Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

машинобудівний, машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)

Обробки металу тиском
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему дослідження альтернативних способів виготовлення деталей пластичним формуванням в умовах дрібносерійного виробництва

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи М-819м

Спеціальності 131 прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Обл та техн пласт форм констр мат буд
Панасейко Микита Олегович
(прізвище та ініціали)

Керівник Матюхін А. Ю.
(прізвище та ініціали)

Рецензент
(прізвище та ініціали)

2020

Форма № 25

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

Інститут, факультет Машинобудівний, машинобудівний
Кафедра Обробки металу тиском
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 131 прикладна механіка
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Обл та техн пласт форм констр машбуд
(назва освітньої програми (спеціалізації)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
_____
«_____» _____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Панасейко Микита Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження альтернативних способів виготовлення деталей пластичним формуванням в умовах дрібносерійного виробництва
керівник проекту (роботи) Матюхін А. Ю., доц., канд. техн. наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «_____»_____20_____року №___
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Звіт с перед диплом практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітичний огляд. 2. Дослідження впливу режимів штампування на щільність, структуру і властивості металу. 3. Конструкторська частина. 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Матюхін А. Ю., доц КТН	[signature]	[signature]
4	Нестеров О. В., доц КТН		
Норма контроль	Матюхін А. Ю., доц КТН	[signature]	[signature]

7. Дата видачі завдання «01» вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналітичний огляд	01.10.2020	
2.	Дослідження впливу режимів штампування на щільність, структуру і властивості металу.	15.10.2020	
3	Конструкторська частина	01.11.2020	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.12.2020	

Студент(ка) [signature] (підпис) Панасейко М. О. (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) [signature] (підпис) Матюхін А. Ю. (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 101 стор., 20 рис., 5 табл., 30 джерел.

Об’єкт дослідження – гарячого штампування конструкційних деталей з металевих порошків.

Мета роботи - встановлення закономірностей ущільнення в нагрітому стані попередньо спресованого порошкового титану, розробити і впровадити у виробництво технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з властивостями дозволяють використовувати їх замість аналогічних, що виготовляються в даний час з прокату титану.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

- визначити вплив течії металу при штампуванні, форми заготовки і розподілу щільності в її обсязі на процес ущільнення, розподіл щільності, структуру і механічні властивості металу після гарячого штампування;

- дослідити вплив щільності порошкового заготовки, температури спікання, температури і середовища нагріву на величину ступеня деформації при гарячому штампуванні;

- з метою поліпшення властивостей деталей, спрощення конструкції пуансонів і штампів, а також забезпечення можливості використання стандартного ковальсько-пресового устаткування, вивчити можливість нового підходу до управління процесом ущільнення металу при гарячому штампуванні шляхом надання визначеної форми порошкової заготовці, заданого розподілу щільності в її обсязі і створення умов перебігу металів в компенсаційні щілини;

- дослідити вплив тиску, температури і ступеня деформації на щільність, структуру і властивості гарячештампованого порошкового титану;

- на підставі результатів дослідження розробити і впровадити у виробництво технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з порошкового титанів.

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків у технології виготовлення деталей засобами порошкової металургії.

Отримані результати: за результатами проведених досліджень розроблено технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з порошків титану.

При розробці технологічного процесу враховано вплив різних чинників на ущільнення порошкового металу і його властивості після гарячого штампування. Технологічні операції обмежені межами що забезпечують досягнення максимальних механічних властивостей порошкового металу після гарячого штампування.

Тиск холодного пресування 600-800 МПа забезпечує отримання відносної щільності в порошкових заготовках 80-90% і є оптимальним. Подальше збільшення тиску холодного пресування призводить до незначного приросту щільності при одночасному збільшенні навантаження на оснащення.

ПОРОШКОВА МЕТАЛУРГІЯ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛУ, ТИТАН, УЩІЛЬНЕННЯ, ДЕФОРМАЦІЯ, ТИСК, БРИКЕТ, ЩІЛЬНІСТЬ

ABSTRACT

EN: 101 pages, 20 figures, 5 tables, 30 sources.

The object of research is hot stamping of structural parts made of metal powders.

The purpose of the work is to establish the laws of compaction in the heated state of pre-compressed titanium powder, to develop and implement in production the technological process of hot stamping of structural parts with properties allowing to use them instead of similar ones currently made of rolled titanium.

To achieve this goal, the following tasks were identified:

- to determine the effect of metal flow during stamping, the shape of the workpiece and the density distribution in its volume on the sealing process, density distribution, structure and mechanical properties of the metal after hot stamping;

- to investigate the influence of the density of the powder billet, sintering temperature, temperature and heating medium on the value of the degree of deformation during hot stamping;

- in order to improve the properties of parts, simplify the design of punches and dies, as well as to ensure the use of standard forging and pressing equipment, to explore a new approach to managing the process of metal compaction by hot stamping by giving a certain shape to the powder blank. creating conditions for the flow of metals in the compensation gaps;

- to study the effect of pressure, temperature and degree of deformation on the density, structure and properties of hot-stamped titanium powder;

- on the basis of research results to develop and introduce into production technological process of hot stamping of structural details from titanium powder.

Method of calculations - standard methods of calculations in the technology of manufacturing parts by means of powder metallurgy.

The obtained results: according to the results of the conducted researches the technological process of hot stamping of structural details from titanium powders is developed.

The development of the technological process takes into account the influence of various factors on the compaction of powder metal and its properties after hot stamping. Technological operations are limited to the limits that ensure the achievement of maximum mechanical properties of the powder metal after hot stamping.

The cold pressing pressure of 600-800 MPa provides a relative density in the powder blanks of 80-90% and is optimal. A further increase in cold pressing pressure leads to a slight increase in density while increasing the load on the equipment.

POWDER METALLURGY, COEFFICIENT OF USE OF METAL, TITANIUM, SEALING, DEFORMATION, PRESSURE, BRIQUETTE, DENSITY

ЗМІСТ

ВСТУП……..…….9

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ……..11

1.1 Аналіз процесу гарячого штампування конструкційних деталей з металевих порошків……..11

1.2 Взаємодія титану з газами……21

1.3 Шляхи збільшення щільності і поліпшення властивостей в деталях з порошкового титану…….25

1.4 Висновки та постановка задачі дослідження……27

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ШТАМПУВАННЯ НА ЩІЛЬНІСТЬ, СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛУ…….30

2.1 Дослідження холодного пресування і спікання порошкових заготовок…….30

2.2 Дослідження процесу ущільнення при гарячому штампуванні…….33

2.3 Розробка технологічного процесу гарячого штампування конструкційних деталей з порошків титану…….……..40

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА …….…….55

3.1 Завдання на проектування……..55

3.2 Обгрунтування конструкції преса, опис пристрою…….55

3.3 Кінематичний аналіз ГВМу……56

3.4 Розрахунок допустимих зусиль……....60

3.5 Розрахунок потужності електродвигуна……...66

3.6 Перевірочний розрахунок повзуна……....71

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ……..77

ВИСНОВКИ……....97

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ……...……99

ВСТУП

Розвитку ковальсько-штампувального виробництва сприяє широке застосування листового штампування в дрібносерійному і навіть одиничному виробництві в результаті впровадження групових методів штампування і застосування недорогого штампового оснащення (універсальних штампів, групових блоків, найпростіших неметалевих штампів), а також перехід від традиційних способів об’ємного штампування на персування технологіями порошкової металургії.

Деталі, отримані листовим штампуванням, мають високу міцність при відносно невеликій масі і відрізняються раціональністю форми. Завдяки використанню пластичних матеріалів листове штампування дозволяє отримувати і складні за формою тонкостінні деталі, і масивні міцні деталі, які не можуть бути отримані іншим способом. Листове штампування деталей в поєднанні зі зварюванням дозволяє виробляти нероз'ємні вузли практично необмежених розмірів. Листове штампування забезпечує поєднання складних процесів виробництва до більш простих, стабільну точність штампованих деталей, виготовлення деталей невеликим числом операцій і переходів, низькі витрати виробництва, збереження і в окремих випадках збільшення питомої міцності матеріалу заготовки, низьку вартість інструменту-штампу.

Для дрібносерійного та одиничного типу виробництв більш доцільно використовувати альтернативні методи формоутворюючих та форморозділних операцій лстового, обємного холодного та гарячого виробництв. Зокрема, такі форморозділні операції як вирубка та пробивання слід замінити на обробку на лазерних установках На даний час, за співвідношенням "ціна - якість - швидкість обробки", лазерна обробка є оптимальним вибором для компаній, що займаються обробкою листового металу товщиною до 25 мм.

Плазморізизастосовуються для обробки товстих пластин (за допомогою плазмового різання можна обробляти метали товщиною 200 мм і більше).

Гібдрообразивна вирубка деталей, при якій не здійснюється ніякого термічного впливу на матеріал, навіть при товстих матеріалах досягає найвищої якості, краще буде для неметалів.

Диро пробивні револьверні барабанні преса надають широкі можливості з здійсненням різноманітних технологічних операцій - пробивання, вирубування, формування з виконанням пуклевки, вирубки-формування отворів жалюзі, формування ребер жорсткості, зміни поверхні листа методом вдавлення кульки, відбортовки та інших операцій.

Для формоутворюючих операцій листового штампування, наприклад витягування, альтернативним способом виробництва без застосування дорогих штампів може бути ротаційне витягування. Це сучасний спосіб який можна назвати давильно-обкатною обробкою роликом, при якій застосовують верстати (машини) з гідравлічними і електрогідравлічними супортами для переміщення інструментів - давильних роликів, щоб отримати потрібні форму і товщину оброблюваної деталі. Крім того, ротаційне витягування можливо здійснювати на універсальних токарних верстатах.

Операції об’ємного штампування, гарячого або холодного, в умовах дрібносерійного або одиничного виробництва, слід замінювати на персування технологіями порошкової металургії.Передумовами такої альтернативи є безпосередні переваги порошкової металургії перед традиційними способами пластичного формування конструкцій машинобудування, а саме: великий коефіцієнт використання матеріалу, універсальність обладнання та інструменту, мало перехідність технології, можливість отримувати деталі з унікальними механічними та технологічними властивостями, тощо [1].

РОЗДІЛ 1
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

В даний час переважна більшість деталей і виробів з титану і його сплавів на завершальних стадіях виробництва піддається механічній обробці. Трудомісткість цієї операції досить велика, так як коефіцієнт використання металу від штампування до готової деталі становить 0,20 ... 0,35, тобто близько однієї четвертої. У разі виготовлення виробів з поковок коефіцієнт використання ще менше, а трудомісткість вище. зазвичай прийнято вважати, що трудомісткість механічної обробки титанових сплавів різанням в 2 - 2,5 рази більше, ніж трудомісткість обробки звичайних вуглецевих сталей. Для обробки різанням рекомендується застосовувати інструмент оснащений твердосплавними пластинами [2]. Вихід виробів по відношенню до шихті для виплавки злитків становить: для деталей, виготовлених з листа 27%, з труб 24%, з поковок 18%, безповоротні втрати становлять 5 - 10%. Отже, близько 75 - 80% металу що надійшов на виплавку злитків, потрапляє у відходи і підлягає регенерації [4].

Аналіз існуючих методів виготовлення конструкційних деталей з титану і його сплавів показав, що всім їм притаманні великі втрати дорогого металу і великий обсяг обробки різанням.

1.1 Аналіз процесу гарячого штампування конструкційних деталей з металевих порошків

На сьогодення найбільш широко досліджений і використовуємий у виробництві метод порошкової металургії є холодне пресування і подальше

спікання [7]. Цей метод використовується також для виробництва конструкційних деталей з порошків титану [5].

Собівартість спечених деталей з порошків титану на 40 - 50% нижче по відношенню до деталей отриманим обробкою напівфабрикатів (прутків, труб тощо). Основні фактори, що обумовлюють зниження собівартості: підвищення коефіцієнта використання металу, зниження витрат на механічну обробку.

Наявність пор в деталях після холодного пресування і спікання призводить до зниження міцності і пластичних властивостей металу [2]. У зв'язку з цим деталі, отримані цим методом, неможливо застосовувати в тих випадках, коли вимоги до них в процесі експлуатації пред'являються на рівні литого деформованого металу.

З метою підвищення щільності і поліпшення механічних властивостей деталей, що виготовляються з металевих порошків, досліджені і розроблені: гаряче пресування [6], гаряча екструзія [7], гаряче штампування [8]. Для виготовлення конструкційних деталей, що використовуються в вузлах машини приладів частіше застосовують метод гарячого штампування.

В даний час значна частина робіт [9] присвячена дослідженню даного методу стосовно гарячому штампуванні деталей із заготовок порошкового заліза. Гарячим штампуванням заготовок порошкового заліза виготовляють шестерні, шатуни, гальмівні колодки, тощо. [10]. Механічні властивості деталей в основному задовольняють вимогам, що пред'являються до них у процесі експлуатації. Стійкість інструменту при обробці деталей з порошкового металу в 3-4 рази вище по відношенню до обробки деталей з литого металу [11].

До переваг методу гарячого штампування конструкційних деталей із заготовок порошкових металів автори робіт [12] відносять високу точність і міцність деталей, малу кількість відходів, високу продуктивність процесу.

Метод гарячого штампування конструкційних деталей із заготовок порошків кольорових металів в тому числі і титану практично не досліджений. Результати дослідження опубліковані в роботах [13] недостатні для розробки

технологічного процесу гарячого штампування деталей з порошкових заготовок.

Режими технологічного процесу істотно залежать від фізичних властивостей метала. У зв'язку з цим неможливо використовувати режими гарячого штампування деталей із заготовок порошкового заліза для виготовлення деталей з порошків інших металів. Тому з метою визначення напрямку досліджень при розробці технологічного процесу гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану і уточнення режимів штампування вивчено вплив різних факторів на процес ущільнення металу при гарячому штампуванні, пресування і екструзії різних порошкових металів.

Гаряче штампування конструкційних деталей з порошкових заготовок включає наступні операції: холодне пресування заготовок, спікання (в окремих випадках), нагрів, гаряче штампування, термічну обробку.

Для гарячого штампування конструкційних деталей використовують заготовки після холодного пресування і спечені порошкові заготовки. Заготовки за формою максимально наближають до форми готової деталі або значно видаляють.

На величину щільності і механічні властивості деталей після гарячого штампування позитивний вплив робить деформація заготовок в поперечному напрямку. До збільшення поперечної деформації в процесі штампування при величині деформації по висоті порошкової заготовки не менше 80% для алюмінієвого сплаву і 50% для сталі дозволяє отримати ударну в'язкість рівну литому металу.

Деталі, отримані пресуванням з заготовок за формою наближених до готової деталі без поперечного перерізу металу, мають характеристики міцності рівні до литої сталі але втомна міцність і ударну в'язкість їх значно нижче [14].

Розгляд теорії пластичності пористого тіла стосовно гарячого штампування спечених заготовок також призвело до висновку про необхідність поєднання ізостатичних і зсувних напружень штампованої деталі. Саме наявність деформації в поперечному напрямку забезпечує високі механічні

властивості металу після гарячого штампування. Однак штампування зі ступенем деформації більше 70% призводить до утворення тріщин і зниження щільності виробів [15].

Деформація заготовки в поперечному напрямку викликає течії металу, які сприяють руйнуванню окисних плівок на поверхні частинок, зближення їх поверхонь і створює сприятливі умови для протікання дифузійних процесів. У разі використання розпорошеного повітрям порошку ці плівки частково відновлюються вуглецем, що сприяє досягненню досить високого значення ударної в'язкості рівною 1 Дж. Однак найбільш ефективним є механічне пошкодження окисних плівок в процесі деформації частинок. Для дрібного розпорошеного порошку поперечна деформація 83% забезпечує ударну в'язкість дорівнює 3 Дж [16].

Ударна в'язкість металу після гарячого штампування і термічної обробки зростає зі зменшенням вмісту кисню в сталі і збільшення ступеня деформації в поперечному напрямку. При ступені деформації 0,9-1,6 і вмісті кисню 0,35% ударна в'язкість досягає 7 Дж. Ступінь деформації призводить до зменшення пористості і ліквідації кордонів між частинками [17].

Дослідження процесу екструзії виробів з заготовок порошкового титану також підтверджують позитивну роль течії металу в формування структури і властивостей металу. Міцність і пластичні властивості порошкового титану після гарячої екструзії знаходяться на рівні литого деформованого металу аналогічно хімічного складу [7].

З цього випливає, що при дослідженні і розробці технологічного процесу гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану необхідно вивчити вплив деформації та перебігу металу при гарячому штампуванні на щільність, структуру та властивості металу. Важливе також визначити оптимальний інтервал ступеня деформації заготовки в поперечному напрямі, що забезпечував би задані щільність, структуру та властивості металу після гарячого штампування. Встановлення верхньої межі зазначеного інтервалу

викликано необхідністю запобігання руйнуванню бічної поверхні заготовки на першій стадії штампування.

Особливості деформації і утворення тріщин при динамічному гарячому пресування вивчені на заготовках залізних порошків [18]. Встановлено, що зі збільшенням відношення висоти циліндричної заготовки до її діаметра зростає здатність порошкових заготовок деформуватися без утворення тріщин на бічній поверхні. При цьому середня щільність обложених порошкових заготовок зменшується.

Висновок про вплив висоти заготовки на щільність після осаджування [18] може мати важливе значення при визначенні оптимальних умов ущільнення пористого титану при гарячому штампуванні. У зв'язку з цим необхідно досліджувати розподіл щільності на різних стадіях процесу в заготовках з різною висотою і заготовках що містять різні за висотою ділянки. Необхідно також вивчити вплив розподілу щільності в заготовках і в процесі ущільнення на кінцеву щільність деталі. Визначити оптимальні умови, що дозволяють отримувати рівномірну щільність в деталях з різною висотою ділянок.

В даний час конструкційні деталі отримують гарячим штампуванням порошкових заготовок в штампах оснащених нероз'ємними і роз'ємними пуансонами.

Нероз'ємні пуансони можуть складатися з декількох частин, яка в процесі штампування нерухливі відносно один одного. Роз'ємні пуансони складаються з окремих частин, які переміщаються в процесі штампування відносно один одного на задану величину.

Гаряче штампування нероз'ємними пуансонами є кращим, оскільки дозволяє спростити конструкцію штампів і використовувати стандартне ковальсько-пресове обладнання, що застосовується при гарячому штампуванні деталей з литого металу. Однак застосування гарячого штампування нероз'ємними пунсонами обмежена. Даний спосіб використовується в основному при виготовленні деталей простої форми. Використання

нероз’ємних пуансонів для гарячого штампування деталей складної форми, що містять різні за висотою ділянки, призводить до утворення тріщин в виробі [10]. Метою запобігання утворенню тріщин авторами даної роботи запропоновано форму порошковою заготовки максимально наблизити до готової деталі. У даній роботі не наведено результати виміру щільності по ділянках деталі і невизначені властивості металу з урахуванням щільності.

Можна припустити, що в даному випадку на розподіл щільності по ділянках деталі може сказати вплив висота ділянок, за відсутності деформації заготовки в поперечному напрямку призведе до зниження пластичності металу.

Тому при визначенні оптимальних умов гарячого штампування нероз’ємними пунсонами деталей із заготовок порошкового титану важливе значення можуть мати результати дослідження впливу висоти ділянок порошкової заготовки та їх щільності на допустиму ступінь деформації в поперечному напрямку, розподіл щільності і механічні властивості готової деталі. У зв’язку з цим необхідно дослідити вплив розподілу щільності в порошковій заготовці на щільність металу в кінці кожної конкретної стадії процесу, кінцеву щільність і її розподіл в готовому виробі.

Ущільнення металу роз’ємними пунсонами здійснюється незалежно на кожній конкретній ділянці до отримання заданої щільності [19]. Деталі, які отримані цим способом мають середню відносну щільність 98-99%. Форма порошкової заготовки максимально наближена до готової деталі. Деформація металу в поперечному напрямку мінімальна. Використання роз’ємних пуансонів ускладнює конструкцію штампів. Для забезпечення заданого руху складових частин пуансонів запропоновано використовувати спеціалізоване обладнання зі складною кінематикою. В даний час таке обладнання знаходиться в стадії проектування або виготовлення.

Ускладнення конструкції штампів і обладнання збільшує його вартість і знижує надійність роботи, а, отже, підвищує собівартість одержуваних деталей. Відсутність спеціалізованого обладнання викликає певні труднощі при використанні даного технологічного процесу у виробництві.

Деформація заготовки в поперечному напрямку сприяє не тільки збільшенню щільності, а й призводить до нерівномірного її розподілу. Центральна частина осадженої заготовки має максимальну щільність і володіє кращими механічними властивостями по відношенню до нижньої і верхньої [5].

У зв'язку з цим при дослідженні технологічного процесу гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану необхідно вивчити вплив розподілу щільності в обсязі осадженої заготовки на розподіл щільності і структуру металу у виробі. Необхідно встановити фактори що впливають на ущільнення пористого металу при осадці і визначити можливі шляхи отримання рівномірної щільності в деталях після гарячого штампування. В процесі досліджень необхідно також виявити можливе подібності та відмінності в формах зміни заготовок порошкового і литого титану.

В даний час немає конкретних рекомендацій щодо розрахунку порошкових заготовок. Рекомендації по формі заготовки та її щільності в залежності від використовуваного матеріалу і умов штампування носять суперечливий характер. При використанні заготовок після холодного пресування автори рекомендують форму заготовки максимально наближати до порожнини матриці [9]. У тих випадках, коли застосовується спечені порошкові заготовки, форму їх припускають віддаляти від форми готової деталі і сприяти ущільнення металу шляхом збільшення деформації в поперечному напрямку [20].

Щільність порошкових заготовок, при однакових умовах пресування, визначається також властивостями вихідного матеріалу. Збільшення щільності порошкового заготовки сприяє зростанню міцності і пластичності штампованого вироби. Однак для матеріалів зі значною кількістю включень зменшення пористості заготовок призводить до збільшення наклеп металу при динамічному гарячому пресуванні. Автори [21] рекомендують в даному випадку використовувати порошкові заготовки пористістю 30-40%, що сприяє кращому відновленню оксидів при нагріванні в середовищі водню і забезпечує отримання властивості матеріалу після динамічного гарячого пресування.

Стосовно до гарячого штампування деталей з порошкового титану вплив форми заготовки та її щільності на щільність, структуру і властивості титану після штампування не вивчено.

Визначення оптимальної форми порошкової заготовки під гарячу штампувку було і залишається до теперішнього часу центральною проблемою гарячого штампування деталей з порошкових заготовок.

З цього випливає, що при дослідженні процесу гарячого штампування деталей з порошкового титану особливу увагу необхідно приділяти формі заготовки. Форма порошкової заготовки повинна забезпечувати максимальну деформацію металу в поперечному напрямку без руйнування її поверхні, рівномірну щільність, однорідну структуру і властивості металу в деталях близьких або рівних прокату. Для виконання цієї вимоги необхідно досліджувати вплив на процес ущільнення металу при гарячому штампуванні не тільки форми заготовки, а й розподіл щільності в її обсязі, як в початковому стані, так і на різних стадіях процесу.

Форма заготовки і її щільність впливає на тиск штампування і витрати енергії спрямовані на виконання процесу ущільнення. При виготовленні деталей складної форми, використання заготовок простої форми дозволяє отримувати більшу щільність при меншому тиску. Збільшенні тиску при виготовленні деталей із заготовок максимально наближених до форми готової деталі пояснюється значним охолодженням металу. Зі збільшенням щільності порошкових заготовок зростає тиск штампування і енергія, що витрачається на деформацію і ущільнення металу. При наближенні до теоретичної щільності ущільнення металу сповільнюється, але тиск і енергія зростають [22].

У зв’язку з цим, встановлення оптимальної величини тиску штампування необхідно, як для збільшення щільності і поліпшення властивостей деталей, так і з точки зору скорочення енерговитрат.

З цією метою проведено аналіз технологічних схем динамічного гарячого пресування: всебічне стиснення, ущільнення в жорсткій прес-формі, двостороннє двовісне кування, вільне кування і ущільнення в односторонньому

штампі. Виявлено, що безпористого стану можна досягти при всебічному динамічному стисненні і динамічному гарячому пресуванні в жорсткій прес-формі. При цьому енергетичні витрати в першому випадку трохи менше, ніж у другому. Відмінності в енерговитратах при всебічному стиску і динамічно гарячому пресуванні в жорсткій прес-формі незначно, але останню простіше здійснити при роботі на ковальсько-пресовому обладнанні.

На основі теорії динамічного ущільнення пористого в'язкого тіла оцінені і величини пікових тисків і плинність в процесі ущільнення пористих пресовок з мідного і залізного порошків, і із суміші порошків міді, що містять 4 об'ємних % окису алюмінію [23].

Результатом теоретичного аналізу експериментальних даних є отримані залежності зміни тиску від відносної щільності заготовки і часу. Зазначена хороша згода розрахункових і експериментальних осцилограм тисків, а також їх максимальних значень.

Теоретичне дослідження кінетики і механізму ущільнення пористих тіл при динамічному гарячому пресуванні в рамках об'ємного в'язкої течії наведено також в роботах [23]. У розглянутих вище роботах автори прагнули визначити величину пікових тисків на заключній стадії процесу. Процес гарячого штампування листового металу, максимально наближається до ідеального, вимагає мінімальних витрат енергії, можна розробити в тому випадку, якщо буде визначена тиск будь-якого моменту штампування [24]. Тому при розробці технологічного процесу гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану необхідно визначити величину тиску також на конкретних стадіях процесу. Встановити залежності між щільністю, тиском і температурою штампування.

Важливу роль при використанні у виробництві методів порошкової металургії грають розроблені класифікація конструкційних деталей. Класифікація конструкційних деталей, що виготовляються холодним пресуванням з наступним спіканням [5], сприяла впровадженню даного методу порошкової металургії в виробництво. Класифікація використовується при

визначенні режимів пресування і проектування прес-форм. З урахуванням особливостей ущільнення порошкового металу при динамічному гарячому пресуванні також розроблена класифікація конструкційних деталей [19]. Відповідно до цієї класифікації деталі, що містять різні за висотою ділянки, запропоновано виготовляти з заготовок максимально наближених до готової деталі. Для гарячого штампування рекомендовано застосовувати роз'ємні пуансони і спеціалізоване обладнання.

Обидві класифікації передбачають роздільне ущільнення конкретних ділянок виробів при мінімальній течії металу в поперечному напрямку. Форма порошкової заготовки в плані, також як і литого металу, може справляти істотний вплив на формування і ущільнення металу при гарячому штампуванні.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки класифікації конструкційних деталей, яка враховувала б одночасно і течії металу в поперечному напрямку і конфігурацію заготовки в напрямку прикладання навантаження.

З метою поліпшення якості одержуваних деталей, а також збільшення продуктивності процесів, розроблені пристрої для автоматичного завантаження нагрітої заготовки в порожнину штампа і подальшого видалення виробу. З цією ж метою стандартне ковальсько-пресове обладнання об'єднується в лінії і оснащуються засобами механізації і автоматизації . З метою забезпечення ущільнення порошкового металу в поперечних напрямках розроблені спеціалізовані установки [25].

При виборі обладнання для гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану слід віддати перевагу кривошипним пресам. Тиск при штампуванні титану і його сплавів на пресах приблизно в 1,5 рази менше тиску на молотах, що підвищує стійкість штампового оснащення [3].

1.2 Взаємодія титану з газами

Механічні властивості титану залежать від незмінно присутніх в ньому домішок. Домішки поділяють на дві групи:

1. домішки впровадження - кисень, азот, вуглець, водень;

2. домішки заміщення - залізо і кремній.

Домішки впровадження чинять сильніший вплив на властивості титану, ніж домішки заміщення. Кисень сильно знижує пластичні властивості титану в області малих концентрацій (до 0,1%). В інтервалі концентрацій від 0,1 до 0,5% він порівняно мало впливає на пластичність. При великих концентраціях кисню (більше 0,7%) титан повністю втрачає здатність до пластичної деформації [2].

Азот, вуглець і водень також призводять до зниження пластичних властивостей титану. Однак при однакових умовах ці гази розчиняються в титані в менших кількостях [26].

Взаємодія газів кисню та азоту з поверхнею титанів при нагріванні призводить до утворення твердих розчинів типу впровадження, сильному зміцненню металу і різкому зниженню його пластичності. З підвищенням температури швидкість процесів окалиноутворення і дифузії зростає [2].

Утворення окалини призводить до безповоротних втрат металу, а дифузія газів до утворення забрудненого газами шару (часто званого альфірований). Вироби, що мають на поверхні забруднене газами шар, мають знижені пластичні властивості.

Шар окалини підлягає видаленню різними методами, і ступінь видалення легко піддається контролю. Забруднений газами дифузний шар важко піддається контролю, а його вплив особливо істотний.

Твердість титану є функцією кисню в області твердого розчину. Тому характер і глибину проникнення газів після нагрівання титану визначають вимірюванням мікротвердості на приладі ПМТ-3 з поверхні до центру зразка [2].

Згідно з даними роботи [27], побудованих на результатах вимірювання мікротвердості, розподіл кисню по глибині газонасиченого шару проходить нерівномірно. Найбільш збагачений киснем тонкий поверхневий шар, що має максимальне значення мікротвердості. За ним слідує шар з невеликим підвищенням твердості щодо основного металу. Глибина цього шару може мати значну протяжність і відповідати товщині шару з вмістом 2-0,15% (по масі) кисню. На практиці при оцінці товщини газонасиченого шару, що видаляється з поверхні, як правило допускається залишковий шар, мікротвердість якого не більше ніж на 15% перевищує твердість основного металу. У цьому випадку вплив збільшення мікротвердості на механічні властивості виробів несуттєве.

В даний час в літературних джерелах не наводяться результати досліджень визначення глибини газонасиченого шару в виробах отриманих гарячим пресуванням, екструзією і гарячим штампуванням порошкового титану. Важливість і необхідність досліджень по визначенню газонасиченого шару в виробах після гарячого штампування заготовок порошкового титану обґрунтовується сильним впливом газонасиченого шару на властивості виробів з литого титану. У процесі досліджень важливо встановити вплив пластичності заготовки, температури і середовища нагріву на глибину газонасиченого шару в металі після гарячого штампування.

Основна частина кисню 70%, після нагрівання литого титану на повітрі, міститься в окалині. Однак глибина газонасиченого шару, особливо при температурі до 1000-1200 °С, значно перевищує товщину окалини. Підвищення температури з 800 до 1200 °С і збільшення тривалості нагрівання призводить до помітного зростання товщини окалини і глибини газонасиченого шару. Слід зазначити, що при певній витримці глибина газонасиченого шару починає різко зростати при переході в β-область, що пояснюється значно більшими коефіцієнтом дифузії кисню в β-, ніж α-титані [27].

З метою забезпечення мінімального газонасичення металу і збільшення його пластичності, встановлений оптимальний інтервал гарячого штампування

чистого титану на механічних пресах 950-700 °С. Гаряче штампування титану характеризується більш вузьким, ніж у сталі, температурним інтервалом деформування. Верхня межа визначається в основному небезпекою утворення грубозернистої структури і альфірованого шару. Температура закінчення штампування лімітується істотним підвищенням тиску штампування і зниженням пластичності металу. Штампування титану в області температур що перевищують температуру аллотропічного перетворення має ряд істотних технологічних переваг в порівнянні зі штампуванням при температурі нижче точки перетворення. Різко зменшується опір металу до деформування, підвищується стійкість штампового оснащення. Тиск при штампуванні в β-області, в залежності від товщини деталі, зменшується в 1,3-2,2 рази [3].

У більшості робіт, присвячених дослідженню ущільнення порошкового титану в нагрітому стані, інтервал температур перевищує температуру аллотропічного перетворення титану і верхня межа інтервалу температури гарячого штампування такого титану 970-700 °С: гаряче пресування в вакуумі 1100-1200 °С [5], гаряча екструзія із застосуванням склообмазкі 900 °С [7], гаряче пресування в вакуумі або аргоні, попередньо спресованих заготовок, 900- 950 °С , швидкісний індукційний нагрів на повітрі і штампування 1150-1200 °С [5], нагрів в аргоні і штампування 950-1000 °С , кування 940-1000 °С і штампування 1000-1100 °С [13].

Гаряче штампування порошкового титану при температурі що перевищує інтервал гарячого штампування литого титану є необґрунтованою, і вимагає уточнення, так як може призводити до значного збільшення глибини газонасиченого шару. Саме цим обмежена верхня межа інтервалу температури гарячого штампування литого титану. Збільшення температури не може бути обґрунтовано також і необхідністю зниження тиску штампування. Відомо, що зменшення щільності металу порошкової заготовки призводить до зниження тиску штампування [22].

У зв’язку з цим виникає необхідність дослідження термомеханічного режиму гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану.

Необхідно визначити вплив температури і щільності вихідної заготовки на величину газонасиченого шару і тиск штампування.

Глибина газонасиченого шару в титані залежить також від тривалості нагрівання і часу перебування в нагрітому стані при температурі штампування. Особливо сильний вплив витримки на глибину газонасиченого шару проявляється при температурах що перевищують температуру аллотропічного перетворення [27]. У зв'язку з цим використання швидкісних методів нагрівання, наприклад, індукційного є перспективним [28]. З метою скорочення часу перебування порошкових заготовок титану при температурі штампування необхідно також визначити мінімальний час їх нагрівання з урахуванням пористості металу. Теплопровідність металу вельми чутлива до макронапружень, дефектів решітки, вмісту домішок, часу, пустот, мікротріщин та інших макродефектів.

В даний час існує декілька різних способів захисту металу від газонасичення: нагрів в вакуумі, використання захисних покриттів, нагрів в захисній і нейтральній атмосфері.

Для забезпечення необхідної якості поверхні і збереження високої чистоти металу нагрів краще ввести в вакуумі [94]. Застосування вакууму з метою захисту металу від газонасичення найдоцільніше при виготовленні деталей з високоякісного порошку, а також при використанні матеріалів, що активно взаємодіють з зазвичай застосовуваними захисними газовими середовищами. Гаряче штампування в вакуумі вимагає створення спеціалізованих установок. Використання вакууму для захисту металу від газонасичення викликає певні технічні труднощі і призводить до збільшення собівартості одержуваних деталей. Застосовувати вакуум доцільно при спіканні порошкових заготовок, коли тривалість витримки пористого металу при температурах 1000-1200 °С досягає 2-4 годин [7].

Переваги нагріву металів в захисних газових середовищах загальновідомі. У ряді випадків, при виготовленні деталей складної конфігурації, мало доступних для очищення поверхні забрудненої склопокриттям, застосування

захисної атмосфери є єдиним способом отримання якісних виробів. Особливо сильно перевага нагріву в захисних газових середовищах проявляється при виготовленні деталей складної форми з порошкових заготовок. Використання відновлювальної атмосфери при виготовленні деталей із залізних порошків сприяє також відновленню оксидів [8]. При виготовленні деталей з порошкового титану в якості захисної атмосфери застосовують аргон [13].

З метою зменшення газонасичення заготовок порошкового титану запропонований спосіб штампування на високошвидкісних машинах ударної дії. Температура нагріву заготовок під штампування знижена до 420-450 °С. Проводять також дослідження процесу холодного штампування конструкційних деталей з порошкових заготовок [20].

Аналіз різних способів захисту металу від газонасичення показав, що при нагріванні заготовок порошкового титану під гаряче штампування найбільш прийнятною є захисна атмосфера аргону. Однак в даний час не досліджена ефективність використання аргону при нагріванні заготовок порошкового титану. У зв’язку з цим необхідно дослідити і порівняти вплив температури і щільності заготовки при нагріванні в аргоні і на повітрі на величину газонасиченого шару в деталях після гарячого штампування.

1.3 Шляхи збільшення щільності і поліпшення властивостей в деталях з порошкового титану

У процесі аналізу гарячого штампування деталей із заготовок порошкових металів, визначені три головні напрями досліджень, при розробці технологічного процесу гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану. Перший - дослідити вплив деформації та перебігу на щільність і властивості металу після гарячого штампування, другий - досліджувати вплив висоти ділянок заготовки та їх щільності на ущільнення

металу і розподіл щільності в деталях складної форми, третій - досліджувати термомеханічний режим гарячого штампування попередньо спресованого порошкового титану.

У розглянутих роботах [7, 14, 15] відзначена позитивна роль деформації заготовки викликає протягом металу і сприяють його ущільнення. Створення умов перебігу металу дозволяє не тільки збільшити його щільність і поліпшити механічні властивості, але і знизити при цьому тиск штампування [21]. Однак деформація заготовки на першій стадії штампування призводить також до істотної різнощільності металу, вплив якої на кінцеву щільність і її розподіл в готовій деталі практично не вивчена.

У зв’язку з цим, при дослідженні процесу гарячого штампування необхідно вивчити вплив величини деформації заготовки на розподіл щільності після першої стадії і на розподіл її в готовому виробі. З метою збільшення щільності металу на ділянках деталі, сформованих в периферійних порожнинах матриці, необхідно вивчити можливість збільшення деформації металу цих ділянок при штампуванні шляхом витікання і його в компенсаційні щілини. Втрати металу при цьому неминучі, але вони можуть бути значно менше, ніж при виготовленні аналогічних деталей штампуванням і наступною обробкою литого титану. Іншим важливим фактором, який може сприяти рівномірному розподілу щільності в деталях після гарячого штампування, є певний розподіл щільності в обсязі порошкової заготовки. У роботі [18] відзначено, що щільність порошкової заготовки при осадці залежить від її висоти. Тому в даний час при виготовленні деталей, що містять різні за висотою ділянки, використовують заготовки максимально наближені до готової деталі, а ущільнення металу на ділянках до заданої щільності при гарячому штампуванні здійснюють роздільно [19]. Вище були розглянуті недоліки такого способу отримання рівномірної щільності в деталях.

У процесі досліджень гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану необхідно вивчити можливість управління процесом ущільнення металу шляхом надання заготовці певної форми з відповідним

розподілом щільності по ділянках. При цьому штампування вести нероз’ємними пунсонами на стандартному ковальсько-пресовому обладнанні.

У перших двох напрямках досліджень розглянуті можливі шляхи отримання рівномірної щільності після гарячого штампування в деталях з порошкового титану.

Третій напрям досліджень передбачає вивчення впливу температури і тиску гарячого штампування на щільність, структуру і механічні властивості порошкового титану після гарячого штампування. Визначення оптимального інтервалу температури гарячого штампування деталей з порошкового титану важливо не тільки для досягнення максимальної щільності і поліпшення властивостей металу, а й для зниження енерговитрат.

Результати намічених досліджень можуть мати важливе значення при розробці технологічного процесу гарячого штампування деталей з порошкового титану і видачі рекомендацій щодо розрахунку порошкових заготовок.

1.4 Висновки та постановка задачі дослідження

В результаті аналізу літературних джерел зроблено такі висновки:

1. Метод порошкової металургії холодне пресування і подальше спікання успішно застосовується при виготовленні конструкційних деталей з титанових порошків і дозволяє значно скоротити втрати металу і обсяг обробки різанням. Однак наявність пор в деталях, обмежує їх застосування в тих випадках, коли вимоги до них в процесі експлуатації проявляються на рівні литого деформованого металу.

2 Метод порошкової металургії, гаряче штампування деталей із заготовок металевих порошків, дозволяє отримувати деталі з щільністю і властивостями близькими до литому деформованому металу. При цьому скорочуються втрати

металу і обсяг обробки різанням, підвищується продуктивність праці, знижується собівартість одержуваних деталей.

3. Метод гарячого штампування деталей з порошкових заготовок найбільш повно вивчений по відношенню до залізних порошків. Стосовно до виготовлення конструкційних деталей з порошкового титану даний метод практично не досліджений.

4. Аналіз гарячого штампування конструкційних деталей з металевих порошків показав, що даний метод має також ряд істотних недоліків. Відсутні конкретні рекомендації щодо розрахунку порошкових заготовок, щільність у виробах після штампування розподілена нерівномірно, для гарячого штампування деталей застосовують штампи складної конструкції і спеціалізоване обладнання, що перешкоджає широкому впровадженню методів у виробництво. У зв’язку з цим виникає необхідність розробки нового підходу до управління процесом ущільнення порошкової заготовки при гарячому штампуванні, який дозволив би отримувати вироби з рівномірною щільністю, спростити конструкцію штампів, використовувати стандартні преси.

На підставі порівняльного аналізу виготовлення деталей з литого титану і методами порошкової металургії визначена мета роботи - встановлення закономірностей ущільнення в нагрітому стані попередньо спресованого порошкового титану, розробити і впровадити у виробництво технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з властивостями дозволяють використовувати їх замість аналогічних, що виготовляються в даний час з прокату титану.

Відповідно до основної мети в роботі поставлені наступні завдання:

- визначити вплив течії металу при штампуванні, форми заготовки і розподілу щільності в її обсязі на процес ущільнення, розподіл щільності, структуру і механічні властивості металу після гарячого штампування;

- дослідити вплив щільності порошкового заготовки, температури спікання, температури і середовища нагріву на величину ступеня деформації при гарячому штампуванні;

- з метою поліпшення властивостей деталей, спрощення конструкції пуансонів і штампів, а також забезпечення можливості використання стандартного ковальсько-пресового устаткування, вивчити можливість нового підходу до управління процесом ущільнення металу при гарячому штампуванні шляхом надання визначеної форми порошкової заготовці, заданого розподілу щільності в її обсязі і створення умов перебігу металів в компенсаційні щілини;

- дослідити вплив тиску, температури і ступеня деформації на щільність, структуру і властивості гарячештампованого порошкового титану;

- на підставі результатів дослідження розробити і впровадити у виробництво технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з порошкового титанів;

- дати техніко-економічне обґрунтування ефективності використання методу гарячого штампування конструкційних деталей з порошкового титану.

При розробці технологічного процесу гарячого штампування деталей із заготовок порошкового титану передбачалося:

- виявити придатність титанових порошків для виготовлення деталей різного призначення;

- розробити методику розрахунку порошкових заготовок під гаряче штампування;

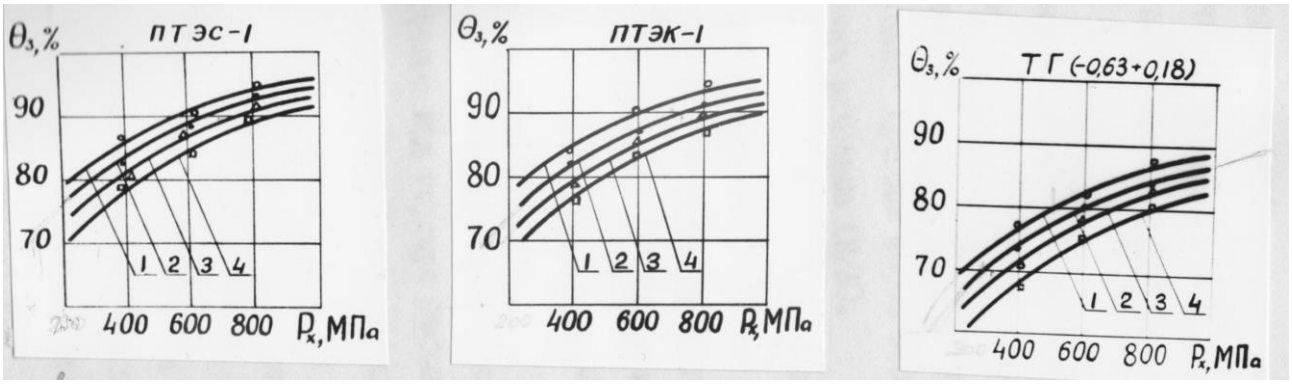
- розробити класифікацію конструкційних деталей, яка враховувала б особливості ущільнення металу при гарячому штампуванні.

РОЗДІЛ 2
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ШТАМПУВАННЯ НА ЩІЛЬНІСТЬ, СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛУ

2.1 Дослідження холодного пресування і спікання порошкових заготовок

Умови холодного пресування електролітичного порошку ОТТ-0 в даний час добре вивчені. Холодним пресуванням і наступним спіканням з даного порошку виготовляють конструкційні деталі різного експлуатаційного призначення [5]. Процес холодного пресування електролітичного порошку титану ОТТ-1 і відсіву титанової губки -0,63+0,18 вивчений недостатньо.

Дослідження показали, що при однакових умовах пресування є відмінності у щільності заготовок електролітичних порошків титану і відсіву титанової губки. Відносна щільність порошкових заготовок з відсіву губчастого титану нижче на 6-8% (рис. 2.1).



Відношення H/D: 1-0,5; 2-1,0; 3-1,5; 4-2,0.

Рис. 2.1 - Залежності щільності заготовок порошкового титану від тиску холодного пресування. Двостороннє пресування. Змазка - суспензія дисульфід молібдену + індустріальне мастило (2:1).

Використання мастила, яке наносилося тонким шаром на поверхню матриці і пуансона, дозволяє підвищити відносну щільність порошкових заготовок як на 4-5% по відношенню до щільності порошкових заготовок отриманих в умовах сухого тертя. Колоїдно-графітовий препарат В-0 і суспензія дисульфід молібдену + індустріальне масло (2:1) надають практично однаковий вплив на ущільнення при холодному пресуванні титанових порошків.

Збільшення відношення висоти порошкової заготовки H до діаметру D (H/D) від 0,5 до 20 призводить до зменшення відносної щільності порошкових заготовок ОТТ-0 і ОТТ-1 на 6-8%, відсіву в титанової губки фракції -0,63 + 0,18 на 8-10%. Нижча пресуємість відсіву титанової губки пояснюється підвищеною твердістю порошку.

Для отримання щільності в порошкових заготовках з відсіву губчастого титану, рівною щільності заготовок з електролітичних порошків, необхідно прикладати тиск на 200-250 МПа більше. При дослідженні пресування заготовок з різновисокими ділянками рознімними пунсонами було відзначено, що тиск і ущільнення кожного з ділянок практично такі ж, як і при пресуванні заготовок простої форми відповідного обсягу металу і геометричних розмірів H/D.

Дослідження процесу гідростатичного пресування проводили на заготовках з співвідношенням H/D = 2-5 і змінним діаметром по перетину. При тисках гідростатичного пресування 160 МПа були отримані порошкові заготовки з електролітичних порошків в титану ОТТ-1 1 і ОТТ-0 відносною щільністю 72-73%, з відсіву губчастого титану 68-70%.

Гідростатичне пресування може бути використано при отриманні заготовок під гаряче штампування з подовженою віссю, розподіл величини щільності в яких не робить істотного впливу на формування і ущільнення порошкового титану в процесі гарячої деформації. Наприклад, порошкові заготовки під гаряче штампування з подовженою віссю і змінним перетином по довжині.

Дослідження впливу процесу спікання на щільність заготовок титанових порошків ОТТ-1, ОТТ-0 і відсів губчастого титану фракції -0,63 + 0,18 проводили в вакуумі 2,6-2,9·10^{-2} Па. Температура спікання 1000, 1100, 1150, 1200 °С, час витримки 1, 2, 3 години. Відносна щільність циліндричних порошкових заготовок перед спіканням дорівнювала 75, 80, 85, 90%. Відношення висоти до діаметру порошкової заготовки H/D = 0,25; 0,5; 0,75; 1,0.

Таблиця 2.1 – Відносна щільність титанових порошків

Відношення H/D	Відносна щільність, %			
	Після холодного пресування	Після спікання		
	ОТТ-0, ПТЕС-2, Відсів титанової губки --0,63+0,18	ОТТ-0	ОТТ-1	Відсів титанової губки -0,63+0,18
0,5	75	76,4	76,2	78,1
	80	81,2	81,1	82,7
	85	86,0	85,7	87,2
	90	90,6	90,5	91,9
1,0	5	77,1	76,9	78,7
	80	81,4	81,3	82,9
	85	86,1	85,9	87,5
	90	90,8	90,7	92,2

При цьому приріст щільності зменшується зі збільшенням вихідної в щільності заготовок. При однаковій вихідній щільності більший приріст щільності мали заготовки з відсіву губчастого титану. При спіканні більш ефективно підвищення температури до 1000-1200 °С, а не тривалість витримки

при спіканні 1-6 годин. Зазначені режими спікання не роблять істотного впливу на зміну поздовжніх і поперечних розмірів заготовки.

2.2 Дослідження процесу ущільнення при гарячому штампуванні

Дослідження процесу гарячого штампування конструкційних деталей проводили паралельно на заготовках порошкового титану або литого, відносною щільністю 100%, отриманого з порошку шляхом електровакуумної переплавки. Використовували заготовки круглої і прямокутної форми в плані, які на торцях не мали виступів і глухих отворів.

Гаряче штампування конструкційних деталей з порошкового металу в закритому штампі включає осадку заготовки, заповнення порожнин матриці, допресовку.

Перша стадія гарячого штампування, осадка, супроводжується збільшенням поперечних розмірів порошкових заготовок. Наявність контактного тертя на торцях заготовки яку осаджують призводить до зміни форми і утворення змінного перерізу по висоті. Після осадки порошкового металу, також як і литого, мали бочкообразну форму. Це вказує на те, що схема дії сил, що викликає зміни заготовки порошкового і литого металу можна порівняти.

Зміни форми порошкових заготовок в плані, також як і заготовок литого металу, підпорядковується відомому в обробці металів тиском [24] принципу найменшого периметра, згідно якого, будь-яка форма поперечного перерізу призматичного або циліндричного тіла, при осіданні його в пластичному стані, з наявністю контактного тертя, прагне прийняти форму, що має при даній площі найменший периметр, тобто в межі прагнути до кола. Переміщення будь-якої точки тіла в площині, перпендикулярно до дії зовнішньої сили, відбувається по найкоротшій нормалі до периметру перетину.

Щільність порошкової заготовки після першої стадії гарячого штампування залежить від поперечної ступеня деформації, вихідної щільності металу і висоти заготовки рис 2.3. Збільшення поперечної ступеня деформації заготовки до 50% призводить до підвищення щільності металу. Однак, приріст щільності, зі збільшенням поперечного ступеня деформації, відбувається нерівномірно і залежить від щільності заготовки і відносини H/D. У заготовках з відносною щільністю 75% інтенсивний приріст щільності спостерігається при збільшенні ступеня деформації до 35-40%. У подальшому збільшення ступеня деформації до 50% сприяє незначному підвищенню щільності металу. У заготовках з відносною щільністю металу 90% інтенсивне ущільнення спостерігається при збільшенні ступеня деформації до 25-30%. Подальше збільшення ступеня деформації до 50% викликає мінімальний приріст щільності.

Збільшення висоти порошкової заготовки при однакових її початковій щільності і ступені деформації призводить до зменшення приросту щільності металу після осаду. Для отримання рівної щільності після осаджування в заготовках з різною висотою і однаковою вихідною щільністю необхідно забезпечити відповідну ступінь деформації, наприклад, для отримання рівної, середньої, відносної щільності після осаджування 90% в заготовках з однаковою початковою, відносною щільністю 75% і різними висотами (H/D = 0,5; 1,0; 1,5) необхідно забезпечити відповідно до ступеня деформації 27, 33, 45%.

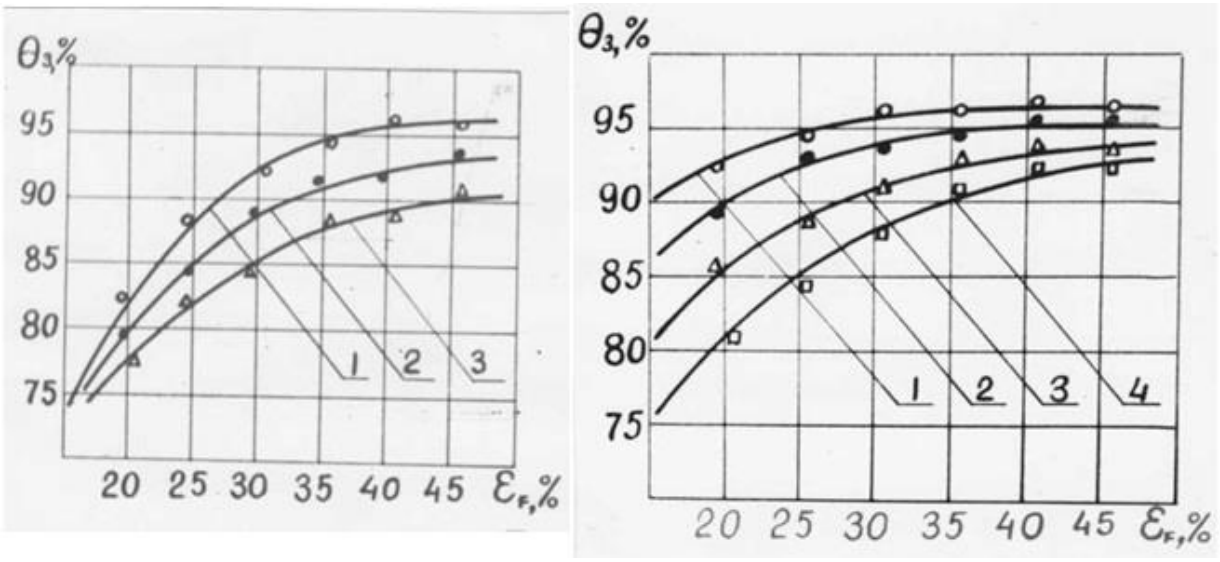
Аналіз результатів досліджень показав, що різну щільність в заготовках з різною висотою можна отримати також змінюючи величину початкової щільності заготовки. При цьому ступінь деформації заготовки може перебувати в однакових межах. Наприклад, для отримання середньої відносної щільності після осаджування 90% в заготовках з різними висотами, відносна щільність заготовки з більшою висотою H/D = 1,0 повинна бути не менше 80%, а відносна щільність заготовки з меншою висотою H/D = 0,5 - 75%. Величина ступеня

деформації зазначених порошкових заготовок до отримання відносної щільності 90% після осаджування дорівнює 27%.

В результаті проведених досліджень виявлено два способи отримання рівної щільності після осаджування в заготовках із різною висотою. Перший спосіб полягає в забезпеченні відповідного поперечного ступеня деформації в залежності від вихідної щільності і висоти заготовки. Другий спосіб полягає в тому, що варіюючи вихідною щільністю можна домогтися її співвідношення, при якому для отримання рівної щільності після гарячого штампування, в заготовках з різною висотою, потрібен однаковий ступінь деформації.

В процесі металографічних досліджень діаметрального перерізу осаджених порошкових заготовок виявлено неоднорідне ущільнення металу на різних ділянках. У осадженій порошковій заготовці виявлені зони з високою щільністю і зони, де ущільнення металу було незначним. Кількість і розподіл цих зон в обсязі порошкової заготовки збігається з кількістю і розташуванням зон інтенсивності деформації в осадженій литий заготовці, які вивчені в теорії обробки металів тиском [82]. Це підтверджує, що схеми діючих сил і напруг в металі литий і порошкової заготовки на першій стадії штампування можна порівняти.

Щільність металу дає якісну оцінку напруженням і деформаціям, які мали місце в конкретній зоні в процесі осадки порошкової заготовки. Інтенсивність деформації і ущільнення в кожній зоні оцінювали за наявністю пір і формі зерна структури.



а) б)

а) при постійній, початковій, відносній щільності заготовки $\theta_з$=75% H/D: 1 -0,5; 2 – 1,0; 3 – 1,5; б) при постійному H/D=1, початкова відносні щільність заготовки: 1 - 90%; 2 – 85%; 3 – 80%; 4 – 75%.

Рис. 2.2 - Залежності відносної щільності осадженої заготовки від ступеню деформації:

Зони I, прилеглі до тортів заготовки деформуються незначно. Вони містять окремі дрібні і великі пори грубозернисту рівновісну структуру металу.

Інтенсивна деформація і ущільнення порошкового металу спостерігається в зоні II. В результаті поперечного течії металу скоротилася кількість, і зменшилися розміри пір. У центральній частині цієї зони великі пори відсутні, спостерігаються окремі дрібні пори, структура дрібнозерниста, зерна витягнуті в напрямку течії металу. На кордоні з зонами I і III збільшується кількість дрібних пір. Структура металу носить менш виражені сліди пластичної деформації.

За інтенсивністю деформації зона III варто після зони I і II. Вона містить грубозернисту разностную структуру без явно виражених слідів пластичної деформації. Спостерігаються дрібні і великі пори.

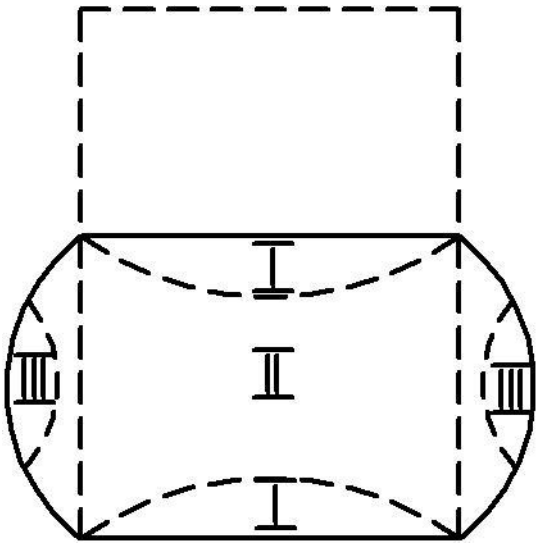


Рис. 2.3 - Зони інтенсивності деформації

Розподіл відносної щільності в порошковій заготовці після осаджування і ступенем деформації 40%: зона I - 95-96%; зона II - 97-98%; зона III - 93-94%. Нерівномірний розподіл щільності в осадженій заготовці викликано напружено-деформованим станом порошкового металу в процесі деформації.

Ущільнення в зоні I відбувається в основному за рахунок переміщення металу в напрямку прикладання навантаження. Поперечна течія затримується тертям металу об робочу поверхню інструменту. Умови ущільнення металу наближені до всебічного рівномірному стиску.

У зоні II метал ущільнюється під дією стискаючих напруг і інтенсивної його течії в поперечному напрямку. Напружено-деформований стан металу наближений до всебічного нерівномірного стиску, сприяє його течією, ущільненню і утворенню дрібнозернистої структури.

В процесі осадки у зоні III мають місце стискаючі і розтягуючи напруження. По мірі збільшення ступеня деформації напруження розтягу збільшуються. При досягненні величини, що перевищує межу міцності металу, що розтягує напруга викликає його руйнування на бічній поверхні заготовки. В результаті щільність металу в зоні III має мінімальне значення.

У зв’язку з переміщенням металу, що становить внутрішню поверхню отвору, від центру до периферії в заготовках при S/H = 0,5 зона III має місце

тільки з боку зовнішньої поверхні. Щільність металу з боку внутрішньої поверхні отвору практично не відрізняються від металу зони II.

Перша стадія гарячого штампування, осадка, закінчується торканням бічною поверхнею заготовки стінок матриці. З цього моменту починається друга стадія процесу. На цій стадії штампування відбувається заповнення порожнини матриці, а течія металу направлена в її периферійні порожнини. Ця стадія характеризується незначним приростом щільності металу. Середня відносна щільність виробів в кінці другої стадії становила 96-98%.

Після заповнення металом порожнини матриці починається третя стадія штампування в закритому штампі - допресовкою. На цій стадії відбувається ущільнення металу в основному за рахунок течії металу в пори. Напружено-деформований стан металу максимально наближений до всебічного рівномірному стиску. Відносна щільність металу в кінці третьої стадії 99-99,5%.

Мікроструктурні дослідження поздовжнього діаметрального перерізу виробів, отриманих після третьої стадії штампування, показали різну щільність металу. Виявлено скупчення дрібних пор в зонах позначених точками 2, 3, 4. Ділянки, що містять пори, сформовані в периферійних порожнинах матриці, де протягом металу на заключній стадії процесу мінімальне. Центральна частина виробу точка 1 пор не мала.

Рух пуансона, який необхіден для ущільнення металу в точках 2, 3, 4, стримується металом центральній частині заготовки, відносна щільність якого досягла 100% раніше, внаслідок нерівномірного розподілу щільності після першої стадії штампування. Перебіг металу в периферійні порожнини матриці направлено з зон I і III, де щільність металу після першої стадії була нижче. Нерівномірний розподіл щільності за обсягом заготовки, що утворився на першій стадії процесу, а також умови ущільнення металу на третій стадії, максимально наближені до всебічного рівномірному стиску, не дозволяють в периферійних порожнинах матриці повністю ліквідувати пори.

Аналіз результатів досліджень процесу ущільнення порошкових заготовок в закритому штампі показав, що максимальна щільність і однорідна

структура металу по всьому об’єму деталі можуть бути отримані при забезпеченні умов всебічного нерівномірного стиснення на всіх ділянках заготовки що ущільнюється.

Умови всебічного нерівномірного стиснення в периферійних порожнинах матриці були забезпечені плином металу в компенсаційні щілини на заключній, четвертій стадії процесу. Закінчення процесу течії металу в компенсаційні щілини мало місце після допресовки на третій стадії. В результаті створення умов перебігу металу в периферійних порожнинах матриці отримана відносна щільність в деталях 99,7-100% і практично однорідна дрібнозерниста структура металу. Велике зерно структури і пористість в точці 4 збереглися, так як плин металу на заключній стадії було мінімальним. Для отримання однорідної структури і рівномірної щільності металу по всьому об’єму деталі, поперечний переріз щілини має забезпечувати такий ступінь деформації металу в периферійній зоні, яка мала місце в центральній частині заготовки на першій стадії процесу.

Створення умови перебігу металу з периферійних частин матриці в компенсаційні щілини на заключній стадії процесу, а також в тих її порожнинах, де формуються небезпечні перетини деталі, дає можливість управляти процесом ущільнення металу при гарячому штампуванні конструкційних деталей, одержуваних з порошкових заготовок.

Даний спосіб ущільнення порошкового металу в процесі гарячого штампування набуває особливого значення при виготовленні відповідальних деталей складної форми, з властивостями на рівні литого деформованого металу.

Слід зазначити відмінність між гарячим штампуванням конструкційних деталей в закритому штампі з компенсаційними цілями заготовок литого і порошкового металу. У першому випадку компенсаційні щілини призначені для запобігання перевантаження устаткування і поломки штампового оснащення, викликаних коливаннями маси литої заготовки. У разі використання порошкових заготовок, компенсаційні щілини повинні

застосовуватися з метою управління процесом ущільнення металу в периферійних порожнинах матриці, що і визначає їх кількість і місця розташування. При розрахунку заготовки необхідно враховувати масу металу що випливає в компенсаційні щілини.

2.3 Розробка технологічного процесу гарячого штампування конструкційних деталей з порошків титану

2.3.1 Класифікація конструкційних деталей виготовляються гарячим штампуванням

Різноманітність форм конструкційних деталей і відмінності у вимогах, заявдених до них в процесі експлуатації, викликають певні труднощі при розробці технологічного процесу, виборі схем ущільнення порошкового металу, визначенні форми порошкової заготовки, розробці конструкції прес-форм для холодного пресування і штампів для гарячого штампування. З метою усунення цих труднощів розроблена класифікація конструкційних деталей, що виготовляються з металевих порошків холодним пресуванням і наступним спіканням, яка в даний час успішно застосовується у виробництві при виготовленні виробів і проектуванні прес-форм [4].

Розроблюваний технологічний процес передбачає ущільнення нагрітих порошкових заготовок нероз’ємними пунсонами з заданим поперечним плином металу. У зв’язку з тим, що течія металу в радіальному напрямку на першій стадії гарячого штампування залежить від форми заготовки в плані, ущільнення порошкового металу в розробляємому технологічному процесі істотно відрізняється від допресовки порошкових заготовок при динамічному гарячому пресуванні [19]. Осадка порошкових заготовок, круглих в плані, характеризується рівномірним радіальним плином металу, а отже, рівномірним заповненням порожнини матриці на другій стадії процесу. При осадці

заготовок, форма в плані яких відрізняється від кола, плин металу в поперечному напрямку нерівномірний і підпорядковується відомому в теорії обробки металів тиском принципу найменшого периметра, який є наслідком закону найменшого опору. Нерівномірний плин металу в радіальному напрямку при осаджуванні заготовок що відрізняються формою в плані від кола ускладнює процес заповнення порожнини матриці на другій стадії гарячого штампування.

Оскільки стосовно описаного технологічного процесу гарячого штампування розроблена класифікація конструкційних деталей, що виготовляються нероз'ємними пунсонами з заготовок із заданим розподілом щільності по ділянках. Деталі розділені на класи і групи складності (рис. 2.4). Клас характеризує форму деталі в плані, а група складності конфігурацію її поверхні на торцях. Всі представлені деталі штампуються осадкою в торець або осадкою з видавлюванням в порожнину матриці.

Найбільш представницькими є деталі круглі в плані, об'єднані в перший клас. Поверхня торців цих деталей, в залежності від групи складності, може містити різні за висотою ділянки, глухі і наскрізні отвори, пази.

У другому класі представлені деталі прямокутні і багатокутні в плані. Осадка заготовок при гарячому штампуванні цього класу деталей супроводжується утворенням форми наближеною до еліпсу. Для деталей другого класу характерно розташування виступів з боку прикладання навантаження, нижня площину гладка.

У третьому класі представлені деталі містять відростки. Штампування даного класу характеризується рівномірним радіальним плином металу в центральній частині деталі, що має форму кола, і нерівномірним радіальним плином металу на ділянках складових відростки.

У четвертому класі представлені деталі з подовженою віссю і змінним перетином по довжині. З боку великого перерізу є два відростки. Деталь має складну конфігурацію площин торців, що формуються в процесі штампування в напрямку прикладання навантаження. Особливістю формування таких деталей

є плавний перехід по висоті на порівняно великій довжині від максимального до мінімального поперечного перерізу.

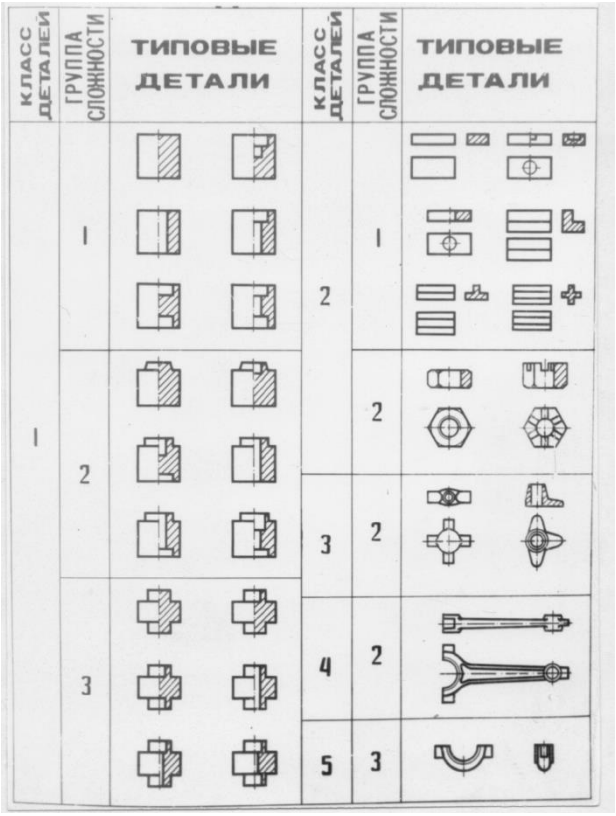


Рисунок 2.4 - Класифікація конструкційних деталей.

У п’ятому класі представлена деталь з вигнутою віссю, найвищою 3 групи складності. Поверхня деталі сформована пуансоном і дном матриці може бути гладкою, містити невисокі ребра або пази. Складність ущільнення металу при виготовленні таких деталей полягає в тому, що на крайніх ділянках ущільнення здійснюється за рахунок вертикального прикладання навантаження, а в центрі навантаження розподілено по дузі.

Експлуатаційне призначення зумовлює форму конструкційних деталей і обумовлює вид програми навантаження: статичне або динамічне. Деталі 1 і 2 класу в переважній більшості випадків призначені для експлуатації при статичних навантаженнях. Тому вимоги по міцності металу при виготовленні

таких деталей є основними. Вимоги до пластичних властивостей металу в залежності від умов експлуатації деталі, можуть бути знижені.

Деталі 3, 4, 5 класів призначені в основному для експлуатації з додванням статичних і динамічних навантажень, які за певних умов експлуатації можуть бути циклічними. Тому вимоги по міцності і пластичності металу при виготовленні таких деталей пред’являються на рівні литого деформованого металу.

Таким чином, деталі класифіковані в залежності від особливостей їх ущільнення при гарячому штампуванні, але і з урахуванням вимог, висунутих до них в процесі експлуатації.

2.3.2 Методика розрахунку порошкових заготовок

Головними перевагами даного методу порошкової металургії є: можливість отримання конструкційних деталей в закритому штампі за один робочий хід преса з мінімальними припусками під механічну обробку і втратами металу. Це стає можливим завдяки тому, що в процесі холодного пресування можна отримувати заготовки необхідної конфігурації із заданим розподілом щільності в їх обсязі.

Однак, як показали дослідження, максимальне наближення форми заготовки до форми готової деталі зводить до мінімуму величину ступеня її деформації при гарячому штампуванні. В результаті плин металу мінімально, ускладнено його ущільнення, знижується фізико-механічні властивості поковок.

Максимальне віддалення форми заготовки від форми готової деталі збільшує ступінь деформації порошкової заготовки при гарячому штампуванні, сприяє утворенню тріщин на бічній поверхні заготовки і забруднення металу мастилом, вимагає додаткових зусиль для заліковування пор і тріщин на

заключній стадії процесу. В даному випадку спостерігається значна неоднорідність деформації в обсязі формованої поковки, що призводить до різної щільності і недоштамповуванню окремих її ділянок.

Форма порошкової заготовки повинна забезпечувати на всіх ділянках одержуваної деталі одночасний початок і завершення ущільнення порошкового металу, докритичний ступінь деформації в процесі гарячого штампування і максимальний плин металу без руйнування.

Викладені вище вимоги, що пред'являються до порошкових заготовок, враховані при розробці методики розрахунку порошкових заготовок під гаряче штампування. В основу методики покладено умова при якій форма порошкової заготовки повинна забезпечувати заданий поперечний ступінь деформації, що не перевищує допустимий, розподіл щільності по ділянках заготовки, однакову величину їх осадки у процесі подальшої гарячого штампування до отримання відносної щільності 99,5 - 100%. По знайденому значенням $К_{ФД}$ з номограми ми визначаємо максимальну щільність $\theta_з$ квадрант 1, яку можна отримати в процесі холодного пресування на ділянці заготовки мають найбільшу висоту.

Величина ступеня деформації ε_F неповинна перевищувати допустиму, обмежену на номограмі кривої, для даної щільності і стану заготовки (спечена або не спечена).

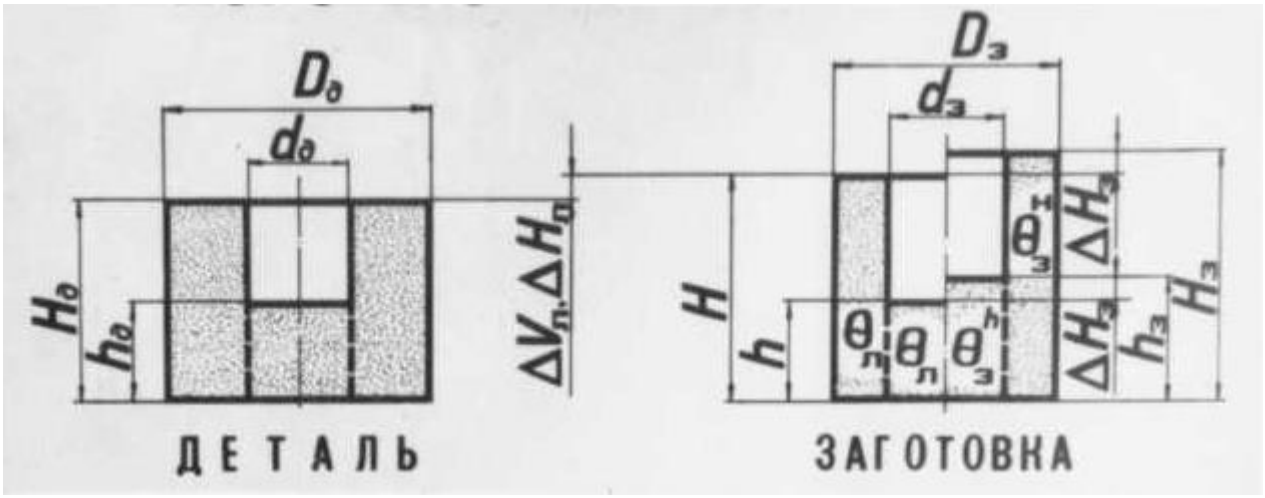


Рисунок 2.5 - Деталь і заготовка з різними по висоті ділянками.

Площа поперечного перерізу зовнішньої ділянки порошкової заготовки з урахуванням ε_F:

$$F_{\text{з}}^{\text{н}} = F_{\text{д}}^{\text{н}}(1 - \frac{\varepsilon_{\text{к}}}{100})$$

де, $F_{\text{д}}^{\text{н}}$ - площа поперечного перерізу зовнішньої ділянки деталі, м^2.

$$F_{\text{д}}^{\text{н}} = \frac{\pi(D_{\text{д}}^2 - d_{\text{д}}^2)}{4}$$

де, $D_{\text{д}}$, $d_{\text{д}}$ - діаметри ділянок деталі, м.

Діаметр зовнішньої ділянки заготовки:

$$D_{\text{з}}^{\text{н}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{з}}^{\text{н}}}{\pi} + d_{\text{д}}^2}$$

Площі поперечного перерізу внутрішніх ділянок деталі і порошкової заготовки є рівними.

Подальший розрахунок заготовки виконуємо в два етапи. Спочатку визначаємо розміри заготовки при щільності металу 100%, а потім визначаємо величину щільності ділянок заготовки в залежності від їх висоти. При цьому поперечні розміри ділянок заготовок при відносній щільності 100% і заготовок з розподіленою щільністю рівні. Різниця між заготовками полягає в різниці висот ділянок, величина яких зростає зі зменшенням їх щільності. Зменшення площі поперечного перерізу зовнішньої ділянки деталі, за умови збереження сталості об'єму деталі і заготовки з відносної щільністю металу 100%, призводить до збільшення висоти ділянок заготовки.

Величина зміни висоти $\Delta H_п$ ділянок при відносній щільності заготовки 100% постійна

$$\Delta H_п = \frac{\Delta V_п}{F_з^н - F_з^h}$$

де, $\Delta V_л$ - величина приросту об'єму по висоті заготовки, м^3;

$F_з^н, F_з^h$ - площа поперечного перерізу ділянок заготовки, м^2.

$$\Delta V_л = (F_з^н - F_з^h)H_д$$

де, $H_д$ - висота високого ділянки деталі, м.

Висота ділянок заготовки при відносній щільності 100% відповідно дорівнює:

$$H_п = H_д + \Delta H_п$$

$$h_п = h_д + \Delta H_п$$

де $h_л$ – висота низької ділянки заготовки, м.

З урахуванням знайденої по номограмі щільності високої ділянки визначаємо її висоту в порошковій заготовці:

$$Н_з = \frac{Н_п \cdot \theta_п}{\theta_з^н}$$

де $\theta_л$ – відносна щільність металу, 100%;

$Н_л$ – висота високої ділянки заготовки при відносній щільності 100%, м.

Величина ходу пуансона при гарячому штампуванні, необхідна для досягнення відносної щільності 100% без зміни поперечних розмірів ділянки становить різницю між висотами цієї ділянки і його відносної щільності $\theta_з^н$ та 100%.

$$\Delta H_з = H_з - H_д$$

Для забезпечення умови одночасного початку і завершення процесу ущільнення металу при гарячому штампуванні на високому і низькому ділянці поковки різниця в висоті низького ділянки порошкової заготовки та заготовки відносної щільністю 100% також повинна дорівнювати $\Delta H_з$.

$$h_з = h_п + \Delta H_з$$

де $h_п$ – висота низької ділянки порошкової заготовки при відносній щільності 100%, м.

Визначаємо відносну щільність низької ділянки

$$\theta_{з}^{h} = \frac{h_{п} \cdot \theta_{п}}{h_{з}}$$

За результатами розрахунку складаємо креслення заготовки (рис. 2.5). Розбіжність у величині щільності на ділянках спечених заготовок між розрахунковим і експериментальним значеннями не перевищувала 1,8% (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 - Відносна щільність ділянки порошкової заготовки

Вихідний матеріал	Відносна щільність ділянки порошкової заготовки, %			
	Висока		Низька	
	розрахункова	експериментальна	розрахункова	експериментальна
ОТТ-0	90	89,2	80	80,5
ОТТ-1	90	89,3	80	80,3
Відсів титанової губки -0,63+0,18	90	88,7	80	78,2

Наявність пористості в порошкових заготовках, отриманих холодним пресуванням, висуває до них ряд вимог, дотримання яких забезпечує отримання

заданих фізико-механічних властивостей у виробах після гарячого штампування і термічної обробки.

Вимоги до порошковим заготівлях складений за результатами досліджень впливу різних чинників технологічного процесу на властивості металу після гарячого штампування:

1. Механічна міцність заготовок повинна забезпечувати можливість їх транспортування, нагріву і подачі в штамп для гарячого штампування без руйнування або викришування окремих ділянок поверхні;

2. Поверхня заготовки після холодного пресування не повинна мати тріщин, сколів та інших механічних пошкоджень.

Наявність зазначених ушкоджень сприяє газонасичених металу і забруднення мастилом. В процесі подальшої гарячого штампування забруднені ділянки запресовують у середину виробу що призводить до анізотропії механічних властивостей гарячештампованого порошкового титану.

3. Відхилення порошкових заготовок по вазі має бути в таких межах:

- для заготовок вагою до 500 г ± 0,1-0,5 г;

- для заготовок вагою 500 – 2000 г ± 1-2 м

Використання заготовок, з відхиленням у вазі що перевищує зазначені межі, призводить до збільшення висоти деталі після гарячого штампування, збільшується навантаження на оснащення та обладнання, можлива поломка робочого інструмента або заклинювання преса. Зменшення ваги заготовки призводить до недоліків окремих ділянок деталі, зниження їх пластичності, анізотропії механічних властивостей.

4. Форма заготовки, наближена до форми готової деталі повинна забезпечувати оптимальну ступінь деформації при гарячому штампуванні на всіх ділянках деталі що формується.

Максимальне наближення форми порошкової заготовки до форми готової деталі не забезпечує необхідний ступінь деформації при гарячому штампуванні, а, отже, необхідних фізико-механічних властивостей. Гаряче штампування порошкових заготовок за формою віддалених від форми готової деталі

виконується при ступенях деформації що значно перевищують межу максимального допустимого значення. В результаті на поверхні заготовки утворюються тріщини, поверхня яких окислюється і забруднюється мастилом, а на кінцевій стадії процесу запресовується всередину деталі.

5. Щільність порошкової заготовки та її розподіл за об’ємом повинні створювати сприятливі умови при подальшому ущільненні її в процесі гарячого штампування. Відхилення від заданої величини відносної щільності не повинно перевищувати ± 2%.

6. Розміри заготовок в плані не повинні викликати труднощів при завантаженні нагрітої заготовки в порожнину штампа для гарячого штампування.

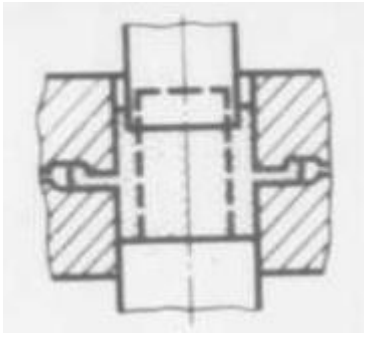
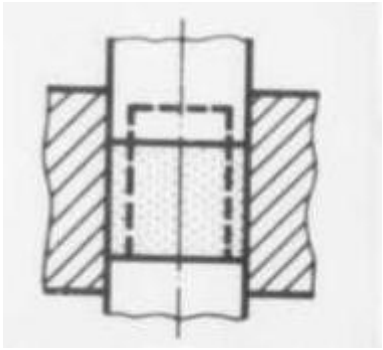
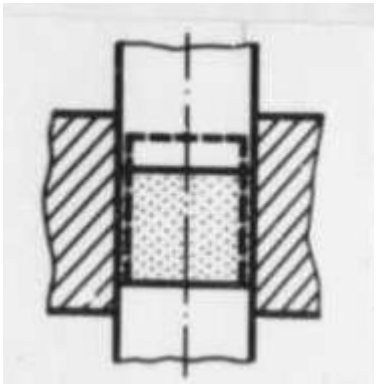
2.3.3 Технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з порошків титану

За результатами проведених досліджень розроблено технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з порошків титану (табл. 2.3)

При розробці технологічного процесу враховано вплив різних чинників на ущільнення порошкового металу і його властивості після гарячого штампування. Технологічні операції обмежені межами що забезпечують досягнення максимальних механічних властивостей порошкового металу після гарячого штампування.

Тиск холодного пресування 600-800 МПа забезпечує отримання відносної щільності в порошкових заготовках 80-90% і є оптимальним. Подальше збільшення тиску холодного пресування призводить до незначного приросту щільності при одночасному збільшенні навантаження на оснащення.

Таблиця 2.3 - Технологічний процес гарячого штампування

Схеми процесу	Технологічні операції	Вироби
Схема I  1-4 стадії $G_{пз}=G_д+G_{об}$	1. P_x=600-800 МПа 2. T_c=1200±20ºС, τ=2-3 години, вакуум 2,66·10^{-2} Па 3.$T_ш$=850±20ºС, в аргоні (950±20ºС) 4.$P_ш$=600-800МПа, ε_F=20-40% 5. T_0=800±20ºС, τ=2-3 години, вакуум 2,66·10^{-2} Па	1-5 класу
Схема II  1-3 стадії $G_{пз}\approx G_д$		1-3 класу
Схема III  1-3 стадії $G_{пз}\approx G_д$	1. P_x=600-800 МПа 2.$T_ш$=850±20ºС, в аргоні (950±20ºС) 3.$P_ш$=600-800МПа, ε_F<15% 5. T_0=800±20ºС, τ=2-3 години, вакуум 2,66·10^{-2} Па	1-2 класу

Спікання порошкових заготовок в вакуумі 2,66 х 10^{-2} Па при температурі 1200±20 ºС і витримці 2-3 години забезпечує максимальну технологічну пластичність порошкового титану. Збільшення технологічної пластичності порошкового металу дозволяє деформувати заготовки з оптимальним ступенем деформації, який сприяє збільшенню щільності і поліпшенню фізико-механічних властивостей.

Нагрівання порошкових заготовок перед гарячим штампуванням в аргоні до температури 850-950 °С знижує газонасичення металу і забезпечує необхідну пластичність, яка необхідна для отримання виробів відносної щільністю 99-100%. Збільшення температури нагріву призводить до інтенсивного газонасичення металу і зниження його механічних властивостей. Зазначений інтервал температури нагріву порошкових заготовок забезпечує також зниження тиску гарячого штампування.

Тиск гарячого штампування 600-800 МПа і поперечна деформація 20-40% взяті з урахуванням забезпечення в виробах відносної щільності 99-100%.

Режими термічної обробки обрані з урахуванням наявності операції спікання порошкових заготовок, а також вимог, висунутих до деталей в процесі їх експлуатації.

Залежно від класу деталей і вимог, що пред’являються до них у процесі експлуатації, а також з метою поліпшення техніко-економічних показників виробництва технологічний процес гарячого штампування може виконуватися по одній з розроблених трьох схем (табл. 2.3).

Схема 1 передбачає використання спечених порошкових заготовок і подальше їх ущільнення з обмеженим плином металу в компенсатори на четвертій, заключній стадії процесу. Деталі, отримані за схемою 1, мають кращі властивості по відношенню до деталей виготовленим за схемою 2 і 3. Перебіг металу із зон ускладненої деформації в компенсаційні щілини дозволяє отримувати рівномірні щільність і властивості по всьому об’єму.

Штампування за схемою 1 пов’язано з деяким збільшенням відходу металу і збільшенням трудомісткості, викликаним видаленням облою.

Виготовлення деталей по схемі 1 повинно бути обґрунтовано експлуатаційними вимогами. За даною схемою пропонується виготовляти деталі 1-5 класів, до яких в процесі експлуатації пред'являються вимоги на рівні литого деформованого металу, і особливо в тих випадках, коли перетини деталі, що несуть максимальні навантаження в процесі експлуатації, формуються і ущільнюються в зонах з утрудненою деформації.

Таблиця 2.4 – Механічні властивості

Схеми процесу	Вихідний матеріал	Ступінь деформа-ції, %	Механічні властивості					
			Відносна щільність, %	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	$a_н$, кДж/м^2	НВ
Схема 1	ОТТ-0	30	99,6-100	380-420	25-50	40-50	800-1000	180-200
	ОТТ-1		99,7-100	380-420	30-35	40-50	800-1000	180-200
	ТГ		99,3-100	420-440	10-25	20-25	200-250	220-240
	ОТТ-0		100	380-420	30-55	40-50	1000-1200	160-180
Схема 2	ОТТ-0	30	99,6-99,8	380-420	25-40	40-50	600-900	180-200
	ОТТ-1		99,4-99,7	380-420	5-40	45-55	600-900	180-200
	ТГ		99,1-99,4	400-420	10-25	5-20	150-200	220-240
Схема 3	ОТТ-0	10	99,0-99,3	380-420	15-25	25-30	300-500	180-200
	ОТТ-1		99,1-99,5	380-420	15-30	25-35	300-500	180-200
	ТГ		98,2-99,1	360-400	10-20	10-15	100-150	220-240

Гаряче штампування конструкційних деталей по схемі 2 також передбачає використання спечених порошкових заготовок, однак на третій заключній стадії процесу ущільнення металу відбувається в умовах максимально наближених до всебічного рівномірному стиску. Механічні

властивості виробів, отриманих за схемою 2, нижче по відношенню до виробів виготовленим за схемою 1. Зниження механічних властивостей викликано зниженням щільності металу в зонах ускладненої деформації, не є небезпечними перерізами.

Деталі, виготовлені за схемою 3 мають найнижчий рівень механічних властивостей. За даною схемою рекомендовано виготовляти деталі, до яких вимоги по пластичності не є визначальними. Деталі, виготовлені за даною схемою, мають кращі техніко-економічними показниками виробництва.

Вибір конкретної схеми технологічного процесу обумовлений експлуатаційними вимогами, що пред'являються до деталі, а також техніко-економічними показниками її виготовленні. З огляду на вимоги по міцності і пластичності, що пред'являються до деталей і варіюючи схемами технологічного процесу, можна знижувати собівартість їх виготовлення і збільшувати продуктивність процесу.

Для виготовлення конструкційних деталей, використовуваних замість аналогічних деталей з литого металу, рекомендовано використовувати електролітичні порошки титану ОТТ-0 і ОТТ-1. Невідповідальні конструкційні деталі, до яких вимоги по пластичності не є визначальними, рекомендовано виготовляти з відсіву титанової губки фракції -0,63 + 0,18.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Завдання на проектування

У конструкторській частині магістерської роботи представлені: кінематичні, енергетичні та силові розрахунки, а також розрахунки вузла пресу. Для цього вибираємо прес КД2330, який входить в номенклатуру обладнання для ущільнення брикетів з титанового порошку. Цей прес двостоєчний, нахиляємий, з не пересувним столом. Основні параметри і розміри преса беремо за ГОСТ 9408 – 77:

- номінальне зусилля $P_н$ = 1 МН ;
- максимальний хід повзуна $H_п$ = 100 мм ;
- число ходів повзуна n = 100 х/хв. ;
- габаритні розміри: зліва-направо 1650 мм ,
  спереду-назад 2125 мм,
  звеху-вниз 3180 мм ;

Встановлена потужність двигуна приводу $N_{вс}$ = 10 кВт.

3.2 Обгрунтування конструкції преса, опис пристрою

Прес вертикальний з верхнім приводом, закритий, зі зварної станиною, стягнутої стяжними шпильками. Привід преса односторонній, виконавчий механізм - ексцентриковий. У столі розташована пневмоподушка, яка служить для виштовхування деталі з нижньої частини штампа.

Муфта-тормоз встановлена на головному валу. У повзуні знаходиться пристрій для регулювання штампового простору з механічним приводом.

Шатун - відповідальна деталь, що передає рух від головного валу на повзун. В даному пресі механізмом регулювання штампового простору є гвинтова пара. Прес містить 2 циліндра урівноважувача, призначених для поліпшення експлуатаційної надійності та умов роботи на пресах.

Від електродвигуна 1, через шків 2, крутний момент передається за допомогою клинопасової передачі маховика 3, і від нього на приймальний вал I. Від вала I через зубчасте колесо 5 і шестерню 4 крутний момент передається на бугельну вісь II ексцентрикового механізму, що приводить в рух шатун 8 і повзун 12.

Шатун з повзуном з'єднаний шаровою опорою 10. Для регулювання міжштампового простору, передбачена гвинтова пара 9. Верхній коромисловий виштовхувач 13 служить для видалення деталі з верхньої частини штампу.

Пневмоподушка 15 служить для виштовхування деталі з нижньої частини штампу. Урівноважучі 11 служать для полегшення механізму регулювання в штамповому просторі і для запобігання самовільного опускання повзуна при поломці гальма.

3.3 Кінематичний аналіз ГВМу

У проектованому пресі використаний кривошипно-шатунний механізм, як головний виконавчий механізм. Визначення основних кінематичних параметрів пресу включає в себе визначення - шляху S, швидкості V і прискорення j повзуна в залежності від кута повороту вала. Зазначені кінематичні величини розраховуємо для діапазону кутів 0 ... 90° через 10°. Для 0°, 45° і 90° розрахуємо за нижче вказаними залежностями за допомогою ручного рахунку.

$$S = R\left[(1-\cos\alpha)+\frac{\lambda}{2}\sin^2\alpha\right] \quad \text{ìì} \qquad (3.\ 1)$$

$$V = \omega R\left(\sin\alpha+\frac{\pi}{2}\sin 2\alpha\right) \quad \text{ìì/ñ} \qquad (3.\ 2)$$

$$J = \omega^2 R(\cos\alpha+\lambda\cos 2\alpha) \quad \text{ìì/ñ}^{\ 2} \qquad (3.\ 3)$$

де R = $S_{мах}$ /2- радіус кривошипу;

$S_{мах}$ - найбільший хід повзуна = 100 мм;

λ - коефіцієнт шатуна = 0,08;

ω - кутова швидкість ведучого валу, ω = πn/30;

n - частота обертання ведучого вала, об/хв. = 90;

При 0°:

$$S = 30\left[(1-\cos 0)+\frac{0{,}08}{2}\sin^2 0\right] = 0 \ \text{ìì}$$

$$V = 12{,}5*30\left(\sin 0+\frac{\pi}{2}\sin 2\cdot 0\right) = 0 \quad \text{ìì/ñ}$$

$$J = 9{,}42^2\cdot 30(\cos 0+0{,}075\cdot\cos 2\cdot 0) = 7484 \qquad \text{ìì/ñ}^{\ 2}$$

При 45°:

$$S = 30\left[(1-\cos 45)+\frac{0,08}{2}\sin^2 45\right] = 18,8 \quad \text{ìì}$$

$$V = 9,42 \cdot 30\left(\sin 45 + \frac{\pi}{2}\sin 2 \cdot 45\right) = 495,5 \quad \text{ìì/ñ}$$

$$J = 9,42^2 \cdot 30\left(\cos 45 + 0,08 \cdot \cos 2 \cdot 45\right) = 5040 \quad \text{ìì/ñ}^2$$

При 90°:

$$S = 30\left[(1-\cos 90)+\frac{0,08}{2}\sin^2 90\right] = 67 \ \text{ìì}$$

$$V = 9,42 \cdot 30\left(\sin 90 + \frac{\pi}{2}\sin 2 \cdot 90\right) = 681 \quad \text{ìì/ñ}$$

$$J = 9,42^2 \cdot 30\left(\cos 90 + 0,08 \cdot \cos 2 \cdot 90\right) = -356 \quad \text{ìì/ñ}^2$$

Отримані розрахункові значення шляху S, швидкості V і прискорення j повзуна представлені в додатку В. Графіки залежності S = f (α) – рис 3.1; V = f (α) – рис 3.2; j = f (α) – рис 3.3.

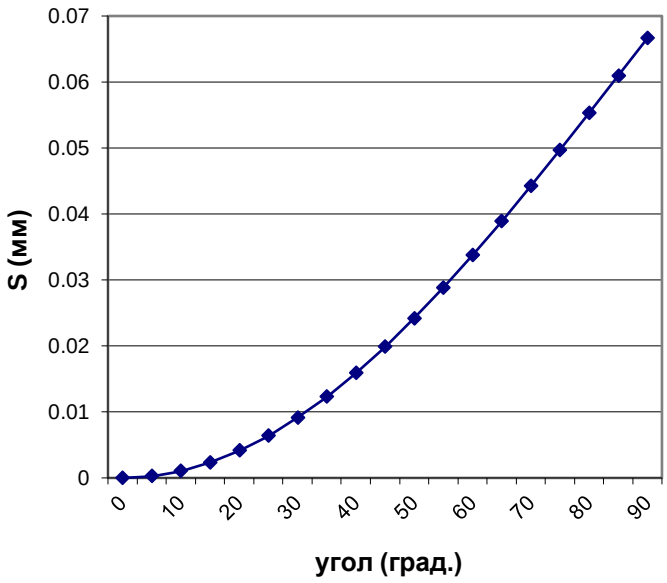


Рисунок 3.1 - Графік шляху повзуна

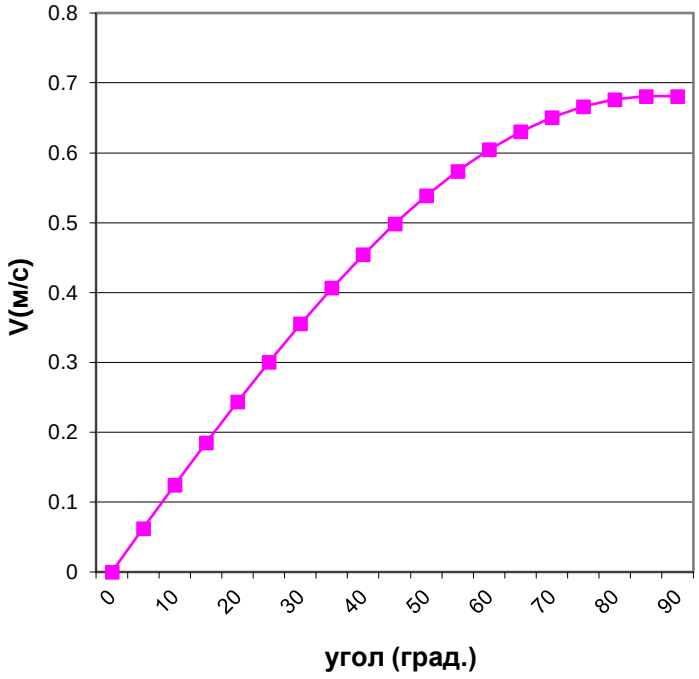


Рисунок 3.2 - Графік швидкості повзуна

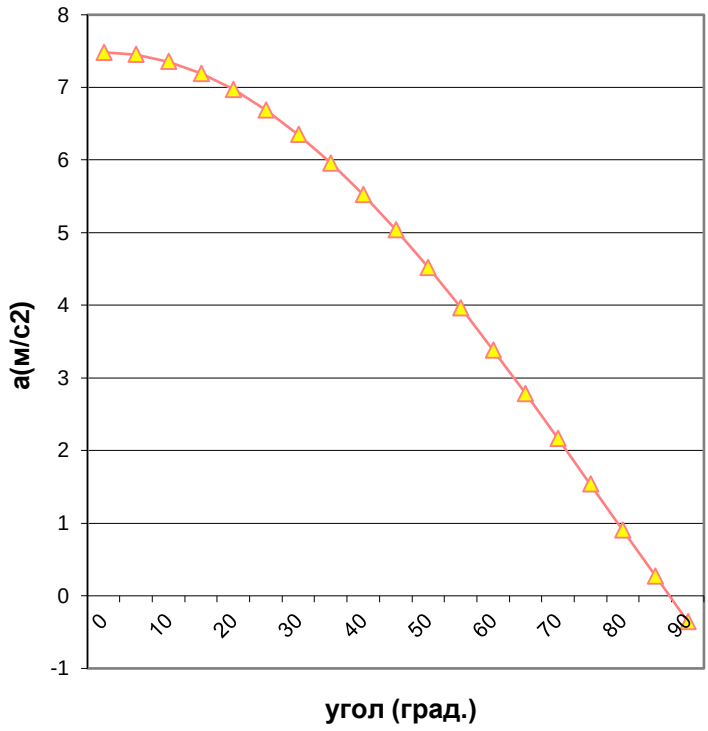


Рисунок 3. 2 – Графік пришвидшення повзуна

3.4 Розрахунок допустимих зусиль

Мета даного розрахунку - перевірити допустимі зусилля на повзуні по міцності вала. Наведене плече діючої на повзунові сили Р для аксіального механізму двостійкового преса визначаємо за формулою:

$$m_k = R\left(\sin\alpha + \frac{\lambda}{2}\sin 2\alpha\right) + \mu\left[(1+\lambda)\cdot r_a + \lambda\cdot r_b + r_0\right] \quad ; \qquad (3.\ 4)$$

е, R - радіус кривошипу;

μ - коэффіцієнт тертя =0,05;

r_a - радіус головки кривошипу =0,10 м;

r_b - радіус шарової опори шатуна =0,05 м;

r_0 - радіус опорної частини кривошипного валу =0,04 м;

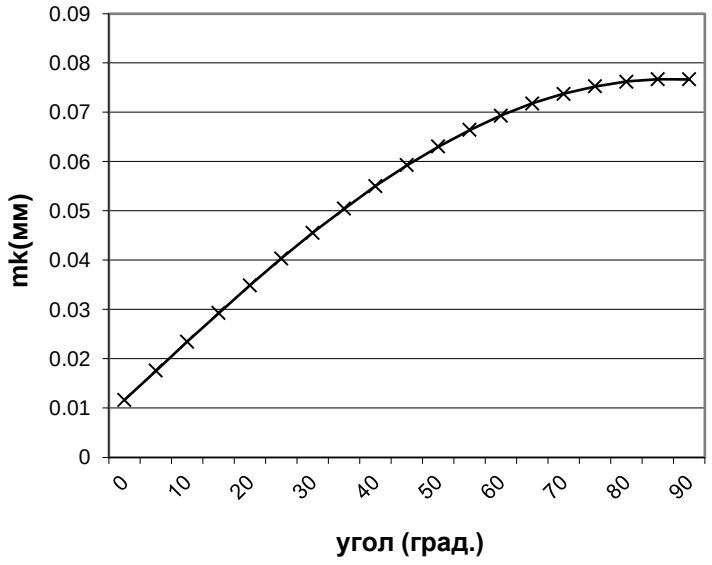


Рисунок 3. 3 - Графік залежності приведеного плеча від кута повороту валу.

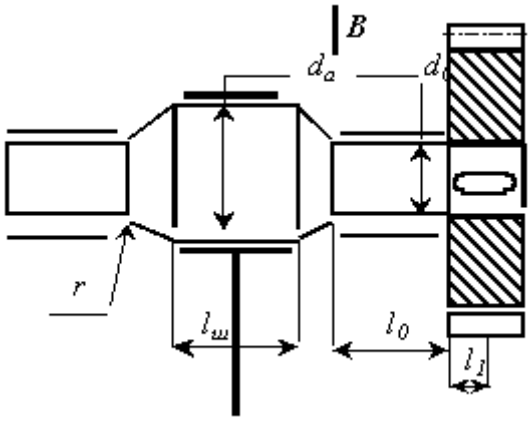


Рис. 3.4 - Розрахункова схема для визначення зусилля на повзуні, що допускається міцністю вала.

Визначимо допустимі зусилля на повзуні пресу.

Допустимі зусилля на повзуні пресу визначаємо на підставі розрахунків на міцність валу. Розрахункові формули для визначення допустимих зусиль на повзунові по міцності головного валу для розрахункової схеми показаної на малюнку (3.5):

переріз В-В: $$P_D = \frac{0{,}1 d_0^3 \sigma_{-1U}}{\sqrt{\hat{O}_\sigma^B U_{u0}^2 + \hat{O}_\tau^B \left(0.5 \cdot m_k + 0.085 \cdot d_0\right)^2} \cdot n R_{\acute{y}}} \quad (3.5)$$

$$U_u = 0.17 \cdot l_0 - \left(l_1 + 0.7 l_0\right) \cdot \frac{m_k \sin(\delta + \beta_i)}{R_k \cos \alpha_i} \quad (3.6)$$

де σ_{-1U} - межа втоми матеріалу при вигині, для ексцентрикових валів сталь 45, σ_{-1U}= 280 МПа;

d - діаметр вала в перерізі, = 0,08 м;

n - коефіцієнт запасу міцності = 1,3;

R_E- коефіцієнт еквівалентного навантаження 1,3;

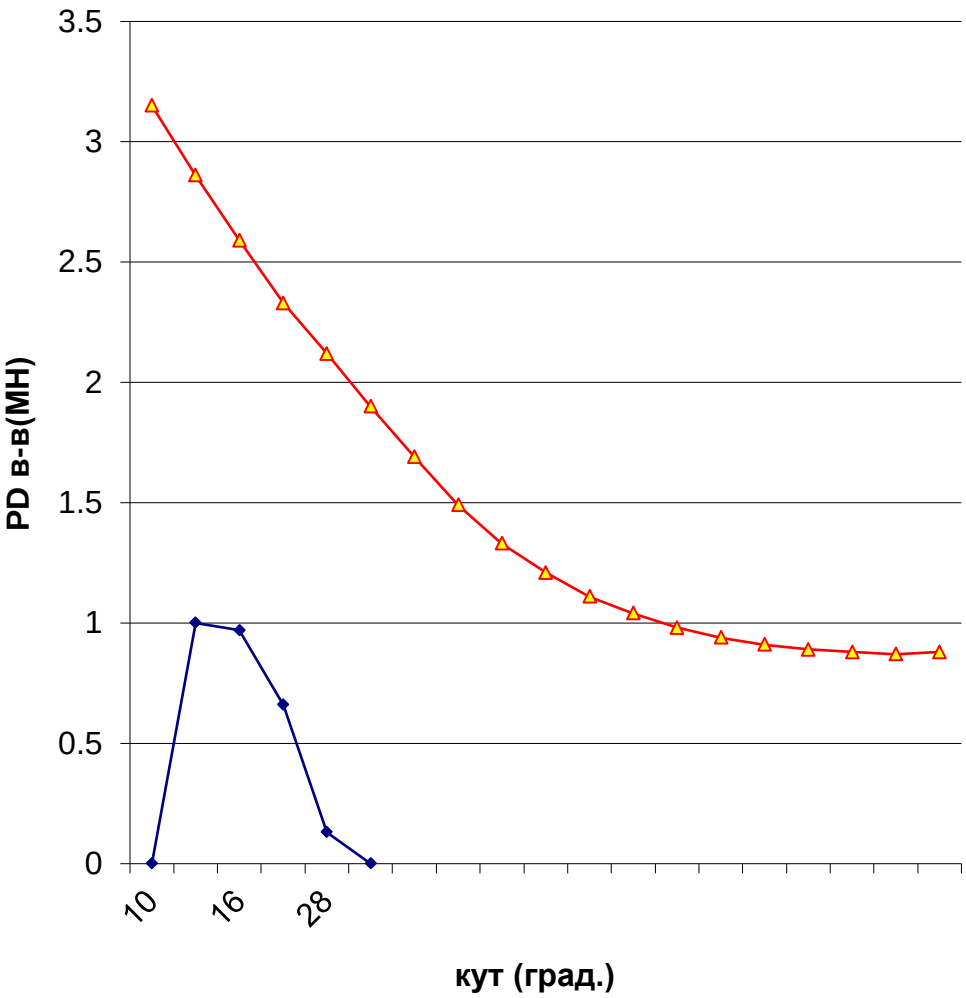


Рисунок 3.5 – Графік допустимих зусиль на повзуні по міцності валу

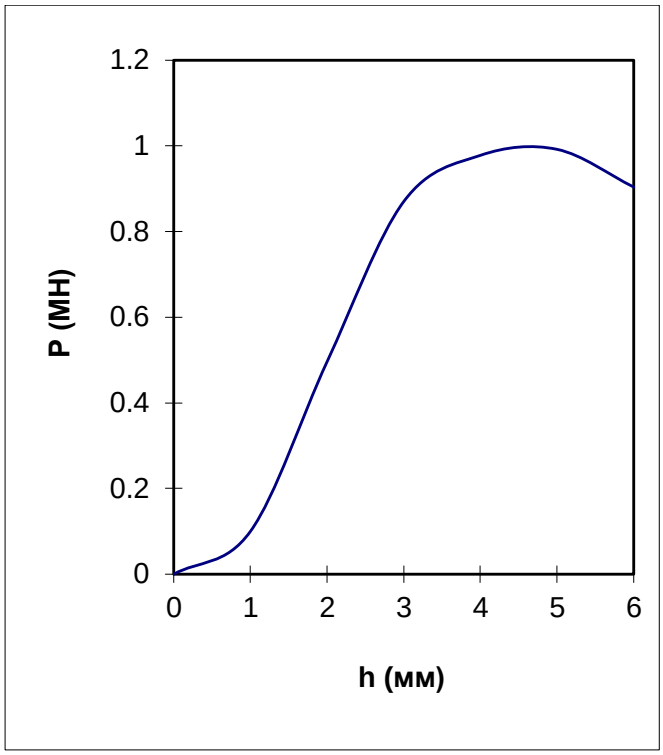


Рисунок 3.6 - Типовий умовний графік навантаження *P=f(h)*

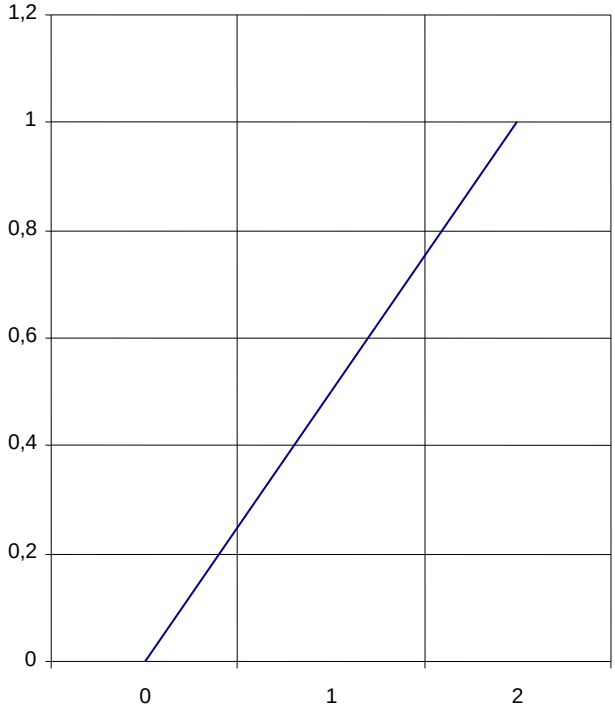


Рисунок 3.7 - Зависимость *P=f(Δl)*

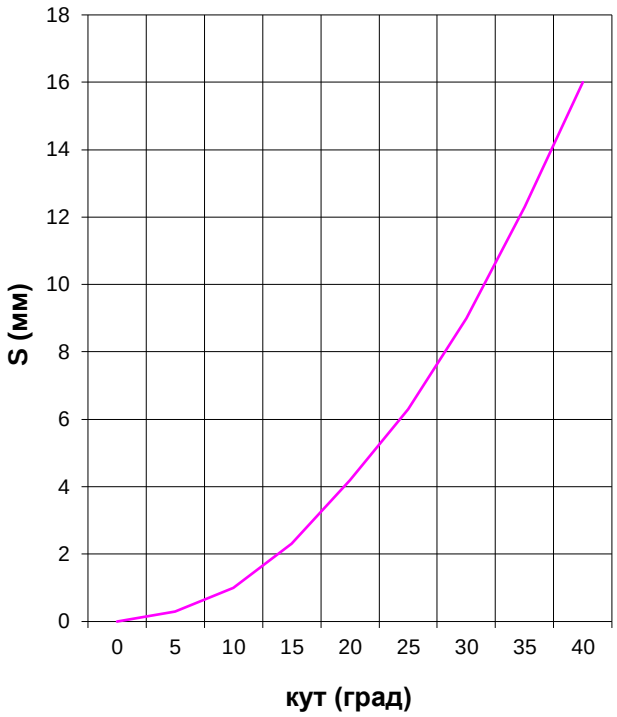


Рисунок 3.8 - Залежність $S=f(\alpha)$

Сумуючи графіки рис 3.7, 3.8, 3.9 отримуємо $P=f(S)$ – рис 3.10

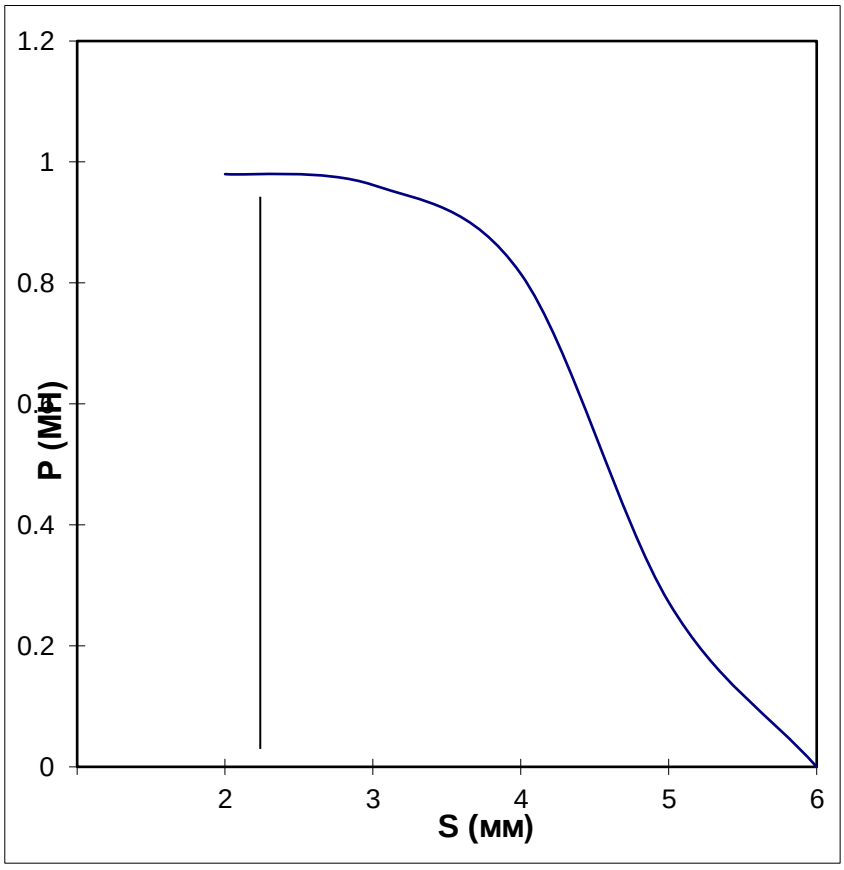


Рисунок. 3.9 - Залежність $P=f(S)$

3.5 Розрахунок потужності електродвигуна

Визначимо встановлену потужність електродвигуна головного приводу і сумарний момент інерції махових мас. За отриманими даними розраховуємо крутний момент $M_к = m_к P_д (\alpha)$, заповнюємо таблицю (3.1).

Таблиця 3.1 – Крутний момент

α	30	28	20	16	12	10
m_k	0,055	0,052	0,043	0,04	0,036	0,034
$P_д$,МН	0	0,13	0,66	0,97	1	0
$M_{кр}$,	0	0,007	0,028	0,038	0,036	0

Використовуючи дані таблиці 3.1 будуємо графіки $m_k=f(\alpha)$, $P=f(\alpha)$, $M_k=f(\alpha)$.

Для отримання залежностей P=f(α), M*k*=f(α) необхідно використовувати кілька проміжних графіків:

P=f(h); рис. 3.7; *P=f(Δl)*; рис. 3.8; *P=f(α)*; рис. 3.9; *P=f(S)*; рис. 3.10

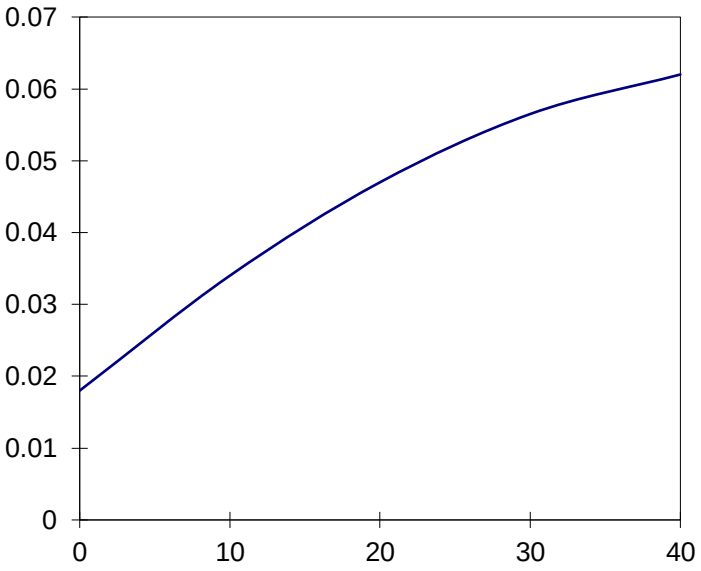


Рисунок 3.10 - Залежність $m_k=f(\alpha)$.

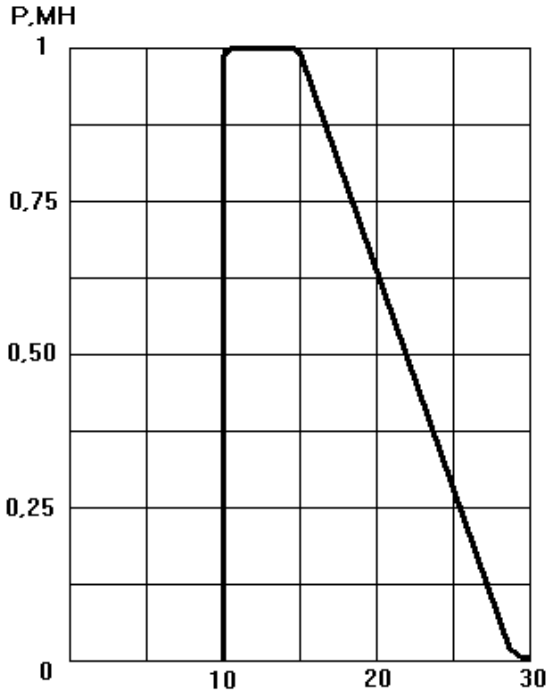


Рисунок 3.11 - Залежність $P=f(\alpha)$.

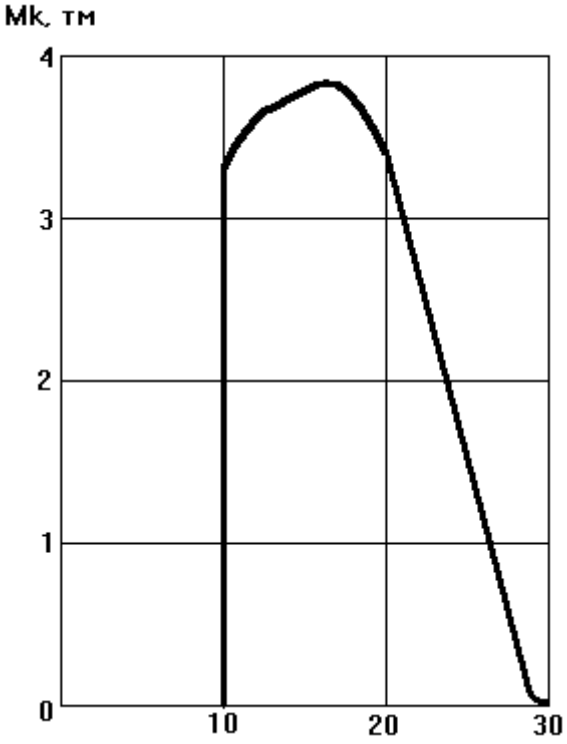


Рисунок 3.12 - Залежність $M_к=f(\alpha)$.

Визначаємо баланс енергії в приводі кривошипного преса за один технологічний цикл $А_Ц$, який складається з роботи на включення муфти $А_в$, роботи на холостий хід пресу $А_х$, роботи на вчинення робочого ходу $А_{рх}$. Робота робочого ходу визначається за формулою:

$$À_{ðõ} = F \cdot \mu_\alpha \cdot \mu_\varphi \qquad (3.\ 7)$$

де, F - площа графіка $M_к = f(\alpha)$;

μ_α та μ_φ - масштаб графіка;

$$\mu_\alpha = \frac{\pi \cdot 30}{180 \cdot 9} = 0{,}0349 \frac{ðàä}{ñì}$$

$$\mu_\varphi = \frac{3{,}88}{13{,}3} = 0{,}2932 \frac{òì}{ñì}$$

$$À_{ðõ} = 79 \cdot 0{,}0349 \cdot 0{,}2932 = 0{,}8083 \ \text{òñì} = 8{,}08 \ \text{кН}$$

Робота вмикання:

$$À_{âêë} = (0{,}1 - 1À)_{ïë} \qquad (3.\ 8)$$

Робота холостого ходу пресу визначається в залежності від величини корисної роботи:

$$À_{õõ} = 0{,}1 - 1A_{ïë} \qquad (3.\ 9)$$

$$À_{ðõ} \rangle À_{õõ} \approx À_{âêë} \qquad (3.\ 10)$$

$$À_{õõ} \approx À_{âêë} = 0{,}06 \qquad (3.\ 11)$$

Тоді робота циклу:

$$À_{ö} = À_{âêë} + À_{õõ} + À_{ðõ} = 0{,}808 + 0{,}06 + 0{,}06 = 0{,}928 \ \text{òñì} = 9{,}2 \text{кН}$$

Час циклу:

$$t_{ö} = \frac{60}{n_{ïp} \cdot p} \ , \qquad (3.\ 12)$$

де

$n_{пр.}$- число подвійних ходів пресу;

p- коефіцієнт використання числа ходів . $p=0{,}5$

тоді

$$t_{ö} = \frac{60}{100 * 0,5} = 1,2 \text{ ñ}$$

Потужність електродвигуна:

$$N_{ý} = \frac{À_{ö}}{t_{ö}} = \frac{1,2 \cdot 928}{102 \cdot 1,2} = 9,09 \text{ êÂò} \qquad (3.\ 13)$$

За отриманого значення N_e підбираємо по каталогам стандартний електродвигун з потужністю $N_{ý} = 10$ êÂò тип АОС2-61-8.

Значення повного ККД визначимо за формулою:

$$\eta = \frac{À_{ä}}{À_{ð} + À_{õõ} + \frac{À_{ì}}{\eta}} \qquad (3.\ 14)$$

$$\eta = \frac{0,808}{0,808 + 0,06 + \frac{0,06}{0,98}} = 60\%$$

3.6 Перевірочний розрахунок повзуна.

Повзун є однією із складових частин головного виконавчого механізму

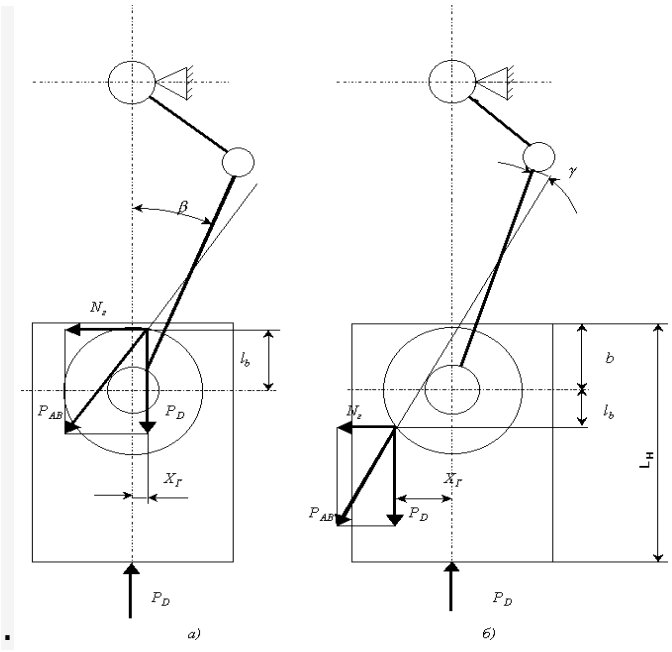


Рисунок 3.13 – Розрахункова схема повзуна

Відстань між точкою прикладання сили на повзуні і вертикаллю, що проходить через геометричну вісь повзуна рис.3.14, м:

$$X_r = r_b\left[\sin\left(\beta+\gamma\right)+ f\right] \qquad (3.\ 15)$$

де:

r_b - радіус сфери шарової опори або осі або зовнішньої поверхні і малої головки шатуна, м;

$$\beta = frc\sin\left(\lambda \sin\alpha\right) \quad (3.\ 16)$$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{fr_A + r_B}{L}\right) \quad (3.\ 17)$$

f - коефіцієнт тертя = 0,06÷0,10, приймаємо 0,06;

$\gamma, L(M), r_A(M)$ - параметри кривошипно-шатунного механізму.

Тоді:

$$\beta = \arcsin(0.08 \cdot \sin 35) = 2^\circ 36'$$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{0{,}06 \cdot 8 + 14}{140}\right) = 33'$$

Тоді за формулою (3. 17) знаходимо:

$$X_r = 5 \cdot \sin\left(2^\circ 36' + 33'\right) + 0{,}06 = 0{,}433 \tilde{n}\grave{i}$$

Сила, що діє на напрямні, кН:

$$N_r = P_D \frac{1}{ctg(\beta+\gamma) - f} \quad (3.\ 18)$$

де:

P_D - сила, що діє по шатуну;

$$N_r = 100000 \frac{1}{ctg\left(2^\circ 36' + 33'\right) - 0{,}06} = 5488 \hat{e}\tilde{a} = 5{,}48 \hat{e}\acute{I}$$

Момент діючий на напрямні, кН·м:

$$M = N_r \left(\frac{L_H}{2} - \left(\hat{a} - r_{\hat{a}}\right) + P_D X_r\right) \qquad (3.\ 19)$$

де, L_H - габарітний розмір повзуна по вертикалі, 0,560м;

в – відстань між горизонталлю, що проходить через геометричну вісь з'єднання шатуна з повзуном і верхньою кромкою повзуна;

$$\grave{I} = 5488\left(\frac{56{,}0}{2} - \left(38{,}0 - 5\right) + 100000 \cdot 0{,}333\right) = 5875 \hat{e}\tilde{a} \cdot \tilde{n}\grave{i} = 5{,}87 \hat{e}\acute{I} \cdot \grave{i}$$

Питомий тиск на напрямні від сили N_r, МПа:

$$P_H = \frac{N_r}{L_H a} \qquad (3.\ 20)$$

де а – ширина направляючих, м;

$$P_H = \frac{5488}{56 \cdot 10} = 9{,}8 \ \frac{\hat{e}\tilde{a}}{\tilde{n}\grave{i}^{\,2}}$$

Питомі зусилля на напрямні від моменту М, МПа:

$$Ð_M = \frac{6M}{L_H^2 a} \qquad (3.\ 21)$$

$$Ð_M = \frac{65875}{56^2 \cdot 10} = 1{,}12 \ \ \frac{ê\tilde{a}}{ñì^2} = \_\_\_\_ ê Ïà$$

Сумарні максимальні зусилля на напрямні:

$$P_{\max} = P_N + P_M \langle [P] \qquad (3.\ 22)$$

де $[P]$ - допустимі питомі зусилля $[P] = 20 \ \ \frac{ê\tilde{a}}{ñì^2}$

$$P_{\max} = 9{,}8 + 1{,}12 = 10{,}92 \ \ \frac{ê\tilde{a}}{ñì^2} = \_\_\_ ê Ïà$$

Зробимо розрахунки на міцність.

Найбільший згинальний момент, кН * м:

$$M_u = \frac{P_D B}{12} \qquad (3.\ 23)$$

де **В** – відстань між направляючими;

$$M_u = \frac{100000 \cdot 38}{12} = 316666,7 \quad êã \cdot ñì \; = 316,6 êÍ \; \cdot ì$$

Напруження вигину в перетині II-II (див. Рис.3.15)

$$\sigma_{èII-II} = \frac{M_u}{W_{II-II}} \qquad (3.\ 24)$$

де: W_{II-II} - момент опору перерізу II-II щодо осі, що проходить через площину дзеркала столу, м^3;

$$\sigma_{èII-II} = \frac{316666,7}{1847,8} = 171,4 \quad \frac{êã}{ñì^{\,2}} = \qquad êÏà$$

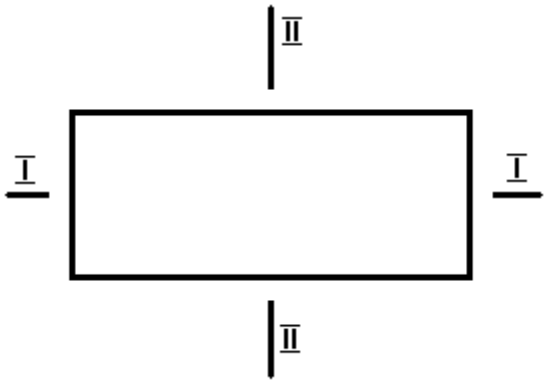


Рисунок 3.14 - Розглянуті перетини повзуна

Напруження стиснення в найбільш ослабленому перерізі, тобто між нижньою головкою шатуна і штампом можна визначити:

$$\sigma_{I-I} = \frac{P_D}{F_{I-I}} \qquad (3.\ 25)$$

$$\sigma_{I-I} = \frac{1000000}{700} = 142{,}86 \ \frac{êã}{ñì^2} = ...ê\ddot{I}à$$

Сумарні напруження:

$$\sigma_{ñóì} = \sigma_{I-I} + \sigma_{u\ II-II} \qquad (3.\ 26)$$

$$\sigma_{ñóì} = 171{,}4 + 142{,}86 = 314{,}26 \ \frac{êã}{ñì^2} = ...ê\ddot{I}à$$

Оскільки $[\sigma] = 500 \frac{êã}{ñì^2}$ - допустимі напруження на вигин і стиск для чавуну СЧ24-44, то видно что $\sigma_{ñóì} \langle [\sigma]$ [29].

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи із охорони праці при: розробці технології виготовлення виробів з порошкових матеріалів.

4.1 Аналіз потенційних небезпек :

а) можливість ураження електричним струмом, внаслідок порушення правил з електричної безпеки, що може привести до електричних травм, або летального наслідку;

б) небезпеки які пов’язані із проведенням випробувань механічних властивостей дослідницьких зразків, зокрема можливості отримання механічних травм;

в) небезпеки які пов’язані з розробкою вихідних засад для проведення дослідницьких робіт по отриманню пресованих штабиків, зокрема: небезпеки з використанням персональних комп’ютерів.

г) небезпеки які пов’язані із дослідженням структури на дефектоскопі ВД-20П, зокрема пошкодження органів зору внаслідок хибного вибору світлофільтрів;

д) небезпеки які пов’язані з проведенням дослідницьких робіт по виготовленню штабиків , зокрема: можливість отримання механічних травм при механічному подрібнюванні шихти, пресуванню, протягуванні та термічні опіки при спіканні штабиків;

е) незадовільні параметри повітряного середовища в приміщенні дослідницької лабораторії, внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітря обміну;

ж) незадовільне освітлення робочих зон, дослідницької лабораторії;

з) можливість загоряння внаслідок порушень правил пожежної безпеки, що може привести до пожежі;

к) Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки :

а) З метою забеспечення електробезпеки, є - виконання організаційних заходів, для попередження уражень електричним струмом.

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання, та перевірку знань з електробезпеки. Основним нормативним актом є ПУЄ 2013, [30].

- ремонт обладнання повинен здійснювати тільки спеціальний підготовлений персонал.

- для кожного електроспоживного обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

- технічні заходи – розташування струмоведучих частин на недоступній висоті (до 1000 В), не менше 3,5 м (більше 1000 В – 6 м).

- всі не ізольовані струмопровідні лінії повинні бути надійно огородженні суцільними огорожами.

- відкриття яких можливий тальки за допомогою спеціальних пристроїв.

- опір ізоляції електричних дротів повинен бути не менше 0,5 Ом.
- обов’язковим є захисне заземлення або занурення.

- бов’язковим є використання індивідуальних засобів захисту, зокрема гумовий діелектричний килимок, опір якого слід періодично перевіряти.

- обов’язковим є встановлення автоматичних блокуючих пристроїв, які запобігають небезпечним діям людини, зокрема кільцеві вимикачі.

- блокуючі пристрої розподіляють на механічні, електричні, та електромеханічні.

Електробезпека обслуговуючого персоналу залежить від розташування органів управління відносно електричних ланцюгів. Зокрема кабіна ПТМ розташовується з протилежної сторони відносно тролей, [30].

б) При випробуванні на механічні властивості дослідницьких зразків необхідно притримуватись основних запобіжних заходів.

Випробування матеріалів пов'язаних з внутрішньою загрозою із-за високих потужностей, швидких рухів. Робітник повинен уважно вивчити всі відповідні інструкції користувача та попередження, завжди пам'ятати про всі рухомі та працюючі компоненти машин, які є потенційно небезпечними, зокрема про силові приводи і рухомі головки, [30].

Основні загрози при роботі з випробувальним обладнанням:

- загроза вильоту осколків – неправильне закріплення зразків створює тиск на елементи кріплення або захвати, що може призвести до їх поломки. Випробування проводяться на високих швидкостях, і існує можливість посиленого викиду зламаної частини за межі робочої зони. Що б уникнути вильоту осколків, зразок слід встановити в центрі губок захвату і вирівняти його по напрямку навантаження. Використовуючи всі прикладені центруючі і вирівнюючі пристосування.

- загроза зіткнення – встановлення або зняття зразка, пристроя або компонента навантаження припускаючи роботу в межах небезпечної зони на шляху молота. Не заходити в небезпечну зону на шляху молота під час руху компонентів системи. Переконайтеся в тому, що всі рухи траверси або приводу здійснюються з повільною швидкістю і зниженою потужністю.

- загроза деталей що обертаються – якщо обладнання необхідно включити для обслуговування зі знятими захисними панелями, переконайтеся, що висячий одяг, довге волосся і т. д. надійно зібрані.

- неправильне налаштування обмежувача – правильне налаштування робочих обмежувачів, проведена до початку випробування, зменшить ризик пошкодження зразка, системи або загрози для оператора.

- пошкодження електричних кабелів – втрата сигналів управління і зворотного зв'язку, викликана розмиканням мережі або пошкодженням кабелю, може змусити компоненти системи рухатися на максимумі. Ніколи не розташовуйте кабелі на підлозі без відповідного захисту, не піддавайте їх перегріву під надмірним навантаженням. Використовуйте прокладки для зменшення тертя в місцях, де дроти проходять по кутах або через отвори.

- загроза вибуху – мається на увазі ризик, що виникає при руйнуванні зразка, пристрою або вузла, особливо при можливості руйнування, що супроводжується вибухом. Носіть захисні окуляри, використовуйте захисні щити або екрани.

в) Загальні вимоги до техніки безпеки при роботі на комп’ютері

Персонал, що працює на комп’ютері зобов’язаний дотримуватися вимог інструкції, розробленої на підставі Санітарних норм і правил СанПин 2.2.2.542-96 «Гігієнічні вимоги для відео дисплейних терміналах, персональними електророзрахунковими машинами і організації робіт», а також нести особисту відповідальність за дотримання вимог безпеки своєї парці і за створення небезпечного чи шкідливого виробничого фактора для інших працюючих і поломку комп’ютера, [30].

При роботі з комп’ютером шкідливими і небезпечними чинниками є :

- електростатичні поля;
- електромагнітне випромінювання;
- наявність потужних іонізуючих випромінювань;
- загальна втома;
- стомлюваність очей;
- небезпека ураженням електричним струмом;
- пожежонебезпека.

На робочому місці повинен бути оформлений так званий куточок безпеки, де повинна міститися вся необхідна інформація, в тому числі і відомості про правильну роботу з комп'ютерною технікою. Кожен працівник повинен пройти спеціальний інструктаж для усунення можливих небезпечних ситуацій.

Перше, на що варто звернути увагу – це стан проводів. Щоб уникнути коротких замикань і пошкодження ізоляції заборонено закладати шнури за водопровідні та газові труби, вішати на них що-небудь, зафарбовувати фарбою, тощо

- Ні в якому разі не можна працювати за комп'ютером з мокрими руками.
- Не можна класти на будь-яку частину комп'ютера якісь сторонні предмети.
- Не варто торкатися до комп'ютерного екрану.
- Також заборонено працювати за електронною технікою з якими пошкодженнями , включаючи порушення цілісності, пошкодження ізоляційної системи.

Техніка безпеки при роботі з комп'ютером: вимоги до оформлення приміщення і організації праці

Для початку варто відзначити, що величезне значення має правильне, природне освітлення приміщення під час роботи з технікою, адже недостатня кількість світла може бути чревате проблемами із зором. Крім того, забороняється розміщувати комп'ютери близько один до одного (відстань має становити не менше двох метрів), отже, і приміщення для навчання повинні бути досить просторими, [30].

Екран повинен бути розміщений на відстані не менше 50 см від очей дитини, причому він повинен бути або на рівні очей, або на 15 – 20 сантиметрів нижче, але ні в якому разі не вище.

Працівник під час праці повинен дотримувати правильну позу. Крім того, всі працівники повинні бути забезпечені не тільки безпечною технікою, але також зручними столами та стільцями, [30].

Техніка безпеки при роботі з комп’ютером: правила поведінки в аварійній ситуації

Природно, на робочому місці заборонено запалювати вогонь, палити і включати прилади, якщо в приміщенні відчувається запах газу. Тим не менш, не лише відкрите полум’я може стати джерелом аварійної ситуації. У деяких випадках займання може бути викликане іскрами, витікаючими з електрообладнання або виникають при розряді статичної електрики.

У разі пожежі необхідно провести евакуацію працівників. Якщо під час праці була помічена якась несправність у роботі техніки або оголений провід, роботу варто припинити і на час знеструмити кабінет – включити обладнання можна тільки після перевірки, [30].

У тому випадку, якщо когось з знаходяться в приміщенні сильно вдарило струмом, необхідно викликати лікаря і надати потерпілому першу допомогу.

г) Загальні вимоги до техніки безпеки при роботі на дефектоскопі ВД-20П.

До роботи на дефектоскопі допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли під час вступу на роботу обов'язковий попередній медичний огляд, вступний і первинний інструктаж на робочому місці, початкову підготовку або підвищення кваліфікації (практичне навчання), стажування і перевірку знань, а також мають другу групу з електробезпеки.

Під час роботи на дефектоскописта можуть впливати наступні основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, [30]:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- електромагнітні випромінювання;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений рівень шуму;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- фізичні перевантаження.

Передбачено використовувати засобами індивідуального захисту (ЗІЗ):

- костюмом бавовняним ГОСТ 12.4.100-80;
- черевиками юхтові ГОСТ 28507-99;
- фартухом прогумованим ГОСТ 12.4.029-76;
- рукавицями комбінованими ОСТ 17-528-75;
- рукавичками бавовняними в комплекті з рукавичками гумовими ТУ 38 106243-82;

д) При проведенні дослідницьких робіт по виготовленню пресованих штабиків з порошкових матеріалів слід дотримуватись таких правил безпеки,а саме:

Приготування шихти;

- проводить зважування порошків в витяжній шафі.
- завантаження і вивантаження шихти і, порошків проводити при вимкненому обладнанні і, зафіксованої рукоятці знімання муфти барабанів-змішувачів.
- перед пуском все обладнання для змішування і розмолу шихти повинно бути щільно закрито кришкою. Розсипання порошків не допускається. Розсипаний порошок видаляється вологим прибиранням.
- під час роботи устаткування не допускається прибирати з-під нього розсипану шихту або сторонні предмети.
- чистити сітки на вібросито дозволяється тільки після повної зупинки обладнання.

Пресування;

- забороняється працювати на пресах в рукавицях, рукавичках або з пов'язками на пальцях.
- заміряти деталь або перевіряти на наявність пор і тріщин тільки після повної зупинки преса.
- чи не класти деталі, інструмент та інші предмети на станину.
- не допускається працювати без прозорого щита з міцної пластмаси оргскла.

- забороняється спиратися на прес під час його роботи і робити це іншим.

- стежити за рівнем масла в гідросистемі.

- обов'язково зупинити штамп і вимкнути електроживлення при:

а) відхід від преса, навіть на короткий час;

б) тимчасове припинення робіт;

в) прибирання, мастилі, чищенні преса;

г) виявлення несправності в обладнанні;

д) підтягування болтів, гайок та інших з’єднань деталей преса;

Спікання деталей;

- Завантажувати деталі в піч за допомогою пристосування.

- При завантаженні і вивантаженні деталей надягати захисну спец. одяг і взуття.

- Одяг повинен мати теплоізоляційні властивості.

- Взуття з закритою ступнею з товстої шкіри просоченої рідиною яка перешкоджає швидкому займання взуття при потрапляння на неї гарячих деталей або пристосувань.

4.3 Заходи щодо виробничої санітарії та гігієни праці :

е) Для нормалізації параметрів повітряного середовища в виробничих приміщеннях передбачається використовувати технічні засоби по забезпеченню нормованих параметрів. До них відноситься водяне або парове опалення, природна або штучна вентиляція. В холодний період року штучну вентиляцію, проточну витяжку поєднують з функцією підігріву зовнішнього повітря калорифер. В адміністративних приміщеннях використовуються кондиціонери, [30].

Ефективним засобом нормалізації стану повітряного середовища у виробничих приміщеннях є вентиляція, що представляє собою комплекс

пристроїв, що забезпечують повітрообмін, тобто видалення забрудненого (запиленого) нагрітого вологого повітря і подачу свіжого, чистого повітря, що відповідає нормативним вимогам.

За зоні дії вентиляція може бути загальнообмінної (що охоплює всі приміщення) та місцевої (в його обмеженої частини), а в залежності від способу переміщення повітря - природною і механічною.

Аерація - це природна вентиляція, при якій повітря надходить і видаляється через регульовані отвори в стінах, перекриттях, ліхтарях будівель.

При природній вентиляції повітрообмін відбувається внаслідок різної щільності неоднаково нагрітого повітря зовні і всередині приміщення і завдяки тиску вітру.

Стулки вікон постачають пристроями, що дозволяють відкривати, встановлювати в необхідному положенні і закривати їх з поверхні підлоги або робочих площадок приміщення. При використанні тиску вітру ефективність аерації зростає. Для цього споруджений будинок відповідним чином орієнтують щодо переважного напрямку вітру в даній місцевості.

При механічній вентиляції повітрообмін здійснюється за допомогою вентиляторів. У напрямку дії механічна вентиляція може бути припливною (повітря нагнітається в приміщення), витяжний (повітря видаляється з нього) і припливно-витяжної, що забезпечує одночасно подачу повітря в приміщення і його видалення.

Забір зовнішнього повітря приточними системами вентиляції проводиться на висоті не менше 2 м від землі в місцях, не забруднених шкідливими речовинами. Вентиляція застосовується в поєднанні з технологічними заходами щодо зниження забруднення повітря. Джерела пилоутворення герметизують і підключають до системи витяжної вентиляції. Для попередження проникнення холодного повітря, в приміщення відкриваються ворота, двері або технологічні отвори обладнують повітряними або повітряно-тепловими завісами, [30].

ж) Незадовільне освітлення робочих зон, дослідницької лабораторії;

Більшість людей проводять на робочому місці більшу частину свого часу. При цьому основна частина роботи пов'язана з напруженою зоровою роботою. Тому дуже важливо забезпечити співробітникам комфортні для роботи умови, серед яких якісне освітлення є обов'язковим. Саме від нього залежить ефективність роботи співробітників, їх настрій і безпеку.

Основне призначення освітлення в робочій зоні:

- забезпечити оптимальні умови роботи відповідно до норм і вимог;
- знизити стомлюваність органів зору;
- забезпечити безпеку співробітників;
- запобігання професійних захворювань;
- підвищення ефективності праці та якості роботи.

Для реалізації перерахованих вище умов, система освітлення на підприємстві повинна відповідати наступним вимогам:

Якісне та рівномірне освітлення робочої зони, яке відповідає діючим санітарним нормам санітарним нормам в Україні СНиП та новому стандарту освітлення - ISO 8995. Нерівномірне освітлення змушує органи зору адаптуватися до різної яскравості навколишніх предметів, що призводять до швидкого стомлення очей, [30].

Оптимальна яскравість. Для зору людини однаково шкідливий як тьмяне світло, так і занадто яскравий. Це проявляється в різі в очах, частих головних болях, розладі зору. Тому необхідно правильно провести розрахунок і проектування освітлення, щоб отримати комфортну яскравість в приміщенні.

- освітленість на робочому місці повинна відповідати гігієнічним нормам. Збільшення освітленості робочої поверхні до певної межі поліпшує видимість об'єкту, збільшує швидкість розрізнення предметів і підвищує продуктивність праці;

- яскравість на робочій поверхні і в межах оточуючого простору повинна розподілятися по можливості рівномірно, оскільки перехід погляду з яскраво освітленої на слабо освітлену поверхню і навпаки викликає стомлення очей;

Рівномірному розподілу яскравості сприяє світле забарвлення стелі, стін, устаткування.

- на робочій поверхні не повинно бути різких тіней, оскільки вони створюють нерівномірний розподіл яскравості, спотворюють форму і розміри об'єктів і викликають стомлення зору, а наявність жвавих тіней, крім того, сприяє виникненню травм;

- освітлення повинне забезпечувати необхідний спектральний склад світла для правильної передачі кольорів. Правильну передачу кольорів створює природне освітлення і штучні джерела світла із спектральною характеристикою, близькою до природного освітлення.

Природне освітлення — освітлення приміщень світлом неба (прямим або відображеним), проникаючим через світлові отвори в зовнішніх захищаючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найсприятливішим.

Природне освітлення може бути:

- бічним — через світлові отвори в зовнішніх стінах (вікна);

- верхнім — через світлові отвори в покритті і ліхтарі, а також через світлові отвори в місцях перепадів висот суміжних будівель;

- комбіноване — поєднання верхнього і бічного освітлення.

Штучне освітлення буває двох систем: загальне і комбіноване. Загальне освітлення — це освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або стосовно розташування устаткування (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення — це освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве. Місцеве освітлення — це додаткове до загального освітлення, створюване світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях (поверхнях).

Таким чином доцільно використовувати поєднання природного освітлення з системою загального рівномірного освітлення, яка складається з світильників типу РСП та люмінесцентних ламп ЛД-40-60 Вт, [30].

4.4 Заходи з пожежної безпеки :

з) Можливість загоряння внаслідок порушень правил пожежної безпеки, що може привести до пожежі;

Для попередження пожеж передбачається використовувати первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого полотна, ящика з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння.

Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів.

Також необхідно періодично проводити протипожежні інструктажі, навчання та тренування персоналу.

Визначення категорії приміщення в конструкторському бюро За вибухо-пожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяють на п’ять категорій: А,Б,В,Г,Д.

Встановлення категорії приміщення виконується шляхом послідовної перевірки належності приміщення до категорій від найвищої (А) до на найнижчої (Д) з урахуванням характеру технологічних процесів і пожежо-небезпечних властивостей речовин, що в них застосовується, з метою виявлення можливих обставин і причин виникнення вибухів і пожеж та їх наслідків.

Приймаємо категорію Д, так як ця категорія більш підходить по характеристиці речовин і матеріалів, що зберігаються в приміщенні, а саме знаходяться незаймисті речовини і матеріали в холодному стані, а також кабельні електропроводки до устаткування, окремі предмети меблів на місцях.

Визначення класу пожежі

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих

речовин й матеріалів пожежі за ДБНВ.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» поділяються на відповідні класи та підкласи:

- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);

- клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин, які розтоплюються;

- клас С – пожежі газів;

- клас D – пожежі металів та їх сплавів;

- клас Е (додатковий) – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Обираємо клас Е (додатковий) пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Вибір типу та визначення необхідної кількості первинних засобів пожежогасіння.

Визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід проводити з урахуванням фізико–хімічних та пожежонебезпечних властивостей горючих речовин, їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок.

Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також для майданчиків та установок.

Для виробничих приміщень правила розташування та вибору засобів пожежогасіння є такими:

Пожежний інвентар з пожежним інструментом і вогнегасниками розміщується на спеціальних пожежних щитах (стендах). Такі щити (стенди) відповідно до "Правил пожежної безпеки в Україні" встановлюють на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м². До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщують на стенді, слід включити: вогнегасники – 3 шт.; ящик із піском – 1 шт.; пожежне покривало розміром 2×2 м – 1 шт.; гаки – 3 шт.; лопати – 2 шт.; ломи – 2 шт.;

сокири – 2 шт. Ящик із піском, який є елементом конструкції пожежного щита (стенда), повинен мати місткість не менше 0,1 м³ та виключати потрапляння в нього опадів. Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники, які відзначаються високою ефективністю дії. Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється згідно вогнегасної здатності вогнегасників, граничної площі, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захищуваному приміщенні, або на об'єкті (стандарт ISO 3941–77). Крім перерахованих параметрів береться до уваги також категорія приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Вибір типу вогнегасника (пересувний чи переносний) зумовлений розмірами можливих осередків пожеж; у разі збільшених їх розмірів рекомендується використовувати пересувні вогнегасники.

Відстань від можливого осередку пожежі до місця розташування вогнегасника не має перевищувати: 20 м – для громадських будвель та споруд; 30 м – для приміщень категорій А, Б, В (горючі гази та рідини); 40 м – для приміщень категорій В, Г; 70 м – для приміщень категорії Д.

Для гасіння великих загорянь у приміщеннях категорій А, Б, В застосовують стаціонарні установки водяного, газового, хімічного та повітряно-пінного гасіння, [30].

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях:

к) Важливим фактором забезпечення безаварійної роботи є вивчення і суворе дотримання всіма інженерно-технічними працівниками правил і норм техніки безпеки. Основними заходами по ліквідації наслідків аварій і стихійних лих є:

- оповіщення робітників і службовців, ЦО і населення, що проживає поблизу об’єкту, екстрена евакуація;

- комплексна розвідка об’єкту на якому виникла аварія;

- рятування людей з-під завалів, із оточуючих і ушкодже-них будівель і споруд;

- надання медичної допомоги потерпілим від аварії, вивіз у лікувальні установи;

- гасіння пожеж;

- локалізація аварії на комунально-енергетичних мережах, перешкоджаючих веденню рятувальних робіт;

- улаштування проїздів і підходів до місць аварій;

- руйнування ненадійних конструкцій, розбирання завалів;

- демонтаж зберігшогося устаткування, якому загрожує не-безпека;

- організація комендантської служби.

Задача кожного працюючого на підприємстві - знати основні пра-вила поведінки при аваріях, вміти діяти в обставинах, що при цьому склалися. Ці правила і послідовність дій треба вивчати, постійно пам’ятати і вміти практично виконувати.

В аварійний ситуації важливою задачею є оповіщення про аварію. Кожний робітник і службовець будь-якого об’єкту народного господарства повинен вміти користуватися наявни-ми на підприємстві оповіщувачами. Кожний робітник підприємства, пов’язаний з можливою газовою обстановкою, повинен знати способи виклику газорятівників.

Для ліквідації стихійних лих, виробничих аварій і рятування по-терпілих на об’єктах народного господарства у першу чергу залучають-ся спеціальні підрозділи (газорятівників, пожежників і т. ін.), при необ-хідності можуть залучатися формування ЦО, [30].

З виникненням аварій робітники і службовці, що входять до складу формування ЦО, зобов’язані негайно прибути на місце збору. Робітники і службовці підприємства, що не входять до складу формувань, повинні бути

також готові вести роботи по ліквідації аварії, по спасінню потерпі-лих на об’єктах.

Ліквідація наслідків стихійних лих і аварій може здійснюватись одночасно на всьому об’єкті або по окремих його ділянках при наяв-ності достатніх сил і засобів. При цьому розпочинають їх у першу чергу там, де необхідно надати допомогу людям, на ділянках, які становлять найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога надається перш за все потерпілим, що знаходяться у шоковому стані, а також вивільнені з-під уламків завалів. Вивільнення людей з-під великих завалів проводиться з додержанням особливих заходів перестороги, їм надається невідкладна медична допомога на місці з подальшою евакуацією у лікувальні установи.

Виробничим аваріям звичайно сприяють пожежі, що створюють у деяких випадках найбільшу небезпеку. Обстановка в осередку пожежі може створитися досить складна, особливо при наявності руйнувань, завалів, порушення і навіть припинення водопостачання. Боротьба з вогнем пов’язана із рятуванням людей, якщо частина персоналу підпри-ємства опинилася у зоні, охопленій полум’ям. Наявність у виробництві вибухонебезпечних і швидко займистих матеріалів може погіршити становище. Тому до ліквідації пожежі необхідно залучити технічний пер-сонал підприємства, який добре знає розташування апаратури, що знаходиться під великим тиском, місцезнаходження вибухонебезпечних чи отруйних речовин, а також можливості використання стаціонарних засобів пожежегасіння, [30].

У першу чергу локалізують і гасять ті осередки пожежі, які становлять перешкоду рятувальним роботам і створюють загрозу подальшого поширення вогню.

Особовий склад формувань пожежегасіння повинен суворо дотримуватись правил безпеки, слідкувати за станом будівельних конструкцій, що загрожують обвалом, і не допускати, щоб вогонь оточу-вав працюючих. При

сильній задимленості особовий склад, що приймає участь у гасінні пожежі, повинен діяти у протигазах і використовувати інші захисні засоби.

Пожежі впливають на людей дуже сильним психологічним ефектом. Відомо, що паніка серед людей навіть при невеликих пожежах є причиною значних жертв. Знаючи правила поведінки, людина, захопле-на цим лихом, у будь-якій обстановці зможе не лише врятувати своє життя, але й надати допомогу у рятуванні інших людей, матеріальних цінностей від вогню.

При самопорятунку і рятуванні інших людей у будинках охоплених вогнем, діяти слід швидко, оскільки основною небезпекою є висока температура повітря, задимлення, можливі обвалення будівельних конструкцій. Палаюче приміщення треба долати, накрившись з головою мокрою ковдрою, цупкою тканиною чи верхнім одягом, крізь сильно задимлене приміщення слід повзти чи рухатись пригинаючись. Двері у задимлене приміщення слід відчиняти обережно, бо швидкий потік повітря викличе спалах полум'я. Ввійшовши у приміщення, де можуть бути люди, слід гукнути їх, відшукуючи потерпілих, треба пам'ятати, що діти від переляку ховаються під ліжко, шафу, забиваються у кутки, в інші місця.

Під час пожежі на людях спалахує одяг. При невеликих ділянках палаючого одягу вогонь може бути погашений шляхом збивання його курткою, рука вицею. Не виключено, що у деяких випадках люди в палаючому одязі намагаються бігти. Необ-хідно зупинити їх, накинувши на таких потерпілих будь-яке полотнище, щільно притуливши його до тіла потерпілого. Цим може бути досягнуте припинення припливу повітря до місця горіння і самогоріння.

При виникненні пожежі на виробництві у першу чергу треба повідомити пожежну команду, а потім сміливо вступати у боротьбу з вогнем.

Для гасіння пожеж застосовуються : вода, пісок, вогнегасники і інші підручні засоби . Крім цих засобів треба застосовувати підготов-лений протипожежний інвентар, пінні, порошкові і вуглекислотні вогнегасники, а також підручні матеріали, що мають вогнегасну дію.

Бензин, гас, різні органічні масла і розчинники, палаючу електропроводку водою гасити не можна, їх слід гасити за допомогою пінних і порошкових вогнегасників, шляхом засиплення піском і землею, а якщо вогнище пожежі невелике - накрити його брезен-товим покривалом, важкою тканиною чи одягом, змоченим водою. Палаючу електропроводку гасити можна лише впевнившись, що з неї знята напруга.

Треба бути уважним при наявності обвислих проводів: не з'ясувавши, що провід знеструмлено, слід вважати його під напругою і вживати відповідні заходи безпеки.

На ряді об'єктів народного господарства здійснюється виро-бництво, використання, зберігання, а у деяких районах і пере-везення сильнодіючих отруйних речовин (СДОР). Це стосується перш за все підприємств хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та інших споріднених з ним галузей промисловості, підприємств, що мають холодильні установки в яких застосовується як холодильний агент речовини типу аміаку, водопровідних і очисних споруд, що використовують хлор, залізничних станцій, що мають колії рухомого складу для СДОР, а також складів і баз з запасами отрутохімікатів, чи інших аналогічних речовин. Серед СДОР можуть бути: аміак, хлор, окис вуглецю, сірчастий ангідрид, сірковуглець, трихлористий фосфор, фтористий водень та. ін.

У наслідок стихійних лих (наприклад, під час землетрусу , пожежі чи залізничної катастрофи) чи при аварії на виробництві, можливі виливи (викиди) СДОР і пов’язані з ними зараження місцевості і повітря. При цьому не виключені ураження людей, що знаходяться у районах виливу (викиду) СДОР.Після виявлення викиду в атмосферу СДОР чи розливу її по території слід негайно сповістити всіх, хто може опинитися у небезпечній зоні, включаючи і житловий сектор, який межує з об’єктом, [30].

Робітники і службовці, а у деяких випадках і жителі прилеглих районів на випадок аварії повинні бути забезпечені промисловими фільтруючими протигазами, призначеними для захисту від даного виду СДОР.

Робота по ліквідації аварії у першу чергу спрямована на те, щоб припинити розповсюдження отруйної речовини в атмосферу і розтікання її по місцевості. Для цього потрібно відключити уш-коджену ділянку перекрити крани і інші запірні пристрої. На розриви, що утворилися у ємностях і трубопроводах, накласти пластирі, муфти, у необхідних випадках забити пробки із дерева чи металу, перекачати СДОР з ушкоджених ємностей у справні. Крім того, для збору отруйних речовин необхідно відкопати рови і канави.

Розвідники, як тільки виявлять зараження, визначають концен-трацію СДОР , уточнюють зони небезпечного і надзвичайно небезпечного зараження, позначують їх межу, встановлюють шляхи підходу, характер і масштаби руйнувань, стан людей і обладнання. Район, де відбулася аварія обов'язково оточується, сторонні не допускаються.

Органи ЦО у цей час повинні уважно стежити за метеорологічною обстановкою. Напрямок вітру і температура повітря можуть змінюватись, і це відіб'ється на характері і напрямку розповсюд-ження отруйних парів.

Не менш важливою турботою при ліквідації зараження є дега-зація зараженої території, споруд і устаткування. Як речовини для дегазації можуть бути використані, наприклад, хлор, гашене вапно, лужні відходи промисловості. Застосовують їх найчастіше у вигляді розчинів або кашиці.

Усі хто приймає участь у ліквідації аварії, забезпечуються промисловими чи ізолюючими протигазами, захисним одягом, індивідуальними протихімічними пакетами, медичними засобами.

У зонах можливих затоплень на місцевості слід додержуватись встановленого порядку, зайняти підвищені місця. При рятувальних роботах необхідно виявляти витримку і самовладання, суворо дотримуватись вимог рятувальників. Не можна переповнювати рятувальні засоби (катери, човни, плоти), оскільки це загрожує безпеці рятувальників і врятованих. Потрапивши у воду, слід скинути із себе важкий одяг і взуття, відшукати поблизу плаваючі чи підвищені над водою предмети, скористатися ними до отримання допомоги.

У випадку одержання сигналу сповіщення населення про наближення селевого потоку чи зсуву, а також при перших ознаках їх появи, треба якомога швидше залишити приміщення попередити про небезпеку оточуючих і вийти у безпечне місце. Залишаючи приміщення, слід загасити печі, перекрити газові крани, вимкнути світло і електроприлади. Це допоможе відвернути виникненні пожеж [30].

ВИСНОВКИ

1. Метод порошкової металургії холодне пресування і подальше спікання успішно застосовується при виготовленні конструкційних деталей з титанових порошків і дозволяє значно скоротити втрати металу і обсяг обробки різанням. Однак наявність пор в деталях, обмежує їх застосування в тих випадках, коли вимоги до них в процесі експлуатації проявляються на рівні литого деформованого металу.

2 Метод порошкової металургії, гаряче штампування деталей із заготовок металевих порошків, дозволяє отримувати деталі з щільністю і властивостями близькими до литому деформованому металу. При цьому скорочуються втрати металу і обсяг обробки різанням, підвищується продуктивність праці, знижується собівартість одержуваних деталей.

3. Метод гарячого штампування деталей з порошкових заготовок найбільш повно вивчений по відношенню до залізних порошків. Стосовно до виготовлення конструкційних деталей з порошкового титану даний метод практично не досліджений.

4. Аналіз гарячого штампування конструкційних деталей з металевих порошків показав, що даний метод має також ряд істотних недоліків. Відсутні конкретні рекомендації щодо розрахунку порошкових заготовок, щільність у виробах після штампування розподілена нерівномірно, для гарячого штампування деталей застосовують штампи складної конструкції і спеціалізоване обладнання, що перешкоджає широкому впровадженню методів у виробництво. У зв’язку з цим виникає необхідність розробки нового підходу до управління процесом ущільнення порошкової заготовки при гарячому штампуванні, який дозволив би отримувати вироби з рівномірною щільністю, спростити конструкцію штампів, використовувати стандартні преси.

5. За результатами проведених досліджень розроблено технологічний процес гарячого штампування конструкційних деталей з порошків титану.

6. Проведені кінематичні, енергетичні та силові розрахунки, а також розрахунки вузла пресу КД2330, який входить в номенклатуру обладнання для ущільнення брикетів з титанового порошку.

7. В розділі охорона праці надані основні заходи із охорони праці при розробці технології виготовлення виробів з порошкових матеріалів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Матюхін А.Ю. Альтернативні способи виготовлення деталей з листової заготовки / А.Ю. Матюхін, М.О. Панасейко // Тиждень науки-2020. Машинобудівний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя,13-17 квітня 2020 р.[Електронний ресурс] / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані.- Запоріжжя : ЗНТУ, 2020. - 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. - Назва з тит. екрана. - С. 84-85.

2. Глазунов С.Г. Титановые сплавы. Конструкционные титановые сплавы/ С.Г. Глазунов, В. Н. Моисеев. -М.:Металлурогия, 1974.-368 с.

3. Гармата В.А. Металлургия титана/В.А.Гармата, Б.С. Гуляницкий, Ю.Г. Крамник и др. М.:Металлургия, 1967.-643 с.

4. Бальшин М.Ю. Порошковое металловедение/М.Ю. Бальшин.- М.:Металлургиздат, 1948.- 332 с.

5. Воробьев Б.Я. Производство изделий из титановых порошков./Б.Я. Воробьев, Ю.Г. Олесов, В.А. Дрозденко.-К.:Техника, 1976.-174 с.

6. Самсонов Г.В. Горячее прессование/ Г.В. Самсонов, М.С. Ковальченко.- К.: Государственное изд. техн. Литературы УССР, 1962.-212 с.

7. Гопиенко В.Г. Опыт получения и прессования титановых порошков/В.Г. Гопиенко, Л.И. Живов, В.А. Павлов.-М.:Цветметинформация, 1970.-80 с.

8. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование порошковых заготовок/ Ю.Г. Дорофеев.-М.:Металлургия, 1977.- 216 с.

9. Дорофеев Ю.Г. Опыт применения динамического горячего прессования на заводе «Ростсельмаш»/ Ю.Г. Дорофеев, О.Г. Клименко, В.Н. Мищенко.-В кн.: Порошковая металлургия, 1981, №6, с.92-97.

10. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование в металлокерамике/ Ю.Г. Дорофеев.-М.:Металлургия, 1972.-176 с.

11. In hot forging, iron powder may be the answer. «Metall Porger». 1973, 104, №6, p. 96-98.

12. Бокштигель Г. Некоторые технические и экономические вопросы горячей деформации порошковых заготовок/ Г.Бокштигель// Порошковая металлургия.-Минск, Вышейшая школа, 1977.- с. 75-81.

13. Дорофеев Ю.Г. Исследование возможности изготовления электроэрозионного инструмента динамическим горячим прессованием/Ю.Г. Дорофеев, Н.Н. Бензик, А.Н. Бонданченко//Порошковая металлургия, 1979, №7, с. 48-51.

14. Радомышельский И.Д. Горячая штамповка плотных деталей из распыленных латунных порошков/ И.Д. Радомышельский, Г.Е. Макаров, Г.К. Гайдученко//Кузнечно-штамповочное производство, 1982, №8, с.12-13.

15. Радомышельский И.Д. Метахнические основы обработки давлением уплотненных материалов/ И.Д. Радомышельский, М.Б. Штерн, О.В. Михайлов// Кузнечно-штамповочное производство, 1982, №8, с. 5-7.

16. Дорофеев Ю.Г. Особенности деформации и трещинообразования нагретых цилиндрических порошковых заготовок/Ю.Г. Дорофеев, В.В. Синельников//Порошковая металлургия, 1980, № 11, с.25-30.

17. Дорофеев Ю.Г. Определение степени деформации материала при динамическом горячем уплотнении пористых заготовок/ Ю.Г. Дорофеев, Б.Г. Гасанов//Порошковая металлургия, 1976, №8, с. 35-39.

18. Синельщиков В.В. Влияние некоторых технологических факторов на деформацию и трещинооброазование нагретых цилиндрических заготовок/ В.В. Синельщиков// Горячее прессование в порошковой металлургии, 1976, с. 47-51.

19. Дорофеев Ю.Г. Основные параметры технологии динамического горячего прессования при производстве деталей различной степени сложности/ Ю.Г. Дорофеев, В.И. Мирошников, Э.С. Байдало//Порошковая металлургия 1979, №8, с. 91-99.

20. Роман О.В. Исследование процесса холодной штамповки выдавливанием спеченных пористых материалов/О.В. Романов, Е.А. Дорошкевич, Е.В. Звонарёв//Порошковая металлургия, 1980, №11, с. 28-34.

21. Дорофеев Ю.Г. Влияние пористости исходной заготовки на свойства и структуру материала после динамического горячего прессования/ Ю.Г. Дорофеев, Н.Т. Жердицкий, В.И. Мищенко//Порошковая металлургия, 1974, №2, с.81-86.

22. Дорофеев Ю.Г. Силовые параметры производства порошковых изделий типа втулок динамическим горячим прессованием/ Ю.Г. Дорофеев, В.Н. Мищенко, И.А. Кособоков//КУузнечно-штамповочное производство, 1982, №8, с.20-21.

23. Ковальченко М.С. Динамическое горячее прессование пористого ньютоновского тела/ М.С. Ковальченко, Л.Ф. Очкас, В.Б. Винокуров//Порошковая металлургия, 1975, №4, с. 34-42.

24. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением/ М.В. Сторожев, Е.А. Попов.-М.:Машиностроение, 1971.-424 с.

25. Сердюк Г.Г. Экспериментальная установка для двустороннего прессования металлических порошков в закрытых пресс-формах/ Г.Г. Сердюк, Л.И. Свистун, В.Ф. Решетников//Порошковая металлургия, 1981, №7, с. 95-99

26. Мальцев М.В. Металлография тугоплавких, редких и радиоактивных металлов и сплавов/ М.В. Мальцев.-М.:Металлургия, 1971.- 488 с.

27. Ермонов М.З. Прессование титановых сплавов/ М.З. Ермонов, Ю.П. Соболев, А.А. Гельман.-М.:Металлургия, 1979.-264 с.

28. Кипарисов С.С. Свойства спеченного титана полученного методом горячей штамповки пористых заготовок из электролитических порошков/ С.С. Кипарисов, Б.Ю. Дорофеев, К.Д. Ясиновский//Порошковые конструкционные материалы.-Киев, 1980, с. 52-55.

29. Явтушенко О.В. Проектування та розрахунок кривошипних пресів/ О.В. Явтушенко.- Запоріжжя: ЗНТУ, 2006.-301 с.

30. Охорона праці в галузі : Тексти (конспект) лекцій / О.В. Нестеров, Каф. ОП і НС, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, 2020. – 125с.