

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра Механіко-машинобудівний факультет
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістр

студента Карпов Анатолій Олексійович
(ПІБ)

академічної групи 131М-20н-1 ММФ
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-наковою програмою Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему **Принципи кругової економіки при моделюванні технології
виготовлення деталі «Головка гідроциліндру»**

(назва за наказом ректора)

| Керівники | Прізвище, ініціали | Оцінка за шкалою | | Підпис |
|------------------------|---------------------|--------------------|---------------|--------|
| | | рейтинговою | інституційною | |
| кваліфікаційної роботи | проф. Пацера С.Т. | 92 | відмінно | |
| розділів | | | | |
| Аналітичний | проф. Пацера С.Т. | 92 | відмінно | |
| Технологічний | проф. Пацера С.Т. | 95 | відмінно | |
| Науково-дослідницький | проф. Пацера С.Т. | 89 | добре | |
| Рецензент | доц. Кравченко Ю.Г. | рецензія додається | | |
| Нормоконтроль | | | | |

Дніпро
2022

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 81 с., 10 рис., 12 табл., 9 додатки, 42 джерела

Тема: «Принципи кругової економіки при моделюванні технології виготовлення деталі «Головка гідроциліндру»».

Об'єкт розробки – Блок-схема рециклінгу титану.

Метою кваліфікаційної роботи є комплексний аналіз перебігу процесів у технологічному циклі виробництва та використання титанових сплавів, побічних продуктів та відходів виробництва з урахуванням принципів кругової економіки.

Результат роботи – Створено алгоритмічну блок-схему рециклінгу титану.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи – новизна характеризується тим, що вперше запропоновано блок-схему алгоритмічної моделі рециклінгу титану, що охоплює усі галузі де використовується титан і титанові сплави.

Практична цінність – алгоритмічна блок-схема дозволяє створити комп'ютерну програму для аналізу результатів моніторингу діючих підприємств, що використовують титан і титанові сплави. Окрім того, така програма дозволить виконувати автоматизовані прогностичні дослідження рециклінгу. Це дозволить розширити розуміння процесів рециклінгу відходів титану. Запропонувати шляхи зниження вартості готової продукції і створення нових продуктів з придатних відходів, зменшити потребу в утилізації відходів а також зменшити потребу у більшому видобутку даного ресурсу з надр Землі. Цим самим прискориться впровадження принципів кругової економіки.

Ключові слова:

КРУГОВА ЕКОНОМІКА, ТИТАНОВИЙ СПЛАВ, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, СТРУЖКА, РЕЦИКЛІНГ

Зміст

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 2 |
| 1 РОЗДІЛ АНАЛІТИЧНИЙ..... | 5 |
| 1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту | 5 |
| 1.1.1 Службове призначення виробу..... | 5 |
| 1.2 Аналіз технологічності конструкції головки гідроциліндра | 6 |
| 2 РОЗДІЛ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ..... | 11 |
| 2.1 Визначення виробничої програми..... | 11 |
| 2.2 Визначення типу виробництва | 14 |
| 2.3 Аналіз технологічних процесів базового заводу | 16 |
| 2.4 Пропозиції щодо вдосконалення заводських техпроцесів | 19 |
| 2.5 Проектування технологічних процесів..... | 20 |
| 2.5.1 Вибір методу отримання заготовок..... | 20 |
| 2.5.2 Визначення послідовності виконання технологічних операцій..... | 24 |
| 2.5.3 Обґрунтування прийнятого обладнання..... | 27 |
| 2.5.4 Вибір та обґрунтування технологічних та вимірювальних баз..... | 27 |
| 2.5.5 Визначення операційних припусків на обробку..... | 28 |
| 2.6 Проектування операційного технологічного процесу | 32 |
| 2.7 Вибір пристроїв, різальних інструментів та засобів технічного контролю | 33 |
| 2.7.1 Вибір пристроїв та допоміжних інструментів | 33 |
| 2.7.2 Вибір різальних інструментів | 34 |
| 2.7.3 Вибір засобів технічного контролю | 35 |
| 2.8 Вибір та розрахунок режимів обробки | 35 |
| 2.9 Технічне нормування технологічного процесу..... | 41 |
| 3 РОЗДІЛ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ | 45 |
| 3.1 Постановка задачі теоретичного дослідження..... | 45 |
| 3.1.1 Технологічні особливості титанових сплавів | 45 |
| 3.1.2 Технологічний цикл виробництва титанових сплавів та побічних продуктів | 48 |
| 3.1.3 Класифікація відходів машинобудівного виробництва титанових сплавів | 54 |
| 3.1.4 Рециклінг відходів титану і титанових сплавів | 63 |
| 3.1.4.1 Рециклінг відходів металургійних виробництв титану | 63 |
| 3.1.5 Рециклінг відходів кондиційного титану | 66 |
| 3.1.6 Способи використання відходів | 68 |
| 3.1.7 Хлорування-випаровування брухту металевого титану при переробці з використанням розплавленої солі, що опосередковує реакцію... .. | 71 |
| 3.2 Метод розв'язання наукової задачі..... | 75 |
| 3.3 Результат розв'язання наукової задачі та аналіз результатів | 76 |
| ВИСНОВКИ..... | 77 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 78 |
| Додатки | |

ВСТУП

Технологічний прогрес – це безперервний процес відкриття нових можливостей та застосування їх у машинобудівному виробництві, що дозволяє по-новому поєднувати та комбінувати наявні ресурси на користь збільшення випуску високоякісних кінцевих продуктів за найменших витрат. У широкому сенсі будь-якому рівні – від виробничої ділянки до підприємства у цілому – під технологічним процесом мається на увазі створення та впровадження нової техніки, технології, матеріалів, використання нових видів енергії, і навіть поява раніше невідомих методів організації та управління виробництвом.

Впровадження нової технології – це дуже складний та суперечливий процес. Прийнято вважати, що вдосконалення технічних засобів знижує трудовитрати, частку праці вартості одиниці продукції. Проте в даний час технічний прогрес "дорожчає", оскільки вимагає створення та застосування все більш дорогих верстатів, ліній, роботів, засобів комп'ютерного керування; підвищених видатків на екологічний захист. Усе це відбивається на збільшенні частки витрат за амортизацію та обслуговування застосовуваних основних фондів у собівартості продукції. Проте, конкурентоспроможність підприємства, їх спроможність утриматися над ринком товарів та послуг залежить, насамперед, від сприйнятливості виробників товарів до новинок техніки і технології, дозволяють забезпечити випуск та реалізацію високоякісних товарів при найефективнішому використанні матеріальних ресурсів.

Тому при виборі варіантів техніки та технології ми маємо чітко розуміти, для вирішення яких завдань стратегічних чи тактичних призначається техніка.

Правильно спроектовані технологічні процеси виготовлення виробів, контроль якісних і кількісних показників виробленої продукції, перевірка працездатності, своєчасне проведення відповідних робіт з усунення дефектів,

що виникають, і створення нормальних умов експлуатації – все це заходи, що дозволяють підвищити довговічність виробів і безвідмовність їх роботи.

Основні напрямки при проектуванні технологічних процесів:

- покращення якісних характеристик матеріалів, стабілізація та зменшення обсягів їх споживання за рахунок використання прогресивних методів отримання заготовок;

- максимально можливе забезпечення безперервності, безпеки, гнучкості та продуктивності протікання технологічного процесу, які можуть бути забезпечені внаслідок вдосконалення рівня механізації та автоматизації;

- підвищення рівня комплектності механізації процесів за рахунок застосування сучасного обладнання: верстатів з ЧПУ, автоматів та напівавтоматів, застосування високопродуктивних видів технологічного оснащення, з метою зниження трудомісткості виготовлення деталей та виробу в цілому.

- вдосконалення контрольних-випробувальних робіт та раціональна організація виробництва.

Перелічені заходи дозволяють, при порівняно невеликих витратах, значно збільшити кількість і асортимент продукції, що покращується, поліпшити її якість.

Удосконалення технологічного процесу обробки виробів має спричинити збільшення якості виробу, зменшення собівартості продукції тощо.

Розвиток економіки нашій країні можливе лише за реалізації високотехнологічного і ресурсозберігаючого виробництва, здатного в стислі терміни забезпечити розробку та впровадження конкурентоспроможних виробів нового покоління, орієнтованих задоволення запитів, внутрішнього та зовнішнього ринків.

У ринкових умовах виробництво має швидко реагувати на вимоги, що змінюються, а це вимагає застосування новітніх технологій, здатних забезпечити скорочення часу розробки, освоєння виробництва і виходу на

ринок нового виробу. У рамках інтегрованих технологій ці завдання успішно вирішуються.

Метою даної роботи є пошук та аналіз можливостей використання титанової стружки та відходів титанового виробництва та машинобудування загалом для повторного використання. Створення алгоритмічної блок-схеми рециклінгу титану.

1 РОЗДІЛ АНАЛІТИЧНИЙ

1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту

Вихідними даними для розробки технологічних процесів є робочі креслення головки гідроциліндра 148.004111.001.000, технічні вимоги до виробів, програма випуску та інші матеріали переддипломної практики.

1.1.1 Службове призначення виробу

Розглянуті деталь «головка» входить у складання амортизатора шасі літака АН 148. Шасі забезпечує поглинання навантажень при посадці та рух літака на землі, а також дозволяє керувати рулінням та гальмуванням при русі літака на землі. Амортизатор – пристрій, що перетворює механічну енергію на теплову. Служить для гасіння коливань (демпфування) та поглинання поштовхів та ударів, що діють на корпус (раму). Його завдання (як і завдання всієї конструкції шасі) схоже з амортизаторами в автомобілях - пом'якшити перевантаження при контакті з покриттям злітно-посадкової смуги на посадці, щоб навантаження на вузли літака не перевищували допустимі при виконанні штатної посадки, а також щоб можна було в екстрених випадках здійснити безпечну для людей посадку при перевищенні максимальної посадкової маси аж до максимальної злітної.

Тому до цього вузла висуваються жорсткі вимоги. У першу чергу це жорсткість, висока міцність і поряд з цим легкість, тому що зайва вага згубно впливає на льотні характеристики літака. Це перевитрата палива, що дуже важливо, оскільки економічність є однією з основних умов, що висуваються до сучасних літальних апаратів.

1.2 Аналіз технологічності конструкції головки гідроциліндра

Аналіз технологічності конструкції деталей зводиться до вивчення можливостей зменшення трудомісткості та матеріаломісткості, зниження собівартості, обробки її високопродуктивними методами без шкоди для службового призначення та ремонтпридатності. Технологічність конструкції значною мірою залежить від масштабу випуску і типу виробництва.

Технологічність визначається мірою відповідності конструкції деталі умовам її виготовлення. ГОСТ 2.121-73 передбачає якісну та кількісну оцінку технологічності конструкції.

Задана деталь відноситься до деталей класу "Не круглі стрижні".

Головка виготовляється із титанового сплаву високої міцності. VT22 ($\sigma_B = 1078...1274 \text{ МПа}$). Оброблюваність титанових сплавів характеризується малою пластичністю, високою хімічною активністю при різанні та низькою теплопровідністю.

Хімічний склад VT-22 у таблиці 1.1 за ГОСТ 19807-91.

Таблиця 1.1- Хімічний склад VT-22

| Позначення марок | Масова частка хімічних елементів, % | | | | | | |
|------------------|-------------------------------------|----------|---------|-----------|-------|----------|--------|
| | титану | алюмінію | ванадію | молібдену | олова | цирконію | ніобію |
| VT22 | Основа | 4,4-5,7 | 4,0-5,5 | 4,0-5,5 | - | 0,30 | - |

Продовження таблиці 1.1

| Масова частка хімічних елементів, % | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|--------------|-------------|------------|-------|-------|--------------|-------------------------------|
| марган- цю | хрому | крем- нію | залі- за | кис- ню | водню | азоту | карбо- ну | сума інших домі- шок |
| - | 0,5-1,5 | 0,15 | 0,5-1,5 | 0,18 | 0,015 | 0,05 | 0,1 | 0,30 |

Таблиця 1.2 - Механічні властивості ВТ-22 за ГОСТ 26492-85

| Марка сплаву | Стан випробуваних зразків | Діаметр прутка, мм | Тимчасовий опір σ_B , МПа (кгс/мм ²) | Відносне видовження δ , % | Відносне звуження ψ , % | Ударна в'язкість КСУ, Дж/см (кгс·м/см ²) |
|--------------|---------------------------|--|---|----------------------------------|------------------------------|--|
| | | | | | | |
| ВТ22 | Відпалені | Від 10 до 12 включ. | 1080-1230 (110-125) | 10 | 30 | - |
| | | Більше 10 до 35 включ. | 1080-1230 (110-125) | 10 | 30 | 30 (3) |
| | | Більше 35 до 60 включ. | 1080-1230 (110-125) | 9 | 25 | 30 (3) |
| | | Більше 60 до 100 включ. | 1080-1280 (110-130) | 8 | 18 | 25 (2,5) |
| | | Більше 100 до 150 включ. | 1080-1280 (110-130) | 7 | 17 | 25 (2,5) |
| | Загартовані та зістарені | Від 10 до 12 включ. | Не менше 1280 (130) | 7 | 18 | - |
| | | Більше 12 до 40 включ. Більше 40 до 60 включ. | | 7 6 | 18 16 | 20 (2) 18 (1,8) |

Титан існує у двох модифікаціях: до температури $880\pm 20^\circ$ у вигляді альфа-фази та має гексагональну кристалічну решітку. За більш високих температур титан перетворюється на бета-фазу, що має решітку об'ємноцентрованого куба.

Додавання різних елементів по-різному впливає на температуру переходу титану альфа-фази в бета-фазу. Деякі елементи, звані стабілізаторами альфа-фази, сприяють підвищенню температури переходу альфа-фази в бета-фазу, інші елементи, які називають стабілізаторами бета-фази, сприяють зниженню температури переходу альфа-фази в бета-фазу.

Крім цього, існують елементи, які знижують температуру переходу альфа-фази в фазу бета, але сплави титану з цими елементами, досягнувши певної, так званої евтектоїдної, температури, при подальшому охолодженні зазнають перетворення, при яких бета-фаза повністю розпадається, утворюючи альфа-фазу та проміжну гамма-фазу, збагачену легуючим елементом.[1]

За впливом на поліморфізм титану всі легуючі елементи поділяються на три групи: а-стабілізатори, в-стабілізатори та нейтральні елементи.

а-стабілізатори (Al, O, N) підвищують температуру поліморфного перетворення, розширюючи область твердих розчинів на основі Ti_a . Практичне значення для легування титану має лише алюміній, тому що інші викликають зниження пластичності та в'язкості титанових сплавів. Алюміній зменшує щільність та схильність до водневої крихкості, підвищує міцність, жароміцність, модуль пружності титанових сплавів.

В-стабілізатори знижують температуру поліморфного перетворення титану, розширюючи ділянку твердих розчинів на основі Ti_b . Вони утворюють із титаном діаграми стану двох типів.

Ізоморфні в-стабілізатори Mo, V, Ta, Nb, що мають, як і Ti, кристалічні грати об'ємно-центрованого куба, необмежено розчиняються в Ti. Cr, Mn, Fe, Ni, W, Si та інші утворюють з титаном діаграми стану з евтектоїдним розпадом. У деяких сплавах (Ti-Mn, Ti-Cr, Ti-Fe) при охолодженні в умовах, що відрізняються від рівноважних, евтектоїдного розпаду не відбувається, а перетворення йде по штриховій лінії.

Більшість В-стабілізаторів, особливо V, Mo, Mn, Cr, підвищують міцність при 20-25 ° C і мінусових температурах, жароміцність і термічну стабільність титанових сплавів, дещо знижуючи їх пластичність.

Нейтральні елементи (Sn, Zr, Hf) мало впливають на температури поліморфного перетворення. Найбільше практичне значення мають олово та цирконій. Олово зміцнює титанові метали без помітного зниження

пластичності, підвищує жароміцність; цирконій збільшує межу повзучості та тривалу міцність.

За технологією виготовлення титанові сплави поділяються на деформовані, ливарні та порошкові.

за механічними властивостями - на сплави нормальної міцності, високоміцні, жароміцні, підвищеної пластичності.

За здатністю зміцнюватися за допомогою термічної обробки вони діляться на ті, що зміцнюються і не зміцнюються термічною обробкою.

за структурою у відпаленому стані вони класифікуються на а-, псевдо-а, а + в, псевдо-в та в-сплави.[2]

Сплави перехідного класу містять більше легуючих елементів і більше В-фази (25— 50%) у рівноважній структурі, ніж сплави мартенситного класу. Структура цих сплавів чутлива до коливань хімічного складу та режимів термічної обробки. Так, після загартування в цих сплавах можна отримати однофазну структуру переохолодженої В-фази або структуру, що складається з цієї фази і мартенситу а". Наявність великої кількості В-фази забезпечує сплавам перехідного класу найвищу міцність серед (а + В)-сплавів. Наприклад , сплав ВТ22 (50 % В-фази) має після відпалу такий самий тимчасовий опір, як сплав ВТ6 після загартування та старіння.

Двофазні сплави задовільно обробляються різанням та зварюються. Після зварювання потрібно відпал для підвищення пластичності зварного шва. Вони менш схильні до водневої крихкості, ніж а-і псевдо-а-сплави, так як водень має більшу розчинність у В-фазі. Двофазні сплави куються, штампуються та прокопуються легше, ніж сплави з а-структурою. Вони постачаються у вигляді поковок, штампувань, прутків, листів, стрічки.

Висока хімічна активність титанових сплавів при різанні сприяє поглинанню кисню та азоту з повітря, активність яких збільшується з

підвищенням температури в зоні різання. Це сприяє підвищеному окисленню та надає матеріалу крихкості. Низька теплопровідність титанових сплавів сприяє виникненню температур у зоні різання в середньому у 2,2 рази вище, ніж при обробці сталі 45. Тому при обробці титанових сплавів рекомендується використання змащувально-охолоджувально технологічна рідина (ЗОТР).

Конфігурація деталі забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструментів. Конструкція має достатню жорсткість ($l/d = 156/128 = 1,22 < 12$), що припускає застосування високих режимів різання. Однак при обробці титанових сплавів не рекомендується призначати подачі на оборот менше 0,08 мм, працювати інструментом зі зношуванням понад 0,8-1 мм та швидкостями різання понад 100 м/хв.

Як технологічні бази доцільно використовувати оброблені на першій операції зовнішню циліндричну поверхню і торець головки. На останніх операціях як технологічні бази доцільно використовувати оброблені отвори.

Розміри на кресленні проставлені правильно, повно та зручно для контролю. Шорсткість поверхні відповідає точності обробки.

Нетехнологічним елементом деталі „головка” є відросток на конусній поверхні. Загалом деталь технологічна.

2 РОЗДІЛ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Визначення виробничої програми

Цей механічний цех дрібносерійного типу виробництва проектуватиметься за наведеною програмою. У цьому випадку вибирається деталь-представник, а всі інші деталі, що входять до програми, умовно наводяться за трудомісткістю, складністю та масою до виробу представнику.

Наведена виробнича програма визначається в такий спосіб. Вся різноманітність деталей приводимо до кількох характерних представників, оскільки частина деталей не забезпечена повністю кресленнями та іншими вихідними даними. У цьому випадку всю номенклатуру ділять на кілька груп, у кожному з яких входять однотипні конструкції та технології виробу. У кожній групі виділяється виріб-представник, якого приводять всі інші деталі цієї групи.

Розрахунок наведеної річної програми механічного цеху провадиться згідно з формулами[3].

Загальний коефіцієнт приведення:

$$K = K_M \cdot K_{сер} \cdot K_{сл} \quad (1.1)$$

де K_M – коефіцієнт приведення за масою;

$K_{сер}$ – коефіцієнт приведення за серійністю;

$K_{сл}$ – коефіцієнт приведення за складністю;

$K_{сл}=1$.

$$K_M = \sqrt[3]{\left(\frac{m_x}{m}\right)^2} \quad (1.2)$$

де m_x ; m – маси виробу, що наводиться, та виробу – представника.

$$K_{сер} = \left(\frac{N}{N_x}\right)^{0.15+0.2} \quad (1.3)$$

де N ; N_x – річні програми виробу – представника та виробу, що наводиться.

Нижче наведено подетальну річну виробничу програму механічного цеху.

Усі розрахункові та зібрані дані зводимо до таблиці 1.1.

Таблиця 2.1 - Відомість виробів, що виготовляються

| Задана програма | | | | Наведена програма | | | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------|--------------|-------------------|-----------|----------|------|-------------|----------------------------|
| Найменування виробу | Позначення виробу | Число виробів | Маса деталей | K_m | $K_{сер}$ | $K_{сл}$ | K | Представник | Наведена кількість виробів |
| Ділянка «Опор шасі» | | | | | | | | | |
| Ланка нижня | 148.00.4102.025.000 | 120 | 0,903 | 0,96 | 0,82 | 1 | 0,79 | Звено | 95 |
| Ланка верхня | 148.00.4102.235.003 | 120 | 2,86 | 2,12 | 1,03 | 1 | 2,18 | | 262 |
| Качалка | 148.00.4104.212.002-01 | 230 | 1,72 | 1,34 | 0,68 | 1 | 0,91 | | 210 |
| Качалка | 148.00.4104.212.002-02 | 230 | 1,72 | 1,28 | 0,32 | 1 | 0,41 | | 95 |
| Ланка | 148.00.4104.231.000 | 60 | 2,18 | 1,6 | 0,87 | 1 | 1,39 | | 83 |
| Ланка | 148.00.4104.271.000 | 60 | 0,643 | 0,43 | 1,09 | 1 | 0,47 | | 28 |
| Головка | 148.00.4111.001.000 | 90 | 1,77 | 1,76 | 0,73 | 1 | 1,28 | | 115 |
| Гайка головки | 148.00.4111.002.000 | 90 | 0,835 | 0,92 | 0,94 | 1 | 0,86 | | 77 |
| Циліндр | 148.00.4111.303.000 | 90 | 7,0 | 2,16 | 1,14 | 1 | 2,46 | | 220 |
| Шток | 148.00.4111.311.000 | 80 | 6,18 | 3,92 | 1 | 1 | 3,92 | | 314 |
| Вісь | 148.00.4112.217.000 | 160 | 1,527 | 1,13 | 0,85 | 1 | 0,96 | | 154 |
| Важіль | 148.00.4112.301.002 | 90 | 9,24 | 4,45 | 0,92 | 1 | 4,09 | | 368 |
| Вісь колес | 148.00.4112.302.000 | 180 | 7,32 | 2,17 | 1,06 | 1 | 2,3 | | 414 |
| Кронштейн | 148.00.4113.203.000 | 220 | 1,24 | 0,94 | 0,56 | 1 | 0,53 | | 117 |
| Вісь підкосу | 148.00.4113.206.000 | 200 | 0,125 | 1 | 0,74 | 1 | 0,74 | 148 | |
| Верхній вузол траверси | 148.00.4113.351.000 | 90 | 4,36 | 3,12 | 1,18 | 1 | 3,68 | 330 | |
| Середній вузол | 148.00.4113.352.000 | 60 | 6,85 | 2,4 | 1,12 | 1 | 2,69 | 161 | |

| Задана програма | | | | Наведена програма | | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------|------|-------------|----------------------------|
| Найменування виробу | Позначення виробу | Число виробів | Маса деталі | K_m | $K_{сер}$ | $K_{сл}$ | K | Представник | Наведена кількість виробів |
| траверси | | | | | | | | | |
| Нижній вузол траверси | 148.00.4113.353.000 | 90 | 9,43 | 4,29 | 0,98 | 1 | 4,2 | | 378 |
| Ланка | 140.00.4104.023.000 | 140 | 0,816 | 0,67 | 0,46 | 1 | 0,31 | | 43 |
| Ланка | 140.00.4104.229.003 | 140 | 0,513 | 1,22 | 0,74 | 1 | 0,9 | | 126 |
| Вісь | 140.00.4112.032.000 | 180 | 8,12 | 5,38 | 0,62 | 1 | 3,34 | | 600 |
| Гайка | 140.00.4211.104.000 | 120 | 2,145 | 1,87 | 0,67 | 1 | 1,25 | | 150 |
| Циліндр | 140.00.4211.209.000 | 80 | 1,457 | 0,915 | 0,73 | 1 | 0,67 | | 54 |
| | | 2920 | | | | | | | 4542 |
| Участок «Валов» | | | | | | | | | |
| Вал-шестірня | 00.1507.2100 | 120 | 11,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 120 |
| Вал ступінчастий | 00.4899.2000 | 200 | 6,85 | 2,8 | 0,76 | 1 | 2,13 | | 426 |
| Вал шлицевий | 03.4947.0000 | 200 | 5,78 | 1,4 | 1 | 1 | 1,4 | | 280 |
| Вал | 04.4957.3200 | 150 | 12,3 | 2,92 | 0,94 | 1 | 2,74 | | 410 |
| Вісь | 00.4880.2300 | 700 | 6,125 | 0,48 | 1,06 | 1 | 0,51 | | 357 |
| Оправлення | 05.4866.0000 | 500 | 4,5 | 0,95 | 0,58 | 1 | 0,55 | | 275 |
| Муфта | 00.1506.2100 | 1100 | 3,82 | 0,45 | 0,85 | 1 | 0,38 | | 418 |
| Шків | 08.0100.2100 | 900 | 3,64 | 3,87 | 0,29 | 1 | 1,12 | | 1007 |
| Блок-шестірня | 04.1507.2400 | 300 | 5,6 | 4,18 | 0,36 | 1 | 1,5 | | 450 |
| Колесо зубчасте | 04.1507.1600 | 220 | 1,37 | 0,92 | 0,47 | 1 | 0,43 | | 95 |
| Колесо зубчасте | 04.1507.2600 | 480 | 2,14 | 1,57 | 1,03 | 1 | 1,62 | | 778 |
| Разом: | | 4870 | | | | | | | 4616 |
| Усього: | | 7790 | | | | | | | 9158 |

Визначаємо наведену трудомісткість цеху [3]:

$$T_{цех.} = T_{уч.}^1 + T_{уч.}^2 \quad (1.4)$$

де $T_{уч.}^1$; $T_{уч.}^2$ – трудомісткість ділянок цеху, визначається за формулою[2]:

$$T_{уч.}^n = \sum N_x^n \cdot T_{шт}^{пред.} \quad (1.5)$$

де $\sum N_x^n$ – наведена програма випуску виробів на ділянці;

$T_{шт}^{пред.}$ – штучний час виробу представника.

$$T_{уч}^1 = 4542 \cdot 63,27 = 287372 \text{ н. час.} \quad T_{уч}^2 = 4616 \cdot 42,21 = 194841 \text{ н. час.}$$

Тоді трудомісткість цеху становить:

$$T_{цех} = 287372 + 194841 = 482213 \text{ н. час.}$$

В основу розрахунку станкоємності приймаємо фактичну (досягнуту) трудомісткість T_ϕ , яку визначаємо за формулою [3]:

$$T_\phi = \frac{T_n \cdot 100}{B} \quad (1.6)$$

де T_n - наведена трудомісткість, н. час.;

B - середній рівень виконання норм у відсотках.

$$T_\phi = \frac{482213 \cdot 100}{98} = 492054 \text{ н. час.}$$

2.2 Визначення типу виробництва

Тип виробництва залежить від річної програми, характеристик виробів, трудомісткості виготовлення деталей. Річна програма випуску складає 90 прим. Тип виробництва визначаємо на ділянку "Головок".

За орієнтовними даними у разі дрібносерійне виробництво. Характеризується виготовленням обмеженої номенклатури виробів партіями (серіями), що повторюються через певні проміжки часу, та широкою спеціалізацією робочих місць.

Такт випуску визначається за формулою [3]:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (1.7)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу обладнання, годинник,

$$F_d = 4060 \text{ ч;}$$

N – річна програма випуску деталей, шт.

$$\tau = \frac{60 \cdot 4060}{90} = 2707 \text{ хв для голівки;}$$

Коефіцієнт серійності K_c визначається за формулою [3]:

$$K_c = \frac{\tau}{T_{шт.ср}} \quad (1.8)$$

де $T_{шт.ср}$ – середній штучний час за основними операціями на ділянці, визначається за формулою [3]:

$$T_{шт.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.i}}{\sum n} \quad (1.9)$$

де $T_{шт.ср}$ - штучний час i -ої операції;

n - кількість основних операцій технологічного процесу.

$$T_{шт.ср.уч."Головок"} = \frac{543,67}{8} = 67,96 \text{ хв};$$

$$K_{с.уч."Головок"} = \frac{2707}{67,96} = 39,83 ;$$

Якщо коефіцієнт серійності відповідає умові $20 < K_c < 40$, то тип виробництва – дрібносерійний. Так як в нашому випадку $K_c = 39,83$, то тип виробництва дрібносерійний. Дрібносерійне виробництво характеризується відсутністю безперервності та стійкості в номенклатурі однорідної продукції; великою номенклатурою виробів; відсутністю закріплення операцій за певним верстатом. Для цього типу виробництва характерний непоточний метод виробництва [3], тобто обладнання розташовується за принципом однорідності обробки (токарна ділянка, фрезерна ділянка та ін) або в послідовності технологічних операцій для однієї або кількох деталей. Обробка деталей проводиться партіями, час виконання операцій на одних верстатах не погоджено з часом операції на інших та деталі під час роботи зберігаються біля верстатів, а потім транспортуються цілою партією. Розташування обладнання приймається розділ проектування цеху. Тому визначаємо розміри партії деталей, що запускаються у виробництво. Розмір партії деталей визначається за формулою [3]:

$$n = \frac{N \cdot f}{\Phi} \quad (1.10)$$

де N – річна програма випуску виробів у штуках;

f – число днів, куди необхідно мати запас деталей складі, $f = 24$ днів;

Φ – кількість робочих днів на рік, $\Phi = 253$.

$$n = \frac{90 \cdot 24}{253} = 8,54 \text{ шт.}$$

Приймаємо партію запуску деталей у виробництво $n = 10$ шт.

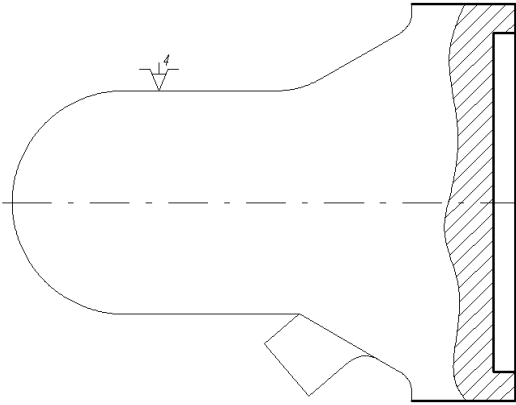
У цьому цеху приймаємо одностанкове обслуговування обладнання. Для транспортування деталей на ділянках застосовуємо ручні візки.

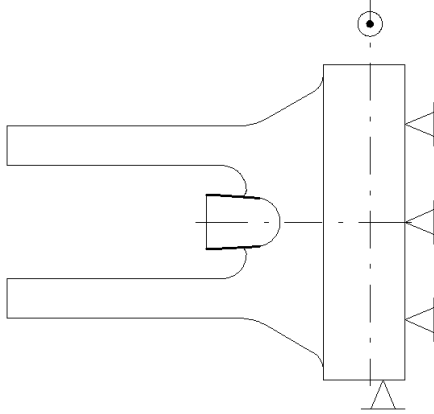
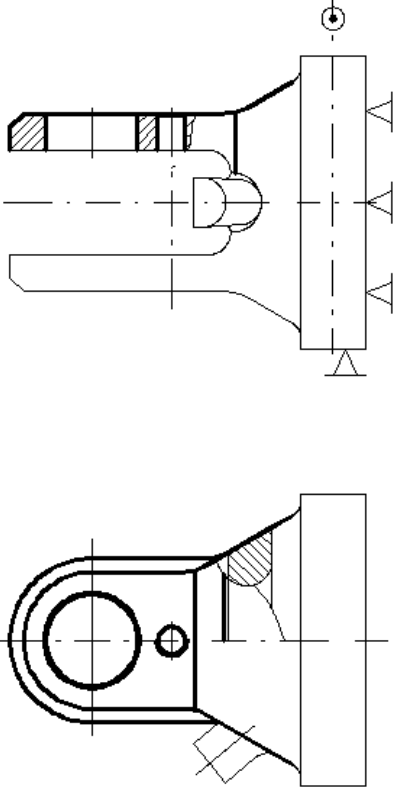
2.3 Аналіз технологічних процесів базового заводу

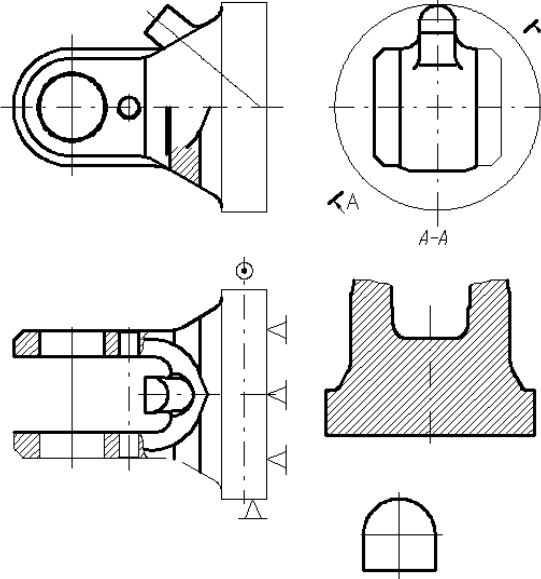
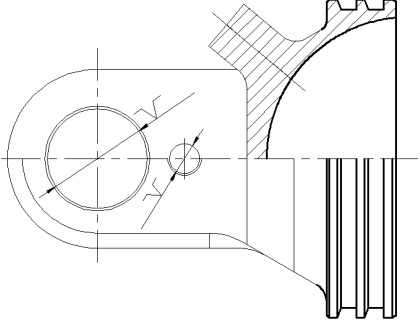
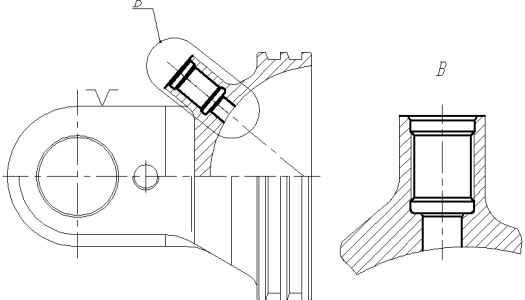
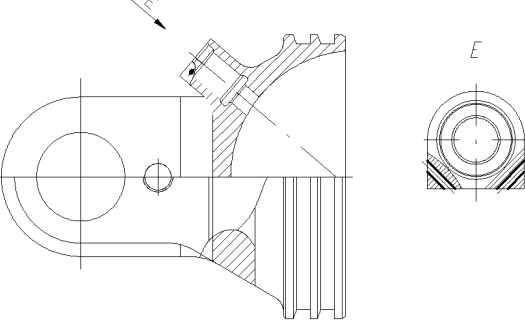
Базові технологічні процеси виготовлення головки представлені у вигляді таблиць 2.2,

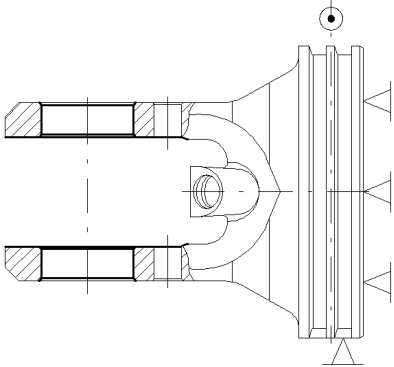
Маршрутний техпроцес виготовлення головки базового заводу наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Маршрутний техпроцес базового заводу з обробки головки

| № операції | Найменування операції | Схема встановлення заготовки на верстаті | Найменування та модель обладнання |
|------------|-----------------------|--|--|
| 010 | Токарна |  | Токарно-гвинторізний верстат 16К20 |
| 015 | Фрезерно-свердлильна |  | Фрезерно-свердлильний верстат з ЧПУ VMC-2060 |
| 020 | Фрезерно-свердлильна | | Фрезерно-свердлильний верстат з ЧПУ |

| № операції | Найменування операції | Схема встановлення заготовки на верстаті | Найменування та модель обладнання |
|------------|-----------------------|---|--|
| | |  | VMC-2060 |
| 025 | Фрезерно-свердлильна |  | Фрезерно-свердлильний верстат з ЧПУ VMC-2060 |
| 030 | Фрезерно-свердлильна | | Фрезерно-свердлильний верстат з ЧПУ VMC-2060 |

| № операції | Найменування операції | Схема встановлення заготовки на верстаті | Найменування та модель обладнання |
|------------|-----------------------|--|---------------------------------------|
| | |  | |
| 035 | Токарна |  | Токарний верстат з ЧПУ MDW-10F |
| 040 | Токарна |  | Токарний верстат з ЧПУ MDW-10F |
| 045 | Свердлильна |  | Вертикально-свердильний верстат 2Н125 |
| 050 | Фрезерно- | | Фрезерно- |

| № операції | Найменування операції | Схема встановлення заготовки на верстаті | Найменування та модель обладнання |
|------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| | свердлильна - розточувальна |  | свердлильний верстат з ЧПУ VMC-2060 |

2.4 Пропозиції щодо вдосконалення заводських техпроцесів

У базовий технологічний процес можна зробити деякі зміни щодо заготовок. Для виготовлення головки раціонально застосувати заготівлю штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), що значно збільшить коефіцієнт використання матеріалу, а також зменшить кількість операцій та знизить трудомісткість виготовлення деталей.

При виготовленні головки, завдяки точнішій заготовці, немає необхідності знімати великий шар матеріалу під час обробки.

Також у базовий технологічний процес можна внести застосування спеціальних пристроїв, зменшуючи при цьому витрати на виготовлення оснащення.

Для зменшення виготовлення бракованих деталей необхідно ввести в технологічний процес своєчасний контроль заточування ріжучого інструменту та посилити контроль якості заготовок, оскільки якість заготівлі впливає на відсоток шлюбу (наявність раковин, спаїв матеріалу тощо).

Крім того, в базовий техпроцес необхідно ввести повну заміну марки ЗОТР на Blasocut 4000 Strong. Вартість ЗОТР Blasocut 4000 Strong хоч і втричі вища, порівняно із ЗОТР Укрінол-1М, проте термін його використання в роботі становить два роки, на відміну від ЗОТР Укрінол-1М – два місяці. До того ж, ЗОТР Blasocut 4000 Strong показало найкращі результати при

обробці титанових сплавів, що представлено в спеціальній частині дипломного проекту.

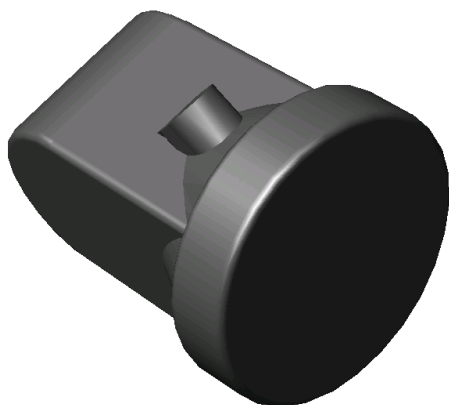
2.5 Проектування технологічних процесів

2.5.1 Вибір методу отримання заготовок

Вибір методу одержання заготовлі деталі „Головка”

При виборі технологічного процесу отримання заготовлі та методу її формоутворення необхідно враховувати низку факторів, наведених у [3].

У базовому технологічному процесі заготовля головки виготовляється методом штампування з титанового металу VT22. 3D модель базового варіанта заготовлі головки, її об'єм та маса наведено на рис. 2.1.



$$G_n = 0,00145 \text{ м}^3;$$
$$m_{заг} = G_n \times \rho = 0,00145 \text{ м}^3 \times 4500 \text{ кг/м}^3 = 6,53 \text{ кг}.$$

Рисунок 2.1. 3D модель базового варіанта заготовлі деталі «Головка».

Відповідно до вимог креслення і внаслідок аналізу конструкції деталі приходимо до висновку, що заготовля може бути отримана штампуванням на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ).

Вибір раціонального способу отримання заготовлі визначається з урахуванням техніко-економічної доцільності. Однак зі збільшенням обсягу випуску особливого значення набуває ефективність використання матеріалу та скорочення трудомісткості механічної обробки.

Для розрахунку розмірів кування необхідно визначити початковий індекс по ГОСТ 7505-89. Його визначення залежить від розрахункової маси

поковки МПР, марки сталі М1-М3, ступеня складності С1-С4 та класу точності поковки.

Розрахункова маса покування $M_{ПР}$ визначається виходячи з маси деталі m_d (кг) з урахуванням розрахункового коефіцієнта K_p з рівняння

$$M_{ПР} = m_d \times K_p \quad (2.1)$$

Розрахунковий коефіцієнт K_p [3] для групи 2.3 (деталі з відростками) складає 1,4 -1,6.

Приймаємо $K_p = 1,6$.

Тоді розрахункова маса поковки

$$M_{ПР} = 1,77 \times 1,6 = 2,832 \text{ кг.}$$

Визначаємо групу сталі.

При сумарній масовій частці легованих елементів вище 5% сплав ВТ22 належить до групи М3.

Ступінь складності визначаємо способом обчислення маси (об'єму) G_{Π} поковки до маси (об'єму) G_{Φ} геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. Для заданої деталі такою геометричною фігурою є циліндр.

Об'єм поковки

$$G_{\Pi} = M_{ПР} : \rho = 2,832 : 4500 = 0,000629 \text{ м}^3.$$

Об'єм геометричної фігури, в яку вписується форма поковки, допускається збільшувати в 1,05 рази щодо лінійних габаритних розмірів деталі, що визначають положення її оброблених поверхонь. Габаритні розміри деталі та розміри фігури заносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3- Габаритні розміри деталі та розміри фігури.

| Розміри деталі | | Розміри фігури | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Максимальний діаметр, мм | Максимальна довжина, мм | Максимальний діаметр, мм | Максимальна довжина, мм |
| 128 | 156 | 134,4 | 163,8 |

Визначаємо об'єм фігури циліндра

$$G_{\Phi} = \frac{\pi d_{\max \phi}^2}{4} \cdot L_{\max \phi} = \frac{3,14 \cdot 0,1344^2}{4} \cdot 0,1638 = 0,00232 \text{ м}^3.$$

$$\text{Тоді } G_{\Pi} / G_{\Phi} = 0,00063 / 0,00232 = 0,272$$

Так як ставлення G_{Π} / G_{Φ} від 0,16 до 0,32, то ступінь складності поковки складає С3.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Результати розрахунків

| Розрахунковий коефіцієнт K_p | Розрахункова маса поковки МПР, кг | Об'єм поковки G_{Π} , м ³ | Об'єм геометрической фігури G_{Φ} , м ³ | Відношення G_{Π} / G_{Φ} |
|--------------------------------|-----------------------------------|--|---|---------------------------------|
| 1,6 | 2,832 | 0,00063 | 0,00232 | 0,272 |

Приймаємо, що отримання поковки на ГKM таким умовам відповідає клас точності Т5.

Вихідний індекс для подальшого призначення основних припусків визначаємо за допомогою [3]: вихідний індекс – 16.

Визначаємо припуски на механічну обробку (на бік) поволок за ГОСТ 7505-89 залежно від вихідного індексу, лінійних розмірів та шорсткості поверхні деталі за допомогою [3].

Вибрані припуски та розрахункові розміри поковки заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Припуски та розрахункові розміри поковки.

| Номінальні розміри деталі мм | Допуск та відхилення поковки, що допускаються, мм | | Припуск на механічну обробку (на бік), мм | Повне значення припуску, мм | Номінальний розмір поковки, мм |
|------------------------------|---|--------------|---|-----------------------------|--------------------------------|
| | 4,0 | +2,7 -1,3 | | | |
| Ø128 | 4,0 | +2,7 -1,3 | 3,0 | 6,0 | Ø134,0 |
| Ø111 | 4,0 | +2,7 -1,3 | 2,7 | 5,4 | Ø116,4 |
| 33 | 3,2 | +2,2 -1,2 | 2,3 | 4,6 | 37,6 |
| 78 | 3,6 | +2,4 | 2,5 | 5,0 | 83,0 |

| Номінальні розміри деталі мм | Допуск та відхилення поковки, що допускаються, мм | | Припуск на механічну обробку (набій), мм | Повне значення припуску, мм | Номінальний розмір поковки, мм |
|---------------------------------|--|------|---|--------------------------------|-----------------------------------|
| | | -1,2 | | | |
| 48 | 3,6 | +2,4 | 2,5 | 5,0 | 43,0 |
| | | -1,2 | | | |
| 60 | 3,6 | +2,4 | 2,5 | 2,5 | 57,5 |
| | | -1,2 | | | |
| 125 | 4,0 | +2,7 | 2,7 | 2,7 | 127,7 |
| | | -1,3 | | | |
| R36 | 3,2 | +2,1 | 2,3 | 2,3 | R38,3 |
| | | -1,1 | | | |
| 22 | 3,2 | +2,2 | 2,3 | 4,6 | 26,6 |
| | | -1,2 | | | |
| R11 | 3,2 | +2,2 | 2,3 | 2,3 | R13,3 |
| | | -1,2 | | | |
| 73 | 3,6 | +2,4 | 2,3 | 2,3 | 75,3 |
| | | -1,2 | | | |

На папері формату А2 виконуємо технічний ескіз проектного варіанта поковки.

Виконуємо в графічному редакторі модель поковки 3D та визначаємо об'єм:



$$G_n = 0,00109 \text{ м}^3;$$

$$m_{\text{заг}} = G_n \times \rho = 0,00109 \text{ м}^3 \times 4500 \text{ кг/м}^3 = 4,905 \text{ кг}$$

Рисунок 2.2. 3D модель проектного варіанта поковки деталі „Головка”.

Проведемо порівняння коефіцієнтів використання матеріалу для обох методів

для заготівлі поковки проектного варіанта

$$K_{B.T.1} = 1,77 / 4,905 = 0,361;$$

для заготівлі поковки базового варіанта

$$K_{B.T.2} = 1,77 / 6,21 = 0,285.$$

З порівняння величин $K_{B.T.1}$ і $K_{B.T.2}$ приходимо до висновку, що перший спосіб раціональніший, його приймаємо.

2.5.2 Визначення послідовності виконання технологічних операцій

Сукупність виконання технологічних операцій становить маршрут обробки. Для складання маршруту обробки встановлюємо план обробки основних поверхонь деталі (див. табл. 2.1; 2.2). Число ступенів та методи обробки основних поверхонь деталей наведено з урахуванням довідника [3].

Таблиця 2.6 - План обробки основних поверхонь головки

| Поверхня деталі | Креслярські вимоги до поверхні | | Параметри поверхні після обробки | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------|--|-------------------------|--|
| | Точність | Шорсткість R_a | Технологічні переходи (операції) | Точність | Шорсткість R_a |
| $\varnothing 128f7$ | $\varnothing 128_{-0,083}^{-0,043}$ | $R_a 0,8$ | Заготівля Точення чорнове Точення чистове Точення тонке (алмазне) | h14 h13 h10 f7 | $R_a 25$ $R_a 12,5$ $R_a 3,2$ $R_a 0,8$ |
| $\varnothing 40H7$ (2 отв.) | $\varnothing 40_{+0,025}$ | $R_a 0,8$ | Заготівля Центрування Свердління Розфрезерування Розкочування | H14 H12 H10 H7 | $R_a 25$ $R_a 12,5$ $R_a 3,2$ $R_a 0,8$ |
| $\varnothing 120h8$ | $\varnothing 120_{-0,054}$ | $R_a 0,8$ | Заготівля Точення чорнове | h14 h13 | $R_a 25$ $R_a 12,5$ |

| Поверхня деталі | Креслярські вимоги до поверхні | | Параметри поверхні після обробки | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------|---|-------------------------|--|
| | Точність | Шорсткість Ra | Технологічні переходи (операції) | Точність | Шорсткість Ra |
| | | | Точення чистове Точення тонке (алмазне) | h10 h8 | R _a 3,2 R _a 0,8 |
| Ø12H9 (2 отв.) | Ø12 ^{+0,043} | R _a 1,6 | Заготівля Свердління Зенкерування Розгортання | H14 H12 H10 H8 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 R _a 1,6 |
| Ø10H9 | Ø10 ^{+0,036} | R _a 1,6 | Заготівля Свердління Зенкерування Розгортання | H14 H12 H10 H8 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 R _a 1,6 |
| 48H9 | 48 ^{+0,062} | R _a 1,6 | Заготівля Фрезерування чорнове Фрезерування чистове | H14 H13 H9 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 1,6 |
| Ø16,5H11 | Ø16,5 ^{+0,11} | R _a 0,8 | Заготівля Свердління Розточування чистове | H14 H12 H9 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 0,8 |
| 6,2H12 | 6,2 ^{+0,15} | R _a 0,8 | Заготівля Чорнове точення Чистове точення | H14 H13 H10 | R _a 25 R _a 6,3 R _a 0,8 |
| Ø17,8 ^{+0,3} | Ø17,8 ^{+0,3} | R _a 0,8 | Заготівля Свердління Розточування чистове | H14 H12 H9 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 0,8 |
| Ø16,3 ^{+0,5} | Ø16,3 ^{+0,5} | R _a 3,2 | Заготівля Свердління Розточування чистове | H14 H12 H9 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| Ø11 ^{+0,5} | Ø11 ^{+0,5} | R _a 1,6 | Заготівля Свердління Розточування чистове | H14 H12 H9 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 1,6 |
| MR16×1,5-5H6H | MR16×1,5-5H6H | R _a 3,2 | Заготівля Свердління Нарізання різьблення | H14 H12 H6 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| 78h14 | 78 _{-0,74} | R _a 3,2 | Заготівля Фрезерування чорнове Фрезерування чистове | h14 h13 h10 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| 6×45°h14 | 6±0,3×45°±1° | R _a 3,2 | Заготівля Фрезерування | h14 h13 | R _a 25 R _a 12,5 |

| Поверхня деталі | Креслярські вимоги до поверхні | | Параметри поверхні після обробки | | |
|--|--|--------------------|---|-------------------|--|
| | Точність | Шорсткість Ra | Технологічні переходи (операції) | Точність | Шорсткість Ra |
| | | | чорнове Фрезерування чистове | h10 | R _a 3,2 |
| 22±0,5 | 22±0,5 | R _a 3,2 | Заготівля Фрезерування чорнове Фрезерування чистове | h14 h13 h10 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| R11h14 | R11±0,5 | R _a 3,2 | Заготівля Фрезерування чорнове Фрезерування чистове | h14 h13 h10 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| R36 ⁺¹ _{-0,3} | R36 ⁺¹ _{-0,3} | R _a 3,2 | Заготівля Фрезерування чорнове Фрезерування чистове | h14 h13 h10 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| Сфера R57 ^{+0,3} _{-0,6} | Сфера R57 ^{+0,3} _{-0,6} | R _a 3,2 | Заготівля Точення чорнове Точення чистове | H14 H13 H10 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| Ø111h14 | Ø111 _{-0,84} | R _a 3,2 | Заготівля Фрезерування одноразове | h14 h12 | R _a 25 R _a 3,2 |
| Ø98±1 | Ø98±1 | R _a 3,2 | Заготівля Фрезерування чорнове Фрезерування чистове | h14 h13 h10 | R _a 25 R _a 12,5 R _a 3,2 |
| Ø1,8H14 | Ø1,8 ^{+0,25} | R _a 3,2 | Заготівля Свердління | H14 H12 | R _a 25 R _a 3,2 |

Відповідно до прийнятого плану обробки складаємо маршрутний технологічний процес та оформляємо маршрутні карти, відповідно до ГОСТ 3.1105-74 (див. додаток А, Б).

Прийняте обладнання заносимо до відповідних граф маршрутної карти.

2.5.3 Обґрунтування прийнятого обладнання

З урахуванням типу виробництва (дрібносерійне) та складності деталей, що виготовляються, приймаємо верстати з ЧПУ та оброблювані центри, що дозволяють виконувати комплексну обробку фасонних поверхонь деталей, отримувати високу продуктивність праці та легко переналагоджуються.

Головка є деталь класу "Не круглі стрижні" масою 1,77 кг. Заготівля отримана штампуванням на горизонтально-кувальних машинах. Поверхні заготівлі обробляють попередньо, а потім використовують як базові поверхні.

Вирішальними факторами при виборі обладнання є забезпечення заданої точності та якості поверхонь, що обробляються при максимальній продуктивності праці, габаритні розміри оброблюваних деталей і можливість автоматизації обробки.

Верстати вибираємо за каталогами із зазначенням у маршрутному технологічному процесі типу та моделі.

Застосування спеціальних верстатів доцільно, так як головка досить складна по конфігурації деталей, виготовляється з матеріалу високої міцності (оброблюваність титанових сплавів характеризується їхньою малою пластичністю, високою хімічною активністю при різанні, низькою теплопровідністю) і є деталями відповідальної частини літака.

Прийняте обладнання заносимо до відповідних граф маршрутної карти маршрутного технологічного процесу.

2.5.4 Вибір та обґрунтування технологічних та вимірювальних баз

На основі аналізу технічних вимог до деталі та умов її експлуатації виявляємо технологічні бази для всіх запропонованих операцій її обробки.

Вибір баз для подальшої обробки, ґрунтується на тому, що найбільша точність обробки досягається при використанні на всіх операціях механічної

обробки одних і тих самих базових поверхонь, тобто дотримання принципу сталості баз.

Відповідно до рекомендацій приймаємо наступні технологічні бази для обробки головки:

на першій операції проводимо обробку торця та зовнішньої циліндричної поверхні головки, які надалі будуть використовуватися як настановні бази у спеціальному пристосуванні при обробці отворів на фрезерно-свердлильних операціях (обробка плоских, радіусних, фасонних поверхонь, обробка отворів);

на наступних токарних операціях як настановні бази використовуються отвори, отримані на попередніх операціях (установка здійснюється у спеціальному пристосуванні).

2.5.5 Визначення операційних припусків на обробку

Загальні припуски на обробку кожної поверхні приймаємо за ГОСТ 26645-85, які вказані на кресленні заготовки.

Для найточнішої робочої поверхні головки $\varnothing 128f7 \begin{matrix} (-0,043 \\ -0,083) \end{matrix}$ виконуємо розрахунок операційних припусків та допусків розрахунково-аналітичним методом.

Для отримання поверхні на токарному верстаті з ЧПУ із зазначеним допуском $T=0,04$ мм і шорсткістю $R_a=0,8$ мкм приймаємо наступний план обробки поверхні [3]:

1-й перехід – точення чорнове з допуском $T_1=1,0$ мм та шорсткістю поверхні $R_z=80$ ($R_a=12,5$);

2-й перехід – точення чистове з допуском $T_2=0,16$ мм та шорсткістю поверхні $R_z=20$ ($R_a=3,2$);

3-й перехід – точення тонке (алмазне) з допуском $T_3=0,04$ мм та шорсткістю поверхні $R_a=0,8$.

Розрахунок мінімальних припусків провадиться за формулою:

$$2Z_{i \min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2}], \quad (2.2)$$

Метод отримання заготівлі – поковка, отримана штампуванням, то для першого переходу (при масі поковки 6,21 кг [3] $R_{z \text{ заг.}} = 200$ мкм, $h_{\text{заг.}} = 250$ мкм).

Для визначення $\Delta_{z \text{ заг.}}$ знаходимо за таблицею довідника [3] $\Delta_k = 1,6$ мкм на 1 мм довжини поковки. При довжині поковки $L = 162$ мм $\Delta_k = 1,6 \cdot 162 = 260$ мкм.

Відхилення від співвісності (Δ_c) елементів заготівлі нормальної точності [3] приймаємо $\Delta_c = 1,1$ мм = 1100 мкм.

Сумарні відхилення розташування та форми поверхні

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг.}} = \sqrt{260^2 + 1000^2} = 1033 \text{ мкм.}$$

Установку одиничної штампованої заготовки припускаємо у спеціальному пристрої. Тому похибка установки для радіального спрямування приймаємо

$$\varepsilon_{\text{чорн. обр.}} = 200 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск при чорновому точенні

$$2Z_{1 \min} = 2[(80 + 250) + \sqrt{1033^2 + 200^2}] = 3004 \text{ мкм.}$$

Приймаємо мінімальний припуск на чорнове точення

$$2Z_{1 \min} = 3000 \text{ мкм.}$$

Для другого переходу приймаємо прийняту у першому переході шорсткість $R_{z1} = 80$ мкм. З таблиці довідника [3] приймаємо глибину дефектної кулі після першого переходу (операції) $h_1 = 100$ мкм.

Розраховуємо похибку розташування та форми поверхні після першого переходу.

Коефіцієнт K_y приймаємо із таблиці довідника [3]

$$\Delta_{\Sigma 1} = 1033 \cdot 0,06 = 62 \text{ мкм.}$$

Встановлення заготовки на другому переході при чистовому точенні припускаємо аналогічно попереднього переходу. З таблиці довідника [3] похибка установки для радіального спрямування

$$\varepsilon_2 = 200 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на чистове точення:

$$2Z_{2\min} = 2[(20+100) + \sqrt{62^2 + 200^2}] = 779 \text{ мкм.}$$

Приймаємо мінімальний припуск на чистове точення $2Z_{2\min} = 800$ мкм.

Для третього переходу приймаємо прийняту у другому переході шорсткість $Rz_2 = 20$ мкм. З таблиці довідника [3] приймаємо глибину дефектної кулі після другого переходу $h_2 = 25$ мкм.

Похибка розташування та форми поверхні після другого переходу розраховується аналогічно попереднім переходам з коефіцієнтом $K_y = 0,04$

$$\Delta_{\Sigma 2} = 1033 \cdot 0,04 = 41,32 \text{ мкм.}$$

Установку заготовки третьому переході при тонкому (алмазному) точенні припускаємо аналогічно попередніх переходів. З таблиці довідника [3] похибка установки для радіального спрямування

$$\varepsilon_2 = 200 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на тонке (алмазне) точення:

$$2Z_{3\min} = 2[(20+25) + \sqrt{41^2 + 200^2}] = 498 \text{ мкм.}$$

Приймаємо мінімальний припуск на тонке (алмазне) точення $2Z_{1\min} = 500$ мкм.

Розрахунок максимальних припусків виконуємо за такою формулою:

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + T_{d(i-1)} - T_{di}, \quad (2.3)$$

де $T_{d(i-1)}$, T_{di} - допуски розмірів на попередньому та виконавчому переходах.

$$2Z_{1\max} = 3000 + 4000 - 1000 = 6000 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{2\max}=800+1000-160=1640 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{3\max}=500+160-40=620 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.7 – Операційні припуски та допуски при обробці головки на поверхню $\varnothing 128f7 \begin{pmatrix} -0,043 \\ -0,083 \end{pmatrix}$.

| Технологічні операції (переходи) обробки | Допуск Т, мкм | Елементи припуску мкм | | | | Значення припусків, мкм | | Граничні розміри, мм | |
|--|---------------|-----------------------|-----|-------------------|-------|-------------------------|---------|----------------------|--------|
| | | Rz | h | Δ_{Σ} | E_y | 2Zi min | 2Zi max | max | min |
| Заготовка | 4000 | 200 | 250 | 1030 | - | - | - | 136,217 | 132,21 |
| Чорнове точення | 1000 | 80 | 100 | 62 | 200 | 3000 | 6000 | 130,217 | 129,21 |
| Чистове точення | 160 | 20 | 25 | 42 | 200 | 800 | 1640 | 128,577 | 128,41 |
| Тонке (алмазне) точення | 40 | 0,8 | - | - | - | 500 | 620 | 127,957 | 127,91 |
| Загальні припуски | | | | | | 4300 | 8260 | | |

Схема розташування операційних припусків та допусків на найточнішу поверхню головки представлена на рисунку 2.4.

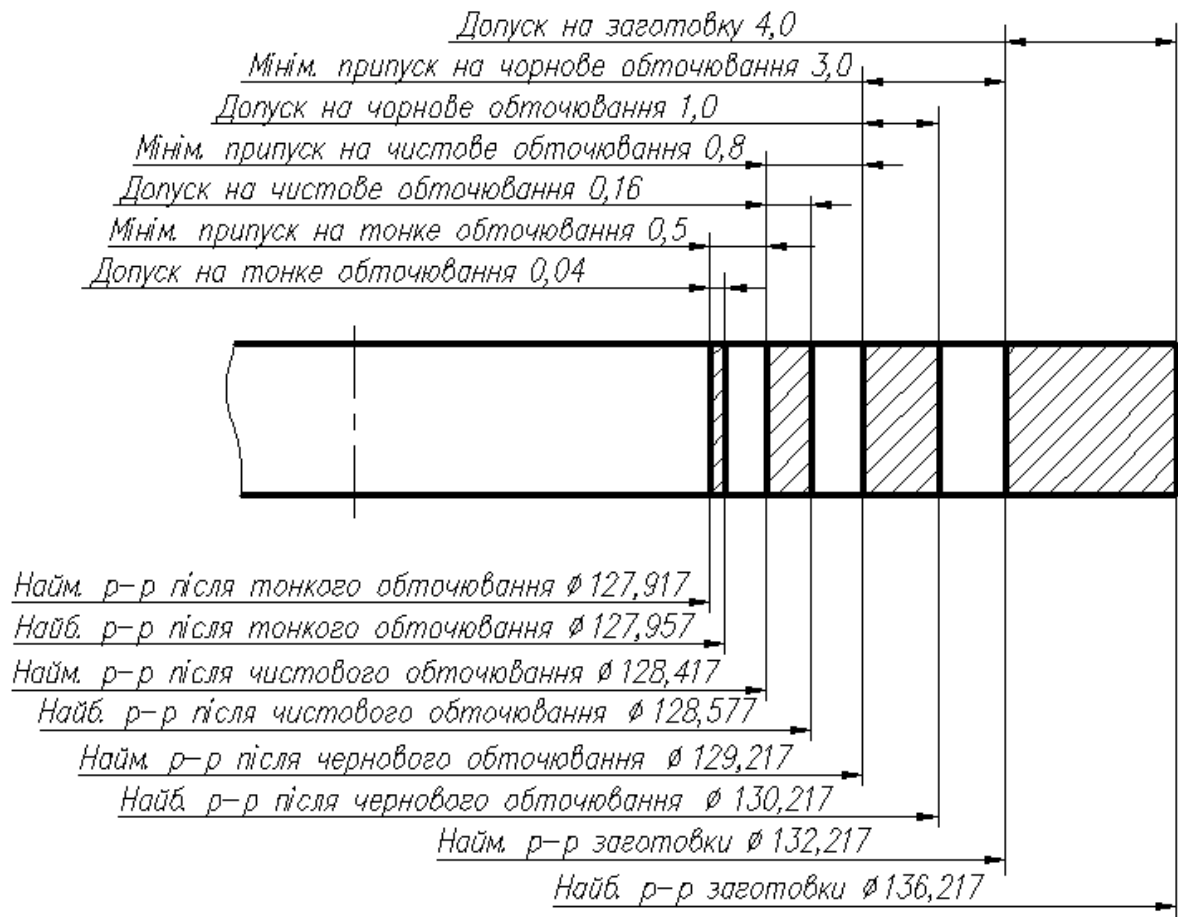


Рисунок 2.4. Схема розташування припусків та допусків при обробці поверхні головки $\phi 128f7 \begin{pmatrix} -0,043 \\ -0,083 \end{pmatrix}$.

2.6 Проектування операційного технологічного процесу

На підставі прийнятих маршрутних технологічних процесів обробки голівки, розробляємо операційні технологічні процеси[4], на кожен етап переходів (див. додаток А, Б).

Операційні карти заповнюються за всіма графами бланків, встановлених системою технічної документації.

Операційні ескізи виконані у довільному масштабі. Кількість проєкцій обумовлюється необхідністю показу всіх поверхонь і операційних розмірів, що обробляються, тобто. щоб мати повне уявлення про оброблювану деталь.

Деталь на операційному ескізі викреслено в робочому положенні, яке вона займає на верстаті, і в тому вигляді, який вона має після обробки

конкретної операції. Базування та закріплення деталі у пристосуванні є умовними позначеннями згідно з ГОСТ 3.1107-81.

Оброблювані поверхні вказані потовщеними лініями. На операційному ескізі вказуються розміри з допусками і шорсткістю поверхні.

Враховуючи можливі деформації в результаті перерозподілу внутрішньої напруги, спочатку обробляємо поверхні, до яких не пред'являються жорсткі вимоги щодо точності, а потім більш точні поверхні.

Операційні карти та карти ескізів з повною інформацією про технологічний процес знаходяться у додатку А, Б.

2.7 Вибір пристроїв, різальних інструментів та засобів технічного контролю

2.7.1 Вибір пристроїв та допоміжних інструментів

Вибір пристроїв та допоміжних інструментів проводиться по кожній операції окремо. Пристрій повинен забезпечувати необхідну точність обробки, високу продуктивність, безпеку та економічність. Так як на заводі є розгалужена система стисненого повітря, то при обробці використовуємо пневматичні пристрої.

При обробці деталей на токарних верстатах із ЧПУ застосовуємо стандартні та спеціальні трикулачкові патрони[5;6].

Вони забезпечують надійне закріплення деталі, достатню точність закріплення деталі, достатню точність положення, швидкодію при закріпленні та знятті деталі. З використанням цих пристроїв зменшується собівартість виготовлення деталей.

При фрезерно-свердлильних операціях головки застосовуються спеціальні одномісні пристрої, що дозволяє досягти найбільшої продуктивності та економічності, безпеки праці, а також зручності в роботі.

На слюсарних операціях застосовуємо універсальні лещата з механічним затиском, тому що їх застосування на цих операціях не вимагає високої точності обробки.

Після вибору необхідних пристроїв у відповідних графах операційних карток вказуємо їх найменування.

2.7.2 Вибір різальних інструментів

Вибір ріжучих інструментів здійснювався з урахуванням характеру виробництва, методу обробки, типу верстата, конфігурації, розмірів, матеріалу заготовки, що обробляється, необхідних якості поверхні і точності обробки.

Залежно від виду обробки в проектованому технологічному процесі застосовується стандартний різальний інструмент:

для чорнової та чистової обробки циліндричних поверхонь головки та циліндра застосовуються різці з пластинами з твердого сплаву ВК8;

для свердління, зенкерування та розгортання отворів – інструменти із швидкорізальної сталі Р9М4К8, призначені для обробки високоміцних сплавів в умовах підвищеного нагріву;

для фрезерування лисок і пазів у циліндрі застосовуються фрези з твердого сплаву ВК8 та швидкорізальної сталі Р9М4К8;

для нарізування різьблення в отворі різка головки використовуються мітчики чорнової та чистової зі сталі Р6М5К5;

для нарізування зовнішньої різьби циліндра різьбовий різець із пластиною з твердого сплаву ВК8;

для точення фасок та радіусів застосовуються спеціально розроблені та переточені різці з пластинами з твердого сплаву ВК8;

для притуплення гострих кромки та зняття задирок застосовуються надфель і шабер.

Оскільки умови експлуатації інструменту на верстатах із ЧПУ відрізняються від умов експлуатації інструменту на звичайних верстатах, то питома вага часу різання від загального часу роботи зростає до 45-75%. Це знижує стійкість і збільшує витрати ріжучого інструменту, тому, враховуючи

умови експлуатації при виборі ріжучих інструментів, необхідно керуватися таким:

для токарної обробки використовувати різці з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних швидкозмінних пластин із твердого сплаву. У конструкціях прохідних різців використовуються чотиригранні пластини з головним кутом у плані 45° ;

для фрезерування уступу, плоских і фасонних поверхонь головки використовувати фрези з швидкозмінними пластинами з твердого сплаву фірми, що не переточуються. MITSUBISHI.

Прийняті різальні та допоміжні інструменти для кожної операції вказані в технологічному процесі, що додається (додаток А, Б).

2.7.3 Вибір засобів технічного контролю

При проектуванні даного технологічного процесу стосовно засобів технологічного контролю враховуються такі правила. Оскільки основна частина операцій виконується на верстатах з програмним управлінням, то точність розмірів забезпечується технологічно, без засобів контролю, особливо це стосується розмірів, які не можуть бути виміряні. Якщо без засобів технологічного контролю обійтися неможливо, застосовуються засоби активного контролю для того, щоб виключити або скоротити до мінімуму час на технічні вимірювання. Для вимірювання діаметрів зовнішніх поверхонь, отворів та довжин застосовуються універсальні інструменти та прилади до яких відносяться: штангенінструменти, вимірювальні голівки, мікрометричні інструменти, важелі скоби та пробки.

2.8 Вибір та розрахунок режимів обробки

Визначимо для однієї операції обробки головки режими різання аналітичним шляхом, а для інших операцій визначимо режими різання, використовуючи довідкові таблиці[7;8].

Аналітичний розрахунок режимів різання виконаємо на обробку поверхні головки $\varnothing 128f7 \begin{pmatrix} -0,043 \\ -0,083 \end{pmatrix}$ мм. Технологічний процес обробки поверхні включає: обточування чорнове, обточування чистове та обточування тонке (алмазне).

Обладнання, що застосовується - токарний верстат з ЧПУ моделі MDW-10F, ріжучий інструмент - різець прохідний відігнутий з пластиною з твердого сплаву ВК8 з головним кутом в плані 45° і механічним кріпленням.

Швидкість різання (м/хв) знаходимо за формулою [3]

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (2.4)$$

де $T = 30$ хв стійкість різця;

t - глибина різання, мм;

S - подання, мм/об.

При чорновому точенні зовнішньої поверхні заготовки глибина різання $t=3,0$ мм; величина подачі $S=0,3$ мм/об (Том 2 табл. 24 стор. 375[3]).

Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо за довідником [3]

$C_v = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (2.5)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{nv} – коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготівлі,

$K_{nv} = 0,8$;

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту,

$K_{iv} = 0,83$.

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.6)$$

де K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності,

$K_r = 1$;

n_v – показник ступеня, $n_v = 1,0$;

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{1274} \right)^1 = 0,59; .$$

$$K_v = 0,59 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,39$$

Тоді

$$V_p = \frac{243}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,3^{0,4}} \cdot 0,39 = 70,8 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя верстата, об/хв [3]

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (2.7)$$

де D - діаметр оброблюваної поверхні, мм.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 70,8}{3,14 \cdot 128} = 176 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{np} = 180 \text{ об/хв.}$

За прийнятою частотою обертання робимо корекцію швидкості обертання

$$V_{кор} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 180}{1000} = 72 \text{ м/хв.}$$

Силу різання визначаємо за формулою [3]

$$P = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.8)$$

де C_p ; x ; y ; n – коефіцієнт та показники ступеня, прийняті за довідником [3].

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 72^{-0,15} \cdot 1,7 = 2175 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначаємо за формулою [3]

$$N = \frac{P \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт.} \quad (2.9)$$

де P - сила різання, Н.

$$N = \frac{2175 \cdot 72}{1020 \cdot 60} = 2,56 \text{ кВт}$$

Потужність приводу верстата є достатньою для роботи з обраними режимами різання.

Визначаємо режими різання при чистовому точенні.

Глибина резання $t=0,7$ мм; подання $S=0,18$ мм/об

$$V_p = \frac{243}{30^{0,2} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 0,18^{0,4}} \cdot 0,39 = 100,5 \text{ м/хв.}$$

Частота вращення шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 100,5}{3,14 \cdot 128} = 250,05 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{пр}} = 250 \text{ об/хв.}$

За прийнятою частотою обертання робимо корекцію швидкості обертання

$$V_{\text{кор}} = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 250}{1000} = 100 \text{ м/хв.}$$

Сила різання

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 0,7^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 100^{-0,15} \cdot 1,7 = 493,6 \text{ Н.}$$

Потужність різання

$$N = \frac{493,6 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,8 \text{ кВт}$$

Потужність приводу верстата цілком достатня для роботи з вибраними режимами різання.

Визначаємо режими різання при тонкому (алмазному) точенні.

Глибина різання $t=0,25 \text{ мм}$; подання $S=0,03 \text{ мм/об}$

$$V_P = \frac{243}{30^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,03^{0,4}} \cdot 0,39 = 241,1 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 241,1}{3,14 \cdot 128} = 599,87 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{пр}} = 600 \text{ об/хв.}$

За прийнятою частотою обертання робимо корекцію швидкості обертання

$$V_{\text{кор}} = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 600}{1000} = 241,15 \text{ м/хв.}$$

Сила різання

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^1 \cdot 0,03^{0,75} \cdot 241,15^{-0,15} \cdot 1,7 = 40,3 \text{ Н.}$$

Потужність різання

$$N = \frac{40,3 \cdot 241,15}{1020 \cdot 60} = 0,16 \text{ кВт}$$

Потужність приводу верстата є достатньою для роботи з обраними режимами різання.

На решту операцій режими обробки вибираємо за довідником [7; 8] та заносимо в операційні картки.

Результати вибору режимів різання на інші операції зведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 Зведена відомість режимів обробки головки

| Номер | | Найменування операції та переходу | Режими обробки | | | | | | |
|----------|----------|---|----------------|-------|-------|---|----------|---------|----------|
| Операції | Переходу | | D (B), мм | L, мм | t, мм | i | S, мм/об | V, м/хв | n, об/хв |
| 010 | | Токарна | | | | | | | |
| | 1 | Чорнове підрізання торця | 135,8 | 70 | 3,0 | 1 | 0,25 | 78,9 | 185 |
| | 2 | Чорнове точення зовнішньої поверхні (Ø128) | 135,8 | 28 | 2,65 | 1 | 0,12 | 59,96 | 140,62 |
| 035 | | Фрезерно-свердлильна | | | | | | | |
| | 1 | Чорнове фрезерування плоскої, конусної, радіусної поверхонь | – | – | 2,0 | 1 | 1,5 | 40 | 318,47 |
| | | Чистове фрезерування плоскої, конусної, радіусної поверхонь | – | – | 0,9 | 1 | 0,14 | 55 | 437,9 |
| | 2 | Чорнове фрезерування уступу (р-р 47) | 96 | 36 | 2,0 | 1 | 0,35 | 52 | 414 |
| | | Чистове фрезерування уступу (р-р 47) | 96 | 36 | 0,9 | 1 | 0,14 | 70 | 557,3 |
| | 3 | Центрування 2-х отворів | - | - | - | 1 | 0,09 | 20,4 | 500 |
| | 4 | Свердління 2-х отворів | 11 | 16 | 5,5 | 1 | 0,09 | 13,7 | 370 |
| | 5 | Зенкерування 1-го отвору | 11,8 | 16 | 0,4 | 1 | 0,11 | 8,4 | 225 |
| | 6 | Розгортання 1-го отвору | 12 | 16 | 0,1 | 1 | 0,11 | 8,6 | 225 |
| | 7 | Розфрезерування 1-го отвору | 37 | 16 | 13 | 1 | 0,12 | 50 | 497,6 |
| 040 | | Фрезерно-свердлильна | | | | | | | |
| | 1 | Фрезерування радіусу | R8 | – | – | 1 | 0,12 | 40 | 636,9 |

| Номер | | Найменування операції та переходу | Режими обробки | | | | | | |
|----------|-----------------------------|---|----------------|-------|-------|---|----------|---------|----------|
| Операції | Переходу | | D (B), мм | L, мм | t, мм | i | S, мм/об | V, м/хв | n, об/хв |
| | 2 | Фрезерування різка (р-р 22) | 22 | 22 | 2,8 | 1 | 0,14 | 50 | 398,1 |
| 045 | Фрезерно-свердлильна | | | | | | | | |
| | 1 | Чорнове фрезерування плоскої, радіусної поверхонь | 40 | – | 2,0 | 1 | 1,5 | 40 | 318,47 |
| | | Чистове фрезерування плоскої, конусної, радіусної поверхонь та уступу | 40 | – | 0,9 | 1 | 0,14 | 55 | 437,9 |
| | 2 | Фрезерування верхнього ухилу | 20 | – | 2,0 | 1 | 0,15 | 45 | 716,6 |
| | 3 | Центрування 2-х отворів | - | - | - | 1 | 0,09 | 20,4 | 500 |
| | 4 | Свердління 2-х отворів | 11 | 16 | 5,5 | 1 | 0,15 | 16,8 | 485,5 |
| | 5 | Зенкерування 1-го отвору | 11,8 | 16 | 0,4 | 1 | 0,2 | 6,7 | 180,8 |
| | 6 | Розгортання 1-го отвору | 12 | 16 | 0,1 | 1 | 0,1 | 4,0 | 106,2 |
| | 7 | Розфрезерування 1-го отвору | 37 | 16 | 13 | 1 | 0,12 | 50 | 497,6 |
| 055 | Токарна | | | | | | | | |
| | 1 | Чорнове підрізання правого торця | 130,5 | 70 | 4,0 | 1 | 0,25 | 78,9 | 192,55 |
| | | Чистове підрізання правого торця | 130,5 | 70 | 1,0 | 1 | 0,12 | 86,8 | 211,83 |
| | | Чистове точення зовнішньої циліндричної поверхні | 128,4 | 28 | 0,8 | 1 | 0,12 | 87,4 | 216,78 |
| | | Тонке (алмазне) точення зовнішньої циліндричної поверхні | 128 | 28 | 0,2 | 1 | 0,09 | 98,76 | 245,7 |
| | 2 | Чорнове точення сферичної поверхні | R57 | – | – | 1 | 0,25 | 67,2 | 164 |
| | | Чистове точення сферичної поверхні | R57 | – | – | 1 | 0,12 | 92,4 | 258,13 |
| | 3 | Чорнове підрізання лівого торця | 128 | – | 4,0 | 1 | 0,25 | 78,9 | 192,55 |
| | | Чистове підрізання лівого торця | 128 | – | 1,0 | 1 | 0,12 | 86,8 | 211,83 |

| Номер | | Найменування операції та переходу | Режими обробки | | | | | | |
|----------|---|--------------------------------------|----------------|-------|-------|---|----------|---------|----------|
| Операції | Переходу | | D (B), мм | L, мм | t, мм | i | S, мм/об | V, м/хв | n, об/хв |
| | 4 | Точення канавок | 120 | 6,2 | 4,0 | 1 | 0,12 | 83,25 | 220,94 |
| 060 | Токарна | | | | | | | | |
| | 1 | Підрізання торця ріжка | 22 | 22 | 0,5 | 1 | 0,18 | 78,5 | 1136,4 |
| | 2 | Свердління отвору в ріжку | 9,0 | 34 | 4,5 | 1 | 0,09 | 12 | 375 |
| | 3 | Зенкерування отвору в ріжку | 9,8 | 34 | 0,4 | 1 | 0,35 | 9,22 | 300 |
| | 4 | Розгортання отвору в ріжку | 10 | 34 | 0,1 | 1 | 0,56 | 6,8 | 216,6 |
| | 4 | Чорнове розточування отвору в ріжку | 16,5 | 4 | 3,0 | 1 | 0,15 | 92 | 1776 |
| | | Чистове розточування отвору в ріжку | 16,5 | 4 | 0,25 | 1 | 0,1 | 100 | 1930 |
| | 5 | Нарізання різьблення у ріжку | M16×1,5 | 18 | – | 1 | 0,18 | 12 | 238,9 |
| | 6 | Чорнове розточування отвору в ріжку | 16,3 | 3 | 2,9 | 1 | 0,15 | 92 | 1776 |
| | | Чистове розточування отвору в ріжку | 16,3 | 3 | 0,25 | 1 | 0,1 | 100 | 1930 |
| | 7 | Розточування отвору в ріжку | 11 | 9 | 0,5 | 1 | 0,12 | 85 | 2460,9 |
| 065 | Свердлильна | | | | | | | | |
| | 1 | Свердління 2-х контровочних отворів | 1,8 | 5 | 0,9 | 1 | 0,015 | 18 | 2857 |
| 095 | Фрезерно-свердлильно-розточувальна | | | | | | | | |
| | 1 | Фрезерування занижень у уступі | – | 78 | 0,5 | 1 | 0,32 | 30,75 | 195 |
| | 2 | Розточування отвору під розкочування | 39,99 | 16 | 0,995 | 1 | 0,25 | 84 | 743 |
| | 3 | Розкочування отвору | 40 | 16 | 0,02 | 1 | 0,1 | 25 | 180 |

2.9 Технічне нормування технологічного процесу

Норма штучного часу визначається [3] за формулою:

$$T_{шт.} = (T_{ц.а} + T_B \cdot k_{цд}) \cdot \left(1 + \frac{T_{ТЕХ} + T_{ОРГ} + T_{Н.П.}}{100} \right), \quad (2.10)$$

где $T_{ц.а}$ – час циклу автоматичної роботи за програмою, хв.

$$T_{ц.а} = T_O + T_{MB} \quad (2.11)$$

T_O – основний технологічний час на обробку однієї деталі, хв.

$$T_O = \frac{L_p}{S_M} \cdot i, \quad (2.12)$$

де L_p – довжина шляху, пройдена інструментом або деталлю у напрямку подачі при обробці i -тої технологічної ділянки (з урахуванням врізання та перебігу), мм;

S_M – хвилинна подача на даній операції, мм/хв.;

T_{MB} – машинно-допоміжний час при роботі верстата по УП (на підведення деталі або інструменту від початкових точок до зон обробки та їх виведення, встановлення інструменту на розмір, зміна інструменту, зміна величини наряду подачі, час технологічних пауз (зупинок) тощо, хв;

T_B – допоміжний час, хв.

$$T_B = T_{B.V} + T_{B.ОП} + T_{B.ИЗМ}, \quad (2.13)$$

де $T_{B.V}$ – час на встановлення та зняття деталі вручну або підйомником, хв;

$T_{B.ОП}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією (який не увійшов до УП), хв;

$T_{B.ИЗМ}$ – допоміжний час, що не перекривається, на вимірювання, хв.

$T_{ТЕХ}$ – час технічного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{ОРГ}$ – час організаційного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{Н.П.}$ – час перерв.

Розрахуємо норму часу для токарної операції, що виконується на токарному верстаті з ЧПК (операція 070).

Для першого переходу:

$$T_{O \text{ черн.}} = \frac{68}{0,25 \cdot 200} = 1,36 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на встановлення деталі $T_{уст} = 1,5$ хв.

$$T_{MB} = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{о \text{ чист.}} = \frac{68}{0,07 \cdot 220} = 4,42 \text{ хв.}$$

$$T_{MB} = 0,06 \text{ хв.}$$

$$T_{Ц.А} = 1,36 + 0,1 + 4,42 + 0,06 = 5,94 \text{ хв}$$

Для другого переходу:

$$T_{о \text{ чист.}} = \frac{8,5}{0,07 \cdot 220} = 0,55 \text{ хв.}$$

$$T_{MB} = 0,06 \text{ хв.}$$

$$T_{В.ИЗМ} = 0,14 \text{ хв.}$$

$$T_{Ц.А} = 0,55 + 0,06 = 0,61 \text{ хв.}$$

Для третьего переходу:

$$T_{о} = \frac{3,14 \cdot 57}{0,06 \cdot 180} = 8,29 \text{ хв.}$$

$$T_{MB} = 0,08 \text{ хв.}$$

$$T_{Ц.А} = 8,29 + 0,08 = 8,37 \text{ хв}$$

Для четвертого переходу:

$$T_{о \text{ чист.}} = \frac{28}{0,07 \cdot 220} = 1,82 \text{ хв;}$$

$$T_{о \text{ тонк. точ.}} = \frac{28}{0,06 \cdot 250} = 1,87 \text{ хв;}$$

$$T_{MB} = 0,1 \times 3 = 0,3 \text{ хв;}$$

$$T_{В.ИЗМ} = 0,14 \times 2 = 0,28 \text{ хв.}$$

$$T_{Ц.А} = 1,82 + 1,87 + 0,3 = 3,99 \text{ хв.}$$

Для пятого переходу:

$$T_{о} = \frac{4}{0,144 \cdot 280} \cdot 2 = 0,02 \text{ хв;}$$

$$T_{MB} = 0,01 + 0,04 + 0,01 = 0,06 \text{ хв;}$$

$$T_{В.ИЗМ} = 0,14 \times 2 = 0,28 \text{ хв;}$$

$$T_{В.ИЗМ} = 0,1 \times 3 = 0,3 \text{ хв.}$$

$$T_{ц.А} = 0,02 + 0,06 = 0,08 \text{ хв.}$$

$$\sum T_{ц.А} = 5,94 + 0,61 + 8,37 + 3,99 + 0,08 = 18,99 \text{ хв.}$$

$$T_{в.оп} = 0,32 + 0,15 = 0,47 \text{ хв.}$$

$$T_B = 1,5 + 0,14 + 0,28 + 0,28 + 0,3 + 0,47 = 2,97 \text{ хв.}$$

$$T_{оп} = 18,99 + 2,97 = 21,96 \text{ хв.}$$

$$T_{тех} = 0,06 \cdot T_{оп} = 0,06 \cdot 21,96 = 1,32 \text{ хв.};$$

$$T_{орг} = 0,08 \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 21,96 = 1,76 \text{ хв.};$$

$$T_{н.п} = 0,025 \cdot T_{оп} = 0,025 \cdot 21,96 = 0,55 \text{ хв.}$$

$$K_d = 1,32.$$

$$T_{шт.} = (18,99 + 2,97 \cdot 1,32) \cdot \left(1 + \frac{1,32 + 1,76 + 0,55}{100}\right) = 23,74 \text{ хв.}$$

Норми часу виконання інших операцій представлені у зведених відомості норм часу за операціями (таблиця 2.9)

Таблиця 2.9 – Зведена відомість норм часу щодо операцій для деталі „ГОЛОВКА”, хв.

| № опе р. | Найменування операції | T _о | T _в | T _{оп} | T _{тех} | T _{орг} | T _{н.п} | T _{шт} |
|----------|--|----------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 010 | Токарна | 4,57 | 6,35 | 10,92 | 0,66 | 0,87 | 0,27 | 12,72 |
| 035 | Фрезерно-свердлильна з ЧПУ | 142,78 | 11,34 | 154,12 | 9,25 | 12,33 | 3,85 | 197,87 |
| 040 | Фрезерно-свердлильна з ЧПУ | 3,82 | 6,76 | 10,58 | 0,63 | 0,85 | 0,26 | 12,96 |
| 045 | Фрезерно-свердлильна з ЧПУ | 127,36 | 10,48 | 137,84 | 8,27 | 11,03 | 3,45 | 173,31 |
| 055 | Токарна з ЧПУ | 18,99 | 2,97 | 21,96 | 1,32 | 1,76 | 0,55 | 23,74 |
| 060 | Токарна з ЧПУ | 28,47 | 12,18 | 40,65 | 2,44 | 3,25 | 1,02 | 47,54 |
| 065 | Свердлильна | 1,92 | 4,86 | 6,78 | 0,41 | 0,54 | 0,17 | 7,9 |
| 095 | Фрезерно-свердлильно-розточувальна з ЧПУ | 42,63 | 14,52 | 57,15 | 3,43 | 4,57 | 1,43 | 67,63 |
| | Всього: | 370,54 | 69,46 | 440,0 | 26,41 | 35,2 | 11,0 | 543,67 |

3 РОЗДІЛ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

3.1 Постановка задачі теоретичного дослідження

У зв'язку із загальносвітовою тенденцією розвитку металургії на базі вторинної сировини особливого значення набувають титанові відходи. Максимально повне та раціональне використання відходів – один із пріоритетних способів здешевлення титанової продукції, яке, безсумнівно, зміцнить економічні позиції титанової промисловості.[9]

В результаті вартість відходів останнім часом почала наближатися до вартості губчастого титану.

Використання вторинних титанових ресурсів (і насамперед стружки), тобто рециклінг титану є основним джерелом ефективного формування металофонду титану. Виходячи із структури кругообігу титану, джерелами вторинної сировини є: на етапі виробництва титану – оборотний брухт та відходи, на етапі споживання титану – амортизаційний брухт.[10]

Аналіз науково технічної літератури, в якій розглянуті проблеми виробництва титанових сплавів та побічних продуктів і оборотного брухту та відходів, показав наступне.

3.1.1 Технологічні особливості титанових сплавів

Титан (Ti) — хімічний елемент з атомним номером 22, а також відповідна проста речовина — твердий сріблястий метал, точка плавлення 1675 °С, точка кипіння 3262 °С, густина 4540 кг/м³. Він був відкритий наприкінці 18 століття майже одночасно двома вченими, незалежно один від одного - У. Грегором, німецьким хіміком М. Г. Клапротом і надалі отримав свою назву на честь сильних, могутніх персонажів давньогрецької міфології.

За щільністю та питомою теплоємністю Ті займає проміжне місце між залізом та алюмінієм.

Найбільший інтерес він представляє у якості сплаву. Сучасний сплав, що отримується на металургійних заводах, комбінатах, має чудові властивості. Основними якісними показниками титану є його висока міцність, стійкість до екстремальних температур і легкість, як у алюмінію.

Титан, як сталь, мідь, алюміній є досить поширеним у природі металом, але має більш високу вартість. Матеріал досить дорогий через труднощі в процесі його виготовлення та обробки. Матеріал має високу тугоплавкість, тому вимагає більшої кількості енергії при обробці в печах. Крім того, при механічній обробці потрібен спеціальний інструмент (різці верстатів підвищеної міцності, корончасті свердла зі спеціальною фрезою), через високу міцність матеріалу.

Незважаючи на труднощі при обробці, матеріал дуже потрібний у багатьох видах виробництва та промисловості. Використовується в космічній індустрії та оборонній промисловості, виготовленні будматеріалів, предметів побутового призначення, медичних приладах, для виготовлення деталей машин та механізмів.

Розповсюдження

Середній вміст Титану в земній корі (кларк) 0,45 % (за іншими даними — 0,61 % до глибини 16 км). Лише три інших важливих метали — алюміній, залізо та магній — розповсюджені у природі більше ніж титан. Найбільш багаті на титан пегматити гранітів і лужних порід.

На початок ХХІ ст. відомо близько 100 титанових мінералів. До складу ряду мінералів титан входить як домішка.

Головні мінерали титанових руд:

ільменіт (43,7—52,8 % TiO_2)

рутил, анатаз і брукіт (94,2—99,5 %)

лейкоксен (61,9—97,6 %)

лопарит (38,3—41 %)

сфен (33,7—40,8 %)

перовськіт (38,7—57,8 %).

Кількість титану у земній корі в кілька разів перевищує запаси міді, цинку, свинцю, золота, срібла, платини, хрому, вольфраму, ртуті, молібдену, вісмуту, сурми, нікелю та олова разом узятих. Кларк титану в основних вивержених породах становить 20,46 атомних %.

РУТИЛ

Рутил (від лат. *rutilus* - із жовто-червоний, золотисто-червоний) - мінерал класу оксидів, найбільш поширена поліморфна модифікація діоксиду титану TiO_2 (поряд з брукітом та анатазом). Ізоморфні домішки: Cr, Nb, Ta, V, Sn. Різновиди рутила: стрюверит - містить домішка Ta_2O_5 до 47%; ільменорутил - Nb_2O_5 до 42%; нігрін - залізистий рутил.[11]

Рутил - важливий компонент титанових руд, застосовується в електродній та лакофарбовій промисловості. Служить також джерелом вилучення Nb та Ta. З титано-цирконієвих руд розсіпів рутила вилучають гравітаційними методами на сепараторах різних модифікацій, пневматичних столах у чорновий концентрат важких металів, що спрямовується на доведення магнітною та електричною сепарацією; збагаченням на гідравлічних та пневматичних концентраційних столах; флотацією (для дрібнозернистих концентратів).

Флотується олеїноюю кислотою, олеатом натрію, таловим маслом, милонафтом при рН 5,5-6, окисленим петролатумом при рН 3-7,5, алкілсульфатом у кислому середовищі, катіонним збирачем при рН-2. Депресується в середовищі з рН вище 9 содою в поєднанні з рідким склом або крохмалем, глибоким обробленням газоподібним азотом; активується сірчаноокислотною обробкою.

Концентрати рутила піддаються відновлювально-хлоруючого випалу при 970-1270 К (700-1000 °С) у присутності твердого відновника для отримання чотирихлористого титану. [1].

Рутил застосовують у виробництві губчастого титану, пігментного діоксиду титану, титанових сталей та карбідів, а також у керамічній промисловості[12].

У харчовій промисловості відомий за номером E171. Заборона у ЄС. 7 лютого 2022 року в ЄС вступила заборона на використання діоксиду титану (E171) у харчовій промисловості. Перехідний період триватиме 6 місяців. Застосування діоксиду титану у фармацевтичній промисловості поки збережеться через відсутність альтернативних речовин.[13]

Також рутил використовується для виготовлення діоксиду титану.

Діоксиду титану

TiO_2 - амфотерний оксид чотиривалентного титану. Є основним продуктом титанової промисловості (на виробництво чистого титану йде лише близько 5% титанової руди)[14].

Діоксид титану практично не поглинає світло у видимій області спектра, лише переломлює його чи передає. Його використовують при виробництві фарб, косметики та в харчовій промисловості. Для цього більше підходить діоксид титану зі структурою рутила, яка більше стабільна та краще розсіює світло. TiO_2 у формі брукіту знаходить широке застосування в електрохімічних електродах, конденсаторах та сонячних батареях[15]. Кристалічна модифікація анатазу найактивніше застосовується як фотокаталізатор, зокрема для очищення води та повітря, у медицині – для боротьби з пухлинними захворюваннями Діоксид титану у фазі анатазу виявляє високу сенсорну активність на кисень, що робить його затребуваним при виробництві лямбда-зондів автомобільної промисловості.

3.1.2 Технологічний цикл виробництва титанових сплавів та побічних продуктів

Промислове добування титану в основному проводиться з ільменіту (FeTiO_3 31,6 %) і рутилу (TiO_2 60 %). В ільменітах і рутилах присутні ванадій, скандій, тантал і ніобій. Вилучення ільменіту з титаномагнетиту можливе, якщо розмір зерен ільменіту переважає 0,3 мм. Частково титан вилучається з лейкоксену (у лейкоксені по ільменіту 96 %, по сфену 67 % TiO_2), анатазу (поліморфної модифікації TiO_2) і лопариту (Na, Ce TiO_3 (26,6 % Ti). Важливими мінералами є також перовськіт, титаніт, ільменорутил.

В основі технології виробництва титану лежить процес Кроля – отримання титану магнієстермічним відновленням тетрахлориду титану з наступною вакуумною дистиляцією. Частина титану губчастого використовується в якості сировини для виробництва злитків і слябів з титану та титанових сплавів, решта титану губчастого реалізується споживачам в якості товарної продукції.

Технологічна схема виробництва титану включає наступні основні розділи:

- отримання титанового шлаку методом плавки ільменітового концентрату в руднотермічних печах;
- отримання титановмісної шихти;
- отримання технічного тетрахлориду титану;
- ректифікаційна очистка технічного тетрахлориду титану;
- отримання магнію-відновника методом електролізу хлористого магнію;
- відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм з отриманням реакційної маси;
- вакуумна сепарація реакційної маси;
- переробка блоків титану губчастого;
- виплавка титанових злитків і слябів.

Отримання титанового шлаку методом плавки ільменітового концентрату в руднотермічних печах

Виробництво титанового шлаку складається з відновлюваної руднотермічної електроплавці ільменітового концентрату з вмістом TiO_2 не менше 63% спільно з вуглецевих відновником – вугіллям, коксом або антрацитом. Процес плавки ільменітового концентрату і вуглецевого відновника, попередньо подрібненого до розміру шматків не більше 10 мм, проводять в руднотермічних печах при температурі $1650^{\circ}C - 1800^{\circ}C$. Отриманий шлак зливають і після охолодження направляють на підготовку титановмісної шихти. Утворений в результаті плавки метал (чавун з підвищеним вмістом титану) вивозиться на склад для реалізації споживачеві. Газові випаровування з руднотермічних печей направляються на газоочистку.

Отримання титановмісної шихти

Титановмісну шихту отримують методом змішування меленого титанового шлаку, вуглецевого відновника та хлористого натрію. Перед змішуванням титановий шлак і вуглецевий відновник дроблять та мелють. Підготовлена титановмісна шихта передається на ділянку хлорування для виробництва тетрахлориду титану.

Отримання технічного тетрахлориду титану

Тетрахлорид титану технічний утворюється при хлоруванні титановмісної шихти в розплаві солей в сольовому хлораторі та конденсації, що виходить з хлоратора парогазової суміші в системі апаратів конденсації. Процес хлорування титановмісної шихти ведеться в сольовому хлораторі. Газові випаровування з сольового хлоратора направляються на газоочистку.

Сольовий хлоратор – апарат безперервної дії. На поверхню сольового розплаву шнеком з витратного бункера безперервно завантажується титановмісна шихта. Через бічні фурми хлоратора, розташовані в нижній його частині, в розплав подається хлор-газ. З хлоратора виводяться два матеріали – парогазова суміш продуктів хлорування та відпрацьований розплав. Відпрацьований розплав

виводиться з хлоратора періодично та частково, а після охолодження вивозиться на відвальне господарство підприємства. Парогазова суміш виводиться з хлоратора безперервно та надходить в систему апаратів очищення та конденсації технічного тетрахлориду титану. Апарати очищення парогазової суміші: камера пилова, зрошувальний скруббер. Апарати конденсації технічного тетрахлориду титану: два послідовно встановлених зрошувальних конденсатора, де в процесі охолодження відбувається конденсація технічного тетрахлориду титану. Отриманий технічний тетрахлорид титану, після відстоювання, направляється на ділянку ректифікації для очищення.

Ректифікаційне очищення технічного тетрахлориду титану

Технічний тетрахлорид титану підлягає очищенню від ванадію, а також від низько- та висококиплячих домішок. Очищення від ванадію проводиться нижчими хлоридами титану в кубі колони першої дистиляції. Процес ректифікації включає в себе очищення тетрахлориду титану від низькокиплячих домішок – перша ректифікація, та від висококиплячих домішок – друга ректифікація. Процес ведеться в колонах ректифікації при температурі 120°C – 142°C. В процесі ректифікаційного очищення тетрахлориду титану в кубах-випарниках збираються кубові залишки, які періодично виводяться з кубів, випаровуються в електричній печі випарювання пульп і обробляються негашеним вапном. В результаті утворюється кек, який містить ванадій, що реалізуються споживачу. Газові випаровування ректифікаційного очищення направляються на газоочистку.

Отримання магнію електролізом хлористого магнію

Магній одержують методом електролітичного розкладання розплаву хлористого (діхлорида) магнію в бездіафрагмених електролізерах. В електролізерах робочим розплавом є хлористий магній, плавкошпатовий концентрат та кухонна сіль. В результаті процесу електролізу утворюється металевий магній, який після додаткового очищення направляється на

відновлення титану, хлор-газ – направляється в сольовий хлоратор, а відходи: шлам і шламоелектролітна суміш – вивозяться на відвальне господарство підприємства або реалізуються споживачу. Газові випаровування з бездіафрагменних електролізерів направляються на газоочистку.

Відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм з отриманням реакційної маси

Відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм проводиться в апаратах відновлення. У підготовлений апарат відновлення заливається рідкий магній. Апарат з магнієм встановлюється в піч відновлення, в апарат подається тетрахлорид титану. В процесі взаємодії тетрахлориду титану з магнієм утворюється діхлорид магнію, який періодично зливається в ківш і направляється на електроліз для отримання магнію та реакційна маса, що складається з титану губчастого та залишкового магнію та діхлориду магнію. Після закінчення процесу відновлення апарат з реакційною масою відправляється на переділ сепарації

Вакуумна сепарація реакційної маси

Процес вакуумної сепарації реакційною маси здійснюється наступним чином. Апарат сепарації з реакційною масою встановлюють в піч сепарації. У період розігріву апарату сепарації проводиться витримка при температурі 850°C. У міру розігріву апарату з реакційною масою в середовищі вакууму починається сублимація парів магнію і діхлориду магнію. Високотемпературна витримка при температурах 980°C – 1020°C починається після завершення періоду розігріву апарату. Пари магнію і діхлориду магнію конденсуються в зворотній реторті та використовуються, в подальшому, в наступному процесі відновлення. Час процесу визначається сортом реакційної маси та залишковим тиском в апараті. Після закінчення процесу сепарації відключаються нагрівачі печі, в апарат подається аргон.

Апарат охолоджується спочатку в печі, а потім в холодильнику. Після охолодження апарат сепарації демонтують, а реторту з блоком титану губчастого направляють на переробку.

Переробка блоків титану губчастого

Переробка блоків титану губчастого полягає у виконанні наступних основних операцій:

- підрізання гарнісажу і вибивка блоку з реторти, з визначенням його якості;
- поділ блоку на складові частини – крицю і гарнісаж;
- очищення реторти від залишків титану губчастого;
- очищення криці від поверхневих забруднень з виділенням низькоякісних складових частин: низовий обруб, бічний обруб;
- визначення категорії якості криці і гарнісажу та поділ за категоріями для їх подальшої роздільної переробки;
- дроблення криці та гарнісажу на пресі та в дробарках;
- розсівання дробленого титану губчастого з виділенням товарних фракцій;
- сортування товарних фракцій титану губчастого з вилученням шматків з дефектами;
- відбір проб, упаковка в підготовлену тару (контейнери, бочки), зважування, маркування, пломбування.

Упакований титан губчастий комплектується в товарні партії відповідно до контрактів і відправляється споживачеві.

Виплавка титанових злитків і слябів

Частина виробленого титану губчастого використовується в якості сировини для виробництва злитків і слябів з технічно чистого титану і титанових сплавів. Титан губчастий попередньо брикетується, після чого брикети направляються на плавильну ділянку, де вони переплавляються в злитки або сляби на установці електронно-променевого переплаву. Надалі злитки і сляби направляються на механічну обробку (розпилювання,

обточування, зняття фасок), піддаються контролю якості за хімічним складом, внутрішніми і зовнішніми дефектами. Готові злитки і сляби маркуються, упаковуються і відправляються споживачеві.

Як приклад, блок-схема отримання титану на «ЗТМК» (Запорізький титано-магнієвий комбінат)

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ ТИТАНУ НА ТОВ «ЗТМК»

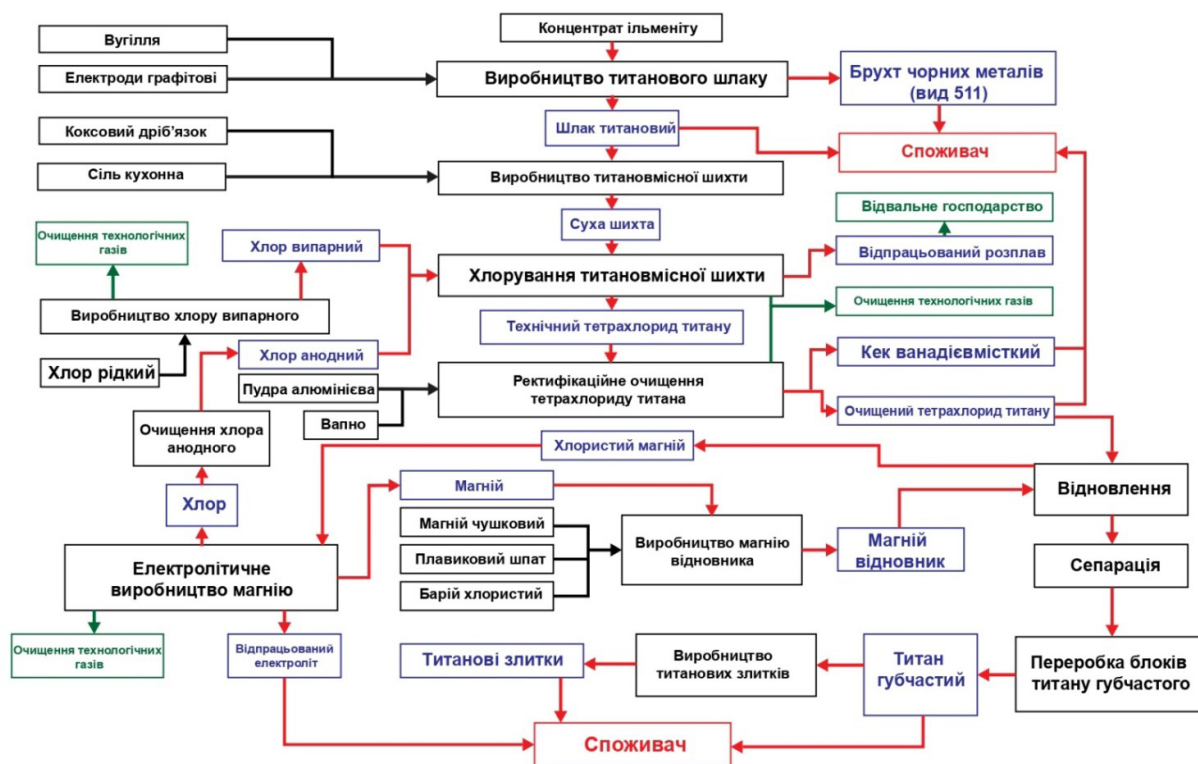


Рисунок 3.1- Блок-схема отримання титану на «ЗТМК»[16]

3.1.3 Класифікація відходів машинобудівного виробництва титанових сплавів

Одержання нової сировини з вторинних ресурсів значно спрощує виробничий процес, тому відходи виробництва у вигляді брухту, стружки, або пилу багато виробників здають на повторну переробку.

Для отримання максимальної вигоди необхідно проводити здачу вторинної сировини в компанію, яка має відповідну документацію на купівлю брухту та відходів. Крім того, компанія повинна мати спеціальне

обладнання для перевірки брухту на склад сплаву, радіоактивність, отримання точних вагових параметрів..

В основному є такі типи лому

Кускові відходи- Відходи кольорових металів і сплавів, що отримуються при литті, прокатці, ковці, штампуванні та обрізанні. Примітка - До шматкових відходів не належать шлам, шлаки, пил тощо.[17]

Амортизаційний брухт є частиною автомобілів, літаків і деталей, що прийшли в непридатність, офсетні формні пластини, а також деякі шлами від первинної плавки магнію.[18]

Сортування та зберігання

Титановий брухт і стружка, на місці обробки матеріалу, повинні сортуватися в окремі контейнери відповідно до марки сплаву, що згідно з чинним регламентом на відходи кольорових металів. Умови зберігання та транспортування пилу та стружки дрібної фракції повинні відповідати правилам протипожежної та вибухобезпеки.

Відділення збору стружки проектувати не доцільно, оскільки стружка збирається у спеціальній тарі кожному ділянці, поблизу проїздів, зручності її видалення загальнозаводське відділення переробки стружки.

Контроль вибухобезпеки відходів титану слід дотримуватися при наступних операціях:

- вантажно-розвантажувальні роботи, транспортування;
- візуальний огляд відходів;
- сортування на лінії, та спеціальних майданчиках;
- при відриванні контейнерів, залізничних вагонів;
- під час упаковки.

Порядок здавання відходів

У спеціалізованому премному пункті процес здачі відбувається в такій послідовності:

Спочатку необхідно отримати перепустку, за паспортом та документами на автомобіль. Заїхати на вагову, де фахівець визначить сорт та вагу завантаженого транспортного засобу. Потім необхідно розвантажити автомобіль на сортувальному майданчику. Знову поставити машину на вагову, де оператор визначить точну вагу відходів, і видасть приймально-здавальний акт, з яким потрібно пройти в бухгалтерію та отримати грошову суму за лом, відповідно до чинних цін на титанову стружку. Кошти можна перевести на банківський рахунок, або забрати готівкою.

Слід звернути увагу, що визначити марку сплаву, правильну вагу та встановити відповідну вартість можуть не у всіх пунктах прийому вторинної сировини. Для цього потрібний кваліфікований штат співробітників та необхідне обладнання. Тільки за наявності цих умов можна встановити реальну вартість брухту та відходів.[19]

Прийом стружки титану

При виготовленні продукції з міцного з відомих металів залишаються відходи виробництва, і прийом стружки титану для подальшої переробки є одним з етапів економічного використання.

. Ціна стружки титану за рахунок унікальних властивостей значно вища за вартість відходів з інших металів, тому що в списку основних якостей значиться низька теплопровідність, механічна міцність, стійкість до утворення корозійних процесів.

Він застосовується в металургії, як легуючий елемент для нержавіючих, жароміцних сталей. З метою підвищення міцності ті додають до інших сталей - алюміній, нікель, мідь. Двоокис включений до складу виробництва зварювальних електродів. Його часто використовують у процесі виготовлення деталей, робота яких пов'язана з впливом агресивних середовищ. Ціна титанової стружки висока, тому що він є найміцнішим на землі із відомих металів і використовується при випуску різноманітної продукції.

ЦІНИ НА ПРИЙОМ СТРУЖКИ КОЛЬОРОВОГО МЕТАЛОБРУХТУ

| НАЙМЕНУВАННЯ | ЦІНА |
|---------------------------|------------|
| Приєм алюмінієвої стружки | 20 грн/кг |
| Приєм стружки титану | 40 грн/кг |
| Приєм стружки чавуну | 4 грн/кг |
| Приєм стружки бронзи | 60 грн/кг |
| Приєм стружки латунної | 70 грн/кг |
| Приєм мідної стружки | 110 грн/кг |

Рисунок 3.2- Ціни на прийом стружки кольорового металобрухту[20]

Ціна ж металу становить у десятки разів більші суми за кг.

Ціна Круг титановий ВТ22 складає від 800 грн/кг[21],

ціна за Титановий пруток (титан) ВТ22 від 600 грн/кг[22]

Ціна ЛИСТ ТИТАНОВИЙ ВТ1-0 0,5Х600Х1500 ММ від 820 грн/кг[23]

Деякі фірми дають можливість швидкого розрахунку маси за типом прокату, габаритними розмірами та маркою матеріалу, що набагато спрощує оцінювання вартості покупки.[24]

Фахівець оцінює якість вторинної сировини та на підставі затверджених регламентів виносить остаточний вердикт. Існує список положень, де вказані технічні умови прийому вторсировини. Короткий зміст основних категорій:

Листи, квадрати, шматочки, дрібниця.

Великі частини вагою не менше 15 кг.

Тяжкі шматки від 30 кілограм.

Великі шматки не менше 50 кілограм.

Певного діаметра кола, квадрати.

Довжина кіл, квадратів, починаючи від 800 мм..

Товщина листів має бути не менше 5 мм та розмірів 300x500.

Технічні вимоги

Таблиця 3.1 - Лом титану та титанових сплавів [25]

| Група | Характеристика групи | Показник | Норма |
|-------|---|--|--|
| T1 | <p>Лом та шматкові відходи титану нелегованого: корпуси фільтрів, вакуум-фільтрів та згущувачів, перекачувальна та запірна арматура, ємнісна, колонна та теплообмінна апаратура, повітроводи, газоходи, трубопроводи, листовий обріз, висікання та обсічка.</p> <p>Марки: VT1-00, VT1-0</p> | <p>Лом розібраний. Без чорних металів, масла, емульсій та вологи.</p> <p>Поверхня не повинна бути окисненою, без тріщин, підривів, розшарування.</p> | <p>99</p> <p>1</p> <p>100</p> <p>250</p> |
| T2 | <p>Лом та шматкові відходи</p> | <p>Лом розібраний. Без</p> | |

| Група | Характеристика групи | Показник | Норма |
|-------|--|--|--|
| | <p>титанових сплавів, що не містять олово: лопатки турбін, дріт, шатуни, випускні та впускні клапани, коромисла клапанів та глушників у дизельних та автомобільних двигунах, несучі конструкції автомобілів, ходова частина автомобілів, нагрівальні змійовики, двигуни автомобілів, медичне обладнання.</p> <p>Марки сплавів: ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ4, ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ6С, ВТ3-1, ВТ9, ВТ14, ВТ16, ВТ20, ВТ22, ПТ-7М, ПТ3, ПТ-1М</p> | <p>чорних металів, масла, емульсій та вологи.</p> <p>Поверхня не повинна бути окисненою, без тріщин, підривів, розшарування.</p> <p>вміст металу, %, не менше</p> <p>Засміченість, %, не більше</p> <p>Маса окремого шматка:</p> <p>г, не менше</p> <p>кг, не більше</p> | <p>99</p> <p>1</p> <p>100</p> <p>250</p> |
| ТЗ | Лом та шматкові відходи | Лом розібраний. Без | |

| Група | Характеристика групи | Показник | Норма |
|-------|--|--|------------------------------------|
| | <p>титанових сплавів, леговані оловом: гірське обладнання (перфоратори ручні).</p> <p>Марки: BT5-1, BT18Y, TC5</p> | <p>чорних металів, масла, емульсій та вологи.</p> <p>Поверхня не повинна бути окисненою, без тріщин, підривів, розшарування.</p> <p>вміст металу, %, не менше</p> <p>Засміченість, %, не більше</p> <p>Маса окремого шматка, кг, не більше</p> | <p>99</p> <p>1</p> <p>250</p> |
| T4 | <p>Листовий обріз титану та титанових сплавів.</p> <p>Марки: BT1-00, BT1-0, OT4-0, OT4-1, OT4, BT5, BT 5-1, BT 6, BT 6C, BT 3-1, BT 9, BT 14, BT 16, BT 20, BT22, ПТ-7М, ПТ3, ПТ-1М, BT5-1, BT18Y, TC5</p> | <p>Без чорних металів, масла, емульсій та вологи.</p> <p>Поверхня не повинна бути окисненою, без тріщин, підривів, розшарування.</p> <p>вміст металу, %, не менше</p> <p>Засміченість, %, не більше</p> <p>Розміри шматка, мм, не більше</p> | <p>99</p> <p>1</p> <p>60x60x60</p> |

| Група | Характеристика групи | Показник | Норма |
|-------|---|---|----------------------------------|
| | | Розміри брикету, мм, не більше | 600x600x600 |
| T5 | <p>Стружка титану та титанових сплавів.</p> <p>Марки: BT1-00, BT1-0, OT4-0, OT4-1, OT4, BT5, BT5-1, BT6, BT6C, BT3-1, BT9, BT14, BT16, BT20, BT22, ПТ-7М, ПТ3, ПТ-1М, BT5-1, BT18У, ТС5</p> | <p>Без чорних металів, уламків, немагнітних різців, мастила, емульсій та вологи.</p> <p>Без видимих кольорів мінливості(Шилер-ефекту)</p> <p>вміст металу, %, не менше</p> <p>Засміченість, %, не більше</p> <p>Довжина витка, мм</p> | <p>99</p> <p>1</p> <p>20-100</p> |
| T6 | Відходи металургійного виробництва з підвищеним вмістом газів або не мають певного хімічного складу: недогарки, бій електродів, що | Постачання за згодою сторін | - |

| Група | Характеристика групи | Показник | Норма |
|-------|--|-----------------------------|-------|
| | витрачаються, донники (для необрізаних злитків), "корони" ливарного виробництва, сплеси, покришки та ін. | | |
| Т7 | Кускові відходи та листовий обріз, прес-залишки; зливки та напівфабрикати з титанових сплавів, забраковані за хімічним складом або механічними властивостями | Постачання за згодою сторін | - |

3.1.4 Рециклінг відходів титану і титанових сплавів

Функціонування підприємства, що виробляє продукцію з титану з високим ступенем готовності, має характеризуватись не лише показником прибутку, а й доданою вартістю. Важливим фактором збільшення доданої вартості є зниження матеріаломісткості. Одним із основних напрямків зниження матеріаломісткості титанової продукції з високим ступенем готовності є економія на первинній сировині за рахунок залучення до переробки кондиційних відходів. Більш повне використання відходів виробництва дає економію на лігатурних та інших матеріалах, що призводить до зниження вартості проміжного продукту, зростання продуктивності праці та доданої вартості.

зниження собівартості титану при експлуатації виробництва на основі використання електронно-променевих печей із проміжною ємністю (ЕЛППЕ). Застосування таких печей дозволяє, по-перше, отримувати одноразовим переплавом плоскі сляби і, по-друге, використовувати як шихту будь-яку кількість (аж до 100 %) титанових ломів, що стає особливо важливим фактором в умовах ломуутворення, що збільшується. необхідність мінімізації втрат при обробці ломів до розмірів, необхідних при залученні їх до шихти, а також на те, що від обладнання та технології фінішної операції – механічної обробки злитків/слябів залежить, яка частина відходів може бути оборотною, тобто придатною для зворотного залучення шихту при наступних виплавленнях.[26]

Таким чином, у вищезгаданих роботах ще раз звертається увага на важливу роль титанових відходів у вирішенні проблеми здешевлення титанової продукції.

3.1.4.1 Рециклінг відходів металургійних виробництв титану

Титан губчастий

Під відходами титану розуміють низькоякісний титан губчастий (марка ТГ-Тв), якого в процесі виробництва губки утворюється до 10%. До 60% губки ТГ-Тв можна використовувати для виплавки злитків, призначених для виготовлення з них виробів та деталей неаерокосмічного призначення.

Приклад титану губчастого і його характеристик

| Марка | Хімічний склад титану губчастого | | | | | | | | Твердість за Брінеллем, НВ, 10/1500/30, не більше |
|--------|----------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|---|
| | Ті, %, не менше | Масова частка домішок, %, не більше | | | | | | | |
| | | Fe | Si | Ni | C | Cl | N | O | |
| ТГ-90 | 99,74 | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,04 | 90 |
| ТГ-100 | 99,72 | 0,06 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,02 | 0,04 | 100 |
| ТГ-110 | 99,67 | 0,09 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,02 | 0,05 | 110 |
| ТГ-120 | 99,64 | 0,11 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,02 | 0,06 | 120 |
| ТГ-130 | 99,56 | 0,13 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,10 | 0,03 | 0,08 | 130 |
| ТГ-150 | 99,45 | 0,2 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 0,10 | 150 |
| ТГ-Тв | 97,75 | 1,9 | – | – | 0,10 | 0,15 | 0,10 | – | – |

Рисунок 3.4 - Характеристики титану губчастого [27]

Масова частка визначається за різницею: 100% мінус сума масових часток регламентованих домішок.

Розміри шматків неправильної форми: (-30+12) мм, (-25+12) мм, (-12+2) мм, (-12+5) мм, (-5+2) мм, (-2+0) мм, (-2+1) мм.

Титан губчастий марки ТГ-Тв виготовляють у вигляді пресованих брикетів діаметром (115 – 170) мм і висотою (20 – 180) мм або у вигляді шматків зазначених фракцій.

Упаковка: Титан губчастий упаковують в сталеві бочки місткістю 0,25 м³.



Рисунок 3.5 - Титан губчатий 12+2 мм[28]

Виробники губчастого титану прагнуть збільшити вихід губки найвищих сортів. (марки ТГ-90 – ТГ-120) з одночасним зниженням т.зв. «відходів» губчастого титану (марка ТГ-Тв та нестандарт). Цього можна досягти як удосконаленням технології на межах відновлення та вакуумної сепарації, так і шляхом збільшення циклової продуктивності апаратів відновлення за рахунок збільшення їх геометричних розмірів[29]. Використання найбільших у СНД (7т за цикл) апаратів з верхнім конденсатором на новому виробництві губки на Солікамському магнієвому заводі (СМЗ) дозволило підняти частку губки вищих сортів до 80%.[30]. Крім того, з метою зниження виходу губчастого титану марки ТГ-Тв на СМЗ було впроваджено нову схему видалення донної частини блоку, що дозволило скоротити вихід губки ТГ-Тв майже на 4 %. На ДП «Запорізький титано-магнієвий комбінат» найнижчий якісний губчастий титан (зчищення з реторти та блоку), що містить у своєму складі менше основного металу (< 97,75 %) і більше заліза (> 1,9 %), чим губка ТГ-Тв, використовують для виробництва високопроцентного

ферротитану (ФТи70). Ферротитан виплавляють з використанням сталевого брухту та брикетованої низькосортної титанової губки в печах типу ВДЛП, готується перехід на виплавку в індукційних печах.

Титан губчастий дрібних фракцій (-2 мм), що використовується для одержання порошків, у промисловому виробництві одержують як відсів при розсіві подрібненої губки у процесі комплектації товарних партій. На Запорізькому металургійному дослідно-промисловому заводі (ЗМОЗ) Інституту титану губчастий титан дрібних фракцій виробляють методом механічного дроблення та подрібнення губки фракцій -30+10 та -12+2 мм по ГОСТ 17746-96. Для цієї мети використовують роторно-зубчасті дробарки типу ДГТ зі змінними накладками із сталі 5ХНМ. Для дроблення більших шматків губчастого титану застосовують щокову дробарку ЩДС-4. Губчастий титан, що пройшов стадію дроблення, піддається розсіву на вібросіті з магнітною сепарацією і затарюється в металеві бочки ємністю 0,2 м³ з поліетиленовим вкладишем. Товарною продукцією ЗМОЗа є також порошки титанові крупністю менше 1 мм за ТУ У 14-10-026-98 «Порошки титанові» та за ТУ 48-10-78-83 «Титановий порошок хімічний», що виготовляються з губки марки ТГ-Тв. На вимогу замовника титан губчастий або порошки можуть бути насичені воднем шляхом гідрування.

3.1.5 Рециклінг відходів кондиційного титану

Виплавка злитків

Відходи титанових сплавів представлені шматковими відходами, стружкою та листовим обрізом, а також амортизаційним брухтом. Більшість цих відходів є кондиційним металом і можуть використовуватися як компонент шихти при виробництві злитків.

Залучення відходів титанових сплавів у плавку є найбільш раціональним та ефективним способом їх утилізації. Найкращим агрегатом для цієї мети є гарнісажні печі, що працюють за технологією ГВЕ (гарнісаж - витрачається електрод). Важливою економічною перевагою печей та технології ГВЕ є зниження обсягу робіт з підготовки до плавки зворотного матеріалу (відходів), форма та габарити якого в цій технології обмежені лише розміром плавильного тигля печі.[31]

Тигль печі яку інакше називають індукційною піччю без сердечника, є плавильний тигель, зазвичай циліндричної форми, виконаний з вогнетривкого матеріалу і поміщений в порожнину індуктора, підключеного до джерела змінного струму. Металева шихта завантажується в тигель і, поглинаючи електромагнітну енергію, плавиться.

Тигель - це ємність для нагрівання, висушування, спалювання, випалення або плавлення різних матеріалів. Тиглі - це невід'ємна частина металургійного та лабораторного обладнання при литті різних металів, сплавів та ін. Відмінною особливістю тиглів є застосування для їх конструкції вогнетривких матеріалів та високостійких до різних впливів металів та сплавів. Тигель зазвичай має конічну (усічений конус) або циліндричну форму. Різновидом тиглів є також плавильні чашки, плавильні човники.

Крім того, технологія ГВЕ забезпечує високу якість злитків, що виплавляються, які за хімічним складом однорідні і бездефектні.

Корпорація ВСМПО-АВІСМА розширює використання гарнісажних печей та впроваджує технологію ГВЕ + ВДП замість потрійного ВДП при виплавці злитків сплавів Ti-10-2-3 та Ti-6Al-4V для застосування в аерокосмічній галузі.

Корпорацією ВСМПО-АВІСМА заявлений вторинний титановий сплав та спосіб його виготовлення. Сплав містить, % мас.: Al 0,01-6,5, V

0,01-5,5, Mo 0,05-2,0, Cr 0,01-1,5, Fe 0,1-2,5, Ni 0,01-0,5, Zr 0,01-0,5, Si 0,01-0,25, O d'' 0,3, C d'' 0,1, N d'' 0,07 и Ti – інше.[32]

Шихту komponують залежно від необхідної величини тимчасового опору сплаву, а вміст легуючих елементів у сплаві визначається виходячи від розрахункових величин алюмінієвого та молібденового еквівалентів міцності. Технічним результатом винаходу є отримання регламентованих стабільних міцності та технологічних властивостей сплаву при використанні широкого спектра титанових відходів. Сплав призначений переважно для виготовлення листових напівфабрикатів, виробів конструкційного призначення та може бути використаний у оборонних та цивільних галузях промисловості.

В роботі[33] представлені результати дослідження з виплавки злитків титанових сплавів в електронно-променевої гарнісажній печі з шихтових матеріалів різного виду (кускові та листові відходи, стружка та губка). Показано необхідність урахування виду сировини при виборі режиму плавки, зокрема ступеня концентрованості електронного пучка та темпу підвищення потужності на початковій стадії плавки. Розробка раціональної технології електронно-променевої гарнісажної плавки (ЕЛГП) повинна передбачати оптимальний набір основних параметрів процесу, з яких визначальними є потужність електронного пучка та час витримки за заданої температури.

Титанові ливарні відходи можуть перероблятися на зливки на установках ЭЛУТО-1 и ЭЛУТО-2, оснащені електронними гарматами з холодним катодом[34]. Ці установки працювали на Запорізькому моторному заводі, а також знайшли застосування в інших галузях промисловості.

3.1.6 Способи використання відходів

Технологія травлення титанових відходів, описана в роботі, крім цільового завдання видалення поверхневого окисленого шару,

передбачає отримання як попутного продукту порошку фосфату титану TiP_2O_7 , який може використовуватися як наповнювач лаків, фарб, пластмас і полімерних матеріалів.[35]

Відходи титану після травлення, промивання та сушіння можуть перероблятися на порошки металевого титану методами гідрування та електролітичного рафінування з підвищеним технічним ефектом за рахунок попередньої підготовки їхньої поверхні.[36]

Для отримання титану високої чистоти використовується метод йодидного рафінування. Йодидний титан може бути використаний в атомній енергетиці, виробництві надпровідників та монокристалів. У роботі²² вказується, що для цієї технології перспективною сировиною є стружка титанового металу VT1-0.

Відходи титанових сплавів можуть бути також використані в процесах високотемпературного синтезу, що самопоширюється. Доведено вплив основних характеристик вихідного титанового матеріалу (стружки, окалини) на властивості кінцевого СВС продукту на основі титану. [37]

Відпрацьовані літєві хімічні джерела струму (ЛХІТ) типу МРЛ можна розглядати як один із видів вторинної сировини титану [38]. На 1т літію у відпрацьованих ЛХІТ міститься 1,3 т титану марки VT1-0. ОАО «ВНИИХТ» розроблено технологію переробки відпрацьованих ЛХІТ, що дозволяє витягти та повернути у виробництво літій у вигляді карбонату та марганець у вигляді діоксиду, а також утилізувати інші цінні компоненти ЛХІТ, у тому числі титан та нікель. Ефективність утилізації титану може бути значно збільшена у разі використання його для виготовлення такого функціонального матеріалу як сплав на основі нікеліду титану марки TN1 з ефектом пам'яті форми.

Властивості карбїду титану та області його застосування

Раніше було згадано про реакцію високотемпературного синтезу, що самопоширюється. Це використання тепла, що виділяється хімічних реакцій замість нагрівання речовини від зовнішнього джерела, тому СВС процеси успішно конкурують з традиційними енергоємними технологіями. Порошкову суміш (шихту) поміщають у реактор і газовому середовищі виробляють локальне ініціювання процесу (запалювання). Потім відбувається мимовільне поширення хвилі горіння, що охоплює всю суміш, завершення реакції та остигання синтезованого продукту.

Іншою перевагою СВС є ефект самоочищення - термодесорбція летючих домішок при температурі синтезу. Тому продукти, що виходять, можуть бути чистішими, ніж вихідні реагенти.

У практиці СВС відомі такі типи реакцій:

- реакції елементів (найпоширеніші), зокрема газоподібних: $Al+Ni$; $Ti+C$; $Zn+S$; $Al+I_2$; $Nb+C+N_2$ та ін;
- реакції елементів з більш складними сполуками, наприклад, окислення у складних оксидних середовищах ($Al+CrO_3$; KNO_3+S), реакції металів з органічними сполуками (Ti +уротропін);
- реакції складних молекул, наприклад, оксидів металів, органічних сполук.

Карбід титану розглянемо більш детально.

Карбід титану завдяки високій твердості та зносостійкості. застосовується в металургії як основа безвольфрамових твердих сплавів, в карбідосталях, має практичне значення при отриманні тонких плівок та покриттів на його основі, при виробництві ріжучого інструменту.

Карбід титану стійкий до впливу агресивних середовищ дії більшості кислот. Реагує з HF та HNO_3 . Взаємодіє з галогенами. Можливо нагрітий у середовищі водню до температури плавлення без розкладання. Він має високу температуру плавлення ($>3000^\circ C$). Дані властивості уможливають його застосування в машинобудуванні, авіаційної та

ракетної промисловості, у нафтовому секторі, як конструкційний матеріал при створенні камер згоряння, лопаток турбін, іонізаторів в іонних двигунах.

Карбід титану завдяки своїм властивостям також затребуваний як компонента керамоматричних композитів та функціональної кераміки.

3.1.7 Хлорування-випаровування брухту металевого титану при переробці з використанням розплавленої солі, що опосередковує реакцію

Титановий брухт

Значна кількість титанового брухту також утворюється при обробці та механічній обробці злитків для кінцевої продукції В даний час аерокосмічна промисловість є найбільшим споживачем подрібненого титанового продукту і забезпечує приблизно 40-50% світового попиту[39] очікується, що в найближчому майбутньому попит в аерокосмічній промисловості неухильно зростатиме. Повідомлялося, що 80–90 % титанового матеріалу, що використовується в авіаційних рамах, є сплавом Ti-6Al-4V (Ti, легований 6 % Al та 4 % ванадію (V)),8,9) та як показано на мал. 1. (b), вихід матеріалу при виготовленні аерокосмічних деталей часто складає всього 10–20%.

Щоб знизити собівартість виробництва виробів із титану, відходи титану необхідно переробляти на зливки титану або його сплавів. Переплавка - найпростіший і найпоширеніший спосіб отримання злитків із металобрухту. Проте використання загальних методів плавлення Ti та його сплавів пропонують дуже обмежені можливості рафінування щодо основних домішок, таких як сполуки O та Fe, а також типових легуючих елементів, таких як Al та V. В результаті, тільки металевий брухт щодо відносно низького рівня забруднення та/або

добре відсортовані склади сплавів можуть бути переплавлені в злитки. Співвідношення змішування титанового брухту із сировиною для плавки залежить від використання зливка та якості брухту. У середньому близько 40-50% сировини припадає на лом титану, який походить із злитків, вироблених американським виробником титану ТІМЕТ у 2006 р.4). злитків збільшилося за рахунок утворення та переробки високосортного брухту під час виготовлення деталей аерокосмічної галузі.

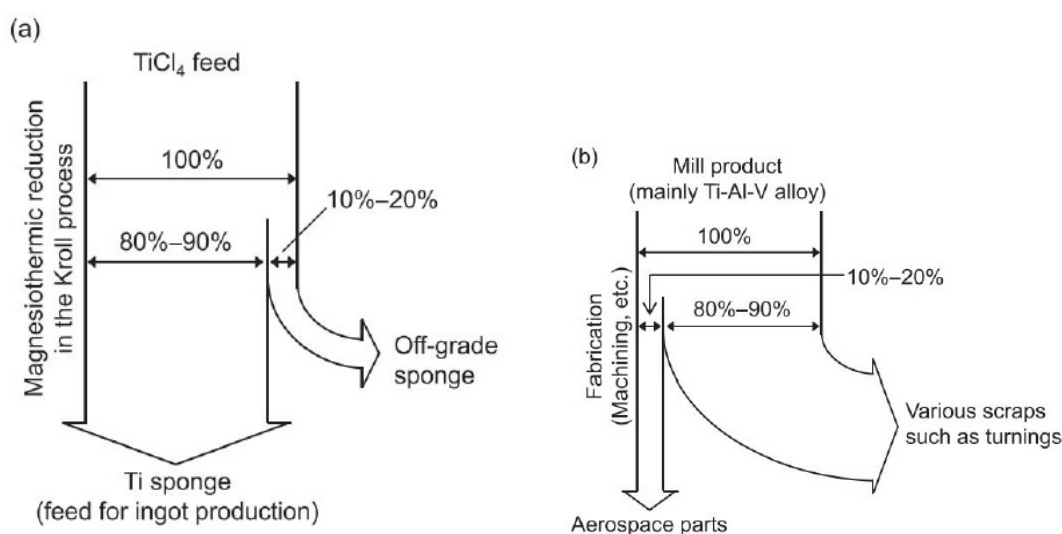


Рисунок 3.6- Потік матеріалів у (а) виробництві губчастого титану та (б) в аерокосмічні деталі виготовлення[40],[41]

Низькосортний титановий брухт

В даний час низькосортний брухт, що не підлягає переплавленню (у тому числі некондиційна губка, що утворюється в процесі Кролла), повторно використовується як добавки при виробництві сталі або інших металів (таких як Al і Cu)^{3,12.}) або просто переробляються як непереробні відходи. Споживання титанового брухту в сталеливарній та інших галузях промисловості за своєю сутністю є каскадним та дисипативним використанням титану. Оскільки зростаючий попит на

продукцію з титану, безсумнівно, призведе до збільшення обсягу брухту, що утворюється, в майбутньому, необхідно розробити ефективний метод переробки низькосортних відходів.

Вилучення $TiCl_4$ шляхом об'єднання металевого брухту Ti з відходами хлориду заліза ($FeCl_x$, $x = 2, 3$) було запропоновано як екологічно безпечний метод переробки. Вилучення Ti в формі $TiCl_4$ вигідно з точки зору забезпечення забезпечує кращий контроль над рівнем домішок і, отже, добре підходить для переробки брухту низькосортного титану. Крім того, цей процес допомагає звести до мінімуму проблеми, пов'язані з хлоридними відходами, які зазвичай утворюються і викидаються як у процесі Колла, так і в хлоридному процесі, використовуваному для виробництва пігменту TiO_2 . У цих процесах сировина TiO_2 , таке як синтетичний рутил (близько 90–95% TiO_2) та ільменіт ($FeTiO_3$, приблизно 43–65% TiO_2), карбохлоруються Cl_2 газ, зі значною кількістю $FeCl_x$ та інших хлоридів, що утворюються у вигляді відходів. Утилізація відходів хлору не тільки є втратою хлору в цих процесах, але також є серйозною проблемою з точки зору екології та високої вартості утилізації, особливо в Японії. Утворення хлоридних відходів помітно зростає у майбутньому через зниження якості використовуваної сировини TiO_2 . Більш того, якщо пірометалургійне селективне хлорування буде широко доступним для збагачення низькосортних титанових руд, утворення відходів $FeCl_x$ збільшиться ще більше.

З термодинамічного погляду, газоподібний $TiCl_4$ може бути вилучений шляхом прямої взаємодії Ti з $FeCl_x$ при температурі близько 1100 К. Однак реакція хлорування заснована на прямому фізичному контакті між Ti та $FeCl_x$, показаному на рис. 2. (а) створює ряд технічних проблем, однією з яких є спочатку повільна кінетика хлорування Ti при температурі близько 1100 К.¹⁸) Наприклад, коли тонкі стрижні Ti ($\phi = 1,5$ або 3,0 мм, діаметр) нагрівали до кількості

розплавленого FeCl_2 (т.пл. = 950 К) при 1100 К хлорування Ті припинилося за кілька годин і більша частина Ті залишилася непрореагувала (див. рис. 8 у розділі 4). Це зв'язано з тим що Fe, обложене під час процесу, жорстко покриває поверхню Ті, де воно діє як сильний кінетичний бар'єр. Висока летючість також є проблемою, коли лом Ті безпосередньо реагує з відходами FeCl_x .

Висновок з розділу 3.1.7

Було досліджено поведінку хлорування брухту металевого Ті при нагріванні в розплавленому MgCl_2 , містить SmCl_3 , щоб продемонструвати життєздатність хлорування на основі посередника реакції для переробки як брухту Ті, так і відходів FeCl_x . Завдяки поєднанню термодинамічного аналізу та фундаментальних експериментів було продемонстровано, що титановий компонент некондиційної титанової губки та сплаву Ті-6Al-4V можна ефективно хлорувати і випаровуватися за допомогою реакції з SmCl_3 у розплавленій солі при 1100 К. Також було підтверджено, що Fe та Ni у некондиційній губці не хлоруються, а залишаються у вигляді металу у розплавленій солі. Навпаки, Al та V у сплаві Ті 6Al-4V хлоруються SmCl_3 і випаровуються.

Встановлено, що кисень, введений у реакційну систему, утворює нелеткий TiOCl і не витрачає SmCl_3 при хлоруванні Ті розплавленою сіллю MgCl_2 - SmCl_3 при 1100 К. У реакційну систему навмисно вводили кисень шляхом додавання MgO . Хоча титановий стрижень у тиглі зник після термообробки при 1100 К протягом 1 години-випарувалося тільки 14% титану. Навпаки, 44% Ті випарувалося, коли в тих же умовах використовували розплавлену сіль, що не містить MgO [42]

Рентгенограма також вказує на присутність у продукті реакції

TiOCl . Залишок після вилуговування, що утворився з цього продукту реакції, яка показує, що залишок складався в основному з

Ti₂O₃ з невеликою кількістю TiOCl. Ti₂O₃ у залишку після вилуговування повинен утворюватися внаслідок наступної реакції гідролізу. при вилуговуванні: $2 \text{TiOCl}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow \text{Ti}_2\text{O}_3(\text{т}) + 2 \text{HCl}(\text{водн.})$. Аналіз залишку після вилуговування за допомогою РФА не виявив компонентів на основі Sm, таких як SmOCl.

Ці дані вказують на те, що хлорування з використанням розпавленої солі, що уповільнює реакцію, є життєздатним способом переробки не тільки некондиційної титанової губки, що утворюється на заводах з виплавки титану, а й відходів сплаву Ti-6Al-4V, таких як стружка, що утворюється на металообробних заводах.

В результатів аналізу встановлено:

- На підприємстві Запорізький титано-магнієвий комбінат розроблено блок-схему технологічного процесу отримання титану на «ЗТМК» [16], яка приведена на рисунку 3.1. Але блок-схема охоплює тільки технологію виробництва титану а питання рециклінгу стосується лише цього підприємства а не галузі загалом.
- В науково технічній літературі [1-2;10-42] відсутня алгоритмічна Блок-схема рециклінгу титану.
- Актуальною є наукова задача щодо **створення алгоритмічної блок-схеми рециклінгу титану**, яка б охоплювала усю галузь. Відсутність такої алгоритмічної блок-схеми стримує моніторинг діючої промисловості та прогностичі можливості аналізу з використанням автоматизованих комп'ютерних засобів.

3.2 Метод розв'язання наукової задачі

Для розв'язання поставленої вище наукової задачі було застосовано методи системного аналізу (аналіз та синтез).

3.3 Результат розв'язання наукової задачі та аналіз результатів

Проведено аналіз - перебіг процесів у технологічному циклі виробництва титанових сплавів та побічних продуктів та показано велику кількість відходів виробництва. Більша частина з них є кондиційними відходами для рециклінгу, які можна ефективно використати при правильному сортуванні та слідуванні стандартам якості брухту і відходів.

Створено алгоритмічну блок-схему рециклінгу титану методом синтезу, що узагальнює варіанти та можливості використання титанової стружки та відходів титанового виробництва та машинобудування загалом для повторного використання . та розвиває розуміння варіативності використання відходів на різні етапах виробництва для рециклінгу. Алгоритмічна блок-схема рециклінгу титану графічно представлена у Додатку Д.

Наукова новизна характеризується тим, що вперше запропоновано блок-схему алгоритмічної моделі рециклінгу титану, що охоплює усі галузі де використовується титан і титанові сплави.

Практична значущість- алгоритмічна блок-схема дозволяє створити комп'ютерну програму для аналізу результатів моніторингу діючих підприємств, що використовують титан і титанові сплави. Окрім того, така програма дозволить виконувати автоматизовані прогностичні дослідження, тобто дослідники процесів рециклінгу одержать засіб для проведення комп'ютерних експериментів. Це дозволить розширити розуміння рециклінгу відходів титану і на цій основі знизити вартість готової продукції, створити нові продукти з придатних відходів, зменшити потребу в утилізації відходів а також зменшити потребу у більшому видобутку даного ресурсу з надр Землі. Цим самим прискориться впровадження принципів кругової економіки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті аналізу нинішніх техпроцесів можна зробити такі висновки:

При виготовленні головки, завдяки точнішій заготовці, немає необхідності знімати великий шар матеріалу під час обробки. Рационально застосувати заготовку штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ) щоб значно збільшити коефіцієнт використання матеріалу і зменшити кількість операцій.

Використовувати принцип максимальної концентрації операцій одному робочому місці і використовувати пневмопристосування (токарні патрони), зменшуючи при цьому витрати на виготовлення спеціального оснащення.

У Науково-дослідному розділі Розглянуто властивості титану і цикл його виробництва. Проведено аналіз можливостей використання титанової стружки та відходів титанового виробництва та машинобудування загалом для повторного використання. Розглянуто варіанти переробки титанової губки, стружки, шматкового та амортизаційного брухту.

Запропоновано алгоритмічну блок-схему рециклінгу титану (Додаток Д).

Алгоритмічна блок-схема дозволяє створити комп'ютерну програму для аналізу результатів моніторингу діючих підприємств, що використовують титан і титанові сплави.

Це дозволить розширити розуміння рециклінгу відходів титану і на цій основі знизити вартість готової продукції, створити нові продукти з придатних відходів, зменшити потребу в утилізації відходів а також зменшити потребу у більшому видобутку даного ресурсу з надр Землі. Цим самим прискориться впровадження принципів кругової економіки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Промышленные титановые сплавы. (2022). Все о металлургии.
<https://metal-archive.ru/legkie-metally/1375-promyshlennye-titanovye-splavy.html>
2. Титан сплав и марки (2022) https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/tit
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Под. Ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова – М.: Машиностроение, 1986 г.
4. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. – К., Вища школа, 1985. – 250 с.
5. Горошкин А.К. Справочник приспособлений для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979 г.
6. Методические рекомендации. Типовые технологические процессы обработки деталей на автоматизированных участках и станках с ЧПУ. Москва, НПО ОРГСТАНКИНПРОМ, 1978 г.
7. Режимы резания металлов. Справочник. Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, Л.А.Быков и др. – М.: Машиностроение, 1972 г.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: в 2-х т. – М.:Машиностроение, 1990 г.
9. Kolobov G. Recycling of waste titanium and titanium alloys
10. Оценка металлофонда титана РФ / [Л. А. Костыгова, Н. Н. Ракова, Е. В. Тарасова и др.] // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 405–408.
11. Горная энциклопедия / Под редакцией Е. А. Козловского. — Москва: Советская энциклопедия, 1984—1991
12. Титан // Энциклопедический словарь по металлургии: Справочное издание: в 2 т./гл. ред. Н. П. Лякишев. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2000. – Т. 2: П – Я. – С. 276. – 409 с. – 500 экз.
13. [COMMISSION REGULATION \(EU\) 2022/63](#) [Архивная копия](#) от 17 февраля 2022 на [Wayback Machine](#) // Europa.eu, 18.01.2022
14. *А. Е. Рикошинский. [Мировой рынок пигментного диоксида титана. Состояние, тенденции, прогнозы](#) // [Лакокрасочные материалы 2002-2003.](#)*

Справочник. — М.: Редакция еженедельника «Снабженец», 2003. — С. 53-61. — 832 с. — 3000 экз.

15. MacWan D.P. A review on nano-TiO₂ sol-gel type syntheses and its applications/ MacWan D.P., Dave P.N., Chaturvedi S. // J. Mater. Sci. – 2011. – V. 46 – № 11 – P.3669–3686

16. Технологія виробництва. (2022). ТОВ «ЗТМК» | ZTMC Ltd.

<https://ztmc.zp.ua/uk/%d1%82%d0%b5%d1%85%d0%bd%d0%be%d0%bb%d0%be%d0%b3%d1%96%d1%8f-%d0%b2%d0%b8%d1%80%d0%be%d0%b1%d0%bd%d0%b8%d1%86%d1%82%d0%b2%d0%b0/>

17. Scrap and waste of non-ferrous metals and alloys. Terms and definitions
ГОСТ Р 54565-2011

18. <https://www.ngpedia.ru/id130488p1.html>

19. Вторичная переработка стружки титана. (2022).

<http://www.pnzstroi.ru/article/91119/vtorichnaya-pererabotka-struzhki-titana>

20. . МЕТАЛОБРУХТ, ДОРОГО - ПРИЙОМ ЧОРНИХ ТА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ. (2021, November 1). Прием стружки титана в Днепре — цена килограмма титановой стружки | Priem Loma. Металлолом | Дорого - прием черных и цветных металлов - Здати чорний і кольоровий металобрухт дорого у Дніпрі та Запоріжжі

<https://priem-loma.dp.ua/ru/priem-titanovoj-struzhki-na-lom/>

21. Купить круг титановый VT22 в Украине - Киев, Днепр, Харьков. (2022).

<https://www.absolut-metall.com.ua/krug-titanoviy-vt22>

22. Компания Металлург, ООО г. Черкассы Титановый пруток (титан) VT1, vt22, ot4 и др — Купить в Черкассах на Flagma.ua #13349266. (2022b).

Flagma.ua. <https://flagma.ua/titanovy-prutok-titan-vt1-vt22-ot4-i-dr-o13349266.html>

23. ООО "МЕТКОНБУД" Украина, Киев, Пр. Леся Курбаса

<https://metkonbud.com.ua/list-titanovy-vt1-0-05kh600kh1500-mm>

24. <https://metkonbud.com.ua/krug-titanovy-vt22-100-mm>

25. ГОСТ 1639-93 ЛОМ И ОТХОДЫ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ
http://www.grosmet.ru/GOST/R_54564_2011/5_15_teh_trebovaniya_titan.htm

26. Ковальчук Д. В. Комплексный подход к созданию и эксплуатации титановых металлургических производств / Д. В. Ковальчук // Титан. – 2011. – № 4. – С. 28–32.

27. Титан губчастий. (2022). ТОВ «ЗТМК» | ZTMC Ltd.

<https://ztmc.zp.ua/uk/%d1%82%d0%b8%d1%82%d0%b0%d0%bd-%d0%b3%d1%83%d0%b1%d1%87%d0%b0%d1%81%d1%82%d0%b8%d0%b9/>

28. Титан губчастий. (2022b). ТОВ «ЗТМК» | ZTMC Ltd.

<https://ztmc.zp.ua/uk/%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD-%D0%B3%D1%83%D0%B1%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B9/>

29. Колобов Г. А. Основные тенденции совершенствования магнетермического способа производства титана губчатого /Г. А. Колобов, К. А. Печерица, С. В. Прохоров // Теория и практика металлургии. – 2010. – № 5–6. – С. 43–45.

30. Овчинников С. Е. Изучение возможностей аппарата с цикловым съемом 7 т в области качества получаемого губчатого титана /С. Е. Овчинников, В. Н. Нечаев, А. В. Патраков // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. –К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 110–114.

31. Ивасишин О. М. Основные тенденции в развитии титановой

промышленности и научных исследований в области титана в СНГ /О. М.

Ивасишин, А. В. Александров // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. :ИМФ НАНУ, 2011.– С. 7–18.

32. Пат. № 2425164 Российская Федерация, МПК С 22 С 14/00 (2006.01), С 22 В 9/20 (2006.01). Вторичный титановый сплав и способ его изготовления /

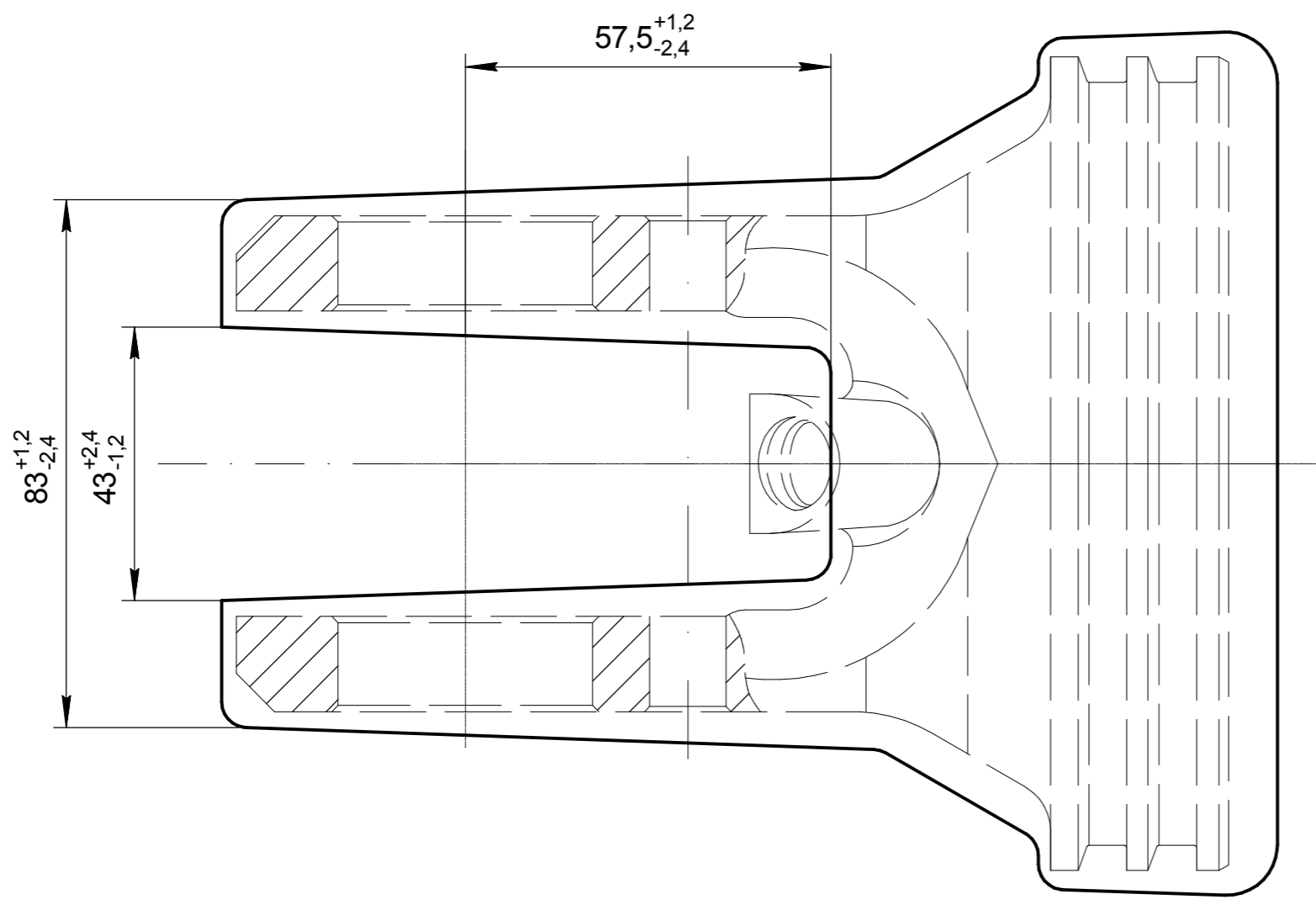
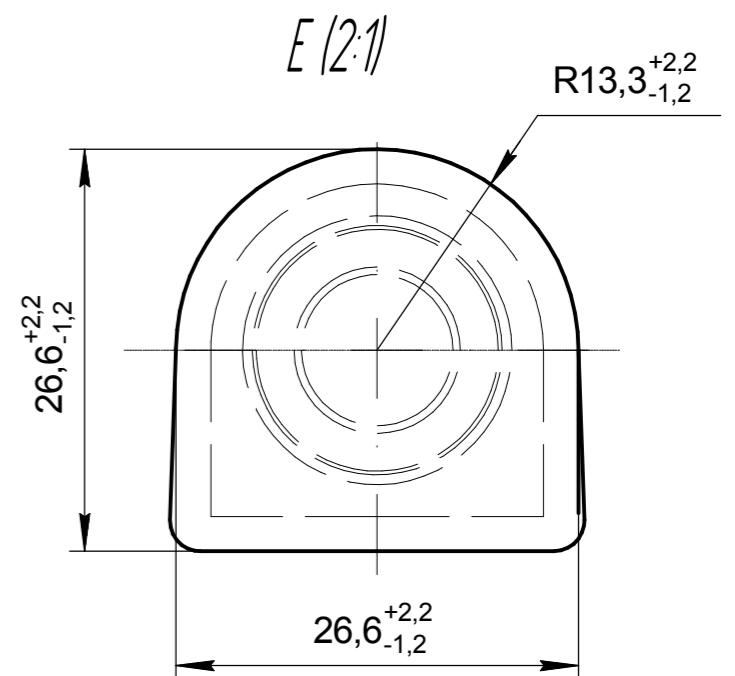
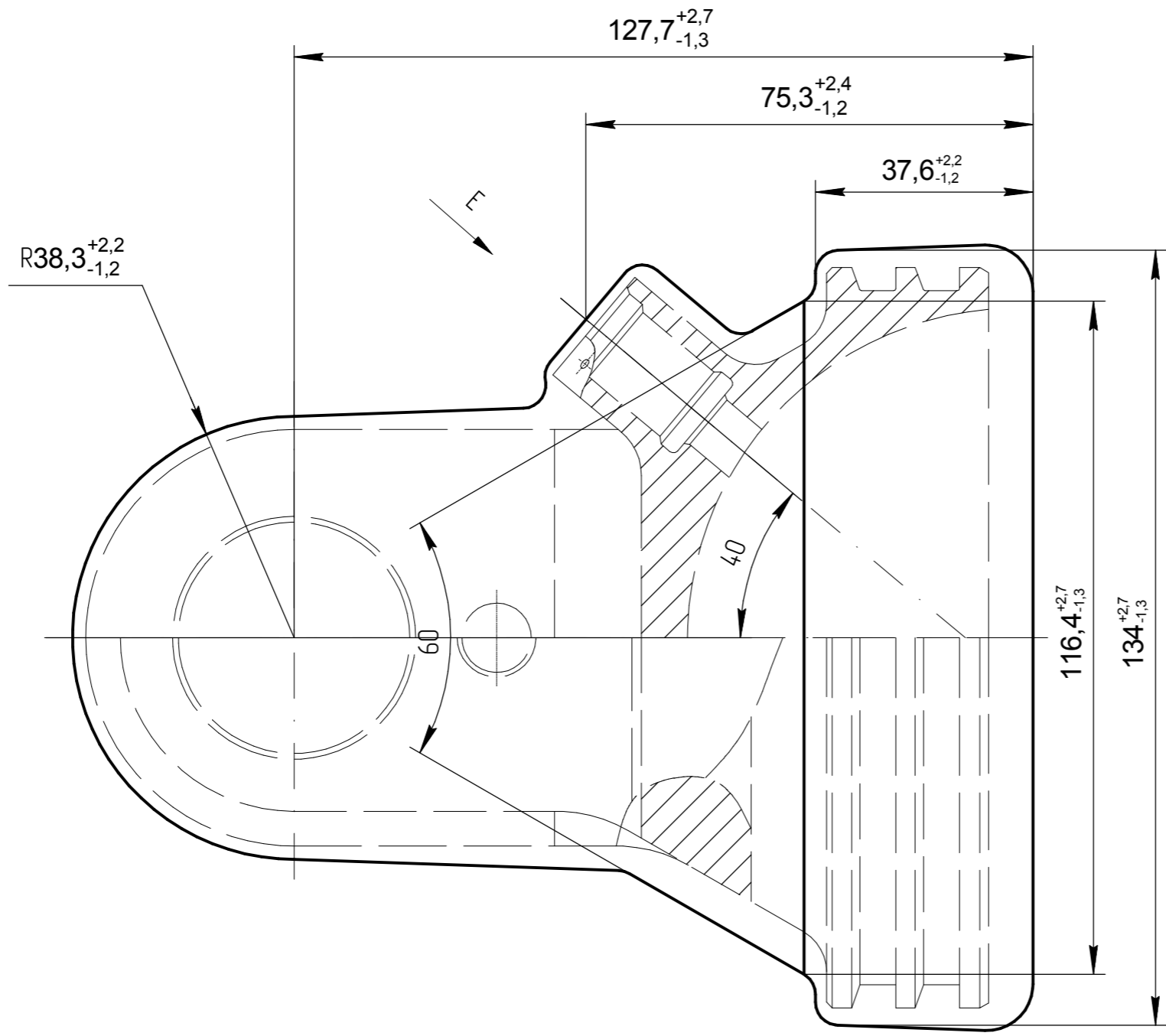
Тетюхин В. В., Левин И. В., Пузаков И. Ю., Таренкова Н. Ю.; заявитель и патентообладатель ВСМПО-АВИСМА. – № 2010101764/02 ; заявл.

20.01.2010 ; опубл. 27.07.2011.

33. Особливості виплавки титанових сплавів в електронно-променевої гарнісажній установці в залежності від виду шихтових матеріалів/[Н. І. Левицький, В. І. Мірошниченко, Є. А. Матвієць, Т. В. Лапшук] // Метал та лиття України. - 2010. -№ 11. - С. 34-36.

-
34. стаття К. К. Ясинского, опублікована у збірнику «Современные титановые сплавы и проблемы их развития» (М.:ВИАМ, 2010. – 106 с.)
35. Отходы титановых сплавов как возможная сырьевая база порошковой металлургии титана / [Г. А. Колобов, Д. В. Прутцков, А. И. Щербина и др.] // Титан-2010 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Екатеринбург. – К. : ИМФ НАНУ, 2010. – С. 79–84.
36. Отходы титановых сплавов как возможная сырьевая база порошковой металлургии титана (Сообщение 2) / [Г. А. Колобов, Д. В. Прутцков, А. И. Щербина и др.] // Титан-2011 в СНГ. : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 68–70.
37. Боровинская И. П. Применение титана в процессах СВС / И. П. Боровинская, В. К. Прокудина, В. И. Ратников // Изв. вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2010. – № 4. – С. 26–33.
38. Отработанные литиевые химические источники тока – перспективный источник вторичных лития, титана, никеля, марганца и других ценных материалов / [М. Л. Коцарь, В. И. Никонов, В. П. Тарасов и др.] // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 53–56.
39. S. Seong, O. Younossi, B. W. Goldsmith, T. Lang and M. J. Neumann: Titanium: Industrial Base, Price Trends, and Technology Initiatives (RAND Corporation, Santa Monica, USA, 2009).
40. Y. Marui, T. Kinoshita and K. Takahashi: Honda R&D Tech. Rev. **14**(1) (2002) 149–156 (in Japanese).
41. Y. Moriguchi: Titanium Japan **62** (2014) 258–265 (in Japanese).
42. Taninouchi, Y. K., Hamanaka, Y., & Okabe, T. H. (2016). Chlorination-Volatilization Behavior of Titanium Metal Scraps during Recycling Using Reaction-Mediating Molten Salt. MATERIALS TRANSACTIONS, **57**(8), 1309–1318. <https://doi.org/10.2320/matertrans.m-m2016818>

Додаток Б



1. Штампування по ТУ 1-92-34-75. Група контролю II.
2. в-1078..1274 МПа. Група контролю 2а по ОСТ 1 00021-78.
3. Штампувальний ухил 2.
4. Незазначені радіуси штампування 4 мм.
5. Граничні відхилення розмірів штампування – по ОСТ 14.1187-78, клас точності 5.
6. Маркувати та таврувати за технологією заводу-виробника.

| | |
|-------------|-------------|
| Лист 1 | Лист 1 |
| Сторінка II | Сторінка II |

| | |
|--------|--------|
| Лист 1 | Лист 1 |
| Лист 1 | Лист 1 |
| Лист 1 | Лист 1 |
| Лист 1 | Лист 1 |
| Лист 1 | Лист 1 |
| Лист 1 | Лист 1 |

| | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-----------|-------|------|---|------------------------------|--------|---------|
| | | | | | ТММЗ.ОНПМ.13122.03.ТК.2 | | | |
| Зам. | Лист | № док.ум. | Підп. | Дата | Заготовка Головка гідроциліндру (штампування) | Лист | Маса | Масштаб |
| Розроб. | Кортов А.О. | Р.В.Сур. | | | | 4,9 | 1:1 | |
| Перев. | Павлова С.Г. | | | | | Лист 1 | Лист 1 | |
| Консульт. | | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 190266-86 | НТУ "ІП" Група 131М-20Н-1 | | |
| Н.контр. | | | | | | Копіювати | | |
| Затв. | | | | | | Формат | | |

Додаток В

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--|--|-----------------|---------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Розробив | Карпов | | | | | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | | |
| Согласов. | | | | | | | | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | Головка | | | | |

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою технологій машинобудування та матеріалознавства

_____ (_____)

« ____ » _____ 2022 г.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Виготовлення деталі Головка

Виріб 148.00.4111.000.000

ПОГОДЖЕНО:

Керівник _____ (Пацера С.Т.)

Розробник _____ (Карпов А.О.)

Н.контроль _____ (_____)

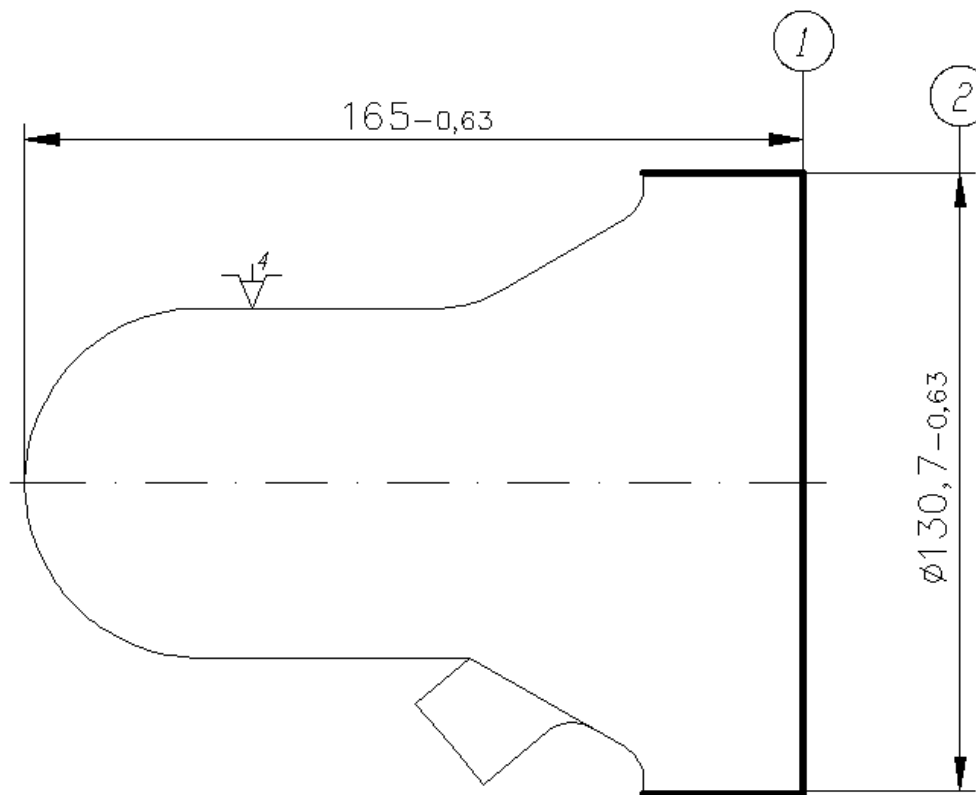
ТП

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---------------------------|---------|---|------------------------|----|--------|-------|-------------------|------|------|----------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | |
| | | | | | | | | | | | | | | Подпись | |
| | | | | | | | | | | | | | | Дата | |
| | | | | | | | | | | | | | | 45 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 | |
| Розробив | Карпов | | | | | | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Головка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | | Твердость | | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД |
| Заготовительная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | | $\sigma_B=1078...1274$ | | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 05 |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | |
| | | | | - | | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | | |
| 01 | 1. Получить заготовку методом штамповки на горизонтально-ковочной машине по технологии заготовительного цеха. | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | | |

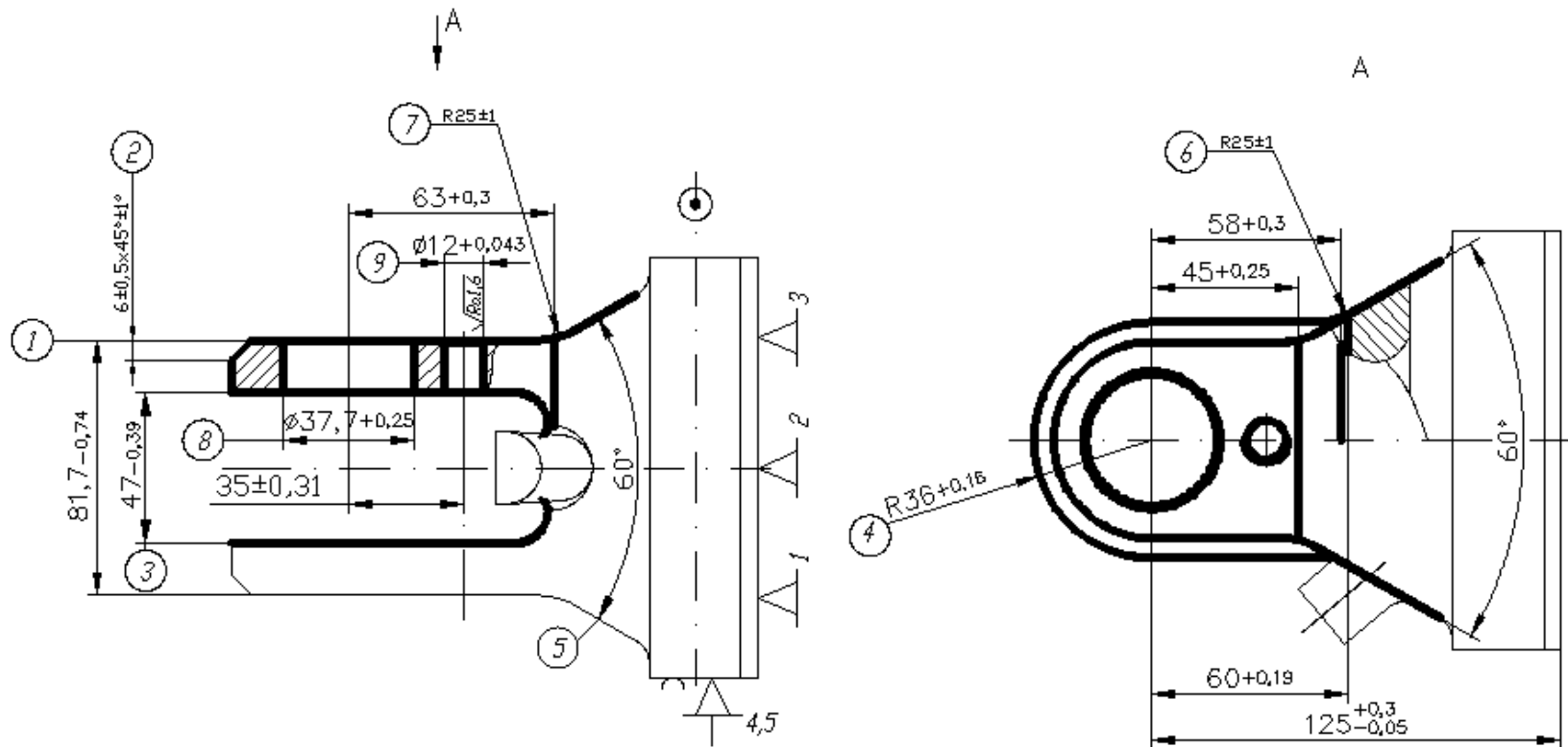
| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|-----------------|---------------------|------|----------|---------|------|--|-----|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | 45 | 6 | | |
| Розробив | | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | Головка | | | | | | | 010 |

$\sqrt{Rz80}$ ($\sqrt{\text{ }}$)



| | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|-----------------|---------------------|------|----------|---------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | Изм | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | | | | | | 45 | 10 |
| Розробив | | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | Головка | | | | | 035 |

√Ra3,2

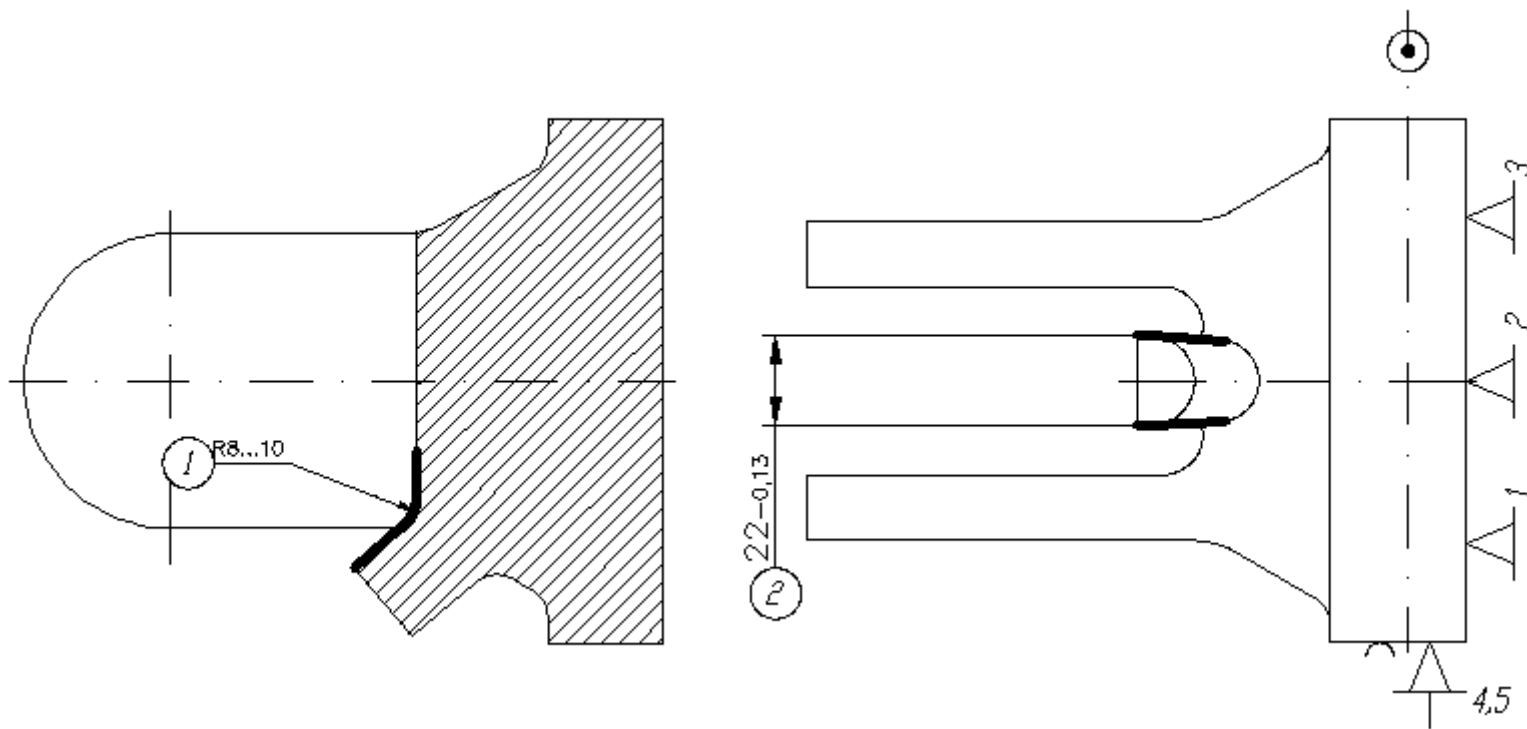


| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|---------------------------|-----------------|------------------------|-------|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
| | | | | | | | | | | | | 45 | 12 | | |
| Розробив | | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | | |
| Фрезерно-сверлильная с ЧПУ | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 035 | | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | | |
| Фрезерный-обработыв. центр EXTRON SU64 | | | | FANUC | | 142,78 | 11,34 | 12,0 | 197,87 | Blasocut | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | | |
| 01 | продолжение операции 035 | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 3. Центровать два отверстия 8, 9. | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | Сверло центровочное ТУ 2-035-835-81 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | - | - | - | - | 1 | 0,09 | 500 | 20,4 | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | 4. Сверлить два отверстия 8, 9. | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | ВД2302-0820 сверло Ø11 P9M4K8. | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | 11 | 16 | 5,5 | 1 | 0,09 | 370 | 13,7 | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 5. Зенкеровать отверстие 9. | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | ВД23201-8347 зенкер Ø11,8 P9M4K8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--|--|---------------------------|---------|------------------------|-------|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | | 45 | 13 | |
| Розробив | | | | | | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Фрезерно-сверлильная с ЧПУ | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 035 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | |
| Фрезерный-обрабатыв. центр EXTRON SU64 | | | | FANUC | | 142,78 | 11,34 | 12,0 | 197,87 | Blasocut | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Т в | Т о | |
| 01 | продолжение операции 035 | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 6. Развернуть отверстие 9. | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | Развертка Ø12 P9M4K8 ГОСТ 1672-80. | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | 12 | 16 | 0,1 | | 0,11 | 220 | 8,4 | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | 7. Расфрезеровать отверстие 8. | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | AQXR324SA32S фреза Ø32R0,8 | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | 37,7 | 16 | 13 | | 0,12 | 500 | 50 | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | В. Открепить и снять заготовку. | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| ОК | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|-----------------|---------------------|------|----------|---------|------|--|-----|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | Изм | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | 45 | 14 | | |
| Розробив | | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | Головка | | | | | | | 040 |

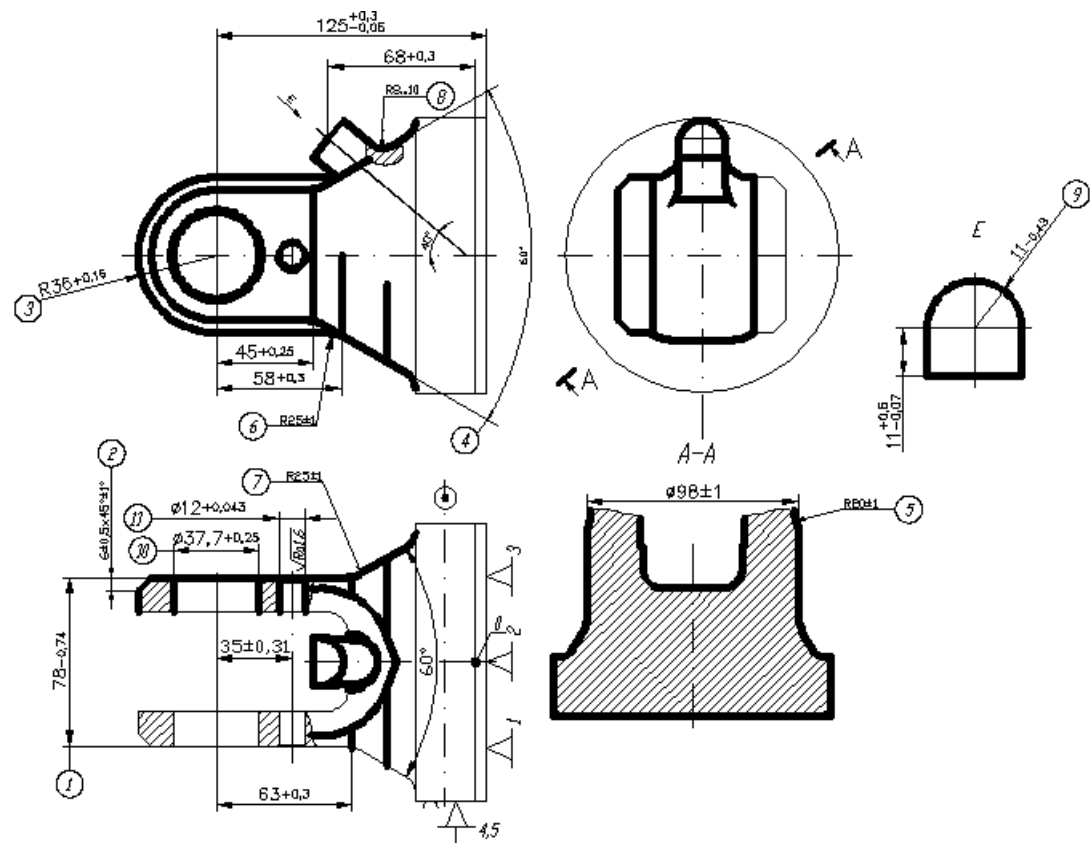
$\sqrt{Ra3,2}$



| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------|---------|------------------------|------|--------|-------------------|----------|------|----------|---------|------|----|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | | 45 | 15 | |
| Розробив | | | | | | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | | | |
| Фрезерно-сверлильная с ЧПУ | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 040 | | | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | | | |
| Фрезерный-обработыв. центр EXTRON SU64 | | FANUC | | 3,82 | 6,76 | 8,0 | 12,96 | Blasocut | | | | | | |
| Р | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | | | |
| 01 | А. Установить заготовку в приспособление цеховое и закрепить. Определить «0» точку УП и обкататься с точностью до 0,05 мм | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | 1. Фрезеровать пов. 1. | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | EFS-B4420-42C20-104 ic 900 фреза Ø20 R0,4 | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | R8 | - | - | 1 | 0,12 | 650 | 40 | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | 2. Фрезеровать рожок между ушами пов. 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | 22 | 22 | 2,8 | 1 | 0,14 | 400 | 50 | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Б. Открепить и снять заготовку. | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| ОК | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|-----------------|---------------------|------|----------|---------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | Изм | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | | | | | | 45 | 16 |
| Розробив | | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | Головка | | | | | 045 |

$\sqrt{Ra3,2}$

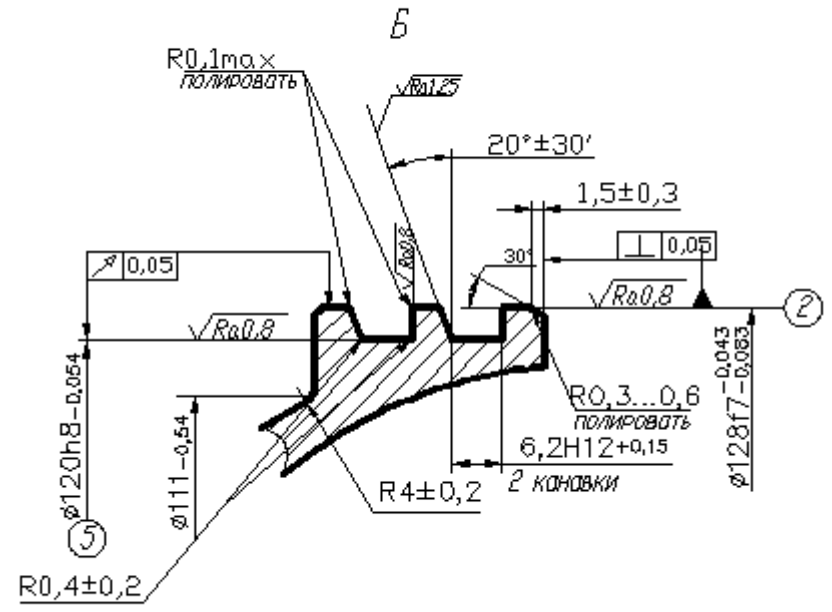
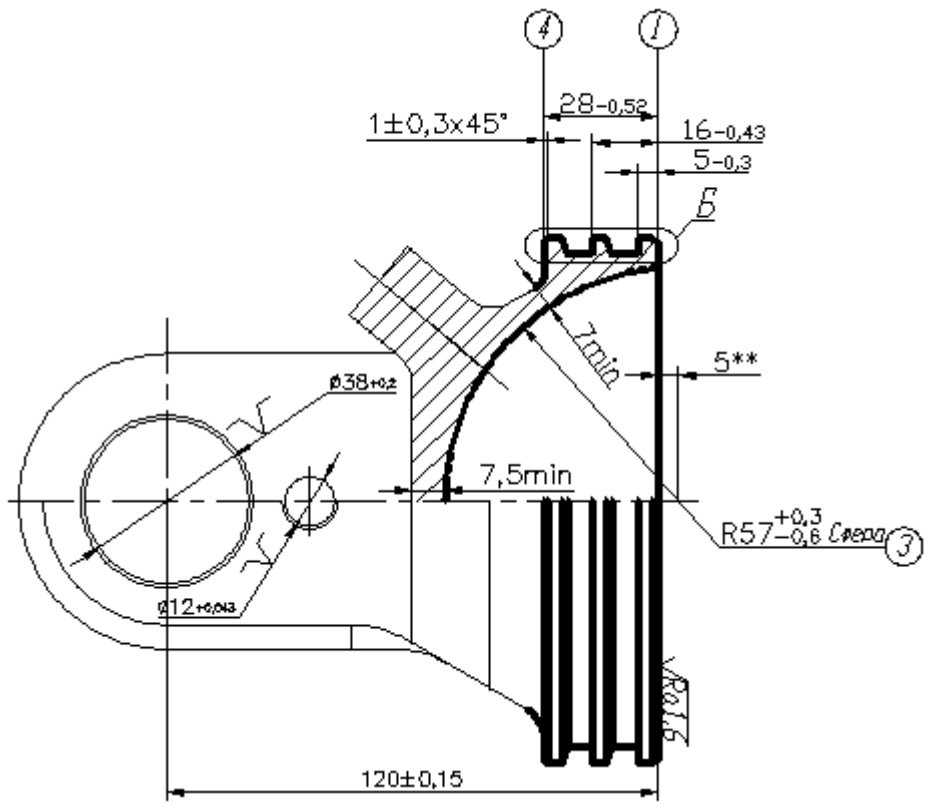


| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|-------|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 17 | |
| Розробив | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | |
| Головка | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД |
| Фрезерно-сверлильная с ЧПУ | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 045 |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | |
| Фрезерный-обработыв. центр EXTRON SU64 | | | | FANUC | | 127,36 | 10,48 | 16,0 | 173,31 | Blasocut | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Т в | Т о |
| 01 | А. Установить заготовку в приспособление цеховое и закрепить. Определить «0» точку УП и обкататься с точностью до 0,05 мм | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | 1. Фрезеровать пов. 1, пов. 1, 2, 3, 5, 6, 7. | | | | | | | | | | | | |
| 04 | BRP6PR403LS32 фреза Ø20 R6, RPMW1204 MOT пластина Ø12 | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | 40 | - | 2,0 | 1 | 1,5 | 320 | 40 | | | |
| 06 | | | | 40 | - | 0,9 | 1 | 0,14 | 450 | 55 | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | 2. Фрезеровать верхний уклон пов. 4, 8, 9 | | | | | | | | | | | | |
| 09 | TRM2200SF фреза Ø20R10; ИЕМ20С, ИДМ20Е, ТРМХ – пластины | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | 20 | - | 2,0 | 1 | 0,15 | 700 | 45 | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |
| ОК | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|---------------------------|-----------------|------------------------|-------|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
| | | | | | | | | | | | | 45 | 18 | | |
| Розробив | | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | | |
| Фрезерно-сверлильная с ЧПУ | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 045 | | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | | |
| Фрезерный-обработыв. центр EXTRON SU64 | | | | FANUC | | 127,36 | 10,48 | 16,0 | 173,31 | Blasocut | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | | |
| 01 | продолжение операции 045 | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 3. Центровать два отверстия 10, 11. | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | Сверло центровочное ТУ 2-035-835-81 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | - | - | - | 1 | 0,09 | 500 | 20,4 | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | 4. Сверлить два отверстия 10, 11. | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | ВД2302-0820 сверло Ø11 P9M4K8. | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | 11 | 16 | 5,5 | 1 | 0,09 | 370 | 13,7 | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 5. Зенкеровать отверстие 11. | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | ВД23201-8347 зенкер Ø11,8 P9M4K8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|-----------------|---------------------|------|----------|---------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | | | | | | 45 | 21 |
| Розробив | | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | Головка | | | | | 055 |

$\sqrt{Ra3,2}$ (\checkmark)



| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---------------------------|-----------------|------------------------|------|--------|-------------------|----------|----------|---------|------|--|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | | 45 | 22 | | |
| Розробив | Карпов | | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | | |
| Токарная с ЧПУ | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 055 | | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | | |
| Токарный с ЧПУ 16А20Ф3 | | | | - | | 18,99 | 2,97 | 14,0 | 23,74 | Blasocut | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Т в | Т о | | |
| 01 | А. Установить в расточенные по месту кулачки цеховое приспособление. | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | ЦП 85-70-1728 приспособление цеховое. | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | Б. Установить заготовку в приспособление и обкататься с точностью до 0,1 мм. | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | Индикатор ИЧ10 ГОСТ 577-68. | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | 1. Подрезать торец 1. | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 401.82 блок; 102-2103-0058 ВК8 резец; 2008-1118 ВК8 пластина; 2009-2104 стружколом. | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | Ø130,5 | 70 | 4,0 | 1 | 0,25 | 200 | 78,9 | | | | |
| 12 | | | | | Ø130,5 | 70 | 1,0 | 1 | 0,12 | 220 | 86,8 | | | | |
| ОК | | | | | | | | | | | | | | | |

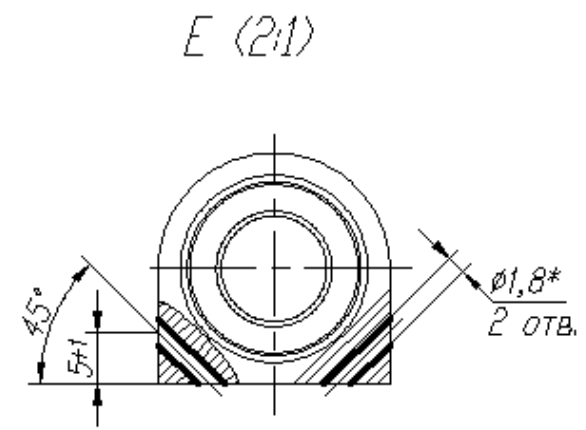
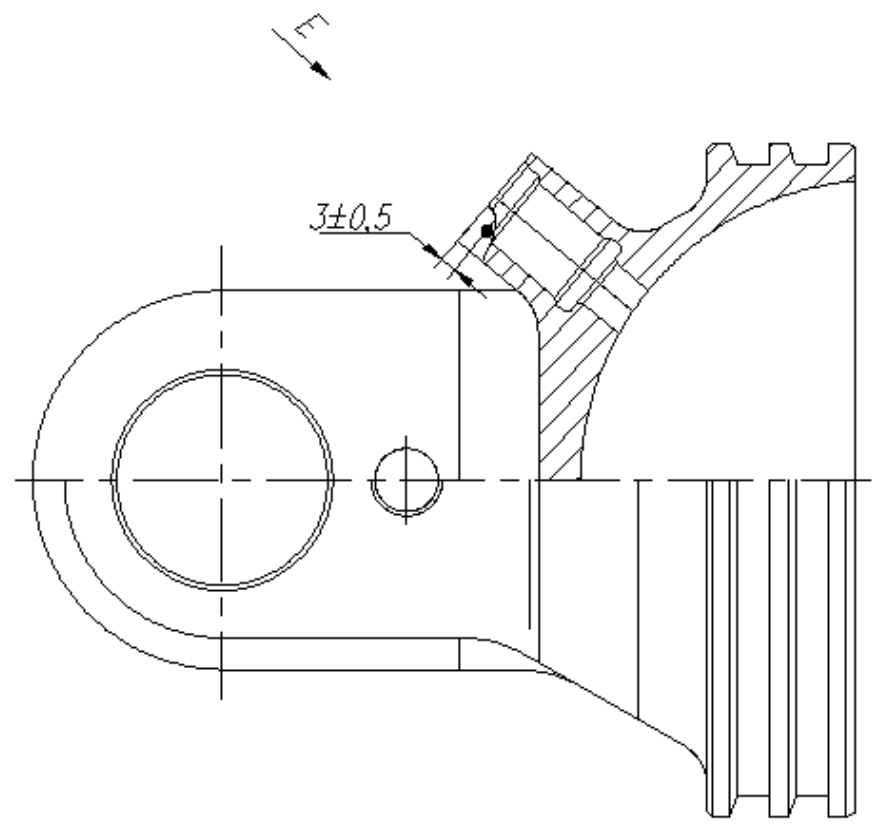
| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--|--|--|--|--|--|------|------|----------|---------|------|----|-----|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | | | 45 | 29 |
| Розробив | Карпов | | | | | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | 065 |

НТУ «ДП»

148.00.4111.001.000

Головка

$\sqrt{Ra3,2}$ (\checkmark)



| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|------|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 30 | | |
| Розробив | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Сверлильная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 065 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | |
| Вертикально-сверлильный станок 2Н125 | | | | - | | 1,92 | 4,86 | 6,0 | 7,9 | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | |
| 01 | А. Установить заготовку в тисках. | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | 1. Сверлить два контрольных отверстия $\varnothing 1,8^{+0,4}$, выдерживая размеры 5^{+1} , $<45^{\circ} \pm 2^{\circ}$. | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | Сверло 2300-0138 ГОСТ 10902-77 | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | Контроль по реж. инструменту | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | Ø1,8 | 5 | 0,9 | 1 | 0,015 | 2857 | 18 | | | |
| 07 | Б. Открепить и снять деталь. | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|----|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 31 | | |
| Разработчик | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Проверил | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Слесарная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 070 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт.. | СОЖ | | | | |
| Верстак | | | | - | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | |
| 01 | 1. Зачистить заусеницы, притупить острые кромки радиусом 1 мм. | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | Напильник; шабер; пневмомашинка ПМ 34-150М; набор шарошек; очки защитные; респиратор типа «Лепесток». | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|----|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 32 | | |
| Разработчик | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Проверил | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Маркировочная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 075 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | |
| Верстак | | | | — | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Т в | Т о | |
| 01 | 1. Маркировать на бирке: | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | — чертежный номер детали; | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | — заводской номер детали; | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | — марку материала. | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| ОК | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|---|------|------|-------------------|---------|-------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 33 | | | |
| Розробив | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Моечная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 080 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | | Тв | | Т п.з. | | Т шт. | | СОЖ | |
| | | | | - | | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | | |
| 01 | 1. Обезжирить детали методом протирки согласно инструкции | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|---|------|------|-------------------|---------|--------|-------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 34 | | |
| Разработчик | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Проверил | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД |
| ЛЮМ-контроль | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 090 |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | | Тв | | Т п.з. | | Т шт.. | | СОЖ |
| | | | | - | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | |
| 01 | 1. Произвести люминесцентный контроль | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | Люменесцентный дефектоскоп | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | |

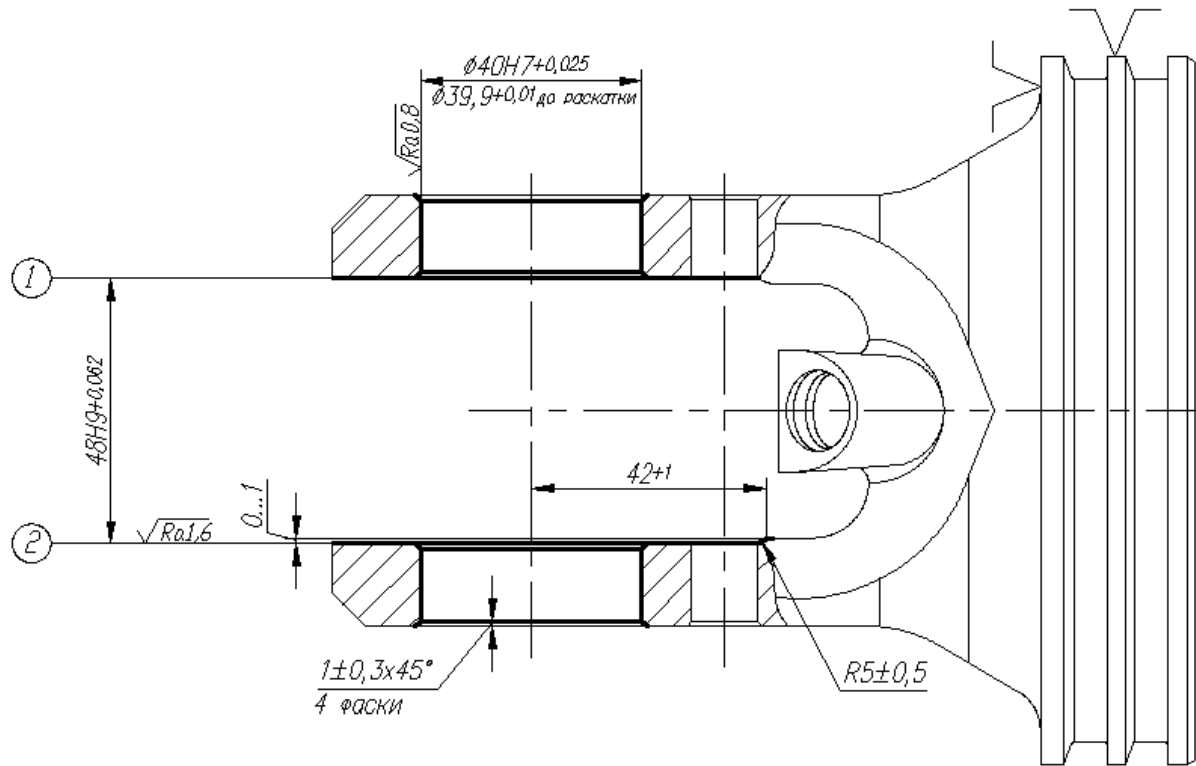
| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--|--|--|--|--|--|------|------|----------|---------|------|----|-----|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | | 45 | 35 | |
| Розробив | Карпов | | | | | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | 095 |

НТУ «ДП»

148.00.4111.001.000

Головка

$\sqrt{Ra3,2}$ ($\sqrt{\quad}$)



| | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|------|------|----------|---------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | | | | | | 45 | 36 |

Таблица 1 – Режимы раскатки

| Номер детали | Номер кольца-свидетеля | Материал | Диаметр под раскатку, Др, мм | Шероховатость поверхности под раскатку | Режимы раскатывания | | | | | Диаметр после раскатки, D, мм | Шероховатость после раскатки |
|---------------------|------------------------|----------|------------------------------|--|---------------------|------------------|--------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | | | | Натяг | | Скорость, V, м/мин | Подача, S, мм/об | Число оборотов, n, об/мин | | |
| | | | | | I проход, q, мм | II проход, q, мм | | | | | |
| 148.00.4111.001.000 | 70.7091.6435.022.001 | BT22 | 39.99 ^{+0,01} | Ra 1,6 | 0,08 | 0,02 | 20÷30 | 0,15÷0,2 | 159÷239 | 40H7 ^{+0,025} | Ra 0,8 |

а) перевод оборотной подачи в минутную по формуле:

$$S_{мин} = S_{об} \cdot n = \frac{мм}{об} \cdot \frac{об}{мин} = \frac{мм}{мин}$$

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|----|--------|--------|-------------------|---------|------|-------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 40 | | |
| Разработчик | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Проверил | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД |
| Слесарная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 100 |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт.. | СОЖ | | | | |
| Верстак | | | | - | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | |
| 01 | 1. Удалить наплывы на фасках на Ø40H7 до восстановления правильной формы фасок. На обработанных поверхностях скруглить острые | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | кромки согласно ТТ чертежа. | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | Шкурка полировальная | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|----|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 41 | | |
| Розробив | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Моечная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 105 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт.. | СОЖ | | | | |
| | | | | - | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | |
| 01 | 1. Обезжирить детали методом протирки согласно инструкции | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|---------------------------|--|--|---|------------------------|--|----|-------------------|------------------------|--|-----------|-------|----------|---------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | | | | | | | Изм | Лист | № докум. | Подпись | Дата | |
| | | | | | | | | | | | | | | Листов 45 | | Лист 42 | | | |
| Разраб. | Карпов | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н.контр | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | | | Твёрдость | | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | | | |
| Контрольная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | | | $\sigma_B=1078...1274$ | | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 110 | | | |
| № пер. | Содержание перехода | | | | | | Измерительный инструмент, приспособления | | | | % контроля | Особые указания | | | | | | | |
| | Стол БТК | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | Проверить детали внешним осмотром на отсутствие механических повреждений. | | | | | | | | | | 100% | | | | | | | | |
| 2. | Проверить полноту и правильность оформления МТП. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | Проверить наличие и правильность маркировки. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | Проверить раз меры: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 42 ⁺¹ | | | | | | Шаблон цеховой ЦП-85-80-1769 | | | | | | | | | | | | |
| | 0...1 | | | | | | — » — | | | | | | | | | | | | |
| | R5±0,5 | | | | | | Радиусомер ВД 83813-707 | | | | | | | | | | | | |
| ОКТК | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

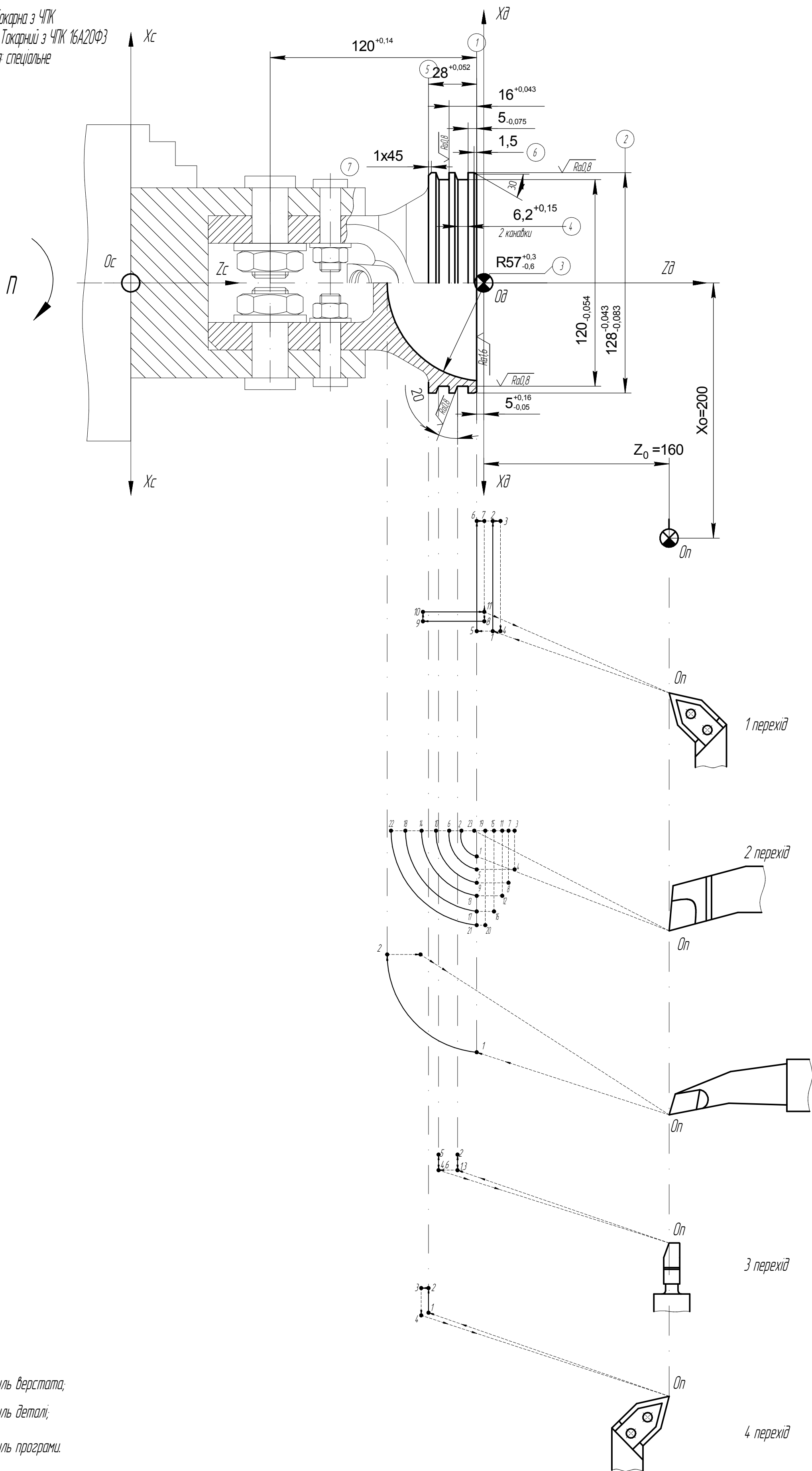
| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|----|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 44 | | |
| Розробив | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | Головка | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Упаковочная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 115 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт.. | СОЖ | | | | |
| | | | | — | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | |
| 01 | 1. Уложить детали в тару. | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| ОК | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------------------|--|--|---------------------------|---------------------|------------------------|----|--------|-------------------|----------|---------|-------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | |
| Подл. | | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | | | | | 45 | 45 | | |
| Розробив | Карпов | | | НТУ «ДП» | 148.00.4111.001.000 | | | | | | | | | |
| Перевірів | | | | | | | | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | Головка | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Транспортировочная | | | | Сплав ВТ22 ОСТ 1 90266-86 | | $\sigma_B=1078...1274$ | кг | 1,77 | Ø 135x166 | | | 4,905 | 120 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | То | Тв | Т п.з. | Т шт. | СОЖ | | | | |
| Эл. кара | | | | — | | | | | | | | | | |
| Р | | | | ПИ | Д или В | L | t | i | S | n | V | Тв | То | |
| 01 | 1. Отправить детали по маршруту. | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | |

Додаток Г

√ Ra3,2

Операція 070 Токарна з ЧПК
Устаткування: Токарний з ЧПК 16A20Ф3
Прийомлення спеціальне



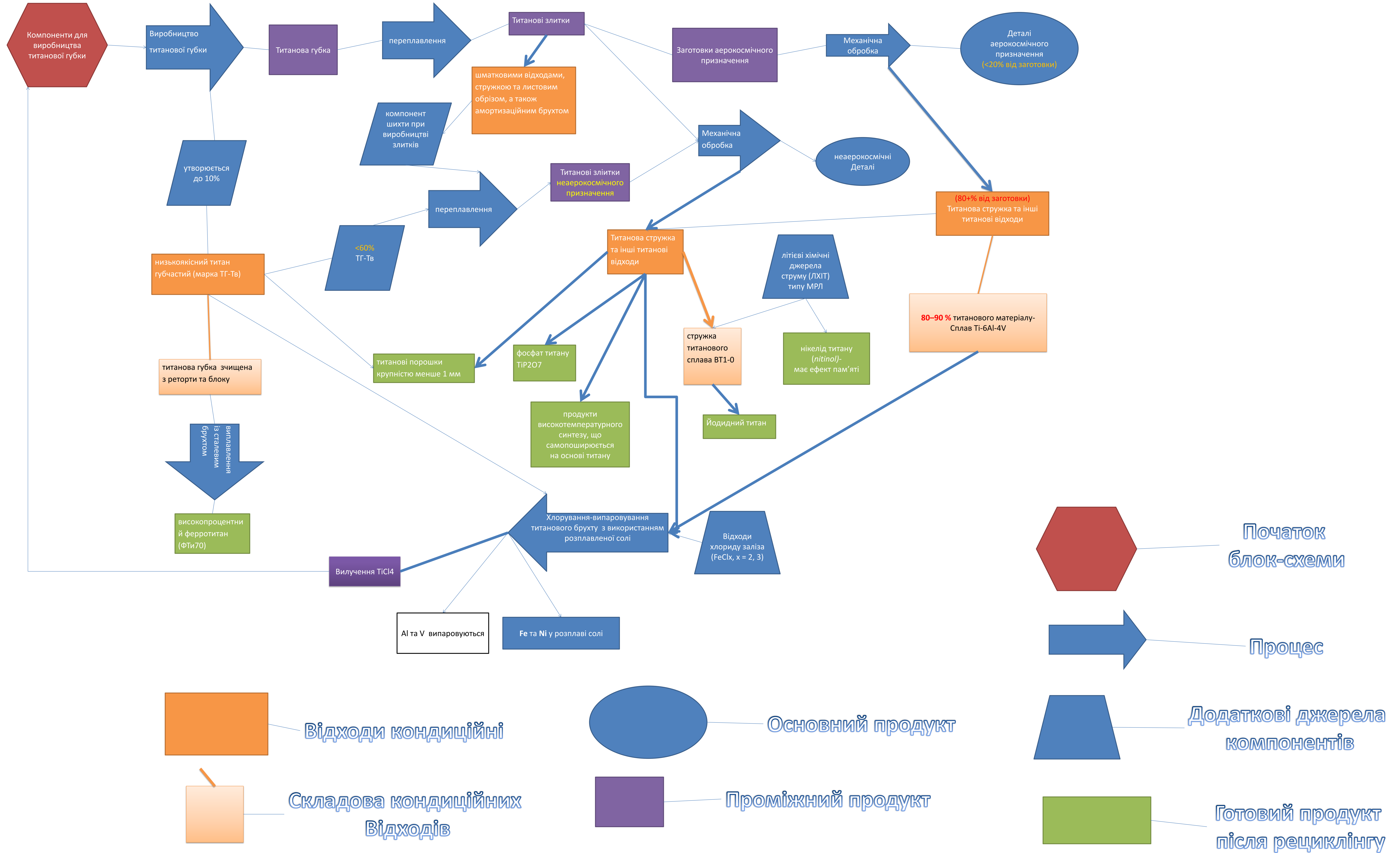
- - нуль верстата;
- ⊗ - нуль деталі;
- ⊗ - нуль програми.

| N пер. | Різальний інструмент | f мм | S мм/об | V м/мин | n об/хв | T _о хв | T _{шт} хв |
|--------|---|---------|------------|------------|------------|----------------------|-----------------------|
| 4 | Різець 2103-0696 ГОСТ 20872-80 | 1,0 | 0,12 | 86,8 | 220 | 18,99 | 23,74 |
| | | 4,0 | 0,25 | 78,9 | 180 | | |
| | | 4,0 | 0,12 | 83,25 | 220 | | |
| | | 4,0 | 0,12 | 83,25 | 220 | | |
| 3 | Різець В021330-4.112 ВК8 | - | 0,12 | 92,4 | 250 | 18,99 | 23,74 |
| | | - | 0,25 | 67,2 | 160 | | |
| 2 | Різець 214-0554 ВК8 ГОСТ 18873-73 Різець 214-003 ВК8 ГОСТ 18883-73 | 0,2 | 0,09 | 98,76 | 250 | 18,99 | 23,74 |
| | | 0,8 | 0,12 | 87,4 | 220 | | |
| | | 1,0 | 0,12 | 86,8 | 220 | | |
| | | 4,0 | 0,25 | 78,9 | 200 | | |
| N пер. | Різальний інструмент | f мм | S мм/об | V м/мин | n об/хв | T _о хв | T _{шт} хв |

| ТМЗ.ОНПМ.131.22.03.ГМ1 | | | | |
|--|-------------|----------|-------|------|
| Зам. | Лист | N докум. | Ліст. | Дата |
| Разроб. | Карпов А.О. | Л.В.С. | | |
| Перев. | Пачера С.Т. | | | |
| Технпр. | | | | |
| Нконтр. | | | | |
| Затв. | Прошив В.В. | | | |
| Налаштування технологічної Головки Гідроциліндра | | | | |
| Лист 1 | | Листів 1 | | |
| НТУ "ДП" Група 131М-20+1 | | | | |

Голова проекту
Сторінка
Лист і дата
Мод. N докум.
Варіант
Лист і дата
Мод. N докум.

Додаток Д. Запропонована алгоритмічна блок-схема рециклінгу титану у галузі



Додаток Е

| | | Позначення | Найменування | Кіл. аркуш | Примітки |
|----------|------|--------------------------|------------------------------|------------------------|--|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | <u>Документація</u> | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | A4 | ТММЗ.ОНПМ.131.22.03.ПЗ | Пояснювальна записка | 79 | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | <u>Графічні матеріали</u> | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | A1 | ТММЗ.ОНПМ.131.22.03.ТК.1 | Кресленик деталі | 1 | Додаток А |
| 12 | A2 | ТММЗ.ОНПМ.131.22.03.ТК.2 | Кресленик Заготовки | 1 | Додаток Б |
| 13 | A4 | ТММЗ.ОНПМ.131.22.03.ТД | Технологічна документація | 45 | Додаток В |
| 14 | A2 | ТММЗ.ОНПМ.131.22.03.ГМ1 | Налаштування технологічні | 1 | Додаток Г |
| 15 | A0 | ТММЗ.ОНПМ.131.22.03.ГМ2 | Блок-схема рециклінгу титану | 1 | Додаток Д |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| | | | | ТММЗ.ОНПМ.131.22.03.СП | |
| Зм. | Арк. | № Докум. | Підпис | Дата | |
| Розроб. | | Карпов А.О. | | | Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи |
| Керівник | | Пацера С.Т. | | | |
| Н.контр. | | | | | НТУ «ДП» |
| Затв. | | Процив В.В. | | | |
| | | | | | Літ |
| | | | | | Аркуш |
| | | | | | Аркушів |
| | | | | | 1 |

ВІДГУК

керівника випускної кваліфікаційної роботи магістра
Карпова Анатолія Олексійовича

Випускна кваліфікаційна робота здобувача Карпова Анатолія Олексійовича виконана на актуальну тему «Принципи кругової економіки при моделюванні технології виготовлення деталі «Головка гідроциліндру»».

Завдання на кваліфікаційну роботу пов'язано з об'єктом діяльності магістра наукового, а саме з наскрізним інжинірингом машинобудівного виробництва.

Досягнуто достатньо високий технічний рівень проєктних рішень в результаті застосування сучасного верстату з ЧПК в поєднанні з прогресивними різальними інструментами із твердих сплавів. .

Виконана Карповим А.О. кваліфікаційна робота може бути оцінена по розділам на відповідність вимогам стандартам вищої освіти та складовим опису кваліфікаційного рівня наступним чином:

1) 92 бали за аналітичний розділ, що містить аналізи конструктивних та технологічних особливостей деталі, технологічності конструкції та застосованого матеріалу (титанового сплава ВТ 22).

2) 95 балів за технологічний розділ, в якому виконано проєкт технології обробки деталі «Головка гідроциліндру», і де здобувач показав предметні компетентності – здатності здійснювати раціональний вибір технологічного обладнання, комплектацію технологічної системи.

3) 89 балів заслуговує науково-дослідницький розділ, в якому проведено аналіз методів вирішення проблем кругової економіки стосовно технології виготовлення деталі «Головка гідроциліндру»

На 90 балів оцінена якість оформлення та на 94 балів комплексність роботи.

У цілому оцінюю кваліфікаційну роботу на 92 бали (відмінно).

Керівник кваліфікаційної роботи
канд. техн. наук, професор кафедри ТММЗ



(Пацера С.Т.)

11 червня 2022 р.