

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра прикладного матеріалознавства і технології
конструкційних матеріалів**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки втулки насосу типу КСВ

Виконав:

студентка
Масалітова Катерина Іванівна

Керівник:

Говорун Тетяна Павлівна

Залікова книжка

№ 19510041

Підпис _____

Підпис _____

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК

Оцінка, дата

_____ Марченко К.С.

Прізвище, підпис

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних
матеріалів
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант Освітньої програми
«Прикладне матеріалознавство»
Харченко Н. А.
«__» _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентці Масалітовій Катерині Івановні, група МТ-91/1
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки втулки насосу типу КСВ.

2. Вихідні дані: Креслення деталі втулка насоса та вимоги до неї вказані на кресленні (додаток А)

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу

- 1) Креслення деталі.
- 2) Графік термічної обробки деталі.

4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1 Характеристика та умови експлуатації деталі	X			
2	Розділ 2 Огляд літератури	X			
3	Розділ 3 Характеристика матеріалу та його аналогів для виготовлення деталі. Вплив хімічних елементів на сталь та методи дослідження		X		
4	Розділ 4 Маршрутна технологія отримання деталі «втулка» насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4			X	
5	Розділ 5 Розрахунково-експериментальна частина				X

5. Дата видачі завдання 18.04.2023 р.

Керівник _____ доц. Говорун Т. П. _____
(підпис) (посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 92 сторінки, зокрема 11 таблиць, 23 рисунків, список із 29 використаних джерел на 3 сторінках, 2 додатків на 2 сторінках.

Метою роботи є розробка оптимальної і прогресивної маршрутної технології виготовлення та термічної обробки втулки насосу типу КСВ з легованої ливарної сталі 20Х13Л для поліпшення її експлуатаційних властивостей і характеристик.

Втулка в насосі типу КСВ є деталлю, яка знаходиться в корпусі насоса і встановлюється з одного боку на вал насоса, а з іншого боку - на робочі колеса. Втулка має внутрішній отвір, через який протікає робоча рідина, забезпечуючи герметичність відсіків насоса та знижуючи тертя між валом та корпусом насоса. Втулка є важливою деталлю насоса, яка впливає на його продуктивність та тривалість роботи, тому необхідно правильно підбирати та експлуатувати цю деталь. Основними вимогами до цієї деталі є міцність, зносостійкість та мастильна здатність.

Завданнями досліджень є аналіз літературних джерел з метою оптимізації та покращення маршрутної технології виготовлення і термічної обробки втулки з легованої ливарної сталі 20Х13Л для досягнення максимальних експлуатаційних характеристик даної деталі в насосах типу КСВ.

Методи досліджень - використання стандартних методів аналізу фізико-механічних властивостей та структури сталі 20Х13Л, а також металографічних методів дослідження для оцінки якості та характеристик виготовленої втулки.

Практичне значення отриманих результатів полягає в виборі матеріалу, розробці оптимальної маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки втулки зі легованої ливарної сталі 20Х13Л для насосу типу КСВ. Ці результати мають важливе значення для підвищення якості та надійності втулки, а також для поліпшення експлуатаційних характеристик насосу.

Ключові слова: втулка ущільнення, насос, лиття, модель, виливок, піщано-глиняна форма, твердість, термічна обробка, ливарна сталь, гартування, відпуск.

Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	12
1.1 Умови експлуатації втулки в насосі типу КСВ	12
1.2 Характеристика і конструктивні особливості насосу КСВ 200-220-С УХЛ4	15
1.2.1 Характеристика насосу КСВ 200-220-С УХЛ4.....	15
1.2.2 Конструктивні особливості насосу КСВ 200-220-С УХЛ4.....	16
2 Причини виходу з ладу втулки.....	20
3 Вимоги до матеріалу для виготовлення деталі	21
Висновки	22
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	23
2.1 Аналіз залежності надійності та довговічності роботи насосу від деталей і комплектуючих, що входять до нього	23
2.2 Огляд літературних джерел щодо характеристик і критеріїв з вибору матеріалу для втулок.....	27
2.3 Аналіз літератури по оптимізації маршрутної технологія виготовлення і термічної обробки деталі «втулка»	30
2.4 Характеристика процесів корозії в деталях для насосів і методи щодо їх профілактики.....	32
2.4.1 Причини появи корозії. Корозійні середовища	32
2.4.2 Види корозії у матеріалах для деталей і виробів	33
2.4.3 Профілактика корозії.....	34
2.4.4 Вплив хімічних елементів на корозійну стійкість сталі	36
2.5 Порівняння, аналіз та синтез результатів літературних джерел	37
Висновки	39
РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ТА ЙОГО АНАЛОГІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ. ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТАЛЬ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	41
3.1 Характеристика матеріалу та його аналогів для виготовлення деталі	41
3.2 Вплив хімічних елементів на характеристики і властивості сталі 20Х13Л	46
3.2.1 Вплив вуглецю.....	46
3.2.2 Вплив хрому	46
3.2.3 Вплив нікелю	47

3.2.4 Вплив міді.....	48
3.2.5 Вплив постійних добавок на властивості легованої сталі 20X13Л	48
3.3 Методи дослідження	49
3.3.1 Дослідження мікроструктури	49
3.3.2 Вимірювання твердості	51
Висновки	53
РОЗДІЛ 4 МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ «ВТУЛКА» НАСОСУ ТИПУ КСВ.....	54
4.1 Вибір методу отримання заготовки.....	54
4.2 Розробка технологічного процесу отримання деталі «втулка ущільнення» насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4.....	55
4.3 Отримання вилівка у піщано-глиняній формі.....	56
4.4 Механічна обробка	67
4.5 Створенні 3D моделі вилівка.....	69
Висновки	80
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	81
5.1 Термічна обробка деталі «втулка» для ущільнення насосу КСВ 200-220-С УХЛ4	81
5.2 Вибір необхідного обладнання для отримання деталі «втулка» насосу КСВ 200-220-С УХЛ4.....	86
Висновки	91
ВИСНОВКИ	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93
ДОДАТОК А.....	96
ДОДАТОК Б.....	97

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

σ_b – межа міцності при розтягу, МПа

σ_T - межа пропорційності (межа текучості для залишкової деформації), МПа

δ_5 – відносне подовження при розриві, %

ψ – відносне звуження, %

KCU – ударна в'язкість, кДж/м²

HRC – твердість за Роквелом, шкала С

МІМ-7 – металографічний вертикальний мікроскоп

ТО – термічна обробка

ВСТУП

Клас матеріалів, до якого відносяться неіржавіючі сталі, має властивість стійкості до корозії. Їх також часто називають корозійностійкими сталями. Вони стійкі до різних видів корозії, зокрема електрохімічної, хімічної (атмосферної, ґрунтової, лужної, кислотної, сольової), міжкристалітної та інших [1-2].

Нержавіючі сталі відрізняються тим, що містять спеціальні легуючі елементи, зокрема хром (Cr) і нікель (Ni), які надають їм стійкість до корозії. Іноді до складу таких сталей також включаються інші легуючі елементи, такі як молібден (Mo), титан (Ti) або ніобій (Nb), що поліпшують їх властивості [1-2].

Збільшення вмісту хрому сприяє підвищенню корозійної стійкості матеріалу. Підвищення стійкості сталі до корозії досягається шляхом додавання до неї елементів, які утворюють на поверхні захисні плівки. Ці плівки міцно зв'язані з основним металом і запобігають контакту між сталлю та агресивним зовнішнім середовищем. Захисний шар виявляється дуже стійким, і навіть після механічного або хімічного пошкодження він швидко відновлює свій колишній вигляд, зберігаючи антикорозійні властивості металу без змін [1-2].

Головна особливість нержавіючих сталей полягає в їх здатності утворювати пасивний захисний шар на поверхні при контакті з киснем або водою. Цей шар складається з оксидів і гідроксидів металів, і він запобігає подальшій корозії, забезпечуючи сталі збереження своєї стійкості та зовнішнього вигляду протягом тривалого часу [1].

Нержавіючі сталі знаходять широке застосування в різних галузях. Вони використовуються у виробництві хімічної, нафтової та харчової промисловості, медичних пристроях, будівництві, автомобілебудуванні та багатьох інших областях, де необхідна висока стійкість до корозії.

До переваг нержавіючих сталей відносяться наступні неведені далі [1].

Технологічність: Нержавіючі сталі мають високу пластичність, що дозволяє їх широке використання для виготовлення деталей методом глибокої витяжки,

наприклад, кухонного посуду та різних ємностей. Однак, деякі види нержавіючих сталей мають схильність до інтеркристалітної корозії, яка виникає при повільному охолодженні або нагріванні у певному температурному діапазоні (500-850 °C), а також після зварювання.

Опір корозії: Нержавіючі сталі можуть стійко чинити опір корозії не лише в звичайних атмосферних та водних середовищах, але й у багатьох кислотах, лугах та деяких хлоридних розчинах, які є типовими для багатьох виробничих умов.

Міцність: Механічні властивості нержавіючих сталей дозволяють зменшувати товщину і вагу виробів без втрати міцності. Наприклад, аустенітні сорти не втрачають міцності при низьких температурах та можуть мати меншу товщину порівняно зі звичайними конструкційними сталями. Навіть при більшій вартості нержавіючих сталей, вони можуть приносити значну економію порівняно з традиційними матеріалами у певних випадках.

Гігієна: Нержавіюча сталь вважається найбільш гігієнічною поверхнею для готування харчових продуктів. Її поверхня не має пор або тріщин для проникнення бруду та бактерій. Ця властивість робить нержавіючу сталь особливо придатна для використання в лікарнях, громадських кухнях, м'ясопереробних підприємствах та в харчовому обладнанні вимогливих гігієнічних умов.

Естетичний зовнішній вигляд: Нержавіюча сталь може мати привабливий і сучасний зовнішній вигляд, залежно від стану її поверхні. Її яскрава поверхня, яку легко обслуговувати, робить її ідеальним матеріалом для різноманітних декоративних елементів. Завдяки різноманітності марок і типів поверхонь, нержавіюча сталь може задовольнити широкий спектр вимог [1-2].

Нержавіючі мартенситні сталі є магнітними матеріалами, які містять приблизно 13% хрому і незначну кількість вуглецю (0,12-0,2%). Вони відрізняються відмінною міцністю після гартування і відпуску, близькою до звичайних вуглецевих сталей. Тому їх часто використовують для виготовлення ріжучих інструментів, столових приладів та інших виробів.

Нержавіючі сталі мартенситного класу мають широке застосування як матеріал для виробництва виробів, які працюють у слабкоагресивних середовищах.

Вони підходять для застосування в атмосферних умовах, за винятком морських умов, водних розчинах солей органічних кислот при кімнатній температурі, розчинах азотної кислоти слабкої і середньої концентрації при помірних температурах та інших середовищах. Вони також використовуються для виготовлення деталей нафтового і газового обладнання, які піддаються корозії під впливом високих контактних навантажень і температур [1-2].

Для прецизійних поверхонь таких відповідальних деталей висуваються підвищені вимоги до чистоти обробки, міцності і зносостійкості. Такі сталі забезпечують високу міцність і стійкість до зношування, що робить їх ідеальними для вимогливих умов експлуатації.

Умови експлуатації втулки залежать від характеристик обраної сталі. Наприклад, марка сталі 20X13Л відома своєю високою жароміцністю, корозійною стійкістю та механічними властивостями, що робить її популярним вибором для деталей, що піддаються значному зносу та працюють в агресивних середовищах.

Тому, вибір відповідної марки сталі для виготовлення втулки важливий крок, який впливає на якість та ефективність роботи насосу. При виборі сталі необхідно враховувати вимоги до механічних властивостей, корозійної стійкості та термічної обробки, що відповідають умовам експлуатації втулок в даному середовищі.

Метою роботи є розробка оптимальної і прогресивної маршрутної технології виготовлення та термічної обробки втулки насосу типу КСВ з легованої ливарної сталі 20X13Л для поліпшення її експлуатаційних властивостей і характеристик.

У рамках даної роботи будуть розглянуті наступні питання:

– актуальність теми - обґрунтування важливості вибору відповідного матеріалу, маршрутної технології виготовлення та проведення термічної обробки для досягнення необхідних характеристик втулки;

– вибір матеріалу - обґрунтування вибору легованої ливарної сталі 20X13Л для виготовлення втулки, з урахуванням її властивостей та впливу на роботу насосу типу КСВ;

– проектування маршрутної технології виготовлення заготовки - опис послідовності технологічних операцій, які необхідно виконати для отримання втулки, з урахуванням вимог щодо точності та якості виготовлення;

– термічна обробка втулки - визначення оптимального режиму термічної обробки (нагрівання, утримання при певній температурі, охолодження), який забезпечить отримання необхідної структури та властивостей матеріалу.

Завданнями досліджень є аналіз літературних джерел з метою оптимізації та покращення маршрутної технології виготовлення і термічної обробки втулки з легованої ливарної сталі 20X13Л для досягнення максимальних експлуатаційних характеристик даної деталі в насосах типу КСВ.

Методи досліджень - використання стандартних методів аналізу фізико-механічних властивостей та структури сталі 20X13Л, а також металографічних методів дослідження для оцінки якості та характеристик виготовленої втулки.

Сталь 20X13Л є одним з варіантів хромистих нержавіючих сталей і знайшла широке застосування у різних галузях, де вимагаються висока міцність, пластичність та в'язкість виробів. Ця сталь має декілька аналогів, які також мають подібні властивості.

Один з таких аналогів - сталь Gr.CA16 J91153, яка відповідає американському стандарту. Інший аналог - сталь DIN 1,4027GX20CM4, яка відповідає німецькому стандарту. Третій аналог - сталь JIS SCS2, яка відповідає японському стандарту. Усі ці сталі також мають високий вміст хрому, що надає їм високу корозійну стійкість та механічну міцність [2-4].

Сталь 20X13Л і її аналоги широко використовуються в різних галузях, зокрема виробництві втулок для насосів типу КСВ. Вони демонструють довговічність і надійність у роботі завдяки своїм властивостям. Ці сталі забезпечують високу міцність і витривалість, що робить їх популярними в вимогливих умовах експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів полягає в виборі матеріалу, розробці оптимальної маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки втулки зі легованої ливарної сталі 20X13Л для насосу типу КСВ. Ці

результати мають важливе значення для підвищення якості та надійності втулки, а також для поліпшення експлуатаційних характеристик насосу.

Вибір відповідного матеріалу, легованої ливарної сталі 20X13Л, є обґрунтованим рішенням для виготовлення втулки насосу типу КСВ. Цей матеріал має високу стійкість до корозії, добрі механічні властивості та здатність до підвищення твердості після термічної обробки. Використання легованої сталі 20X13Л дозволяє забезпечити втулці високу міцність і довговічність, що є ключовими факторами для ефективної роботи насосу типу КСВ.

Маршрутна технологія виготовлення заготовки і термічна обробка втулки були ретельно розроблені з метою досягнення оптимальних експлуатаційних характеристик. Процес включає послідовність операцій, таких як ливарний виготовлення заготовки, термічна обробка для отримання бажаної структури та властивостей, а також механічна обробка для досягнення необхідних розмірів і форми.

Застосування розробленої маршрутної технології та термічної обробки сприяє поліпшенню експлуатаційних характеристик втулки.

Отже, отримані результати дослідження вибору матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки втулки з легованої ливарної сталі 20X13Л насосу типу КСВ є важливим кроком у вдосконаленні виготовлення даної деталі. Це сприятиме підвищенню ефективності та надійності роботи насосу КСВ, забезпечуючи безперебійне функціонування в різних умовах експлуатації.

Апробація результатів роботи. Тези конференції. Застосування комп'ютерного моделювання процесів лиття деталей відцентрових насосів / Бурлака А. Ю., Говорун Т. П., Ханюков К.С., Варакін В.О., Масалітова К.І. // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2023) : матеріали тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 25–26 травня 2023 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. Т. 2. С. 61-62.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Умови експлуатації втулки в насосі типу КСВ

Втулка в насосі типу КСВ є деталлю, яка знаходиться в корпусі насоса і встановлюється з одного боку на вал насоса, а з іншого боку - на робочі колеса. Втулка має внутрішній отвір, через який протікає робоча рідина, забезпечуючи герметичність відсіків насоса та знижуючи тертя між валом та корпусом насоса. Втулки можуть бути виготовлені з різних матеріалів, залежно від умов експлуатації насоса, а також можуть мати різні форми та розміри. Втулки є важливою деталлю насоса, яка впливає на його продуктивність та тривалість роботи, тому необхідно правильно підбирати та експлуатувати цю деталь.

Зазвичай, втулка є однією з основних деталей, відповідальних за переміщення робочої рідини через насос. Основними вимогами до цієї деталі є міцність, зносостійкість та мастильна здатність.

Оскільки втулка піддається значному навантаженню та постійному тертю, вона повинна бути достатньо міцною, щоб витримувати це навантаження без пошкодження. Зносостійкість втулки також має велике значення, оскільки вона повинна забезпечувати тривалий час роботи в умовах постійного тертя і зношування без значних пошкоджень.

Крім того, втулка повинна мати хороші мастильні властивості, щоб забезпечити ефективну роботу насоса. Це особливо важливо для насосів типу КСВ, які працюють в умовах високого тиску і температури, де необхідно забезпечувати стабільне змащення деталей.

Умови експлуатації втулки в насосі типу КСВ можуть бути різними залежно від конкретних умов роботи насоса. Однак загалом вони повинні бути забезпечені правильним монтажем і належним змащенням, щоб забезпечити оптимальну роботу насоса та запобігти передчасному зношуванню деталей [5].

Крім того, важливо використовувати насос згідно зі специфікаціями виробника, уникати перевантажень та пошкоджень деталей, а також регулярно

проводити технічне обслуговування насоса для забезпечення правильної роботи всіх деталей.

Умови експлуатації втулки в насосі типу КСВ можна проаналізувати з урахуванням наступних факторів [5]:

- робоче середовище: втулка встановлюється в насосі, який застосовується для перекачування рідин, таких як вода, нафта, газова конденсат та інші рідкісні середовища. Оскільки різноманітні рідини мають різні властивості, втулка повинна бути виготовлена з матеріалу, який забезпечує стійкість до хімічного впливу та корозії.

- тиск: насос КСВ може працювати при високому тиску до 16 МПа. Втулка повинна витримувати цей тиск та не допускати протікання рідини через зазор між втулкою та валом.

- температура: в залежності від застосування насоса, температура рідини, яка перекачується, може варіюватися від дуже низьких до дуже високих значень. Втулка повинна мати стійкість до високих температур і не втрачати своїх механічних властивостей за таких умов.

- обертання: насос КСВ має високу швидкість обертання вала, який може досягати до 3000 обертів в хвилину. Втулка повинна бути виготовлена з матеріалу, який забезпечує стійкість до зносу та не допускає тріщин і ламкості при високих навантаженнях.

- умови монтажу та демонтажу: втулка повинна бути легко монтована та демонтована для заміни або ремонту без необхідності розбирання всього насосу.

Умови експлуатації втулки в вертикальних конденсатних насосах типу КСВ з однією або кількома ступенями, опорами ротора з нижнім підшипником для ковзання та верхнім для кочення, призначених для перекачування наступних робочих середовищ [5]:

- конденсат з відпрацьованого пару в турбінах.
- конденсат від нагрівального пару в апаратах з теплообміном.
- рідини, які за в'язкістю та хімічною активністю подібні до конденсату.
- рідини з водним показником рН від 6,8 до 9,2%.

- речовина з вмістом твердих часток не більше 5 мг/л.
- речовина з твердими частками розміром не більше 0,1 мм.

При роботі з цими робочими середовищами, втулка в насосі типу КСВ повинна відповідати наступним умовам:

- матеріал втулки повинен бути стійким до хімічного впливу та корозії, що можуть бути присутні в робочих середовищах.
- втулка повинна мати високу міцність для витримування високого тиску, що може створюватися при перекачуванні рідин.
- вона також повинна бути стійкою до високих температур, які можуть спостерігатися в робочих умовах.
- втулка повинна мати здатність працювати без проблем при високих швидкостях обертання вала.
- її конструкція повинна бути такою, що забезпечує легкий монтаж та демонтаж для заміни або обслуговування в разі необхідності.

Ці умови допоможуть забезпечити ефективну роботу насоса КСВ та зберегти довговічність втулки при роботі з вищезгаданими робочими середовищами.

1.2 Характеристика і конструктивні особливості насосу КСВ 200-220-С УХЛ4

1.2.1 Характеристика насосу КСВ 200-220-С УХЛ4

Насос КСВ 200-220-С УХЛ4 є багатоступінчастим відцентровим насосом, спеціально розробленим для перекачування конденсату відпрацьованого, подібного до пару, і інших рідких середовищ з властивостями, подібними до конденсату, які зустрічаються в енерготеплових блоках ТЕЦ. Насос призначений для використання в пароводяних комунікаціях теплоелектростанцій.

Основні технічні характеристики насоса КСВ 200-220-С УХЛ4 [2-3, 5-8]:

- подача конденсату, аналогічного за властивостями рідини, становить 200 м³/год.
- напір насоса складає 220 метрів водяного стовпа.
- частота обертання насоса - 1480 обертів в хвилину.

- потужність насоса при густинах рідини 1000 кг/м^3 становить 164,1 кВт.
- ККД (коефіцієнт корисної дії) насоса – 73 %.
- величина допуску кавітаційного запасу складає 2,0 метри.

Ці технічні характеристики вказують на продуктивність, напір, потужність та ефективність насоса КСВ 200-220-С УХЛ4 при роботі з конденсатом і подібними рідкими середовищами у ТЕЦ.

1.2.2 Конструктивні особливості насосу КСВ 200-220-С УХЛ4

Конструктивні особливості насосів КСВ 200-220-С УХЛ4 включають наступні елементи, інформація про які наведена нижче [5-6].

Двокорпусний секційний тип: Насос має зовнішній корпус і внутрішній корпус. Зовнішній корпус є звареною конструкцією з патрубками для під'єднання до трубопроводів. Внутрішній корпус може бути з'ємним.

Ротор: це головна рухома частина насоса, яка створює рух рідини. Ротор підтримується двома опорами: нижнім підшипником ковзання та верхніми підшипниками кочення.

Статорні деталі: внутрішня частина насоса, яка має статичну функцію та надає опору для роботи ротора.

Кінцеві ущільнення: використовуються різні типи ущільнень для запобігання витoku рідини по валу насоса. Це можуть бути набивки торцевого типу або сальникові ущільнення. Обидва типи є взаємозамінними.

Підшипники: насос використовує підшипники ковзання внизу та підшипники кочення вгорі, що забезпечують підтримку ротора та зменшують навантаження від осьових сил.

Електродвигун: використовується для приведення ротора в рух.

Захисні пристрої: деякі насоси КСВ 200-220-С УХЛ4 мають розвантажувальний барабан або гідроп'яту для зниження навантаження від осьових сил на ротор [5-6].

Ці конструктивні особливості спроектовані для забезпечення надійної роботи насоса КСВ 200-220-С УХЛ4 при перекачуванні конденсатів з високим тиском і температур.

Вибір матеріалів для конденсатних насосів КСВ 200-220-С УХЛ4 залежить від їхнього застосування та вимог до стійкості до хімічного впливу, корозії та механічних навантажень. Основні матеріали, що використовуються в цих насосах, включають [5-6]:

1. Листовий прокат та поковки з вуглецевих сталей: Вони застосовуються для виготовлення кришки, секції та корпусу насоса. Зазвичай використовуються сталі з підвищеною міцністю, такі як сталь низьколегована чи середньолегована.
2. Поковки та виливки з хромистих сталей: Вони використовуються для виготовлення деталей проточної зони насоса, які піддаються зносу та корозії. Хромисті сталі, такі як 30X13 і 20X13Л, мають підвищену стійкість до корозії та зносу.
3. Незадируваний корозійностійкий сплав: Цей сплав застосовується для виготовлення щільних ущільнень насоса. Він має високу стійкість до корозії та здатність протистояти агресивним середовищам.
4. Високосортний легований прокат: Цей матеріал використовується для виготовлення вала насоса. Високосортні легovanі прокати, наприклад, марка 40X, мають підвищену міцність та стійкість до зносу.

Застосування цих матеріалів дозволяє забезпечити стійкість та надійність конденсатних насосів КСВ 200-220-С УХЛ4 в умовах роботи з конденсатами та іншими рідинами, що містять воду та хімічно активні компоненти.

Конденсатні насоси КСВ-200, КСВ-320 і КСВ-500 є вертикальними відцентровими насосами з двокорпусною конструкцією. Вони є секційними та багатоступінчастими, тобто мають кілька ступенів насосного колеса для забезпечення більшого напору [5-6].

Важливою особливістю цих насосів є їхня можливість складання та розбирання без необхідності від'єднання трубопроводів. Це спрощує процес

обслуговування та обслуговування насоса, зменшує витрати часу та зусиль на монтаж та демонтаж.

Конденсатні насоси типу КСВ-200, КСВ-320, КСВ-500 (рис. 1, 2) є відцентровими, вертикальними, двокорпусними, секційними, багатоступінчастими насосами з одностороннім розташуванням робочих коліс.

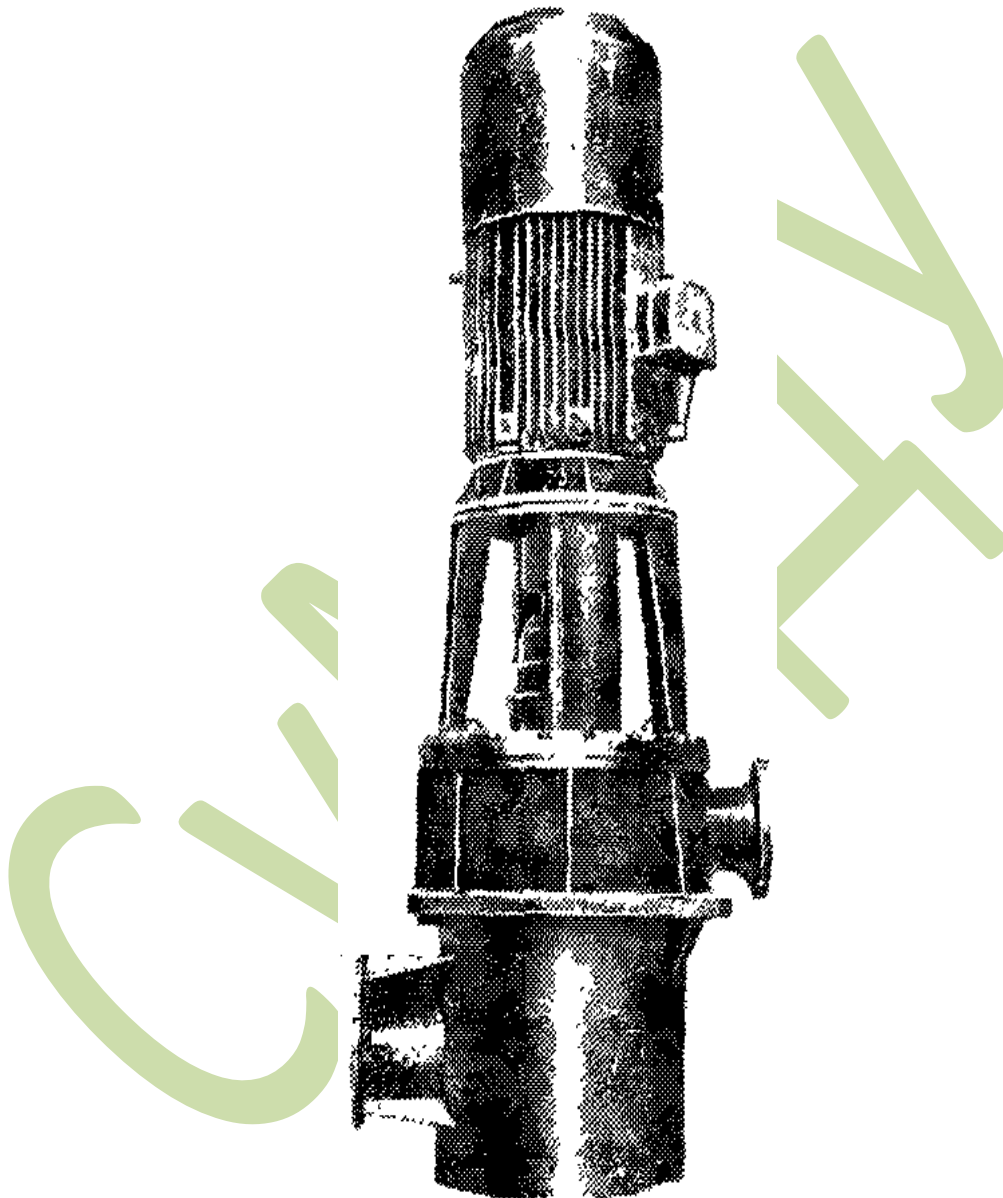


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд конденсатного насосу типу КСВ-200-220 [5-6]

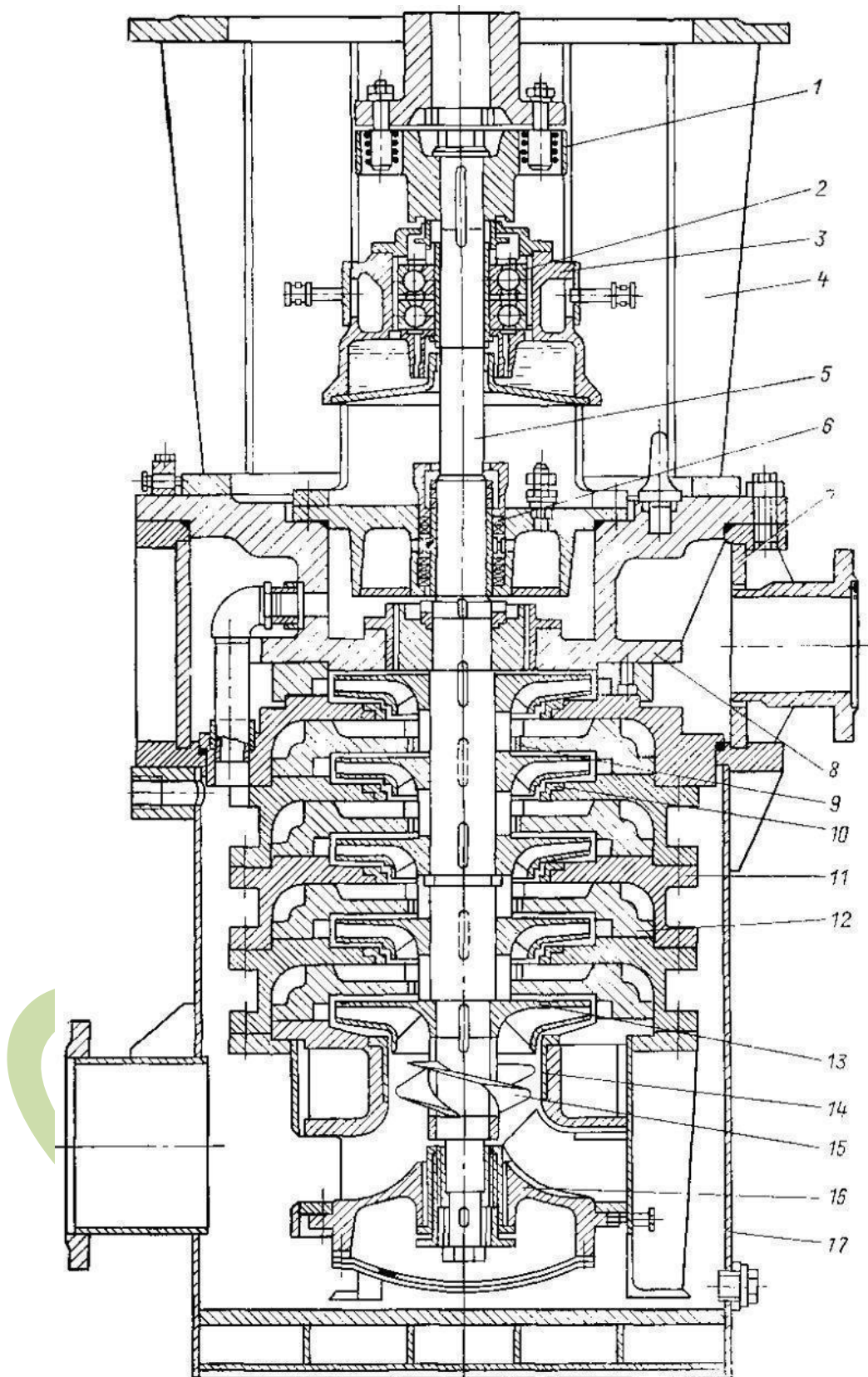


Рисунок 1.2 – Складові конденсатного насосу типу КСВ-200-220 [5-6]

Напірні патрубки насосів виконані без фланців і безпосередньо підлягають приварюванню до трубопроводів. Зовнішній корпус (рис. 2) складається з двох

частин: приймальної (17) і напірної (7). Внутрішній корпус складається із напірної кришки (8), корпусів секцій (11), з напрямних апаратів (12) та підводиться до першої ступені (14). Деталі внутрішнього корпусу з'єднані між собою стяжними шпильками та центруються один з одним на циліндричних заточеннях. Корпуси секцій містять ущільнюючі кільця (10) робочих коліс, а напрямні апарати мають кільця міжступінчастих ущільнень (9) [5-6].

Внутрішній корпус, разом з ротором, може бути демонтований вгору без від'єднання підвідного та напірного трубопроводів насоса. Ротор складається з вала (5), комплекту робочих коліс, пружної муфти, розвантажувального барабана, втулок та кріплення. Робоче колесо першого ступеня має спеціальну форму проточної частини (розширений вхід) для підвищення кавітаційних якостей, а робочі колеса інших ступенів мають однакову форму проточної частини та виготовлені з чавуну. Ротор балансується динамічно [5-6].

Опорним ліхтарем (4) електродвигуна кріпиться до напірної кришки, а для усіх насосів використовуються уніфіковані корпуси сальникового ущільнення (6) та опорно-упорні підшипники (3). Базові деталі внутрішнього корпусу, за винятком ущільнюючих кілець та втулок, виготовлені із сірого чавуну.

Опорними підшипниками ротора служать два підшипники. Верхній підшипник (2) є опорно-упорним підшипником з рідким мастилом і має масляну ванну для подачі мастила. Масловідбійне кільце розташоване на виході з підшипника, щоб запобігти протіканню мастила [5-6].

Така конструкція насосів дозволяє забезпечити ефективну роботу, зменшити тертя та знос, підвищити надійність та тривалість служби. Вона також спрощує обслуговування та ремонт насоса, оскільки його складання та розбирання можуть проводитися без від'єднання трубопроводів [5-6].

2 Причини виходу з ладу втулки

У процесі експлуатації виробу можуть виникати різні дефекти або виріб може вийти з ладу з різних причин. Нижче наведено деякі можливі причини виникнення дефектів або виходу з ладу деталі «втулка» під час експлуатації [5, 7-8].

Недоліки в проектуванні та виготовленні – якщо виріб має недоліки у проектуванні або виготовленні, це може призвести до виникнення дефектів під час експлуатації [5, 7-8].

Неадекватна експлуатація – неправильне використання виробу, як правило, призводить до виникнення дефектів або виходу з ладу. Наприклад, якщо виріб піддається перевантаженню або надмірній експлуатації, це може призвести до виникнення дефектів [5, 7-8].

Недостатнє технічне обслуговування – якщо виріб не піддається регулярному технічному обслуговуванню, це може призвести до виникнення дефектів або виходу з ладу. Наприклад, якщо виріб не має належного мастилення, це може призвести до зношування або пошкодження деталей.

Вплив зовнішніх факторів – різні зовнішні фактори, такі як агресивне середовище, вологість, температурні перепади тощо, можуть впливати на ефективність виробу та приводити до його виходу з ладу [5, 7-8].

Фізичні пошкодження – якщо виріб піддається фізичним пошкодженням, таким як удари, зіткнення тощо, це може призвести до виникнення дефектів або виходу з ладу [5, 7-8].

Ефект зношування – деякі вироби підлягають зношуванню внаслідок тривалої експлуатації, що може призводити до дефектів або виходу з ладу втулок. Зношування відбувається через постійний контакт, тертя та рух деталей, що може призвести до пошкодження поверхонь втулок. Наприклад, некоректне мастилення або зношені матеріали втулок можуть спричинити збільшення зазорів та неправильну роботу механізму. Для запобігання ефекту зношування рекомендується регулярне технічне обслуговування, заміна зношених деталей та використання високоякісних матеріалів [5, 7-8].

3 Вимоги до матеріалу для виготовлення деталі

Деталь «втулка» у насосі типу КСВ є його важливою компонентою, оскільки вона забезпечує правильну роботу насоса. Для виготовлення цієї деталі необхідний матеріал з такими характеристиками, наведеними нижче [5-8].

Корозійна стійкість: Втулка повинна бути виготовлена з матеріалу, який може ефективно протистояти впливу рідин з хімічно активними компонентами та не піддаватися корозії.

Зносостійкість: Матеріал повинен мати високу зносостійкість, щоб забезпечити тривалий термін експлуатації втулки.

Міцність: Матеріал має бути достатньо міцним, щоб витримувати навантаження, які виникають у насосі.

Теплостійкість: Втулка повинна бути виготовлена з матеріалу, який може ефективно працювати при високих температурах.

У випадку з насосами типу КСВ, часто використовують сталь 20Х13Л, яка задовольняє всі вищезгадані вимоги [5-8].

Висновки

Деталь «втулка», виготовлена з високоякісної сталі, є важливим елементом у вертикальних центрифугальних насосах типу КСВ. Вибір відповідної марки сталі дуже важливий для забезпечення довговічності та надійності роботи насосу.

Умови експлуатації втулки залежать від характеристик обраної сталі. При виборі сталі необхідно враховувати вимоги до механічних властивостей, корозійної стійкості та термічної обробки, що відповідають умовам експлуатації втулок в даному середовищі.

Таким чином, належний вибір марки сталі та правильна експлуатація деталі втулки сприятимуть забезпеченню довговічності, надійності та безперебійної роботи вертикальних центрифугальних насосів типу КСВ.

Важливо зазначити, що виготовлення втулок з високоякісної сталі також дозволяє забезпечити високу точність геометричних параметрів деталі, що важливо для її взаємодії з іншими компонентами насосу. Наявність правильних розмірів, форми та поверхневої обробки втулок забезпечує оптимальну роботу насосу та зменшує можливість виникнення витоків робочої рідини або потужних тертя.

Також важливо враховувати процеси термічної обробки сталі, які можуть бути застосовані під час виготовлення втулок. Застосування оптимального режиму нагрівання, охолодження та тримання при певних температурах може вплинути на структуру і властивості сталі, що в свою чергу впливає на її механічну міцність, твердість та стійкість до зношування.

Крім того, врахування умов експлуатації, таких як температурний режим, вологості та наявності агресивних речовин, є важливим для вибору відповідної марки сталі та термічної обробки. Застосування захисних покриттів або поверхневих обробок також може забезпечити додаткову захист втулок від корозії та зношування.

Врахування всіх цих факторів та використання високоякісної сталі з відповідними властивостями та термічною обробкою є ключовими для досягнення оптимальної якості та довговічності втулок, що використовуються в вертикальних центрифугальних насосах типу КСВ.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Аналіз залежності надійності та довговічності роботи насосу від деталей і комплектуючих, що входять до нього

У сучасному виробництві насосів забезпечення високої якості та ефективності роботи втулок є однією з ключових задач. Втулка насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4, як компонент багатоступінчастого насосу, відіграє важливу роль у перекачуванні конденсату та інших рідин з подібними властивостями в енерготеплових блоках ТЕЦ. Завданням є вибір оптимального матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки, щоб забезпечити втулкам високу якість, міцність та довговічність [5].

Втім, неправильний вибір матеріалу або технології виготовлення може призвести до численних проблем, що негативно впливають на функціональність та тривалість роботи втулки. Наприклад, використання недостатньо міцного матеріалу може призвести до поломки втулки під час експлуатації. Неправильна маршрутна технологія виготовлення може призвести до нерівномірного розподілу навантаження та збільшення тертя, що впливає на ефективність насосу. Також, неправильна термічна обробка може спричинити зміни в структурі матеріалу і зниження його міцності [5-8].

Тому, дослідження вибору матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки для втулок насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 має велике значення для досягнення успішного виготовлення та функціонування втулок. Метою цього огляду літератури є аналіз різних матеріалів, маршрутних технологій виготовлення та термічної обробки з метою вибору оптимального варіанту, який забезпечить втулкам високу якість, міцність та довговічність.

Насос КСВ 200-220-С УХЛ4 є важливим обладнанням у сфері енергетики та теплових електростанцій. Він є багатоступінчастим центробіжним насосом, спеціально розробленим для ефективного перекачування конденсату відпрацьованого та інших рідких середовищ з властивостями, схожими на конденсат [5-8].

Теплові електростанції виробляють значну кількість тепла під час виробництва електроенергії. Це тепло використовується для створення пару, який подається до турбін для приводу генераторів. Після проходження через турбіни пар перетворюється у конденсат - рідину з властивостями, подібними до води. Цей конденсат потрібно перекачувати знову до котлів для повторного нагрівання і перетворення в пар [5-8].

Насос КСВ 200-220-С УХЛ4 спеціально розроблений для ефективної роботи з таким конденсатом. Його багатоступінчаста конструкція дозволяє забезпечити потрібний тиск і продуктивність для перекачування рідини відпрацьованого конденсату. Важливою особливістю цього насоса є його здатність працювати з рідинами, що мають подібні властивості до пару, такі як низька в'язкість та висока температура [5-8].

Використання насоса КСВ 200-220-С УХЛ4 дозволяє забезпечити надійну перекачку конденсату та інших рідких середовищ у теплових електростанціях. Це сприяє підтримці оптимальної температури та тиску, а також забезпечує ефективне використання теплової енергії, що дозволяє знизити витрати та покращити продуктивність енергетичного обладнання [5-8].

Втулки є важливими деталями машин, механізмів та приладів, і вони використовуються для різних цілей і функцій. Основна функція втулки полягає в забезпеченні точної посадки і переміщення сполучних деталей. Отвір у втулці дозволяє встановити іншу деталь, наприклад, вал або штифт, створюючи механічне з'єднання.

Існує багато типів втулок, які використовуються залежно від конкретного призначення. Деякі з них включають підшипникові втулки, які використовуються для зменшення тертя і забезпечення плавного руху; перехідні втулки, які дозволяють з'єднувати деталі з різними розмірами отворів; кріпильні втулки, які використовуються для фіксації інших деталей; віброізоляційні втулки, що застосовуються для поглинання вібрацій; електроізоляційні втулки, які ізолюють електричні контакти; різьбові втулки, що використовуються для створення різьбового з'єднання тощо [5-8].

В залежності від конкретного застосування, втулки можуть бути виготовлені з різних матеріалів, включаючи метали, полімери, кераміку тощо. Важливість правильного вибору матеріалу, маршрутної технології виготовлення і термічної обробки втулки насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4, про яку йдеться у даній роботі, полягає у забезпеченні оптимальної якості і ефективності втулки, що впливає на тривалість її роботи та надійність функціонування всього механізму [5-8].

Втулка насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 яка є конкретною втулкою, розробленою для використання у насосах типу КСВ 200-220-С з підвищеною міцністю та стійкістю до певних умов експлуатації, зокрема до агресивних середовищ.

Функції втулки насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 аналогічні загальним функціям втулок насосів. Основні функції включають наступні [5-8].

Підтримка та центрування вала: Втулка допомагає забезпечити стабільне положення та рівномірне обертання вала насосу типу КСВ 200-220-С. Вона допомагає підтримувати вал у центральному положенні, що забезпечує ефективну роботу насосу.

Зменшення тертя та зносу: Втулка насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 має високу міцність та стійкість до зносу. Вона забезпечує плавний контакт між валом насосу та корпусом, що допомагає знизити тертя та знос, що відбувається при обертанні вала. Це покращує тривалість служби насосу та забезпечує його надійну роботу.

Ведення робочого середовища: Втулка утримує робоче середовище, яке перекачується насосом, в межах насосного обладнання. Вона запобігає витoku робочого середовища між валом та корпусом насосу, що дозволяє забезпечити ефективну та безперебійну роботу насосу.

Важливість втулки насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 у виробництві полягає в тому, що вона є необхідною складовою частиною для забезпечення ефективності, надійності та довговічності насосного обладнання типу КСВ 200-220-С. Від вірного вибору матеріалу та якості виготовлення втулки залежить продуктивність та тривалість служби насосу. Правильно підібрана втулка забезпечує ефективну

перекачку рідин та зменшує ризик виникнення аварійних ситуацій та витоків робочих середовищ.

2.2 Огляд літературних джерел щодо характеристик і критеріїв з вибору матеріалу для втулок

Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки втулки насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 має велику важливість з декількох причин:

Стійкість до агресивних середовищ: Насос КСВ 200-220-С УХЛ4 призначений для перекачування конденсату відпрацьованого та інших рідких середовищ з властивостями, подібними до конденсату, які зустрічаються в енерготеплових блоках ТЕЦ. Такі середовища можуть бути агресивними та викликати корозію та знос втулки насосу. Відповідний вибір матеріалу і технології виготовлення дозволяє забезпечити стійкість втулки до цих агресивних умов, зберігаючи її міцність та ефективність протягом тривалого періоду роботи [5, 8-10].

Міцність та стабільність: Втулка насосу відповідає за підтримку та центрування вала, а також за зниження тертя та зносу під час обертання. Вибір відповідного матеріалу і оптимальної технології виготовлення допомагає забезпечити втулці достатню міцність та стабільність, що впливає на ефективність роботи насосу та тривалість його служби.

Гідродинамічні характеристики: Вірний вибір матеріалу та маршрутної технології виготовлення дозволяє досягти оптимальних гідродинамічних характеристик втулки насосу. Це покращує ефективність перекачування рідини та знижує втрати енергії під час роботи насосу.

Безпека та надійність: Вибір правильного матеріалу та технології виготовлення втулки впливає на безпеку та надійність роботи насосу. Відповідність матеріалу до умов експлуатації та належна термічна обробка можуть забезпечити стійкість до корозії, ударів та інших небезпечних ситуацій, забезпечуючи безпеку персоналу та майна.

Отже, правильний вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки втулки насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 є критично важливим для забезпечення оптимальної роботи насосу, збереження його ефективності та тривалої служби, а також для забезпечення безпеки та надійності в експлуатації.

Як приклад сталь 20Х13Л та її аналоги, які використовуються у виробництві втулок насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4, також можуть знаходити застосування при виготовленні інших видів деталей. Завдяки своїм властивостям, ці матеріали можуть бути використані для створення надійних та міцних компонентів у різних галузях [2, 5, 8-10].

Сталь 20Х13Л та аналоги її широко застосовуються в машинобудуванні, хімічній промисловості, нафтогазовому секторі та інших галузях, де вимагається стійкість до корозії та механічна міцність. Вони можуть використовуватись для виготовлення втулок, валів, шпонок, деталей з'єднання та інших елементів машин та обладнання [2].

Застосування сталі 20Х13Л та її аналогів у виробництві різних видів деталей базується на їх високій стійкості до агресивних середовищ, зносу та механічного навантаження. Ці матеріали можуть працювати в екстремальних умовах і забезпечувати тривалий термін служби деталей.

Сталь 20Х13Л, завдяки своїм ливарним властивостям, знаходить широке застосування в різних галузях промисловості. Основні області використання сталі 20Х13Л включають наступні [2, 5, 8-10].

Машинобудування: Ця сталь використовується для виготовлення різних деталей машин, наприклад, корпусів, каркасів, шпонок, втулок, гвинтів і т.д. Завдяки своїй міцності і стійкості до корозії, вона забезпечує надійність та довговічність компонентів.

Хімічна промисловість: Сталь 20Х13Л використовується для виробництва різноманітних хімічних обладнань, включаючи реактори, насоси, клапани, апарати та інші компоненти, які піддаються впливу корозивних середовищ. Її стійкість до

хімічних реактивів і корозійного зносу робить її відмінним вибором для таких застосувань.

Харчова промисловість: Завдяки своїй стійкості до окислення і корозії, сталь 20X13Л використовується у виробництві харчового обладнання, як от ножі, столові прибори, кухонне обладнання та інші компоненти. Вона відповідає вимогам стандартів щодо безпечності та гігієни продуктів харчування.

Нафтогазова промисловість: Сталь 20X13Л використовується у виробництві нафтогазового обладнання, такого як насоси, клапани, тривоги, фільтри та інші компоненти. Її стійкість до корозії і високі механічні властивості роблять її ідеальним матеріалом для таких вимогливих умов.

Енергетична промисловість: Втулки насосу типу КСВ200-220-С УХЛ4, виготовлені зі сталі 20X13Л, використовуються в енергетичних блоках ТЕЦ для перекачування конденсату та інших рідин. Їх висока міцність та стійкість до агресивних середовищ забезпечують ефективну та надійну роботу в умовах високих температур і тиску.

Хоча сталь 20X13Л має багато переваг, вона також має деякі недоліки, які варто враховувати при її використанні. Основні недоліки сталі 20X13Л включають:

Схильність до корозії: Незважаючи на те, що сталь 20X13Л має добру стійкість до багатьох корозійних середовищ, вона все ж може піддаватися корозії при певних умовах, особливо в агресивних середовищах з високим вмістом хлоридів або кислот [2, 9-11].

Обмежена міцність при високих температурах: Сталь 20X13Л може втрачати свою міцність при підвищених температурах. Це може обмежувати її застосування в умовах, де висока термічна стійкість є важливою вимогою [2, 9-11].

Низька ударна в'язкість: В порівнянні з деякими іншими сталями, сталь 20X13Л може мати низьку ударну в'язкість, особливо при низьких температурах. Це може знизити її здатність до поглинання енергії при ударних навантаженнях.

Обмежена опірність до зношування: При деяких умовах використання, сталь 20X13Л може бути вразливою до зношування. Вона може демонструвати

зношування поверхні або втрачати форму при тривалому контакті з іншими матеріалами або при високих механічних навантаженнях.

Неправильний вибір матеріалу або технології виготовлення втулки насосу може призвести до наступних проблем, які негативно вплинуть на її функціональність та тривалість роботи [2, 9-11]:

Корозія: Якщо втулка виготовлена з матеріалу, який не витримує агресивних середовищ, відповідного для роботи насосу, то може виникнути корозія. Корозійні ушкодження можуть погіршити гладкість поверхні, зменшити її міцність та спричинити забруднення системи перекачування, що призведе до зниження ефективності та надійності насосу.

Знос та тертя: Якщо матеріал втулки не має достатньої міцності або неправильно оброблений, це може призвести до збільшення зносу та тертя між втулкою і валом насосу. Зношені деталі можуть втратити свою точність та почати затримувати, що призводить до погіршення ефективності та збільшення витрат енергії на роботу насосу.

Вибоїни та тріщини: Неправильний вибір матеріалу або технології може призвести до виникнення вибоїн або тріщин в структурі втулки. Це може стати причиною втрати міцності та виникнення локальних напружень, що загрожує безпеці та може призвести до руйнування втулки насосу.

Неправильна геометрія: Неправильний вибір технології виготовлення може призвести до недотримання необхідної геометрії втулки. Неправильна форма або недостатня точність можуть вплинути на правильне центрування втулки та вала, що призведе до збільшення тертя, нерівномірного розподілу навантаження та збільшення ризику поломки втулки.

Ці проблеми можуть призвести до зниження продуктивності, погіршення гідродинамічних характеристик, підвищення витрат енергії та скорочення тривалості роботи втулки насосу. Відповідно, важливо правильно вибрати матеріал та технологію виготовлення для забезпечення оптимальної функціональності та тривалості роботи втулки.

2.3 Аналіз літератури по оптимізації маршрутної технологія виготовлення і термічної обробки деталі «втулка»

Маршрутна технологія виготовлення заготовок для втулок насосу КСВ200-220-С УХЛ4 може включати декілька етапів та процесів, які залежать від обраних матеріалів та вимог до кінцевої продукції. Процеси та методи виготовлення наведено нижче [7-12].

Лиття: Лиття є поширеним методом для отримання заготовок втулок насосу. Лиття може використовувати різні матеріали, такі як метали або полімери. Лиття може бути здійснене за допомогою різних технологій, таких як відливання під тиском або відливання в форму [7-12].

Обробка заготовки: Після лиття заготовки можуть потребувати додаткової обробки, такої як обробка на верстатах або ЧПК. Цей процес дозволяє відшліфувати і точно обробляти заготовку, щоб досягти необхідних геометричних параметрів та точності.

Термічна обробка: Термічна обробка може бути важливою частиною виготовлення заготовок для втулок насосу. Цей процес може включати нагрівання та охолодження заготовок з метою покращення їх механічних властивостей, мікроструктури та стійкості до зносу.

Фінішна обробка: Після термічної обробки заготовки можуть піддаватися фінішній обробці, такій як полірування, обробка поверхні, гальванічне покриття або фарбування. Це може покращити зовнішній вигляд, корозійну стійкість та зовнішні параметри втулок насосу.

Зважаючи на те, що сталь 20Х13Л є ливарною сталлю, важливо акцентувати увагу на особливостях технології лиття для отримання заготовок втулок насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4. Деякі з основних аспектів, які слід розглянути, включають наступне:

Вибір методу лиття: Для виготовлення втулок насосу можуть застосовуватись різні методи лиття, такі як ливарне лиття у пісок, вакуумне лиття або ливарне лиття під тиском. Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження, які варто враховувати при виборі оптимальної технології [7-13].

Підготовка ливарної системи: Ливарна система, яка складається з каналів та порожнин, дозволяє розподіляти розтоплений метал та забезпечувати його зливання до форми. Оптимальне проектування та конфігурація ливарної системи допомагають уникнути недоліків, таких як порожнини або неповна наповненість форми [7-13].

Контроль температури та зливу металу: Для забезпечення високої якості втулок необхідно контролювати температуру розтопленого металу та його швидкість зливу до форми. Це дозволяє уникнути дефектів, таких як пустоти, пори або недостатній наплив металу [7-13].

Обробка та фінішна обробка: Після видалення відливки можуть знадобитись додаткові операції обробки, такі як обрізання, шліфування, полірування або обробка з використанням ЧПК. Це допомагає досягти необхідної точності розмірів, гладкості поверхні та якості поверхневого шару [7-13].

Валідація та контроль якості: Після виготовлення заготовок важливо провести валідацію та контроль якості, включаючи вимірювання геометричних параметрів, механічних властивостей та детальний аналіз мікроструктури. Це допомагає гарантувати високу якість та відповідність втулок заданим вимогам технічних специфікацій.

Термічна обробка є важливим етапом у технологічному процесі виготовленні втулок насосу зі сталі 20X13Л, оскільки вона суттєво впливає на їхні властивості. Рекомендовані процеси термічної обробки, що розглянуто нижче [7-13].

Відпалювання: Відпалювання проводиться за температури в діапазоні 940-960 °С. Цей процес сприяє зниженню внутрішніх напруг, покращенню оброблюваності та забезпеченню оптимальної міцності сталі.

Гартування: гартування виконується за температури в діапазоні 1040-1060 °С. Після нагрівання сталь утримують при цій температурі для однорідного нагріву, а потім швидко охолоджують. Гартування забезпечує отримання високої міцності та твердості матеріалу [7, 12-13].

Відпуск: Після гартування проводиться відпуск, який зменшує внутрішні напруження та підвищує пластичність матеріалу. Відпуск виконується за температури в діапазоні 740-760 °C з охолодженням на повітрі [7, 12-13].

Аналіз різних процесів термічної обробки, таких як гартування, відпуск, відпал, нормалізація тощо, дозволяє встановити оптимальні режими для досягнення необхідних властивостей втулок насосу зі сталі 20X13Л. Вплив режимів термічної обробки на міцність, твердість та інші властивості втулок насосу може бути розглянутий через вивчення залежності між термічними параметрами і кінцевими характеристиками матеріалу. Це дозволяє забезпечити оптимальну якість та тривалість роботи втулок насосу у відповідності до вимог їхнього застосування.

2.4 Характеристика процесів корозії в деталях для насосів і методи щодо їх профілактики

2.4.1 Причини появи корозії. Корозійні середовища

Корозійні середовища включають атмосферу, водні розчини, ґрунти, кислоти, луги, неорганічні розчинники, плавлені солі, рідкі метали і, наостанок, людський організм [9].

За обсягом втрат, атмосферна корозія становить найбільші втрати. Волога, що містить розчинений кисень, є основним корозійним агентом, але інші речовини, включаючи сульфурні сполуки і хлорид натрію, також можуть сприяти корозії.

Водні середовища також можуть мати різноманітний склад і корозійні характеристики. Прісна вода зазвичай містить розчинений кисень, а також інші мінерали, декілька з яких відповідають за жорсткість. Морська вода містить приблизно 3,5% солі (переважно хлорид натрію), а також деякі мінерали та органічні речовини. Чавун, сталь, алюміній, мідь, латунь та деякі нержавіючі сталі, як правило, підходять для використання в прісній воді, тоді як титан, латунь, деякі бронзи, сплави міді-нікелю та нікель-хром-молібденові сплави високо стійкі до корозії у морській воді [9].

Ґрунти мають широкий спектр складу та вразливості до корозії. Складові змінні включають вологість, кисень, вміст солей, лужність та кислотність, а також наявність різних форм бактерій. Чавун та прості вуглецеві сталі, як з захисними покриттями, є найбільш економічними для підземних структур [9].

Оскільки існує багато різних кислот, лугів та органічних розчинників, не намагаються обговорювати ці розчини в цьому тексті. Існують добрі довідкові джерела, які детально розглядають ці питання.

2.4.2 Види корозії у матеріалах для деталей і виробів

Ерозія-корозія виникає в результаті поєднання хімічного впливу і механічного стирання або зношування внаслідок руху рідини. Практично всі металеві сплави, в різній мірі, піддаються ерозії-корозії. Вона особливо шкідлива для сплавів, які пасивують за допомогою утворення захисної поверхневої плівки; абразивна дія може змивати плівку, викриваючи голу металеву поверхню. Якщо покриття не здатне постійно і швидко відновлюватися як захисний бар'єр, корозія може бути серйозною. До цього виду атаки також чутливі досить м'які метали, такі як мідь і свинець. Зазвичай його можна виявити за наявністю рельєфних жолобів та хвиль, які мають контури, характерні для потоку рідини [9].

Природа рідини може мати великий вплив на корозійну поведінку. Збільшення швидкості руху рідини зазвичай збільшує швидкість корозії. Крім того, розчин є більш ерозивним, коли присутні бульбашки та розподілені частинки твердих речовин. Ерозія-корозія часто зустрічається в трубопроводах, особливо на поворотах, колінах і раптових змінах діаметру труби - місцях, де рух рідини змінює напрямок або потік раптово стає турбулентним. Ґвинтові пропелери, лопаті турбін, клапани та насоси також чутливі до цієї форми корозії [9].

Один з найкращих способів зменшити ерозію-корозію - змінити конструкцію, щоб усунути турбулентність руху рідини та вплив зіткнень. Також можна використовувати інші матеріали, що ґрунтуються на природному опорі до ерозії.

Крім того, видалення частинок та бульбашок із розчину зменшить його здатність до ерозії [9].

Стрессова корозія, іноді називається тріщиною стресової корозії, виникає внаслідок поєднання прикладеного розтягуючого напруження та корозійного середовища; обидва фактори є необхідними. Фактично, деякі матеріали, які практично не реагують у конкретному корозійному середовищі, стають вразливими до цієї форми корозії при прикладенні напруження. Утворюються невеликі тріщини, які потім поширюються перпендикулярно до напруження, що в результаті може призвести до відмови. Поведінка при відмові є характерною для крихкого матеріалу, навіть якщо металевий сплав по суті є пластичним. Крім того, тріщини можуть утворюватися при відносно низьких рівнях напруження, значно нижчих від межі міцності на розтяг. Більшість сплавів піддаються стресовій корозії в певних середовищах, особливо при помірних рівнях напруження. Наприклад, більшість нержавіючих сталей стресово кородують у розчинах, що містять хлоридні іони, тоді як латуні особливо вразливі при контакті з амонієм [9].

Ймовірно, найкращим заходом для зменшення або повного усунення стресової корозії є зниження магнітуди напруження. Це може бути досягнуто шляхом зменшення зовнішнього навантаження або збільшення поперечного попереку площини, перпендикулярної до прикладеного напруження. Крім того, може бути використана відповідна термічна обробка для зняття будь-яких залишкових термічних напружень [9].

Різні металеві сплави, зокрема деякі види сталей, втрачають значну пластичність та межу міцності, коли атомарний водень (H) проникає в матеріал. Це явище відоме як гідрогенна крихкість; також іноді використовуються терміни гідрогенно-індукована тріщиноутворення та гідрогенне напружене тріщиноутворення. Для виникнення гідрогенної хрупкості необхідно наявність джерела водню і можливості утворення його атомарних форм.

Деякі з методів, що широко використовуються для зменшення ймовірності гідрогенної хрупкості, включають зниження межі міцності сплаву за допомогою термічної обробки, видалення джерела водню, "перепікання" сплаву при

підвищеній температурі для виведення розчиненого водню та заміну на більш стійкий до хрупкості сплав [9-10].

2.4.3 Профілактика корозії

Деякі методи запобігання корозії вже були розглянуті вище. Тепер будуть представлені деякі більш загальні техніки, такі як вибір матеріалів, зміна середовища, проектування, покриття та катодний захист.

Можливо, найпоширенішим і найпростішим способом запобігання корозії є розсудливий вибір матеріалів після характеристики корозійного середовища. В цьому відношенні корисні стандартні джерела інформації про корозію. Тут вартість може бути значним фактором. Не завжди економічно доцільно використовувати матеріал, який забезпечує оптимальну стійкість до корозії; іноді доводиться використовувати інший сплав та/або інші заходи [9].

Зміна характеру середовища, якщо це можливо, також може значно вплинути на корозію. Зниження температури та/або швидкості руху рідини зазвичай зменшує швидкість корозії. Багато разів зміна концентрації деяких компонентів у розчині матиме позитивний ефект, наприклад, метал може зазнавати пасивації.

Інгібітори - це речовини, які, додані в достатньо низьких концентраціях до середовища, зменшують його корозійну активність. Звичайно, конкретний інгібітор залежить як від сплаву, так і від корозійного середовища. Інгібітори зазвичай використовуються в закритих системах, таких як автомобільні радіатори та парові котли [9].

Проектування виробів повинно передбачати повне виведення рідини у разі зупинки роботи агрегату та легке миття. Оскільки розчинений кисень може підвищити корозивні властивості багатьох розчинів, якщо це можливо, в дизайні слід передбачити можливість виключення повітря.

Фізичні бар'єри проти корозії наносяться на поверхні у вигляді плівок та покриттів. Існує великий асортимент металевих та неметалевих матеріалів для покриття. Важливо, щоб покриття мало високу ступінь адгезії до поверхні, для чого

безсумнівно потрібна попередня обробка поверхні. У більшості випадків покриття має бути майже неактивним у корозійному середовищі та стійким до механічних пошкоджень. Всі три типи матеріалів - метали, кераміка і полімери - використовуються як покриття [9-10].

2.4.4 Вплив хімічних елементів на корозійну стійкість сталі

Корозійна стійкість сталі є важливим фактором при виборі матеріалу для деталей які знають взаємодію з агресивними середовищами, особливо підвищеною температурою, вологістю, хімічною активністю або присутністю агресивних речовин.

Один зі способів покращення корозійної стійкості - це легування сталі. Хімічні елементи, введені в сталь під час легування, можуть значно поліпшити її корозійну стійкість. Наприклад, один із деяких елементів, що застосовуються для поліпшення корозійної стійкості, - це хром. Додавання хрому до стабілізації тонкої плівки на поверхню матеріалу, яка служить захистом від корозії. Ця плівка має кілька важливих властивостей, що сприяють корозійній стійкості [2, 12-15].

Хімічна стійкість: плівка має високу хімічну стійкість і не піддається швидкому розкладу під дією агресивних середовищ, таких як кислоти або солі. Вона захищає сталь від контакту з цими речовинами і запобігає її корозії. Бар'єрна функція: плівка є щільною та однорідною, сприяючи проникненню руйнівних речовин до металу. Вона діє як бар'єр, запобігаючи контакту вологи, кислоти або інших корозійних агентів з поверхнею сталі [2, 12-15].

Хром також може взаємодіяти з іншими хімічними елементами, такими як нікель, молібден і ванадій, що також забезпечує корозійну стійкість. Комбінація цих елементів може забезпечити ще більшу стійкість до корозії та розширити область застосування сталі в агресивних середовищах.

Загалом, додавання хрому та інших хімічних елементів до сталі міцно утворює захисну плівку, що запобігає корозії. Це робить леговану сталь більш стійкою до тривалої експлуатації в умовах, де корозія є однією з проблем.

Взаємодія хрому з іншими хімічними елементами при легуванні сталі має велике значення для поліпшення її властивостей. Додавання різних хімічних елементів може впливати на механічні, корозійні, термічні та інші характеристики сталі. Характеристика і взаємодія хрому з іншими елементами наведена нижче [2, 12-15].

Хром і нікель: Додавання нікелю до сталі разом з хромом відомо як нікельована хромована сталь. Це сплав, який має високу корозійну стійкість та добру міцність. Взаємодія хрому і нікелю утворює стійкі хромонікелеві сполуки, що забезпечують пасивну захисну плівку на поверхні сталі. Тип сплаву використовується в багатьох галузях, включаючи хімічну промисловість, нафтогазову промисловість, автомобільну та морську промисловість [2, 12-15].

Хром і молібден: Додавання молібдену до сталі разом з хромом покращує її корозійну стійкість, особливо в агресивних середовищах, які містять хлориди. Хром утворює плівку, а молібден сприяє утворенню молібденових оксидів, які додатково захищають сталь від корозії. Тип сплаву широко використовується в хімічній цій промисловості, нафтогазової промисловості, а також у виробництві морських суден [2, 12-15].

Хром і ванадій: Додавання ванадію до сталі разом з хромом покращує її механічні властивості та зносостійкість. Ванадій утворює карбіди, що зміцнюють матеріал і підвищують його твердість. Цей тип сплаву використовують в автомобільній промисловості, виготовлених інструментів та інших деталей, де потрібна висока міцність і зносостійкість [2, 12-15].

Це лише кілька прикладів взаємодії хрому з іншими хімічними елементами при легуванні сталі. Вибір конкретних елементів та їх відсоткового вмісту залежить від вимог до властивостей матеріалу і конкретного застосування.

2.5 Порівняння, аналіз та синтез результатів літературних джерел

Порівнюючи різні матеріали, технології виготовлення та термічну обробку втулок насосу на основі літературних даних, можна зробити наступні висновки

щодо оптимального вибору матеріалу та технології виготовлення втулок насосу КСВ 200-220-С УХЛ4:

Матеріали: Сталь 20Х13Л є популярним варіантом для виготовлення втулок насосу завдяки своїм властивостям, таким як міцність, корозійна стійкість та оброблюваність. Однак, нові прогресивні матеріали, такі як нержавіюча сталь з підвищеною міцністю або спеціальні композитні матеріали з покращеними характеристиками, можуть бути також розглянуті для використання в цьому контексті. Вибір матеріалу повинен залежати від вимог до експлуатаційних умов, вартості та можливостей виготовлення.

Технології виготовлення: Лиття є одним з поширених способів виготовлення заготовок для втулок насосу. Цей процес дозволяє отримати складну форму деталі та забезпечити високу точність геометрії. Крім того, існують інші технології, такі як штампування, обробка з використанням ЧПК тощо, які можуть бути ефективними в залежності від конкретних вимог до втулок насосу та обмежень виробництва.

Термічна обробка: Для сталі 20Х13Л рекомендовані такі процеси термічної обробки: відпалювання, загартування та відпуск. Ці процеси сприяють покращенню міцності, твердості та пластичності матеріалу. Однак, оптимальні режими термічної обробки повинні бути визначені відповідно до конкретних вимог до втулок насосу та їхнього застосування.

Загальні висновки щодо оптимального вибору матеріалу та технології виготовлення втулок насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 повинні ґрунтуватись на комплексному підході, враховуючи вимоги до функціональності, експлуатаційних умов, економічних факторів та можливостей виробництва. Додаткові дослідження та експерименти можуть бути проведені для підтвердження оптимальності вибраних матеріалів та технологій.

Висновки

У цьому розділі проаналізовано літературні джерела щодо обраної в кваліфікаційній роботі бакалавра теми дослідження, якою є вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки втулки насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4. Вказано, що деталь «втулка» є важливим компонентом багатоступінчастого конденсатного вертикального насосу, призначеного для перекачування конденсату та інших рідин з властивостями, схожими на конденсат, в енерготеплових блоках ТЕЦ.

Надано обґрунтування важливості вибору матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки втулки насосу. Неправильний вибір може призвести до низької якості, недостатньої міцності та недовговічності втулки. Проблеми, пов'язані з неправильним вибором, можуть викликати збільшення тертя, нерівномірний розподіл навантаження, поломку та зниження продуктивності насосу.

Основна задача огляду літератури визначена як аналіз різних матеріалів, маршрутних технологій виготовлення та термічної обробки втулки насосу з метою вибору оптимального варіанту, що забезпечує високу якість та ефективність роботи.

Таким чином, було проаналізовано наявну літературу для визначення оптимальних варіантів вибору матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки для досягнення високої якості та ефективності втулок насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4.

Після огляду літератури та аналізу різних аспектів виготовлення втулок насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 можна зробити наступні висновки.

Вибір матеріалу: Сталь 20Х13Л є популярним варіантом для виготовлення втулок насосу, оскільки вона має достатню міцність, корозійну стійкість та оброблюваність. Однак, враховуючи прогресивні технологічні розробки та вимоги до властивостей втулок, варто розглянути інші матеріали, наприклад, нержавіючу сталь з підвищеною міцністю або спеціальні композитні матеріали.

Маршрутна технології виготовлення заготовки: Лиття є широко застосовуваною технологією для виготовлення заготовок втулок насосу. Воно дозволяє отримати складну форму деталі та забезпечити необхідну точність геометрії. Однак, варто розглянути й інші технології, такі як штампування або обробка з використанням ЧПК, залежно від вимог до втулок та можливостей виробництва.

Термічна обробка: Для сталі 20X13Л рекомендовані процеси термічної обробки, такі як відпалювання, гартування та відпуск. Ці процеси сприяють покращенню міцності, твердості та пластичності матеріалу.

РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ТА ЙОГО АНАЛОГІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ. ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТАЛЬ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Характеристика матеріалу та його аналогів для виготовлення деталі

Маркування сталі 20X13Л включає інформацію про склад та властивості матеріалу.

Основна інтерпретація маркування виглядає наступним чином: "20" вказує на вміст вуглецю у сталі, який становить 0,20%; "X" позначає хром, який присутній у складі сталі; "13" вказує на вміст хрому у сталі, який становить 13,0%; "Л" вказує що це марка ливарної сталі.

Отже, сталь 20X13Л є нержавіючою хромонікелевою сталлю. Цей матеріал має підвищену корозійну стійкість, міцність та зносостійкість, що робить його відмінним вибором для виробництва деталей, які піддаються впливу агресивних рідин або середовищ з хімічно активними складовими. Така сталь часто використовується у виробництві насосів, хімічних обладнань, медичних інструментів та інших промислових деталей, які вимагають високої стійкості та надійності.

Цей матеріал має високу корозійну стійкість, зносостійкість та міцність, що робить його ідеальним вибором для виготовлення втулок, які використовуються у насосах типу КСВ. Він також здатний працювати при високих температурах, забезпечуючи надійну роботу системи навіть в умовах високих навантажень та екстремальних температурних умов [2-3, 16].

Сталь корозійностійка жаростійка мартенситного класу. Якщо сталь 20X13Л використовується як жароміцний, то максимальна температура експлуатації деталей +500 °С [2-3].

Використання відповідного матеріалу для виготовлення втулки є важливим аспектом забезпечення якості та надійності насосної системи.

Це вказує на широке застосування і популярність цього типу сталі у різних галузях промисловості.

Таблиця 3.1 – Еквівалентні сталі марки 20X13Л. Вказується як точний, так і найближчий еквіваленти [2-4]

США	Німеччина	Японія	Китай	Чехія	Південна Корея
-	DIN, WNr	JIS	GB	CSN	КС
Gr.CA16 J91153	1,4027 GX20CM4 GX20Cr14	SCS2	ZG20Cr13	422906	SSC2

Таблиця 3.2 – Хімічний склад у % сталі 20X13Л [2-4]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,16 - 0,25	0,2 - 0,8	0,3 - 0,8	до 0,5	до 0,025	до 0,03	12 - 14	до 0,3	~84

Цей склад робить сталь 20X13Л стійкою до корозії та окислення, що є важливим для виробництва деталей, що працюють в агресивних середовищах. Найвища корозійна стійкість сталі досягається термічною обробкою і поліруванням. Також вона має високу твердість та міцність, що дозволяє виготовляти з неї деталі, що піддаються значному зносу. Ці властивості роблять сталь 20X13Л популярним вибором для деталей, що експлуатуються у важких умовах, де потрібна стійкість до корозії, зносостійкість та механічна міцність.

Сталь 20X13Л має наступні механічні характеристики [2-4]:

- Межа міцності на розтяг: 590-830 МПа.
- Коефіцієнт подовження при розриві: 12-20%.
- Модуль пружності: 194 ГПа.
- Твердість по Брінеллю: 187-241 НВ.
- Міцність на згин: 785-1180 МПа.

Сталь 20X13Л має гарні механічні і інші властивості (табл. 3.3-3.6) [2-4].

Таблиця 3.3 – Механічні властивості при $T=20^{\circ}\text{C}$ сталі 20Х13Л [2-4]

Асортимент	Розмір, мм	Прямий	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	δ_5 , %	Зменшення площі, %	Ударна в'язкість, кДж/м ²
Лиття, ГОСТ 977-88	до 100		589	441	16	40	392

Таблиця 3.4 – Механічні властивості сталі 20Х13Л [2-4]

Режим термообробки	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_{\text{в}}$ (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (Дж/см ²)
Відпал 950°C . Гартування 1050°C , масло або повітря. Відпуск 750°C , повітря	450	600	16	40	40

Таблиця 3.5 – Ударна в'язкість сталі 20Х13Л КСУ (Дж/см²) [2-4]

$T = -20^{\circ}\text{C}$	$T = -40^{\circ}\text{C}$	$T = -60^{\circ}\text{C}$	$T = -80^{\circ}\text{C}$	Термообробка
34-74	30-63	10-64	6-62	Нормалізація $940-950^{\circ}\text{C}$, відпуск $740-750^{\circ}\text{C}$, повітря. Гартування $940-950^{\circ}\text{C}$, масло. Відпуск $740-750^{\circ}\text{C}$, повітря

Таблиця 3.6 – Фізичні властивості сталі 20Х13Л [2-4]

T (Град)	E 10 ⁻⁵ (МПа)	α 10 ⁶ (1/Град)	λ (Вт/(м·град))	ρ (кг/м ³)	C (Дж/(кг·град))	R 10 ⁹ (Ом·м)
20	2.22		21	7740		645
100	2.16	10	23		470	695
200	2.11	10.8	24		491	775
300	2.03	11.3	25		512	859
400	1.95	11.7	26		533	931
500	1.84	12.1	27		563	958
600	1.67	12.4	27		596	1055
700	1.49	12.6	27		643	1115
800	1.4	12.8	28		680	1125
900		10.8	28		693	1160

Ці механічні характеристики сталі 20Х13Л підтверджують її високу міцність та стійкість до механічних навантажень. Межа міцності на розтяг вказує на те, яку максимальну силу вона може витримати під час розтягувального навантаження. Коефіцієнт подовження при розриві відображає її гнучкість та здатність до деформації без руйнування. Модуль пружності вказує на її жорсткість та здатність повертатися до початкової форми після знімання навантаження. Твердість по Бринеллю свідчить про опір сталі проникненню твердих тіл. Міцність на згин вказує на її здатність протистояти деформації під дією згинальних сил.

Загальна міцність та жорсткість сталі 20Х13Л забезпечують її високу стійкість до зношування та корозії. Це робить її популярним матеріалом для виготовлення різноманітних механічних деталей, зокрема втулок у насосах.

3.2 Вплив хімічних елементів на характеристики і властивості сталі 20X13Л

3.2.1 Вплив вуглецю

Вуглець є одним з основних легуючих елементів у сталі 20X13Л, і його вміст становить 0,20%. Вплив вуглецю на властивості цієї легованої сталі є значний і визначає її характеристики [2-3, 12, 17-20].

Внаслідок присутності вуглецю, сталь 20X13Л має підвищену твердість і міцність. Вуглець сприяє утворенню твердих фаз у структурі сталі, таких як цементит, які забезпечують високий опір деформації і зміцнення матеріалу. Це робить сталь 20X13Л стійкою до руйнування і деформацій, що може виникати в результаті навантажень або зношування [2-3, 12, 17-20].

Однак, вуглець також впливає на пластичність і в'язкість сталі 20X13Л. Збільшення вмісту вуглецю може призводити до зниження пластичності матеріалу, особливо при низьких температурах. Це може обмежувати його здатність до деформації та пристосування до змінних умов експлуатації.

Значення вмісту вуглецю в сталі 20X13Л також визначається потребами конкретного застосування. Збільшення вмісту вуглецю може підвищити міцність і твердість сталі, але може також знизити її пластичність і здатність до деформації. Тому, оптимальний вміст вуглецю в сталі 20X13Л обирається з урахуванням вимог до міцності, пластичності і в'язкості для конкретного застосування.

У підсумку, вуглець має важливий вплив на властивості легованої сталі 20X13Л. Він забезпечує підвищену міцність і твердість, але може впливати на пластичність і в'язкість матеріалу. Врахування вмісту вуглецю дозволяє досягти балансу між цими властивостями і забезпечити оптимальні характеристики для конкретного застосування сталі 20X13Л [2-3, 12, 17-20].

3.2.2 Вплив хрому

Хром є одним з найбільш використовуваних легувальних елементів у сталі 20X13Л. Його присутність у цій сталі суттєво впливає на її властивості.

Один з важливих аспектів впливу хрому на сталь - зміна кристалічної ґратки. Хром розширює область існування α -Fe та звужує область γ -Fe у сталі 20X13Л. Значна кількість хрому (12-14% при температурі 1000 °С) призводить до відсутності γ -області. При цьому γ -область не може існувати при температурах нижчих за 865 °С і вищих за 1400 °С [2-3, 12, 17-20].

Утворення карбідів є ще одним значним ефектом хрому у сталі 20X13Л. Залежно від вмісту хрому, формуються різні типи карбідів. При вмісті хрому до 3% утворюються карбіди цементитного типу $(Fe,Cr)_3C$. При вмісті хрому до 15% переважно утворюються карбіди типу Cr_7C_3 з тригональною ґраткою. При вмісті хрому більше 15% і вуглецю більше 0,5 % утворюються переважно карбіди типу $Cr_{23}C_6$ з гранецентрованою кубічною ґраткою [2-3, 12, 17-20].

Присутність хрому в карбідах також може сприяти заміщенню заліза. В хромистих сталях частка хрому може заміщати залізо в карбідах, що призводить до утворення складних карбідів $(Fe,Cr)_7C_3$ і $(Fe,Cr)_{23}C_6$.

Хром також впливає на фізичні характеристики сталі 20X13Л. Він збільшує параметри ґратки твердого розчину, теплопровідність, питомий електроопір, а також знижує коефіцієнт лінійного розширення. Крім того, хром надає сталі високу стійкість до окислення та корозії, допомагаючи утворювати пасивний шар оксиду хрому на поверхні сталі [2-3, 12, 17-20].

У підсумку, додавання хрому до сталі 20X13Л має великий вплив на її властивості. Цей легувальний елемент змінює кристалічну ґратку, сприяє утворенню різних типів карбідів, покращує фізичні характеристики і забезпечує високу стійкість до окислення та корозії. Всі ці фактори роблять сталь 20X13Л більш міцною, стійкою та довговічною в різних умовах експлуатації [2-3, 12, 17-20].

3.2.3 Вплив нікелю

Нікель є важливим легувальним елементом у сталі 20X13Л, і його присутність суттєво впливає на її властивості.

Один з головних аспектів впливу нікелю - його здатність утворювати безперервний ряд розчинів з залізом. Це змінює параметри кристалічної ґратки, наближаючи їх до параметрів γ -Fe. Нікель також зсуває точку A_3 (температуру, при якій відбувається перетворення аустеніту) вниз [2-3, 12, 17-20].

Нікель є феромагнетиком і використовується в системі залізо-нікель для створення різних сплавів з різноманітними фізичними властивостями. Він також проявляє високу стійкість до корозії, оскільки не утворює карбідів і повністю знаходиться у твердому розчин [2-3, 12, 17-20]і.

Нікель значно знижує вміст вуглецю в евтектоїді, що сприяє рівномірності механічних властивостей сталі після гартування. Високий вміст нікелю в сталі призводить до особливих фізичних властивостей, таких як немагнетність і мінімальний коефіцієнт теплового розширення.

Нікель також підвищує конструкційну міцність металу шляхом підвищення межі текучості, що робить його більш використовуваним як конструкційний матеріал. Він також сприяє високим механічним властивостям сталі і однорідності структури виливок [2-3, 12, 17-20].

Необхідно зазначити, що нікель є дорогим і дефіцитним елементом, тому використовується переважно для виготовлення спеціальних сталей, таких як жароміцні, корозійностійкі і немагнетні сплави.

Узагальнюючи, нікель являє собою важливий легувальний елемент у сталі 20X13Л, який впливає на її кристалічну ґратку, корозійну стійкість, механічні властивості та фізичні параметри. Використання нікелю дозволяє отримати сталі з покращеними характеристиками для різних застосувань.

3.2.4 Вплив міді

Додавання міді до сталі 20X13Л при виготовленні деталей процесом лиття може мати наступний вплив на їх властивості:

Міцність: Мідь може покращити міцність легованої сталі. Це особливо важливо для деталей, які піддаються великим навантаженням або діють в

агресивних середовищах. Вміст міді може бути налаштований, щоб досягти оптимальної міцності відповідно до вимог конкретної деталі [2-3, 12, 17-20].

Корозійна стійкість: Мідь володіє високою корозійною стійкістю, тому додавання її до сталі може покращити її здатність витримувати дію окислюючих середовищ і зменшити ризик корозії. Це особливо важливо для деталей, які експлуатуються в умовах вологості, хімічних речовин або зовнішнього середовища [2-3, 12, 17-20].

Твердість: Мідь може сприяти підвищенню твердості легованої сталі. Це може бути корисно для деталей, які піддаються зносу або потребують високої міцності поверхні. Вміст міді в сталі може впливати на досягнення потрібного рівня твердості [2-3, 12, 17-20].

Оброблюваність: Додавання міді до сталі може поліпшити її оброблюваність під час процесу лиття. Вона може сприяти кращій текучості та заповненню форми, що дозволяє отримати деталі з високою точністю та складною геометрією.

Термічна стійкість: Мідь може покращити термічну стійкість легованої сталі, дозволяючи деталям зберігати свої механічні властивості при високих температурах. Це може бути важливо для деталей, які піддаються термічній обробці або працюють в умовах високих температур [2-3, 12, 17-20].

Враховуючи вищезазначені фактори, вміст міді в сталі 20X13Л під час процесу лиття може бути оптимізований для досягнення необхідних властивостей деталей з урахуванням конкретних вимог та умов виготовлення.

3.2.5 Вплив постійних добавок на властивості легованої сталі 20X13Л

Сталь 20X13Л є леговою сталлю, в якій використовуються постійні добавки для покращення її властивостей. Ці добавки включають кремній, марганець, фосфор та сірку, і вміст кожного з них має свої верхні обмеження.

Кремній вводять до 1 % в сталь, що сприяє розкисленню і допомагає знизити вміст шкідливих домішок, зокрема окису заліза. Кремній розчиняється в фериті і

має вплив на структуру сталі, включаючи силікатні включення. Він допомагає підвищити міцність сталі і може мати вплив на розпад мартенситу [2-3, 12, 17-20].

Марганець також є важливою добавкою, оскільки він сприяє розкисленню сталі і усуває шкідливі сірчані з'єднання. Вміст марганцю в сталі 20X13Л зазвичай обмежується до 1 %. Марганець може впливати на міцність гарячекатаних виробів і змінювати деякі інші властивості сталі.

Фосфор, хоча є шкідливою домішкою, також може бути присутнім у сталі 20X13Л у межах до 0,035 %. Він розчиняється у фериті і може підвищувати міцність сталі, але збільшення вмісту фосфору може знизити пластичність та ударну в'язкість. Фосфор має сильну тенденцію сегрегувати на межах зерен, що може призводити до відпускної крихкості.

Сірка є найбільш шкідливою домішкою в сталі і має обмеження вмісту до 0,03 % в сталі 20X13Л. Вона може спричиняти сірководневу крихкість і знижувати зварювальність сталі. Використання легування заліза марганцем допомагає усунути вплив сірки.

Враховуючи постійні добавки кремнію, марганцю, фосфору та сірки, легована сталь 20X13Л може досягати балансу між міцністю, пластичністю та іншими властивостями, необхідними для виробництва різноманітних виробів. Добавки впливають на структуру, мікролегування і хімічний склад сталі, що дозволяє отримати покращені механічні властивості та забезпечити високу якість кінцевого продукту.

3.3 Методи дослідження

3.3.1 Дослідження мікроструктури

Для дослідження мікроструктури сталі був використаний металографічний мікроскоп МИМ – 7 (рис. 3.1) [12, 21].



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд мікроскопа МИМ – 7 [12, 21]

Металографічний мікроскоп МИМ-7 є потужним інструментом для дослідження мікроструктури сталі та інших металів. Він дозволяє отримувати детальні зображення поверхні та структури матеріалу з високою роздільною здатністю [12, 21-22].

Завдяки своїй конструкції і оптичним системам, металографічний мікроскоп МИМ-7 дозволяє виконувати наступні завдання:

Спостереження мікроструктури: Завдяки високому збільшенню і великій глибині різкості, МИМ-7 дозволяє досліджувати дрібну мікроструктуру сталі. За допомогою різних методів підготовки зразків (полірування, травлення) можна отримати чіткі зображення зерен, фаз, включень та інших структурних елементів.

Вимірювання геометричних параметрів: Мікроскоп МИМ-7 оснащений шкалою і окулярними мікрометрами, що дозволяє вимірювати розміри зерен, включень або інших елементів мікроструктури сталі. Це дозволяє отримати кількісні дані про розміри та розподіл структурних елементів [12, 21-22].

Аналіз фазового складу: За допомогою спеціальних методів підготовки зразків та використання поляризаційних фільтрів, МИМ-7 дозволяє проводити аналіз фазового складу сталі. Це дозволяє ідентифікувати різні фази матеріалу та визначати їх кількісний вміст.

Дослідження дефектів: Металографічний мікроскоп МИМ-7 дозволяє виявляти різного роду дефекти, такі як пори, тріщини, включення та інші неоднорідності в структурі сталі. Це може бути важливо для оцінки якості та надійності матеріалу [12, 21-22].

Загалом, металографічний мікроскоп МИМ-7 є незамінним інструментом для дослідження мікроструктури сталі і надає можливість отримати важливу інформацію про її властивості та якість.

3.3.2 Вимірювання твердості

Твердомір TP-5006 є пристроєм, який використовується для вимірювання твердості матеріалів за методом Роквелла. Цей метод вимірювання базується на заглибленні індентора в матеріал під заздалегідь встановленою навантаженням силою, після чого вимірюється глибина проникнення індентора. Значення твердості виражається в одиницях шкали Роквелла (наприклад, HRC для твердих матеріалів) [12, 23-24].

Твердомір TP-5006 (рис. 3.2) має наступні характеристики та можливості:

Шкала вимірювання: Твердомір TP-5006 дозволяє вимірювати твердість за шкалою Роквелла С (HRC) і шкалою Роквелла В (HRB). Кожна шкала має свій діапазон значень твердості і застосовується для вимірювання різних типів матеріалів [12, 23-24].

Автоматизований процес: TP-5006 має автоматизовану систему навантаження, що забезпечує однакове навантаження для кожного вимірювання. Це дозволяє отримувати точні та повторювані результати [12, 23-24].

Легкість використання: TP-5006 має зручний і простий у використанні інтерфейс, що дозволяє оператору швидко та легко провести вимірювання твердості.

Зручна обробка даних: TP-5006 зазвичай має вбудовану систему обробки даних, що дозволяє зберігати та аналізувати результати вимірювань. Це спрощує процес оцінки твердості і забезпечує зручну звітність.

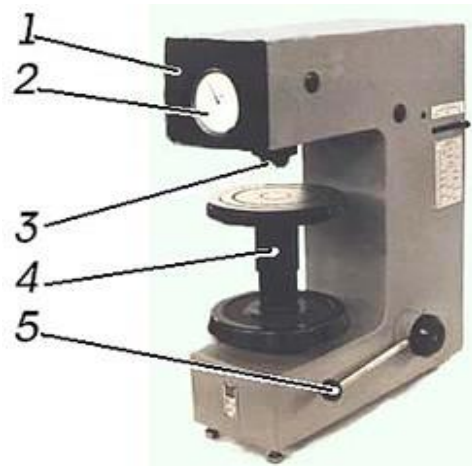


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд твердоміра TP – 5006: 1 - станина; 2 - індикатор; 3 - алмазний наконечник-конус (індентор); 4 - стіл; 5 - ручка важеля навантаження [12, 23-24]

Діапазон вимірювання такого твердоміру складає [12, 23-24] :

- за методом Роквелла: шкала А від 70 до 95 HRA;
- шкала В від 25 до 100 HRB;
- Шкала С від 20 до 70 HRC.

Твердомір TP-5006 є надійним і точним пристроєм для вимірювання твердості матеріалів методом Роквелла і може бути використаний для оцінки твердості отриманої деталі. Це дозволяє контролювати якість та властивості матеріалу і забезпечує важливу інформацію для подальшого використання деталі.

Висновки

Для виготовлення деталі «втулки» насосу типу КСВ, яка працює в умовах агресивного середовища, кавітації і гідроабразивного зношування, необхідно використовувати матеріал з високими корозійними властивостями, достатньою твердістю, довговічністю, надійністю та здатністю працювати при низьких або мінусових температурах.

Рекомендовано використовувати сталь 20Х13Л для виготовлення втулки насосу типу КСВ. Ця сталь є легованою і володіє високою корозійною стійкістю. Основні елементи сталі 20Х13Л включають вуглець до 0,2%, хром до 13%, нікель до 1% та мідь до 1%. Мідь та хром вносять важливий внесок у підвищення корозійної стійкості даної сталі.

Для дослідження властивостей і характеристик матеріалу сталі 20Х13Л для виготовлення втулки насосу типу КСВ рекомендовано використовувати мікроскоп МИМ-7 для дослідження мікроструктури, твердомір ТР-5006 для контролю твердості після термічної обробки за шкалою НРС.

РОЗДІЛ 4 МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ «ВТУЛКА» НАСОСУ ТИПУ КСВ

4.1 Вибір методу отримання заготовки

Продуктивність механічної обробки втулок багато в чому залежить від виду матеріалу, розмірів та конфігурації деталі, а також від характеру виробництва. Також на це впливає серійність виробництва.

Зазвичай використовують такі методи виготовлення втулок: кування, поковка, лиття, пресування в металевих матрицях та ін. На вибір методу впливають такі фактори, як область застосування (наприклад, в атомні насоси втулки методом лиття робити не рекомендується, оскільки можуть бути внутрішні невиявлені дефекти), матеріал, ціна та серійність виробництва [7, 12].

Метод лиття є більш універсальним та простішим для виготовлення саме серійного виробництва втулок, які будуть працювати в ненавантажених або малонавантажених умовах роботи. Але в той же час, на відміну від методу прокату, механічна обробка литих втулок займає більше часу, тому що для правильного лиття в кожную сторону деталі додають ливарні припуски, що призводить до збільшення деталі [7, 12].

Метод кування кільця або втулок полягає в тому, що береться розігрітий кільцевий метал, пластина або товстий лист, крутиться по колу і його здавлюються з двох сторін валики, які надають цьому металевому кільцю найбільш можливий схожий вигляд втулки. Все, що потім треба зробити – це доточити деталь на верстаті. Це гарний варіант виготовлення великогабаритних втулок, але швидкість прокатування однієї такої втулки буде досить таки повільною [7, 12].

Поковки зазвичай використовують для негабаритних втулок, оскільки заготовки на поковку зазвичай приходять без внутрішніх отворів, тому їх механічна обробка займає багато часу та велика частина металу ухоже в стружку. На рисунку 4.1 показано приклад, скільки стружки виходить при даному методі виготовлення втулок.

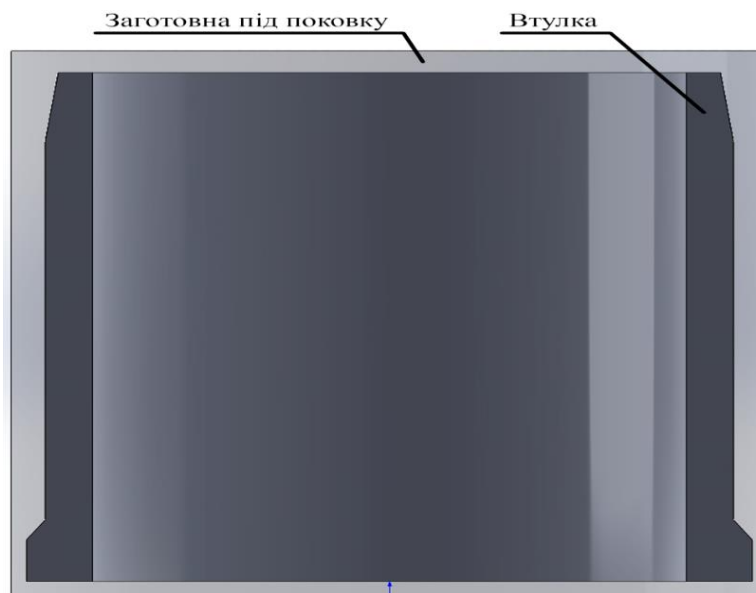


Рисунок 4.1 – Отримання втулки з поковки

В нашому випадку втулка насосу КСВ буде використовуватися як втулка ущільнення, тобто буде працювати в ненавантаженому стані, тому для її виготовлення скористаємося методом лиття в піщано-глинясті форми.

4.2 Розробка технологічного процесу отримання деталі «втулка ущільнення» насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4

Залізо виробляється шляхом витягування залізної руди і перетворення її на чавун або сталь. Основні кроки виробництва заліза включають наступні етапи [7, 12-13].

Добування руди: Залізна руда є основним джерелом заліза. Руда може бути видобута зі шахт або відкритих родовищ. Залежно від геологічних умов і якості руди, застосовуються різні методи добування, включаючи вибірковий розрив, буровий розрив, розробку кар'єру і плавання.

Обробка руди: Видобута залізна руда піддається обробці для видалення небажаних домішок і зменшення розміру часток. Це може включати подрібнення руди на більш мелені фракції і подальше сортування або збагачення для зняття некорисних мінералів.

Виробництво чавуну: Очищена залізна руда піддається процесу плавлення для отримання чавуну. Часто використовується метод високої печі, де руда заліза, кокс (вугілля, високообгортковий або кам'яне вугілля) і флюс (наприклад, вапняк) змішуються і піддаються плавленню при високих температурах. У процесі плавлення залізна руда розщеплюється на залізний метал та шлак, який відділяється від металу.

Конвертування в сталь: Чавун піддається подальшому переробленню для перетворення його в сталь. Цей процес відомий як конвертування. Два основні методи конвертування включають:

Процес основної конверсії: Відомий також як процес конверсії відкритим способом або процес Бессемера. Він використовує дихання повітрям або киснем через розплавлений чавун, що видаляє небажані домішки, такі як вуглець і кремній, і перетворює чавун в сталь.

Процес електродугового плавлення: Відомий також як електродугова плавка або процес ЕЛС (електрична сталеплавильна піч). У цьому методі електричний струм використовується для плавлення і перетворення чавуну в сталь.

Очищення і легування: Отримана сталь піддається додаванню різних легуючих елементів, таких як хром, нікель, молібден, ванадій тощо, для поліпшення її властивостей. Цей процес відомий як легування сталі. Крім того, сталь піддається очищенню від небажаних домішок і газів шляхом додавання флюсу або вакуумної обробки [7, 12-13].

Це загальний опис процесу виробництва заліза. Реалізація кожного кроку може варіюватися залежно від використовуваних технологій і методів.

Отримання сталі дуплекс-прокатом включає в собі спеціальний процес, що дозволяє отримати матеріал з високою міцністю і корозійною стійкістю. Основними кроками цього процесу є наступні:

Вибір легуючих елементів: Сталь дуплекс має специфічну хімічну складову, яка включає певну кількість хрому, нікелю, молібдену та інших елементів. Ці елементи надають сталі дуплекс високу міцність і корозійну стійкість, особливо в агресивних середовищах.

Підготовка сировини: Сировина для сталі дуплекс може бути виготовлена шляхом плавлення чистих металів, які включають в себе необхідні хімічні елементи, або вона може бути отримана з вторинних матеріалів шляхом переплавлення і легування.

Плавлення: Сировинний матеріал піддається плавленню в електродуговій печі або іншій плавильній установці. Під високою температурою розплавлений матеріал стає однорідним і розчиняються легуючі елементи.

Контроль хімічного складу: Після плавлення зразки сталі беруться для аналізу хімічного складу. Це важливий крок, оскільки точний хімічний склад визначає властивості сталі дуплекс.

Операції прокатки: Отримана плавленням розплавлена сталь переходить до наступного етапу, яким є прокатка. Цей процес здійснюється в спеціальних прокатних машинних станах, де розплавлена сталь прокатується на необхідний розмір і форму. Прокатка може включати гарячу прокатку або холодну прокатку, залежно від вимог до кінцевих властивостей сталі.

Термічна обробка: Після прокатки сталь може піддаватися термічній обробці, такої як гартування або відпуск, для поліпшення механічних властивостей і зниження напружень.

Це загальний опис процесу отримання сталі дуплекс-прокатом. Реалізація кожного кроку може варіюватися залежно від використовуваних технологій і методів прокатки сталі.

Поетапний процес розробки технологічного процесу отримання деталі «втулка» насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 з легованої ливарної сталі 20Х13Л наступний.

Вибір матеріалу: для отримання втулки ущільнення насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 використовується легована ливарна сталь 20Х13Л. Цей матеріал включає хром (Cr) як основний легувальний елемент, що забезпечує високу міцність, стійкість до зносу та корозії. Також можуть бути присутні інші легувальні елементи, які додатково поліпшують властивості сталі.

Підготовка сировини: сировиною для отримання легованої ливарної сталі 20X13Л є чавун, який може бути вироблений з використанням залізної руди, скрапу чавуну або інших вторинних матеріалів. Додаткові матеріали, такі як феросплави з хрому та інших легувальних елементів, використовуються для досягнення бажаного хімічного складу сталі.

Плавлення сировини: сировину, включаючи чавун та додаткові матеріали, розплавляють у високотемпературних печах або конвертерах. Під час плавлення контролюються температура та хімічний склад, щоб забезпечити правильну композицію легованої сталі 20X13Л.

Додавання легуючих елементів: після плавлення чавуну в розплавлену масу додають легуючі елементи, зокрема феросплави з хрому. Ці феросплави містять відповідні пропорції хрому, які необхідні для формування сталі зі специфікованим хімічним складом 20X13Л. Це дозволяє досягти бажаних властивостей сталі, таких як міцність, твердість та стійкість до корозії.

Змішування і відпускання: після додавання легуючих елементів розплавлений метал ретельно змішують, щоб забезпечити рівномірний розподіл легувальних елементів. Далі, метал піддають відпусканню, що означає контрольоване охолодження до певної температури, щоб знизити напруження в матеріалі.

Аналіз і корекція складу: після додавання легуючих елементів розплавлену сталь аналізують, щоб переконатися, що хімічний склад відповідає вимогам специфікації 20X13Л. Якщо потрібно, можуть бути внесені корективи, додавані додаткові легувальні елементи або проводяться інші зміни в складі, щоб досягти необхідних характеристик сталі.

Отримана легована ливарна сталь 20X13Л готова для використання у виготовленні втулки або інших виробів, де важливі механічні властивості, корозійна стійкість та інші характеристики матеріалу.

Ливарний процес: Отриману леговану ливарну сталь 20X13Л використовують для лиття втулки ущільнення в піщано-глиняній формі.

Відповідно до заданої геометрії та розмірів втулки, ливарна сталь заливається в підготовлену форму і залишається до охолодження та затвердіння.

Охолодження та видалення виливка: Після затвердіння форми виливок витягують з ливарної форми. Отриманий виливок є початковою деталлю втулки ущільнення.

Первинна термічна обробка (відпал): отриманий виливок після охолодження піддається термічній обробці, відомій як відпал. Цей процес включає контрольоване нагрівання втулки до певної температури, підтримання при цій температурі для рівномірного розподілу внутрішніх напружень та подальше повільне охолодження. Відпал забезпечує покращення механічних властивостей втулки, таких як міцність, твердість та тріщиностійкість.

Механічна обробка: отриманий виливок піддається механічній обробці, яка включає такі операції, як токарна обробка, фрезерування, свердління, шліфування та інші. Метою механічної обробки є досягнення бажаної форми, розміру та поверхневої якості втулки ущільнення.

Зміцнююча термічна обробка (гартування): після механічної обробки, втулка піддається гартуванню. Гартування є процесом отримання підвищеної міцності та твердості втулки шляхом контрольованого охолодження. Зазвичай, втулку нагрівають до високої температури, а потім швидко охолоджують, щоб стимулювати перетворення структури сталі та отримати більш тверду та міцну матеріалу. Гартування забезпечує покращення механічних властивостей втулки, але також може збільшити хрупкість матеріалу.

Остаточна термічна обробка (відпуск): після гартування, втулку піддають операції відпуску. Відпуск є процесом зниження внутрішніх напружень, що виникають в результаті гартування. Це досягається шляхом нагрівання втулки до певної температури і підтримання при цій температурі протягом певного часу, а потім повільним охолодженням. Відпуск сприяє зменшенню хрупкості та покращенню тріщиностійкості втулки, а також допомагає збалансувати міцність та твердість з механічною пластичністю матеріалу.

Обробка поверхні: залежно від вимог до втулки ущільнення, може бути проведена обробка поверхні, така як полірування, гальванічне покриття або покриття спеціальними покриттями для покращення стійкості до зносу, корозії або інших функціональних властивостей.

Контроль якості: після завершення виготовлення втулки ущільнення проводиться контроль якості. Це включає перевірку геометрії, розмірів, механічних властивостей та інших характеристик, щоб забезпечити відповідність вимогам технічних специфікацій.

Це поетапна схема розробки технологічного процесу отримання деталі "втулка ущільнення" насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 з легованої ливарної сталі 20Х13Л. Зазначена схема може варіюватися в залежності від конкретних вимог, ресурсів та технологічних можливостей.

4.3 Отримання виливка у піщано-глиняній формі

Процес виготовлення виливка починається в розробки конструкторської версії креслення втулки ущільнення згідно всіх вимог замовника. Після розробки креслення починається розробка вже ливарного креслення цієї деталі.

Для виготовлення цього креслення застосовують 3D-редактори. При створенні інженер повинен враховувати ливарну усадку металу, припуска, коректне проектування напрямку затвердіння металу, коректне розміщення прибилів, їх розміри та кількість, а також коректне прорахування ливникової системи [7, 12-13].

При створенні моделі виливка інженер зазвичай використовує один із двох, або одразу два види прибилів: прибилі з екзотермічними вставками – екзотермічні прибилі, або дерев'яні прибилі.

Після створення моделі виливка його перевіряють на ймовірність утворення усадкових раковин при затвердінні металу. Якщо модель виливка вийшла нескладною та невеликою, то цей етап можна пропустити. Після перевірки на

усадку інженер розмічає ливарний варіант креслення, а потім модельники виготовляють цю модель та її компоненти із дерева згідно цього креслення.

Після виготовлення моделі вилівка починається підготовка до лиття в піщано-глиняну форму. Для цього готується спеціальна формувальна суміш. Вона складається з піску як основного компоненту, смоли та затверджувача. Цю суміш готують або вручну або в спеціальних шнекових змішувачах. Після підготовки суміші починається сама формовка відбитку вилівка для лиття. Для цього дерев'яну модель кладуть в опоки, та починають утрамбовувати формувальною сумішшю. На рисунку 4.2 показано приклад такої формовки, для кращого розуміння дерев'яна модель була пофарбована в різні відтінки. Також частина суміші у верхній опоці була зроблена напівпрозорою для показу ливникової системи.

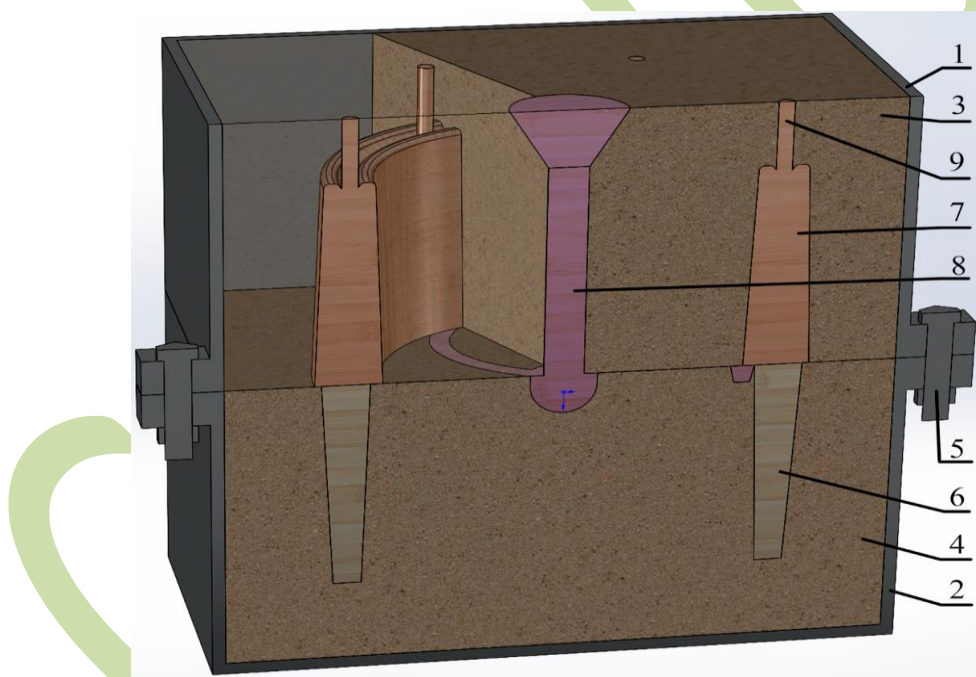


Рисунок 4.2 – Формування моделі в піщано-глиняну форму: 1 – верхня опока; 2 – нижня опока; 3 – суміш верхньої опоки; 4 – суміш нижньої опоки; 5 – скріплюючі елементи; 6 – модель вилівка; 7 – модель прибилі; 8 – модель ливникової системи; 9 – випора (для виходу газу)

Після утрамбування суміші, модель виймають з опоки і отримують відбиток моделі вилівка, в якій потім будуть заливати метал. На рисунку 4.3 показано даний відбиток. Як і в попередній картинці, частина піщаної форми зроблена напівпрозорою. Випора робляться різними способами в залежності від уподобань робітників, але найчастіше їх роблять втиканням прутків при формовці або свердленням .

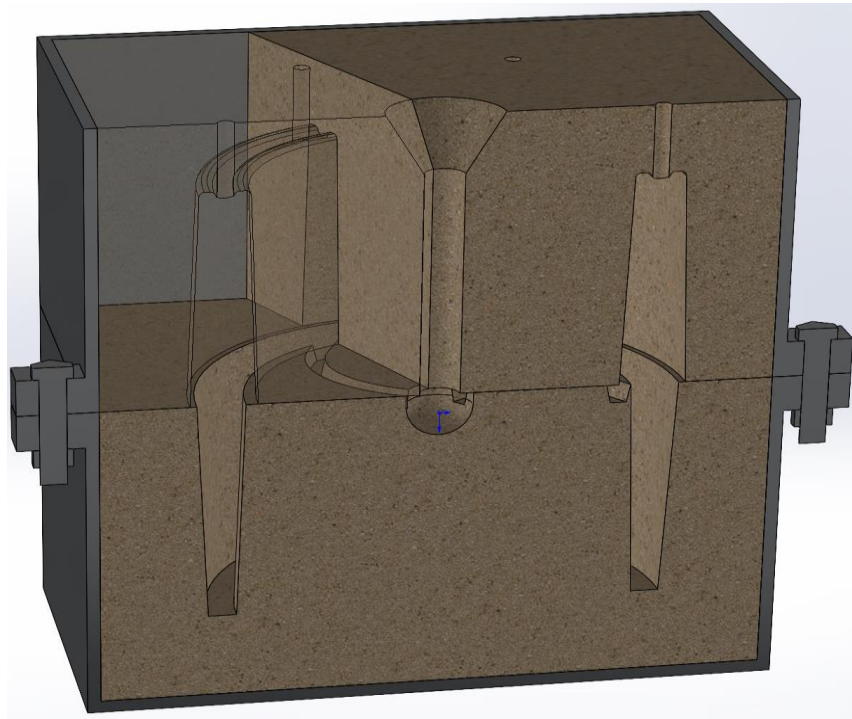


Рисунок 4.3 – Відбиток моделі вилівка для заливання металу

Формування відбувається наступним чином [7, 12-13]:

1. модель покривають спеціальною розділовою сумішшю;
2. в нижню опоку кладуть нижня модель і частину ливникової системи;
3. в нижню опоку засипається формувальна суміш;
4. прибирають зайву суміш;
5. на нижню опоку становиться верхня;
6. повторюється цей же процес для верхньої опоки;
7. прибираються моделі прибилі, вилівка та ливникової системи;
8. покривають створений відбиток тонким шаром спеціальною жаростійкою та антипригарною сумішшю;

9. в місці роз'єму наноситься спеціальний розділовий пісок;
10. скріплюються нижня та верхня опоки.

Після завершення формування починається процес переплавки металу. Є два види переплавки металу [7, 12-13]:

1. переплавка уже готового металу та його заливання до форми. Такий спосіб використовують для виготовлення виливків із розповсюджених та популярних матеріалів: 20X13Л, 40X13Л, 20Л, 20ГЛ, 25Л та інші;
2. при переплавці береться якийсь метал за основу та в процесі переплавки додаються легуючі елементи. Такий спосіб використовується для виготовлення вилівка із спеціальних сталей, або сталей, які важко знайти в продажі: 08X14H7МЛ (ВНЛ-1), ВНЛ-3, 20X18H12M3ТЛ та інші. Наприклад, для виплавлення сталі 20X18H12M3ТЛ за основу можна взяти сталь 20X13Л, а для ВНЛ-1 – сталь з вмістом вуглецю 0,08%.

В нашому випадку ми скористаємося першим способом, оскільки сталь 20X13Л досить таки популярна та її легко купити на сталеплавильних заводах.

Після переплавлення сталь заливають в форму та охолоджують на повітрі. Після охолодження виливок дістають із опок, чистять його, відрізають прибілі та ливникову систему. Після цього зазвичай виливки піддають відпалюванню.

Отриманий виливок піддають очищенню і огляду на наявність тріщин чи інших дефектів, а також проводять перевірку його хімічного складу.

Цей портативний аналізатор дозволяє швидко і зручно визначати вміст таких елементів, як Fe, Cr, Ni, Cu, Mn, Mo, Co та As. Він працює на принципі вимірювання рентгенофлуоресцентної радіації, що випромінюється зразком під дією рентгеновського випромінювання.

Для визначення хімічного складу можна застосувати рентгенофлуоресцентний аналізатор S1 TITAN SMX 524 (рис. 4.4 а) [13]. Однак, якщо для виявлення хімічного складу необхідно визначити інші елементи, а також вміст вуглецю, рекомендується використовувати стаціонарний спектрометр оптичний емісійний типу PolySpek Junior (рис. 4.4, б).



а

б

Рисунок 4.4 – Прибори для визначення хімічного складу сталі: аналізатор рентгенофлуоресцентний (портативний) S1 TITAN SMX 524 (а) та спектрометр (стаціонарний) оптичний емісійний PolySpek Junior (б) [13]

Цей спектрометр базується на принципі оптичної емісійної спектроскопії і дозволяє аналізувати широкий спектр елементів. Він здатний виявити всі легуючі елементи, які можуть бути присутні у легованій ливарній сталі, а також вміст вуглецю [13].

PolySpek Junior є стаціонарним приладом, що вимагає використання в спеціально обладнаному лабораторному приміщенні. Процес аналізу полягає у випромінюванні зразка і вимірюванні спектрів, які потім аналізуються для визначення хімічного складу [13].

Застосування PolySpek Junior у технологічному процесі отримання деталі "втулка ущільнення" насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 забезпечить детальну і точну інформацію про хімічний склад матеріалу, що дозволить контролювати якість виробництва та впевнитися у відповідності до встановлених специфікацій і вимог [13].

Вибір між цими приладами залежить від конкретних потреб і можливостей технологічного процесу. Портативний аналізатор рентгенофлуоресцентний S1 TITAN SMX 524 є зручним для швидкого контролю якості на місці, в той час як стаціонарний спектрометр PolySpek Junior забезпечує більш детальний аналіз у контрольованому лабораторному середовищі [13].

Етапи отримання і формування виливка в піщано-глиняну форму описано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Отримання виливка у піщано-глиняній формі

№ операції, назва операції	№ переходу, назва переходу
1. Виготовлення моделі	1.1. Проектування 3D-моделі з урахуванням усадки металу та прибилі
	1.2. Перевірка 3D-моделі на якість виливка при затвердінні та утворення усадкових раковин в спеціальній програмі
	1.3. Підготування креслення для виготовлення моделі апарату направляючого
	1.4. Виготовлення моделі апарату направляючого з дерева
	1.5. Виготовлення фальшпідставок для апарату направляючого
	1.6. Виготовлення моделі прибилі з дерева
2. Виготовлення формувальної суміші	2.1. Засипання піску в шнековий змішувач з бункеру
	2.2. Подача в змішувач смоли та затверджувача
	2.3. Перемішування компонентів
	2.4. Подача суміші в опоки
3. Виготовлення форми	3.1. Покрити модель спеціальною розділовою сумішшю
	3.2. Встановлення в нижню опоку нижню половину моделі, фальшпідставки та елементи ливникової систем

Продовження таблиці 4.1

№ операції, назва операції	№ переходу, назва переходу
3. Виготовлення форми	3.3. Заповнення нижньої опоки формувальною сумішшю
	3.4. Утрамбовування формувальної суміші
	3.5. Прибирання зайвої формувальної суміші, утворення наколів
	3.6. Встановлення верхньої опоки на нижню
	3.7. Встановлення верхньої половини моделі та елементи ливникової системи
	3.8. Посипання площини роз'єму та відбитка моделі антипригарною та жаростійкою сумішшю
	3.9. Заповнення верхньої опоки формувальною сумішшю
	3.10. Утрамбовування формувальної суміші
	3.11. Прибирання зайвої формувальної суміші, утворення наколів
	3.12. Видалення моделей та ливникової системи із форми
	3.13. Посипання площини роз'єму та відбитка моделі антипригарною та жаростійкою сумішшю
	3.14. Сушіння форми
	3.15. Зборка форми

Продовження таблиці 4.1

№ операції, назва операції	№ переходу, назва переходу
4. Заливання металу до форми	4.1. Плавлення основного металу
	4.2. Заливання металу до форми
	4.3. Повільне охолодження вилівка
5. Видалення та чищення виливків	5.1. Видалення вилівка з форми
	5.2. Видалення фальшпідставок
	5.3. Очищення вилівка
	5.4. Відрізання ливникової системи та прибилі
6. Контроль якості	6.1. Перевірка хімічного складу сплаву
	6.2. Візуальний огляд вилівка

4.4 Механічна обробка

Створення втулки ущільнення неможливе без її термічної обробки та механічної обробки (табл. 4.2). Отже після отримання вилівка, вона поступає до механічного цеху [7, 12-13].

Спочатку його перевіряють на наявність тріщин та інших дефектів. Після перевірки починається етап чорнової механічної обробки вилівка. В механічній обробці втулки немає нічого складного. Все, що потрібно для даної обробки – це токарна обробка на карусельному токарному верстаті. Однак слід пам'ятати, що при чорновій обробці треба залишати хоча б 1 мм. припуску для чистової обробки, оскільки після термічної обробки деталь покривається чорною окалиною, а також після термічної обробки деталь може збільшитися, або зменшитися в розмірі залежно від типу сплаву. Після механічної обробки проводять контроль якості деталі. Оскільки дана деталь була виконана методом лиття, то її піддають капілярній дефектоскопії. Цим методом дефектоскопії можна виявити малі тріщини на поверхні деталі. Зазвичай, якщо при дефектоскопії виявляється забагато тріщин, або вони є досить глибокими, а виправлення дефекту не є

можливим, то деталь бракують і відправляють на переплавку наступної партії деталей з цієї сталі.

Після термічної обробки втулки і перед чистою механічною обробкою проводиться контроль якості деталі. Цей контроль включає проведення різних випробувань для перевірки механічних властивостей та забезпечення відповідності специфікаціям.

Один з важливих випробувань - перевірка твердості. Вона дозволяє визначити міру стійкості деталі до деформації і зносу. Використовуються різні методи вимірювання твердості, такі як Віккерса, Брінелля, Роквелла тощо. Для виготовленої литтям втулки застосовуємо вимірювання твердості за Роквеллом.

Також проводиться структурний аналіз, який включає використання мікроскопів для вивчення металографічної структури деталі. Це дозволяє виявити наявність дефектів, таких як тріщини, пори, включення, а також оцінити якість структури.

Контролюється також корозійна стійкість деталі. Для цього можуть застосовуватися різні методи, включаючи випробування на стійкість до корозії у різних середовищах або проведення спеціальних електрохімічних випробувань.

Якщо результати всіх випробувань задовольняють встановленим вимогам щодо механічних властивостей, деталь піддається чистовій механічній обробці. Це включає доведення до розмірів, шліфування та полірування деталі для надання їй блискучого вигляду.

Після чистої механічної обробки проводиться остаточний контроль якості, який включає перевірку розмірів деталі та додаткові аналізи, такі як ультразвукова дефектоскопія. Ультразвукова дефектоскопія використовується для виявлення внутрішніх дефектів, таких як тріщини або включення, які можуть бути невидимими на зовнішній поверхні деталі.

В результаті цього контролю якості переконуються, що деталь відповідає всім вимогам і може бути використана в певному виробі, тобто насосі.

Таблиця 4.2 – Механічна обробка

№ операції, назва операції	№ переходу, назва переходу
1. Вхідний контроль.	1.1. Візуальний огляд виливка.
2. Попередня механічна обробка	2.1. Точіння деталі на токарних карусельних верстатах
3. Контроль якості.	3.1. Капілярна дефектоскопія.
4. Термічна обробка.	4.1. Створення маршрутної карти термічної обробки.
	4.2. Гартування.
	4.4. Середній відпуск.
5. Контроль якості.	5.1. Структурний аналіз сталі.
	5.2. Перевірка твердості.
	5.3. Перевірка корозійної стійкості.
	5.4. При необхідності проведення додаткових випробувань.
6. Кінцева механічна обробка	6.1. Чистове точіння.
	6.2. Фрезерування пазів згідно креслення.
	6.3. Чернове шліфування.
	6.4. Чистове шліфування.
	6.5. Полірування.
7. Контроль розмірів та якості деталі.	7.1. Перевірка розмірів.
	7.5. При необхідності перевірка інших механічних властивостей згідно ГОСТу, умов роботи деталі та вимог замовника.

4.5 Створенні 3D моделі виливка

Виготовлення 3D моделі виливка розпочинається після отримання конструкторського варіанту креслення деталі, в якому вже є всі розміри та

позначені шорсткість поверхонь. Ці моделі модулюють в спеціальних 3D редакторах, таких як Компас 3D, SolidWorks, AutoCAD та інших. Дана модель втулки ущільнення будувалася в програмі SolidWorks [13, 25].

Технологія моделі виливка може складатися з таких елементів як прибілі, стрижні, холодильники, різні підставки та ливникова система: стояк, шлаковловлювач, живильник. При проектуванні моделі головне враховувати її можливість виймання з форми [13, 25].

Модель виливка залежить від обраного матеріалу деталі. Оскільки сталь, чавун та кольорові сплави мають різний відсоток ливарної усадки, то і загальна концепція технології моделі буде відрізнятися. Наприклад, сталь та сплави мають усадку приблизно 2%, то технологія будується з таким урахуванням та сильно збільшує металоемність виливка. А чавун має усадку в 1%, тому проектування ливарної технології потребує меншого обсягу металу та за часту набагато просте, ніж сталеві. Хоч різниця в ливарній усадці лише приблизно в 1%, але це сильно впливає на кінцевий результат кристалізації металу [13, 25].

Визначившись з матеріалом – сталь 20X13Л, переходимо до проектування припусків. Цей етап в основному не змінюється від матеріалу, хоча на матеріали з усадкою в районі 1% можна ставити менші припуски. Величина цих припусків залежить від розмірів деталі, чим більша деталь, тим більші ставлять припуски. Також треба пам'ятати, що не на всі поверхні деталі можна додавати припуски. Вони додаються на ті поверхні, які, за кресленням, мають обробляемі поверхні. Дані поверхні позначаються шорсткість, яка найчастіше позначається $\sqrt{Ra6,3}$, $\sqrt{Ra3,2}$, $\sqrt{Ra1,6}$, $\sqrt{Ra12,5}$. Також бувають і ливарні поверхні. Це поверхні, які конструктором були позначені як необробляемі і позначаються знаком ∇ . Найчастіше такими поверхнями є внутрішні частини деталей складної форми по типу корпусів та кришок насосів або колес робочих.

Визначившись з основною моделлю виливка переходимо до етапу проектування системи живлення рідким металом виливка, тобто побудова прибілів. Як було зазначено раніше, при проектуванні моделі виливка інженер

зазвичай використовує один із двох варіантів прибілів, або відразу два цих варіанта: екзотермічні або дерев'яні прибіли.

Особливістю екзотермічних прибілів є те, що сама екзотермічна вставка при контакті з рідким металом починає грітися, що дозволяє металу всередині цієї вставки довше залишатися в рідкому стані, що значно зменшує використання металу для виливка. При використанні таких прибілів залежно від розмірів та складності моделі виливка співвідношення ваги металу виливка до ваги металу прибілів може становити від 1:0,5 до 1:0,9 відповідно. До недоліків таких прибілів можна віднести тільки те, що вони мають визначені форми та розміри з заводу. Зазвичай використовують круглі, овальні, конусні та бокові екзотермічні вставки, хоча існують й інші види таких вставок. Деякі з видів екзотермічних вставок наведені на рисунку 4.5. Також слід зазначити, що незважаючи на те, що дані вставки мають визначені форми, ніжно не забороняє ливарникам та модельникам різати на частини та потім склеювати в одну форму дані вставки для одержання нових вставок з потрібними розмірами, наприклад із овальної прибілі з розмірами 120x240 зробити прибілі 120x350, вирізавши середину прибілі 120x240 та приклеївши її до такої ж прибілі [13, 25].



Рисунок 4.5 – Екзотермічні прибілі

Щодо дерев'яних прибілів, то їхньою головною перевагою є те, що їх можна створити будь-якої потрібної форми. Недоліком таких прибілів є те, що на модель з використанням таких прибілів знадобиться більше металу, ніж при використанні екзотермічних прибілів. Наприклад, залежно від розміру та складності виливка, а

також від сплаву співвідношення ваги металу виливка до ваги металу прибилів може становити від 1:0,6 до, в великих та складних за формою моделей, 1:2,5 відповідно, що сильно збільшує собівартість деталі. Також головною вимогою до такого виду прибилів є те, що потрібно розуміти принцип кристалізації металу та вміти правильно її направити.

Тепер перейдемо до розрахунку ливникової системи моделі. Як ливарну систему використовують кераміку або дерев'яну модель.

Керамічна ливникова система – це стояк з діаметрами 40, 50, 60 та ін. з керамічною оболонкою. Перевагою такої системи є те, що при формуванні моделі виливка в опоки, кераміка залишається з середині формувальної суміші та не виймається разом з моделлю. До недоліків можна віднести те, керамічний стояк можна підвести не до всіх деталей, оскільки іноді виливки тонкостінні і площа стояку більша за площу кераміки, через що при заливанні, метал може пошкодити форму виливка, що може привезти з браку.

Дерев'яна модель ливникової системи є більш гнучкою, оскільки її можна зробити будь-якої потрібної форми. Зазвичай вона складається зі стояку та живильників, або зі стояку, шлаковловлювача та живильників. Перевагою такої ливникової системи є те, що її можна зробити більш складною, та продуманою для правильного живлення виливків зі складною формою, або тонкими стінками. Недоліком є те, що при формуванні та побудові моделі виливка потрібно враховувати виймання ливникової системи з форми.

Також розрахунок дерев'яної ливникової системи для чавуна та сталей відрізняється.

Для чавуна рекомендовано використовувати звужуючу або рівномірну ливникову систему, тобто співвідношення площини розрізу стояку, шлаковловлювача та живильників для звужуючої системи рекомендують використовувати 1:0,9:0,8 та для рівномірної – 1:1:1 відповідно [13, 25].

Для вуглецевих або низьколегованих сталей по типу 20Л, 25Л, 20ГЛ рекомендують використовувати рівномірну або розширюючу ливникову систему з співвідношенням стояку, шлаковловлювача та живильників 1:1:1 для рівномірної

та 1:1,1:1,2 для розширюючої системи відповідно. Для сталей з більшим вмістом легувальних елементів по типу 20X13Л, 30X13Л, 40X13Х, 08X14Н7МЛ та ін. рекомендують використовувати тільки розширюючу ливникову систему з тими ж самими співвідношеннями. Також слід зазначити, що площа живильників або шлаковловлювачів сумується, тобто якщо у нас декілька шлаковловлювачів або живильників, то потрібно враховувати їхню сумарну площу перерізу.

Після обговорення основних елементів та нюансів моделювання моделі виливків, перейдемо до побудови моделі виливка нашої втулки ущільнення, беручи за основу вже готову модель деталі, яка наведена на рисунку 4.6. Дана деталь має вагу 12,6 кг.

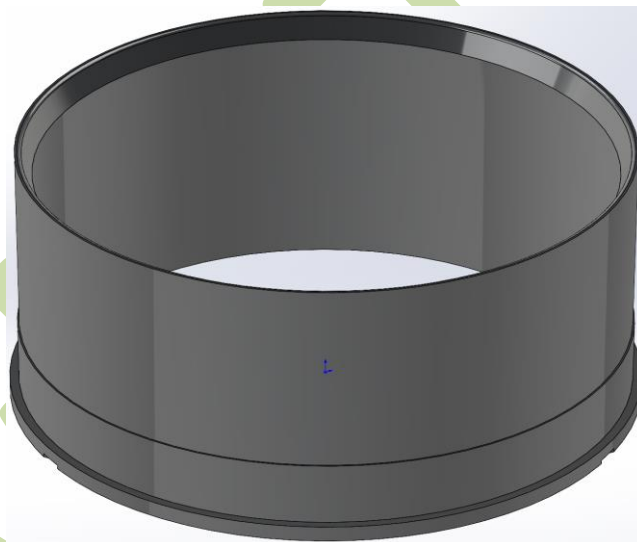


Рисунок 4.6 – 3D модель втулки

Оскільки втулка має просту та симетричну форму, то для неї застосовують звичайний конусоподібний варіант присвоєння припусків. Обирають конусоподібну модель саме тому, що процес кристалізації металу такий же, як і при перетворенні води в лід, тобто кристалізація починається по краях виливка, оскільки вони контактують з холодним піском, і потім вже від цих країв починає іти кристалізація в центр, який застигає останнім. Тому для того, щоб у нас не було усадки в середині виливка, його роблять конусоподібним з розширенням в гору, щоб низ виливка кристалізувався більш швидко, а в верх виливка був доступ до

рідкого металу, який знаходиться в прибилі. На рисунку 4.7 показано модель виливка втулки і для наглядності також добавлена модель деталі, щоб показати, наскільки наш виливок став товще, якщо порівнювати його з деталлю. Вага виливка становить 41 кг.

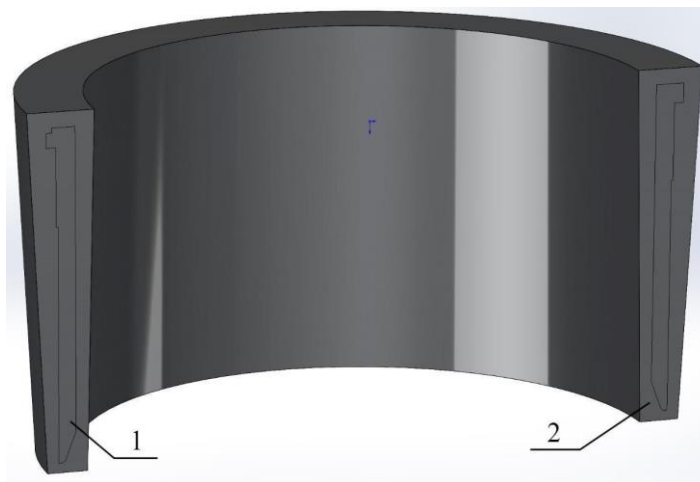


Рисунок 4.7 – Модель виливка деталі «втулка»: 1 – модель деталі; 2 – модель виливка

Після моделювання виливка, починається моделювання прибилів. Оскільки товщина верхньої частини виливка всього 35 мм, то використовувати екзотермічні прибилі ми не зможемо. Це пов'язано з тим, що габарити найменшої овальної прибилі становлять 140x60 мм, що означає, що дана прибилі майже в 2 рази товща за сам виливок втулки. А маленькі круглі прибилі, діаметр яких буває 40 мм, буде недоцільно використовувати на такий об'ємний виливок, оскільки одна така прибилі з розмірами $\text{Ø}40 \times 150$ мм (стандартний розмір такої прибилі) має вагу всього 1,5 кг. Щоб живити 41 кг. виливок, потрібно буде мінімум 20 таких прибилів. Тому доцільно буде використовувати дерев'яну прибилі.

Оскільки висота виливка становить 183 мм, то можна використовувати як відкриті, так і закриті прибилі. Оскільки відкриті прибилі залежать від розмірів опок, ми будемо використовувати закриті дерев'яні прибилі. Такі прибилі також часто ділять на декілька частин, наприклад 2...4 однакові прибилі по $150 \dots 70^\circ$ відповідно, щоб між прибилями була відстань. Це робиться для того, щоб

економити метал або для легшого подальшого зрізання. Чим складніший за своєю формою виливок, тим більше причин робити такі прибилі цільними чи окремими.

В нашому випадку ми будемо використовувати закриту прибіль з обхватом в 360° , тобто цільну. В нашому випадку вибір впав на таку форму прибилі через те, що виливок досить таки тонкий і тому при кристалізації може тріснути, а оскільки ми використовуємо цільну прибіль, то і напруження при кристалізації будуть поширюватися рівномірно, що зменшує шанс утворення тріщин. На рисунку 4.8 наведено прибіль разом з виливком. Маса прибилі становить 53 кг.

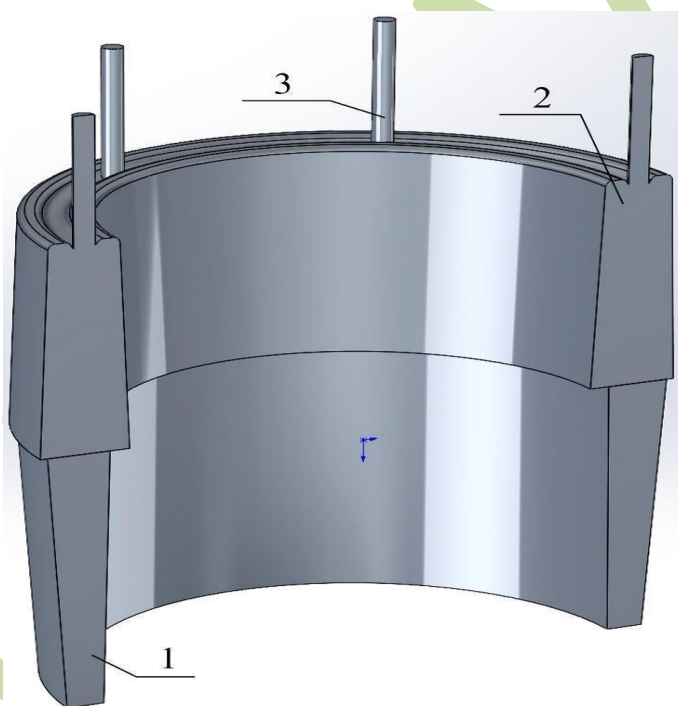


Рисунок 4.8 – Модель прибилі деталі «втулка»: 1 – модель виливка; 2 – модель прибилі; 3 – випока

Як видно з рисунку 4.8, зовнішній вигляд прибилі схожий з перевернутою моделлю виливка, але вона товща. Її конусоподібна форма пов'язана з тим, що, на відміну від відкритої прибилі, яка виймається через верх опоки, закрити прибіль виймається з низу опок, тобто по роз'єму оснастки виливка (в нашому випадку роз'єм знаходиться в місці зіткнення виливка і прибилі). Прибіль зроблена більш товстою для того, щоб вона як найдовше залишалася рідкою, оскільки вона повинна жити виливок новим рідким металом. Також вона випирає як із

зовнішньої, так і з внутрішньої частини для того, щоб механікам було легше відрізати вилівок від прибилі і вони випадково не заділи частину прибилі, оскільки за часту такі прибилі відрізають газовими або плазмовими різакми. Випора використовуються для виводу газу з металу [13, 25].

Тепер перейдемо до прорахування ливникової системи. Оскільки вилівок тонкий із всіх сторін, то підвести керамічну ливникову систему ми не зможемо. Для вилівок таких типів зазвичай використовують дерев'яну ливникову систему двох різних видів: підвод металу з середини вилівка; підвод металу із зовнішньої частини. Ми будемо підводити метал з середини вилівка. Наша ливникова система буде складатися із стояку $\varnothing 30$ і трьох живильників, сумарна площа перерізу яких трохи більша за площу перерізу стояку (810 і 707 мм² відповідно). Модель ливникової системи показано на рисунку 4.9.

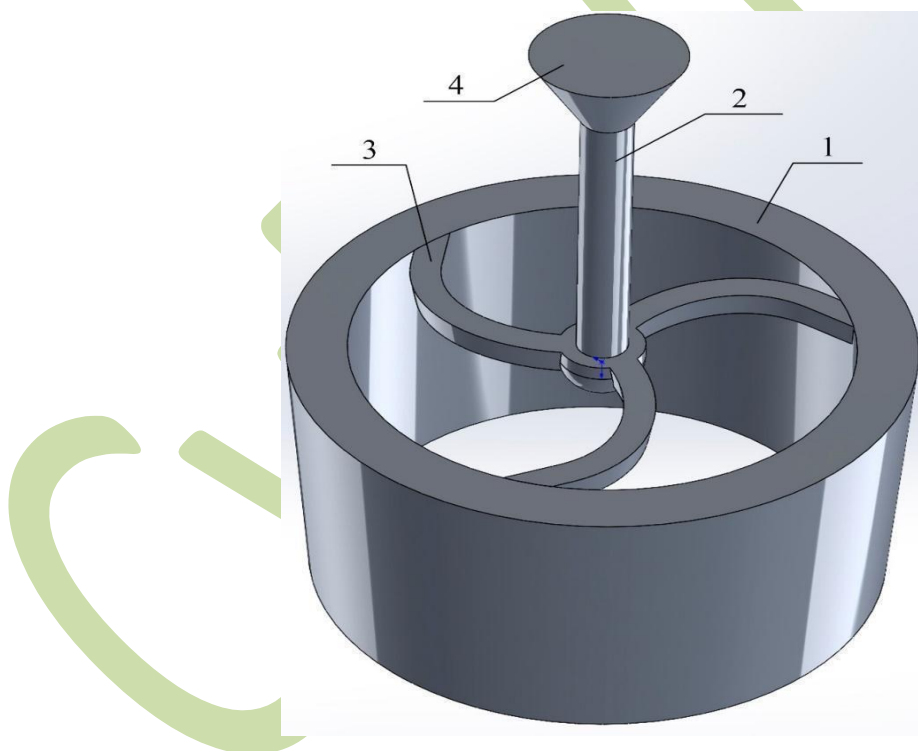


Рисунок 4.9 – Модель ливникової системи деталі «втулка»: 1 – модель вилівка; 2 – стояк; 3 – живильники; 4 – воронка для заливання металу

Також, як показано на рисунку 4.9, наші живильники закручені. Це зроблено для того, щоб вхід металу в форму вилівка був більш гладким і не розбивав піщану форму під напором, оскільки це може привести до браку вилівка. На рисунку 4.10

показано готовий вигляд повної моделі оснастки виливка. Вага такої оснастки становить аж 97 кг, що означає, що для виготовлення втулки вагою 12,6 кг, знадобиться майже 100 кг рідкого металу.

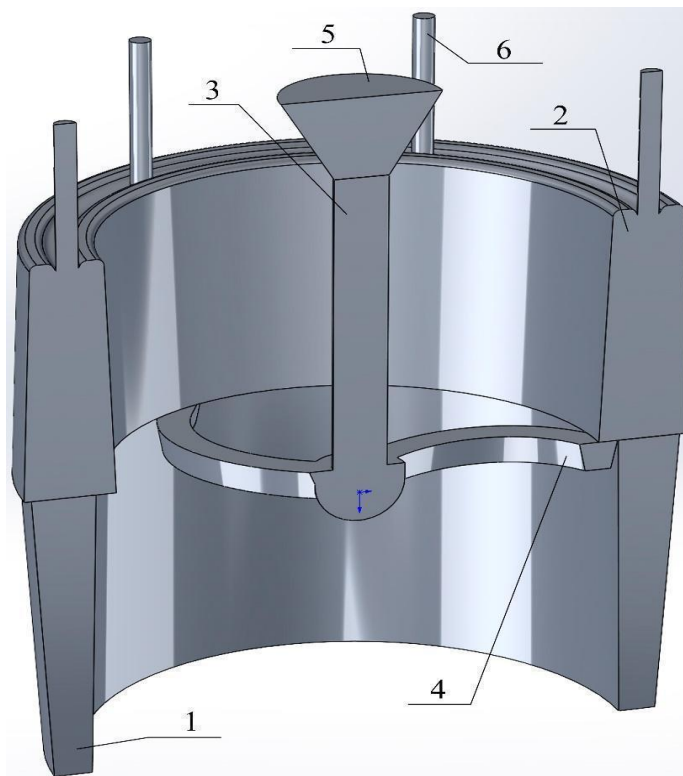


Рисунок 4.10 – Модель оснастки виливка деталі «втулка»: 1 – модель виливка; 2 – модель прибілі; 3 – стояк; 4 – живильники; 5 – воронка для заливання металу; 6 – випора

Визначившись з моделлю оснастки виливка перед видаванням її в модельний цех, ми перевіримо дану модель на усадку. Перевіряти ми будемо в двох програмах: NovaFlow Solid і MAGMASOFT [13, 25].

На рисунку 4.11 наведені результати розрахунку в програмі NovaFlow Solid. Як видно по результатам, основний об'єм утворення усадкових раковин знаходиться в ливниковій системі, та прибілі. Це означає, що в виливку немає дефектів у вигляді раковин і дану модель можна видавати в роботу модельному цеху.

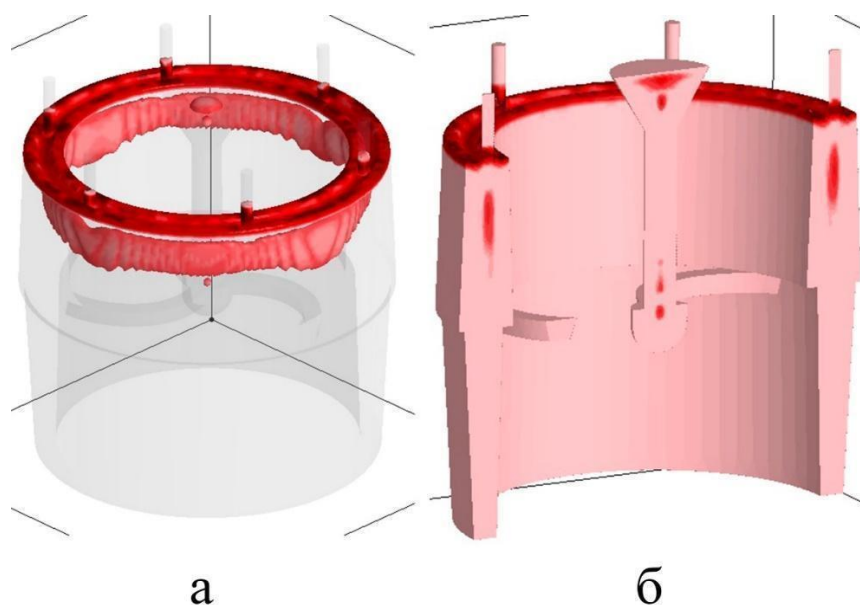


Рисунок 4.11 – Результати розрахунку усадкових раковин деталі «втулка» в програмі NovaFlow Solid: вид x-ray (а); вид в розрізі (б)

Після цього з даною моделлю провели ті ж самі розрахунки, але вже в програмі MAGMASOFT [13, 25]. На рисунку 4.12 наведені результати розрахунку на утворення усадкових раковин. Як видно з малюнку, результати з попередньою програмою не сильно відрізняються, а отже дану модель можна вважати вдалою.

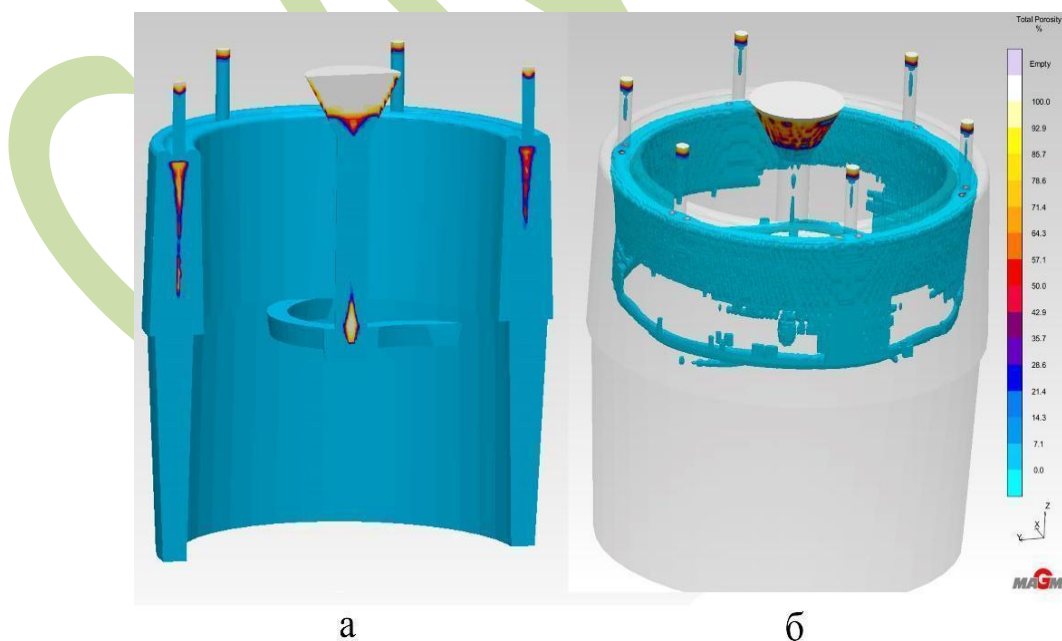


Рисунок 4.12 – Результати розрахунку усадкових раковин деталі «втулка» в програмі MAGMASOFT®: вид в розрізі (а); вид x-ray (б)

Коли з моделлю вилівка визначилися, починається розробка ливарного варіанта креслення (Додаток Б) (рис.4.13). Дана операція є однією із самих легких та швидких, оскільки для розмітки вже є всі потрібні данні. Розмітка креслення відбувається згідно ГОСТ 3212-92 [13, 25]. Згідно цього ГОСТу припуски, прибілі, та елементи ливникової форми позначаються червоним кольором, а роз'єм моделі – синім.

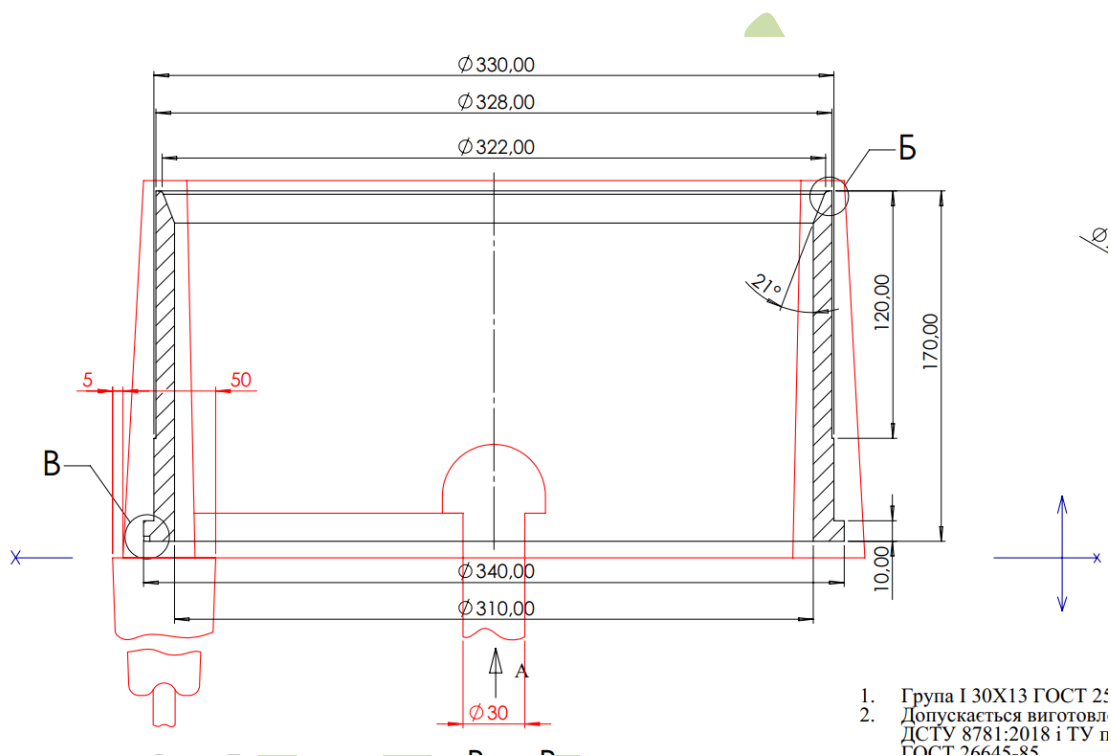


Рисунок 4.13 – Ливарний варіант креслення деталі «штулка»

При нанесенні на креслення припусків головне пам'ятати, що їх можна наносити лише на ті поверхні, які мають знак обробки. Цей знак позначається шорсткістю деталі, наприклад $\sqrt{Ra\ 3,2}$, а в місцях, де цієї обробки нема, або стоїть знак литої поверхні (∇) зазвичай додають припуск в 1 мм та позначають його 1т. Цей розмір означає, що на поверхню потрібно додати 1 мм технологічного припуску для врахування усадки металу в 2 %.

Висновки

Деталь «втулка» використовується для ущільнення і була виготовлена за допомогою лиття. Серед багатьох видів лиття було обране найпростіше та найпоширеніший спосіб – лиття в піщано-глиняні одноразові форми. Сутність цього методу полягає в тому, що для нього виготовлюють модель із дерева або металу та роблять зліпок в спеціальній формувальній суміші, яку засипають в опоки. В більшості випадках використовують дві опоки, але іноді буває, що використовують три і більше опок.

Механічна обробка деталі «втулка» полягає в тому, що її точать на карусельно вертикальному верстаті і після термічної обробки фрезерують пази.

Для розробки моделі із сталі потрібно враховувати крім припусків ще й кількість, розміри та розташування прибилів. Також при створення такої моделі потрібно враховувати її можливість формування для лиття. При розробці 3D-моделі потрібно не забувати і про економічну доцільність.

При нанесенні на креслення припусків головне пам'ятати, що їх можна наносити лише на ті поверхні, які мають знак обробки. Цей знак позначається шорсткістю деталі, наприклад $\sqrt{Ra\ 3.2}$, а в місцях, де цієї обробки нема, або стоїть знак литої поверхні зазвичай додають припуск в 1 мм та позначають його 1т.

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Термічна обробка деталі «втулка» для ущільнення насосу КСВ 200-220-С УХЛ4

У випадку втулки ущільнення насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4, термічна обробка є важливим етапом виготовлення, оскільки вона дозволяє покращити механічні властивості і забезпечити стійкість деталі під час роботи в умовах постійного навантаження.

Один із видів термічної обробки, який застосовується для отримання бажаних властивостей втулки ущільнення, – це гартування. Гартування включає нагрівання втулки до високої температури, зазвичай над критичною точкою, і швидке охолодження, що спричиняє зміну структури металу. Цей процес забезпечує підвищення твердості та міцності втулки [7, 12, 21].

Після гартування втулку можна піддати відпуску. Відпуск – це процес нагрівання втулки до певної температури і витримки при цій температурі протягом певного часу, після чого вона повільно охолоджується. Відпуск дозволяє зменшити внутрішні напруження, що можуть виникнути під час гартування, та поліпшити пластичність та ударну в'язкість матеріалу [7, 12, 21].

Крім гартування та відпуску, в процесі термічної обробки можуть використовуватися інші методи, такі як нормалізація, відпал, старіння і обробка холодом. Кожен з цих методів має свою специфіку і застосовується залежно від вимог до кінцевих властивостей деталі.

Отримання правильного термічного режиму є критичним для досягнення встановлених механічних характеристик та довговічності втулки ущільнення. Тому контроль якості, перевірка відповідності характеристик і виконання випробувань є важливим етапом після термічної обробки [7, 12, 21].

В більшості випадках термічна обробка поділяється на попередню та кінцеву, особливо якщо деталь була виготовлена за допомогою лиття.

Для деталі «втулка» із обраної сталі 20Х13Л був підібраний режим первинної термообробки і наведено в таблиці 5.1, а графік на рисунку 5.1.

Таблиця 5.1 - Режим первинної термічної обробки для сталі 20Х13Л

Марка сталі	Відпал, °С	Режим охолодження	Швидкість охолодження, °С/год.
20Х13Л	980	З піччю	50

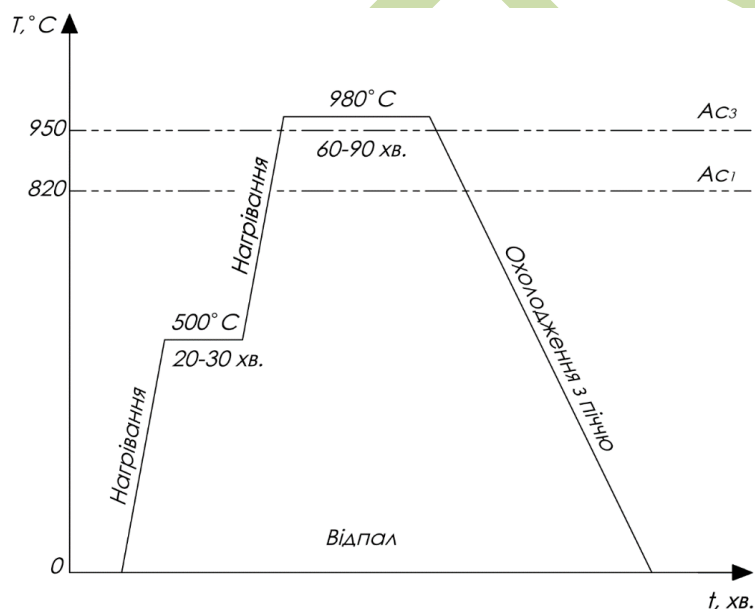


Рисунок 5.1 – Графік первинної термічної обробки сталі 20Х13Л

В процесі відпалу сталі 20Х13Л, що застосовується для поліпшення механічних властивостей та стабілізації структури, відбувається фазова перекристалізація матеріалу. Після нагрівання вище A_{c3} (температура, при якій починається перетворення аустеніту) на 30-50 °С і тривалого утримання при цій температурі, проводиться повільне охолодження у спеціальній печі.

Після проведення відпалу, для подальших досліджень та оцінки мікроструктури, поверхню матеріалу шліфують, полірують та травлять. Цей процес

дозволяє отримати чисту і гладку поверхню, яка стає доступною для мікроскопічного дослідження [7, 12, 21].

Мікроструктура сталі 20X13Л після відпалу наближається до структурно рівноважної і складається із перліту + фериту і карбідів.

Ферит: це м'яка фаза, яка зазвичай представлена виглядом світлої зернистої структури. Ферит має добру пластичність і забезпечує деформацію матеріалу при навантаженні. Перліт: це змішана структура, що складається з шарів фериту та цементиту (вуглецевої фази). Вона може мати вигляд темних смуг або зернистої структури. Перліт забезпечує сталі хорошу міцність та механічну стійкість.

Дослідження мікроструктури дозволяє оцінити якість проведеного відпалу та визначити наявність можливих дефектів, таких як зміна фазового складу або нерівномірне розподілення компонентів. Це важливий етап в контролі якості термічно оброблених деталей, зокрема втулок ущільнення насосів типу КСВ 200-220-С УХЛ4, і дозволяє підтвердити відповідність механічних властивостей вимогам специфікацій.

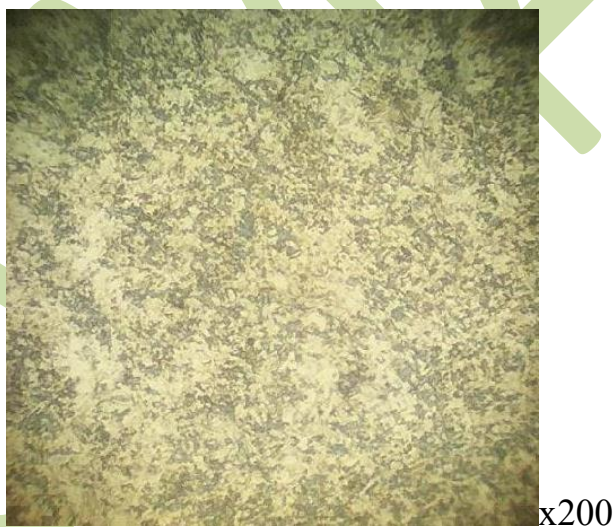


Рисунок 5.2 – Мікроструктура сталі 20X13Л після проведення відпалу при температурі 980 °С, x200

Отримання подрібнення зерна та поліпшення однорідності металу є важливими наслідками відпалу сталі 20X13Л. Ці зміни в мікроструктурі сприяють отриманню деталі з необхідним набором фізико-механічних властивостей для

подальшої механічної обробки. Після відпалу сталі 20X13Л твердість склала 32-33 HRC.

Термічна обробка сталі 20X13Л згідно ГОСТ 977-88 (виливки сталеві) полягає в відпалюванні, гартуванні та високому відпуску. Оскільки дана сталь використовуються в дуже широкому спектрі деталей, то термісти на підприємствах часто коректують режими термічної обробки. Виходячи з вимог до деталі був розроблений режим термічної обробки для втулки ущільнення із сталі 20X13Л, наведений на рисунку 5.3.

Гартування сприяє отриманню мартенситної структури, яка характеризується високою твердістю і міцністю, але меншою пластичністю і в'язкістю. Цей процес використовується для підвищення механічних властивостей сталі, зокрема твердості і міцності. Після гартування сталь може бути дуже крихкою і непластичною, тому часто проводять наступний етап – відпуск [7, 12, 21].

Відпуск є процесом, за якого загартований матеріал нагрівається до певної температури і витримується при цій температурі протягом певного часу. Це дозволяє знизити крихкість і підвищити пластичність матеріалу, одночасно зберігаючи його прийнятний рівень міцності. Відпуск також допомагає зменшити внутрішні напруження, що можуть виникнути в результаті гартування.

Таким чином, гартування і відпуск є взаємодоповнюючими процесами, які використовуються для досягнення оптимальних механічних властивостей матеріалів, забезпечуючи баланс між твердістю, міцністю і пластичністю [7, 12, 21].

Гартування сталі 20X13Л було проведено при температурі 1000-1050 °C з витримкою 30-40 хвилин (рис. 5.3). Зазвичай при гартування сталь охолоджують в воді або маслі, але оскільки дана сталь відноситься до типу сталей, що гартується на повітрі, то для уникнення тріщин ми будемо охолоджувати її на повітрі. Особливо це важливо, оскільки ми не проводили попередню термічну обробку, через що структура та напруження були різними в різних частинах деталі.

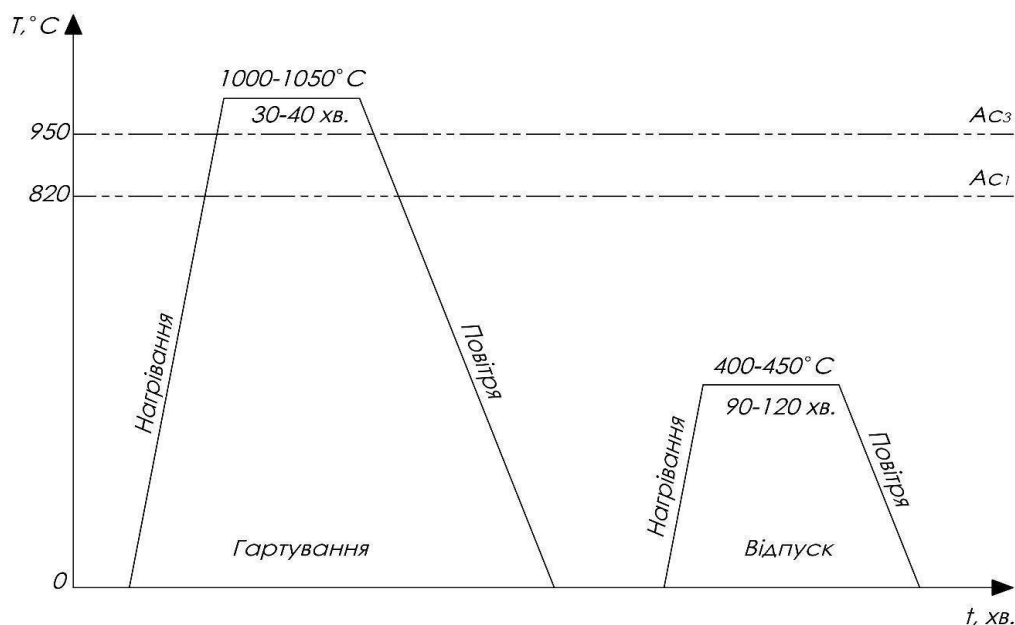


Рисунок 5.3 – Графік термічної обробки сталі 20X13Л

Після гартування починається остання операція термічної обробки – відпуск. Дану операцію проводять для всіх сталей та сплавів, а також вона завжди є останньою. Це пов'язано з тим, що відпуск проводять з метою усунення внутрішніх напружень в сталі, та робить структуру цієї сталі більш рівномірною. Для сталі 20X13Л було прийнято піддати сталь нагріву до 400-450 °C з витримкою в 90-120 хвилин з подальшим охолодженням на повітрі.

Використання зразків-свідків у термічній обробці деталей є поширеною практикою. Зразки-свідки дозволяють проводити експерименти та вимірювання на них, забезпечуючи незалежні результати без впливу на саму деталь.

Зразки-свідки мають подібну структуру та хімічний склад до деталей, які піддаються термічній обробці. Їх розміри і переріз зазвичай вибирають таким чином, щоб вони максимально відповідали геометрії та товщині найбільш критичної ділянки деталі. Це забезпечує більш точні та репрезентативні результати експериментів, оскільки товщина перерізу може впливати на час і температуру, необхідні для отримання певної структури і властивостей металу.

Завдяки використанню зразків-свідків можна проводити різні випробування, такі як вимірювання твердості, пластичності, міцності та інших властивостей металу. Це дозволяє отримати важливі дані для оцінки ефективності термічної

обробки та встановлення відповідності вимогам проекту чи стандартів якості, без ризику пошкодження самої деталі. Зразки-свідки є цінним інструментом для контролю та налаштування технологічних процесів, що допомагає забезпечити високу якість та надійність виробів, виготовлених з металів і сплавів [7, 12, 21].

Після термічної обробки (відпал, гартування, відпуск) було зроблено структурний аналіз сталі 20X13Л (рис. 5.4). Як видно з рисунку 5.4, після термічної обробки структура сталі стала більш рівномірною. На відміну від структури литої сталі, термічно оброблена має менший розмір зерна, що надає сталі більш високої твердості та зносостійкості, що в свою чергу збільшує термін використання втулки. Структура сталі є рівнозернистою. У середині зерен знаходиться високодисперсний бейніт і мартенсит. Також між бейнітом виявлено включення Cr_7C_3 . Після проведення термічної обробки твердість сталі становить порядку 44 HRC.

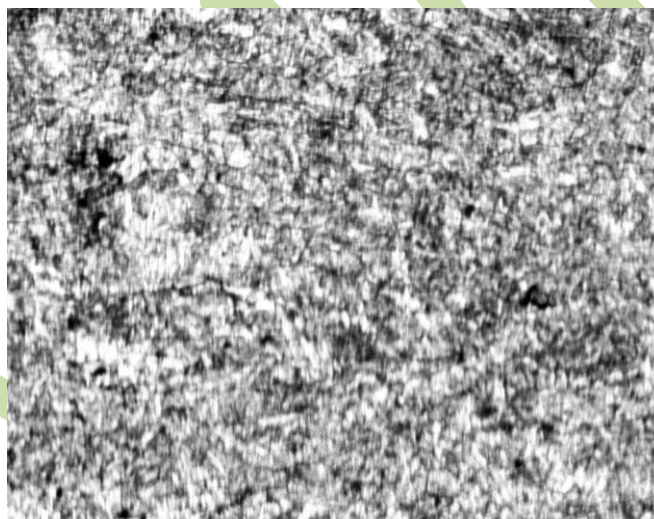


Рисунок 5.4 – Мікроструктура сталі 20X13Л після термічної обробки, x200

5.2 Вибір необхідного обладнання для отримання деталі «втулка» насосу КСВ 200-220-С УХЛ4

Для термічної обробки втулок використовують камерні печі з різними температурними обмеженнями.

Камерні печі використовують як для відпалу, гартування (рис. 5.5), так і для відпуску (рис. 5.6) металевих деталей. Для відпалу та гартування втулок можна

використовувати камерні термічні печі українського виробництва типу СНО-4.8.3/12,5 (рис 5.5) [26-28].



Рисунок 5.5 – Камерна електротермічна піч СНО-4.8.3/12,5 [26-28]

Промислова камерна піч СНО-4.8.3/12,5 обладнана системою автоматичного регулювання температури на основі твердотільних безконтактних реле та мікропроцесорного регулятора температури, що дозволяє задавати температуру, час набору температури та час витримки садка при зазначеній температурі. Можливе встановлення терморегулятора з виходом на комп'ютер (інтерфейс та програмне забезпечення надаються) для візуалізації та архівування процесів, а також управління роботою печі з комп'ютера. Нагрівачі (спіралі з фехралі) розміщені на трубках у пазах бічних та торцевих стін печі та в поду. Подові нагрівачі закриті керамічними плитками. Піч футерована сучасними енергозберігаючими матеріалами, що забезпечують малі втрати енергії та швидкий вихід на режим. Шафа управління розміщена на лівому боці печі. У печі передбачені вхідні та вихідні вентиляційні отвори з пробками для видалення можливих газових виділень та для прискорення, при необхідності, швидкості охолодження печі [26-28].

В таблиці 5.2 наведені деякі технічні характеристики печі СНО-4.8.3/12,5 [27-29].

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики камерної печі СНО-4.8.3/12,5 [26-28]

Технічні характеристики	СНО-4.8.3/12,5
Номинальна потужність, кВт	23 ± 2
Параметри електроживлення	3×380 В, 50 Гц
Максимальна температура в робочому просторі, °С	1250
Діапазон автоматичного регулювання температури, °С	40...1250
Розміри робочого простору, ширина × довжина × висота, мм	400 × 800 × 300
Габаритні розміри, ширина × довжина × висота, мм	1400 × 1550 × 1500
Середовище у робочому просторі	Повітря
Стабільність регулювання температури в тепловому режимі, що встановився, без садки, °С	± 3
Механізм відкривання дверей	Ручний
Розрахункова вага, кг	1400

Для відпуску можна використовувати як піч для гартування, що приведена вище, або ж використати піч з меншою максимальною температурою. Серед таких печей можна виділити піч українського виробництва СНО-6.10.4/7,5, яка наведена на рисунку 5.6 [27-29].



Рисунок 5.6 – Камерна електротермічна піч СНО-6.10.4/7,5 [27-29]

У печі під склепінням встановлено робоче колесо вентилятора з дифузоровим із жароміцної сталі для зменшення нерівномірності розподілу температури за обсягом робочої камери печі. В таблиці 5.3 наведені деякі технічні характеристики печі СНО-6.10.4/7,5 [27-29].

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики камерної печі СНО-6.10.4/7,5 [27-29]

Технічні характеристики	СНО-6.10.4/7,5
Номінальна потужність, кВт	37 ± 5
Параметри електроживлення	3×380 В+N, 50 Гц
Максимальна температура в робочому просторі, °С	750
Діапазон автоматичного регулювання температури, °С	40...750
Розміри робочого простору, ширина × довжина × висота, мм	600 × 1000 × 400
Габаритні розміри, ширина × довжина × висота, мм	1550 × 1850 × 2150
Висота від полу до поду печі, мм	800
Середовище у робочому просторі	Повітря
Стабільність регулювання температури в тепловому режимі, що встановився, без садки, °С	± 3
Механізм відкривання дверей	Ручний
Нерівномірність розподілу температури за об'ємом камери, у постійному тепловому режимі, без садіння, °С	± 5

Високотемпературна електропіч СНО-6.10.4/7,5 з вентилятором обладнана системою автоматичного регулювання температури на базі мікропроцесорного терморегулятора ТРП-08-ТП (за умовчанням) та твердотільних безконтактних реле. Терморегулятор дозволяє встановлювати температуру, час виходу на режим та час перебування на режимі. Пульт керування розміщений на лівій стороні печі. Нагрівачі виготовлені з суперфехрالی та встановлені на трубках у пазах бічних та торцевих стінок печі, а також у поду. У конструкції печі передбачено автоматику безпеки. Багатошарова футеровка печі виконана з сучасних волокнистих та мікропористих матеріалів. Вибрані матеріали та конструкція печі забезпечує енергозберігаючий режим роботи. Двері на петлях відчиняються ліворуч - праворуч. У печі є припливний та витяжний (з пробкою) вентиляційні отвори для видалення можливих газових виділень (наприклад, вигорання олії) та для регулювання швидкості охолодження садки (при необхідності) [27-29].

Висновки

Для виготовлення деталі «втулка» насосу типу КСВ 200-220-С УХЛ4 було прийнято використовувати корозійностійку ливарну сталь 20Х13Л. Термічна обробка для даної сталі складається з відпалу, гартування і відпуску.

Відпал було проведено при певних температурах і тривалості для досягнення бажаної мікроструктури та властивостей сталі 20Х13Л.

В процесі відпалу сталі 20Х13Л, що застосовується при температурі 980 °С для поліпшення механічних властивостей та стабілізації структури, відбувається фазова перекристалізація матеріалу. Після нагрівання вище A_{c3} (температура, при якій починається перетворення аустеніту) на 30-50 °С і тривалого утримання при цій температурі, проводиться повільне охолодження у спеціальній печі.

Гартування сталі 20Х13Л було проведено при температурі 1000-1050 °С з витримкою 30-40 хвилин з подальшим охолодженні на повітрі.

Після гартування починається остання операція термічної обробки – відпуск. Дану операцію проводять для всіх сталей та сплавів, а також вона завжди є останньою. Це пов'язано з тим, що відпуск проводять з метою усунення внутрішніх напружень в сталі, та робить структуру цієї сталі більш рівномірною. Для сталі 20Х13Л було прийнято піддати сталь нагріву до 400-450 °С з витримкою в 90-120 хвилин.

Після проведення термічної обробки твердість сталі становить порядку 44 НРС.

Для проведення термічної обробки було обрано відповідне обладнання і застосовували камерну електротермічну піч типу СНО-4.8.3/12,5 для відпалу і гартування та піч для відпуску – СНО-6.10.4/7,5.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі бакалавра було проаналізовано призначення та умови роботи втулки насосу типу КСВ. На основі проведених досліджень вибору матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки втулки насосу типу КСВ з легованої ливарної сталі 20Х13Л можна зробити наступні висновки.

2. У результаті аналізу літературних джерел та застосування стандартних методів дослідження фізико-механічних властивостей та структури сталі 20Х13Л, було встановлено, що цей матеріал є оптимальним вибором для виготовлення втулки насосу типу КСВ. Він володіє високою стійкістю до корозії, має добрі механічні властивості та може піддаватися термічній обробці для підвищення твердості. Використання легованої сталі 20Х13Л гарантує втулці високу міцність, довговічність та надійність, що є важливими факторами для безперебійної та ефективної роботи насосу КСВ у різних умовах експлуатації.

3. Маршрутна технологія виготовлення заготовки та термічна обробка втулки були ретельно розроблені з метою досягнення оптимальних експлуатаційних характеристик. В процесі виготовлення втулки були враховані такі операції, як добування руди, обробка руди, виробництво чавуну, конвертування в сталь, процес основної конверсії, очищення і легування. Отримання сталі дуплекс-прокатом включало вибір легуючих елементів, підготовку сировини, плавлення, контроль хімічного складу, операції прокатки та термічну обробку. Поетапний процес розробки технологічного процесу отримання деталі включав вибір матеріалу, підготовку сировини, плавлення сировини, додавання легуючих елементів, змішування і відпускання, аналіз і корекцію складу. Ливарний процес, охолодження та видалення виливка, первинна термічна обробка (відпал), механічна обробка, зміцнююча термічна обробка (гартування), остаточна термічна обробка (відпуск), обробка поверхні та контроль якості також були враховані у процесі виготовлення втулки.

4. Застосування розробленої маршрутної технології та термічної обробки сприяє поліпшенню експлуатаційних характеристик втулки насосу. В результаті цього вдосконалення можна очікувати підвищення ефективності та надійності роботи насосу типу КСВ, забезпечуючи безперебійне функціонування пристрою в різних умовах експлуатації. Подальше дослідження та вдосконалення процесу виготовлення можуть привести до ще більшого поліпшення якості та продуктивності втулки та насосу в цілому. Загальний висновок підтверджує, що використання легованої ливарної сталі 20Х13Л та оптимізованого технологічного процесу має великий потенціал для покращення роботи насосу типу КСВ і сприяє підвищенню ефективності та надійності його функціонування. Після проведення термічної обробки твердість сталі становить порядку 44 НРС.

5. Для проведення термічної обробки було обрано відповідне обладнання і застосовували камерну електротермічну піч типу СНО-4.8.3/12,5 для відпалу і гартування та піч для відпуску – СНО-6.10.4/7,5.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лупирь, О.В. «Дослідження впливу технологій термічної обробки на структуру та властивості сталі 20X13» [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 132 «Матеріалознавство» / О.В. Лупиря; наук. керівник Т.П. Говорун - Суми: СумДУ, 2018. - 112 с.
2. Руденко Л. Ф. Леговані сталі та сплави: навч. посібн. /Л.Ф. Руденко, Т.П. Говорун – Суми: СумДУ, 2012. – 171 с.
3. Марочник сталей и сплавов. Под ред. Зубченко А. С. – М: Машиностроение, 2003. – 782 с.
4. http://www.splav-kharkov.com/en/e_mat_start.php?name_id=252
5. Конденсатний насос класу КСВ 200-220-С УХЛ4 [Електронний ресурс]: <https://ventilator.ua/product/nasos-kondensatnyj-ksv-200-220-s-uhl4/>
6. Сталь 20X13Л [Електронний ресурс]: <https://evek.com.ua/materials/stal-20h13l.html>
7. Технологія конструкційних матеріалів [Текст] : навч. посіб. / С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми : СумДУ, 2016. – 146 с.
8. Пчелинцев В.А. Повреждаемость основных деталей машин: учебно-метод. пос. / В. А. Пчелинцев, В. Н. Раб. – Сумы : СумГУ, 2008. – 137 с.
9. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс] : підр. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, О. І. Букет, Г. С. Васильєв – Електронні текстові дані (1 файл: 8,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 318 с.
10. Materials science and engineering : an introduction / William D. Callister, Jr.— 7th ed./Printed in the United States of America, 2017. 975 p.
11. Леговані сталі та сплави з особливими властивостями. Підручник / Куцова В.З., Ковзель М.А., Носко О.А. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2018. – 348 с.

[Електронний ресурс]:https://nmetau.edu.ua/file/legirovannye_stali_i_splavy_s_osoby_mi_svoystvami.pdf

12. Говорун Т. П. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) : навч. посіб. / Т. П. Говорун, О. П. Гапонова, С. В. Марченко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 163 с.

13. Бурлака, А.Ю. Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки апарату направляючого насоса [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 132 - Матеріалознавство / А.Ю. Бурлака; наук. керівник Т.П. Говорун. - Суми: СумДУ, 2022. - 92 с.

14. Ямшинський М.М. Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах. Дисертація. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України, Київ, 2019. 510 с.

15.[Електронний ресурс] https://ptima.kiev.ua/images/stories/SSovet/Yams/dis_yamshynskyi%20m.pdf

16. Литтям по виплавленим моделям виготовляються відливки з сталей марок: 20Х13Л. [Електронний ресурс]: <http://snpo.ua/produktsiya/napivfabrikati-i-nestandartne-oblad/vilivki/>

17 <http://mtom.iff.kpi.ua/images/books/Materials%20Aftodilyanec.pdf>.

18. Нікель підвищує механічні властивості, корозійну стійкість та щільність зливок і зменшує ліквідацію. [Електронний ресурс]: <http://mtom.iff.kpi.ua/images/books/Materials%20Aftodilyanec.pdf>

19. Вплив легуючих елементів. [Електронний ресурс]: <https://evек.com.ua/reference/vliyanie-legiruyushhix-elementov.html>

20. Легована сталь: особливості, класифікація та характеристики. [Електронний ресурс]: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/legirovannaya-stal-osobennosti-klassifikatsiya-i-kharakteristiki/>

21. Лабораторний практикум з курсу «Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство». Частина 2 «Матеріалознавство» / укладачі Т.П. Говорун, О.П.

Гапонова, В.М. Раб, Н.А. Харченко. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 86 с.

22. <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/28/5-28-139.pdf>.

23. Пчелінцев В.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів» : у 2 частинах. Ч. 1. Випробування металів / укладачі: В.О. Пчелінцев, А. І. Дегула, Т. П. Говорун. Суми : Сумський державний університет, 2015. 53 с.

24. <http://standart-m.com.ua/izmeritelnye-pribory/tverdomery/tverdomer-tr-5006>).

25. Застосування комп'ютерного моделювання процесів лиття деталей відцентрових насосів / Бурлака А. Ю., Говорун Т. П, Ханюков К.С., Варакін В.О., Масалітова К.І. // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2023) : матеріали тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 25–26 травня 2023 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. Т. 2. С. 61-62.

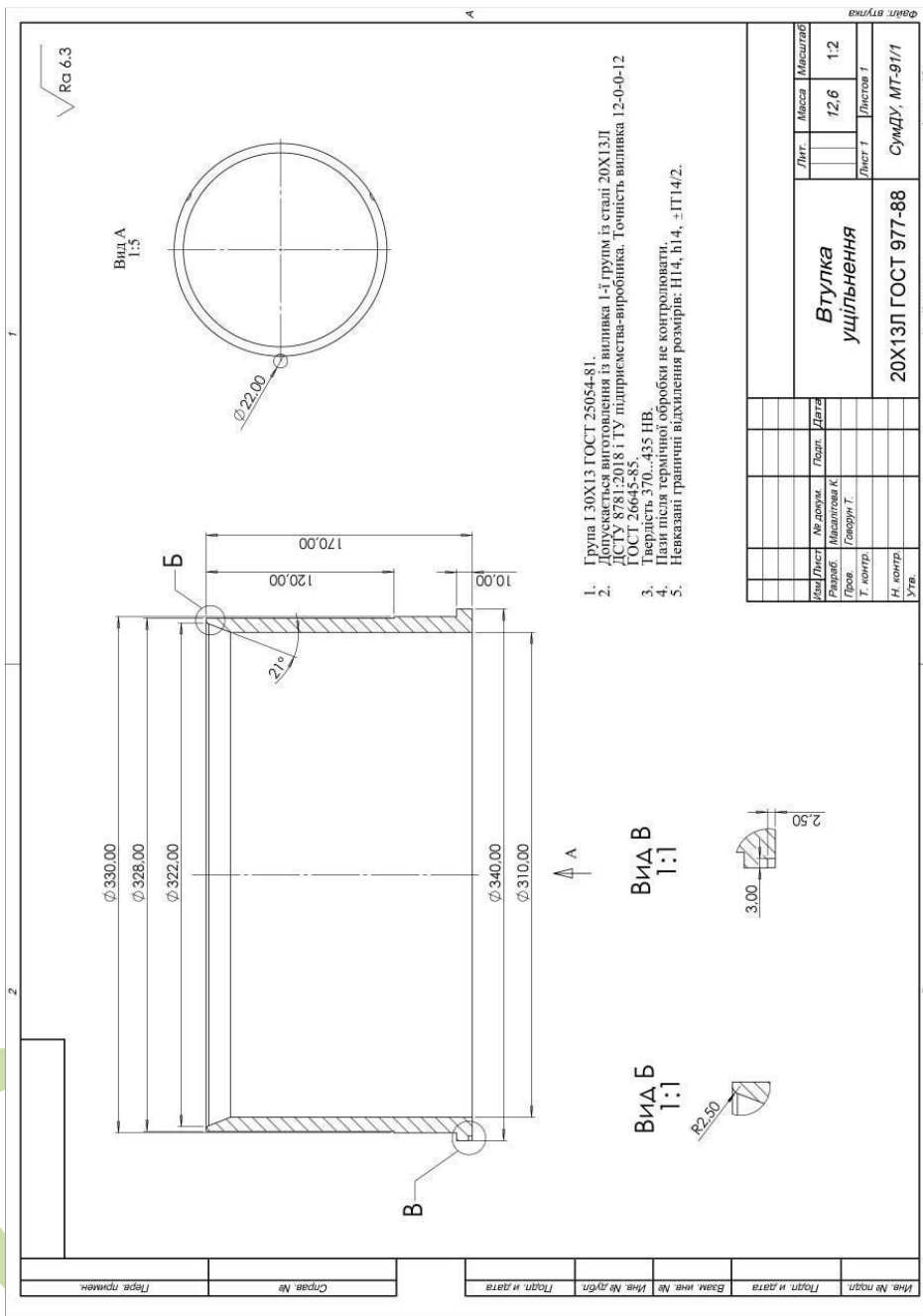
26. Піч для гартування. [Електронний ресурс]: <http://bortek.ua/promyshlennyye-ehlektropechi/kamernyye-pechi/hardening-furnace>.

27. Будник А.Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць. Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 212 с.

28. Будник, А. Ф. Обладнання термічних цехів та дільниць. Атлас конструкцій: навч. посіб. / А.Ф. Будник, А.О. Томас. – Суми: СумДУ, 2014. – 112 с.

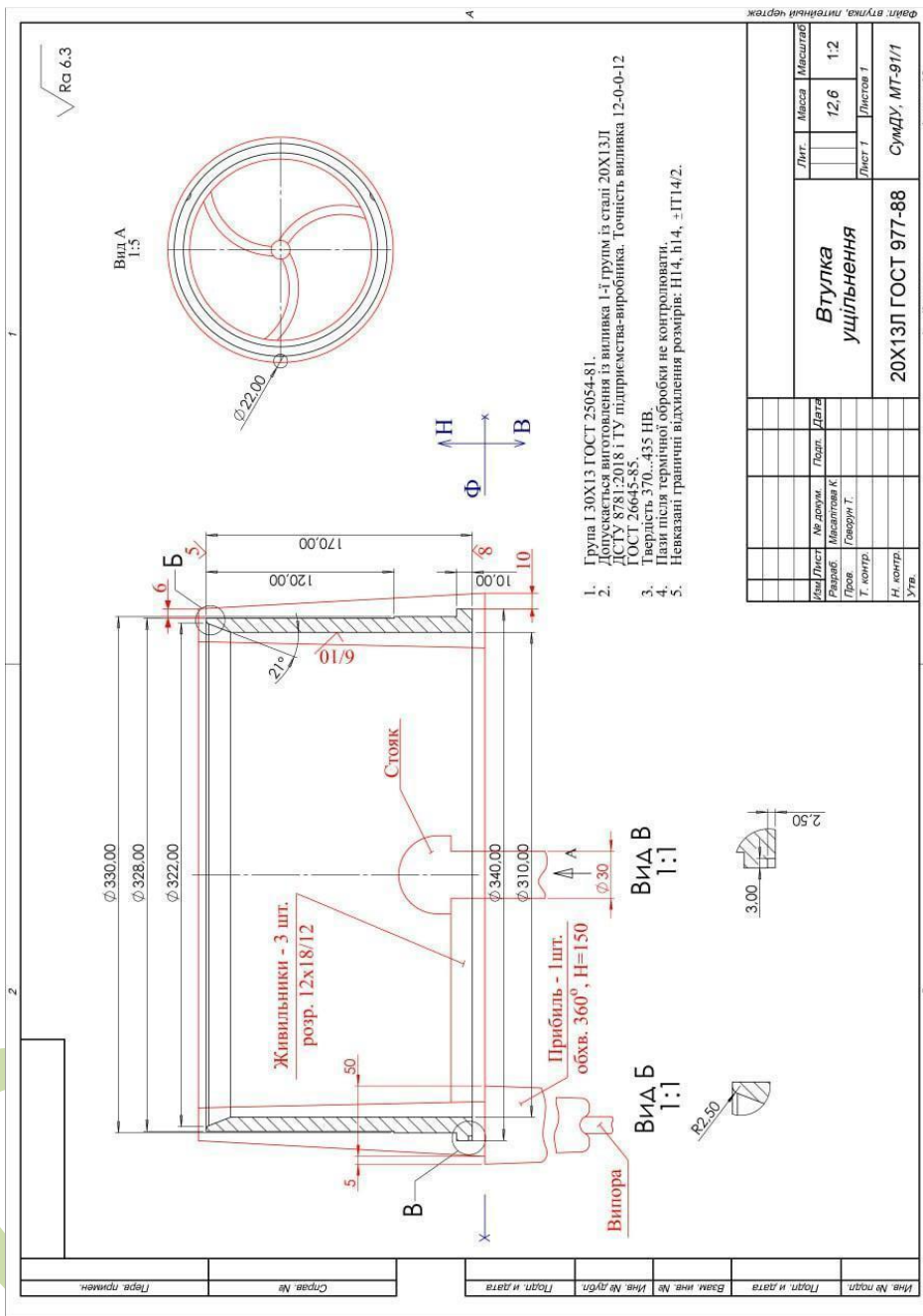
29. Піч для відпалу. [Електронний ресурс]: <http://bortek.ua/ua/promyshlennyye-ehlektropechi/kamernyye-pechi/sno-6-10-4-75>.

ДОДАТОК А



1. Група І 30Х13 ГОСТ 25054-81.
2. Діаметр отвору виготовлення із вилка 1-ї групи із етап 20Х13ЛІ
3. Діаметр отвору 18 ГТУ підприємства-виробника. Гоцність вилка 12-0-0-12
4. ГОСТ 26645-85
5. Твердість 370-435 НВ
6. Шви після термічної обробки не контролювати.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: Н1,4, h1,4, ±IT14/2.

ДОДАТОК Б



√ Ra 6.3

Мів. № позн.	Позн. и дата	Взам. інв. №	Мів. № дубл.	Позн. и дата	Справа. №	Пара. примеч.

Мив.Дист.	Не доум.	Лазл.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Резуб.	Мисалова К	Гаврун Т.				
Т. контр.				Лист 1	Листов 1	
Н. контр.				СумДУ, МТ-91/1		
Утв.				20Х13Л ГОСТ 977-88		
				І		Копировал
				Формат А3		

Мив.Дист.	Не доум.	Лазл.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Резуб.	Мисалова К	Гаврун Т.				
Т. контр.				Лист 1	Листов 1	
Н. контр.				СумДУ, МТ-91/1		
Утв.				20Х13Л ГОСТ 977-88		
				І		Копировал
				Формат А3		