

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико – технічний інститут, Факультет будівництва, архітектури і дизайну
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра композиційних матеріалів, хімії і технологій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Вплив гранулометричного складу порошків і тиску
пресування на якість виробів із титану

Виконав: студент (ка) II курсу, групи БАД – 218м

Спеціальності 132 Матеріалознавство

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Композиційні та порошкові матеріали, покриття

Місюра М. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Волчок І. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Скребцов А. А.

(прізвище та ініціали)

2019 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Фізико-технічний інститут, Ф-т будівництва, архітектури, дизайну
 кафедра КМХТ
 ступінь вищої освіти магістр
 спеціальність 132 матеріалознавство
 (код і найменування)
 освітня програма (спеціалізація) Навколишнє середовище: матеріали, технології
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КМХТОлександр О.А. Міщенко

« » 20 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Місто Микола Віталійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Вплив розміру метричного складу порошків і тиску пресування на якість виробів з титану

Рівень проекту (роботи) Виктор Іван Петрович, ф.т.н., професор
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від « 08 » 11 20 19 року № 367

Строк подання студентом проекту (роботи) 10.12.2019р.

Вихідні дані до проекту (роботи) Технологія виготовлення порошкових виробів з титану

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно зробити) Вступ; 1. Властивості титану; 2. Матеріали і методи дослідження; 3. Вплив дисперсності порошків і тиску пресування на властивості виробів з титану; 4. Технологія виготовлення деталей, втулки цупового насоса; 5. Планування з виробництва деталей; 6. Техніко-економічні показники; 7. Техніка безпеки; 8. Загальні висновки по роботі; 9. Перелік джерел; 10. Додатки

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Принципова схема одержання титану; 2. Залежність пористості від тиску пресування і дисперсності порошків; 3. Залежність мех. властивостей від пористості; 4. Вплив дисперсності порошків на мікроструктуру; 5. Зернистість і схема фазового розподілу; 6. Техніко-економічні показники; 7. Техніка безпеки і охорона праці

Консультанти розділів проекту (роботи)

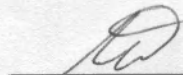
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5.	Валюк І.Б., професор каф. КММТ	І.В.Валюк	І.В.Валюк
6.	Акімцов Ю.В., доцент каф. ОПМС	Ю.В.Акімцов	Ю.В.Акімцов
7.	Борисенко І.Г., доцент	І.Г.Борисенко 03.11.19	І.Г.Борисенко 03.12.19
8.	Нориско-Котроль Анімея І.В.	І.В.Нориско-Котроль	І.В.Нориско-Котроль

Дата видачі завдання « 10 » вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вступ	10.09.2019	І.В.Валюк
2.	Властивості та технологія порошкової металургії	30.09.2019	І.В.Валюк
3.	Матеріали і методи дослідження порошкових веродів	15.10.2019	І.В.Валюк
4.	Вплив дисперсності порошків і тиску пресування на властивості веродів з титану	11.11.2019	І.В.Валюк
5.	Порівняння порошкового, литого і деформованого титану	18.11.2019	І.В.Валюк
6.	Розробка технології виготовлення деталі «Втулка»	25.11.2019	І.В.Валюк
7.	Розробка плану фінанси для виготовлення деталі	02.12.2019	І.В.Валюк
8.	Техніко-еконімічний аналіз	03.12.2019	І.В.Валюк
9.	Загальні висновки по роботі	04.12.2019	І.В.Валюк
10.	Передік посилань.	05.12.2019	І.В.Валюк

Студент(ка)


(підпис)

Літвиненко М. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

І.В.Валюк
(підпис)

Валюк І.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 64 стор., 10 рис., 10 табл., 15 джерел, 1 дод.

Предмет дослідження – процеси пресування і спікання порошкових виробів із титану.

Об'єкт дослідження – структура, пористість, механічні властивості виробів з порошкового титану.

Мета роботи: дослідження впливу дисперсності порошків і тиску пресування на пористість і механічні властивості порошків титану.

Метод дослідження: теоретичний і експериментальний.

В роботі наведено експериментальні дослідження впливу дисперсності (фракційного складу) порошкового титану. ПТ виробництва ДП «Державний науково – дослідний і проектний інститут» (м. Запоріжжя) і тиску пресування в межах від 500 до 900 МПа на структуру і механічні властивості зразків і виробів, одержаних методами порошкової металургії. Виконано порівняння механічних властивостей деформованого, литого і порошкового титану. Встановлено, що останній внаслідок більш низької ціни при незначно менших міцності і пластичності є перспективним матеріалом для використання в хімічній, авіаційній, нафтовій та інших галузях промисловості.

Ключові слова: ТИТАН, ПОРОШКОВА МЕТАЛУРГІЯ, ПРЕСУВАННЯ, ПОРИСТІСТЬ, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ.

ESSAY

Graduation paper: pages 64, illustrations 10, tables 10, references 15, supplements 1.

Research subject – Compressing and sintering processes of powder titanium articles.

Research object – structure, porosity, mechanical properties of articles, produced from powder titanium.

Purpose of the work – Investigation of titanium powder grain sizes and compressing pressure on porosity and mechanical properties of articles.

Investigation methods – theoretical and practical.

The experimental, describing of specimens and articles from granular composition and compressing pressure of powder titanium PT at 500, 600, 700, 800 and 900 MPa are presented in the paper. The comparison of mechanical properties of rolled, cast and powder titanium was executed. It was established, that powder titanium articles have low cost, lightly less tensile strength and relative elongation as compared with rolled and cast titanium. As result powder titanium articles maybe used in chemical, aviation, oil and in others industry branches.

TITANIUM, POWDER METALLURGY, COMPRESSING, POROSITY, MECHANICAL PROPERTIES.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Властивості титану	
1.1 Загальна характеристика титану.....	7
1.2 Технологія виробництва титану.....	8
1.3 Технологія порошкової металургії.....	12
1.4 Спікання порошків титану.....	17
1.5 Мета і задачі роботи.....	22
Розділ 2. Матеріали і методи дослідження	
2.1 Матеріали.....	23
2.2 Виготовлення експериментальних зразків.....	24
2.3 Визначення об'ємної пористості пресовок.....	26
2.4 Механічні властивості.....	27
Розділ 3. Вплив технологічних факторів на властивості порошкових виробів із титану	
3.1 Вплив тиску пресування на пористість пресовок.....	28
3.2 Дослідження пористості виробів з титану.....	30
Розділ 4. Техніко – економічні показники.....	37
Розділ 5. Техніка безпеки при надзвичайних ситуаціях.....	44
Висновки.....	61
Перелік джерел	62
Додаток А.....	64

ВСТУП

Важливими характеристиками титану є його мала густина – 4505 кг/м, висока корозійна стійкість в морській воді, деяких кислотах та інших агресивних середовищах. Завдяки малій густині титан має високу питому міцність, що дозволяє значно зменшити масу виробів. Ця особливість титанових сплавів широко використовується в авіаційній, космічній, хімічній, металургійній, оборонній, в останній час – автомобільній промисловості. Висока міцність і корозійна стійкість сплавів титану дозволяє виготовляти з них корпуси підводних човнів, деталі фюзеляжу і крил надзвукових літаків, диски та лопатки турбін, панелі та шпангоути ракет. Титан і його сплави використовують у вигляді компактних і порошкових виробів.

Дана робота присвячена дослідженню якості виробів із титану в залежності від фракційного складу порошків та величини тиску пресування.

На якість виробів впливає зносостійкість титану, його довговічність, відсутність порогу холодноламкості, а також те, що він немагнітний. Вміст домішок впливає на механічні властивості титану, які підвищують міцність, проте зменшують пластичність.

РОЗДІЛ 1

ВЛАСТИВОСТІ ТИТАНУ І ТЕХНОЛОГІЯ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ

1.1 Загальна характеристика титану

Титан – поліморфний метал сріблясто - білого кольору, температура плавлення 1668 ° С. Кристалічна ґратка його до 882,5 ° С – гексагональна щільно пакована (α - Ti), при більш високих температурах – гране центрована кубічна (β - Ti). По щільності (4505 кг/м³) титан займає проміжне положення між сплавами алюмінію і сталями – найбільш важливішими конструкційними матеріалами. За питомою міцністю титан при кімнатній температурі переважає алюміній і деякі леговані сталі [1, 2]. Незважаючи на значне поширення в природі, титан було відкрито в 1791 році, а в металевому стані здобуто у 1910 р.

Механічні властивості титану залежать від вмісту в ньому домішок: кисню, азоту, вуглецю. Вони підвищують міцність, але значно зменшують його пластичність. Шкідливою домішкою є водень, який знижує пластичність і ударну в'язкість.[2]

Титан технічної чистоти володіє високою корозійною стійкістю в багатьох агресивних середовищах. По цьому показнику він переважає нержавіючу сталь і наближається до благородних металів. Також титан не розчиняється в органічних і мінеральних кислотах, в тому числі і в царській горілці. Він інтенсивно взаємодіє лише з 4 неорганічними кислотами: соляною, сірчаною, плавиковою і ортофосфатною.[3]

Як конструкційний матеріал, титан має ряд переваг перед іншими металами: він корозійностійкий за рахунок утворення поверхневої плівки Ti_2O_3 , немагнітний, не має порогу холодноламкості. Основними недоліками титану є складний процес його отримання, котрий складається з цих етапів: збагачення руди, отримання оксиду TiO_2 і чотирьоххлористого титану, відновлення, отримання титанової губки та вакуумне рафінування. [4]

Суттєві недоліки – це низький модуль пружності (0,1 – 0,145 ГПа), схильність до повзучості, низька теплопровідність (в 15 разів менше, ніж у Al); низькі антифрикційні властивості, незадовільна оброблюваність різанням.

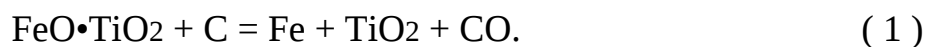
Технічний спосіб виробництва чистого титану розробив у 40 х рр. ХХ ст. В. Кролл, який працював у Німеччині та США. Ця технологія має найбільше поширення, і складається з таких процесів: збагачення руди та отримання оксиду титану, добування хлориду титану, відновлення титану, отримання титанової губки.

1.2 Технологія виробництва титану

Серед відомих мінералів титану основне промислове значення мають два: рутил - природний оксид титану TiO_2 і ільменіт $FeTiO_3$, який входить до складу титанових залізних руд. Ці руди умовно поділяють на два типи: корінні – ільменіт - титан –магнетитові та розсіпні – рутил - ільменіт - цирконові. Руди, що містять 6...35 % титану перед металургійною обробкою

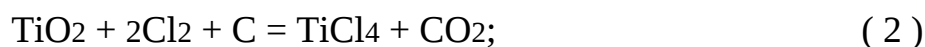
збагачують гравітаційним способом або магнітною чи електростатичною сепарацією. З відновленого і науглецьованого заліза утворюється чавун, а оксид титану переходить до шлаку, який містить до 80...90 % TiO_2 . [4]

Після збагачення руда містить 35% титану та оксиди заліза. Для їх відокремлення проводять відновну плавку в електродугових печах із застосуванням коксу. При температурі близько 1650 ° C здійснюється реакція відокремлення оксиду Ti:



Далі виконується хлорування оксиду титану з метою одержання його хлориду. У промисловості найбільшого поширення набули способи хлорування або брикетування, або використання порошкоподібної суміші в розплаві хлоридів. У першому випадку оксид титану змішують з подрібненим вугіллям або нафтовим коксом (20...25 % м. шихти), додають кам'яновугільну смолу і з отриманої суміші пресують брикети. Основний недолік процесу – великі витрати на виготовлення брикетів.

Хлорування подрібнених титанових шлаків або рутилових концентратів проводять при температурі 700...900 ° C за наявності вуглецю:



Металотермічне відновлення титану до металевого стану проводять магнієм в атмосфері аргону або гелію і отримують титанову губку. У реторту, де міститься магній, з напірного баку подають хлорид титану, пара якого взаємодіє з магнієм:



Реакція відновлення титану екзотермічна. Теплота, що виділяється, повністю забезпечує перебіг процесу. Тверді часточки відновленого титану спікаються в пористу масу – губку, а рідкий $MgCl_2$ випускають крізь лютку. Залишки титану із губки видаляють дистиляцією у вакуумі за температури $950...1000^{\circ}C$. Далі для одержання виробів застосовують два технологічних процеси:

1. Виготовлення з титанової губки витратних електродів, їх переплав і рафінування титану в вакуумних або електронно – променевих печах, отримання зливків та виготовлення деталей методами обробки металів тиском, литва та механічної обробки;
2. Виробництво із титанової губки порошків, їх обробка та виготовлення деталей методами порошкової металургії.

Основними перевагами першого процесу є висока якість металу та хороша продуктивність; недоліками є висока вартість рафінуючих переплавів і низький коефіцієнт використання металу ($0,3...0,7$). Переваги другого процесу: високий коефіцієнт використання металу ($0,97... 0,99$), відсутність дорогокоштуючих вакуумних переплавів, а недоліки – висока вартість прес – форм, важкість отримання деталей складної форми [5, 6]. Виходячи з цього, в даній роботі було обрано другу технологію, засновану на порошковій металургії.



Рисунок 1.1 – Схема виробництва титану.

1.3 Технологія порошкової металургії

Визначну роль у розробці безвідходних, матеріалозберігаючих виробничих процесів (зниження витрат дефіцитних матеріалів) в технології машинобудування належить порошковій металургії.

Порошкова металургія – галузь техніки, яка включає в себе виготовлення металевих порошків, а також виробів із них або їх сумішей і композицій з неметалами. Можна створити матеріали із різних компонентів з різко відрізняючими властивостями і температурою плавлення.

Порошкова металургія є однією із найбільш ефективних і перспективних технологій, яка успішно конкурує з литвом, обробкою різанням, тиском і іншими методами, які дозволяють знижувати втрати металу, отримувати вироби високої міцності і високої якості.

Методом порошкової металургії отримують: тверді сплави для виготовлення ріжучого, бурового та іншого інструменту, деталей, які піддаються інтенсивному зносу; високопористі матеріали для виготовлення фільтрів; антифрикційні і фрикційні матеріали для виробництва підшипників, втулок, деталей зчеплення, гальмівних систем; жароміцні і жаростійкі матеріали для виробництва виробів, працюючих в умовах високих температур; матеріали складних складів (псевдосплави) для виготовлення електричних контактів; магнітні матеріали для виготовлення постійних магнітів, магнітоелектриків, корозійностійкі сплави із титану.

Технологічний процес порошкової металургії складається з наступних стадій: виробництво металевого порошку; надання йому потрібної форми

(формування); нагрів заготовки (спікання); додаткова обробка спечених деталей [7, 8].

Хімічний склад порошку характеризується вмістом в ньому основного металу, домішок, газів, механічних забруднень, і залежить від методу виробництва і хімічного складу вихідної сировини.

Із отриманих металевих порошків виготовляють вироби різних форм і розмірів, підвищеної міцності. Процес виготовлення виробів складається з підготовки порошку, формування і пресування, спікання заготовок і оздоблювальних операцій.

Перед формуванням проводять підготовку порошку: відпал – для підвищення пластичності і пресуємості; класифікацію – розділ на фракції по розміру; приготування сумішей (шихти). При змішуванні компонентів у випадку необхідності додають пластифікатори (стеарат цинку, парафін та ін.), легкоплавкі присадки, покращуючі спікання, летучі речовини для отримання виробів з заданою пористістю. Основним методом формування є пресування порошку в прес – формі, при складних конфігураціях застосовують інші методи формування. Методи отримання порошків викладені у роботі [7].

Пресуванням одержують брикети (пресовки) у прес - формі, робочі деталі якої виготовлені за формою готового виробу. Основна мета пресування – надати виробу задану форму і певну міцність, щоб виріб не руйнувався в процесі виготовлення. Після пресування виріб не має достатньої міцності, оскільки окремі порошинки зчеплені між собою лише за рахунок механічних сил, тоді як в компактному матеріалі існують сили міжатомної взаємодії.

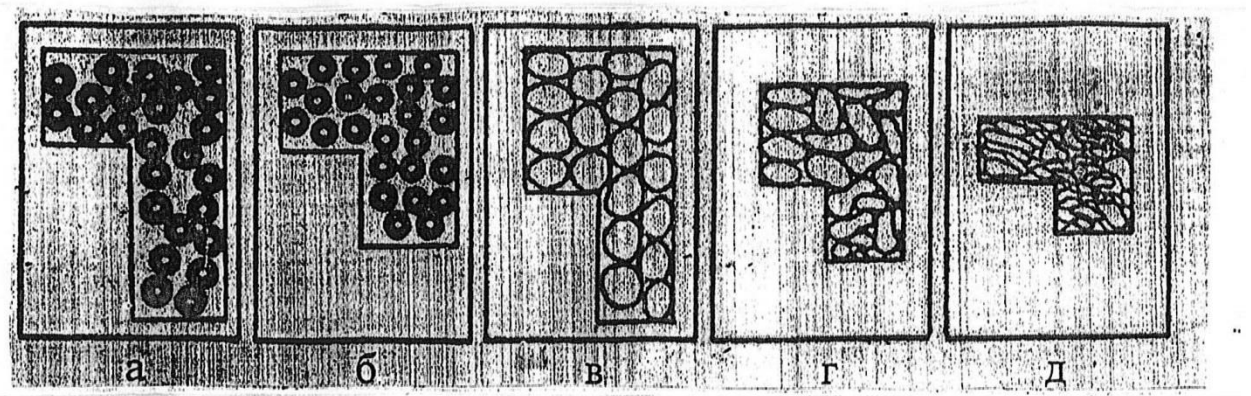
Щоб вибрати режим пресування, необхідно встановити залежність густини пресовок від тиску пресування (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Зміна густини пресовок залежно від зусилля пресування.

На прямолінійному відрізку кривої відбувається відносне переміщення частинок. Робота пресування на цьому етапі витрачається на подолання сил механічного тертя між частинками, для чого потрібний невеликий тиск. Етап II відповідає пластичній деформації порошків. На це витрачаються більші зусилля, а густина зростає повільніше. На етапі III густина заготовки практично не збільшується, що пояснюється ускладненням пластичної деформації порошків у зв'язку з наклепом. В той же час внутрішні напруження в міру зростання тиску на цьому етапі підвищуються, що може призвести до руйнування заготовок після випресовування. Таким чином, щоб отримати достатньо високу густину виробу і запобігти утворенню великих внутрішніх напружень, раціонально обмежити тиск другим етапом.

Питомий тиск пресування залежить від природи матеріалу, необхідної густини, форми брикету та інших факторів і в середньому коливається в межах 100 – 1000 МПа. На рис. 1.3. наведено схеми пластичної деформації частинок порошку в процесі пресування.



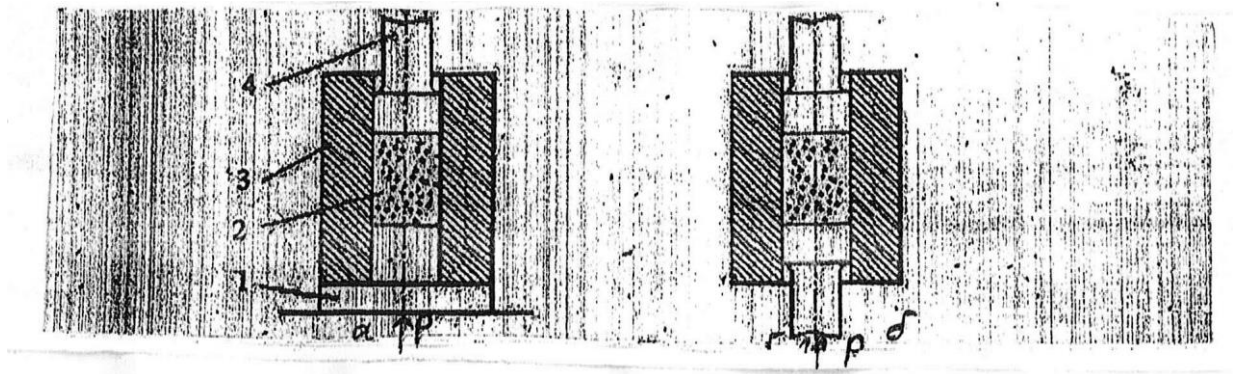
а – засипка порошку; б, в – руйнування містків; г – початок деформації; д – закінчення пресування.

Рисунок 1.3 – Стадії пресування в закритих прес – формах.

Для одержання пресовки матрицю встановлюють на підкладці, в неї засипають необхідну кількість шихти і пресують пуансоном (рис. 1.4). Готовий виріб видаляють з прес – форми. Для цього підкладку замінюють кільцем, крізь отвір в якому виріб виходить з прес - форми. Після випресовування розміри заготовки збільшуються внаслідок пружної післядії.

Густина брикету за висотою неоднорідна: чим більша відстань від пуансона, тим менша густина. Тому для підвищення однорідності густини заготовок використовують двостороннє пресування.

При двосторонньому пресуванні після заповнення матриці порошком до верхнього пуансона прикладають тиск для попереднього пресування. Потім видаляють підкладку і пресують двома пуансонами. В такому разі необхідний тиск для одержання рівномірної густини знижується на 30 – 40%.



а – одностороннє, б – двостороннє; 1 – підкладка, 2 – шихта, 3 – матриця, 4 – пуансон.

Рисунок 1.4 – Схема пресування.

Одностороннім пресуванням одержують заготовки простої форми з відношенням висоти до діаметра менше одиниці та заготовки втулок з відношенням зовнішнього діаметра до товщини стінки менше 3. Двостороннє пресування використовують для формоутворення заготовок великих розмірів і складної форми.

Великі заготовки одержують гідростатичним пресуванням, яке полягає в обтискуванні порошку, розміщеного в еластичній (гумовій оболонці, рідиною в гідростаті під тиском 2 ГПа. Цей метод дозволяє отримувати заготовки великих розмірів (циліндри, труби) з рівномірною густиною в усьому об'ємі.

1.4 Спінання порошкових виробів

Спінання проводиться при температурі $0,7 - 0,9$ від абсолютної температури плавлення металу порошку однокомпонентної порошкової системи або ж в багатокомпонентній системі основного металу. В процесі спінання за рахунок якісної і кількісної зміни контактів, пов'язаної з більшою рухомістю атомів при підвищених температурах, збільшується поверхня зчеплення частинок, підвищується щільність і міцність виробів, змінюються їх лінійні розміри і фізико хімічні властивості в результаті ряду процесів, протікаючих в області високих температур: дифузії, адгезії, рекристалізації і т. і.

Процес спінання порошкової шихти як спресованої, так і неспресованої, котра знаходиться в стані вільної насипки, і складається із ряду появ, які можуть бути поділені на основні і побічні. До основних появ спінання відноситься: зчеплення частинок порошку, сферодизація пор, усадка або ріст виробу. До побічних відносяться такі появи, котрі не у всіх випадках супроводжують процес спінання, наприклад десорбція газів, зняття залишкових напружень, утворення твердих розчинів або хімічних сполук.

Основна відмінність порошкових тіл від компактних – це їх термо – динамічна нестійкість. На відміну від компактних, порошкові матеріали володіють значною питомою поверхнею і пов'язаною з нею великою кількістю поверхневих спотворень з малим радіусом кривизни. У зв'язку з цим в процесі спінання металевих порошків велике значення набуває вільна енергія, пов'язана з поверхнею частинок, яка, звільнюючись при нагріві, наряду з відновленням спотвореної атомно – кристалічної ґратки являється основною рухомою силою процесу.

Фізико – хімічна сутність процесу спікання однокомпактної порошкової системи схематично розглядана за допомогою наступного прикладу. До спікання зчеплення між частинками здійснюється за рахунок сил механічного заклинювання і взаємного тяжіння електричних полів, величина яких в місцях контакту може наближатися до величини міжатомних сил зчеплення компактних металів. Однак число таких контактів мале і міцність між частинками за рахунок таких сил виходить дуже незначною (рис. 1.5).

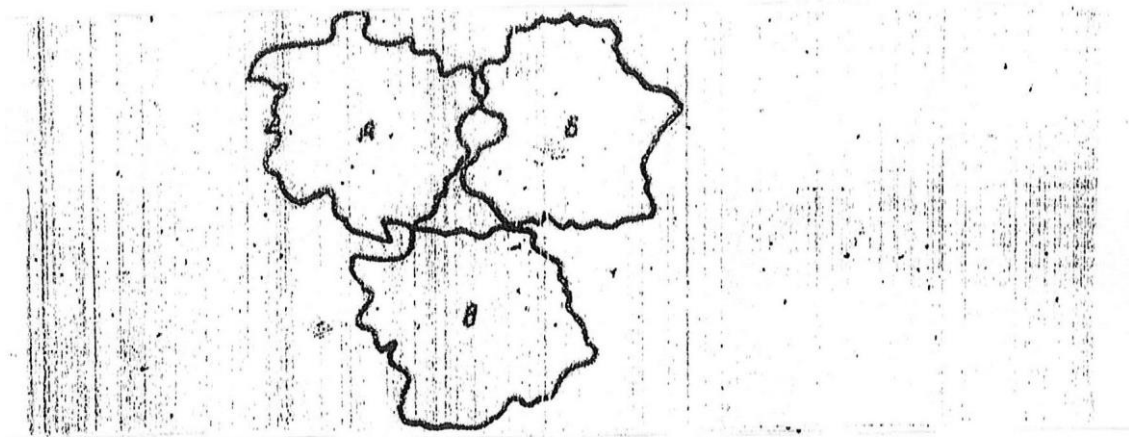


Рисунок 1.5 – Схема стану частинок порошку до спікання.

Зміна фізичних і механічних властивостей порошкових виробів при спіканні залежить від переміщення атомів металу частинок порошку до місць контакту заповнення порами. В теперішній час встановлені наступні можливі варіанти механізму процесу: шляхом поверхневої дифузії; шляхом об'ємної «діркової» дифузії; дифузією по межах зерен; випаровуванням і конденсацією; пластичною і в'язкою течією. У вузлах атомно – кристалічної ґратки розташовуються атоми металу, які весь час здійснюють коливальні рухи відносно центру вузла ґратки.

Амплітуда цих коливань визначається температурою металу з підвищенням якої коливальні рухи атомів збільшуються. При досягненні певної температури положення атомів у вузлах ґратки стає нестійким і виникає можливість переходу їх з одного вузла в інший. Мірою рухомості атомів в цьому випадку слугує швидкість зміщення атомів із даного положення рівноваги [6].

Середня швидкість, при якій атом залишає положення рівноваги, виражається формулою: $v = ae^{\frac{R}{QT}}$, де a – коефіцієнт, котрий характеризує матеріал; e – основа натурального логарифму; Q – енергія активації, необхідна для зміщення атому із даного положення; R – газова стала; T – абсолютна температура.

Таким чином, вже при низьких температурах спікання можливі процеси переміщення (міграції) атомів на контактних ділянках частинок внаслідок високої рухомості поверхневих атомів. Атоми, які знаходяться в енергетично «невигідних» позиціях, легко покидають свої місця (вістря, ребра частинок і т. і.) і прагнуть зайняти більш стійке положення у впадинах частинок. У вузьких, клиновидних ділянках міжатомного простору високо рухомі атоми нерідко колективізуються на обидві сусідні частинки, тобто починають належати одночасно обом частинкам. Колективізація атомів за рахунок процесу поверхневої дифузії і є основною причиною зміцнення порошкових тіл при спіканні в області низьких температур. Причому найбільше зміцнення при найменшій затраті енергії спостерігається в тих контактних поверхнях, де кристалічна ґратка однієї частинки є як би продовженням кристалічної ґратки другої частинки.

Однак поверхнева дифузія атомів не може бути основою для значного зміцнення і особливо для ущільнення порошкових виробів. Поверхнева міграція атомів відіграє важливу роль тільки в процесі між часткового

зчеплення, так як завдяки поверхневій дифузії може відбуватися збільшення міжчасткових контактів без помітного зменшення сумарного об'єму пор. Поверхня співдотику контактних ділянок за рахунок міграції атомів згладжується, що збільшує істинну величину металевого контакту, а існуючі пори піддаються сферодизації [9].

Найбільш ефективний прояв поверхневої дифузії спостерігається при низьких і середніх температурах спікання. При високих внаслідок зменшення питомої поверхні частинок і великої температурної залежності коефіцієнту об'ємної дифузії отримує переважний розвиток об'ємна дифузія, а значення поверхневої дифузії зменшується. Таким чином, при високих температурах спікання прогресує процес самодифузії, що виражається в зниженні механічної міцності металу частинок, підвищенні його пластичності і здатності до об'ємної течії під дією сил поверхневого натягу. З підвищенням температури сили поверхневого натягу, діючі на межах твердих, але вже більш пластичних і деформованих частинок, викликають «затікання» металу частинок в пори, їх заповнення і усадку спікаємого виробу.

В той же час в області низьких температур при спіканні дрібних порошків велику роль відіграє стан поверхні частинок і пов'язані з нею процеси. Так як об'ємна дифузія ще не має суттєвого значення, то перенос атомів в основному відбувається за рахунок поверхневої дифузії. Процеси випаровування (конденсації), як і процеси течії металу, в умовах низької температури мають підпорядковане значення. При високих температурах першорядна роль належить об'ємній дифузії.

Усадка при спіканні відбувається в дві стадії: спочатку швидка пластична деформація, а потім повільний дифузійний кріп (повзучість). Експериментальна перевірка цього явища показала, що усадка при спіканні є результатом протікання нестационарного дифузійного кропу(текучості).

Затухання усадки з часом пов'язано зі зміцненням пористого тіла у процесі плавлення і «лікуванням» дефектів, виправленням кристалічної ґратки і зменшенням концентрацій вакансій.

Розвитку збираючої рекристалізації перешкоджають пори і плівки (газові, окисні), на поверхні порошкових частинок. Ці фактори, перешкоджаючи росту зерен за межі окремих частинок, обумовлюють невеликі розміри зерен у спечених виробках. Пори також перешкоджають між частковій збираючій рекристалізації. Тому чим крупніше частинки порошку, тим більший розмір пор. Металографічні дослідження спечених брикетів із дрібних і крупних порошків показують, що при застосуванні дрібних порошків контури окремих частинок зникають при значно більш низьких температурах.

На відміну від компактних металів, в порошкових матеріалах дуже важко встановити температуру початку і кінця росту зерен. Це пов'язано з тим, що при пресуванні незалежно від тиску значного подрібнення частинок порошку не відбувається, в особливості для порошків із пластичних металів.

1.5 Мета і задачі роботи

1. Дослідити (сумісно з О. Е. Капустяном) вплив гранулярного складу порошків титану (4 фракції) і тиску пресування від 500 до 900 МПа на пористість і механічні властивості пресовок після спікання.
2. Виконати порівняння досліджень двох методів визначення пористості: металографічного та вагового.
3. За допомогою вагового методу визначити вплив тиску пресування і гранулометричного складу порошків на механічні властивості порошкових виробів.
4. Виконати випробування технології виготовлення продукції з порошкового титану на деталі «втулка валу мулового насосу»(додаток А).
5. За результатами дослідження зробити доповіді на двох науково – технічних конференціях та опублікувати тексти доповідей в матеріалах конференції.
6. Виконати техніко – економічний аналіз виготовлення деталей з порошкового титану.
7. Навести в роботі основні положення з охорони праці та техніки безпеки в промислових умовах.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для виготовлення спечених виробів в якості шихтового матеріалу застосовували порошок марки ПТ різного фракційного складу виробництва ДП «Державний науково – дослідний і проектний інститут титану». Зразки для проведення випробувань механічних властивостей та досліджень структури отримували шляхом формоутворення одностороннім холодним пресуванням в сталевих прес – формах з подальшим твердофазним спіканням та механічним обробленням до потрібних розмірів.

Хімічний склад зразків визначали спектральним методом згідно ГОСТ 19863.1-91...ГОСТ 19863.14-91 з використанням приладу «SPECTROMAX». Структуру зварних з'єднань досліджували із застосуванням мікроскопу «Observer.D1m» фірми CARLZEISS. Поверхні руйнування досліджували на мікроскопі МСП – 2 фірми «ЛЮМО».

2. 1 Матеріали

Метою роботи було дослідження впливу гранулометричного складу порошків і тиску пресування на пористість і механічні властивості виробів з титану марки ВТ 1 – 0. В якості об'єктів досліджень було обрано дві фракції титанових порошків марки ПТ: дрібно і крупнозерниста (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Фракційний хімічний склад порошків титану марки ПТ
(ТУ 14-10-026-98)

Фракція порошку, мм	Вміст елементів, мас. %						
	Ti	Fe	O	N	Cl	Si	C
-0,28+0,10	основа	0,08- 0,10	0,06- 0,08	0,03- 0,04	0,06- 0,08	0,01- 0,04	0,01- 0,03
-0,80+0,63	основа	0,02- 0,10	0,06- 0,08	0,02- 0,04	0,05- 0,08	0,005- 0,02	0,01- 0,02

Виробником наведених в таблиці порошків є ДП «Державний науково-дослідний і проектний інститут титану» (м. Запоріжжя).

2. 2 Виготовлення експериментальних зразків

Перед виготовленням зразків методом пресування і спікання порошки проходили операцію сушіння в вакуумній печі типу СНО при температурі 300 ° С протягом 40 хв. Для вивчення впливу розміру і фракції тиску пресування на пористість і механічні властивості порошкових виробів виготовляли заготовки, які мали форму паралелепіпеда і розміри 11 x 11 x 55 мм. Тиск пресування на гідравлічному пресі ДБ 2432 А складав 500, 600, 700, 800 і 900 МПа, що забезпечувало різний рівень пористості в заготовках.

Спікання зразків здійснювали в лабораторній вакуумній печі моделі СНВЕ – 1.3.1/16 за режимом: нагрів зі швидкістю 20 ° С/хв до температури 1250 ±10° С,ізотермічна витримка при цій температурі 180 хв в вакуумі 13,3 Па з наступним охолодженням разом із піччю і у вакуумі до кімнатної температури.

В роботах [10, 11, 12] наведено результати дослідження пористості титанових пресовок, які визначали згідно ГОСТ 1778 – 70 лінійним методом Розівалю за допомогою металографічного мікроскопу. Головними недоліками цієї методики є: значна трудомісткість, невисока точність в зв'язку з тим, що пористість по перерізу пресовки непостійна. В зв'язку з цим в нашій роботі, (як буде показано в п. 2.3, і в розділі 3), використано ваговий метод визначення пористості. Для того, щоб одержати заготовки 11 x 11 x 55 мм постійного розміру, маса навіски порошоків зменшувалася зі зменшенням тиску пресування (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Маса навіски порошоків для виготовлення заготовок 11 x 11 x 55 мм в залежності від тиску пресування

Фракція порошку, мм	Маса навіски, г, при тиску пресування, МПа				
	900	800	700	600	500
-0,28+0,10	29,5	29,0	28,5	27,5	26,0
-0,80+0,63	28,5	27,5	26,5	23,5	21,0

Заготовки 11 x 11 x 55 мм було використано для виробництва зразків діаметром 5 мм для випробувань на розтяг, а також для визначення пористості пресовок в залежності від їх маси і об'єму.

2. 3 Визначення об'ємної пористості пресовок

Найбільшого поширення визначення пористості набули два методи: 1) лінійним методом Розівалю вимірів маси і об'єму пресовки та з використанням формули (5); 2) шляхом їх відношення щільністю компактного (безпористого) матеріалу. До недоліків першого методу відносяться значна працемісткість та невисока точність внаслідок нерівномірності пористості за об'ємом пресовки через тертя порошку об стінки прес – форми. В даній роботі обрано другий метод пористості завдяки його оперативності та точності.

Пресовки 11 x 11 x 55 мм після спікання піддавали шліфуванню з метою зниження шорсткості їх поверхні та підвищення точності визначення розмірів. Пористість визначали за формулою, наведеною в підручнику В. М. Плєскача і І. П. Волчка [13]:

$$П = (1 - \rho_{\text{вир}} / \rho_{\text{к}}) \cdot 100 \%, \quad (5)$$

де $\rho_{\text{к}}$ - густина компактного титану (4505 кг/м);

$\rho_{\text{вир}}$ – фактична густина виробу (пресовки), кг/м .

Для визначення густини пресовок їх розміри визначали за допомогою мікрометра, а масу – за допомогою електронних терезів.

2. 4 Механічні властивості

Механічні властивості при статичних навантаженнях (межа міцності, відносне видовження і звуження) визначали відповідно ГОСТу 18227-85 на механічно оброблених зразках типу 3, № 7(ГОСТ 1497 - 84) на розривній машині ІР 100-0.

Твердість визначали методом Брінеля (ГОСТ 9012-59), ударну в'язкість за ГОСТ 26528-98 на зразках з квадратним перерізом 10 x 10 мм і надрізом з радіусом 1 мм.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ДИСПЕРСНОСТІ ПОРОШКІВ І ТИСКУ ПРЕСУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИРОБІВ ІЗ ТИТАНУ

3.1 Вплив тиску пресування на пористість пресовок

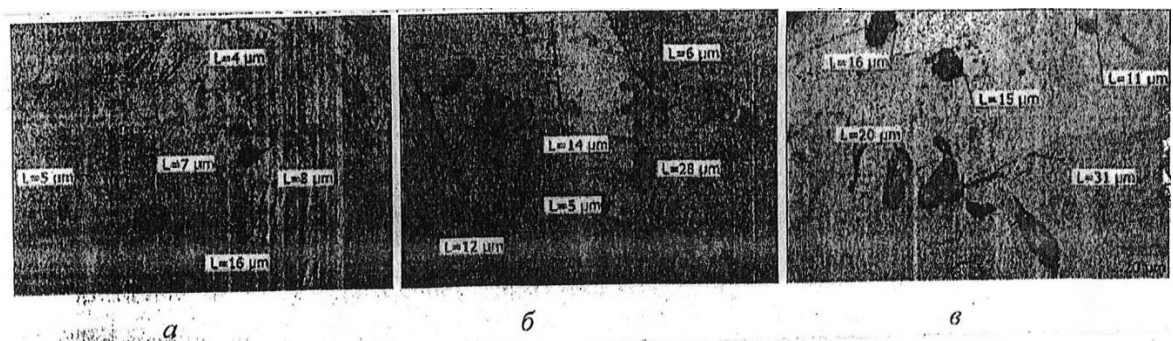
В розділі 1 відзначалося, що в якості конструкційного матеріалу титан має ряд переваг перед іншими металами: він корозійностійкий за рахунок утворення поверхневої плівки Ti_2O_3 , немагнітний, не має порогу холодноламкості, має невисоку щільність (4500 кг/м^3), високу температуру плавлення (1672°C) і достатньо високий рівень механічних властивостей. Основними недоліками титану є висока хімічна активність і, внаслідок цього, складний процес його отримання, який включає етапи: збагачення руди, отримання двоокису титану, отримання чотирьох хлористого титану, відновлення титану і отримання титанової губки. Далі із губки пресують витратні електроди і методом їх переплаву у вакуумних дугових і електронно - променевих печах здійснюють рафінування титану і отримання злитків масою до 10 тон для виробництва виробів методами обробки тиском і лиття.

Частина титанової губки використовується для отримання порошків і виробництва виробів методами порошкової металургії. Ця технологія не потребує дорогих вакуумних переплавів і забезпечує високий коефіцієнт використання металу ($0,95...0,98$), але потребує вивчення впливу технологічних факторів на якість порошкових виробів.

В сумісних з О. Е. Капустяном роботах [14, 15] вивчали вплив фракційного складу порошків титану і тиску пресування на пористість і

механічні властивості одержаних із них виробів. Дослідження проводили на чотирьох фракціях порошків титану ВТ 1 – 0, мм: $-0,28 + 0,10$; $-0,45 + 0,28$; $-0,63 + 0,45$; $-0,80 + 0,63$. Зразки для аналізу структури і механічних випробувань виготовляли в спеціальних прес – формах під тиском від 500 до 900 МПа на гідравлічному пресі АБ 2432А. Спікання зразків проводили впродовж 180 хв в лабораторній вакуумній печі при температурі $1250 \pm 10^\circ \text{C}$ і тиску 13,3 Па. В процесі металографічних досліджень на шліфах за допомогою окуляра – мікрометра зі шкалою визначали максимальний і середній розміри пор в мкм і їх кількість в об'ємних відсотках лінійним методом Розівалія. Показники міцності, пластичності, твердості і ударної в'язкості визначали на стандартних зразках.

Результати досліджень (рис. 3.1) показали, що зі збільшенням розміру фракції порошку в дослідних межах, розмір пор $d_{\text{пор}}$ зростає в 2,5 рази при тиску пресування 500 МПа, і в 3,5 рази при 900 МПа. Збільшення розміру фракції порошку призводило до зросту розміру пор приблизно в 2 рази при малих тисках і в 1,5 рази при великих. Приведені на рисунку 3.2 залежності підтверджуються результатами металографічного аналізу структури пресовок трьох фракцій порошку, отриманих при тиску пресування 700 МПа (рис. 3.1)



а – $-0,45 + 0,28$ мм; б – $-0,63 + 0,45$; в – $-0,80 + 0,63$ мм; L – максимальний лінійний розмір пори $d_{\text{пор.мах}}$.

Рисунок 3.1 – Вплив фракційного складу порошків на мікроструктуру спечених заготовок при тиску пресування 700 МПа.

Остання фракція може представляти інтерес при виробництві деталей, працюючих в умовах ударних навантажень і низьких температур. Більш високі значення ударної в'язкості порошкового матеріалу у порівнянні з монолитним литим і деформованим пояснюється тим, що пори гальмують поширення мікротріщин при ударних навантаженнях.

3.2 Дослідження пористості виробів з порошкового титану

Мета даного розділу роботи полягала в порівнянні двох методів визначення пористості: 1 - методу Розівалю та 2 – метод на основі відношення маси пресовок до об'єму(див. п. 2.3). Об'єктами дослідження було обрано порошки двох фракцій: $-0,28+0,10$ та $-0,80+0,63$. Зразки для випробувань мали розміри 11 x 11 x 55 мм тиск пресування складав 500, 600, 700, 800, 900 МПа.

В таблиці 3.1 і 3.2 наведено вихідні дані та результати розрахунків пористості для двох фракцій порошків титану. В цілому одержані результати незначною мірою відрізняються від результатів, які представлено в табл. 3.3. Однак слід відзначити, що розглянутий метод визначення пористості має значну перевагу перед металографічним методом Розівалю: витрати часу при його використанні зменшуються майже на порядок.

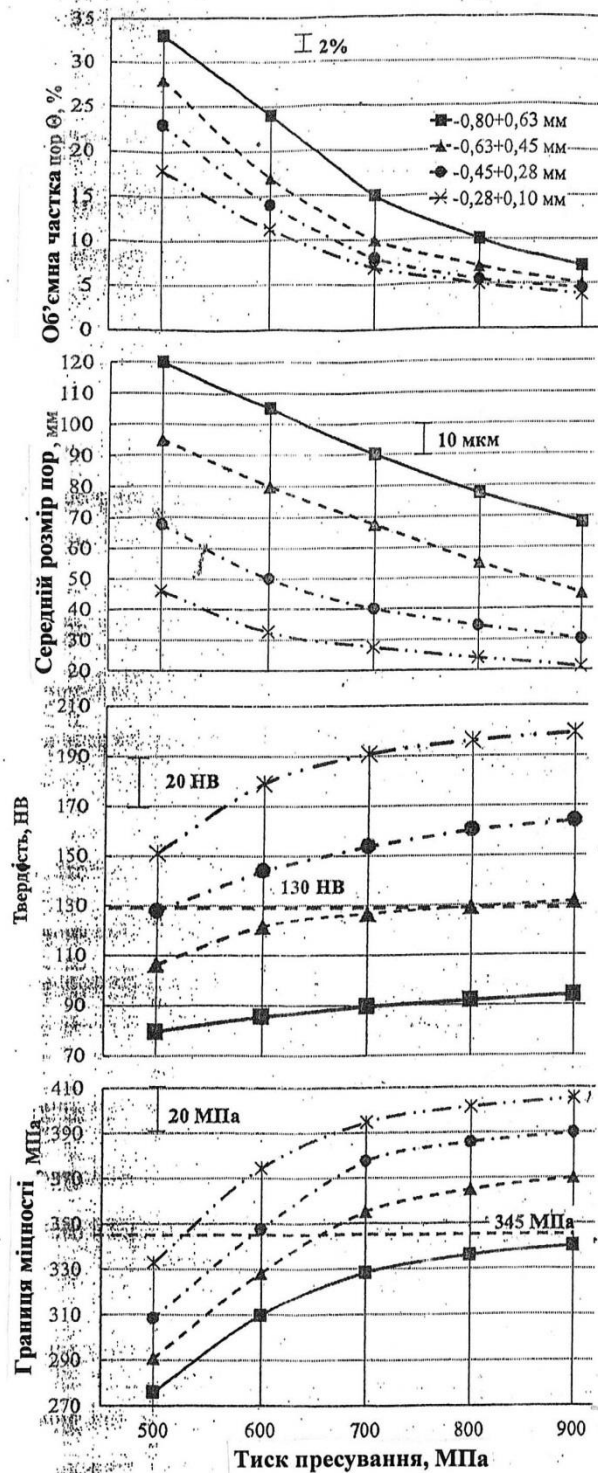


Рисунок 3.2 – Залежність об'ємної долі і середнього розміру пор і механічних властивостей від розміру фракцій порошку і тиску пресування: - - - - - нижня границя механічних властивостей, I – похибка експерименту.

Таблиця 3.1 –Вплив тиску пресування порошку титану фракції -0,28 +0,10 мм на пористість пресовок

Показники	Тиск пресування, МПа				
	500	600	700	800	900
Маса пресовки, г	24,32	25,10	26,30	26,88	28,60
Об'єм пресовки, см	6,640	6,635	6,630	6,630	6,625
Густина пресовки, г/см	3,661	3,782	3,967	4,054	4,317
Відношення $\rho_{\text{вир}} / \rho_{\text{к}}$	0,812	0,839	0,880	0,899	0,968
Пористість пресовки, %	18,8	16,1	12,0	6,8	4,2

Таблиця 3.2 – Вплив тиску пресування порошку титану фракції -0,80+0,63 мм на пористість пресовок 11 x 11 x 55 мм

Показники	Тиск пресування, МПа				
	500	600	700	800	900
Маса пресовки, г	20,44	22,18	24,08	27,06	27,93
Об'єм пресовки, см	6,655	6,340	6,641	6,650	6,648
Густина пресовки, г/см	3,071	3,340	3,625	4,069	4,201
Відношення $\rho_{\text{вир}} / \rho_{\text{к}}$	0,681	0,741	0,813	0,876	0,932
Пористість пресовки, %	31,9	25,9	18,7	12,4	6,8

Таблиця 3.3 – Вплив технологічних факторів на механічні властивості пресовок

Технологічні фактори		Механічні властивості		
Фракція порошку, мм	Тиск пресування, МПа	σ_v , МПа	δ , %	НВ
-0,28+0,10	500	269,4	4,6	80,0
	600	299,8	7,0	85,0
	700	318,6	7,6	89,6
	800	330,1	8,6	92,4
	900	341,8	9,2	94,3
-0,80+0,63	500	318,4	2,8	150,2
	600	362,8	4,3	179,3
	700	389,3	6,0	189,4
	800	392,7	6,5	195,8
	900	401,4	7,3	200,7

Таблиця 3.4 – Механічні властивості титану ВТ 1 – 0, отриманого за різними технологіями

Технологія виготовлення	Стан зразку	σ_v , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
Обробка тиском	гарячекатаний відпалений, ГОСТ 26492 – 85	≥ 345	≥ 15	≥ 40	-
Лиття	литий	≥ 343	≥ 10	≥ 20	≥ 131
Порошкова металургія	спечений, -0,28+0,1	270 - 34	4,6 – 9,	2,8 – 4,6	80 – 95
	спечений, -0,80+0,6	319 - 40	2,8 – 7,	6,5 – 8,6	150 - 20

Порівняння механічних властивостей деформованого і литого титану (нижній рівень за нормами стандартів) і одержаного в даній роботі порошкового титану (табл. 3.4) показує, що останній мав рівень міцностних властивостей і твердості, близький до рівня властивостей деформованого і литого титану марки ВТ 1 – 0, поступався їм за показниками пластичності і суттєво переважав за ударною в'язкістю.

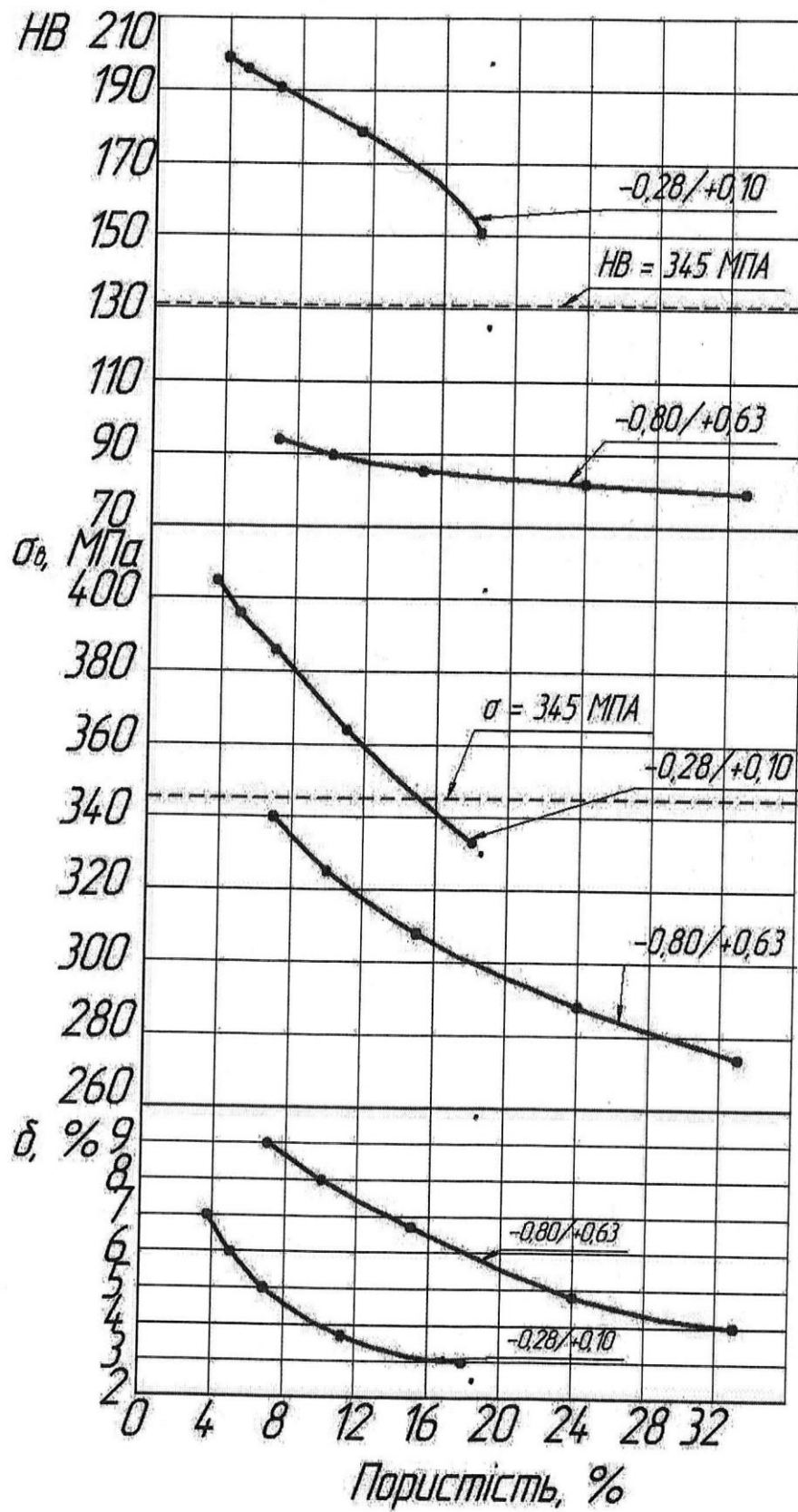


Рисунок 3.3 – Залежність механічних властивостей від пористості пресовок із титану.

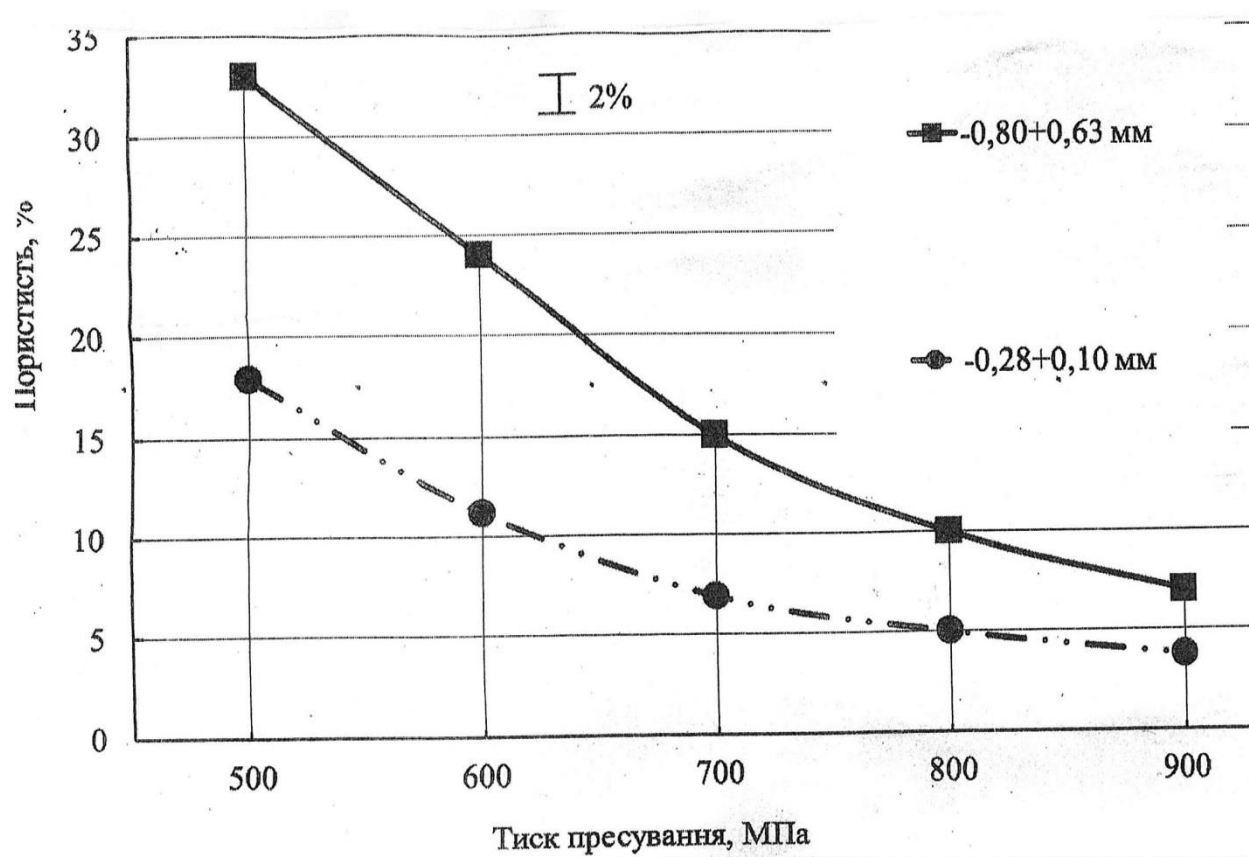


Рисунок 3.4 – Залежність пористості пресовок із титану від тиску пресування

4. Техніко – економічний аналіз

4.1 Характеристика ринку порошкових матеріалів.

Світовий ринок порошків виробничого призначення по різному оцінюється різними компаніями, проте, в цілому, може бути оцінений в 250-270 млрд. дол. США у 2014 році в залежності від звітності компаній. Так, велика частина великих компаній, представлених в секторі, працює не тільки з порошками виробничого призначення, а й з заводськими засобами і послугами в області охорони праці і часто розміри продажів неможливо розділити за сегментами. Значна частина порошків виробничого призначення, що виробляються в світі споживається США, Японією і країнами Західної Європи - розподіл одержуваного прибутку за географічним принципом представлено на малюнку 4.1.

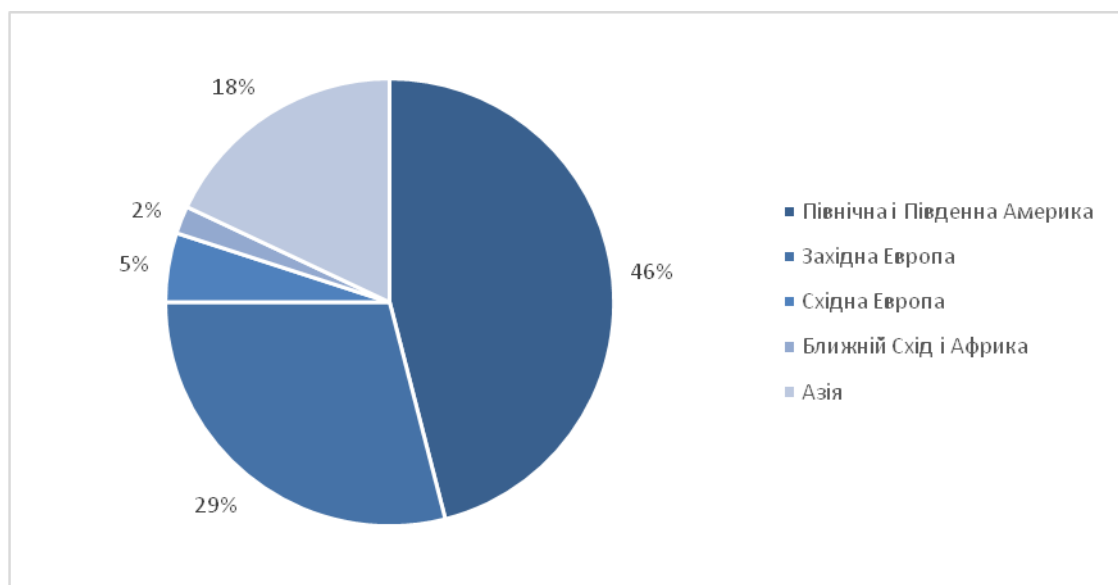


Рисунок 4.1 - Частки основних регіонів споживання порошків виробничого призначення та розподілу прибутку

Основними матеріалами, які використовуються для виготовлення втулок валів, є металеві сплави (титанові, кобальтові, нержавіючі сталі), полімери та кераміка. Незважаючи на інтенсивне зростання використання в виробках, що виплавляються, полімерів і керамічних матеріалів, металеві матеріали зберігають свою провідну роль (близько 60% всіх виробів). Частку виробів з титанових сплавів можна оцінити приблизно в 28% або 500 тис. грн. (рис. 4.2).

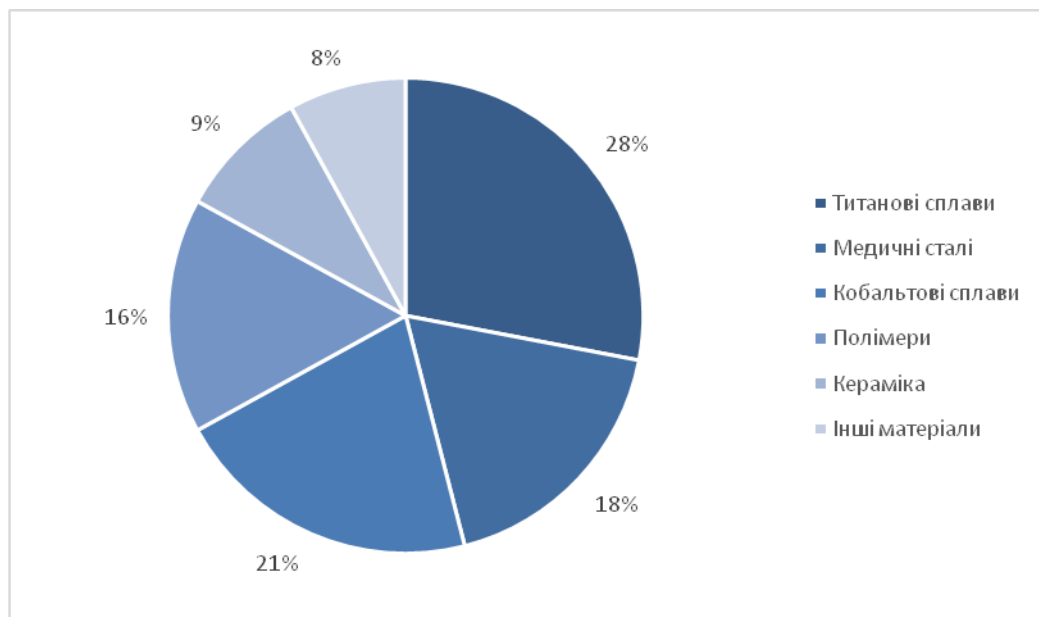


Рисунок 4.2 – Основні матеріали, які використовуються для виготовлення металевих деталей

Металеві матеріали, які використовуються для виготовлення виробів, повинні володіти корозійною стійкістю, біологічною інертністю, високим комплексом фізико-механічних властивостей і відносно низькою вартістю. За першими двома показниками титанові сплави значно випереджають своїх конкурентів – нержавіючі сталі і кобальтові сплави.

За абсолютним значенням міцності сплав ВТ1 – Одля втулки валу мулового насосу не поступається кобальтовим сплавам і перевершує нержавіючі сталі. За питомою міцністю титановий сплав перевершує «конкурентів» у 2 - 2,5 рази. Крім того, слід зазначити, що модуль пружності у титанових сплавах в два рази нижче, ніж у сталі і кобальтових сплавів. Для

виробничого застосування (деталі для переплавки, лиття, штампування, пресування і т.д.) це є великою перевагою, так як забезпечує більш високу механічну сумісність деталі з щільними технічними структурами виробу, у яких модуль пружності складає 5,20 ГПа.

Порівнюючи вартість основних типів напівфабрикатів виробничих сплавів, можна відмітити, що титанові сплави в цьому відношенні поступаються тільки нержавіючим сталям, перевершуючи кобальтові сплави в кілька разів. Все це дозволяє прогнозувати найкращі перспективи використання титанових сплавів в якості матеріалу для деталі втулки.

Ринок порошків виробничого призначення України скорочується в зв'язку з різким падінням курсу гривні, економічними труднощами в країні і скороченням держпідтримки технічної галузі. Так, в 2012-2013 році ринок порошків виробничого призначення України оцінювався в 250-260 млн. дол. США, в 2014 році - в 215 млн. дол. США, в 2015 році - за попередніми оцінками - менше ніж 200 млн. дол. США.

4.2 Економічне обґрунтування наукового дослідження

Метою цього розділу є обґрунтування доцільності використання технології термічної обробки титанових порошків зі сплаву ВТ 1 – 0.

Вартість сировини і основних матеріалів розраховується на основі технічно обґрунтованих норм використання на виробництво одиниці виробу, цін відповідних видів матеріальних ресурсів (табл. 4.2).

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники композиційних матеріалів.

Найменування	Базовий виріб	Новий виріб
1. Титановий порошок	ВТ 1 – 0	ВТ1 – 0
2. Технологія зміцнення	Відпал, гартування, старіння	Вакуумний відпал, гартування, старіння
3. Програма випуску	3000	3000

Таблиця 4.2 - Вартість основних матеріалів при термічній обробці

Найменування сировини та основних матеріалів	Норма використання	Ціна, грн	Вартість, грн
Водень	60 л	300 грн.	300 грн.
Вода технічна	0,03 м. куб	150 грн.	10,5 грн.
Вакуум	0,07 м. куб	950 грн.	950 грн
Разом		1260 грн.	310,5 грн.

Собівартість продукції є економічним та фінансовим показником діяльності підприємства, характеризує ефективність управління і є основою розрахунку ціни. Ціна визначається за формулою:

$$Ц = С + П, \text{ грн.}$$

де Ц – ціна виробу, грн.;

С – собівартість виробу, грн.;

П – прибуток, грн.

Собівартість продукції представляє вартісну оцінку природних ресурсів таких як сировина, основні матеріали, паливо, енергія, основні засоби, трудові ресурси, а також інші витрати на виробництво та продаж продукції. Собівартість відображає величину поточних витрат, які мають виробничий, некапітальний характер та забезпечують процес простого відтворення. Собівартість є економічною формою відтворення спожитих факторів виробництва. Повна собівартість виробу розраховується за формулою:

$$C = M + K + ZO + ZD + BC + ZBV + AB + BZ, \text{ грн}$$

де М - вартість сировини і основних матеріалів, грн;

К - вартість купівельних комплектуючих виробів, грн;

ЗО-основна заробітна плата основних виробничих робітників, грн;

ЗД - додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, грн;

BC - відрахування на соціальні заходи з заробітної плати основних виробничих робітників, грн;

ZBV - загально виробничі витрати, грн;

AB - адміністративні витрати, грн;

BZ - витрати на збут, грн.

Виробнича собівартість виробу (Cв) визначається за формулою:

$$Cв = M + K + ZO + ZD + BC + ZBV, \text{ грн}$$

Калькуляція собівартості і ціни продукції наведена в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Калькуляція собівартості термічної обробки

№ п/п	Статті витрат	Сума до модернізування, грн	Сума після модернізування, грн
1	Матеріали на термічну обробку	310,5	1260 грн.
2	Електроенергія	$2,42 \times (24 \text{ кВт/год} \times 0,33 \text{ год}) = 8,71$	$2,42 \text{ грн} \times (12 \text{ кВт/год} \times 0,15 \text{ год}) = 4,35 \text{ грн}$
3	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	50 грн/год	50 грн/год
4	Додаткова заробітна плата основних	6 грн/год	6 грн/год
5	Відрахування до єдиного соціального внеску 22 %	11,48 грн	11,48 грн
6	Загальновиробничі витрати	$50 \times \frac{500}{100} = 250 \text{ грн/год}$	$50 \times \frac{500}{100} = 250 \text{ грн/год}$
7	Адміністративні витрати	$\frac{50 \times 600\%}{100} = 300 \text{ грн.}$	$\frac{50 \times 600\%}{100} = 300 \text{ грн.}$
8	Собівартість виробнича	1209,32	1823,45 грн/год
9	Витрати на збут	$\frac{1209,32 \times 2\%}{100} = 24,18 \text{ грн.}$	$\frac{1823,45 \times 2\%}{100} = 36,47 \text{ грн.}$
10	Повна собівартість	2170,19	3741,75

Повна собівартість виробу після модернізування:

$$C_1 = 1260 + 4,35 + 50 + 6 + 11,48 + 250 + 300 + 831,45 + 16,63 = 3741,75 \text{ грн.}$$

Повна собівартість виробу до модернізування:

$$C_2 = 310,5 + 8,71 + 50 + 6 + 11,48 + 250 + 300 + 1209,32 + 24,18 = 2170,19 \text{ грн.}$$

Прибуток складає 30% від повної собівартості і розраховується за формулою:

Ціна модернізованого виробу складає:

$$Ц = C + П = 3741,75 + 1122,53 = 4864,28 \text{ грн.}$$

Податок на додану вартість згідно законодавства становить 20% від оптової ціни:

Ціна продажу розраховується за формулою:

$$Ц_{пр} = Ц + ПДВ = 4864,28 + 972,86 = 5837,14 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від впровадження розробок:

$$E = C_2 * K_{ep} * C_1,$$

де C_2 – собівартість після модернізування, C_1 – собівартість до модернізування, K_{ep} – коефіцієнт експлуатаційного ресурсу (коефіцієнт приведення = 1,5).

При високих температурах титановий сплав ВТ1 – 0 активно взаємодіє з киснем, азотом, воднем і іншими газами. Внаслідок цього деталі з титанового сплаву потрібно нагрівати в вакуумних печах або в середовищі інертних газів (застосування газових або електричних печей з повітряною атмосферою не рекомендується), тому використання вакуумних печей замість електричних з повітряною атмосферою доцільне. Використання водню в якості захисного середовища дозволяє подрібнити структуру вихідного сплаву, а отже покращити його механічні властивості. В результаті при виготовленні деталей із порошку титану економічний ефект складає 375663 грн. на рік.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Основними потенційними небезпеками при проведенні дослідних робіт на робочому місці є такі:

- небезпека ураження електричним струмом, внаслідок недотримання правил електробезпеки або виходу з ладу електроприладів;
- нервово-психічні перевантаження, які можуть призвести до емоційного дискомфорту, внутрішнього роздратування, емоційної нестабільності та захворювань нервової системи;
- незадовільні ергономічні характеристики робочого місця внаслідок нерационального планування робочого місця, що може призвести до механічних травм, уражень електричним струмом та порушень кістково-м'язового апарату;
- негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи працюючого, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи; негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров'я працюючого, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або несправності її несправності;
- згубний вплив сильно діючих отруйних речовин на здоров'я робітників;
- порушення роботи кістково – м'язового апарату внаслідок тривалих статичних навантажень при роботі з ПК;
- негативний вплив підвищеного рівня шуму на психоемоційний стан працюючого, який пов'язаний з

- використанням застарілої периферійної техніки, освітлювальних приладів;
- небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі;
 - неправильні дії персоналу у надзвичайних ситуаціях.

5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки

Приміщення лабораторії, в яких перебувають співробітники технічної галузі промисловості, відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою уражен електричним струмом.

Обладнання, що використовується в цих приміщеннях є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 380 В від мережі з заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000В закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» І (стаціонарні комп'ютери,) та ІІ (освітлювальні прилади, вентиляційні системи, опалювальні пристрої, гідравлічні преси, і т. д.) класу захисту.

Схемно-конструктивні заходи. Призначені для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих оболонок, які можуть опинитися під напругою в результаті аварій. Згідно з ГОСТ 12.1.030-

81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» у приміщеннях галузі управління персоналом влаштовується занулення.

Організаційні заходи. Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЕ») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі «ПБЕЕС»).

Загальні умови безпеки будівель, споруд, виробничих процесів та обладнання. Безпека праці досягається забезпеченням безпеки будівель та споруд, виробничих процесів і обладнання. Вирішення питань охорони праці здійснюється на стадіях проектування, виготовлення й експлуатації різних об'єктів виробничого призначення.

Будівлі, споруди підприємств мають відповідати будівельним нормам і правилам, санітарним нормам проектування промислових підприємств СН 245-71, а також галузевим нормативним документам. Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно із санітарними нормами повинен складати не менше 15 м³, а площа приміщення — 4,5 м². Ширина основних проходів усередині цехів та ділянок має бути не менша 1,5 м, а ширина проїздів — 2,5 м. Висота виробничих приміщень повинна бути не менше 3 м.

Важливе значення для здорових та безпечних умов праці мають раціональне розміщення основного і допоміжного устаткування, правильна організація робочих місць. Конструкція робочого місця, його розміри й взаємне розміщення його елементів покликані відповідати антропометричним, фізіологічним характеристикам людини (що зумовлюють

раціональну робочу позу, зменшення статичних навантажень, оптимізацію робочої зони та інформаційних потоків), а також характеру роботи.

Організація робочих місць повинна забезпечувати вільність рухів працівників, безпеку виконання трудових операцій.

Безпека виробничих процесів значною мірою залежить від рівня організації та планування цехів, ділянок, від облаштованості та організації робочих місць. Вона забезпечується комплексом проектних та організаційних рішень, який містить: відповідний вибір технологічних процесів, робочих операцій, виробничого обладнання, порядок його обслуговування й умови його розміщення, засоби зберігання і транспортування матеріалів, заготівок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва, засобів захисту працівників.

Виробничі процеси мають бути пожежо- і вибухово безпечними, а також не повинні забруднювати навколишнє середовище шкідливими виробами.

Загальні вимоги до виробничих процесів передбачають:

- заміну технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних і шкідливих факторів, процесами та операціями, при виконанні яких ці фактори відсутні;
- комплексну механізацію та автоматизацію виробництва;
- застосування дистанційного управління технологічними процесами;
- герметизацію обладнання;

- застосування засобів колективного захисту працівників;
- усунення контакту працівників з матеріалами, заготовками, готовою продукцією, відходами виробництва, які справляють небезпечну дію;
- перехід від періодичних процесів до безперервних;
- застосування контролю й управління технологічними процесами;
- використання раціональних режимів праці та відпочинку.

Щодо безпеки виробничого обладнання, то її слід охарактеризувати як властивість виробничого обладнання зберігати відповідність вимогам безпеки праці при виконанні заданих функцій в умовах, установлених нормативно-технічною документацією.

Конструкції машин і виробничого обладнання повинні проектуватися так, щоб вони не були джерелом несприятливого впливу на людину. Це означає, що конструкції обладнання повинні відповідати вимогам підтримки на робочому місці санітарно-гігієнічних умов праці на рівні нормативів, установлених законодавством про охорону праці. У проектуванні конструкцій машин і виробничого обладнання має враховуватися також забезпечення обслуговування обладнання в сприятливих для працівника позах із застосуванням зусиль, траєкторії, швидкості та кількості рухів суглобів у фізіологічно допустимих позах.

Вимоги виробничої ергономіки впливають з особливостей нормального функціонування органів чуття людини, наприклад: зумовленості кута зору,

рівня інтенсивності сигналу обсягу інформації, яку працівник має сприймати й переробляти. Це означає, що конструкція обладнання повинна відповідати анатомо-фізіологічним і психофізичним особливостям будови й функціонування органів людини.

Вимоги безпеки до виробничого обладнання викладені в міждержавних стандартах: ГОСТ 12.2.003-74. «ССБТ. Оборудование производственное»; ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования»; ГОСТ 12.2.062-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные». Ці вимоги містяться в технічній документації з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та збереження виробничого обладнання.

Жоден зразок нової машини, механізму й іншого виробничого обладнання не може бути переданий у серійне виробництво, якщо він не відповідає вимогам охорони праці. Нові чи реконструйовані виробничі об'єкти засобу виробництва не можуть бути прийняті в експлуатацію, якщо вони не мають сертифіката безпеки.

Рівень безпеки виробничого обладнання забезпечується технічними й організаційними заходами, здійсненням атестації робочих місць, контролем за станом і експлуатацією обладнання; проведенням згідно з графіком планових запобіжних ремонтів.

5.3 Заходи щодо виробничої санітарії та охорони праці

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в офісних приміщеннях використовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлюються жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості в зоні розміщення гідравлічних пресів, розривних машин і вакуумних печей становить 200 лк.

Загальні ергономічні вимоги встановлено ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги до роботи з автоматизованим обладнанням. Частина 1. Загальні положення». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей трудової діяльності (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Параметри мікроклімату для виробничих приміщень

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	22 – 24 ° С
	Відносна вологість	40 ° С
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	23 – 25 ° С
	Відносна вологість	40 – 60 ° С
	Швидкість руху повітря	0,1 – 0,2 м/с

Показники мікроклімату в цехових приміщеннях повинні відповідати встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря лабораторних та дослідних приміщень». Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ПК нормовані згідно ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становлять: n+=1500-30000 (шт. на 1см); n- = 3000-5000 (шт. на 1см). Підтримка оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечується за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів. Дотримання вимог цих документів досягається оснащенням приміщень і транспортних засобів пристроями кондиціонування і вентиляції, дезодорації повітря, опалювання згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Розрахунок ефективності природної вентиляції приміщення

Необхідний повітрообмін $L_n, \text{м}^3/\text{ч}$, розраховується за формулою:

$$L_n = L' \times n, \text{м}^3/\text{ч}$$

де n – кількість працюючих в найбільш багаточисленній зміні;

$$L_n = 45 \cdot 20 = 900 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Фактичний повітрообмін $L_{\phi}, \text{м}^3/\text{ч}$, розраховується за формулою:

$$L_{\phi} = m \times F \times V \times 3600$$

де m - коефіцієнт використання повітря, приймає значення в рамках 0.3-0.8 (як правило в розрахунках приймають середнє значення 0.55);

F - площа квартирки або вихідного отвору, через який буде виходити повітря, м^2 ; V - швидкість виходу повітря через квартиру або вентиляційний канал, $\text{м}/\text{с}$. Її можна розрахувати за такою формулою:

$$V = \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta H_2}{\gamma_{\text{вн.}}}}$$

де g – прискорення вільного падіння, $9.8 \text{ м}/\text{с}^2$; ΔH_2 - тепловий потік, під дією якого буде відбуватися вихід повітря.

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 5.7 \text{ м}}{1.2 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}}} = 10.57 \text{ м}/\text{с}.$$

Його, в свою чергу, можна розрахувати так: $\Delta H_2 = h_2 \times (\gamma_{\text{сн}} - \gamma_{\text{вн}})$,

де h_2 розраховується по такій формулі: $h_2 = h/2 - b$,

де h - висота приміщення, м ; b – відстань від стелі до центру квартирки, а $\gamma_{\text{сн}}$ і $\gamma_{\text{вн}}$ - відповідно об'ємна вага повітря ззовні приміщення і в середині його, $\text{кг}/\text{см}^3$.

$$h_2 = 4/2 - 1.3 = 0.7 \text{ м}.$$

$$\Delta H_2 = 0.7 \text{ м} \cdot (1.2 \text{ кг}/\text{см}^3 - 1.2 \text{ кг}/\text{см}^3) = 0.$$

В загальному випадку об'ємна вага повітря визначається за формулою:

$$\gamma = 0,465 \cdot \frac{P_6}{T}$$

де P_6 – барометричний тиск, мм рт.ст., можна прийняти $P_6=750$ мм рт.ст.;

T - температура повітря в Кельвінах.

$$\gamma = 0,465 \cdot 750/291 = 1,2 \text{ кг/см}^3 .$$

$$L_{\phi} = 0,55 \cdot 0,25_{\text{м}} \cdot 10,57_{\text{м/с}} \cdot 3600 = 5232,15 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Особливу роль у запобіганні втомі працівників відіграють професійний відбір, організація робочого місця, правильне робоче положення, ритм роботи, раціоналізація трудового процесу, використання емоційних стимулів, впровадження раціональних режимів праці і відпочинку тощо. Боротьба зі втомою, в першу чергу, зводиться до покращення санітарно-гігієнічних умов виробничого середовища (ліквідація забруднення повітря, шуму, вібрації, нормалізація мікроклімату, раціональне освітлення тощо). Крім того, для профілактики втоми працівників застосовуються специфічні методи, до яких можна віднести засоби відновлення функціонального стану зорового та опорно-рухового апарату, зменшення гіподинамії, підсилення мозкового кровообігу, оптимізацію розумової діяльності.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводиться із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;

- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1м. Також враховуються розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10

«Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм. Найкраще розмістити комп'ютеризовані робочі місця рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.

Для запобігання статистичного навантаження при користуванні ПК рекомендовано використовувати перерви в роботі 10 хв. через кожні дві години. Синдром зап'ястного каналу, або тунельний синдром зап'ястя, який може бути наслідком хронічної травми, трапляється у людей внаслідок тривалої роботи з мишею: постійні напруга і здавлювання приводить до мікротравм, здавлювання нерва прилеглими оточуючими тканинами, через що виникає набряк.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Основним нормативним документом, що регламентує вимоги щодо пожежної безпеки є Закон України „Про пожежну безпеку”, прийнятий 17 грудня 1993

року. Цей Закон визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності. Для ліквідації пожежі у початковій стадії її розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежо гасіння в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів. Ступінь вогнестійкості з лабораторним устаткування визначається як З – цегляні будівлі.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів пожежі за ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека виробничих об'єктів » поділяються на відповідні класи. Клас пожежі у приміщенні (згідно із ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва») – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, пластмаси, папір) клас А. Категорія приміщення (згідно із НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою») – визначається як категорія Г.

Визначення типу та розрахунок кількості первинних засобів пожежогасіння (згідно із ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва») – для адміністративного приміщення слід застосовувати два порошкових вогнегасниками типу ВП–5 (НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». ДБН В.1.1.7-2002

«Пожежна безпека об'єктів будівництва»). Крім цього, адміністративні приміщення повинні бути обладнані автоматичними пожежними сповіщувачами, що реагують на підвищення температури, дим, полум'я. Наприклад, сповіщувачі моделей ДТЛ, ІТМ.

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Захисні споруди цивільного захисту – інженерні споруди, призначені для захисту населення від впливу небезпечних факторів, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів.

До захисних споруд цивільного захисту належать:

сховище – герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів;

протирадіаційне укриття – негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;

швидкоспоруджувана захисна споруда цивільного захисту – захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, стадії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення

та найпростіші укриття.

Споруда подвійного призначення – це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення. (підземний простір метрополітену, підземні паркінги, підземні переходи тощо).

Укриття у захисних спорудах цивільного захисту є надійним способом захисту людей від засобів масового ураження в особливий період, а також під час надзвичайних ситуацій у мирний час та є основним видом колективного захисту.

Для колективного захисту людей передбачаються, як стаціонарні захисні споруди, так і укриття, які зводяться у короткі терміни з готових конструкцій, або обладнані в існуючих підвальних приміщеннях.

Захисні споруди цивільного захисту – споруди, призначені для захисту (укриття) населення від засобів масового ураження в особливий період та від дії факторів ураження надзвичайних ситуацій у мирний час (далі – захисні споруди);

Вони розподіляються на сховища та протирадіаційні укриття та є основним засобом колективного захисту окремих категорій населення.

Протирадіаційні укриття – це інженерні споруди нижчої категорії, які призначені для захисту від впливу іонізуючого випромінювання при радіоактивному забрудненні місцевості і допускають безперервне перебування у них розрахункової кількості осіб, що укриваються, до двох діб (надалі – ПРУ).

Найпростіші укриття – це споруди підземного простору міст та інших населених пунктів (підземні переходи, гаражі та інше), гірничі виробки, підвальні та інші приміщення, які можуть бути використані для захисту

населення у разі виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру та у особливий період.

Інформація про місцезнаходження сховищ, протирадіаційних укриттів, найпростіших та швидко-споруджуваних укриттів, адреси їх розташування можна отримати в органах місцевого самоврядування, керівників суб'єктів господарювання (підприємств, установ, організацій, житлово-експлуатаційних об'єднаннях, асоціаціях та об'єднаннях співвласників багатоквартирних будинків) за місцем роботи та проживання.

Під час виникнення надзвичайної ситуації або загрози нападу противника ввімкніть та постійно тримайте ввімкненими репродуктори (телевізори і радіоприймачі). Через ці канали будуть передаватися розпорядження та сигнали оповіщення цивільного захисту і рекомендації щодо дій в цій ситуації.

Уважно слухайте повідомлення та виконуйте вказівки місцевих органів влади. Життя багато в чому залежить від вправних та правильних дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій і за сигналами оповіщення цивільного захисту.

При підготовці до евакуації завчасно зберіть речі (документи, гроші, запас харчів та води на три доби, одяг, засоби індивідуального захисту, аптечку) і тримайте їх у доступному місці, біля виходу з квартири (приватного будинку). Забороняється приносити у захисну споруду легкозаймисті речовини або речовини, що мають сильний запах, а також громіздкі речі, приводити тварин.

Рекомендації щодо підготовки підвальних приміщень для укриття населення за сигналами цивільного захисту.

Для укриття населення в разі виникнення надзвичайної ситуації або в особливий період основним і загальнодоступним способом для укриття будуть підвальні приміщення багатоквартирних і приватних житлових будинків, адміністративних, виробничих і господарських будівель і споруд (надалі – підвальні приміщення), інших приміщень підземного простору (підземні майданчики, паркінги тощо).

Для підготовки підвальних приміщень для укриття населення слід виконати роботи, зокрема:

Підготовка загальних приміщень: (виконується спільно мешканцями будинку, працівниками організації) прибрати приміщення від сміття, винести непотрібні та зайві речі, демонтувати тимчасові перегородки, звільнити загальні проходи в підвальному приміщенні, укріпити входні двері, укріпити наявні віконні отвори та закласти їх мішками з піском, перевірити електропроводку, освітлення та вимикачі, створити запас електролампочок, свічок, ліхтариків, облаштувати вентиляційні отвори, встановити лавки, тапчани (лежаки).

За можливості змонтувати: електророзетки; автономне електроосвітлення від акумуляторів та інше;

Підготовка окремих приміщень: облаштувати забір води від системи централізованого водопостачання та водовідведення, підготувати ємності для створення запасів питної та технічної води.

За можливості облаштувати: окремі приміщення для санвузлів та під'єднати їх до системи каналізації; місця для приготування їжі, зокрема з використанням електроплиток;

Захист особового складу від проникаючої радіації забезпечується використанням рухомих об'єктів, фортифікаційних споруд (сховищ, бліндажів, перекритих траншей) і захисних екранів (рис. 5.1).

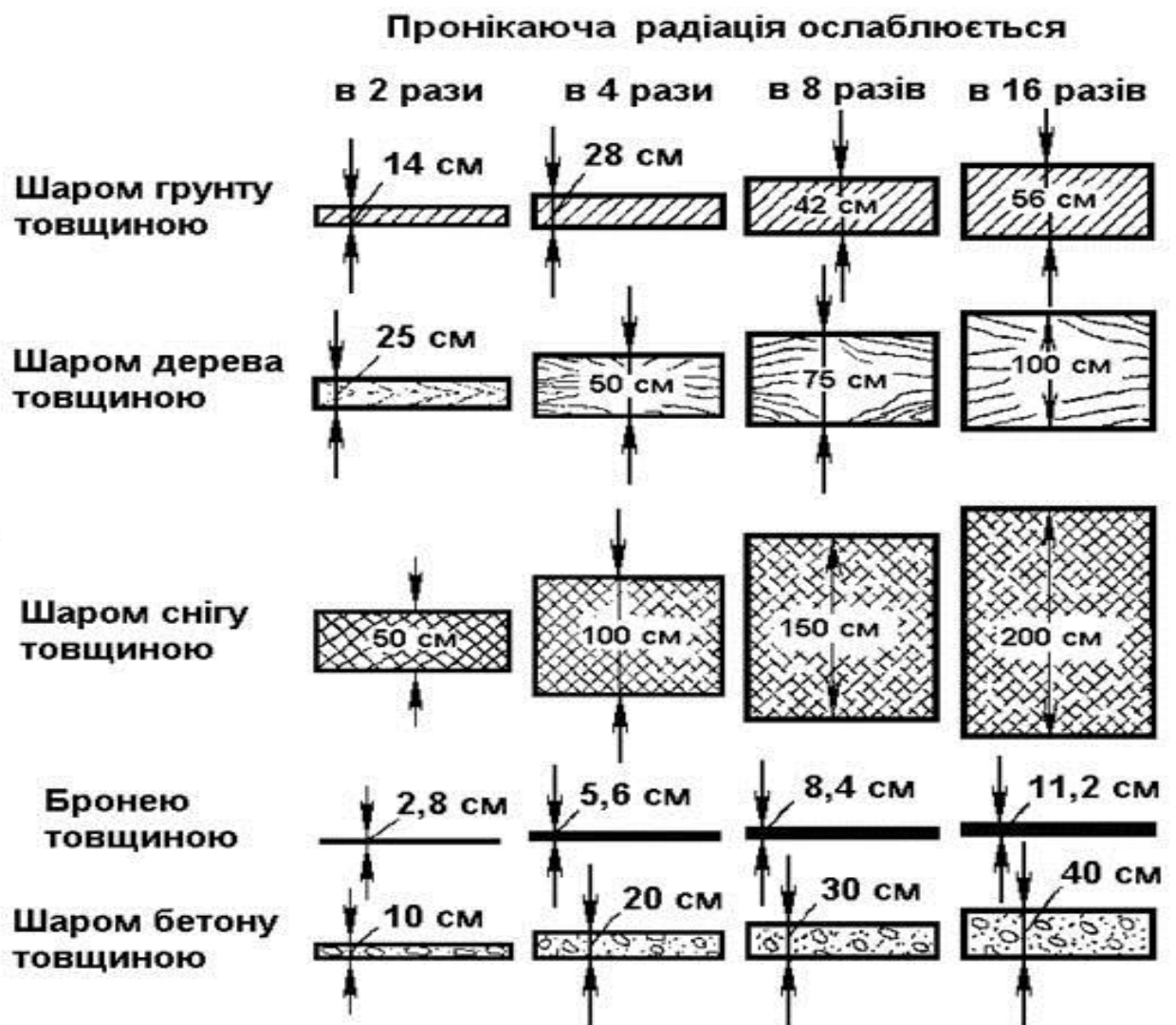


Рисунок 5.1 – Ослаблююча дія проникаючої радіації.

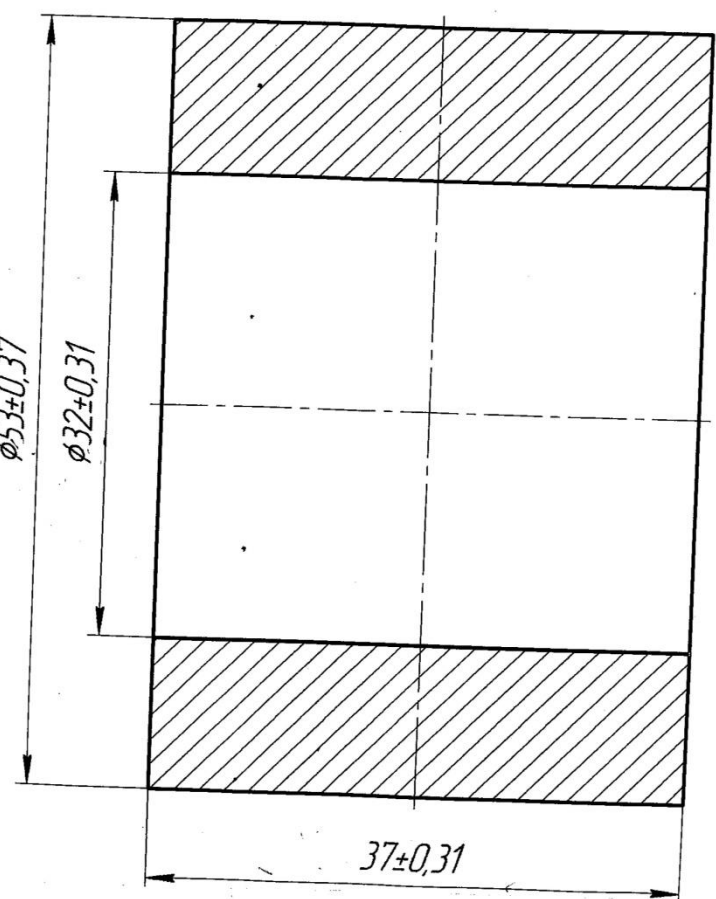
ВИСНОВКИ

1. Досліджено вплив гранулярності розміру порошків і тиску пресування на пористість і механічні властивості виробів із порошкового титану.
2. Показано, що ваговий метод визначення пористості є більш високо продуктивним в порівнянні з металографічним методом Розівалю.
3. Матеріали досліджень докладено на двох науково – технічних конференціях: «Людина і Космос» і «Молодіжні науково – технічні читання імені А. Ф. Можайського». За роботу отримано диплом Національного центру аерокосмічної освіти ім. О. М. Макарова.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Підручник. – Львів: Світ, 2006. – 624 с.
2. Солнцев Ю. П., Беліков С. Б., Волчок І. П., Шейко С. П. Спеціальні конструкційні матеріали: Підручник для ВНЗ. – Запоріжжя: Валпіс – Поліграф, 2010. – 536 с.
3. Материаловедение и технология металлов: Учебник / Г.П. Фетисов, Ф. А. Гарируллин – М: Издательство Оникс, 2007, - 624 с.
4. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.; За ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – К.: Вища школа., 2006. – 503 с.: іл.
5. Устинов В. С. Порошковая металлургия титана / В. С. Устинов, Ю. Г. Олесов, В. А. Дрозденко, Л. Н. Антипин. – М.; Металлургия, 1981. – 248 с.
6. Степанчук А. Н. Закономерности прессования титановых порошков. Уч. пособие / А. Н. Степанчук. – К: УМК ВО, 1992. – 176 с.
7. Либенсон Г. А. Основы порошковой металлургии / Г. А. Либенсон. – М: Металлургия, 1987. – 208 с.
8. Кипарисов С. С., Либенсон Г. А. Порошковая металлургия. – М: издательство «Металлургия», 1971. – 528 с.
9. Овечкин Б. Б., Матренин С. В. Порошковая металлургия и напылённые покрытия. Учебник для вузов / под ред. Б. С. Митина. – М: Металлургия, 1987. – 792 с.

10. Капустян А. Е., Овчинников А. В., Коваленко Т. А., Шевченко А. В. Получение полуфабрикатов титановых сплавов для авиационно – космической техники. *Авиационно – космическая техника и технология*. 2016. № 7 (134). с. 107 – 116.
11. Капустян О. Е., Скребцов А. А. Підвищення механічних і службових властивостей зварних з'єднань спечених титанових сплавів: дис. канд. техн. наук: 05. 02. 01/ 2015 – 2019. – с. 20 – 23.
12. Капустян А. Е., Овчинников А. В., Павлов В. В., Шульга К. С., Шевченко В. Г. Влияние режимов прессования и спекания на пористость спечённых титановых изделий / Обработка металлов давлением: сб. науч. тр. Краматорск: ДГМА, 2015, № 2 (41), - с. 221 – 225.
13. Технологія конструкційних матеріалів. Практикум: Навч. посібник / В. М. Плєскач, І. П. Волчок – Запоріжжя: Дике Поле, 2007. – 168 с.
14. Мисюра Н. В., Волчок И. П., Капустян А. Е. Влияние технологических факторов на свойства порошкового титана. – XII Международные молодёжные научно – технические чтения им. А. Ф. Можайского. – Запорожье: АО Мотор Сич, 2019. – с. 115 – 117.
15. Місюра М. В., Волчок І. П., Капустян О. Е. Вплив дисперсності порошків на властивості титанових виробів. – XXІ Міжнародна молодіжна науково – практична конференція «Людина і Космос». – Збірник тез. Дніпро, 2019. – с. 286.

$\phi 53 \pm 0,37$ $\phi 32 \pm 0,31$  $37 \pm 0,31$							
Спроб. №	Перв. примен.						
Подп. и дата	Инв. № дудл.	Взам. инв. №	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Втулка вала мулового насосу		
Разраб.	Місюра						
Пров.	Волчок І.П.						
Т.контр.							
Н.контр.	Акімов І.В.						
Утв.	Волчок І.П.						
					Лит.	Масса	Масштаб
					Лист 1	217	2,5:1
					Листов 1	Листов 1	
					Копировал _____ Формат А4		

