

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Розроблення технології виготовлення

корпуса ССТ-07.00.101 з дослідженням способів зміцнення

швидкоріжучих пластин

Виконав (ла): студент (ка) VI курсу, групи МПм-61
спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Костриба Б.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Комар Р.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ткаченко І.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Окіпний І.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кострибі Богдану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення
корпуса ССТ-07.00.101 з дослідженням способів зміцнення
швидкоріжучих пластин

Керівник роботи Комар Роман Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2024 року № 4/7-1096

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі, технічні умови на виготовлення;
річна програма випуску $N = 7000$ шт.; базовий технологічний процес виготовлення;
базова література по об'єкту дослідження

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Результати наукових досліджень (2 арк. А1).

Складальні креслення пристроїв для механічної обробки (4 арк. А1).

Схеми інструментальних налагоджень на операції механічної обробки (1 арк. А1).

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання *15 листопада 2024 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Костриба Б.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Комар Р.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу	2
Реферат	4
Вступ	5
1 Аналітична частина	6
1.1 Інформативний аналіз тематики роботи	6
1.2 Способи вирішення виявлених проблем	14
1.3 Визначення завдань кваліфікаційної роботи	19
2 Науково-дослідна частина	20
2.1 Опис досліджуваного об'єкту	20
2.2 Оброблення інформації досліджень	24
2.3 Аналіз результатів та формування висновків досліджень	29
3 Технологічно-конструкторська частина	31
3.1 Службова характеристика об'єкту виробництва	31
3.2 Аналіз технологічності виробу і процесу його обробки	34
3.3 Вибір способу одержання заготовки	38
3.4 Вибір технологічних баз та маршруту оброблення деталі	41
3.5 Вибір режимів оброблення деталі та норм часу	46
3.6 Встановлення кількості обладнання	49
3.7 Розробка спеціальної оснастки	51
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	58
Висновки	63
Перелік посилань	64
Додатки	66

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: «Розроблення технології виготовлення корпусу ССТ-07.00.101 з дослідженням способів зміцнення швидкоріжучих пластин».

Актуальність. Сучасна металообробка передбачає застосування високих швидкостей обробки. Це спричинено підвищенням вимог до якості обробки та зниження виробничих затрат. Для досягнення цієї мети ріжучий інструмент повинен мати високі стійкість і надійність, жорсткість і ремонтпридатність. Інакше дотримання стабільності обробки, розмірів та високої якості виробів є проблематичним через швидке зношення ріжучого інструменту. Зношування ріжучого інструменту характеризується, передусім, зносом ріжучих пластин, так як вони сприймають основне навантаження в процесі обробки.

Мета і завдання. Проаналізувати причини і види зношення швидкоріжучих пластин і способи їх зміцнення, дослідити умови оброблення пластинами із нанесеним зміцнюючим покриттям і без нього; встановити умови зношування і стійкості швидкорізальних пластин із нанесеним алмазоподібним (DLC) покриттям.

Практичне значення. Зведено експериментальні дані і на основі графічного дослідження проаналізовано умови і причини зношування швидкорізальних пластин із нанесеним алмазоподібним (DLC) покриттям і запропоновано заходи вирішення проблеми. Розроблено технологію виготовлення корпусної деталі, типу ССТ-07.00.101, з призначенням усіх необхідних режимів обробки, норм часу та вибором основного і додаткового оснащення.

Апробовано на XIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 2024 р. [1].

ВСТУП

Збільшення терміну експлуатації та зносостійкості інструменту є важливим завданням будь-якого виробництва. Вирішення цього завдання сприяє значному збільшенню довговічності інструменту і забезпечує економію дорогих і дефіцитних матеріалів, енергії, трудових ресурсів і, найважливіше, збереження високої якості виробів, що випускаються.

Розвиток техніки та науки диктує незворотність створення та впровадження у промисловість нових конструкційних матеріалів, що мають підвищені фізико-хімічні та експлуатаційні властивості, а також застосування сучасних методів поверхневого зміцнення виробів. Створення твердих сплавів, металокераміки та впровадження надтвердих обробних матеріалів дозволило частково вирішити завдання, що виникають у процесі виготовлення деталей.

Один з найбільш перспективних напрямків підвищення надійності і довговічності інструменту, що зношується – це зміцнення робочих поверхонь за рахунок створення поверхневих шарів з більш високими механічними і триботехнічними показниками. До таких належать технології поверхневого зміцнення виробів методами іонної хіміко-термічної обробки. Застосування сучасної технології зміцнення дозволяє багаторазово збільшити зносостійкість та експлуатаційний термін різального, штампо-пресового та іншого інструменту, що доведено виробничими випробуваннями.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Інформативний аналіз тематики роботи

Сучасна металообробка розвивається шляхом підвищення швидкості різання і якості обробки. Це зумовлено підвищенням вимог до якості обробки та можливого зниження витрат на виготовлення деталей. Для досягнення таких цілей різальний інструмент повинен відповідати певним вимогам: підвищеної стійкості та надійності, жорсткості та іншим показникам. В іншому випадку не можна забезпечити стабільність розмірів та високу якість роботи за встановленою програмою через знос ріжучого інструменту.

Зношування ріжучого інструменту представлено в основному зносом ріжучих пластин, так як основне навантаження сприймають саме вони.

Процес руйнування пластини і його негативний вплив на виробниче обладнання пов'язане з тим, що зона різання, в якій працює інструмент, характеризується високою хімічною чистотою поверхонь, що труться, високими температурою і тиском в зоні контакту.

Знос, якщо з ним не боротися, призведе до неточної обробки та низької продуктивності. Велика різноманітність методів діагностики зношування інструменту дозволяє на ранньому етапі визначити основні причини руйнування. Без цих важливих операцій неможливо визначити причину руйнування пластини. Існуючі методи контролю стану ріжучих пластин можна розділити на 2 типи: прямі та непрямі [2].

Розрізняють наступні основні механізми зношування пластин [3, 4]:

- абразивне зношування полягає в наступному: стружка впроваджується в робочу поверхню пластини і шляхом мікроподряпин видаляє метал з цієї поверхні. Інтенсивність абразивного зношування підвищується при зниженні швидкості різання;

- адгезійний знос відбувається в результаті схоплювання або прилипання поверхонь, які контактують тертям і подальшого відриву дрібних частинок

матеріалу інструменту. Адгезійне зношування зменшується при підвищенні твердості пластин;

- дифузійне зношування є результатом взаємного розчинення металу деталі та матеріалу інструменту. Активність процесу розчинення підвищується у разі підвищення температури контактного шару, тобто у разі зростання швидкості різання;

- окисне (хімічне) зношування також є результатом впливу високих температур і тиску, але, на відміну від дифузійного процесу, цей процес потребує доступу повітря. Зазвичай він відбувається там, де ріжуча кромка тільки починає контактувати із зовнішньою частиною припуску, що знімається, а в цю зону повітря, як правило, має вільний доступ. Окислювальне зношування зазвичай призводить до утворення глибокої виїмки на тій частині ріжучої кромки, яка контактує із зовнішньою частиною матеріалу заготовки, що знімається;

- втомне зношування спостерігається, якщо різальний матеріал не витримує коливань температури спільно зі змінами навантаження, що призводить до утворення тріщин і руйнування ріжучої кромки. Неправильне застосування охолодження, коли ріжуча кромка нагрівається, перебуваючи в зоні різання, то охолоджується поза нею, призводить до підвищення втомного зношування.

Характер зносу ріжучої пластини, тобто розподіл його за робочими поверхнями, залежить від багатьох конкретних умов, у яких проводиться різання. Визначено такі основні типи зношування пластин:

1. Зношування по задній поверхні. Природне зношування пластини відбувається при обробці будь-яких видів матеріалів. Природний знос по задній поверхні є найбільш очікуваним механізмом зносу, оскільки його найлегше передбачити. Зношування по задній поверхні відбувається рівномірно по всій довжині ріжучої кромки при терті матеріалу заготовки про ріжучу кромку; цей процес схожий із затупленням леза ножа (рис. 1.1).

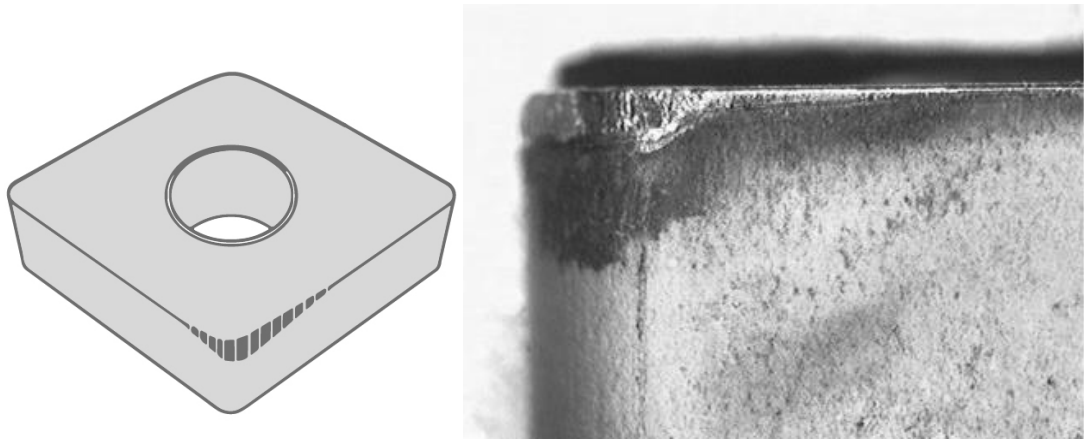


Рисунок 1.1 – Зношення швидкоріжучої пластини по задній поверхні

Природне зношування по задній поверхні починається, коли тверді мікроскопічні включення або наклепаний матеріал заготовки вриваються в пластину. Причинами такого зносу можуть бути тертя при низьких швидкостях різання та хімічні реакції між матеріалами при високих швидкостях різання. Природний знос по задній поверхні визначається відносно рівномірним слідом зношування, що утворюється вздовж ріжучої кромки пластини. Іноді метал від заготовки напаровується на ріжучу кромку, візуально збільшуючи справжній розмір зношування сліду на пластині.

З іншого боку, швидке зношування по задній поверхні небажане, тому що він скорочує термін служби інструменту і за його наявності неможливо забезпечити стійкість в межах 15 хвилин.

Швидке зношування по задній поверхні відбувається при різанні абразивних матеріалів, таких як ковкий чавун, кремній-алюмінієві сплави, жароміцні сплави, дисперсійно-твердіючі марки нержавіючої сталі після термічної обробки, сплави міді з берилієм і сплави карбіду вольфраму, а також скловолокна, епоксидної смоли, армованої пластмаси та кераміки.

2. Лункоутворення. Такі зношення зазвичай виникають при високошвидкісній обробці чавуну або титанових сплавів, утворюються лунки в результаті нагрівання або хімічної реакції, при яких пластина фактично розчиняється в стружці від заготовки (рис. 1.2).

До утворення лунок на пластинах призводить поєднання дифузії та абразивного зношування. У разі обробки чавуну і титанових сплавів, тепло стружки від заготівлі викликає розчинення і дифузію частинок карбіду вольфраму в стружці; таким чином, утворюється лунка у верхній частині пластини. З часом лунка може стати досить великою для того, щоб викликати фарбування задньої поверхні пластини, деформувати її або призвести до швидкого зношування по задній поверхні.

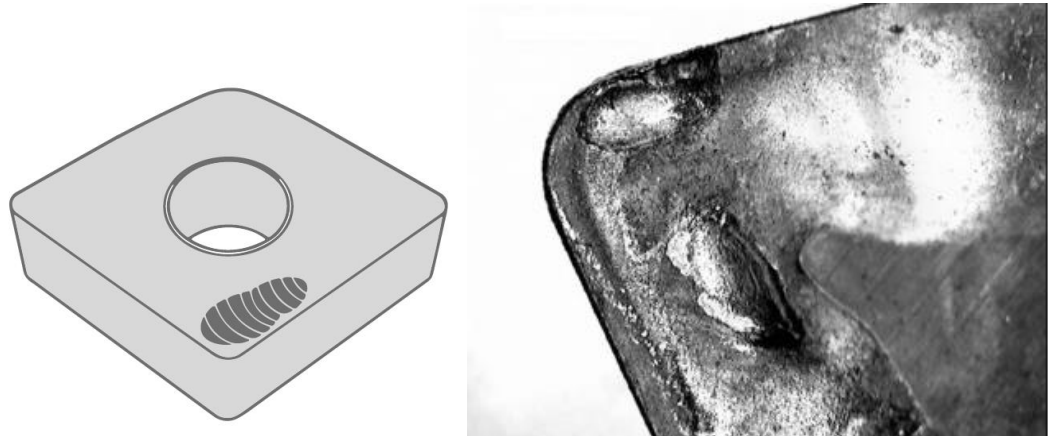


Рисунок 1.2 – Зношення швидкоріжучої пластини у вигляді лункоутворень

3. Нарости на ріжучій кромці. Нарости на ріжучих кромках утворюються, коли фрагменти заготовки під тиском приварюються до ріжучої кромки пластини. Це відбувається через хімічну схожість матеріалів пластини та заготівлі, високого тиску обробки та значної температури в зоні різання. Наріст на кромці може відламатися в будь-який час (іноді з частиною пластини), що призводить до викришування та швидкого зношування по задній поверхні (рис. 1.3). Як правило, механізм руйнування запускається при роботі з в'язкими матеріалами, жароміцними сплавами, нержавіючими сталями та кольоровими металами, а також при малих швидкостях обробки, нарізанні різьблення та свердлінні. Нарости на ріжучих кромках можна визначити за нехарактерними змінами розміру частинок або шорсткості, а також блискучим матеріалом у верхній частині або на задній поверхні кромки пластини.

Утворення наростів на ріжучій кромці можна контролювати шляхом збільшення швидкості різання та подачі, а також використання пластин з покриттям з титану нітриду (TiN) і правильної подачі мастильно-охолоджувальних рідин. Крім цього рекомендується застосовувати пластини з більш рівними поверхнями або геометріями, що знижують зусилля обробки.

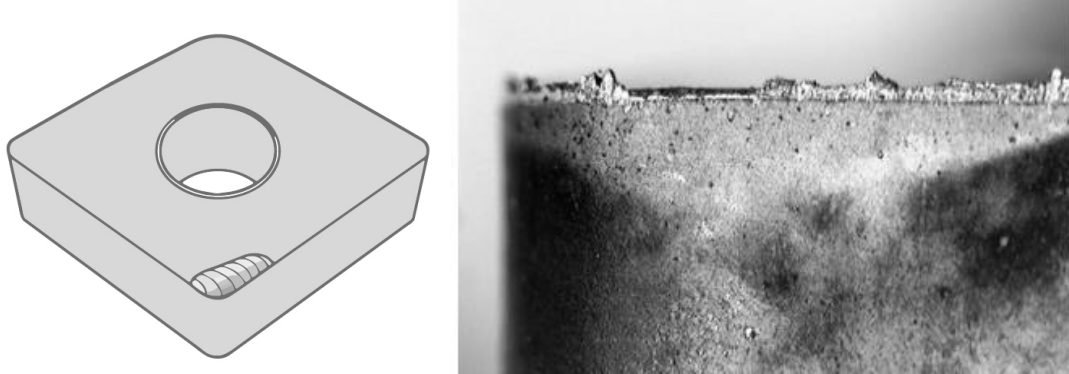


Рисунок 1.3 – Зношення швидкоріжучої пластини у вигляді нарості на ріжучій кромці

4. Викришування. Даний процес відбувається внаслідок механічної нестабільності через відсутність жорстких налаштувань, поганих підшипників або зношених шпинделів, твердих ділянок в оброблюваному матеріалі або через переривчасте різання. Іноді таке руйнування виникає у процесах, котрим воно нехарактерно, наприклад, під час обробки пористих металокерамічних матеріалів. У цьому процесі тверді включення на поверхні матеріалу розрізаються і переривчасте різання призводить до концентрації напруги в певних ділянках і спричиняє викришування швидкорізальної пластини (рис. 1.4). При цьому типі руйнування сліди викришування чітко помітні по всій довжині ріжучої кромки. Даному явищу можна запобігти, якщо забезпечити правильне встановлення інструменту, звести до мінімуму пригин (забезпечити жорсткість інструменту), контролювати утворення наростів на кромках, використовувати хонінговані пластини, а також пластини з більш міцних сплавів або з посиленою геометрією ріжучої кромки [5, 6].

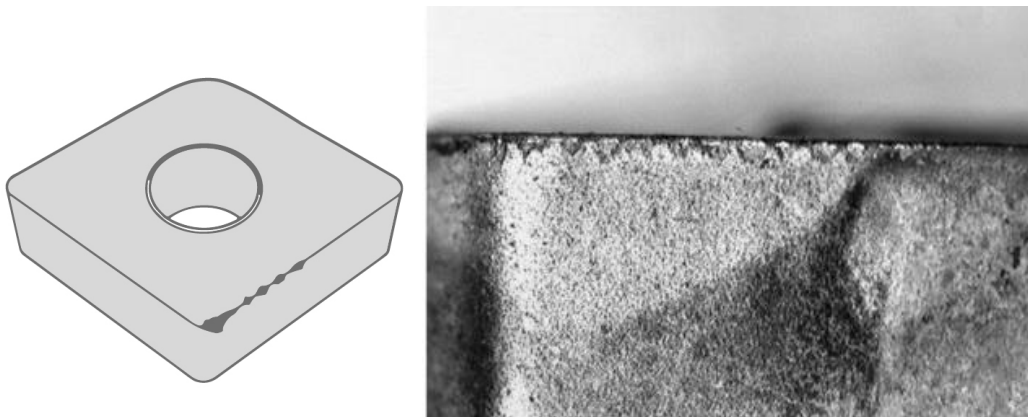


Рисунок 1.4 – Зношення швидкоріжучої пластини у вигляді викришування

5. Тепломеханічне пошкодження. Тепломеханічне пошкодження пластини відбувається при комбінації різких коливань температури та механічного удару. Під дією напруги вздовж кромки пластини з'являються тріщини, через що з часом фрагменти твердого сплаву можуть випадати, а пластини стають більш схильними до викришування (рис. 1.5).

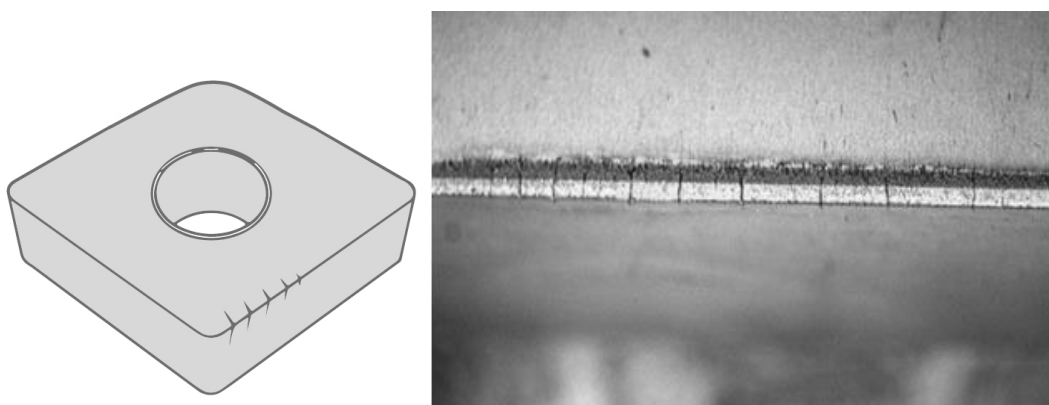


Рисунок 1.5 – Зношення швидкоріжучої пластини під дією теплохімічного пошкодження

Тепломеханічні пошкодження найчастіше спостерігаються при фрезеруванні та іноді при токарній обробці з переривчастим різанням, торцевому фрезеруванні більшості деталей та виконанні операцій з переривчастою подачею мастильних рідин. Ознаками тепломеханічного пошкодження пластини є численні тріщини, що йдуть перпендикулярно

ріжучій кромці. Дуже важливо ідентифікувати це пошкодження до того, як розпочнеться викришування пластини.

Запобігти утворенню тріщин можна, якщо правильно застосовувати змащувально-охолоджувальні рідини або, по можливості, виключити її із процесу механічної обробки. Слід надавати перевагу пластинам з більш ударостійких сплавів і пластинам з геометрією, що знижує тепловиділення, а також зменшувати швидкість подачі.

6. Деформація кромки. Деформація ріжучої кромки спричинюється через надмірне нагрівання у поєднанні з механічним навантаженням. Надмірне нагрівання часто виникає при високій швидкості і подачі або при обробці твердих сталей, наклепаних металів і жароміцних сплавів (рис. 1.6).

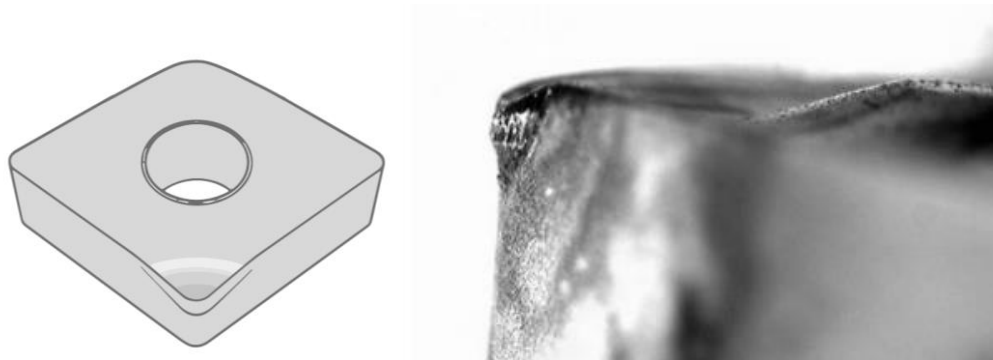


Рисунок 1.6 – Зношення швидкоріжучої пластини у вигляді її деформації

Надмірне нагрівання призводить до розм'якшення кобальту або сполучного твердого сплаву пластини. Механічне навантаження виникає, коли через тиск пластини на заготовку пластини деформується або згинається на кінці, що може призвести до відламування кромки пластини, швидкого зношування по задній поверхні.

Про деформацію кромки можуть свідчити зміна форми ріжучої кромки та розмірів готової деталі, що не відповідають технічним характеристикам. Деформацію ріжучої кромки можна контролювати, якщо правильно застосовувати мастильні речовини, використовувати більш зносостійкі пластини, а також якщо зменшити швидкість обробки та подачі або ж використовувати пластини з геометрією для зниження ріжучого зусилля.

7. Утворення канавок (зазубрин).

Канавки утворюються, коли поверхня заготовки з абразивного матеріалу обдирає або викришує ріжучий інструмент на рівні глибини різання. Борозни можуть формуватися при обробці литих, окислених, наклепаних поверхонь або поверхонь неправильної форми. Оскільки абразивний вплив є основною причиною утворення канавок, у схильних до цього процесу зонах пластина може викришуватися. Смуга на пластині на рівні глибини різання зазнає напружень, що робить пластину менш стійкою до навантажень (рис. 1.7).

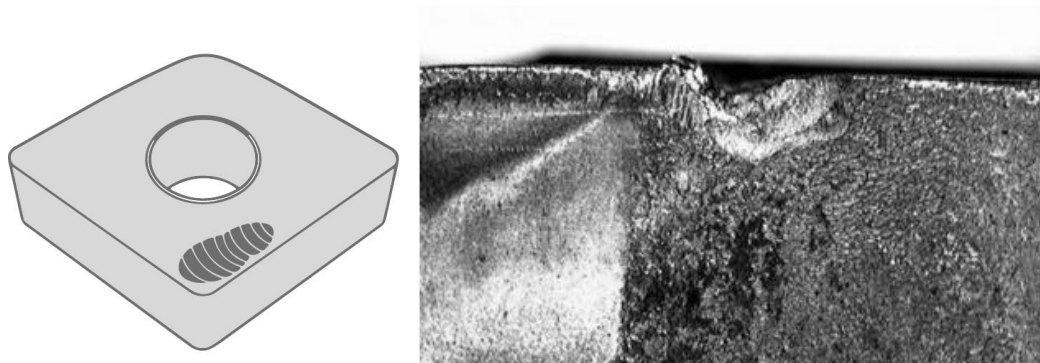


Рисунок 1.7 – Зношення швидкоріжучої пластини у вигляді утворення канавок, зазубрин

Дане руйнування стає помітним, коли канавки та сліди викришування з'являються в зоні глибини різання на пластині. Щоб запобігти утворенню канавки, важливо змінювати глибину різання при обробці в кілька проходів, використовувати інструмент з великим західним кутом, збільшувати швидкість різання при обробці жароміцних сплавів, знижувати швидкість подачі, обережно збільшувати хон у глибині зони різання і запобігати утворенню наростів на кромках, особливо при обробці нержавіючої сталі та жароміцних сплавів.

8. Механічне руйнування. Дане явище відбувається, коли зовнішнє зусилля перевищує внутрішній запас міцності ріжучої кромки пластини. Будь-які з перерахованих вище руйнувань можуть сприяти механічному руйнуванню пластини (рис. 1.8).

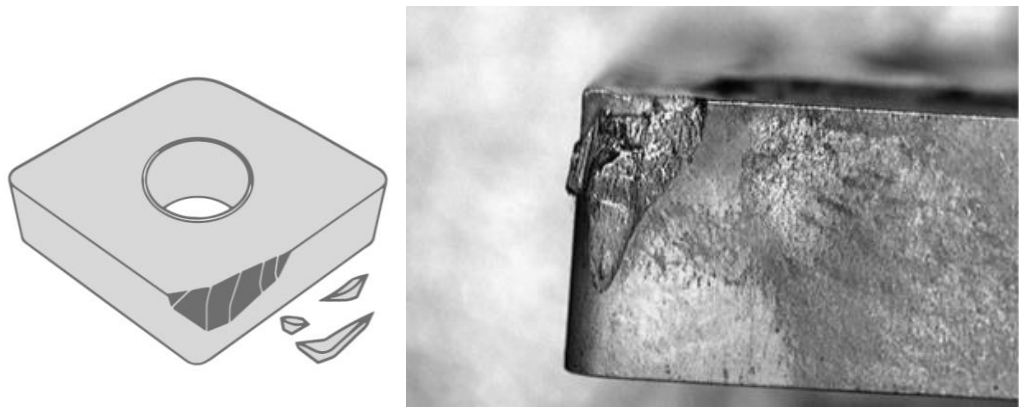


Рисунок 1.8 – Механічне руйнування швидкоріжучої пластини

Запобігти механічному руйнуванню пластини можливо, якщо усунути зазначені раніше руйнування, крім природного зносу по задній поверхні. Для цього необхідно використовувати пластини з більш ударостійких сплавів, вибирати пластини з посиленою геометрією, застосовувати пластини більшої товщини, знижувати швидкість подачі або глибину різання, змінювати жорсткість установки та перевіряти заготовку на наявність твердих включень або ділянок, що важко обробляються.

Врахування вище наведених типів руйнування пластин та методів їхнього аналізу у технологічних процесах механічного оброблення забезпечить численні переваги: зростання продуктивності, збільшення терміну служби інструменту та передбачуваність його роботи, деталі з покращеною структурою та допусками, менший знос обладнання; зниження ймовірності критичного руйнування пластин і, відповідно, зменшення зупинок виробництва та пошкоджень дорогого оснащення.

1.2 Способи вирішення виявлених проблем

На сьогоднішній день у промисловості використовується велика кількість технологічних прийомів поверхневого зміцнення різальних інструментів, що вдосконалюються прискореними темпами. Методи, що використовуються в

інструментальному виробництві, можна розділити на групи:

- нанесення покриттів;
- поверхневе легування;
- термічний вплив;
- деформаційний вплив;
- комбінована обробка (поєднання методів, що належать до різних груп).

Методи, що стосуються різних груп, надають різний вплив на поверхню і поверхневий шар ріжучого інструменту. При нанесенні покриття на поверхні ріжучого інструменту формується тонка плівка. Поверхневе легування змінює хімічний склад і зазвичай структуру поверхневого шару ріжучого інструменту. Результатом термічного на поверхневий шар інструменту є зміна нею структури, у своїй хімічний склад шару залишається незмінним. При деформаційному впливі відбувається наклеп поверхневого шару різального інструменту, змінюються його мікрогеометрія та енергетичний запас.

Спосіб вирішення вище вказаних проблем заснований на тому, що при різних умовах роботи інструменту у всіх випадках найбільш навантаженим виявляється його поверхневий шар і в першу чергу саме його властивості визначають працездатність інструменту в процесі механічної обробки.

Практична реалізація способу досягається різними методами поверхневої зміцнювальної обробки, зокрема нанесенням покриттів (хімічними, фізичними та іншими способами) та модифікацією властивостей поверхні та поверхневого шару інструменту (хіміко-термічною, деформаційною обробкою та іншими способами). Їх застосування дозволяє суттєво збільшити ресурс роботи (стійкість) металообробного інструменту та комплексно реалізувати сучасні напрямки вдосконалення металообробного виробництва: підвищення продуктивності обробки, точності та якості оброблюваних деталей та ін.

На даний час не існує єдиної термінології при описі методів впливу на поверхню та поверхневий шар інструменту з метою покращення його стійкості та інших експлуатаційних показників. У літературі зазначені методи часто називають методами поверхневого зміцнення обробки інструменту. Інші

широко використовуються формулювання – методи нанесення покриттів та поверхневої модифікації інструменту.

Такі класичні методи хіміко-термічної обробки, як, наприклад, азотування, низькотемпературне ціанування, нітроцементация, карбонізація в печах або соляних ваннах, які широко використовуються у вітчизняній інструментальній промисловості протягом кількох десятиліть, є достатньо вивченими і, з дослідницької точки зору, є неперспективними. Відповідно методи, пов'язані з впливом на робочі поверхні інструменту концентрованих потоків енергії (іонного пучка, лазерного променя та інших.) і навіть з різним деформаційним впливом представляють набагато більший інтерес.

Наносити покриття можна на інструмент будь-якої геометричної складності. Найпоширенішим матеріалом виготовлення інструменту є твердий сплав. Відкриття нанесення зносостійких покриттів іонноплазмовим методом стало новим досягненням у виготовленні різального інструменту. Для зміцнення виробів представлені два методи: метод хімічного осадження (CVD – Chemical Vapour Deposition) та метод фізичного осадження покриттів (PVD – Physical Vapour Deposition) – фізичне осадження пар металів [5].

PVD – спосіб нанесення покриттів набув широкого застосування для зміцнення ріжучого інструменту. Цей метод знайшов широке застосування у промисловості, оскільки хімічний метод осадження покриттів передбачає постійний контроль продуктів хімічної реакції та використання дорогих хімічних реагентів. Фізичне осадження покриттів за допомогою дугового розряду допускає незначні відхилення технологічних параметрів та дозволяє працювати з високою продуктивністю. В даний час, при покритті методом фізичного осадження, використовується титан або його сплави, що наносяться іонним розпорошенням або випаровуванням.

Спочатку у виробництві стали використовувати покриття TiN. Таке покриття давало високу економічну ефективність. Після вдалого застосування одношарового покриття почали створюватися двошарові, що складаються з

карбіду титану TiC або карбонітриду титану $TiCN$ і поверхневого тонкого шару оксиду алюмінію Al_2O_3 нанесені у відповідній послідовності.

Альтернативним варіантом були багат шарові покриття типу $TiCTiCNTiN$. При нанесенні багат шарових покриттів ніяких шарів не утворюється. Сучасні методи нанесення покриттів дають можливість не створювати міжфазні межі між шарами і навіть між покриттям і поверхнею, що покривається. Такі покриття мають високу ударну міцність, стійкі до розтріскування, мають менший рівень внутрішньої напруги через вирівнювання коефіцієнтів термічного розширення. Наприклад, покриття $TiCN$ має багат шарову двофазну структуру $TiN-TiCN$, що збільшує міцнісні та в'язкісні характеристики порівняно з покриттям TiN . Покриття застосовуються частіше на пластинах, що не переточуються. Це робиться у зв'язку з тим, що при переточуванні напайних пластин покриття необхідно знову наносити на ріжучу частину.

Покриття PVD зазвичай наносять шаром 1-3,5 мкм тому їх застосовують для різальних кромek з малим радіусом округлення. Таке покриття дозволяє зменшити вібрації, краще відводить стружку, а також зменшує сили різання. CVD-покриття наносяться завтовшки до 20 мкм (Al_2O_3). PVD покриття наносяться при температурі 400-500 °C фізичним осадженням, а CVD покриття - при температурі 1000-1100 °C хімічним осадженням.

Алмазоподібне покриття (DLC – Diamond Like Carbon) – це технологія плазмового імпульсного розпилення графіту у вакуумній камері та осадження іонів вуглецю з досить великою енергією на вироби. Алмазоподібні покриття складаються з атомів вуглецю, як з алмазоподібними так і з графітоподібними зв'язками, що значно підвищує ресурс використання виробів із подібним напиленням. [6].

Нанесення алмазоподібного покриття відбувається у вакуумній камері. У камеру поміщається виріб, далі відбувається плазмово-імпульсне розпилення графіту та осадження вуглецевих іонів з великою енергією на поверхні виробу. Внаслідок такого напилення вуглецю утворюється аморфне покриття, що

складається з атомів вуглецю, як з алмазними, так і з графітоподібними зв'язками. Область температур покриття, що наноситься, знаходиться у широкому діапазоні, аж до кімнатної.

Дані властивості покриттів чудово зарекомендували себе у багатьох галузях промисловості зокрема металообробної для різальних інструментів з покриттями на мітчиках, фрезах, свердлах, на прес-формах та штампах. Термін служби виробів збільшується від 5 до 20 разів.

Алмазоподібні покриття мають унікальні властивості та характеристики завдяки високому вмісту атомів вуглецю з алмазними зв'язками у присутності графітоподібних атомів. Ці покриття мають ряд переваг: висока зносостійкість, твердість, низький коефіцієнт тертя і також є екологічно чистими. Найбільш поширені покриття мають мікротвердість від 10 до 45 ГПа. Але є покриття, зване DLC (ta-C), яке має мікротвердість в межах від 52 до 98 ГПа. Такі значення досягаються при нанесенні методом імпульсного плазмового розпилення графіту у вакуумі. За цим критерієм покриття DLC (ta-C) немає аналогів.

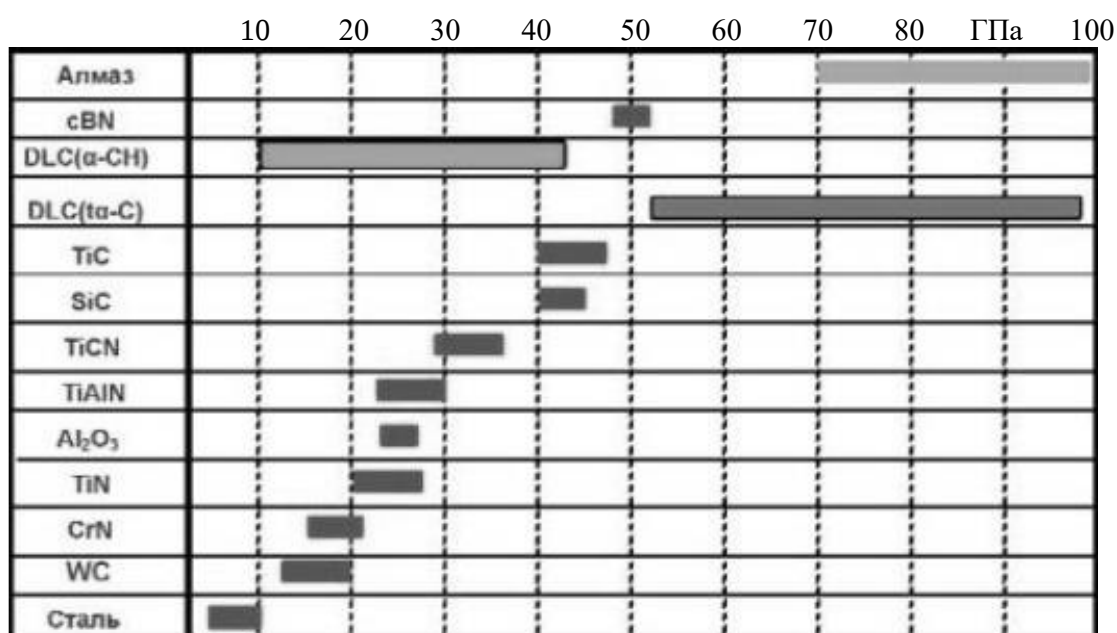


Рисунок 1.9 – Мікротвердість за Віккерсом для поширених зміцнювальних покриттів швидкорізючих пластин

1.3 Визначення завдань кваліфікаційної роботи

Для реалізації тематики «Розроблення технології виготовлення корпусу ССТ-07.00.101 з дослідженням способів зміцнення швидкоріжучих пластин» кваліфікаційної роботи магістра необхідно виконати наступні задачі:

1. Запропонувати методику проведення досліджень і обробки експериментальних даних;
2. Провести графічне дослідження математичних моделей умов оброблення пластинами із нанесеним зміцнюючим покриттям і без нього;
3. Встановити умови зношування і стійкості швидкорізальних пластин із нанесеним алмазоподібним (DLC) покриттям;
4. Проаналізувати умови і причини зношування швидкорізальних пластин із нанесеним алмазоподібним (DLC) покриттям і запропонувати спосіб вирішення проблеми;
5. Розробити технологію виготовлення корпусної деталі з призначенням усіх необхідних режимів оброблення, норм часу та вибором оснащення.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Опис досліджуваного об'єкту

Об'єктом дослідження є швидкоріжучі пластини різцевого інструменту. Пластини багатогранні, переточувані, матеріал – Р6М5.

Геометрія різця:

- головний кут у плані: $\varphi = 95^\circ$;
- допоміжний кут у плані: $\varphi_1 = 5^\circ$;
- передній кута: $\gamma = 10^\circ$;
- головний задній кут: $\alpha = 8^\circ$;
- допоміжний задній кут: $\alpha_1 = 8^\circ$.

Оброблюваний матеріал: сталь 40Х.

Діапазони режимів різання:

- швидкість різання $V = 29...73$ м/хв.;
- подача $S = 0,095...0,375$ мм/об.;
- глибина різання $t = 0,8...2$ мм.

Режими різання досліджуються за латинським квадратом [7]. Планування за методом «латинський квадрат» містить у собі три фактори: головний фактор, що асоціюється з обробкою, та два вторинні фактори, які асоціюються з ефектами блоків. Усі чинники мають однакову кількість рівнів.

Зазвичай приймають $A2$ експериментальні одиниці $A > 2$, які класифікуються як два фактори: стовпців та рядків. Також є кілька рівнів головного чинника. Ці рівні розподілені за $A2$ експериментальними одиницями так, що кожен рівень, який знаходиться в кожному рядку та стовпці, повторюється всього один раз. Отже, план «латинський квадрат» узагальнює рандомний блоковий план у разі двох блокових факторів чи зовнішніх джерел варіації. Обмеженням даного планування є однакове число головного та блокових факторів.

Приклад: наведено три латинські квадрати 4x4, кожен із яких може бути основою плану «латинський квадрат». 4 рядки відповідають рівням одного блочного фактора, а 4 стовпчики – другого. Всі 4 рівня обробки позначені літерами A, B, C і D.

ABCD ABCD ABCD

BADC DCBA CDAB

CDAB BADC DCBA

DCBA CDAB BADC

Щоб унеможливити вплив двох виражених блокових ефектів, що не є значущими, використовується планування за методом «латинський квадрат». Блоки мають бути пов'язані як із рядками, так і зі стовпцями. Припустимо, стовпці можуть означати операторів, а терміни дні. Головне, щоб кількість рівнів головного фактора та кожного з блокових факторів була однаковою.

Щоб провести рандомізацію, необхідно випадковим чином призначити рівні головного фактора буквам. Також необхідно призначити рівні блокових факторів, випадковим рядкам і стовпцям, випадково вибираючи латинський квадрат. Усього є 1(2x2); 12(3x3); 576(4x4); 161280(5x5) латинських квадратів. З них 1(2x2); 1(3x3); 4(4x4); 56(5x5) мають вигляд стандартного латинського квадрата, де перший стовпець та перший рядок записані в алфавітному порядку. Інші квадрати виходять шляхом перестановки стовпців і рядків цього.

Існує припущення, що блочні фактори в даному плануванні не викликають побічних ефектів один з одним або головним фактором. Якщо це припущення стає неправильним, то ефект чинника поєднується з взаємодіями і тоді міра залишкової помилки зростає. Якщо припущення правильне – то план корисний для зменшення кількості експериментів. Іноді замість блокових факторів використовують інші головні фактори, тоді експеримент може бути безблоковим. Це подібно до дробового факторного експерименту за відсутності взаємодій.

Процедуру дисперсійного аналізу можна поширити у разі трьох і більшої кількості чинників. Однак при $k > 2$ перебір всіх поєднань рівнів факторів (тобто повнофакторний план) призводить до дуже громіздких експериментів. Так, вже три фактори, що варіюються кожен на чотирьох рівнях, припускають постановку $4^3 = 64$ дослідів. Тому особливий інтерес представляють методи планування експерименту, що дозволяють досліджувати вплив кількох якісних чинників при скороченні обсягу експерименту проти повним перебором. Широке застосування тут знайшли комбінаторні плани, які ґрунтуються на використанні латинських та греко-латинських квадратів, кубів та інших конструкцій комбінаторної алгебри. Фактично ці плани є певним чином складені дробові репліки повних факторних планів.

Латинським квадратом $m \times m$ називають квадратну таблицю, що містить m різних елементів (літер або чисел) так, що кожен елемент зустрічається один раз у кожному рядку і в кожному стовпці.

Латинський квадрат називають стандартним, якщо перший рядок і перший стовпець розташовані в стандартному порядку, тобто в алфавітному, якщо елементи квадрата літери, або в порядку натурального ряду, якщо елементи числа. Найпростішим способом побудови стандартного латинського квадрата є однокрокова циклічна перестановка рядків. Так, для побудови стандартного латинського квадрата 4×4 візьмемо як перший рядок числа натурального ряду. Як другий рядок візьмемо перший, переставивши перший її елемент у кінець рядка. Для побудови третього рядка аналогічно використовують другий рядок і т.д.

Було прийнято план експерименту $3 \times 3 \times 3$. При кожному поєднанні режимів вимірювалося зношування пластини по задній грані h , три вимірювання проводилися в часі τ п'ятикратно з інтервалом 3 хвилини за допомогою лупи Брінелля.

Експеримент проводився за таких поєднань режимів, поданих у таблиці 2.1. На основі цих даних було складено «латинські квадрати», які містять дані режими оброблення (рис. 2.1)

Таблиця 2.1 – Режими оброблення застосовувані в експерименті

t	S	V
0,5	0,1	50
2,0	0,2	40
0,5	0,1	60
0,4	0,09	60
0,4	0,25	40
1,0	0,2	50
0,75	0,15	40
0,5	0,1	30
2,0	0,35	70

t				S				V		
2,0	0,5	0,4		0,2	0,1	0,09		40	50	60
1,0	0,4	0,5		0,2	0,25	0,1		50	40	30
0,5	2,0	0,75		0,1	0,35	0,15		60	70	40

t				S				V		
0,4	0,5	2,0		0,09	0,1	0,2		40	50	60
0,5	1,0	0,75		0,1	0,25	0,15		50	40	30
2,0	0,4	0,5		0,2	0,35	0,1		60	70	40

Рисунок 2.1 – «Латинські квадрати» з експериментальних даних

Для обробки отриманих даних були використані методи багаторазового регресійного аналізу (лінійні та нелінійні), що дозволило отримати математичні моделі, що характеризують залежність зносу від режимів різання та часу.

Зокрема, для пластин без алмазоподібних покриттів було отримано модель:

$$h = \exp(-11,68) * V^{1,66} * S^{0,88} * t^{0,68} * \tau^{0,89}$$

Кореляція характеризується величиною $R^2 = 0,91$.

2.2 Оброблення інформації досліджень

Результати експериментів отримані для пластин без покриття і для пластин з алмазоподібним покриттям (АП). У ході експерименту було отримано такі значення:

1) Залежність $h = f(T)$: $t = 1$ мм; $S = 0,1$ мм/об.; $V = 30$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,005	0,02	0,06	0,1	0,15	0,2	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44
h з АП, мм	0,005	0,01	0,03	0,041	0,06	0,08	0,1	0,12	0,13	0,14	0,16

2) Залежність $h = f(T)$: $t = 2$ мм; $S = 0,35$ мм/об.; $V = 70$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,03	0,05	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h з АП, мм	0,2	0,4	1,0	1,6	2,1	2,6	3,2	3,7	4,2	4,7	5,2

3) Залежність $h = f(T)$: $t = 1$ мм; $S = 0,2$ мм/об.; $V = 50$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,02	0,04	0,1	0,18	0,25	0,3	0,4	0,47	0,55	0,64	0,7
h з АП, мм	0,05	0,09	0,22	0,34	0,46	0,58	0,7	0,8	0,9	1,02	1,13

4) Залежність $h = f(T)$: $t = 0,75$ мм; $S = 0,15$ мм/об.; $V = 40$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,02	0,03	0,08	0,14	0,2	0,26	0,33	0,39	0,46	0,52	0,58
h з АП, мм	0,02	0,04	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5

5) Залежність $h = f(T)$: $t = 0,4$ мм; $S = 0,25$ мм/об.; $V = 40$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,02	0,03	0,09	0,17	0,21	0,27	0,35	0,44	0,5	0,57	0,64
h з АП, мм	0,03	0,05	0,11	0,19	0,23	0,28	0,35	0,42	0,47	0,54	0,59

6) Залежність $h = f(T)$: $t = 0,5$ мм; $S = 0,1$ мм/об.; $V = 50$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,02	0,03	0,08	0,14	0,2	0,26	0,33	0,39	0,45	0,5	0,58
h з АП, мм	0,02	0,03	0,07	0,12	0,15	0,2	0,24	0,27	0,31	0,35	0,38

7) Залежність $h = f(T)$: $t = 0,5$ мм; $S = 0,1$ мм/об.; $V = 60$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,01	0,03	0,09	0,15	0,22	0,27	0,35	0,43	0,5	0,56	0,64
h з АП, мм	0,02	0,04	0,1	0,15	0,21	0,25	0,3	0,36	0,42	0,47	0,52

8) Залежність $h = f(T)$: $t = 0,4$ мм; $S = 0,09$ мм/об.; $V = 60$ м/хв.											
T , сек (x1000)	0,05	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
h без АП, мм	0,01	0,03	0,09	0,14	0,21	0,28	0,34	0,41	0,46	0,55	0,61
h з АП, мм	0,02	0,03	0,08	0,12	0,16	0,21	0,25	0,3	0,34	0,37	0,4

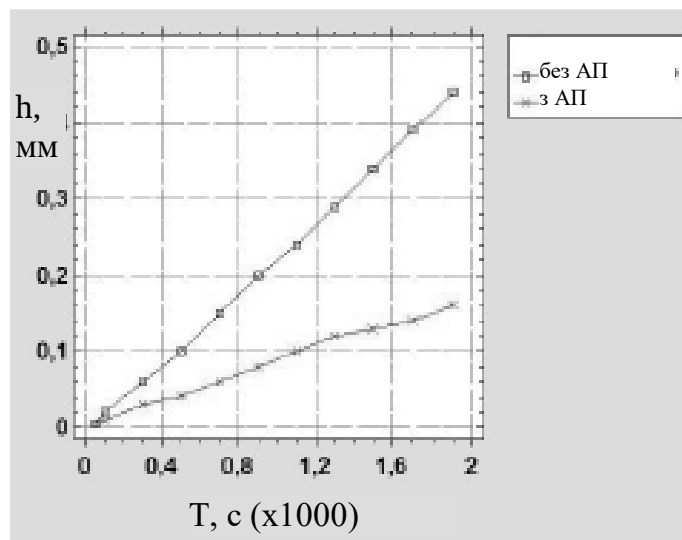


Рисунок 2.2 – Залежність зношування від часу при $t = 0,5$ мм;

$S = 0,1$ мм/об.; $V = 30$ м/хв.

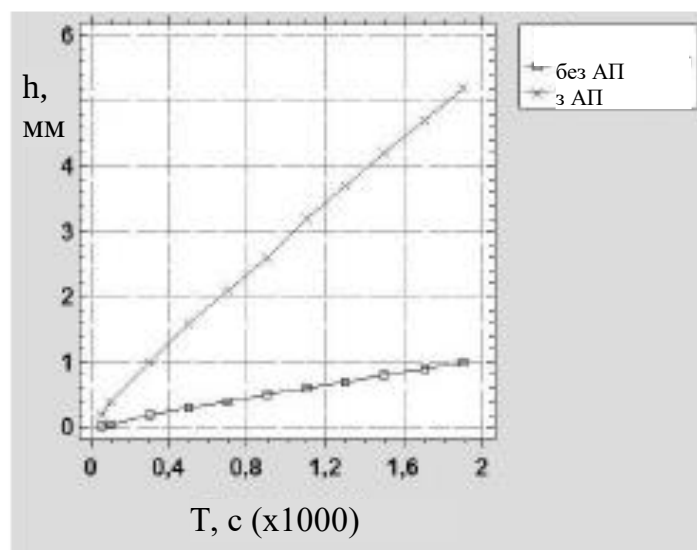


Рисунок 2.3 – Залежність зношування від часу при $t = 2$ мм;

$S = 0,35$ мм/об.; $V = 70$ м/хв.

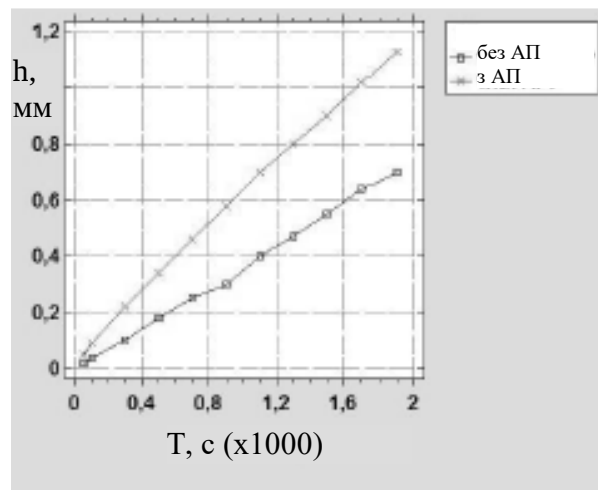


Рисунок 2.4 – Залежність зношування від часу при $t = 1$ мм;
 $S = 0,2$ мм/об.; $V = 50$ м/хв.

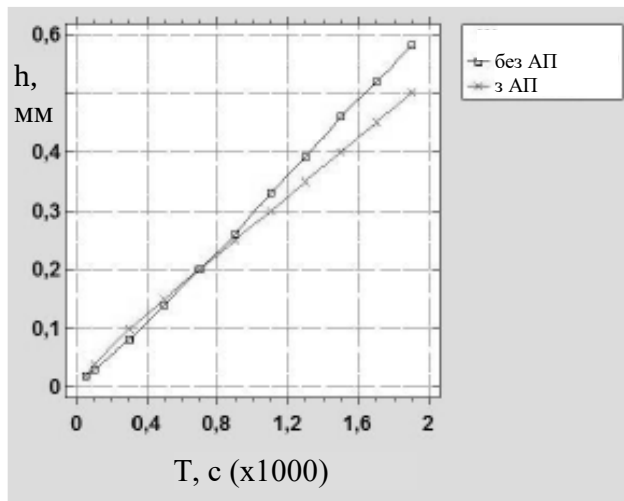


Рисунок 2.5 – Залежність зношування від часу при $t = 0,75$ мм;
 $S = 0,15$ мм/об.; $V = 40$ м/хв.

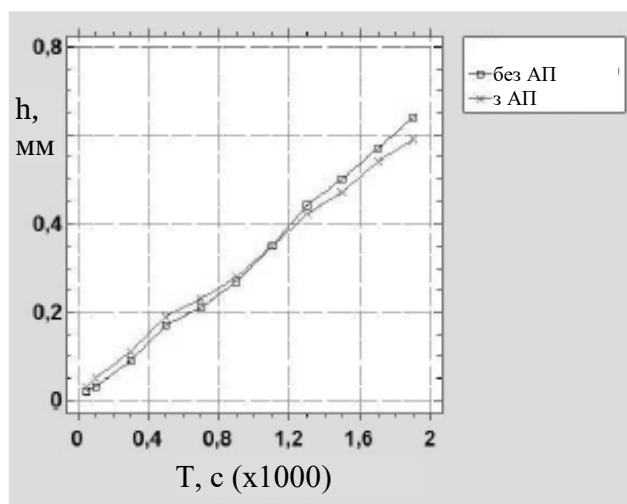


Рисунок 2.6 – Залежність зношування від часу при $t = 0,4$ мм;
 $S = 0,25$ мм/об.; $V = 40$ м/хв.

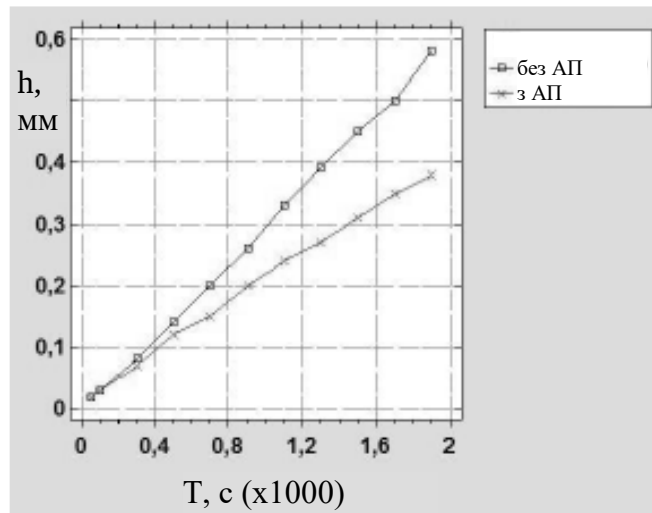


Рисунок 2.7 – Залежність зношування від часу при $t = 0,5$ мм;

$S = 0,1$ мм/об.; $V = 50$ м/хв.

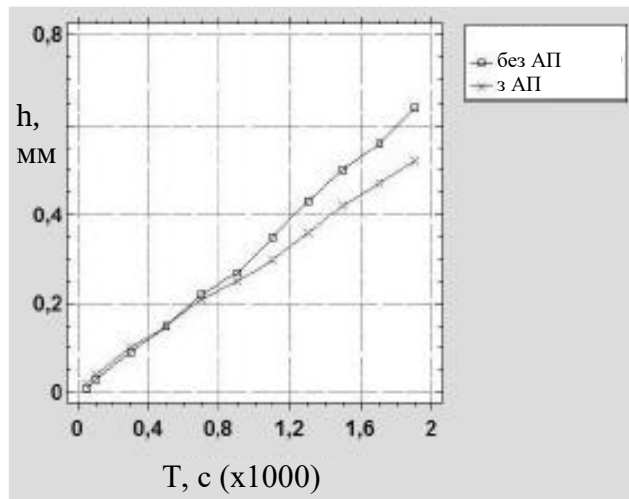


Рисунок 2.8 – Залежність зношування від часу при $t = 0,5$ мм;

$S = 0,1$ мм/об.; $V = 60$ м/хв.

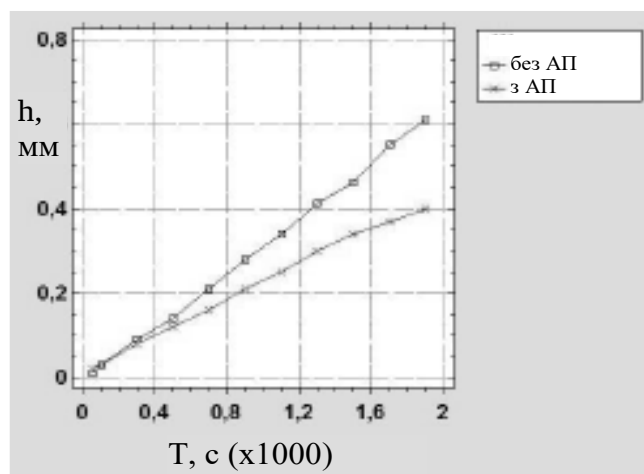


Рисунок 2.9 – Залежність зношування від часу при $t = 0,4$ мм;

$S = 0,09$ мм/об.; $V = 60$ м/хв.

2.3 Аналіз результатів та формування висновків досліджень

На основі аналізу даних графічного дослідження математичних моделей умов оброблення пластинами із нанесеним зміцнюючим покриттям і без нього встановлено, що зношування пластин з алмазоподібним покриттям менше зносу пластин без нього в 2,5 рази. Однак якщо змінити подачу та глибину різання на чорнові та ще й збільшити швидкість різання, то результат зміниться до зворотного. Зношування пластини без покриття виявиться істотно менше зносу пластин з АП. Виходячи з цього, подальше графічне дослідження було спрямоване на встановлення умов рівного зношування пластин з АП і без нього. Подача і глибина різання на цю умову впливають більше, ніж швидкість, причому вона може забезпечуватися при різних поєднаннях подачі і глибини різання і приблизно рівної швидкості, але з часом руйнується.

При глибині різання 0,4 мм знос не перевищує 0,5 мм для пластини без покриття, наприклад, при подачі 0,22 мм/об. і швидкості 70 м/хв. У випадку пластин з покриттям, знос не перевищує 0,5 мм, якщо швидкість 70 м/хв., а подача не вище 0,13 мм/об. Тобто. пластини з АП зношуються швидше. Але якщо граничне зношування 0,3 мм все відбувається навпаки – при подачі 0,1 мм/об. швидкість може бути не вище 36 м/хв. для пластин без АП, а для пластин з АП вона може досягати 60 м/хв. Тобто пластини без АП зношуються більше. Звідси можна зрозуміти, що для точних робіт, коли граничне зношування різця має бути малим, пластини з АП ефективніше, ніж пластини без нього. Це означає, що пластини з АП при малих подачах зношуються менше ніж пластини без покриття в області чистових швидкостей різання.

Як видно з графіків, інтенсивність зношування пластин без покриття при чистових подачах і глибинах різання більше, ніж пластин з покриттям. При чорновій обробці положення змінюється. Цікаво, проте, відзначити, що інтенсивність зношування пластин з АП з часом зменшується, а пластин без АП – зростає. Якщо тепер проаналізувати залежність T від V при різних t і S , то неважко помітити, що при малих подачах і глибинах (чистове точіння) період

стійкості T для пластин з АП перевищує цю величину для пластин без АП, але якщо швидкість різання не перевищує 60 м/хв. Причому на малих швидкостях (20-30 м/хв.) це перевищення сягає 2,5-4 разів. При швидкостях вище 60 м/хв. період стійкості пластин без АП вищий ніж з покриттям. При чорнових глибинах різання і подачах пластини з АП поступаються по стійкості пластинам без покриття вже при швидкості 20 м/хв. і вище.

Таким чином, алмазоподібне плівкове покриття ефективно при чистовому та тонкому точінні. При чорновому точінні стійкість інструменту з АП падає, що спричинено, ймовірно, підвищенням сили та температури різання.

Гранична швидкість різання, при якій АП ефективно, в даному дослідженні вийшла невеликою, але це пояснюється геометрією інструменту – підрізний різець. Можна припустити, що у разі прохідних різців гранична швидкість різання буде вищою, оскільки дійсний задній кут збільшиться і зменшиться тертя.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службова характеристика об'єкту виробництва

Деталь «Корпус ССТ-07.00.101» є складовою частиною вузла приводу навісного очисника коренів від гички самохідної коренезбиральної бункерної машини КБС-6. Експлуатаційне призначення – корпус редуктора реверсу, за допомогою якого передається крутний момент від двигуна самохідної машини до валу приводу очисника коренеплодів від гички. Основним призначенням «Корпусу ССТ-07.00.101» являється розміщення в ньому і базування деталей приводу очисника – опор швидкохідного та тихохідного валів, на яких за допомогою шпонок та посадок натягу закріплені шестерні, що зменшують частоту обертання валу приводу очисника по відношенню до частоти обертання валу двигуна.

У відповідності з класифікатором ЄСКД – деталь належить до класу 76 – корпусні деталі. Конструкція «Корпуса ССТ-07.00.101» являється суцільно литою деталлю, яка має в собі десять основних отворів для кріплення в них підшипників кочення, на яких встановлено вали редуктора, отвори закриваються кришками, з одної сторони закритими, з другої – відкритими. З верхньої сторони корпус суцільний, з нижньої сторони корпус закінчується підшовою.

«Корпус ССТ-07.00.101» виготовляється методом лиття з алюмінієвого сплаву АЛ-4 по ГОСТ 2585-85. Призначення сплаву АЛ-4 по ГОСТ 2585-85 – широке використання мало та середньо навантажених агрегатних деталей, деталей двигунів, для виготовлення побутових виробів. Відрізняються непоганими антифрикційними та корозійними властивостями, досить технологічні у виготовленні та обробці. До основних недоліків технологічних властивостей слід віднести їх високу в'язкість а також малу пластичність.

Виходячи з огляду конструкції корпусу видно, що основними робочими поверхнями являються поверхні *А, Д, Е, К* і *З*.

Поверхні *A* – площини розмірами 82×14 мм виконані по 12 квалітету точності, шорсткістю $Rz\ 40$, ними редуктор кріпиться до рами машини.

Поверхні *B* – технологічні отвори $\varnothing 17H12$, виконаний по 12 квалітету точності, шорсткістю $Rz\ 40$, по яких базується корпус редуктора на послідовних операціях механічної обробки.

Поверхні *B* і *Г* – бокові площини корпусу які виконані по 10 квалітету точності, шорсткістю $Rz20$, до них кріпляться кришки опор валів редуктора, в яких розміщено ущільнення опор кочення.

Поверхні *E* – отвори $\varnothing 72H7$ в яких розміщено підшипники кочення тихохідного валу редуктора, виконані по 7 квалітету точності, з шорсткістю $Ra\ 2,5$.

Поверхні *Д* – фаски на внутрішніх отворах редуктора, виконані по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхні $Ra\ 25$.

Поверхні *Є* – отвори $\varnothing 8,4\ (+0,30)$ для нарізання різі, в які вкручуються болти кріплення кришок підшипників редуктора, шорсткість поверхні $Ra\ 12,5$.

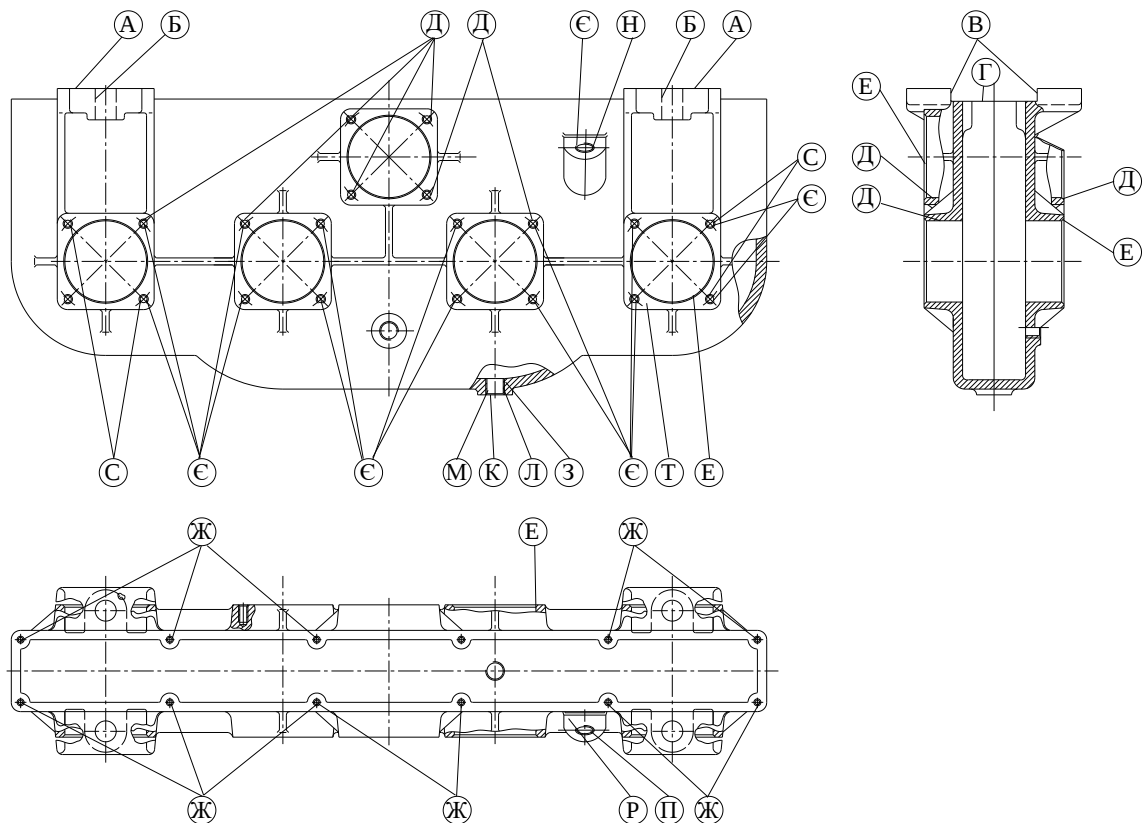


Рисунок 3.1 – Оброблювані поверхні деталі

Поверхні *Ж* – отвори $\varnothing 5,4$ ($^{+0,43}$) для нарізання різі, в які вкручуються болти кріплення кришки редуктора, шорсткість поверхні *Ra* 12,5.

Поверхня *О* – отвір $\varnothing 14,4$ ($^{+0,35}$) для нарізання різі, в яку вкручується пробка заливку масла, шорсткість поверхні *Rz* 20.

Поверхні *П* – фаски на внутрішніх отворах кріплення кришок редуктора, виконані по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхні *Ra* 25.

Поверхні *Р* – різь в отворах кріплення кришок редуктора, виконана по 7 квалітету точності з шорсткістю поверхні *Ra* 12,5.

Поверхня *Н* – торець кріплення заливної пробки редуктора, виконана по квалітету точності, шорсткістю *Ra* 25.

Поверхня *Р* – різь конічна $K3/8''$, виконана по 7 квалітету точності з шорсткістю поверхні *Ra* 25.

Проведемо аналіз технічних умов на виготовлення деталі і представимо їх у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
<i>А</i>	Забезпечити шорсткість <i>Rz</i> 40.	Фрезерування напівчистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75.
<i>Б</i>	Забезпечити точність розміру $\varnothing 14H8(^{+0,043})$ і шорсткість <i>Rz</i> 40.	Свердління	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
<i>В і Г</i>	Забезпечити точність розміру $114\pm 0,8$ мм. і шорсткість <i>Rz</i> 20.	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.

<i>Д, Е</i>	Забезпечити точність розміру $\varnothing 72H7$ і шорсткість $Ra\ 2,5$.	Розточування чистове	Пробка ($\varnothing 100H8$) ПР, НЕ ГОСТ14816 – 69. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75.. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ 166-80.
<i>Ж, Є, Л, М, Н, П</i>	Забезпечити шорсткість $Ra\ 25$.	Розточування чистове	Калібр
<i>О, С, Х, Щ</i>	Забезпечити точність виконання розмірів по 8 квалітету і шорсткість поверхні $Ra\ 25$	Свердління чистове	Пробки $\varnothing 8,4$; $\varnothing 6,7$; $\varnothing 17$ ПР, НЕ ГОСТ16776 – 71.

3.2 Аналіз технологічності виробу і процесу його обробки

На кресленні деталі «Корпус ССТ-07.00.101» вказані всі розміри, квалітети точності, шорсткість поверхонь, основні базові поверхні, на яких не повинно бути заливів та раковин. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності. На кресленні вказано матеріал корпусу – алюмінієвий сплав АЛ-4 по ГОСТ 2585-85, а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Деталь – «Корпус ССТ-07.00.101» являє собою по конфігурації пустотілу відливку складної форми із різною товщиною стінок. Вона отримується методом литва в пісчані форми. Тому формування повинно проводитись із застосуванням стержня, який повторює форму, чи формує внутрішній отвір. З точки зору механічної обробки корпус недоліків не має. Кріпильні отвори

розміщені на достатньо великій відстані один від одного (> 25 мм), що дозволяє вести одночасну обробку декількома інструментами (при свердлінні). Решта оброблюваних поверхонь з точки зору точності й чистоти не являють собою значних технологічних труднощів (точні отвори $\varnothing 72H7$; – виконуються чорновим, напівчистовим і чистовим розточуванням), легкий доступ інструменту, хороші базові поверхні, як при токарній обробці, так і при свердлінні отворів, фрезеруванні бокових поверхонь, хороше стружковидалення (стружка не забивається в деталі).

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності, який визначається за формулою [13]:

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i},$$

де $T_{сер} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{17}}$ - середній клас точності обробки виробу;

n_i - число розмірів відповідного класу точності;

T - клас точності обробки.

Класи точності поверхонь:

Поверхні E , ($\varnothing 100H8$ і $\varnothing 85H8$) – 7 квалітет, $n = 10$; $T = 7$;

Поверхні B і Γ , 3 і K (110 мм) – 10 квалітет, $n = 2$; $T = 10$;

Поверхні O , T , Π ($M8$, $M6$) – 7 квалітет, $n = 33$; $T = 7$;

Поверхні A , B , $Ж$, $Є$, $Л$, $М$ – 12 квалітет, $n = 6$; $T = 12$;

Поверхня $П$ – 14 квалітет, $n = 4$; $T = 14$.

$$T_{сер} = \frac{7 \cdot 40 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 4}{40 + 2 + 6 + 4} = 3,84,8$$

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{3,84} = 0,84$$

Згідно ГОСТ14.205-83 при $K_{T.ч.} > 0,8$ - деталь середньої точності, і відповідно є технологічною.

Рівень технологічності конструкції по шорсткості оцінюється по коефіцієнту шорсткості, який визначається по формулі [13]:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum n i_{ш}}{\sum Ш_i},$$

де $Ш_{cp}$ - середній клас шорсткості деталі;

$n i$ - кількість розмірів з шорсткістю даного класу.

Поверхні $D, i E, 3 i K - Ra2,5$ $n = 4 - 6$ клас шорсткості;

Поверхні $O, K, C, F, D - Ra25$ $n=5 - 5$ клас шорсткості;

Поверхні $B, III, - Rz40$ $n=16 - 4$ клас шорсткості;

$$Ш_{cp} = \frac{1 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 16 \cdot 4 + 5 \cdot 5 + 1 \cdot 6}{1 + 2 + 16 + 5 + 1} = \frac{103}{25} = 4,1;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,1} = 0,24;$$

За ГОСТ14.205-83 при $K_{ш} > 0,16$ - деталь не важкообробна. Середній клас шорсткості $Rz40$.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{yc} = \frac{N_{ye}}{N_e} = \frac{17}{18} = 0,9,$$

де N_{ye} - число уніфікованих типорозмірів;

N_e - загальне число конструктивних елементів в деталі.

Уніфіковані елемент – такі, що обробляються стандартним ріжучим інструментом і не потребують спеціального.

По ГОСТ14.205-83 при $K_y > 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{vm} = \frac{M_{\partial}}{M_3};$$

де $M_{\partial} = 10,8$ кг. – маса деталі по кресленню;

$M_3 = 14,65$ кг. – маса заготовки (виливка).

$$K_{em} = \frac{10,8}{14,65} = 0,734 \text{ - коефіцієнт використання матеріалу для серійного}$$

типу виробництва.

Рівень технологічності конструкції по трудомісткості виготовлення (орієнтовний) характеризується коефіцієнтом трудомісткості:

$$K_{mp} = \frac{T_{np}}{T_{\delta}} = \frac{25,05}{33,5} = 0,78;$$

де T_{np} і T_{δ} - відповідно проєктна та базова трудомісткості виготовлення деталі.

Коефіцієнт трудомісткості складання:

$$K_{скл} = \frac{T_{скл}}{T_{мех}} = \frac{10,05}{33,5} = 0,3;$$

де $T_{скл}$ - трудомісткість складання;

$T_{мех}$ - трудомісткість механічної обробки.

$K_{скл} = 0,3$ - що відповідає середньосерійному типу виробництва.

Базовий технологічний процес обробки деталі «Корпус ССТ-07.00.101» складається з таких операцій:

Таблиця 3.2 – Аналіз заводського технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ССТ-07.00.101»

№ операції	Зміст операції	Обладнання	Примітка
005	Вертикально-фрезерна	6Н81	Можлива для вдосконалення
010	Радіально-свердлильна	2М55	Можлива для вдосконалення
015	Повздовжньо - фрезерна	ГФ2286	Можлива для вдосконалення
025	Горизонтально-розточна	2Д450	Можлива для вдосконалення

030	Горизонтально – розточна	2Д450	Можлива для вдосконалення
035	Радіально - свердлильна	2А554	-
040	Радіально - свердлильна	2А554	-
045	Радіально - свердлильна	2А554	-
050	Радіально - свердлильна	2А554	-
055	Радіально - свердлильна	2А554	-

Існуючий маршрут технологічного процесу виготовлення деталі має ряд недоліків, які можна виправити використанням більш продуктивних методів обробки поверхонь, що дозволить зменшити трудомісткість виготовлення деталі та знизити її собівартість.

Так, операція 005 виконується на горизонтально-фрезерному верстаті, операція 010 – на вертикально-свердлильному, а об'єднавши їх і виконуючи спільну операцію на верстаті з ЧПК можна скоротити час на переустановку деталі.

Також можна об'єднати операції фрезерування бокових поверхонь корпусу і одночасне розточування отворів з виконанням цих переходів на багатоцільовому верстаті з ЧПК.

3.3 Вибір способу одержання заготовки

Вибрати заготовку для даного корпусу – значить вибрати спосіб її одержання. Виходячи з матеріалу – Алюмінієвий сплав АЛ-4 по ГОСТ2685-85, робимо висновок, що заготовку отримують литвом в земляні форми або литвом по виплавляємим моделях.

Вартість заготовок, які отримуються литвом в земляні форми і литвом по виплавляємим моделях можна визначити за формулою [11]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн.}$$

де: Q - маса заготовки, кг.;

C_1 - базова вартість одної тонни заготовок, грн.;

q - маса деталі, кг.;

$S_{відх}$ - ціна одної тонни відходів алюмінієвого сплаву АЛ4, грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - коефіцієнти, що враховують клас точності, групу складності, масу, марку матеріалу і об'єм випуску заготовок.

Проведемо розрахунок по двох різних варіантах виготовлення заготовки і порівняємо їх.

I варіант – виливок (виливка в земляні форми).

$Q = 10,8$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 16,45$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 24000$ грн. - базова вартість одної тонни виливків із алюмінієвого сплаву АЛ-4;

$S_{відх} = 2200$ грн. - вартість одної тонни відходів алюмінієвого сплаву АЛ-4;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка;

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка;

$k_B = 0,72$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_{II} = 1,22$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загI} = \left(\frac{24000}{1000} \cdot 16,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,62 \cdot 1,22 \right) - (16,45 - 10,8) \frac{2200}{1000} = 202,11 \text{ грн.}$$

II варіант – виливок (литво по виплавляємим моделях).

$Q = 14,32$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 10,8$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 24000$ грн. - базова вартість одної тонни виливків із алюмінієвого сплаву АЛ-4;

$S_{\text{відх}} = 2200$ грн. - вартість одної тонни відходів алюмінієвого сплаву АЛ-4;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка;

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка;

$k_B = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_{II} = 1,2$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{\text{загII}} = \left(\frac{24000}{1000} \cdot 14,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,2 \right) - (14,32 - 10,8) \frac{2200}{1000} = 120,52 \text{ грн.}$$

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок визначаємо за формулою [11]:

$$E_z = (S_{\text{загI}} - S_{\text{загII}}) \cdot N = (202,11 - 120,52) \cdot 7000 = 57130 \text{ грн.}$$

Отже вибираємо заготовку для корпусу – литво в земляну форму 8-го класу точності розмірів, 3-го ряду припусків.

Таблиця 3.3 – Порівняння методів одержання заготовки

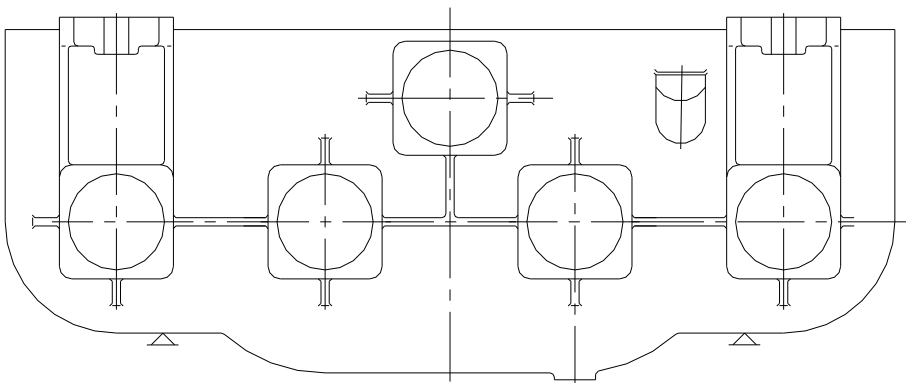
Назва позиції	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Виливок	Виливок (по виплавляємим моделях)
Вартість заготовок	202,11	120,52
Коефіцієнт використання матеріалу	0,72	0,8

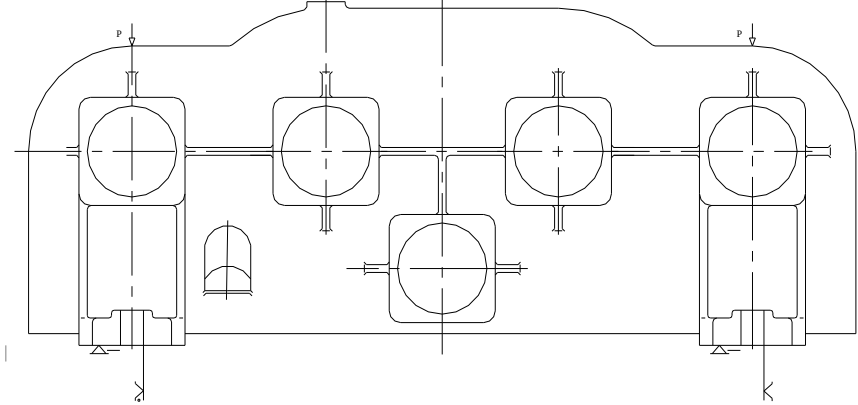
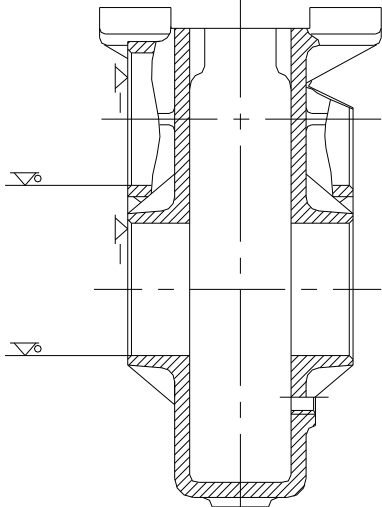
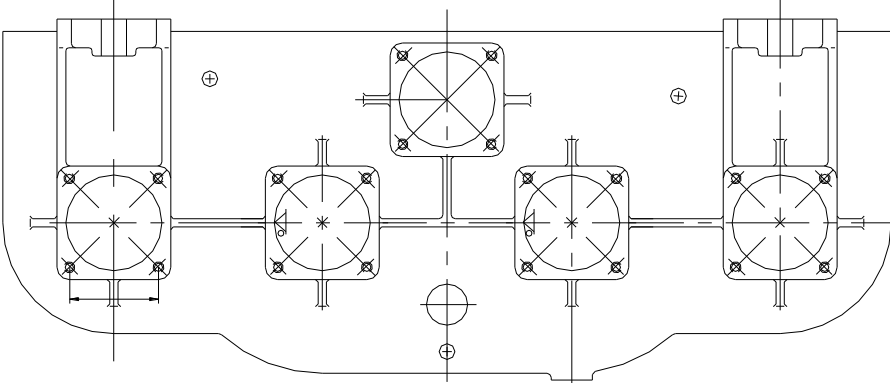
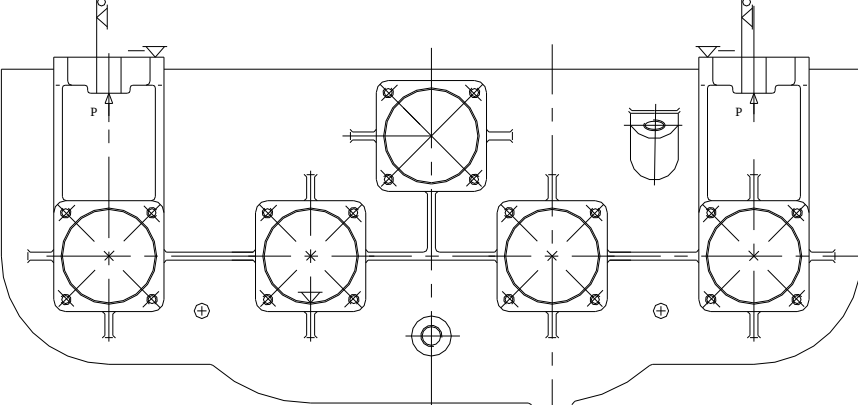
3.4 Вибір технологічних баз та маршруту оброблення деталі

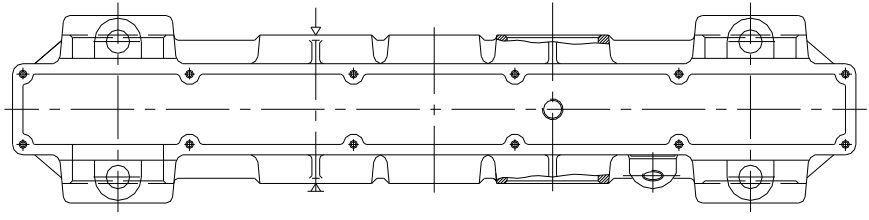
При зміні баз в процесі обробки, точність оброблення знижується із-за похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз.

У нашому випадку на горизонтально-фрезерній і свердлильній операціях базою є поверхні провущин, а також необроблені поверхні отворів *Д*, *Е*, *З* і *К*. Для фрезерування бокових поверхонь корпуса а також для розточування отворів базовими будуть служити просвердлені отвори *Б*, фрезерована поверхня підшви *А*. Для свердління отворів *Н*, зенкування фасок *Т* та нарізання різі *С* отворів базовими будуть служити просвердлені отвори *Б*, фрезерована поверхня підшви *А*. Для свердління отворів *О*, зенкування фасок *П* та нарізання різі *Р* базовими поверхнями служитимуть отвори *Д*, *Е*, *З*, *К*, а також бокові поверхні корпуса *В* і *Г*. Для свердління отвору *У*, зенкування фаски *Х* та нарізання різі *Ш* базовими поверхнями служитимуть отвори *Д*, *Е*, *З*, *К*, а також бокові поверхні корпуса *В* і *Г*. Для свердління отворів *Щ* базовими поверхнями служитимуть отвори *Д*, *Е*, *З*, *К*, і бокові поверхні корпуса *В* і *Г*.

Таблиця 3.4 - Вибір баз

Позначення оброблюваної поверхні	Технологічні бази	Теоретична схема базування та закріплення
<i>А,Б,</i>	<i>Д, Е, З</i> <i>К</i>	

<i>В, Г, З, К</i>	<i>А, Б</i>	
<i>О, П, Є, Ж.</i>	<i>Е</i>	
<i>О, П, Р,</i>	<i>Д,</i>	
<i>Є</i>	<i>А, Б</i>	

<i>Е, Є, Ж</i>	<i>А, Д,</i>	
--------------------	--------------	--

Отже в результаті аналізу вибору технологічних баз ми бачимо, що технічні вимоги радіального биття, співвісності та точності розміщення отворів витримується, так як витримується принцип постійності баз (обробка поверхонь проводиться з чистих постійних, а не чорнових баз).

Таблиця 3.5 – Маршрут технологічного процесу виготовлення корпусу

№ опер.	Назва операції та зміст переходів	Оброб. пов.	Базові пов.	Обладнання
005	Комплексна операція 1. Фрезерувати підшву в розмір 1. 2. Фрезерувати паз в розміри 2, 3. 3. Центрувати послідовно 4 отвори в розміри 5, 4, 8. 4. Свердлити попередньо два отвори в розмір $\varnothing 16,5$. 5. Свердлити послідовно 2 отвори в розмір 7. 6. Зенкувати послідовно 4 фаски в розмір 1×45^0 7. Розвернути послідовно 2 отвори в розмір 2.	А Б Б	Й	Оброблювальний центр моделі CW-800
010	Слюсарна операція 1. Зачистити заусенці після фрезерування і в отворах на виході свердла	А, Б		Верстак
015	Комплексна операція 1. Фрезерувати площини з двох сторін в розміри 14, 7, 21. 2. Розточити попередньо 10 отворів до $\varnothing 71$ в розміри 1, 2, 13, 11, 10, 8, 6. 3. Розточити попередньо 10 отворів до $\varnothing 71,8$.	В, Г	А, Б	Оброблювальний центр моделі CW-800

	4. Розточити послідовно 10 фасок в розмір 19. 5. Розточити послідовно 10 отворів в розміри 3, 4, 5, 7, 12, 15, 16, 20, 18.			
020	Слюсарна операція. 1. Зачистити заусенці після обробки.	<i>В, Г</i>		Верстак
025	Радіально - свердлильна операція. 1. Зенкувати послідовно 5 фасок в розмір 1. 2. Перевстановити деталь 3. Зенкувати послідовно 5 фасок в розмір 1.	<i>Д</i>	<i>В, Г, Д</i>	Радіально-свердлильний верстат моделі 2А554
030	Радіально - свердлильна операція. 1. Свердлити одночасно 20 отворів в розміри 4, 5, 1, 2, 3. 2. Перевстановити деталь. 3. Свердлити одночасно 20 отворів в розміри 4, 5, 1, 2, 3.	<i>Є</i>	<i>В, Г, Д</i>	Радіально-свердлильний верстат моделі 2А554
035	Радіально-свердлильна операція 1. Свердлити одночасно 12 отворів в розміри 10, 9, 6, 7, 8..	<i>Ж</i>	<i>Д, З.</i>	Радіально-свердлильний моделі 2А554
040	Радіально-свердлильна операція 1. Свердлити отвір по центру бобишки в розмір 25. 2. замінити інструмент. 3. Зенкувати торець бобишки в розмір 28. 4. Замінити інструмент. 5. Зенкувати фаску в розміри 26, 27. 6. Замінити інструмент. 7. Нарізати різь в розмір 10	<i>О</i>	<i>А, Б, Е</i>	Радіально-свердлильний моделі 2А554
045	Слюсарна операція. 1. Зачистити заусенці після обробки.	<i>В, Г</i>		Верстак
050	Радіально – свердлильна операція. 1. Зенкувати послідовно фаску в 20 отворах в розміри 16, 17. 2. Замінити інструмент. 3. Нарізати послідовно різь М8 в 20 отворах на довжину 20. 4. Повернути пристосіблення з деталлю на 45°. 5. Замінити інструмент. 6. Свердлити отвір в бобищі в	<i>П</i> <i>Р</i> <i>П</i>	<i>В, Г, Д, Е, К, З А, Б</i>	Радіально-свердлильний моделі 2А554

розміри 24, 34.			
7. Замінити інструмент.			
8. Нарізати послідовно різь М10 в 8 отворах на довжину $14 \pm 0,2$.	Н		
9. Замінити інструмент.			
10. Зенкувати фаску в отворі в розміри 22, 23.			
11. Замінити інструмент.			
12. Нарізати різь в отворі в розмір 8.	Т		
13. Повернути пристосування з деталлю на 45^0 .			
14. Замінити інструмент.			
15. Свердлити отвір в розмір 8.			
16. Замінити інструмент.			
17. Відкинути кондукторну плиту.			
18. Зенкувати торець в розмір 14.			
19. Замінити інструмент.			
20. Зенкувати фаску в отворі в розміри 7, 12.			
21. Замінити інструмент.			
22. Нарізати різь в отворі в розмір 9.			
23. Замінити інструмент.			
24. Повернути пристосування з деталлю на 45^0 .			
25. Зенкувати послідовно 20 фасок в розміри 16, 17.			
26. Замінити інструмент.			
27. Нарізати різь послідовно в 20 отворах в розміри 3, 20, 1, 2.			
28. Замінити інструмент.			
29. Повернути пристосування з деталлю на 90^0 .			
30. Зенкувати послідовно 12 фасок в розміри 37, 35., 39, 38, 36.			
31. Нарізати різь послідовно в 12 отворах в розміри 29, 35.			

3.5 Вибір режимів оброблення деталі та норм часу

Проводимо вибір режимів обробки і заносимо в таблицю.

Таблиця 3.6 – Зведена таблиця режимів різання по операціях

Назва операції та її зміст	t , мм	L , мм	i	T_m , хв.	S_p , мм/ об	n , об/ хв.	V , м/ хв.	S_M , мм/ хв.	T_o , хв.	N , кВт.	T_y , хв.
005. Комплек.											
1. Перехід	4	300	2	45	-	250	157	200	3,0	1,5	7,45
2. Перехід	10	1380	1	45	-	600	133,4	500	2,76	1,05	
3. Перехід	3,15	8	2	45	-	710	22,3	300	0,05	0,9	
4. Перехід	8,25	30	2	60	-	500	29	300	0,2	0,89	
5. Перехід	8,5	30	2	45	-	560	29,9	224	0,27	0,76	
6. Перехід	0,5	5	4	60	-	560	31,6	300	0,07	0,6	
7. Перехід	0,25	20	2	60	-	180	9,6	300	0,13	0,13	
015. Комплек.											
1. Перехід	4,0	920	2	60	-	300	150,7	240	7,67	11,18	24,39
2. Перехід	1,75	39	10	60	-	600	133,8	150	4,73	9,6	
3. Перехід	0,4	39	10	60	-	600	135,3	150	4,79	2,17	
4. Перехід	0,5	6	10	60	-	600	135,6	300	2,4	2,16	
5. Перехід	0,1	39	10	60	-	700	158,3	150	4,8	2,1	
025. Рад.-свер.											
1. Перехід	1,6	3,1	5	60	0,224	80	25,6	-	0,86	2,13	1,97
2. Перехід	1,6	3,1	5	60	0,224	80	25,6	-	0,86	2,13	
030. Рад.-свер.											
1. Перехід	3,4	23	1	60	0,11	576	12,3	-	0,36	2,19	0,72
3. Перехід	3,4	23	1	60	0,11	576	12,3	-	0,36	2,19	

035. Рад.-свер.											
1. Перехід	2,5	34	1	45	0,1	825	13	-	0,41	4,76	1,13
040. Рад.-свер.											
1. Перехід	7,25	21	1	45	0,224	630	29	-	0,15	1,1	1,12
3. Перехід	3,0	4,5	1	45	0,118	400	40	-	0,1	3,17	
6. Перехід	2,0	3,5	1	60	0,118	400	32	-	0,08	1,01	
7. Перехід	1,5	44	1	60	1,5	315	16	-	0,1	0,78	
050. Рад.-свер											
1. Перехід	1,5	2,5	20	45	0,118	630	32	-	0,67	1,17	29,16
3. Перехід	1,25	36	20	45	1,25	500	13	-	1,15	2,13	
6.Перехід	7,25	21	1	45	0,224	630	29	-	0,15	1,08	
8. Перехід	3,0	4,5	1	60	0,118	315	38	-	0,12	0,97	
10. Перехід	2,0	3,5	1	60	1,5	400	32,8	-	0,08	1,45	
12. Перехід	1,5	4,4	1	45	0,224	315	16	-	0,1	1,78	
15. Перехід	7,25	21	1	45	0,118	630	29	-	0,15	2,96	
18. Перехід	3,0	4,5	1	45	0,118	400	40	-	0,1	1,17	
20. Перехід	3,0	4,5	1	45	1,5	400	40	-	0,1	1,14	
22. Перехід	1,5	40	1	45	0,118	315	16	-	0,09	2,15	
25. Перехід	1,5	2,5	20	60	1,25	630	32	-	0,67	3,17	
27. Перехід	1,25	36	20	60	0,118	500	13	-	2,95	2,68	
29. Перехід	1,0	2,0	12	60	1,0	1250	25	-	0,17	3,02	
31. Перехід	1,0	40	12	60		400	7,5	-	1,2	2,17	

Норми штучного часу на операцію визначається по формулі [13]:

$$T_{шт} = T_o + T_{\partial} + T_{обсл} + T_{відп}.$$

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}.$$

Розраховуємо норму штучного часу на комплексну операцію 005 [12, 13]:

Час на встановлення та зняття деталі: $T_{в.з.} = 0,36$ хв.;

Час на вимірювання деталі: $T_{вим} = 0,24$ хв.;

Час на управління верстатом: $T_{уп} = 0,2$ хв.;

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок:

$$T_{обсл} = 4,15\%T_o$$

$$T_{відп} = 4,15\%T_o$$

Тоді допоміжний час:

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{вим} + T_{уп} = 0,36 + 0,24 + 0,2 = 0,8 \text{ хв.}$$

Так, як основний (технологічний) час на цій операції складає $T_o = 2,32$ хв., то оперативний час буде:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 2,32 + 0,8 = 3,12 \text{ хв.}$$

$$T_{обсл} = 4,15\%(3,12) = 0,13 \text{ хв.};$$

$$T_{відп} = 4,15\%(3,12) = 0,13 \text{ хв.};$$

Звідси штучний час на операції:

$$T_{шт} = 3,12 + 0,13 + 0,13 = 3,38 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T_{п.з.} = 32$ хв.

Штучно калькуляційний час складе:

$$T_{шт.к} = 3,38 + \frac{32}{98} = 3,72 \text{ хв.}$$

Для решти переходів (операцій) технологічного процесу розрахунки проводимо по довідковій літературі [13] і зводимо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Норми штучного часу на операції

Номер опер.	T_o , хв.	Допоміжний, хв.			$T_{оп}$, хв.	$T_{обс}$, хв.	$T_{відп}$, хв.	$T_{шт}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	п, шт.	$T_{шт.к}$, хв.
		$T_{в.з.}$	$T_{вим}$	$T_{уп}$							
005	7,45	0,36	0,24	0,2	0,8	0,39	0,39	10,07	100	98	10,75
015	24,4	0,36	0,24	0,2	0,8	0,14	0,14	26,88	32	98	27,2
025	1,97	0,45	0,45	1,2	2,1	0,5	0,5	2,1	24	98	2,13

030	0,8	0,36	0,24	0,3	1,1	0,15	0,15	1,4	24	98	1,84
035	1,13	0,21	0,55	0,3	1,06	0,18	0,18	1,58	29	98	1,72
040	1,12	0,2	0,15	0,1	0,99	0,04	0,04	1,25	29	98	1,71
050	29,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,05	0,05	29,8	41	98	30,64

3.6 Встановлення кількості обладнання

Для кожного робочого місця в технологічному процесі повинно бути розраховано кількість обладнання, яке забезпечить виготовлення заданої програми випуску деталей в рік, а також визначені коефіцієнти завантаження обладнання та використання обладнання по часу і по потужності. Розрахункова кількість верстатів:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{um}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{zn}},$$

де: $N = 7000$ шт. – програма випуску деталей;

$F_o = 3979$ год. – дійсний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{zn} = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для серійного виробництва.

Операція 005. Оброблювальний центр моделі CW-800. Штучний час на операції $T_{um} = 10,75$ хв.

$$m_p = \frac{7000 \cdot 10,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 3,94.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_n = 3$.

Операція 015. Оброблювальний центр CW-800. Штучний час на операції $T_{um} = 27,2$ хв.

$$m_p = \frac{7000 \cdot 27,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 9,96.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_n = 10$.

Операція 025. Радіально-свердильний верстат 2А554. Штучний час на операції $T_{шт} = 2,13$ хв.

$$m_p = \frac{7000 \cdot 2,13}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,78.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_n = 1$.

Операція 030. Радіально-свердильний верстат моделі 2А554. Штучний час на операції $T_{шт} = 1,84$ хв.

$$m_p = \frac{7000 \cdot 1,84}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,65.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_n = 1$.

Операція 035. Радіально-свердильний верстат моделі 2А554. Штучний час на операції $T_{шт} = 1,72$ хв.

$$m_p = \frac{7000 \cdot 1,72}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,65.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_n = 1$.

Операція 040. Радіально-свердильний верстат моделі 2А554. Штучний час на операції $T_{шт} = 1,71$ хв.

$$m_p = \frac{7000 \cdot 1,71}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,63.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_n = 1$.

Операція 050. Радіально-свердильний верстат моделі 2А554. Штучний час на операції $T_{шт} = 30,64$ хв.

$$m_p = \frac{7000 \cdot 30,64}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 11,23.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_n = 12$.

Визначимо коефіцієнти завантаження обладнання по операціях технологічного процесу за формулою:

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n} \cdot 100\%.$$

$$\eta_{3_1} = \frac{3,94}{4} \cdot 100\% = 98,5\%; \eta_{3_2} = \frac{9,96}{10} \cdot 100\% = 99,6\%; \eta_{3_3} = \frac{0,78}{1} \cdot 100\% = 78\%;$$

$$\eta_{3_4} = \frac{0,65}{1} \cdot 100\% = 65\%; \eta_{3_5} = \frac{0,65}{1} \cdot 100\% = 65\%; \eta_{3_6} = \frac{0,63}{1} \cdot 100\% = 63\%;$$

$$\eta_{3_6} = \frac{11,23}{12} \cdot 100\% = 94\%.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання буде складати:

$$\eta_{3_c} = \frac{\sum \eta_{3_i}}{i} = \frac{98,5 + 99,6 + 78 + 65 + 63 + 94}{6} = 83,02\%$$

Коефіцієнт використання обладнання по основному часу буде визначатись по формулі:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт.к.}}$$

$$\eta_{o_1} = \frac{7,45}{10,75} = 0,69; \eta_{o_2} = \frac{24,4}{27,2} = 0,89; \eta_{o_3} = \frac{1,97}{2,13} = 0,92; \eta_{o_4} = \frac{0,8}{1,84} = 0,43;$$

$$\eta_{o_5} = \frac{1,13}{1,58} = 0,72; \eta_{o_6} = \frac{1,12}{1,72} = 0,65; \eta_{o_7} = \frac{29,2}{30,64} = 0,95.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання по основному часу:

$$\eta_{o_c} = \frac{\sum \eta_{o_i}}{i} = \frac{0,69 + 0,89 + 0,92 + 0,43 + 0,72 + 0,65 + 0,95}{7} = 0,75.$$

3.7 Розробка спеціальної оснастки

3.7.1 Пристрій для комплексної обробки

Для операції 005 комплексної розроблено приспособлення, яке дозволяє проводити фрезерну обробку поверхонь лап корпусу та пазу в нижній частині корпусу, а також за допомогою додатково встановленої кондукторної плити свердлити 4 отвори в лапах корпусу.

Приспосіблення встановлюється на столі оброблювального центру моделі CW-800, базування здійснюється за допомогою шпонок в нижній частині приспосіблення, а його закріплення здійснюється за допомогою шпильок, встановлених в Т-подібні пази стола верстату. Деталь встановлюється нижньою площиною лап на опорні поверхні і два базуючі клини входять в необроблений отвір корпусу та притискають корпус до опорних поверхонь.

Приспосіблення складається з опорної плити, на якій розміщено шпонки для базування приспосіблення, опорні поверхні для установки деталі, направляючих для притискаючих клинів. Базування деталі здійснюється за допомогою за допомогою двома упорами з бокової поверхні приспосіблення та опорних поверхонь під лапи корпусу. Враховуючи масу заготовки (14,32 кг) для полегшення її встановлення передбачено направляючі. Затиск здійснюється від пневмоциліндрів, з боку і з низу. Складальне креслення приспосіблення представлено у графічній частині роботи (лист 2).

При даній схемі обробки і базування деталі в приспосібленні умова забезпечення точності обробки по відомій методиці [15]:

$$\pm yL_{\text{вир}} \geq Fy'L_{\text{конд}} \pm 2 \left[K \frac{D_{BH} - D_{CM}}{2} \pm K \frac{d_{BH} - d_{CB}}{2} \pm m\varepsilon_{\text{роб}} \pm P(d_{BH} - d_{CB}) \frac{h+b}{l} \right],$$

де $yL_{\text{вир}}$ - граничне відхилення на фрезерування пазу по 10 квалітету точності розміщення отворів;

$y' = \pm 0,05$ мм – граничне відхилення розмірів приспосіблення нормальної точності;

$D_{BH} = 16^{+0,063}$ - найбільший діаметр отвору під робочу втулку (по Н9);

$D_{CM} = 15^{+0,072}$ - найменший діаметр отвору під робочу втулку (по Н10);

$d_{BH} = 7,2^{+0,360}$ - найбільший діаметр отвору робочої втулки;

$d_{CB} = 6,7^{+0,360}$ - найменший діаметр свердла;

$\varepsilon_{\text{роб}} = 0,02$ мм – ексцентриситет робочої втулки;

$b = 8$ мм – глибина свердління;

$h = 2$ мм. – відстань між торцем втулки і заготовкою;

$l = 15$ мм. – глибина направляючого отвору робочої втулки;

$L_{\text{конд}} = 90$ мм. – міжцентрова відстань;

$F = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує ймовірну границю відхилення координат центрів отворів в кондукторі;

$K = 0,5$ - коефіцієнт, що враховує найбільшу границю зазорів в спряженнях і їх зміщення;

$m = 0,4$ - коефіцієнт, що враховує найбільшу ймовірну величину ексцентриситету втулки;

$P = 0,35$ - коефіцієнт, що враховує величину перекосу свердління.

Тоді:

$$yL_{\text{вир}} = 0,8 \cdot 0,05 \cdot 90 + 2 \left[0,5 \frac{16,043 - 15,07}{2} + 0,5 \frac{7,2 - 6,7}{2} + 0,4 + 0,02 + 0,35(7,2 - 6,7) \frac{2+8}{15} \right] = 0,069$$

- 0,069 мм є менше допуску на обробку пазу 0,087:

$$yL_{\text{вир}} = 0,140 \text{ мм} \geq 0,069 \text{ мм.}$$

Отже, величина похибки, яку дає пристосіблення менша від величини допуску отвору – пристосіблення забезпечує необхідну точність.

3.7.2 Кондуктор для свердління 20 отв. 12 отв. Ø6,7 мм

Для операцій 030, 050 сконструйовано пристрій для оброблення 20 отворів в бокових поверхнях корпусу, свердління отвору під пробку для зливу масла в нижній частині корпусу та отвору для заливання масла в бобищі.

Він закріплюється на поворотній стійці, радіально-свердлильного верстату моделі 2А554 за допомогою болтів, що вставляються в пази стійки та базується за допомогою направляючих шпонок.

Пристрій складається з основи, на якій встановлено два базуючих пальці для базування деталі в пристосібленні – один зрізаний, другий гладкий.

Притискання деталі здійснюється за допомогою важеля у верхній частині пристосування.

З двох бокових сторін корпусу пристосування встановлено дві кондукторні плити, на яких розміщені 20 швидкозмінних кондукторних втулок, за допомогою яких забезпечується необхідна точність свердління отворів в торцях 5 розточених отворів. У верхній частині пристосування розміщено кондукторну плиту з кондукторною втулкою для кріплення швидкозмінної кондукторної втулки, з допомогою якої забезпечується точність свердління отвору для зливу масла. Під кутом 45° до вертикальної осі пристосування розміщено на спеціальному кронштейні кондукторну втулку для свердління отвору в торці бобишки. Поворот пристосування для свердління певного отвору в деталі здійснюється за допомогою поворотної стіки, яка забезпечує поворот пристосування на певний кут – 180° , 90° , 45° для свердління отворів.

Пристрій укомплектований спецгвинтами для можливості підняття і зняття його з столу верстата. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи (лист 3).

3.7.3 Пристосування для свердління 12 отв. Ø4,95 мм і 4 отв. Ø17 мм

Для операції 035 сконструйовано пристрій для свердління 12 отворів та 4 отворів в лапах в нижній площині корпусу редуктора. Він закріплюється на робочому столі радіально-свердлильного верстату моделі 2А554 за допомогою болтів, що вставляються в пази стола та основи корпусу пристосування та базується на столі за допомогою направляючих шпонок.

Пристрій складається з основи, на якій встановлено дві стійки для кріплення направляючих свердлильної головки, кондукторної плити та двох опорних бокових поверхонь. Базування деталі забезпечується за допомогою двох упорів в бокових поверхнях, двох опорних упорів, закріплених за допомогою болтів до нижньої плити та двох конусів, які встановлені в

розточеному отворі корпусу. Закріплення деталі здійснюється за допомогою механічного притискача та за допомогою двох конусів, які зв'язані з пневмоциліндрами.

Від поперечного переміщення заготовку утримують упорні болти. Пристрій укомплектований спецгвинтами для можливості підняття і зняття його з столу верстата.

Базування пристрою на столі верстата проводиться двома шпонками, закріплення - за допомогою болтів через Т-подібні пази в столі верстату і пази в нижній плиті корпусу пристосування. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи (лист 4).

Сила затиску визначається з мови рівноваги сил [15]:

$$(W - P)fr = \frac{2M}{d}kR,$$

звідси:

$$W = \frac{2kMR}{dfr} - P,$$

де: f - коефіцієнт тертя в місці затиску;

k - коефіцієнт запасу;

R - відстань від вісі інструменту до вісі деталі;

$$r = \frac{D_2 - D_3}{2} = \frac{95 - 90}{2} = 2,5 \text{ мм.} - \text{радіус, по якому затискається деталь.}$$

При використанні однавжільного механізму умовою рівноваги є [15]:

$$W = \frac{1}{\eta} Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

де: α - кут скосу важеля, $^{\circ}$;

φ - кут тертя похилій поверхні важеля, $^{\circ}$;

φ_1 - кут тертя в ланці, $^{\circ}$;

φ_2 - кут повороту важеля, $^{\circ}$.

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1 \quad \varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^{\circ} 50'; \quad \operatorname{tg} \varphi_{2np} = 0,21; \quad \alpha = 15^{\circ}.$$

Характеристика механізму

$$\frac{1 - \operatorname{tg}(\varphi + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1} = 2,26.$$

$\eta = 0,60$ - коефіцієнт корисної дії механізму.

$$W \cdot \eta = 2,26 \cdot Q;$$

$$W = \frac{2,26 \cdot Q}{\eta};$$

$$\frac{2,26}{\eta} Q = \frac{2kMR}{dfr} - P.$$

Звідси визначаємо необхідне зусилля, що повинен розвивати пневмоциліндр пристрою:

$$Q = \left(\frac{2kMR}{dfr} - P \right) \cdot \frac{\eta}{2,26}.$$

Сила різання при свердлінні визначається за формулою [13]:

$$P = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_z^{Y_p} \cdot Z \cdot B^{Z_p} \cdot D^{q_p},$$

де: $C_p = 48$; $X_p = 0,83$; $Y_p = 0,65$; $Z_p = 1,0$; $q_p = -0,83$ - коефіцієнт та показники степенів.

$$P = 48 \cdot 10^{0,83} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 4 \cdot 20^{1,0} \cdot 20^{-0,83} = 484 \text{ Н.}$$

Момент буде складати [13]:

$$M = C_M \cdot D^{2,0} \cdot S^{Y_M} \cdot Km_m,$$

де: $C_M = 23,6$; $Y_M = 0,80$; $Km_m = 0,7$.

$$M = 23,6 \cdot 20^{2,0} \cdot 0,1^{0,80} \cdot 0,7 = 1047 \text{ Н/м.}$$

Отже:

$$Q = \left(\frac{2 \cdot 1,1 \cdot 1047 \cdot 125}{12 \cdot 0,78 \cdot 65} - 484 \right) \cdot \frac{0,98}{2,26} = 357,5 \text{ кг.}$$

Діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 357,5}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,85}} = 11,57 \text{ см.}$$

Вибираємо стандартний пневмоциліндр з діаметром поршня $D = 125$ мм.

На точність обробки впливає ряд технологічних факторів, які викликають сумарну похибку. Для розрахунку точності виготовлення пристрою можна використати формулу [15]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - K \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\bar{\sigma}})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{yct}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_p^2 + (k_2 \omega)^2},$$

де: $\delta = 0,6$; $k = 1,2$; $\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0,10$; $\varepsilon_z = 0,04$; $\varepsilon_y = 0,11$; $\varepsilon_{zn} = 0,10$; $\varepsilon_p = 0$;
 $k_1 = 0,8 \dots 0,85$; $k_2 = 0,6 \dots 0,8$; $\omega = 0,10$ - значення відповідних допусків, похибок встановлення і поплавкових коефіцієнтів.

Отримаємо:

$$\varepsilon_{np} = 0,6 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0,1)^2 + 0,04^2 + 0,11^2 + 0,1^2 (0,8 \cdot 0,1)^2} = 0,27 - 0,24 = 0,03 \text{ мм.}$$

Виходячи з розрахунку, точність встановлення заготовки складає $\pm 0,03$ мм., що задовільняє допуск на деталь по кресленню $\pm 0,18$ мм.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Розрахунок запобіжних пристроїв для захисту інструменту

У верстатобудуванні використовують муфти дуже різноманітних конструкцій. Як самостійні складальні одиниці найбільш часто вживані муфти стандартизовані. Основною характеристикою кожної муфти є обертовий момент T_D на передавання якого вона розрахована. Іншими важливими показниками конструкцій муфт є гранична частота обертання, габаритні розміри, маса і момент інерції муфти щодо осі обертання. Стандартні муфти не розраховують, а підбирають за обертовим моментом.

Для підбору запобіжних муфт користуються відповідними характеристикам [14]. Зокрема враховують коефіцієнт перевищення номінального навантаження γ_{nn} , який характеризує інтервал навантаження для спрацювання муфти

$$\gamma_{nn} = \frac{T_D}{T_H}, \quad (4.1)$$

де T_H – номінальний крутний момент (максимальний момент, який забезпечує надійне функціонування);

T_D – найбільший момент, який допускається найслабшою ланкою.

Надійний захист інструменту забезпечується, якщо крутний момент, досягаючи свого допустимого значення, викликає спрацювання муфти. Інтервал навантаження, всередині якого повинна спрацювати запобіжна муфта

$$\Delta T_{zp} = (T_{zp} + \xi T_{zp}) - T_0 = T_{zp} (1 + \xi - \gamma_\chi), \quad (4.2)$$

де T_{zp} – гранична величина крутного моменту, при якому закінчується спрацювання муфти;

T_0 – крутний момент, при якому починається спрацювання муфти;

ξ – відносна похибка спрацювання;

$\gamma_\chi = T_0/T_{zp}$ – коефіцієнт чутливості запобіжної мути.

Для муфт з елементами зчеплення кулька-кулька $\gamma_q = 1$, а для кулачкових і елементів зчеплення кулька-лунка $\gamma_q < 1$ і коливається в межах $0,8 \dots 0,9$ [14].

Надійний захист найслабшої ланки машини здійснюється при умові

$$T_n(\gamma_{nn} - 1) \leq T_{sp}(1 + \delta - \gamma_q). \quad (4.3)$$

Важливим показником при роботі запобіжних муфт є коефіцієнт їх точності спрацювання $\gamma_{mч}$, який визначається як відношення максимального і мінімального крутних моментів

$$\gamma_{mч} = \frac{T_{\max}}{T_{\min}}, \quad (4.4)$$

На коефіцієнт $\gamma_{mч}$ в значній мірі впливає точність виготовлення деталей муфти, її тип, місце розташування в кінематичному ланцюгу, а також характер виникнення навантаження у ріжучому інструменті. В зв'язку з коливаннями величини коефіцієнта тертя коефіцієнт точності приймають: у фрикційних муфтах $\gamma_{mч} \leq 2,5$ (при умові змащення $\gamma_{mч} \leq 1,5$), пружно-кулачкових $\gamma_{mч} \approx 1,25 \dots 1,5$; для пружно-кулькових запобіжних муфт $\gamma_{mч} \approx 1,15 \dots 1,25$. У процесі проведення досліджень необхідно досягати таких конструктивно-технологічних параметрів запобіжних муфт, при яких їх коефіцієнт точності спрацювання був би близьким до одиниці.

При необхідності підбору захисного пристрою за моментом їх розраховують за обертальним моментом [14]

$$T = k_n T_n, \quad (4.5)$$

де T_n – номінальний обертальний момент;

k_n – коефіцієнт, що враховує короточасні перевантаження або режим роботи муфти.

Застосування конструкцій низькодинамічних запобіжних муфт, з правильним вибором їх параметрів, дозволить підвищити ресурсні характеристики ріжучого інструменту.

4.2 Номенклатура засобів гасіння пожежі на виробництві

В комплексі заходів, що використовуються в системі протипожежного захисту, важливе значення має вибір найбільш раціональних способів та засобів гасіння різних горючих речовин та матеріалів згідно зі СНіП 2.04.09-84 [17]. Горіння припиняється якщо:

- при охолодженні горючої речовини до температури нижчої, ніж температура її займання;
- при зниженні концентрації кисню в повітрі в зоні горіння;
- при припиненні надходження пари, газів горючої речовини в зону горіння.

Припинення горіння досягається за допомогою вогнегасних засобів:

- води (у вигляді струменя або розпиленому вигляді);
- інертних газів (вуглекислота та ін.);
- хімічних засобів (у вигляді піни або рідини);
- порошкоподібних сухих сумішей (суміші піску з флюсом);
- пожежних покривал з брезенту та азбесту.

Вибір тих чи інших способів та засобів гасіння пожеж та вогнегасних речовин і їх носіїв (протипожежної техніки) визначається в кожному конкретному випадку залежно від стадії розвитку пожежі, масштабів загорань, особливостей горіння речовин та матеріалів.

Успіх швидкої локалізації та ліквідації пожежі на її початку залежить від наявних вогнегасних засобів, вміння користуватися ними всіма працівниками, а також від засобів пожежного зв'язку та сигналізації для виклику пожежної допомоги та введення в дію автоматичних та первинних вогнегасних засобів.

Вода – найбільш дешева і поширена вогнегасна речовина. Вода порівняно з іншими вогнегасними речовинами має найбільшу теплоємність і придатна для гасіння більшості горючих речовин. Вода застосовується у вигляді компактних і розпилених струменів і як пара. Вогнегасний ефект компактних струменів води полягає у змочуванні поверхні, зволоженні та охолодженні твердих

горючих , матеріалів. Подача води до місця пожежі здійснюється пожежними рукавами. Відкидний рукав від пожежного крана або насоса закінчується металевим соплом, обладнаним розбризкувачем. Розбризкувач дозволяє отримувати компактний або розсіяний струмінь води. Струменем води гасять тверді горючі речовини; дощем і водяним пилом – тверді, волокнисті сипучі речовини, а також спирти, трансформаторне і солярове мастила.

Водою не можна гасити легкозайmistі рідини (бензин, гас), оскільки, маючи велику питому вагу, вода накопичується внизу цих речовин і збільшує площу горючої поверхні. Не можна гасити водою такі речовини, як карбіди та селітру, які виділяють при контакті з водою горючі речовини, а також металевий калій, натрій, магній та його сплави, електрообладнання, що знаходиться під напругою, цінні папери та устаткування.

Водяна пара застосовується для гасіння пожеж у приміщеннях об'ємом до 500 м³ і невеликих загорань на відкритих установках. Вогнегасна концентрація пари у повітрі становить 35%.

Водні розчини солей застосовуються для гасіння речовин, які погано змочуються водою (бавовна, деревина, торф). У воду додають поверхнево-активні речовини: піноутворювач ПО-1, сульфаноли НП-16, сульфонати, змочувач ДП.

Промислові приміщення мають зовнішнє і внутрішнє протипожежне водопостачання, запроектоване згідно з вимогами СНіП 2.04.02-84 та СНіП 2.04.01-85 [17]. Гідранти (зовнішнє протипожежне водопостачання) розташовуються на території підприємств на віддалі не більше 100 м по периметру будівель вздовж доріг і не ближче 5 м від стін.

Внутрішнє протипожежне водопостачання здійснюється пожежними кранами, які встановлюються на висоті 1,35 м від підлоги всередині приміщень біля виходів, у коридорах, на сходових клітках. Кожний пожежний кран споряджається прогумованим рукавом та пожежним стволом. Довжина рукава – 10 або 20 м. Продуктивність кожного крана повинна бути не меншою, ніж 2,5 л/с. Витрати води на зовнішнє пожежогасіння беруться в залежності від ступеня

вогнестійкості будівель, їх об'єму, категорії пожежо- і вибухонебезпеки виробництва у межах від 10 до 40 л/с. В будівлях і спорудах з пожежонебезпечним виробництвом встановлюються автоматично діючі спринклерні або дренчерні системи для гасіння пожеж.

Спринклерні установки можуть бути водяні, повітряні і змішані. Це система труб, прокладених по стелі. Вода в труби потрапляє із водогінної мережі. Спринклерні головки закриті легкоплавкими замками, що розраховані на спрацювання при температурі 72, 93, 141 та 182 °С. Площа змочування одним спринклером становить від 9 до 12 м², а інтенсивність подачі води – 0,1 л/с м². Важлива частина установки – контрольно-сигнальний клапан, котрий пропускає воду в спринклерну мережу, при цьому одночасно подає звуковий сигнал, контролює тиск води до і після клапана.

Ручні вуглекислотні вогнегасники призначені для гасіння невеликих пожеж, всіх видів загорання. Вони приводяться в дію вручну. Через вентиль стиснена рідка вуглекислота прямує у патрубок, де вона розширюється і за рахунок цього її температура знижується до – 70 °С. При переході рідкої вуглекислоти в газ її об'єм збільшується в 500 разів. Утворюється снігоподібна вуглекислота, котра при випаровуванні охолоджує горючу речовину та ізолює її від кисню повітря. Корисна довжина струменя вогнегасника приблизно 4 м, час дії – 30...60 с. Вуглекислотою можна гасити електрообладнання, що знаходиться під напругою, а також горючі рідини і тверді речовини. Не можна гасити спирт і ацетон, котрі розчиняють вуглекислоту, а речовини, котрі горять без доступу повітря.

Ручні хімічні пінні вогнегасники використовуються для гасіння твердих речовин, що горять, та горючих легкозаймистих рідин з відкритою поверхнею, що горить. Слід мати на увазі, що піна електропровідна – нею не можна гасити електрообладнання, що знаходиться під напругою, вона псує цінне обладнання та папери. Нею не можна гасити речовини, які при взаємодії з водою, наявною в піні, виділяють водень, який посилює горіння.

ВИСНОВКИ

1. Досліджено способи зміцнення швидкоріжучих пластин ріжучого інструменту і вибрано оптимальний, а саме нанесення алмазоподібного покриття.

2. Вибрано методику проведення досліджень і обробки експериментальних даних із графічним дослідженням математичних моделей умов оброблення пластинами із нанесеним зміцнюючим покриттям і без нього.

3. Встановлено, що для чистових режимів обробки стійкість пластин з алмазоподібним покриттям вища у 2,5-4 рази від стійкості пластин без покриття. Але застосування значень подачі, глибини різання для чорнових режимів обробки і збільшити швидкість різання, то результат зміниться до зворотного.

4. Виявлено, що пластини з алмазоподібним покриттям при малих подачах зношуються менше ніж пластини без покриття в області чистових швидкостей різання. Таким чином, алмазоподібне плівкове покриття ефективно при чистовому та тонкому точінні. При чорновому точінні стійкість таких пластин падає, що спричинено підвищенням сили та температури різання.

5. Розроблено технологію виготовлення корпусної деталі «корпус ССТ-07.00.101» із встановленням норм часу на оброблення, режимів оброблення, розрахунком проектованих пристосувань, які застосовуються у розробленому процесі виробництва.

6. Запропоновано практичні рекомендації щодо підбору запобіжних пристроїв для захисту інструменту і забезпечення охорони праці та безпеки життєдіяльності у виробничих умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Костриба Б.І. Способи зміцнення швидкорізючих пластин : Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2024. С.105.
2. Васильченко Я. В., Шаповалов М. В. Оцінка характеристик конструкційної міцності різальних пластин та оптимізація технологій зміцнення за параметрами міцності. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво : тези доповідей XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції. Чернігів, 2017. С. 104–105.
3. Castanho J. M., Vieira M. T. Effect of ductile layers in mechanical behaviour of TiAlN thin coatings. Journal of Materials Processing Technology, 20 December 2003. Vol. 143–144. Pp. 352–357.
4. Akincioğlu S., Uygur I., Gökkaya H. A review of cryogenic treatment on cutting tools. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, June 2015. Vol. 78. Issue 9–12. Pp. 1609–1627.
5. Шаповалов М. В. Зміцнення твердосплавного інструменту імпульсним магнітним полем для обробки виробів важкого машинобудування : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / ; Донбас. держ. машинобуд. акад. - Краматорськ, 2019. - 24 с.
6. Шаповалов М. В., Ковальов В. Д., Васильченко Я. В. Вплив результатів виробничих випробувань твердосплавних різальних інструментів, зміцнених ОІМП на підвищення ефективності технологічного процесу різання. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. Харків, 2018. Вип. 4 (6). С. 84–92.
7. Сорока О. Б., Родічев Ю. М., Ковальов В. Д., Васильченко Я. В. Зміцнення твердосплавного різального інструменту для важкого машинобудування на основі поверхневої та об'ємної модифікації фізичними методами. Вісник Тернопільського Національного технічного університету ім. І. Пулюя. 2013. № 3 (71). С. 133–145.

8. Родічев Ю. М., Сорока О. Б., Ковальов В. Д., Васильченко Я. В., Шаповалов М. В. Прискорені випробування різальних пластин при інтенсивному контактному навантаженні. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. пр. Краматорськ, 2018. № 1 (43). С. 181–187.

9. PVD – Pressure Vapour Deposition Techniques and Advantages // CM Group s.r.l. Via della Ferriera. [2020]. URL: <https://www.cmgroupsrl.eu/en/pvd-pressure-vapour-deposition-techniques-and-advantages> (дата звернення: 20.10.2024);

10. DLC Coatings - Diamond-Like Carbon [сайт]. [2020]. URL: <https://www.ionbond.com/technology/dlc-coatings-diamond-like-carbon/> (дата звернення: 20.10.2024);

11. Латинський квадрат // uk.wikipedia.org [сайт]. [2022]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Латинський_квадрат (дата звернення: 20.10.2024);

12. Пилипець М. І., Комар Р. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : метод. вказівки. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 58 с.

13. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

14. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

15. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин : навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1993. 556 с.

16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

17. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посіб. Суми : Университетская книга, 2011. 557 с.

18. Стищенко Т. Є., Пронюк Г. В., Сердюк Н. М. та ін. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.