає в чавун із вологого повітря, підвищує стійкість цементиту, сприяє відбілюванню чавуну. Водень може попадати в поверхневі шари чавунного виливка з вологої формівної суміші.

3.3. Обґрунтування вибору складу чавуну для виготовлення поворотного кулака

Пропонується поворотний кулак для передньої підвіски автомобіля виготовляти з сірого чавуну, в який додано нікель та хром в кількості 1,0 -1 ,2 %. Під час кристалізації провести модифікування лігатурою спеціального складу (65% феросіліцію і 35 % алюмінію). Склад і властивості чавуну наведено в таблицях 3.1.

Уведення *нікелю* в чавун сприяє графітизації чавуна та підвищує його твердість. Нікель в якості присадки до сірого чавуну в присутності хрому усуває появу крихкості і відбілювання. Нікель є графітоутворювачем, він подрібнює перліт і графіт, підвищує міцність та зносостійкість, покращує

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

оброблюваність чавуну. Вільний графіт повністю зникає, і механічні властивості чавуну, а також його опір зносу значно зростають.

Хром утворює карбіди, підвищує твердість і міцність чавуну. Хром також покращує структуру, підвищує зносостійкість. Перліт чавуну під впливом хрому набуває тонкої будови (рис. 3.1).

Таблиця 3.1. Склад та властивості низьколегованого сірого чавуну

| Марка чавуну | Вміст елементів, % | | | | | | |
|--|--------------------|---------|---------|---------------|---------|-----|------|
| | C | Si | Mn | Cr | Ni | P | S |
| СЧ35 | 2,9-3,0 | 1,2-1,5 | 0,7-1,1 | 1,1- 1,2 | 1,0-1,2 | 0,2 | 0,12 |
| Механічні властивості | | | | | | | |
| Міцність МПа | | | | Твердість, НВ | | | |
| В залежності від товщини стінки випівка 380 - 205 | | | | 290 - 179 | | | |



Рисунок 3.1– Структура легованого чавуну

3.3.1. Мікроструктура і властивості сірого чавуну

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

Структура сірого чавуну складається з металевої основи (вона може бути феритною. Ферито-перлітною та перлітною з включеннями пластинчастого графіту.

Утворення графіту дуже суттєво зменшує кількість цементиту в структурі, знижує твердість, покращує оброблюваність різанням. Від звичайного природного графіту, який є кристалічним різновидом вуглецю з гексагональною решіткою, графіт сірого чавуну відрізняється тим, що в його складі знаходяться не тільки атоми вуглецю, але й атоми заліза, кремнію тощо, тобто він є твердим розчином високої концентрації.

Графіт має дуже малу механічну міцність, тому вплив його включень пластинчастої форми подібний дії надрізів.

Форма графіту точніше не пластинчаста, хоча її так називають, а пелюсткова (рис.3.2). Графітні включення суттєво знижують механічні властивості чавуну такі як межа міцності на розтяг та в'язкість. Графітні включення, форма яких широкі пелюстки, діють як тріщини на металеву основу чавуну, а їх гострі кінці подібно надрізам сприяють концентрації напружень.

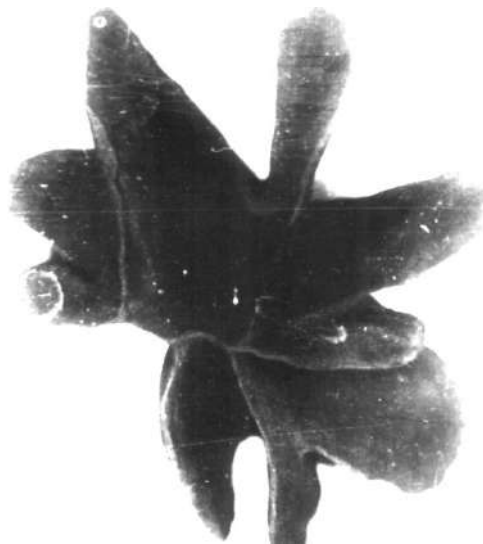


Рисунок 3.2 - Форма графітних включень в сірому чавуні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Утворення графіту супроводжується збільшенням об'єму чавуну, тому чавунні виливки мають меншу усадку і кращу поверхню ніж сталеві.

Чавуни мають грубозернистий злом та низьку межу текучості, особливо при випробуваннях на розтяг. Чавун з дрібними (рис. 3.3, б) та закрученими графітними включеннями має високі механічні властивості.



Рисунок 3.3 - Графітні включення в сірому чавуні:

а - грубі; б - дрібні

Структура металевої основи сірого чавуну може бути феритною, перлітною, з включеннями фосфідної евтектики та дуже дрібних виділень цементиту та сірчанистого марганцю. Виливки з сірого чавуну переважно мають структуру ферито - перлітну + графіт та перліт + графіт. Наявність структурно вільного фериту в чавуні не забезпечує таким чавунам високу зносостійкість та міцність. Кращі показники мають чавуни з перлітною основою (рис. 3.4, в).

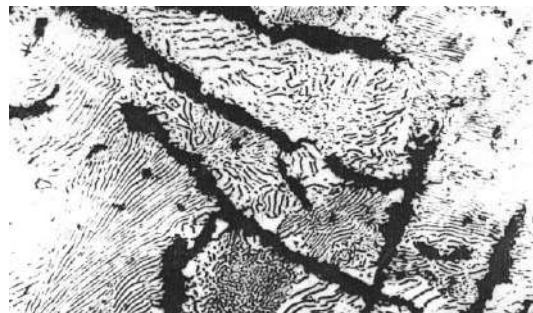
| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |



а)



б)



в)

Рисунок 3.4 – Сірі чавуни з різною структурою металевої основи: а – ферит + графіт; б – ферит + перліт + графіт; перліт + графіт

Перліт в чавуні внаслідок високого вмісту кремнію та марганцю, має менше вуглецю, ніж визначено на діаграмі Залізо – графіт (до 0,5 і навіть до 0,3 %С, замість 0,69 %). Сірий чавун з графітними включеннями має дуже високу межу міцності при стисканні на згин – ця межа менша, а при розтягу – ще менша. Чим вища якість чавуну, тим менша ця різниця. Механічні властивості сірих чавунів показані в таблиці 3.2

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

Таблиця 3.2. Механічні властивості сірого та модифікованого чавуну.

| Марка чавуна | Межа міцності, в МН /м ² | | | | Стріла прогину в мм | | Твердість НВ |
|---|-------------------------------------|---------|---------------|---------|---------------------|-----|--------------|
| | на розтяг | на згин | при стисканні | на зріз | 100 | 300 | |
| СЧ20 | 206 | 392 | 735 | 255 | 9 | 3 | 170-241 |
| СЧ24 | 236 | 432 | 814 | 275 | 9 | 3 | 170-241 |
| СЧ32" | 314 | 510 | 980 | 314 | 9 | 3 | 187-255 |
| СЧ35" | 343 | 548 | 1180 | - | 9 | 3 | 197-269 |
| СЧ38" | 372 | 588 | 1270 | - | 9 | 3 | 207-269 |
| " Чавуни СЧ32, СЧ35, СЧ38 модифіковані графітуючими добавками | | | | | | | |

3.3.2. Модифікування чавуну

В сучасному машинобудуванні підвищення властивостей виливок із сірого чавуну досягають модифікуванням – технологічного процесу регулювання числа центрів кристалізації, швидкості росту і форми кристалів. Модифікування здійснюють шляхом добавок в рідкий сплав (перед розливанням) спеціальних присадок – модифікаторів. Модифікатори утворюють центри графітизації, що сприяє утворенню дрібнозернистої структури.

Модифікуванню пропонується піддавати низьковуглецевий чавун з пониженим вмістом вуглецю та кремнію. Присадкою вибрано лігатуру, яка складається з 75 % -ного феросиліцію і брухту алюмінію. Маса такої лігатури складає 0,3 – 0,4 % до маси рідкого чавуну. Склад такої лігатури 65 % феросиліцію і 35 % вторинного алюмінію. Кремній, залізо, алюміній, які входять до складу модифікатора, утворюють дрібні часточки окислів та

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

нітридів, які мають орієнтаційну відповідність з решіткою графіту і стають рівномірно розподіленими центрами його графітизації. Додавання комплексного модифікатора в чавун з низьким вмістом вуглецю та кремнію створює центри графітизації і забезпечує утворення невеликих, рівномірно розподілених графітних включень, металева основа чавуну має структуру перліту (рис.3.5).



Рисунок 3.5 - Структура сірого чавуну :
а) до модифікування; б) модифікованого

В результаті модифікування підвищуються механічні властивості чавуну (див. табл) та його зносостійкість більше, ніж у 2 рази.

3.4. Обґрунтування вибору режиму термічної обробки поворотного кулака

Поворотний кулак, як зазначалось раніше є масивною деталлю, яка під час експлуатації піддається значним знакозмінним навантаженням, тому така деталь повинна мати достатню міцність, невисоку твердість і структуру, яка забезпечить підвищену в'язкість.

Для формування заданих властивостей виливки – заготовки для поворотного кулака вибираємо подвійну термічну обробку: - відпал для усунення внутрішніх напружень та гартування з відпуском. Гартування буде проведене

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

після механічної обробки заготовки та виготовлення деталі – поротного кулака.

3.4.1. Відпал виливок

Для ефективного зняття внутрішніх напружень і забезпечення сталості форми та розмірів при виготовленні, а також тривалій експлуатації чавунних виливків застосовують старіння (стабілізацію) чавуну.

Розрізняють два види старіння : природне та штучне.

Природне старіння чавуну здійснюється при витримці виливків на відкритому повітрі або в приміщенні складу протягом 3...15 місяців. Метод застосовують для стабілізації деталей металообробних верстатів .

Чавунні виливки поворотного кулака пропонується піддавати штучному старінню (або низькотемпературному відпалу), яке проводимо при 500 – 550°C, витримка 3 - 5 годин. Швидкість нагрівання виливків до температури відпалу становить 30...150°C.

Охолодження повільне: до 200°C охолодження з швидкістю 10 – 20 °C/год., далі можна на повітрі. Чим більші та складніші за формою виливки, тим швидкість нагрівання має бути меншою. Чим вища температура нагрівання виливків під час відпалу, тим повніше знімаються напруження. Після відпалу залишкові напруження зменшуються на 60...70% відносно початкових значень, стабілізується структура . Температура відпалу невисока, вона не викликає суттєвих структурних змін, твердість чавуну не падає.

3.4.2. Гартування поворотного кулака

Гартування легованих сірих чавунів є основним способом покращення властивостей готових деталей. Температура нагрівання для гартування 850-880°C, охолодження в мінеральному маслі; відпуск 600 - 650°C. Задана

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

твердість в робочому стані має бути НВ 207 – 281 структура металевої основи - сорбіт з включеннями графіту.

Вибір температури нагрівання

При виборі температури нагрівання для проведення гартування (та інших видів термічної обробки) користуються діаграмою стану залізо-цементит.

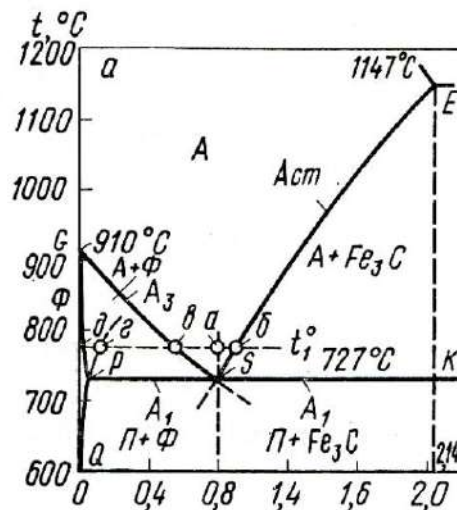


Рисунок 3.6 – Положення критичних точок на діаграмі «залізо–цементит»

Метою термічної обробки є досягнення заданих змін в будові металу та формування заданих властивостей шляхом нагрівання його до певної температури з наступним охолодженням. На результат термічної обробки впливають наступні фактори: час (швидкість) нагрівання, температура нагрівання, час (тривалість) витримки, час (швидкість) охолодження. Тому процес термічної обробки зазвичай зображають у вигляді графіка в координатах температура T°С - час .

Виливки з сірого низько вуглецевого чавуну можна нагрівати для проведення гартування подібно до режимів, які рекомендовані заевтектоїдним сталям. Нагрівання доевтектоїдних і заевтектоїдних сталей до температур нижчих за точку A_{c1} до структурних змін не призводить. У

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

заевтектоїдних сталях при гартуванні від температур, вищих за A_{c1} , але нижчих за A_{cm} , поряд з мартенситом зберігається цементит, який має високу твердість і тому не зменшуватиме твердість загартованої сталі. Нагрівання заевтектоїдних сталей вище від температури A_{cm} для формування однорідної структури аустеніту, недоцільне, оскільки це не тільки не збільшує твердість після гартування, а навпаки, зменшує її внаслідок розчинення вторинного цементиту та збільшення кількості залишкового аустеніту. Крім того, при нагріванні вище точки A_{cm} значно збільшується зерно аустеніту, що призводить до появи термічних напружень.

Отже, при нагріванні поворотного кулака до вибраної температури для гартування $850-880^{\circ}\text{C}$ утворюється структура аустеніту з графітом з незначним вмістом карбідів хрому. Наявність легуючих елементів (хрому та нікелю) зменшує критичну швидкість охолодження, що дозволяє вибрати в якості охолоджувального середовища мінеральне масло. Використання масла сприяє формуванню мартенситної структури з меншими внутрішніми напруженнями.

Охолодження в маслі забезпечує утворення з аустеніту мартенситу. Таким чином зміцнюється металева основа чавуну.

Відпуск призначаємо високий, температура відпуску $600 - 650^{\circ}\text{C}$. Задана твердість в робочому стані має бути HB 207 – 281, отже високий відпуск, забезпечить формування структури сорбіту з потрібними заданими властивостями, структура металевої основи - сорбіт з включеннями графіту. Тривалість нагрівання деталей для проведення гартування вибирається згідно рекомендацій т таблиці 3.3.

Процес нагрівання в печі є відповідальним етапом термічної обробки. Необхідно забезпечити таке прогрівання, щоб температура в різних частинах деталі встигала вирівнюватись. Нерівномірне нагрівання сприяє появі внутрішніх (термічних) напружень, наслідком яких може бути жолоблення і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

навіть тріщини. Тріщини найчастіше можуть з'явитися на початку нагрівання, коли метал ще не встиг перейти у більш пластичний стан.

Нагрівання поворотних кулаків здійснюють в електричній печі марки СНО-4.8.3/12,5 (рис. 3.7).

Таблиця 3.3. Загальна тривалість нагрівання зразків різної форми.

| Температура нагрівання, °С | Коло | Квадрат | Пластина |
|----------------------------|------------------------------------|---------|----------|
| | Тривалість нагрівання, хв. на 1 мм | | |
| | діаметр | товщина | |
| 600 | 2 | 3 | 4 |
| 700 | 1,5 | 2,2 | 3 на |
| 800 | 1,0 | 1,5 | 2 |
| 900 | 0,8 | 1,2 | 1,6 |
| 1000 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |

3.4.3. Печі для термічної обробки



Рисунок 3.7– Електропеч для термічної обробки СНО-4.8.3/12,5

Живлення печі здійснюється від мережі трифазним струмом.

Піч оснащена нагрівальними елементами, виготовленими з ніхрому у вигляді дроту діаметром 7 мм. Робоча температура печі (до 1250°C) регулюється автоматично.

3.4.4. Характеристика охолоджувального середовища

Мінеральне масло – є досить ефективним охолоджувачем для легованих сталей та чавунів.

Правильний вибір охолоджувального середовища має велике значення при проведенні термічної обробки.

При гартуванні потрібно переохолодити аустеніт до температури M_n - початку мартенситного перетворення шляхом швидкого охолодження сталі при температурах найменшої стійкості аустеніту, отже при 650-550°C. В зоні температур мартенситного перетворення, - нижче 300 °C, навпаки, вигідніше проводити повільне охолодження, так як структурні напруження встигають вирівнюватись, а твердість мартенситу практично не змінюється.

З таблиці 3.4 видно, що ідеального охолоджувального середовища немає.

Вода є недорогим охолоджувачем, але може сприяти виникненню значних внутрішніх напружень при охолодженні в температурному інтервалі 300 - 200°C. Масло недостатньо швидко охолоджує в інтервалі 650 - 550°C і досить повільно в зоні мартенситного перетворення, тобто при 300 - 200°C. При гартуванні в маслі в перший момент утворюється на поверхні виробу сорочка з пари, яка перешкоджає теплопередачі. Внаслідок в'язкості масла сорочка з пари повільно видаляється тому охолодження відбувається не швидко.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.4. Швидкість охолодження в різних гартівних середовищах

| Гартівні середовища | Швидкість охолодження в град/сек в інтервалі температур | |
|--|---|-------------|
| | 650 - 550°C | 300 - 200°C |
| Вода при 18°C | 600 | 270 |
| Вода при 50°C | 100 | 270 |
| Вода при 74 °C | 30 | 200 |
| 10-% - ний розчин у воді їдкою натрію при 18°C | 1200 | 300 |
| Мінеральне масло | 130 | 50 |

Для руйнування сорочки з пари рекомендовано при зануренні виробу у гартівний бак виконувати «8», рухаючи виріб справа-наліво, або використовувати гартівні баки з перемішуванням масла та його підігрівом до 65-75°C.

3.5. Контроль якості термічної обробки

При проведенні термічної обробки застосовують такі види контролю: попередній, проміжний, періодичний та остаточний.

Попередній контроль проводять з метою попередження браку. При цьому здійснюють контроль вхідних матеріалів, контроль першої партії з тим, щоб уже на початку обробки визначити чи правильно складено технологічний процес і чи витримуються умови виконання кожної операції.

Проміжний (між операційний) контроль здійснюють між операціями термічної обробки щоб не допустити появи браку при наступній обробці

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

деталей (наприклад, контроль твердості загартованих деталей перед відпуском).

Періодичний контроль проводиться на тих ділянках, де може виникнути брак, (наприклад, контроль температури охолоджувальних середовищ для гартування).

Остаточний контроль здійснюють після завершення всіх операцій термічної обробки. Задача випробування остаточне технічне приймання готової продукції.

3.5.1. Контроль технологічних процесів

Якість термічної обробки забезпечується виконанням технологічних процесів. У термічних цехах здійснюють постійний контроль за дотриманням установлених значень технологічних параметрів: температури, тривалості нагрівання і витримки деталей, тиску та витрати газів і рідин, витрати електричної енергії тощо. Значення перевірених параметрів реєструється самописними приладами або заноситься в журнали.

Температуру робочого простору печей та нагрівальних установок, охолоджуючих рідин контролюють за допомогою термометрів опору, термопар, радіаційних і фотоелектронних пірометрів.

Охолоджувальні середовища контролюють за температурою і вмістом механічних та мінеральних домішок.

3.5.2. Методи контролю якості продукції

Результати термічної обробки в значній мірі залежать від якості вхідних матеріалів, які обов'язково піддають контролю після надходження на виробництво. Перевіряють хімічний склад, макро- та мікроструктуру, механічні властивості.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

Хімічний склад визначають в хімічній лабораторії. Для дослідження вмісту вуглецю в матеріалі готують стружку 1-2 г, яку спалюють в аналізаторі (рис.3.8) в атмосфері кисню при температурі 1000 – 1200°C. Увесь вуглець окислюється до CO₂. Ваговим методом визначають в ньому кількість вуглецю.

Вміст легуючих елементів визначають на стилоскопах. В цих приладах між зразком сплаву і електродом збуджується електрична дуга, внаслідок чого утворюються розжарені пари металу. Світло від дуги, проходячи крізь оптичну систему, розкладається на лінійчатий спектр. Кожному елементу відповідає своя лінія спектра. За кольором і інтенсивністю ліній спектра визначають наявність та кількість елемента в сплаві.

Наявність легуючих елементів визначають також сучасними приладами – спектросканами (рис. 3.9). Прилад дає можливість візуально спостерігати спектр випромінювання. Аналіз спектрів дозволяє визначити енергетичні рівні досліджуваної системи. Інтенсивність випромінювання в спектрах дає інформацію про кількісний та якісний склад речовин [12].



Рисунок 3.8 - Аналізатор АН – 7529

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |



Рисунок 3.9 - Спектроскан

Металографічний аналіз

Мета металографічного аналізу визначення мікроструктури чавуну після всіх видів обробки: лиття, відпалу, гартування, відпуску.

Структуру чавуну визначають форму, розподіл розміри графітних включень та їх кількість.

При дослідженні металевої структури чавуну визначають вид структури, форму перліту, кількість перліту та фериту, дисперсність перліту, розміри сітки і площу включень фосфідної евтектики, кількість та розміри включень цементиту.

Допускаються дефекти в межах допуску на механічну обробку.

Металографічний аналіз проводять на мікрошліфах. Підготовка мікрошліфа передбачає виконання наступних операцій: вирізка зразка (розміром 30x30x20 мм), шліфування поверхні на шліфувальному папері різної зернистості, полірування з допомогою алмазних паст, промивання поверхні, просушування та травлення реактивом.

Форму та розмір графітних включень досліджують на полірованих шліфах до травлення. Структуру металевої основи вивчають після травлення.

Травник – спиртовий розчин азотної кислоти 4 -% .

Тривалість травлення декілька хвилин – до потьмяніння поверхні. Після травлення мікрошліф промивають водою, протирають ватою, змоченою у спирті, просушують фільтрувальним папером. Мікроструктуру досліджують під мікроскопом (рис.3.10)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |



Рисунок 3.10 - Металографічний мікроскоп Оптика

3.2.3. Випробування на твердість.

Визначення твердості – це досить поширений метод контролю якості деталей. Деталі, які мають високу твердість (після гартування, відпуску, цементації тощо) контролюють на приладах Роквелла або Віккерса. Твердість деталей після відпалу, нормалізації або поліпшення перевіряють на приладі Брінелля.

Державними стандартами ДСТУ3132-95 та ДСТУ 8833 – 2019

передбачено контроль твердості виливок після їх кристалізації.

Твердість – це властивість матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого більш твердого тіла. Найбільш поширеними методами вимірювання твердості є методи Брінелля та Роквелла [13, 14, 15]. Твердість чавуну вимірюють методом Брінелля. Для готових деталей – поворотних кулаків, які піддавали гартуванню, твердість вимірюють методом Роквелла.

Метод Брінелля – базується на тому, що під дією сили P в поверхню виробу вдавлюють загартовану кульку певного діаметра D і за величиною сферичного відбитка, який залишає кулька (рис.3.11), визначають твердість HV виробу за формулою:

$$HV = \frac{P}{F}, \quad (3.1)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 48 |

де P – прикладене навантаження, кгс або МН; F – площа поверхні сферичного відбитка, м^2 .

Якщо визначити площу поверхні відбитка через діаметри кульки та відбитка, одержимо формулу:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}. \quad (3.2)$$

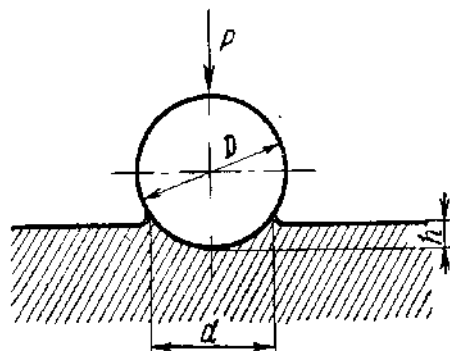


Рис. 3.11 – Схема вимірювання твердості за методом Брінелля

Навантаження P , діаметр кульки D та тривалість витримки під навантаженням вибирають згідно з наступними рекомендаціями.

Вибір діаметра кульки залежить від товщини зразка t . Якщо товщина зразка $t > 6$ мм, вибирають кульку діаметром $D = 10$ мм, для $t = 3 \dots 5$ мм – кульку $D = 5$ мм і для зразків з $2 < t < 3$ мм вибирають кульку з $D = 2,5$ мм. Навантаження P знаходять за формулою:

$$P = KD^2, \quad (3.3)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від виду матеріалу зразка:

$K = 30$ для чавунів, сталей, зміцнених кольорових сплавів з очікуваною твердістю $HB > 1400$ МН/м² (140 кгс/мм²);

Час витримки зразка під навантаженням має забезпечити відновлення пружно-пластичних деформацій і визначається залежно від виду досліджуваного металу. Для чорних металів (чавуну, сталі) час витримки τ приймають 10. Прилади для вимірювання твердості за методом Брінелля показані на рис. 3.12.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



а)

б)

Рисунок 3.12- Прилад ТШ-2 для вимірювання твердості за методом Брінелля;

Метод Роквелла базується на вдавлюванні алмазного конуса з кутом при вершині 120° (чи сталеві кульки діаметром 1,588 мм) під дією навантаження P в поверхню досліджуваного зразка. Навантаження P прикладається до зразка в три стадії (рис. 3.13).

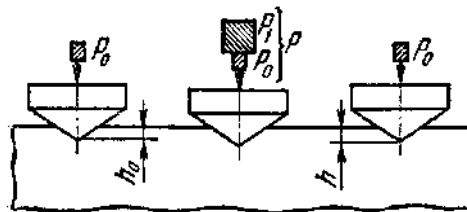


Рисунок 3.13 – Схема вдавлювання алмазного конуса за методом Роквелла

На першій стадії до зразка прикладається початкове навантаження $P_0 = 100$ Н, індентор заглиблюється в зразок на глибину h_0 . На другій стадії зразок навантажується повним навантаженням $P = P_0 + P_1$.

При втисканні алмазного конуса до нього прикладається повне навантаження P , яке дорівнює 600 Н або 1500 Н при вдавлюванні алмазного конуса

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |

і 1000 Н при вдавлюванні кульки. Індентор заглиблюється в зразок на глибину h_k .

На третій стадії навантаження P_1 знімається, зразок залишається під навантаженням P_0 і положення індентора фіксується на глибині $h = h_k - h_0$. Різниця між глибинами проникнення індентора в зразок на першій та третій стадіях характеризує твердість металу. За одиницю твердості приймають величину, яка відповідає переміщенню кульки чи конуса на глибину 0,002 мм.

Твердість за Роквеллом в умовних одиницях вимірюють з допомогою приладу TP 5006, який за принципом дії є важільно-механічним пресом

(рис. 3.14) та додатково оснащений індикатором, за допомогою якого визначають значення твердості.



Рисунок 3.14 – Зовнішній вигляд приладу для вимірювання твердості за методом Роквелла (TP 5006)

Відповідно до навантажень на індикаторі приладу є шкали: чорні A і C та червона B . Шкалою A користуються при вимірюванні твердості виробів з дуже твердим поверхневим шаром (після цементації, азотування, а також твердих сплавів з твердістю до HRA 85). Шкала C використовується для вимірювання твердості загартованих сталей з твердістю до HRC 67. Шкалу B використовують при вимірюванні незагартованих сталей, кольорових металів та сплавів з твердістю до HRB 100.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

3.5.3. Контроль внутрішніх та зовнішніх дефектів

Внутрішні та зовнішні дефекти виявляють використовуючи неруйнівні методи контролю : зовнішній огляд, контроль розмірів і форми, магнітний, рентгенівський ультразвуковий метод та інші.

Зовнішній огляд проводять для усіх деталей з метою виявлення поверхневих гартівних тріщин, раковин, вибоїн, короблення тощо. Контролю розмірів підлягають деталі, схильні до короблення. Осьові деталі (валики, вісі) перевіряють на наявність кривизни. Непаралельність плоских деталей перевіряють на контрольній чавунній плиті за допомогою щупів, лінійок тощо.

Фізичні методи контролю використовують для визначення структури та дефектів, які не виявляються неозброєним оком.

Магнітна дефектоскопія дозволяє виявити дрібні та дуже тонкі тріщини, волосовини, шлакові включення, надриви тощо, які знаходяться на незначній глибині деталі або частково виходять на поверхню (рис.3.15).



Рисунок 3.15– Намагнічувальний пристрій Д – 400

Дефектоскоп дозволяє визначати мікродефекти зварних швів, наявність тріщин та неметалевих включень в поверхневому шарі виливок, поковок тощо.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

3.6. Техніка безпеки при роботі на обладнанні в термічних цехах

В цеху мають бути мостові, підвісні консольні та інші підйомно - транспортні засоби для обслуговування печей, де піддають термічній обробці вироби масою більше за 16 кг.

Для промивання виробів після термічної обробки потрібно застосовувати пожежобезпечні рідини. Гартівні та відпускні масляні ванни повинні мати збиральні ємності для зливання всього масла.

Гартівні ванни мають бути оснащені установками вогнегасіння. Високочастотне обладнання повинно мати спеціальні завантажувальні – розвантажувальні пристрої. Під час роботи на високочастотному обладнанні необхідно користуватись засобами індивідуального захисту: стояти на гумовому килимку в захисних окулярах і гумових рукавицях, а інструмент з рукоятками заізолювати по всій довжині.

Електричні печі повинні мати загородження, а металеві частини – заземлення та блокування, яке автоматично вимикає струм при відчиненні дверцят печі.

Під час роботи заборонено вмикати рубильники і пускові кнопки за допомогою металевих предметів. Не дозволяється користуватися несправними рубильниками чи пусковою кнопкою. Всі інструменти, з якими працює терміст, мають бути в справному стані.

Терміст має працювати в захисних окулярах і рукавицях, щоб не отримати опіків від гарячих деталей та інших нагрітих предметів.

Ванни і баки для гартівних рідин обладнують витяжною вентиляцією, кришками, що щільно закриваються, і спеціальними спускними кранами в нижній частині для видалення води, якщо вона потрапила в масло.

Під час занурення виробів терміст має убезпечити себе від впливу пари, яка утворюється на поверхні виробів, які охолоджують.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вироби після гартування зразу піддають відпуску, так як внутрішні напруження (особливо в масивних виробах) можуть призвести до руйнування металу, і шматки деталі можуть поранити робітника.

Робота на дробоструменевих барабанах і установках, де використовується сталевий чи чавунний дріб дозволяється тільки в захисних окулярах з непробиваємими скельцями, в комбінезонах та рукавицях. Пил від очисних установок має видалятися спеціальними пиловловлюючими пристроями.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 54 |

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

На основі вивчення умов роботи поворотного кулака передньої підвіски автомобіля, основних пошкоджень, що зменшують строки експлуатації такої відповідальної деталі як поворотний кулак, запропоновано:

1. Матеріал, який за показниками міцності та зносостійкості має забезпечувати надійну роботу деталі під час експлуатації.
2. Запропоновано в якості матеріалу для виготовлення поворотного кулака низько вуглецевий сірий чавун, легований нікелем та хромом.
3. Запропоновано отримувати заготовки поворотного кулака методом лиття в разові піщано-глиняні форми.
4. Підготовлений для заливання у форми чавун піддати модифікуванню з метою одержання під час кристалізації дрібних включень графіту.
5. Розроблено режим термічної обробки для зміцнення поворотного кулака.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

Використані джерела

1. Матеріали для виготовлення виробів транспортного призначення : навч. посіб. / Л .А. Тимофеева, С. С. Тимофеев, І. І. Федченко, Г. Л. Комарова, В. М. Остапчук. Харків : УкрДУЗТ, 2017. 173 с.
2. Дробот О.С., Підгайчук С.Я., Боровик Л.В. Технологія конструкційних матеріалів і основи матеріалознавства в технічних системах охорони державного кордону. Навчальний посібник. Рекомендований Вченою Радою Національної академії Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького. м. Хмельницький. НАДПСУ, 2019. 264с
3. Матеріалознавство: методичні вказівки з дисципліни до самостійної роботи студентів інженерно - технічних напрямів підготовки / Дробот О.С. Каплун П.В. - Хмельницький: ХНУ, 2020. 140 с.
4. Смірнов О. М., Жук В. Л., Туяхов А. І. Виробництво чавуну для виливків. Навчальний посібник. – Донецьк : Норд-Прес, 2010. – 255 с.
5. Смірнов О.М. та ін. Основи металургії: виробництво чавуну. Підручник. – Одеса: Олді+, 2023. – 192 с.
6. Смірнов О. М., Жук В. Л., Туяхов А. І. Виробництво чавуну для виливків. Навчальний посібник. – Донецьк : Норд-Прес, 2010. – 255 с.
7. Матеріалознавство. Навчальний посібник: навчально-методичний комплекс для студентів денної і заочної форм навчання / А.В. Галико, О.В. Кузик, В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост – Кіровоград: КОД, 2015. – 168 с.
8. Горик О. В., Черняк Р. Є., Чернявський А. М., Брикун О. М. Дробоструменеве очищення. Теорія і практика / [За редакцією О. В. Горика, доктора технічних наук, професора]. Полтава: Видавництво ПП «Астроя», 2021. 326 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 56 |

9. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: Навчальний посібник. [Архівовано 2 листопада 2018 у [Wayback Machine](#).] — Суми: Вид-во СумДУ, 2008. — 212 с. —
10. ДСТУ 3132–95 Чавун ливарний. Технічні умови
11. ДСТУ 8833: 2019. Виливки із сірого чавуну
12. Прикладна спектроскопія: Навчальний посібник / Капустяник В. Б., Мокрий В. І. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. — 302 с. + 6 с. вкл.
13. ДСТУ ISO 6508 – вимірювання твердості за Роквеллом (HR).
14. ДСТУ ISO 6507-1:2007 вимірювання твердості за Брінеллем (HB).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 57 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КРМТВАТАМ 211251. 000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 58 |