

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

в. о. завідувача кафедри

Гапонова О. П.

_____ дата, підпис

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

за напрямом підготовки 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи:

Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки деталі
«вал насосу»

Виконав:

студент Кайдаш Дмитро
Віталійович

Залікова книжка № 16510015

Керівник:

Харченко Надія Анатоліївна

_____ дата, підпис

_____ підпис

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК:

П. І. П/б

_____ оцінка, дата

_____ дата, підпис

Суми 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

в.о. завідувача кафедри

_____ О.П. Гапонова

«__» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ДЛЯ ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

Кайдаша Дмитра Віталійовича

1. Тема проекту(роботи): Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки деталі «вал насосу»

затверджена Наказом по університету від «07» квітня 2020 р. № 0513-III

2. Термін здавання студентом закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту(роботи) Креслення вала насоса та вимоги до нього вказані на кресленні (додаток А)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) аналіз умов роботи деталі, літературний огляд, вибір матеріалу та методів дослідження, маршрутна технологія виготовлення деталі, розрахунково-експериментальна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) креслення деталі, план розробленого термічного відділення.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз умов роботи деталі		
2	Літературний огляд		
3	Вибір матеріалу та методів дослідження		
4	Маршрутна технологія виготовлення деталі		
5	Розрахунково-експериментальна частина		

6. Дата видачі завдання _____

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра вміщує 64 сторінки, зокрема 11 таблиць, 22 рисунків, список із 35 використаних джерел на 3 сторінках, 3 додатки на 11 сторінках.

Мета роботи – підвищення експлуатаційних властивостей деталі «вал насосу», аналіз умов роботи деталі. Вибір матеріалу та раціональних режимів термічної обробки. Розробка маршрутної технології виготовлення виробу. Проектування плану термічної дільниці.

Методи дослідження – макроструктурний аналіз, мікроструктурний аналіз, визначення твердості та стійкості до міжкристалічної корозії.

Проаналізовано умову роботи деталі «вал насосу», сформульовано вимоги до матеріалів з якого вона виготовляється. Вибрана марка сталі, розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі «вал насосу», обрано оптимальний режим термічної обробки деталі. Досліджено структуру та властивості сталі після термічної обробки. Проведено дослідження на стійкість до міжкристалічної корозії, макроскопічний аналіз, мікроскопічний аналіз та вимірювання твердості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВАЛ, НАСОС ГЦН-317, 14X17H2, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, СОРБИТ, МІЖКРИСТАЛІЧНА КОРОЗІЯ

ЗМСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ «ВАЛ НАСОСА»	8
1.1 Аналіз умов роботи деталі	8
1.2 Причини виходу з ладу деталі.....	13
Висновок	14
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	15
2.1 Матеріали деталі «вал насоса»	15
2.2 Поверхнєве зміцнення деталі «вал насоса»	18
Висновок	21
РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛІ	22
3.1 Вибір матеріалу	24
3.2 Впливу легуючих елементів	30
Висновок	31
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	31
4.1 Правила розробки технологічного процесу виготовлення деталі	31
4.2 Етапи виготовлення деталі.....	31
Висновок	36
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	37
5.1 Термічна обробка деталі «вал насоса»	37
5.2 Металографічний аналіз	40
5.3 Випробування на твердість сталі 14X17H2	47
5.4 Результати випробувань на стійкість проти МКК.....	49
5.5 Вибір обладнання	52
5.6 Розрахунок обладнання для проведення термічної обробки	58
5.7 Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується.....	59

5.8 Розробка плану розташування обладнання на термічній ділянці..... 60

Висновки 63

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....64

Додаток А Креслення деталі «вал насосу» 68

Додаток Б Планування термічної ділянки..... 69

Додаток В Хімічний аналіз сталі 14X17H2 70

Додаток Г Публікації..... 71

ВСТУП

Актуальність роботи. Актуальність роботи пов'язана із підвищенням жаростійкості трубок теплообмінника, адже в результаті цього підвищується строк експлуатації виробу, що в подальшому значно може скоротити витрати.

Мета роботи – підвищення експлуатаційних властивостей деталі «вал насосу», аналіз умов роботи деталі. Вибір матеріалу та раціональних режимів термічної обробки. Розробка маршрутної технології виготовлення виробу. Проектування плану термічної дільниці.

Завдання:

- проаналізувати умови роботи деталі;
- провести аналіз літературних джерел;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
- розробити технологічний процес та термічну обробку виробу;
- вибрати основне та допоміжне обладнання для проведення термічної обробки та спроектувати термічну дільницю.

Методи дослідження – макроструктурний аналіз, мікроструктурний аналіз, визначення твердості та стійкості до міжкристалічної корозії.

Публікації

Результати роботи опубліковано в трьох тезах наукових конференцій.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ «ВАЛ НАСОСА»

1.1 Аналіз умов роботи деталі

Атомна енергетика – галузь енергетики, що займається одержанням і використанням ядерної енергії [1]. Атомна енергетика відноситься до державної стратегічної галузі тому роботи пов'язані з вдосконаленням, дослідженням і вивченням є актуальними. Для одержання ядерної енергії використовують ланцюгову ядерну реакцію ділення ядер ізотопів урану або плутонію. Ядра діляться при влученні в них нейтрона, при цьому утворюються нові нейтрони та уламки поділу, які мають велику кінетичну енергію. У результаті зіткнень осколків з іншими атомами ця кінетична енергія швидко перетворюється на тепло. До ядерної енергетики відноситься використання керованих реакцій у ядерних реакторах. Ядерна енергія виробляється на атомних електричних станціях, використовується на атомних криголамах, атомних підводних човнах. Розвиток індустріального суспільства спирається на рівень виробництва та споживання різних видів енергії, що постійно зростає. Як відомо, в основі виробництва теплової та електричної енергії лежить процес спалювання викопних енергоресурсів – вугілля, нафти та газу, а в основі ядерної енергетики – поділ ядер атомів урану та плутонію при поглинанні нейтронів [1].

Масштаби добування цих ресурсів набагато більші ресурсів, що є на Землі. Особливо гостро постає проблема швидкого вичерпання запасів органічних природних енергоресурсів.

Відомо, що органічні викопні ресурси, навіть якщо взяти до уваги вірогідне уповільнення темпів зростання енергоспоживання, будуть значною мірою витрачені в нашому столітті. Крім того при спалюванні викопного вугілля та нафти, що мають сірчистість близько 2,5 %, щорічно утворюється до 400 млн т сірчистого газу та оксидів азоту, тобто близько 70 кг шкідливих речовин на кожного жителя Землі щороку [2].

Використання енергії атомного ядра, розвиток атомної енергетики знімає гостроту цієї проблеми. Дійсно, відкриття ділення важких ядер при захопленні нейтронів, що зробило ХХ століття атомним, додало до запасів енергетичного викопного палива істотний внесок ядерного пального. Запаси урану в земній корі оцінюються величезною цифрою. Проте багатих родовищ урану, де видобування було б недорогим, відомо порівняно мало. Відома занепокоєність науковців з приводу "парникового ефекту", що виникає через викиди вуглекислого газу при спалюванні органічного палива, і відповідного глобального потепління клімату на нашій планеті. Та й проблеми загазованості повітряного басейну, "кислих" дощів, отруєння річок наблизилися в багатьох районах до критичної межі. Атомна енергетика не споживає кисню і має мізерну кількість викидів при нормальній експлуатації. Якщо атомна енергетика замінить звичайну, то загрозу виникнення "парникового ефекту" з важкими екологічними наслідками глобального потеплення буде усунуто. Надзвичайно важливою обставиною є той факт, що атомна енергетика довела свою економічну доцільність практично в усіх куточках земної кулі. Вона потребує незначних транспортних витрат, що звільняє суспільство від тягаря постійних перевезень величезних обсягів органічного палива [2].

Атомна електростанція – електростанція, в якій атомна (ядерна) енергія перетворюється в електричну. Генератором енергії на АЕС є атомний реактор. Тепло, яке виділяється в реакторі внаслідок ланцюгової реакції поділу ядер деяких важких елементів, потім так само, як і на звичайних, перетвориться в електроенергію (рис. 1.1). На відміну від теплоелектростанцій, що працюють на органічному паливі, АЕС працює на ядерному пальному [3].

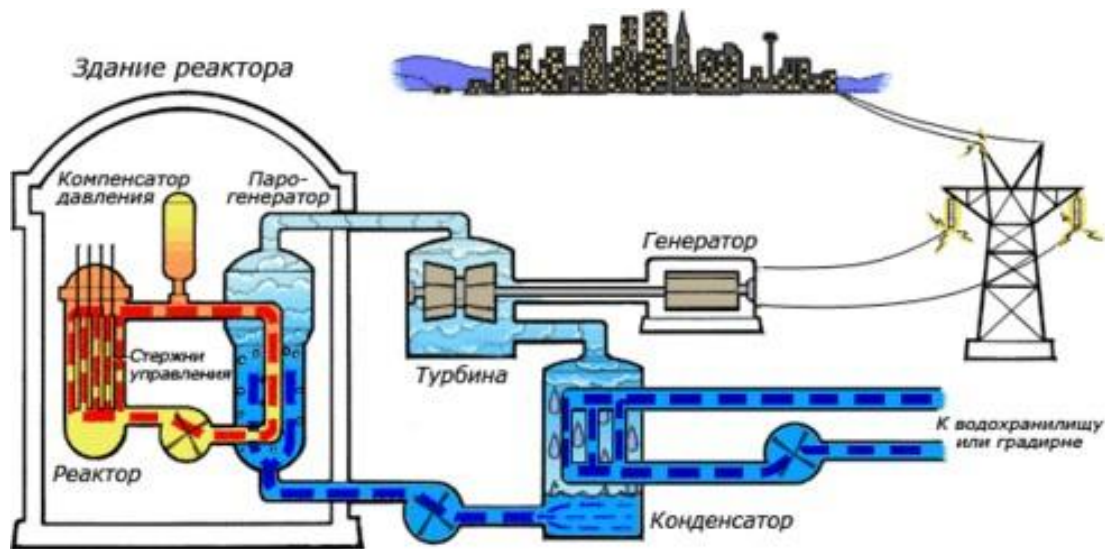


Рисунок 1.1 – Схема роботи атомної електростанції [3]

Атомні електростанції є перспективними і їх дослідження та вдосконалення є перспективним. В даній роботі ми дослідимо деталь «вал», яка є відповідальною деталлю насоса, який є частиною реакторної установки атомної електростанції.

Реакторна установка (РУ) – комплекс систем і елементів енергоблоку, призначених для перетворення ядерної енергії в теплову. РУ включає в себе безпосередньо пов'язані з нею системи, необхідні для його нормальної експлуатації, аварійного охолодження, аварійного захисту і підтримки в безпечному стані, за умови виконання необхідних допоміжних і забезпечувальних функцій іншими системами [4].

Реакторна установка включає в себе наступні основні системи першого контуру (рис.1.1) [4]:

- головний циркуляційний контур (1,2,3) (ГЦК);
- систему підтримки тиску в першому контурі (4);
- систему захисту першого контуру від перевищення тиску (5);
- пасивну частину системи аварійного охолодження зони (6) (систему гідроаккумуляторів).

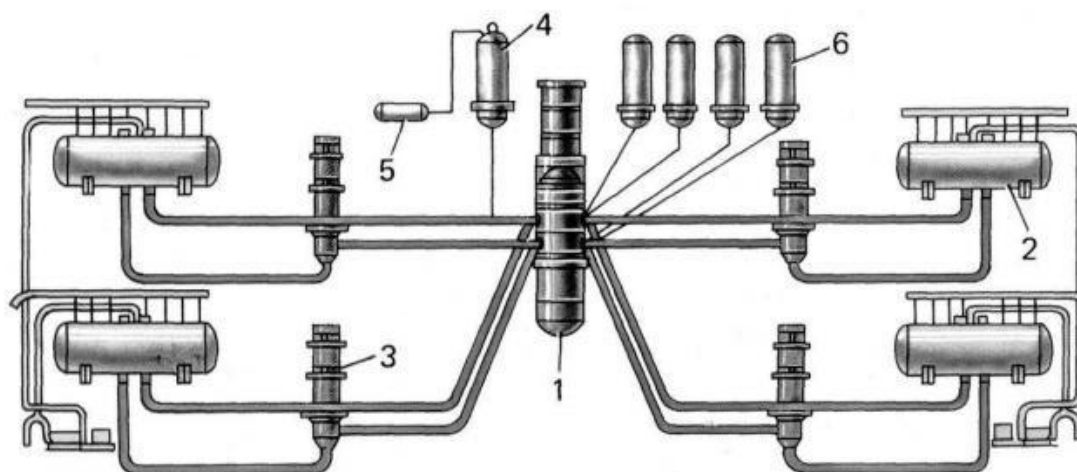


Рисунок 1.2 – Реакторна установка [4]

До складу ГЦК входять: ядерний енергетичний реактор ВВЕР 1000 (1) корпусного типу з водою під тиском; чотири циркуляційні петлі, кожна з яких складається з: парогенератора (2) ПГВ 1000М; головного циркуляційного насоса (3) ГЦН-317; головних циркуляційних трубопроводів умовним діаметром 850 мм (ДУ 850), що з'єднують обладнання петель з реактором [4].

Головний циркуляційний насос ГЦН-317 призначений для:

- створення циркуляції теплоносія першого контуру через активну зону реактора в режимах роботи РУ на потужності, в режимах розігріву і розхолодження;
- розігрів обладнання і трубопроводів першого контуру для пуску і проведення гідро-випробувань за рахунок перетворення кінетичної енергії робочого колеса в теплову енергію теплоносія. Крім того, ГЦН несе додаткову захисну функцію: при аваріях пов'язаних із знеструмленням секцій нормальної експлуатації вибіг дозволяє здійснювати плавний вихід на режим природної циркуляції. Ця функція дозволяє не отримати перегрів палива до початку тепловідведення за рахунок природної циркуляції [4].

Основна вимога, що пред'являлася до ГЦН на початку розвитку атомної енергетики, зводилася до повної відсутності протікань, що істотно ускладнювало і здорожувало конструкцію насоса. Робоче колесо, електродвигун і вал були герметизовані в загальному корпусі, що сполучається з трубопроводами контуру. Недоліком цих насосів був також їх низький ККД 60-65%. Для зменшення таких протікань розроблені механічні ущільнення валу насоса і відносно нескладні допоміжні контури ущільнюючої води. ККД таких насосів на 12 - 15 % більше за герметичних [4].

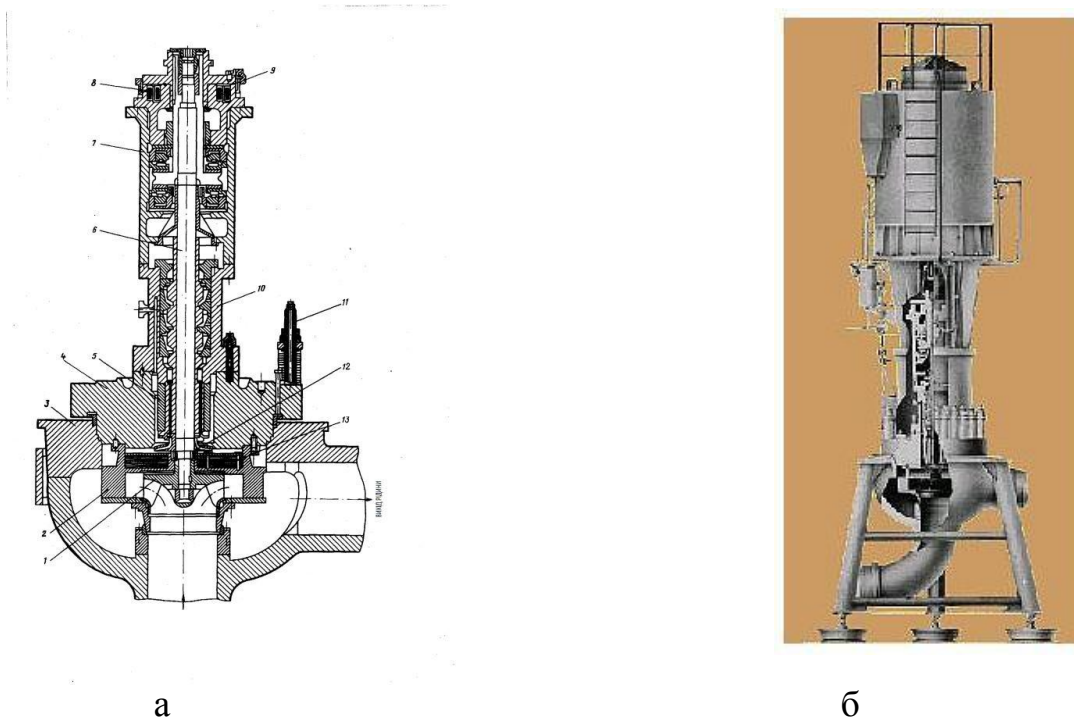


Рисунок 1.3 – ГЦН – 317 [6]:

а: 1 - робоче колесо; 2 – направляючий апарат; 3 – корпус; 4 – фланець; 5 – підшипник; 6 – вал; 7 – радіально-осьовий підшипник; 8 – електромагнітний розвантажувальний пристрій; 9 – прокладка; 10 – блок ущільнення; 11 – шпилька

Вал насоса є базовою деталлю ротора, на який при роботі насоса діють знакозмінні навантаження. Максимальний діаметр його зазвичай вибирають в місці посадки робочих коліс, далі до обох кінців поступово зменшуються для установки втулок та других деталей ротора. Вал є одним з найважливіших елементів пристрою насоса. Уступ для упору робочих коліс повинен бути виконаний строго перпендикулярно осі насоса. Осі пазів шпон повинні лежати в площині та проходити через вісь вала [6].

1.2 Причини виходу з ладу деталі

Відомо, що до найбільш розповсюджених виходів з ладу відносяться циклічна втома і механічний знос.

- циклічна втома - процес поступового накопичення ушкоджень матеріалу під дією змінної напруги, що призводить до зміни властивостей, утворення тріщин, їх розвитку і руйнування матеріалу. Втома ГЦН може виникнути в результаті циклів напруги/деформацій, викликаних коливаннями навантажень і температур, що повторюються;

- механічний знос - зазвичай характеризується механічними діями. Коливання ГЦН є вимушеними і обумовлені, в основному, коливаннями, витікаючими від обертання валу.

Таблиця 1.1

Причини виходу з ладу [6]

Механізми старіння	Ефект старіння	Параметри, що визначають старіння	Методи контролю ефекту старіння
Циклічна втома	Зміна фізико-механічних якостей	Межа міцності, межа плинності, відносне подовження, відносне звуження	Неруйнівні методи контролю механічних властивостей
	Тріскання	Відсутність/наявність дефектів, їх геометричні параметри, координати	Періодичний неруйнівний контроль стану металу
	Руйнування	Значення накопичений втомний ушкодження	Розрахунки на циклічну міцність. Контроль кількості циклів вантаження
Механічний знос	Тріскання	Відсутність/наявність дефектів (ушкоджень)	Періодичний контроль стану металу

Висновки

В розділі було розглянуто основні положення, принципи роботи, переваги та недоліки відносно сучасної, та безперечно перспективної галузі енергетики – атомної. Проаналізовані основні складові даної галузі. Встановлено, що одним із відповідальних частин системи атомної енергетики є насос. В даній роботі запропоновано розглянути головний циркуляційний насос ГЦН–317. Встановлено, що відповідальною деталлю атомного насоса ГЦН-317 є вал.

Було встановлено що вал насоса працює при знакозмінних навантаженнях, в умовах високих навантажень та агресивному середовищі. Найбільш розповсюдженими причинами виходу з ладу є механічний знос, циклічна втома, також деталь піддається руйнуванню корозією, кавітаційному зносу та міжкристалічній корозії. У зв'язку з цим до матеріалу валу насоса висувуються наступні вимоги, які зазначені на кресленні (додаток А): межа плинності ≥ 540 МПа, відносне видовження ≥ 8 %, відносне звуження ≥ 25 %, ударна в'язкість ≥ 20 %, твердість 248-262НВ.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Матеріал деталі «вал насоса»

Найважливішим фактором якості металопродукції зі сталі 14X17H2 є забезпечення регламентованого рівня механічних властивостей. Згідно ГОСТ 5949-75, для металопродукції з цієї сталі пред'являються наступні основні вимоги:

- для 1-го варіанту термообробки - гартування 975-1040 °С, охолодження в маслі, відпуск 275- 350 °С, охолодження на повітрі: $\sigma_B \geq 110$ кгс / мм²; $\sigma_t \geq 85$ кгс / мм²; $\delta_5 \geq 10\%$; $\psi \geq 30\%$; КСУ ≥ 5 кгс * м / см²;

- для 2-го варіанту термообробки - гартування 975-1040 °С, охолодження в маслі, відпуск 620- 660 °С, охолодження на повітрі: $\sigma_B \geq 85$ кгс / мм², $\sigma_t \geq 65$ кгс / мм², $\delta_5 \geq 16\%$, $\psi \geq 55 \%$, КСУ ≥ 8 кгс * м / см².

У зв'язку з періодично виявляються заниженими значеннями механічних властивостей металопродукції зі сталі 14X17H2 в порівнянні з нормативними вимогами виникла необхідність пошуку рішень в підвищенні її якості. На першому етапі досліджень аналіз сортаменту і механічних властивостей металопродукції, проведений по накопиченим за період 2009-2014 рр. баз даних, показав, що стандартний склад сталі може бути оптимізований за рахунок узгодження науково обґрунтованого «звуженого» діапазону змісту основних елементів марки з відповідними режимами термообробки металопродукції. Для аналізу наслідків локалізації процесів, результатом яких є формування структури і властивостей металопродукції, використовували підхід поділу загального хімічного складу сталі на підсистеми, інтегральні параметри міжатомної взаємодії яких розраховані за методикою [4; 5]: загальна – (С, Мn, Si, S, P, Cr, Ni, Al, W, V, Nb, Mo, Co, Fe). матрична – (С, Мn, Si), легуюча – (Cr, Ni). домішкова мікролеуюча – (W, V, Nb, Mo). домішкова – (S, P).

Також було запропоновано дотримуватися певного співвідношення (Si / Mn) при дотриманні «звуженого» діапазону хімічного складу по цих елементах, що

забезпечує поліпшення комплексу механічних властивостей металопродукції зі сталі 14X17H2. При аналізі промислових даних також виконали відсів недостовірних. Для їх виявлення використовували як показники якості для механічних властивостей (σ_B , σ_T , d_5 , ψ , КСУ), так і інтегральний критерій якості. Як хн використовували зазначені вище мінімальні значення механічних властивостей стали, згідно з ГОСТ 5949-75, Хі - відповідні показники механічних властивостей досліджуваних плавок. Значення критерію менше одиниці свідчили про отримання шлюбу, що зручно для наочності представлення даних. Загальний аналіз критеріїв якості для найбільш часто використовуваних режимів термообробки. Використання зазначених критеріїв дозволило виконати експертну оцінку якості металопродукції. Як впливає з аналізу критеріїв якості, розрахованих по масивах промислових даних за останні три роки, найбільш стабільними показниками характеризується металопродукція за двома режимами термообробки, що відрізняються тільки часом гартування. Також необхідно відзначити, що при збільшенні часу відпуску на 30 хв ударна в'язкість, як правило, підвищується на 1,5-2,5 кгс * м / см², а міцності металопродукції залишаються на тому ж рівні. Крім того, частина досліджуваної металопродукції плавок з підвищеною температурою гартування (1030-1040 °С, 1 ч масло) і зниженою температурою відпуску (280-300 °С, 1 ч повітря) мають поліпшену міцність і високий рівень ударної в'язкості. У зв'язку з цим при аналізі баз даних 2009-2014 рр. була висунута гіпотеза про «недогартування» металопродукції середнього та великого діаметру при стандартних режимах термообробки, для якого потрібне збільшення температури гарту на 10-20 ° С. Проведені дослідження і обчислювальні експерименти показали, що для підвищення рівнів прогартуваності, корозійної стійкості та можливості ефективної корекції структурного і зарядового стану досліджуваної сталі доцільно додаткове легування бором. Ефективно пригнічуючи розпад аустеніту при охолодженні сталі, бор сприяє формуванню більш твердих структур - бейніта і мартенситу, що утворюються в результаті пересичення фериту вуглецем. За ступенем впливу на прогартуваність бор перевершує такі елементи, як Cr, Ni, Mn,

Mo, а також підсилює їх вплив на цю характеристику. При мікролегуванні сталі бором необхідно враховувати, що, будучи активним елементом, останній легко окислюється і зв'язується в нітрид вкрай малими (залишковими) концентраціями кисню і азоту в металі. У зв'язку з цим на практиці перед введенням феросплавів з вмістом бору використовуються технологічні прийоми, пов'язані з попередньою обробкою металу сильними нітридоутворюючими домішками. На другому етапі досліджень промислових плавок рекомендували випробувати мікролегування сталі 14X17H2 бором в межах 0,0020-0,0035%.

Порівняльним аналізом мікроструктури встановлено, що розподіл фериту в мікроструктурі сталі з мікролегуванням бором змінилося в порівнянні з металом стандартного складу [6], для якого характерна переважна мартенситна структура біля поверхні зразка і великі ферритні включення в його центральній частині (рис. 2.1). У мікроструктурі зразка зі сталі з бором частка феритної фази збільшилася, а характер її розподілу став більш рівномірним. Таким чином, показана роль бору не тільки в збільшенні корозійної стійкості сталі, але і в поліпшенні всього комплексу механічних властивостей. Поліпшення мікроструктури сталі з бором забезпечило зниження фактичного витратного коефіцієнта на 24 кг / т і 6 кг / т при вибірковій та суцільній зачистці відповідно в передільного виробництві. При цьому брак (\approx до 4%), пов'язаний з утворенням тріщин напруги, характерний для металопродукції зі сталі 14X17H2 без бору, був відсутній.

а) x100

б) x500

Рисунок 2.1 Структури сталі 14X17H2 після легування бором [6]

2.2 Поверхнєве зміцнення деталі «вал»

Ультразвукове поверхнєве зміцнення являє собою прогресивну технологію фінішної обробно-зміцнюючої обробки металів тиском, дозволяючи замінити класичні статичні методи пластичного поверхневого деформування за схемами кочення і ковзання - наплив і вигладжування. Відмінною особливістю ПЗВ є мінімальна температура нагріву, низький статичний зусилля і висока швидкість деформування, завдяки чому дана технологія дозволяє обробляти як деталі, що володіють невисокою конструктивною жорсткістю, так і поверхні, піддані загартуванню та відпуску. В результаті впливу ультразвукових коливань значно знижується опір металу пластичної деформації [8]. Для визначення впливу ультразвукового зміцнення на поверхневий шар був проведений експеримент, за методикою композиційного планування експерименту зі статистичною обробкою результатів за моделлю трьох факторного експерименту [7]. Факторами експерименту, що впливають на якість поверхневого шару, прийняті: статичне зусилля ($P_{ст}$), поперечна подача (S), частота обертання заготовки (n). За показники якості прийняті: мікротвердість (HV) і параметр шорсткості обробленої поверхні (Ra). В якості досліджуваного матеріалу використовувалася корозійностійка, жароміцна сталь 14X17H2, яка в даний час застосовується для виготовлення шпинделів нафтогазової трубопровідної арматури. В відповідність з ГОСТ 5632-72 дана сталь має наступний хімічний склад: 0,11-0,17% C, 16,0-18,0% Cr, 1,5-2,5% Ni. Вихідна шорсткість поверхні зі сталі 14X17H2, отримана після чистового точіння Ra 1,2 ... 1,6 мкм. Ультразвуковому зміцненню піддавалися циліндричні зразки діаметрів 40 мм, зразки попередньо були піддані термообробці: відпал, гарт-відпуск, при температурі 680-700°C. ультразвукове вплив здійснювалося ультразвуковим генератором Буфо-0.63 / 22 і магнітострикційним перетворювачем ПМС1-1. частота ультразвукових коливань 18-20 кГц. Отримані зразки піддалися травленню розчином і були вивчені під растровим електронним мікроскопом JSM 6390LV. Розріз зразків був проведений поперек напрямку течії металу, для

детального вивчення зміцненої поверхні у напрямку довжини окружності. Для вивчення впливу технологічних режимів ультразвукового зміцнення на геометричні характеристики поверхні були відібрані такі результати експерименту - нижня, центральне і верхнє значення плану, яким відповідає слабка, середня і сильна ступінь наклепу. За підсумками експерименту вивчено розподіл мікротвердості по глибині оброблених зразків. Вихідна мікротвердість зразків заміряна за методом Віккерса, і склала 334-353 HV. На поверхні мікротвердість має своє максимальне значення. Поліпшення показників якості приповерхневого шару доводить, що в процесі деформації не був перевищений межа міцності сталі 14X17H2, супроводжуваний зниженням мікротвердості при поверхневого шару. Величина мікротвердості приповерхневого шару по глибині зменшується до рівня мікротвердості сталі 14X17H2 в початковому стані, після чистового точіння і термообробки. Монотонне спадання мікротвердості характеризує зміни макро- і мікро- структури матеріалів, а також показує зміни залишкових умов стискають напруг при ультразвуковому пластичній деформації [8].

Аналізуючи залежності параметрів якості поверхневого шару від режиму обробки можна зробити висновок, що при ультразвуковому зміцненні в зазначеному діапазоні зміни технологічних параметрів геометрія поліпшується при зменшенні сили статичного притиску і швидкості поздовжньої подачі. Даний ефект можна пояснити тим, що при збільшенні сили статичного притиску перед інструментом починає набігати пластична хвиля і збільшується сила тертя між інструментом і оброблюваною поверхнею (в контактній зоні під індентором). При збільшенні подачі відбувається неповне вигладжування нерівностей, так як переміщається з більшою швидкістю інструмент не встигає повністю деформувати поверхню, коефіцієнт перекриття відбитків знижується, і частково деформовані виступи не заповнюють западини профілю [9].

Структура вихідного сплаву є типовою мартенситно-феритної структурою. Однією з особливостей даної сталі є виділення дельта-фериту, виникнення якого знижує властивість сталі, і призводить до утворення глобулярних включень

карбідної фази. На зразках підданих ультразвуковому зміцненню спостерігається подрібнення структури поверхневого шару, що веде до збільшення мікротвердості. При травленні зміцнена зона проглядається досить чітко, цей ефект пов'язаний з різною швидкістю травлення різних за розміром зерен металу У поверхневому шарі пластично деформованого металу зерна набувають певної орієнтування, створюють так звану текстуру деформації (поверхневий шар набуває шаруватий вигляд). Відбувається витягування зерен в напрямку головної деформації, про що можна судити по мікроструктурі наклепаного шару. Глибина зміцненого шару достатня рівномірна і становить в середньому 20-30 мкм. При ультразвукової обробки на поверхні зразків є шар, в якому істотно знижена частка карбідних частинок і спостерігається часткова деформація карбідних включень. Ефект ультразвукового впливу проявляється в зміні розподілу включень нерозчинних домішок по обсягом сплаву. Подрібнення структури, і як отже, зміцнення поверхневого шару відбувається за рахунок накладення нерівностей один на одного, а також за рахунок витягування дефектів, що утворилися при деформації матеріалу у напрямку головного руху обробки. Такі зміни в мікроструктурі поверхневих шарів спостерігаються у всіх досліджуваних матеріалів [7].

Таким чином, шар сформований при ультразвуковій обробці виступає в якості захисного екрану і перешкоджає розвитку пластичної деформації в більш глибоких шарах металу [40].

Висновки

Проведений критичний аналіз літературних джерел. Проаналізовані основні методи вдосконалення характеристик та властивостей сталі 14X17H2 з точки зору легування та термічної обробки. Крім того було досліджено матеріали, що використовуються для виготовлення деталі.

З використанням фізико-хімічної моделі структуризації металевого розплаву виявлена роль домішкової мікролегуючої підсистеми у формуванні механічних властивостей металопродукції зі сталі 14X17H2. Отримані закономірності дозволили виконати оцінку ступеня її впливу на механічні властивості металопродукції. З метою підвищення якості металопродукції зі сталі 14X17H2 на основі результатів обчислювального експерименту науково обґрунтовано доцільність її мікролегування бором. Результати проведених досліджень плавок, мікролегованих бором, свідчать про позитивні зміни мікроструктури сталі - збільшився вміст феритної фази, її розподіл став більш рівномірним, що забезпечило меншу кількість внутрішніх напружень і різних мікродфектів, а також підтверджується відсутністю браку металопродукції при зачистці.

Встановлено, що існують роботи по впливу ультразвукової обробки на міцність сталі 14X17H2. Визначено, що ультразвукова обробка сталі дозволяє створити зміцнений шар товщиною 20 ... 30 мкм з мікротвердістю 3900-4000 МПа за рахунок зміни властивостей отриманої структури, що принципово відрізняється від властивостей металу, несе технологічну спадковість після механічної обробки.

В поверхневому і при поверхневому шарі на глибині 10-30 мкм відбувається текстуровані мікроструктури в напрямку обробки. дослідження по виміру шорсткості і мікротвердості показало, що після ультразвукового зміцнення висотні показники поверхні знизилися в середньому 2 ... 5 разів, середній крок нерівностей профілю зменшився в 3,4 ... 5,8 разів, відносна опорна довжина збільшилася в 1,1 ... 1,9 разів, клас шорсткості збільшився на 2 класу від початкового; мікротвердість поверхневого шару збільшилася на 25% [7].

РОЗДІЛ 3

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вибір матеріалу деталі «вал насоса»

Базуючись на результатах літературного огляду приймаємо рішення щодо вибору матеріалу деталі «вал». В даному випадку рекомендуємо виготовляти деталь із сталі 14X17H2. Виходячи з рекомендацій довідникової літератури сталь марки 14X17H2 містить значну кількість хрому та нікелю, не схильна до МКК, відрізняється високою корозійною стійкістю. В ході виконання роботи доведемо, або спростуємо дану тезу. Сталь марки 14X17H2 широко застосовується для виготовлення обладнання для атомних електростанцій.

Ця сталь має високу пластичність, достатню жароміцність, має високу термічну, механічну і радіаційну стабільність, гарну корозійну стійкість в середовищі теплоносія, має невелику схильність до розтріскування в результаті корозії під дією напружень [7].

Сталь 14X17H2 відрізняє [8]:

- відмінна стійкість до підвищених температур (понад +500°C), причому при +400°C ця сталь працює в звичайному режимі;
- видима ефективність роботи при коливаннях температури і її значному зниженні;
- підвищена стійкість до різного роду механічних впливів і пошкоджень;
- хороша стійкість до корозійного впливу і згубного впливу з боку агресивних середовищ (кислот, вологості і навіть лугів) [8].

Сталь 14X17H2 – конструкційна високолегована, високоякісна, сталь корозійностійка, жароміцна.

Для даної сталі був проведений хімічний аналіз, результати наведені в сертифікаті (рис.3.1).

Технологічні параметри термічної обробки сталі 14X17H2 (таблиця 3.3). Хімічний склад сталі 14X17H2 наведений в додатку В. Властивості сталі 14X17H2 приведені в таблицях 3.2 – 3.3.

Таблиця 3.1

Механічні властивості сталі 14X17H2 [14]

Сталь, марка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²
	не менш				

14X17H2	903	1148	20	58	59
---------	-----	------	----	----	----

Таблиця 3.2

Фізичні властивості сталі 14X17H2 [14]

Фізичні властивості сталі 14X17H2					
T (Град)	$E \cdot 10^{-5}$ (МПа)	$\alpha \cdot 10^6$ (1/Град)	λ (Вт/(м·град))	ρ (кг/м ³)	
20	1.97		20.9	7750	720
100		9.8	21.7		780
200		10.6	22.6		840
300	1.67	10.8	23.4		890
400		11	24.3		990
500	1,51	11.1	25.1		1040
600	1,36	11.8	25.9		1110
700		11	26.8		1130
800		10.7	28		1160
900		11.4	29.7		1170
1000		11.5			1180

Таблиця 3.3

Технологічні параметри термічної обробки сталі 14X17H2[14]

№ режиму	Вид ТО	Температура, °C	Час, годин.	Охолоджуюче середовище
1	Відпал	800	10-20	з піччю
	Гартування	1020-1050	0.5	повітря
	Відпуск	600	5	повітря

3.2 Вплив легуючих елементів

Легування сталі підвищує її властивості. При цьому часто для отримання необхідної структури і властивостей сталі легування виконують елементами, які надають абсолютно протилежну дію [10]. Незважаючи на те, що комплексне легування значно ефективніше, ніж еквівалентне легування одним елементом, але в набагато більшій кількості, необхідно якісно вивчити вплив кожного окремого легуючого елемента на властивості сталі. Таке завдання є досить складним бо кожний легуючий елемента по різному впливає і реагує з іншими елементами. Основними механізмами впливу легуючих елементів на структуру та властивості сталі є їх вплив на положення α і γ областей, а також утворення зміцнюючих фаз різних типів, при виділенні з твердого розчину [9].

Вуглець і азот відносяться до аустенітостабілізуючих елементів і мають досить низьку розчинність в фериті [10]. В нашому випадку в складі сталі 14X17H2 азот не є легуючим елементом, а вуглець одним із двох основних компонентів сталі. Розширюючи γ -область і сприяючи утворенню термічно стійких карбідів, нітридів і карбо-нітридів, ці два елементи позитивно впливають на збільшення міцності. Підвищений вміст вуглецю призводить до більш інтенсивного перерозподілу легуючих елементів між твердим розчином і карбідної фазою при тривалих температурних витягах, що сприяє зниження показників жароміцності. Також підвищена концентрація вуглецю і азоту негативно впливає на пластичність і в'язкість. Тому вміст вуглецю в 12-18% -вих хромистих сталях обмежують на відносно низькому рівні порядку 0,14-0,20%. Залежно від вмісту вуглецю сталь з 12-17% хрому може належати до різних структурних класів – від чисто феритного до повністю мартенситного [10].

Легування сталі сильними карбідо- і нітридоутворюючими елементами (V, Nb, Ta, Ti) сприяє формуванню зміцнюючих часток MeX (де $X = C$ або N), зазвичай мають гранецентровані грати типу NaCl [8, 9].

Хром сильний феритостабілізуючий елемент, звужує область γ -заліза. При цьому легування хромом збільшує стійкість аустеніту, що сприяє протіканню мартенситного перетворення навіть на повітрі при охолодженні сталей з γ -області, а також зниження температурного інтервалу перетворення до 200-100°C в сталі з 12-17% хрому. Перетворення аустеніту в цих сталях при безперервному охолодженні з будь швидкістю починається з виділення фериту. При вмісті хрому 11-17% структура сталі незалежно від режимів термічної обробки буде двофазною з різним співвідношенням фериту і мартенситу.

Підвищений вміст хрому більше 12-13% призводить до стрибкоподібного збільшення корозійної стійкості, що обумовлює його широке використання в сталях, призначених для роботи

при високих температурах. 12%-ві хромисті сталі без легуючих присадок не схильні до крихкого руйнування при нагріванні, але володіють порівняно невисокими характеристиками жароміцності [10]. Вплив хрому на опір повзучості описується складною і немонотонною залежністю, максимум якої досягається при 1%, а мінімум - при 7%. Подальше збільшення вмісту хрому до 12% супроводжується незначним підвищенням опору повзучості, що пов'язане зі зміною типу карбідної фази. В процесі відпуску метастабільний тригональний карбід Cr_7C_3 , наявність якого характерна для сталей з високим вмістом вуглецю і хрому, поступово замінюється стійким кубічним карбідом $Cr_{23}C_6$. При цьому частки $Cr_{23}C_6$, середній розмір яких після відпуску становить близько 100 нм, переважно виділяються по межах колишніх аустенітних зерен, мартенситних блоків і пластин [13, 14, 19]. Вміст в сталі хрому на рівні 12% також сприяє утворенню Z-фази, що знижує опір повзучості.

Позитивний вплив підвищеного вмісту хрому можна пояснити зміцненням сталі за рахунок фазового наклепу і твердіння в результаті утворення мартенситної структури і виділення карбідів $Me_{23}C_6$, відповідно. Хром, збільшує параметр решітки твердого розчину, також вносить певний внесок у твердорозчинне зміцнення. Незважаючи на це, наявність одного хрому не може загальмувати протікання процесів дифузії вище $550^{\circ}C$, до того ж коагуляція карбідів $Cr_{23}C_6$ відбувається досить швидко, що негативно позначається на опір повзучості [12, 13, 14, 15].

Нікель знижує критичну швидкість охолодження аустеніту і сприяє утворення мартенситної структури при кімнатній температурі. Інша особливість нікелю полягає в тому, що він розширює область існування γ -фази, перешкоджаючи виділенню фериту в структурі [12, 13]. При достатньому вмісті нікелю аустеніт виявляється стійким при кімнатній температурі. У сталях з 12-17% хрому найбільш значне підвищення короточасних характеристик жароміцності спостерігається при вмісті нікелю від 0,2 до 1,6% в залежності від інших легуючих елементів [12, 14, 15].

Однак нікель чинить негативний вплив на тривалу міцність, що пов'язано з прискороною коагуляцією частинок. Нікель також сприяє утворенню карбідів типу Me_6C , які в меншій мірі стабілізують субзернову структуру, ніж карбіди $Me_{23}C_6$. Крім того, нікель і марганець значно знижують критичні точки, що наближає робочі температури застосування таких сталей до інтервалу між критичних перетворень. Нікель підвищує ударну в'язкість, ускладнюючи зростання зерна.

Марганець, як і нікель, є γ -стабілізатором, зменшує критичну швидкість охолодження і знижує мартенситну точку, підвищує стійкість аустеніту і сприяє утворенню мартенситної структури при охолодженні [16]. Введення цих елементів в сталі з 12-17% хрому обумовлено їх компенсуючою дією на вплив феритостабілізуючих елементів. Марганець надає аналогічний

вплив на структуру, хоча і більш слабе, що і нікель [17], легування яким дозволяє домогтися повного зникнення δ -фериту. Їх приблизно однаковий вплив на структуру дозволяє розглядати заміну нікелю, що володіє великою наведеною залишковою радіоактивністю, на марганець.

Кобальт є одним з основних легуючих елементів, що перешкоджає утворення δ -фериту в сталях з 9-12% хрому. При змісті кобальту до 50 ат. % відбувається підвищення точки A_{c3} , а потім спостерігається її різке зниження. Кобальт, як і нікель, є слабким карбідоутворюючим елементом і знаходиться головним чином в твердому розчині. Легування кобальтом зменшує сили зв'язку в кристалічній решітці, що сприяє протіканню процесів дифузії [18]. Вивчення впливу кобальту на кінетику виділення карбідів при відпуску показало, що в присутності кобальту виділення часток карбідів $Me_{23}C_6$ відбувається при $650^{\circ}C$, а в його відсутність при $600^{\circ}C$. Введення 2-3% кобальту значно покращує короточасні характеристики жароміцності, оскільки сприяє виділенню інтерметалідних фаз Лавеса з твердого розчин при нетривалих термічних витримках до 1500 год. Однак підвищений вміст кобальту і збільшення часу витримки призводить до їх прискореної коагуляції (середній розмір часток склав 0,2 мкм при витримці протягом 1600 год при $600^{\circ}C$) і подальшої крихкості сталі. Основною перевагою кобальту перед нікелем і марганцем є те, що він не знижує критичну точку A_{c1} [19].

Кремній є сильним феритостабілізуючим елементом, введення якого в сталь підвищує критичну точку A_{c3} . Кремній також використовують в якості розкислювача при виплавці сталі. Легування кремнієм істотно зменшує рухливість вуглецю, оскільки через більш сильні сили зв'язку атомам вуглецю термодинамічно вигідніше розташовуватися в оточенні атомів заліза, ніж атомів кремнію. Таким чином, кремній, ускладнюючи дифузію вуглецю до частинок карбідів, перешкоджає їх коагуляції [20]. Негативний вплив кремнію, що знижує структурну стабільність сталі, пов'язаний з його здатністю викликати поступовий перерозподіл карбідної фази в область межзернового кордону при тривалих температурних витримках в інтервалі $350-500^{\circ}C$. Збільшення температури до $650^{\circ}C$ призводить до помітного ослаблення інтенсивності даного процесу. Підвищений вміст кремнію, як сильного феритостабілізуючого елемента, підсилює схильність сталі до утворення структурновільного фериту, що також знижує характеристики жароміцності. У 12-17%-ної хромової сталі з 0,24% Si після гарту присутній тільки мартенсит, в сталі з 0,8% Si – мартенсит і 15% δ -фериту, а в сталі з 1,3% Si – мартенсит і 60-70% δ -фериту [20].

Введення кремнію також сприяє виділенню з твердого розчину фаз Лавеса Fe_2W і Fe_2Mo і їх подальшої коагуляції. Таким чином, кремній зменшує розчинність вольфраму і молібдену в фериті. При цьому легування сталі кремнієм призводить до збільшення її жаростійкості [19, 20].

Кількість легуючих елементів буде впливати на структуру, яку ми отримаємо після

термічної обробки на структуру та властивості. Саме тому треба дотримуватися певної концентрації елементів.

Наданий хімічний склад сталі 14X17H2 дає можливість провести розрахунок еквівалентів нікелю та хрому і тим самим визначити структуру сталі. Структуру сталі визначаю по діаграмі Шеффлера [19]. Тут індекси хімічних елементів позначають їх зміст в відсотках. Для визначення структури металу необхідно за відомим хімічним складом підрахувати еквіваленти хрому і нікелю і з відповідних точок на координатних осях провести прямі. Точка перетину прямих вказує на структуру металу.

(2.1)

(2.2)

На підставі діаграми Шеффлера проводжу розрахунок кількості фериту виходячи з значень Ni_E і Cr_E :

$$\frac{\sqrt{\text{---}}}{\frac{\text{---}}{\sqrt{\text{---}}}} \quad (2.3)$$

Визначення структури сталі за діаграмою Шеффлера наведено на рисунку

3.1.

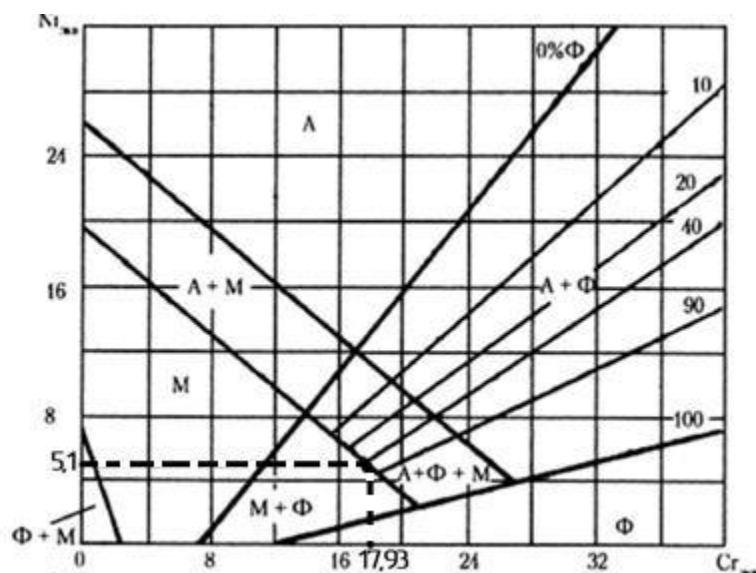


Рисунок 3.1 – Визначення структури сталі за діаграмою Шеффлера [19]

Встановлено, що визначена кількість еквівалента по нікелю та по хрому дозволяє стверджувати, що дана сталь відноситься до мартенситно-феритного структурного класу. Крім того діаграма Шеффлера дозволяє визначити кількість фериту в даній структурі (формула 2.3).

Висновки

Проаналізовано матеріал, сталь 14X17H2, як основний матеріал для виготовлення валу атомного насоса ГЦН-317. Встановлено що дану сталь можна характеризувати як конструкційна високолегована сталь, високоякісна, корозійностійка та жароміцна. Крім того встановлено що сталі відноситься до перехідного мартенситно-феритного класу. Основні легуючі елементи даної сталі- хром, нікель суттєво впливають на експлуатаційні властивості виробу.

Користуючись даними хімічного складу сталі, відомими формулами та діаграмою Шеффлера нами було проведено розрахунки еквіваленту по нікелю та хрому. Таким чином встановлено, що сталь 14X17H2 має структуру перехідного класу (ферито-мартенситного). Як видно з діаграми, зміна кількості основних елементів суттєво змінить положення визначеної

точки на діаграмі, що буде означати, що сталь стала мати інший структурний клас. Даний факт буде суттєво впливати на властивості виробу. Крім того було встановлено кількість фериту в структурі, яка становить 9,75%.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1 Правила розробки технологічного процесу виготовлення деталі

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

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

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

- Послідовність технологічних операцій (від початку до кінця);
- Обладнання для проведення вказаних операцій.

Маршрутна технологія виготовлення деталі «вал насосу» (додаток А) зазначена у таблиці 3.1.

Маршрутна технологія виготовлення деталі – це сукупність послідовних операцій від початку до кінця виготовлення виробу [13].

4.2 Етапи отримання деталі

Маршрутна технологія складається з таких етапів:

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

Таблиця 3.1

Маршрутна технологія виготовлення виробу

№ операц.	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Дільниця, основне обладнання	Допоміжне обладнання
1	2	3	4	5	6
Етап 1. Металургійне отримання сталі					
1.1	Видобуток та підготовка вхідних матеріалів	1	Видобуток залізної руди та її збагачення	Гірничо-видобувний комплекс	-
		2	Видобуток вугілля, отримання коксу	Гірничо-видобувний комплекс, коксохімічний комбінат	-
		3	Видобуток пального газу, його підготовка	Газовидобувний комплекс	-
1.2	Металургійне отримання чавуну	1	Підготовка шихти	Шихтовий двір	Магніто-грейферні крани
		2	Підготовка (нагрівання) палива	Енергетичні цехи	Регенеративні теплообмінники
		3	Горіння палива, відновлення заліза і домішок, науглецювання заліза і утворення чавуну та шлаку	Доменний цех	Доменна піч
		4	Вирівнювання хімічного складу чавуну	Міксерне відділення	Міксери
1.3	Отримання сталі дуплекс процесом	1	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до конвертеру, заливання рідкого чавуну	Конвертерна піч	Мульди, ковші

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
1.4	Отримання сталі дуплекс процесом	2	Продування розплаву стисненим киснем, завантаження флюсу	Конверторна піч	Фурма
		3	Зливання сталі та шлаку	Конверт. піч	Ковші шлаковози
		4	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до електродугове печі	Електродугова піч	Мульди, ковші
		5	Горіння електричної дуги, завантаження флюс., рафінування сталі	Електродугова піч	Завальні машини
		6	Безперервне розливання	Установка безперерв. лиття	-
Етап 2. Отримання заготовки					
2.1	Отримання штамповки	1	Розрізання прокату на мірні заготовки	Фрезерний верстат	Дискова фреза
		2	Осадження заготовки до потрібного діаметру	Молот пароповітряний	Рівні бойки
		3	Нагрівання заготовки під гарячу обробку тиском	Термічна дільниця	Камерна піч
		5	Прошивання штамповки	Молот пароповіт.	Прошивень
2.2	Контроль	1	Контроль розмірів і шорсткості поверхні	Дільниця контролю	Штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75
Етап 3. Попередня термічна обробка заготовки					
3.1	Попередня термічна обробка	1	Нормалізація	Термічна дільниця	Коамерна піч
3.2	Контроль	1	Вимірювання твердості	Дільниця контролю	Твердомір ТШ-2, індентор

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
Етап 4. Чорнова механічна обробка					
4.1	Вхідний контроль якості	1	Ультра звукова дефектоскопія	Ультразвуковий дефектоскоп	-
4.2	Чорнова токарна обробка	1	Чорнове точіння торців деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		2	Чорнове точіння циліндричних поверхонь деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		3	Чорнове розточування отвору	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
4.3	Свердління	1	Висвердлювання отворів	Вертикально-свердильний станок	Набір свердл та втулок
		2	Розсвердлювання отворів	Вертикально-свердильний станок	Набір свердл та втулок
4.4	Чистова токарна обробка	1	Чистове точіння торців деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		2	Чистове точіння циліндричних поверхонь деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		3	Чистове розточування отвору	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		4	Чистове точіння фасок	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
Етап 5. Остаточна термічна обробка					
5.1	Зміцнююча ТО	1	Гартування	Термічна дільниця	Шахтна гартувальна піч
		2	Високотемпературний відпуск	Термічна дільниця	Шахтна ел. піч для відпуску
5.2	Контроль	1	Вимірювання твердості, аналіз мікроструктури після термічної обробки	Дільниця контролю	Твердомір ТК-2, індентор, метал. мікроскоп
Етап 6. Чистова механічна обробка					
6.1	Шліфування	1	Шліфування поверхні деталі для надання деталі необхідної шорсткості	Круглошліфувальний стан	Круг шліфувальний
Етап 7. Вихідний контроль					
7.1.	Вихідний контроль	1	Контроль геометричних розмірів	Дільниця контролю	Штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2 ГОСТ 166-89, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75, скоба, фаскомір
		2	Контроль властивостей (твердість), ультразвукова дефектоскопія	Дільниця контролю	Твердомір, дефектоскоп

Висновки

Технологія виготовлення деталі «вал» була розроблена враховуючи основні властивості матеріалу, наявне основне та допоміжне технологічне обладнання на виробництві та річну виробничу програму.

Включає в себе такі розділи:

1. Отримання чавуну з руд;
2. Виплавка сталі;
3. Виготовлення заготовки;
4. Попередня термічна обробка валу (відпал та аустенізація);
5. Механічна обробка (гибка трубок, розвальцьовування країв трубок, зварювання трубок з фланцем);
6. Операції контролю.

Реалізація цих послідовних операцій забезпечить отримання готового виробу, а наступна термічна обробка дозволить отримати виріб з необхідними властивості майбутнього виробу, що обумовлено правильно підібраним матеріалом, та процесом термічної обробки по його зміцненню.

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Термічна обробка деталі «вал насоса»

Для отримання структури, яка забезпечить формування необхідних експлуатаційних, фізичних, механічних та хімічних властивостей сталі 14X17H2 використовують такі операції як: відпал, гартування, відпуск.

В даній роботі ми пропонуємо реалізувати два режими термічної обробки деталі «вал» (рисунок 5.1, рисунок 5.2).

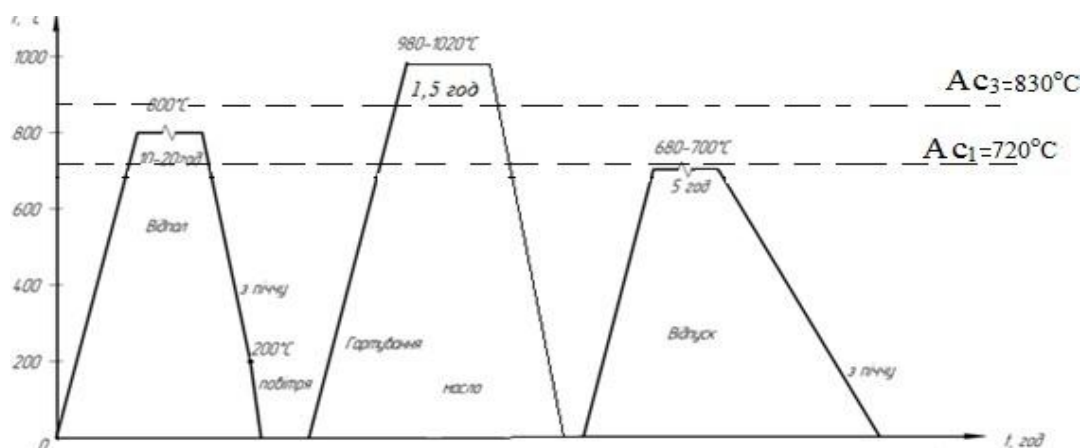


Рисунок 5.1 – Графік режиму термічної обробки деталі «вал»
зі сталі 14X17H2 (режим №1)

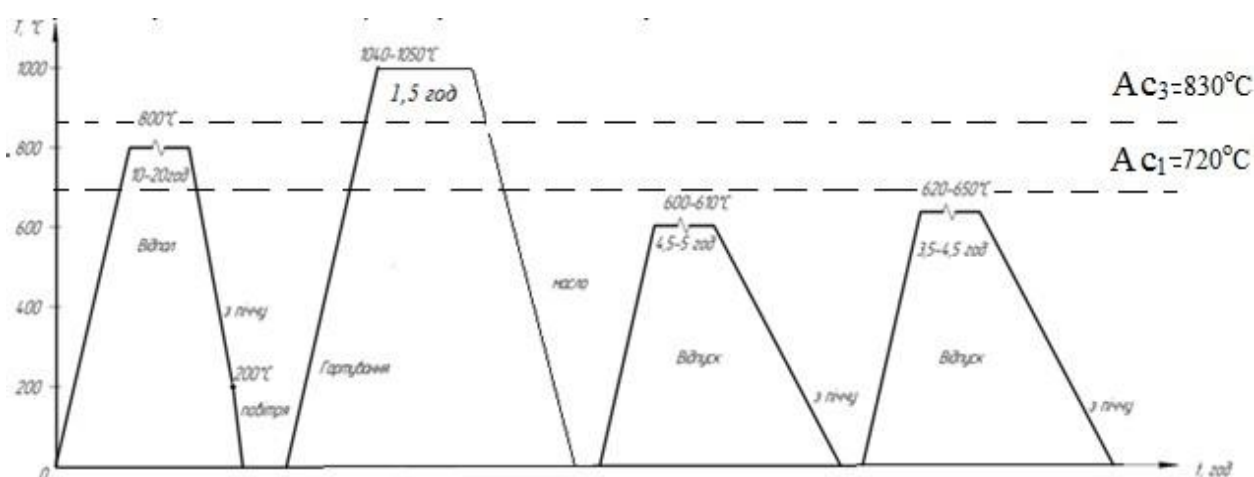


Рисунок 5.2 – Графік режиму термічної обробки деталі «вал»
зі сталі 14X17H2 (режим №2)

Відпал являє собою операцію термічної обробки, яка полягає в нагріванні сталі, витримці при даній температурі і наступному повільному охолодженні разом з піччю. В результаті відпалу утворюється стійка структура, вільна від залишкових напружень. Відпал є важливою операцією термічної обробки для сталі [21].

Мета відпалу:

- 1) зниження твердості і підвищення пластичності для полегшення обробки металів різанням;
- 2) зменшення внутрішнього напруження, яке виникає після обробки тиском (кування, штампування), механічної обробки і т.д.;
- 3) зняття крихкості і підвищення опірності ударної в'язкості;
- 4) усунення структурної неоднорідності складу матеріалу, що виникає при затвердінні вилівка в результаті ліквідації;
- 5) зміна властивостей наклепаного металу [22].

В першому і другому випадку враховуючи хімічний склад, форми і розміри деталі нагрів повинен бути повільним до 800 градусів з витримкою 10-20 год. Після витримки проводиться охолодження з піччю при малій швидкості. Якість відпалу визначають по виду зламу.

Гартування – це операція при якій здійснюють нагрівання деталей трохи вище критичних температур з подальшим швидким охолодженням [21].

Основна мета гартування в даному випадку - отримання високої твердості, зносостійкості і фізико-механічних властивостей.

Різде збільшення твердості і міцності в процесі гартування відбувається через фазові перетворення структури в процесі нагрівання і охолодження і утворення не рівноважних твердих структур – мартенситу [22].

Нагрівання деталей повинно бути досить повільним, щоб не виникли напруги і тріщини [22]. Охолодження деталі є найбільш відповідальним етапом операції. Швидкість охолодження повинна бути такою, щоб забезпечити отримання потрібної структури - мартенсит. Забезпечити необхідні механічні властивості оброблюваної деталі.

Критичною швидкістю гартування називається швидкість охолодження, що забезпечує отримання структури - мартенсит і залишковий аустеніт. При швидкості охолодження менше критичної в структурі загартованої сталі, поряд з мартенситом, буде знаходитися тростит, а при подальшому зменшенні швидкості виходять структури троститу або сорбіту без мартенситу. Для отримання структури мартенситу потрібно переохолодити аустеніт до температури початку мартенситного перетворення даної сталі шляхом швидкого охолодження сталі. [22]

При термічній обробці за режимом 1 ми нагріваємо деталь до температур 980-1020°C і витримуємо 1,5 год після чого охолоджуємо в маслі.

При термічній обробці за режимом 2 ми підвищуємо температуру нагріву 1040-1050°C і також витримуємо 1,5 год (ізотермічна витримка призведе до аустенізації по всьому перетину виробу) після чого охолоджуємо в маслі.

Відпуск сталі є кінцевою операцією термічної обробки, яка формує структуру, а отже, і властивості сталі [21].

Відпуск полягає в нагріванні сталі до різних температур (в залежності від виду відпуску, але завжди нижче критичної точки A_{c1}), ізотермічній витримці при цій температурі і охолодженні з різними швидкостями.

Призначення відпуску – зняти внутрішні напруження, що виникають в процесі гартування, і отримати необхідну структуру. Залежно від виду відпуску структура сталі може бути мартенсит, тростит або сорбіт відпуску [21].

Залежно від температури нагрівання сталевий загартований деталі розрізняють три види відпустки: високий, середній і низький. Для нашої деталі необхідно проводити високий відпуск в обох випадках. При термічній обробці за режимом 1 проводимо за температурою 680-700°C з подальшою витримкою 5 год і охолодженням з піччю.

Необхідність проведення двох послідовних відпусків за високих температур забезпечить розпад мартенситу на феритно-карбідну суміш. Даний структурний стан не можливо отримати за рахунок одноразового відпуску навіть за умов збільшення ізотермічної витримки до 8 годин [22]. Саме тому ми вирішили

провести два відпуски перший при температурі 600-610 °С, витримкою 4,5-5 год і другий при температурі 620-650 °С з витримкою 3,5-4,0 год в воді.

5.2 Металографічний аналіз

Металографічний аналіз сплавів – це метод дослідження металів і сплавів, що дозволяє візуально вивчити такі деталі внутрішньої будови сплаву, як раковини, пори, текстуру, зернову будову полікристалів і тонкі деталі будови зерна (стан кордонів, наявність дисперсних включень і т.д.) [24].

Дослідження структури металів і сплавів зазвичай проводяться за допомогою металографічного мікроскопа, але іноді, коли можна обійтися меншими збільшенням – за допомогою лупи і навіть неозброєним оком. Залежно від цього розрізняють металографічний макро- і мікроаналіз.

Макроскопічний аналіз полягає у визначенні будови металу неозброєним оком або через лупу при невеликих збільшеннях (до 30 разів).

Макроаналіз на відміну від мікроструктурного аналізу не дозволяє визначити всіх особливостей будови з цієї причини макроаналіз є не остаточним, а лише попередніми дослідженням [24].

Макроскопічний аналіз застосовують для виявлення:

- виду зламу (в'язкий, крихкий, змішаний, втомний, нафталіністий і т.д.);
- порушення цілісності металу (усадочная рихлість, пористість, тріщини, флок, дефекти зварювання і т.д.);
- дендритного будови литого металу;
- хімічної неоднорідності литого металу (ліквацію) і присутності в ньому грубих включень;
- волокнистої структури деформованого металу;
- структурної та хімічної неоднорідності металу, створеної термічної, термомеханічної або хіміко-термічною обробкою.

За характером руйнування розрізняють два основних види зламів - крихкий і в'язкий, також змішаний [25], в якому є області вузького і крихкого руйнування. В'язкий злам має зазвичай матовий волокнистий вид, тоді як крихкий - кристалічний блискучий, так як руйнування металу в цьому випадку розвивається за певними кристалографічних площинах відколу. Поява в'язкого зламу менш небезпечно для служби виробу, так як відрізняється істотно більшою енергоємністю

в порівнянні з крихким. У деяких випадках в зламі сталевих виробів великих перерізів, особливо з легованої сталі, видно білі плями - флок, які з'являються при підвищеному вмісті водню. Специфічний злам має злам металів, отриманий в результаті багаторазового навантаження під дією повторно-змінних (Циклічних) напружень, званий втомним зломом. Втомний злам складається з вогнища руйнування - місця зародження (Вогнища) руйнування, зони стабільного розвитку тріщини (зони втоми) і зони доломіт - ділянки розвитку тріщини, пов'язаного з остаточним руйнуванням. Осередок руйнування зазвичай знаходиться поблизу поверхні [24].

У зоні втоми часто можна розглянути смуги, що розходяться від вогнища руйнування - втомні борозенки, що відображають послідовне становище зростаючої тріщини. Швидкість зростання тріщини невелика. Зріст тріщини триває до тих пір, поки розтин не виявиться настільки малим, що діють в ньому напруги перевищать руйнують. При цьому відбувається швидке руйнування, що і призводить до утворення зони доломіт. Зона доломіт має структуру, характерну для крихкого і вузького руйнування в залежності від природи матеріалу. При незадовільному відпалі швидкорізальної сталі, в процесі подальшої загартування можливий шлюб стали внаслідок утворення нафталіністого зламу [4]. Даний злам крупнозернистий, лускатий, схожий на нафталін. Сталь з таким зломом характеризується високою крихкістю.

Макроструктуру металу візуальним порівнянням з еталонами спеціально підготовлених зразків, які були піддані травленню в розчинах кислот [24].

Метод заснований на відмінності в переслідуванні бездефектного металу і ділянок з наявністю пір, ліквіації, неоднорідності структури і інших дефектів.

Метод заснований на різному руйнуванні ділянок металу з пористістю, флокенів, перегрівом, сколами і без них [24].

Оцінку макротемплетов і зламів виробляють оглядом неозброєним оком. Для уточнення класифікації дефектів допускається застосовувати дво-, чотирихразове збільшення.

Макроструктуру металу контролюють по одному з наступних варіантів[24]:

- прутки і заготівлі розміром до 140 мм в повному поперечному перерізі.
- прутки і заготівлі розміром понад 140 мм на перекувати або перекатані пробах, якщо стандартами або технічними умовами не обумовлена необхідність контролю в повному перерізі - до 250 мм. Кількість проб і місце відбору їх по довжині й перетину розкату злитка (ливої заготовки) вказуються в стандартах і

технічних умовах на конкретні види металопродукції. При відсутності таких вказівок проби для контролю відбирають (на заводах-постачальниках металу) від заготовок, відповідних найбільш забруднених частин злитка. [24]

При випробуванні металу від контрольованої заготовки відрізають шматок завдовжки не менше одного діаметра (або сторони квадрата) і перековують на розмір 90-140 мм, якщо стандартами не обумовлені інші розміри. Темплети для контролю слід вирізати з середньої частини довжини кованої проби.

Темплети вирізають перпендикулярно напрямку прокатки або кування через весь переріз заготовки, а при контролі макроструктури і флокенів на поздовжніх зразках - паралельно напрямку прокатки, кування [24]. В останньому випадку площину майбутнього шліфа повинна збігатися або бути близькою до осьової площини контрольованої заготовки. Довжина поздовжніх темплетов повинна бути 100-150 мм. Рекомендована висота поперечних темплетов повинна бути 15-40 мм (рис. 5.3).

При необхідності зразки від заготовок великого перерізу (більш квадрата 200 мм і сляби) допускається розрізати на частини за умови збереження осьової зони. Труїти і оцінювати необхідно всі частини зразка.

Поверхню темплетів перед травленням необхідно піддавати холодній механічній обробці: торцюванню, струганню, шліфуванню. Після обробки поверхня повинна бути рівною і гладкою, без поверхневого наклепу і припикання металу. При арбітражних випробуваннях шорсткість поверхні оброблюваних темплетов повинна бути не більше 20 мкм по ГОСТ 2789-73.

Шліфування темплетів проводять при твердості сплаву не більше НВ 388 (діаметр відбитка не менше 3,1 мм). При контролі сталі з великою структурною неоднорідністю, а також продукції, що поставляється з підвищеною твердістю необхідно виробляти пом'якшувальну термічну обробку проб або темплетів.

Для травлення темплетів слід застосовувати ванни, судини, виготовлені з матеріалів, що не вступають у реакцію з застосовуваними травильними розчинами. Перед травленням темплети необхідно очистити від бруду і, якщо

потрібно, знежирити (рис. 5.3) [24].

Зразки в травильних ваннах не повинні стикатися контрольованими площинами один з одним і зі стінками ванни. Кількість травильного розчину повинно забезпечувати невелике зниження концентрації кислоти за час травлення.

Зразки перед травленням рекомендується підігрівати до 60-80 ° С, тобто до температури розчину. Рекомендовані реактиви і режими травлення зазначені в стандарті [24]. Допускається застосовувати інші реактиви за умови отримання ідентичних результатів травлення. Застосовувані реактиви повинні бути чистими, світлими, без зважених часток і піни. Умови травлення повинні виключати виникнення помилкових дефектів. При використанні великих ванн допускається одночасно труїти зразки від марок, близьких за хімічним складом. Травлення зразків повинно забезпечувати отримання чітко виявленої макроструктури, що дозволяє надійно оцінювати її при порівнянні зі шкалами і фотознімками [24].

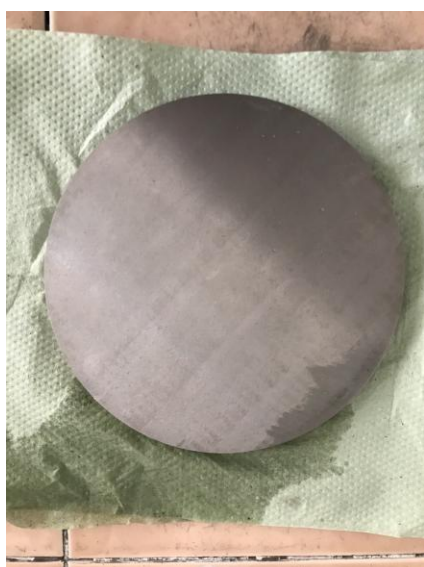
У разі сильного розтравлення металу (потемніння поверхні, появи помилкової пористості по всьому перетину, шорсткості) випробування повторюють на тих же зразках після зняття поверхневого шару на глибину не менше 2 мм.

Після травлення в будь-якому реактиві зразки повинні бути ретельно промиті в проточній воді і просушені. При цьому рекомендується використовувати металеву щітку.

Зразки матеріалів, призначені для зберігання, рекомендується додатково обробити 10% спиртовим розчином аміаку або промити спиртом, а потім покрити безбарвним лаком. [24]



а



б



в

Рисунок 5.3 Макроструктурний аналіз сталі 14X17Н2 (а), темплет зі сталі 14X17Н2 для випробування: б- до випробування, в- після випробування

Результати макроструктурного аналізу були проведені за допомогою лупи, без застосування мікроскопів. Таким чином була встановлена наявність чотирьох типів дефектів: точкова неоднорідність, центральна пористість, загальна п'ятниста ліквіація і світла смужка (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1

Оцінка дефектів сталі 14X17Н2

№ п/п	Назва дефекту	Оцінка, бал
1	Центральна пористість	1,5
2	Точкова неоднорідність	0,5-1,0
3	Загальна п'ятниста ліквіація	0,5-1,0
4	Крайова плямова ліквіація	0
5	Ліквіаційний квадрат	0
6	Підусадкова ліквіація	0
7	Підкоркові бульбашки	0
8	Міжкристалічні тріщини	0
9	Пошарова кристалізація	0
10	Світла смужка	0,5-1,0

Виявлені дефекти і розміри їх практично не впливають на функціонування деталі і є допустимими для відповідальних високоякісних сталей з яких виготовляють відповідальні деталі, в тому числі і для валів атомних насосів.

В роботі були отримані та дослідженні мікроструктури структури після відповідних режимів термічної обробки. Досліджували на мікроскопі МИМ-7 (рис. 5.4). Порівняльний аналіз отриманий після різних режимів термічної обробки (рис.5.5) дозволяє прогнозувати деякі властивість та характеристики виробів.

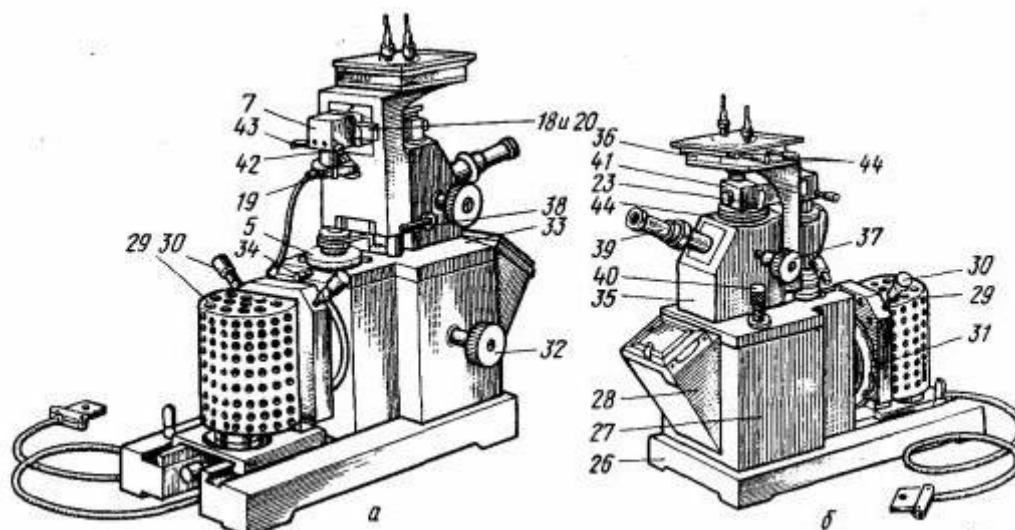


Рисунок 5.4 – Мікроскоп МИМ-7 [28]

а - вид з боку трансформатора; б - вид з боку фотокамери; 1 - 25 - см. Рис.6; 26 - плата; 27 - підстава або корпус фотокамери; 29 - ліхтар освітлювача; 30 - гвинти, що центрують лампу; 31 - диск з світлофільтром; 32 - рукоятка для повороту диска з трьома окулярями; 33 - рукоятка для зміщення і повороту діафрагми 5; 34 - гвинт, що фіксує поворот діафрагми 5; 35 - корпус мікроскопа; 36 - предметний столик; 37 - макроскопічний гвинт для вертикального переміщення столика; 38 - стопорний пристрій макровінта; 39 - візуальний тубус; 40 - мікрометричний гвинт; 41 - освітлювальний тубус; 42 - рукоятка польовий діафрагми; 43 - механізм центрировки; 44 - гвинти для переміщення.

В роботі були отримані та дослідженні мікроструктури структури після відповідних режимів термічної обробки



а



б

Рисунок 5.5 – Структура сталі 14X17N2 після термічної обробки

:а - №1, б - №2 (x200)

Аналіз мікроструктури сталі 14X17H2 після термічної обробки за режимом №1: δ -ферит окремі значні ділянки, нерівномірно розташований. Структура сталі після термічної обробки за режимом №2: сорбіт відпуску: дрібна ферито-карбідна суміш. Області δ -фериту майже відсутні, загальну структуру можна характеризувати як дрібнозернисту, рівномірно розділену, гомогенну.

5.3 Випробування на твердість сталі 14X17H2

Твердість металу або сплаву дуже впливає на тривалість роботи деталей. Від твердості значною мірою залежить міцність деталі і стійкість поверхні її до спрацювання.

На практиці найпоширенішими є такі методи визначення твердості металів: вдавлювання сталевий кульки (методом Брінеля), вдавлювання алмазного конуса (методом Роквелла), вдавлювання алмазної піраміди (методом Віккерса) [19].

Для визначення твердості досліджуваної сталі застосовують метод Брінеля. Метод вимірювання твердості проводять на спеціальному обладнанні- твердомірі типу ТШ-2 (рис. 5.5) за технологією, яка регламентована ГОСТ 9012-59 [26].

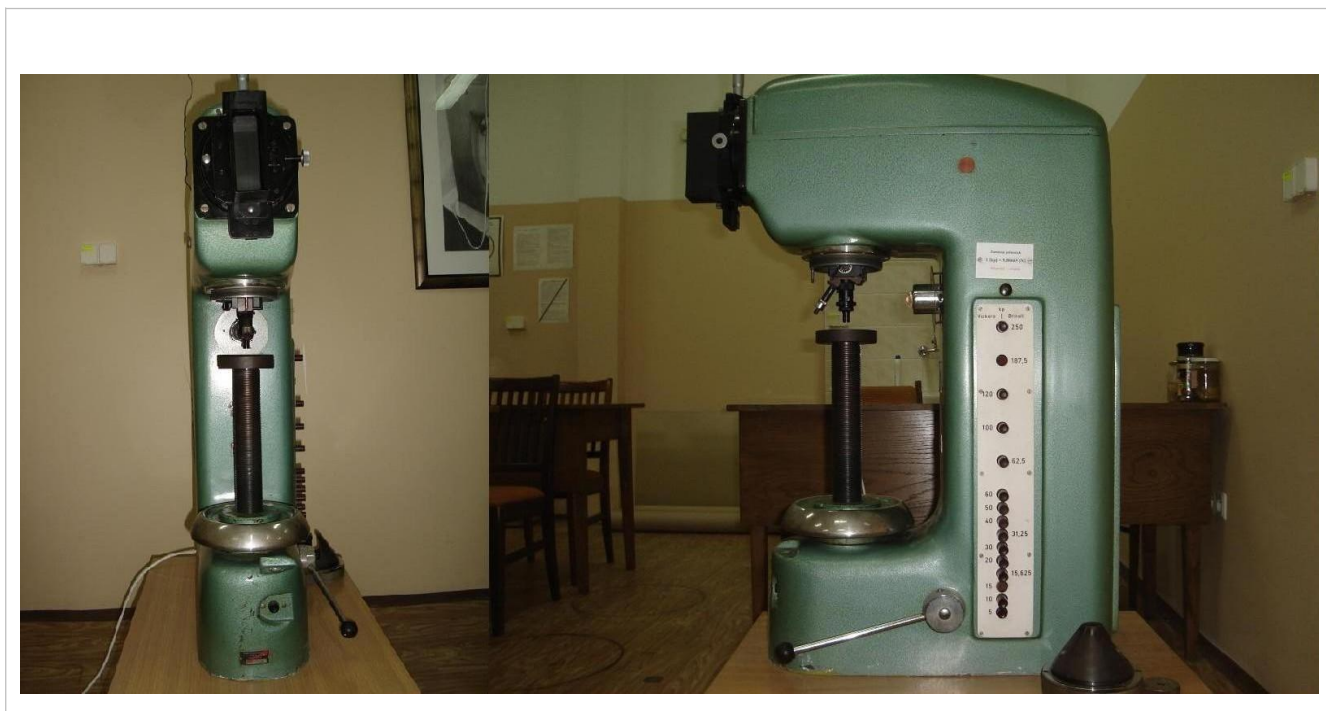


Рисунок 5.6 – Твердомір ТШ-2 [29]

Цей метод відноситься до способів оцінки твердості, що базуються на принципі вдавлювання індентора (полірованої загартованої сталеві кульки). Випробування проводиться таким чином: спочатку дають невелике попереднє навантаження для встановлення початкового положення індентора на зразку, потім додається основне навантаження, зразок витримують під дією навантаження протягом 10-30с, вимірюється глибина вдавлювання, після чого основне навантаження знімається. При визначенні твердості за методом Брінелля, на відміну від методу Роквелла, виміри проводять до пружного відновлення матеріалу. Індентор вдавлюють в поверхню випробовуваного зразка (завтовшки не менше 4 мм) з регламентованим зусиллям.

У іншому варіанті зусилля збільшується до досягнення регламентованої глибини впровадження.

Твердість за Брінеллем НВ розраховується як «прикладене навантаження», розділене на «площу поверхні відбитку»

Найпоширеніші діаметри кульки — 10, 5, 2,5 і 1 мм і навантаження 187,5 кгс, 250 кгс, 500 кгс, 1 000 кгс і 3 000 кгс. Для вибору діаметра кульки зазвичай використовують наступне правило: діаметр відбитку повинен лежати в межах 0,2-0,7 діаметра кульки [27].

Твердість за шкалою Брінелля виражають в кгс/мм².

В роботі були отримані результати вимірювання твердості зразків зі сталі 14X17H2 (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Результати випробувань на твердість

№ п/п	Вид випробувань	Значення за кресленням	Режим № 1	Режим № 2
-------	-----------------	------------------------	-----------	-----------

1	Твердість по Брінелю	248-262НВ	262НВ	248НВ
---	----------------------	-----------	-------	-------

Встановлено, що два режими термічної обробки (режим 1 і режим 2) задовольняють вимогам, які висуваються до готових виробів (таблиця 5.1)

5.4 Результати випробувань на стійкість до МКК

Умови, що призводять до виникнення міжкристалічної корозії (МКК) в високолегованих сталях, наприклад таких структурних класів, як мартенситно-феритний різні. Однак її поява практично однакова і полягає в тому, що при досить високій загальній корозійній стійкості відбувається виборче розчинення кордонів зерен металу і виникнення на них нових фаз або сегрегації, що відрізняються за складом від хімічного складу сталі.

Причина виникнення МКК найчастіше – неправильно проведена термічна обробка або проведення технологічних операцій (зварювання, гнуття, штампування) в небезпечному температурному інтервалі. Крім того, МКК може виникати при тривалій експлуатації обладнання при підвищених температурах, а також при неправильному виборі структурного класу сталі або системи легування для певного корозійного середовища [28].

Найбільш правильним є виявлення схильності до МКК шляхом випробування в реальних середовищах, проте, це практично неможливо в зв'язку з різноманіттям корозійноактивних середовищ і необхідністю дуже тривалих випробувань.

Для прискореної оцінки схильності сталі до МКК розроблений ряд контрольних розчинів, що характеризуються різними потенціалами. Основні методи контролю схильності сталі до МКК відповідно до ГОСТ 6032-84 – випробування в киплячих розчинах сірчаної кислоти міді з добавками міді (методи АМ і АМУ).

Зразки для проведення випробувань мають розміри $L = 80$ мм, $B = 20$, $s = 3-5$ мм (рисунок 5.7).

Розчин для випробування: до (1000 ± 3) см³ води додають сірчаної кислоти міді

($50 \pm 0,1$) г, невеликими порціями сірчану кислоту (250 ± 3) см³ і до завантаження зразків в колбу з розчином додають мідну стружку в кількості, що забезпечує всебічний контакт із зразками і відсутність контакту між зразками.



Рисунок 5.7 – Обладнання для випробування 14X17H2 на схильність до МКК

Попередити МКК можна термічною обробкою (гартування), яка забезпечує повне розчинення карбідів хрому або зменшує сегрегацію домішок на межі зерен. Для більшості сталей зазвичай прийнято режим загартування, що складається в швидкому охолодженні (в маслі, в воді або на повітрі) після нагрівання при 1020-1060°C. При подальшому нагріванні не відбувається небезпечне утворення прикордонних карбідів, і МКК відсутня [28].

Випробування зразків на стійкість проти МКК показав наступні результати (рисунок 5.6).

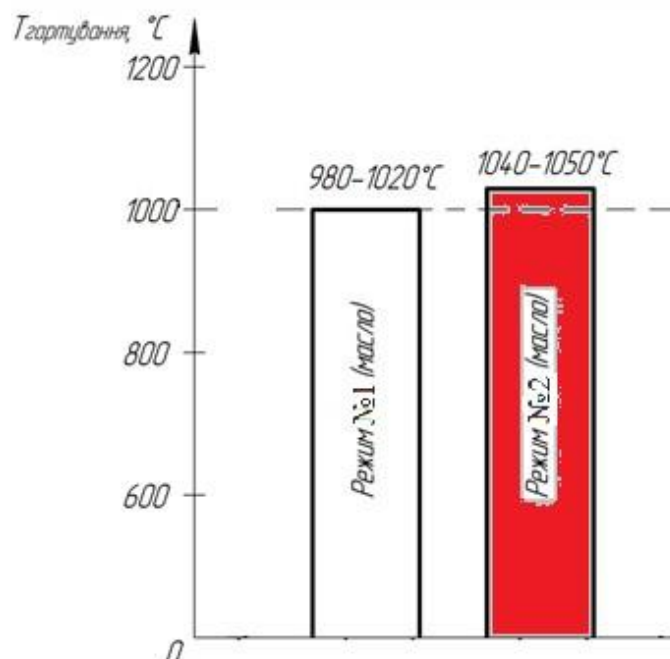


Рисунок 5.8 – Результати випробувань зразків на стійкість проти МКК

Дану залежність пов'язую з тим, що зразки які піддавали термічній обробці по режиму №2 був нагрітий під гартування вище 1020°C та пройшов подвійний відпуск, що в результаті зменшило кількість виділення карбідів хрому типу $Cr_{23}C_6$. Вуглець утримується в твердому розчині, Цей стан фіксували швидким охолодженням.



Рисунок 5.9 – Зразки сталі 14X17H2 після випробувань на МКК, метод АМУ

Виходячи з результатів випробування на стійкість проти МКК ми робимо

висновок, що термічна обробка №1 не підходить для даної деталі, оскільки випробування на МКК не показали потрібних нам результатів саме тому для деталі «вал» ми обрали термічну обробку №2(Відпал, гартування та два відпуски).

5.5 Вибір і розрахунок обладнання для проведення термічної обробки

Устаткування термічного цеху повинно бути розташоване так, щоб був вільний доступ до всіх печей, мийних машин, гартувальних баків і щоб між ними був вільний простір ні чим не закладене і не заставлене. Особливо важливо, щоб були досить широкі і вільні проходи біля дверей печей і на шляху до гартівних баків [29].

Вибір обладнання починається з аналізу технологій термічної обробки деталей, що обробляють в термічній ділянці. Також необхідно розглянути, які види обладнання мають більшу продуктивність, забезпечують кращу якість термообробки, краще механізовані й автоматизовані.

Устаткування термічного цеху повинно бути розташоване так, щоб був вільний доступ до всіх печей, мийних машин, гартувальних баків і щоб між ними був вільний простір ні чим не закладене і не заставлене [25]. Особливо важливо, щоб були досить широкі і вільні проходи біля дверей печей і на шляху до гартівних баків.

Все обладнання цеху ділиться на три групи:

- основне обладнання;
- додаткове обладнання;
- допоміжне обладнання [25].

Вибір обладнання починається з аналізу технологій термічної обробки деталей, що обробляють в цеху чи на термічній дільниці. Також необхідно розглянути, які види обладнання мають більшу продуктивність, забезпечують кращу якість термообробки, є краще механізованими й автоматизованими [25].

Розрахунок виробничої програми проводиться на 5 000 штук виробів валів.

Вага вала до механічної обробки складає 462 кг. Тому маса обробки для відпалу складає 2 313 т, а для проведення гартування відповідно 2310 т.

Таблиця 5.2

Відомість розподілу програми за операцією

Назва деталі	Операції для деталі їх кількість	
	Відпал	Гартування
Вал	2 313 тонн	2 310 тонн

Розрахункова кількість одиниць обладнання K_p , необхідне для виконання програми [25]:

- режим роботи термічної дільниці буде 1-но змінний;
- річний фонд ефективного часу роботи обладнання залежить від встановленого режиму роботи, тривалості зміни, втрат часу на ремонт і переналагодження обладнання та розраховується за формулою (5.1) [25]:

$$\Phi_d = (365 - B - П) * 3 * t * K_p, \quad (5.1)$$

де Φ_d – дійсний річний фонд часу обладнання, год; B – кількість вихідних днів на рік (за вирахуванням вихідних, співпадають зі святковими днями); $П$ – кількість святкових днів у році; C – кількість змін у добі; t – середня тривалість однієї зміни.

Таким чином, Φ_d для 1-го змінного режиму роботи дорівнює 1808 годин.

Розрахунок основного обладнання проводимо за формулою (5.2):

$$K_p = E_i / \Phi_d = P_i / (P_i * \Phi_d), \quad (5.2)$$

де E_i – необхідна кількість годин для виробничої програми для відповідного виду термічної обробки виробу i -го найменування.

$$E_i = P_i / P_i, \quad (5.3)$$

де P_i – річна виробнича програма по відповідній операції оброблюваної

деталі і-го найменування; P_i – годинна продуктивність одиниці обладнання при відповідній операції обробки деталей і-го найменування.

$$P_i = M_i / \tau_i, \quad (5.4)$$

де M_i – маса садки деталі і-го найменування; τ_i – нормування часу обробки однієї садки деталей і-го найменування.

Маса деталі до механічної обробки буде 462 кг.

Для відпалу обираємо шахтну піч типу ПГТ 20.10.50/11Ш (рис. 5.8) [26].

$P_0 = 2\,313$ тонн; $\Phi_d = 1808$ год; $\tau_0 = 10-20$ год; кількість садки - 8 штук.

$$M_0 = 8 * 462 = 3696 \text{ кг}$$

$$P_0 = M_0 / \tau_0 = 3696 / 15 = 246,4 \text{ кг / год}$$

$$K_p = 2\,313\,000 / (246,4 * 1808) = 5,2$$

$$\eta = (5,2 / 1) * 100\% = 80\%$$

Тобто для відпалу обираємо 1 піч.

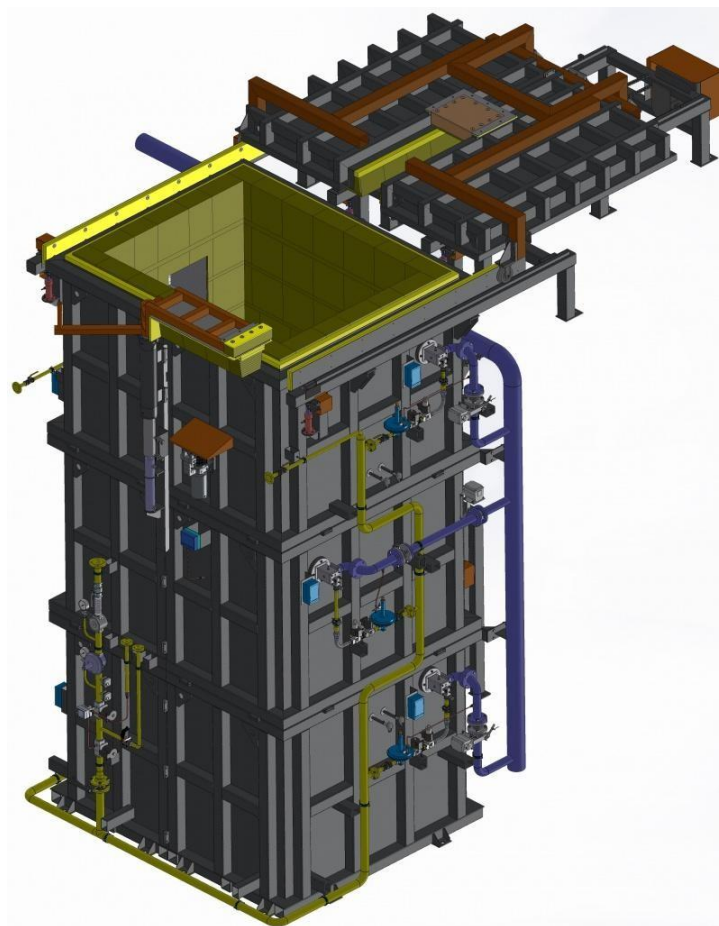


Рисунок 5.10 – Піч ПГТ 20.10.50/11Ш [32]

Таблиця 5.3

Характеристики печі ПГТ [32]

Назва	Розміри робочої зони, мм	Максимальна температура печі	Маса садки, кг
ПГТ 20.10.50/11Ш	2000-1000-5000	1100	4000

$P_{\Gamma} = 2\,310\,000$ кг; $\Phi_d = 1808$ годин; $\tau_{\Gamma} = 0,5$ годин, кількість садки - 8 штук.

$M_{\Gamma} = 8 * 462 = 3696$ кг

$R_{\Gamma} = M_{\Gamma} / \tau_{\Gamma} = 3696 / 0,5 = 7392$ кг / год

$K_p = 2\,310\,000 / 7392 * 1808 = 0,17$ – обираємо 2 піч.

$$\eta = (0,17 / 1) * 100\% = 17 \%$$

Шахтні електропечі з вертикальним завантаженням типу ПШЗ (рис. 5.9) призначені для нагріву під гартування; нагрівання під ковку та інших видів гарячої деформації; відпалу з метою зняття внутрішніх напружень і зниження твердості сталі; нормалізації лиття або поковок з метою усунення грубозернистої структури; проведення інших термічних процесів з температурою нагріву до 1200 °С [26].

Для термообробки виробів призначена камера нагріву у вигляді шахти, утвореної вогнетривкої кладкою. В камеру нагрівання встановлюється огорожа з жароміцної сталі, служить для захисту футеровки і нагрівачів при завантаженні оброблюваних деталей. Нагрів робочої камери проводиться нагрівачами спірального типу, виготовленими з дроту сплаву суперфехраль виробництва Німеччини. Камера нагріву електропечі закривається кришкою, яка футерована вогнетривкими матеріалами. Кришка печі встановлена в рамі під'ємновідкатного візка. За ручку візка кришка спочатку піднімається, а потім зсувається по напрямних убік, звільняючи отвір шахти [35].



Рисунок 5.9 – Вигляд печі ПШЗ 12.40/12 [32]

Всі електропечі мають якісну теплоізоляцію з волокнистих і мікропористих матеріалів з використанням елементів з вогнетривкого бетону, що дозволяє знизити втрати тепла і зробити піч досить економічною. Печі оснащені механізмом для швидкого і легкого відкривання кришки [34].

Круговий нагрів деталей, а також спеціальна схема зонного регулювання

температури забезпечують високу рівномірність температури по всьому об'єму печі в усьому температурному діапазоні і швидкий нагрів деталей під гартування.

Зважаючи на те, що в термічному відділенні проводять і інші види термічної обробки, для різного роду деталей на термічній дільниці передбачено також дві відпускні шахтні печі ПШО 10.40/7(И1).

В таблиці 5.2 наведено характеристики печей, які застосовуються для проведення ТО.



Рисунок 5.10 – Піч ПШО 10.40/7(И1) [32]

Таблиця 5.4

Печі термічної дільниці [32]

№ печі	Найменування печей	Розмір внутр., простору			Габарити печі, м	Садка, кг	Продуктивність, кг/год	Кількість печей
		Довжина, м	Ширина, м	Висота, м				
1	ПГТ 20.10.50/11Ш	3	2	4	3,2x2,4x4	4000	246	1
2	ПШЗ 12.40/12	3	2	4	3,2x2,4x4	4000	7392	1
3	печі ПШО 10.40/7(И1)	1	1	4	2x2x4	4000	-	2

5.7 Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується

Виробнича ділянка – підрозділ, що об'єднує ряд робочих місць, згрупованих за певними ознаками, здійснює частину загального виробничого процесу по виготовленню продукції або обслуговування виробничого персоналу.

Для розміщення проектованої ділянки цеху, з шкідливими газовиділеннями і значними надлишками тепла (більше 20 ккал / м³ на годину), використовується одноповерхова будівля прямокутної форми, що забезпечує найбільш ефективне видалення шкідливих речовин звичайним шляхом. Ширина прольотів дорівнює 12, 18, 21, 30 і 36 м, встановлюється в залежності від схеми розміщення обладнання і необхідної ширини проїздів.

У проектованому цеху приймаються наступні сітки колон 12 x 18, 12 x 24, для кранових будівель 12 x 24, 12 x 30 для будинків обладнаних кранами. Прольоти 6, 9 і 12 метрів. Висота прольоту приймається в залежності від умов роботи. Термічні цехи характеризуються великою кількістю інженерних комунікацій, установка і монтаж яких ускладнює нормальне проведення технологічного процесу і не задовольняє вимогам промислової естетики. Необхідні площі проектованої ділянки розраховую за укрупненими показниками, використовуючи довідкові дані.

Розрахунок площі цеху:

$$S_{ЗАГ} = S_{ПОЛ} + S_{ПРОХ} + S_{ВСП}$$

Де $S_{ПОЛ}$ - корисна виробнича площа необхідна для розміщення обладнання;

$S_{ПРОХ}$ - площі проходів і проїздів; $S_{ВСП}$ - допоміжна площа.

$$S_{ПОЛ} = \sum S_I,$$

S_I - площа для даного обладнання.

$$S_{ПОЛ} = 7 * 25 = 175 \text{ м}^2$$

Допоміжна площа і площа проходів та проїздів встановлюється в розмірі 35% від виробничої площі.

$$S_{ВСП} = 35\% * S_{ПОЛ} = 35\% * 175 = 61,2 \text{ м}^2$$

$$S_{ПРОХ} = 35\% * S_{ПОЛ} = 35\% * 175 = 61,2 \text{ м}^2$$

$$S_{ЗАГ} = 144 + 43,2 + 43,2 = 297,5 \text{ м}^2$$

Отриману $S_{ЗАГ}$ розбивають на сітку колон.

Термічна ділянка має розміри: $24 \times 12 = 288 (\text{м}^2)$.

План розробленого термічного відділення зазначено в додатку В.

5.8 Розробка плану розташування обладнання на термічній ділянці

Термічні цехи в своєму складі мають:

- Виробничі дільниці;
- Допоміжні окремі (склади);
- Склади готової продукції, допоміжних матеріалів, пристосовування;
- Трансформаторні підстанції;
- Службові і побутові приміщення.

Склад площ змінюється в залежності від розміру і структури цеху, характеру технологічних процесів та інших особливостей.

В основу розстановки обладнання на плані і розрізах цеху повинні бути покладені:

- 1) Намічена компонована схема технологічного вантажопотоку, що не

допускає перетину шляхів руху оброблюваних виробів. Виняток може бути тільки для цехів індивідуального і дрібносерійного виробництва, але при цьому загальний вантажопотік повинен йти в одному напрямку.

- 2) Можливість обслуговування і ремонту устаткування.
- 3) Організація між операційного транспорту оброблюваних виробів.

При встановленні схеми розташування устаткування необхідно врахувати, що печі повинні розташовуватися уздовж зовнішніх стін. Дільниці з токсичними, які здійснюють шум обладнанням повинні бути розміщені в окремих приміщеннях, ізольованих від пічного залу. До такого обладнання відносяться дільниці для приготування захисних атмосфер, повітрорудки високого тиску, установки для очистки дробом. Проїзди і проходи бажано розміщувати по периметру з обов'язковим розташуванням воріт і дверей у зовнішніх стін [21].

Висновки

Розглянуто вплив термічної обробки на властивості деталі «вал» в роботі було запропоновано два режими термічної обробки, загальні операції яких є відпал, гартування, відпуск. Режими відрізняються один від одного температурою нагріву під гартування та кількістю відпусків (з режимом 1 – один відпуск, за режимом 2 – двократний відпуск). Двократний відпуск після гартування з охолодженням в воді і/або з піччю забезпечує розпад мартенситу на ферито-карбідну суміш, забезпечуючи стабільний стан відпущеної мартенситної складової, що робить сталь більш пластичної, при збереженні на високому рівні показників міцності.

Металографічним аналізом встановлено, що кінцева структура сталі 14X17H2 представляє собою сорбіт відпуску. Візуально структура після режиму 2 рівномірна, дрібнозерниста, на ній відсутні значні ділянки фериту.

За результатами макроструктурного аналізу встановлено наявність чотирьох видів дефектів балами від 0.5 до 1.5: центральна пористість, світла смужка, точкова неоднорідність та п'ятниста ліквіація. Максимальний бал встановлений для центральної пористості (1.5).

Значення твердості сталі 14X17H2 після термічної обробки №1 і №2 становить 262НВ і 248НВ, що задовольняє основні вимоги до валу.

Випробування сталі на стійкість до МКК показали, що зразки оброблені за режимом 1 не стійкі до МКК на відмінну від зразків оброблених за режимом 2.

Таким чином рекомендована термічна обробка валу зі сталі 14X17H2: відпал (охолодження з піччю), гартування, подвійний відпуск (охолодження в воді).

Також було обрано основне обладнання для проведення термічної обробки та розрахована його необхідна кількість.

Обране обладнання було розміщено на плані термічного відділення та розраховано його розміри.

Розробка плану термічної дільниці в своєму складі має:

- Виробничі дільниці;

- Допоміжні окремі (склади);
- Склади готової продукції, допоміжних матеріалів, пристосовування;
- Трансформаторні підстанції;
- Службові і побутові приміщення.

ВИСНОВКИ

У роботі міститься обґрунтована сучасна та прогресивна технологія отримання деталі «вал насосу»:

1. Проаналізовано основні положення, принципи роботи, переваги та недоліки атомної енергетики. Розглянуто деталь «вал насоса», як основна відповідальна деталь головного циркуляційного насоса ГЦН-317. Встановлено що вал насоса працює при знакозмінних навантаженнях, в умовах високих навантажень та агресивному середовищі. Основними причинами виходу з ладу є механічний знос, циклічна втома, корозія, кавітаційний знос та міжкристалічна корозія. Вимоги, що висуваються до готового виробу: межа плинності ≥ 540 МПа, відносне видовження ≥ 8 %, відносне звуження ≥ 25 %, ударна в'язкість ≥ 20 %, твердість 228-293НВ.

2. Проведений критичний аналіз літературних джерел. Проаналізовані основні методи вдосконалення характеристик та властивостей сталі 14X17H2 з точки зору легування та термічної обробки. Крім того було досліджено матеріали, що використовуються для виготовлення деталі.

3. Рекомендовано сталь 14X17H2 використовувати як матеріал деталі «вал насосу». Встановлено, що сталь 14X17H2 відноситься до феритно-мартенситного структурного класу. Кількість фериту в структурі становить 9,75%.

4. Технологія виготовлення деталі «вал насосу» включає в себе такі послідовні етапи: отримання чавуну з руд; виплавка сталі; виготовлення валу; попередня термічна обробка валу (відпал); механічна обробка, остаточна термічна обробка (гартування та відпуск).

5. Порівняльний аналіз характеристик та властивостей сталі 14X17H2 після двох режимів термічної обробки дозволив рекомендувати одну із них для впровадження у виробництво. Запропоновані два режими термічної обробки, загальні операції яких є відпал, гартування, відпуск. Режими відрізняються один від одного температурою нагріву під гартування та кількістю відпусків (з режимом 1 – один відпуск, за режимом 2 – двократний відпуск). За режимом 1 температура під гартування становить 980 – 1020 °С, а температура відпуску 680 – 700°С. За

режимом 2 гартування 1040-1050°C, перший відпуск 600-610°C, другий відпуск 620-650°C.

– Металографічним аналізом встановлено, що кінцева структура сталі 14X17H2 представляє собою сорбіт відпуску. Встановлено наявність чотирьох видів дефектів. Максимальний бал, характерний для центральної пористості і становить 1,5 бали, що є допустимим для виробів відповідального значення.

– Твердість сталі 14X17H2 після термічної обробки №1 і №2 становить 262НВ і 248НВ, що задовольняє основні вимоги до валу.

– Випробування сталі на стійкість до МКК показали, що зразки оброблені за режимом 1 не стійкі до МКК на відмінну від зразків оброблених за режимом 2.

– Таким чином рекомендована термічна обробка валу зі сталі 14X17H2: відпал 800 °С (охолодження з піччю), гартування 1040-1060 °С, подвійний відпуск: 1 – 600-610°C, 2 – 620-640 °С (охолодження в воді).

б. Було обрано основне термічне обладнання та розрахована його необхідна кількість. Спроектована термічна дільниця.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тека К.В. Електростанція атомна: універсальний словник-енциклопедія. 2006.
2. . О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина атомні електростанції (АЕС): словник довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад — Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013. — С. 12-13.
3. Гайдадин А.Н., Ефремова С.А. Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов: метод. указания / сост.; ВолгГТУ. Волгоград, 2008. — 16 с.
4. Закон України про затвердження Загальних положень забезпечення безпеки атомних станцій [Електронний ресурс]. — URL: <https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0132-00?lang=en>
5. Будов, В.М. Конструирование основного оборудования АЭС: учебное пособие для вузов/ В.М. Будов, В.А. Фарафонов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 264 с.
6. С.М. Дмитриев, В.Б. Платонов, А.Г. Орлов, Н.М. Сорокин, В.А. Фарафонов, В.С. Шишкин. Насосное и теплообменное оборудование АЭС: учебное пособие для студентов вузов/– Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та, 2004.– 397 с.
7. Приходько Э. В. Эффективность комплексного легирования стали и сплавов / Э. В. режима термической обработки жаропрочной, коррозионностойкой стали 14X17H2 [Электронный ресурс]
8. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. М.: Металлургия, 1986
9. О. Буренок; ДонНТУ // Материалы конференции SWorld. (18–30 марта, 2014 г.). – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/konfer34/580.pdf>
10. Лахина М.А. Лопухов Ю.И. «Расчет технологических параметров ультразвуковой обработки шпинделя из стали 14X17H2 для энергетической и нефтегазовой арматуры». Материалы XIV Республиканской научнотехнической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых — инновационному развитию Казахстана», 7—9 апр. 2014 г.
11. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. М.: Машиностроение,

1980. — 237 с.

12. Ланская К.А. Высокохромистые жаропрочные стали. М.: Metallurgy, 1976, – 216 с.

13. Приданцев М.В., Ланская К.А. Стали для котлостроения. М.: Metallurgizdat, 1986, 304 с.

14. Сорокин В. Г. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосников, С. А. Вяткин. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

15. Дзугутов М.Л. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. М.: Metallurgy, 1977. - 749 с.

16. Гуляев, А. П. Матеріалознавство [Текст] : підручник для вузів / А. П. Гуляев. - М. : «Металургія», 1976. – 647 с., ил.

17. Зуев, В. М. Термічна обробка металів [Текст] : підручник для сред. ПТУ / В. М. Зуев. - 3-е изд., перераб и доп. – М. : Вищі. шк., 1986. – 288 с., ил.

18. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. М.: Metallurgy, 1986, – 752 с.

19. Позняк Л.А., Скрипченко Ю.М., Тимощаев С.И. Штамповые стали. М.: Metallurgy, 1980, 244 с.

20. Арзамасов Б.Н., В.А. Брострем, Н.А. Буше и др. Конструкционные материалы: справочник М. Машиностроение, 1990. – 688 с.

21. Klueh R.L., Alexander D.J., Sokolov M.A. Effect of chromium, tungsten, tantalum and boron on mechanical properties of 5–9Cr–WVTaB steels. Journal of nuclear materials. 304 (2002), pp. 139-152.

22. Химушин Ф.Ф. Легирование, термическая обработка и свойства жаропрочных сталей и сплавов. М.: Оборонгиз, 1962, 336 с. 179.

23. Fujita T., Asakura K., Sawada T., Takamatsu T., Otaguro Y. Creep rupture strength and microstructure of low C-10Cr-2Mo heat-resisting steels with V and Nb. Metallurgical transactions A. 12 (1981), pp. 1071-1079.

24. ГОСТ 10243-75. Государственный стандарт союза ССР. Методы испытаний и оценки

макроструктуры. М.: Издательство стандартов, 1985.

25. Гудремон Э. Специальные стали. М.: Металлургия, т. 1, 1966. 734 с.

26. Hayashi K., Kojima T., Minami Y. Advanced heat resistant steel for power generation. Eds. Viswanathan R., Nutting J. The Institute of materials. London, 1999, pp. 51-64.

27. Leslie W.C. Iron and its dilute substitutional solid solutions. Metallurgical transactions. 3 (1972), pp. 5-26.

28. Лякишев Н.П., Плинер Ю.Л., Лаппо С.И. Борсодержащие стали и сплавы. М.: Металлургия, 1986. 192 с.

29. Качанов Н.Н. Прокаливаемость стали. М.: Металлургия, 1978. 192 с.

30. Hättteststrand M., Andrén H-O. Boron distribution in 9-12% chromium steels. Materials science and engineering: A. 270 (1999) 33-37.

31. Liu F., Fors D.H., Golpayegani A., Andrén H-O., Wahnström G. Effect of boron on carbide coarsening at 873 K (600 °C) in 9 to 12 pct chromium steels. Metallurgical and materials transactions: A. 43 (2012), pp. 4053-4062.

32. Печи и бородование для термообработки [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nakal.ru/>

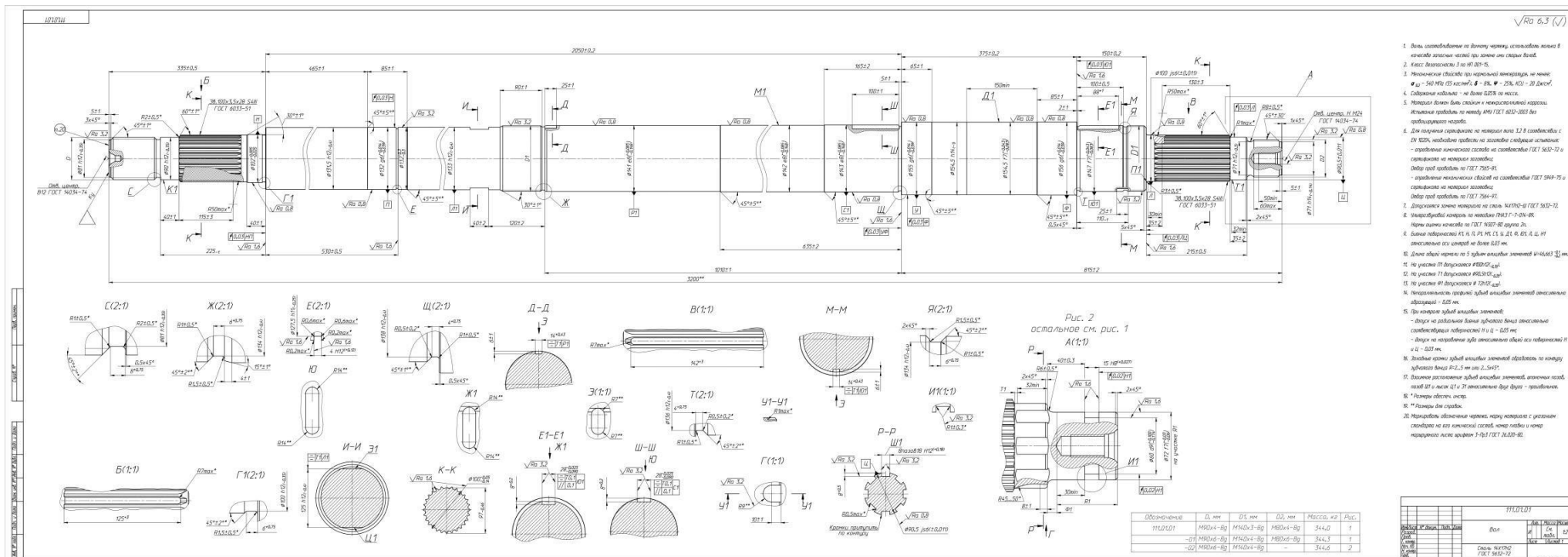
33. Fujitsuna N., Igarashi M., Booker G.R. Acceleration of Fe₂W precipitation and its effects on creep deformation behavior of 8.5Cr-2W-VNb steels with Si. Key engineering materials. 171-174 (2000), pp. 469-476.

34. Aghajani A., Richter F., Somsen C., Fries S.G., Steinbach I., Eggeler G. On the formation and growth of Mo-rich Laves phase particles during long-term creep of a 12% chromium tempered martensite ferritic steel. Scripta Materialia. 61 (2009), pp. 1068-1071.

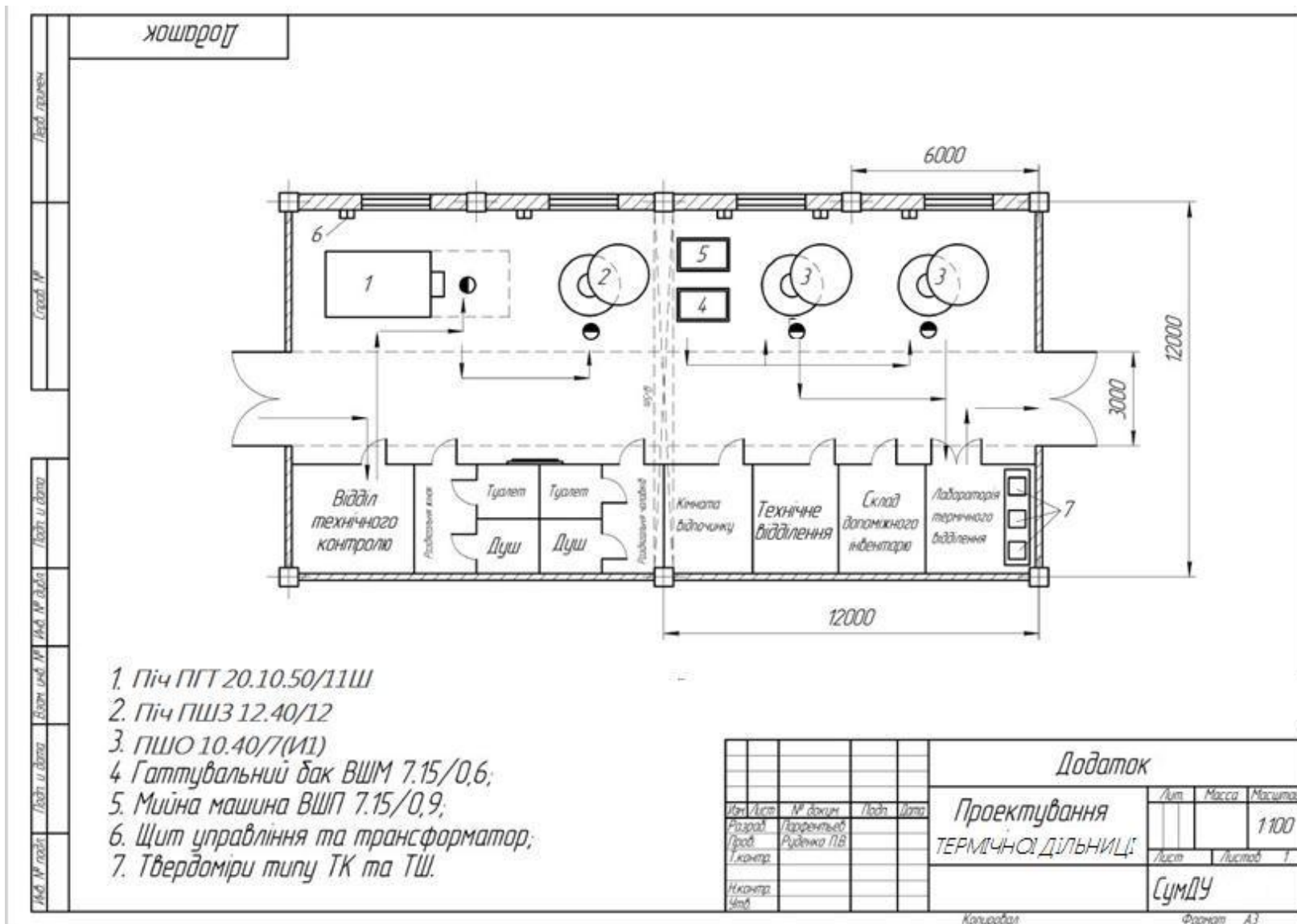
35. Соколов К. Н. Технология термической обработки и проектирование термических цехов : учеб. для вузов / К. Н. Соколов, И. К. Коротич. - М. : Металлургия, 1988.

Додаток А

Креслення деталі «вал насоса»



Додаток Б
Проектування термічної ділянки



Додаток Г

Публікації

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



МІЖНАРОДНА
 НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ
 «МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ – 9»



ПРОГРАМА

18 – 19 грудня 2019 р.
 Київ, Україна

Місце проведення конференції

Україна, Київ, проспект Перемоги 37, Національний технічний університет
 України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
 Інженерно – фізичний факультет, корпус 9, ауд. № 203 (18 грудня),
 ауд. № 203 (19 грудня)

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Академік НАН України, д.т.н., проф. І.В. Кривцун, *Україна*
 член-кор. НАН України, д.т.н., проф. Т.О. Пріхна, *Україна*
 д.т.н., проф., С.К. Фомічов, *Україна*
 д.т.н., проф. Мартін Хельмаер, *Німеччина*
 dr hab. inż., проф. Henryk Sobczuk, *Польща*
 dr hab. inż., проф. Janusz Mikula, *Польща*
 д.т.н., проф. В.М. Константинов, *Білорусь*
 чл.-кор. АН Білорусі Ф.І. Пантеленко, *Білорусь*
 д. фіз.-мат. н., проф. Я.В. Зауличний, *Україна*
 д.т.н., проф. С.Г. Грищенко, *Україна*
 д. фіз.-мат. н., проф. А.Д. Рудь, *Україна*
 к.т.н., доц. С.В. Іващенко, *Україна*
 к.т.н., доц. К.М. Гриненко, *Україна*
 к.т.н., проф. А.Н. Степанчук, *Україна*
 д.т.н., проф. В.Г. Хижняк, *Україна*

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Лобода П.І. – голова орг. комітету, декан інженерно – фізичного факультету
 Національного технічного університету України «Київський політехнічний
 інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор, член-кор. НАН України.
Доній О.М. – вчений секретар к.т.н., доцент.
Голікова І.Г. – технічний секретар.
Котляр С.М. – технічний секретар.
Соловар О.М. – технічний секретар.

СЕКЦІЯ 1. КОМПОЗИЦІЙНІ АРМОВАНІ ТА ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ

ПОВІЙНІ ОКСИДИ TiO₂ В ЯКОСТІ СОНЯЧНИХ ПЕРОВСКИТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ	10
<i>к.т.н. Смирнов А.С.¹, к.т.н. Буркан А.О.¹, акад. Олександр, проф. Пономаренко О.М.¹, Мазохин С.М.¹, Хоменко Б.С.², к.ф.-м.н. Тименко А.М.¹</i>	
¹ -Інститут геохімії, мінералогії та рудотворення ім. М.П.Семеновка НАН України, м.Київ-142, пр.Паладіна, 34,	
² -Інститут загальної та неорганічної хімії ім.В.І.Вернадського НАН України, 03680, м.Київ-142, пр.Паладіна, 32/34,	
³ -Інститут магнетизму НАН і МОН України, бул. Вернадського, 36-6, м.Київ-142	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ ФОРМОВОК НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ АЛЮМИНИЯ В СРЕДЕ ИОНОВ КИСЛОРОДА	14
<i>д.т.н., доцент В.А.Скачков, к.т.н., доцент О.Р.Бережная, аспирант Р.В.Гнатюшак</i>	
Інженерний інститут Запорозького національного університета	
ТВЕРДИЙ СПЛАВ-НАПОВНЮВАЧ SiC–Ti–C ДЛЯ МАКРОГЕТЕРОГЕННИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ	16
<i>д.т.н., проф. О.В.Сулотова</i>	
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Факультет фізики, електроніки та комп'ютерних систем, кафедра експериментальної фізики	
ВЛИЯНИЕ MORFOLOGIИ КОМПОЗИТНОЙ СТРУКТУРЫ НА БАЗЕ ВАНАДИЕВОЙ ЭВТЕКТИКИ НА ИЗНОС	19
<i>к.т.н. А.В. Мочан, к.т.н. Е.А. Черномяченко</i>	
Національна металургійська академія України	
ВПЛИВ МЕХАНОАКТИВАЦІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА СТРУКТУРНІ ПАРАМЕТРИ ПОЛІКОМПОНЕНТНИХ ВИСОКОНТРОПНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ Ti-Cr-Fe-Ni	23
<i>м.н.с. М.В. Марич, д.т.н., с.н.с. Г.А. Басюк, н.с. Т.А. Сіліньська</i>	
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францешка НАН України	
ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛАМУ ПОРОШКУ АЛМАЗУ, ЯКИЙ ЗАСТОСОВУЮТЬ В КОМПОЗИЦІЙНИХ АЛМАЗОВИСНИХ МАТЕРІАЛАХ ДЛЯ ОСНАЩЕННЯ ПОРОДОРУЙНИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ	25
<i>Чхор, д.т.н., проф. А.Л. Майстренко, к.т.н., ст.н.с. Н.О.Озітнік, к.т.н., ст.н.с. Г.Д. Ізвінська, н.с. Г.Д.Базалій, к.т.н., ст.н.с. А.П.Загора, к.т.н., ст.н.с. О.П.Витосрадова, д.т.н. Г.А.Петасюк, аспирант О.С.Васильчук</i>	
Інститут надтвердих матеріалів ім.В.М.Бакуля НАН України	
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛМАЗОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРРОСПЛАВОВ	29
<i>д.т.н., с.н.с. Г.Д. Ізвінська, чл.-корр. НАН України, д.т.н., проф. Т.А. Прилука, д.т.н., проф. В.І.Лавриченко, к.т.н. В.В. Слюканич, к.т.н. І.Н. Зайцева</i>	
Інститут сверхтвердых материалов ім. В.Н.Бакуля НАН України	
INFLUENCE OF COMPACTING METHOD OF POWDER COMPOSITE MATERIALS BASED ON IRON ALLOYED WITH SELF-FLUX ALLOY SELF-FLUXING ALLOY ON THEIR MECHANICAL PROPERTIES	33
<i>prof. Stepanchuk A. M., m. s. d. Demidenko O. A. student Teslia S. T.</i>	
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"	
ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ШАРУВАТОГО ТИТАН-АЛЮМІНІЄВОГО АРМОВАНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ	36
<i>к.т.н., доц. І.М.Гурій¹, аспірант Я.О.Сирінова¹, д.т.н., проф. П.І.Лободюк²</i>	
<i>к.т.н., асист. С.В.Солодкий³</i>	
¹ КПІ ім. Ігоря Сікорського, Інженерно-фізичний факультет, кафедра ЛВЧКМ	
² КПІ ім. Ігоря Сікорського, Інженерно-фізичний факультет, кафедра ВТМ та ПМ	

СТРУКТУРА І СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВОЛОКОН МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК	38
<i>к.ф.-м.н., с.н.с. И.К. Вазеева, к.т.н. О.В. Карпищук</i>	
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францешка НАН України	
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СИНТЕЗИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА TiN₂/FeSiMn/В₄C ПОСЛЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ	41
<i>м.н.с. О.В. Барановская, д.т.н., ст. науч. с. Г.А. Басюк</i>	
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францешка НАН України	

СЕКЦІЯ 2. ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ ТА ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ

ВИСОКОНТРОПНИЙ АIN_{0.6}CoFeCrTiV, ПОКРИТТЯ, ОТРИМАНІ ЕЛЕКТРИНО-ПРОМЕНЕВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ	45
<i>к.т.н. В.В. Чернявський, студ. О.С. Крижановський, к.т.н., доц. Бірюкович Л.О., д.т.н., проф. О.Г.Курнова</i>	
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Інженерно-фізичний факультет, кафедра ВТМ та ПМ	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ	49
<i>к.т.н., доц. О.П.Ганюкова</i>	
Сумський державний університет, факультет технічних систем та енергоефективних технологій, кафедра прикладного матеріалознавства і технологій конструкційних матеріалів	
СПОСІБ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ЗМІНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ЛИСТОВОЇ СТАЛІ МЕТОДОМ ЦЕМЕНТАЦІЇ ЕЛЕКТРОРОЗІЙНИМ ЛЕГУВАННЯМ ГРАФІТОВИМ ЕЛЕКТРОДОМ	52
<i>д.т.н., проф. В.Б.Тарельник, аспірант Б.А.Саржанов</i>	
Сумський національний аграрний університет, Інженерно-технологічний факультет, кафедра ТС	
ФАЗОВИЙ СКЛАД ПОКРИТТІВ ІЗ СПЛАВУ Ti₆Cr₃₀Al₃Si₂(SiO₂)₂ ІЗ ВМІСТОМ КВАЗИКРИСТАЛІЧНОЇ ФАЗИ	56
<i>н.с.Ромашова О.А., д.ф.-м.н., проф. Карпищук М.В., д.т.н. Горбань В.Ф., н.с. А.В.Самелько</i>	
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францешка НАН України, м.Київ, Україна	
IMPACT OF WEAR RESISTANCE METHOD ABRASIVE WEAR COVERING FROM POWDER COMPOSITION FeCrMoNiB – (Ti, Cr) C OBTAINED MECHANICAL ALLOYING	59
<i>Undergraduate Polubchuk D. V., s.n.s. Burlachenko O. M., professor Stepanchuk A. M.</i>	
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"	
ПІДВИЩЕННЯ ТРІБЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПРОГО ЧАВУНУ ІМПУЛЬСНО-ПЛАЗМОВОЮ ОБРОБКОЮ ПОВЕРХНІ	62
<i>к.т.н. Пастухова Т.В., к.т.н. Чабан Ю.Г., Малишевський А.О., д.т.н. проф. Сфрєсєнко В.Г.</i>	
Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь	
ФОРМУВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ АIN_{0.6}CoFeCrTi ПОКРИТТІВ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПІЛНЕННЯ	66
<i>студент Наконечний С.О., аспірант Гуцик Д.В., студент Возкоєвська Н.С., д.т.н., проф. Курнова О.Г.</i>	
Національний технічний університет України «Київський політехнічний імені Ігоря Сікорського», Інженерно-фізичний факультет, кафедра високотемпературних матеріалів при порошковій металургії	
ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДІННЯ ПРИ МОДИФІКУВАННІ РОЗПЛАВУ ДИСПЕРСНИМИ ТУГОПЛАВКИМИ ЧАСТИНКАМИ	70
<i>Михайленко В.Г. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i>	

УДК 669.14.018.8:621.791.92

РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ МАРТЕНСИТО-ФЕРИТНОГО КЛАСУ

студент Д.В.Кайдаш, студент К.С.Ольховик, к.т.н., доц. Н.А.Харченко, ст. наук. співр. Л.Ф.Руденко, к.т.н., доц. А.Г.Дегула,
Сумський державний університет, факультет механічних систем та енергоефективних технологій, кафедра ПМ і ТКМ
 E-mail: n.harchenko@pmk.m.sumbu.edu.ua

Робота присвячена дослідженню впливу термічної обробки на структуру та властивості мартенситно-феритної сталі 14X17H2. Розроблено оптимальний режим термічної обробки даної сталі включає відпал, загартування та подвійний відпуск.

Матеріали конструкцій і вузлів, які використовуються при будівництві і роботі АЕС, повинні мати достатню жароміцність, високу пластичність, високу термічну, радіаційну і механічну стабільність, гарну корозійну стійкість в середовищі теплоносія, мати невелику схильність до розтріскування в результаті корозії під дією напруг. Крім того, матеріали повинні бути технологічними і мати низьку вартість [1].

Сталь 14X17H2 відноситься до групи корозійностійких сталей, що володіють стійкістю проти електрохімічної та хімічної корозії, міжкристалічної корозії (МКК), корозії під напругою. Однак сталі подібної системи легування чутливі до зниження корозійної стійкості при нагріванні вище 500°C у зв'язку з можливим виділенням надлишкових фаз. В роботі були розроблені 6 режимів термічної обробки сталі 14X17H2, загальними операціями в яких були: відпал, загартування, відпуск. Режими відрізнялися температурою нагрівання під загартування, швидкістю охолодження, кількістю та(чи) температурою відпуску. В результаті термічної обробки був проведений порівняльний аналіз мікроструктур, стійкості сталі проти МКК, межі пластичності і міцності, відносне зчуження і подовження, а також твердість.

В результаті проведення робіт можна рекомендувати режим: відпал t=800 °C, 10-20 г.; загартування t=1040-1050°C, 0,5 г., охолодження в маслі; I-ий відпуск t=600-610°C, 4,5-5,0 г., II-ий відпуск t=600-610°C, 3,5-5,0 г. Встановлено, що нагрів зразків під загартування вище 1020°C, призвів до зменшення кількості виділення карбідів хрому типу Cr₂₃C₆. Вуглець розчиняється в твердому розчині і саме така структура забезпечує стійкість до МКК. Максимальне значення δ<-17 % та ψ<-58 % характерні для режиму, за яким охолодження після відпуску проводили в воді. При цьому існують рекомендації [2, 3], що для запобігання схильності до відпускової крихкості II роду та для збільшення стабільності показників в'язкості необхідне швидке охолодження. В результаті випробувань на удару в'язкість встановлено, що показник KCU для зразків, які були охолоджені в воді становить 20 Дж/см², а ті, що охолоджували на повітрі 34 Дж/см². Таким чином можна зробити висновок про можливість охолодження сталі 14X17H2 після відпуску на повітрі.

Результати роботи можуть бути використані як рекомендації. Заміна матеріалу виробі отомної енергетики зі сталей аустенітного класу (широко використовується на виробництві) на сталь мартенситно-феритного класу розширює можливості цієї галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Уайтхед Л.М. Матеріали ядерних енергетических установок. / Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1979. – 256 с.
2. Л.Ф. Руденко Леговані сталі та сплави: навч. посібн. / Л. Ф. Руденко, Т.П. Говорун – Суми: СумДУ, 171 с. (2012).
3. Тешухин Г.Н., Грошьянов А.В., Жукова М.Н. Высокотемпературные материалы в энергетике: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп.-СПбГТУРП.- СПб., 2011.-125 с.: ил. 50.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
та програма

VII Всеукраїнської
науково-технічної конференції
(м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.)

Суми
Сумський державний університет
2020

УДК 001.891(063)
С91

Редакційна колегія:
відповідальний редактор – канд. техн. наук, доцент О. Г. Гусак;
заступник відповідального редактора – канд. техн. наук, доцент
І. В. Павленко.

Члени редакційної колегії:
д-р техн. наук, професор В. І. Склабінський; д-р техн. наук,
професор В. О. Залога; д-р техн. наук, професор Л. Д. Пляцук;
д-р техн. наук, професор К. О. Дядюра; канд. техн. наук, доцент
О. П. Гапонова; канд. техн. наук, професор І. О. Ковальов; канд.
техн. наук, професор І. Б. Карінцев; канд. техн. наук, доцент
А. В. Загорулько; канд. техн. наук, доцент С. М. Савченко; канд.
техн. наук, доцент С. М. Ванєєв; канд. техн. наук, доцент
С. Б. Большанина.

Технічні секретарі:
канд. техн. наук, асистент Х. В. Берладір; пров. інж. О. Ю. Чех.

Сучасні технології у промисловому виробництві :
матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної
конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) / редкол.:
О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний
університет, 2020. – 386 с.

УДК 001.891(063)

До матеріалів конференції увійшли тези доповідей
конференції, в яких наведені результати наукових досліджень
представників закладів вищої освіти України та країн
Європейського Союзу. Збірка тез доповідей буде корисною для
науковців, викладачів, аспірантів і студентів, а також інженерів
усіх галузей виробництва.

© Сумський державний університет, 2020

Шановні пані та панове!

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошує Вас взяти участь у роботі VII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві (СТПВ-2020)».

Секції конференції:

1. Технології машинобудування.
2. Оброблення матеріалів у машинобудуванні.
3. Стандартизація та управління якістю у промисловому виробництві.
4. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство.
5. Опір матеріалів і машинознавство.
6. Динаміка і міцність, комп'ютерна механіка.
7. Екологія і охорона навколишнього середовища.
8. Хімічна технологія та інженерія.
9. Хімічні науки.
10. Гідрравлічні машини і гідроенергоагрегати.
11. Енергозбереження енергоємних виробництв (прикладна гідроаеромеханіка).
12. Енергетичне машинобудування.
13. Енергозбереження енергоємних виробництв (технічна теплофізика).

Адреса Сумського державного університету:
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна.

Телефон для довідок: +38 (0542) 33-10-24 – деканат факультету технічних систем та енергоефективних технологій.

3

7. Напрямки забезпечення ефективності технологічних систем механічної обробки деталей.

Доповідач: Ушаков О. А., студент гр. МІТ-218в кафедри технологій машинобудування та металорізальних верстатів Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту НТУ «ХПІ», м. Харків.
Керівники: Котляр О. В., доцент; Басова С. В., доцент, кафедра технологій машинобудування та металорізальних верстатів Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту НТУ «ХПІ», м. Харків.

8. Удосконалення технологічної підготовки свердильних операцій.

Доповідач: Супрун В. О., магістрант, гр. ТМ.м-81, СумДУ.
Керівник: Денисенко Ю. О., ст. викладач, каф. ТМВІ, СумДУ.

9. Дослідження впливу вібраційних переміщень заготовки на точність отворів при свердлінні пакету вуглепластик / титановий сплав.

Доповідач: Шоломицький О. Л., студент, гр. ТМ-71, СумДУ.
Керівник: Колесник В. О., ст. викладач каф. ТМВІ, СумДУ.

10. Вплив сил різання на параметри врізного шліфування.

Доповідачі: Фесенко А. В., професор; Ушаков О. М., доцент; Євсюкова Ф. М., доцент, кафедра технологій машинобудування та металорізальних верстатів Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» м. Харків.

11. Алгоритм роботи адаптивної системи керування круглошліфувального верстата.

Доповідачі: Фесенко А. В., професор; Ушаков О. М., доцент, Євсюкова Ф. М., доцент, кафедра технологій машинобудування та металорізальних верстатів Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» м. Харків.

12. Modeling of machining of non-involute gears.

Доповідач: Mironenko S. A., Student, CIT-26b, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv.
Керівники: Tretyak T. E., Senior Lecturer; Zubkova N. V., Senior Lecturer; Gutsalenko Yu. G., Senior Lecturer; Mironenko A. L., Senior Lecturer, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv.

5

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ**СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

Голова – зав. каф. ТМВІ, професор В. О. Залого.
Секретар – Д. В. Требухов, аспірант.

1. Пристрій для хонінгування отворів гільз циліндрів.
Доповідач: Голуб С. В., студент, гр. ТМм-91, СумДУ.
Керівники: Савчук В. І., доцент, каф. ТМВІ;
Євтухов А. В., доцент, каф. ТМВІ.
2. Зниження шорсткості підшипникових поверхонь валів при їх обробленні способом подвійної осциляції брусків.
Доповідач: Маленко Р. Г., студент, гр. ТМ.м-92, СумДУ.
Керівники: Савчук В. І., доцент, каф. ТМВІ;
Євтухов А. В. доцент, каф. ТМВІ, СумДУ.
3. Аналіз амплітудно-частотні характеристики динамічної системи круглого врізного шліфування.
Доповідач: Дмитренко Н. Р., студент, гр. ТМ.м-91, СумДУ.
Керівники: Євтухов А. В., доцент каф. ТМВІ;
Савчук В. І., доцент каф. ТМВІ, СумДУ.
4. Класифікація продукції в Україні. Створення ієрархічної системи пошуку інформації по класифікатору ДКПП.
Доповідачі: Бараненко А.В., студент, гр.ТМ.м-91;
Голуб С.В., студент, гр.ТМ.м-91, СумДУ.
Керівник: Руденко О.Б., ст. викл., каф. ТМВІ, СумДУ.
5. Спеціальний верстатний пристрій для обробки малошорсткої деталі «гільза».
Доповідач: Сахо М. С., студент, гр.ТМ-61, СумДУ.
Керівники: Кушніров П. В., доцент, каф. ТМВІ;
Колесник В. О., ст. викладач, каф. ТМВІ, СумДУ.
6. До використання комбінованих процесів шліфування синтетичних алмазів.
Доповідач: Волошкіна І. В., асп. каф. ІТМ, гр. АВ-7-131, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.
Керівник: Пижов І.М. д-р техн. наук, проф. каф. ІТМ, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

4

13. Розвиток технологічних можливостей технічних систем алмазного шліфування на базі універсальних верстатів.

Доповідачі: Наконечний М. Ф., доцент; Гуцаленко Ю. Г., ст. викл., кафедра інтегрованих технологій машинобудування ім. М. Ф. Семка НТУ «ХПІ», м. Харків.

14. Інтеграція CAD/CAM/CAE/СAPP-систем та ERP.

Доповідачі: Руметов А. Р., доцент; Добротворський С. С., професор; Ушаков О. М., доцент, кафедра технологій машинобудування та металорізальних верстатів Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту НТУ «ХПІ», м. Харків

15. Дослідження процесу теплообміну в зоні шліфування при використанні спеціального пристрою подачі МОР.

Доповідачі: Степанов М. С., професор; Іванова М. С., доцент, кафедра технологій машинобудування та металорізальних верстатів НТУ «ХПІ», м. Харків; Лтвовченко П. І., доцент; Іванова Л. П., завідувач лабораторії, кафедра інженерної механіки Академії внутрішніх військ МВС України, м. Харків; Котляр О. В., доцент кафедри технологій машинобудування та металорізальних верстатів НТУ «ХПІ», м. Харків.

16. Вплив методу зміщення на характеристики надійності та довговічності деталей машин і механізмів.

Доповідачі: Градиський Ю. О., доцент кафедри деревообробувальних технологій та системотехніки лісового комплексу Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків; Явчик О. Г., доцент кафедри безпека праці і навколишнього середовища Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

17. Передумови впровадження багатокординатного оброблення деталей типу вилки.

Доповідач: Пирогов Д. О., студент, СумДУ.
Керівник: Іванов В. О., доцент каф. ТМВІ, СумДУ.

6

СЕКЦІЯ «ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»

Голова – зав. каф. ТМВІ, професор В. О. Залого.
Секретар – Д. В. Требухов, аспірант.

1. Аналіз жорсткості різцетримача на основі механізму паралельної структури.
Доповідач: Бараник А. М., студент, гр. ВІ.м-91, СумДУ.
Керівник: Алексєєв О. М., професор каф. ТМВІ, СумДУ.
2. Обчислення кількісних характеристик складальних одиниць з використанням інтернет-технологій.
Доповідачі: Курило О. О., студент гр. ВІ.м-91;
Коваленко Ю. С., студент гр. ВІ.м-91, СумДУ.
Керівник: Алексєєв О. М., професор каф. ТМВІ, СумДУ.
3. Прогнозування зношування інструменту при механічній обробці полімерних композитів.
Доповідач: Хавін Г. Л., професор, каф. «Технології машинобудування та металорізальних верстатів», НТУ «ХП», м. Харків.
4. Параметри налаштування пристосування для заточування свердел.
Доповідач: Дегтяр О. А., студент, гр. ВІ.м-91, СумДУ.
Керівник: Швець С. В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ.
5. Стрічкокопильний верстат.
Доповідач: Левченко О. О., студент, гр. ВІ-71, СумДУ.
Керівник: Коротун М. М., доцент каф. ТМВІ, СумДУ.
6. Вплив якості прокату та термообробки на працездатність тришаршкових доліт.
Доповідачі: Яким Р. С., професор, Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка, м. Дрогобич;
Петрина Д. Ю., професор, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ.
7. Дослідження впливу знаменника геометричної прогресії на конструктивні параметри привода верстата.
Доповідач: Семініченко В. Ю., студент, гр. ВІ.м-91, СумДУ.
Керівник: Швець С. В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ.

8. Усування крапельної фази вакуумно-дугового розряду введенням нвч-енергії у зону її транспортування.

Доповідач: Сисоєв Ю. О., професор кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків.

9. Дослідження впливу температурного розширення інструменту на похибку розмірів і форми отворів при свердлінні пакетів вуглепластик/титановий сплав.

Доповідач: Басов Б. С., студент гр. ТМм-91, СумДУ.
Керівник: Колесник В. О., ст. викладач каф. ТМВІ, СумДУ.

10. Сучасний стан верстатобудування в Україні.

Доповідач: Мошна А. С., студентка, гр. ВІ-71-9, СумДУ.
Керівник: Довгополов А.Ю., викладач, каф. ТМВІ, СумДУ.

11. Різальний інструмент, для нарізання внутрішніх різей малого діаметра методом лезової обробки.

Доповідач: Шульга Д. О., студент, гр. ВІ.м-91, СумДУ.
Керівник: Ємельяненко С. С., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ.

СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВИМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Голова – зав. каф. ТМВІ, професор В. О. Залого.
Секретар – Д. В. Требухов, аспірант.

1. Уніфікація завдань для тестового контролю знань.
Доповідач: Маландій Т. Ю., аспірант, гр. АСП-42.тех, СумДУ.
2. Особливості оцінки відповідності електронних засобів вимірювальної техніки.
Доповідач: Антонов А. П., аспірант, гр. АСП.тех-8.1, СумДУ.
3. Міжнародні й національні стандарти у сфері управління ризиками та вимоги технічних регламентів до засобів вимірювальної техніки.
Доповідачі: Чучук Т. С., аспірант; Антонов А. П., аспірант;
Хлібченко В. В., студент, гр. СТ.мз-91с, СумДУ.
Керівник: Івченко О. В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ.

4. Інтегрування менеджменту ризику в системи управління відповідно до вимог міжнародних стандартів.

Доповідачі: Чучук Т. С., аспірант; Гладішев Д. П., аспірант;
Разуєва А. Д., студент, гр. СТ-мз-91с, СумДУ.
Керівник: Івченко О. В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ.

5. Забезпечення відповідності вимогам ортопедичних виробів на основі етиленвінілацетату.

Доповідачі: Залого Р. О., аспірант; Підлісний В. В., студент
гр. ВІ-61, Сумський державний університет.
Керівники: Дяюра К. О., професор каф. ТМВІ; Залого В. О.,
завідувач кафедри ТМВІ, СумДУ.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Голова – в. о. зав. каф. ПМ та ТКМ, доцент О. П. Гапонова.
Секретар – Х. В. Берладір, старший викладач.

1. Thermodynamic modeling of the MgO – FeO – TiO₂ system.

Speakers: Borysenko O. M., Associate Professor;
Logvinkov S. M., Professor; Ivashura A. A., Associate
Professor, Department of Environmental Technologies,
Ecology and Safety of Vital Activity, Simon Kuznets
Kharkiv National University of Economics;
Shabanova G. M., Professor, Department of Ceramics
Technology, Refractories, Glass and Enamels, National
Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";
Korohodska A. M., Assoc. Prof., Department
of General and Inorganic Chemistry, National Technical
University "Kharkiv Polytechnic Institute".

2. Prospects for designing the chemical composition of hard alloys, taking into account their hardening due to the formation of nanostructures.

Speakers: Kostyuk G. I., Professor, Department of Theoretical
Mechanics, Mechanical Engineering and Robotic
Systems, National Aerospace University named after
N. Ye. Zhukovsky "KhAI"; Popov V. V., Chairman,
JSC "FED"; Yevsieienkova H. V., Graduate Student;
Torosyan G. D., Student of Group 259M, National
Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky
"KhAI".

3. Галузі застосування процесу механічної активації у промисловості.

Доповідач: Негреба Н. Ю., студент, гр. МБ-81/1 МТ, СумДУ.
Керівник: Берладір Х. В., ст. викл. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

4. Сутність термоциклічної обробки матеріалів та її особливості.

Доповідач: Швецов Д. В., студент, гр. МБ-81/1 МТ, СумДУ.
Керівник: Берладір Х. В., ст. викл. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

5. STEM в професійно-технічній освіті як основа формування базисних інженерних навичок.

Доповідачі: Решетняк Г. М., викл.-методист, ДПТНЗ «КПАЛ»;
Берладір Х. В., ст. викл. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

6. Вибір матеріалу та зміцнювальної поверхневої обробки деталі «бандаж зубчатого колеса».

Доповідачі: Руденко С. Г., студент, гр. МТ-61.
Берладір Х. В., ст. викл. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

7. Отримання порошку міді з відходів промисловості.

Доповідачі: Білошицький М. В., доцент; Татарченко Г. О.,
професор, завідувач кафедри, Білошицька Н. І.,
доцент, кафедра будівництва, урбаністики та
просторового планування, Східноукраїнський
національний університет ім. В. Даля.

8. Вибір матеріалу та термічної обробки поршня дизельного двигуна.

Доповідач: Зінченко І. Д., студент, гр. МТ-м-91, СумДУ.
Керівник: Гапонова О. П., в. о. зав. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

9. Вибір матеріалу та зміцнювальної поверхневої обробки деталі «зубчате колесо».

Доповідачі: Петренко В. Ю., студент, гр. МТ-61, СумДУ.
Гапонова О. П., в. о. зав. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

10. Дослідження структури та властивостей багатошарових зміцнених шарів, отриманих методом електроіскрового легування.

Доповідачі: Гапонова О. П., в. о. зав. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.
Голуб Н. Р., студент, гр. МБ-81/1 МТ, СумДУ.

11. Вибір матеріалу та зміцнювальної поверхневої обробки деталі «вал-шестірія».

Доповідач: Іванов І. О., студент, гр. МТ-61, СумДУ.
Керівник: Гапонова О. П., в. о. зав. каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

12. Оцінка ризику впливу біополімерних наноматеріалів на здоров'я людини.
Доповідачі: Голик В. С., аспірант; Дядюра К. О., д-р техн. наук, професор; Балинський М. В., студент, гр. МТ-61, Сумський державний університет.
13. Будова рами FPV квадрокоптера.
Доповідачі: Рева Б. С., студент, гр. МТ-61, СумДУ.
Керівник: Дегула А. І., доцент кафедри ПМ та ТКМ, СумДУ.
14. Дослідження причин зносу кулачків розподільного валу двигуна.
Доповідачі: Руденко П. В., асистент кафедри ПМ та ТКМ; Данільченко В. О., студент, гр. МТ-61, СумДУ.
15. Вибір матеріалу та методу зміцнення леза ланцюгової бензопили.
Доповідачі: Львівних А. А., завідувач навчальної лабораторії кафедри ПМ та ТКМ, СумДУ.
16. Покращення властивостей сталі 12Х18Н9ТЛ методом нанесення захисних нітридних покриттів.
Доповідачі: Вареник С. В., магістрант, гр. МТ.м-91; Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ та ТКМ, СумДУ.
17. Використання нанотехнологій в приладобудуванні.
Доповідачі: Тягно С. В., студент, гр. МТ-81; Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ та ТКМ, СумДУ.
18. Особливості призначення та вибір матеріалу для деталі «напівмфга».
Доповідачі: Осічев Д. Р., студент, гр. МТ-61; Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ та ТКМ, СумДУ.
19. Розроблення оптимального режиму термічної обробки для сталі мартенситного класу 20Х13.
Доповідачі: Луїр О. В., аспірант; Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ та ТКМ, СумДУ.
20. Структура і механічні властивості покриттів для ріжучих інструментів на основі Cr, W та N.
Доповідачі: Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ та ТКМ; Вареник С. В., магістрант, гр. МТ.м-91; Осічев Д. Р., студент, гр. МТ-61, СумДУ.

21. Покращення властивостей сталі Р6М5 для виготовлення деталі «циліндрична фреза».
Доповідачі: Мартиненко С. М., магістранта, гр. МТ.м-91; Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ та ТКМ, СумДУ.
22. Фазові перетворення в титанових сплавах Ti-Nb-Mo.
Доповідачі: Мисливченко О. М., н. с.; Бондар А. А., зав. відділу; Тіхонова І. Б., м. н. с.; Петюх В. М., с. н. с., ІПМ ім. І. М. Францевича НАН України, м. Київ.
23. Термічна обробка деталі «вал насос».
Доповідачі: Кайдаш Д. В., студент, гр. МТ-61; Харченко Н. А., доцент; Руденко Л. Ф., асистент; Львівних А. А., зав. лаб., каф. ПМ та ТКМ, СумДУ.

СЕКЦІЯ «ОПР МАТЕРІАЛІВ І МАШИНОЗНАВСТВО»

Голова – проф. І. Б. Карінець.
Секретар – доц. Д. О. Жигилій.

1. Вплив ізохронності в принципі можливих переміщень для чотирьохланкового механізму.
Доповідачі: Голуб Н.Р. студент, група МБ-81/1 МТ.
Керівник: Жигилій Д.О., доцент.
2. Рациональне проектування двохшарової суттєво неоднорідної балки при чистому прямому згинанні.
Доповідачі: Тягно С. В. студент, група МБ-81/9, СумДУ.
Керівник: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ.
3. Розтягання двохшарового суттєво неоднорідного стержня поза центром жорсткості.
Доповідачі: Хвостенко Р. О. студент, група МБ-81/9, СумДУ.
Керівник: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ.

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ДЕТАЛІ «ВАЛ НАСОСУ»

*Студент Д.В. Кайдаш, група МТ-61, к.т.н., доц. Н. А. Харченко,
асистент Л. Ф. Руденко, зав. лаб. А. А. Ільїних*

Відцентрові насоси використовуються для транспортування рідин шляхом перетворення кінетичної енергії обертання в гідродинамічну енергію потоку рідини. Рідина надходить у робоче колесо насоса вздовж або поблизу до осі обертання, і прискорюється крильчаткою, тече радіально назовні в дифузор або спіральну камеру (кожух). В ньому рідке середовище переміщується через робоче колесо від центра до периферії [1].

Для деталі «вал насосу», виготовленого зі сталі 14X17H2, були розроблені режими термічної обробки, загальними операціями в яких були відпал, гартування, відпуск, які відрізнялись температурою нагріву під гартування, швидкістю охолодження, кількістю та (чи) температурою відпуску. Рекомендації щодо призначення оптимального режиму термічної обробки валу насоса зі сталі 14X17H2 [2] були зроблені на основі комплексного аналізу результатів випробувань механічних властивостей, стійкості до міжкристалітної корозії (ГОСТ 6032-84, метод АМУ) та мікроструктурного аналізу.

Встановлено, що найбільш раціональним та економічно вигідним є термічна обробка, яка включає послідовні етапи: відпал $t=800$ °С, впродовж 10-20 г.; гартування $t=1040-1050$ °С, 0,5 г., охолодження в маслі; перший відпуск $t=600-610$ °С, 4,5-5,0 г., другий відпуск $t=600-610$ °С, 3,5-5,0 г.



Рисунок 1 – Зразки сталі 14X17H2 після випробувань на МКК, метод АМУ

Результатом роботи стали відомості про структурно-механічні характеристики матеріалу валу насоса. Крім того, дослідивши умови, в яких працює деталь, був призначений оптимальний режим термічної обробки.

Список літератури

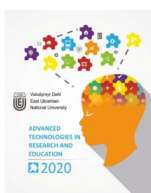
1. Аникин Ю. В. Насосы и насосные станции : учеб. пособие / Ю. В. Аникин, Н. С. Царев, Л. И. Ушакова ; [науч. ред. В. И. Аксенов] ; М-во образования и науки Рос. Федерации; Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 138 с.
2. Руденко Л. Ф. Леговані сталі та сплави: навч. посібн. / Л. Ф. Руденко, Т.П. Говорун Суми: СумДУ, 2012. — 171 с.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
 VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY (Ukraine)
 KIEV NATIONAL UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
 (Ukraine)
 THE CONSTRUCTION INDUSTRY SUPPORT FOUNDATION (Germany)
 TOHOKU UNIVERSITY (Japan)
 WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (Poland)
 UNIVERSITY HASSAN II OF CASABLANCA (Morocco)
 KANSAS STATE UNIVERSITY (USA)

*Dedicated to the 100th Anniversary of
 Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*

**THE COLLECTION OF
 RESEARCH MATERIALS OF
 THE THIRD INTERNATIONAL
 CONFERENCE**

**«ADVANCED TECHNOLOGIES
 IN RESEARCH AND EDUCATION»**



February 27–28, 2020

Part 2

Severodonetsk
 2020

UDC 37.001.76+001+004+379.85+620.22] (063)

Recommended by the Academic Council of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
 (Record of Meeting No 6 held on the 3rd of March, 2020)
 Editorial board:

Ryazantsev O. — Dr. Sc., Prof., Vice-rector for scientific-pedagogical work and international activity of V. Dahl EUNU, Ukraine (**Editor-in-Chief**);
Tatarchenko H. — Dr. Sc., Prof., Head of Department of Urban and Spatial Planning of V. Dahl EUNU, Ukraine;
Khoroshun G. — Dr., Associate Prof., Department of Urban and Spatial Planning of V. Dahl EUNU, Ukraine (**Executive Editor**);
Sato Sh. — Dr. Sc., Prof. Institute for Interdisciplinary Materials Research, University of Tohoku, Japan;
Popielek-Masajada A. — Dr., Assistant Prof., Wrocław University of Science and Technology, Poland;

Dyomin M. — Dr. of Arch., Prof., People's Architect of Ukraine, Head of Department of Urban Construction of KNUCEA, Ukraine;
Boiko G. — Dr., Associate Prof., Department of Railway and Road Transport, Lift and Care Systems V. Dahl EUNU, Ukraine;
Suvorin O. — Dr. Sc., Prof., Head of Department of Chemical Engineering and Ecology, V. Dahl EUNU, Ukraine;
Kozmenko O. — Dr., Associate Prof., Department of Foreign Languages and Professional Communication, V. Dahl EUNU, Ukraine;
Klymash A. — Dr., Assistant Prof., Department of Railway and Road Transport, Lift and Care Systems, V. Dahl EUNU, Ukraine

Official web site of the International conference: <http://atre.turion.info/>

Advanced Technologies in Research and Education: collection of research materials of the Third International Conference ; P. 2 / Editor-in-chief O. Ryazantsev. 27–28 of February 2020, Severodonetsk. — Severodonetsk: Publishing House of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2020. — 212 p.

ISBN 978-617-11-0162-3

The collection contains materials of the Third International Conference «Advanced Technologies in Research and Education», which hold on 27–28 of February 2020. The Collection touches upon the issues of actual problems in the directions: Innovations in building and architecture; Computer science, engineering and cyber security; Problems of transport and logistics development; Problems of applied physics and engineering; Current trends of higher education in the context of globalization, Current problems of engineering chemical engineering, ecology and environmental safety.

The pedagogues, researchers, science and technical officers, postgraduates and students in the fields of Building, Physics, Engineering, Information Technology, Economics, Tourism, and Language translation can use the materials of the collection.

The collection of research materials is printed in the original language.
 Papers of the collection are reviewed by the members of the Editorial Board.

DOI:

UDK 37.001.76+001+004+379.85+620.22] (063)
 © Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2020

ISBN 978-617-11-0162-3

ЗМІСТ

**IV. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА, ФІЗИКИ,
 ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

Філімоненко Н. М., Філімоненко К. В. Захист батарей статичних конденсаторів для наосної станції	9
Філімоненко К. В., Філімоненко Н. М., Тимофєєв А. О. Реконструкція релейної захисту підстанції	12
Bekshaev A. Electromagnetic Dynamical Characteristics of Surface Waves with Zero or Negative Group Velocity	14
Говорун Т. П., Луїр О. В. Вплив термічної обробки на властивості нержавіючої сталі 20Х13	17
Харченко Н. А., Лоскутова Т. В., Дегула А. І., Ольховик К. С., Кайдаш Д. В. Вплив хіміко-термічної обробки на властивості сталі У8А	20
Khoroshun A., Ryazantsev A., Sato S., Kozawa Y., Masajada J., Popielek-Masajada A., Szatkowski M., Chernykh A., Bekshaev A., Ferrando A. Diffraction Patterns for Microparticle Guiding	22
Гапонова О. П. Формування багатощарових зносостійких покриттів методом електроіскрового легування	24
Саржанов Б. А. Новая экологически безопасная технология восстановления деталей электроискровым легированием	27
Філімоненко К. В., Філімоненко Н. М., Сухарєвський М. В. Релейний захист системи електропостачання наосної станції	32
Філімоненко К. В., Філімоненко Н. М., Тимофєєв А. О. Реконструкція релейної захисту підстанції	43

**V. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВІЩОЇ ОСВІТИ
 В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ**

Antonova G. A. The Importance of Communication Strategies Training	50
Barvina N. O. Acting Method Components in Foreign Language Immersion Implementation	53
Bielovetska L. E. Using Cambridge English Digital Framework to Deliver High-Quality Continuing Professional Development for University Lecturers	56
Вороцько І. В. Модель формування професійної компетентності майбутніх перекладачів із застосуванням Smart технологій	58

ВПЛИВ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ У8А

Харченко Н. А., Лоскутова Т. В., Дегула А. І., Ольховик К. С.,
Кайдаш Д. В.

Національний технічний університет «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

У сучасній промисловості при вирішенні проблеми підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин, штамів та інструменту великого значення набувають розроблення та впровадження нових технологічних процесів з нанесення захисних зносостійких покриттів. Останнім часом знайшли широке застосування тугоплавкі сполуки, які в якості захисних покриттів суттєво підвищують працездатність деталей машин, термін служби інструменту в умовах тертя ковзання, кавітації, дії високих температур та агресивних середовищ. Дослідження спрямовані на розроблення процесів одно- та багатокомпонентного дифузійного насичення вуглецевих сталей карбодифузуючими елементами IV-VI груп періодичної системи є актуальними [1].

В якості об'єкта дослідження була використана інструментальна сталь У8А. Сталь У8А використовують для виготовлення інструментів, що працюють в умовах, які не викликають нагріву ріжучої кромки: накатних роликів, зенкеру, сокир, стамесок, фрез, доліт, пил поздовжніх і дискових, викруток, бічних кусачок.

В даній науковій роботі було реалізовано порівняльний аналіз двох сучасних методів хіміко-термічної обробки (ХТО), а саме титанування та комплексного насичення трьома хімічними елементами (титан, хром та алюміній). В нашому випадку цьому процесу надали назву титанохромоалітування.

Титанування та титанохромоалітування проводили у порошкових сумішах, при температурах 1050 °С протягом 8 годин. При титануванні використовували суміш порошоків титану, хлорид амоніа та оксид алюмінію. Порошкова насичуюча суміш для комплексного насичення складається з: феротитан ФТ170 (27%), фероалюміній (8%), ферохром ФХ025(25), хлорид амонію (5%), оксид алюмінію (35%). Зразки були завантажені до контейнерів, та засипані заздалегідь підготовленими сумішню порошоків.

В результаті титанування сталей У8А (рис. 1) на сталі У8А формується одношарове покриття карбиду титану TiC. Покриття, що формується на поверхні сталей в результаті титанування виявляється у вигляді світлої смуги, що не травиться в 3-4%-ому розчині азотної кислоти

в етиловому спирті, за структурою однорідне. Покриття такого типу характеризуються чіткою межею розділу між дифузійним шаром та основою.

Зона, що розташовується під карбідним шаром представляє собою твердий розчин титану в залізі. Покриття на поверхні технічного заліза — тонке, рівномірне за товщиною, однорідне за структурою.

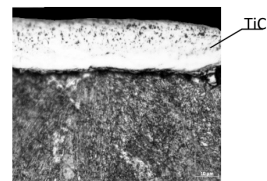


Рис. 1. Мікроструктура сталі після титанування: T=1050 °C, τ=6 год., x 1000

Незалежно від матеріалу матриці (вуглецеві чи леговані сталі) в структурі сталей безпосередньо під карбідним покриттям паралельно фронту дифузії формується перехідна зона. Середня товщина перехідної зони на вуглецевих сталях становить 10–20 мкм.

ДюрOMETРИЧНІ дослідження показали, що отримані шари після однокомпонентного насичення мають близько 39 ГПа, після титанохромоалітування — ~27,4 ГПа, що дещо нижче твердості карбідного шару при титануванні.

Після титанохромоалітування товщина дифузійних шарів збільшується майже в два рази порівняно із класичною технологією титанування і складає 25,0–28,5 мкм порівняно з 16,5 мкм для титанування.

Випробування на зносостійкість показали, що незважаючи на те, що мікротвердість шару після титанохромоалітування дещо нижча за мікротвердість карбиду титану, порівняльні результати зносу У8А після титанування та титанохромоалітування говорять про переваги останніх покриттів. Встановлено, що зносостійкість сталі У8А після титанохромоалітування в 1,6–2,3 рази більша ніж після титанування, та в 5,6–6,2 рази — ніж сталі У8А без обробки.

Отримані в роботі результати підтверджують перспективність застосування багатокомпонентних захисних покриттів в виробництві інструменту та виробів, що працюють в умовах зношування.

Література

- Герасимов С. А. Технология термической и химико-термической обработки / С. А. Герасимов — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 60 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

- Ferrando A.** – Prof. Departament d'Optica i Optometria i Ciències de la Visió, Interdisciplinary Modeling Group, InterTech, Universitat de València, Burjassot, Spain.
- Funkes C.** – Prof., The University of Arizona, USA.
- Kozawa Y.** – Ass. Prof., Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Japan.
- Weise T.** – Vice President of the Construction Industry Support Foundation, Germany.
- Masajada J.** – Prof. Faculty of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poland.
- Popielek-Masajada A.** – As. Prof., Faculty of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Science and Technology, Poland.
- Sato S.** – Prof., Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Japan.
- Szatkowski M.** – PhD student, Faculty of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Science and Technology, Poland.
- Lisle Kauffman** – Kansas State University, USA.
- Nurmuradova A. B.** – Lecturer of State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan.
- Garadagova M. Ya.** – Lecturer of State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan.
- Bashimova A. S.** – Lecturer of State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan.
- Анохіна А. О.** – студ. каф. технології неорганічних речовин та екології, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».
- Антонова Г. А. / Antonova G. A.** – ст. викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Барніна Н. О. / Barina N. O.** – ст. викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, асп. каф. педагогіки факультету гуманітарних наук, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Бекшаєв О. Я. / Bekshaev A. Ya.** – д-р фіз.-мат. н., проф., Науково-дослідний інститут фізики, Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова.
- Беловецька Л. Е. / Belovetska L. E.** – ст. викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Білінова Н. К. / Bilnova N. K.** – канд. біол. н., доц. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

- Бойченко С. В.** – д-р техн. н., проф., декан факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій, Національний авіаційний університет.
- Воронко І. В.** – студ., Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Гапонова О. П.** – канд. техн. н., доц. каф. прикладного матеріалознавства та технології конструкційних матеріалів, Сумський державний університет.
- Гевод В. С.** – д-р хіміч. н., доц. каф. технології неорганічних речовин та екології, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».
- Глікіна І. М.** – д-р техн. н., проф. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Глікін М. А.** – д-р техн. н., проф. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Гнилицька А. К.** – викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Говорун Т. П.** – канд. фіз.-мат. н., доц. каф. прикладного матеріалознавства та технології конструкційних матеріалів, Сумський державний університет.
- Гринь С. О.** – канд. техн. н., доц. каф. хімічної техніки та промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».
- Громико А. В.** – канд. техн. н., доц., Черкаський державний технологічний університет.
- Давіденко Н. О.** – ст. викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Данилюк Р. В.** – студ., каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».
- Дегула А. І.** – канд. техн. н., доц. каф. прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів, Сумський державний університет.
- Дейнека Д. М.** – канд. техн. н., доц. каф. технології неорганічних речовин, каталізу та екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».
- Дем'яновська М. О.** – магістр гр. ТУ-19дм, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Демчук І. М.** – канд. техн. н., Черкаський державний технологічний університет.
- Діняк Б. О.** – д-р техн. н., проф. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».
- Єрмоленко Л. В. / Yermolenko L. V.** – ст. викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Зеленко О. О.** – д-р екон. н., доц., проф. кафедри міжнародної економіки і туризму, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
- Зубов Є. І.** – канд. техн. н., доц. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Солопова Т. Г. – ст. викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Сотнікова К. К. – студ. гр. ПВШ-19зм, факультет гуманітарних наук, психології та педагогіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Старчевський Р.О. – студ., каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Субтельний Р. О. – канд. техн. н., доц. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Суворін О. В. – д-р техн. н., проф., зав. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Сухаревський М. В. – студ., каф. електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Терпін А. А. – студ., каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Тимофєєв А. О. – студ. гр. ЕСЕ-18зм, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Філімоненко К. В. – канд. техн. н., доц. каф. електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Філімоненко Н. М. – канд. техн. н., доц. каф. електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Філіп Т. Ч. – студ. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Харченко Н. А. – канд. техн. н., доц. каф. прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів, Сумський державний університет.

Хохлов А. С. – викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Целішев О. Б. – д-р техн. н., доц. директор навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Чернишов О. І. – генеральний директор, ТОВ НВП "ЗОРЯ".

Чернова А. С. – студ. каф. технології неорганічних речовин та екології, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».

Шапалова І. М. – канд. техн. н., доц. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Юніна О. С. – викл. каф. іноземних мов, Луганський державний університет внутрішніх справ імені Е. О. Дідоренка.

Якшменко І. К. – студ. каф. хімічних технологій та водоочищення, Черкаський державний технологічний університет.

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ ТРЕТЬОЇ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ"
27-28 лютого 2020 р.

Частина 2

Оригінал-макет *Рязанцев А.О.
Хорошун Г.М.
Погорєлова Т.В.*

Дизайн емблеми *Дубовик А.О.*

Післяно до друку 29.04.2020.
Формат 60×84^{1/16}, Гарнітура Times.
Умов. друк. арк. 12,32. Обл.-вид. арк. 14,0.
Наклад 50 прим. Вид. № 3269. Замов. № 13(2020).
Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: просп. Центральний, 59а
м. Северодонецьк, 93400
E-mail видавництва: vidavnictvosnu.ua@gmail.com

Надруковано:
Відділ технічного обслуговування СНУ ім. В. Даля
Адреса: просп. Центральний, 59а
м. Северодонецьк, 93400

211

Казаків В. В. – д-р техн. н., зав. каф. технології неорганічних речовин, каталізу та екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Кайдан Д. В. – студ. гр. МТ-61, Сумський державний університет.

Кічура Д. Б. – канд. техн. н., доц. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Коваль М. Г. – канд. техн. н., доц. каф. хімічних технологій та водоочищення, Черкаський державний технологічний університет.

Козьменко О. І. / Kozmenko O. I. – канд. пед. н., доц. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Коновалова Л. С. – магістр каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Кравченко І. В. – канд. техн. н., доц. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Криворучко Н. І. – канд. архіт., доц. каф. АБІС ДАС, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова.

Крикай О. А. – канд. екон. н., доц. каф. фінансів, банківської справи та страхування, начальник навчально-методичного відділу, Сумський державний університет.

Кресек О. Є. / Krsek O. Ye. – канд. пед. н., доц., зав. каф. іноземних мов та професійної комунікації навчально-наукового інституту міжнародних відносин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Кудрявцев С. О. – канд. техн. н., доц., декан факультету інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Кузьменко В. Г. – магістр каф. хімічних технологій та водоочищення, Черкаський державний технологічний університет.

Леоненко С.В. – асист. каф. публічного управління, менеджменту та маркетингу, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Липка А. О. – магістр каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Лоскутова Т. В. – канд. техн. н., доц. кафедри металознавства та термічної обробки, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Лорія М. Г. – д-р техн. н., доц., проф. каф. електронних апаратів, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Лудин А. М. / Ludyn A.M. – канд. техн. н., доц. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Лушур О. В. – асп. каф. прикладного матеріалознавства та технології конструкційних матеріалів, Сумський державний університет.

Мельник Ю. Р. – канд. техн. н., доц. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Мельник С. Р. – д-р техн. н., проф. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

209

Мищенко С. О. – студ.кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Мохоцько В. І. – канд. геол. н., доц. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Мязіна О. В. – магістр каф. хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Никулшин І. Є. – д-р техн. н., проф. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Ожерєдова М. А. – канд. техн. н., доц. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Олексієнко О. Г. – канд. пед. н., доц. каф. педагогіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Ольховик К. Є. – студ. гр. МТ-71, Сумський державний університет.

Першина Т. В. – викл. каф. педагогіки факультету гуманітарних наук, психології та педагогіки; викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Реутський Вік. В. / Reutskyy Vik. V. – д-р техн. н., проф. каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Реутський Вол. В. / Reutskyy Vol. V. – канд. техн. н., ст. викл., каф. технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Рибіна О. І. – канд. екон. н., асист. каф. маркетингу, начальник бюро моніторингу якості освітньої діяльності та якості вищої освіти, Сумський державний університет.

Римар Т. Е. – канд. техн. н., доц. каф. хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Рубашко В. В. – директор з розвитку, ТОВ НВП "ЗОРЯ".

Рязанцев А. О. / Riazantsev A. – асп. каф. комп'ютерних наук та інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Саржанов Б. О. – асп. каф. «Технічний сервіс», Сумський національний аграрний університет.

Світлічна О. О. / Svitlichna O. O. – ст. викл. каф. педагогіки факультету гуманітарних наук, психології та педагогіки; викл. каф. іноземних мов та професійної комунікації, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Сісь А. А. – асп. каф. хімічних технологій та водоочищення, Черкаський державний технологічний університет.

Смолтрас Р. В. – канд. техн. н., доц. кафедри технології неорганічних речовин та екології, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».

Созонов В. Г. – д-р техн. н., проф., зав. каф. машинознавства та обладнання хімічних підприємств, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Солодовник Т. В. – канд. хім. н., доц. каф. хімічних технологій та водоочищення, Черкаський державний технологічний університет.

210

Тема роботи:
Вибір матеріалу, маршрутної
технології виготовлення та
термічної обробки деталі
«вал насоса»

Студент гр. МТ-61 Кайдаш Д. В.
Керівник Харченко Н.А.

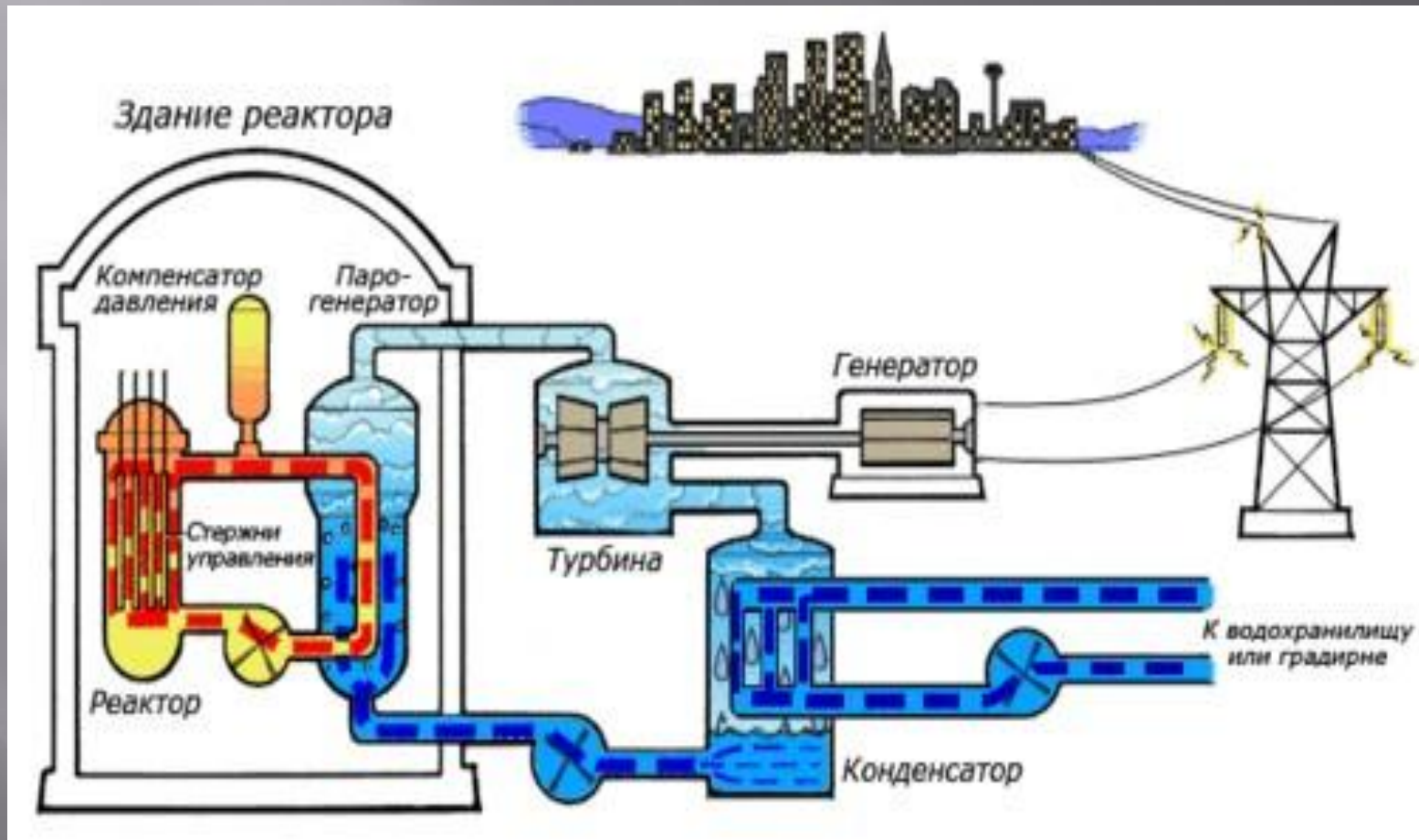
Мета і задачі дослідження

Мета роботи – підвищення експлуатаційних властивостей деталі «вал насосу», аналіз умов роботи деталі. Вибір матеріалу та раціональних режимів термічної обробки.

Завдання:

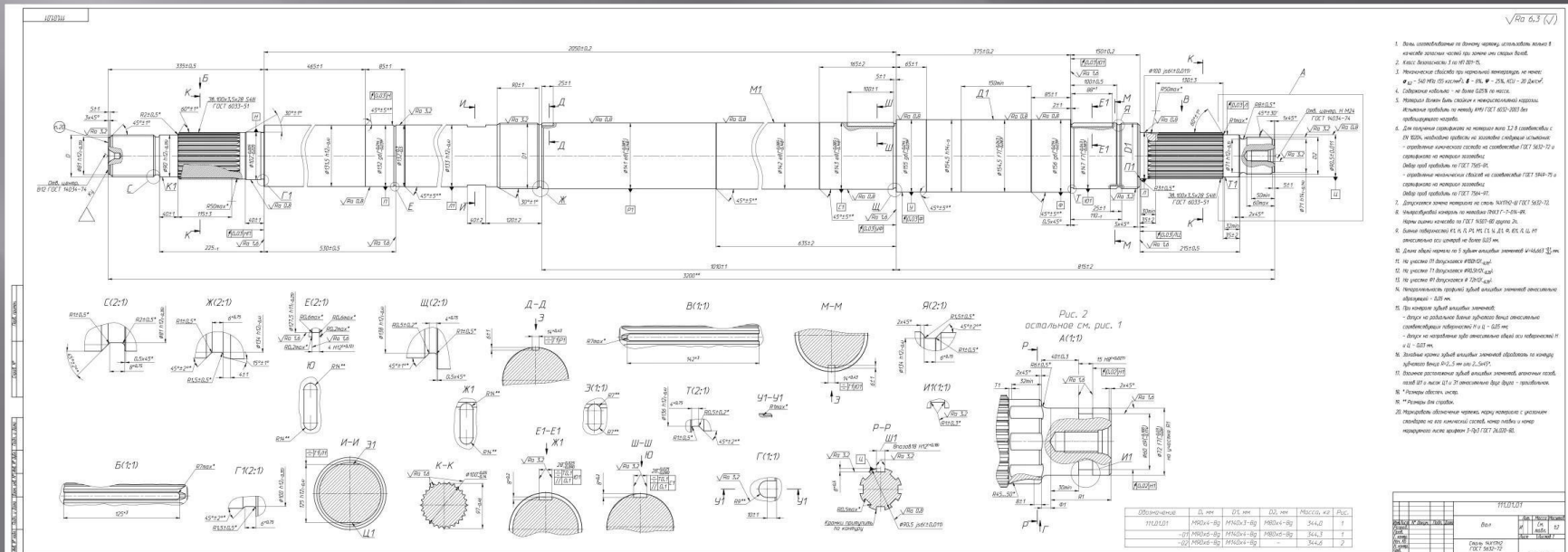
- ▣ проаналізувати умови роботи деталі;
- ▣ провести аналіз літературних джерел;
- ▣ обрати матеріал для виготовлення деталі;
- ▣ розробити технологічний процес отримання та термічну обробку виробу;
- ▣ вибрати та розрахувати необхідну кількість основного та допоміжного обладнання для проведення термічної обробки. Спроекувати термічну дільницю.

Схема роботи атомної електростанції

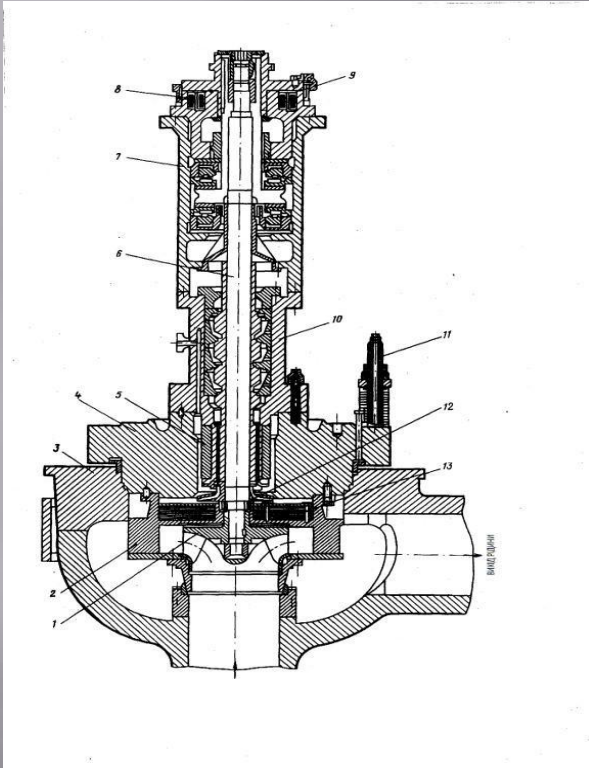


Креслення деталі «Вал насоса ГЦН-317»

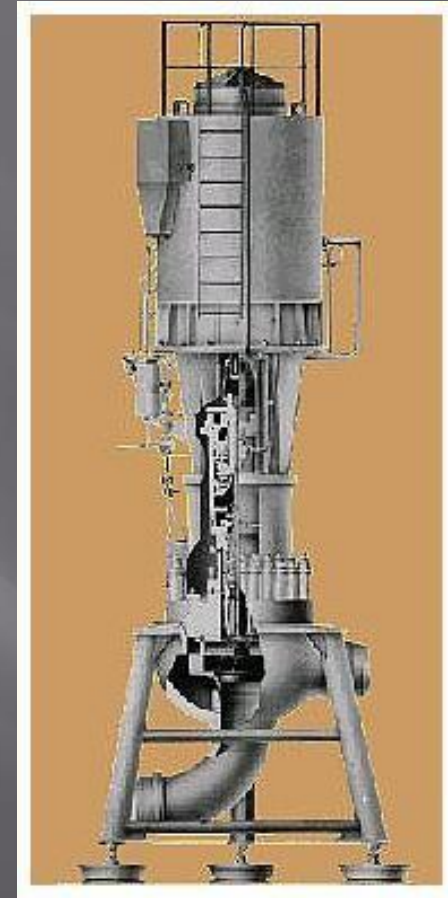
Умови роботи: знакозмінні, циклічні навантаження, агресивне середовище.
Вимоги:



Головний циркуляційний насос - 317



1 - робоче колесо; 2 - направляючий апарат;
3 - корпус; 4 - фланець; 5 - підшипник;
6 - вал; 7 - радіально-осьовий підшипник;
8 - електромагнітний розвантажувальний пристрій;
9 - прокладка; 10 - блок ущільнення; 11 - шпилька.



Не менее

14X17H2

903

1148

20

58

59

Визначення структури сталі за діаграмою Шеффлера

$$Ni_E = Ni + 30C + 0,5Mn + 30N + 10B(2.1)$$

$$Ni_E = 1,61 + 30 \cdot 0,11 + 0,5 \cdot 0,38 + 30 \cdot 0 + 10 \cdot 0 = 5,1$$

$$Cr_E = Cr + 1,25Mo + 1,5Si + 0,5Nb + 3,5Ti + 2Al + W + V(2.2)$$

$$Cr_E = 17,16 + 1,25 \cdot 0,07 + 1,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0 + 3,5 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0 + 0,02 + 0,04 = 17,93$$

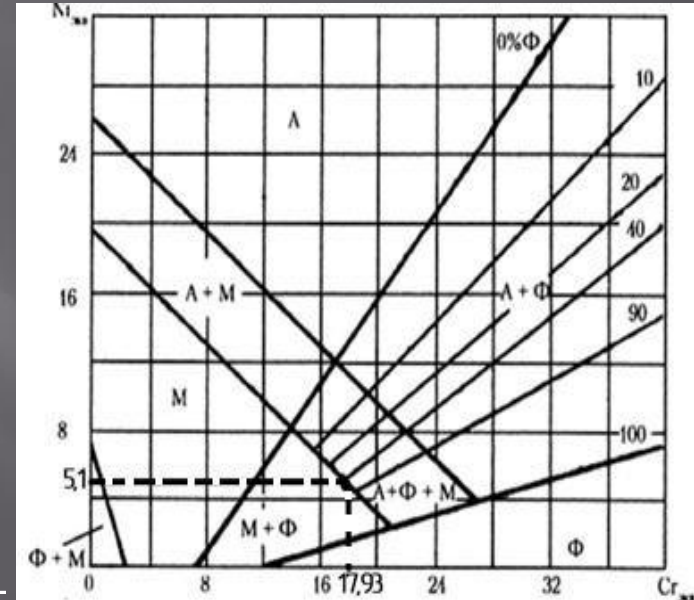
$$\Phi =$$

$$1,05Cr_E + 5,31 - \sqrt{1,1Cr_E^2 - 35,4Cr_E + 45,7Ni_E + 284}, \% (2.3)$$

$$\Phi = 1,05 \cdot 19,04 + 5,31$$

$$- \sqrt{1,1 \cdot 19,04^2 - 35,4 \cdot 19,04 + 45,7 \cdot 5,1 + 284}$$

$$= 19,99 + 5,31 - \sqrt{398,77 - 674,02 + 233,07 + 284} = 9,75\%$$



Технологія виготовлення деталі

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

1.3	Отримання сталі дуплекс процесом	1	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до конвертеру, заливання рідкого чавуну	Конвертерна піч	Мульди, ковші
	2	3	4	5	6
1.4	Отримання сталі дуплекс процесом	2	Продування розплаву стисненим киснем, завантаження флюсу	Конверторна піч	Фурма
		3	Зливання сталі та шлаку	Конверт. піч	Ковші шлаковози
		4	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до електродугове печі	Електродугов а піч	Мульди, ковші
		5	Горіння електричної дуги, завантаження флюс., рафінування сталі	Електродугов а піч	Завальні машини
		6	Безперервне розливання	Установка безперерв. лиття	-
Етап 2. Отримання заготовки					
2.1	Отримання штамповки	1	Розрізання прокату на мірні заготовки	Фрезерний верстат	Дискова фреза

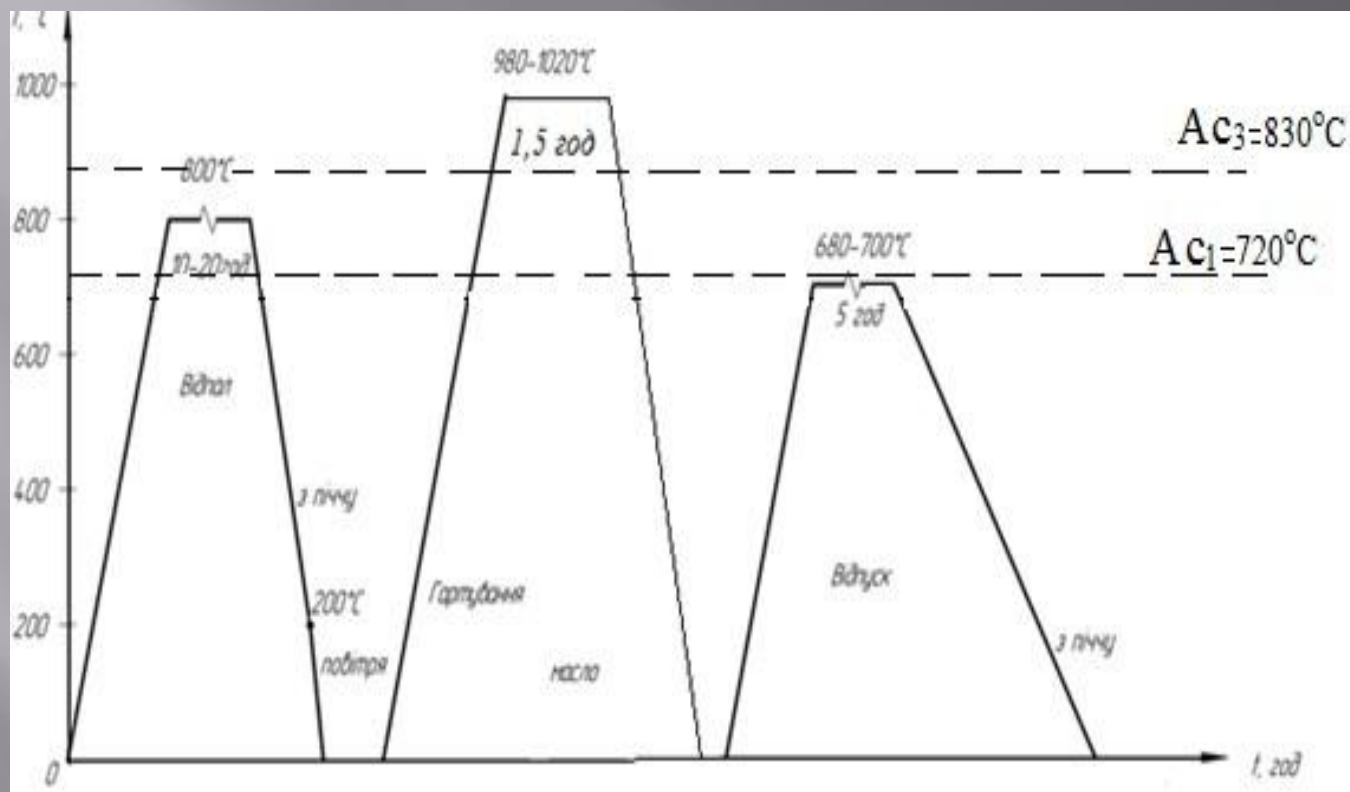
2.1	Отримання штамповки	1	Розрізання прокату на мірні заготовки	Фрезерний верстат	Дискова фреза
		2	Осадження заготовки до потрібного діаметру	Молот пароповітряний	Рівні бойки
		3	Нагрівання заготовки під гарячу обробку тиском	Термічна дільниця	Камерна піч
		5	Прошивання штамповки	Молот паро повіт.	Прошивень
2.2	Контроль	1	Контроль розмірів і шорсткості поверхні	Дільниця контролю	Штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75
Етап 3. Попередня термічна обробка заготовки					
3.1	Попередня термічна обробка	1	Нормалізація	Термічна дільниця	Коамерна піч
3.2	Контроль	1	Вимірювання твердості	Дільниця контролю	Твердомір ТШ-2, індентор

Етап 4. Чорнова механічна обробка

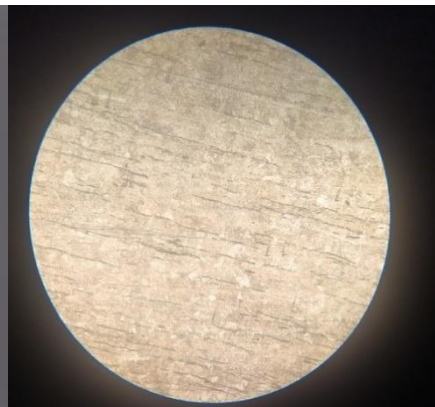
4.1	Вхідний контроль якості	1	Ультразвукова дефектоскопія	Ультразвуковий дефектоскоп	-
4.2	Чорнова токарна обробка	1	Чорнове точіння торців деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		2	Чорнове точіння циліндричних поверхонь деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		3	Чорнове розточування отвору	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
4.3	Свердління	1	Висвердлювання отворів	Вертикально-свердли-льний станок	Набір свердл та втулок
		2	Розсвердлювання отворів	Вертикально-свердли-льний станок	Набір свердл та втулок
4.4	Чистова токарна обробка	1	Чистове точіння торців деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
		2	Чистове точіння циліндричних поверхонь деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців

1	2	3	4	5	6
Етап 5. Остаточна термічна обробка					
5.1	Зміцнююча ТО	1	Гартування	Термічна дільниця	Шахтна гартувальна піч
		2	Високотемпературний відпуск	Термічна дільниця	Шахтна ел. піч для відпуску
5.2	Контроль	1	Вимірювання твердості, аналіз мікроструктури після термічної обробки	Дільниця контролю	Твердомір ТК-2, індентор, метал. мікроскоп
Етап 6. Чистова механічна обробка					
6.1	Шліфування	1	Шліфування поверхні деталі для надання деталі необхідної шорсткості	Кругло-шліфувальний стан	Круг шліфувальний
Етап 7. Вихідний контроль					
7.1.	Вихідний контроль	1	Контроль геометричних розмірів	Дільниця контролю	Штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2 ГОСТ 166-89, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75, скоба, фаскомір
		2	Контроль властивостей (твердість), ультразвукова дефектоскопія	Дільниця контролю	Твердомір, дефектоскоп

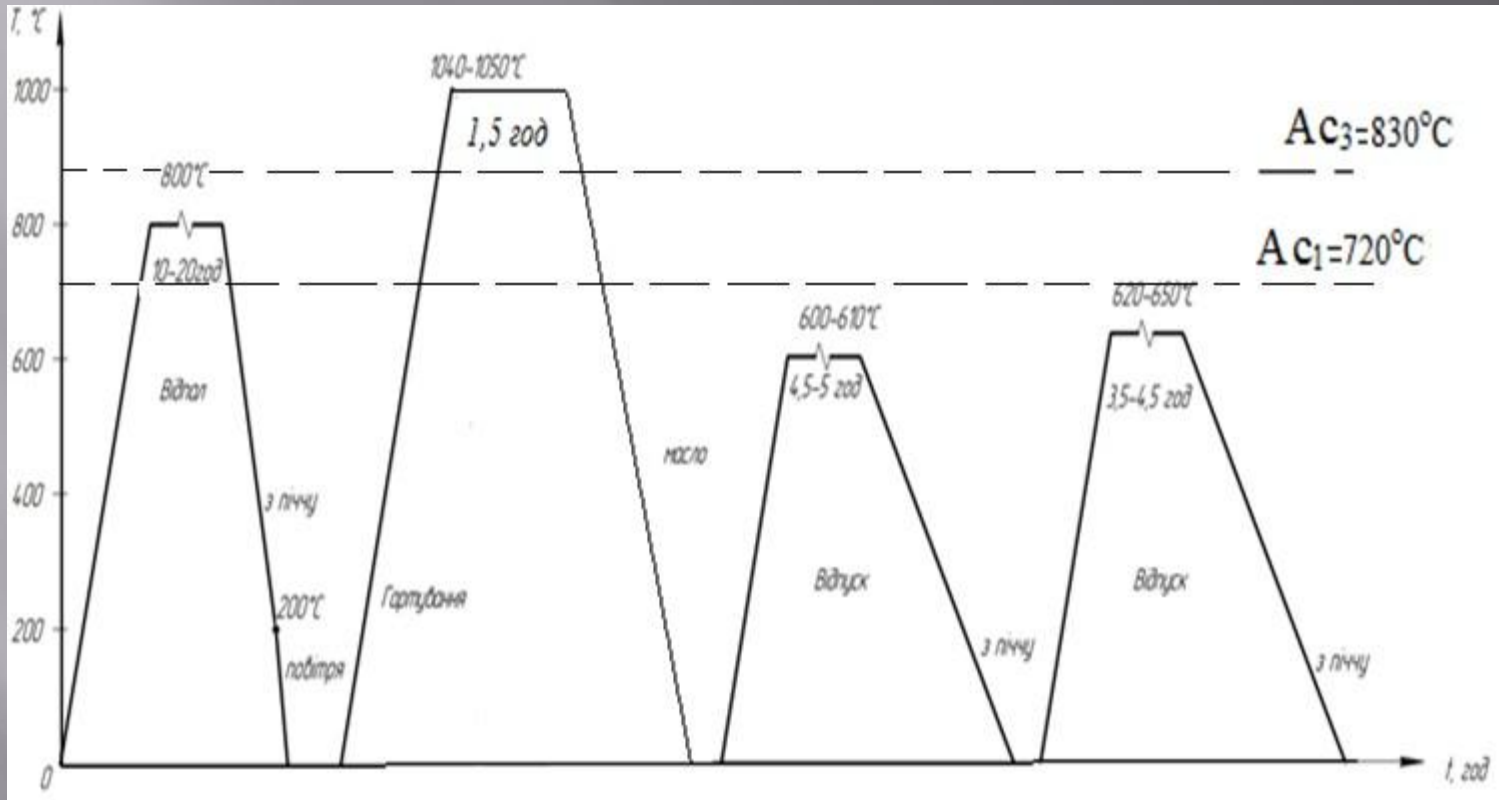
Термічна обробка вала за режимом №1



▣ Твердість - 262НВ



Термічна обробка вала за режимом №2

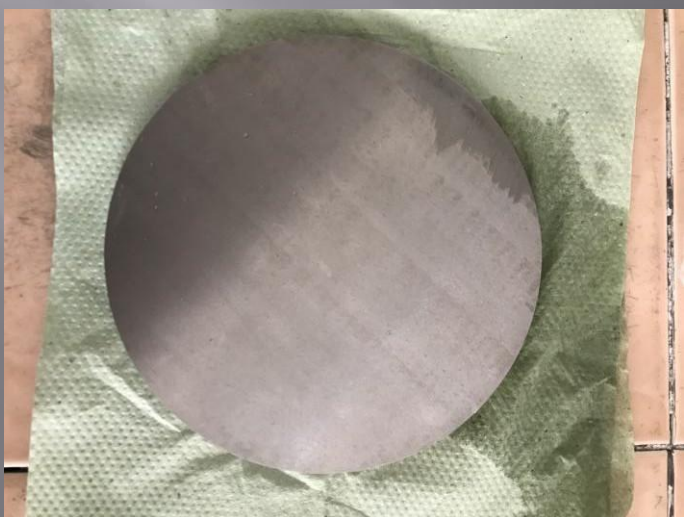


Твердість - 248НВ



Макроструктурний аналіз

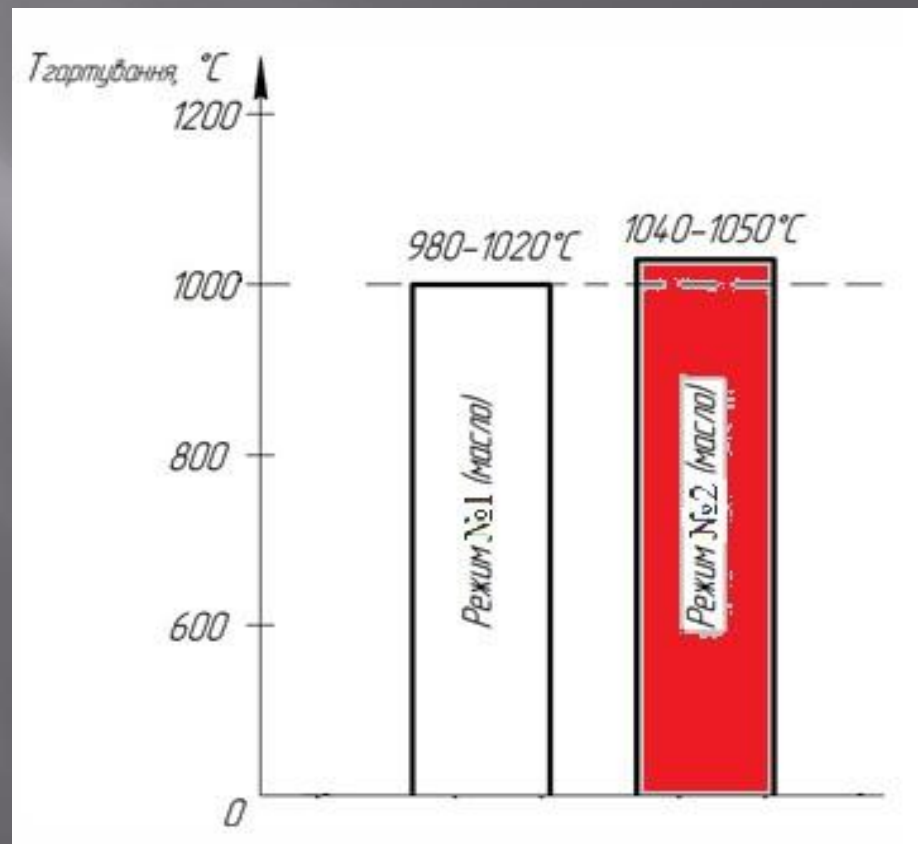
ГОСТ 10243-75



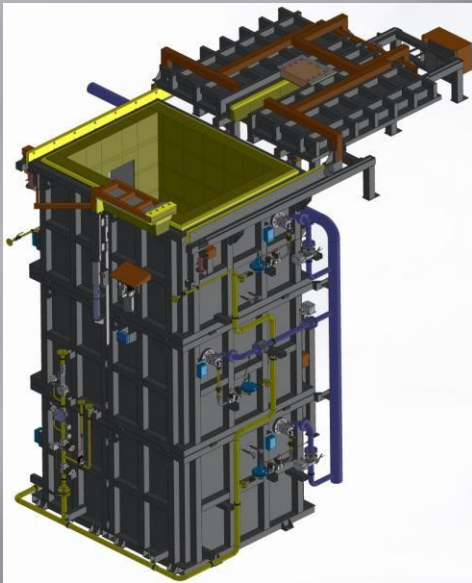
Назва дефекту	Оцінка
Центральна пористість	0
Точкова неоднорідність	0,5-1
Загальна п'ятниста ліквіація	0,5-1
Крайова плямова ліквіація	0
Ліквіаційний квадрат	0
Підусадкова ліквіація	0
Підкоркові бульбашки	0
Міжкристалічні тріщини	0
Пошарова кристалізація	0
Світла смужка	0,5-1

Випробування на стійкість до МКК

(ГОСТ 6032-84 метод АМУ)



Обладнання для проведення термічної обробки



Піч ПГТ 20.10.50/11Ш

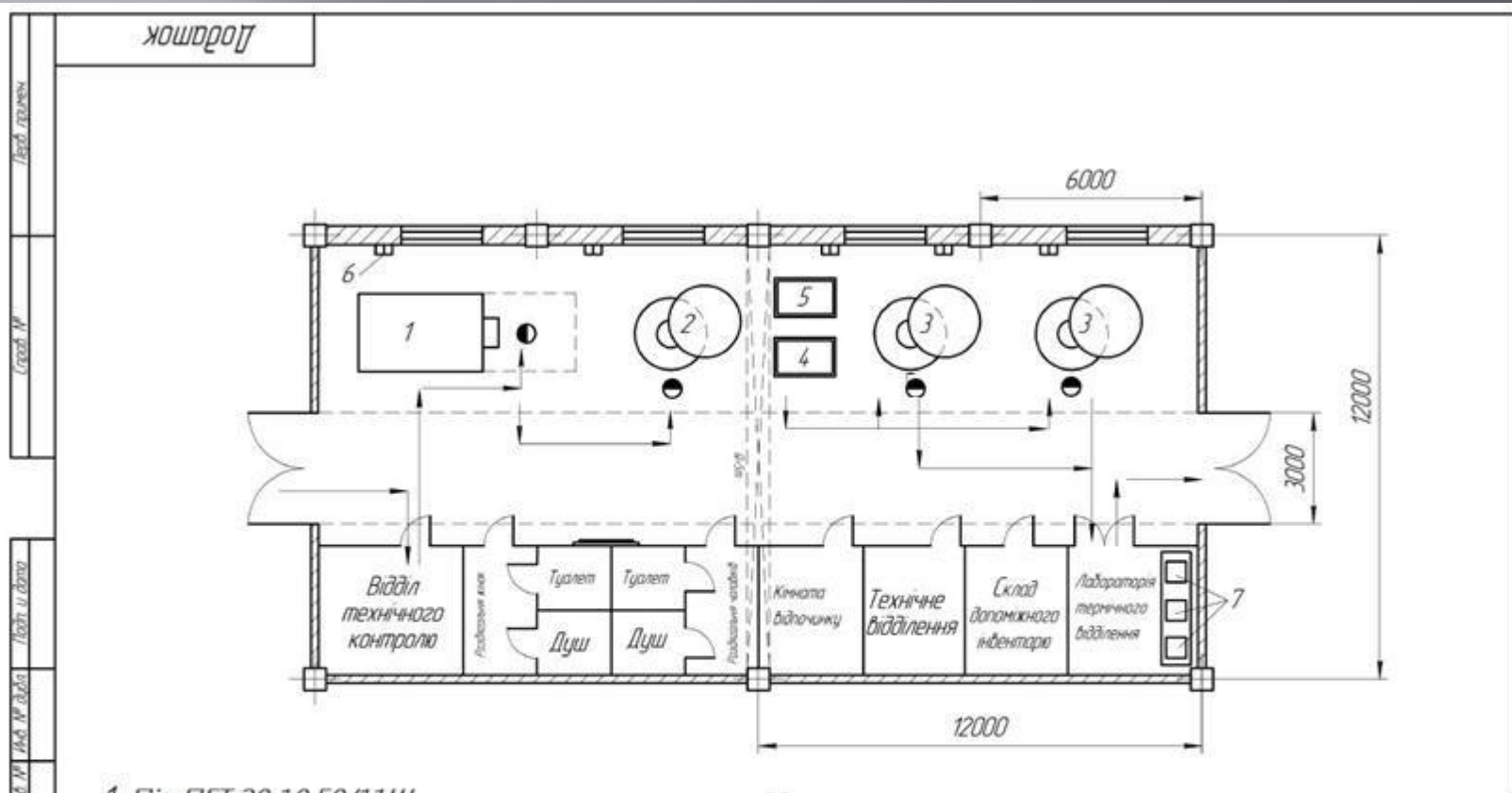


Піч ПШЗ 12.40/12



Піч ПШО 0.40/7(И1)

Проектування термічної дільниці



1. Піч ПГТ 20.10.50/11Ш
2. Піч ПШЗ 12.40/12
3. ПШО 10.40/7(М1)
4. Гаттувальний дак ВШМ 7.15/0,6;
5. Мийна машина ВШП 7.15/0,9;
6. Щит управління та трансформатор;
7. Твердоміри типу ТК та ТШ.

				Додаток		
Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Проект	Руденко П.В.					1:100
Технічний						
Інженер						
Лист		Листов				1
				СумДУ		

Копіював

Формат А3

Висновки

- У роботі міститься обґрунтована сучасна та прогресивна технологія отримання деталі «вал насосу»:
- Проаналізовано основні положення, принципи роботи, переваги та недоліки атомної енергетики. Розглянуто деталь «вал насоса», як основна відповідальна деталь головного циркуляційного насоса ГЦН-317. Встановлено що вал насоса працює при знакозмінних навантаженнях, в умовах високих навантажень та агресивному середовищі. Основними причинами виходу з ладу є механічний знос, циклічна втома, корозія, кавітаційний знос та міжкристалічна корозія. Вимоги, що висуваються до готового виробу: межа плинності ≥ 540 МПа, відносне видовження ≥ 8 %, відносне звуження ≥ 25 %, ударна в'язкість ≥ 20 %, твердість 228-293НВ.
- Проведений критичний аналіз літературних джерел. Проаналізовані основні методи вдосконалення характеристик та властивостей сталі 14X17H2 з точки зору легування та термічної обробки. Крім того було досліджено матеріали, що використовуються для виготовлення деталі.
- Рекомендовано сталь 14X17H2 використовувати як матеріал деталі «вал насосу». Встановлено, що сталь 14X17H2 відноситься до феритно-мартенситного структурного класу. Кількість фериту в структурі становить 9,75%.
- Технологія виготовлення деталі «вал насосу» включає в себе такі послідовні етапи: отримання чавуну з руд; виплавка сталі; виготовлення валу; попередня термічна обробка валу (відпал); механічна обробка, остаточна термічна обробка (гартування та відпуск).
- Порівняльний аналіз характеристик та властивостей сталі 14X17H2 після двох режимів термічної обробки дозволив рекомендувати одну із них для впровадження у виробництво. Запропоновані два режими термічної обробки, загальні операції яких є відпал, гартування, відпуск. Режими відрізняються один від одного температурою нагріву під гартування та кількістю відпусків (з режимом 1 – один відпуск, за режимом 2 – двократний відпуск). За режимом 1 температура під гартування становить 980 – 1020 °С, а температура відпуску 680 – 700°С. За режимом 2 гартування 1040-1050°С, перший відпуск 600-610°С, другий відпуск 620-650°С.
- Металографічним аналізом встановлено, що кінцева структура сталі 14X17H2 представляє собою сорбіт відпуску. Встановлено наявність чотирьох видів дефектів. Максимальний бал, характерний для центральної пористості і становить 1,5 бали, що є допустимим для виробів відповідального значення.
- Твердість сталі 14X17H2 після термічної обробки №1 і №2 становить 262НВ і 248НВ, що задовольняє основні вимоги до валу.
- Випробування сталі на стійкість до МКК показали, що зразки оброблені за режимом 1 не стійкі до МКК на відмінну від зразків оброблених за режимом 2.
- Таким чином рекомендована термічна обробка валу зі сталі 14X17H2: відпал 800 °С (охолодження з піччю), гартування 1040-1060 °С, подвійний відпуск: 1 – 600-610°С, 2 – 620-640 °С (охолодження в воді).
- 6.Було обрано основне термічне обладнання та розрахована його необхідна кількість. Спроектована термічна

Дякую за увагу!

