

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувач кафедрою
Гапонова О.П.

дата, підпис

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ДЛЯ ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

за напрямом підготовки 132«Матеріалознавство»

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

Виконав(ла):
студент Кізя Олексій Сергійович

Залікова книжка № 17510300

підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Керівник:
Юскаєв Володимир Борисович

дата, підпис

Секретар ЕК:
Сидоренко Ю.Ю.

дата, підпис

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедру

Гапонова О.П.

дата, підпис

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

Кізі Олексія Сергійовича

1. Тема проекту(роботи): «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки колінчастого валу легкового автомобіля» затверджена Наказом по університету від «30» березня 2021 р. № 0136-VI
2. Термін здавання студентом закінченого проекту (роботи) _____
3. Вихідні дані до проекту(роботи) Креслення колінчастого валу та вимоги до нього вказані на кресленні (додаток А) _____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Аналіз умов роботи деталі, літературний огляд, вибір матеріалу та методів дослідження, маршрутна технологія виготовлення деталі, розрахунково-експериментальна частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, графік термічної обробки деталі, план розробленого термічного відділення.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Характеристика та умови експлуатації виробів, вимоги до матеріалів	Квітень-травень 2021	Виконано
2	Огляд літератури	Травень 2021	Виконано
3	Характеристика матеріалів деталі	Травень 2021	Виконано
4	Розробка маршрутної технології виготовлення деталі	Травень 2021	Виконано
5	Розрахунково-експериментальна частина	Травень-червень 2021	Виконано

1. Дата видачі завдання _____

Студент _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

Реферат

Випускна кваліфікаційна робота містить 53 сторінку, 5 розділів, 14 рисунків, 7 таблиць, список із 19 використаних літературних джерел.

Мета роботи – вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки деталі «колінчатий вал».

Завдання :

1. Проаналізувати умови роботи деталі.
2. Провести аналіз літературних джерел.
3. Вірно обрати матеріал для виготовлення деталі.
4. Розробити технологічний процес, термічну та хіміко-термічну обробку виробу.
5. Підібрати основне обладнання для термічного відділення та спроектувати термічне відділення.

Методи дослідження – металографічні методи дослідження структури поверхневого шару сталей, випробування на твердість та випробування на міцність.

Ключові слова: колінчатий вал, міцність, структура, проектування термічної ділянки, термічна обробка, технологія виготовлення, методи дослідження, твердість, ізотермічний відпал, гартування, відпуск, СВЧ

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1	7
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛАТАЦІЇ ДЕТАЛІ	7
1.1 Аналіз умов деталі «колінчатий вал»	7
1.2 Можливі причини входу із ладу деталі колінчатий вал	8
1.3 Можливі методи зміцнення деталі «колінчатий вал»	11
Висновок	13
РОЗДІЛ 2	14
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	14
2.1 Вибір матеріалу для виготовлення колінчатого валу	14
2.2 Вплив легуючих елементів на сталь 40Х	17
2.3 Методи дослідження	18
2.3.1 Металографічний метод дослідження	18
2.3.2 Випробування на твердість	20
2.3.3 Випробування на міцність	21
Висновок	23
РОЗДІЛ 3	24
РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	24
Висновок	30
РОЗДІЛ 4	31
ВИБІР ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ 40Х	31
4.1 Термічна обробка сталі 40Х	31
4.2 Попередня термічна обробка	31
4.3 Остаточна термічна обробка	32
Висновок	36
РОЗДІЛ 5	37
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	37
5.1 Вибір основного та допоміжного обладнання для деталі	37
5.3 Планування термічної дільниці	41
Висновок	46
ВИСНОВКИ	47
Список використаної літератури	48
Додаток А	50
Додаток Б	51

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогодні машинобудування є дуже розвинутою сферою. Одним із головних компонентів автомобіля є двигун внутрішнього згорання. Ключовим елементом двигуна є колінчастий вал, який перетворює вертикальний рух поршня у обертання.

В зв'язку з високою розвиненістю сфери машинобудування, в роботі розглянемо колінчастий вал двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля як деталь.

Колінчастий вал працює при періодичному навантаженні, внаслідок руху поршня. Для виготовлення даної деталі найкраще підходять леговані та вуглецеві сталі, а іноді використовують високоміцний чавун.

Мета роботи – вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки деталі «колінчастий вал».

Завдання :

6. проаналізувати умови роботи деталі;
7. провести аналіз літературних джерел;
8. вірно обрати матеріал для виготовлення деталі;
9. розробити технологічний процес, термічну та хіміко-термічну обробку виробу;
10. підібрати основне обладнання для термічного відділення та спроектувати термічне відділення.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз умов деталі «колінчатий вал»

Машинобудування одна із провідних сфер сьогодення. Сама сфера досить складна і потребує повного дотримання вимог виготовлення. Одним із головних деталей є двигун внутрішнього згорання, одним із ключових деталей якого є колінчатий вал.

Колінчастий вал (рис. 1.1) складається з шатунних - 2 і корінних шийок - 3, щок - 4, з'єднувального фланця - 6, противаги - 5 і хвостовика - 1.

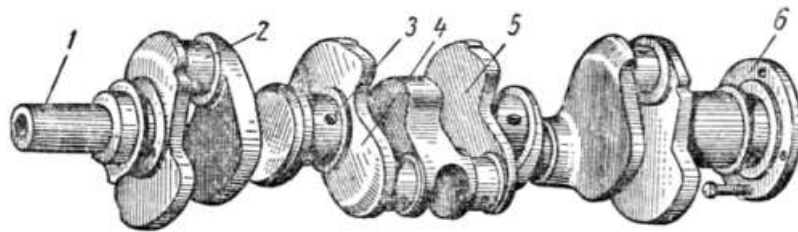


Рисунок 1.1 – Колінчатий вал двигуна внутрішнього згорання [1]

Як відомо [2], вали в залежності від конструктивних співвідношень і маси виготовляють цільними або складовими. Частини складеного валу з'єднують фланцями, викувані заодно з валом або насадженими на вал шляхом гарячої посадки.

Коліна валу (кривошипи) виготовляють цільними, на пів складовими або складовими. Вали з на пів складовими і складовими колінами характерні для потужних мало оборотних дизелів. Вали з на пів складовими колінами отримали переважне поширення в зв'язку з більш простою технологією збирання та меншою товщиною щок і відстанню між шатунними і корінними шийками.

Форма та розміри колінчатого валу залежать від типу двигуна, конструкції блока циліндрів, числа корінних і шатунних шийок, матеріалу, способу виготовлення та ін. [3].

Розглянемо більш докладно схеми колінчастих валів двигунів, найбільш поширених на легкових автомобілях. Двигуни класичної схеми (рядні

чотирициліндрові) в переважній більшості мають п'яти опорний колінчастий вал з противагами (рис 1.2). Конструкції з трьома опорами в даний час вже практично не зустрічаються через їх недостатню міцність і жорсткості при високих частотах обертання.

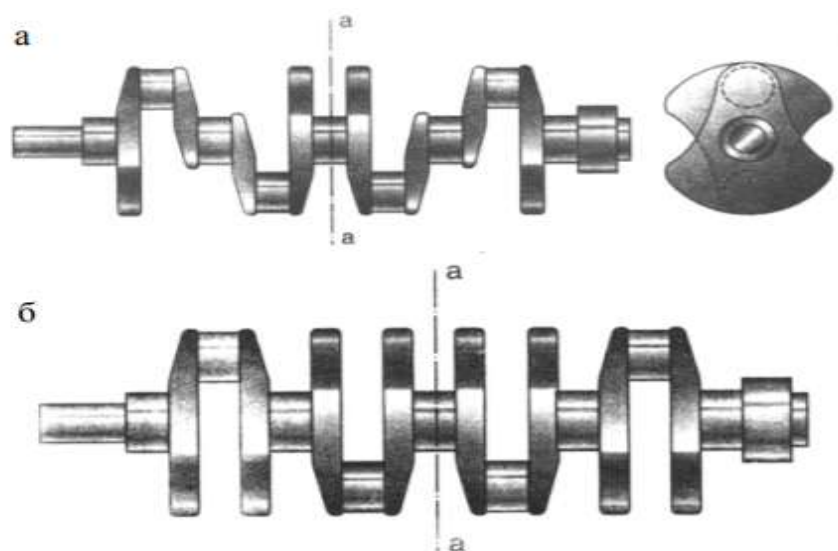


Рисунок 1.2 – Колінчастий вал рядного чотирициліндрового двигуна:

а) з одинарними противагами; б) з подвійними противагами;

а-а - площина симетрії [3]

Вал з одинарними противагами застосовується зазвичай при невеликих діаметрах циліндра і легких поршнів і шатунах. Тоді урівноваження маси нижньої головки шатуна може бути виконано одною противагою, що прилягає до відповідної шатунної шийки.

1.2 Можливі причини входу із ладу деталі колінчастий вал

Як відомо [4], колінчастий вал двигуна внутрішнього згорання постійно знаходиться під високими навантаженнями, внаслідок чого він є однією з найбільш уразливих деталей, відновлення якої займає багато часу і дорого коштує.

На колінчастий вал постійно впливають різні сили, починаючи від високого тиску газів, яке викликане роботою поршневої групи, неправильними умовами експлуатації автомобільного двигуна і закінчуючи постійно виникають великим рівнем інерції.

Зауважимо, що колінчастий вал відноситься до елементів, яким постійно доводиться відчувати всю силу циклічних навантажень, негативно відбиваються на цілісності матеріалу, працездатності та значно знижують його міцність.

Особливості відновлення працездатності колінчатих валів. Відповідно до [4], Найчастіше причиною виходу клонували з ладу є недостатній рівень моторного масла, його незадовільний стан, тривала робота непрогрітого силового агрегату на максимальних обертах.

Серед основних ушкоджень виділяють наявність задирів на шийках валу, знос підшипників, присутність серйозної вироблення на поверхні, розплавлення вкладишів внаслідок їх постійного перегріву.

Усунути задири можна, відшліфувавши шийки колінчастого валу. При цьому для цієї процедури існує кілька ремонтних розмірів. Однак в процесі шліфування виникає більш серйозна проблема, яка пов'язана з нагріванням поверхні шийки, і зниженням у зв'язку з цим її міцності.

В результаті розігріву сторін шийок порушується геометрія колінчастого валу - він викривляється, що може привести до його заклинювання або серйозного пошкодження. В такому випадку повністю відновити вал навряд чи вдасться, буде потрібно його заміна.

На жаль, шліфування є поширеною практикою ремонту колінчастого валу. Помилковою є думка більшості навіть найдосвідченіших мотористів і автомеханіків, що після її проведення повністю відновляться всі характеристики деталі, і вона може продовжувати працювати, як і раніше. При цьому порушення геометрії деталі можна просто не брати до уваги.

В результаті виходить, що і розподільний вал починає функціонувати некоректно, збільшується знос деталей ГРМ, порушується герметичність сальників, вигин шийок призводить до пошкодження і вироблення їх посадочних місць, силовий агрегат починає сильно вібрувати, значно збільшується споживання палива.

Неважко підрахувати відцентрову силу, яка виникає при обертанні колінчастого валу силового агрегату з середніми характеристиками (потужність,

обсяг і т.д.). Ця цифра ніколи не була малою. Її середнє значення 8кН. Навіть, незважаючи на цю величину, єдиним застосовуваним методом відновлення колінчастого валу, на жаль, все одно є його шліфування.

Характерні несправності колінчастого валу. До найбільш поширених з них належать [4]:

- порушення геометрії колінчастого валу;
- наявність деформацій (відколів, вм'ятин, подряпин і т. д.) на поверхні валу;
- розбалансування колінчастого валу, яка часто викликана його викривленням;
- зміна розмірів отвору олійних каналів, їх засмічення і інші пошкодження;
- пригорання вкладиша внаслідок перегріву колінчастого валу. (На різних типах автотранспорту ця несправність характеризується по-різному: на легкових авто на колінчастому валі з'являються задираки, а на вантажну техніку з огляду на підвищених навантажень вкладиш пригорає моментально).

Всі ці несправності викликають підвищений знос, як самого колінчастого валу, так і інших елементів силового агрегату.

Методи виправлення дефектів

Головним методом виправлення дефектів є дотримання всіх рекомендацій виробника, які вказані в сервісній книжці автомобіля [4]. Основний критерій тривалої працездатності цього елемента - своєчасна заміна моторного масла відповідно до його типу і специфікацією.

Необхідно підкреслити, що в сервісних книжках автовиробники вказують регламентні терміни проведення технічного обслуговування і заміни витратних матеріалів, які не відповідають особливостям експлуатації транспортних засобів. Тому, необхідно вчасно обслуговувати колінчастий вал або дотримуватися рекомендацій «для важких умов експлуатації».

1.3 Можливі методи зміцнення деталі «колінчатий вал»

Так як колінчастий вал є високонавантаженою і дорогою деталлю, то для підвищення його міцності і зносостійкості приймають ряд заходів. Способи підвищення міцності колінчастих валів діляться на конструктивні і технологічні.

Як відомо [5], конструктивно підвищити міцність колінчастого валу можна наступним чином: деталі надають таку форму, при якій напруги розподіляються за обсягом більш рівномірно - як в зонах концентрації напружень, так і поза цими зонами. Необхідні конструктивні форми валу встановлюються експериментально.

До технологічних методів підвищення міцності колінчастих валів відносяться наступні:

1. Азотування. Межа витривалості при вигині (для хромомолібденової сталі) підвищується на 25-60%, а при крученні - на 30-40%.

2. Місцевий наклеп шляхом накатки роликками галтелів і обтиску країв масляного отвору сталеву кулькою. Втомна міцність колінчастих валів при вигині збільшується на 40%, а при крученні - на 20%.

3. Обдування сталевим дробом галтелів. Межа витривалості при вигині зростає до 40%.

З точки зору підвищення зносостійкості особливо ефективним методом є азотування валів, значно підвищує твердість робочих поверхонь. Недолік цього способу - велика тривалість виробничого процесу.

Як відомо [6], азотуванням називається процес дифузійного насичення поверхонь деталей атомарним азотом у середовищі аміаку. При нагріванні відбувається дисоціація молекули аміаку з утворенням атомарного азоту: $\text{NH}_3 \rightarrow 3\text{H} + \text{N}$. Відповідно до діаграми стану Fe-N розчинність азоту в залізі невелика і становить 0,1% при 590°C та 0,004% при кімнатній температурі. При температурі менш 590°C формується α - фаза, тобто розчин азоту в альфа - залізі, при температурі більш 590°C формується γ - фаза, тобто розчин азоту в гамма - залізі.

Максимальна розчинність азоту в γ - фазі складає 2,8%. Підвищення вмісту азоту в поверхневому шарі призводить до утворення γ' - фази, тобто твердого

розчину азоту на базі сполуки Fe_4N , який містить азоту від 5,7 до 6,7%. При подальшому збільшенні азоту, відповідно, більш 6,1% при 680°C і 8,15% при 300°C , формується ε - фаза, тобто твердий розчин азоту на базі сполуки Fe_2-3N , який містить азоту від 4,6 до 11,0%. При температурі 590°C відбувається евтектоїдне перетворення γ - фази на γ' та α - фази.

Якщо насичення азотом проводити при температурі вище евтектоїдної (590°C), то після повільного охолодження послідовність структур поверхневого азотованого шару, при збільшенні відстані від поверхні, буде змінюватися у наступній послідовності (рис. 85): $\varepsilon \rightarrow \gamma' \rightarrow \gamma' + \alpha \rightarrow \alpha$. У результаті азотування досягається висока твердість (1100-1200 HV) (при цементації 900 HV), а також зносостійкість та корозійна стійкість поверхонь сталевих деталей. Азотування звичайно проводять при температурах $500 - 600^\circ\text{C}$ на глибину від 0,3 до 0,8 мм. Швидкість росту нітридних фаз складає від 0,01 до 0,017 мм/год, тому тривалість процесу азотування становить від 18 до 80 год.

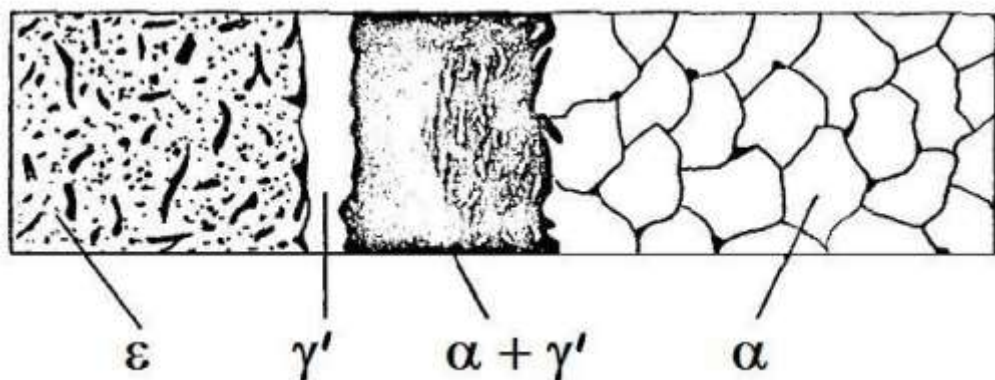


Рисунок 1.3 – Будова шару азотованого заліза [6]

Азотування для підвищення поверхневої твердості й зносостійкості застосовують при виготовленні таких відповідальних виробів, як вимірний інструмент, гільзи циліндрів двигунів і насосів, зубчасті колеса, колінчасті вали, прес-форми для лиття під тиском і штампи

Сутність процесу обдування дробом полягає в тому, що оброблювана поверхня піддається численним ударам сталевий або чавунної дробу, що викидається на оброблювану поверхню пневматичним або механічним способом.

В результаті такої обробки поверхня набуває наклеп. Пневматичні пристрої для обдування дробом працюють аналогічно піскоструминним апаратам. У механічних пристроях є що обертається з великою швидкістю ротор, який викидає дріб на оброблювану поверхню.

Всі дії процесу обдування дробом (подача деталі, збір дробу, її завантаження в бункер і т.д.) В сучасних дробоструминних апаратах здійснюються автоматично.

Вигладжування і обдування дробом є методами обробки тиском в холодному стані і відносяться до області «зміцнюваної» технології. Ці методи обробки ущільнюють поверхневий шар, завдяки чому збільшується опір деталі змінних навантажень, а також збільшується опір зносу третюх поверхонь сполучених пар[7].

Висновок

Розглянуто умови роботи деталі колінчастий вал двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля, можливі причини виходу із ладу та методи його зміцнення. Колінчастий вал широко застосовується в сфері машинобудування. Колінчасті вали виготовляють цільними або складовими. Дана деталь є високонавантаженою і дорогою. Основними причинами виходу із ладу є порушення геометрії колінчастого валу; наявність деформацій (відколів, вм'ятин, подряпин і т. д.) на поверхні валу; розбалансування колінчастого валу, яка часто викликана його викривленням; зміна розмірів отвору олійних каналів, їх засмічення і інші пошкодження; пригорання вкладиша внаслідок перегріву колінчастого валу.

Розглянуті основні методи зміцнення деталі колінчастий вал. До них відносять азотування, місцевий наклеп шляхом накатки роликками галтелів і обтиску країв масляного отвору сталеву кулькою, обдування сталевим дробом галтелів. Перспективними є метод хіміко-термічної обробки – азотування. При використанні даної методики в кінцевому результаті отримуємо деталь з високою твердістю та зносостійкістю. Також він має більше переваг ніж інші методи.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Вибір матеріалу для виготовлення колінчатого валу

Колінчасті вали двигунів внутрішнього згорання є відповідальними і напруженими деталями, які працюють при впливі динамічних навантажень, які передаються валу через поршень і шатун при робочому процесі двигуна, і інерційних зусиль, що виникають при зміні швидкості і напрямку рухомих мас поршнів, шатунів, маховиків і інших деталей.

Як відомо [8], умови роботи колінчастих валів і сполучених з ними деталей двигуна вимагають точного виконання розмірів і правильного взаємного положення окремих елементів.

Основні технічні вимоги, що пред'являються до колінчастим валів, такі:

1. Колінчасті вали повинні виготовлятися з вуглецевих сталей 35, 40, 45, і 50Г і легованих сталей, хімічний склад яких відповідає ГОСТу 4543-61[9]. Марка сталі обмовляється в кресленні.
2. Механічні властивості валів повинні відповідати показникам, встановленим ГОСТом 10158-62 [10], в залежності від марки сталі і категорії міцності. Обов'язковими показниками механічних властивостей є межа плинності, відносне звуження, ударна в'язкість і твердість. Механічні властивості матеріалу колінчастих валів після термічної обробки перевіряються на зразках, вирізаних з деталі.
3. Твердість в HRC шийок, що піддаються поверхневому загартуванню, повинна бути не менше 52 HRC для валів, що виготовляються зі сталі 45 і 50Г, і не менше 48 HRC для валів з легованих сталей. Жолобники загартуванню не піддавалося.
4. Чистота обробки поверхні шийок діаметром до 100 мм повинна бути не нижче 9-го класу, а шийок діаметром понад 100 мм і галтелів шийок 8-го класу; чистота обробки корінних шийок, що вмонтовуються на підшипниках кочення, повинна бути 7-го класу.

5. Діаметри корінних і шатунних шийок потрібно обробляти по 2-м класом точності. Овальність шийок діаметром до 260 мм не повинна виходити за межі поля допуску ковзної посадки 1-го класу точності, а шийок діаметром понад 260 мм повинна бути в межах допуску ковзної посадки 2-го класу точності.
6. Биття корінних шийок і шийки під розподільну шестерню щодо осі вала не повинно перевищувати 0,03 мм для валів з діаметром шийок до 100 мм, 0,04 мм для валів з діаметром шийок 100-180 мм; 0,05 мм для валів з діаметром шийок 180-260 мм і 0,06 мм для валів великих розмірів.
7. Допускається відхилення радіуса кривошипа не більше 0,15 мм на 100 мм радіусу. Зсув кутів між колінами кривошипів, а також між шпонковим пазом розподільної шестерні і віссю базового кривошипа допускається не більше.
8. Биття торців сполучних фланців при жорсткому кріпленні маховика або муфти допускається не більше 0,005 мм на 100 мм діаметру фланця, при інших з'єднаннях - не більше 0,03 мм на 100 мм діаметра фланця.
9. Кожен вал повинен бути динамічно збалансований. Одно- і двохколінчаті вали, а також вали, що працюють з числом оборотів в хвилину менше 1000, допускається балансувати статично. Допустимий дисбаланс вказується в кресленні.

Виходячи з умов завдання і технічних вимог виготовлення колінчатого валу двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля можна використати сталь конструкційну леговану типу 40X.

Сталь 40X – конструкційна, середньовуглецева, низьколегована з вмістом до 0,4% вуглецю та до 1% хрому, хімічний склад якої наведено у таблиці 2.1, механічні властивості – таблиця 2.2, фізичні властивості – таблиця 2.3.

Таблиця 2.1

Хімічний склад сталі 40X [11]

C	Si	Mn	NI	Cr	Cu	P	S
0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	≤0.3	0.8-1.1	≤0.3	≤0.035	≤0.035

Таблиця 2.2

Механічні властивості сталі 40X [11]

Термічна обробка	Межа плинності, (МПа)	Тимчасовий опір, (МПа)	Мінімальне відносне подовження, %	Відносне звуження, %
Загартування від 860°C в маслі, відпуск при 500°C	≥ 785	≥ 980	≥ 10	≥ 45

Таблиця 2.3

Фізичні властивості сталі 40X [11]

Назва характеристики	Значення
Питома вага	7820 кг/м ³
Твердість матеріалу	НВ 10 -1 = 217 МПа
Температура критичних точок	$A_{c1} = 743^{\circ}\text{C}$, $A_{c3}(A_{cm}) = 815^{\circ}\text{C}$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 730^{\circ}\text{C}$, $A_{r1} = 693^{\circ}\text{C}$
Флокеночутливість	Чутлива
Зварюваність	Важкозварювальна
Оброблюваність різанням	в гарячекатаному стані при НВ 163-168 и $\sigma_B=610$ МПа, $K_{\nu \text{ тв. спл}}=1,2$ и $K_{\nu \text{ б.ст}}=0,95$
Температура кування	початок 1250, кінець 800
Схильність до відпускнуої крихкості	Схильна

2.2 Вплив легуючих елементів на сталь 40X

Як відомо [12], сталь 40X легується хромом (0,8-1,1%), марганцем (0,5 - 0,8%), кремнієм (0,17 - 0,37%), міддю (0,3%), нікелем (0, 3%). Крім того, в складі 40x є шкідливі добавки фосфору (0,035%), сірки (0,035%).

Кожен легуючий елемент в складі сплаву в поєднанні з іншими компонентами впливає на різні властивості сталі 40X.

Легуючий елемент хром надає сталі 40X стійкість до окислення і корозії, різних середовищ застосування (з температурними перепадами, вологістю, субстратами з маслом, нафтою, ПММ). Хром впливає на структуру сплаву, його властивості, нержавіючі характеристики. Завдяки процентному входженню та високому включенню Cr, метал зі сталі 40X набуває високу міцність, зносостійкість, надійність.

Марганець видаляє зі сталі кисень і сірку і сприятливо впливає на поверхню прокату, знижує ризик червоноламкості.

Кремній, що є розкислювачем сталі, видаляє зі сплаву кисень. Цей елемент сприяє високій прогартованості, стійкості до корозії під напругою, збільшує пружність і плинність сталі 40X.

Мідь збільшує антикорозійні властивості, вона вводиться головним чином в будівельну сталь

Нікель надає сталі корозійну стійкість, високу міцність і пластичність, збільшує прогартованість, впливає на зміну коефіцієнта теплового розширення. Нікель - дорогий метал, його намагаються замінити більш дешевим.

Сірка є шкідливою домішкою. Вона знаходиться в сталі головним чином у вигляді FeS. Це з'єднання надає сталі крихкість при високих температурах, яка має назву червоноламкість. Сірка збільшує зносостійкість сталі, знижує опір втоми і зменшує корозійну стійкість.

Фосфор - також є шкідливою домішкою. Знижує в'язкість при знижених температурах, тобто викликає холодноламкість. Оброблюваність сталі фосфором сприяє відділенню стружки [12].

2.3 Методи дослідження

2.3.1 Металографічний метод дослідження

Макроскопічний аналіз (macroscopic examination) – це аналіз матеріалів, який полягає в дослідженні їх будови неозброєним оком або за допомогою невеликих збільшень (до 30 разів) [13].

При макроаналізу одночасно вивчається порівняно велика поверхня і виходить інформація про загальну будову метала, про наявність в ньому різних дефектів.

Шліф виготовляють в перерізі, де найбільш чітко виявляються особливості макроструктури. При дослідженні злитка необхідно вивчити поздовжній і поперечний розрізи. Макроструктуру прокатаних виробів досліджують в поперечному напрямку, а структуру поковок - в поперечному і поздовжньому.

За допомогою макроаналізу можна виявити:

- порушення суцільності металу, тобто усадкову рихлість, газові бульбашки, порожнечі, тріщини;
- хімічну неоднорідність у розподілі деяких елементів, наприклад ліквіацію сірки і фосфору;
- неоднорідність будови сплаву після гарячої обробки тиском, наприклад, фігури течії металу, плоскість і ін .;
- макроструктура зварного шва: число шарів шва, зону термічного впливу, наявність пір, тріщин, не провару і наявність інших дефектів;
- вид зламу, за яким можна встановити характер руйнування зразка або деталі.

Макродослідження найчастіше проводять на зразку з попередньо підготовленої поверхнею – макрошліфу [14].

Як відомо [14], металографічний метод дослідження – це комплекс випробувань і аналітичних заходів, спрямований на вивчення макроструктури і мікроструктури металів, дослідження закономірності утворення структури і залежностей впливу структури на механічні, фізико - механічні, електричні та інші властивості металу.

Мікроаналіз (мікроскопічний аналіз) являє собою дослідження структури металу при великих збільшеннях за допомогою спеціального металографічного мікроскопа, призначеного для вивчення металу.

Метали і сплави піддаються мікроаналізу з метою дослідження загальної структури (типу структурних складових, їх величини, форми і розташування), наявності неметалічних включень і різних дефектів (велике зерно, перегрів), контролю якості теплової обробки металу [15].

Використовуваний для дослідження металів металомікроскоп дозволяє розглядати предмет у відбитому світлі (на відміну від біологічного мікроскопа, де предмет проглядається в світлі).



Рисунок 2.1 Загальний вигляд металографічного мікроскопа МИМ – 6 [15]

Основними частинами металомікроскопа є: лампа 1, яка харчується струмом від міської мережі через трансформатор 9. Світло від лампи проходить через лінзу 2, від якої через світлофільтри і діафрагму (обмежувач) 4 потрапляє на напівпрозору скляну пластинку, розташовану у верхній частині мікроскопа під предметним столиком 5. Промінь світла відбивається від пластинки і, пройшовши об'єктив (лінзу, розташовану біля отвору під предметним столиком, на якому встановлюється досліджуваний об'єкт - шліф), падає на площину шліфа. Від шліфа

світловий промінь відбивається, проходить лінзу - окуляр 3 і прямує в око спостерігача. При фотографуванні промінь світла від шліфа направляється на фотопластинку 8. Регулювання фокусу досягається підйомом або опусканням предметного столика 5 за допомогою гвинтів 6 (більш точне регулювання) і 7 (більш грубе) [15].

2.3.2 Випробування на твердість

Як відомо [16], твердістю називається властивість матеріалу чинити опір пластичній деформації при місцевих контактних діях у поверхневому шарі. Знання твердості дає змогу робити висновок про такі властивості матеріалу, як опір зносу, різальні властивості, здатність оброблятися різанням. Крім того, величина твердості відображає рівень міцності матеріалу. Вимірювання твердості, внаслідок швидкості та простоти випробування, а також змоги без руйнування виробу судити про його властивості, одержало дуже широке застосування для контролю якості металів і сплавів. Розглянемо один із найбільш поширених методів визначення твердості, а саме вимірювання твердості за методом Роквелла.

Цей метод полягає у вдавлюванні в метал сталюї кульки діаметром 1,59 мм або алмазного конуса з кутом біля вершини 120° під дією двох послідовно прикладених навантажень: попереднього (10кГс) і повного разом з попереднім навантаженням, що становить 60, 100 і 150кГс.

Число твердості за Роквеллом визначається шкалою індикаторного приладу під час випробувань. Це число абстрактне і виражається в умовних одиницях.

Прилад має три шкали: В, С і А (у латинських літерах) [16]:

- - шкала В (червона) призначена для випробувань м'яких матеріалів (незагартованих сталей, кольорових металів та сплавів), які мають твердість за Брінеллем не більш 230кГс/мм^2 . При випробуванні цих матеріалів застосовують сталю кульку; повне навантаження 100 кГс, твердість позначається HRB;
- - шкала С (чорна шкала) призначена для випробувань твердих матеріалів (загартованих сталей), які мають твердість за Брінеллем від 230кГс/мм^2

до 700 кгс/мм^2 . Для цих матеріалів застосовується алмазний конус, повне навантаження 150 кгс , твердість позначається HRC;

- - шкала А (чорна) призначена для випробувань деталей з дуже твердим поверхневим шаром, який одержано шляхом хіміко–термічної обробки (цементация, азотування та інш.), а також твердих сплавів зі твердістю за Брінеллем більш 700 кгс/мм^2 . Для вдавлення застосовують той же алмазний конус; повне навантаження 60 кгс , твердість позначається HRA.

Числа твердості за Роквеллом можна за допомогою таблиць переводити в числа твердості за Брінеллем або за Віккерсом [15].

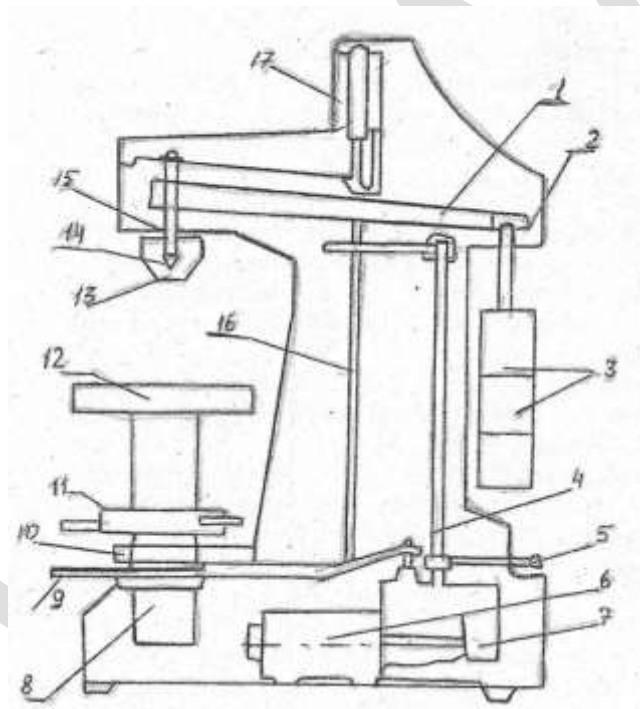


Рисунок 2.2 - твердомір за методом Роквелла ТК – 2М

1 - вантажний важіль; 2 - корпус; 3 - вантажі; 4 - шток; 5 - рукоятка; 6 - ел. двигун;
7 - редуктор; 8 - гвинт; 9 - пускова педаль; 10 - барабан; 11 - маховик; 12 - стіл; 13
- конус; 14 - наконечник; 15 - шпindelь; 16 - трос; 17 - індикатор [15].

2.3.3 Випробування на міцність

Відповідно до [17], границею міцності матеріалу при розтяганні називається відношення максимального навантаження, яке передусє руйнуванню зразка, до його початкової площі поперечного перерізу.

Для випробування металів на міцність (пластичність) розтяганням застосовують універсальну машину Р-5 або УМ-5, на яких ,крім розтягання можна випробувати метали на стиск і згин. Машина Р-5, як і всі сучасні машини для розтягання, має станину і три механізми – навантаження, вимірювання сили і автоматичного записування діаграми розтягу



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд розривної машини Р5

Висновок

Проведений аналіз матеріалів для виготовлення колінчатого валу, що працює при змінних навантаженнях . Рекомендовано марку сталі 40X.

Головними легуючими елементами є хром, марганець, кремній, мідь, нікель, фосфор, сірка.

Сталь 40X за властивостями найбільше підходить для виготовлення колінчатого валу. Цей варіант марки сталі також є більш економнішим на відміну іншим.

Розглянуті методи дослідження: макро-, мікроаналізи, дослідження твердості та міцності. Показано, що за допомогою мікроаналізу досліджується мікроструктура деталі і для його проведення застосовують металографічний мікроскоп МИМ – 6. Макроаналіз – це дослідження будови деталей без спеціалізованого обладнання.

Випробування на твердість можна провести за різними методами, наприклад: метод Брінелля, метод Вікерса та метод Роквелла. Найбільш поширений метод це Роквелла, який було розглянуто в даному розділі.

Метод випробування на міцність проводять за допомогою розривної машини Р5.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технологія виготовлення деталі є головною операцією виробництва. Це ограновується тим, що за даною маршрутною картою запускається виготовлення деталі. Даний план включає в себе всі операції, тобто від підготовки матеріалу для виготовлення до кінцевої форми деталі.

Для успішного виготовлення деталі необхідно враховувати абсолютно всі вимоги до виготовлення деталі.

Отже, для виготовлення деталі колінчатий вал маршрутна технологія включає такі етапи:

- отримання заготовки;
- попередня термічна обробка
- чорнова механічна обробка
- остаточна термічна обробка
- чистова механічна обробка
- контроль якості

З маршрутною технологією виготовлення деталі черв'ячна фреза більш детально можна ознайомитися в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Маршрутна технологія виготовлення деталі колінчатий вал

№ операції	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Дільниця основне обладнання	Допоміжне обладнання
1	2	3	4	5	6
Етап 1 Отримання заготівки					
1.1	Розділова 1	1	Нарізання прокату на довжину заготівки	Стрічкопильний верстат	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
1.2	Кування	1	Придання прокату форми деталі	Паро-повітряний молот	
Етап 2 Попередня термічна обробка					
2.1	Ізотермічний відпал	1	Відал 820–840 °С час витримки 3 год охолодження на повітрі з 360-400°С	Піч СШО	
	Очищення	1	Очищення заготовки від окалини	Піскоструйна машина	
	Вихідний контроль	1	Вимірювання твердості	Твердомір ТК-2М	Індетор
Етап 3 Чорнова механічна обробка					
3.1	Фрезерування	1	Фрезерівка торців валу	Двосторонній фрезерний автомат	Набір спеціальних фрез
3.2	Центрування	1	Свердління центрувальних отворів	Двосторонній свердлильний автомат	Центрувальні свердла
3.3	Токарна обробка	1	Обробка в два заходи корінних шийок, шийки під шків, шийки під	Токарний верстат	Спеціальні різці

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
			сальник, шийки під шестерню		
3.4	Фрезеруван ня	1	Фрезерування шпоночного пазу на хвостовику вала		
3.5	Слюсарна обробка	1	Зняття фаски мастильних каналів		
		2	Зняття задирів в збірниках бруду		
3.6	Промивання	1	Очищення валу від бруду і очистка каналів	Установка для очищення та продування	
Етап 4 Остаточна термічна обробка					
4.1	Об'ємне гартування	1	Гартування пр и температурі 845-860°C час нагрівання 2 години, охоло дження в масл яному баку	Піч СШЗ	Пристосуван ня для підвішуванн я деталей, гартувальни й бак з маслом

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
4.2	Контроль	1	Контроль твердості	Твердомір Роквелла	Індентор
4.3	Очищення	1	Очищення деталі після гартування	Мийна машина	
4.4	Середньо-температурний відпуск	1	Відпуск проводиться при температурі 580-650 °С, охолодження-на повітрі, 3-4 години	Піч СШО	Пристосування для підвищення деталей
4.5	Контроль	1	Контроль твердості	Твердомір Роквелла	
Розділ 5 Чистова механічна обробка					
5.1	Шліфування	1	Попереднє шліфування всіх шийок	Шліфувальні напівавтомати	Образивні кола
		2	Остаточне шліфування корінних шийок		
		3	Шліфування шийки під шестерню	Круглошліфувальний автомат	Образивні кола

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
		4	Шліфування шийки під шестерню		
		5	Шліфування циліндричної торця і поверхні валу		
		6	Шліфування шатунних шийок		
5.2	Балансування	1	Динамічне балансування з точністю 250 Г см		
		2	Динамічне балансування з точністю 25 Г см		
5.3	Гартування СВЧ	1	Гартування всіх корінних шийок і шатунних шийок	Установка СВЧ	
5.4	Низький відпуск	1	Низький відпуск при 180-200°C охолодження	Піч СШО	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
5.5	Полірування	1	Попереднє полірування всіх корінних шийок		
		2	Попереднє полірування шатунних шийок		
		3	Попереднє полірування шийки для сальнику		
		4	Остаточне полірування всіх корінних шийок		
		5	Остаточне полірування шатунних шийок		
		6	Остаточне полірування шийки для сальнику		

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
5.6	Очищення	1	Очищення колінчатого валу	Мийна машина	
5.7	Вихідний контроль	1	Кінцевий контроль якості	Дільниця контролю	

Висновок

В третьому розділі розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі колінчатий вал двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля. Для детального планування технології потрібно враховувати абсолютно всі вимоги до деталі. Маршрутна технологія складається з шести етапів, кожен з яких має подальші операції. Отримання заготовки включає в себе такі операції: розділова; кування. Попередня термічна обробка включає такі операції: ізотермічний відпал; очищення; вихідний контроль. Чорнова механічна обробка включає такі операції: Фрезерування; центрування; токарна обробка; фрезерування; слюсарна обробка; промивання.

Після даних етапів проходить етап остаточної термічної обробки, який включає такі операції: об'ємне гартування; контроль; очищення; середньо температурний відпуск; контроль. Чистова механічна обробка включає такі операції: шліфування; балансування; гартування СВЧ; полірування; очищення; вихідний контроль.

РОЗДІЛ 4

ВИБІР ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ 40Х

4.1 Термічна обробка сталі 40Х

Термічна обробка (у подальшому ТО) є одним із широко розповсюджених способів управління властивостями металевих матеріалів; в машинобудуванні її підвергається до 40% сталі. ТО є суттєвим з трьох етапів: нагрівання до заданої температури; витримки для прогріву матеріалу за всім об'єктом та завершення фазових перетворень; охолодження до кімнатної температури з визначеною швидкістю (зменшенням якої є температура). У залежності від місць у технологічному процесі ТО підрозділяється на попередню та остаточну.

4.2 Попередня термічна обробка

За попередню термічну обробку обрано ізотермічний відпал. Даний вид відпалу проводиться перед чорною механічною обробкою, після кування з метою отримання однорідної зернистої мікроструктури і розчинення включень. Подальше охолодження є повільним, що перешкоджає утворення нерівноважних структур типу мартенситу.

Відпал полягає в нагріванні вище критичної точки A_{c1} до температури 820 – 840 °С, час витримки при даній температурі становить 3 год та охолодження садки разом із піччю 400-360°С з подальшим охолодженням на повітрі до кімнатної температури.

На рисунку 4.1 наведено мікроструктуру сталі 40Х після ізотермічного відпалу.

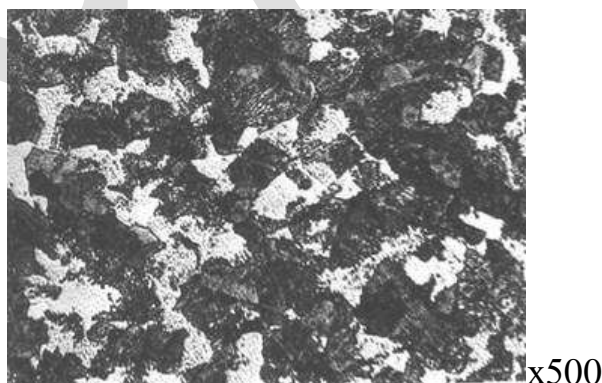


Рисунок 4.1 – Мікроструктура сталі 40Х після відпалу [18]

4.3 Остаточна термічна обробка

Гартування проводять з підвищеною швидкістю охолодження з метою отримання нерівноважних структур типу мартенситу. Критична швидкість охолодження, необхідна для гартування, залежить від матеріалу. Так як, для виготовлення колінчатого валу обрано сталь 40X, то гартування проходить при нагріванні вище критичної точки A_{c3} до температури 845-860°C та витримкою протягом 2 годин і охолодження в масляному баку до кімнатної температури.

Обраний процес гартування цілком задовольняє умови до матеріалу для виготовлення колінчастого валу двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля. На рисунку 4.2 наведено мікроструктуру сталі 40X після гартування:

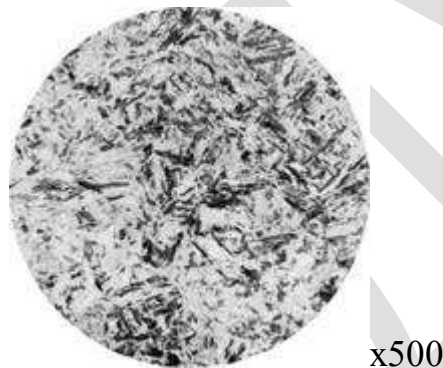


Рисунок 4.2 – Мікроструктура сталі 40X після гартування [18]

Структурні складові: мартенсит: окремі темніші голки оточені темною каймою: матриця являє собою світлий мартенсит. Кордон первинного аустенітного зерна часто визначається по темних лініях і зміні напрямку мартенситних голок.

Відпуск необхідний для зняття внутрішніх напружень, внесених при гартуванні. Відпуск повинен забезпечити отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напруг для підвищення міцності і перетворення залишкового аустеніту. Кількість проведення відпуску залежить від складу сталі.

Для сталі 40X обрано середньо температурний відпуск, який проходить при нагріванні до температури 580-650°C та витримці протягом 4 годин з подальшим охолодженням на повітрі до кімнатної температури.

Обраний процес відпалу цілком задовольняє вимоги до матеріалу для виготовлення колінчатого валу двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля.

Твердість конструкційної легованої сталі марки 40X після відпалу 25 HRC, після гартування 55 HRC, після відпуску - 36 HRC, після гартування СВЧ - 50 HRC. Після відпуску вміст аустеніту зменшується з 30 до ~3 [9].

Залишковий аустеніт трохи знижує твердість сталі та викликає внутрішні напруги за рахунок того, що аустеніт і мартенсит в просторі займають різні обсяги.

На рисунку 4.3 наведено мікроструктуру сталі 40X після відпуску:

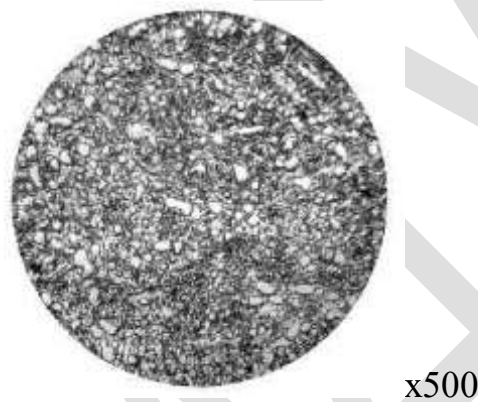


Рисунок 4.3 – мікроструктура сталі 40X після відпуску[18]

Як відомо[7], після виготовлення металевих деталей, на виробництві проводять додаткову обробку щоб поліпшити характеристики матеріалу. ТВЧ - це загартування сталі, яка проводиться за допомогою впливу струмів високої частоти. Застосовується на виробництві.

СВЧ гартування – поверхневий термічний вплив на сталь, яке проводиться при подачі струму високої частоти. Після проведення технологічного процесу показники міцності, твердості збільшуються, що підвищує експлуатаційні характеристики виробу. Технологічний процес складається з декількох етапів:

- нагрів до високої температури;
- витримка в одному температурному режимі;
- охолодження.

Глибина гарту СВЧ залежить від тривалості кожного з етапів. Нагрівання струмами високої частоти застосовується до виробів з вуглецевої сталі. Якщо в них міститься не більше 0,5% вуглецю, після обробки вони придбають високі показники міцності, твердості. Якщо відсоток вуглецю нижче, досягти необхідних характеристик не вийде.

Будь-який метод обробки металів володіє сильними і слабкими сторонами.

Переваги:

1. У виробів, що пройшли загартування струмами високої частоти залишається м'яка середина. Це робить їх стійкішими до пластичної деформації.
2. Глибину гарту можна відрегулювати.
3. Металева поверхня нетривалий час піддається нагріву. Завдяки цьому не відбувається процесів окислення.
4. Можливість обробляти вироби різної форми, розміру.
5. На поверхні заготовок не утворюється нагар.
6. Мінімальна зміна габаритів після проведення технологічного процесу. Це дозволяє використовувати незначний припуск на готову деталь.

Недоліки:

1. Для роботи в майстерні або гаражі купувати обладнання не вигідно, оскільки воно дороге коштує.
2. Індукційну установку неможливо створити своїми руками.
3. Верстати застосовуються при серійному виробництві зносостійких деталей.

За даними [7], щоб провести розігрів струмами високої частоти, потрібно використовувати індукційне промислове обладнання. Воно складається з високочастотного генератора, індуктора. Заготівлю встановлюють всередині індуктора або поруч з ним. Він являє собою котушку, на якій закріплюється мідна трубка. Габарити, форма індуктора може змінюватися в залежності від розміру оброблюваної деталі.

Після включення обладнання індуктор генерують магнітне поле, яке проходить через виріб. Вихрові струми, які утворюються під час обробки, розігрівають поверхневі шари стали. Щоб збільшити глибину опрацювання деталі, потрібно підвищити частоту струму.

На рисунку 4.4 наведено схему індукційного інвертору:

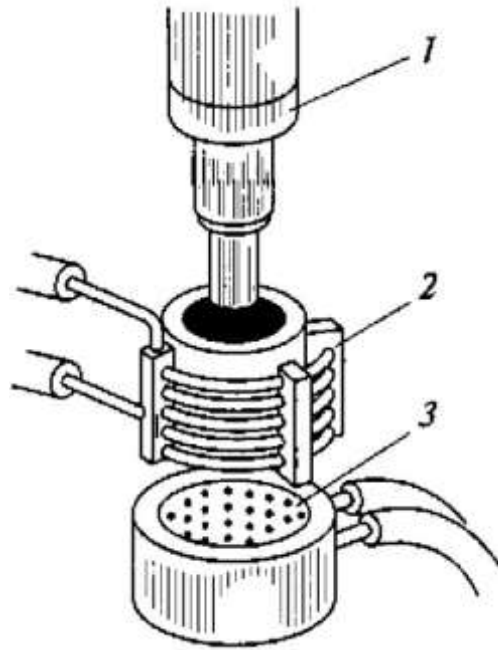
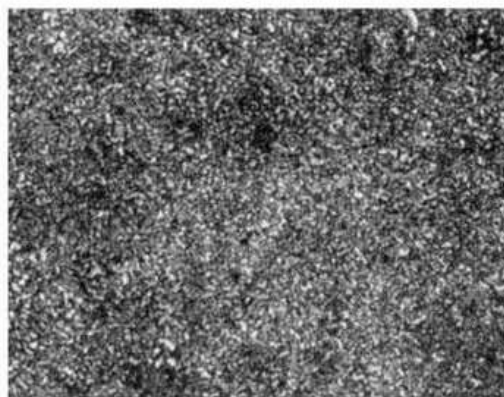


Рисунок 4.4 – схема індукційного інвертору, де 1 — деталь; 2 — індуктор; 3 — спрейер [7]



x500

Рисунок 4.5 – мікроструктура сталі 40X після гартування СВЧ та низькотемпературного відпуску – мартенсит відпуску [18]

Для сталі 40X гартування СВЧ проходить при температурі 830-850°C з витримкою впродовж 5 секунд та наступним охолодженням на повітрі.

На рисунку 4.5 наведено мікроструктуру сталі 40X після гартування СВЧ.

Графік повного процесу термічної обробки сталі 40X наведено в додатку Б.

Висновок

Термічна обробка сталі 40X проходить в два етапи: попередня термічна обробка та остаточна термічна обробка. До попередньої відноситься ізотермічний відпал, до остаточної – гартування з наступним середньо-температурним відпуском, після якого проводиться гартування СВЧ.

Ізотермічний відпал проводиться при температурах 820 – 840 °C з охолодженням до 400-360°C разом з піччю та наступним охолодженням на повітрі.

Гартування проходить при температурі 845-860°C з наступним охолодженням в маслі.

Відпуск проводиться при температурі 580-650°C з наступним охолодженням на повітрі.

Гартування СВЧ застосовується з допомогою індукційного інвертору, при температурах 830-850°C та наступним охолодженням на повітрі.

Загальна тривалість повного процесу термічної обробки складає 18 годин.

Вихідний контроль проводять на столі контролера ОС-20, за допомогою метода Роквелла, на твердомірі ТК-2М.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Вибір основного та допоміжного обладнання для деталі

Обладнання повинно обиратися так, щоб було максимальне завантаження. Це робиться для того, щоб уникнути роботи в мало навантаженому стані.

Якщо зробити вірні розрахунки і правильно обрати обладнання під серійність виробництва, то цим самим ми зменшуємо затрати на термічну обробку та загальні витрати на виробництво, що в результаті сприяє найменшій кількості витрат.

Для проведення відпалу та гартування деталі колінчатий вал двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля вибираємо піч типу СШЗ – шахтна електрона піч.

Технічні характеристики печі СШЗ-10.30/10 наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Технічні характеристики печі СШЗ -10.30/10

Номінальна потужність, кВт	220
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	1000
Продуктивність, кг/год	300
Габаритні розміри, мм	3800x4000x5600

Для проведення відпуску для колінчатого валу обираємо шахтну електронну піч типу СШО - 10.20/7, технічна характеристика якої наведена у таблиці 5.2:

Таблиця 5.5

Технічна характеристика печі СШО-10.20/7

Номінальна потужність, кВт	125
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	700
Продуктивність, кг/год	230
Габаритні розміри, мм	3700x3500x5000

Для охолодження приміняється бак з маслом, загрузка деталей проходить за допомогою кран балки

Після охолодження деталь потребує очистки, для цього встановлюємо мийну машину конверторного типу з гарячим содовим розчином.

Для транспортування деталей по цеху встановлюється кран-балка. Для серійності нашого виробництва достатня вантажопідйомність становить 10 тон.

Для контролю якості застосовуємо обладнання контролю твердості за методом Брінелля – ТШ-2 та за методом Роквелла – ТК-2М , кожного твердоміру по одній одиниці. Перевірка твердості становить по 4-5% від кожної партії.

5.2 Розрахунок обладнання на термічній дільниці

Для розрахунку основного обладнання оформимо таблицю продуктивності кожної із печей.

Таблиця 5.3

Продуктивність печей

Тип печі	Термічна операція	Продуктивність Кг/год
СШЗ -10.30/10	Відпал	300
СШЗ -10.30/10	Гартування	300
СШО-10.20/7	Відпуск	230

Нехай, в оди рік випуск деталі колінчатий вал складає 50 000 штук. Тоді, розрахуємо масу однієї деталі:

$$m = V * \rho,$$

де m – це маса деталі; V – об'єм деталі; ρ – густина.

(5.1)

$$V = \pi * R^2 * h,$$

де V – об'єм деталі; π – стале число 3,14; R – радіус; h – висота.

(5.2)

Отже,

$$V = 3,14 * 3,5^2 * 69,8 = 2685 \text{ см}^3,$$

(5.3)

так як ρ – густина є сталим числом і дорівнює $7,85 \text{ г/см}^3$, то

$$m = 2685 * 7,85 = 21077 \text{ г} = 21,07 \text{ кг}.$$

(5.4)

Так як, річний план складає 50 000 деталей, то річна маса буде становити

$$m_{\text{річ}} = 50\,000 * 21,07 = 1\,054\,000 \text{ кг}.$$

(5.5)

При відпалі в печі СШЗ-10.30/10 з продуктивністю 300 кг/год і річною програмою 1 054 000 кг заборгованість складе :

$$\frac{1\,054\,000}{300} = 3511 \text{ год}$$

(5.6)

Отже, заборгованість даної печі становить 3573 години. Далі визначаємо потрібну кількість печей СШЗ-10.30/10 для відпалу при роботі в дві зміни протягом року приблизно 3200 години:

$$\frac{3511}{3200} = 1,097 \text{ печі}$$

(5.7)

Отже, кількість потрібних СШЗ-10.30/10 печей для відпалу складатиме одну піч при коефіцієнті завантаження:

$$\frac{1,009 * 100}{1} = 100\%$$

(5.8)

що повністю задовольняє потреби інтенсивності завантаження печі.

При гартуванні в печі СШЗ-10.30/10 з продуктивністю 300 кг/год і річною програмою 1054 000 кг заборгованість складе :

$$\frac{1054\ 000}{300} = 3511\text{год}$$

(5.9)

Отже, заборгованість даної печі становить 3573 години. Далі визначаємо потрібну кількість печей СШЗ-10.30/10 для гартування при роботі в дві зміни протягом року приблизно 3200 години:

$$\frac{3511}{3200} = 1,009\text{ печі}$$

(5.10)

Отже, кількість потрібних СШЗ-10.30/10 печей для гартування складатиме одну піч при коефіцієнті завантаження:

$$\frac{1,009 * 100}{1} = 100\%$$

(5.11)

що повністю задовольняє потреби інтенсивності завантаження печі.

При відпуску колінчатого валу в печі СШО-10.20/7 з продуктивністю 235 кг/год і програмою 1054000 кг в рік:

$$\frac{1054000}{235} = 4485\text{ годин}$$

(5.12)

Визначаємо необхідну кількість печей СШО-10.20/7 для відпуску при роботі з двох змін протягом року ~ 3200 годин. Отримаємо:

$$\frac{4485}{3200} = 1,4\text{ печі}$$

(5.13)

Отже, кількість печей при відпуску буде становить дві одиниці, а значить коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$\frac{1,4 * 100}{2} = 70\%$$

(5.14)

Що також повністю задовольняє умови завантаженості печей. З розрахунків можна зробити висновок, що вони проведені вірно, так як КПД при відпалу та гартуванні складає 100%, а при відпуску 70%. Це означає, що печі працюють в повному навантаженні і без холостого ходу.

Отже, для того щоб спроектувати ділянку цеху по термічній обробці колінчатого валу двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля необхідно мати:

- для відпалу – 1 піч СШЗ-10.30/10;
- для гартування – 1 піч СШЗ-10.30/10;
- для відпуску – 2 печі СШО-10.20/7;
- для охолодження – 1 бак з маслом;
- очисне обладнання – 1 мийна машина;
- для контролю якості – 1 твердомір ТШ-2М та 1 твердомір ТК-2М;
- для транспортування і завантаження деталей в піч – кран-балка вантажопідйомністю 10 тон.

5.3 Планування термічної дільниці

Щоб спланувати ділянку термічної обробки колінчатого валу необхідно:

- ділянка площі, для розташування обладнання;
- додаткова ділянка, тобто ділянка для складування виробів;
- службове приміщення;
- побутові приміщення.

Для даного цеху найбільше підходить одноповерхова будівля в прямокутній формі, яка складається з трьох прольотів. Таке розташування застосовується для

забезпечення кращого освітлення, природної вентиляції. Якщо даний цех є частиною корпусу, то дану ділянку потрібно робити з найбільшою протяжністю вздовж зовнішнього боку корпусу.

Як відомо [19], стандарт по вибору ширини відповідає розмірам мостового крану, тобто кратному 6,12,18 м і т.д. Рекомендована відстань поміж колон складає 6 або 12 метрів. Колони, які використовуються виготовляють із залізобетону. При виборі висоти необхідно врахувати висоту обладнання, тип підйомного крану.

Стандартною висотою термічної ділянки є 7,2;8,4;9,6 або ж 10,8 метрів.

Дах цеху будується з використанням вогнестійких матеріалів та матеріалів теплоізоляції.

Підлога повинна бути достатньо твердою, легко очищатися від бруду та не ковзати, виготовлення якої повинно бути з водонепроникних матеріалів.

Для розрахування загальної площі скористаємося формулою:

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{кор}} + S_{\text{дод}} + S_{\text{прох}} \quad (5.15)$$

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

$S_{\text{дод}}$ – додаткова площа необхідна для розміщення технологічного оснащення, деталей до і після термічної обробки, технологічних і допоміжних матеріалів, для організації між операційних складів, місць для формування садок і ін.;

$S_{\text{прох}}$ – площа проходів та проїздів.

Також необхідно врахувати площу під кабінет начальника цеху ($\sim 15\text{ м}^2$), приміщення для майстра та технолога ($\sim 15\text{ м}^2$), майстерню механіка та електрика ($\sim 20\text{ м}^2$), службу ВТК ($\sim 20\text{ м}^2$), кімнату відпочинку ($\sim 25\text{ м}^2$), приміщення для гардеробу, душових та санвузлів ($\sim 50\text{ м}^2$), місце складування запчастин ($\sim 25\text{ м}^2$)

Допустимо, що $S_{\text{кор}}$ складає 10 м^2 на кожну одиницю обладнання, тоді

$$S_{\text{кор}} = 10 * 9 = 90\text{ м}^2 \quad (5.16)$$

$$S_{\text{дод}} = 0,5 * S_{\text{кор}} = 0,5 * 90 = 45\text{ м}^2$$

(5.17)

$$S_{\text{прох}} = 0,5 * S_{\text{кор}} = 0,5 * 90 = 45\text{м}^2$$

(5.18)

Отже,

$$S_{\text{заг}} = 90 + 45 + 45 + 170 = 350\text{м}^2$$

(5.19)

Щоб визначити довжину цеху скористаємося формулою:

$$L = \frac{S_{\text{заг}}}{B}$$

де $S_{\text{заг}}$ – загальна площа цеху, B – загальна ширина цеху.

(5.20)

Приймаємо, що загальна ширина становить 18 метрів, тоді:

$$L = \frac{350}{18} = 19,4 \text{ метрів}$$

(5.21)

Для вірного планування цеху термічної обробки колінчатого валу приймаємо, що довжина дорівнює 24 метри, як правило [19], у будівельних проектуваннях довжина і ширина обирається так, щоб їх число було кратне 6.

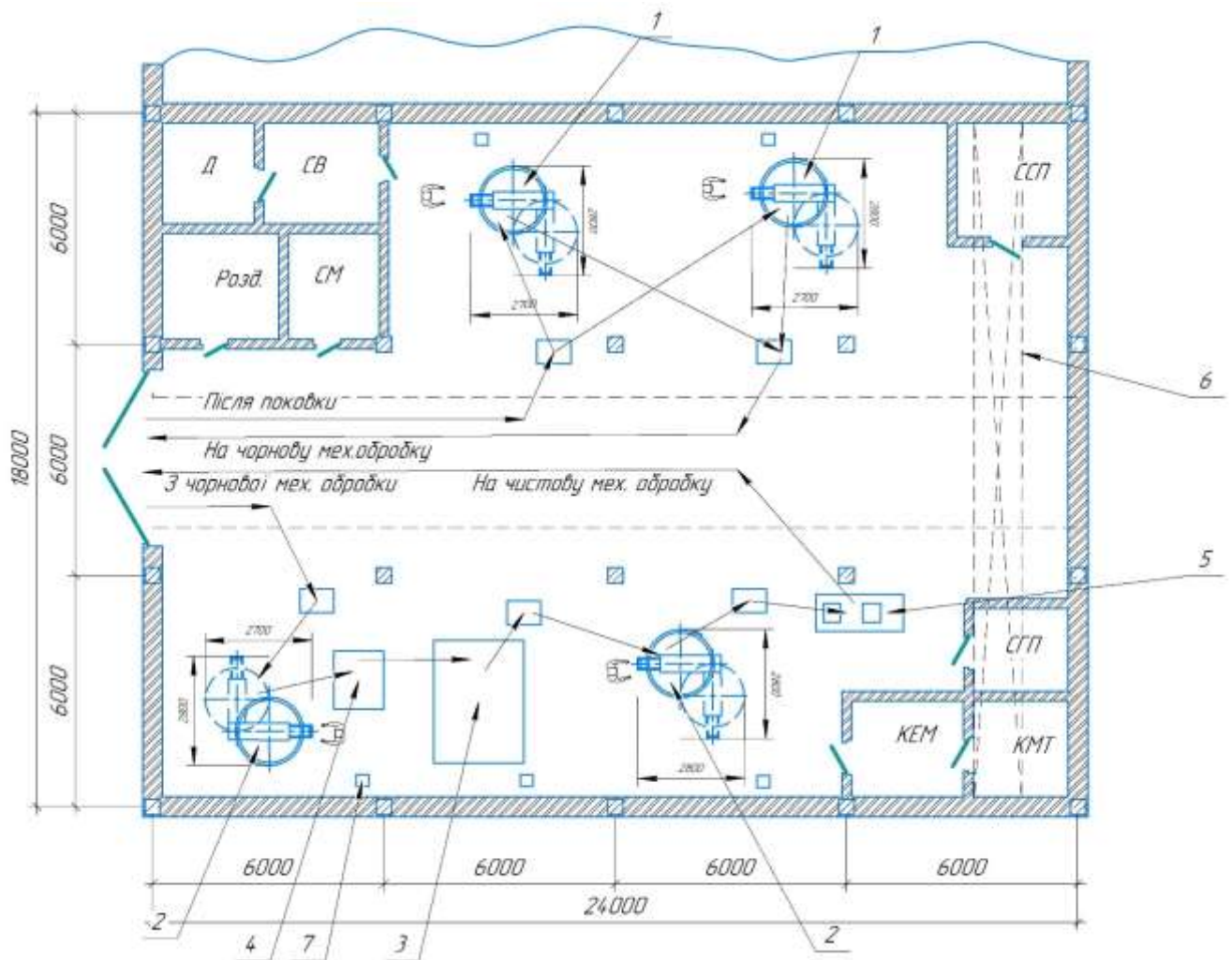


Рисунок 5.1 – Планування ділянки цеха для термічної обробки колінчатого валу двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля: 1- піч для відпалу типу СШЗ-10.30/10; 1 – піч для гартування типу СШЗ-10.30/10; 2 – піч для відпуску СШО-10.20/7; 3 – миюча машина; 4 – бак з маслом для гартування; 5 – стіл контролера; 6 – кран-балка; 7 –електрощитова.

Специфікація обладнання, що застосовується на термічній ділянці для проведення термічної обробки колінчатого валу:

Основне обладнання.

1. Склад;
2. Службове приміщення;
3. Побутове приміщення;
4. Піч – 1 піч СШЗ-10.30/10 - 2 шт;
6. Піч СШО-10.20/7 – 2 шт;
7. Установка СВЧ;
8. Генератор установки СВЧ.

Допоміжне обладнання.

1. Гартівний бак з маслом – 1 шт;
2. Мийний машина – 1 шт;
3. Місце для зберігання заготовок – 6 шт.

Обладнання контролю.

1. Твердомір ТШ-2М;
2. Твердомір ТК-2М;
3. Кран-балка – 10 т.

Висновок

В даному розділі розробили план проектування цеху для термічної обробки колінчатого валу двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля. Для термічної обробки деталі колінчатий вал з річною програмою 1054000 кг рекомендовано основне термічне обладнання:

- для відпалу – піч СШЗ-10.30/10 у кількості 1 штук;
- для гартування піч СШЗ-10.30/10 у кількості 1 штук
- для відпуску СШО-10.20/7 в кількості 2 штук

З допоміжного обладнання та обладнання контролю необхідно:

- гартівний бак;
- мийна машина;
- місця для зберігання заготовок;
- установка СВЧ
- генератор СВЧ
- кран-балка;
- твердоміри ТК-2;
- твердоміри ТШ-2.

Також з розрахунків з'ясували, що загальна площа термічного цеху становить 350 м², а його довжина – 19,4 метрів, ширина становить 18 метрів.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі над здобуття ступеня «бакалавр» за напрямом підготовки 132 «Матеріалознавство» за результатами досліджень дійшли до наступних висновків:

1. Розглянуто аналіз умов роботи деталі колінчатий вал і визначено вимоги до матеріалу. Наведено основні причини виходу із ладу деталі. Основними причинами є порушення геометрії колінчастого валу; наявність деформацій на поверхні валу; розбалансування колінчастого валу, яка часто викликана його викривленням; зміна розмірів отвору олійних каналів, їх засмічення і інші пошкодження; пригорання вкладиша внаслідок перегріву колінчастого валу. Розглянуті основні методи зміцнення колінчастого валу. До них відносять хіміко-термічні, механічні, фізичні.

2. Проведено аналіз матеріалів для виготовлення колінчастого валу. Рекомендованими є сталь конструкційна, середньовуглецева, низьколегована типу 40X. Головними легуючими елементами сталі 40X є хром, марганець, кремній, мідь, нікель, фосфор, сірка.

3. Розроблено карту маршрутної технології виготовлення деталі «колінчатий вала». Вона складається з шести етапів: отримання заготовки; попередня термічна обробка; чорнова механічна обробка; остаточна термічна обробка; чистова механічна обробка; контроль якості.

4. Обґрунтовано вибір термічної обробки для виготовлення деталі. Вона складається з двох етапів – попередня термічна обробка та остаточна термічна обробка. До першого етапу відноситься ізотермічний відпал, до другого етапу – гартування та середньо-температурний відпуск.

5. Запропоновано обладнання для термічної ділянки. Для проведення відпалу рекомендована піч типу СШЗ, для проведення гартування – також використовуємо піч типу СШЗ, для відпуску – печі типу СШО. Розраховано потрібну кількість кожного з обладнання, також розраховано потрібну площу для даної ділянки.

6. Сплановано умовний план ділянки цеху для термічної обробки сталі 40X для виготовлення деталі «колінчатий вал двигуна внутрішнього згорання легкового автомобіля».

Список використаної літератури

1. Ярошевич В.К., Белоцерковский М.А., Савич Е.Л. Коленчатые валы автомобильных двигателей: БНТУ, 2003. 176 с
2. Настольная книга автомобилиста / Под ред. М.Хаскина: ООО «Гамма – пресс 2000», 2001. 447 с.
3. Автомобили ВАЗ 2110-2111-2112: Руководство по эксплуатации, ремонту и техническому обслуживанию/ Под ред. М.Шпек: ООО «Атласы автомобилей», 2000. 224 с.
4. Поломка коленчатого вала. Причины выхода из строя. Ремонт коленвала: веб-сайт.URL: <https://all4motors.ru/articles/polomka-kolenchatogo-vala-prichinyi-vyixoda-iz-stroya.-remont-kolenvala.html>(дата звернення: 30.05.2021).
5. Булыгин, Ю. С., Ройфберг З. М., Таранта В. А. Состояние и перспективы повышения усталостной прочности коленчатых валов двигателей тракторов и сельскохозяйственных машин: Москва : 1974. 61 с.
6. Афтандіянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство: Підручник: Вища освіта, 2012. 548 с.
7. Возможі методи зміцнення деталі колінчатий вал: веб-сайт. URL: http://www.conatem.ru/tehnologiya_metallov/tehnika-mikroanaliza-metallov.html (дата звернення: 30.05.2021).
8. Конструкция коленчатых валов и основные требования к их изготовлению: веб-сайт. URL: <https://www.studiplom.ru/blog/auto/izgotovlenie-kolINVALOV> (дата звернення: 31.05.2021).
9. ГОСТ 4543-61:1961. Сталь легированная конструкционная. Марки и технические требования, утверждён (22.12.1961).
- 10.ГОСТ 10158-62:1989. Дизели и двигатели газовые. Валы коленчатые стальные. Общие технические условия, утверждён (01.01989).
11. ГОСТ 4543-2016:2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали, утверждён (25.10.2016).

- 12.ГОСТ 4543 – 71:1989. Прокат из легированной конструкционной стали, утверждён (01.01.1989).
- 13.Архіпова Т. Ф., Осадчук А. Ю.Прикладне матеріалознавство : навчальний посібник.Вінниця : ВНТУ, 2013. 60 с.
- 14.Металлографічні методи зміцнення сталі: веб-сайт. URL: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkol_y/ips/novye_vozmozhnosti_dlya_kazhdogo/materialoved_term_obr_i_met_issl_met_i_spl/tema6/metody_macro_i_microanaliza_harakternye_defekty_stali_na_ostanovke_proizvodstva..pdf (дата звернення 30.05.2021).
- 15.Лутай А.М.,Методичні вказівки до практичних занять «Методи визначення механічних властивостей металів і сплавів»: Методичні вказівки до проведення занять: ХНТУСГ, 2012. 16 с.
- 16.ГОСТ 9012 – 59:1993. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю(переиздание.Декабрь.,январь 1993г.)
- 17.Методи випробування на міцність: веб-сайт – URL: <https://asma.com.ua/files/92/1511096900to-r-0,5.pdf> дата звернення (30.05.2021)
- 18.Марочник сталей та сплавів. Харків: веб-сайт – URL: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=301 дата звернення (1.06.2021)
- 19.Соколов К. Н. Оборудование термических цехов:2-е изд., перераб. и доп. Киев; Донецк: Вшца школа. Главное изд-во, 1984. 328 с.

Додаток А

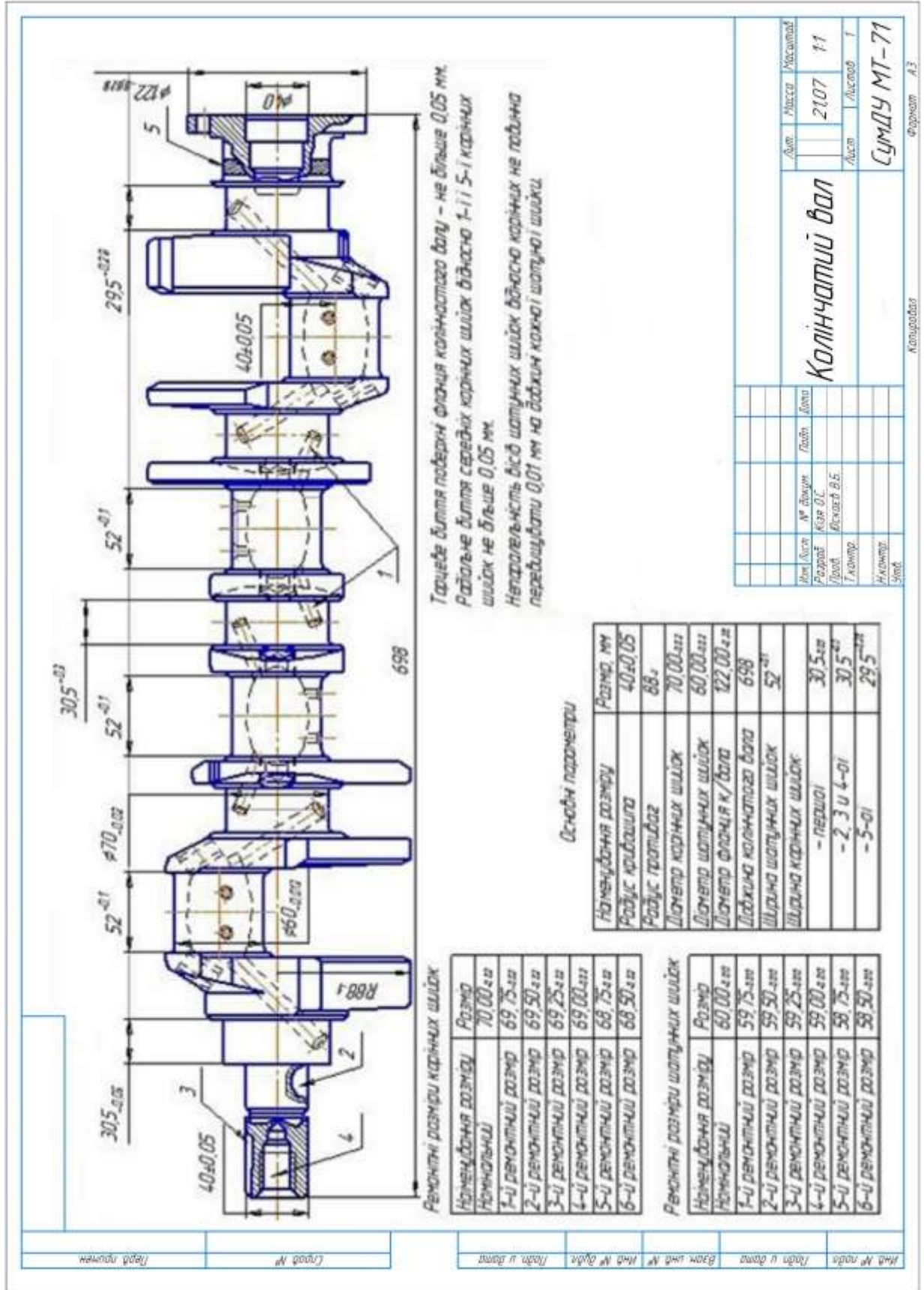


Рисунок А1 – Креслення деталі колінчатий вал

Додаток Б

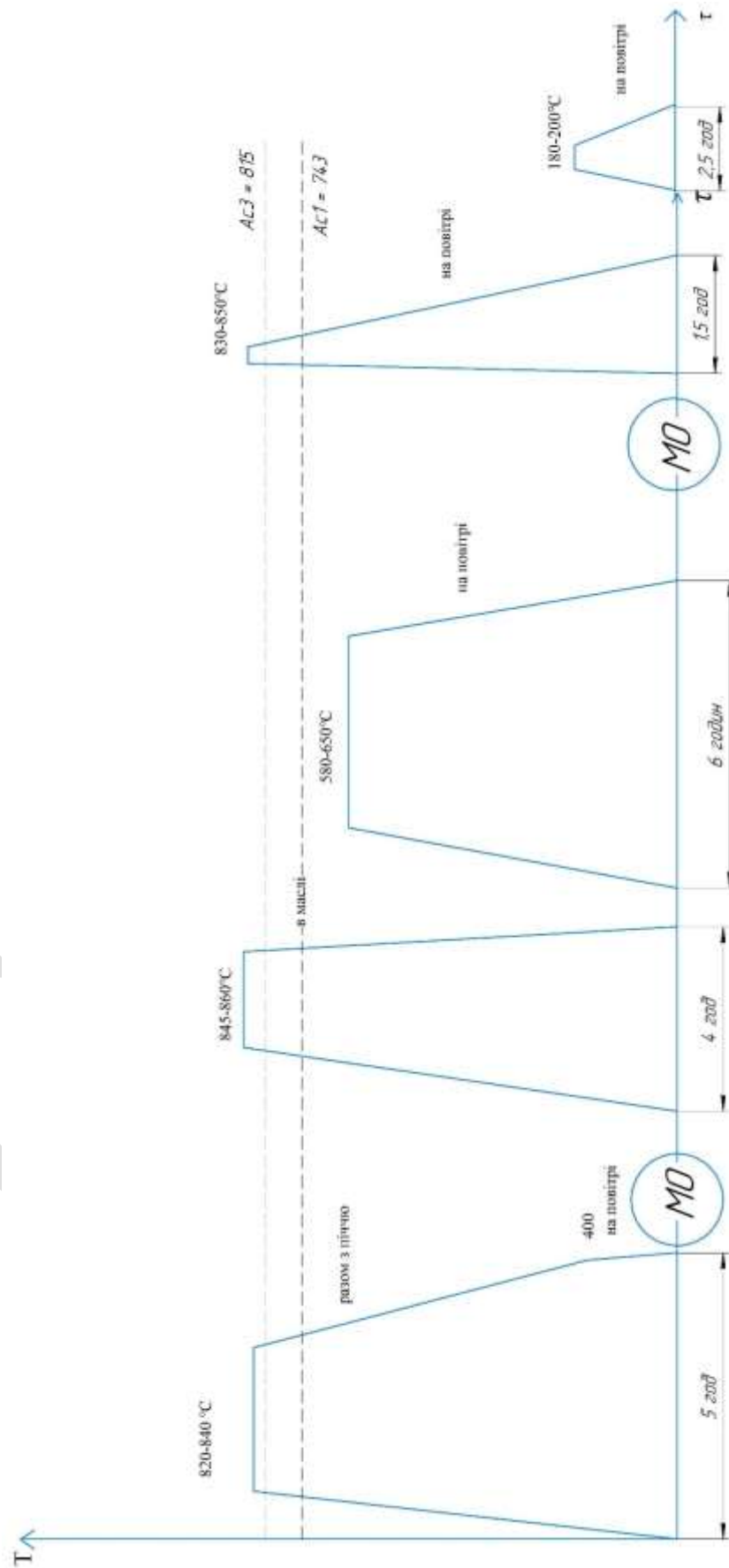


Рисунок Б1– графік термічної обробки сталі 40Х