

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
**Кафедра прикладного матеріалознавства
і технології конструкційних матеріалів**

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
Гапонова О.П.

дата, підпис

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

за напрямом підготовки 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи: «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та
термічної обробки колінчастого валу автомобіля BMW»

Виконав(ла):

Керівник:

студент(ка) Даниленко Аліна
Миколаївна

Дегула Андрій Іванович

Залікова книжка № _____

підпис

дата, підпис

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК
Сидоренко Ю.Ю.

оцінка, дата

дата, підпис

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра «Прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Гапонова О П

«__» _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
ДЛЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Даниленко Аліна Миколаївна

1. Тема проекту (роботи) «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки колінчастого валу автомобіля BMW»

_____ затверджена Наказом по університету від _____ 20__ р.
№ _____

2. Термін здавання студентом закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані проекту (роботи) _____

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор	Назва етапу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапу проекту (роботи)	Примітка

6. Дата видачі завдання _____

Студент _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 70 сторінок, зокрема 14 таблиць, 14 рисунків, список із 22 використаних джерел на 3 сторінках та додатки

Мета роботи – вибір оптимальної марки сталі й розроблення перспективної маршрутної технології виготовлення колінчастого валу автомобіля BMW

Методи досліджень: металографічні та мікроскопічні дослідження структури сталей, вимірювання твердості.

Колінчастий вал - один з найбільш відповідальних і дорогих конструктивних елементів двигуна внутрішнього згорання. Це ланка, що обертається в кривошипному механізмі, застосовуються колінчасті вали в поршневих двигунах, компресорах, насосах і т.д. Він перетворює зворотно-поступальний рух поршнів в крутний момент. Колінчастий вал приймає періодичні змінні навантаження від сил тиску газів, а також сил інерції рухомих і обертових мас. Виготовляють колінчасті вали найчастіше з вуглецевих і легированих сталей або високоміцного чавуну.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досліджено вплив процесів термообробки сталі 60ХФА на структуру й властивості сталі. Розроблено технологію термічної обробки колінчастого валу.

Ключові слова: вал, зносостійкість, твердість, міцність, температура, термічна обробка, нормалізація, гартування з нагріванням СВЧ, структура.

З М С Т

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	6
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБИ В ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ	6
1. 1 Аналіз умов роботи деталі колінчастого валу автомобіля BMW .	6
1. 2 Причини виходу з ладу деталі колінчастий вал	10
Висновки до розділу 1	14
РОЗДІЛ 2	15
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	15
2. 1 Вибір матеріалу деталі	15
2. 2 Технології отримання заготовки	17
2. 3 Методи зміцнення деталі	19
2. 4 Механічна обробка	21
2. 5 Контроль якості колінчастих валів	23
Висновки до розділу 2	24
РОЗДІЛ 3	25
ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛІ	25
3. 1 Вибір матеріалу деталі	25
3. 2 Опис впливу легуючих елементів на властивості матеріалу	26
3. 3 Методи дослідження матеріалів	32
Висновки до розділу 3	34
РОЗДІЛ 4	35
РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	35
4. 1 Маршрутна технологія виготовлення і термічної обробки деталі	35
4. 2 Призначення режиму термічної обробки деталі	48
Висновки до розділу 4	52
РОЗДІЛ 5	53
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	53
5. 1 Вибір основного і допоміжного обладнання для деталі	53

5.2 Розрахунок обладнання термічної ділянки	56
5.3 Розробка планування термічної ділянки	59
Висновки до розділу 5	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	68

САНІТАР

ВСТУП

Колінчастий вал – один з найбільш відповідальних і дорогих конструктивних елементів двигуна внутрішнього згорання. Ця ланка, що обертається в кривошипному механізмі, застосовуються колінчасті вали в поршневих двигунах, компресорах, насосах і т.д. Він перетворює зворотно-поступальний рух поршня в крутний момент. Колінчастий вал приймає періодичні змінні навантаження від сил тиску газів, а також сил інерції рухомих і обертових мас. Кількість колінчастих валів в поршневих машинах в основному дорівнює числу циліндрів.

Виготовляють колінчасті вали найчастіше з вуглецевих і легированих сталей або високоміцного чавуну. Колінчастий вал двигуна, як правило, цілісний конструктивний елемент, тому правильно його називати деталлю Вал виготовляється зі сталі з допомогою кування або чавуну шляхом лиття. На дизельних і турбированих двигунах встановлюються більш міцні сталеві колінчасті вали.

Мета і завдання дослідження: вибір оптимальної марки сталі й розробка перспективної маршрутної технології виготовлення колінчастого валу автомобіля BMW

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Провести патентно-літературний пошук марки сталі для виготовлення колінчастого валу з необхідними фізико-механічними властивостями.
2. Розробити технологію зміцнення обраної марки сталі.
3. Дослідити структуру і твердість робочих поверхней деталі на різних стадіях обробки.
4. Провести вибір обладнання і розробити план термічної ділянки.

Методи досліджень: металографічні та мікроскопічні дослідження структури сталей, вимірювання твердості.

Об'єкт дослідження: твердість робочих поверхонь деталі колінчастого валу після зміцнення методом гартування СВЧ, структура, твердість і характеристики

Предмет дослідження: деталь колінчастий вал виготовлений зі сталі 60ХФА із зміцненням робочих поверхонь методом гартування з нагріванням СВЧ

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ

ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБИ В ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ

1. 1 Аналіз умов роботи деталі колінчастого валу автомобіля BMW Двигун M3.

Двигун розроблений в кінці 1980-х - початок 1990-х рр. на основі мотору M0. Випускався в двох версіях в 1993-2002 рр. (B54 і TUB54).

Мотор V-подібний, 12-циліндровий, бензиновий, з кутом розвалу циліндрів в 60 градусів, має 2 распредвала і 24 клапана. Привід розподільвалів - ланцюговий. Система запалювання повністю електронна. Характеристики: об'єм - 5379 см³, потужність 326 л.с. при 5000 об/хв., максимальний крутний момент 490 Нм при 3900 об/хв, червона лінія - 6000 об/хв.



Рисунок 1.1 – Двигун M3

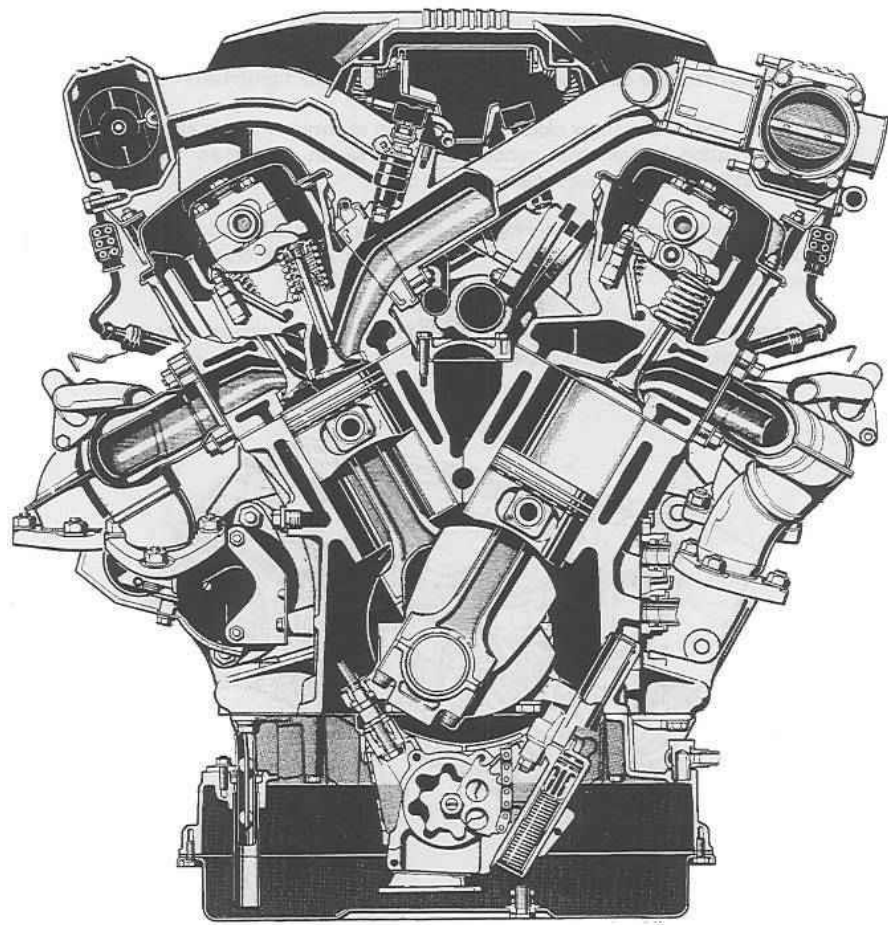


Рисунок 1.2 – Двигун BMW M3 в розрізі.

Колінчастий вал двигуна BMW M3.

Колінчастий вал сприймає зусилля, що передаються від поршнів шатуном і перетворює їх в крутний момент. Тому колінчастий вал повинен бути міцним і жорстким. Матеріали, що використовують для виготовлення колінчастого валу – високоміцний чавун і сталь. Чавунні вали виготовляють методом лиття, а сталеві – методом кування. Робочі поверхні корінних і шатунних шийок колінчастого валу піддають зміцненню за допомогою термічної обробки і подальшої шліфувки [1].

Колінчастий вал складається з декількох корінних шийок, з'єднаних штифами з шатунними шийками. Штифи колінчастого валу продовжуються в протилежному від шийки напрямку, утворюючи противаги. У деяких двигунах вантажних автомобілів використовують знімні противаги, які кріпляться до колінчастого валу болтами. Корінні шийки завжди більше в

діаметрі, ніж шатунні. Якщо по обидва боки від шатунної шийки розташовані корінні шийки, колінчастий вал є повноопорним. В іншому випадку він неповноопорний і тому повинен бути більш жорстким, а отже, більш потужним, щоб сприймати значні згинальні і закручуючі зусилля. Тому в сучасних двигунах в основному застосовуються повноопорні вали [2].

На теперешній час рідко застосовують розбірні колінчасті вали, хоча така конструкція валу дає можливість застосовувати шатуни з нероз'ємною нижньою головкою. Перехід від шийки до шкиви є небезпечним з точки зору концентрації напружень, і тому його виконують по радіусу. Така конструкція зменшує можливість появи тріщин і подальшого усталостного зламу.



Рисунок 1.3 – Колінчастий вал двигуна BMW M73.

Для корінних і шатунних підшипників ковзання в даний час застосовують роз'ємні, тонкостінні вкладиші. Вкладиші виготовляють зі сталеві стрічки з нанесеним на неї шаром антифрикційного сплаву. Для того щоб встановлені вкладиші не проверталися в опорах колінчастого вала і голівках шатунів, вони мають виступ, за допомогою якого фіксуються у відповідних канавках. Для запобігання колінчастого вала від осьових переміщень використовуються упорні підшипники ковзання.

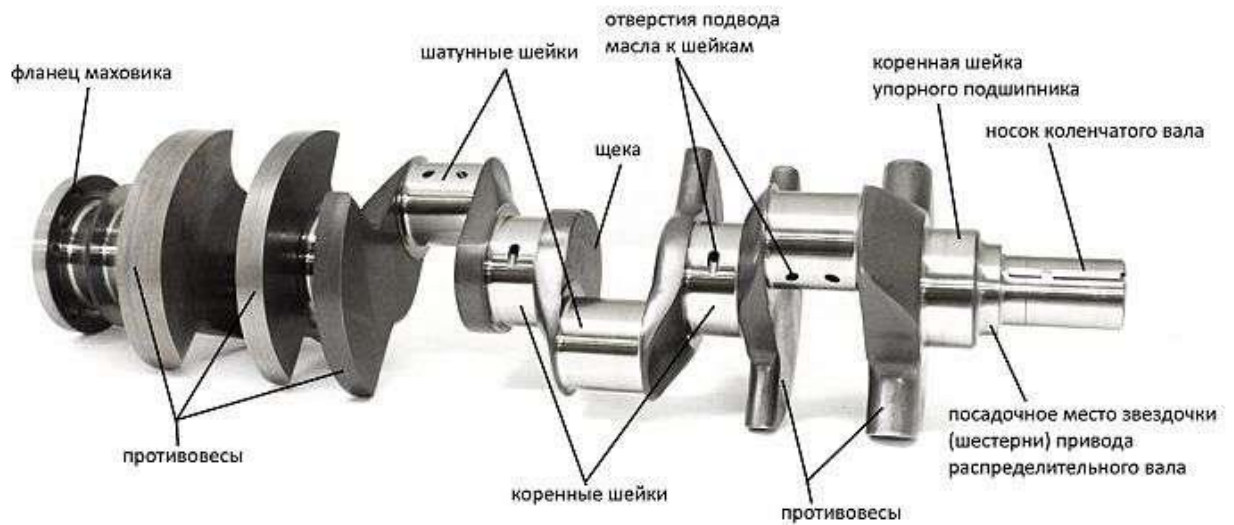


Рисунок 1.4 – Основні елементи колінчастого вала двигуна.

Усередині колінчастого вала, в щіках і шейках колінчастого вала просвердлені отвори для проходу масла. Підшипники колінчастого вала піддаються значним навантаженням, і навіть короткочасна робота двигуна без масла призводить до його виходу з ладу, тому до шийок колінчастого вала масло подається постійно під тиском. До заднього кінця колінчастого вала кріпиться маховик. Маховик служить для зменшення нерівності роботи двигуна, запасуючи енергію при робочому ході і віддаючи її при інших тактах, а також виводить КШМ з мертвих точок [3].

Маховик являє собою масивний диск, виконаний з чавуну. На зовнішню циліндричну поверхню маховика напресован зубчастий вінець, що забезпечує плавність роботи колінчастого вала при запуску двигуна за допомогою електричного стартера. У багатоциліндрових двигуні в робочий хід відбувається одночасно в декількох циліндрах. У таких двигуні в крутний момент більш рівномірний і маса маховика може бути зменшена.

Якби жорстким не був колінчастий вал, він піддається крутильним коливанням. Крутильні коливання можна уявити як постійне закручування з подальшим розкручуванням вала, що відбувається при роботі двигуна з

певною частотою. При збігу частоти крутильних коливань з частотою зовнішніх сил може наступити резонанс, який призведе до різкого збільшення навантажень, що діють на колінчастий вал, і, як наслідок, до його поломки. Злам колінчастих валів (зазвичай в місці з'єднання шкиви з корінний шийкою) був частою причиною виходу з ладу двигунів в старих конструкціях.

Сучасні колінчасті вали мають високу жорсткість, і резонансні частоти знаходяться за межами можливих частот обертання валів цих двигунів. Проте в конструкції двигунів часто застосовують гасителі крутильних коливань, які знижують до потрібного рівня віброактивність колінчастого вала. Найбільш поширений спосіб: розділити шків або диск, встановлений на колінчастому валі, на внутрішню і зовнішню частини і з'єднати їх пружним матеріалом, який поглинає вібрації за рахунок внутрішнього тертя.

Зараз все більше поширення набувають двомасові маховики, які успішно виконують функцію гасителя крутильних коливань. Прогрес в системах управління може внести додаткові зміни в конструкцію двигунів. Сьогодні розроблені нові тороїдні стартер-генератори, які не тільки миттєво і без шумно пускають двигун, а й дають можливість за рахунок електронного управління гасити всілякі коливання і вібрації, а також забезпечують можливість роботи двигуна при екстремальних навантаженнях [1-3].

1.2 Причини виходу з ладу деталі колінчастий вал

Основними причинами виходу з ладу валів є знос опорних шийок через пошкодження вкладишів або деформація – викривлення валу через перегрів. В результаті цього збільшуються зазори в підшипниках, в той час як умови змащення погіршуються, природний знос шийок спостерігається при великих навантаженнях на двигун автомобіля. Всі ці навантаження і сили, що діють на колінчастий вал призводять до прояву дефектів і виникненню зношування. Процес зношування деталей супроводжується складними фізико-хімічними явищами і впливом різних факторів, що впливають на них. Залежно від матеріалу і якості поверхні зв'язаних деталей, характеру контакту,

навантаження швидкості щодо переміщення процес зношування протікає по-різному. Провідним процесом руйнування є механічне зношування, до якого входить абразивний і втомний знос [4]. Супутніми видами зносу є молекулярно-механічний і корозійно-механічні зноси з усіма своїми різновидами, які в залежності від умов роботи впливають на знос і при певних умовах можуть стати провідними процесами зносу.

Встановлено три групи зношування в машинах: механічне, молекулярно-механічне і каррозійно-механічне. Розглянемо механічне зношування і його підвиди, тому, що аналізована нами деталь найбільше піддається факторам, властивим для механічного зносу. З наведених видів зношування для колінчастих валів характерно абразивне зношування схоплювання, корозійно-механічне і втомний знос.

Наприклад, абразивне зношування є підвидом механічного зносу. Абразивне зношування виходить в результаті ріжучої або дряпаючої дії твердих тіл і частинок. При цьому перебіг зношування не залежить від проникнення абразивних частинок на поверхні тертя. Зміна розмірів деталей при абразивному зношуванні залежить від ряду факторів: матеріалу і механічних властивостей деталей, ріжучих властивостей абразивних частинок, питомого тиску і швидкості ковзання при терті [5].

За своєю природою і механізмом протікання абразивного зношування близько підходить до явищ, які мають місце при різанні металів, відрізняючись специфічними особливостями геометрії абразивних частинок і малим перетином стружки. Абразивне зношування широко поширене при терті деталей машин, особливо працюючих в абразивному середовищі, а також при терті деталей, відновлених різними способами наплавлення, металізація, хромування. На руйнування поверхні колінчастого вала дуже сильно впливає втомлююче зношування, яке виникає при терті, коченні, і чітко проявляється на робочих площинах.

Руйнування поверхневих парів відбувається внаслідок утворення мікроскопічних тріщин, які під час роботи розвиваються в одиночні і групові

тріщини і западини. Глибина тріщин і западин залежить від механічних властивостей металу деталей, величини питомих тисків при контакті і розміру контактних поверхонь. Абразивному зношуванню на колінчастих валах, перш за все, піддаються шатунні і корінні шийки і вкладиші підшипників ковзання. Також на знос поверхні колінчастого вала дуже сильно впливає втомний знос.

Втомний знос – особливий тип руйнування поверхні викликаний повторно діючими циклами напруги, амплітудне значення якого не перевищує межі пружності матеріалу. При втомному зношуванні деталей, між якими відбувається тертя виникає мікропластичні деформації стиснення і зміцнення поверхневих шарів металу. В результаті зміцнення виникають залишкові напруги стиснення. Повторно-змінні навантаження перевищують межу текучості металу при терті качення, викликають явища втоми, які руйнують поверхневі шари [6].

Руйнування поверхневих шарів відбувається внаслідок виниклих мікро- і макроскопічних тріщин, які в міру роботи розвиваються в одиночні і групові поглиблення і западини. Глибина тріщин і западин залежить від механічних властивостей металу деталей, величини питомих тисків при контакті і розміру контактних поверхонь. Розглянемо молекулярно-механічне і корозійно-механічне зношування які грають не останню роль при зносі валу.

Молекулярно-механічне зношування відбувається в результаті одночасного механічного впливу і молекулярних або атомарних сил. До цього види зношування відноситься зношування при заїданні в результаті схоплювання глибокого виривання матеріалу, перенесення його з однієї поверхні тертя на іншу і впливу виниклих нерівностей на сполучену поверхню.

Корозійно-механічне зношування відбувається при терті матеріалу, який вступив в хімічну взаємодію з середовищем. Корозійно-механічним

видам зношування відносяться окисне зношування і зношування при фреттинг-корозії [7].

При експлуатації колінчастого вала дуже часто відбувається виникнення зносу схоплюванням. Знос схоплювання першого роду виникає при відсутності змащення і захисної плівки окислів при терті з малими швидкостями і питомими тисками, що перевищують межу текучості металу в місцях дійсного контакту. Схоплювання відбувається в результаті великої пластичної деформації поверхневих шарів металу і утворення металевих зв'язків між контактними ділянками поверхонь.

Схоплювання другого роду виникає при терті ковзання з великими швидкостями відносного переміщення і значними питомими тисками, при інтенсивному підвищенні температури в поверхневих шарах металів, між якими відбувається тертя і їх пластичності. При схоплюванні відбуваються не допустимі пошкодження поверхонь тертя в результаті виникнення металевих зв'язків їх деформації і руйнування з відділенням частинок налипання і намазування поверхні контактів.

Висновки до розділу 1

У розділі розглянуто конструкція сучасного двигуна БМВ М73. Даний двигун є потужним дванадцяти циліндровим агрегатом. Одним з основних елементів двигуна БМВ М73 є колінчастий вал.

Колінчастий вал двигуна внутрішнього згоряння відповідальна деталь, яка піддається різним навантаженням в ході експлуатації. Одним з основних навантажень, що приводить до поломки деталі є крутильні коливання. Крутильні коливання призводять до постійного закручування з подальшим розкручуванням вала, що відбувається при роботі двигуна з певною частотою. При збігу частоти крутильних коливань з частотою зовнішніх сил може наступити резонанс, який призведе до різкого збільшення навантажень, що діють на колінчастий вал, і, як наслідок, до його поломки. У сучасних двигунах для запобігання виникнення резонанса застосовують різні конструктивні елементи в конструкції колінчастого вала і для виготовлення використовують високоміцні сталі і чавуни.

Також однією з причин поломки колінчастого валу може бути знос робочих поверхонь деталі в результаті тертя. Зносу на поверхні колінчастого вала піддаються корінні і шатунні шийки і поверхні кріплення моховика і зірочки. Для зменшення впливу зносу в колінчастому валу передбачена подача мастила в зону тертя через спеціальні отвори.

Колінчастий вал двигуна БМВ повинен бути виготовлений з матеріалу який забезпечить високу твердість і зносостійкість робочих поверхонь, підвищену контактну витривалість, а також в'язку, м'яку серцевину для того, щоб сприймати (гасити) знакозмінні напруження, які діють на деталь.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Вибір матеріалу деталі.

Колінчасті вали для карбюраторних двигунів і дизелів виготовляють із сталей 45, 45А, 45Г2 і 50Г. Для дизелів, що працюють в умовах високого наддуву, можуть застосовуватися леговані сталі 18Х2Н4МА і 18Х2Н4ВА з підвищеними межами плинності і міцності. Зарубіжні фірми використовують для виготовлення колінчастих валів такі сталі, як 40Х, 38ХМ, 40Х2НМ. Колінчасті вали шести і восьми циліндрових чотирикрітних двигунів виготовляються з марганцевої сталі 50Г, а дванадцяти циліндрових з хромованадієвої сталі 60ХФА [8].

Набули великого поширення колінчасті вали, відлиті з високоміцного чавуну з кулястим графітом, модифікованого магнієм, перлітного ковкого чавуну, легованого нікельмолібденового чавуну. Найбільше застосування знайшли колінчасті вали двигунів з магнієвого і перлітного ковких чавунів. Графіт в структурі чавуну покращує антифрикційні якості і знижує знос шийок.

В автомобільних бензинових двигунах найбільшого поширення набули ковані колінчасті вали з вуглецевої сталі.

Високоміцний чавун

Застосування чавуну з кулястим графітом для виготовлення деталей, що працюють в умовах змінних навантажень. Основними вимогами до матеріалу деталей, що працюють в умовах змінних навантажень, є високі циклічна в'язкість і втомна міцність. За показниками циклічної в'язкості чавун з кулястим графітом значно перевершує вуглецеву сталь, а за показниками втомної міцності не поступається сталі.

Крім того, чавун з кулястим графітом краще, ніж сталь, сприймає поверхневе зміцнення, внаслідок чого втомна міцність його значно зростає.

Поєднання високих показників по циклічній в'язкості і втомній міцності з хорошою зносостійкістю і високим модулем пружності роблять чавун з кулястим графітом хорошим матеріалом для виготовлення колінчастих валів, валів генераторів, кулачкових валів і багатьох інших деталей, що піддаються циклічним напруженням і зносу.

Застосування чавуну з кулястим графітом для виготовлення колінчастих валів. Внаслідок складної конфігурації колінчасті вали працюють в умовах великої нерівномірності розподілу напружень, які є змінними в часі і різними за величиною. Руйнування колінчастих валів, що спостерігаються в практиці, носять втомний характер, з'являючись після певної кількості циклів навантаження [9].

Виходячи з цього до матеріалу, що йде на виготовлення колінчастих валів, ставлять високі вимоги в частині забезпечення загальної статичної міцності, високих усталостної і циклічної міцності і хорошої зносостійкості.

Завдяки високим технічним вимогам, що пред'являються до колінчастих валів, їх виготовляли, як правило, кованими з легованої сталі зі складною термічною обробкою. Виготовлення великих сталевих кованих колінчастих валів було пов'язано із застосуванням унікального ковальсько-пресового і верстатного обладнання. З появою чавуну з кулястим графітом виявилось можливим виготовляти колінчасті вали литими з цього чавуну.

Переваги литих колінчастих валів полягають в тому, що їм можна надати найбільш бажану форму, виготовляти їх порожнистими і тим самим отримати більш рівномірний розподіл напружень і максимально наблизити литу заготовку за формою і розмірами до готового валу. При переході з кованих колінчастих валів на литі різко скорочується витрата металу, зменшується трудомісткість механічної обробки і знижується собівартість валів [9, 10].

При заміні кованих колінчастих валів на вали отримані литтям з високоміцного чавуну різко скорочується тривалість циклу термічної обробки, а в деяких випадках вдається повністю виключити термічну

обробку. Також скорочується тривалість загального циклу виготовлення колінчастого вала.

Чавун з кулястим графітом як матеріал для виготовлення колінчастих валів вдало поєднує в собі високу міцність при розтягненні, стисненні, вигині і крученні, високу циклічну міцність, приблизно в 2 рази перевищує циклічну міцність сталі; висока міцність від втоми і зносостійкість завдяки наявності в його структурі включень графіту [10].

Втомна міцність порожніх колінчастих валів в порівнянні з суцільними значно вище (майже вдвічі). Крім того, втомна міцність може бути значно підвищена шляхом зміцнюючої обробки колінчастих валів, термічної обробки виливків і легування чавуну.

2.2 Технології отримання заготовки

Заготовки колінчастих валів отримують гарячим штампуванням і литтям. Ковані колінчасті вали виготовляються з вуглецевих і легованих сталей, а литі вали – з високоміцних глобулярних чавунів, з ковких перлитових чавунів і легованих сталей. Лиття виконується в земляні та оболонкові форми. Останній метод є більш прогресивним, тому що він забезпечує більш високу точність заготовки, знижує припуски на механічну обробку, а в деяких випадках повністю усуває.

Виготовлення заготовок колінчастих валів гарячим штампуванням відповідає вимогам поточно-масового виробництва, тому що цей метод наближає форму і розміри заготовки до форми і розмірів готової деталі за рахунок застосування спеціального технологічного оснащення і спеціального устаткування, що знижує відходи металу в стружку при механічній обробці.

При цьому забезпечується вигідне розташування волокон в металі, що підвищує показники міцності деталей. Заготовка піддається термообробці (нормалізації), це регламентує твердість, знімає внутрішню напругу, що забезпечує більш продуктивну і якісну механічну обробку. При виготовленні гарячештампованих заготовок колінчастих валів потрібно забезпечити

особливо високе ущільнення металу в місцях найбільших напруг (по корінним і шатунним шийкам) за рахунок якісної проковки.

Не слід допускати перерізання волокон в місцях сполучення шийок вала зі шкками. Сучасні технологічні процеси виготовлення горячештамповочних заготовок колінчастих валів забезпечують кривизну вала 1,0-1,3 мм, овальність шийок 1,5-2,0 мм, поздовжній і поперечний перекося 1,0-2,0 мм, неперпендікулярність торця фланця 0,5-0,8 мм, припуски по діаметру шийок 5,0-6,5 мм, припуски по торцях шкк 3,0-4,0 мм.

В умовах великосерійного і масового виробництва заготовки сталевих колінчастих валів штампуються на кувальних пресах, це забезпечує більш високу продуктивність (до 2 разів) в порівнянні зі штампуванням на молотах. Крім того, штампування на пресах підвищує точність заготовки за рахунок зменшення штампувальних ухилів і дозволяє знизити припуски на механічну обробку (на 30-40%) за рахунок кращого обтиску металу в штампах і підвищення точності форми заготовки. Кращі результати виходять, коли поєднуються штампування на кувальних пресах з висадкою фланця. Горячештампувальні заготовки колінчастих валів виготовляються по 8-9-му класах точності [11].

Заготовки чавунних колінчастих валів отримують литтям в земляну або оболонкову форму. При литті валів корінні і шатунні шийки виготовляють порожнистими за рахунок установки ливарних стрижнів. У великих литих валах роблять порожнистими і шкки, що знижує вагу вала. У литих валів виключається трудомістка обробка масляних каналів, тому що при литві вала ставляться спеціальні трубки. Структура литого вала сприяє кращому гасінню вібрації при роботі двигуна. При литті в земляну форму в якості сполучника використовують рідке скло, яке скріплює форму під час продування її вуглекислим газом.

Більш прогресивним методом виготовлення заготовки колінчастих валів є лиття високоміцного глобулярного чавуну в оболонковій формі. Лиття в оболонковій формі забезпечує високий коефіцієнт використання металу,

висока якість виливки, точність до 5-го класу і чистоту до 4-го класу по ГОСТ 2789-59. Висока точність виливки дозволяє скоротити трудомісткість механічної обробки (на 20-25%) за рахунок зменшення припусків. Литі вали краще обробляються, менш чутливі до концентрації внутрішніх напружень і мають меншу початкову неврівноваженість, що полегшує умови експлуатації верстатів та інструментів [10-12].

В умовах великосерійного і масового виробництва виготовлення оболонкових форм на основі термореактивних смол може бути організовано по напівавтоматичному або автоматичному циклу, а лиття деталей в оболонкові форми проводиться на конвеєрі. Ці особливості оболонкового лиття дозволяють скоротити технологічний цикл виготовлення заготовок колінчастих валів, потреба в площах заготовельних цехів, а також потреба в формувальних матеріалах в 10-15 раз. Литі заготовки колінчастих валів піддають термообробці (нормалізація, відпал) з метою зняття внутрішніх напружень і вирівнювання структури.

2.3 Методи зміцнення деталі.

Термічна обробка колінчастих валів переслідує три мети:

- 1) збільшення міцності;
- 2) підвищення зносостійкості шийок, що працюють в умовах тертя і зносу;
- 3) збільшення втомної міцності, т.т. здатності витримувати велике число навантажень без поломок.

Колінчасті вали виконують сталевими і чавунними. Сталеві виготовляють гарячим штампуванням з легованих сталей 50Г, 40ХН та ін. Після штампування слідує нормалізація. Колінчасті вали мають складну форму, і тому потрібно вжити всіх заходів, щоб не допустити їх викривлення при обробці.

З цією метою доцільно нагрів здійснювати в прохідних печах цільного типу. Вали підвішуються на пристроях в вертикальному положенні і за допомогою підвісного конвеєра просуваються уздовж

робочого простору печі. Якщо нормалізація проводиться з використанням теплоти після штампування, то перед подачею валів в нормалізаційну піч необхідно знизити їх температуру до 600-650 °С з тим щоб при наступному нагріванні до температури нормалізації подрібнити зерно. Після нормалізації вали піддаються механічній обробці, а потім проводиться поверхнєве гартування шийок на установках СВЧ

Найбільш поширений спосіб гартування, застосовуваний на вітчизняних заводах і за кордоном, полягає в почерговому загартуванні шийок за допомогою напівавтоматичних гартівних верстатів. Колінчастий вал встановлюється в центрах: лівому і правому. При пуску верстата вал автоматично затискається в центрах. Головка з верхніми полуіндукторами і гартівними трансформаторами опускається до змикання з нижніми полуіндукторами, укріпленими в станині [11].

При цьому кожна шийка вала охоплюється своїм індуктором. Поворот головки з верхніми полуіндукторами здійснюється за допомогою гідроциліндра. Управління роботою верстата проводиться кнопковим пультом. Всі шийки вала загартовуються в певній послідовності автоматично з однієї установки вала.

Такий спосіб гартування має, однак, істотні недоліки: нерівномірність нагріву, а також нерівномірність по товщині і розташуванню загартованої зони. Основна причина цього нерівномірний розподіл електромагнітного поля, яке неминуче при нагріванні такими індукторами.

Тому на сучасних заводах застосовують новий спосіб нагріву СВЧ, який отримав назву «розтушовування». Він полягає в нагріванні шийки вала, що обертається односторонньо розташованим петльовим індуктором, що охоплює частину шийки. Для валів виготовлених зі сталі 50Г після нормалізації проводять поверхнєве загартування шийок.

Найбільш напруженими ділянками колінчастого вала, звідки часто починається руйнування в умовах експлуатації, є галтелі. Так називають місця переходу шийки вала в шийку. Зміцнення цих місць досягається одним з

двох способів: загартуванням галтелів одночасно з шийками; обкаткою галтелів за допомогою роликів. При обкатці завдяки пластичній деформації відбувається зміцнення металу і створюються залишкові стискаючі напруження, що діють сприятливо.

Повверхнєве загартування шийок колінчастих валів з галтелями при індукційному нагріванні є економічно більш вигідним процесом. Великі колінчасті вали, як, наприклад, вали тепловозів, діаметр шийок яких досягає 300 мм, піддають поверхневій зміцнюючій обробці методом азотування. Колінчасті вали масою до 1,5 т виготовляють зі сталі 38ХНЗВА. Такі вали після попередньої термічної обробки у вигляді нормалізації і високого відпуску проходять механічну обробку, а потім піддаються поліпшенню загартуванню в маслі від 850-870 °С і відпуску при 540 °С.

Після попереднього шліфування вали надходять на азотування. Ділянки вала, що не підлягають азотуванню, захищаються рідким склом. Азотування проводиться в контейнерних печах. Вал укладається на дві призми, які встановлюються під дві крайні шийки вала. Під середні чотири шийки підкладаються клини і залишаються маленькі зазори - по 0,3 мм. Режим азотування двоступеневий: I ступінь - 500-510 °С, витримка 30 год, ступінь дисоціації аміаку 20-40%; II ступінь - 520-540 °С, витримка 50 год, ступінь дисоціації аміаку до 60%. Товщина азотованого шару виходить не менше 0,7 мм [13].

2.4 Механічна обробка.

Технологічний процес механічної обробки ускладнюється у зв'язку з тим, що вали мають складну конструкцію з недостатньою жорсткістю і порівняно легко деформуються під дією сил різання, в той час як високі вимоги до точності доповерхонь, що оброблюються, викликають особливі вимоги до вибору методів базування, закріплення і обробки вала, а також до послідовності, поєднання операцій та вибору обладнання.

Як правило, в якості поверхонь, що базуються, колінчастого вала приймаються поверхні його опірних шийок. Однак не на всіх операціях

механічної обробки можливо використовувати ці бази. У деяких випадках на окремих операціях за технологічну базу приймають поверхні центрових отворів. При проектуванні процесу механічної обробки прагнуть компенсувати недостатню жорсткість колінчастого вала за рахунок введення проміжних опор по довжині вала. При використанні таких опор в якості додаткових баз приймають поверхні попередньо оброблених шийок.

Як правило, після обробки технологічної бази у вигляді центрових отворів обробку вала ведуть з додатковою опорою в середній його частині. Крім того, зняття припуску при механічній обробці розбивається на ряд операцій (чорнова, напівчистова, чистова, доводочна), що дозволяє знижувати зусилля різання, а отже, і пружні віджимання в міру наближення розмірів заготовки до заданих розмірів за кресленням вала.

Істотний вплив на кінцевий результат обробки колінчастого вала надає встановлення належного порядку обробки поверхонь. Більш відповідальні і точні поверхні повинні оброблятися останніми зі зняттям мінімальних припусків. Точність механічної обробки підвищується за рахунок холодної правки вала в процесі механічної обробки. При обробці шатунних шийок вони встановлюються зі зміщенням від осі корінних шийок на величину радіуса кривошипа вала, а в кутовому положенні орієнтуються по обробленим майданчикам на шках. На точність обробки впливають зусилля закріплення вала на окремих операціях, тому слід регламентувати їх (величину і місце для вкладання) [14].

Складність конструкцій колінчастих валів і велика кількість різноманітних технологічних операцій є значним утрудненням в напрямку повної автоматизації процесів механічної обробки. У зв'язку з цим автоматизація виготовлення колінчастих валів здійснюється за рахунок створення окремих автоматичних ділянок і високопродуктивних автоматичних верстатів для окремих видів обробки: підрізування торців і центрування, токарна обробка корінних і шатунних шийок, свердління отворів, шліфування, суперфінішування, динамічне балансування.

При автоматизації технологічних процесів обробки колінчастих валів синхронізацію роботи обладнання здійснюють за рахунок поділу лімітуючих операцій застосування взаємозамінного інструментального оснащення з примусовою зміною інструменту [13-14].

Вплив сил різання на окремих операціях викликає деформацію оброблюваного колінчастого вала, що змушує включати в технологічний процес його обробки багаторазові правки на пресах. Залежно від конструкції колінчастого валу і типу виробництва кількість правок може досягати 6-10. У той же час правка викликає внутрішні напруги, які можуть призвести до деформації вала при подальшій обробці.

2.5 Контроль якості колінчастих валів.

Якість обробки вала багаторазово контролюється. Проміжний контроль запобігає потраплянню бракованих деталей на наступні операції обробки і допомагає керувати процесом виготовлення валів. Контроль колінчастих валів є трудомісткою роботою, тому що у валу в цілому контролюється близько 100 різних показників якості і він має велику кількість поверхонь з високою точністю розмірів, форми і взаємного розташування.

Тому контроль якості вала повинен виконуватися із застосуванням автоматичних пристроїв. В якості таких пристроїв можуть бути індикаторні з налаштуванням для одночасного вимірювання різних розмірів і відхилень, а також пневматичні, електроконтактні і електронні пристрої [14].

При перевірці биття корінних шийок вал встановлюється на призматичні опори корінними шийками I і V в багатовимірне індикаторне контрольне пристосування. Діаметр корінних і шатунних шийок перевіряється на стенді пневмоскопами. Для перевірки стану торців застосовуються електроконтактні пристрої, які не тільки показують те чи інше відхилення, але можуть і фіксувати його.

Висновки до розділу 2

Проведення потентно-літературного пошуку дозволяє зробити висновок про для виготовлення колінчастого валу дванадцяти циліндрового двигуна застосовують конструкційно підшипникову низьколеговану високоякісну сталь 60ХФА.

В умовах масового виробництва найбільш раціонально отримувати заготовку колінчастих валів гарячим штампуванням, тому що цей метод наближає форму і розміри заготовки до форми і розмірів готової деталі за рахунок застосування спеціального технологічного оснащення і спеціального устаткування, що знижує відходи металу в стружку при механічній обробці. При цьому забезпечується вигідне розташування волокон в металі, що підвищує показники міцності деталей. Заготовка піддається термообробці повному відпалу, це регламентує твердість, знімає внутрішню напругу, що забезпечує більш продуктивну і якісну механічну обробку.

Виготовлення колінчастих валів здійснюється за рахунок створення окремих автоматичних ділянок і високопродуктивних автоматичних верстатів для окремих видів обробки: підрізування торців і центрування, токарна обробка корінних і шатунних шийок, гарт шийок з нагріванням СВЧ, свердління отворів, шліфування, суперфінішування, динамічне балансування.

Контроль колінчастих валів є трудомісткою роботою, тому що у валу в цілому контролюється близько 100 різних показників якості і він має велику кількість поверхонь з високою точністю розмірів, форми і взаємного розташування.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір матеріалу деталі.

Виходячи з умов завдання і технічних вимог виготовлення колінчастого валу двигуна автомобіля можна використати сталь конструкційно подшипникового типу 60ХФА

Сталь конструкційна подшипникова 60ХФА – хімічний склад, механічні, фізичні і технологічні властивості, щільність, твердість, застосування наведені в таблицях 1-5.

Таблиця 3.1

Характеристика матеріалу 60ХФА [15]

Марка:	60ХФА
Класифікація:	Сталь конструкційна подшипникова.
Доповнення:	Теплотривкість підвищена. Легко сприймає ударні навантаження. Не використовується для зварних конструкцій
Застосування:	Для виготовлення важко навантажених деталей з високою втомною міцністю пружин.
Закордонні аналоги:	Немає даних.

Таблиця 3.2

Хімічний склад в % матеріал 60ХФА
ДСТУ 3-009 – 2000 [15]

C	Si	Mn	N	S	P	Cr	V	Cu
0.55 - 0.65	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.4	до 0.03	до 0.035	0.8 - 1.1	0.1 - 0.2	до 0.25

Таблиця 3.3

Механічні властивості при $T=20^{\circ}\text{C}$ матеріала 60ХФА [15]

Сортамент	Ррз м і р	На пр.	s_b	s_T	d_5	y	КСУ	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/ м ²	-
ГОСТ ДСТУ 3-009-2000	Механічні властивості не регламентуються							

Позначення:

Механічні властивості:

- s_b - Межа короточасної міцності, [МПа]
- s_T - Межа пропорційності (межа плинності для залишкової деформації), [МПа]
- d_5 - Відносне подовження при розриві, [%]
- y - Відносне звуження, [%]
- КСУ - ударна в'язкість, [кДж/ м²]
- НВ - Твердість по Брінеллю [МПа]

3.2 Опис впливу легуючих елементів на властивості матеріалу.

Відповідно до класифікації, запропонованою Н.Т. Гудцовим усі домішки (хімічні елементи), що містяться в сталі, можна розділити на чотири групи [10]:

1. Постійні і звичайні домішки. До цієї групи відносяться марганець і кремній, а також і алюміній, який як кремній і марганець, застосовується в якості розкислювача. Ці елементи є присутніми у будь-якій сталі, що добре розкислює, тому що введення їх в метал потрібне при виробництві сталі: до постійних (звичайним) домішок слід віднести сірку і фосфор, тому що повністю звільнитися від них при масовому виробництві сталі неможливо. Зміст цих елементів знаходиться зазвичай в межах: 0,3-0,7% Mn; 0,2-0,4% Si; 0,01-0,02% A; 0,01-0,05% P; 0,01-0,04% S

2. Приховані домішки. Це кисень, водень, азот, присутні у будь-якій сталі в дуже малих кількостях. Методи їх хімічного визначення складні, тому зміст цих елементів в звичайних технічних умовах не вказується.

3. Випадкові домішки. До цієї групи відносяться домішки, що потрапляють в сталь з шихтових матеріалів або випадково. Так уральські руди містять невелику кількість міді, і вона потрапляє в сталь, виплавлену з цих руд. Сталь, виплавлена з керчинських руд, має мишіяк, оскільки ці руди містять мишіяк. Переплавка лудженого, оцинкованого і іншого скрапу призводить до того, що в метал потрапляють олово, цинк, сурма, свинець і так далі.

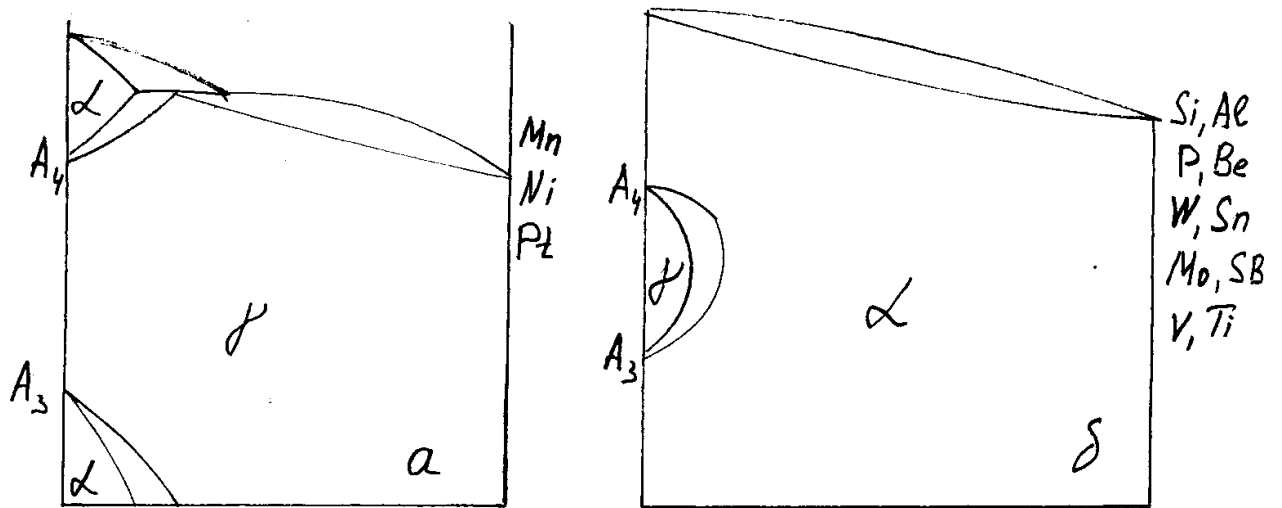
4. Легуючі елементи. Елементи, що спеціально вводяться в сталь в певних концентраціях з метою зміни її будови і властивостей, називаються легуючими елементами.

У зв'язку з цим сталі, в які для набуття необхідних властивостей спеціально вводять легуючі елементи, називають легованими сталями (леговані сталі іноді називають спеціальними) [15].

Вплив елементів на поліморфізм заліза

Усі елементи, які розчиняються в залізі, впливають на температурний інтервал існування його алотропічних модифікацій, тобто зрушують точки A_2 і A_3 за температурною шкалою.

Більшість елементів або підвищують точку A_2 і знижують точку A_3 , розширюючи тим самим область існування γ -модифікації (Рисунок 3), або знижують A_2 і підвищують A_3 , звужуючи область існування γ -модифікації.



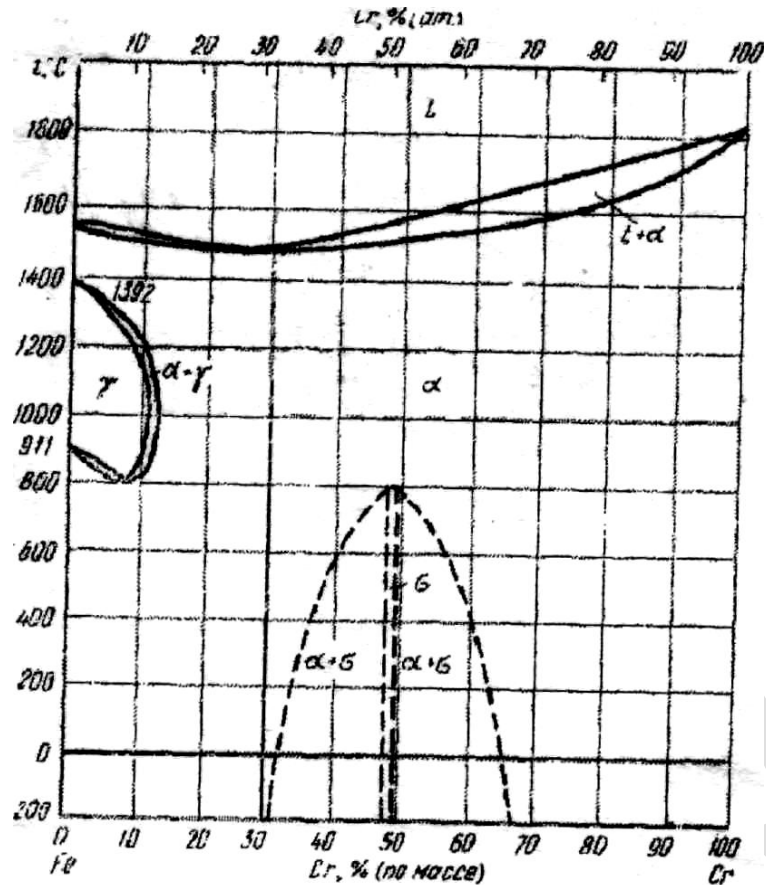
При вмісті ванадію, молібдену, кремнію і інших елементів зверху певної межі стійким при усіх температурах є α -стан. Такі сплави на основі заліза називаються феритними. У відмінності від інших сплавів на основі заліза аустенітні і феритні сплави не мають перетворень при нагріві і охолодженні.

Розглянемо деякі реальні діаграми станів залізо-легуючий елемент [14].

Система залізо-хром

Хром має одну модифікацію, яка кристалізується в об'ємно-центрованих ґратках, ізоморфною Fe_α . Хром знижує обидві точки алотропічного перетворення заліза, але оскільки точка A_1 знижується швидше, ніж A_3 , то решті-реш обидві точки зливаються, область замикання при 13% Cr.

Поблизу співвідношення Cr:Fe 1:1 [%ат] утворюється нестійка хімічна сполука FeCr , що означає зазвичай як α -фаза. Верхня температура існування цього з'єднання дорівнює 815°C .



Вплив легуючих елементів на ферит

Розчинення легуючих елементів в Fe_α відбувається в результаті заміщення атомів заліза атомами цих елементів. Атоми легуючих елементів, відрізняючись від атомів заліза розмірами і будовою створюють в ґратках напругу, яка викликає зміну її періоду. Усі елементи, що розчиняються у фериті змінюють параметри ґраток фериту в тим більшій мірі, чим більше відрізняються атомні розміри заліза і легуючого елементу. Елементи з атомним радіусом меншим, ніж у заліза зменшують параметри ґраток, а з великим – збільшують (нікель є виключенням) [15].

Хром зменшує в'язкість значно слабкіше перерахованих елементів, а нікель не знижує в'язкості фериту (Рисунок 3.2).

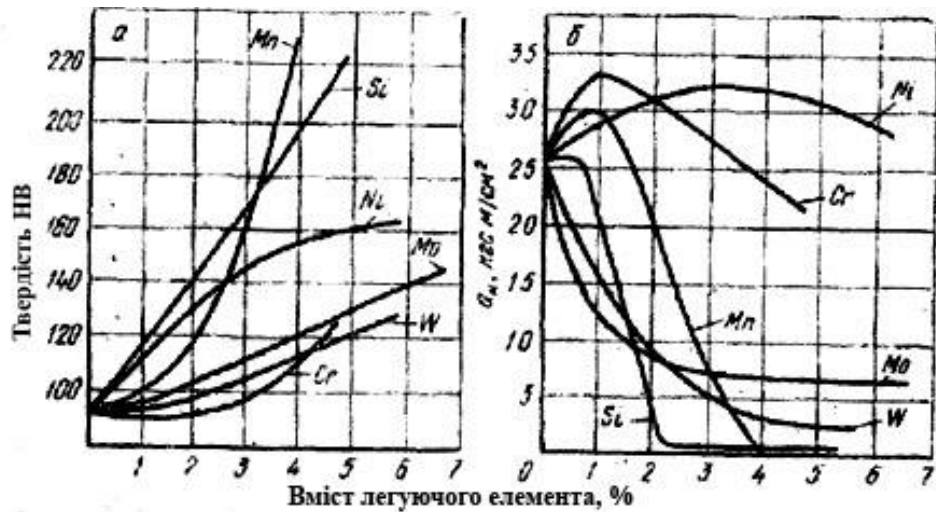


Рисунок 3.3 - Вплив легуючих елементів на властивості фериту:

а - твердість, б - ударна в'язкість [15]

Вплив елементів на поріг холодноламокості

Характеризує схильність сталі до крихкого руйнування. Наявність хрому в залозі сприяє деякому підвищенню порогу холодноламокості, тоді як нікель інтенсивно знижує поріг холодноламокості, зменшуючи тим самим схильність заліза до крихких руйнувань (Рисунок 3.3).



Хром не знижує в'язкості, але слабо зміцнює ферит. Або, сильно зміцнюючи ферит, різко знижують його в'язкість (марганець, кремній).

Подібний вплив марганцю і кремнію відзначається за наявності $Mn > 14-1.5\%$ і $Si > 0.5\%$

Зміцнення при утворенні голчастого фериту обумовлене "фазовим" наклепом, γ -зміцнення супроводжується об'ємними змінами, а оскільки воно (в результаті переохолодження) здійснюється при зниженій температурі, то фази зазнають наклепу. У результаті перетворення блокова будова сплаву сильно подрібнюється при наведенні значної напруги II роду [16].

Таблиця 3.6

Вплив легуючих елементів на структуру і властивості

Елемент	Схильність до перегрівання	Температура нормалізації, відпалу, загартування	Величина зерна	Мцність і твердість	Пластичність в холодному стані	Опір окисненню при нагріві	Мцність при високих температурах
Кремній (Si)	Мало впливає, але сприяє зневуглицюванню	Підвищує	Трохи зменшує при низькому вмісті; збільшує при 2%	Підвищує	Мало змінює при змісті до 2,5% при більшому змісті - різко знижує	Підвищує	Дещо підвищує
Марганець (Mn)	Дещо підвищує	Зменшує	Дещо збільшує	Підвищує найпомітніше в низько- і середньовуглецевих сталях	При змісті до 2% в низько- і середньовуглецевій сталі не знижує, у високовуглецевій знижує	Не змінює	Не змінює
Хром (Cr)	Зменшує	У доевтектоїдній сталі знижує, а в заевтектоїдній підвищує	Мало впливає	Підвищує, особливо після термічної обробки	У сталях перлітового класу мало знижує. Ударна в'язкість в мало- і середньовуглецевій сталі мінімальна при змісті 2,5%	Підвищує особливо при високому вмісті	Підвищує
Молібден (Mo)	Зменшує, але сприяє зневуглицюванню	Підвищує	Сильно зменшує	Підвищує	Мало впливає	Знижує	Помітно підвищує
Вольфрам (W)	Зменшує	Підвищує	Зменшує	Підвищує	Ударна в'язкість після термообробки вища, ніж в сталі без вольфраму	Мало впливає	Підвищує
Ванадій (V)	Зменшує	Підвищує	Сильно зменшує	Підвищує	Підвищує	Трохи знижує	Підвищує до 400 - 500

3.3 Методи дослідження матеріалів

Для проведення експерименту були використані методи мікроскопічного аналізу. Результати експерименту фіксувалися за допомогою фотографування зразків. У ході дослідження застосовували мікроскопи ММ-7.

Мікроскоп металографічний вертикальний ММ-7 призначений для спостереження і фотографування мікроструктури металів в звичайному світлі у світлому і темному полі і в поляризованому світлі у світлому полі [9].

Набір об'єктивів і окулярів забезпечує збільшення мікроскопа від 60х до 1440х при візуальному спостереженні і від 70х до 1350х при фотографуванні. Як джерело світла використана кінопроекційна лампа Дю-30 17 В 170 Вт.

Таблиця 3.7

Збільшення мікроскопа при візуальному спостереженні (крат) [9]

Об'єктиви	Окуляри			
	7 ^x	10 ^x	15 ^x	20 ^x
$F=23.2, A=0.17$	(60)	90	130	170
$F=13.9, A=0.30$	(100)	140	200	300
$F=8.2, A=0.37$	170	240	360	500
$F=0.2, A=0.65$	(250)	320	500	(650)
$F=2.8, A=1.25$	500	720	1080	(1440)
$F=2.8, A=1.00$	500	720	1080	(1440)

Таблиця 3.8

Збільшення мікроскопа при фотографуванні [9]

Об'єктиви	Окуляри			При фотографуванні через цифрову камеру
	7 ^x	10 ^x	15 ^x	
$F=23.2, A=0.17$	(70)	120	160	170
$F=13.9, A=0.30$	(115)	200	270	280
$F=8.2, A=0.37$	200	340	450	480
$F=0.2, A=0.65$	(260)	440	600	630
$F=2.8, A=1.25$	575	1000	1350	1400
$F=2.8, A=1.00$	575	1000	(1350)	1400

Таблиця 3.9

Характеристика окулярів в [9]

Позначення	Фокусна відстань, мм	Лінійне поле зору	Шифр
1. Фотоокуляри			
Фотоокуляр 7х	26	21	АТ-18
Фотоокуляр 10х	25	13,4	АМ33
Симетричний 15х	17	12	АТ-36
2. Окуляри для візуального спостереження			
Гюйгенса 7х зі змінною сіткою	35,9	18	АМ11
Гюйгенса 10х	25	14	М10
Гюйгенса 15х	17	8	М11

Шифр встановлюють на предметний горизонтальний столик 1, який можна пересувати в двох взаємно перпендикулярних горизонтальних площинах за допомогою гвинтів 2, що дозволяє переглядати мікроструктуру в різних ділянках шліфа [10].

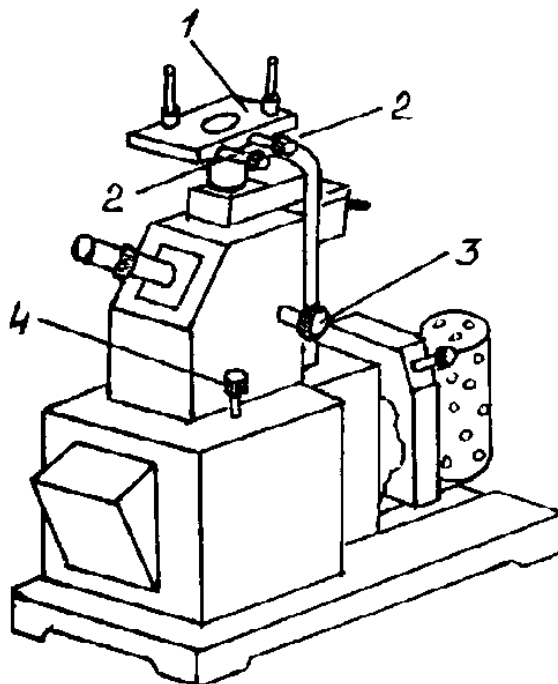


Рисунок 3.5 - Схема вертикального металографічного мікроскопа ММ7

Висновки до розділу 3

У розділі розглянуто хімічний склад і фізико-механічні властивості обраної нами сталі 60ХФА для виготовлення колінчастого валу дванадцятициліндрового двигуна.

Вивчено вплив легуючих елементів на фізико-механічні властивості сталі. Наявність хрому в даній марці сталі збільшує міцність і твердість сталі, глибину прожарювання, корозійні властивості сталі. Наявність ванадію зменшує розмір зерна, збільшує міцність і твердість сталі.

Для проведення експерименту запропоновано використовувати методи мікроскопічного аналізу. Результати експерименту фіксували фотографуванням зразків. У ході металграфічних досліджень застосовували мікроскоп ММ7.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1 Маршрутна технологія виготовлення і термічної обробки деталі.

Для отримання деталей на виробництві проєктують технологічний процес, який є поєднанням технічних, економічних і деяких організаційних завдань, що вирішуються при виготовленні тієї чи іншої деталі.

При розробці технологічного процесу потрібно враховувати всі вимоги до деталі, розробити креслення і технічні умови виготовлення, при мінімальних затратах і невисокій собівартості [17].

При розробці технологічного процесу розробляють маршрутну технологію виготовлення деталі. Вона повинна містити в собі:

- послідовність технологічних операцій (від початку до кінця);
- обладнання для проведення вказаних операцій

Маршрутна технологія виготовлення деталі колінчастого валу зазначена у таблиці 4.1.

Маршрутна технологія виготовлення деталі – це сукупність послідовних операцій від початку до кінця виготовлення виробу.

Етапи отримання деталі

Маршрутна технологія складається з таких етапів:

- Етап 1. Отримання сталі;
- Етап 2. Отримання заготовки;
- Етап 3. Попередня термічна обробка;
- Етап 4. Чорнова механічна обробка;
- Етап 5. Остаточна термічна обробка;
- Етап 6. Чистова механічна обробка;
- Етап 7. Вихідний контроль.

Таблиця 4.1

Маршрутна технологія виготовлення колінчастого вала

№ операц	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Дільниця, основне обладнання	Допоміжне обладнання
1	2	3	4	5	6
Етап 1. Металургічне отримання сталі					
1.1	Видобуток та підготовки вхідних матеріалів	1	Видобуток залізної руди та її збагачення	Гірничо-видобувний комплекс	-
		2	Видобуток вугілля, отримання коксу	Гірничо-видобувний комплекс, коксохімічний комбінат	-
		3	Видобуток пального газу, його підготовка	Газовидобувний комплекс	-
1.2	Металургічне отримання чавуну	1	Підготовка шихти	Шихтовий двір	Магніто-грейферні крани
		2	Підготовка (нагрівання) палива	Енергетичні цехи	Регенеративні теплообмінники
		3	Горіння палива, відновлення заліза і домішок, науглецювання заліза і утворення чавуну та шлаку	Доменний цех	Доменна піч
		4	Вирівнювання хімічного складу чавуну	Масерне відділення	Масери

1	2	3	4	5	6
1.3	Огримання сталі дуплекс процесом	1	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до конвертеру, заливання рідкого чавуну	Конвертерна піч	Мульди, ковші
		2	Продування розплаву стисненим киснем завантаження флюсу	Конверторна піч	Фурма
		3	Зливання сталі та шаку	Конверт. піч	Ковші шаковози
		4	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до електродугової печі	Електродугова піч	Мульди, ковші
		5	Горіння електричної дуги, завантаження флюсових матеріалів, рафінування сталі	Електродугова піч	Завальні машини
		6	Безперервне розливання	Установка безп лиття	-
Етап 2 Огримання заготовки					
2.1	Огримання прокату	1	Нагрівання слябу під гарячу обробку тиском	Термічна дільниця	Методична піч
		2	Вламування окалини та обтискання слябу	Вертикальний окалиноламач	Обертові валки
		3	Прокатування слябу	Прокатний стан	Прокатні валки
		4	Розрізання проката	Прокатний стан	Ацителен-кисневі різачки
2.2	Огримання заготовки	1	Різка штанги на довжину заготовки з попереднім підгрівом до 450-550° С	Нагрівальна шахтна піч	Пресс-ножиці
2.3	Нагрів заготовки	2	Нагрівання заготовки до 1220-1340° С	Полуметодична піч	-
2.4	Попереднє штампування	3	Попереднє штампування при 1000° С (мінімальна температура)	Паровий штампувальний молот	Штамп

1	2	3	4	5	6
2.5	Остаточне штампування	4	Остаточне штампування	Паровий штампувальний молот	Штамп
2.6	Обрізка задир і ризини	5	Обрізка задир і ризини (допускається задирок не більше 2,5 мм)	Обрізний прес	Штамп
2.7	Викрутка	6	Викрутка 2 и 3-го коліна відносно 1 и 4-го на $90^{\circ} \pm 2^{\circ}$ (гаряча)	Викрутна машина	-
2.8	Правка	7	Виправлення заготовки в двох струмках (гаряча)	Паровий молот	Правильний штамп
2.9	Підгрів	8	Підгрів вала (по мірі необхідності)	Полуметодична піч	-
2.10	Викрутка	9	Викрутка інших колін (гаряча)	Викрутна машина	-
Етап 3. Попередня термічна обробка заготовки					
3.1	Повний відпал	1	Повний відпал (температура печі $820-850^{\circ} \text{C}$ час витримки 6-8 годин, охолодження на повітрі з $350-400^{\circ} \text{C}$)	Піч з подом викочування СДО 45.25 / 10	Прийняття для підвісу деталі в печі
3.2	Контроль	1	Контроль твердості (діаметр відбитка 4,3—4,7 мм)	Твердомір Бринеля	Вимірвальна лупа
3.3	Очищення	1	Очищення заготовки травленням або дробом	Травильний агрегат, дробометна камера	-
3.4	Правка	1	Холодна правка по корінним шийкам (допускається биття шийкам I і V не більше 2,5 мм, биття хвостовика не	Правильний гідравлічний прес	-

			більше 3 мм щодо тих же шийок)		
3.5	Контроль	1	Остаточний контроль	Спеціальні контрольні пристосування	-
Етап 4. Механічна обробка,					
4.1	Фрезерна	1	Фрезерування торців вала	Дві автоматичні лінії, двосторонній фрезерний автомат	Спеціальні фрези
4.2	Центрувальна	1	Обробка центрових отворів	Двосторонній тришпindelний свердлильний автомат	Центрувальні свердла
4.3	Фрезерна	1	Фрезерування базових площ на цоколях вала	Двошпindelний фрезерний автомат	Спеціальні фрези
4.4	Токарська чорнова	1	Попереднє обточування всіх корінних шийок, шийки під сальник, шийки під шків і під шестерню	Спеціальний багаторізцевий напівавтомат з центральним приводом	Спеціальні різці
4.5	Токарська чистова	1	Остаточне обточування тих же поверхонь	Спеціальний багаторізцевий напівавтомат з центральним приводом	Спеціальні різці
4.6	Правка	1	Правлення корінних шийок з точністю 0,15 мм щодо осі центрових отворів	Підравлічний прес із зусиллям 35 Т	-

1	2	3	4	5	6
4.7	Шлі фувальна	1	Попереднє шліфування корінних шийок і шийки під сальник, шийки під шківи і пестерню	Спеціальний шліфувальний напівавтомат	Абразивний круг
4.8	Токарська	1	Підрізка шорки і противаг, прилеглих до шатунних шийок, попереднє і остаточне протачування шатунних шийок	Спеціальний чотиришліфувальний напівавтомат	Спеціальні різці
4.9	Промивка	1	Промивання вала водним розчином (триполі фосфат - 5% поташ - 35% вода - 60%) при температурі 80°С	Мийна машина	-
4.10	Токарська	1	Обточування шести противаг	Спеціальний токарний напівавтомат	Спеціальні різці
4.11	Сверлильна	1	Свердління мастильних каналів, отвори під пробки і нарізування різьблення	Дві автоматичні лінії: спеціальний свердлильний автомат	Спеціальний інструмент
4.12	Фрезерна	1	Фрезерування паза на хвостовику вала	Спеціальний фрезерний автомат	Спеціальні фрези
4.13	Слюсарна	1	Зняття фаски на виході мастильних каналів, зачистка задирок в брудосборниках	Пневмозачистні машинки	Зенкери, парочки
4.14	Промивання	1	Промивання вала і продування каналів	Установка для промивання і продування	-

Етап 5. Остаточна термічна обробка					
1	2	3	4	5	6
5.1	Об'ємне гартування	1	Нагрів 810-830 °С час нагріву 3 години. Охолодження в баку з індустриальним маслом	Піч з подом викочування СДО 45.25/9	Пристосування для підвісу деталей в печі
5.2	Контроль	1	Контроль твердості (56-58 HRC)	Твердомір Роквелл	-
5.3	Мийка	2	Промивка деталей	Мийна машина	Содовий розчин
5.4	Середньотемпературний відпуск	1	Відпуск 450-500 °С час нагріву 4-5 год. Охолодження - повітря	Піч з подом викочування СДО 45.25/7	Пристосування для підвісу деталей в печі
5.5	Контроль	1	Контроль твердості (35-40 HRC)	Твердомір Роквелл	-
Етап 6. Чистова механічна обробка					
6.1	Шліфувальна	1	Попереднє шліфування всіх корінних шийок і шийки підсальник (непаралельність шийок 0,006 мм, чистота поверхні по 7-го класу)	Спеціальні шліфувальні напівавтомати з многокаменними налагодженнями	Образні кола
6.2	Шліфувальна	1	Остаточне шліфування всіх корінних шийок (чистота поверхні по 8-го класу)	Спеціальні шліфувальні напівавтомати з многокаменними налагодженнями	Образні кола
6.3	Шліфувальна	1	Шліфування шийки підшків і шийки підшестерню (чистота поверхні по 7-го класу)	Круглошліфувальний напівавтомат з бабкою	Образні кола

				розташований під кутом	
6.4	Шліфувальна	1	Шліфування циліндричної поверхні і торця фланця вала Шліфування патунних шийок (чистота поверхні по 7-го класу)	Круглошліфувальний напівавтомат спеціальний шліфувальний напівавтомат	Образні кола
6.5	Балансування	1	Динамічне балансування: перша з точністю 300 Г·см, друга з точністю 30 Г·см	Дві автоматичні лінії зі спеціальних балансувальних і свердлильних автоматів	Свердло
6.6	Гартування СВЧ	1	Гартування СВЧ всіх корінних і патунних шийок	Установка СВЧ	Індуктор СВЧ
6.6	Правка	1	Остаточна правка корінних шийок з точністю 0,03 мм	Правильний прес	-
6.7	Поліровка	1	Попереднє і остаточне полірування всіх корінних і патунних шийок і шийки підсальник (чистота поверхні по 9-го класу)	Спеціальний полірувальний суперфінішний верстат	-
6.8	Промивання	1	Промивання вала	Мийна машина	-
Етап 7. Вихідний контроль					
7.1.	Вихідний контроль	1	Остаточний контроль якості обробки вала	Дільниця контролю	Вимірвальний інструмент, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75, скоба

Вихідний матеріал для заготівлі – сталь 60ХФА. Заготовка колінчастого вала виготовляється з штанги квадратного перетину 120x120 мм, довжиною 875 мм, вагою 96,95 кг. Відхід на угар, задирки і ризину становить 40%. Проковка колінчастого вала важить 58 кг. Вимоги, що пред'являються до якості проковки штампувальні ухили максимум 5° необумовлені радіуси - не більше 3 мм, поверхні вала, що не підлягають обробці, повинні бути чистими (без окалини, заходів, плец, розпарувань і тріщин); не допускається усунення дефектів зачеканюванням і зварюванням [13].

Заготівля піддається термообробці повному відпалу, це регламентує твердість, знімає внутрішню напругу, що забезпечує більш продуктивну і якісну механічну обробку. При виготовленні горячештампованих заготівель колінчастих валів потрібно забезпечити особливо високе ущільнення металу в місцях найбільших напруг (по корінним і патунним шийкам) за рахунок якісної проковки.

Не слід допускати перерізання волокон в місцях сполучення шийок вала зі шкарками. Сучасні технологічні процеси виготовлення горячештампованих заготівель колінчастих валів забезпечують кривизну вала 1,0-1,3 мм, овальність шийок 1,5-2,0 мм, поздовжній і поперечний перекосяк 1,0-2,0 мм, неперпендикулярність торця фланця 0,5-0,8 мм, припуски по діаметру шийок 5,0-6,5 мм, припуски по торцях шків 3,0-4,0 мм.

В умовах великосерійного і масового виробництва заготівлі сталевих колінчастих валів штамнуються на кувальних пресах, це забезпечує більш високу продуктивність (до 2 разів) в порівнянні зі штампуванням на молотах. Крім того, штампування на пресах підвищує точність заготівлі за рахунок зменшення штампувальних ухилів і дозволяє знизити припуски на механічну обробку (на 30-40%) за рахунок кращого обтиску металу в штампах і підвищення точності форми заготовки. Кращі результати виходять, коли поєднуються штампування на кувальних пресах з висадкою фланця на ГКР.

Гаряче штампувальні заготівлі колінчастих валів виготовляються по 8-9-му класах точності.

Фрезерування торців, центрування вала і обробка базових площ на щках вала виконуються на автоматичних лініях. На лінію обробки заготівлі подаються підвісним транспортером, а на робочу позицію – кран-балкою з тельфером. При цьому вал встановлюється по поверхнях корінних шийок І і V в трикулатні призматичні затискні губки пристосування. Фіксація в осьовому напрямку здійснюється по 3 і 6-й щках, а кутова орієнтація – по 1-й шатунной шийці.

Токарська обробка корінних шийок, переднього і заднього кінців валу виробляється на спеціальному багаторізцевому напівавтоматі з центральним приводом. При цьому деталь встановлюється по центровим отворах, осьова фіксація проводиться по центральному отвору у фланці, а в кутовому положенні – за допомогою фрезерованих базових майданчиків на 3 та 4-й щках. В цьому випадку крутний момент передається від центрального приводу через щки валу [17].

Обробка ведеться широкими і фасонними різцями з переднього і заднього супортів по методу вирізання, з підравлічною безступінчатою подачею супортів.

В інших умовах обробки обточування корінних шийок може проводитися за іншим варіантом, тобто спочатку обточують і шліфують середню шийку, яка використовується в якості додаткової центральної опори при токарній обробці інших корінних шийок і кінців вала.

При попередньому шліфуванні корінних шийок і кінців колінчастий вал встановлюється по центровим отворах, а в осьовому напрямку – за допомогою торця Т з боку кінця вала. Крутний момент передається повідцем через отвори у фланці. Овальність і конусність всіх шийок при зазначеній обробці 0,03 мм, а чистота поверхні по 7-го класу. При попередньому шліфуванні шийок під шків і пестерні шліфувальні круги встановлюються

під кутом до осі деталі, що дозволяє одночасно шліфувати циліндричні поверхні і підрізати торці [18].

При шліфуванні корінних шийок застосовується підтримуючий гідроліній лунет. Шліфування проводиться на спеціальних шліфувальних напівавтоматах з багатокамневими накладками. Ці верстати працюють з автоматичного циклу різного шліфування з виходженням автоматичною правкою кілі активним контролем.

Обточка чотирьох патунних шийок проводиться на чотирьохшпіндельному напівавтоматі високопродуктивним методом. Базування деталей в цьому випадку проводиться за I і V корінним шийок, в осьовому напрямку по торця Т, а в кутовому положенні по фрезерованим майданчикам на I і 8-й шках. Лунет встановлюється у III корінній шийки. При цій схемі обробки вал обертається навколо осі корінних шийок, а супорти з закріпленими в них різцями переміщуються разом з шийками подібно патунам, закріпленим на цих шийках [19].

У кожному з супортів встановлюється по 3 різці: один широкий прямий для обробки циліндричної поверхні шийки і два фасонних, розташованих по краях шийок для обточування галтелів і підрізування торців і шк. Радіальна подача різців проводиться гідролінійним пристроєм. З наведеної схеми рухів можна встановити, що у верстата є два копінних колінчастих вала, що обертаються синхронно з оброблюваним валом і забезпечують рух інструментів, а також точність радіуса кривошипа. Застосування багатошпіндельних верстатів цього типу дозволяє вести одночасно обробку всіх патунних шийок декількох валів з послідовним або паралельним поєднанням переходів.

Свердління мастильних каналів викликає значні труднощі на із-за малих діаметрів отворів і великій їх глибині. Перетин каналів має переходи по діаметру, і канали повинні бути суворо координовані. При свердлінні таких отворів важко відводити стружку: часто ламаються свердла. Мастильні канали у корінних і патунних шийок і отвори під різьбові пробки у

платунних шийок колінчастого вала обробляються на двох автоматичних лініях з автоматичним поворотом деталей

Ця операція виконується на спеціальних багатошпindelних багатосторонніх свердлильних автоматизованих верстатах з автоматичним багаторазовим виводом свердел з метою видалення стружки з оброблюваних отворів, що виключає можливе заклинювання і поломку свердел. Ці верстати мають запобіжний пристрій для відводу свердел при перевантаженнях. При свердлінні мастильних каналів замість свердел проводиться безпідналадження їх на верстаті, тому що свердла налаштовують на розмір за приладами поза лінією обробки

Деталь встановлюється по центровим отворах або по поверхнях корінних шийок I і V фіксування в кутовому положенні здійснюється по площях платунних шийок, а в осьовому напрямку – по лівому торцю буртика V корінній шийки. Обробку мастильних каналів, отворів під пробки і нарізування різьблення в цих отворах виконують на спеціалізованих верстатах.

Шпонкові пази також обробляються окремо на спеціалізованих горизонтально-фрезерних верстатах. Після свердління мастильних каналів вал ретельно промивається, особливо мастильні канали для повного видалення стружки [19].

Загартування колінчастого вала відбувається на двох автоматичних лініях. У зв'язку з тим, що нагрівання деталі проводиться охоплюючими індукторами, після гартування допускається зниження твердості з HRC 62-52 до твердості заготовки в зоні галтелів на довжині 6 мм максимум. Мікроструктура загартованого шару повинна являти собою мартенсит дрібно- або середньогольчатої будови або троостомартенсит. Корінні і платунні шийки гартуються на глибину 6,7-3,3 мм, а шийки під шків – на глибину 1,8-4,7 мм на відстані 60 мм з відступом на 12 мм від торця кінця вала. Охолодження деталі при загартуванні поєднане з додатковою промивкою

Корінні шийки вала шліфуються на спеціальних напівавтоматах з багатокамневим налагодженням. Деталь встановлюється по центровим отворах в осьовому положенні, вона фіксується по попередньо шліфованому торцю Т, а крутний момент передається повідцем через отвір у фланці. Чистота поверхні при остаточному шліфуванні – до 8-го класу.

Чистота поверхні латунних шийок не нижче 7-го класу. Точність взаємного розташування латунних шийок по куту $0,2$ мм. Допуск на радіус кривошипа $\pm 0,08$ мм. Некруглість шийок $0,01$ мм. Непараллельність латунних шийок щодо корінних шийок І і V $0,01$ мм. Остаточне шліфування латунних шийок виконується послідовно. Вал встановлюється в пристосуванні по поверхнях корінних шийок І і V в кутовому положенні – по майданчиках на 1-му противазі, а в осьовому – по кожній латунній шийці [20].

Обробка отворів у фланці, отвори з боку переднього хвостовика, нарізування різьблення під храповик виконуються на напівавтоматичних верстатах. Вал базується по корінним шийкам І і V в осьовому напрямку його фіксують по торцю Т, а в кутовому положенні по першій латунній шийці. При обробці отворів у фланці потрібно точно витримати радіус розташування осей отворів щодо осі корінних шийок, а також точно витримати взаємне розташування цих отворів. Після обробки переднього і заднього кінців валу контролюють якість обробки, і в тому числі перевіряють відсутність тріщин магнітним дефектоскопом.

Розточування отворів під підшипник з боку фланця виконується з допуском $0,037$ мм, потім перецентрують вал – розточують базуючі фаски $3,5 \times 60^\circ$. Биття отвору під підшипник не повинно перевищувати $0,06$ мм, а биття базуючих фасок щодо І і V корінних шийок – $0,10$ мм. Чистота поверхні отвору повинна бути не нижче 6-го класу.

Динамічне балансування виконується на двох автоматичних лініях, в два прийоми. Вихідний дисбаланс колінчастих валів досягає $3000-1500$ Г·см, кінцевий дисбаланс у більшості колінчастих валів, що працюють при $1300-$

2000 об/хв, не повинен перевищувати 30-70 Г·см, а у валів, що працюють при 3000-5000 об/хв, 15-20 Г·см. Перше балансування виконується з точністю 300 Г·см на кожному кінці вала, а друга забезпечує точність 30 Г·см на кожному кінці вала. Дисбаланс усувається за рахунок висвердлювання металу з противаги [17].

При балансуванні колінчастого вала всі його внутрішні порожнини і канали заповнюються маслом, різьбові отвори в цвунних шийках і виходи каналів закриваються технологічними пробками. Динамічне балансування дозволяє визначити величину діючих невідновлених сил по торцях валу і координати їх кутового положення. За результатами балансування задається програма висвердлювання зайвого металу. Із переднього усунення дисбалансу здійснюється радіальним свердлінням отворів діаметром 20 мм на певну глибину в крайніх противагах вала. Остаточне балансування проводиться за рахунок свердління отворів діаметром 12 мм в середніх противагах.

Конструкцією колінчастого вала повинні бути передбачені дві площини для усунення дисбалансу, які мали б достатні припуски для видалення необхідного металу без порушення міцності вала.

4.2 Призначення режиму термічної обробки деталей.

Якість, експлуатаційна надійність промислових виробів – машин, механізмів, приладів та ін – знаходиться в безпосередній залежності від відповідних властивостей їх елементів – деталей, з'єднань і вузлів.

Конструкційні властивості останніх пов'язані, в свою чергу, з властивостями матеріалу.

Статична і динамічна міцність, опір крихкому руйнуванню задирання і зносостійкість, корозійна і ерозійна стійкість, корозійні та інші властивості матеріалу належать до числа основних дефектів, що визначають надійність і довговічність машин [18].

Для сучасного машинобудування та інших галузей металообробки характерні високі вимоги до властивостей матеріалів, обумовлені

зростаючою інтенсивністю навантаження машин при одночасній тенденції зменшення маси.

Цим високим вимогам не можуть відповідати незміцнені термічною обробкою матеріали.

Головна мета термічної обробки виробів (заготовок, деталей, вузлів), що надходить в термічний цех або ділянку полягає в отриманні необхідних властивостей матеріалів.

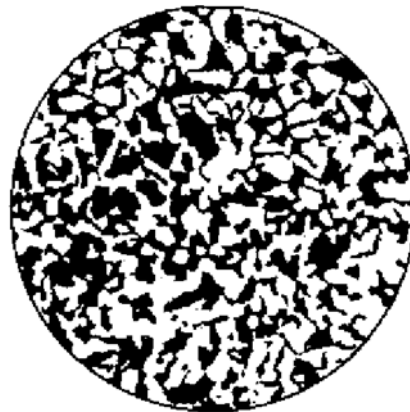
Якість термічної обробки визначають наступні основні критерії:

- забезпечення необхідних властивостей матеріалів;
- зведення до мінімуму побічних явищ – зміна інших параметрів деталей і виробів;
- забезпечення високих техніко-економічних показників в термічній обробки.

Пропонований варіант термічної обробки деталі зі сталі 60ХФА складається з наступних операцій

1. Попередня термічна обробка – відпал для зняття напружень після отримання деталей і перед механічною обробкою. Проводимо при температурі 830-850°С з витримкою 6-8 годин, охолодження з піччю до 350-400°С далі на повітрі.

Структура сталі після відпалу – перлит + феррит (рис. 4.1), суміш евтектоїда перлита (близько 60%) і твердого розчину вуглецю в α -залізі (феррит). Твердість 170 НВ



x200

Рисунок 4.1 – структура сталі 60ХФА після відпалу – перлит + феррит.

2 Другий етап термічної обробки – гартування + відпуск при температурі 810- 830 °С і охолодження – індустриальне масло, витримка при температурі гартування 3 години.

Структура загартованої сталі 60ХФА – мартенсит гартування – пересичений твердий розчин вуглеця в α - залізі (рис. 4.2). Товщина загартованого шару залежить від глибини прогартовуваності (твердість 58-60 HRC). Не загартована серцевина – перліто- ферритна 22-26 HRC

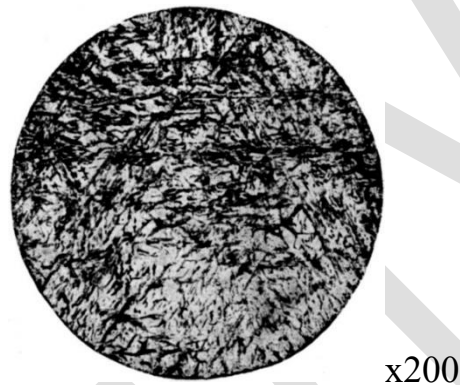


Рисунок 4.2 – структура загартованої сталі 60ХФА – мартенсит.

Відпуск середньотемпературний 450-500°С, витримка при температурі гартування 4-5 години. Структура після середньо температурного відпуску – троосто-сорбіт – дисперсна зерниста суміш феррита і цементита (рис. 4.3) з твердістю 35-40 HRC

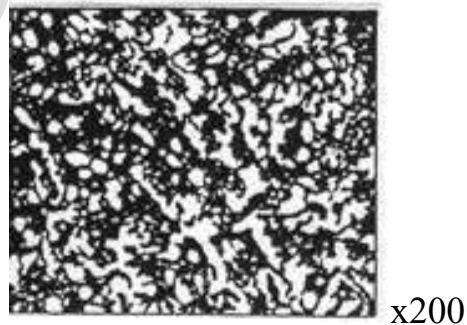


Рисунок 4.3 – Структура після середньо температурного відпуску – троосто-сорбіт.

Гартування СВЧ корневих и шатунних шийок колінчастого валу при температурі 900°C , витримка при температурі гартування 0,2-0,3 години. Після гартування СВЧ поверхня має структуру мартенсита гартування з твердістю 48-55 HRC

Графік режиму термічної обробки колінчастого валу зі сталі 60ХФА представлений на рисунку 4.4

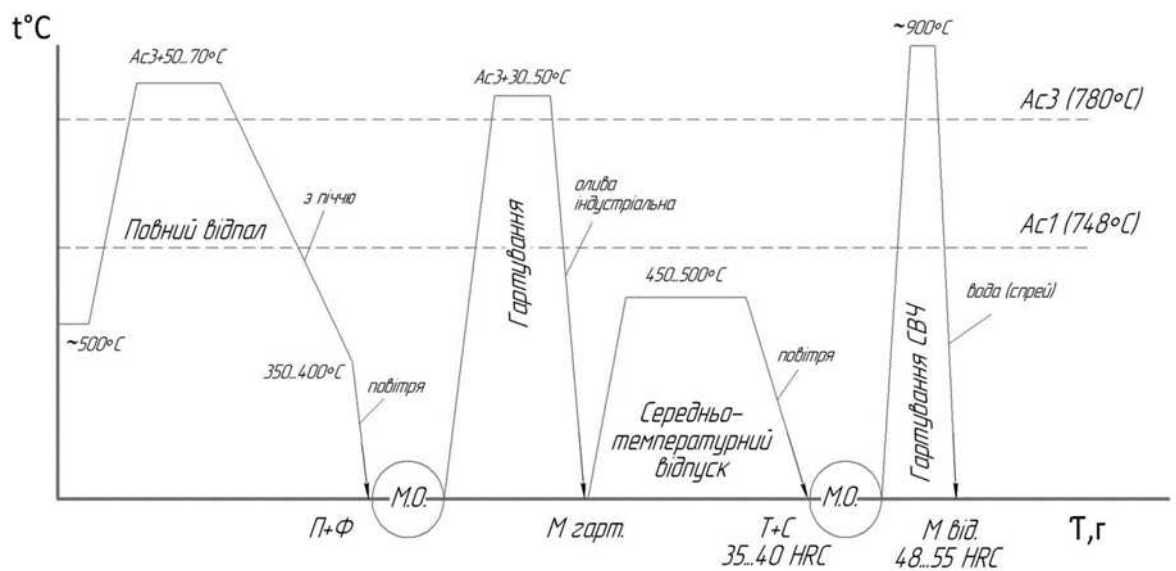


Рисунок 4.4 – Графік термічної сталі 60ХФА

Висновки до розділу 4

В четвертому розділі було обрано оптимальну технологію отримання виробу при заданій серійності виробництва та розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі.

Розробка маршрутної технології виготовлення є важливим етапом в створенні проекту отримання виробу. Маршрутну технологію поділяють на декілька етапів до яких входять: отримання сталі, отримання заготовки, попередня термічна обробка, чорнова механічна обробка, остаточна термічна обробка, чистова механічна обробка, вихідний контроль.

Деталь «колінчастий вал» виготовляється з катаної заготовки шляхом її гарячого штампування і подальшої механічної і термічної обробки. Деталь є відповідальною і високоточною тому механічна обробка таких деталей налічує до ста операцій включаючи рехтовку, контроль розмірів, балансування і т. д.

Запропонований варіант термічної обробки деталі зі сталі 60ХФА складається з наступних операцій

Попередня термічна обробка – відпал для зняття напружень після отримання деталей і перед механічною обробкою

Проводимо при температурі 830-850°С з витримкою 6-8 години, охолодження з піччю до 350-400°С, далі на повітрі. Твердість 170 НВ

Остаточна термічна обробка – гартування + відпуск при температурі 810-830°С і охолодження – олива індустриальна, витримка при температурі гартування 3 години

Відпуск середньотемпературний 450-500°С, витримка при температурі гартування 4-5 години. Твердість 35-40 HRC

Гартування СВЧ коріневих і патунних шийок колінчастого валу при температурі 900°С, витримка при температурі гартування 0,2-0,3 години. Твердість 48-55 HRC

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Вибір основного і допоміжного обладнання для деталі.

Економічна доцільність впровадження нового технологічного процесу пов'язана з правильним вибором обладнання та енергії для нагріву в наслідок значної питомої ваги амортизації та вартості палива в структурі собівартості термічної обробки.

Вибір обладнання повинен орієнтуватися на використання найбільш потужних печей і їх максимальне завантаження, щоб виключити роботу печей в холосту [19].

При правильному виборі обладнання зменшується як собівартість термічної обробки, так і питомі капітальні вкладення, що веде до мінімізації витрат.

Для проведення відпалу деталі «колінчастий вал» обираємо печі типу СДО камерна електропіч з подом викочування.

Технічні характеристики печі СДО 45.25/10 представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Технічні характеристики печі СДО 45.25/10 [19]

Розмір пода викочування, мм	2500×4500
Номінальна потужність, кВт	300
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	1000
Продуктивність, кг/ч	100
Габаритні розміри, мм	3500×5500×2800

Для проведення гартування обираємо піч типу СДО 45.25/9.
Технічні характеристики печі СДО 45.25/9 представлені у таблиці 5.2

Таблиця 5.2

Технічні характеристики печі СДО 45.25/9 [19]

Розмір пода викочування, мм	2500×4500
Номинальна потужність, кВт	200
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	900
Продуктивність, кг/ч	300
Габаритні розміри, мм	3500×5500×2800

Для проведення середньотемпературного відпуску обираємо піч
типу СДО 45.25/7.

Технічні характеристики печі СДО 45.25/7 представлені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Технічні характеристики печі СДО 45.25/7 [19]

Розмір пода викочування, мм	2500×4500
Номинальна потужність, кВт	180
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	700
Продуктивність, кг/ч	120-150
Габаритні розміри, мм	3500×5500×2800

Завантаження деталей на спеціальній підвісі.

Величина садки з урахуванням ваги пристосування 1800-2000 кг,
кількість деталей на підвісі 18 штук – 1800 кг (вага однієї деталі близько 90 кг).

Для гартування СВЧ застосовуємо високочастотний генератор частотою 90-10000Гц

Устаткування для охолодження – механізований гартівний масляний бак, деталі в бак переміщують краном разом з пристосуванням

Обсяг бака визначається з розрахунку 15-25 літрів індустріальної оливи на 1 кг загартованих деталей при температурі гартування понад 1000°С

Бак стаціонарний, для охолодження масла встановлено змішувач, що охолоджується водою можлива циркуляція масла через маслоохолодильник.

У конструкції бака передбачений бортовий відсмоктувач пари і отвори в верхній частині для переливання при переповненні бака.

Розмір бака залежить від максимально можливої величини садки деталей

При величині садки 2000 кг – передбачаємо бак з робочим простором – 2,2 - 4,5 м

Для очищення деталей від масла після гартування встановлюємо мийну машину конвеєрного типу, мийний розчин: гарячий содовий розчин.

В якості підйомно-транспортного обладнання на ділянці встановлюється кран-балка ванга жопідйомністю 10 тонн.

Для контролю твердості після відпалу застосовуємо прилад контролю твердості Брінелля – ТІН2 і Роквелл – ТК2 (в кількості однієї одиниці кожного найменування).

Перевірка твердості 5-7% від партії деталей

5.2 Розрахунок обладнання термічної ділянки.

Для розрахунку потреби основного обладнання складаємо таблицю середньої продуктивності обраних печей на окремих операціях.

Таблиця 5.4

Середня продуктивність печей на окремих операціях в кг/г

Тип печі	Операція термічної обробки	Середня продуктивність, кг/г
СДО 45.25/10	Відпал	100
СДО 45.25/9	Гартування	300
СДО 45.25/7	Відпуск середньотемпературний	120-150

Припускаємо (призначаємо з розрахунку високого коефіцієнта завантаження печей при термообробці), що програма по кількісним валам 500000 кг (5000 деталей).

Існує два методи розрахунку обладнання:

- 1) за укрупненими показниками, такий розрахунок застосовується в проектних завданнях, тобто, цей метод задовольняє меті нашого завдання;
- 2) за нормами часу для кожної деталі програми, розрахунок обладнання більш точний.

Розрахунок за першим методом полягає в тому, що кількість потрібного устаткування визначається виходячи з продуктивності прийнятого обладнання – годинної і питомої. Так як продуктивність печей залежить від тієї операції, яка на ній виконується, то в проектних завданнях спочатку складаємо відомість розподілу деталей програми за операціями.

Після виробляємо визначення заборгованості печі, тобто кількість годин роботи печі, які потрібні для обробки однієї групи (садки) деталі по

програмі. Розрахунок необхідної кількості обладнання за укрупненими показниками виробляємо, користуючись відомостями з таблиці.

При відпалі в печі СДО 45.25/10 з продуктивністю 100 кг/год і програмою по колінчастим валам 250000 кг в рік заборгованість складе:

(5.1)

Отже, заборгованість даної печі 5000 годин. Далі визначаємо необхідну кількість печей СДО 45.25/10 для відпалу при двозмінній роботі протягом року близько 3200 годин.

(5.2)

Отже, розрахункова кількість печей СДО 45.25/10 становитиме дві одиниці при коефіцієнті завантаження:

(5.3)

що задовольняє вимоги за інтенсивністю завантаження печі.

Далі проводимо розрахунок обладнання на операції гартування колінчастих валів в печі СДО 45.25/9 з продуктивністю 300 кг/год і програмою 500000 кг в рік заборгованість печі становить:

(5.4)

Необхідна кількість печей на операції гартування, виходячи з заборгованості печі дорівнює 1667 години. Визначаємо необхідну кількість

печей СДО 45.25/9 для загартування при двозмінній роботі протягом року ~ 3200 годин. Отримаємо:

■

(5.5)

Приймаємо, що кількість печей на цій операції дорівнює одному, з коефіцієнтом завантаження:

■

(5.6)

При відпуску в печі СДО 45.25/7 колінчастих валів з продуктивністю 150 кг/годі програмою 500000 кг в рік

(5.7)

Необхідна кількість печей на операції відпуск, виходячи з заборгованості печі дорівнює 3333 години. Визначаємо необхідну кількість печей СДО 45.25/7 для відпуску при двозмінній роботі протягом року ~ 3200 годин. Отримаємо:

■

(5.8)

Приймаємо, що кількість печей на цій операції дорівнює двум, з коефіцієнтом завантаження:

(5.9)

Отже, для проектування ділянки термічної обробки ущільнюючих кілець необхідно мати:

- для відпалу – 2 печі СДО 45.25/10;
- для гартування – 1 піч СДО 45.25/9;
- для відпуску – 2 піч СДО 45.25/7;
- установка СВЧ
- для охолодження – 1 масляний бак;
- для очищення деталей від масла – мийна машина;
- прилади контролю твердості - твердоміри ТІН2 і ТК-2 по одній одиниці кожного;
- для транспортування і завантаження деталей в піч – кранбалка вантажопідйомністю 10 тонн.

5.3 Розробка планування термічної ділянки.

До складу термічної ділянки входять:

- виробничі площі, на яких розташовується обладнання;
- допоміжні ділянки – склади для виробів, допоміжних матеріалів, майстерні електрика і механіка, приміщення ВТК;
- конторські або службові приміщення;
- побутові приміщення.

Оптимальним варіантом для термічного цеху є одноповерхова будівля прямокутної форми з одним-трьома прольотами. Така компоновка забезпечує найкраще висвітлення і природне видалення шкідливих газів, надлишків теплоти. Якщо будівля входить до складу будь-якого корпусу, то термічну ділянку необхідно розташовувати найбільшою протяжністю вздовж зовнішнього боку корпусу [18].

Ширина будівлі або прольоту вибирається відповідно до стандартного розміру мостових кранів, тобто кратній 3. Найбільш зручна ширина прольотів кратна 6, тобто 12, 18, 24, 30 м і т. д. Відстань між колонами по довжині ділянки (крок колон) рекомендується 6 або 12 м. Опори під колони розраховуються в залежності від маси будівель і допустимого навантаження на ґрунт. Колони виконуються залізобетонними або залізними. Висота ділянки залежить від кількості шкідливих газовиділень і тепловиділень, висоти обладнання з урахуванням його ремонту, максимальної довжини термічно оброблюваних виробів і типу підіймно-транспортного устаткування.

Висота термічної ділянки найчастіше вибирається рівною 7,2; 8,4; 9,6 або 10,8 м.

Будівля термічної ділянки має бути побудована з негорючих матеріалів, які відповідають 1-2-му ступеню вогнестійкості.

Дах цеху виконується з пожаростійких і теплоізолюючих матеріалів з ліхтарем, які призначені для додаткового освітлення ділянки і провітрювання його в теплу пору року.

Підлога термічної ділянки повинна мати тверде і міцне покриття, особливо на проїзній частині і на ділянках складування, не ковзати і добре очищатися від бруду. Підлога на ділянках хіміко-термічної обробки і травлення виконується під ухилом з водонепроникних матеріалів, що дозволяє проводити його очищення за допомогою струменя води [21].

Нормативні дані необхідної площі на одиницю обладнання: для камерних електропечей – виробнича площа на одиницю обладнання – 15 - 25 м²; загальна площа – 20 - 35 м².

При виконанні планування необхідно дотримуватися такого правила:

- обладнання розташовують таким чином, щоб забезпечити односпрямоване переміщення виробів усередині ділянки;
- обладнання з великим газо- і виділенням тепла встановлюють найбільш протяжною стороною уздовж зовнішньої стіни будівлі;

- крани наносять умовно пунктирними лініями;
- допоміжне обладнання розташовують у підвалі, прямках глибиною не менше 2,5 м на міжпролітних ділянках шириною 3 - 6 м а також на майданчиках, піднятих над підлогою на 3 - 4 м
 - передбачають 1, 2, а іноді і більше проїздів для міжцехового і внутрішньоцехового транспорту. При односторонньому русі ширина проїзду вибирається 2,5 - 3 м при двосторонньому - 5 м Крім проїздів необхідно передбачити також проходи шириною 1,5 - 2,5 м
 - ділянки з шкідливими умовами праці (дрібоструминні, травильні і т.д.) мають у своєму розпорядженні ізольовані приміщення з хорошою вентиляційною системою
 - обладнання з небезпечними умовами праці (правильні преси, перетворювачі частоти і т.п.) захищають металевією сіткою
 - ретельно дотримуються встановлених відстаней між обладнанням, а також обладнанням і стінками будівлі. Так, відстань між печами безперервної дії має бути не менше 3 - 4 м а між печами періодичної дії 1,5 - 3 м Відстань між невеликими печами періодичної дії допускається 1 - 1,5 м При цьому для дотримання норм техніки безпеки гартовні баки не слід розміщувати поблизу проходів та проїздів
 - вказують габаритні розміри обладнання, основні розміри (прив'язку) від обладнання до колони, стіни між обладнанням
 - вказують форму і розміри підвалів (прямків) і їх глибину, схематично позначають штриховими лініями майданчик для складування виробів і допоміжних матеріалів, місця ВТК;
 - резервуари для зберігання палива, масел, бак для аварійного зливу масла розташовують за межами ділянки.
 - на ділянці слід передбачати не менше двох виходів;
 - планування супроводжують специфікацією встановленого обладнання.

На плані ділянки вказують колони з вісями. Розбивочні вісі продовжують за межі планів і на кінцях в колах діаметром 8 мм проставляють їх позначення. Продовжні геодезичні осі позначають великими літерами українського алфавіту від низу до верху, а поперечні – арабськими цифрами зліва направо [22].

Місця для розрізів вибирають так, щоб на розрізі було видно виробничі агрегати, які диктують висоту будівлі, підвали, прямки, системи освітлення і аерації цеху, а площини розрізів при перетині з стінами проходили б по прорізах (вікон, дверей, воріт). Положення площин розрізів відзначають на плані лініями і стрілками, вказують арабськими цифрами (1 - 1, 2 - 2 і т. д.), які проставляють у стрілок ліній розрізів [19].

Устаткування, що потрапляє в розріз, зображують розрізаним, а решта зовнішнім виглядом у вертикальній площині з розмірами.

Розрахунок загальної площі цеху:

$$P_{\text{вг}} = P_{\text{ор}} + P_{\text{од}} + P_{\text{прох}} \quad (5.10)$$

де $P_{\text{ор}}$ – корисна виробнича площа, необхідна для розташування обладнання;

$P_{\text{од}}$ – додаткова площа необхідна для розміщення технологічного оснащення, деталей до і після термічної обробки, технологічних і допоміжних матеріалів, для організації міжопераційних складів, місць для формування садок і ін;

$P_{\text{прох}}$ – площа проходів та проїздів

Приймаємо $P_{\text{ор}} = 45$ м² на одиницю обладнання.

$$P_{\text{ор}} = 45 * 7 = 315 \text{ м}^2 \quad (5.11)$$

Площі ділянки для складування виробів, оснащення $P_{\text{од}}$ та площа проходів $P_{\text{прох}}$ визначається як частина від $P_{\text{оп}}$.

$$P_{\text{од}} = 0,5P_{\text{ор}} = 0,5 \cdot 315 = 157,5 \text{ м}^2$$

$$P_{\text{прох}} = 0,5P_{\text{ор}} = 0,5 \cdot 315 = 157,5 \text{ м}^2$$

$$\text{тоді} \quad P_{\text{ар}} = 315 + 157,5 + 137,5 = 630 \text{ м}^2$$

Довжина цеху визначається за допомогою формули:

$$L = P_{\text{ар}} / B \quad (5.12)$$

де B – загальна ширина цеху. $B = 18 \text{ м}$

$$L = 630 / 18 = 35 \text{ м}$$

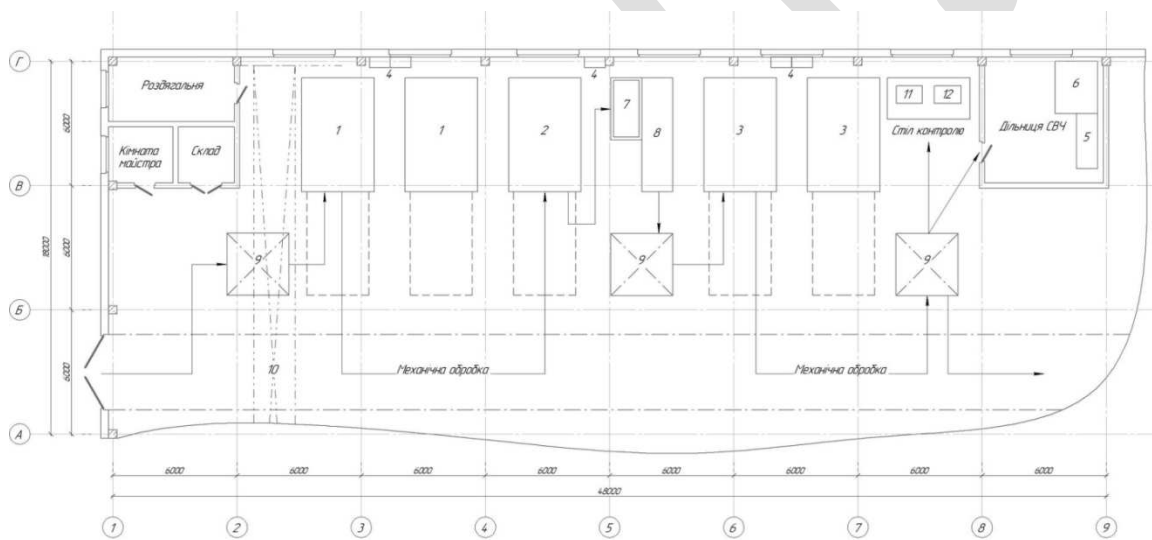


Рисунок 5.1 – Планування термічної дільниці для проведення термічної обробки колінчастих валів

Специфікація обладнання, що застосовується:

Основне обладнання.

1. ПЧБ – СДО 45.25/10 - 2 шт.
2. ПЧБ – СДО 45.25/9 – 1 шт.

3. Пчб СДО 45.25/7 – 2 шт.
4. Шафа управління.
5. Установка СВЧ
6. Генератор установки СВЧ

Допоміжне обладнання.

7. Гартівна ванна – 1 шт.
8. Мийна машина – 1 шт.
9. Місце для зберігання заготовок – 3 шт
10. Кран-балка – 10 т.

Обладнання контролю

11. Твердомір ТШ2.
12. Твердомір ТК-2

Висновки до розділу 5

У цьому розділі був проведений вибір і розрахунок кількості обладнання термічної ділянки. Вибір обладнання проводився виходячи з річної програми 500000 кг деталей в рік і двозмінну роботу підприємства.

Виконано розрахунок кількості основного, допоміжного та контрольного обладнання.

Згідно будівельних норм, з урахуванням вимог безпеки, умов праці та екологічності виробництва був розроблений план термічного ділянки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі розглянута конструкція сучасного двигуна БМВ М73. Даний двигун є потужним дванадцяти циліндровим агрегатом. Одним з основних елементів двигуна БМВ М73 – є колінчастий вал.

Колінчастий вал двигуна внутрішнього згорання надважлива деталь, яка піддається різним навантаженням в ході експлуатації. Крутильні коливання – це основні навантаження, що призводять до поломки деталі.

У сучасних двигунах з виникненням резонансу борються застосуванням різних конструктивних елементів в конструкції колінчастого вала і використовують для виготовлення високоміцні сталі і чавуни.

Проведення потентно-літературного пошуку дозволяє зробити висновок, що для виготовлення колінчастого вала дванадцяти циліндрового двигуна застосовують конструкційну підшипникову низьколеговану високоякісну сталь 60ХФА.

В умовах серійного виробництва найбільш раціонально отримувати заготовки колінчастих валів гарячим штампуванням, тому що цей метод наближає форму і розміри заготовки до форми і розмірів готової деталі за рахунок застосування спеціального технологічного оснащення і спеціального устаткування, що знижує відхід металу в стружку при механічній обробці.

При цьому забезпечується вигідне розташування волокон в металі, що підвищує показники міцності деталей.

Заготівля піддається термообробці (нормалізації), це регламентує твердість, знімає внутрішню напругу, що забезпечує більш продуктивну і якісну механічну обробку.

Розглянули хімічний склад і фізико-механічні властивості обраної нами марки сталі 60ХФА для виготовлення колінчастого вала дванадцяти циліндрового двигуна.

Вивчено вплив легуючих елементів на фізико-механічні властивості сталі. Наявність хрому в даній марці сталі збільшує міцність і твердість сталі, глибину прогартованості, корозійні властивості сталі.

Наявність ванадію зменшує розмір зерна, збільшує міцність і твердість сталі.

Для проведення експерименту запропоновано використовувати методи мікроскопічного аналізу. Результати експерименту фіксували за допомогою фотографування зразків. У ході проведення досліджень застосовували мікроскопи ММ-7.

Було обрано технологію отримання виробу – оптимальну при заданій серійності виробництва та розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі.

Виконано розрахунок кількості основного, допоміжного та контрольного обладнання.

Згідно будівельних норм з урахуванням вимог безпеки умов праці та екологічності виробництва був розроблений план термічного ділянки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Галиахметов И.Г. Конструкционные материалы центробежных и винтовых компрессоров промышленного применения / Галиахметов И.Г. – Казань : изд-во «Фэн», 2004. - 80 с.
2. Шнепп В.Б. Конструкция и расчет центробежных компрессорных машин / В.Б. Шнепп - М: Машиностроение, 1995. - 240 с.
3. Сухотина А.М. Коррозия и защита химической аппаратуры : справочное руководство; том шестой. Производство хлора и его неорганических соединений / А.М. Сухотина, А.Л. Лябутина. - Ленинградское отделение : «Химия», 1972. - 368 с.
4. Сухотина А.М. Коррозия и защита химической аппаратуры : справочное руководство; том восьмой. Производство хлора и его неорганических соединений / А.М. Сухотина, А.Л. Лябутина. - Ленинградское отделение: «Химия», 1989. - 395 с.
5. Ульянина Е.А. Структура и коррозия металлов и сплавов : атлас; справочник / Е.А. Ульянина. - М: Металлургия, 1989, - 395 с.
6. Маттссон Э. Электрохимическая коррозия / Э. Маттссон - М : Металлургия, 1991. - 156 с.
7. Шрейдер А.В. Сероводородное коррозионное растрескивание и пути защиты от него нефтехимического оборудования / А.В. Шрейдер, В.Г. Дьяков. - М: ЦНИТЭНЕФТЕХИМ 1987. – 264 с.
8. Брагін Б.Ф. Трубопровідний гідротранспорт твердих матеріалів / Б.Ф. Брагін, Г.Н. Делягін, Ф.Д. Маркунтович та ін; за ред. Б.Ф. Брагіна. – К: ІСДQ 1993. – т.2 – 327 с.
9. Когаев В.П. Прочность и износостойкость деталей машин / В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов. – М: Высшая школа, 1991. – 319 с.

10. Гаркунов Д Н Триботехника / Д Н Гаркунов. – М: Машиностроение, 1989. – 327 с.
 11. Карелин В Я Насосы и насосные станции : учебник для вузов. - 2-е изд, перераб. и доп. / В Я Карелин, А В Минаев. - М: Стройиздат, 1986. - 320 с.
 12. Алехин В П Структурные и энергетические особенности кинетики микропластической деформации в приповерхностных слоях материалов / В П Алехин, М Х Шуршов // Трение и изнашивание при высоких температурах. - М: Наука, 1973. - С 39-44.
 13. Любарский И М Металлофизика трения / И М Любарский, Л С Палатник. - М: Металлургия, 1976. - 176 с.
 14. Костецкий Б И Исследование динамического состояния поверхностных слоев при износе металлов / Б И Костецкий, Л И Бернадский, В А Шпельский // Повышение износостойкости и срока службы машин. - К : УкрНИИТИ, 1970. - С 98—105.
 15. Тарельник В Б Триботехнологія деталей машин: навчальний посібник / В Б Тарельник, Є В Конопляненко, В С Марцинковський, Богдан Антошевський – Суми : МкДен, 2010. – 264 с.
- ISBN 978-966-2305-00-5
16. Борисенко Г. В, Васильев Л А, Волошин Л Г. и др. Химико-термическая обработка металлов и сплавов : справочник / Г. В Борисенко, Л А Васильев, Л Г. Волошин и др. - М: Металлургия, 1981. - 424 с.
 17. Пат. № 2010886 РФ МПК С23С10/38, С23С12/00. Способ диффузионного хромирования изделий из углеродистых нелегированных сталей / Г. В Романенко, В В Мамаев. - № 4953961/02; заявл. 20.05.1991; опубл. 15.04.1994. – 3 с.

18. Самсонов Г. В. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Г. В. Самсонов, А. Д. Верхотуров, Г. А. Бовкун, В. С. Сычев. - К: Наукова думка, 1976. - 220 с.
19. А с. 1734968 СССР, МПК В23 Н9/ 00. Способ электроэрозионного легирования / В. Б. Тарельник, Е. А. Коломьцев, Л. А. Иванов, В. Г. Марченко, В. И. Тарадонов, В. Ф. Руденко, Ю. А. Серобабин и Г. Н. Анисимов. - № 4484364; заявл. 20.09.1988; опубл. 23.05.92, Бюл. №19 - 2 с.
20. Богорад Л. Я. Хромирование : изд. 5 - е, перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1984. - 97с.
21. Пат. №2125125 РФ МПК С25 В3/ 04. Способ электролитического хромирования / В. Ф. Малинин. - №97121625/ 02; заявл. 24.12.1997; опубл. 20.01.1999. - 3 с.
22. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник изд. - 3-е изд., перераб. и доп., В 3-х т. Т. I. Методы испытаний и исследования / под ред. М. Л. Бернштейна, А. Г. Рахштадта - М: Металлургия, 1983. 352 с.