

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
МР.ПМКм-139.00.00.000.ПЗ

Група ПМКм-20-1

Здерко Олег

Романович

2021

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки

Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Здерко Олег Романович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.92: 621.793
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Удосконалення технології хромунання у проточному електроліті циліндричних деталей
(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

О.Р. Здерко

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Роп'як Любомир Ярославович, д-р техн. наук, проф. кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

Панчук В. Г.

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування
Освітній рівень магістр
Спеціальність 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
« ____ » _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Здерку Олегу Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології хромування у проточному електроліті циліндричних деталей
керівник роботи Роп'як Любомир Ярославович, д-р техн. наук, проф. кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затвержені наказом закладу вищої освіти від "26" березня 2021 року № 224/7
2. Строки подання студентом роботи 23 грудня 2021р.
3. Вихідні дані до роботи: методичні вказівки, паспорт насоса УНБ 600, кресленник штока, патенти, наукові та науково-технічні роботи; середовище програм SOLIDWORKS.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1 Аналіз причин зношування деталей насоса та сучасних технологій зміцнення деталей. Розділ 2 Розробка технологічного процесу хромування в проточному електроліті циліндричних деталей. Розділ 3 удосконалення технології зміцнення циліндричних деталей хромування в проточному електроліті. Висновки. Список використаних джерел. Додатки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Насос буровий УНБ-600 – 1 лист А1. 2. Використання хромових покриттів та схема процесу хромування – 1 лист А1. 3. Розробка 3D-моделі електрохімічної комірки – 1 лист А1. 4. Результати комп'ютерного моделювання процесу електрохімічного хромування у проточному електроліті деталей – 1 лист А1. 5. Операції технологічного процесу електрохімічного хромування у проточному електроліті деталей – 1 лист А1. 6. Швидкість осадження хрому в проточному електроліті – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	<u>Роп'як Любомир Ярославович, д-р техн. наук, проф. кафедри КМВ</u>		
2	<u>Роп'як Любомир Ярославович, д-р техн. наук, проф. кафедри КМВ</u>		
3	<u>Роп'як Любомир Ярославович, д-р техн. наук, проф. кафедри КМВ</u>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Літературний та патентний пошук	01.04.2021	
2	Загальна характеристика	01.06.2021	
3	Конструкторська частина	05.08.2021	
4	Проектна частина	01.10.2021	
5	Дослідницька частина	24.11.2021	
6	Захист магістерської роботи	28.12.2021	

Студент _____ Здерко О.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Роп'як Л.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ ___ ” _____ 2021_р.

Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота на тему: Удосконалення технології хромування у проточному електроліті циліндричних деталей. Дана робота викладена на 57 аркушах. До неї входять 27 рисунків, 1 додаток. Було опрацьовано 36 бібліографічних джерел.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси зміцнення циліндричних сталевих деталей.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технологічних параметрів процесу електрохімічного хромування в проточному електроліті на експлуатаційні показники штоків бурових поршневих насосів

Мета роботи – розробка технологічного забезпечення для підвищення зносостійкості штоків бурових поршневих насосів електрохімічним хромуванням у проточному електроліті.

Основним завданням роботи є проведення літературного огляду, вибір способу зміцнення хромування та розроблення заходів для удосконалення технологічного процесу хромування циліндричних деталей.

Відповідно до завдання у роботі проведено аналіз причин зношування причин штоків бурових поршневих насосів, технологій зміцнення. Розроблено 3D-модель електрохімічної комірки для хромування циліндричних деталей в проточному електроліті. Проведено моделювання руху електроліту у електрохімічній комірці та обгрунтовано технологічні режими хромування. Розроблено технологічний процес зміцнення штока поршневого насоса. Досліджено процес алмазного шліфування хромового покриття та проведено його випробовування на зношування.

Ключові слова: електрохімічне хромування, електрохімічна комірка, технологічний процес, 3D-моделювання, алмазне шліфування, зношування.

Студент Здерко О.Р.

Summary

Master's thesis on the topic: Improvement of chrome plating technology in the flowing electrolyte of cylindrical parts. This work is presented on 57 sheets. It includes 27 drawings, 1 appendix. 36 bibliographic sources were processed.

Object of research – technological processes of strengthening of cylindrical steel details.

Subject of research – the relationship of technological parameters of the process of electrochemical chrome plating in the flowing electrolyte on the performance of the rods of drilling piston pumps

The purpose of the work is to develop technological support to increase the wear resistance of the piston pump rods by electrochemical chromium plating in a flowing electrolyte.

The main task of the work is to conduct a literature review, choose a way to strengthen chrome plating and develop measures to improve the technological process of chrome plating of cylindrical parts.

According to the task, the work the analysis of the reasons of wear of the reasons of rods of drilling piston pumps, technologies of hardening carried out. A 3D model of an electrochemical cell for chrome plating of cylindrical parts in a flowing electrolyte has been developed. Modeling of electrolyte motion in an electrochemical cell is carried out and technological modes of chromium plating are substantiated. The technological process of strengthening the piston pump rod has been developed. The process of diamond grinding of chrome coating was studied and its wear test was carried out.

Keywords: electrochemical chrome plating, electrochemical cell, technological process, 3D modeling, diamond grinding, wear.

Student Zderko O.R.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ НАСОСА ТА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ	6
1.1 Аналіз причин зношування деталей насоса	6
1.2 Стан та перспективи отримання зміцнених шарів та покриттів	8
1.3 Класифікація методів хромування деталей	12
Висновки до розділу 1 та постановка задачі досліджень	16
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ В ПРОТОЧНОМУ ЕЛЕКТРОЛІТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ	17
2.1 Технологія хромування у проточному електроліті	17
2.2 Інтенсифікація процесу хромування при відновлення та виготовлення деталей машин	22
Висновки до розділу 2	31
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ХРОМУВАННЯ В ПРОТОЧНОМУ ЕЛЕКТРОЛІТІ	32
3.1 Розробка 3D-моделі електрохімічної комірки для хромування циліндричних деталей хромування в проточному електроліті	32
3.2 Комп'ютерне моделювання потоку електроліту в електрохімічній комірці для хромування циліндричних деталей	35
3.3 Розробка технологічного процесу хромування в проточному електроліті	38
3.4 Механічна обробка алмазним шліфуванням хромових покриттів	44
3.5 Випробовування на зношування електрохімічних хромових покриттів, нанесених у проточному електроліті	45

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Здерко О.Р.			<i>Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Роп'як Л.Я.					2	55
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм-20-1		
Н. Контр.		Роп'як Л.Я.						
Затверд.		Панчук В.Г.						

Висновки до розділу 3	45
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47
ДОДАТКИ	51

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Хромування є одним із найпоширеніших видів гальванічних покриттів. Хромування виробів застосовується як захисту від корозії, зносу, налипання поверхню контактуючих матеріалів, так декоративної обробки поверхні виробів.

Залежно від технології та режимів нанесення, хромові покриття досягають мікротвердості до 950 – 1100 HV. Хромові покриття мають високий коефіцієнт відображення і поступаються лише сріблу, тому декоративне хромування користується великою популярністю практично у всіх галузях промисловості.

Незважаючи на високу хімічну стійкість хромових покриттів, вони мають високу пористість і без підшару (додаткового безпористого шару з іншого металу, як правило - нікелю) не забезпечують надійної захисту металу основи від корозії, тому що в гальванопарі залізо - хром залізо є анодом. Це часто спостерігається при корозії декоративних деталей автомобілів і мотоциклів - покриття відшаровується зсередини, це відбувається через руйнування металу під покриттям. З цієї причини в тих випадках, коли разом із підвищеною зносостійкістю виріб повинен мати також і захист від корозії, хромові покриття беруть в облогу попередньо нанесені шари міді товщиною 10-30 мкм і нікелю 10-15 мкм. Хром, незважаючи на малу товщину шару, значно підвищує корозійну стійкість і надає поверхні виробів гарного блискучого зовнішнього вигляду. Висока твердість та зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, висока жаростійкість та хороша хімічна стійкість забезпечують деталям, покритим хромом, високий ресурс у будь-яких умовах експлуатації.

Антикорозійна обробка поверхонь деталей дає змогу поєднувати властивості металів, із яких виготовлена деталь, із поверхневими властивостями іншого металу. Хромування в проточному електроліті дає змогу підвищити антикорозійні властивості поверхонь деталей, що працюють в агресивних середовищах, проте шестивалентний хром, що використовується для цього, є токсичним і небезпечним як для людини, так і для навколишнього середовища. В зв'язку із чим, прийнята у 2003 році директива ЄС про обмеження використання деяких шкідливих речовин в електричному та електронному обладнанні («Restriction of

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Hazardous Substance –RoHS) спонукала до розроблення і провадження нових технологій. Зокрема, мова йде про заміну шестивалентного хрому тривалентним. Основним напрямком зміни технології електроосадження хромових покриттів, що передбачала застосування шестивалентного хрому на тривалентний, є використання певних сполук [1], [2] і заміна їх на сплави або композиційні покриття на основі хрому із набором властивостей, подібних до хромових покриттів [3], [4].

Об'єкт дослідження – технологічні процеси зміцнення циліндричних сталевих деталей.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технологічних параметрів процесу електрохімічного хромування в проточному електроліті на експлуатаційні показники штоків бурових поршневіх насосів

Мета роботи – розробка технологічного забезпечення для підвищення зносостійкості штоків бурових поршневіх насосів електрохімічним хромуванням у проточному електроліті.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз причин зношування штоків насоса.
2. Обґрунтувати вибір зміцнення покриттями.
3. Розробити 3D-модель електрохімічної комірки для хромування деталей в проточному електроліті.
4. Розробити технологічний процес хромування у проточному електроліті штоків насоса.
5. Дослідити процес алмазного шліфування хромового покриття.
6. Провести випробовування на зношування хромових покриттів.

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ НАСОСА ТА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

1.1 Аналіз причин зношування деталей насоса.

В склад бурової установки входять два поршневі насоси (рис. 1, а) (один робочий, інший резервний). Насос неперервно поде під тиском промивальну рідину через колону бурильних труб у свердловину. Промивальна рідина забезпечує очищення вибою від частинок гірської породи та винесення її на поверхню, охолодження долота.

Повною мірою очистити промивну рідину від частинок гірської породи складно. Абразивні частинки цієї породи, високий тиск нагнітання, агресивність компонентів промивної рідини спричиняють інтенсивне корозійно-механічне зношування штоків (рис. 1, б). Тому їх необхідно часто замінювати новими. В зв'язку з цим розроблення технологічних методів зміцнення для підвищення ресурсу роботи штоків бурових поршневих насосів є актуальним і має важливе наукове та практичне значення.

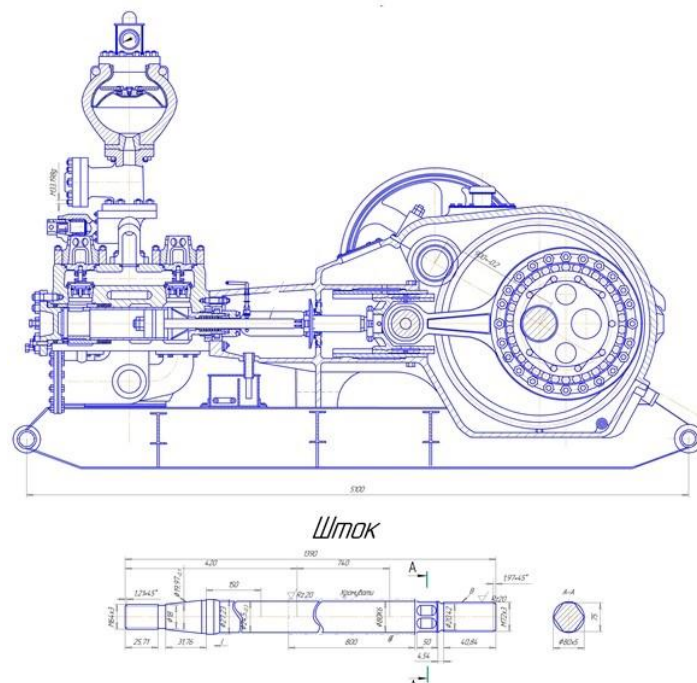


Рисунок 1.1 – Схема бурового насоса УНБ-600 (а) та його штока (б)

					МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

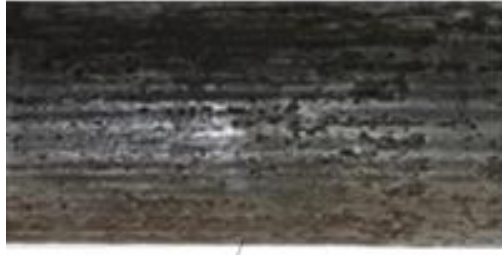


Рисунок 1.2 – Корозійно-механічне зношування штока

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Стан та перспективи отримання зміцнених шарів та покриттів

У процесі експлуатації у багатьох деталях зношується лише тонкий шар, що знаходиться в зоні контакту при терті, що зумовлює вихід виробу з ладу. У таких випадках для збільшення довговічності вигідно зміцнення поверхні методами ХТО, які забезпечують зміну хімічного складу, а також значно покращують механічні властивості [5].

При ХТО, що проводиться з метою підвищення експлуатаційних характеристик виробів, змінюються хімічний склад, структура та властивості поверхневих шарів. Такі зміни є наслідком трьох основних процесів, що протікають при нагріванні та ізотермічній витримці оброблюваних матеріалів штучно створюваних середовищах [6–9] утворення у насичуючому середовищі атомів, які забезпечують легування поверхневого шару оброблюваних матеріалів; хімічної адсорбції активних атомів та поглинання їх частиною поверхні оброблюваного матеріалу; дифузії адсорбованих атомів углиб оброблюваного матеріалу із встановленням хімічних зв'язків з атомами металу Швидкість протікання першого процесу залежить від агрегатного стану та складу насичувального середовища, характеру взаємодії окремих складових середовища між собою та з поверхнею оброблюваного матеріалу. Другий процес здійснюється внаслідок прагнення системи до зниження поверхневої енергії, різниці в хімічних потенціалах, що насичують елементи, і може бути описаний реакціями відновлення молекулярних сполук, що містять насичуючі елементи з атомами матеріалу оброблюваної поверхні.

Здебільшого цей процес визначається змочуванням, твердофазною взаємодією, адсорбцією з парової та газової фаз і т.д. Ефективність перебігу третього процесу суттєво залежить від температури і природи елементів, що дифундують.

Основні методи насичення, що застосовуються при ХТО, наведено нижче [10]:

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Насичення із порошкових сумішей (порошковий метод). Цей метод завдяки простоті технологічного процесу знайшов застосування в дрібносерійному та серійному виробництві для цементації, алітування, хромування та ін.

2. Прямоточний та циркуляційний методи дифузійного насичення із газових середовищ. Прямоточний газовий метод дозволяє регулювати активність насичуючої атмосфери (потенціал атмосфери), широко застосовується у великосерійному та серійному виробництві цементації, нітроцементації та азотування. Газовий метод забезпечує високу якість дифузійного шару та поверхні оброблюваного виробу.

3. Дифузійне насичення із розплаву металів або солей, містять дифузійний елемент (з електролізом і без застосування електролізу). Рідкий метод дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу, проте не завжди забезпечує високу якість поверхні та стабільність товщини дифузійного шару.

4. Насичення з паст та суспензій (шлікерний спосіб). Ці методи не знайшли широкого поширення, тому що не завжди забезпечують отримання рівномірної товщини покриття та високої якості дифузійного шару. Однак насичення з паст може бути рекомендовано для місцевого зміцнення поверхні та при обробці великогабаритних деталей.

5. Дифузійне насичення з використанням вакууму. Насичення здійснюється з сублімованої фази випаровуванням дифузійного елемента за високих температур у вакуумі. Оброблювані вироби можуть знаходитися в контейнері з порошковою сумішшю, що містить дифузійний елемент або розташовуватися на відстані від неї.

Вибір того чи іншого способу насичення здійснюється в відповідно до виду виробництва, габариту оброблюваного виробу, необхідною товщиною і т.д.

Згідно [5] аналіз проблем ХТО дозволив сформулювати такі висновки:

1. Основна маса робіт присвячена інтенсифікації лише дифузійних процесів. Кількісним критерієм такої Інтенсифікації, як правило, є товщиною дифузійного шару. Такий методичний підхід, не є завжди виправданий.

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2. Недостатня увага приділяється розробці нових методів ХТО. У цій галузі існує низка невирішених наукових проблем.

3. Температурна інтенсифікація ХТО є найбільш універсальною. Однак підвищення температури ХТО у традиційних насичувальних середовищах викликає ряд негативних явищ: перегрів, перепал, оплавлення поверхні, спікання та налипання на поверхню частинок насичувальної суміші. Тому необхідні подальші дослідження з розробки додаткових заходів для усунення зазначених недоліків.

Одним із шляхів отримання комплексу властивостей поверхні деталей, експлуатуються в складних умовах, є застосування дифузійного насичення одним або декількома елементами. Шари, утворені декількома елементами, прийнято називати комплексними [11].

Джерелами для отримання комплексних дифузійних шарів служить різні сплави (феросплави), чисті метали, хімічні з'єднання. Комплексні дифузійні шари дозволяють підвищити надійність і довговічність деталей, покращити робочі параметри машин та збільшити ресурс дорогих деталей. Заміна дорогих легованих сталей сталями зі спеціально розробленими дифузійними шарами дає значну економію.

Розроблена класифікація можливих поєднань дифузантів [12], що дозволяє прогнозувати результати насичення. Всі поєднання насичуючих елементів при двоелементному насиченні за характером взаємодії дифузантів з насиченим металом можна поділити на три види:

1. Обидва насичувальні елементи утворюють з оброблюваним металом з'єднання, причому в псевдобінарній системі, утвореній цими з'єднаннями, має місце необмежена взаємна розчинність. В результаті насичення утворюється однофазний дифузійний шар з плавним розподілом дифузантів за глибиною.

2. Обидва насичувальні елементи утворюють з оброблюваним металом з'єднання, між цими з'єднаннями має місце обмежена взаємна розчинність. Утворюється двофазний дифузійний шар: ближче до насичуваному металу

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

розташовується з'єднання того дифузанта, який має більшу дифузійну рухливість. Розподіл швидко дифузного дифузанта має екстремальний характер.

3. Обидва насичувальні елементи можуть утворювати з'єднання з насичуваним металом, але взаємною розчинністю ці сполуки не мають. Дифузійний однофазний шар складається зі з'єднання металу, що обробляється, з дифузантом, у якого до нього вище хімічна спорідненість. Другий елемент у насичений метал не проникає і з'єднання не утворює.

У роботі [13] встановлено, що при одночасному насиченні виробів можливі наступні варіації розподілу дифузантів у формованому шарі:

- концентрація одного з дифузантів у шарі може бути незначною порівняно з однокомпонентним насиченням;
- вміст дифузантів у поверхневому шарі досягає значної величини;
- зі збільшенням тривалості процесу насичення можливо збільшення концентрації одного з елементів у поверхневій зоні та зменшення концентрації іншого елемента.

Вибір насичувальних елементів при багатоконпонентному насиченні визначається необхідними властивостями шару. Якщо потрібно отримати високу стійкість - механічну або механічну та хімічну одночасно, воліють шар, утворений з'єднанням металопоподібного.

Металопоподібні з'єднання перехідні метали утворюють з неметалами С, В, N та ін. Металопоподібні фази забезпечують найбільш високі експлуатаційні властивості дифузійних шарів. Висока міцність міжатомного зв'язку в таких сполуках зумовлює малу дифузійну рухливість компонентів, тобто. швидкість зростання дифузійних шарів низька [14]. Найбільш поширеними у машинобудуванні можна вважати наступні види дифузійного насичення:

- Цементация – дифузійне насичення стали вуглецем [6, 15, 16]. Великий недолік цементации - значне спотворення геометричних розмірів деталі після загартування.

- Азотування. При азотуванні підвищуються твердість, міцність, зносостійкість. У ряді випадків вдається підвищити хімічну стійкість при

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

підвищених температурах, а при наскрізному насиченні можна підвищити та жароміцність.

- Нітроцементация – дифузійне насичення сталі та сплавів одночасно азотом та вуглецем [17].

- Перспективними методами зміцнення сталевих виробів є алітування, борування, хромування, титанування, ванадування та суміщені процеси: борохромування, бороалітування, хромоалітування і т. д. [18].

1.3 Класифікація методів хромування деталей

Одним із способів надання сплавам спеціальних властивостей є дифузійне хромування – процес поверхневого насичення металів і сплавів хромом у твердому стані за високої температури. Метод дифузійного хромування в порошках полягає в тому, що вироби поміщають у контейнер, засипають подрібненим хромом або ферохромом, нагрівають та витримують певний час. Масообмін при цьому способі здійснюється як за рахунок безпосереднього контакту хрому з виробом, так і за рахунок випаровування хрому та осідання його на поверхні виробу. Недоліки методу: мала продуктивність, висока трудомісткість приготування суміші, окиснення порошку. До переваг можна віднести простоту обладнання та технології.

Г.М. Дубінін [8] дав класифікацію основних методів дифузійного хромування.

- Газовий метод дифузійного хромування. Газове хромування може здійснюватися контактним та неконтактним способами. Найчастіше для газового хромування застосовують хлористі сполуки хрому хлориди; хлористий хром (CrCl_2) та хлоридний хром (CrCl_3), а також з'єднання CrF_2 , CrJ_2 , CrBr_2 .

При контактному способі оброблюваний виріб поміщають у контейнер, заповнений порошкоподібною сумішшю, здатний при нагріванні генерувати газоподібні сполуки хрому.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

При неконтактному способі газового хромування металізатор знаходиться у вигляді газоподібних сполук хрому. Газове середовище подається в спеціальний контейнер з хромованими виробами. Металізуючий газ отримують пропусканням над хромом або ферохром одного з газів (HCl, HJ, HBr, HF) при високій температурі в спеціальній камері або безпосередньої близькості від виробу. Таким чином, вироби не контактують із джерелом, що генерує галогеніди хрому. На цьому принципі засновані кілька способів газового хромування: контактний електронагрів та ТВЧ, електроіскровий розряд, ультразвук, активні газові середовища.

При рідинному методі хромування виробу поміщають у ванну з розплавленими солями (BaCl₂, MgCl₂, CaCl₂). У розплав вводиться 10-20% CrCl₂ над дзеркалом ванни пропускають водень. В результаті реакції у ванні утворюється хлорид хрому CrCl₃. До недоліків можна віднести швидке накопичення у ванні продуктів реакції, що знижує її активність, а також відносно низьку стійкість тиглів та складність обробки великогабаритних виробів.

Хромування під час нагрівання струмами високої частоти. Загальний нестача більшості процесів ХТО – їхня велика тривалість (від 5 до 100 год.). Одним із способів значного скорочення тривалості хромування є застосування для нагрівання СВЧ. Процес дифузії активізується завдяки іонізації газів і парів металу та прискорення процесів, що протікають на поверхні хромованих виробів, а також за рахунок утворення при швидкому нагріванні дрібнозернистого та дрібноблокового аустеніту з розвиненою сіткою полегшених шляхів дифузії та з великою щільністю дислокацій.

Хромування в обмазуванні проводять у закритих муфелях. Попередньо на вироби наносять хромовмісну обмазку, що складається з 75% хрому у вигляді порошку, 25% кріоліту, що виконує роль флюсу, для зв'язування використовують етилсилікат. Кріоліт і сполучна створюють навколо хромованої поверхні безокислювальну атмосферу. Для нагрівання можна застосовувати СВЧ або прямий електронагрів. Перевага такого способу хромування – велика

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

продуктивність, особливо для деталей простий форми та невеликих розмірів. Метод не потребує складних установок, створення герметичних муфелів тощо.

На процес хромування впливає ряд факторів, а саме: час витримки, хімічний склад сталі, суміш суміші.

Підвищення температури призводить до збільшення глибини хромованого шару. Найбільш сприятливою є температура 1050 ° С. Подовження витримки також збільшує глибину хромованого шару. Крупність розмелювання ферохрому впливає на одержувані результати; треба вважати, що якщо розміри зерна менші, процес дифузії йде швидше.

Дифузійне хромування може бути застосоване для різних деталей, що працюють на зношування при високих температурах.

Хромування сталі з вмістом вуглецю більше 0,4% в результаті чого утворюється тонкий твердий карбідний шар глибиною 0,01-0,03 мм, застосовують для підвищення її поверхневої твердості та зносостійкості. У контейнері з оброблюваними деталями та хромуючою сумішшю протікають різні реакції, основні з яких наведені нижче:

Хлористий водень, що утворюється під час розкладання хлористого амонію:



вступає при високій температурі у взаємодію з хромом по реакції



Далі при контакті газоподібного хлориду хрому з поверхнею нагрітої сталі відбуваються обмінні реакції між хлоридами хрому та залізом:



При надлишку водню може бути реакція витіснення хрому



У хромуючій суміші слід застосовувати низьковуглецевий ферохром (не більше 1% С). Ферохром або хром розмелюються в кульових млинах до отримання зерен завбільшки менше 0,15–0,35 мм. Порошок ферохром або хром може бути повторно використаний 4-5 разів.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для підвищення герметичності використовують контейнери з плавким затвором. Недостатня герметизація контейнерів прискорює виснаження суміші, що послаблює процес насичення, погіршує стабільність результатів хромування і може спричинити спікання суміші.

Найчастіше процес хромування здійснюється за температурах 1000–1020 °С та витримках 6–12 год у високовуглецевих сталях утворюється карбідний шар глибиною 0,01-0,03 мм.

При способі хромування під назвою ONERA-процес [13–14] замість хлористого амонію в порошкоподібні суміші вводять галогенідні солі амонію (NH₄J, NH₄F, NH₄Br). Ці сполуки застосовують при хромуванні як звичайним методом у контейнерах, так і в контейнерах з рудними чи силікатними затворами. Оброблювані деталі знаходяться в середньої частини контейнера, а суміш хрому, окису алюмінію та галогенідних солей амонію – на дні контейнера. Над деталями поблизу кришки контейнера поміщають на сітці шматки ферохрому. У контейнер невеликими порціями безперервно подається водень.

За способом хромування під назвою DAL-процес хромуюча суміш містить йодистий амоній [15]. Хромування порошкоподібної суміші з нагріванням ТВЧ. При застосування цього способу тривалість процесу скорочується до 10-15 хвилин [16].

При хромуванні у вакуумі деталі засипаються порошком хрому металевому або керамічному тиглі та поміщаються у вакуумну камеру [16]. Хромування проводиться при розрідженні 10⁻²-10⁻³ мм. рт. ст.

При хромуванні рекомендується отримувати:

1) на деталях, що працюють у середовищах, що викликають сильну корозію при високих температурах, шар зі структурою α-твердого розчину глибиною 0,10-0,15 мм;

2) на деталях, що працюють у середовищах, що викликають незначну корозію (наприклад, в атмосферних умовах), шар зі структурою твердого розчину, глибиною 0,06-0,08 мм;

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

3) на деталях, що працюють в умовах сильного зносу та корозії, карбідний шар глибиною 0,025-0,03 мм;

4) на деталях малого перерізу з гострими кутами, що працюють на зношування, карбідний шар глибиною 0,01-0,03 мм;

5) на деталях із чавуну карбідний шар глибиною 0,02–0,04 мм.

Поверхнева твердість сталі з карбідним шаром повинна бути більшою HV 1200. Для підвищення твердості серцевини стали та покращення її механічних властивостей хромовані деталі часто піддаються термічної обробки (нормалізації, загартування, відпустки). Поверхнева твердість по Віккерсу сталей У10 та У12, підданих після хромування загартуванні, не змінюється і дорівнює HV 1350 і більше, що відповідає твердості HRC 72 та більше.

Карбідний шар високовуглецевої сталі добре пов'язаний з серцевиною. Стиснення зразків сталі У12 на 5-10% не викликає «лущення» дифузійного шару, спостерігається лише його розтріскування. Хромована сталь із карбідним шаром відрізняється високою зносостійкістю.

Висновки до розділу 1 та постановка задачі досліджень

Мета роботи – розробка технологічного забезпечення для підвищення зносостійкості штоків бурових поршневих насосів електрохімічним хромуванням у проточному електроліті.

В межах цієї роботи зосереджено увагу на розробленні технології хромування циліндричних деталей в проточному електроліті для підвищення їх зносостійкості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Штоки бурових поршневих насосів працюють в складних умовах і мають низький ресурс роботи (240 годин).

2. Перспективним технологічним методом зміцнення є хромування у проточному електроліті.

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ В ПРОТОЧНОМУ ЕЛЕКТРОЛІТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

2.1 Технологія хромування у проточному електроліті

Якість одержуваних хромових покриттів залежить від співвідношення кількості хромового ангідриду та сірчаної кислоти. Величина його має бути 100:1. Зменшення відношення (50:1) призводить до погіршення розсіювальної та криючої здатності. Для забезпечення хорошої міцності зчеплення слід витримати деталі у ванні без струму для того, щоб вони прийняли температуру електроліту і в початковий момент хромування дати так званий поштовх струму на 0,5-1 хв, підвищивши щільність струму в 2-3 рази в порівнянні з робочою, а потім плавно знизити її до нормального значення.

Збільшення тривалентного хрому в електроліті призводить до погіршення якості покриття, які стають темними та крихкими. Домішки заліза впливають приблизно так, як і тривалентний хром. Дуже шкідливою домішкою є азотна кислота. При вмісті її в кількості 1 г/л необхідно значно підвищувати густину струму, а при збільшенні - нормальне проведення процесу хромування вже неможливо.

При хромуванні застосовують аноди із чистого свинцю або сплаву свинцю з 4-6% сурми. Останнім часом популярність набуває використання анодів із платинованого титану. Аноди виготовляють із стрижнів діаметром 10-15 мм або листів. Розчинні аноди застосовувати недоцільно, тому що хром розчиняється переважно у вигляді тривалентних іонів.

Відношення між поверхнею анодів та катодів має знаходитися в межах від 1:2 до 2:3. Свинцеві аноди в процесі роботи покриваються шаром хромоокислого свинцю, що утруднює роботу. Тому щодня рекомендується очищати їх залізними щітками. У перервах між роботою аноди виймають із ванни та занурюють у воду. Аноди з платинованого титану такого чищення не потребують.

Існує велика кількість добавкою в електроліти хромування, як стандартні, так і саморегулюючі, які значно підвищують здатність електроліту, що криє і розсіює.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

У основі добавок лежать неорганічні чи органічні компоненти, одні добавки підвищують швидкість осадження, інші – підвищують мікротвердість чи корозійну стійкість хромових покриттів. Універсальних добавок немає, тому доводиться підбирати технологію виходячи з вимог до кінцевої продукції та її умов експлуатації.

Надтверде хромування (ТХІ-Хром) використовуються з метою підвищення мікротвердості та зносостійкості ріжучого, деформуючого та формотворчого інструменту, а також вузлів, агрегатів і деталей машин, схильних до сильного абразивного зносу, тертя, налипання та нагару оброблюваного матеріалу, а також інших впливів.

Нанесення покриттів проводиться електрохімічним шляхом у гальванічних ваннах. Технологічний ланцюжок нанесення покриття може включати більше 10 ванн, що призводить до отримання високоякісних захисних покриттів.

Для отримання твердих блискучих покриттів застосовують наступний склад електроліту (г/л) та режим хромування:

Хромовий ангідрид - 150-250 г/л

Кислота сірчана - 1,5-2,5 г/л

Вихід за струмом = 12-13

Температура = 45-60 ° С

Щільність струму = 15-50 А/дм²

Для приготування стандартного електроліту хромування роздроблені шматки хромового ангідриду завантажують у ванну з водою, підігрітою до 60-80°C.

Розчинення хромового ангідриду ведуть при ретельному перемішуванні. Так як технічний хромовий ангідрид завжди містить кілька сірчаної кислоти, то перед введенням у ванну сірчаної кислоти необхідно провести аналіз на її вміст. Після проведення аналізу додають недостатню кількість сірчаної кислоти та проробляють електроліт під струмом.

Процес хромування протікає з сильним газовиділенням, при якому через бортові відсмоктування випаровуються дрібні краплі електроліту у вигляді туману.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Як заходи боротьби з випаровуванням електроліту застосовують поплавці з поліетилену, поліхлорвінілу або іншої хімічно стійкої речовини. Шар поплавків знижує втрати електроліту, тому що бульбашки газу затримуються і лопаються на поверхні поплавців. При цьому шар поплавців зменшує витрати енергії на підігрів електроліту, оберігаючи дзеркало електроліту від остигання.

Останнім часом для цієї мети застосовують спеціальну добавку «хромін», яка створить тонкий шар піни на поверхні електроліту, перешкоджаючи його випаровування.

Саморегулюючий електроліт хромування: Стандартний електроліт хромування має деякі недоліки. Він дуже чутливий до коливання температури, допускаючи незначне відхилення ($\pm 2^\circ \text{C}$) від режиму процесу. Необхідно також підтримувати постійну щільність струму та стежити за співвідношенням між концентраціями хромового ангідриду та сірчаної кислоти, що пов'язане з частою коригуванням електроліту.

Ці недоліки усувають в електроліті, що саморегулюється, з автоматично регульованою концентрацією сульфат іонів. Сульфат іони вводять в електроліт у вигляді важкорозчинного сульфату стронцію, взятого надлишку, з тим, щоб частина його знаходилася у вигляді осаду на дні ванни. У міру зменшення концентрації іонів SO_4^{2-} в розчині осад розчиняється, поповнюючи спад цих іонів. Концентрація сульфат іонів є постійною та становить 2,5 г/л.

Склад електроліту (г/л) та режим хромування:

Хромовий ангідрид - 260-300 г/л

Стронцій сірчаноокислий - 5,5-6,5 г/

Калій кремнефторістоводневий - 18-20 г/л

Вихід за струмом = 17-19

Температура = 55-65 °C

Щільність струму = 40-80 А/дм²

Електроліт мало чутливий до коливання температури та щільності струму і дозволяє отримувати хромові покриття з продуктивністю та 1,5 рази вище, ніж у стандартному. Введення в електроліт кремнефториду калію сприяє стабільності

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

електроліту, проте наявність іонів фтору призводить до швидкого руйнування свинцевого футерування хромових ванн. Тому замість свинцю ванни футерують керамікою, фторопластом та іншими стійкими матеріалами товщиною 2-3 мм.

Через руйнівну дію саморегулюючого електроліту аноди виготовляють не з чистого свинцю, а з свинцево-олов'яного сплаву з вмістом олова до 10%. Так як цей електроліт має розтравлюючу дію на поверхню сталевих деталей, особливо па внутрішні порожнини і отвори, то складнопрофільовані деталі не рекомендується покривати в електролітах, що саморегулюються.

Тетрахроматний електроліт хромування: З електролітів, які не вимагають нагрівання, застосовують тетрахроматний електроліт хромування. Цей електроліт має підвищену здатність, що розсіює і криє, і володіє високим виходом по струму. Він найбільше підходить для нанесення гальванічних покриттів на складнопрофільовані деталі без допоміжних анодів. Склад електроліту (г/л) та режим хромування:

Хромовий ангідрид - 350-400 г/л

Кислота сірчана - 1,5-3,0 г/л

Їдкий натр – 40-60 г/л

Вихід за струмом = 25-30

Температура = 15-25 °С

Щільність струму = 40-80 А/дм²

За рахунок зв'язування більшої частини хромової кислоти їдким натром агресивність електроліту різко знижується, і в ньому можна безпосередньо хромувати деталі зі сталі, латуні, цинкових сплавів та ін. Оскільки щільність струму в тетрахроматних електролітах висока, необхідно інтенсивне охолодження його для забезпечення температури електроліту не вище 25 °З.

Покриття, отримане з тетрахроматного електроліту, має низьку внутрішню напругу та знижену пористість, внаслідок чого воно може застосовуватися для захисту основного металу без підшару міді та нікелю.

Недоліком тетрахроматного електроліту є низька твердість покриття (3500-4000 МПа), що не дозволяє використовувати їх для захисту деталей, що труться,

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від механічного зносу. Крім того, тетрахроматні електроліти недоцільно використовувати для декоративного оздоблення, так як опади хрому виходять сірими, матовими і доведення їх до високого блиску за допомогою полірування пов'язане з великою трудомісткістю.

Для приготування тетрахроматного електроліту розчиняють необхідну кількість хромового ангідриду у воді та визначають вміст сульфатів у розчині. В окремій ємності розчиняють їдкий натр та обережно доливають його до розчину хромового ангідриду. Після охолодження розчину в нього вводять недостатню кількість сірчаної кислоти. Електроліт вимагає опрацювання під струмом.

Хромування в проточному електроліті: Для підвищення швидкості процесу застосовують хромування в проточному електроліті та в ультразвуковому полі. Ці методи дозволяють значно збільшити робочі щільності струму та отримати опади гарної якості з вищим виходом струму.

Хромування у проточному електроліті. Допустима межа щільності струму при хромуванні в проточному електроліті залежить від швидкості протікання електроліту та відстані між анодом та катодом. Чим більша швидкість протікання електроліту і відстань між електродами, тим вище межа щільності струму. Склад електроліту (г/л) та режим хромування:

Хромовий ангідрид - 150 г/л

Кислота сірчана - 1,5 г/л

Відстань між електродами = 2,5 мм

Швидкість протікання електроліту = 10-100 см/с

Щільність струму = 60-160 А/дм²

Хромування у ультразвуковому полі. Накладання ультразвукового поля в процесі хромування підвищує щільність струму до 200 А/дм², покращує здатність електроліту, що криє. При хромуванні в стандартному електроліті при щільності струму 100-200 А/дм² та температурі 50-60С з накладанням ультразвукового поля інтенсивністю 2-3 Вт/см² отримують опади підвищеної твердості та високим виходом струму. При хромуванні та тетрахроматному електроліті з добавками солей кальцію при щільності струму до 200 А/дм² та інтенсивності

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

ультразвукового поля 1,0-1,5 Вт/см² утворюються опади з мікротвердістю 6000-11000 МПа; вихід струму при цьому становить 40%, Застосування ультразвуку рекомендується також при безпосередньому хромуванні алюмінієвих сплавів без проміжного підшару.

2.2 Інтенсифікація процесу хромування при відновлення та виготовлення деталей машин

Технологія виготовлення доліт ріжуче-стираючої дії різниться в залежності від того, у який спосіб виготовлені корпуси долота: матричні долота виготовлені спіканням твердого сплаву, а сталеві – шляхом лиття або шляхом механічної обробки із суцільної заготовки (рисунок 2.1). [11]

У теорії та практиці інтенсифікація процесу хромування склалося два напрями:

1. Розробка нових та вдосконалення існуючих електролітів;
2. Розробка нових та вдосконалення існуючих технологічних прийомів, інтенсифікації процесу осадження покриттів. Так розробка нових та вдосконалення існуючих електролітів здійснюється на основі зміни хімічного складу електролітів, концентрації компонентів тощо.

Розробка нових та вдосконалення існуючих технологічних прийомів, ґрунтується на створенні не стаціонарних умов електролізу, що реалізуються такими способами: проточним, струминним, анодно-струменевим; з використанням реверсивних, імпульсних, періодичних струмів, індукційно-ємнісних пристроїв; механічного активування поверхні, що покривається. Всі ці методи, як показали дослідження [2,4,5,7] сприяють підвищенню катодної щільності струму, підвищення або зниження виходу струму, товщини якісних покриттів у багатьох випадках за рахунок зниження дифузійних обмежень в зоні прикатодної. Наведені дані у літературних джерелах містять обмежену інформацію про використання процесів, що ускладнює об'єктивно оцінити можливість їх використання для відновлення та зміцнення деталей машин.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Хромування в проточному електроліті проводять за допомогою спеціальних установок, що забезпечують примусове подання електроліту в міжелектродний простір анодом та катодом. При цьому відбувається перемішування електроліту, прикатодном шарі прискорюється дифузію іонів хрому, що дозволяє отримати деяке збільшення виходу хрому по струму. Однак цей вплив проявляється тільки при турбулентному русі електроліту, а турбулентність тим легше виникає, чим більша відстань між анодом і катодом і чим більша швидкість протікання електроліту.

При проточному хромуванні рекомендується застосовувати електроліт із підвищеною концентрацією сірчаної кислоти (3,5-7 г/л) та 200-300 г/л CrO₃. [2]

Відстань між поверхнею, що покривається, і анодом може бути від 3-5 до 10-15 мм. У табл. 2.1 наведена швидкість осадження хрому у проточному електроліті залежно від умов електролізу.

Таблиця 2.1 – Технологічні режими процесу електрохімічного хромування

Швидкість потоку, см/с	Режим електролізу		Швидкість осадження покриття, мкм/год
	густина струму, А/дм ³	температура електроліту, °С	
8	55	50	50
11	75	60	67
15	100	65	90
100	85	60	82
110	110	65	104
120	150	65	130

При високій концентрації CrO₃ (280-300 г/л) щільність струму можна збільшити до 300-400 А/дм² і відповідно збільшиться швидкість осадження хрому до 250-300 мкм/год.

Допустима межа щільності струму при хромуванні в проточному електроліті залежить від швидкості протікання електроліту та відстані між анодом та

катодом. Чим більша швидкість протікання електроліту та відстань між електродами, тим вище межа катодної щільності струму. Так [18], в електроліті, що містить 150 г/л CrO_3 і 1,5 г/л на відстані між електродами 2,5 мм та швидкості протікання електроліту від 10 до 100 см/с допускаються щільності струму від 60 до 160 А/дм² при виході струмом близько 20%, а при відстані 10-15 мм в електроліті стандартного складу (250 г/л CrO_3) $D_{\text{к}} = 300-400$ А/дм². Хромування з протоком електроліту добре зарекомендувало себе при нанесенні покриття на внутрішні поверхні виробів (циліндри тощо) [1, 20].

При анодно-струминному хромуванні струмінь електроліту спрямований перпендикулярно до хромованої поверхні, при цьому досягається інтенсивніше перемішування. Практично це здійснюється використанням перфорованих анодів з перпендикулярною орієнтацією струменя поверхні, що покривається. Для цих цілей також можуть бути виготовлені аноди з щілинними отворами, розподіленими по всій поверхні анода.

Хромування в ультразвуковому полі сприяє інтенсивному перемішування електроліту в шарі прикатодного і дозволяє підвищити робочу щільність струму до 200 А/дм². Важливий ефект хромування в ультразвуковому полі полягає у можливості безпосереднього хромування алюмінієвих та титанових сплавів.

Встановлено [19, 20], що використання ультразвуку різко знижує катодну поляризацію відновлення іонів металів. При цьому характерно, що початок виділення хрому в ультразвуковому полі зсувається у бік більш високих щільностей струму, при яких катодна поляризація практично не змінюється в порівнянні з електролізом без ультразвуку. Таким чином, ультразвук гальмує процес виділення хрому, що, мабуть, пояснюється труднощами утворення адсорбційної плівки на катоді, що зумовлює підвищення потенціалу катода до величини, що відповідає відновленню шестивалентних іонів хрому до металу [20]. Застосування ультразвуку рекомендують при безпосередньому хромуванні алюмінієвих сплавів без проміжних прошарків. Нестационарні режими електролізу (реверсивний та імпульсний струм, періодичний, резонансний

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струми, програмна зміна режиму електролізу) рекомендуються для інтенсифікації процесу та покращення фізико-механічних властивостей опадів.

Хромування реверсованим струмом дозволяє збільшувати катодну щільність струму до 100-120 А/дм² і отримувати менш пористі опади хрому з підвищеною зносостійкістю і з низькою внутрішньою напругою, без небезпеки отримання покриттів з дендритами. У роботі [21] рекомендують в електроліті звичайного складу при 50-60 ° С застосовувати режим реверсування, при якому тривалість анодного періоду (1-5 с), катодного періоду (1-5 хв). При цьому опади мають високу зносостійкість і корозійну стійкість. Вони мають блискучий або матово-молочний вигляд.

При реверсуванні струму під час анодного періоду відбувається анодне розчинення активних центрів кристалізації та виступаючих над поверхнею дендритів та відбувається згладжування поверхні. Гладкі покриття можуть бути отримані завтовшки якісних покриттів до 0,3 мм. Для отримання корозійностійких покриттів осадження ведуть при $I_k = 1 \text{ МН}$ і $I_a = 1 \text{ С}$ [21].

Ефективним методом інтенсифікації процесу хромування є електроосадження хрому імпульсним струмом, хоча швидкість процесу, як і у разі реверсування струму, збільшується не пропорційно підвищенню щільності струму. У роботах [2] рекомендується осадження хрому виробляти імпульсним струмом в універсальному електроліті при $t_{\text{эл}}=60^\circ\text{C}$, тривалості імпульсу і паузи 1-4 при щільності струму від 200...250 А/дм². Варіювання тривалістю паузи при постійній тривалості імпульсу дозволяє брати в облогу покриття з різним зовнішнім виглядом блискучих і матових, що відрізняються більш розвиненим рельєфом поверхні.

Імпульсний електроліз є одним з перспективних способів інтенсифікації процесу електроосадження хрому з хромової кислоти, перевага якого полягає у можливості значного збільшення щільності струму протягом імпульсу [18]. Послідовне збільшення тривалості паузи при постійній тривалості імпульсу знижує швидкість електроосадження хрому і супроводжується переходом від блискучих опадів до матових, що відрізняється більш розвиненим рельєфом

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

поверхні [19]. Однак, вплив імпульсного струму не обмежується зміною відбивної здатності опадів хрому. У роботі показано [20], що перерви струму сприятливо позначаються на зменшенні розтріскування та надорожчання опадів хрому. Це пов'язують із зменшенням внутрішньої напруги опадів хрому, отриманих з перервами струму.

Застосування періодичного струму при осадженні хрому дозволяє зменшити нанодорожчання сталей порівняно з хромуванням на постійному струмі та підвищити продуктивність процесу у 2 рази [3]. Найменше надорожчання сталей у процесі хромування в універсальному електроліті досягається при катодній щільності струму $D_k=60-70$ А/дм² та паузі 8-9 с або $D_k= 80-120$ А/дм² та паузі 9-11 с при тривалості імпульсу 2 хв; $E_{ел.} = 58-60^{\circ}C$.

Використання індуктивно-емісійних пристроїв забезпечує інтенсифікацію процесу хромування та отримання з універсального електроліту більш зносостійких покриттів при $D_k=85$ А/дм² з виходом по струму до 19% та швидкості осадження опадів 82 мкм/год/.

Ефективним технологічним прийомом інтенсифікації процесу хромування, є механічне активування поверхні, що покривається. Для механічного активування використовують: м'який інструмент у вигляді тампонів; абразивні або алмазні зерна, що знаходяться у зваженому стані в потоці електроліту, що рухається (гідромеханічне активування); абразивними чи алмазними зернами, що знаходяться у зв'язаному стані у вигляді брусків, стрічок, пелюсток, кіл тощо. що здійснюють у процесі електролізу складні (поворотно-поступальний та обертальний) рухи. Останній, у науковій літературі, отримав назву гальвано-механічного способу нанесення покриттів.

Дослідження гальваномеханічного процесу нанесення покриттів показали [23], що при механічному активуванні відбувається зниження перенапруги розряду іонів осаджуваного металу за рахунок зменшення концентраційних обмежень, інтенсивного видалення з поверхні катода побічних продуктів електролізу та депасивації поверхні, що покривається. Все це сприяє розширенню діапазону робочих щільностей струму більше 1000 А/дм², забезпечує створення

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

більш рівноцінних умов для електрокристалізації хрому, що осаджується, по всій поверхні, що покривається і дозволяє наносити якісні, рівномірні, міцно зчеплені, хромові покриття товщиною більше 1мм. з виходом по струму 40 ... 60%, при швидкості осадження до 2,4 мм / год з шорсткістю Ra = 0,63 ... 032 мкм і мікротвердістю 6500.12000 МПа. За таких умов продуктивність осадження покриттів хрому збільшується в 10.50 разів, а зносостійкість в 1.3...1,8 рази вище, ніж у аналогічних покриттів, отриманих при стаціонарних умовах електролізу. Поряд з цим варіювання умовами механічного активування і режимами електролізу дозволяє: активно керувати процесом електролізу і формувати як тріщинуваті так і без тріщинуватий покриття з різною їх просторовою орієнтацією по відношенню до покривається поверхні і отримувати покриття з наперед заданими фізико-механічними властивостями; повністю або частково автоматизувати процес нанесення покриттів, а також підготовчо-заклучні операції; осаджувати рівномірні покриття з точністю до 3.5 мкм, а за наявності засобів активного контролю виключити подальшу механічну обробку.

Незважаючи на такі високі показники процесу для його реалізації потрібні суттєві додаткові капіталовкладення щодо створення спеціального технологічного обладнання та оснащення. Крім цього при нанесенні покриттів на великі поверхні великогабаритних деталей гостро постають питання перегріву струмопідводних пристроїв. При цьому порушуються умови електролізу та ускладнюється умови роботи через інтенсивне випаровування електроліту. Одним з ефективних напрямів вирішення даної проблеми є використання електролізу стабільних високопродуктивних електролітів хромування, що дозволить при меншій енергоємності процесу зберегти переваги способів інтенсивного хромування.

Аналіз наукових робіт показав, що інтенсифікація процесу осадження хрому на основі вдосконалення існуючих та розробки нових електролітів хромування здійснюється за такими напрямками:

1. Зміною складу та концентрації компонентів електроліту;
2. Зміною концентрації та природи стороннього аніону;

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

3. Використанням каталізаторів та комплексоутворюючих добавок до електролітів;

4. Розробкою стабільних, високопродуктивних холодних саморегулюючих електролітів на основі Cr^{6+} і Cr^{3+} . При цьому слід помітити, що в кожному окремому випадку незалежно від способу, що застосовується, інтенсифікація процесу має місце за умови, що досягається зміщення потенціалу розряду хрому в електропозитивну область.

Так, М.А. Шлугером та його учнями на основі результатів досліджень кінетики осадження хрому був розроблений на базі універсального надсульфатного електроліту з вмістом Ш804 -8.10 г/л. У даному електроліті можна брати в облогу хромові покриття зі швидкістю 190 мкм/год при $D_k=260.290 \text{ А/дм}^2$, з виходом по струму до 15% [20].

Додавання до універсального електроліту 1,9.2,7 г/л тіосемікарбазидіоцтової кислоти сприяє підвищенню виходу хрому по струму до 25.33% при $D_k=100.150 \text{ А/дм}^2$. При цьому швидкість нанесення якісних покриттів завтовшки до 0,3 мм з мікротвердістю 9000. 14000 МПа становить мкм/год.

Фторидні електроліти в порівнянні з сульфатними мають більший вихід по струму, забезпечують нанесення зносостійких покриттів у широкому діапазоні температури електроліту ($30...80^\circ\text{C}$) з дрібнозернистою структурою, мікротвердістю 8000...12000 МПа і виходом хрому по струму 20... 26%, а осадження блискучих покриттів можливе за $1\text{Эл}=45...70^\circ\text{C}$ [3,4]. Ці покриття за зносостійкістю не поступаються, а за корозійною стійкістю в 2 - 3 рази вище, ніж покриття, отримані з універсального електроліту. Завдяки цьому його використовують для зносостійкого хромування поршневих кілець та відновлення ряду деталей тракторів, автомобілів та с.г. машин, що працюють в абразивно-корозійному середовищі. Істотним недоліком фтористих електролітів хромування, є висока агресивність, що призводить до утворення на свинцевих анодах фториду свинцю, і викликає катодну корозію деталей, що покриваються, і підвісних пристроїв.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стабільність процесу хромування та його продуктивність значною мірою визначається сталістю співвідношення хромової кислоти та стороннього аніону в електроліті.

Введення в електроліт хромування важкорозчинних солей (сірчаноокислого кальцію, сірчаноокислого стронцію, кремнефториду калію; фтористого кальцію та ін.) у кількості, що перевищують їх розчинність, призводить до накопичення солей на дні ванни у вигляді твердої донної фази. Надлишок солі завжди знаходиться в рівновазі з іонами, що перейшли в розчин і при зміні концентрації CrO_3 автоматично змінюватиметься вміст сторонніх аніонів за рахунок часткового розчинення цього надлишку. Таким чином, здійснюється автоматична підтримка постійного співвідношення між концентрацією CrO_3 та стороннього аніону в електроліті. Ці електроліти отримали назву саморегулювальних [20, 22, 26]. Однією з особливостей цих розчинів є те, що їх склад вводять як мінімум 2 каталізатора, у поєднанні аніонів сульфат і фторид іонів. Таке поєднання забезпечує збільшення виходу хрому струмом. У ремонтному виробництві використовують гарячі та холодні електроліти хромування. Проте особливу цінність для ремонтного виробництва мають холодні електроліти. При їх використанні покращуються умови праці, зменшується витрата та викид у навколишнє середовище хромового ангідриду, спрощується конструкція ванн; підвищується продуктивність процесу; можливе нанесення якісних покриттів при більш високих щільності робочого струму з низькими внутрішніми напругами та меншою пористістю. Розсіювальна здатність у холодних електролітів вища, ніж у гарячих.

Найбільш перспективним з нечисленної групи холодних електролітів для відновлення та зміцнення деталей машин є холодний саморегулюючий електроліт, розроблений у Кишинівському сільськогосподарському інституті. Він відрізняється високою розсіювальною здатністю та продуктивністю процесу, підвищеною стабільністю в широкому діапазоні робочих щільностей струму та малою агресивністю [22].

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Даний електроліт забезпечує нанесення якісних, корозійностійких якісних покриттів зі швидкістю 0,18...0,55 мм/год товщиною до 0,7 мм у широкому діапазоні Дк від 90 до 300 А/дм²; максимальні значення виходу металу по струму досягають 40±1 %, мікротвердості покриттів до 9000±200 МПа та з незмінними по товщині фізико-механічними властивостями. Холодний саморегулюючий електроліт має наступні недоліки: він має порівняно-вужкий інтервал робочих температур; вимагає застосування потужних холодильних установок для охолодження електроліту під час роботи; обов'язкова попередня електрохімічна анодна обробка деталей перед нанесенням покриттів з метою забезпечення необхідної міцності їх зчеплення з основою.

До високопродуктивних можна віднести електроліти хроміспелу, що містять як сторонній аніон іони хлору або йоду. Вони забезпечують нанесення хромових покриттів у широкому діапазоні робочих щільностей струму (Дк=5...300 А/дм²) з виходом по струму до 70...80% зі швидкістю осадження до 300 мкм/год.

Хроміспел і універсальний електроліт зі збільшенням щільності струму до 200 А/дм² вихід по струму зростає, досягаючи максимуму (рис. 2.1).

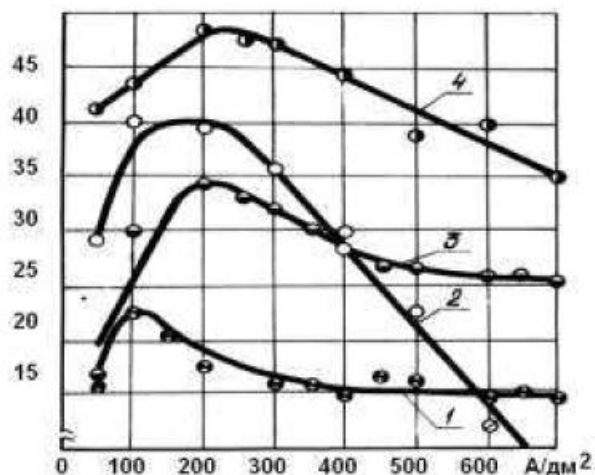


Рисунок 2.1– Вплив катодної щільності струму на вихід хрому по струму в електролітах: 1-сульфатно-кремнефторидном; 2-холодному саморегулюючому; 3-універсальний; 4-хроміспел

У інших електролітах його максимальне значення досягається при Дк=100А/дм² При подальшому збільшенні Дк вихід струму у всіх електролітах падає. Особливо різке падіння спостерігається в холодному електроліті, що

					МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

саморегулюється (крива 2) при D_k більше 300 А/дм² від 36% до 10% при $D_k=650$ А/дм². Проте незважаючи на це вихід хрому по струму в діапазоні щільності струму 100...300 А/дм² залишається порівняно високим, поступаючись тільки електроліту Хроміспел. Поряд з цим показано, що при $D_k > 100$ А/дм² процес електролізу при використанні електролітів Хроміспел протікає не стійко, підвищується падіння напруги в ланцюгу живлення і відбувається зниження щільності струму ймовірно через утворення на поверхні свинцевих анодів щільною з високим омичним опором плівки хлориду або йодистого свинцю.

Висновки до розділу 2

Проведений аналіз технологічних процесів електрохімічного хромування в електроліті показав, що все вище викладене дозволяє стверджувати укласти, що позитивний досвід з інтенсифікації та практичного застосування електролітичного хромування створює передумови для подальших досліджень з метою вдосконалення ефективності процесу і технології нанесення електролітичних хромових покриттів, що перспективним є хромування в проточному електроліті для підвищення фізико-механічних властивостей поверхневих шарів деталей.

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ХРОМУВАННЯ В ПРОТОЧНОМУ ЕЛЕКТРОЛІТІ

3.1 Розробка 3D-моделі електрохімічної комірки для хромування циліндричних деталей хромування в проточному електроліті

SolidWorks є конструкторською системою твердотільного параметричного моделювання машинобудівних конструкцій спеціально розробленою для використання на персональних комп'ютерах під управлінням операційної системи Windows. Стандартний графічний користувальницький інтерфейс Windows і засоби твердотільного параметричного моделювання дозволяють швидше і легше ніж будь-коли створювати тривимірні моделі деталей, складальні одиниці, генерувати креслення, значно знижуючи терміни проектування і зменшуючи час виходу виробів на ринок.

Деталлю в SolidWorks називається тривимірний об'єкт, що складається з деякої кількості елементів. Елементи - це окремі геометричні форми, у сполученні утворюючи деталь. Основні формотворні елементи - бобишки і вирізи будуються на базі плоских ескізів. Інші елементи - оболонки, скруглення, фаски перетворюють уже існуючу 3D модель. У загальному випадку тривимірна твердотільна модель деталі в SolidWorks складається із множини «сконструйованих» елементів, або елементарних об'ємів.

Для побудови об'ємів більше зручним є аналітичний спосіб: формотворні поверхні є результатом руху напрямних відрізків уздовж одного або декількох утворюючих.

До основних типів елементів в SolidWorks належать:

1. Витягування (рух по прямій лінії);
2. Обертання (рух по окружності);
3. По траєкторії (рух уздовж довільної кривої);
4. По перетинах (рух декількох довільних утворюючих уздовж декількох довільних напрямних).

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Відповідно до цих типів можуть бути виконані бобишки або основи (виступаючі частини деталі) і вирізи.

До додаткових елементів (скруглення, фаски, оболонки та ін.) відносяться найбільш часто використовувані варіанти, або часткові випадки основних елементів.

Крім того, для створення елементів твердотільної геометрії можуть використовуватися масиви елементів - лінійні та кругові, а також дзеркальні копії елементів.

Твердотільні моделі в SolidWorks можна створювати одним із зазначених способів. Кінцевий результат не буде залежати від обраного способу, однак для кращого розуміння і зручності редагування рекомендується виконувати модель аналогічно технологічному процесу її виготовлення. Якщо обробку вала передбачається вести за допомогою токарських операцій, то й модель варто одержувати методами обертання контуру.

Для створення ескізів на площинах використовується основні інструменти які згруповані на стрічці (рис 2.1).

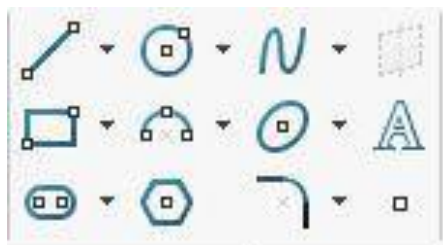




Рисунок 3.1 – Панель інструментів.

Для побудови 3D-моделей електрохімічної комірки для хромування циліндричних деталей в проточному електроліті використовуємо такі елементи:

1. Витягнутий виступ.  - Ескізи повинні бути замкненими а також профілі повинні не перетинатися для нетонкостінних елементів.

2. Витягнутий виріз.  - Для того щоб зробити витянутий виріз потрібно мати замкнутий ескіз який не пересікається. Бо в іншому випадку програма вибе помилку в якій буде вказано що ескіз незамкнутий або перескається.

Повернутий виступ використовується для побудови 3D-тіл обертання, які мають вісь обертання.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Якщо умова дотрима появляється вікно в якому вказано на яку протяжність робити виріз а також можна змінювати напрямки і протяжності вирізу , кут підяким буде робитися виріз якщо він присутній

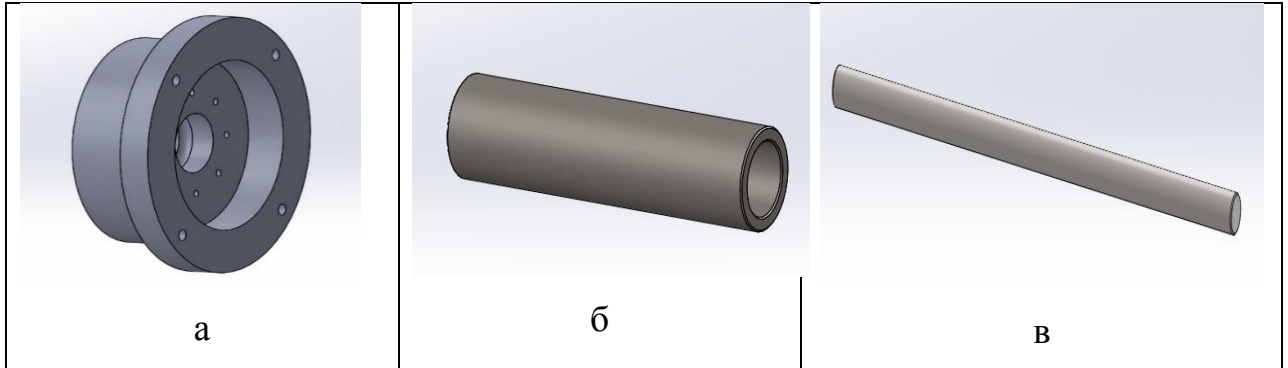


Рисунок 3.2 – Створення 3D-моделей
а – фланець
б – втулка
в – циліндрична деталь

3.2 Комп'ютерне моделювання потоку електроліту в електрохімічній комірці для хромування циліндричних деталей

SolidWorks Flow Simulation HVAC Module Add-In – додатковий модуль SolidWorks Flow Simulation для розрахунку систем вентиляції, опалення та кондиціонування. Він включає: розширену базу даних по будівельних матеріалах і вентиляторах; уточнену модель теплообміну випромінювання з урахуванням відображення, заломлення і спектральних характеристик; розрахунок параметрів комфорту – середньої прогнозованої оцінки, середньої температури і ін.

SolidWorks Flow Simulation є модулем гідрогазодинамічного аналізу в середовищі SolidWorks. Для модуля Flow Simulation немає різниці між геометричними сутностями, створеними в SolidWorks або імпортованими в базовий модуль. Забезпечується підтримка для 64-розрядних операційних систем з доступом до всієї доступної оперативної пам'яті. Також використовується багатопроцесорність при вирішенні.

Модуль Flow Simulation програмного середовища SolidWorks дає можливість моделювання процесів:

- стаціонарні і нестаціонарні течії;
- стискувані і нестискувані (рідини або гази) течії, включаючи до-, транс- і надзвукові режими;
- ідеальні і реальні гази;
- неньютонівські рідини;
- одно і багатокomпонентні течії без хімічних взаємодій і розділення фаз;
- спільні розрахунки течії рідини або газу та теплопередачі всередині твердого тіла без наявності границі розділення газ – рідина;
- ламінарні і турбулентні течії, враховуючи ламінарний/турбулентний перехід;
- «заморожування» течій для розділення «швидких» і «повільних» процесів;
- течії в пористих середовищах з урахуванням теплопровідності стінок;
- урахування шорсткості стінок;

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- зовнішні і/або внутрішні течії;
- конвекційний теплообмін, вільна, вимушена або змішана конвекція;
- радіаційний теплообмін з управлінням прозорістю стінок і розділенням властивостей стінок для теплообміну випромінюванням і сонячною радіацією;
- розрахунок траєкторій твердих частинок і крапель в потоці та ін.

Початковими і граничними умовами можуть задаватися наступні вихідні параметри:

- швидкість, тиск (статичний, динамічний, оточуючого середовища), масові та об'ємні витрати;
- температура, концентрація компонентів, параметри турбулентності;
- витратно-напірні характеристики віртуальних вентиляторів;
- різноманітні типи стінок, включаючи шорсткість, коефіцієнт тепловіддачі і параметри умовного середовища на стінках, що не межують з реальним текучим середовищем;
- джерела тепла (об'ємні і поверхневі), віртуальні тепло вентилятори;
- можливості вказати залежність граничних умов та параметрів від часу та координат;
- симетрія відносно базових площин і періодична симетрія.

Управління обчислювальними операціями виконуються безпосередньо по згенерованій розрахунковій сітці моделі SolidWorks, що створюється автоматично в області твердого тіла. Сітка адаптується в залежності від геометричних характеристик моделі і поля вирішення.

Результати дослідів виводяться у вікні SolidWorks. Існує можливість виводу функції на будь-якій площині у вигляді кольорових епюр, векторів та ізолій, відображення результатів за допомогою ізоповерхонь.

За результатами розрахунків можна створювати трирівневі траєкторії; виводити характеристики розрахунків, розподіл будь-якої характеристикою вздовж будь-якої кривої в MS Excel.

Для розрахунку в модулі SolidWorks Flow Simulation потрібно скласти всі раніше побудовані деталі в загальну збірку.

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

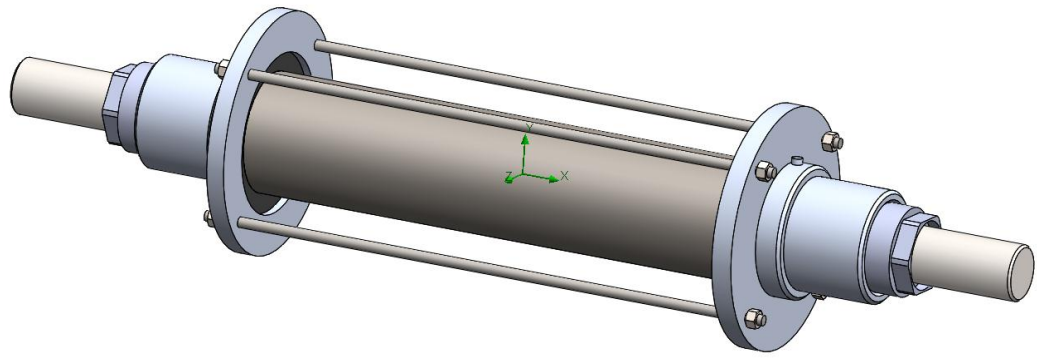


Рисунок 3.3 – 3D-модель комірки

Створювався додатковий проєкт в даному модулі, під час якого вказувались необхідні вихідні дані. До них належать: розрахункова область, підобласть потоку, граничні умови, цілі та сітка. В чіткій послідовності вибирались необхідні параметри для визначення потоку електроліту. Задавались поверхні куди поступає та куди відводиться відпрацьоване середовище. Після проведеного розрахунку появляється додаткова вкладка із результатами. В ній знаходимо елемент траєкторія потоку та вказуємо на необхідні нам параметри які задавались раніше, під час створення проєкту.

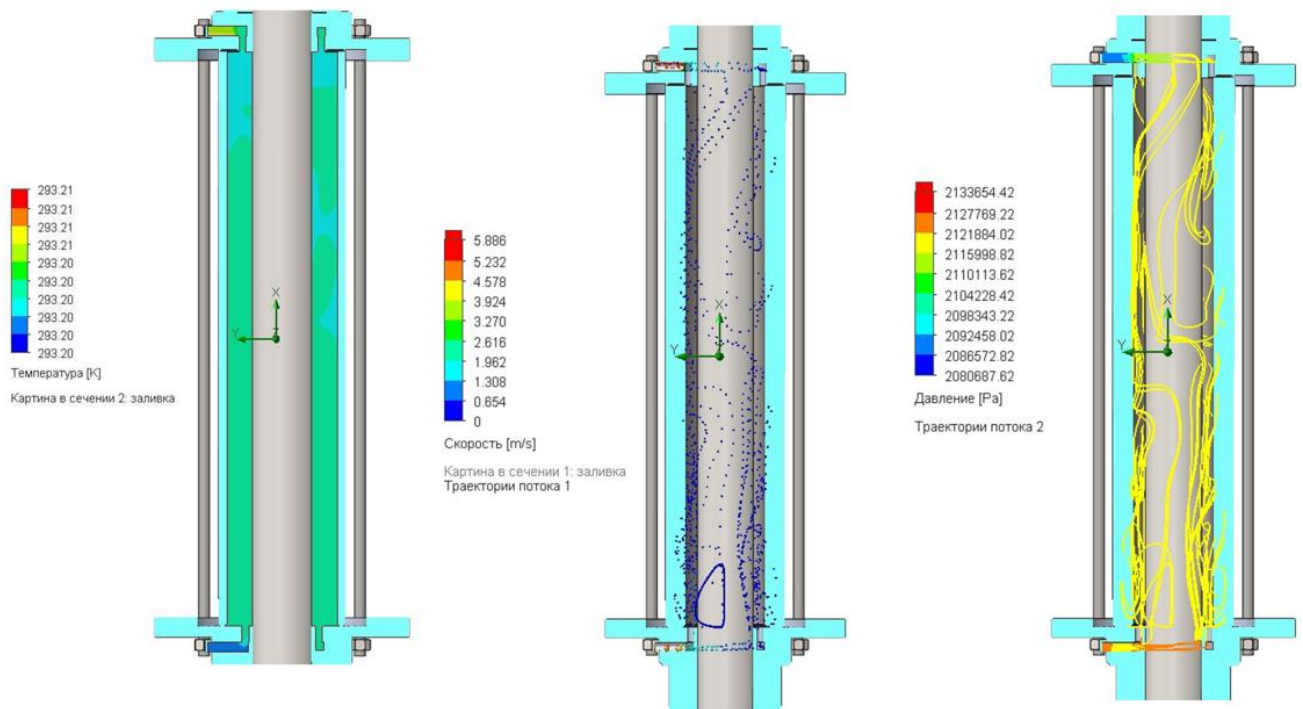


Рисунок 3.4 – Результати розрахунків потоку електроліту в середовищі SolidWorks Flow Simulation

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

3.3 Розробка технологічного процесу хромування в проточному електроліті

Для оцінювання запропонованих технологічних заходів використали методику, представлену у [17].

Для хромування виготовляємо стандартний електроліт наступного складу: CrO₃ – 250 г/л, H₂SO₄ – 2,5 г/л. Для цього в мірну колбу на 1 л додаємо необхідну кількість CrO₃ та сірчаної кислоти, додаємо деяку кількість дистильованої води, розмішуємо та доводимо до мітки 1 л.

Для найбільшої ефективності осадження покриттів та досягнення максимальних характеристик електроліт необхідно опрацювати – провести осадження протягом 24-36 годин на робочій щільності струму на сталь. Ця операція проводиться для електроліту один раз і при внесенні органічних добавок повторювати її не треба.

Зразки нарізають діаметром 10 мм завдовжки 12 см. Підготовку зразків здійснюють у заданому порядку. Насамперед зачищають зразок дрібним наждачним папером для зняття поверхневого окисного шару. Потім зразок закріплюють у гальванічній ванні. На закінчення знежирюють за допомогою віденського вапна (суміш оксидів кальцію та магнію) для видалення жиру та інших органічних забруднень, які могли б поміщати якісному осадженню покриттів.

Для проведення експерименту використовуємо пружинну сталь марки «У10А» із вмістом вуглецю близько одного відсотка. Детальний хімічний склад сталі [25] наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Хімічний склад сталі У10А

Хімічний елемент	Масова частка, %
Вуглець (С)	0,95-1,09
Кремній (Si)	0.17-0.33
Фосфор (P), не більше	0.025
Сірка (S), не більше	0.018

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Марганець (Mn)	0.17-0.28
Нікель (Ni), не більше	0.25
Мідь (Cu), не більше	0.25
Хром (Cr), не більше	0.20

Осадження покриття проводять при чотирьох різних щільності струму, зазначених у таблиці 3.2. Час осадження підбирається для отримання покриття товщиною 1 мм і визначається за формулою:

$$t = \frac{\delta \cdot d}{D_A \cdot q \cdot \eta}$$

де δ - товщина покриття, d - щільність хрому, D_A - щільність струму, електрохімічний еквівалент хрому, η - вихід хрому по струму.

Таблиця 3.2 Щільність струму та час осадження покриття

Щільність струму, А/дм ²	Час осадження, хв
25	48,8
50	24,4
75	16,3
100	12,2

Осадження покриття проводять при температурі 35 °С. Спочатку електроліт нагрівають до цієї температури, поміщаючи гальванічну ванну в сорочку з теплою водою, а потім ця температура може підтримуватися під час нанесення покриття при виділенні тепла через омічні втрати струму.

Вплив температури на осадження хрому дуже великий [5], і треба ретельно стежити за підтриманням умов. При підвищенні температури опади хрому з матових стають блискучими та їх характеристики змінюються.

Після завершення осадження покриття зразки виймають із гальванічної ванни, промивають, висушують. Для кожного режиму осадження проводиться вимірювання пластичності як мінімум 6 зразків.

З часом вміст водню у зразках зменшується і визначення пластичності

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зразків необхідно проводити відразу після закінчення електрохімічного нанесення покриттів.

Після проведення контрольних вимірів пластичності зразків з покриттям, нанесеним в електроліті без добавок, переходять до покриття з додаванням органічних речовин, для цього визначають об'єм електроліту в гальванічній ванні і розраховують необхідну масу органічних сполук для досягнення необхідної концентрації.

Дослідження дії метилоранжу ведеться за його концентраціях в електроліті рівних 5, 10, 15 і 20 ммоль/л.

Дослідження дії похідних діантіпірілметану ведеться при його концентраціях в електроліті рівних 0,5, 1,0, і 2,0 ммоль/л.

Органічні сполуки розчиняють у невеликій кількості електроліту, бажано нагрітого, що збільшує їх розчинність цієї речовини, а потім об'єднують із частиною, що залишилася, і перемішують.

Дані відносної пластичності дроту з покриттям зі стандартного електроліту та їх електролітів з різною концентрацією метилоранжу можна побачити на рис. 3.1.

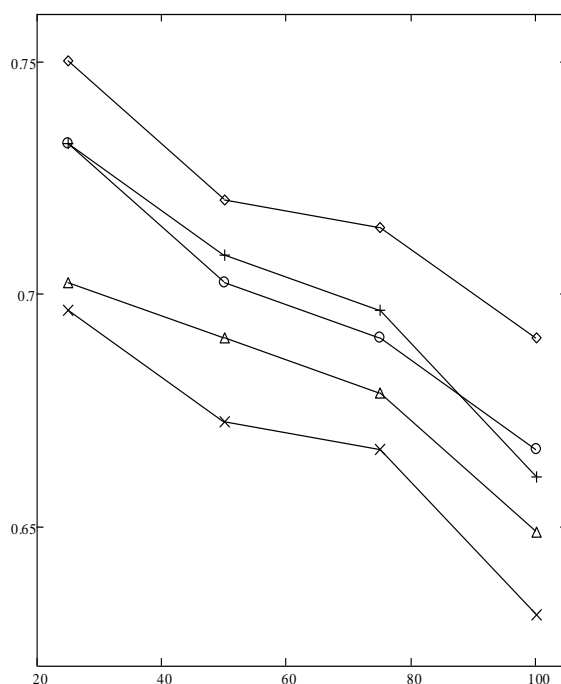


Рис. 3.5 Відносна пластичність зразків сталі з нанесеним хромовим покриттям з добавкою метилоранжу

Пластичність вихідних зразків становить від 63% від вихідної при густині струму 100 А/дм² до 70% - при 25 А/дм².

Найвищу пластичність зразки демонструють при концентрації метилоранжу, що дорівнює 10 ммоль/л, досягаючи збереження пластичності на 75% від вихідної. Як видно, із подальшим зростанням концентрації відносна пластичність сталі падає.

Зі збільшенням щільності струму пластичність зразків падає, досягаючи мінімуму при 100 А/дм². При цій щільності струму покриття відрізняється низькою якістю, відшаровується, набуває темно-сірого кольору.

Результати дослідження добавок ряду діантіпірілметану можна побачити на рис. 3.2 – 3.4

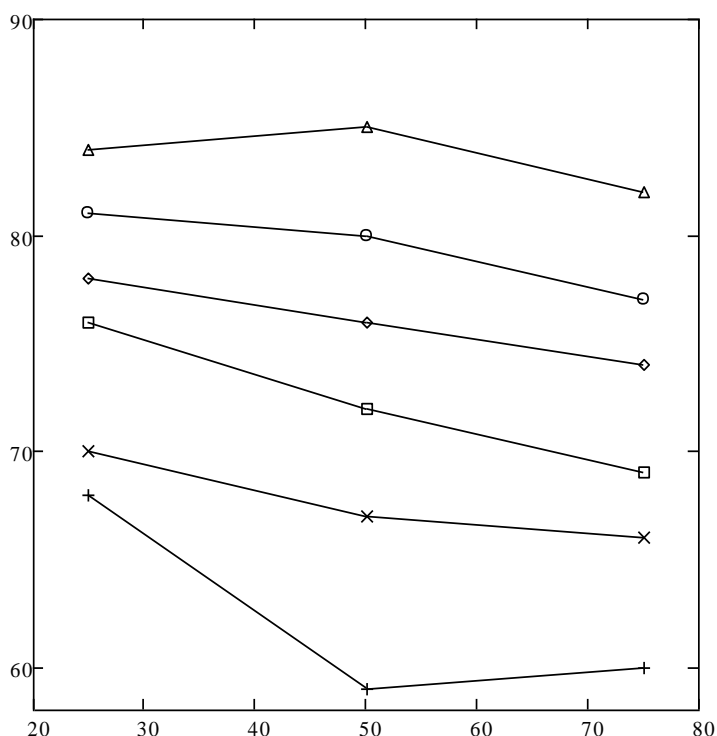


Рис. 3.6 Відносна пластичність зразків сталі з нанесеним хромовим покриттям з різними добавками за їх концентрації 0,5 ммоль/л.

При концентрації добавок 0,5 ммоль/л Кращими властивостями має добавка 5 (до 85% збереження пластичності при DA=50 А/дм²), показуючи максимум збереження пластичності при середній щільності струму, добавка 1 показує гірше результати, ніж електроліт без добавок.

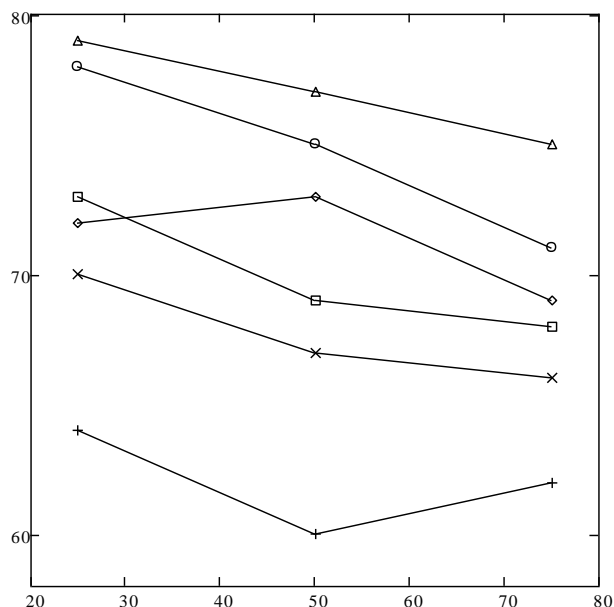


Рис. 3.7 Відносна пластичність зразків сталі з нанесеним хромовим покриттям з різними добавками при концентрації 1,0 ммоль/л.

При концентрації добавок 1,0 ммоль/л Кращими властивостями має добавка 5 (до 79% збереження пластичності при $DA=25$ А/дм²), добавка 4 при низькій щільності струму показує близькі результати, добавка показує 1 результати гірше, ніж електроліт без добавок. Добавка 3 демонструє максимум збереження пластичності за середньої щільності струму.

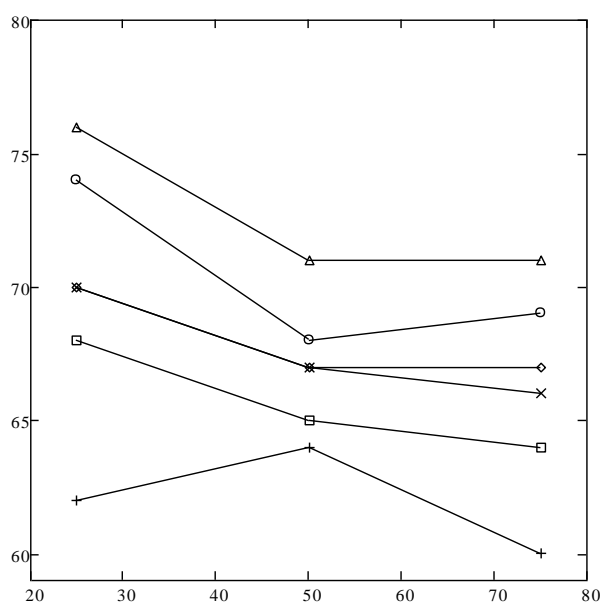


Рис. 3.8 Відносна пластичність зразків сталі з нанесеним хромовим покриттям з різними добавками при концентрації 2,0 ммоль/л.

При концентрації добавок 2,0 ммоль/л Кращими властивостями володіє добавка 5 (до 76% збереження пластичності при $DA=25$ А/дм²), добавки 1 і 2 показують результати гірше, ніж електроліт без добавок, причому добавка 1 демонструє максимум збереження пластичності середньої щільності струму.

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що добавка 5 показує найвищі результати у збереженні пластичності сталі при всіх досліджених концентраціях. Найкращі результати досягнуті при концентрації добавки в електроліті, що дорівнює 0,5 ммоль/л, що відповідає витраті речовини 0,46 г на 1 літр електроліту. Близькі результати показувала добавка 4, що дозволяє судити і про її високу інгібіторну здатність. Добавка 1 є інгібіторами надводнення при хромуванні.

Таблиця 3.2 Органічні добавки до електроліту хромування

Номер добавки	Назва речовини	Молярна маса, г/моль
1	Діантіпірілметан	388
2	Метилдіантіпірілметан	402
3	Гексилдіантіпірілметан	472
4	Ізобутілдіантіпірілметан	444
5	Фенілдіантіпірілметан	464

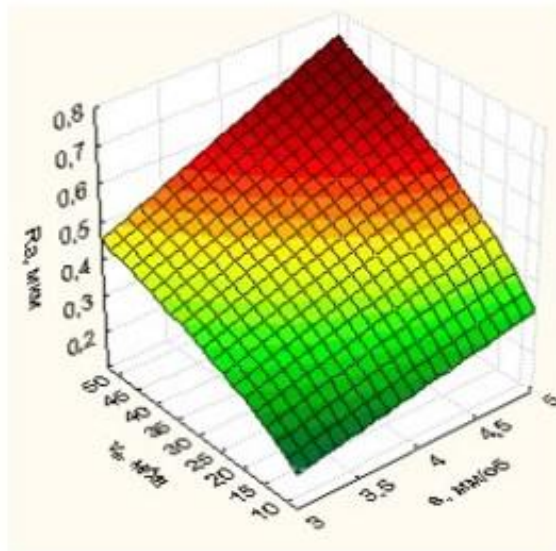
Останнім часом у літературних джерелах не було згадок про використання метилоранжу як інгібітор нанодорожування сталі при хромуванні, так що неможливо порівняти дані роботи з аналогічними публікаціями.

У порівнянні з ваніліном та поліетиленгліколем [1], метилоранж показує менш вражаючі результати, які далекі від вихідних характеристик сталі. Однак, можна з деякою часткою впевненості визнати метилоранж більш ефективним, ніж хінальдин, який показав лише незначне підвищення втомних характеристик сталі 30ХГСА. Але варто врахувати, що в цій роботі проводилося дослідження сталі У10А, яка за складом та властивостями відрізняється від 30ХГСА.

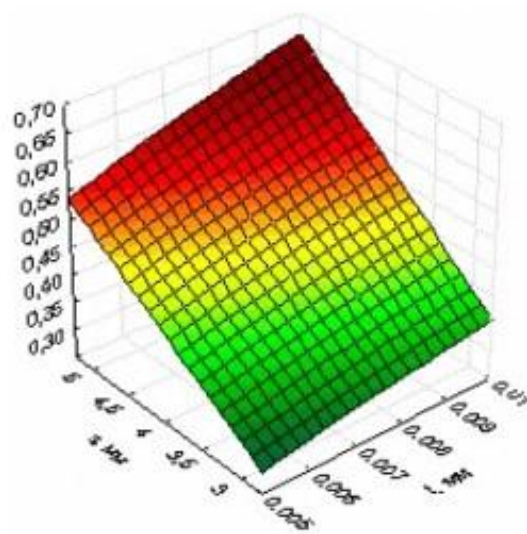
					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Механічна обробка алмазним шліфуванням хромових покриттів

Досліджували кругле алмазне шліфування хромового покриття (рис. 3.9).



а



б

Рисунок 3.9 Залежність шорсткості хромового покриття від режимів алмазного шліфування:

а – від швидкості різання та подачі;

б – від подачі та глибини різання.

					MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

3.5 Випробовування на зношування електрохімічних хромових покриттів, нанесених у проточному електроліті

Випробовували на знос при реверсивному терті (табл.3.7).

Таблиця 3.7– Результати випробовування хромових покриттів на зношування

Показник	Матеріали та покриття			
	Сталь 40X + СВЧ	Сталь 70 + СВЧ	Сталь 40X + СВЧ + Хромування у спокійному електроліті	Сталь 40X + СВЧ + Хромування у проточному електроліті
Коефіцієнт тертя	0.32	0.37	0.20	0.18
Знос	2.2	1.7	1.2	0.6

Висновки до розділу 3

Розроблена 3D-модель електрохімічної комірки для хромування в проточному електроліті та використання скінченно-елементне моделювання дослідження руху електроліту.. В результаті проведених досліджень встановлено розподіл швидкостей потоку електроліту в електрохімічній комірці та тиску, що дозволило обґрунтувати технологічні параметри процесу хромування.

Досліджено вплив режимів круглого алмазного шліфування на шорсткість поверхні хромового покриття.

Хромове покриття сформоване в проточному електроліті має низький коефіцієнт тертя у парі з гумою ущільнення та малу величину зносу.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень вирішене важливе науково-технічне завдання, щодо підвищення ресурсу роботи штоків бурових поршневих насосів хромування в проточному електроліті:

1. Встановлено, що штоки бурових поршневих насосів працюють в складних умовах і мають низький ресурс роботи – біля 240 годин, тому вони потребують зміцнення.

2. Проведений аналіз технологічних процесів зміцнення деталей машин перспективність електрохімічного хромування у проточному електроліті.

3. Розроблена 3D-модель електрохімічної комірки для хромування в проточному електроліті та використання скінченно-елементне моделювання дослідження руху електроліту дозволило обґрунтувати технологічні параметри процесу хромування циліндричних деталей.

4. Результати дослідження процесу круглого алмазного шліфування хромового покриття показали, що мінімальна шорсткість поверхні хромового покриття досягається за швидкості біля 60 м/с.

5. Хромове покриття сформоване в проточному електроліті має низький коефіцієнт тертя у парі з гумою ущільнення (0.18) та малу величину зносу (0.6 мг).

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Protsenko V. S., Kityk A. A., Danilov F. I. Kinetics and mechanism of chromium electrode position from methane sulphonate solutions of Cr (III) salts // Surf. Eng. Appl. Electrochem. 2014. V.50. P.384–389.
2. Kumar U. P., Kennady C. J. Characterization of Chromium Electrodeposits Obtained From Trivalent Electrolytes Containing Formaldehyde as Additive // Int J Thin Films Sci and Tech. 2015. V.4. P.147–153.
3. Kuznetsov V. V., Pavlov L. N., Vinokurov E. G., Filatova E. A., Kudryavtsev V. N. Corrosion resistance of Cr–C–W alloys produced by electro deposition // J Solid State Electrochem. 2015. V.19. P.2545–2553.
4. Jiang Y., Yang J. F., Xie Z. M., Gao R., Fang Q. F. Corrosion resistance of W–Cr–C coatings fabricated by spark plasma sintering method // Surf. Coat. Technol. 2014. – V.254. – P.202–206.
5. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – Минск: Новое знание, 2001. – 148 с.
6. Минкевич, А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А.Н. Минкевич. – М.: Машиностроение, 1965. – 331 с.
7. Коломыцев, П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия / П.Т. Коломыцев. – М: Металлургия, 1979. – 272 с. 131
8. Дубинин, Г.Н. Диффузионное хромирование сплавов / Г.Н. Дубинин. – М.: Машиностроение, 1964. – 451 с.
9. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов активизированных газовых средах / Б.Н. Арзамасов. – М.: Машиностроение, 1979. – 225 с.
10. Лахтин, Ю.М. Химико-термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов. – М.: Металлургия, 1984. – 267 с.
11. Филоненко, Б.А. Комплексные диффузионные покрытия / Б.А. Филоненко. – М.: Машиностроение, 1981. – 136 с.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

12. Ляхович, Л.С. Многокомпонентные диффузионные покрытия / Л.С. Ляхович, Л.Г. Ворошнин, Г.Г. Панич, Э.Д. Щербаков. – Минск: Наука и техника, 1974. – 288 с.

13. Горбунов, Н.С. Диффузионные покрытия на железе и стали / Н.С. Горбунов. – М.: Изд-во АН ССР, 1958. – 205 с.

14. Горбунов, Н.С. Вакуумный метод термохромирования / Н.С. Горбунов. – М.: Изд-во АН ССР, 1955. – 42 с.

15. . Горбунов, Н.С. Диффузионные покрытия / Н.С. Горбунов, Е.В. Проскурин. – М.: Металлургия, 1972. – 247 с.

16. Samuel, R. Metal Treatment and Drop Forging / R. Samuel, N. Lockington. – 1955. – V.22 – №117. – 119 p.

17. . Ворошнин, Л. Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – Минск: ФТИ, – 2011. – 148 с.

18. Твердые износостойкие гальванические покрытия (Материалы семинара). Сборник — М.: Изд-е Московского Дома научно-техн. пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского, 1976, 159 с.

19. *шлугер М. А.* Ускорение и усовершенствование хромирования деталей машин. М.: Машгиз, 1961, 140 с.

20. *Кишкое В. А.* — В кн.: Износостойкие электрохимические покрытия в машиностроении и ремонтном деле. Сборник 1. — М.: Изд-е Московского Дома научно-техн. пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского, 1962, с. 3—15

21. Петров Ю. Н., Косов В.П., Стратулат М.П. Ремонт автотракторных деталей гальваническими покрытиями - «Картя Молдовеняскэ», 1976

22. Кетрарь А.Д., Стратулат М.П. Восстановление гильз тракторных двигателей износостойкими хромовыми покрытиями// Ремонт деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин электролитическими способами: Сб. науч. тр. КСХИ. - Кишинев, 1974, с. 102-108.

23. Ивашку С. Особенности процесса хромирования с использованием индуктивно-емкостных устройств. Автореф. док. дисс. раб., Кишинев, 2012, 26 с.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

24. Корнейчук Н.И. Гальвано механический способ восстановления деталей машин. //Новые технологические процессы восстановления деталей машин. - Кишинев; изд. «Штиинца» , 1988 с. 10-21.

25. Корнейчук И.Н. Интенсификация хромирования восстанавливаемых деталей сельскохозяйственной техники. Автореф. канд. дисс. М.; 1996, 17с.

26. Корнейчук Н.И., Котомчин А.Н. Использование электролитов хромирования для восстановления и упрочнения деталей машин.// Материалы 6-й Всероссийской научно-практической конференции. - Уфа, Башкирский ГАУ, 2015 с. 130-137.

27. Черемпей В.А. Влияние повышенных плотностей тока на поведение электролитов хромирования. // Восстановление и упрочнение деталей машин износостойкими покрытиями. Кишинев; изд. "Штиинца", 1995, с. 51-56.

28. Батищев А.Н., Голубев И.Г., Лялякин В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники.– М.: Информагротех, 1995.– 295 с.

29. Дружков Г.Ф. Ремонт и восстановление деталей и сопряжений технологического оборудования лесного комплекса: Текст лекций.– М.: МГУЛ,1997.– 79 с.

30. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин.– М.: Машиностроение, 1989.– 478 с.

31. Ресурсообеспечение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. Ч 1,2. В.И.Черноиванов и др.– М.:ГОСНИТИ,– ФГНУ Информагротех – 2002.– 780 с.

32. Справочник по технологическим и транспортным машинам лесопромышленных предприятий и техническому сервису. Под ред. В.В.Быкова, А.Ю. Тесовского.– М.: МГУЛ, 2000. –564 с).

33. Черноиванов В.И. Восстановление деталей машин.– М.:ГОСНИТИ, 1995.–278 с.

34. Синельников А.Ф. Основы технологии производства и ремонта автомобилей: учебное пособие. – М.: «Академия», 2011. – 320с.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

35. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей: учебное пособие. – М.: «Академия», 2012. – 496с.

36. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. СПб: Изд-во Политехн. Ун-та, 2008. – 406с.

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

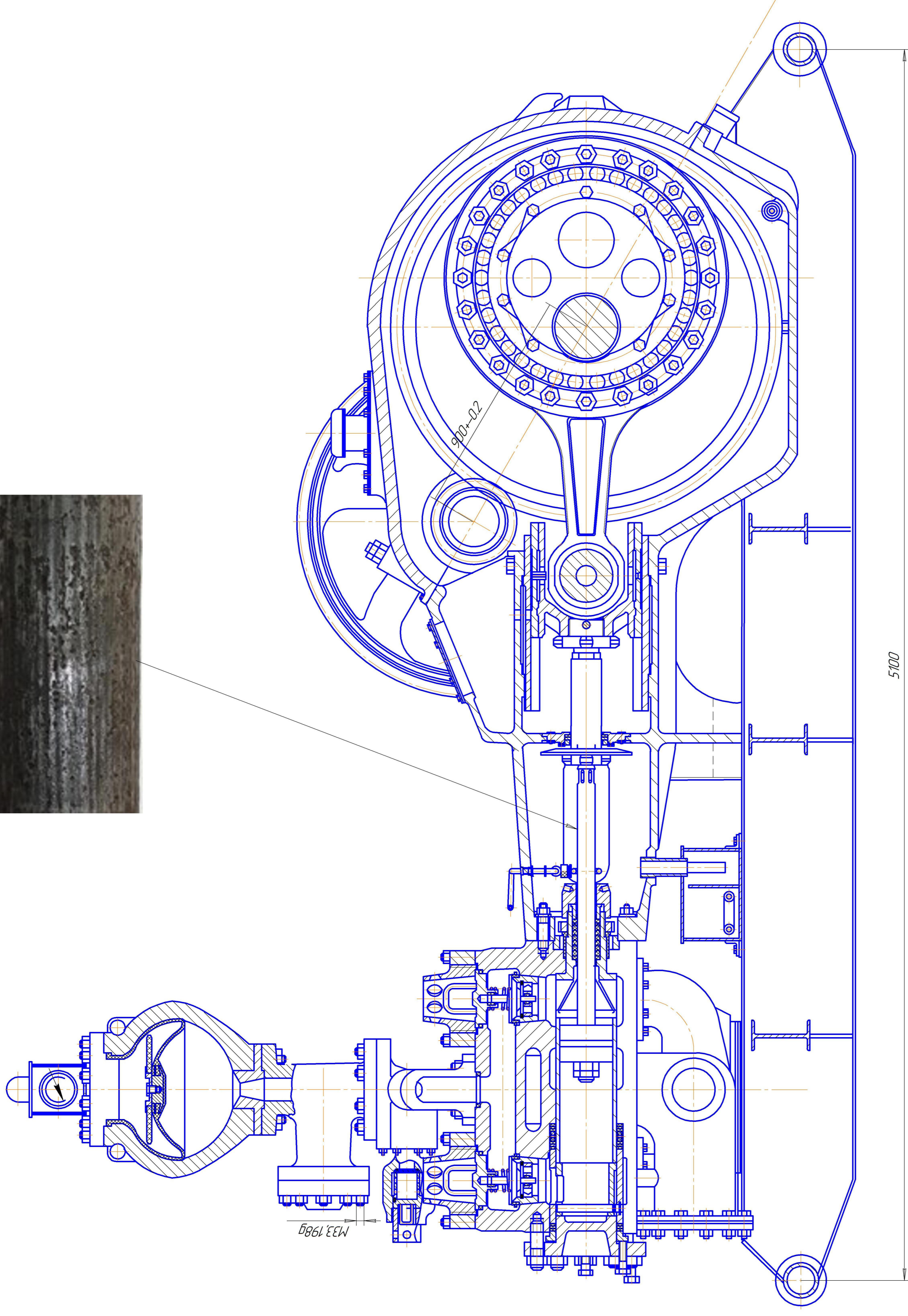
ДОДАТКИ

					<i>МР.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

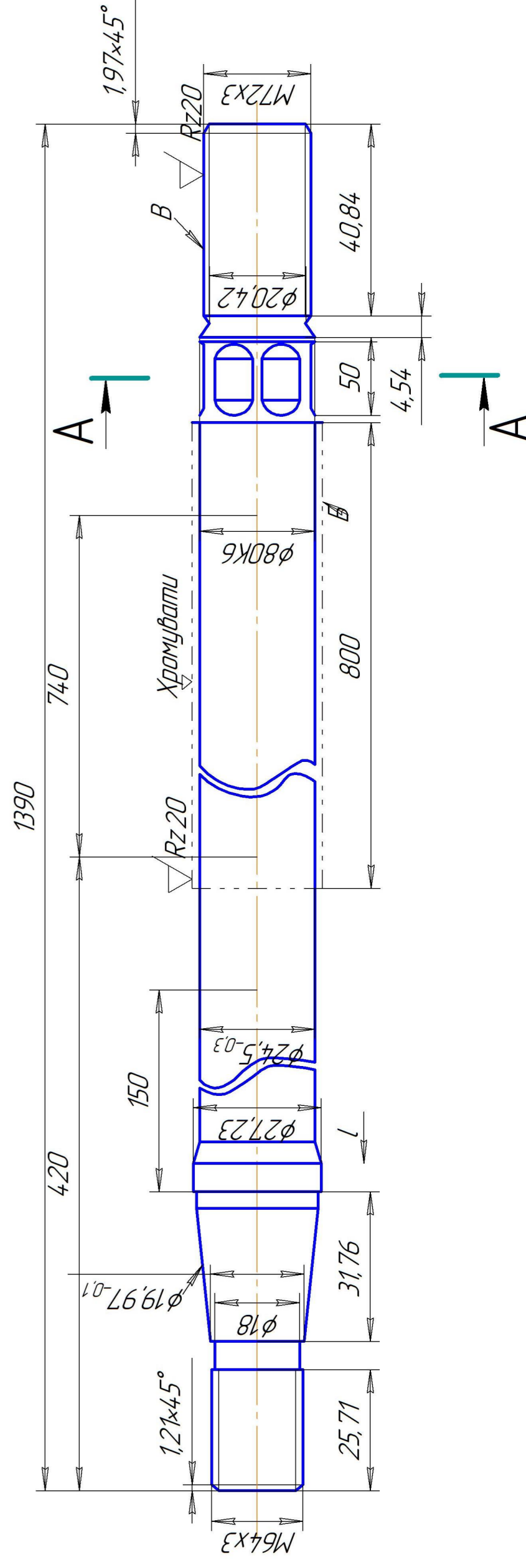
Додаток А

					<i>MP.ПМКм-139.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

Зношена ділянка штока



Шток



Технічні вимоги

- 1 Стендабі випробовування насоса працюють відповідно інструкцій
- 2 Між стіпряними поверхнями корпусу гідравлічної кародки і станини не повинен провадити щуп товщиною 0.1мм
- 3 Не допускаються місії і прабали щупа на довжину більше 100%
- 4 Загального периметра стіпрянених поверхонь
- 5 Ластікна фарада в один колір з насосом
- 6 Сумарна пляма контакту в зубчатому зачепленні по висоті не менше 45%, по довжині – не менше 60%

Технічна характеристика

1 Насос двуробий	УНБ-600
2 Карисна потужність, кВт	585
3 Гарадічна потужність, кВт	487
4 Число циліндрів	2
5 Хід поршня	400
6 Діаметр штока, мм	80
7 Максимальне число ладійних ходів, 1/хв	66
8 Максимальний тиск, МПа	25
9 Гарадішним	5120
довжина	2592
ширина	3178
висота	

МР.ПМЖМ-139.00.00.002

Насос двуробий
УНБ-600

Лист 1

Лист 2

Лист 3

Лист 4

Лист 5

Лист 6

Лист 7

Лист 8

Лист 9

Лист 10

Лист 11

Лист 12

Лист 13

Лист 14

Лист 15

Лист 16

Лист 17

Лист 18

Лист 19

Лист 20

Лист 21

Лист 22

Лист 23

Лист 24

Лист 25

Лист 26

Лист 27

Лист 28

Лист 29

Лист 30

Лист 31

Лист 32

Лист 33

Лист 34

Лист 35

Лист 36

Лист 37

Лист 38

Лист 39

Лист 40

Лист 41

Лист 42

Лист 43

Лист 44

Лист 45

Лист 46

Лист 47

Лист 48

Лист 49

Лист 50

Лист 51

Лист 52

Лист 53

Лист 54

Лист 55

Лист 56

Лист 57

Лист 58

Лист 59

Лист 60

Лист 61

Лист 62

Лист 63

Лист 64

Лист 65

Лист 66

Лист 67

Лист 68

Лист 69

Лист 70

Лист 71

Лист 72

Лист 73

Лист 74

Лист 75

Лист 76

Лист 77

Лист 78

Лист 79

Лист 80

Лист 81

Лист 82

Лист 83

Лист 84

Лист 85

Лист 86

Лист 87

Лист 88

Лист 89

Лист 90

Лист 91

Лист 92

Лист 93

Лист 94

Лист 95

Лист 96

Лист 97

Лист 98

Лист 99

Лист 100

Лист 101

Лист 102

Лист 103

Лист 104

Лист 105

Лист 106

Лист 107

Лист 108

Лист 109

Лист 110

Лист 111

Лист 112

Лист 113

Лист 114

Лист 115

Лист 116

Лист 117

Лист 118

Лист 119

Лист 120

Лист 121

Лист 122

Лист 123

Лист 124

Лист 125

Лист 126

Лист 127

Лист 128

Лист 129

Лист 130

Лист 131

Лист 132

Лист 133

Лист 134

Лист 135

Лист 136

Лист 137

Лист 138

Лист 139

Лист 140

Лист 141

Лист 142

Лист 143

Лист 144

Лист 145

Лист 146

Лист 147

Лист 148

Лист 149

Лист 150

Лист 151

Лист 152

Лист 153

Лист 154

Лист 155

Лист 156

Лист 157

Лист 158

Лист 159

Лист 160

Лист 161

Лист 162

Лист 163

Лист 164

Лист 165

Лист 166

Лист 167

Лист 168

Лист 169

Лист 170

Лист 171

Лист 172

Лист 173

Лист 174

Лист 175

Лист 176

Лист 177

Лист 178

Лист 179

Лист 180

Лист 181

Лист 182

Лист 183

Лист 184

Лист 185

Лист 186

Лист 187

Лист 188

Лист 189

Лист 190

Лист 191

Лист 192

Лист 193

Лист 194

Лист 195

Лист 196

Лист 197

Лист 198

Лист 199

Лист 200

Лист 201

Лист 202

Лист 203

Лист 204

Лист 205

Лист 206

Лист 207

Лист 208

Лист 209

Лист 210

Лист 211

Лист 212

Лист 213

Лист 214

Лист 215

Лист 216

Лист 217

Лист 218

Лист 219

Лист 220

Лист 221

Лист 222

Лист 223

Лист 224

Лист 225

Лист 226

Лист 227

Лист 228

Лист 229

Лист 230

Лист 231

Лист 232

Лист 233

Лист 234

Лист 235

Лист 236

Лист 237

Лист 238

Лист 239

Лист 240

Лист 241

Лист 242

Лист 243

Лист 244

Лист 245

Лист 246

Лист 247

Лист 248

Лист 249

Лист 250

Лист 251

Лист 252

Лист 253

Лист 254

Лист 255

Лист 256

Лист 257

Лист 258

Лист 259

Лист 260

Лист 261

Лист 262

Лист 263

Лист 264

Лист 265

Лист 266

Лист 267

Лист 268

Лист 269

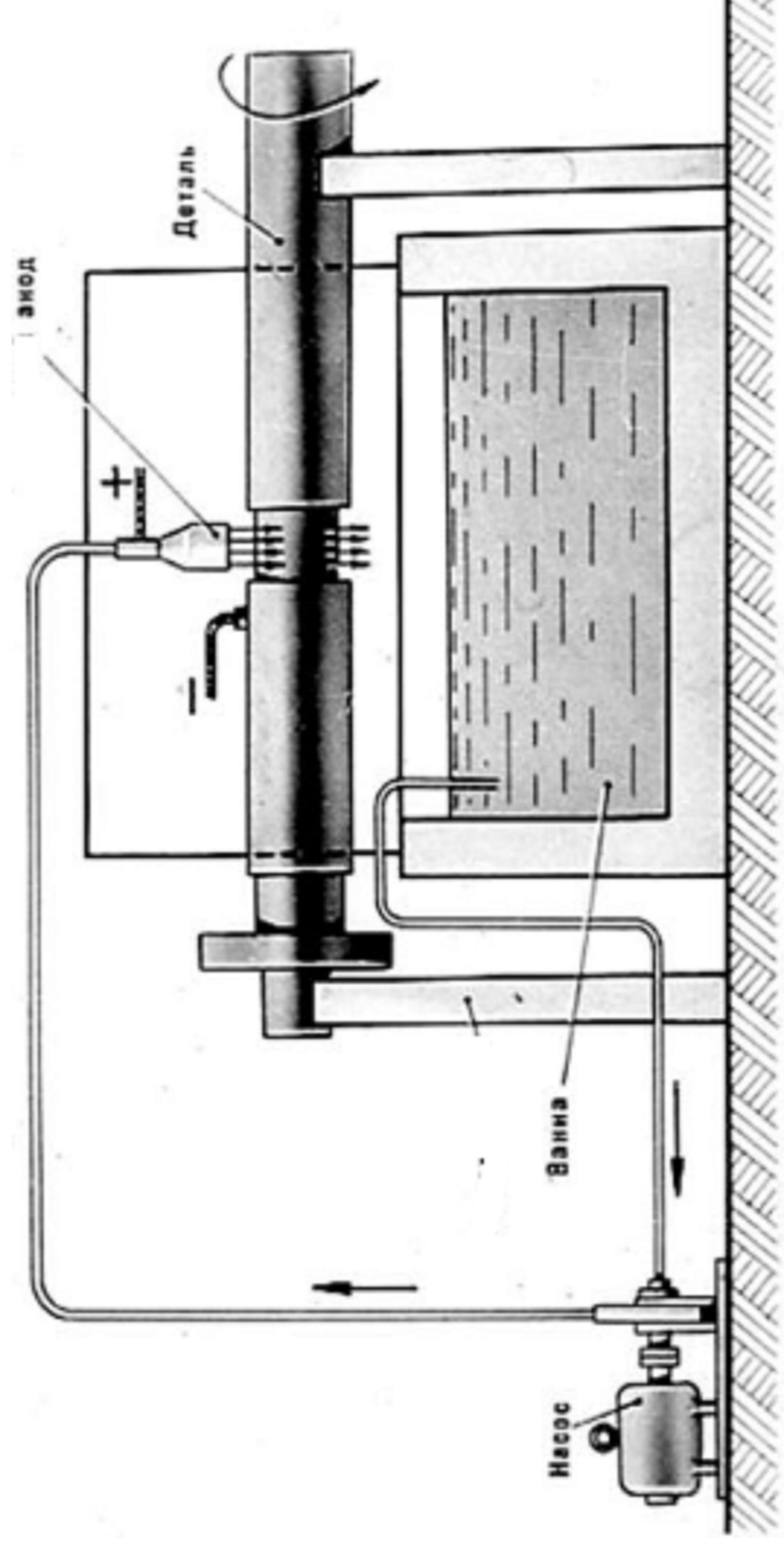
Лист 270

Лист 271

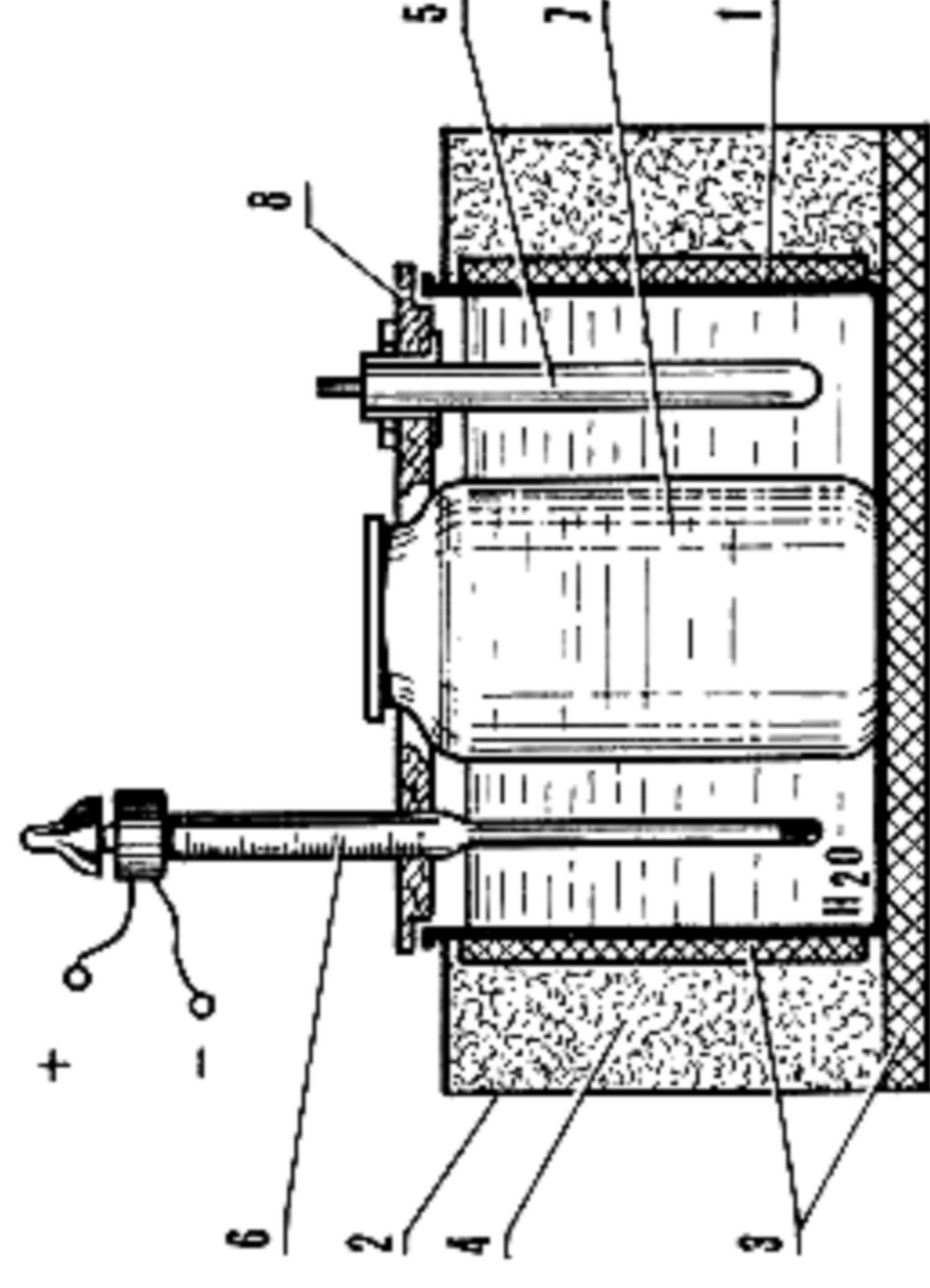
Лист 272

Лист 273

Схема процесу хроміювання

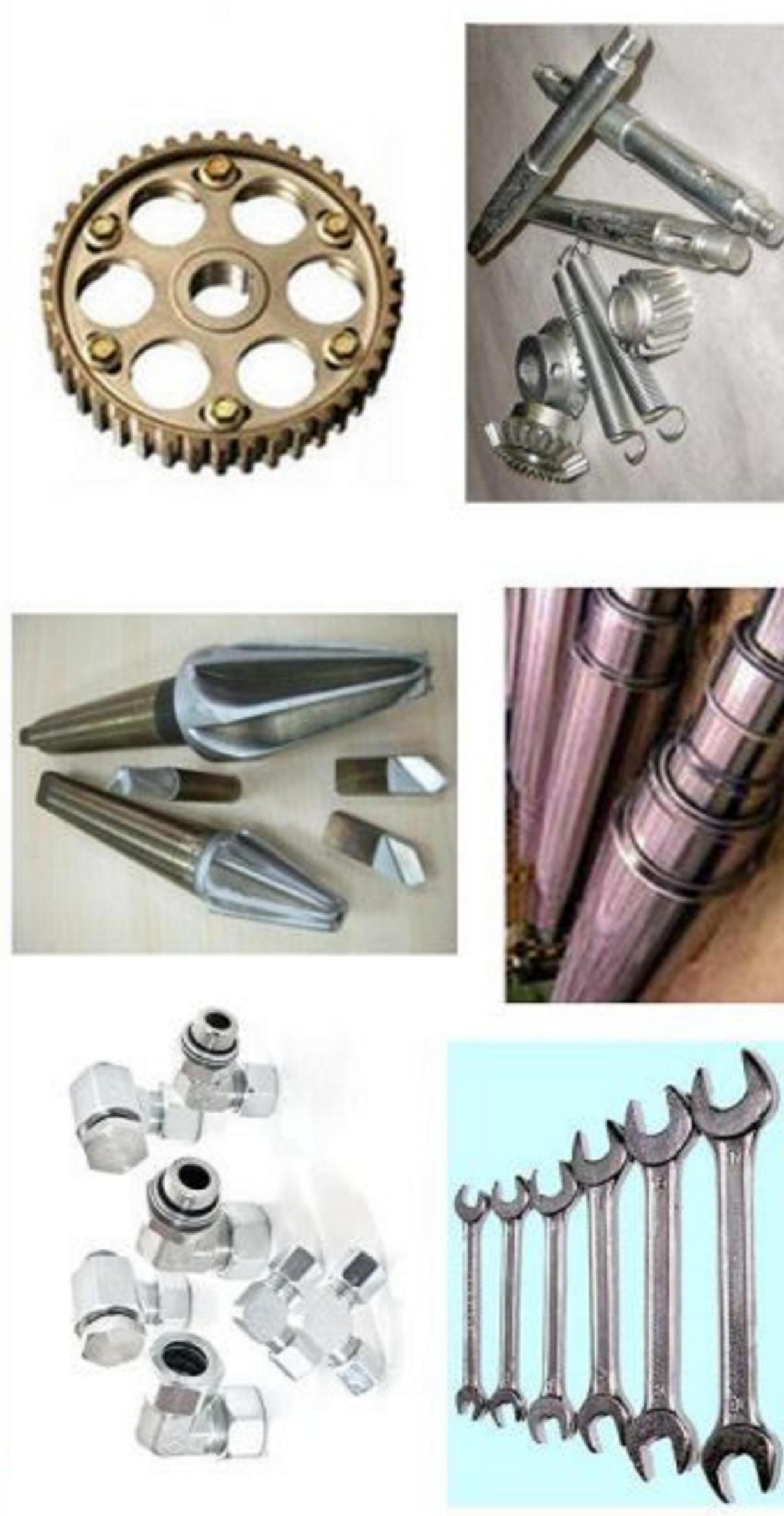


Гальванічна ванна



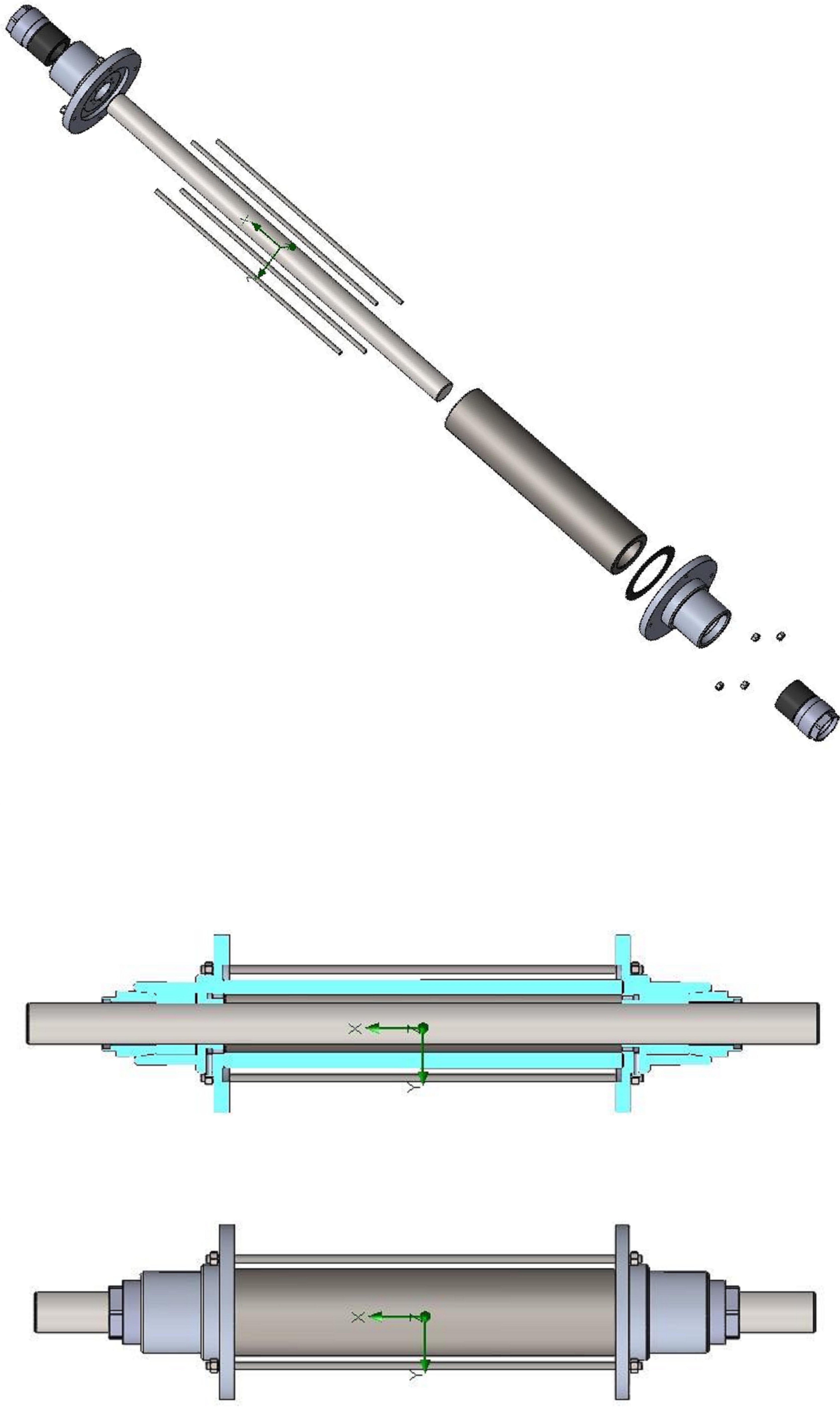
- 1-внутрішній корпус;
- 2-корпус;
- 3-теплоізоляція;
- 4-теплоізолюючий шар;
- 5-нагрівник;
- 6-термометр;
- 7-ємність;
- 8- кришка.

Використання хромових покриттів



МР.ПМЖМ-139.00.00.003		Лист	Листів	Масштаб
Використання хромових покриттів		Лист	Листів	Масштаб
та схема процесу хроміювання		Лист	Листів	Масштаб
ІФНТ УНГ		Листів		
ПМЖМ-20-1		Листів		
Функція		Листів		
Копіювати		Листів		
А1		Листів		

Розробка 3D-моделі електрохімічної комірки для хромування циліндричних деталей в проточному електроліті



Таблиця. Операції технологічного процесу зміцнення деталей електрохімічним хромуванням у проточному електроліті

Номер	Назва операції
1	Гартування
2	Знежирювання
3	Промивання в холодній воді
4	Встановлення деталі в електрохімічній комірці
5	Прогрівання
6	Анодне декапірування
7	Електрохімічне хромування в проточному електроліті
8	Промивання в холодній воді
9	Промивання в гарячій воді
10	Демонтаж деталі з електрохімічної комірки
11	Сушіння
12	Контроль

МР.ПМЖК-139.00.00.006	
Операції технологічного процесу електрохімічного хромування у проточному електроліті деталей	Масштаб
№ докум. Додат.	Лист
Розроб. Зав. № ОР	Лист
Лаб. Роль № ЛЯ	Лист
Технар. Роль № ЛЯ	Лист
Реценз. Роль № ЛЯ	Лист
Інженер. Роль № ЛЯ	Лист
Узл. Роль № ЛЯ	Лист
ІФНТУНГ	
ПМЖК-20-1	
Формат А1	

