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

Пояснювальна записка
до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

на тему: **«Відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗІЛ-4331»**

Шифр: ДРМТВА 22.19069.000. ПЗ

Виконав: студент 3 курсу, група МТВАс-19-2 _____ Д.І. Євчун

Керівник _____ к.т.н., доц. О.Ю. Рудик

До захисту допускаю:
Зав. кафедри ТАМ _____ Диха О.В.
_2_ _06_____ 2022_ р.

Хмельницький, 2022 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерної механіки
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»
Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав.кафедрою ТАМ
Дяха О.В.
" 20 " квітня 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Євчуну Дмитру Івановичу

1. Тема проекту:
«Відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗІЛ-4331»

керівник проекту: Рудик Олександр Юхимович, к.т.н., доц.

Затверджено наказом університету від 1 березня 2022р. № 18
2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2022 р.
3. Вихідні дані до проекту:

1) Технічні умови на технологію відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗІЛ-4331.
2) Річна програма відновлення деталей.
3) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

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

1. Загальна характеристика ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331
2. Дослідження матеріалу кришки проміжних шестірень
3. Технологічний процес (ТП) відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331
4. Види зварювання відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 015)
5. Автоматичне аргонодугове наплавлення відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 020)

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примі
1	Огляд літературних джерел	01.05.2022	
2	Загальна характеристика ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331	05.05.2022	
3	Дослідження матеріалу кришки проміжних шестірень	10.05.2022	
4	Технологічний процес (ТП) відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331	15.05.2022	
5	Види зварювання відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 015)	22.05.2022	
6	Автоматичне аргонодугове наплавлення відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 020)	30.05.2022	
7	Оформлення презентаційних матеріалів	05.06.2022	

Студент _____ **Євчун Д.І.**

Керівник роботи _____ **Рудик О.Ю.**

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 98 сторінок, кількість рисунків – 21, таблиць – 11, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 35.

Студент гр. МТВАс-19-2 Євчун Д.І.

Тема **«Відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗІЛ-4331»**

Дана бакалаврська дипломна робота присвячена розробці технологічного процесу відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗІЛ-4331. Матеріалом її виготовлення є доевтектичний алюмінієвий ливарний сплав (силумін) АК9ч.

В дипломній роботі вирішувались наступні завдання:

1. Провести дослідження матеріалу кришки проміжних шестірень ГРМ.
2. Розробити технологічний процес газового зварювання (суміш ацетилену та кисню) кришки проміжних шестірень.
3. Розробити технологічний процес аргонодугового наплавлення кришки проміжних шестірень

Перелік ключових слів: ЗІЛ-4331, ГРМ, кришка проміжних шестірень, газове зварювання, аргонодугове наплавлення, технологія відновлення.

Зміст

Вступ 6

1 Загальна характеристика ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331 7

1.1 Двигун ЗіЛ-4331: конструкція й догляд 7

1.2 Будова ГРМ двигуна ЗіЛ-4331 8

2 Дослідження матеріалу кришки проміжних шестірень 14

2.1 Загальні відомості про алюміній 14

2.2 Класифікація алюмінієвих сплавів 17

2.3 Особливості сплаву АК9ч 19

2.4 Силуміни й інші алюмінієві сплави для фасонного лиття [10] 20

3 Технологічний процес (ТП) відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331 25

3.1 Умови роботи кришки проміжних шестірень 25

3.2 Дефекти кришки проміжних шестірень та способи їх усунення 25

3.3 ТП (маршрутний) відновлення кришки проміжних шестірень 26

3.4 Розробка технологічних операцій 30

4 Види зварювання відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 015) 34

4.1 Основні труднощі зварювання Al та його сплавів 34

4.2 Матеріали для зварювання Al та його сплавів 36

4.3 Ручне дугове зварювання Al покритими електродами 39

4.4 Аргонодугове зварювання алюмінію вольфрамовим електродом .....
4.5 Механізоване зварювання Al та його сплавів
в Ar плавкими електродами .....
4.6 Сутність процесу газового зварювання .....
4.6.1 Обладнання для газового зварювання .....
4.6.2 Техніка і режими виконання газового зварювання .....
4.6.3 Переваги та недоліки газового зварювання .....
4.6.4 Вибір потужності полум'я і склад флюсів
для газового зварювання .....

5 Автоматичне аргонодугове наплавлення відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 020) .....
5.1 Загальні відомості про наплавлення.....
5.2 Особливості легування, структуроутворення та формування
властивостей .....
5.3 Аргонодугове наплавлення прутками зі сплаву сормайт .....
5.4 Автоматичне наплавлення під флюсом порошковим дротом
у середовищі захисних газів та інші види наплавлення.....

Висновки по роботі.....

Список літератури.....

Додатки.....

					ДРМТВА 22.19069.000. ПЗ		
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			
Виконав		Євчун			**Відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331**	Літера	Аркуш 4 / Аркушів
Перевір.		Рудик					
Н.контр.		Бабак				ХНУгр.МТВАс-19-2	
Затвер.		Диха					

Вступ

Актуальність теми. Розподільні шестірні в ГРМ закриті кришкою, яка паралельно є опорою для мотора ЗіЛ. Основна вимога тут – відсутність відколів: невеликі тріщини і злами фланця кріплення до кронштейна потрібно **заварити**; стерті сальникові отвори потрібно **наплавити** після попереднього розточення на верстаті; виявивши зношування фланця кришки, потрібно здійснити його **наплавлення**.

Новизна роботи. Розроблено технологічний процес відновлення кришки проміжних шестірень. Матеріалом її виготовлення є доевтектичний алюмінієвий ливарний сплав (силумін) АК9ч, додатково легований магнієм (0,25-0,5%). Виливок у сиру піщану форму, без термообробки (попереднього загартування): штучне старіння протягом 10 год. при 180 °С.

Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці: запропонований технологічний процес відновлення поверхонь кришки проміжних шестірень – газове зварювання та аргонодугове наплавлення.

1 Загальна характеристика ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331

1.1 Двигун ЗіЛ-4331: конструкція й догляд

ЗіЛ-4331 — великотоннажний вантажний автомобіль (рис. 1.1), який змінив сімейство моделей попереднього покоління ЗіЛ-130 (431410). Загальний вигляд його двигуна наведений на рис. 1.2 [1].

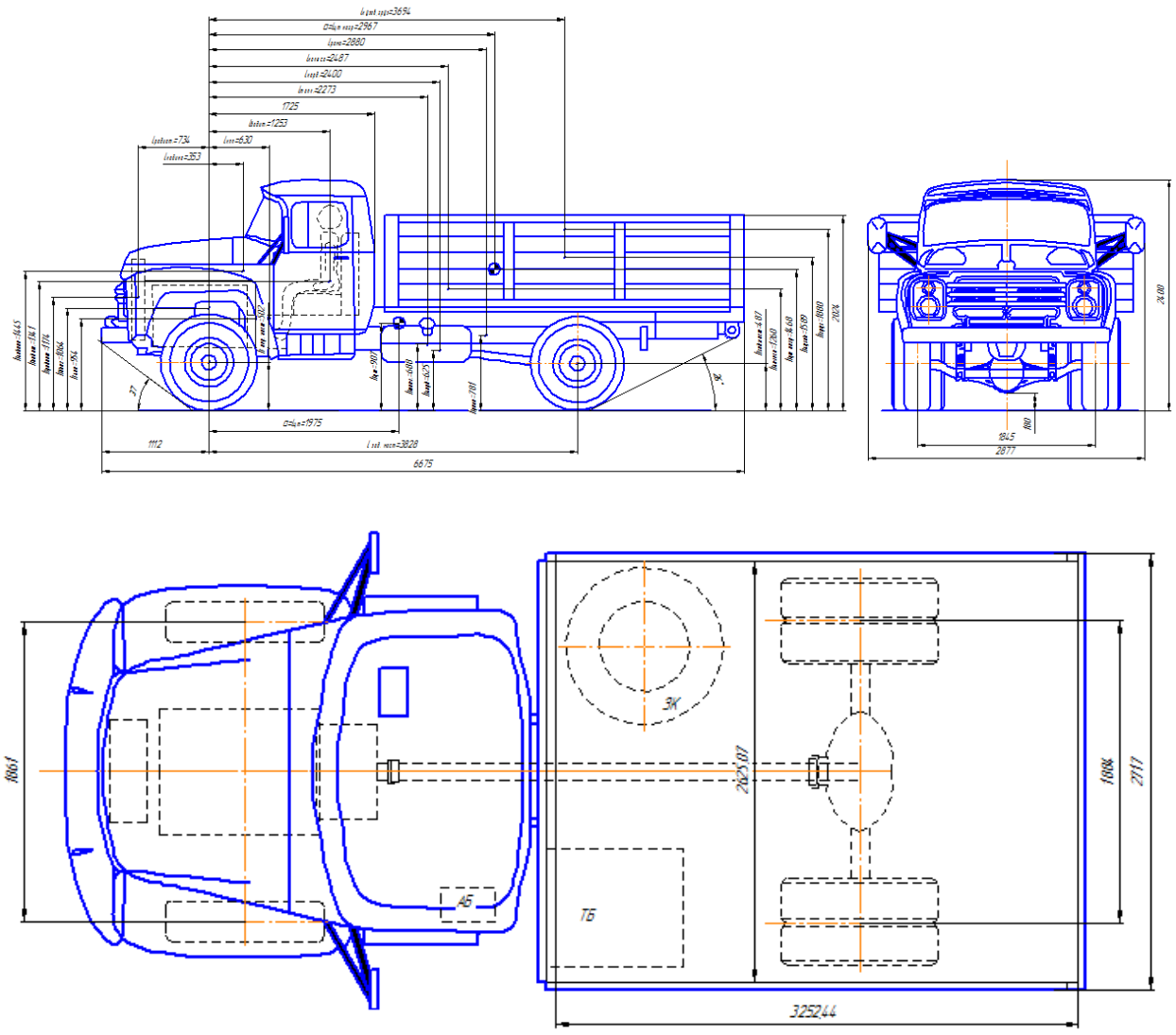


Рисунок 1.1 – ЗіЛ-4331

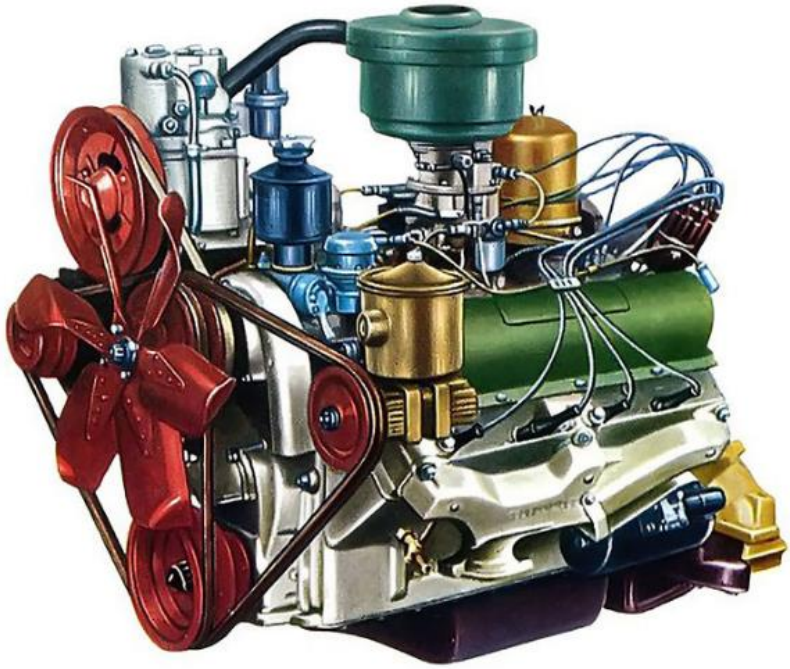


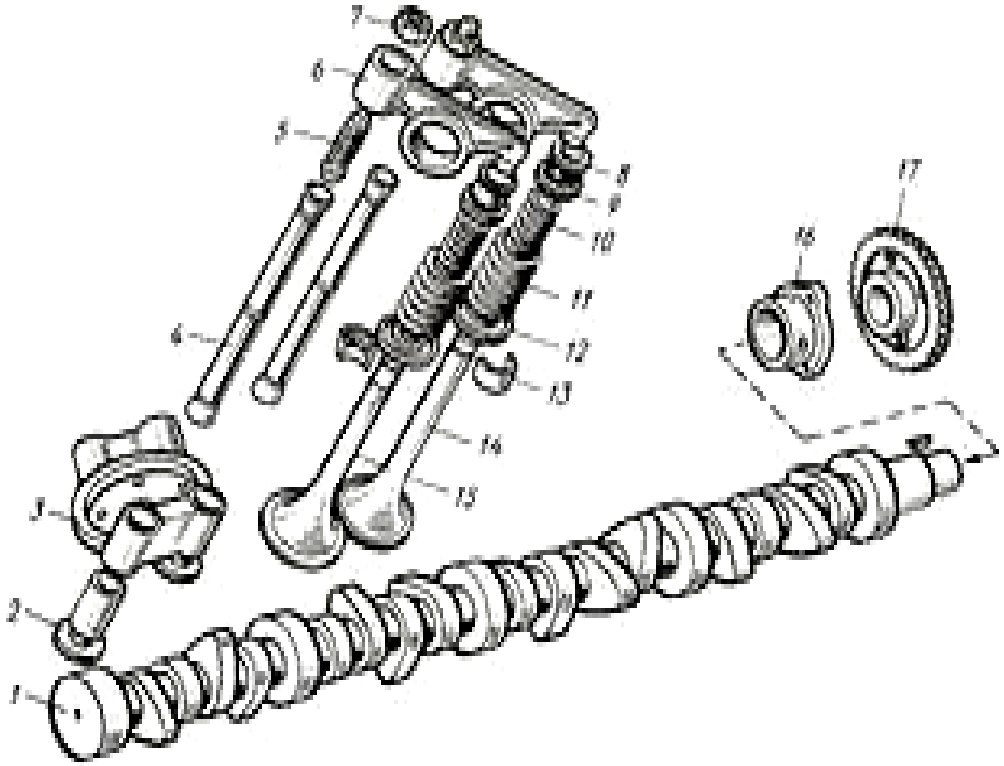
Рисунок 1.2 – Загальний вигляд двигуна ЗіЛ-4331

Двигун ЗіЛ-4331 V-подібний, восьмициліндровий, чотиритактний, карбюраторний, з рідинним охолодженням. У двигунах внутрішнього згоряння своєчасний впуск у циліндри свіжого заряду горючої суміші й випуск відпрацьованих газів забезпечується газорозподільним механізмом (ГРМ).

На двигуні ЗіЛ-4331 установлений ГРМ із верхнім розташуванням клапанів. Він дає можливість поліпшити форму камери згоряння, наповнення циліндрів і умови згоряння робочої суміші. Краща форма камери згоряння дозволяє підвищити також ступінь стиску, потужність та економічність двигуна.

1.2 Будова ГРМ двигуна ЗіЛ-4331

ГРМ складається з розподільних шестірень, розподільного вала, штовхачів, штанг, коромисел з деталями кріплення, клапанів, пружин з деталями кріплення й напрямних втулок клапанів (рис. 1.3).



1 – розподільний вал; 2 – штовхач; 3 – напрямна штовхачів;4 – штанга; 5 – регулювальний гвинт; 6 – коромисло; 7 – контргайка; 8 – втулка; 9 – тарілка; 10 – пружина внутрішня; 11 – пружина зовнішня; 12 – шайба; 13 – сухар; 14 – впускний клапан; 15 – випускний клапан; 16 – фланець; 17 – шестірня

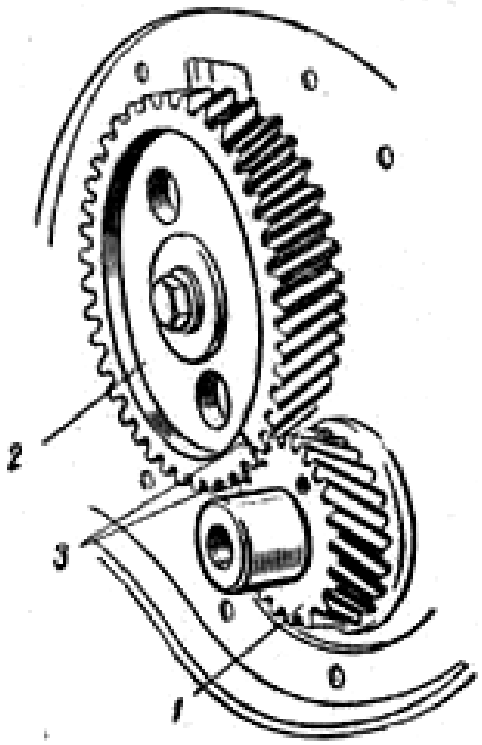
Рисунок 1.3 – Деталі механізму газорозподілу

Розподільний вал відковують з вуглецевої сталі. Установлюють його в отвори стінок і ребрах картера. Для цієї мети на валу є циліндричні шліфовані опорні шийки. Для зменшення тертя між шийками валу й опорами в отвори запресовують втулки, внутрішня поверхня яких покрита антифрикційним шаром.

У двигуні привод розподільного вала здійснюється від шестірні колінчастого валу через проміжні шестірні, розташовані на задньому торці блоку двигуна. Від осьового переміщення вал фіксується корпусом підшипника задньої опори, який кріпиться до блоку трьома болтами.

Клапани в циліндрах двигуна повинні відкриватися й закриватися залежно від напрямку руху й положення поршнів у циліндрі. При такті впуску, коли поршень рухається від в.м.т. до н.м.т., впускний клапан повинен бути

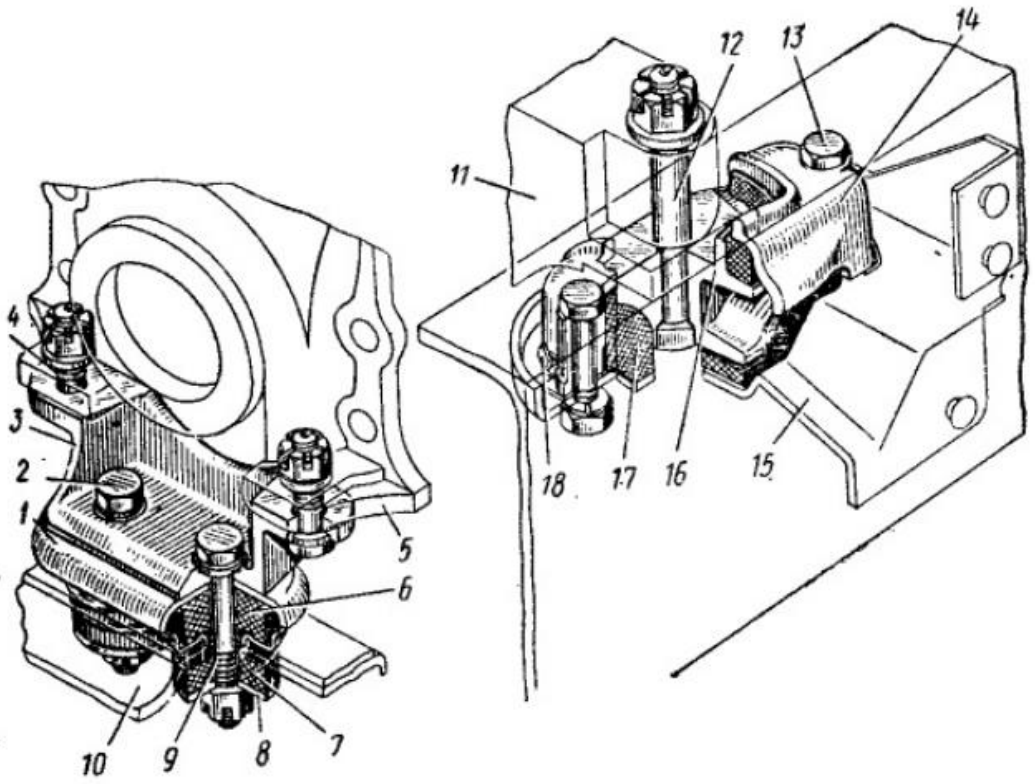
відкритий, а при такті стиску, розширення (робочого ходу) і випуску – закритий. Щоб забезпечити таку залежність, на проміжних шестірнях ГРМ роблять мітки: на зубі шестірні колінчастого валу й між двома зубами шестірні розподільного валу (рис. 1.4). При складанні двигуна ці мітки повинні збігатися.



1 – шестірня колінчатого валу; 2 – шестірня розподільного валу; 3 – настановні мітки

Рисунок 1.4 – Суміщення міток проміжних шестірень

Розподільні шестірні в ГРМ закриті кришкою (рис. 1.5), яка паралельно є опорою для мотора ЗіЛ. Основна вимога тут – відсутність відколів: невеликі тріщини потрібно **заварити**, роблячи рівний шов висотою 0,5-1 мм без вкраплення шлаків і наявності раковин [2].



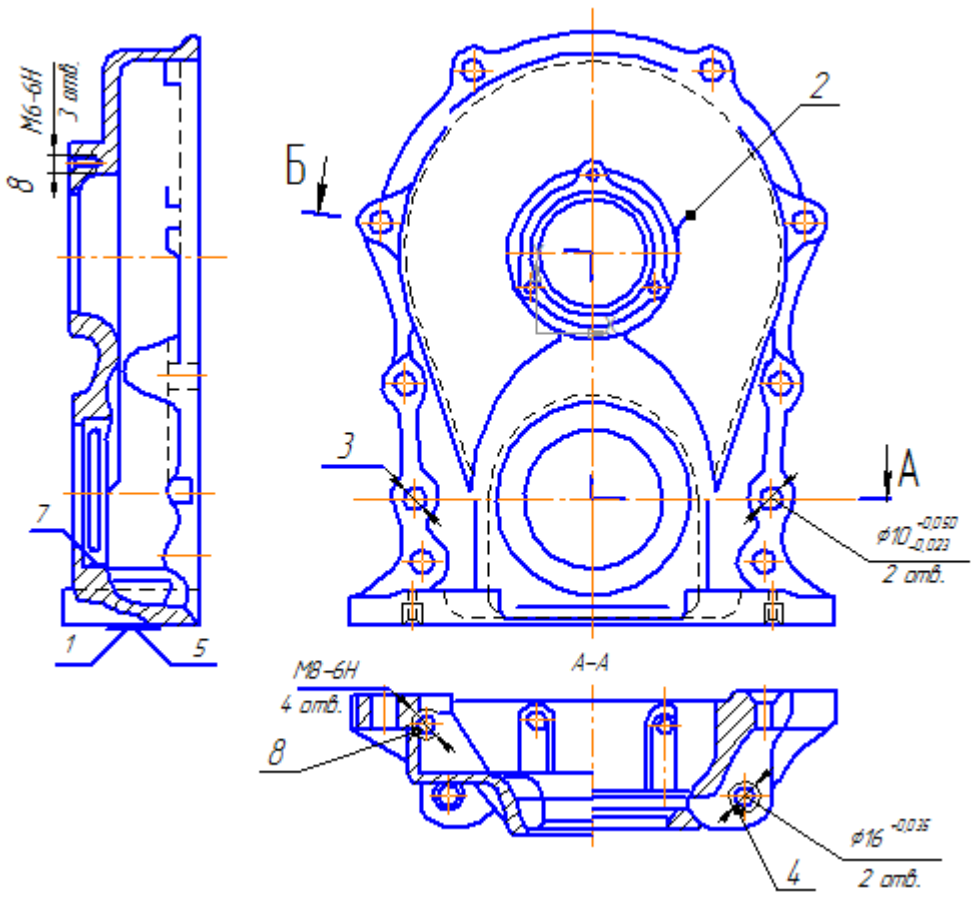
1 — захисний ковпак верхніх подушок передньої опори двигуна; 2 — болт передньої опори; 3 — кронштейн передньої опори; 4 — болт кріплення двигуна; 5 — **кришка проміжних шестірень**; 6 — верхня подушка передньої опори; 7 — нижня подушка передньої опори: 8 — шайба; 9 — ресорна втулка подушок; 10 — поперечка рами №1; 11 — лапа картера зчеплення; 12 — болт задньої опори; 13 — болт кріплення задньої опори; 14 — кришка задньої опори; 15 — кронштейн задньої опори; 16 — черевик задньої опори; 17 — подушка задньої опори; 18 — регулювальна прокладка

Рисунок 1.5 – Підвіска двигуна ЗіЛ

Якщо тріщини виявлені в місцях, де немає істотного навантаження, досить закрити шви епоксидною смолою. Стерті сальникові отвори потрібно **наплавити** після попереднього розточення на верстаті [4].

Виявивши зношування фланця кришки, потрібно здійснити його **наплавлення**, збільшуючи в бобишках висоту до параметра в 1,4 см. Після цього потрібно провести контроль товщини, витримуючи параметр в 0,63 см. Виконавши всі необхідні дії, між контрольною плитою й кришкою проміжних шестірень перевіряють зазор щупом в 0,02 мм [2, 4].

Креслення і зовнішній вигляд кришки проміжних шестірень наведені на рис. 1.6.



а

б

Рисунок 1.6 – Креслення (а) та зовнішній вигляд (б) кришки проміжних шестірень

2 Дослідження матеріалу кришки проміжних шестірень

Матеріал кришки проміжних шестірень – алюмінієвий ливарний сплав АК9ч (колишній АЛ-4) ДСТ 1583-89: виливок у сиру піщану форму, без термообробки (попереднього загартування): штучне старіння протягом 10 год. при 180 °С, твердість НВ 70, границя міцності $\lfloor\sigma_\beta\rfloor = 180$ МПа

2.1 Загальні відомості про Al

Al – 13-й хімічний елемент у періодичній системі. За різним даними відсоток вмісту Al в земній корі – від 7,45% до 8,14%; із усіх елементів тільки кисень і кремній зустрічаються тут частіше. Фактично запаси Al на планеті невичерпні, і по обсягах виробництва серед металів він поступається тільки залізу [5].

Атомна маса Al 26,98, температура плавлення 660 °С, щільність 2,7г/см^3, поліморфних перетворень не має, решітка гранецентрованого куба з періодом a = 0,4041 нм. Залежно від вмісту домішок Al розділяють на сорти: технічний, високої чистоти й особливої чистоти [6].

Al відрізняється від інших металів малою щільністю, високими пластичними й корозійностійкими властивостями, високими тепло- та електропровідністю, а також відбивною здатністю. Завдяки таким властивостям Al знаходить застосування майже у всіх галузях промисловості – авіаційної, будівельної, хімічної і т.д. [6].

Al – один із найлегших металів: в 3 рази легше заліза. Йому можна надати яку завгодно форму; він вільно пиляється, без особливих проблем зварюється й не знає, що таке корозія. Будівельний сектор і транспорт, техніка й електроенергетика, виробництво домашнього начиння й харчової упаковки – Al і його сплави затребувані скрізь, де потрібні міцність і практичність без обважнення конструкції [5].

Al – хімічно високоактивний метал, який завжди прагне до взаємодії з іншими елементами й речовинами. Тому в чистому вигляді він у природі не зустрічається, і одержують його з мінералів. Боксити, нефеліни, алуніти,

глиноземи – нараховують більше 250 гірських порід і з'єднань, багатих алюмінієм [5].

Приклад з будівництва: алюмінієві конструкції в 2-3 легше сталевих з тою самою несучою здатністю. В авіації й космонавтиці Al взагалі основний матеріал. У випадку з метро й приміськими електричками застосування алюмінію, крім іншого, знижує витрати електроенергії, необхідної на розгін рухомого складу [5].

Al не боїться корозії. Уся справа в найтоншій (0,00001 мм) і вкрай міцній оксидній плівці, що утворює надійне зчеплення з металом. Навіть якщо плівка все-таки зруйнується, у більшості середовищ вона миттєво відновиться.

Al пластичний. Його можна витягнути ультратонким (0,004 мм) дротом або прокатати у фольгу, яка буде втроє тонше волосся дорослої людини. Щоб відлити з Al що-небудь фігурне або деталізоване, потрібно вибрати підходящий ливарний сплав [5].

Механічні властивості Al залежать від його чистоти й стану. Збільшення вмісту домішок і пластична деформація підвищують міцність і твердість Al (табл. 2.1) [6].

Таблиця 2.1 – Механічні властивості Al різної чистоти у відпаленому стані

Чистота, %	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b, МПа	НВ, МПа	δ %
99,99	22	49	84 – 112	45,5
99,8	25	61	133	38,5
99,5	28	70	126 – 175	31,5

Al характеризується високими технологічними властивостями. З нього можуть бути виготовлені будь-які напівфабрикати різних габаритів. Завдяки високій пластичності напівфабрикати з Al легко можна піддавати деформації без істотних нагрівів. Зварювання може здійснюватися практично всіма методами, включаючи зварювання плавленням. Оброблюваність різанням внаслідок високої в'язкості в Al погана [6].

Хімічний склад Al і його механічні властивості наведені у табл. 2.2 і 2.3.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад Al (ДСТ 1583-93) [8]

Mn	Si	Ni	Fe	Cu	Al	Zn	Sn	Pb	Mg	Be
0.2-0.5	8-10.5	≤0.1	≤0.6	≤0.3	Зали-шок	≤0.3	≤0.01	≤0.05	0.17-0.3	≤0.1

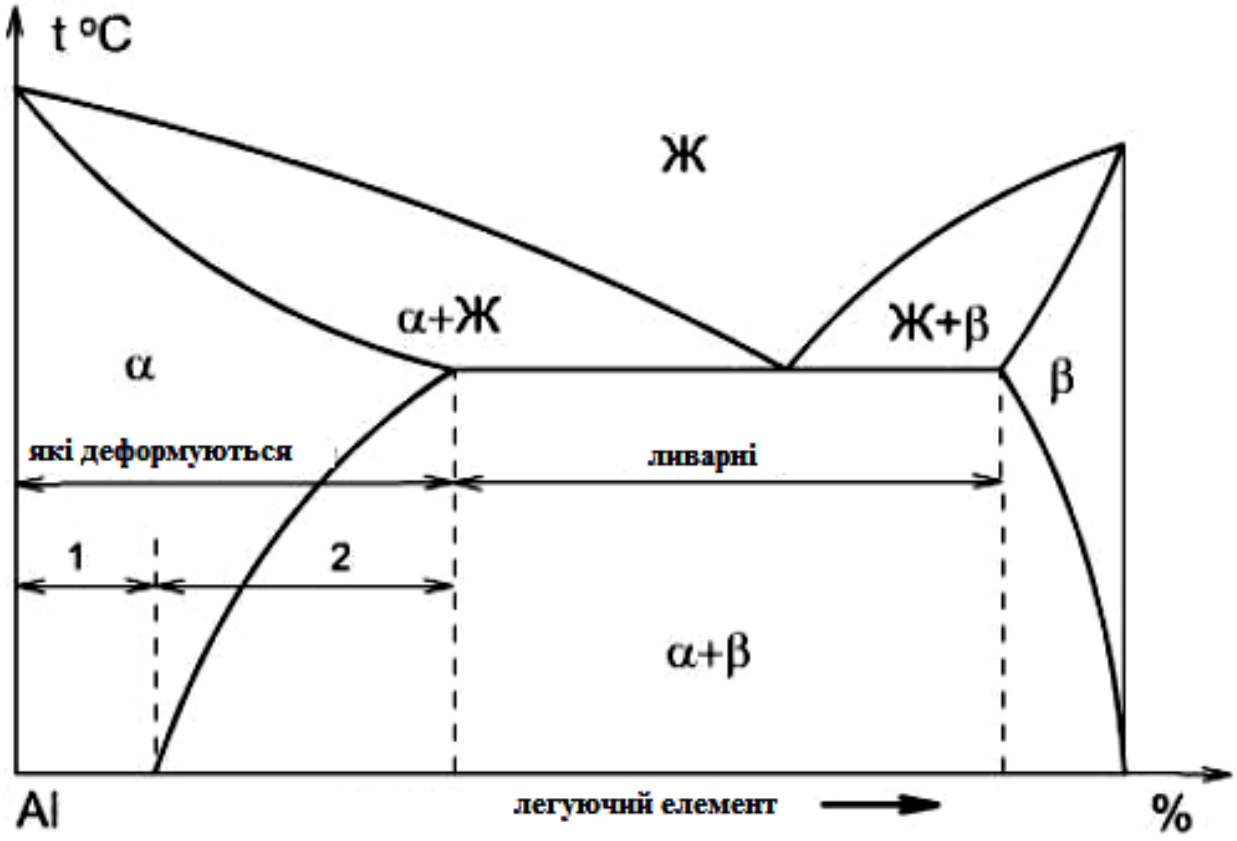
Al – основа. За ДСТ 1583-93 сумарний вміст цирконію й титану ≤ 0,15 %. Утримання заліза зазначений для лиття в піщані форми й по виплавлюваних моделях. Вміст заліза при литті в кокіль ≤ 0,90 %, при литті під тиском ≤ 1,00 %. Сума домішок, які враховуються, повинна бути для лиття в піщані форми й по виплавлюваних моделях ≤ 1,10 %, лиття в кокіль ≤ 1,40 %, лиття під тиском ≤ 1,50%.

Таблиця 2.3 – Механічні властивості Al [8]

$\sigma_в$, МПа	d	НВ, МПа
Виливка (у кокіль, під тиском, рідке штампування, у кокіль і піщані форми з одифікованого сплаву). Режим Т1: Штучне старіння при 170-180 °С (витримка 5-17 год.)		
≥196	5	≥60
Виливка (у піщані форми, по виплавлюваних моделях, у кокіль, під тиском). Без ермообробки		
≥147	2	≥50
Виливка з модифікованого сплаву. Режим Т6: Загартування у воду з 530-540 °С (витримка 2-6 год.) + Штучне старіння при 170-180 °С (витримка 10-15 год.)		
≥225	3	≥70
≥235	3	≥70
Виливка. Режим Т6: Загартування у воду з 530-540 °С (витримка 2-6 год.) + Штучне старіння при 170-180 °С (витримка 10-15 год.)		
≥225	2	≥70
≥235	3	≥70

2.2 Класифікація алюмінієвих сплавів

Залежно від способу виробництва промислові алюмінієві сплави ділять на спечені, ливарні та такі, які деформуються (рис. 2.1) [6].



1 – які деформуються, термічно незміцнювані сплави; 2 – які деформуються, термічно зміцнювані сплави

Рисунок 2.1 – Діаграма станів “Al – легуючий елемент”

Ливарні сплави зазнають евтектичне перетворення, а які деформуються – ні. Останні у свою чергу бувають термічно незміцнюваними (сплави, в яких немає фазових перетворень у твердому стані) і які деформуються, термічно зміцнюваними (сплави, незміцнювані загартуванням і старінням).

Алюмінієві сплави звичайно легують Cu, Mg, Si, Mn, Zn, рідше Li, Ni, Ti.

На діаграмі евтектичного типу Al-легуючий елемент показані області ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів (рис. 2.2).

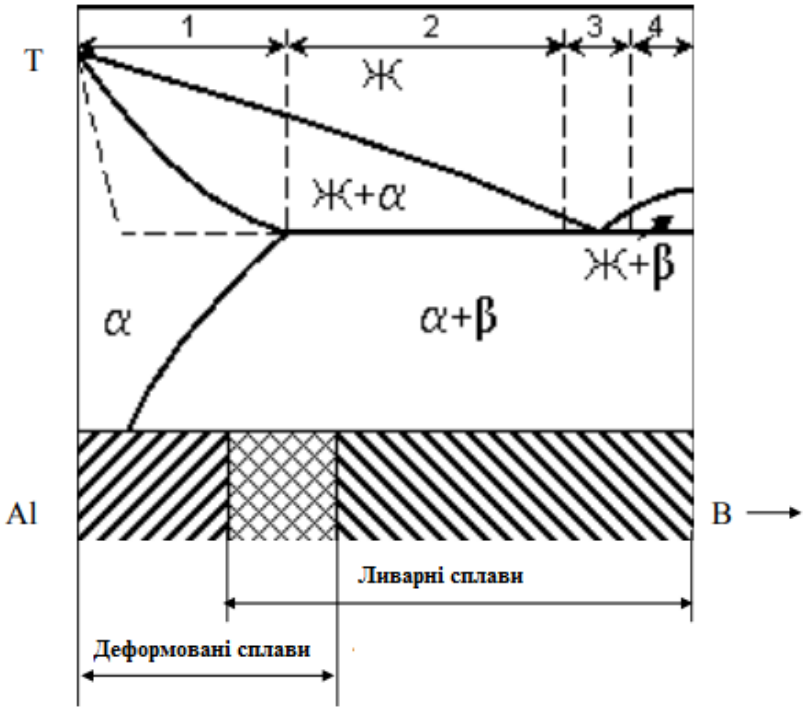


Рисунок 2.2 – Області складів деформованих і ливарних сплавів [6]

Загальна класифікація алюмінієвих сплавів наведена на рис. 2.3 [13]

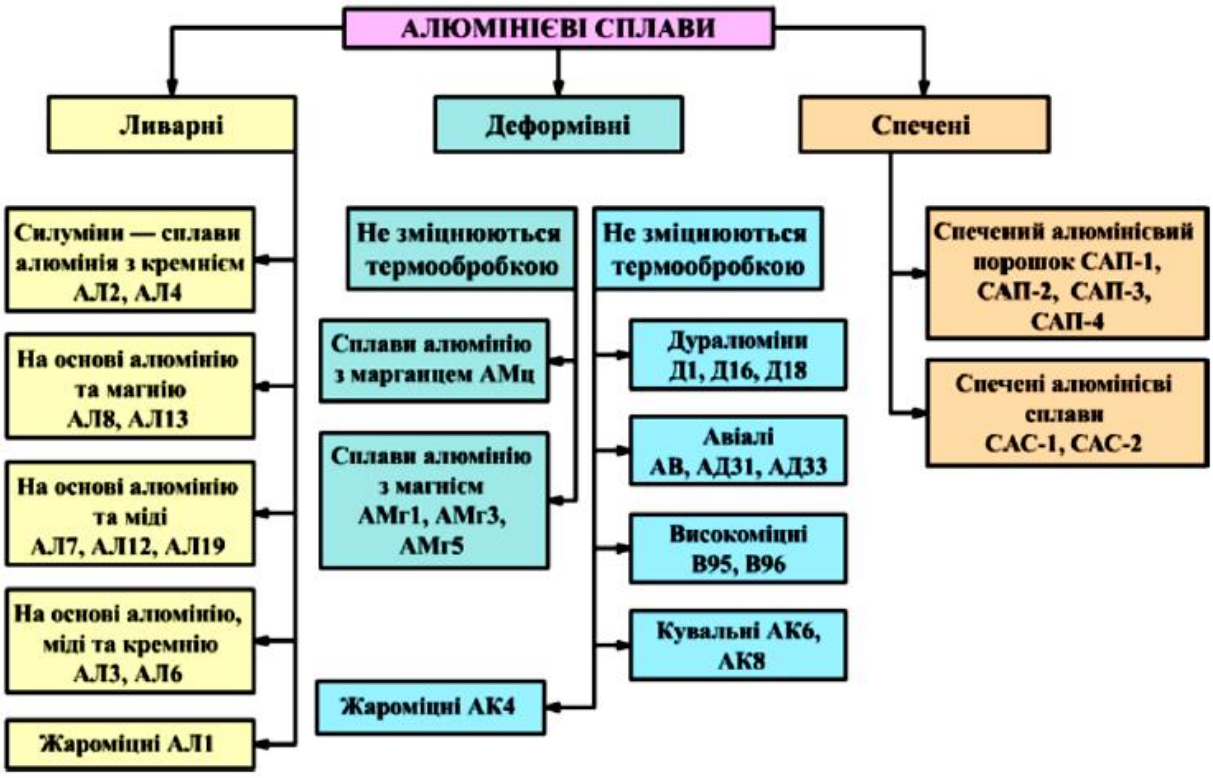


Рисунок 2.3 – Загальна класифікація алюмінієвих сплавів [13]

Алюміній володіє низькою міцністю; тому його не застосовують для конструкцій, що працюють під динамічним навантаженням [23].

2.3 Особливості сплаву АК9ч

Сплав АК9ч відноситься до конструкційних герметичних сплавів на основі систем Al-Si та Al-Si-Mg (силуміни). Він відрізняється високими ливарними властивостями й герметичністю виготовлених з нього виливків. Леговані силуміни піддаються термічній обробці [7].

У силумінів задовільна корозійна стійкість. Деталі захищають анодируванням і лакофарбовими покриттями. Оброблюваність різанням у відпаленому стані незадовільна, у термічно обробленому стані — задовільна [7].

Сплави АК9ч застосовують для середніх і великих литих деталей відповідального призначення: корпусів компресорів, картерів двигунів внутрішнього згоряння, турбінних коліс турбохолодильників, вентиляторів і т.п. [7].

Сплав АК9ч застосовується також для виготовлення:

– чушок та фасонних виливків різними способами лиття (у піщані форми, по виплавлюваних моделях, у кокіль, литтям під тиском);

– деталей середньої й великої навантаженості;

– виливків деталей трубопровідної арматури та приводних пристроїв до неї;

– виливків високої й середньої навантаженості й підвищеної герметичності всіма способами, крім лиття під тиском.

Алюмінієвий ливарний сплав системи Al-Si-Mg відрізняється високою герметичністю. Це термічно зміцнюваний сплав із задовільними міцнісними властивостями [8].

Відповідальні деталі слід відливати з використанням ультразвукової обробки, що дозволяє підвищити рівень гарантованих механічних властивостей на 30 % [7].

Згідно [9], АК9ч також застосовується для виготовлення деталей середньої й великий навантаженості; сплав відрізняється високою герметичністю. Через

підвищену схильність до газонасичення й утворенню пористості для одержання виливків рекомендується застосовувати кристалізацію під тиском. Сплав на основі системи Al-кремній-магній (силумін).

Хімічний склад матеріалу АК9ч наведений у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Хімічний склад у % матеріалу АК9ч [9]

Fe, до	Si	Mn	Ni, до	Al	Cu, до	Pb, до	Be, до	Mg	Zn, до	Sn, до	Домішок
1	8-10.5	0.2-0.5	0.1	86.94-91.63	0.3	0.05	0.1	0.17-0.3	0.3	0.01	всього 1.5

Примітка: Al – основа; процентний вміст Al дано приблизно

Для модифікування структури допускається введення стронцію до 0,08%. У чушках вміст магнію 0.2-0.35 %

2.4 Силуміни й інші алюмінієві сплави для фасонного лиття [10]

Під групою алюмінієвих сплавів, названих силумінами, мають на увазі сплави з великим вмістом кремнію. Силуміни – найпоширеніші ливарні алюмінієві сплави, широко застосовувані тільки у литому вигляді (наприклад, в авто- та авіабудуванні). Рідше, крім силумінів, у якості ливарних алюмінієвих сплавів використовують сплави Al з міддю, магнієм і цинком.

Для одержання щільного виливка застосовують сплави з вузьким інтервалом кристалізації (рис. 2.4) і, природно, для цього підходять сплави евтектичної концентрації.

Кремній не утворює хімічних сполук з алюмінієм. Розчинність Al в кремнії дуже мала, тому можна вважати, що в системі Al–Si є присутнім чистий кремній.

Евтектика в системі Al–Si має порівняно низький вміст кремнію (11,7% Si, тоді як евтектика в системі Al–Cu 33% Cu), і механічні властивості евтектичних сплавів (особливо після модифікування) виявляються досить високими.

Силумін знайшов широке застосування через таку комбінацію високих ливарних і механічних властивостей.

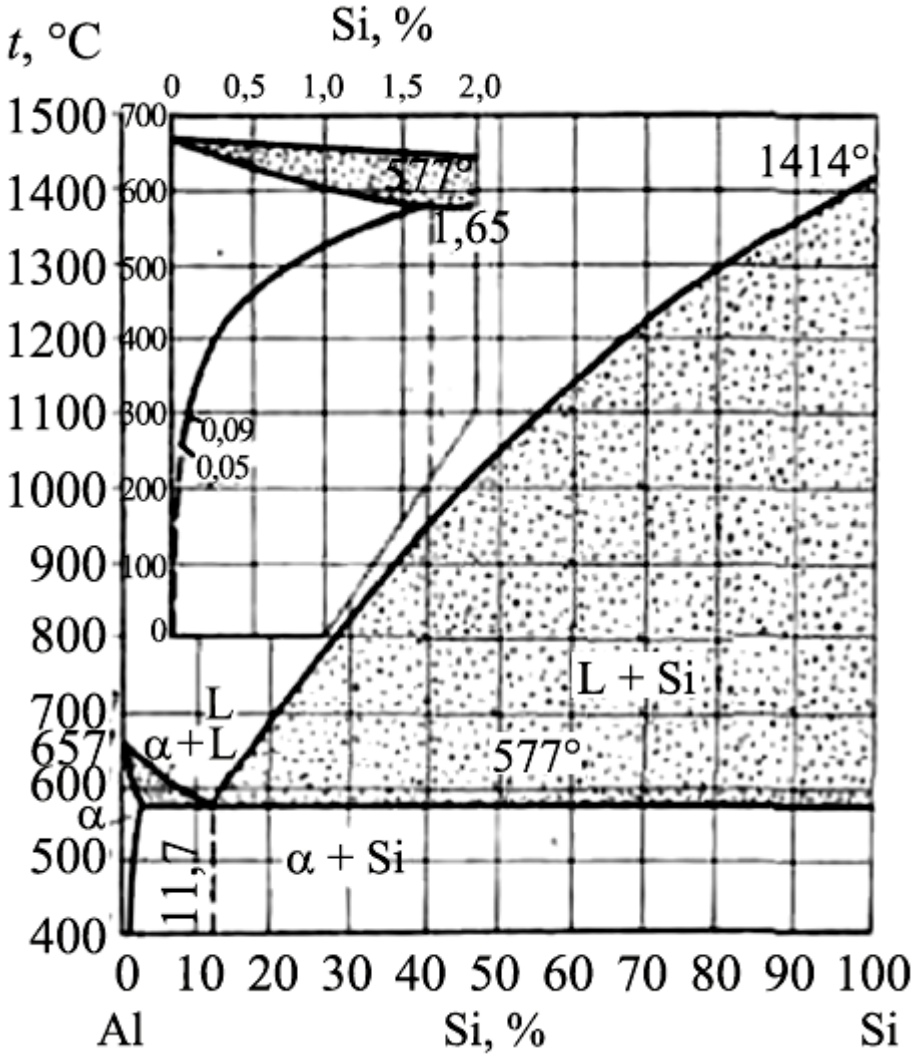


Рисунок 2.4 – Діаграма стану Al–Si

Термічна обробка литих деталей з алюмінієвих сплавів суттєво поліпшує механічні властивості цих сплавів. Межа міцності й відносне подовження ливарних Al сплавів після термічної обробки (загартування з наступним штучним старінням) збільшуються у 2 рази.

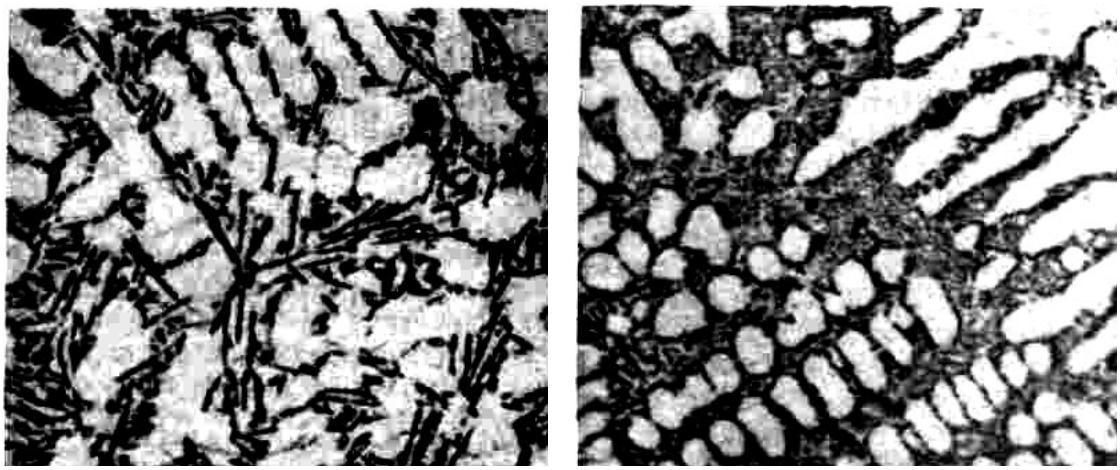
Термічна обробка Al литих сплавів, у порівнянні з деформованими, має ряд особливостей, що пояснюється відмінністю в хімічному складі, а також тим, що в литих сплавів структура грубіша й грубозерниста, ніж у деформованих.

Температура нагрівання під загартування в литих сплавів звичайно трохи вище, ніж у деформованих, і витримувати виливка при такій температурі

потрібно триваліше. Це обумовлене необхідністю розчинення грубих інтерметалічних з'єднань, часто розташованих по границях зерна, і вирівнювання концентрації по всьому об'єму зерна.

Литі сплави майже не піддаються природньому старінню, і максимальну міцність одержують після штучного старіння протягом 10–20 год. при 150–180 °С або при вищій температурі, але тоді тривалість старіння менше.

Подвійні алюмінієвокремнисті (і взагалі висококремнисті) сплави слабко зміцнюються в результаті загартування й старіння, але механічні властивості їх можна суттєво підвищити за допомогою особливої обробки в рідкому стані. Звичайний силумін містить 12-13% Si і за структурою є заевтектичним сплавом. Структура його складається з голчастої грубої евтектики Al + Si і включень первинного кремнію (рис. 2.5, а).



а б

Рисунок 2.5 – Мікроструктура ливарних сплавів Al**, х 200: а – немодифікований силумін; б – модифікований силумін**

Подвійні алюмінієво-кремнієві сплави, незважаючи на їхні чудові технологічні (ливарні) властивості, не можуть задовольнити вимогам у всіх випадках, пропонованих до ливарних сплавів відносно механічних властивостей. Алюмінієво-кремнієві сплави з 10-13% Si (сплав АЛ2)

застосовують для виливків складної форми (не потрібні високі механічні властивості).

При вищих вимогах до міцнісних властивостей використовують спеціальні силуміни – доевтектичні силуміни з 4-10% Si з добавкою міді, магнію й марганцю: сплави АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ9 (табл. 2.5 і 2.6).

Таблиця 2.5 – Хімічний склад (%) ливарних Al сплавів

Марка сплава	Mg	**Основні компоненти**			**Примішки (не більше)**	
		Si	Mn	Cu	Fe	**Σ примішок**
АЛ2	–	10–13	–	–	0,8–1,5	2,2–2,8
АЛ4	0,17–0,30	8,0–10,5	0,25–0,50	–	0,6–1,2	1,1–1,7

Таблиця 2.6 – Механічні властивості ливарних Al сплавів

Марка сплаву	**Вид лиття**	**Термічна обробка**	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %	**Твердість,** НВ	**Щільність,** г/см³
АЛ2	В землю	–	180	80	7	50	2,66
	В кокиль	–	220	90	5	55	–
АЛ4	В землю	**Гарт + старіння**	260	200	4	60	2,65

Доевтектичні силуміни (АЛ4, АЛ9, АЛ1-1, АЛ9-1, АЛ34) трохи уступають по технічних властивостях евтектичному сплаву АЛ2, але мають вищі механічні властивості за рахунок утворення з'єднання Mg2Si яке впливає на міцність сплаву. Застосовуються сплави в загартованому й штучно зістареном1 станах. При литті в піщані форми й по виплавлюваних моделях сплави модифікують [11].

АК9ч – це литий сплав на основі алюмінію. Містить 8-10% Si, називається силуміном. Сплав АК9ч є доевтектичним, він додатково легований магнієм (0,25-0,5%) і зміцнюється термічною обробкою. Зміцнюючою фазою служить силіцид магнію Mq_2Si. Середньонавантажені деталі зі сплаву АК9ч (картер двигуна, наприклад,) піддають тільки штучному старінню. Простим способом

одержання заданих властивостей є виливок деталі в сиру піщану форму з наступним штучним старінням або термічна обробка по режиму, наведеному на рис. 2.6 [12].

При литті в сиру піщану форму або в кокіль відбувається часткове загартування, тому в ряді випадків деталі зі сплаву АК9ч можуть піддавати штучному старінню протягом 5-20 год. без попереднього загартування. Механічні властивості сплаву АК9ч після такої термічної обробки: $\sigma_в \geq 180$ МПа, $\delta \geq 2$ %, НВ 70 [12].

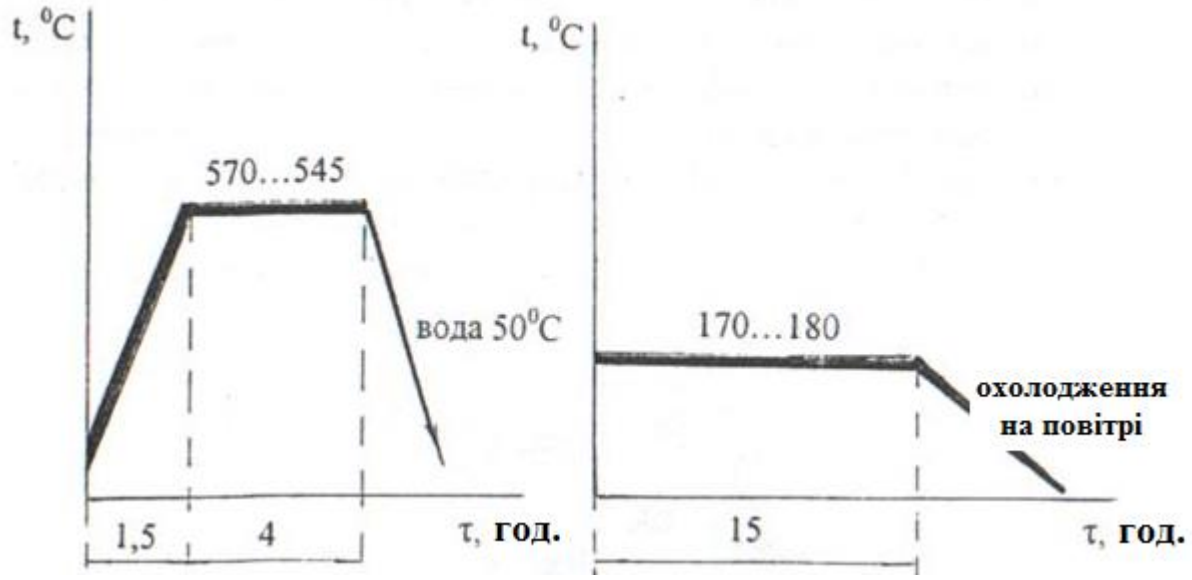


Рисунок 2.6 – Графік технології загартування й штучного старіння картера двигуна зі сплаву АК9ч

3 Технологічний процес (ТП) відновлення кришки проміжних шестірень ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331

3.1 Умови роботи кришки проміжних шестірень

Кришка проміжних шестірень є складовою нерухомою частиною двигуна автомобіля ЗіЛ-4331. Вона призначена для захисту від зовнішнього середовища проміжних шестірень двигуна.

3.2 Дефекти кришки проміжних шестірень та способи їх усунення

Основними дефектами є (рис. 3.1):

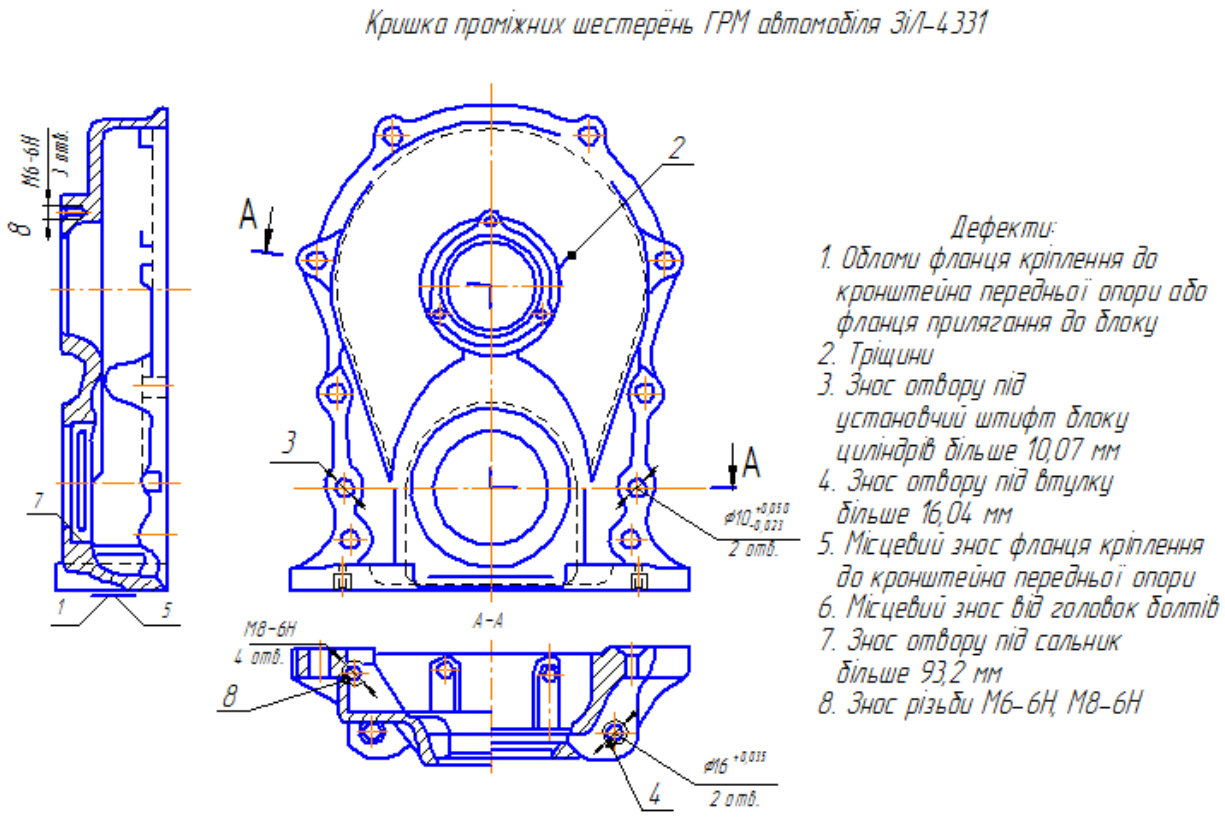


Рисунок 3.1 – Кришка проміжних шестірень

1. Злами фланця кріплення до кронштейна передньої опори або фланця прилягання до блоку.

2. Тріщини.

3. Зношування отворів під установочний штифт блоку циліндрів > 10,07 мм.

4. Зношування отворів під втулку >16,04 мм.

5. Місцеве зношування фланця кріплення до кронштейна передньої опори.

6. Місцеве зношування від головок болтів.

7. Зношування отвору під сальник >93,2 мм.

8. Зношування різьб М6-6Н та М8-6Н.

Вищеперераховані дефекти усуваються проведенням наступних операцій:

Злами й тріщини – зварюванням.

Зношування отворів – наплавленням з наступним розточенням.

Зношування різьби – вставка втулок з нарізуванням різьби.

3.3 ТП (маршрутний) відновлення кришки проміжних шестірень

Маршрутний ТП відновлення кришки наведений у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Маршрутний ТП відновлення кришки

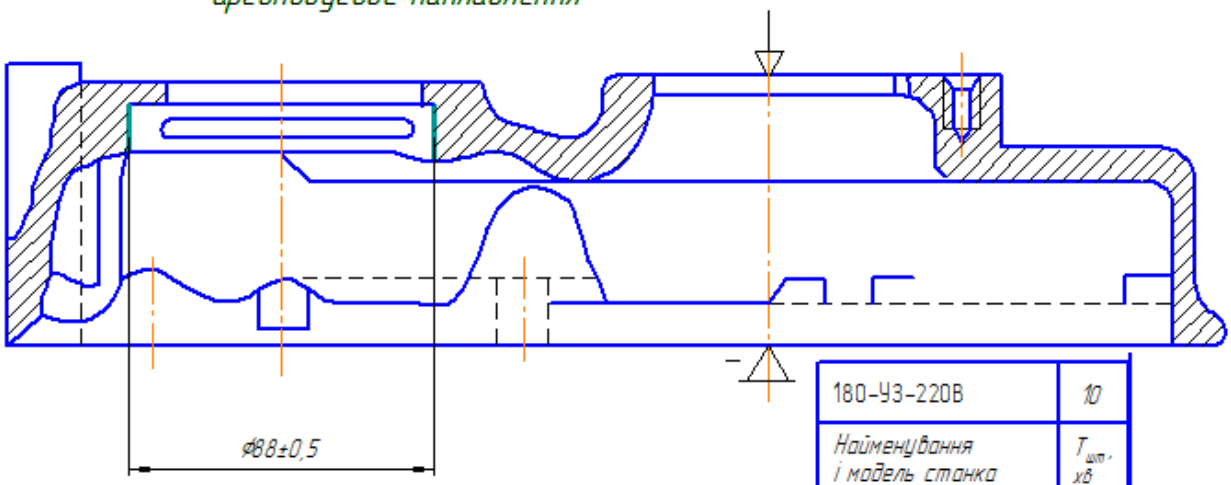
№операції	Найменування операції та її зміст	Обладнання, оснастка, інструмент	Норми часу, хв.	
			$T_{пз}$	$T_{шт}$
005	Слюсарна: 1. Гайки до обламаних болтів приварити. 2. Обламані болти викрутити. 3. Ремонтні втулки в отворах ∅16 перед наплавленням вилучити.	Стіл, оправка, електрод АНО-36 ДСТ 380-94, трансформатор ДСТ 95-77, лещата 7827-0262 ДСТ 4045-75, електродотримач ЕД-2517в1 СТ СЕВ 6305-88, молоток 21140117 ДСТ 11042-90, ключ 7811-0003НС1 ДСТ 2839-88.	7,1	1,6
010	Слюсарна: 1. Кришки у лещатах закріпити. Кордони тріщин обробити, зношені поверхні та злами зачистити.	Лещата слюсарні поворотні ТП140 ДСТ 78270262, верстак, свердло 2305-7548 ДСТ 10902-78, молоток слюсарний ДСТ 2310-77, зубило слюсарне ДСТ 7211-77, напилок СТ СЕВ 1297-78, свердлувальний верстат ДСТ 370-93.	7,1	2,6
015	Газове зварювання:	Генератор ацетиленовий АСП-15,	12,1	11,1

	1. У різьбові отвори М8 вставки мідні вставити. 2. Злами фланця кріплення до кронштейна заварити. 3. Тріщини отвору під настановні штифти заварити.	ацетилен технічний ДСТ 5457-86, балон для стиснутого кисню ДСТ 949-73, стіл, присадний пруток Св А5 ГОСТ 7871-75, флюс АН-4А, реактивний "ч", ТУ 20-61, пальник ДСТ 9353-75, редуктор кисневий БКО 50 4 KRASS – ROVO ДСТ 13861-89, штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ДСТ 166-80, підставка.		
020	Автоматичне аргонодугове наплавлення Al дротом: 1. Два отвори під втулки з наплавленням вушок по висоті наплавити з наступним розточенням. 2. Отвори під сальник і місце зносу від головок болтів наплавити. 3. Отвори під сальник (розмір 1) та місце зносу від головок болтів наплавити з наступним розточенням.	Півавтомат 180-УЗ-220В ДСТУ 3761.3-98, аргон ДСТ 10157-2019. наплавлювальний дріт AlSi-5 (ER-4043), флюс АН-4А, реактивний "ч", ТУ 20-61, штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ДСТ 166-80, підставка.	11,1	10,1
025	Зачистка: Місця прилягання до блока циліндрів зачистити. Наплавлення зачистити.	Лещата слюсарні поворотні ТП140 ДСТ 78270262, верстак, напилок СТ СЕВ 1297-78	7,1	2,1
030	Фрезерувальна: 1. Наплавлену поверхню фрезерувати.	Пристосування, шаблон, верстат 6Р80, фреза 2214-0161 ВК8 ДСТ 9473-88, оправка 6222-0039 ДСТ 13785-88, зразок шершавості 1,6-ШЧП ДСТ 9378-79.	10,1	2,6
035	Свердлувальна: 1. Отвір свердлувати у розмір $d = 9,8^{+0,1}$. 2. Перехід 1 для наступного отвору повторити. 3. Кондукторну плиту зняти. 4. Отвір розгорнути (шершавість Ra = 1,6). 5. Перехід 4 для наступного отвору повторити.	Кондуктор, верстат 2Н-135, свердло 3451-7365 ДСТ 2385-88, втулка 6100-0142 ДСТ 13598-88, розгортка 2363-2072ВК М8 ДСТ 1174-88, зразок шорсткості 1,6-ШЧП ДСТ 9378-79, нутромір НИ 10-18-2 ДСТ 867-84.	6,1	2,0
040	Токарна: 1. Отвір розточити, зняти фаску 3 (розмір 2). 2. Отвір розточити ($d = 92,5^{+0,2}$), торець підрізати. 3. Отвір розточити, торець підрізати у розмір1,5. 4. Фаску 4 розточити.	Пристосування, верстат 1М-63, різець 2140-0058 ВК8 ДСТ 18888-78, штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ДСТ 166-80, штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ДСТ 166-80, нутромір НИ 10-18-2 ДСТ 868-82, зразок шершавості 1,6-ШЧП ДСТ 9378-79.	8,1	2,1

045	Свердлувальна: 1. Наскрізний отвір свердлувати у розмір d = $15{,}75^{+0{,}1}$. 2. Перехід 1 для наступного отвору повторити. 3. Фаску 1 зенкерувати. 4. Перехід 3 для наступної фаски повторити. 5. Отвір розгорнути у , розмір 2 (шершавість Ra = 1,6). 6. Перехід 5 для наступного отвору повторити.	Кондуктор, верстат 2Н-135, свердло 2303-0198 ДСТ 10903-78, штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ДСТ 166-80, втулка 6100-0143 ДСТ 13595-88, зенківка 2325-0134 ДСТ 14954-88, розгортка 2363-0197 Н9 ДСТ 1672-84, зразок шершавості 1,6-ШЧП ДСТ 9378-79, нутромір НИ 10-18-2 ДСТ 868-84.	6,1	2,5
050	Свердлувальна: 1. Отвір 1 свердлувати у розмір d = 8,5+0,2. 2. Перехід 1 для трьох отворів повторити. 3. Фаски у різьбових отворах М8-6Н зачистити..	Кондуктор, верстат 2Н-135, патрон 10-В16 ДСТ 8533-89, свердло 2300-0200 ДСТ 10914-82, зенківка 2353-0133 ДСТ 14967-82, втулка 6100-0143 ДСТ 13672-88, штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ДСТ 166-80.	6,1	2,3
055	Слюсарна: 1. Різьбу М10х1,25-6Н під втулки нарізати 2. Різьбові вставки в отвори 1 вкрутити. 3. Різьбу 1 калібрувати. 4. Різьбу 2 калібрувати; переходи 3 і 4 виконуються при зносі різьби 2-3 нитки(не більше).	Лещата 7827-0262 ДСТ 4068-81, верстак, мітчик 2621-2603,2 ДСТ 3295-84, пробка 8221-3045 6Н ДСТ 17793-76, вороток 6910-0264 ДСТ 22893-88, пробка 8221-3036 6Н ДСТ 17783-76, пристосування спеціальне.	6,1	2,8
060	Контроль: Розміри контролювати згідно ескізу – контроль ВТК-25%.	Нутромір НИ 10-18-2 ДСТ 869-88, стіл ОРГ 1468-01-081Б, пробка 8221-3045 6Н ДСТ 17642-79, нутромір НИ 50-100-2 ДСТ 856-86, шаблон спеціальний, зразок шершавості 1,6-ШЧП ДСТ 9378-79, штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ДСТ 166-80.		

Операційні ескізи наведені на рис. 3.2.

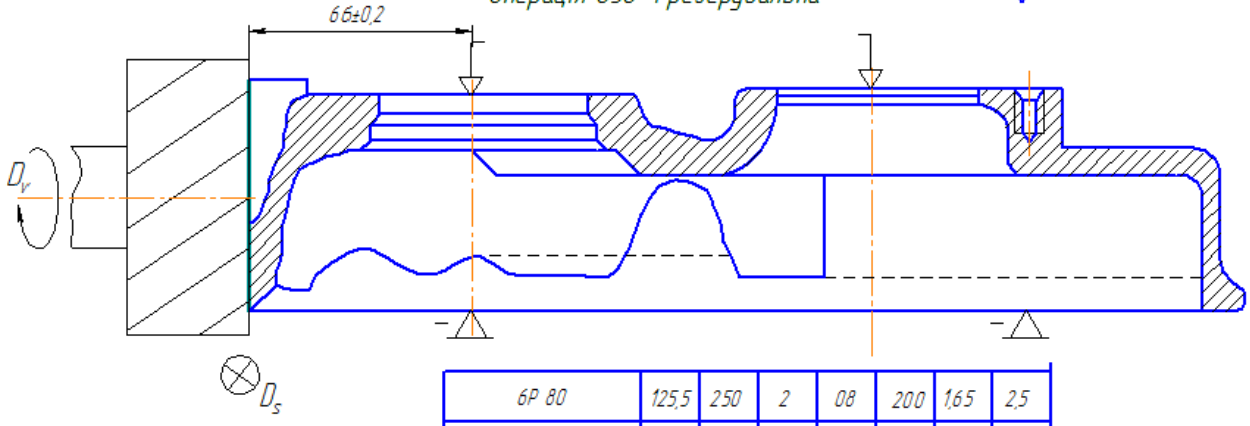
Операція 020 Автоматичне аргонодугове наплавлення



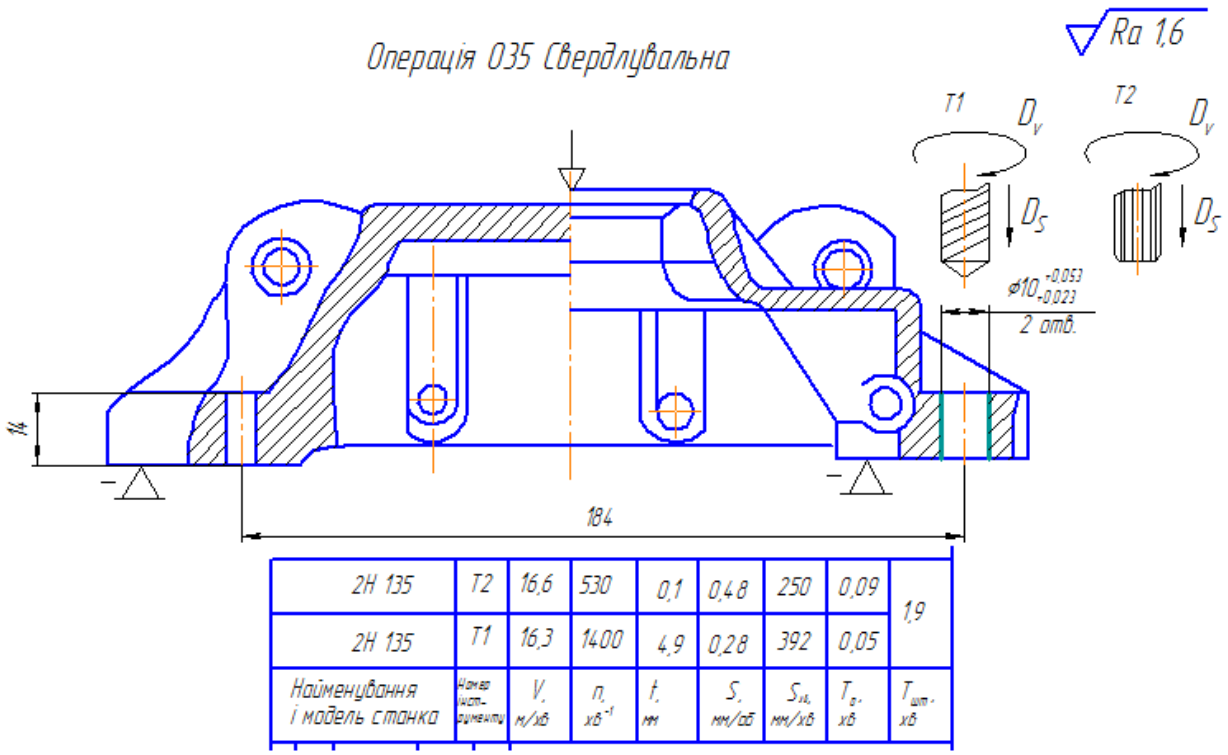
180-У3-220В	10
Найменування і модель станка	$T_{шт}$, хв

Операція 030 Фрезерувальна

Ra 1,6



6Р 80	125,5	250	2	08	200	1,65	2,5
Найменування і модель станка	V, м/хв	n, $хв^{-1}$	t, мм	S, мм/об	$S_{хв}$, мм/хв	$T_в$, хв	$T_{шт}$, хв



2Н 135	Т2	16,6	530	0,1	0,48	250	0,09	1,9
2Н 135	Т1	16,3	1400	4,9	0,28	392	0,05	
Найменування і модель станка	Номер інструменту	V, м/хв	n, $хв^{-1}$	t, мм	S, мм/об	$S_{хв}$, мм/хв	$T_в$, хв	$T_{шт}$, хв

Рисунок 3.2 – Операційні ескізи

3.4 Розробка технологічних операцій

Розробка технологічної операції 035 – Свердлувальна.

Свердлувальна операція виконується у наступній послідовності:

1. Отвір у розмір $9,8^{+0,1}$ свердлувати.
2. Перехід 1 для наступного отвору повторити.
3. Кондукторську плиту зняти.
4. Отвір розгорнути у розмір 1 (шорсткість Ra = 1,6).
5. Перехід 4 для іншого отвору повторити.

Обладнання, інструмент, оснащення:

– свердло 3451-7365 ДСТ 2385-88, верстат 2Н-135, кондуктор;

– нутромір НІ 10-18-2 ДСТ 867-84, втулка 6100-0142 ДСТ 13598-88;

– розгортка 2363-2072ВК М8 ДСТ 1174-88, зразок шорсткості 1,6-ШЧП ДСТ 9378-75.

Операційний ескіз на операцію 035 – «свердлувати отвір» наведено на рис. 3.3.

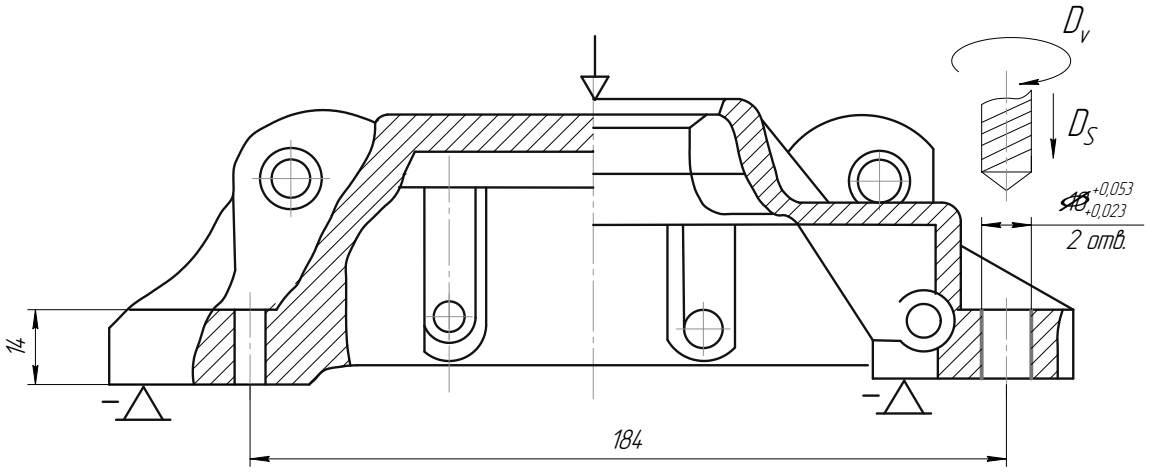


Рисунок 3.3 – Операційний ескіз на операцію 035 – «свердлувати отвір»

Розрахунок режимів різання для операції 035, перехід 1 (свердлувати отвір).

Матеріал заготовки – силуміновий сплав АК9ч.

Матеріал ріжучої частини свердла – швидкорізальна сталь Р6М5.

Глибина різання:

$$t = \cdot 0{,}5 * D, \text{ мм} \tag{3.1}$$

де D – діаметр свердла, мм.

$$t = 0{,}5 * 9{,}8 = 4{,}9 \text{ мм}.$$

При свердлуванні отворів для алюмінієвих сплавів вибирають подачу S'= 0,28 мм/об. (без обмежуючих факторів).

Швидкість різання при свердлуванні:

$$\upsilon = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ м/хв} \tag{3.2}$$

де C_v – коефіцієнт (вибираємо по [14]): C_v = 28.1, q = 0.25, y = 0,55, m = 0,125 – показники степені, T – період стійкості (T = 35 хв.);

K_v – коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_{\upsilon} = K_{mv} \cdot K_{ив} \cdot K_{lv}, \quad (3.3)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал. За [14] приймаємо $K_{mv} = 1$ (ливарні сплави алюмінію, для яких НВ<140);

$K_{ив}$ – коефіцієнт на матеріал інструменту ($K_{ив} = 1$);

$K_{l\upsilon}$ – коефіцієнт, який враховує відношення довжини різання до діаметра ($K_{l\upsilon} = 1{,}4$).

Загальний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K\upsilon = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}7 = 0{,}7.$$

$$\upsilon = \frac{28{,}1 \cdot 9{,}8^{0{,}25}}{35^{0{,}125} \cdot 0{,}28^{0{,}55}} \cdot 0{,}7 = 45 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання інструменту:

$$n = \frac{1000 \cdot \upsilon}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.} \quad (3.4)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 45}{3{,}14 \cdot 9{,}8} = 1460 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання $n_{ДСТ} = 1400$ об/хв. (меншу стандартну).

Фактична швидкість різання при свердлуванні:

$$\upsilon_{ФАКТ} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ДСТ}}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (3.5)$$

$$\upsilon_{ФАКТ} = \frac{3{,}14 \cdot 9{,}8 \cdot 1400}{1000} = 43 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S_{хв.} = S * n_{ДСТ}, \text{ мм/хв.} \quad (3.6)$$

$$S_{хв} = 0,28 * 1400 = 392 \text{ мм/хв.}$$

Основний час на операцію різання:

$$T_0 = \frac{L_{РХ}}{S_{хв.}}, \text{ хв.} \quad (3.7)$$

де $L_{РХ} = l_{ВР} + l_{РІЗ} + l_{ВИХ}$ – довжина робочого ходу свердла, мм;
$l_{ВР} = D/2 * tg30^0 = 2,8$ мм – довжина врізання свердла;
$l_{РІЗ} = 14$ мм – довжина різання;
$l_{ВИХ} = l_{ВР} = 2,8$ мм – довжина виходу свердла, мм.

$$L_{РХ} = 2,8 + 14 + 2,8 = 19,6 \text{ мм.}$$

Основний час на свердління одного отвору:

$$T_0 = \frac{19,6}{392} = 0,05 \text{ хв..}$$

Штучно-калькуляційний час на цей перехід:

$$T_{ШК} = T_0 * \varphi_К, \text{ хв.} \quad (3.8)$$

де $\varphi_К = 1,75$ – для одиничного виробництва.

$$T_{ШК} = 0,05 * 1,75 = 0,09 \text{ хв.}$$

4 Види зварювання відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 015)

4.1 Основні труднощі зварювання Al та його сплавів

Основні труднощі виникають через те, що при зварюванні виникає високий ризик появи браку. Коефіцієнт розширення сприяє нестандартній усадки, тому приходиться враховувати не тільки режими зварювання, а й товщину утворення шва. Також часто утворюються тріщини і пори, для боротьби з якими використовують захисне середовище [20].

Основні проблеми [15]:

– сильне окислення при високих температурах з утворенням тугоплавкої ($t_{пл}$ = 2050°C) оксидної плівки AI_2O_3, яка має більшу густину, ніж AI (3,85 г/см^3). Ця плівка затрудняє зварювання та сприяє непроварам, повищає крихкість AI (її вилучають хімічними та механічними методами перед зварюванням), захищають зону зварювання інертним газом і катодним розпилюванням, використовують покриття електродів і флюси на основі солей лужноземельних і лужних металів (KC1, NaCl, NaF, та ін.).

– схильність до утворення гарячих тріщин (велика ливарна усадка AI й наявність домішок); потрібно зменшити вміст домішок у зварюваному металі – для цього додають модифікатори (Zr, B, Ti) і регулюють режими зварювання;

– підвищена пористість металу шва; вона зв'язана з насиченням розплавленого AI воднем; щоб зменшити пористість, очищають дріт і кромки від вологи, застосовують попередній підігрів, збільшують *d* присадного дроту;

– високий коефіцієнт лінійного розширення AI є причиною зварювальних деформацій; це вимагає використовувати спеціальні затискні пристосування й усунення деформацій після зварювання;

– значна рідкотекучість й низька міцність при температурах, вище 550 °C, вимагає застосування підкладок;

– висока теплопровідність AI потребує використання потужних джерел тепла й підігріву;

– значний коефіцієнт в'язкості та швидкий тепловідвід затрудняють формування шва, а це потребує розчищати кромки;

– низька $t_{пл}$ Al (660 °C) і відсутність зміни кольору при його нагріванні не дозволяє вчасно замітити початок плавлення. Тому необхідно мати досвід й навички зварювальника.

Деталі з Al і його сплавів з'єднують зварюванням плавленням і тиском. Тому використовують зварювання таких видів [15, 26]:

– ручне або механізоване зварювання (дугове) неплавким електродом у захисному інертному газі;

– механізоване зварювання (дугове) плавким електродом у захисному газі;

– автоматичне зварювання (дугове) плавким дротом по шару флюсу;

– стикове й точкове контактне зварювання;

– зварювання (дугове) графітовим або вугільним електродами;

– алюмінієвим покритим електродом;

– електрошлаковим і зварюванням електронним променем.

Переваги газового зварювання Al [20]:

– допомагає проводити процес на менших швидкостях, що дає вищий рівень, так як швидкість зварювання у три рази менше, ніж при електрозварюванні;

– використовують газ як захист від зовнішніх факторів;

– немає необхідності у використанні електродів з обмазкою, в якій часто міститься водень (призводить до появи напружень у металі);

– якість з'єднання вище;

– утворюються неперервні шви через використання зварювального дроту;

– простіше зварювати з тонкі заготовки;

– полум'я пальника використовують для підігріву деталей та їх послідовного остудження.

Недоліки газового зварювання Al [20]:

– використання газу – небезпечний для здоров'я і життя людини процес, тому що можливий вибух;

– підготовка й прибирання тривала незручна;

– використання газу – дорожча процедура порівняно з електричним зварюванням;

– задіюється велика кількість устаткування.

Зварювати Al можна різними методами, вибір якого залежить від кваліфікації працівника, що проводить зварювання, наявності обладнання, розмірів і виду Al виробів, та вимог до якості зварювання [24].

4.2 Матеріали для зварювання Al та його сплавів

Умови зварювання Al допускають наявність необхідних засобів, що роблять цей процес максимально якісним. Для цього необхідно [20]:

– газовий пальник (основний інструмент, який здійснює подачу газу до місця зварювання алюмінію); є декілька моделей пальників, але усі вони схожі, тому що служать для вилучення газу з двох джерел і регулювання параметрів подачі;

– шланги (служать для з'єднання пальника з балонами); їх треба чітко зберігати і доглядати, тому що при поломці виникає небезпека;

– манометр (інструмент для вимірювання тиску в балоні – повинен бути присутнім під час зварювання обов'язково); він допомагає стежити за кількістю залишеного газу (для контролю режимів зварювання);

– балони з газом (зварювання Al може проходити за допомогою кисню – основна речовина, яка задає t горіння, а також пропану, ацетилену та ін. газів);

– присадний дріт (подається як основна складова, що формує з'єднаний шов); вибір марки дроту здійснюють по марці Al або його сплаву; під час зварювання Al газозварюванням, потрібно, щоб матеріал дроту був максимально ідентичний основному матеріалу заготовки; при товщині до 2 мм – 1-1,5 мм; при товщині до 5 мм – 1,5-3 мм, а понад 5 мм – від 4 і вище [20, 27]; зварювальний дріт повинен мати рівну, гладку поверхню (без тріщин і вм'ятин); дріт поставляється в бухтах, маса якої не повинна перевищувати 40 кг [21];

– присадний дріт і зварювані кромки промивають 10 хв. у лужному розчині (20-25 г їдкого натру + 20-30 г вуглекислого натрію на 1 дм^3 води при t = 65 °С) з наступним промиванням проточною водою; потім кромки і присадний дріт труять 2 хв. у 25%-ому розчині ортофосфорної кислоти або у 15%-ному розчині азотної кислоти; потім деталі та дріт промивають у гарячій та холодній воді й протирають ганчірками [21];

– для Al використання кута нахилу електрода у напрямку, протилежному напрямку зварювання, а не у напрямку зварювання, сприяє кращому меншому забрудненню зварювального шва, очищенню та поліпшенню газового захисту [23].

Al і його сплави зварюють за допомогою зварювання [16]:

– ручного дугового;

– аргонодугового;

– газового.

Ручне дугове зварювання покритими електродами виконують електродами марок ОЗА-1 і ОЗА-2. В якості стержня застосовують зварювальний дріт Св-А5 із покриттям (складається з хлористих і фтористих солей, зв'язаних розчином хлористого натрію у воді та інших компонентів). Електроди ОЗА-1 використовують для зварювання технічного Al марок АО, А1, А2, А3 в нижньому і вертикальному положеннях із попереднім підігрівом до 250-400 °С. Електроди ОЗА-2 застосовують для зварювання Al-кремністих сплавів типу АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11. Зварювання ведуть на постійному струмі зворотної полярності [16].

Для зварювання вугільним електродом та аргонодугового зварювання використовують зварювальний дріт, близький за хімічним складом з основним металом: Св-А97, Св-А85Т, Св-А5 (технічний Al), Св-АМц (Al-марганцевий), Св-АМгЗ, Св-АМг4, Св-АМг5 (Al-магнієвий), Св-АК5, Св-АК10 (Al-кремністий), Св-1201 (Al-мідний). При зварюванні вугільним електродом застосовують спеціальні флюси (складаються з хлористих Na, K, Li, фтористих Na і K), сірчанокислого K та кріоліту. Неплавкі електроди для аргонодугового зварювання Al виготовляють з W (ВЧ), із добавками To (ВТ-15), La (ВЛ-10), It (ВИ) [16].

Захисний газ застосовують для захисту зварювальної ванни від сторонніх забруднень. Для зварювання Al найрозповсюдженіший захисний газ – 100% аргон (Ar)— завдяки своїй очисній дії та можливістю проникнення. Під час зварювання товстіших секцій (>12 мм) застосовують суміш 75% гелію (Ge) та 25% Ar, тому що вона створює гарячішу дугу та сприяє кращому проникненню [23, 24]. Мікроплазмове зварювання проводять електродами ВЛ-10 d = 0,8-1,2 мм [16].

В Україні багато років застосовують електроди марок ОЗА-1 (для зварювання чистого Al) і ОЗА-2 (для зварювання силумінів). Але через сильне розбризкування, невисоку міцність, високу гігроскопічність покриття, погане відокремлення шлаку, низьку якість шва й необхідність підігріву металу вони не відповідають сучасним вимогам [16].

В Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона розроблені нові електроди серії УАНА для зварювання Al та його сплавів. Основою покриття цих електродів є фториди й хлориди лужних і лужноземельних металів, за допомогою яких утворюється шлак і відповідно захист розплавленого металу від навколишнього середовища. У звичайних електродах в якості зв'язуючої речовини використовують рідке скло (водний розчин силікату Na або K), яке під впливом розчинних хлоридів і фторидів лужноземельних і лужних металів втрачає зв'язуючі властивості. Тому в нових електродах застосовують зв'язуючу речовину, сумісну з сильними електролітами [16].

Коефіцієнт наплавлення електродів УАНА рівний 6,0-6,8 г/А*тод.; витрати електродів на 1 кг наплавленого шару -- 2,0-2,2 кг. Перед зварюванням їх просушують при t = 150-200 °С на протязі 1-1,5 год. Зберігають і поставляють електроди у водонепроникній герметичній упаковці. Час між просушуванням і зварюванням не > 24 год. [16].

Зварювання виконують постійним струмом зворотної полярності. Ліпше зварюються стикові шви (кутові, таврові й внапуск застосовують менше – можливе затікання шлаку в зазори, з яких його важко видалити при промиванні гарячою водою після зварювання). Наявність шлаку викликає корозію металу. Електроди УАНА забезпечують: високу стабільність горіння дуги, формування шва, високі механічні властивості металу шва та легке відокремлення шлакової шкірки. Ціна електродів для зварювання Al, що випускають європейські фірми Castolin, ESAB та ін. в 3-11 разів вища вартості електродів УАНА [16].

4.3 Ручне дугове зварювання Al покритими електродами

Зварювання Al та його сплавів покритими електродами застосовують для деталі товщиною > 3 мм. Перед зварюванням кромки виробів зачищають щіткою і знежирюють бензином, ацетоном, іншими розчинниками. Далі вилучають оксидну плівку Al травленням на протязі 0,5-1 хв. у спеціальному розчині (на 1 л води 50 г NaOH, 45 г NaF), промивають теплою проточною водою (40 °С) та нейтралізують 25-35%-ним водним розчином азотної або сірчаної кислоти (1-2 хв.), знову промивають проточною водою і сушать до повного вилучення вологи (у сушильних шафах). Сплави з Mg і Si

освітлюються у 25%-ному розчині ортофосфорної кислоти. Al товщиною < 5 мм заварюють без скосу кромок, а при більшій товщині розчищають кромки під ∠60° з притупленням 1-2 мм. Деталі товщиною < 4 мм заварюють без підігріву, 5-6 мм – з підігрівом < 100 °С, 8-10 мм -- з підігрівом < 160-200 °С, при більшій товщині – з підігрівом < 200-400 °С [17].

Для уникнення випадкового заварювання шлакових уключень, що роз'їдають Al, кількість шарів для зварювання – мінімальна. Al товщиною < 8 мм заварюють за 1 прохід з повним заповненням розчищених кромок. Багатопрохідне заварювання Al товщиною > 8 мм проводять при ґрунтовному очищенні й відмиванні шлаку з поверхні проходу (кожного) [17].

Для дугового зварювання Al типу АО, Al, А2, А3 застосовують електроди марки ОЗА-1 з Al стрижнем марки Св-А5 і спеціальним покриттям (до його складу входять NaCl, K, Li, сірчанокислий K і кріоліт). Заварювання проводять у нижньому і вертикальному положеннях постійним струмом зворотної полярності, короткою дугою без коливальних рухів із підігрівом до 250-400 °С. Електроди перед застосуванням просушуються при t = 200 °С на протязі 1 год.и. При цьому розбризкування підвищене, формування валика й стійкість горіння дуги задовільні. Витрати електродів на 1 кг наплавленого металу – 2 кг, коефіцієнт наплавлення – 6,32 г/А-год., тимчасовий опір розриву – 63 Н/мм^2, ∠згину – 160°. Після зварювання шлак видаляється промиванням гарячою водою із використанням сталевої щітки. Обрив дуги при завершенні плавлення електрода виконують поступово, для того, щоб заплавити кратер [17].

Для заварювання й наплавлення деталей із сплавів Al типу АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 тощо. застосовують електроди марки ОЗА-2. Наплавлений метал має підвищений вміст Si (до 5,0%), тимчасовий опір розриву – 72 Н/мм^2, ∠згину – 90° [17].

Інші показники й технологічні особливості такі самі, як і в електродів ОЗА-1.

Орієнтовні режими заварювання Al покритими електродами ОЗА-1 та ОЗА-2 приведені в табл. 5.1 [17].

Таблиця 4.1 – Орієнтовні режими заварювання електродами ОЗА-1 та ОЗА-2

Діаметр електрода, мм	Сила зварювального струму (А) у просторових положеннях	
	нижнє	вертикальне
4,0	100-200	100-120
5,0	130-150	120-140
6,0	160-180	

Примітка: напруга на дузі – 30-36 В.

Одним із недоліків зварювання Al покритими електродами є внутрішня пористість швів, але при зварюванні чистого Al властивості зварного шва наближені до властивостей основного металу. При зварюванні термічно зміцнених сплавів Al міцність з'єднань буде меншою міцності основного металу [17].

4.4 Аргонодугове зварювання Al вольфрамовим електродом

Розвиток аргонодугового зварювання Al та його сплавів пов'язаний із забезпеченням сприятливих умов для руйнування оксидних плівок і підвищення якості зварних з'єднань. Підвищити ефективність руйнування тугоплавкої оксидної плівки можна шляхом збільшення силового впливу дуги на розплавлений метал, інтенсифікації перемішування його по всьому об'єму зварної ванни та активізації процесів катодного очищення [18].

Механічне дроблення оксидної плівки досягають при зварюванні з імпульсною подачею дроту. При цьому відбувається періодичне заглиблення дуги в розплавлений метал, що викликає хвильові переміщення рідкого металу й механічне дроблення оксидної плівки [18].

Глибину проникнення дуги в розплавлений метал можна збільшити за допомогою пульсацій зварювального струму або накладання на дугу додаткових короткочасних імпульсів. Внаслідок різних значень тиску дуги в періоди змінного струму, глибину її занурення в рідкий метал можна збільшити, використовуючи для зварювання асиметричний змінний струм [18].

Для перемішування металу зварної ванни використовують зовнішній електромагнітний вплив на дуговий розряд. При цьому кероване магнітне поле призводить до колового, поздовжнього або поперечного відхилення дуги, що сприяє інтенсивному перемішуванню рідкого металу, механічному дробленню оксидної плівки в кореневій частині ванни і винесенню її частин на поверхню, де вони руйнуються катодним розпилюванням [18].

На процеси утворення та руйнування оксидної плівки значно впливає форма імпульсів зварювального струму. Для цього застосовують струм прямокутної форми з незалежно регульованими тривалістю й амплітудами імпульсів при прямій та зворотній полярності. При переході від синусоподібної форми струму до трапецеподібної і прямокутної тривалість зростання та спаду сили струму скорочується, завдяки чому збільшується час катодного очищення й створюються сприятливі умови для катодного руйнування оксидної плівки [18].

Прямокутна форма струму забезпечує різкі зміни силового впливу дуги з частотою, рівною зміні полярності струму. При зміні полярності струму проходить переміщення незруйнованих частинок оксидної плівки з нижньої у верхню частину зварної ванни під безпосередній вплив дуги [18].

Змінюючи параметри амплітудної й тимчасової асиметрії струму, одночасно впливають на глибину занурення дуги в розплавлений метал, інтенсивність його перемішування та ефективність катодного розпилювання.

Застосування асиметричного струму прямокутної форми сприяє виходу газів із зварної ванни та зменшенню пористості шва [18].

Для зварювання нових надлегких високоміцних алюмінієво-літієвих сплавів створені спеціальні технології, які дозволяють змінювати температурний баланс у зварній ванні за рахунок додаткового теплового впливу підігріванням присадного дроту або почергового подавання в зону зварювання аргону іі гелію [18].

Плазмодугове зварювання з використанням асиметричного змінного струму прямокутної форми широко використовується в літакобудуванні, космічній техніці. Наскрізне проникнення плазмової дуги сприяє ефективному руйнуванню оксидної плівки на торцях кромок по всій товщині зварюваного металу, забезпечуючи більш високу якість швів, ніж при звичайному аргонодуговому зварюванні [18].

Аргонодугове зварювання Al неплавким електродом виконують на змінному струмі з використанням осцилятора. При живленні дуги змінним струмом за рахунок катодного розпилення в напівперіоди, коли катодом є виріб, руйнується оксидна плівка [18].

У якості присадного металу використовують дріт такого ж хімічного складу як і основний метал. Зварювання виконують у всіх просторових положеннях без коливальних рухів електрода. Дугу запалюють на допоміжній графітовій пластині, а потім переносять електрод на зварювані кромки [18].

Для захисту дуги й електрода застосовують аргон першого та другого сорту. Довжина дуги не повинна перевищувати 1,5-2,5 мм, а тиск аргону встановлюється в межах 0,01-0,05 МПа. Подача аргону проводиться за 3-5 с до збудження дуги, а вимикання -- через 5-7 с після обриву дуги (забезпечується електромагнітним клапаном) [18].

При напівавтоматичному і автоматичному зварюванні неплавким електродом пальник розташовують вертикально, а присадний метал подається у плавильну зону так, щоб кінець дроту впирався на край зварної ванни [18].

Ручне та автоматичне зварювання трифазною дугою вольфрамовими електродами дозволяє проплавлювати без розчищання кромок за один прохід метал товщиною до 30 мм. При цьому зменшується пористість шва. Глибину провару регулюють зварювальним струмом і розташуванням електродів відносно осі шва. Послідовне розташування електродів відносно осі шва призводить до збільшення глибини провару і зменшення ширини шва, а поперечне -- до зменшення провару і збільшення ширини шва. При використанні присадного металу для зменшення забруднення металу шва використовують дріт більшого діаметра: 3-6 мм при ручному зварюванні і 2-4 мм при автоматичному зварюванні. Джерелом живлення трифазної дуги є два

стандартних однофазних трансформатора, з'єднаних трикутником, або спеціальний трансформатор [18].

4.5 Механізоване зварювання Al та його сплавів в Ar плавкими електродами

При зварюванні Al плавким електродом використовується постійний струм зворотної полярності. На прямій полярності горіння дуги нестабільне і ефект катодного розпилення не використовується. Суть катодного розпилювання полягає в тому, що при зварюванні на зворотній полярності проходить дроблення оксидної плівки AI_2O_3 з наступним розпиленням частинок оксиду на поверхні виробу. Оксидна плівка, яка покриває зварну ванну, руйнується під ударами важких і позитивних іонів захисного газу аргону, що утворюються при горінні дуги. Утворений потік іонів здатний дробити оксидні плівки Al й Mg. Інші гази, які мають меншу атомну масу, не здатні дробити та розпиляти оксиди. Механічний спосіб видалення оксидної плівки полягає в тому, що зварник занурює у зварну ванну сталевий пруток діаметром 3-4 мм і виймає його з оксидом, який прилипає до поверхні прутка. При струшуванні оксид легко відокремлюється від прутка. Орієнтовні режими напівавтоматичного аргонодугового зварювання Al плавким електродом наведені в табл. 4.2 [19].

Таблиця 4.2 – Орієнтовні режими напівавтоматичного аргонодугового зварювання Al плавким електродом

Тип з'єднання	Товщина металу, мм	Діаметр електродного дроту, мм	Зварювальний струм, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год. (1-10-3 м/с)	Витрата аргону, л/хв.	Кількість проходів
Стикове, без розчищання кромок	4-6 8-10 12	1,5-2,0 1,5-2,0 2,0	140-240 220-300 280-300	19-22 22-25 23-25	20-30 (5,6-8,4) 15-25 (4,2-6,9) 15-18 (4,2-5,0)	6-10 8-10 10-12	2 2 2

Стикове, з V-подібним розчищанням кромок, на підкладці	5-8 10-12	1,5-2,0 2,0	220-280 260-280	21-24 21-25	20-25 (5,6-6,9) 15-20 (4,2-5,6)	8-10 8-10	2-3 3-4
Стикове, з Х-подібним розчищанням кромок	10-16 20-25 30-60	2,0 2,0 2,0	280-360 330-360 330-360	24-28 26-28 26-28	20-25 (5,6-6,9) 18-20 (5,0-5,6) 18-20 (5,0-5,6)	10-12 12-15 12-15	2-4 4-8 10-40
Таврове, кутове, внапуск	4-6 8-6 20-30	0,5-2,0 2,0 2,0	200-260 270-330 330-360	18-22 24-26 26-28	20-30 (5,6-8,4) 20-25 (5,6-8,4) 20-25 (5,6-8,4)	6-10 8-10 12-15	1 2-6 10-40

При механізованому зварюванні для живлення дуги використовують джерела струму з жорсткою зовнішньою характеристикою. Збудження дуги виконується замиканням зварювального дроту на виріб. Робочий тиск аргону такий самий, як і при зварюванні неплавким електродом. Відстань між наконечником пальника і виробом установлюють у межах 5-15 мм [19].

4.6 Сутність процесу газового зварювання

У пальник з балону або ацетиленового генератора по шлангах подають горючий газ. На інший вхід пальника надходить кисень з балону. Після відкриття вентилів на пальнику з наконечника виходить суміш горючого газу та кисню (її підпалюють). Палаючу суміш газів називають зварювальним полум’ям [25].

Висока температура зварювального полум’я (до 3000 °С) при наближенні до крайок зварювального з’єднання та присадного дроту їх розплавляє. Суміш присадного дроту та основного металу формують зварювальну ванну. У свою чергу, суміш газів є засобом захисту зони зварювання від негативного впливу навколишнього середовища [25].

При переміщенні (газозварником) полум’я уздовж осі шва зварювальна ванна кристалізується та утворює зварювальний шов [25].

4.6.1 Обладнання для газового зварювання

Для газового зварювання використовуються спеціальні комплекти, що включають [24, 25] – рис. 4.1:

– балони для горючого газу і кисню;

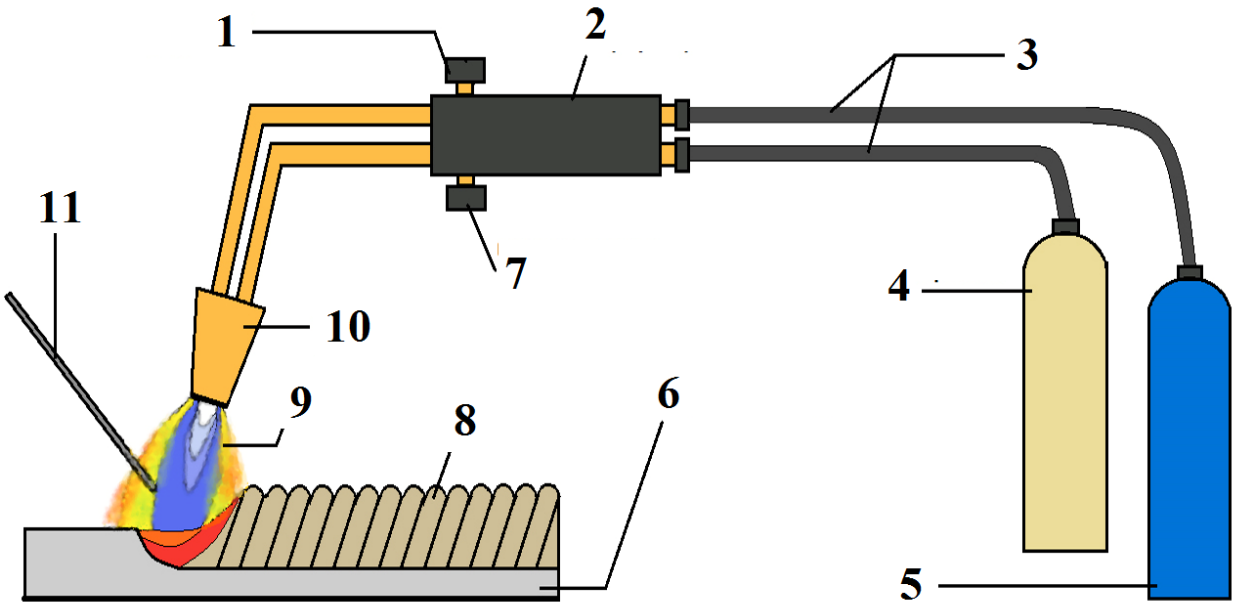
– гумові рукави (шланги);

– редуктори;

– присадний матеріал;

– газовий пальник.

Горючий газ можна отримувати з ацетиленового генератора.



1 – вентиль подачі кисню; 2 – корпус газового пальника; 3 – шланги подачі кисню та горючого газу; 4 – балон з горючим газом; 5 – балон з киснем; 6 – зварюваний виріб; 7 – вентиль подачі горючого газу; 8 – наплавлений метал; 9 – полум‘я газового пальника; 10 – сопло пальника; 11 – присадний матеріал

Рисунок 4.1 – Схема газового зварювання Al [24]

Полум'я в пальнику підтримують подачею горючого газу, змішаного з киснем. Шляхом регулювання розміру полум'я можна забезпечити плавний і повільний розігрів металу, що важливо для Al. Газове зварювання Al – менш

швидкісне зварювання порівняно з іншими видами, але воно здатне забезпечити високу якість [24].

Витратним матеріалом при газовому зварюванні є присадний пруток або дріт. Для виготовлення присадки використовують чистий Al або силумін з малим вмістом кремнію. При вмісті кремнію 4-6% забезпечується потрібна усадка і гарна текучість розплаву. При зварюванні сплавів Al з магнієм для присадки використовується аналогічний матеріал, але вміст магнію у ньому не повинен перевищувати 6%. При зварюванні дуралюміну застосовують присадку у вигляді прутків з дуралюміну або силуміну. Діаметр присадного прутка вибирається з урахуванням товщини зварюваного металу: при товщині Al до 3 мм діаметр прутка складає 2-3 мм, при товщині 3-5 мм – 3-4 мм, до 7 мм – 4-4, 5 мм [24].

Для захисту від окислення, що важливо з урахуванням надходження у зварену зону розігрітого O_2, застосовують флюс. При зварюванні Al та його сплавів зарекомендував себе флюс на основі фтористого або хлористого літію [24].

У складі якісних флюсів вміст цих солей становить 15-30%. Після завершення робіт залишки флюсу необхідно прибрати, так як він може привести до руйнування зварного шва [24].

4.6.2 Техніка і режими виконання газового зварювання

Є 2 способи газового зварювання – лівим і правим. Відмінності між ними у напрямку руху пальника і присадного дроту [25] – рис. 4.2.

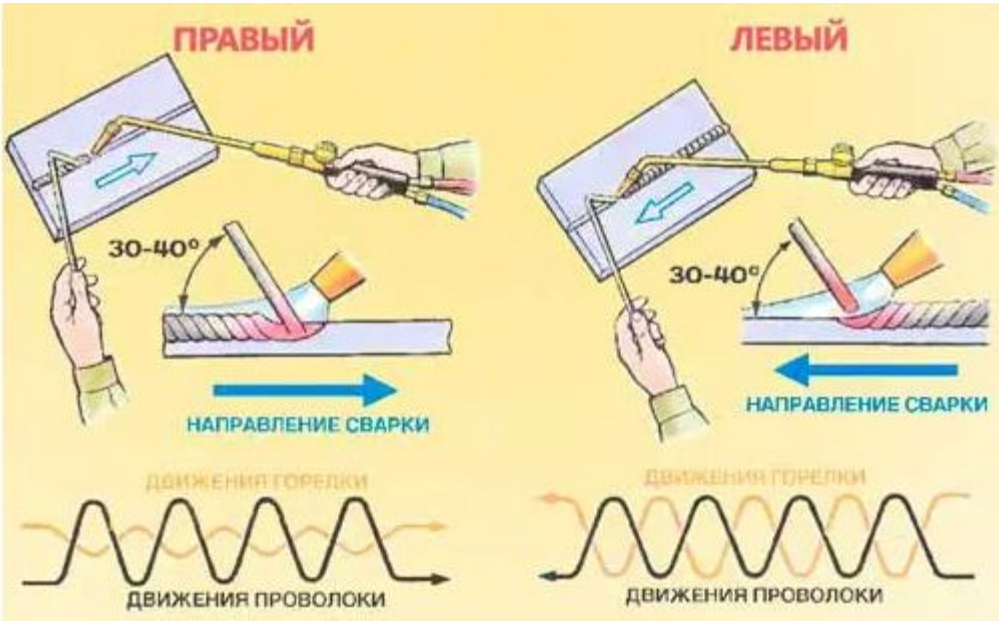


Рисунок 4.2 – Техніка газового зварювання правим і лівим способом [25]

При зварюванні правим способом пальник спрямовано у бік шва, що кристалізується. Переміщення – зліва направо (рис. 4.2).

Зварювання правим способом застосовують для деталей, товщиною > 3 мм. У деталей повинна бути оброблена крайок, а при великих товщинах кут обробки зменшують. Теплова енергія більше зосереджена, ніж при зварюванні лівим способом [36].

Якщо товщина деталі > 8 мм, проводять коливання мундштуком пальника. Деталі тонше зазначеної товщини можна зварювати без маніпуляцій мундштуком. Кінець присадного прутка потрібно тримати зануреним у зварювальну ванну, переміщати з пальником і виконувати спіралеподібні рухи [25].

При зварюванні лівим способом пальник спрямований у бік крайок. Напрямок зварювання – зліва направо. Цей спосіб застосовується для з'єднання деталей не товстіше 3 мм або для легкоплавких металів. Присадний дріт ведуть перед полум'ям, а його кінець знаходиться у відновлювальній зоні зварювального полум'я. При зварюванні даним методом факел полум'я гірше захищає метал від впливу навколишнього середовища [25].

4.6.3 Переваги та недоліки газового зварювання

Переваги [25]:

– незалежність від джерел електроенергії, що дозволяє застосовувати його у польових умовах;

– обладнання є мобільним і транспортабельним;

– при зварюванні тонколистових конструкцій важче пропалити метал.

Недоліки [25]:

– велика залежність від кваліфікації та досвіду зварювальника;

– низька продуктивність процесу, тому цей спосіб не застосовують для серійного виробництва;

– велика зона термічного впливу порівняно з іншими методами.

4.6.4 Вибір потужності полум'я і склад флюсів для газового зварювання

Особливе значення має правильний вибір потужності полум'я, так як плівка окису Al повністю закриває зварювальну ванну і не дає зварнику контролювати початок розплавлення металу. При занадто потужному полум'ї цей момент можна не помітити. Тоді у цьому місці утворюється наскрізне проплавлення металу, яке скрутно виправити. Залежно від товщини металу потужність полум'я при зварюванні Al і його сплавів повинна бути у межах згідно табл. 4.3 [27, 28]

Таблиця 4.3 – Потужність полум'я при зварюванні Al і його сплавів

Товщина металу, мм	0,5—0,8	1	1,2	1,5—2	3—4
Витрата ацетилену, $дм^3$ /год.	50	5	75—100	150—300	300—500

Флюс наносять на кромки і дріт у вигляді пасти або порошку. Склад флюсів наведено в табл. 4.4 [27, 28].

Хлористі солі, які входять до складу флюсу, наприклад, літію, віднімають кисень від окису алюмінію, утворюючи хлористий Al за реакцією [27, 28]:

$$6LiCl + Al_2O_3 = 2AlCl_3 + 3Li_2O.$$

Фтористі сполуки розчиняють у розплавленому стані окис Al. Усі флюси для зварювання Al, особливо ті, що містять сполуки літію, гігроскопічні (дуже поглинають вологу), і тому повинні зберігатися у банках, які герметично закриті (невеликими порціями згідно фактичної витрати флюсу на зварювання).

Залишки флюсу є причиною корозії шва, тому їх видаляють промиванням у гарячій воді. Щоб утворити захисну плівку на поверхні шва, його промивають 5 хв. 5%-ним розчином азотної кислоти з доданням 2% хромпіку [27, 28].

Видаляти плівку окису Al із зварювальної ванни можна без допомоги флюсу, наприклад, спеціальним скребком. Але цей спосіб вимагає великих навичок від зварника і при його недостатній кваліфікації призводить до потрапляння у шов плівок окису Al. А це спричинює несплавлення металу і появу дефекту шва у цьому місці. Тому завжди потрібно віддавати перевагу застосуванню флюсу для зварювання Al і його сплавів [27, 28].

Таблиця 4.4 – Склад флюсів для зварювання Al і його сплавів

Марка флюсу	**Склад, %**	**Призначення**
АФ-44, реактивний "ч" технічний, АМТУ 219-60	Хлористий калій 55 Хлористий натрій 28 Хлористий літій 14 Фтористий натрій 3	Для газового зварювання Al та його сплавів
АН-А201, реактивний "ч" ТУ 17-61	Хлористий літій 15 Фтористий літій 15 Хлористий барій 70	Для газового зварювання алюмінієво-магнієвих сплавів
АН-4А, реактивний "ч" ТУ 20-61	Фтористий літій 30 Фтористий натрій 70	Те саме
ВАМИ, технічний ТУ 18-61	Хлористий калій 50 Хлористий натрій 30 Кріоліт 20	Для газового зварювання Al та його сплавів
КМ-1, технічний	Хлористий калій 45 Хлористий натрій 20	Для газового зварювання жил алюмінієвого кабелю

	Хлористий барій 20 Фтористий натрій 15	
ВФ-156 (ВФС-1), реактивний "ч" ТУ 21-62	Фтористий магній 24,8 Фтористий барій 33,8 Фтористий літій 19,0 Фтористий кальцій 14,8 Окис магнію 4,8 Кріоліт 2,8	Для газового зварювання легких сплавів на магнієвій основі

Кут нахилу мундштука до поверхні металу ≤45°. Щоб закріпити кромки роблять попередню прихватку. Допускають проковування шва у холодному стані. Литий Al зварюють ділянками по 50-60 мм з попереднім підігріванням до 200-250 °С. Після зварювання для одержання і збереження дрібнозернистої структури лиття відпалюють при 300-350 °С з наступним повільним охолодженням [28].

Ацетиленовий генератор — це апарат, призначений для одержання ацетилену шляхом взаємодії карбіду кальцію з водою. Воду використовують у декілька разів більше, ніж необхідно для проведення реакції, оскільки вона проходить із більшим виділенням тепла. Кожний ацетиленовий апарат повинен мати паспорт установленої форми, інструкцію для експлуатації й сертифікат безпеки. Ацетиленові генератори класифікують за наступними ознаками:

– за продуктивністю — від 0,5 до 160 м³/год.;

– за тиском вироблюваного ацетилену — низького (до 10 кПа) і середнього (від 70 до 150 кПа) тиску;

– за способом переміщення — пересувні й стаціонарні;

– за системою регулювання взаємодії карбіду кальцію з водою — з кількісним регулюванням взаємодіючих речовин і погодинним регулюванням, тобто регулюванням тривалості контакту.

Малогабаритний пересувний ацетиленовий генератор АСП-15 (крихітка) із захисним пристроєм сухого типу призначений для одержання газоподібного ацетилену з карбіду кальцію й води.

Застосовується для живлення ацетиленом апаратури газополуменевої обробки металів (зварювання, пайки, різання, напилювання) при температурі навколишнього повітря від -10 °С до +40 °С [29].

Ацетиленовий генератор АСП-15 наведено на рис. 4.3.

Рисунок 4.3 – Малогабаритний пересувний ацетиленовий генератор АСП-15

5 Автоматичне аргонодугове наплавлення відновлюваної кришки проміжних шестірень (операція 020)

5.1 Загальні відомості про наплавлення

Наплавлення – нанесення за допомогою зварювання шару металу на поверхню виробу [30]. При відновленні чи ремонті наплавлення виконують приблизно тим самим металом, з якого виготовлена деталь, але таке вирішення не завжди доцільне. Інколи при виготовленні нових виробів (і при ремонті) краще на поверхні отримати метал, який не такий, як метал деталі.

Деколи умови експлуатації поверхневих шарів відрізняються від умов експлуатації всього останнього матеріалу деталі. Наприклад, якщо виріб повинен визначати загальну міцність, що залежить від властивості металу та його перетину, то верхні шари додатково будуть працювати на абразивно-ударний чи абразивний знос (зубці ковшів землерийних пристроїв, жолоби валків канатно-підіймальних машин, напрямні станин тощо). Умови експлуатації можуть ускладнюватися підвищеною *t*, корозійною дією оточуючого середовища (солоної чи морської води, різних реагентів у хімічних виробництвах тощо) [30].

Наприклад, поверхні ущільнювачів засувок чи валків гарячого плющення, клапани двигунів і т.д.. Інколи такі вироби виготовляють з металу, що забезпечує вимоги до надійності роботи його поверхонь. Але це не завжди найкраще чи економічне рішення. Часто доцільніше увесь виріб виготовити з дешевшого металу для конкретних умов експлуатації, а лише на поверхнях з особливими умовами експлуатації мати необхідний за товщиною шар іншого матеріалу. Деколи це досягають поверхневим зміцненням (ХТО, гартуванням, електроіскровою чи іншою обробкою), наплавленням шарів значної товщини на поверхню деталі, нанесенням тонких поверхневих шарів (металізацією, напиленням тощо) [30].

При відновленні деталей є наступні способи [30]:

– наплавлення під шаром флюсу (32 %);

– наплавлення у середовищі вуглекислого газу (20 %);

– вібродугове наплавлення (12 %);

– наплавлення порошковим дротом без захисту (10 %);

– плазмове наплавлення (1,5 %);

– електрошлакове наплавлення (1,5 %);

– інші способи (решта).

Наплавлення проводять нанесенням розплавленого металу на поверхню деталі, яка нагріта до оплавлення або до *t* змочування наплавленим рідким шаром. Цей шар утворює металевий зв'язок з основним металом При цьому, хімічний склад наплавленого шару буде відрізнятися від шару основного металу. Товщина наплавленого шару 0,5-10 мм і більше [30].

Властивості шару наплавленого металу залежать від його хімічного складу, що визначається складом основного і додаткового металів та відсотком їх вкладу в утворення шва. Вплив розбавлення шару основним металом тим нижчий, чим менше доля основного металу, який приймає участь у формуванні поверхні. Тому коли треба мати у наплавленому шарі склад, який максимально наближається до складу наплавлюваного металу, прагнуть до мінімального проплавлення основного металу (до зменшення частки основного металу у металі шва) [30].

При багатошаровому наплавлянні склад наступного шару відрізняється, так як різна доля участі основного металу в утворенні наплавленого шару. Якщо при наплавлянні 1-го шару основний метал бере безпосередньо участь у формуванні шва, то при наплавлянні 2-го і наступних шарів він побічно бере участь. При наплавлянні великого числа шарів склад металу поверхневого шару буде ідентичним додатковому наплавлюваному металу [30].

Доля участі основного металу у формуванні наплавлюваного шару залежить від способу і режиму наплавляння. Дугові методи наплавляння відрізняються тепловою підготовкою основних наплавлюваних металів. Наприклад, при плазмовому наплавлянні з струмопровідним присадним дротом тепловкладення здійснюються у присадний дріт, а основний метал підігрівається остигаючими потоками плазми дуги і теплотою перегрітого рідкого наплавлюваного металу. Навпаки, при дузі прямої дії, коли на основному металі розташовують катодну чи анодну пляму дуги, обмежити розплавляння основного металу важче, особливо при високому зосередженні

дугового розряду (збільшенні щільності струму в електроді, зменшенні діаметра плавкого електрода).

Розосередження тепловкладення в основний метал (при стрічковому електроді, коли дугу переміщують по торцю стрічки від одного кінця до іншого та вона виникає одночасно в декількох місцях) помітно знижує долю основного розплавлюваного металу. При ручному дуговому наплавлянні покритими електродами (при механізованому наплавлянні плавким електродним дротом під флюсом чи у захисних газах) частка основного металу в наплавленому шарі γ не може бути знижена менше, ніж до 0,2 мм [30].

Аналогічно впливає застосування при наплавленні, яке виконують під флюсом або у захисних газах, спресованої з порошків електродної стрічки, порівняно з прокатною. Менша теплопровідність спресованої стрічки та її більший електричний опір приводять до швидшого її розплавлення та зменшення долі основного металу в наплавленому шарі [30].

Широке застосування мають плазмові методи напилення та наплавлення. Найбільше застосування має плазмово-порошкове наплавлення, при якому забезпечують високу якість наплавленого металу, малу глибину проплавлення основного металу (при високій міцності зчеплення), можливість наплавляти тонкі шари [30].

При наплавленні комплексно вирішують складні питання:

– обрання матеріалу, який забезпечує відповідність умовам експлуатаційні властивості;

– можливість наплавляння матеріалу безпосередньо на основний метал виробу або вибір матеріалу для наплавляння підшару;

– обрання способу і режиму наплавляння, форми та методів виготовлення наплавлювальних матеріалів;

– обрання термічного режиму для наплавляння;

– інтенсифікації охолоджування наплавлювального виробу;

– обрання подальшої термічної обробки [30].

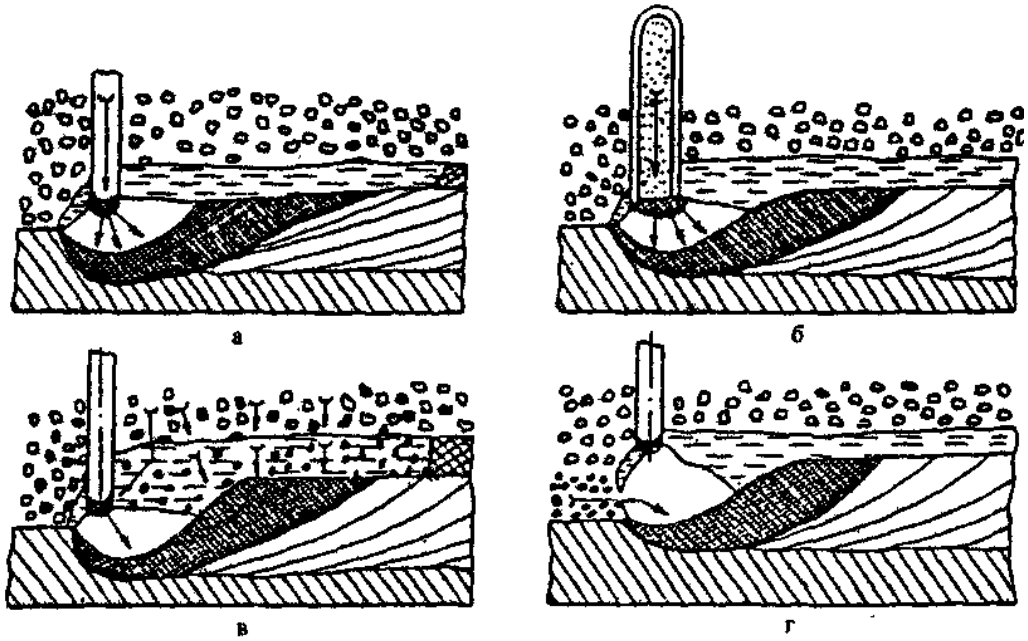
5.2 Особливості легування, структуроутворення та формування властивостей

Наплавленням називають нанесення шару металу на поверхню виробу за допомогою зварювання. Це один з найбільш поширених способів підвищення зносостійкості та відновлення деталей і конструкцій [30].

При наплавленні у більшості випадків застосовують відомі способи зварювання. Спеціальні властивості наплавленого металу забезпечуються за рахунок легування, тобто введення в його склад відповідних елементів у потрібній кількості [30].

Найбільш розповсюдженим є легування наплавленого металу за рахунок введення в зону дуги (зварювальну ванну) металів, сплавів і металоподібних сполук у вигляді різних карбідів і інтерметалідів [30].

Можливості характерних методів легування показано на прикладі електродугового наплавлення під флюсом (рис. 5.1).



а – легований дріт й нелегуючий флюс; б – порошковий дріт й нелегуючнй флюс; в – нелегований дріт й легуючий флюс; г – нелегований дріт, флюс та легуюча присадка (порошок, пруток або паста на поверхні деталі – стрілками показано прихід легуючих елементів до ванни)

Рисунок 5.1– Основні методи легування при наплавлянні під флюсом [30]

Легування здійснюється за рахунок:

– застосування легованого дроту або стрічки (у тому числі і спеченої стрічки) в поєднанні з плавленим флюсом;

– введення легуючих домішок через стрічку чи дріт з використанням конструкції наплавного матеріалу (порошкові стрічки й дроти, активований та дріт з армованим легуючим покриттям тощо) при поєднуванні з флюсом (плавленим);

– вживання легуючого флюсу (суміш феросплавів з поєднанням низьковуглецевого дроту чи стрічки, керамічний флюс);

– впровадження легуючих інгредієнтів з фіксованої (нерухомої) присадки у вигляді спеціальних стрічок, порошків або паст, прутків шляхом їх розплавлення електродом (низьковуглецевим, під плавленим флюсом).

Але жоден з цих способів не вживається ізольовано – це комбінація різних методів: електродний матеріал взаємодіє зі шлаком через обмінні реакції. Це призводить до часткового переходу Si і Mn з розплавленого флюсу у ванну через їх відновлення з флюсу та окислів, [30].

При усіх цих методах легування зміна параметрів наплавляння впливає на рівень легування наплавленого матеріалу. Характер та величина рівня легування залежать від того як надходять легуючі елементи у ванну – з флюсу чи електродного матеріалу [30].

При застосуванні легуючого флюсу деяка доля домішок вноситься електродним матеріалом, а при застосуванні легуючих компонентів з нерухомої присадки на склад наплавленого матеріалу впливають як флюс, так й електродний метал. Усе визначається вихідною концентрацією елементів та ступенем їх засвоєння деталлю на стадіях краплі та ванни [30].

Затрати легуючих елементів електрода залежать від випаровування у реакційній зоні та окислювальними реакціями між металом та шлаком [30]:

$$[Me] + (RO) \Leftrightarrow (MeO) + [R] \qquad (5.1)$$

Ступінь окислення має залежність від концентрації окислювача, спорідненості металу до кисню, присутності розкислювачів, умов контакту фаз, кінетики реакцій та ін. факторів. Велика температура та перемішування

сприяють сильній взаємодії металу у ванні та у краплинах. Але при механізованому наплавлянні під флюсом велика частина розплавленого шлаку без контакту з краплинами стікає у ванну (більше 30-40 с). Це впливає на ступінь завершеності реакцій [30].

Основна особливість легування металу при наплавлянні порошковим дротом – внутрішнє (відносно електродного металу) розміщення легуючих елементів дроту (рис. 5.2). Тому взаємодія металевих присадок з шихтою (її окислювальними компонентами) існує не так інтенсивно, а шихта серцевини контактує слабше з металом оболонки, порівняно з наплавленням покритими електродами. Якщо реакції пройшли на глибину ефективного шару A, то можна визначити частку шихти, що взаємодіє з краплями (коефіцієнт переходу на стадії краплі) [30]:

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{r_2}{r_2}\right)^2 = 1 - \left(\frac{r - \Delta}{r_1^2}\right)^2 = \frac{\Delta}{r_1}\left(2 - \frac{\Delta}{r_1}\right). \qquad (5.2)$$

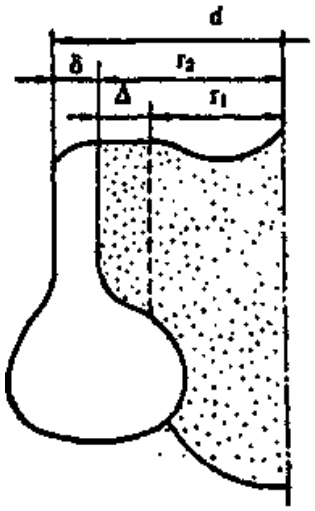


Рисунок 5.2 – Контактування крапель металу оболонки порошкового електроду з шихтою [30]

Тут ε характеризує масообмін шихти з розплавленим електродним матеріалом (на стадії краплі [30]):

$$\varepsilon = \frac{C_к - C_0}{K_ш C_ш [1 - (C_к - C_0)]}, \tag{5.3}$$

де $C_к$, C_0, $C_ш$ – концентрації елемента в краплях, оболонці і шихті відповідно;

$K_ш$ – відносна маса шихти (відношення маси шихти до маси оболонки дроту).

Якщо $C_0 = 0$, то

$$\varepsilon = \frac{C_к}{K_ш C_ш (1 - C_ш)}. \tag{5.4}$$

Залежність Δ та ε від розмірів дроту та параметрів режиму:

$$\Delta_0 = 0{,}16 + \frac{10}{i + 27}; \tag{5.5}$$

$$\varepsilon = A + \frac{B}{1 - C} - \frac{D}{(1 - C)^2}, \tag{5.6}$$

де $A = \frac{1}{r_1}\left(0{,}32 - \frac{0{,}0256}{r_1}\right)$; $B = \frac{1}{r_1}\left(20 - \frac{3{,}2}{r_1}\right)$; $D = \frac{100}{r_1^2}$

Величина Δ_0 встановлює зв'язок коефіцієнта переходу з основним параметром дроту та режиму (не залежить від вмісту легуючих елементів та їх виду). Значення ε виростають при зменшенні густини струму та підвищенні безрозмірного відношення Δ/r_1.

Склад наплавленого металу, що не містить домішок основного [30]:

$$C_н = (x_1 c_1 \eta_1 + x_2 c_2 \eta_2 + \ldots + x_n c_n \eta_n) k_з \frac{G_{ел}}{G_н}, \tag{5.7}$$

де $k_з = G_{ших}/G_{ел}$ – коефіцієнт заповнення електроду;

η_i – коефіцієнт переходу елементу з електроду у наплавлений метал;

x – частинка елементу у шихті;

$G_н$, $G_{ших}$, $G_{ел}$ – маса наплавленого металу, електроду та шихти (загальна маса шихти та відповідно оболонки).

Процес прямого легування вимагає введення у ванну потрібної кількості окислів легуючих елементів й розкислювачів, що призведе до пониження температури краплин і ванни, порушення та уповільнення ходу реакцій, нерівномірного розподілу елементів у валику. У наш час використовується крім основного й додаткове джерело тепла (термітна реакція). Якщо ввести термітну суміш у склад порошкового дроту, то забезпечується рівномірне розплавляння оболонки та серцевини деталі. Через тепло екзотермічної реакції, конвективного теплообміну з ванною, випромінювання дуги проходить розплавляння серцевини і запобігається перехід її твердих частинок у ванну [30].

На якість наплавленого шару має вплив характер проплавляння основного металу – це визначає ступінь перемішування наплавленого металу з основним. Підвищення частки основного металу у наплавленому понижує ефективність легуючих елементів наплавленого металу [30].

Долю основного металу у наплавленому визначають як відношення площі проплавлення основного металу F_0 до площі усього перерізу валика (включаючи площу перерізу наплавленої частини валика $F_н$, :

$$\gamma = \frac{F_0}{F_0 + F_н}. \tag{5.8}$$

Геометричні характеристики наплавленого валика приведено на рис 3.3 [30].

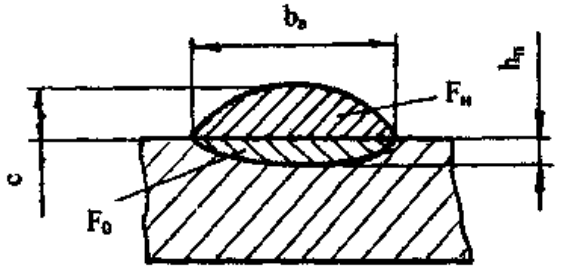


Рисунок 3.3 – Геометричні характеристики наплавленого валика

Форма валика охарактеризовується шириною проплавляння $b_в$, глибиною $h_п$, висотою c та коефіцієнтом форми x:

$$x = \frac{b_п}{h_п}. \tag{5.9}$$

Під час дугових процесах наплавляння ці характеристики залежать від погонної енергії наплавляння:

$$q = 0{,}24UI\eta_1 / w_н. \tag{5.10}$$

Переріз наплавленого валика прямо залежить від погонної енергії. Якщо подати площу перерізу валика $F_н$ у мм^2, то:

$$\frac{q}{w_н} \approx 150F_н \ кал/см. \tag{5.11}$$

При наплавлянні валика на масивну пластину довжина зварювальної ванни [30]:

$$L_1 = \frac{IU\eta_1}{2\pi\lambda T_{пл}}. \tag{5.12}$$

Так як оптимальний склад наплавленого матеріалу відрізняється від складу основного, то потрібно обмежити долю участі основного металу у валиках [30].

Вираз (5.12) враховує більше число факторів. наплавляння:

$$\gamma = \frac{1}{1 + (G_н w_н)/(kq_{еф})}, \tag{5.13}$$

де $G_н$ – масова швидкість наплавляння;

$w_н$ – швидкість переміщення джерела нагріву;

$q_{еф}$ – ефективна теплова потужність джерела;

k – коефіцієнт коригування.

Мінімальна необхідна кількість шарів п, коли виключається розбавлення наплавленого металу основним [30]:

$$G_n = C_{нм} - C_{нм}\gamma^n, \tag{5.14}$$

де C_n – концентрація елементів в n – шарі;

$C_{нм}$ – концентрація легуючих елементів у наплавленому металі, що не містить домішок основного;

n – кількість наплавлених шарів.

Відомо, що при частці участі $\gamma < 0{,}20$ кількість шарів $n_{min} = 2$. Таких значень γ має при наплавлянні порошковим дротом чи дротом суцільного перерізу, стрічковими електродами, за наступними схемами: багатоелектродна, багатодугова або з коливаннями електроду, плазмовим наплавлянням з подачею легуючих порошків або струмоведучим присадковим дротом [30].

5.3 Аргонодугове наплавлення прутками зі сплаву сормайт

Присаджувальні прутки зі сплаву сормайт мають наступні умовні позначення:

– Пр-С27 (тип ПрН-У39Х28Н4С3);

– Пр-С27 (тип ПрН-У45Х28Н2СВМ) ДСТ 21449-75 [31].

Вони призначені для дугового наплавлення неплавким електродом або ацетилено-кисневого виробів, що працюють в умовах абразивного зношення [31].

Перед наплавлянням поверхня виробу очищається від окалини та забруднень. Установлюється у горизонтальне положення та виконується попередній підігрів до 400-500°С в печах чи пальниками. Аргонодугове наплавляння проводять постійним струмом прямої полярності АС при конічному заточуванні вольфрамового електроду і витраті газу 6-8 л/хв.

Наплавляння деталей малих і середніх розмірів виконують лівим способом. Деталі великих розмірів для досягнення високої швидкості наплавляють правим способом – зліва направо. Наносять вузькі валики або валики шириною 2-3 діаметра присаджувального прутка. Дуже велика амплітуда коливань призводить до утворення пор. Охолодження наплавлених деталей виконують у печах (накривають азбестовою тканиною або занурюють у пісок [31]).

Твердість наплавлення дугою у середовищі аргону менша, чим твердість при наплавленні ацетиленокисневим полум'ям. Сплави на основі WCo або WCr дають високу стійкість при абразивному зношуванні [31].

Техніка й технологія наплавляння сплавів на основі карбідів повинна забезпечувати їх мінімальну розчинність в основному металі. Застосовується дугове, газове, індукційне та пічне наплавляння. Також використовують наплавляння литим карбідом вольфраму (релітом). Для цього використовується реліт у вигляді:

– зерен (реліт-З);

– сталевих трубок, заповнених релітом (реліт-ТЗ);

– сталевої стрічки, заповненої релітом (реліт АН-ЛЗ [31]).

5.4 Автоматичне наплавлення під флюсом порошковим дротом у середовищі захисних газів та інші види наплавлення

Наплавлення виконують способами ручними та механізованими. З механізованих найчастіше використовується наплавляння під шаром флюсу, вібродугове й електроімпульсне, у середовищі захисних газів, струмами високої частоти, відкритою дугою, електрошлакове та спеціальні способи наплавляння композиційних та кольорових сплавів [32].

Наплавляння неплавким та плавким електродами у середовищі захисних газів механізує процеси у будь-якому просторовому положенні наплавлюваної площини. Захисними газами служать Ar, Ge, CO_2 та ін. Аргон використовується для наплавляння нержавіючих, жароміцних та інших сталей і кольорових металів. Вуглекислий газ використовується для наплавляння вуглецевих та легованих сталей. При автоматичному наплавлені у середовищі CO_2 у 3-4 рази підвищується продуктивність і на 30-40% знижується собівартість відновлення

виробів у порівнянні з ручним дуговим наплавлянням. Наплавляння вольфрамовим електродом проводять у середовищі аргону. Властивості наплавленого металу забезпечують використанням присаджувального дроту спеціального складу [32].

Наплавляння дротами Св-08А, Нп-30, Нп-40, Нн-60, Нп-30ХГСА під шаром плавлених флюсів (АН-348А, ОСЦ-45) забезпечує твердість НВ 187-300. Використання керамічних флюсів (АНК-18, ШСН) із зазначеними дротами дозволяє підвищити твердість до (HRC-40-55) без термообробки [33]. Мінімальний однобічний припуск на механічну обробку при відновленні деталей аргонодуговим наплавленням складає 0,4-0,6 мм [33].

Наплавлювальний дріт для алюмінію AlSi-5 (ER-4043) — аналог дротів Св-АК5, Св-АК6. AlSi-5 (ER-4043) — призначена для зварювання й наплавлення алюмінію й алюмінієвих сплавів, які містять кремній (Si) до 5%. Алюмінієвий дріт широко застосовується для аргонодугового наплавлення Al-Si; Al-Si-Mg сплавів [34] в якості присадкового матеріалу.

Особливість наплавлення полягає в тому, що застосовуваний змінний струм спеціальної характеристики забезпечує катодне розпилення оксидів на поверхні наплавлюваної деталі [35].

Висновки по роботі

Розглянута загальна характеристика ГРМ автомобіля ЗіЛ-4331 (конструкція двигуна ЗіЛ-4331 та будова його ГРМ). Кришка проміжних шестірень є його складовою нерухомою частиною. Вона призначена для захисту від зовнішнього середовища проміжних шестірень двигуна.

Наведено дослідження матеріалу кришки проміжних шестірень ГРМ, а саме:

– загальні відомості про алюміній;

– класифікація алюмінієвих сплавів;

– особливості сплаву АК9ч;

– силуміни й інші алюмінієві сплави для фасонного лиття.

Розроблено технологічний процес (ТП) відновлення кришки проміжних шестірень. Матеріалом її виготовлення є доевтектичний алюмінієвий ливарний сплав (силумін) АК9ч (колишній АЛ-4) ДСТ 1583-89, додатково легований магнієм (0,25-0,5%). Виливок у сиру піщану форму, без термообробки (попереднього загартування): штучне старіння протягом 10 год. при 180 °С. Механічні властивості сплаву АК9ч: $\sigma_в \geq 180$ МПа, $\delta \geq 2$ %, НВ 70.

Для газового зварювання кришки проміжних шестірень (операція 015) використовують спеціальні комплекти, що включають:

– балони для горючого газу і кисню;

– гумові рукави (шланги);

– редуктори;

– присадний матеріал;

– газовий пальник.

Горючий газ отримується з ацетиленового генератора АСП-10.

У пальник з ацетиленового генератора по шлангах подають горючий газ (ацетилен), витрата якого – 300-500 дм^3/год. На інший вхід пальника надходить кисень з балону. Після відкриття вентилів на пальнику з наконечника виходить суміш горючого газу та кисню (її підпалюють).

Висока температура зварювального полум’я (до 3000 °С) при наближенні до крайок зварювального з’єднання та присадного прутка їх розплавляє. Суміш присадного прутка та основного металу формує зварювальну ванну. У свою

чергу, суміш газів є засобом захисту зони зварювання від негативного впливу навколишнього середовища. Діаметр присадного прутка 4-4,5 мм.

Флюс наносять на кромки і дріт у вигляді пасти або порошку. Марка флюсу: АН-4А, реактивний "ч", ТУ 20-61 (фтористий літій – 30%).

Залишки флюсу є причиною корозії шва, тому їх видаляють промиванням у гарячій воді. А щоб утворити захисну плівку на поверхні шва, його промивають 5 хв. 5%-ним розчином азотної кислоти з доданням 2% хромпіку.

При переміщенні (газозварником) полум’я уздовж осі шва зварювальна ванна кристалізується та утворює зварювальний шов. Кут нахилу мундштука до поверхні металу ≤45°.

Зварювання проводять правим способом (коливання мундштуком пальника) – кінець присадного дроту тримають зануреним у зварювальну ванну, переміщають з пальником і виконують спіралеподібні рухи.

Кришки проміжних шестірень зварюють ділянками по 50-60 мм з попереднім підігріванням до 200-250 °С. Після зварювання для одержання і збереження дрібнозернистої структури лиття відпалюють при 300-350 °С з наступним повільним охолодженням.

Аргонодугове наплавлення кришки проміжних шестірень (операція 020) проводять постійним струмом прямої полярності АС при витраті газу 6-8 л/хв.

Кришки для досягнення високої швидкості також наплавляють правим способом – зліва направо. Наносять вузькі валики шириною 2-3 діаметра присаджувального прутка. Охолодження наплавлених деталей виконують у печах (накривають азбестовою тканиною або занурюють у пісок). В якості присадного матеріалу служить наплавлювальний дріт AlSi-5 (ER-4043). Мінімальний однобічний припуск на механічну обробку складає 0,4-0,6 мм.

Список літератури

1. ЗіЛ-4331 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/ЗИЛ-4331

2. Двигун ЗіЛ-4331. Конструкція й догляд [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ustroistvo-avtomobilya.ru/dvigatel/dvigatel-zil-130-konstruktsiya-i-uhod/

3. Будова газорозподільного механізму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1880200/tehnika/naznachenie_ustroystvo_printsip_raboty_gazoraspredelitelnogo_mehanizma

4. Порядок регулювання клапанів на ЗіЛ 130 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://retrotruck.ru/diagnostika/poryadok-regulirovki-klapanov-na-zil-130.html

5. Матеріалознавство: алюміній та алюмінієві сплави [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://palladium.ru/podderzhka/stati/materialovedenie-alyuminiy-i-alyuminievye-splavym/

6. Мікроскопічне дослідження структури кольорових металів. Мікроструктура алюмінієвих сплавів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://old.kafvp.kpi.ua/media/labi/lr_matznav_tkm_6.pdf

7. Особливості сплаву АК9ч [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/alu/AL4

8. Сплав АК9ч (АЛ4) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://evek.org/materials/splav-ak9ch-al4.html

9. Марочник сталі та сплавів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1376

10. Склад – структура – властивості кольорових металів і сплавів, полімерних матеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://core.ac.uk/download/pdf/143993389.pdf

11. Алюмінієві сплави [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studfile.net/preview/9750953/page:32/

12. Картер двигуна зі сплаву АЛ4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vikidalka.ru/2-154200.html

13. Матеріалознавство в машинобудуванні: навчальний посібник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://fizmat.7mile.net/materialoznavstvo/index.html

14. Дідик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера. − Д.: Національний гірничий університет», 2013. − 196 с. – Режим доступу: http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/3539/CD215.pdf?sequence=1&isAllowed=y

15. Основні труднощі зварювання Al та його сплавів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1747307/tovarovedenie/osnovni_trudnoschi_zvaryuvannya_alyuminiyu_yogo_splaviv

16. Матеріали для зварювання Al та його сплавів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1747308/tovarovedenie/materiali_zvaryuvannya_alyuminiyu_yogo_splaviv

17. Ручне дугове зварювання Al покритими електродами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1747309/tovarovedenie/ruchne_dugove_zvaryuvannya_alyuminiyu_pokritimi_elektrodami

18. Аргонодугове зварювання алюмінію вольфрамовим електродом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1747310/tovarovedenie/argonodugove_zvaryuvannya_alyuminiyu_volframovim_elektrodom

19. Механізоване зварювання алюмінію та його сплавів в аргоні плавкими електродами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1747311/tovarovedenie/mehanizovane_zvaryuvannya_alyuminiyu_yogo_splaviv_argoni_plavkimi_elektrodami

20. Газове зварювання алюмінію і його сплавів пальником [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://stroyka-gid.com.ua/enziklopedia-znan/12567-gazove-zvaryvana-aluminiy.html

21. Технологія і режим газового зварювання алюмінію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://um.co.ua/8/8-9/8-93461.html

22. Зварювання алюмінію і його сплавів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://obrobka.pp.ua/416-zvaryuvannya-alyumnyu-yogo-splavv.html

23. Основи зварювання алюмінію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://inmach.ua/articles/basics-welding-aluminum/

24. Чим краще варити алюміній [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.top-home-tips.com/1137811-the-best-way-to-cook-aluminum

25. Газове зварювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zvarka.info/gazove_zvaryuvannya/

26. Які є варіанти зварювання алюмінію та його сплавів? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rem-bud.in.ua/poradi/yaki-ye-varianti-zvaryuvannya-alyuminiyu-ta-jogo-splaviv.html

27. Зварювання алюмінію і його сплавів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kazedu.com/referat/174277/4

28. Особливості та режими зварювання різних металів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://xreferat.com/76/1855-2-osoblivost-ta-rezhimi-zvaryuvannya-r-znih-metal-v.html

29. Ацетиленовий генератор АСП-15 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://svarka-trading.com.ua/catalog/gazosvarochnoe_oborudovanie/generatory_atsetilenovye/664/

30. Наплавлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studfile.net/preview/7002601/

31. Аргонодугове наплавлення прутками із сплаву сормайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1623299/tovarovedenie/osoblivosti_tehnologiyi_naplavlennya_metaliv_riznih_tipiv

32. Автоматичне наплавлення під флюсом, порошковим дротом, в середовищі захисних газів та інші види наплавлення [Електронний ресурс]. –

Режим доступу: https://studwood.net/1623301/tovarovedenie/avtomatichne_naplavlennya_flyusom_poroshkovim_drotom_seredovischi_zahisnih_gaziv_inshi_vidi_naplavlennya

33. Левкович М.Г. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, М.Я. Сташків, М.Д. Сіправська. – ТНТУ: Тернопіль, 2021. – 89 с.

34. Зварювалний дріт для алюмінію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kievsvarka.com.ua/p228144828-svarochnaya-provoloka-dlya.html

35. Аргонно-дугове наплавлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://um.co.ua/6/6-8/6-84356.html

Додатки

Додаток А

Графічне забезпечення дипломної роботи

ГОСТ 3.1404-86 Форма 2

Дубл.															
Взам.															
Подпись					Инв.	Лист	N докум	Подпись	Дата						
										Листов 3			Лист 1		
Разработал	Євчун			ХНУ, МТВАс-19-2											
Проверил	Рудик														
Н. контр.															

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
	АК9ч ДСТ 1583-89						

Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ

Р		ПИ	D или B	L	t	i	s	n	V
01	035 Свердлувальна								
02	Верстат 2Н-135								
03									
04	1. Отвір свердлувати у розмір $d = 9{,}8^{+0{,}1}$.								
05	Втулка 6100-0142 ДСТ 13598-88; кондуктор, верстат 2Н-135, свердло 3451-7365 ДСТ 2385-88								
06	Нутромір НИ 10-18-2 ДСТ 868-82;								
07			ф 6,3	45		1	0,1	710	14
08									
09	2. Перехід 1 для наступного отвору повторити.								
10									
11	3. Кондукторну плиту зняти.								
12									
13	4. Отвір розгорнути (шершавість Ra = 1,6).								
ОК	Операційна карта								

Операційна карта 035 Свердлувальна

Зм. Арк. №докум. Підпис Дата

ДРМТВА 22.19069.000. ПЗ

Арк.

Зм. Арк. №докум. Підпис Дата

Дубл.
Взам.
Подпись

Изм.	Лист	N докум	Подпись	Дата

Листов 3 | Лист 2

Р															
01															
02									ПИ	D или B	L	t	i	s	n	V
03	Розгортка 2363-2072ВК М8 ДСТ 1174-88, зразок шершавості 1,6-ШЧП ДСТ 9378-79,															
04																
05																
06	5. Перехід 4 для наступного отвору повторити.															
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
ОК																

ДРМТВА 22.19069.000. ПЗ

Арк.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

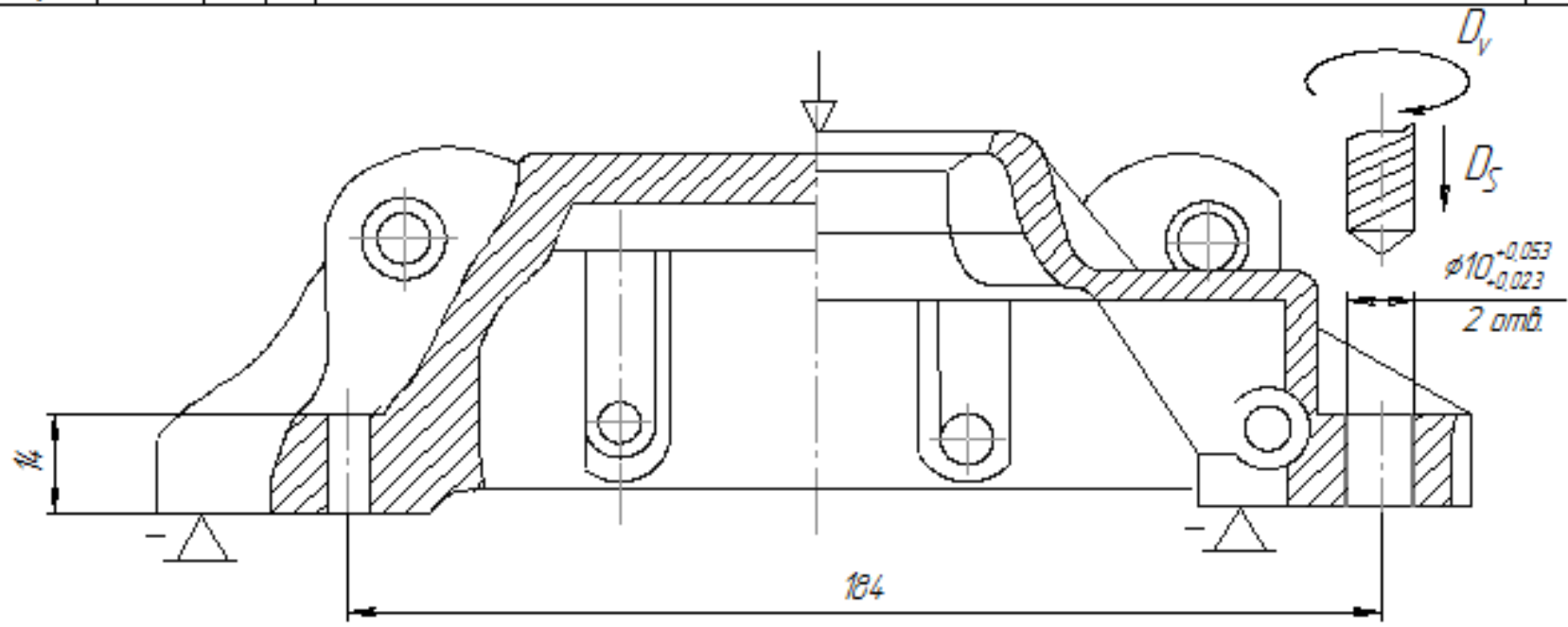
ДРМТВА 22.19069.000. ПЗ

Арк.

Дубл.														
Взам.														
Подпись					Изм.	Лист	N докум.	Подпись	Дата					

Листов 2 | Лист 2

Разработал	Євчун			ХНУ, МТВАс-19-2
Проверил	Рудик			
Н. контр				



КЕ	Вертикально-свердлувальна