

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ ТА ІНСТРУМЕНТ

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Оцінка ефективності різання важкооброблювальних матеріалів з використанням мастильно-охолоджувальної рідини з полімерною складовою

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи М-219м

Спеціальності 131 Галузеве машинобудув.
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Металорізальні верстати та системи

Керівник

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

Форма № 25

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Металорізальні верстати та інструмент
 Ступінь вищої освіти Магістратура
 Спеціальність Металорізальні верстати та системи
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Григорів М. В.
 « 15 » 12 2010 року

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

Яровая Наталья Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оцінка ефективності різання важкооброблювальних матеріалів з використанням мастильно-охолоджувальної рідини з полімерною складовою

керівник проєкту (роботи) Циганов Володимир Васильович, д.т.н., академік Академії технічних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » 20 _____ року № _____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12.12.20

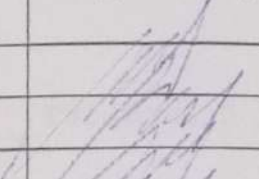
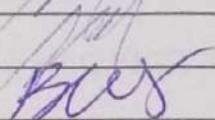
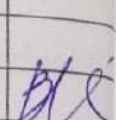
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) нержавяюча сталь AISI 304, бронзовий сплав БрО5С5Ц5, титановий сплав ВТ1-0, поліметилметакрилат, верстат мод.1К62, різець прохідний Р18

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз літературних даних, обґрунтування матеріалу, методологія дослідження, розрахунок режимів різання та норм часу, дослідна частина, охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях

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

Гістограма сили різання P_z та висоти нерівностей R_z , графіки дисперсії сили різання, графік залежності зміни шорсткості, графік зміни температура у зоні різання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

6. Консультанти розділів		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав	пр вик завд
1	Циганов В.В., професор		
2	Циганов В.В., професор		
3	Циганов В.В., професор		
4	Циганов В.В., професор		
5	Циганов В.В., професор		
6	Циганов В.В., професор		
7	Шмирко В.І., к.т.н., доцент		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)

Яровая Н.С.

Циганов В.В.

РЕФЕРАТ

ПЗ: _149_ с, _24_ табл., _61_ рис., _59_ літературних джерел.

Мета роботи: Підвищення ефективності токарної обробки важкооброблювальних матеріалів.

Об'єкт дослідження: Полімерні матеріали та методи їх використання для підвищення ефективності токарної обробки важкооброблювальних матеріалів.

Предмет дослідження: Залежності впливу поліметилметакрилату (ПММА) у складі МОР на експлуатаційні показники механічної обробки.

Задачі:

- проаналізувати літературні данні з ефективності використання МОР на основі полімерів при механообробці;
- розрахувати режими різання AISI304 та БрО5Ц5С5, ВТ1-0 на верстаті 1К62;
- розрахувати стійкість різця Р6М5 під час токарної обробки з використанням Ацетону та ПММА 1% +Ацетон;
- провести дослідження експлуатаційних показників токарного різання AISI304 та БрО5Ц5С5, ВТ1-0 з використанням ацетону та ПММА 1% +ацетон за різними режимами обробки;
- проаналізувати отримані результати досліджень ;
- розробити практичні рекомендації підвищення ефективності різання важкооброблювальних матеріалів з використанням мастильно-охолоджувальної рідини з полімерною складовою;

СИЛИ РІЗАННЯ, ПОЛІМЕР, МОР, РІЗЕЦЬ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ПММА, ПАР.

REPORT

Em: _149_p, _61_ fig., _24_ table., _59_ literary sources.

Aim of work: Improving the efficiency of turning heavy-duty materials.

Object of study: Polymeric materials and methods of their use to increase the efficiency of turning heavy-duty materials.

Subject of study: Dependences of influence of polymethyl methacrylate (PMMA) in composition a lubricating-cool liquid on operational indicators of machining.

Tasks:

- to analyze the literature on the effectiveness of the use a lubricating-cool liquid on polymers in machining
- calculate the cutting modes AISI304 and BrO5Ts5S5, VT1-0 on the machine 1K62;
- calculate the stability of the cutter P6M5 during turning using Acetone and PMMA 1% + Acetone;
- to carry out research of operational indicators of turning cutting AISI304 and BrO5Ts5S5, VT1-0 with use of acetone and PMMA 1% + Acetone on various modes of processing;
- to analyze the obtained research results;
- to develop practical recommendations for improving the efficiency of cutting heavy-duty materials using lubricating and cooling fluid with a polymer component;

CUTTING FORCES, POLYMER, LUBRICATING-COOL LIQUID, CUTTING BIT, CUTTING MODES, PMMA, SURFACTANTS

ЗМІСТ

Завдання на дипломний проект.....	2
РЕФЕРАТ.....	4
ЗМІСТ.....	6
Основні умовні позначення та скорочення.....	8
ВСТУП	10
1 Літературний огляд.....	13
2. Обґрунтування необхідності виконання роботи	27
2.1. Обґрунтування вибору матеріалу для обробки різанням.....	29
2.1.1 AISI 304.....	34
2.1.2 BT1-0.....	36
2.1.3 БрО5Ц5С5.....	38
2.2 Доцільність використання ПММА.....	40
3 Методологія досліджень.....	46
3.1 Інструмент.....	48
3.2 Вимірювальні прилади.....	49
3.3 Підготовчий процес до вимірювання.....	52
3.3.1 Вимірювання сили різання P_z	53
3.3.2 Вимірювання шорсткості.....	54
3.4 Методика обробки отриманих результатів.....	54
3.4.1 Сила різання P_z	54
3.4.2 Шорсткість.....	56
3.4.3 Методика статистичної обробки результатів вимірювань.....	56
4 Розрахунок параметрів процесу різання.....	58
4.1 Нержавіюча сталь.....	58
4.1.1 Розрахунок режимів різання обробці.....	58
4.1.2 Розрахунок геометрії зрізи при обробці	61

4.1.3 Розрахунок сили різання при обробці	63
4.2 Титановий сплав.....	68
4.2.1 Розрахунок режимів різання обробці.....	68
4.2.2 Розрахунок геометрії зрізи при обробці	70
4.2.3 Розрахунок сили різання при обробці	71
4.3 Бронзовий сплав.....	75
4.3.1 Розрахунок режимів різання обробці.....	75
4.3.2 Розрахунок геометрії зрізи при обробці	78
4.3.3 Розрахунок сили різання при обробці	79
5 Розрахунок норм часу на вказані операції	83
5.1 Розрахунок норм часу на сталі AISI 304.....	83
5.2 Розрахунок норм часу на сплав ВТ1-0.....	86
5.3 Розрахунок норм часу на бронзу БрО5Ц5С5.....	89
5.4 Розрахунок норм часу на заточку інструменту (різець).....	92
6 Дослідна частина.....	94
6.1 Результати дослідів.....	95
6.2 Аналіз статистичних даних.....	99
6.2.1 Шорсткість Rz.....	99
6.2.2 Знос ріжучого інструменту.....	111
6.2.3 Сила різання Rz.....	116
7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	126
7.1 Аналіз потенційних небезпек.	126
7.2 Заходи по забезпеченню безпеки.	128
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	129
7.4 Заходи з пожежної безпеки.....	135
7.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	137
ВИСНОВОК.....	140
ЛІТЕРАТУРА.....	142

ОСНОВНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

t - глибина різання, мм;

S – подача, мм/об.;

n – частота обертання, об/хв ;

$V_{\text{ф.}}$ – дійсна швидкість різання, м/хв;

σ_T - границя текучості, $\text{кг} / \text{мм}^2$;

σ_B - межа міцності, $\text{кг} / \text{мм}^2$;

δ - відносне подовження, %;

Ψ - відносне звуження, %;

α_H - ударна в'язкість, $\text{кг} * \text{м} / \text{см}^2$;

HB - твердість вихідного матеріалу;

ρ - щільність матеріалу, $\text{кг} / \text{м}^3$;

H - переріз державки, мм;

T - температура у зоні різання, $^{\circ}\text{C}$;

Rz – висота нерівностей профілю шорсткості, мкм;

$\delta^2_{\text{ш}}$ – дисперсія параметрів шорсткості, мкм^2 ;

$\sigma_{\text{ш}}$ – середньквдротичне відхилення параметрів шорсткості, мкм;

$E_{\text{ш}}$ - середнеарифметичне відхилення параметрів шорсткості, мкм;

S_{mi} , - середній крок нерівностей профілю шорсткості по середній лінії, мкм;

h, l, a, b – геометричні параметри зносу поверхні ріжучого інструменту, мм;

P_z – сила різання, Н;

δ^2 – дисперсія сили різання, Н^2 ;

σ – середньквдротичне відхилення сили різання, Н;

E - середнеарифметичне відхилення сили різання, Н;

$S_{z(p)}$ – площа зносу задньої (передньої) поверхні різця, мм^2 .

АЦП-аналого-цифровий перетворювач;

ГРК - гвинти регульованого кроку;

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина;

КПО - коефіцієнт природної освітленості;

КСС – крива сили світла;

МОР – мастильно- охолоджувальна рідина;

МОТС - мастильно- охолоджуючі технічні засоби;

ПАР – поверхнево-активні речовини;

ПВХ – полівінілхлорид;

ПЕ – поліетилен;

ПК з ВДТ – портативний комп'ютер з візуальним дисплейним терміналом;

ПММА – поліметилметакрилат;

ПУЕ - правила устрою електроустановок;

Система СПІД – система верстат – пристосування – інструмент – деталь;

ТБ- техніка безпеки;

УФ - ультрафіолетове випромінювання.

ВСТУП

В даний час від металообробної галузі вимагають продукцію все більш високої якості. Вона повинна відповідати високим міжнародним стандартам. При цьому не останню роль відіграють вимоги економічності і екологічності виробництва. Природно, що для отримання найкращого результату обробки, досягнення найсуворіших стандартів і норм, економії енергії і продовження експлуатаційного ресурсу обладнання, у всіх цих процесах необхідно використовувати високоякісні мастильні матеріали. Без ефективної МОР процес обробки деяких матеріалів практично неможливий.

При сучасних тенденціях до підвищення швидкостей різання і вимог до якості оброблюваних поверхонь, одним з перспективних шляхів вивчення, є застосування МОР, що містять у складі високомолекулярні сполуки з певними фізико-хімічними властивостями. Тому перспективним напрямком підвищення ефективності МОР виступає використання у якості присадок полімерів. При попаданні в зону різання, в результаті деструкції ці сполуки викликають механохімічні явища, що істотно змінюють процес відділення стружки та зменшення зусилля при різанні. Полімери, як мастильні засоби широко застосовуються у вузлах тертя деталей машин, відомо позитивний вплив на тертя таких полімерів, як полістирол, полівінілхлорид, поліметакрилат, фтор місткі полімери та інші. Для утворення мономолекулярних захисних плівок потрібна невелика кількість полімерних присадок.

Існує теорія, за якою стверджується, що при обробці деталей з полімерними МОР у зоні обробки (під дією підвищеної температури) полімерна компонента МОР підлягає деструкції і на кінцевої стадії процесу утворюється газова система, у якій протікають плазмохімічні процеси.

Відповідно до однієї із існуючих гіпотез, зовнішнє середовище (водні розчини поверхнево-активних речовин - ПАР) виробляють пластифікуючу дію зрізаного шару

металу внаслідок адсорбції полярних молекул МОР в субмікротріщини (П.А.Ребиндер).

Експериментально виявлено, що при деформації і руйнуванні металів в присутності поверхнево-активних рідин (ПАР) смуги ковзання в деформуємому металі подрібнюється в десять разів, а робота, що витрачається на руйнування, багаторазово зменшується в порівнянні з деформацією металу в інактивному середовищі.

З прогресом в хімії високомолекулярних з'єднань та практичного застосуванням у різних галузях різноманітних видів полімерів, що відрізняються не лише за фізико-хімічними властивостями, але й за вартістю, виникає необхідність у визначенні полімеру, що забезпечує максимальну ефективність різання у конкретних умовах.

Мета роботи: Підвищення ефективності токарної обробки важкооброблювальних матеріалів.

Об'єкт дослідження: Полімерні матеріали та методи їх використання для підвищення ефективності токарної обробки важкооброблювальних матеріалів.

Предмет дослідження: Залежності впливу поліметилметакрилату (ПММА) у складі МОР на експлуатаційні показники механічної обробки.

Наукова новизна: Визначено вплив наявності поліметилметакрилату у зоні контакту токарного різця та обробленої заготовки з важкооброблюваних матеріалів на підвищення ефективності різання, обґрунтовано фізико-хімічні явища під час лезвійної обробки з полімервмістковою МОР, розроблено новий напрямок високоефективного різання важкооброблюваних матеріалів з використанням полімерів.

Практична цінність: Зниження енерговитрат під час різання важкооброблювальних матеріалів, підвищення якості оброблювальної поверхні і як наслідок підвищення зносостійкості деталей з цих матеріалів, зниження зносу ріжучого

інструменту та собівартості виготовлення деталей з важкооброблювальних матеріалів.

Задачі:

- проаналізувати літературні данні з ефективності використання МОР на основі полімерів при механообробці;
- розрахувати режими різання AISI304 та БрО5Ц5С5, ВТ1-0 на верстаті 1К62;
- розрахувати стійкість різця Р6М5 під час токарної обробки з використанням Ацетону та ПММА 1% +Ацетон;
- провести дослідження експлуатаційних показників токарного різання AISI304 та БрО5Ц5С5, ВТ1-0 з використанням ацетону та ПММА 1% +ацетон за різними режимами обробки;
- проаналізувати отримані результати досліджень ;
- розробити практичні рекомендації підвищення ефективності різання важкооброблювальних матеріалів з використанням мастильно-охолоджувальної рідини з полімерною складовою;

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

При використанні МОР в механічній обробці, коли мають місце високі контактні тиски між інструментом і оброблюваним матеріалом, тільки наявність в МОР поверхнево-активних компонентів (органічних кислот, мил, спиртів та інших.), які адсорбуються на ювенільних поверхнях, значною мірою забезпечують їх невитисненність.

Крім цього, адсорбція компонентів МОР і пов'язане з нею зниження вільної поверхневої енергії оброблюваного металу різанням (або тиском) забезпечують пластифікування найтоншого поверхневого шару внаслідок зниження поверхневого потенційного енергетичного бар'єру, подоланого дислокаціями при їх переміщенні в приповерхневому шарі.

В результаті відбувається не тільки зниження зусиль механічної обробки металу, а й одночасно з цим, формуються в його поверхневому шарі специфічні структури, що впливають на працездатність виробів в експлуатаційних умовах. (рис.1.1) [1]

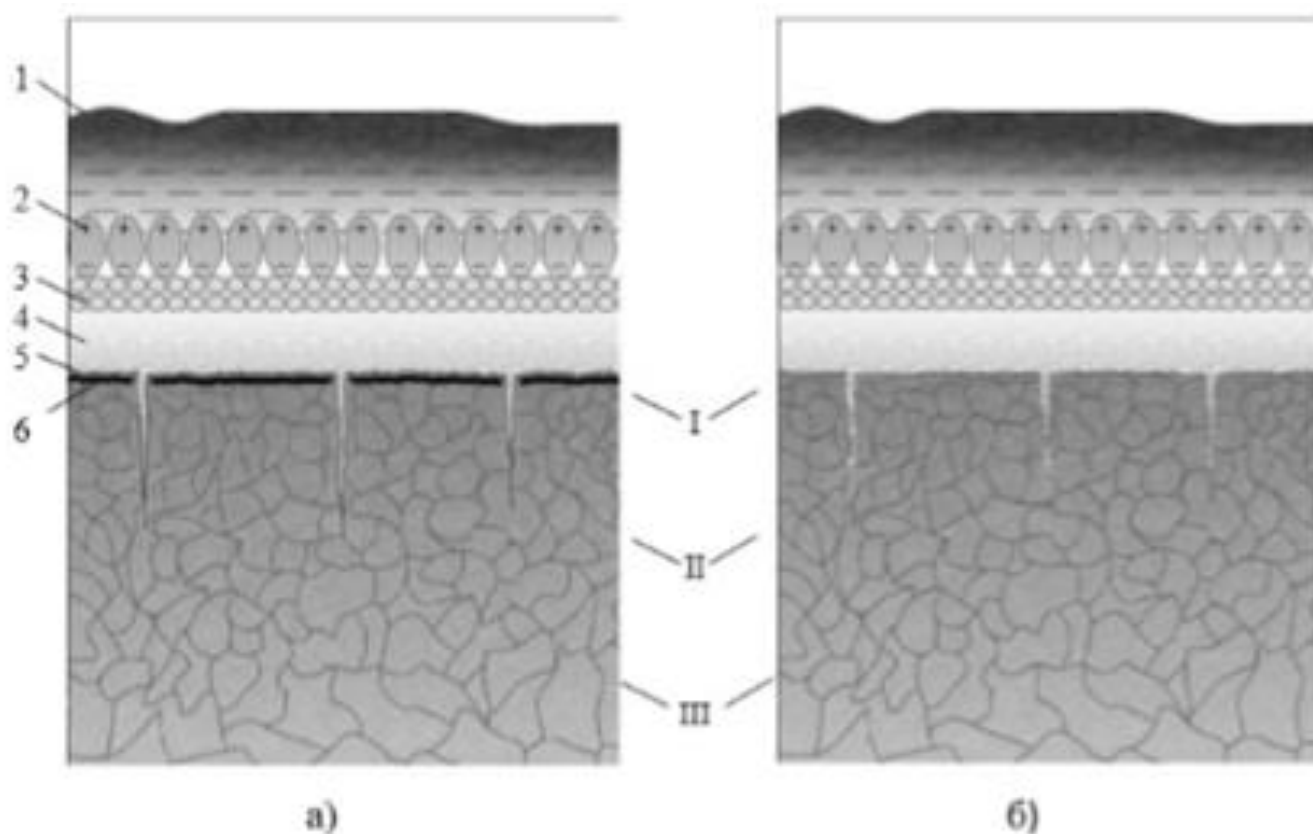


Рисунок 1.1- Поверхня металу в зоні різання після обробки:

а) МОР; б) МОР з добавкою полімеру

1-Іонізуючі пилові частинки; 2- шар жирних молекул; 3-шар водяних молекул;
4-абсорбуючий шар кисневих іонів і нейтральних молекул повітря;5- оксидний шар (до 0,1 мкм); 6-шарбейбли (до 0,1 мкм);(I)- сфера крупномаштабних деформацій- до5 мкм; (II)- сфера слабкої деформації – до 60мкм; (III)- метал, який не зазнавши поверхневими процесами.

Ймовірно, висока ефективність МОР на полімерній основі [2] обумовлена принциповою зміною механізму її впливу на процеси деформації і руйнування металу, оскільки полімерний компонент МОР в результаті багатостадійний піролітичних перетворень, набуває в зоні обробки хімічну активність (рис.1.2) [2,3].

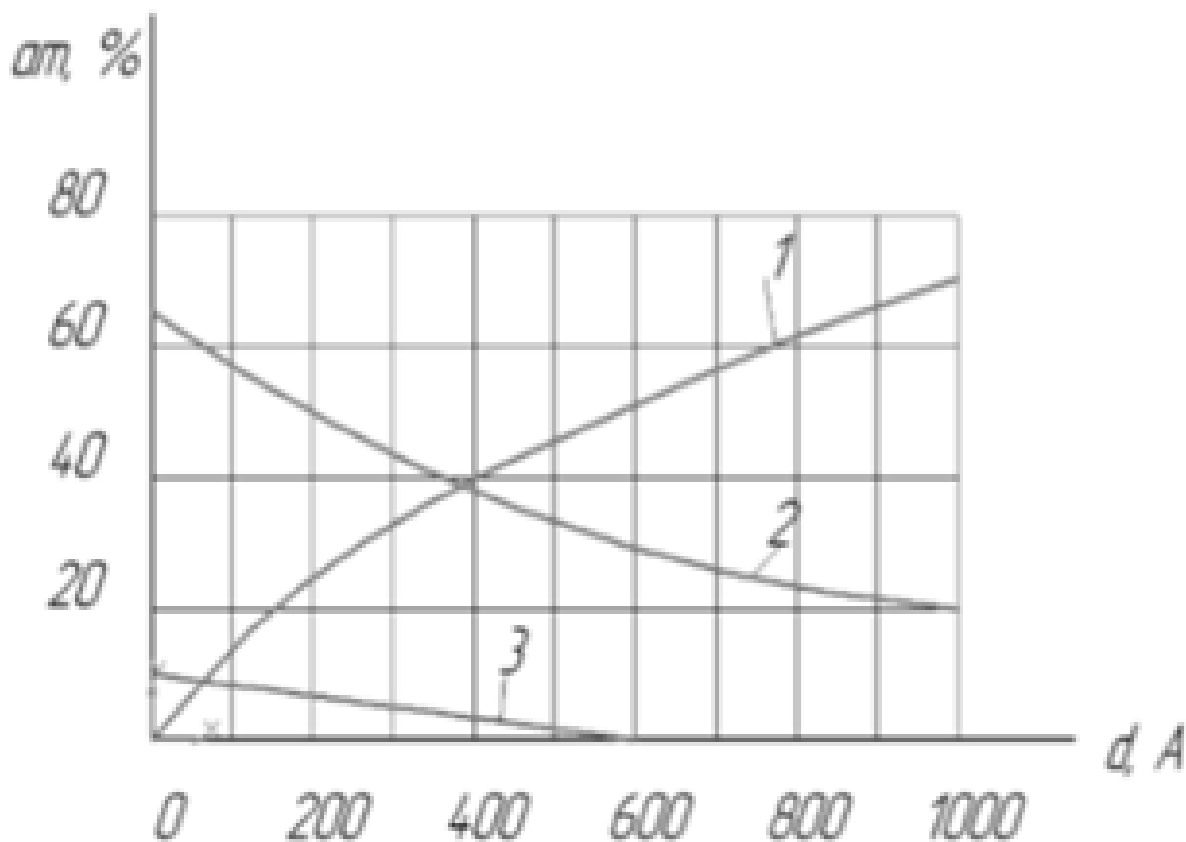


Рисунок 1.2 Розподіл хімічних елементів в поверхневому шарі сталі 45 твердість HRC 42 після точіння полімервмісткої МОР на основі ПЕ : 1 – железо ; 2-вуглець; 3-кисень. Режим обробки: різець ВК-6: $V=8,3 \text{ с}^{-1}$; $t=0,8 \text{ мм}$; $S=0,1 \text{ мм/об}$.

В умовах граничного тертя, зміна структури МОР наномодифікаторами, може дозволити реалізувати бажані реологічні режими і сприяти вирішенню проблем пов'язаних як з формуванням приповерхневої плівки, так і формуванням заданих властивостей поверхневого шару при глибинному шліфуванні [4]

При точінні зі збільшенням подачі від 0,01 до 0,14 мм/об відбувається істотний вплив дії полімерної добавки до МОР на головні технологічні характеристики процесу точіння, що відбивається на збільшенні коефіцієнтів E_t , E_p і E_{sh} (рис.1.3, а,б,в). При збільшенні подачі, вплив полімерної присадки майже не збільшується.

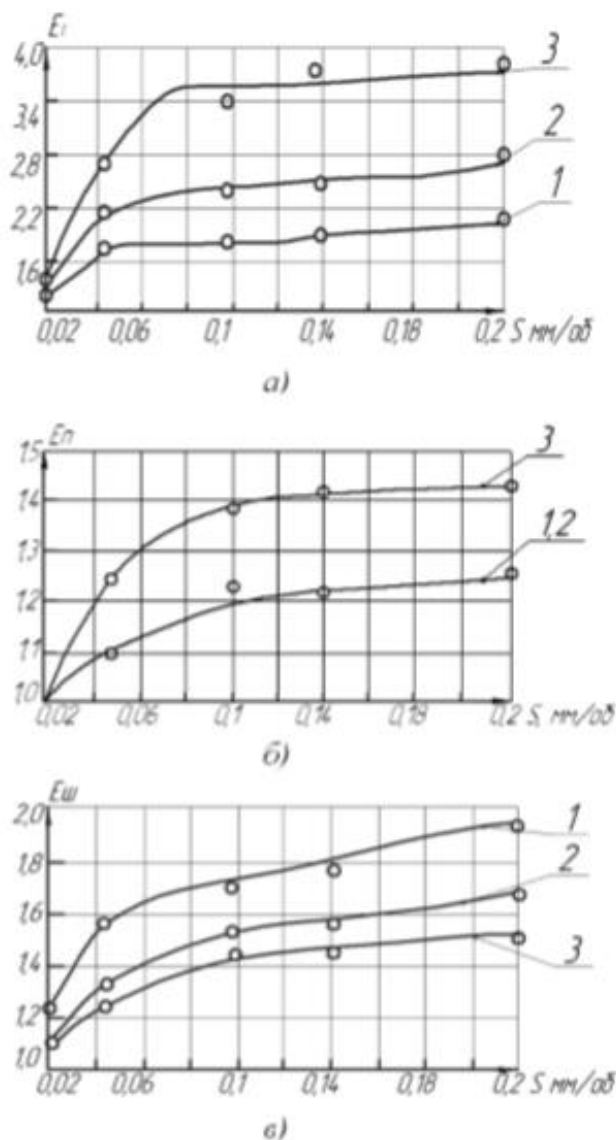


Рисунок 1.3. Залежність коефіцієнту ефективності дії МОР при точінні на стійкість інструменту (а), витрати потужності (б), і шорсткість поверхні (в) від подачі (S): 1,2,3- сталі I, II, III групи

Слід відмітити, що характер дії полімерної добавки до МОР на коефіцієнти E_t , E_n і $E_{ш}$ в залежності від значення швидкості точіння – подібний до характеристик залежності коефіцієнтів ефективності від подачі S . Ефективність дії полімерної МОР- значно залежить від хімічного складу та твердості матеріалу оброблюваних деталей. [5,6]

Показано, що добавка до МОР полімеру певної фізико-хімічної властивості й концентрації може збільшити зносостійкість інструменту при зменшенні енергетичних витрат до 30% і покращення показників якості обробленої поверхні.

Експериментальні дані, що були отримані при вивченні цієї проблеми, свідчать про те, що деякі гази, що виділяються при піролізі полімерної присадки до МОР (емульсії поліетилену або поліхлорвінілу) демонструють трибологічну активність, яка проявляється в зменшенні крутного моменту при точінні сталі в атмосфері відповідного газу.[5]

Сила різання P_z визначалася по крутному моменту і плечу воротка.

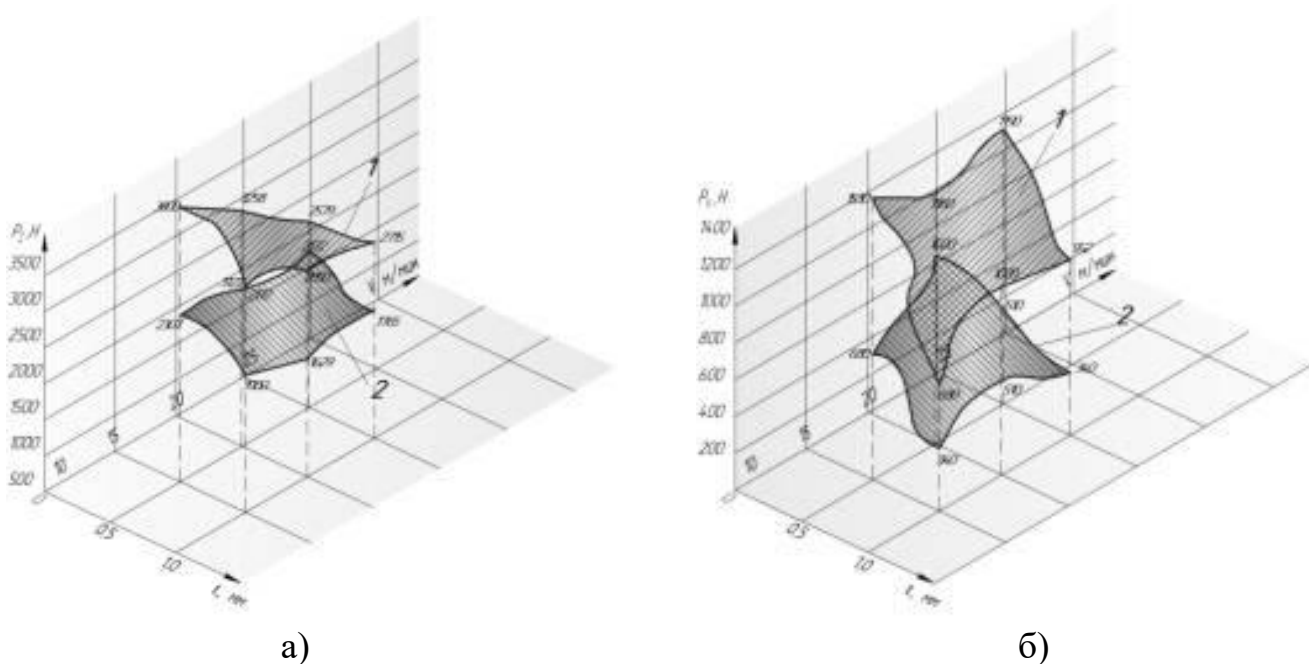


Рисунок 1.4- Графік залежності сил різання P_z (а) і P_x (б) від режимів різання при різьбонарізанні різцем:

1 – без використання МОР; 2 – з використанням МОР на основі полімерів

В середньому тангенціальна сила різання зменшується на 35-37% для сили P_z і на 48-50% - для сили P_x . Найбільший ефект від застосування МОР спостерігається

при швидкості різання $V=23,54$ м/хв і глибині різання $t = 1$ мм для сили P_x . За 100% прийнято нарізання різи без мащення. (Рис.1.4, 1.5)

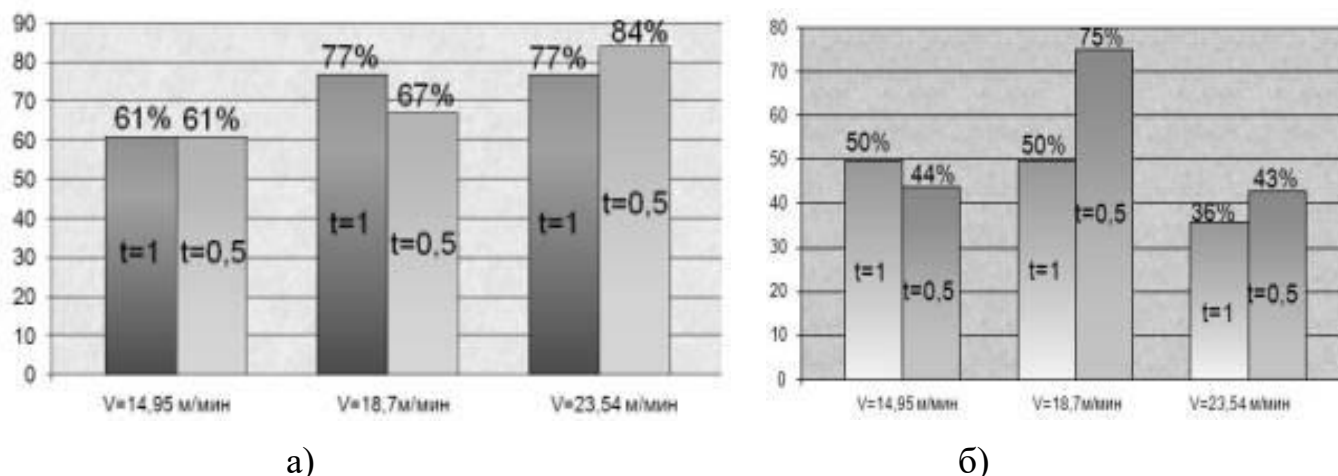


Рис. 1.5 Діаграма зниження сил P_z і P_x при обробці різцем із застосуванням полімерміських МОР в порівнянні з нарізуванням без мащення

При застосуванні полімерміських МОР для резьбонарізання плашкою знижує сили різання в середньому на 43% - P_z і на 67% - P_x , в порівнянні з обробкою всуху; на 24% - P_z і 19% - P_x , в порівнянні з обробкою в маслі.

При нарізуванні різьблення мітчиком з полімерміським МОР сили різання знизилися на 19% - P_z і на 34% - P_x в порівнянні обробкою в маслі. Найкраща якість різьблення - при обробці мітчиком з полімермістким МОР, ніж плашкою. [5,7]

Різний стан водню в металі змінює характер його адсорбції і тому може призводити до різного впливу на процеси деформації і руйнування металу. Наприклад, адсорбція водню у вигляді H_2 не робить значного впливу на характеристики міцності і оброблюваність металу [8], тоді як найбільший вплив водень у вигляді H + хоча і змінює властивості міцності в меншій мірі, ніж H , однак при іонізації водню негативних іонів утворюється значно менше, ніж позитивних. Так, наприклад, при потенціалі іонізації 180 еВ на кожен позитивний іон водню виникає всього 0,1. 10^{-4} негативних [9,10]. Тому сумарний ефект від впливу H + виходить значно більшим, ніж від H .

Виникає на останній стадії фізико-хімічних процесів водень, як відомо [11,12, 13,14], найбільш сильно з усіх хімічних елементів полегшує процеси деформації і руйнування, що і забезпечує надзвичайно високу ефективність МОР на полімерній основі.

Оскільки при механохімічній обробці водень знижує зусилля різання і полегшує перебіг процесу деформування і руйнування [7,12,13,15,16], то в результаті цього відбувається поліпшення якості поверхні (рис.1.6) і зниження мікротвердості (рис.1.7, табл.1.1).

Механохімічна обробка металу полягає в одночасному силовому механічному і хімічному впливі на поверхню, що очищається. Механічний вплив здійснюється очисними елементами з спресованих сталевих зволікань (жорстких щіток) при величинах сил, що забезпечують крихке руйнування плівок окислів і мікрорізання поверхні металу. Як хімічно активних середовищ застосовують водні розчини мінеральних кислот, ПАР і піногасники, полімерів.

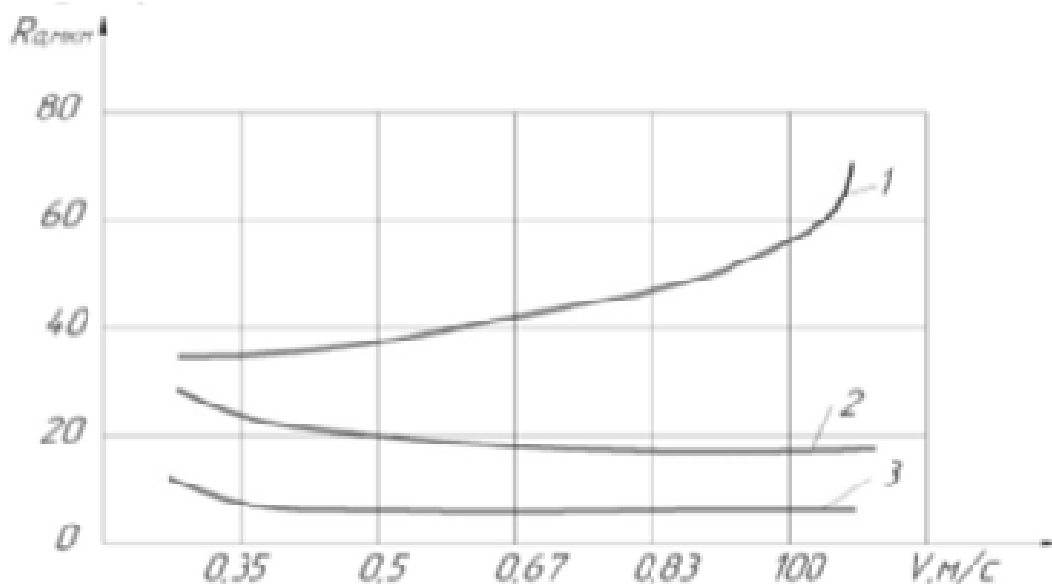


Рисунок 1.6 Зміна шорсткості (Ra) оброблювальних зразків зі сталі 9ХС (HRC46...49) від швидкості точіння (V): 1-вода; 2-в газоподібному водні; 3- в воді з добавкою ПВХ (1,5%). Режими різання $S=0,25\text{мм/об}$; $t=1\text{мм}$: різець Т15К6.

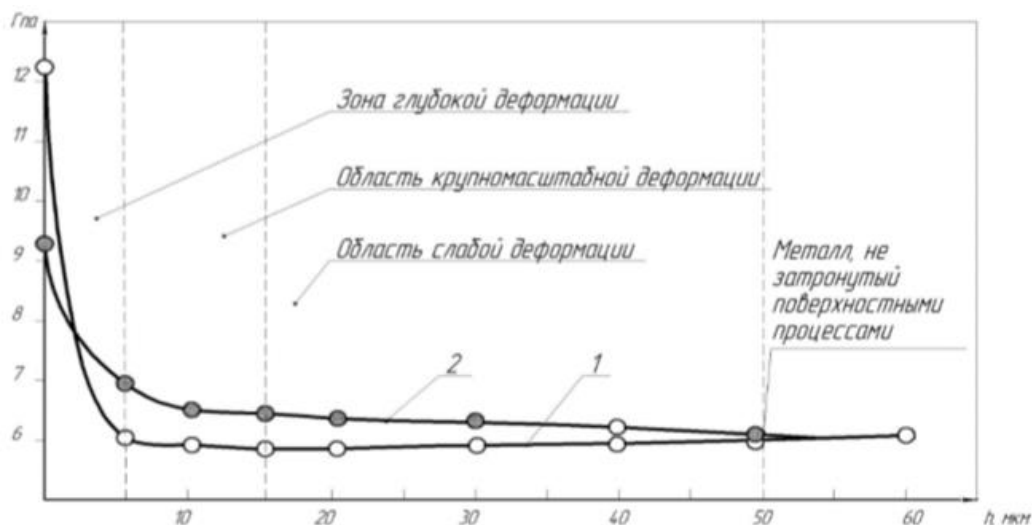


Рисунок 1.7 Мікротвердість Нм після механічної обробки сталі (точіння): 1-в МОР; 2- В МОР з добавкою полімеру

Таблица 1.1 Мікротвердості Нм (ГПа) на поверхні сталі після точіння в різних середовищах

Твердість	Середовище			
HRC	Вода	Масло и-12	Вода + 1,5% латекс ПВХ	И – 12+1.5% ПЕ
63...64	14.1	10.8	12.4	8.3
57...58	12.1	7.5	9.7	5.3
36...37	7.5	5.9	5.1	4.8
10...32	4.8	4.6	4.5	4.2

А шліфування сталі сорбітної структури в полімерміському МОР викликає в поверхневих шарах зразків залишкові напруги стиску (рис.1.8), в той час як шліфування в МОР без полімерної добавки - залишкові напруги розтягнення, що погіршують працездатність, зокрема, опір втоми [16].

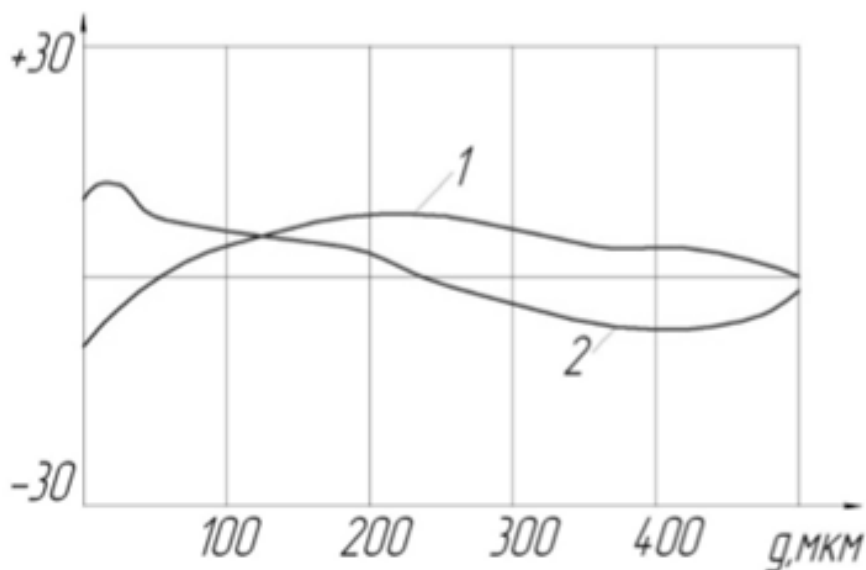


Рисунок 1.8 Епюра залишкових напружень першого роду після шліфування зразка зі сталі 9ХС (УНС 36...38) в: 1-в воді з добавкою ПВХ (1%); 2-воді.

В роботі досліджувалися поліетилен (ПЕ) і полівінілхлорид (ПВХ), які знайшли широке застосування в якості добавок до промислових складів МОР і показали високу ефективність, було виявлено безперервне зниження, тобто в даному випадку відбувається деструкція макроланцюга полімерної присадки. [7]

РЕЖИМИ РІЗАННЯ РОЗГЛЯНУТИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1) При різьбонарізанні різцем в порівнянні з обробкою без змащення при різних швидкостях різання і глибинах різання, було виявлено в середньому тангенціальна сила різання зменшується на 35-37% для сили P_z і на 48-50% - для сили P_x . Найбільший ефект від застосування МОР спостерігається при швидкості різання $V = 23,54$ м / хв і глибині різання $t = 1$ мм для сили P_x . За 100% прийнято нарізування різьблення без змащення.[8]

2)Точіння здійснювалося твердосплавним прохідним різцем ($\alpha = 60$, $\gamma = 100$, $\phi = 750$) перетином 25-20 мм. За критерій зношування інструмента було прийняте знос

(0,3 мм) по задній поверхні. Контроль зношування виконувався з точністю 0,01 мм на інструментальному мікроскопі. Шорсткість поверхні визначалася профілометром моделі «Калібр 253».

3) Торцеві фрезерування виконувалося торцевої фрези (діаметр 100 мм, Твердосплавні ножі зі сплаву Т5К10, число зубів 6, геометрія зуба: $\beta = 50$, $\alpha = 150$) при $S = 300$ мм/хв, $V = 157$ м/хв і різних значення глибинне різання t .

4) Свердління проводилося свердлом Р6М5 діаметром 3 мм при $V = 6$ м/хв і $S = 0,2$ мм/об. Для експериментального визначення впливу цього явища на характеристики механічної обробки розроблено й виготовлено вакуумну гермокамеру, в якій відбувалося точіння та свердління зразків у різних середовищах.[15]

5) Дослідження проводилися на токарно-гвинторізний верстаті мод. 16К20. Нарізування зовнішньої різьби і спіралі на торці здійснювалося різьбовим різцем з пластинкою з твердого сплаву Т15К6 по ГОСТ 18885-73 і круглої плашкою М24 по ГОСТ 9740-71, а внутрішньої метчиком М24 по ГОСТ 3266-81; матеріал заготовки - сталь 45 по ГОСТ 1050-88.

6) Нарізування метричної різьби і спіралі на торці здійснювалося в різних умовах змащування: без змащення, з трансформаторним маслом, із застосуванням полімерсодержащіе МОР. Полімермісткі МОР була отримана шляхом розчинення поліетилену в мінеральному маслі і газі до 50-60% -ої концентрації.

Нарізування різьби різьбовим різцем характеризується тим, що вершина різця, що формує западину нарізного профілю, в процесі різання знаходиться в важких умовах навантаження, і міцність пластинки твердого сплаву виявляється недостатньою при нарізанні різьби відразу на всю глибину профілю [17]. Тому нарізування різьб-лення здійснювалося, спочатку за 4 проходу до визначення гранично допустимої швид-кісного режиму, а потім для всієї серії експерименту виконувалася в два проходи. [8]

Полімерна мастильна речовина виявилася продуктивною у всіх випробуваннях, проведених при кімнатній температурі. Попередні результати випробувань показують, що розроблена мастильна речовина може ефективно застосовуватися для не важких процесів деформації, таких як холодного пресування заголовки та екструзії з низькими поверхневими розширеннями.

Дослідження полімерсодержащих МОР при обробки тиском зразків :

-AISI 1018 були оброблені до діаметра 25,4 мм і висоти 8,4 мм з діаметром внутрішнього отвору 12,5 мм в центрі зразка. Потім зразки занурювали в мастило і сушили при 40°C перед тестуванням.

- сталь AISI 1010 і нержавіючої сталі (SS304) (50 мм · 50 мм · 2 мм). [7]

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗГЛЯНУТИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати розглянутих досліджень зведени у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 - Результати дослідів

Вид	№ літ джер.	Верстат	Режимі	Обраб матер	Інструмент матеріал	Концентра	Полімерна складова	Стійкість інструменту	S, мм ²	Час обробки	Собівартість	Твердість 63...64HRC, глибина	Наклеп	Шорсткості	T, °C	Сила різання Pz	Сила Rx
Точіння	6		S=0,25 мм/об t=1мм	9XC	T15K6	1,5%	ПВХ	'				До 10мкм		Ra=0,8		'	
	48		V=8,3 с ⁻¹ , S=0,1 мм/об t=0,8мм	Сталь45 ГОСТ 1050-88 HRC 42	BK6	1,5%	ПЕ	'	'			'		'	Знижують ся 4,2 К	'	
	5	16K20	S=0,14 мм/об	Сталь 160-180HB		3%	ПВХ	Збільшується до 50 %	0,3 мм			збільшується до 35 мкм		Знижуються у 2,6 разів			
	46	1K62	V=50 м/хв, S=0,78 мм/об t=1,5мм	Сталі 40X	P18	0,5%	ПММА		1,72					Знижуються 26%	Знижуються 17%	Знижуються 17%	
			V=8,3с ⁻¹ , S=0,1 мм/об t=1,5мм	Сталі 40X	P18	1%	ПММА		3,48					Знижуються 24%	Знижуються 4%	Знижуються 7%	
Рівблнрізання	7		V=23,54 м/хв, t=1 мм	Сталь45 ГОСТ 1050-88	Різець з плашкою T15K6	50-60%	ПЕ									Знижуються на 35%	Знижуються на 50%
			V=1,87 м/хв,	Сталь45 ГОСТ 1050-88	Плашка M24 ГОСТ 9740-71	50-60%	ПЕ							Знижуються 1,5%		Знижуються на 35%	Знижуються на 48%
				Сталь45 ГОСТ 1050-88	Метчик M24 ГОСТ 3266-81	50-60%	ПЕ									Знижуються 9%	Знижуються на 34%
Свердління	5		V=6м/хв, S=0,2 мм/об, n=1500 об/хв	10X18H9 T	P6M5	2%	ПВХ	Збільшується на 40 %						Знижуються у 1,2...4 рази			
	33		n=1500 об/хв	1X18H97	P18		ПЕ					10 ⁻³ см					
	33		n=450 об/мин, S= 5 мм/мин,	стали 20	P8M5		ПЕ					10 ⁻³ см					
Фрезерування	5		S= 300 мм/хв, V= 157 м/хв		T15K6	2%	ПВХ	Збільшується на 40... 60 %						Знижуються у 2...4,4 рази			
Абразивна обробка	5		t=0,15 мм	СЧ-18-36	хон-бруски типу АБХ	2%	ПВХ							Знижуються на 15%			
			t=0,1 мм	40X (HRC 48-50)	хон-бруски типу АБХ	2%	ПВХ							Знижуються на 25%			
	50		V=15-18 м/с, Spr=1м/хв, i=1,5-2мм, N=3-7 подв.х.	BT8, BT3	полімерно-абразивних щіток (ПАЩ)					Знижуються 2...10 рази	Знижуються 2...4 раза		Знижуються 7...20 %	Знижуються у 4...10 рази			

Примітка: Pz - сила різання, Н; Rz - шорсткість обробленої поверхні, мкм; T - температура у зоні різання, °C; S - площа зносу задньої поверхні різця, мм²

Висновок :

1. При сучасних тенденціях до підвищення швидкостей різання і вимог до якості оброблюваних поверхонь, висуваються різноманітні вимоги до МОР, рекомендовано вводити функціональні присадки. При попаданні в зону різання, в результаті деструкції ці сполуки викликають механохімічні явища, що істотно змінюють процес відділення стружки, дозволяє збільшити стійкість різального інструменту, підвищити якість поверхонь оброблюваних деталей.

2. Висока ефективність полімервмісткої МОР обумовлена зміною механізму її впливу на процеси деформації та руйнування металу, так як полімерні присадки МОР в результаті багатостадійний піролітичних перетворень, набувають зоні різання хімічну активність.

3. Під час використання МОР на основі полімерів, має позитивний вплив на:

- Силу різання знизилась : $P_z = 7-35\%$;
- Шорсткість знизилась в середньому на 1,5-2,0 рази;
- Твердість поверхні збільшилась в середньому на 10 мкм;
- Стійкість інструменту збільшилась на 50%;
- Площа зносу задньої поверхні різця зменшилась 1,5 мм;
- Час обробки деталі знизився на 2-10 рази;
- Собівартість обробки знизилась на 2-4 рази.

4. Рекомендовано використовувати концентрацію 0,5-3,0% полімеру (окрім до 60%- при різьбонарізанні).

5. Проаналізувавши літературні джерела, видно позитивний вплив використання полімерних присадків у складі МОР, але є недостатньо даних про вплив на процес різання важкооброблювальних матеріалів.

6. При механообробці полімермістких МОР в зоні різання викликає складні фізико-хімічні процеси, що протікають в результаті деструкції макромолекул полімеру з утворенням різноманітних активних продуктів, що взаємодіють з

оброблюваної поверхнею і матеріалом ріжучого інструменту. Отже, ефективність дії полімермістких МОР істотно залежить від режимів різання.

2. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОХІДНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Одним з важливих резервів підвищення продуктивності праці при обробці металів різанням є застосування МОР, які сприяють зниженню інтенсивності силових навантажень на різальний інструмент і опрацьований матеріал, підвищують зносостійкість інструменту, знижують шорсткість обробленої поверхні, формують приповерхневий шар обробленої деталі, що багато в чому визначає їх експлуатаційну довговічність.

В основі пластифікуючої і ріжучої дії МОР лежить ефект Ребіндера, який є сукупність явищ, які полягають у зміні механічних властивостей твердих тіл під впливом поверхневих фізико - хімічних процесів, які викликають зниження поверхневої енергії твердого тіла [18,19,20,21,22,23].

При мех.обробці металів за допомогою МОР з присадками полімерів в зоні різання протікають складні процеси і явища: адсорбція макромолекул полімеру на поверхні в зоні різання, їх термо- і механодеструкція; утворення макрорадикалів з подальшою їх деполимеризацией, в результаті чого виділяються атомарний водень і інші елементи, що входять до складу полімеру; насичення інструменту і оброблених поверхонь атомарним вуглецем; хемосорбція водню на ювенільних поверхнях оброблюваної поверхні і його дифузія в пластично деформується метал; утворення хімічних сполук з легуючими елементами сталей і на ріжучих краях інструмента. Макромолекули адсорбуються на поверхні мікрошпарин, знижуючи міжфазний натяг та зменшуючи роботу, що необхідна для створення нових поверхонь. [24,25].

При адсорбції поверхнево - активних речовин вільна енергія твердого тіла зменшується. При цьому знижується опір поверхневого шару твердого тіла пластичного деформації, полегшуються пластичне протягом в зернах і вихід дислокацій до поверхні. Верхній шар металу може мати меншу мікротвердість, ніж нижче лежачі, насичені дислокаціями шари, а також більш низькі межа плинності і

коефіцієнт зміцнення. Деформується в присутності ПАР поверхневий шар металу має більш дрібну зерен структуру. Це явище адсорбційної пластифікація твердих тіл названо зовнішнім ефектом Ребіндера. Товщина пластифікуючого шару становить орієнтовно 0,1 мкм. На відміну від хімічного модифікування особливість ефекту Ребіндера в тому, що він проявляється при спільній дії середовища (ПАР) і механічної напруги, а також в тому, що при видаленні ПАР явище пластифікуючого поверхневого шару зникає.

Внутрішній ефект Ребіндера (адсорбційно розклинюючий) реалізується при адсорбції молекул на поверхнях тріщин, що мають місце в поверхневому шарі тіла тертя (рис.2.1). Коли активні центри молекул досягають області, розмір якої менше двох розмірів молекул, останні, притягаючи стінками тріщини і перебуваючи під тиском сусідніх молекул, прагнуть її розклинити. При цьому тиск на стінки біля вершини тріщини може досягати 10 МПа і ініціювати її розвиток. Це явище сприяє руйнуванню поверхневого шару. Воно проявляється в процесі різання металів в присутності ПАР, що містяться в складі мастильно-охолоджувальної рідини. Розклинюючий дію адсорбованих молекул перешкоджає змиканню тріщини після зняття навантаження за умови, якщо сили взаємодії в її вершині недостатні для витіснення молекул адсорбційного і граничного шарів. В цьому випадку знижується опір матеріалу втомного руйнування.

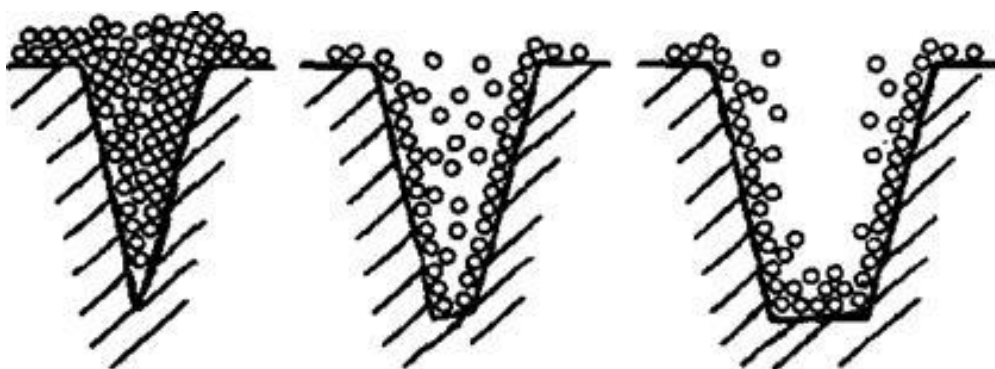


Рис.2.1. Ефект Ребіндера – адсорбційне зниження міцності

Застосування МОР набуває важливого значення особливо при механічній обробці важкооброблюваних сталей, коли спостерігається невисока стійкість різального інструменту, низька якість обробки.

Аналіз досліджень в області ефективності МОР дозволяє вважати [26,27], що найбільш перспективними є МОР на полімерній основі, які відрізняються від звичайних істотним підвищенням ефективності її дії на процес різання, особливо при механічній обробці важкооброблюваних сталей.

Однак більша частина зазначених процесів, які досліджується у роботах [5,6,33,20,21,22,26,27], термодеструкція полімеру, носить феноменологічний характер, це пов'язано з тим, що пізнання такого виключно складного по своїй багатоплановості протікання процесу, яким є процес різання металу при безперервному поливі рідини з декількома десятками розчинених і емульгованих в ній компонентів. Разом з тим, доказ того, що піролітичним перетворення вихідної присадки МОР в процесі механічної обробки сталей впливають на їх оброблюваність має велике практичне значення.

З прогресом в хімії високомолекулярних з'єднань та практичного застосуванням у різних галузях різноманітних видів полімерів, що відрізняються не лише за фізико-хімічними властивостями, але й за вартістю, виникає необхідність у визначенні полімеру, що забезпечує максимальну ефективність різання у конкретних умовах.

2.1 Обґрунтування вибору матеріалу для обробки різанням

Сучасне машинобудування все частіше потребує застосування важкооброблюваних матеріалів, які характеризуються особливими фізико-механічними властивостями, такими як висока стійкість, твердість, пластичність та в'язкість при великих температурах, в умовах значних тисків, корозії цих матеріалів

в різних середовищах. До таких матеріалів належать жароміцні, нержавіючі, високоміцні та інші матеріали.

Застосування важкооброблюваних матеріалів для виготовлення деталей підвищує їх довговічність та надійність. Але обробка даних матеріалів супроводжується значними силовими напруженнями та високою температурою в зоні різання, що є основною причиною низької оброблюваності. Оброблюваність різанням важкооброблюваних матеріалів передусім залежить від хімічного складу, та наперед визначає експлуатаційні характеристики, такі як жароміцність, корозійну стійкість, механічну міцність тощо, разом з тим, обробка цих матеріалів призводить до інтенсивного зношування інструменту та негативно позначається на продуктивності обробки, показниках якості обробленої поверхні тощо.

У процесі різання таких матеріалів, що володіють низькою теплопровідністю і підвищеними характеристиками міцності, виникають високі температури і великі тиску на ріжучу кромку[28] :

Більшість марок високолегованих сталей і сплавів наведено в ГОСТ 5632-72 "Сталі високолеговані і сплави корозійно-стійкі, жаростійкі і жароміцні". Залежно від основних властивостей всі ці сталі і сплави в ГОСТі розділені на групи:

I — корозійно-стійкі сталі і сплави, що володіють стійкістю проти електрохімічної, хімічної, міжкристалітної корозії (20X13, 14X17H2, 12X18H9, 08X17H13M2T і ін.);

II — жаростійкі сталі і сплави, що володіють стійкістю проти хімічного руйнування в газових середовищах при температурах вище 550 ° С, що працюють в ненавантаженому або слабонагруженому стані (40X10C2M, 12X17, 36X18H25C2, ХН28ВМАБ і ін.);

III — жароміцні сталі і сплави, здатні працювати в навантаженому стані при високих температурах протягом визначеного часу і які мають при цьому достатньою жароміцністю (11X11H2B2MФ, 37X12H8Г8МФБ, ХН70МВТЮБ і ін.).

Однак подібна класифікація не дозволяє дати оцінку оброблюваності різних груп матеріалів, в зв'язку з чим запропоновано декілька способів класифікації, за

якими в групі об'єднані матеріали, близькі за хімічним складом і оброблюваності. Згідно з однією з них, наведеної в довіднику [41], всі матеріали розбиті на вісім груп, пізніше класифікація була розширена за рахунок включення тугоплавких металів і склопластиків.

Мета такої класифікації - встановлювати режими обробки сталей нових марок без попереднього проведення трудомістких стійкісних випробувань.

До групи I класифікації віднесені теплостійкі сталі, що допускають експлуатацію до температури 500 ° С (34ХНМ, Х6СМ і ін.). Основний легуючий елемент - хром (до 6%), а також добавки нікелю (до 3%) і кремнію. Оброблюваність деталей з цих сталей задовільна.

До групи II віднесені сталі з вмістом хрому більше 12% і невеликою кількістю інших легуючих елементів. Це високоміцні сталі, що зберігають свої якості при температурі до 500-600° С і при впливі слабоагресивних середовищ (30Х13, 14Х17Н2, 09Х16Н4Б). У отожженому стані оброблюваність більшості марок задовільна, в термічно зміцненому стані оброблюваність їх різко знижується.

Сталі групи III за складом хромонікелеві. Типовий представник цієї групи - сталь 12Х18Н10Т. Вони можуть бути використані як жароміцні, стійкі в агресивних середовищах. У більшості випадків це немагнітні сталі, добре зварюються; коефіцієнт оброблюваності сталей типу 12Х18Н10Т при точінні приблизно в 2 рази вище коефіцієнта оброблюваності сталі 45.

Сталі групи IV за складом також хромонікелеві з добавкою інших легуючих елементів (45Х14Н14В2М, 10Х11Н23ТЗМР і ін.). Це жароміцні, жаростійкі і кислотостійкі матеріали. Коефіцієнт оброблюваності в 3-4 рази нижче ніж у сталі 45.

Сталі групи V - жароміцні деформуються на нікелевої і залізонікелевій основі (ХН70Ю, ХН67МВТЮ, ХН77ТЮР і ін.). Крім нікелю вони містять велику кількість хрому і невелика кількість молібдену, титану, алюмінію та інших легуючих елементів. Головна область застосування - виготовлення деталей, що працюють при високих температурах (до 900° С), наявності агресивних середовищ і значних

механічних навантаженнях. Це один з найбільш важ-кооброблюваних матеріалів, коефіцієнт оброблюваності 0,1-0,3 щодо сталі 45.

Жароміцні ливарні сплави групи VI (ЖС6-К, ХН67ВМТЮЛ і ін.) Також представляють собою високолеговані матеріали на нікелевій основі. Їх оброблюваність ще більш гірша, ніж матеріалів попередньої групи, що пояснюється наявністю інтерметаллідних і карбідних включень, що призводять до підвищеного абразивного зношування інструменту, особливо з швидкорізальних сталей.

Матеріали групи VII - це сплави на основі титану. Обсяг використання деталей з титанових сплавів безперервно зростає. Особливості титанових сплавів з точки зору їх оброблюваності різанням наступні:

- низька теплопровідність;
- за хімічним складом близькі до інструментальним матеріалам, що призводить до адгезії стружки з поверхнею інструменту;
- малий модуль пружності і мала пластичність.
- із- за цих особливостей оброблюваність деталей з титанових сплавів на таких операціях, як нарізування різьблення мітчиками і плашками, протягування, шліфування, сильно знижена.

До групи VIII входять низьколеговані високоміцні сталі (28ХЗСНМВФА, 42Х2ГСНМ і ін.). Підвищені характеристики міцності цих сталей обумовлені наявністю хрому, нікелю, добавок вольфраму, молібдену, ванадію, застосуванням подвійних операцій термічної обробки. У отожженому стані їх оброблюваність знаходиться на рівні оброблюваності звичайних конструкційних сталей, після термообробки оброблюваність різко падає. У зв'язку з цим технологічний процес обробки деталей з цих матеріалів потрібно розробляти, по можливості, таким чином, щоб більша частина припуску була знята на відпалених заготовках, залишаючи мінімум припуску на чистові операції.

У IX групу матеріалів об'єднані тугоплавкі метали і сплави. Для цих металів характерна виключно висока температура плавлення, тому їх застосовують для

виготовлення деталей апаратів, що працюють при температурі до 2000-2500° С. За оброблюваності різанням їх можна розділити на три групи. Найбільш важкооброблювальні метали - вольфрам, молібден. Сплави на основі берилію відрізняються крихкістю і токсичністю і сприяють абразивного зношування інструменту. І, нарешті, сплави на основі танталу і ніобію мають цілком задовільною оброблюваністю, що дозволяє здійснювати їх різання навіть інструментом з швидкорізальних сталей при швидкості до 30 м / хв.

Групу Х складають різного роду неметалеві матеріали (склопластики, слюда). Їх широко застосовують при виготовленні друкованих плат, складних корпусів, отриманих литтям під тиском і армованих металевою арматурою, і багатьох інших деталей. Більшість деталей з цих матеріалів легко обробляються, але при обробці різанням виникають певні труднощі. [28] :

Таким чином, при обробці різанням важкооброблюваних матеріалів виникають вищенаведені проблеми, які пропонується вирішувати застосуванням різальних інструментів з правильним підбором інструментального матеріалу, геометрії різальної частини інструмента, режимів різання, а також нових методів полімеризації.

У зв'язку з унікальними властивостями важкооброблювальних матеріалів, що дає можливість збільшити час роботи деталей в агресивних середовищах, зменшити вагу та підвищити твердість, що дає їм значні переваги перед конструкційними сталями, але за рахунок ускладнених умов обробки, призводить до підвищення собівартості цих деталей. Тому є необхідність зменшення собівартості, за рахунок підвищення ефективності обробки.

Тому для дослідження було обрано: ВТ1-0 (який відноситься до VII класу серед важкооброблювальних матеріалів), а також AISI304 (який відноситься до III класу).

AISI304 (аналог сталі марки 08X18H10) – виготовляється за німецьким стандартом, а також широко використовується у медичній та машинобудівній промисловості по всьому світу.

Для визначення суттєвості впливу полімерної складової МОР на ефективність різання та отримання порівняльної картинки з різанням важкооброблюваних матеріалів було обрано БрО5Ц5С5, яка добре оброблюється (за рахунок наявності свинцю у складі).

2.1.1 AISI 304

Сталь AISI 304(The American Iron and Steel Institute)— це аустенітна сталь з низьким вмістом вуглецю. Згідно ГОСТ її аналогом є сталь марки 08Х18Н10. Нержавіюча сталь даної марки має високі показники жароміцності і стійкості до корозії, зробили цей сорт одним з найбільш затребуваних і використовуваних у всіх сферах промисловості.

Таблиця 2.1 Хімічний склад сталі AISI 304 DIN EN10088-3:2014(аналог 08Х18Н10 ГОСТ 5632-72)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	Co	N
0,013	1,63	0,36	0,026	0,035	18,28	8,09	0,53	0,32	0,18	0,08

Таблиця 2.2 Механічні властивості сталі AISI 304

σ_T , кг/мм ²	σ_B , кг/мм ²	δ , %	Ψ , %	α_H , кг·м/см ²	НВ
196	470	40	55	24	184

Примітка: σ_T - границя текучості в кг/мм²

σ_B - межа міцності в кг/мм²

δ - відносне подовження в %;

Ψ - відносне звуження в %;

α_H - ударна в'язкість у кг·м/см² ;

НВ - твердість вихідного матеріалу

$\rho = 7,74$ г/см³- щільність матеріалу [29].

Таблиця 2.3 Технологічні властивості сталі AISI 304

Зварюваність	Прокалюваність	Оброблюваність тиском
Висока	1050 ° С віджиг	Задовільна

Сфери застосування:

Використання в промисловості: труби, деталі пічної арматури, теплообмінники, муфелі, реторти, патрубки, колектори вихлопних систем, електроди іскрових зажи готельних свічок, зварні апарати і судини хімічного машинобудування, які працюють при температурі від -196 до 600 ° С в середовищах середньої активності; сталь аустенітного класу. [29]

Гігієнічність та екологічність при високих показниках еластичності та міцності дозволяють використовувати AISI 304 в процесі виробництва обладнання та різних виробів для хімічної та харчової промисловості, медицини. Традиційною сферою застосування є труби для димарів. [30]

Експлуатаційні властивості

- Стійкість до агресивного впливу чинників техногенного або природного характеру. Конструкції, виготовлені з AISI 304, стійкі до впливу соленої чи свіжої води, не руйнуються при взаємозв'язку з більшістю лужно-кислотних розчинів. Сталь марки AISI 304 чудово протистоїть виникненню корозії та іржі.

- Стійкість до високих і низьких температур дозволяє застосовувати матеріал у різних кліматичних регіонах, у т. ч. з екстремальними погодними умовами. Інтервал робочих температур для AISI 304 становить від -200 до +650 ° С. Було доведено, що на поверхні такого нержавіючого металу гартування виникає лише при тривалому прямому нагріванні до температури $(920 \pm 20) ^\circ \text{C}$.

- Слабі магнітні властивості. Вони досягаються за рахунок структури матеріалу та способу його обробки. Холодно- і гарячекатана сталь AISI 304 не притягує намагнічені частки інших металів. Це означає, що поверхня матеріалу залишається чистою.

• Екологічність. Виробники AISI 304 позиціонують даний матеріал як харчова нержавіюча сталь, її також називають Inox. В ньому не містяться токсичні речовини, що дозволяють застосовувати його для виготовлення кухонного устаткування, ємностей для продуктів. [30]

2.1.2 BT1-0

Марка титана BT1-0 – це титановий сплав, який об'єднує кілька хімічних елементів. До його складу входять: титан - приблизно 99,5%, залізо, вуглець, кремній, азот, кисень, водень. Цей сплав пізнаваний по сріблястому кольору з відтінком білого.

Таблиця 2.4 Хімічний склад BT1-0

Fe	C	Si	N	Ti	O	H
0,18	0,07	0,1	0,04	98,61-99,7	0,12	0,01

Таблиця 2.5 Механічні властивості BT1-0

σ_T , кг/мм ²	σ_B , кг/мм ²	δ , %	Ψ , %	α_H , кг·м/см ²	HB
300-420	400-450	30	60	18	163

Примітка: σ_T - границя текучості в кг/мм²

σ_B - межа міцності в кг/мм²

δ - відносне подовження в %;

Ψ - відносне звуження в %;

α_H - ударна в'язкість у кг·м/см² ;

HB - твердість вихідного матеріалу

$\rho = 4,33$ г/см³- щільність матеріалу [31].

Таблиця 2.6 Технологічні властивості BT1-0

Зварюємість	Коррозійна стійкість	Оброблюваність тиском
Задовільна	Висока	Задовільна

Обладнання зі сплавів титану

Стандартне і нестандартне обладнання, яке випускають машинобудівні комбінати, в своїй більшості використовує апаратуру, що повинна безперебійно працювати в умовах агресивного середовища, а також бути стійкою до корозійних пошкоджень. Саме тут знаходять своє застосування титанові сплави. З них виробляється запірні і перекачувальні апаратура, різноманітні ємності, фільтри та автоклави.

Теплообмінна апаратура

Тут сплави з титану часто використовують для нагріву, охолодження, випаровування і конденсації. Завдяки їм створюється можливість зберегти мінімальну товщину стінок деталей і при цьому захистити апарат від пошкодження корозією. Великим плюсом в цих умовах є властивість титану практично не піддаватися змочуванню та утворенню осадів.

Нестандартне титанове обладнання

Деякі промислові підприємства вже досить давно налагодили виробництво титанового обладнання для вирішення індивідуальних вузькопрофільних завдань. З титану і титанових сплавів роблять насоси, електрофільтри, реактори, технологічне обладнання та багато інших елементів.

Щодо енергетики, то тут багато обертових деталей виготовляються саме з титану. Такий вибір металу не випадковий і зумовлений економічною вигодою. Все тому що титан характеризується високою питомою міцністю і без нього просто не обійтися у виробництві деталей на зразок лопаток для парових турбін.

У зв'язку з розвитком машинобудування і авіабудування, за останні десятиліття сплави на основі титану стали одними з найважливіших конструкційних матеріалів. Унікальне поєднання високої питомої міцності і корозійної стійкості в багатьох агресивних середовищах визначило їх застосування в різних областях техніки. [32-40].

Використання в промисловості: для виробів з високою міцністю при достатній пластичності і в'язкості, високим опором малим пластичних деформацій, крихкому і втомного руйнування, які застосовуються в машинобудуванні, приладобудуванні та інструментальній промисловості, для виготовлення виробів кріогенної техніки [31].

Основні властивості титанів: висока питома міцність, корозійна стійкість в багатьох агресивних середовищах, немагнитність, хороша жаропрочність при температурах експлуатації до 500-600°C, найбільш важливими експлуатаційними властивостями титанових сплавів можна вважати хладостійкість в умовах роботи при кріогенних температурах, жароміцність - при експлуатації в області підвищених температур і втомну витривалість при знакозмінному навантаженні.[42]

2.1.3 БрО5Ц5С5

БрО5Ц5С5 –сплав відноситься до ливарних бронза з підвищеним вмістом олова. Матеріал випускається на підставі ГОСТ 613-79, має універсальні технічні параметри. Дана марка бронзи відрізняється гарним кольором і високими показниками рідино текучість, що робить її затребуваною для виробництва художнього лиття. Володіє відмінними механічними властивостями, високою антикорозійною стійкістю, легко обробляється.

Таблиця 2.7 Хімічний склад БрО5Ц5С5

Fe	Si	P	Al	Cu	Pb	Zn	Sb	Sn
0.4	0.05	0.1	0.05	80.7-88	4-6	4-6	0.5	4-6

Таблиця 2.8 Механічні властивостіБрО5Ц5С5

σ_T , кг/мм ²	σ_B , кг/мм ²	δ , %	Ψ , %	α_H , кг·м/см ²	HB
300-420	200-240	20	60	18	70

Примітка: σ_T - границя текучості в кг/мм²

σ_B - межа міцності в кг/мм²

δ - відносне подовження в %;

Ψ - відносне звуження в %;

α_H - ударна в'язкість у $\text{кг} \cdot \text{м} / \text{см}^2$;

HV - твердість вихідного матеріалу

$\rho = 4,33 \text{ г/см}^3$ - щільність матеріалу [43].

Таблиця 2.9 Технологічні властивості БрО5Ц5С5

Зварюваємість	Корозійна стійкість	Оброблюваність тиском
Висока	Висока	Задовільна

Використовується для виробництва цілого ряду виробів, які застосовуються в сільськогосподарській техніці, верстатобудуванні, гідравлічному обладнанні.

Частіше за все їх застосовують для виготовлення деталей складних форм – підшипникові втулки, поршні, шестерні, вісі, трубопровідна арматура, золотники, черв'ячні колеса, напрямні, гайки для гвинтових передач, клапанні елементи, важке будівельне обладнання. А також :

- Деталі суднової арматури і насосів для перекачування морської води; облицювання (сорочка) гребних залів.
- Деталі підігрівників, конденсаторів та холодильників опріснюючих установок.
- Деталі механізмів та інші вироби, які працюють під високими тисками робочого середовища; вкладиші підшипників суднових механізмів.
- Деталі арматури (клапани, засувки, крани і ін.), що працюють в середовищі повітря, прісної води, масла. Деталі арматури і насосів, що перекачують морську воду; вкладиші підшипників та облицювань валів суднових механізмів.
- Деталі гвинтів регульованого кроку (ГРК): арматура трубопроводів і систем для різних середовищ (повітря, масло, рідке паливо, прісна вода, пара), температура яких не перевищує 250°C
- Деталі, що працюють в морській воді, наприклад, гребні гвинти та їх деталі (лопаті, гайки, обтічники), які працюють в тропіках

- Деталі насосів, що перекачують морську воду. Пружини; які працюють в прісній та морській воді, повітрі та парі при температурі від -40 до $+200$ °C.

До основних властивостей бронзи відносять антикорозійні, антифрикційні, твердість, щільність, а також стійкість до деяких агресивних середовищ, а також довговічністю і прекрасну ковкість, що з давніх часів робило його незамінним при виготовленні посуду, зброї, творів мистецтва, прикрас і навіть грошей.

Сплав БрОЦС 5-5-5 – ливарна бронза, яка володіє універсальними експлуатаційними параметрами. Цинково-свинцева олов'яниста бронза БрОЦС5-5-5 чудово ріжиться, міцна, стійка до тертя та високих температур, служить відмінною сировиною для виготовлення труб та втулок для відповідальних механізмів.

Деталі, вироблені з даного сплаву є найбільш щадними до сусідніх деталей, які беруть участь в терті. Це обумовлено тим, що БрО5Ц5С5 є однією з найбільш м'яких бронз. [44]

2.2 Доцільність використання ПММА

При сучасних тенденціях до підвищення швидкостей різання і вимог до якості оброблюваних поверхонь, проаналізувавши дослідження в області ефективності МОР дозволяє вважати [45], що найбільш перспективними є МОР на полімерній основі, які відрізняються від звичайних істотним підвищенням ефективності її дії на процес різання, особливо при механічній обробці важкооброблюваних сталей.

Існує гіпотеза, за якою стверджується, що при обробці деталей з полімерними МОР у зоні обробки (під дією підвищеної температури) полімерна компонента МОР підлягає деструкції і на кінцевій стадії процесу утворюється газова система, у якій протікають плазмохімічні процеси. І в результаті збільшується стійкість інструменту, поліпшується якість оброблювальної поверхні, а також зменшується сила різання й тривалість процесу різання, за рахунок деструкції полімерних добавок.

Детальне вивчення специфічного впливу полімерних додатків до МОР на процес різання дозволяє вважати, що в цьому випадку під впливом температури в зоні різання відбувається термодеструкція полімеру з утворенням хімічних елементів в атомарної або іншій активній формі (радикали, іони, іон-радикали), які, бачимо, демонструючи трибологічну активність, полегшують оброблюваність сталей.

Деструкція полімерів - це процес руйнування молекул полімерів під дією тепла, кисню, світла, механічних напружень, біологічних факторів. В процесі деструкції відбувається розрив хімічних зв'язків в макромолекулах, зменшується ступінь полімеризації і молекулярна маса полімеру. Зміна будови полімеру призводить до зміни його фізичних і хімічних властивостей, тобто до старіння полімерів. Характеризують вид деструкції: термічна, термоокислювальна, фотохімічна, гідролітична, радіаційна. Зазвичай в полімері одночасно протікають кілька видів деструкційних процесів.

Термічною деструкцією називають процес руйнування макромолекул полімеру під впливом високих температур у відсутності кисню, що протікає по радикально-ланцюговому механізму. При руйнуванні полімерів при термічній деструкції в деяких випадках утворюються короткі ланцюги різної будови (наприклад, при термічній деструкції поліетилену, поліпропілену), в інших випадках відбувається утворення мономера. Процес деструкції може також включати в себе радикальні, іонні і молекулярні реакції (термодеструкція полівінілхлориду). Термоокислювальна деструкція спостерігається при одночасному впливі на полімери підвищених температур і кисню, який помітно знижує стійкість полімерів до дії тепла. В результаті термоокислювальної деструкції утворюються різні низькомолекулярні речовини, які містять кисень: вода, кетони, альдегіди, спирти, кислоти. При фотохімічній деструкції макромолекули полімеру руйнуються під впливом світла. Фотохімічна деструкція є радикально-ланцюговим процесом, в полімері, крім розриву хімічних зв'язків, відбуваються зшивання, відтворення подвійних зв'язків і вільних радикалів. Найбільш суттєво фотохімічна деструкція відбувається під впливом ультрафіолетових променів. Однак в силу малої

проникаючої здатності фото випромінювання, фотохімічна деструкція відбувається переважно в поверхневих шарах полімеру.

Механічна деструкція відбувається при впливі на тверді полімери постійних або змінних механічних навантажень або при перемішуванні розплавів і розчинів полімерів. Механічна деструкція відбувається в тому випадку, коли енергія механічної напруги перевищує енергію зв'язків атомів в полімері. Вона може виникнути при його переробці. При хімічній деструкції руйнування макромолекул полімеру відбувається в результаті дії хімічних агентів. Така деструкція характерна для багатьох гетеро ланцюгових полімерів, що містять в основному ланцюзі групи, здатні до хімічних перетворень. Хімічну деструкцію розрізняють в залежності від діючого агента: окислювальна (кисень), озONOва, гідролітична (одночасний вплив води і кислот). Біологічна деструкція відбувається під впливом ферментів, що виділяються мікроорганізмами, організмами вищих рослин і тварин.

Руйнування полімерної макромолекули під дією механічних напруг називається механодеструкцією. У результаті механодеструкції молекул утворюється реакційно здатні фрагменти - вільні макрорадикали. Причиною реакційної здатності являє собою неспарений електрон у місці розриву ковалентного зв'язку. Тому вільними радикалами називають атоми або молекули (а також уламки молекул), якщо вони володіють неспареним електроном [21,24].

Таблиця 2.10 Порівняльні характеристики полімерів

	ПВХ	ПММА	ПЕ
Температура деструкції, °С	200-240	160-170	200-280
Енергія активації деструкції E_d , ккал/міль	36,4	27	60
Вихід мономерів при $T_{дестр}$	нема	До 100%	До 1%
Теплота полімеризації. кДж/моль	-	54,3	91,9
Густина, г/см ³	1,35—1,43	1,18	0,973

де ПВХ – полівінілхлорид, ПММА- поліметилметакрилат, ПЕ- поліетилен.

За даними літературних джерел [46,47,48] було складена таб. 2.10, для полегшення аналізу характеристик даних 3-х видів полімерів. Отже, виходячи з таб. 2.10 в якості вісокомолекулярного з'єднання в складі МОР доречніше використовуват поліметилметакрилат (ПММА), так як відбувається 100% его термічна деструкція при температурі 160-170°C, а енергія активації деструкції - 27 ккал/міль (для поліетилену 60-70 ккал/міль), молекулярна маса поліметилметакрилату складає 100,12 г/міль. Густина ПММА біля 20-30% вище поліетилену низьких тиску та поліпропілену, та на 17% нище полівінілхлориду. потрапляючи в зону обробки (Різання або пластичного деформування), ПММА зазнає процес механо- и термодеструкції з утворення активних продуктів - макрорадікалов. макрорадікалі хемосорбуються на металевій поверхні, створюючи міцні плівки, що розділяють поверхні які труться, и істотно зніжують рівень поверхневої енергії оброблюваного металу.

Основний експлуатаційний недолік поліметилметакрилату - поверхнєве розтріскування під дією механічної напруги в присутності кисню.[49]

Таблиця 2.11 Розчинність полімерів [50] .

Розчинність полімерів. + – розчинний, * – розчинний при нагріванні,
х – набрякає, – нерозчинний .

Речовина	Бензен	Ацетон	Етилацетат	Етанол	Вода	Цикло-гексанон
Полівінілхлорид	х	-	-	-	-	+
Полівініліденхлорид	-	-	-	-	-	-
Хлоропреновий каучук	-	-	-	-	-	-
Бутадієн-нітрильний каучук	х	х	х	-	-	-
Поліаміди	-	-	-	-	-	-
Сечовино-формальдегідна смола	-	-	-	-	+	-
Полівінілацетат	+	+	+	+	-	+
Ацетат целюлози	-	+	*	-	-	-
Поліефіри	+	+	+	+	-	+
Поліетилен	+	-	-	-	-	-
Поліметилакрилат	+	+	+	*	-	+
Поліметилметакрилат	+	+	+	-	-	+
Полівініловий спирт	-	-	-	-	+	-
Полівінілацеталі	+	+	+	+	+	-
Полістирол	+	х	х	-	-	-
Бутадієн-стирольний каучук	х	-	-	-	-	-
Політетрафторетилен	-	-	-	-	-	-
Феноло-формальдегідна смола	-	+	-	+	-	+
Епоксидна смола	+	+	+	+	-	+
Поліуретани	-	-	-	-	-	-

Речовина	CCl ₄	CHCl ₃	Діоксан	Оцтова кислота	Піридин
Полівінілхлорид	+	+	-	-	-
Полівініліденхлорид	-	-	+	-	*
Хлоропреновий каучук	x	-	x	-	-
Бутадієн-нітрильний каучук	-	-	x	-	x
Поліаміди	-	-	-	+	-
Сечовино-формальдегідна смола	-	-	-	+	+
Полівінілацетат	+	+	+	+	+
Ацетат целюлози	+	+	+	+	+
Поліефіри	+	+	+	+	+
Поліетилен	*	*	-	-	*
Поліметилакрилат	x	+	+	+	+
Поліметилметакрилат	+	+	+	+	+
Полівініловий спирт	-	-	-	-	-
Полівінілацеталі	x	+	+	+	+
Полістирол	+	+	+	-	+
Бутадієн-стирольний каучук	x	x	x	-	x
Політетрафторетилен	-	-	-	-	-
Феноло-формальдегідна смола	+	+	-	-	+
Епоксидна смола	+	+	-	x	+
Поліуретани	-	-	-	+	-

Поліметилметакрилат розчиняється в карбонових кислотах, складних ефірах, в тому числі у власному мономері, кетонах, хлорованих, естерах (в т.ч. у власному мономері), ароматичних вуглеводнях. Добре розчиняється в дихлоретані, ацетоні та естерах. (таб. 2.11) [50]

Має високу проникність для променів видимого і УФ світла (світлопроникність при товщині 5 мм і $\lambda=340$ мкм складає 11%), високою атмосферостійкістю, хорошими фізико-механічними властивостями (твердість 78 МПа, ударна в'язкість 18-20 кДж/м²) і електроізоляційними властивостями. При нагріванні вище 105-110°C поліметилметакрилат розм'якшується, переходить у високоеластичний стан і легко формується. При 300-400°C у вакуумі практично кількісно деполімеризується. [51,52]

У якості розчинника полімеру для досліджень обрано з ряду кетонів речовин: ацетон та дихлоретан.

Отже, ПММА є найдоречнішим для використання у дослідженні, так як :

- відбувається 100% його термічна деструкція при температурі 160-170°C;
- є одним з найдоступніших полімерів, а також речовина для розчинення – Ацетон, також широко доступна;

- у ролі розчинника можна використовувати Ацетон, хоча вплив ацетону на загальне почуття фахівців при відсутності або неефективній системі місцевої вентиляції є небезпечним. Ацетон – відносить до найбільш небезпечних для здоров'я людини промислових розчинників. Належить до 4 класу небезпеки згідно і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоне», відомо, що гранично допустима концентрація не повинна перевищувати 200 мг/м³. Але при належному захисті шкіри фахівця та достатній вентиляції в приміщенні, його можна використовувати в виробництві.

3 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження впливу поліметилметакрилату (ПММА) у складі МОР на ефективність токарної обробки важкооброблювального сплаву AISI304, а також для порівняння з обробкою сплаву БрО5Ц5С5 на верстаті 1К62, було розроблено методику проведення дослідів, яка наведено на рис. 3.1 та рис.3.3. При цьому порівнювали результати досліджень з подачею до зони різання чистого ацетону та розчину ацетону з ПММА концентрацією 1%.

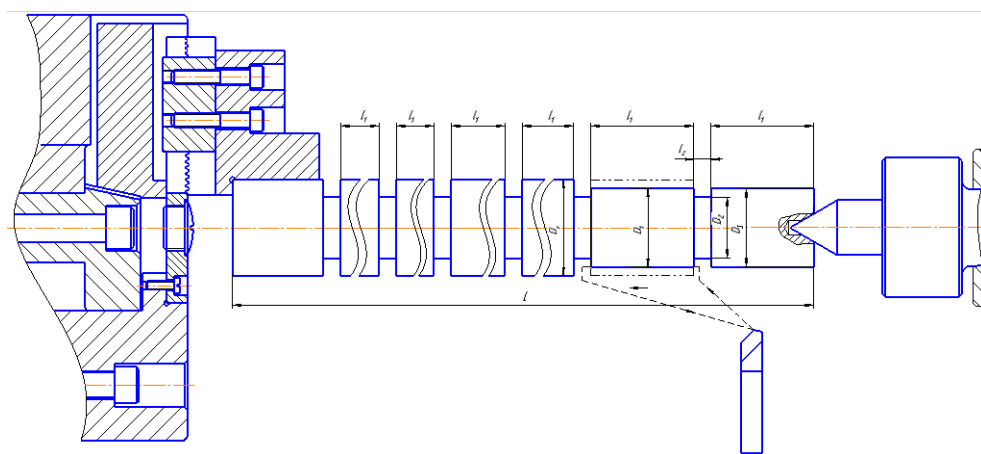


Рисунок 3.1- Схема обробки

Розроблена методологія обробки та аналізування отриманих даних (рис.3.2)

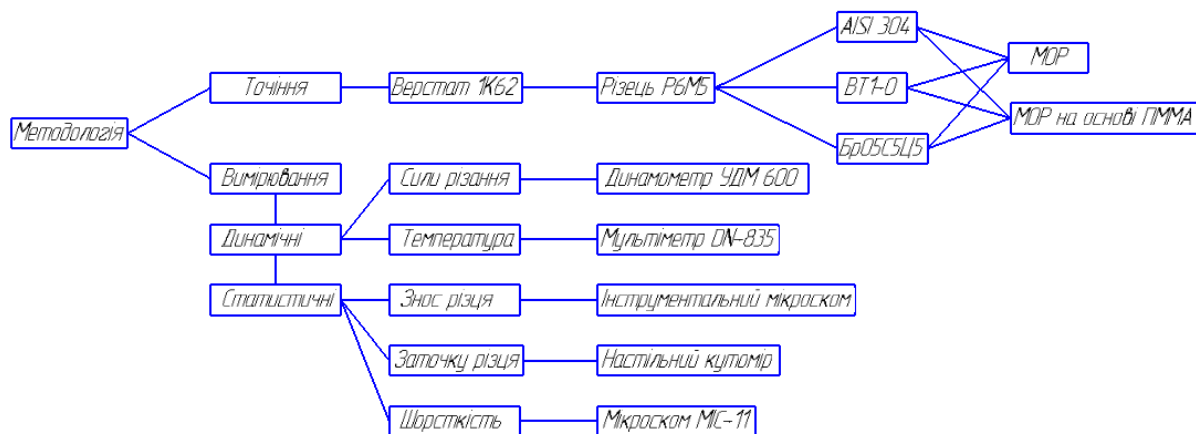


Рисунок 3.2 – Структурна сітка методології досліджень

Використана МОР стікає в корито і зливається в ємність, до насоса. Тиск рідини в магістралі її подачі має бути достатнім для підйому рідини до рівня положення соплової насадки. Зазвичай воно знаходиться в межах від 0,02 до 0,05 МПа і забезпечується насосом. [54] Кількість подавальної МОР у зону різання залежить від виду її основи, виду механічної операції і навантаженості режиму різання. Оптимальна подача МОР для вибраних режимів різання складає від 0,5-0,6 л/хв (визначалась дослідним методом).

3.1 Інструмент

Використовуємо різець Р18- бистроріжуча сталь використовується в процесі різання, коли необхідно збереження ріжучих властивостей при нагріванні у роботі до 500-600° С та міцністю до 1000МПа.

Таблиця 3.1 Характеристика різців

Різець	Матеріал	Н, мм	L, мм	Ø, мм	Виліт інструменту, мм	Висота, мм	Кути, град.			
							α	γ	φ	φ_1
№1	Р18	20x20	65	14	43	105	22	11	45	46
№2		16x25	12		44	108	18	6	49	41

Н- переріз державки, мм; Ø – діаметр перерізу робочої частини різця, мм; L- довжина робочої частини різця, мм;

Робоча температура – 25-27 °С

Підготовка різців до дослідів: 1)на кожному різці виконуються пази для установки спайки термопари, рис.5(а), далі необхідно заточити рузець на кути вказані у таб 3.1, рис.3.5 (б). На рис 5(в) зображен загальний вид вже готових для роботи різців, з встановленою термопарою ТР-01А

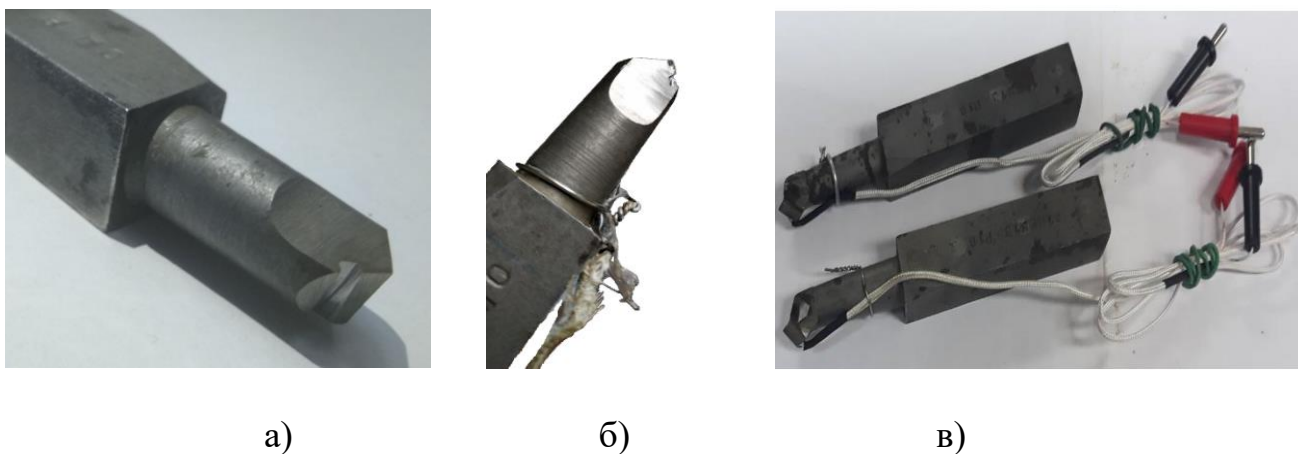


Рисунок 3.5- Фото токарних різців Р18

3.2 Вимірювальні прилади

Сила різання є одним з найбільш значних показників процесу різання та враховується в процесі проектування інструменту, а також є одним з параметрів оптимізації при визначенні геометрії різальної частини інструментів, режимів різання та стійкості. Тому визначення сил різання є актуальним питанням, для цього використовуємо динамометр УДМ600 (рис.3.7). Встановлюється на поперечний супорт верстата. (рис. 3.6)

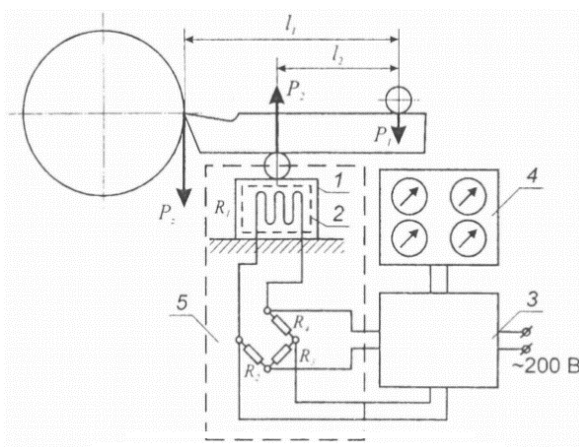


Рисунок 3.6 – Схема експериментальної установки

1-пружний вимірювальний елемент ; 2- плече вимірювального моста; 3- тензомет-рич-ний підсилювач; 4- блок вимірювальний приладів; 5-динамометр УДМ 600



Рисунок 3.7 - Динамометр УДМ 600

- Мультиметр DT-835 – використовується для вимірювання температури в зоні різання.(рис.3.8)

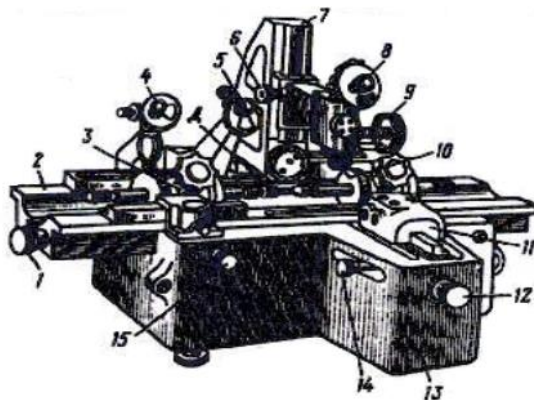


Рисунок3.8 – Мультиметр DT-835

- Інструментальним мікроскопом –для визначення зносу різця по задній поверхні (рис.3.9)



а)



б)

Рисунок 3.9 – Універсальний вимірювальний мікроскоп УІМ-21:

1 та 12 мікрометричні гвинти і 2 та 11 каретки; 3-центрові бабки; 4 та 5-відрахункові мікроскопи; 6-кремальєра; 7-стійка; 8- визирний мікроскоп; 9-механізм повороту стійки; 10-кільце для фокусування; 13- станина; 14 та 15- стопорні гвинти.

-Настільний кутомір -для контролю заточки кутів різального інструменту (рис3.10)[53]



Рисунок 3.10 - Настільний кутомір для контролю кутів заточки токарного різця

- Шорсткість - за допомогою профілометра-профілографу 170311 (рис.3.11)



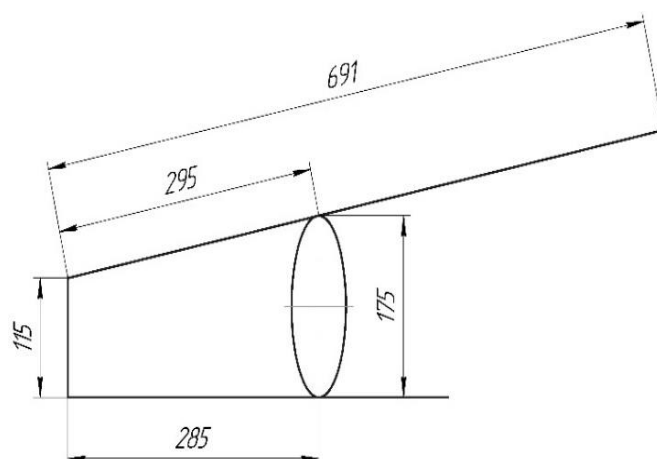
Рисунок 3.11 – Профілометр-профілограф 170311

3.3 Підготовчий процес до вимірювання

Для визначення сили різання , необхідно про таврувати динамометр, тому попередньо встановлюємо індикатор на стенді та навантажуємо до $P_{\max}=47,5\text{кг}$ (рис.3.12), для визначення показників.



а)

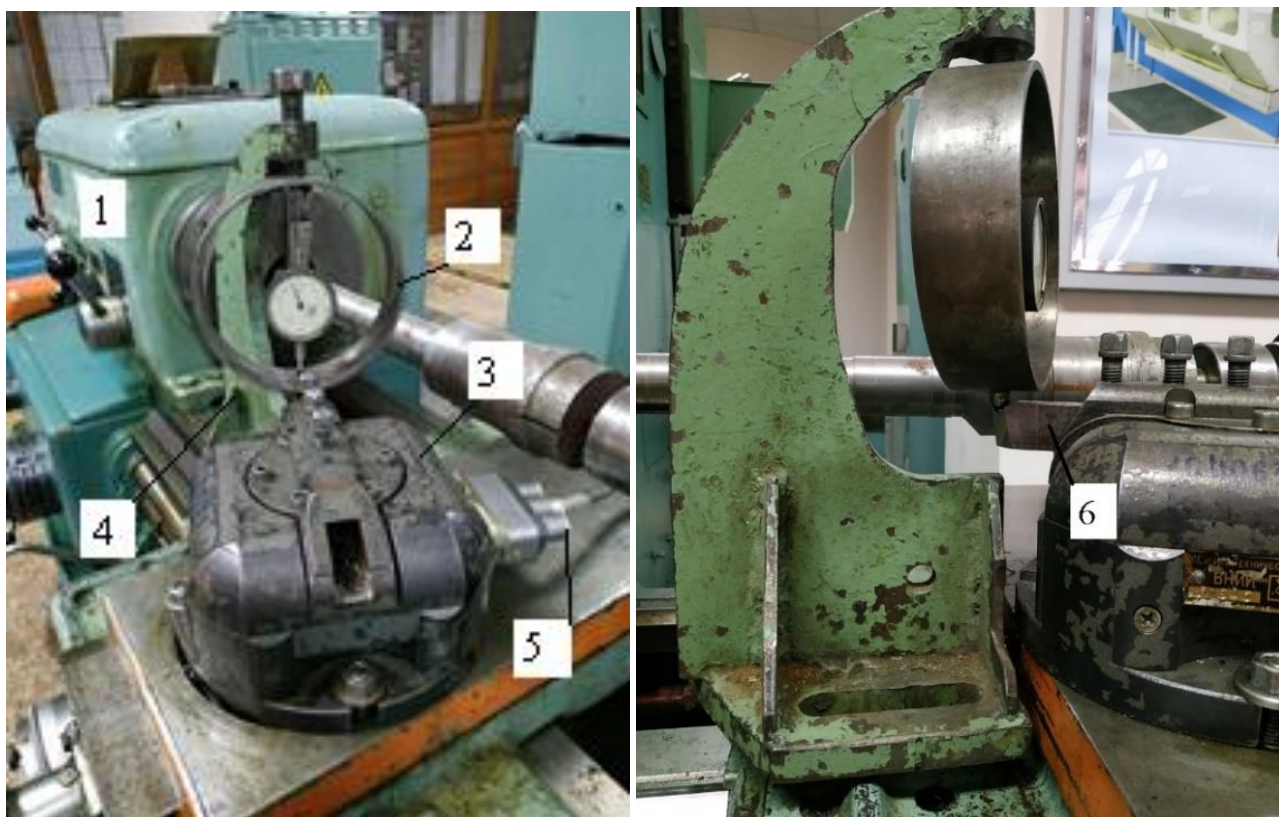


б)

Рисунок 3.12- Стенд для таврування індикатору
1-індикатор, 2- вантажі

3.3.1 Вимірювання сили різання P_z

Отже, для тарування динамометру, закріплюємо індикатор у спеціальній стійці (4) на верстаті (1), на вершині ріжучої кромки різця, який закріплений у динамометр (3), підключений дротом (5) до комп'ютера, та прикладаємо навантаження, відповідно до показань (рис.3.13).



а)

б)

Рисунок 3.13- Тарування динамометру

1- Верстат токарно-гвинторізний 1К62;

2- індикатор; 3- динамометр УДМ 600;

4- стійка; 5- кабель; 6- різець.

3.3.2 Вимірювання шорсткості

На профілометр-профілограф встановлюємо еталонні пластини висотою 0,1 та 0,05 мм, для визначення розміру значення імпульсу перепаду висоти в програмі LGraph 2 (рис.3.14)



а)



б)

Рисунок 3.14- Таврування профілометра-профілографу 170311

3.4 Методика обробки отриманих результатів

3.4.1 Сила різання

За допомогою кабелю динамометр (1) під'єднується до підсилювача (3), а через аналогово-цифровий перетворювач (2) передаються дані на комп'ютер (4) для отримання графічних даних на програму LGraph 2.(рис. 3.15, 3.16)



Рисунок 3.15- Установка вимірювання сили різання.

1- динамометр УДМ 600; 2- АЦП; 3- підсилювач; 4- комп'ютер.

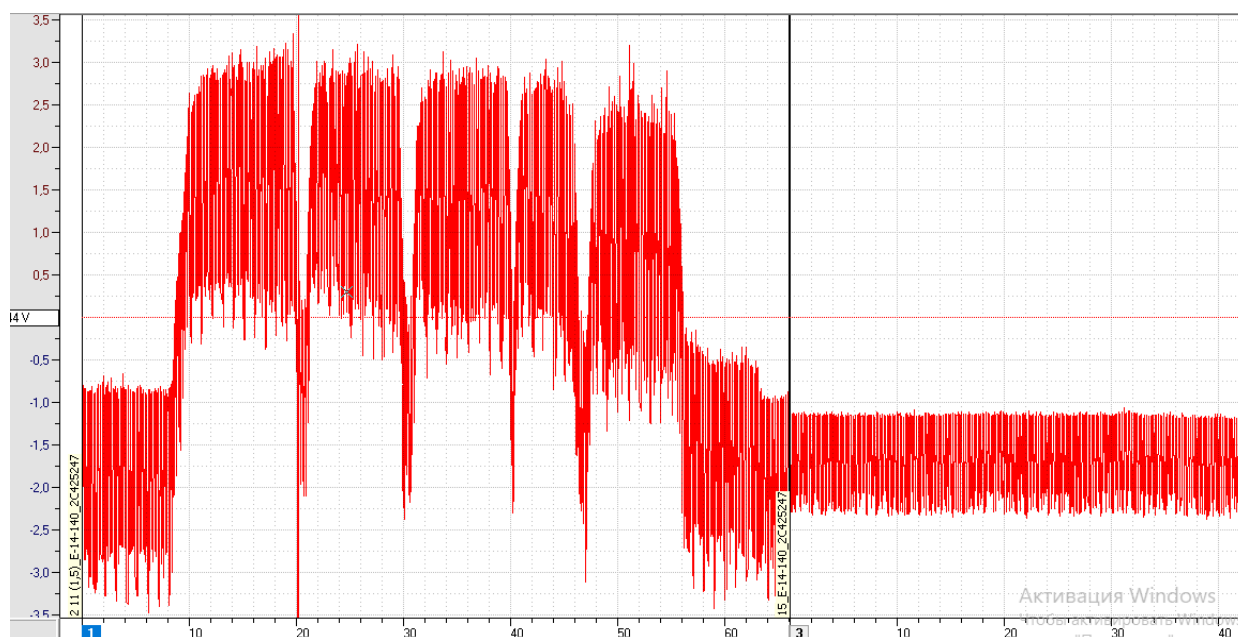
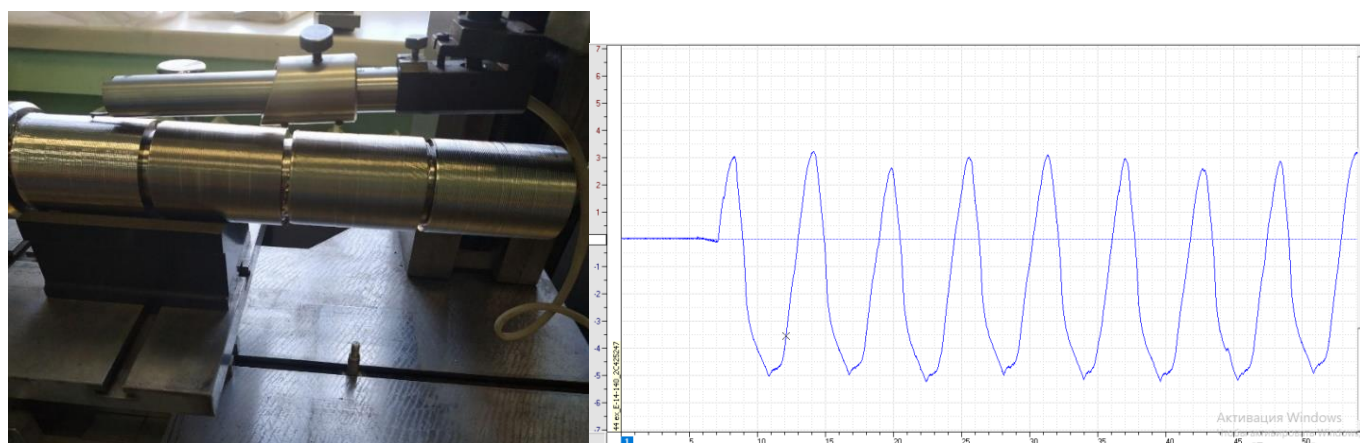


Рисунок 3.16 – Програмний продукт LGraph 2

3.4.2 Шорсткість

Для більш точного вимірювання шорсткості обробленої поверхні, було використано профілометр-профілограф, по обробленій поверхні заготовки переміщується чутливий елемент (голка) та через АЦП передається імпульси на ПК (рис. 3.17 а,б)



а) переміщення голки по обробній поверхні

б) продукт програми LGraph 2

Рисунок 3.17 - Вимірювання шорсткості за допомогою профілометра-профілографа 170311

3.4.3 Методика статистичної обробки результатів вимірювань

Статистичні дані - інформація, яка отримана в результаті проведення статистичних досліджень.

Для проведення аналізу даних, першочергово необхідно їх систематизувати, та визначити залежні та незалежні змінні, та розроблена методика обробки даних (рис. 3.17)

- По графікам програмного продукту LGraph 2 :

Визначається параметри сили різання:

- 1) визначається середнє значення сили різання R_z ;
- 2) по 10-ти точкам графіку визначається нерівномірності процесу (дисперсії δ^2), середнє арифметичне ($\bar{E}$) та середнє квадратичне (σ) значення сили різання.

Визначається параметри шорсткості обробленої поверхні:

- 1) визначається значення R_z ;
- 2) по 10-ти точкам графіку визначається нерівномірності якості (дисперсії δ^2), середнє арифметичне ($\bar{E}$) та середнє квадратичне (σ) значення шорсткості.

Для розрахунку значення дисперсії використовується програма STATISTICA 10 , а за для розрахунку середнє арифметичне ($\bar{E}$) та середнє квадратичне (σ) , а також для побудови графіків використовується програма Microsoft Excel 2010.

Також по значенням вимірів зносу задньої та передньої поверхні різця , для полегшення порівняння результатів, розраховується площа зносу поверхонь.



Рисунок 3.18 – Методика статистичної обробки результатів вимірювань

4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

Параметри процесу різання розраховується за вихідними даними заготовок та інструменту (табл.4).

Таблиця 4 Вихідні дані

БрО5Ц5С5 ГОСТ 24301-93 (HB65-70) $\sigma_B=200-240\text{МПа}$	ВТ1-0 ГОСТ 2492-85 (HB130-150) $\sigma_B=345\text{МПа}$	AISI304 (HB184) $\sigma_B=610\text{МПа}$
сталь Р6М5 ГОСТ 5632-72 $\varphi=70^\circ, \alpha=10-12^\circ, \gamma=12-15^\circ$	сталь Р6М5 ГОСТ 5632-72 $\varphi=60^\circ, \alpha=8^\circ, \gamma=20^\circ$	сталь Р6М5 ГОСТ 5632-72 $\varphi=75^\circ, \alpha=8-10^\circ, \gamma=20-25^\circ$
τ_p – опір оброблюваного матеріалу пластичного зсуву; $\tau_p=44 \cdot \sigma_B^{0,4}$		
$\tau_p=380\text{ МПа}$	$\tau_p=456\text{ МПа}$	$\tau_p=572\text{ МПа}$

4.1 Нержавіюча сталь

4.1.1 Розрахунок режимів різання обробці

Режими різання— це сукупність значень параметрів швидкості різання, подачі та швидкості руху, глибини різання. Від режимів різання залежить тривалість обробки, якість обробленої поверхні, також стійкість інструменту. Необхідні параметри визначається аналітичним методом по даним з табл. 4.1.

Таблиця 4.1 Вихідні дані

1	матеріал деталі	- сталь AISI304
2	характеристика заготовки	-h9
3	характеристика обробки	- чорнова токарна обробка зовнішньої поверхні
4	Використання МОР	з МОР
5	Устаткування	- 1К62

1. Призначаємо глибину різання на основі аналізу таблиці припусків деталі:

- для чорнового точіння приймаємо найбільшу глибину різання : $t=5$
мм;

2. Призначаємо подачу для інструментів:

- для чорнового точіння [54] $S_t= 0,5$
мм/об.

Вибираємо поправочний коефіцієнт, що враховує твердість оброблювального матеріалу: $k_1=$
1,15;

Вибираємо поправочний коефіцієнт при точінні зовнішньої поверхні: $k_2=$
1,0;

Вибираємо поправочний коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення заготовки (трьох-кулачковий патрон та обертовий центр):

$$k_3= 1,0;$$

Визначаємо розрахункову величину подачі по формулі

$$S_p= S_t k_1 k_2 k_3 \quad (4.1)$$

$$S_p=0,5 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0=0,575 \text{ мм/об.};$$

Уточнюємо прийняте значення подачі по паспортним даним верстата.

Приймаю $S_{ст.} = 0,57 \text{ мм/об.}$

3. Призначаємо період стійкості інструментів налагодження по [41] приймаємо для середніх по рівномірності навантаження налагоджень і при кількості інструментів у налагодженні до 5-ти одиниць: $T= 30 \text{ хв.}$

4. Швидкість різання при зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні і розточуванні V :

$$V_p = \frac{C_V}{T^m t^{x_{SY}}} K_V, \text{ м/хв.} \quad (4.2)$$

Де: V - швидкість різання, м / хв;

C_v - коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей і структури оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини різця, а також від умов обробки; $C_v=56$

T - стійкість інструменту, хв (середнє значення стійкості прохідних різців при одноінструментної обробке- 30-60 хв;); $T=30\text{хв}$

t - глибина різання, мм; $t=5\text{мм}$

S - подача, мм / об; $S_{\text{ст.}} = 0,57\text{мм/об}$

m, x, y -показники ступенів; $m=0,125, \quad x=0,25, \quad y=0,66$ [55]

K_v - загальний поправочний коефіцієнт.

Загальний поправочний коефіцієнт K_v є добуток окремих коефіцієнтів, кожен з яких відображає вплив певних факторів на швидкість різання:

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{iv} K_{ov} K_{lv} K_{qv} K_{rv} K_{ti} K_{tc} \quad (4.3)$$

Де: $K_{\mu v}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу,

$$K_{\mu v} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

(4.4)

K_r - коефіцієнт для матеріалу інструменту [55] , $K_r=1.0$

n_v – показник ступеня [56], $n_v=1.75$

σ_B - тимчасовий опір розриву (межа короткочасної міцності), МПа; $\sigma_B=610\text{МПа}$

$$K_{\mu v} = 1 \left(\frac{610}{750} \right)^{1,75} = 0,69$$

K_{nv} – коефіцієнт , який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання [56],

$K_{nv}=1,0$

K_{iv} – коефіцієнт , який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання ; $K_{iv}=1,0$ [56];

K_{ov} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив виду обробки на швидкість різання, $K_{ov} = 1,0$ – з МОР [56]

$K = 1,0$ – вид обробки, з МОР[56],

K_{lv} – допоміжний кут в плані, $K_{lv} = 0,9$ [56]

K_{qv} – розмір поперечного перерізу державки, $K_{qv} = 1,1$ [56]

K_{rv} – радіус при вершині, $K_{rv} = 1,0$ [56]

$K_{ти} = 1,0$ - коефіцієнт , який враховує знос інструменту [57]

$K_{тс} = 1,0$ - коефіцієнт , який враховує зміну періоду стійкості в залежності від числа одночасно обслуговуючих верстатів [57]

$$K_v = 0,69 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,68$$

$$V_p = \frac{56}{30^{0,125} \cdot 50^{0,25} \cdot 0,57^{0,66}} 0,68 = 24,14 \text{ м/хв}$$

5. Визначаємо необхідні величини частот обертання шпинделя по наступній формулі:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} \quad (4.5)$$

Де: V_p - швидкість різання, м/хв

D – діаметр заготовки, мм

- для чорнового точіння

$$n_p = \frac{1000 \cdot 24,14}{3,14 \cdot 55} = 139,77 \text{ об./мин. ;}$$

6. Коректуємо розрахункові значення частот обертання шпинделі по паспортним даним верстата. $n_{ст.} = 125 \text{ об./ хв.}$

7. Визначаємо дійсну (фактичну) швидкість різання по переходах:

$$V_{ф.} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (4.6)$$

Де: n_p - величини частоти обертання шпинделя, об/хв

D – діаметр заготовки, мм

Так як, прийнята частота обертання шпинделя відповідає розрахунковій, приймаємо

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 125}{1000} = 19,6 \text{ м/хв.}$$

4.1.2 Розрахунок геометрії зрізу при обробці

Розраховують a_1 , b_1 і b – товщину, ширину зрізу та сумарну довжину робочої частини ріжучої кромки різця, мм;

a_1 – товщина зрізу [57]

$$a_1 = \frac{(t-r)s + r(r \cdot \arcsin \frac{s}{2r} + \frac{s}{2} \sqrt{1 - (\frac{s}{2r})^2})}{2r \sin \frac{\arccos \frac{(r-t)}{r} + \arcsin \frac{s}{2r}} \quad (\text{мм}) \quad (4.7)$$

де: t – глибина різання, мм;

$t=5 \text{ мм}$

r – радіус при вершині різця, мм;

$r=1,5 \text{ мм}$ (чорнова обробка)

s – подача, мм/об;

$s=0,57 \text{ мм/об}$

$$a_1 = \frac{(5-1,5)0,57 + 1,5(1,5 \cdot \arcsin \frac{0,57}{2 \cdot 1,5} + \frac{0,57}{2} \sqrt{1 - (\frac{0,57}{2 \cdot 1,5})^2})}{2 \cdot 1,5 \cdot \sin \frac{\arccos \frac{(1,5-5)}{1,5} + \arcsin \frac{0,57}{2 \cdot 1,5}}}{2} = 0,551 \text{ мм}$$

b_1 – ширина зрізу

$$b_1 = 2r \sin \frac{\arccos \frac{r-t}{r} + \arcsin \frac{s}{2r}}{2} \quad (\text{м}) \quad (4.8)$$

де: t – глибина різання, мм;

$t=5 \text{ мм}$

r – радіус при вершині різця, мм;

$r=1,5 \text{ мм}$ (чорнова обробка)

s – подача, мм/об;

$s=0,57 \text{ мм/об}$

$$b_1 = 2 \cdot 1,5 \cdot \sin \frac{\arccos \frac{1,5-5}{1,5} + \arcsin \frac{0,57}{2 \cdot 1,5}}{2} \cdot 10^{-3} = 5,176 \text{ мм}$$

b – сумарна довжина робочої кромки різця

$$b = r \left[\arctg - \frac{r-t}{r} + \arctg \frac{s}{2r} \right] \text{мм} \quad (4.9)$$

де: t – глибина різання, мм;

$$t=5\text{мм}$$

r - радіус при вершині різця, мм;

$$r = 1,5\text{мм (чорнова обробка)}$$

s – подача, мм/об;

$$s=0,57 \text{ мм/об}$$

$$b = 1,5 \left[\arccos - \frac{1,5 - 5}{1,5} + \arcsin \frac{0,57}{2 \cdot 1,5} \right] = 5.789 \text{ мм}$$

4.1.3 Розрахунок сили різання при обробці

1. Тангенціальна складова сили різання p_z може бути розрахована по формулі [57]

$$P_z = \frac{\tau_p a_1 b_1 c_1 \left(\frac{\rho_1}{a_1}\right)^{x_1} \left(\frac{b}{b_1}\right)^{y_1} \left(\frac{\delta}{\rho_1}\right)^{z_1}}{B^{k_1} \sin^{0.052} \alpha \sin^{0.052} \gamma} \quad (4.10)$$

де: τ_p – опір оброблювального металу пластичному зсуву;

a_1 - товщина зрізу ;

b_1 – ширина зрізу

b – сумарна довжина робочої кромки різця

ρ_1 - радіус зкруглення ріжучої кромки інструменту $\rho_1 = 1,5\text{мм}$

α - головний задній кут

γ – головний передній кут

x_1, y_1, z_1 , - величини, що залежать від властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів [57]:

Чисельні значення коефіцієнтів і постійних величин в формулі (4.10) наведені в [57]:

- $c_1 = 3,8$

$$x_1 = 0,18 B^{1,03} = 0,18 * 0,1838^{1,03} = 0,031$$

$$y_1 = 0,32 B^{1,8} = 0,32 * 0,1838^{1,8} =$$

$$0,015$$

$$z_1 = 0,09$$

k_1 – коефіцієнт залежності критерію подібності процесу різання, при $0,4 < B < 0,7; k_1 = 0,36$

B – критерій подібності процесу різання, що характеризує ступінь пластичних деформацій металу, що знімається припуску і поверхневого шару оброблюваної деталі, визначається за формулою [57]:

$$B = \frac{cB^x D^z}{\Gamma^y (1 - \sin \gamma)^{0.73}} \quad (4.11)$$

Значення величин c, x, m, y, z приведені в [57]

При $\lambda > 20$, $c = 2,6$ [57]

$$x = 0,21 \cdot [\Gamma(1 - \sin \gamma)]^{0.3 + m} \quad (4.12)$$

$$x = 0,21 \cdot [0,8186(1 - \sin 25)]^{0.3 + 0,105} = 0,276$$

При $\lambda = 25^\circ, m = 0,105; \lambda > 20^\circ$

$$y = 0,62[\Gamma(1 - \sin \gamma)]^{0.82} \quad (4.13)$$

$$y = 0,62[0,8186(1 - \sin 25)]^{0.82} = 0,354$$

$$z = 0.19[B\Gamma(1 - \sin \gamma)]^{0.11} \quad (4.14)$$

$$z = 0.19[6,315 \cdot 0,8186(1 - \sin 25)]^{0.11} = 0,216$$

B – критерій процесу різання, що характеризує ступінь впливу режимних умов процесу різання в порівнянні з впливом теплофізичних властивостей оброблюваного матеріалу.

$$B = \frac{V a_1}{\alpha} \quad (4.15)$$

де V – швидкість обробки, м/хв;

a_1 – товщина зрізу

α – головний задній кут,

$$\alpha = 10^\circ$$

$$B = \frac{19,6 \cdot 0,551}{10} = 1,079$$

Γ – безрозмірний комплекс, що відображає вплив геометрії інструменту і відношення теплопровідності інструментального і оброблюваного матеріалів.

$$\Gamma = \frac{\lambda_p}{\lambda} \beta \varepsilon \quad (4.16)$$

Де: λ_p - теплопровідність матеріалу ріжучого інструменту; $\lambda_p = 29 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$.

λ - теплопровідність матеріалу; $\lambda = 18 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$

β – кут загострення

ε - кут при вершині різця в плані

Кут загострення β розраховую по формулі 4.17:

$$\beta = \frac{90 - \alpha - \gamma}{57,25} \quad (4.17)$$

де: α - головний задній кут,

$$\alpha = 10^\circ$$

γ – головний передній кут,

$$\gamma = 25^\circ$$

$$\beta = \frac{90 - 10 - 25}{57,25} = 0,96 \text{ (рад)}$$

Кут при вершині різця в плані ε розраховую по формулі :

$$\varepsilon = \frac{180 - \varphi - \varphi_1}{57,25} \text{ (рад)} \quad (4.18)$$

де: φ – головний кути в плані відповідно,

$$\varphi = 75^\circ$$

φ_1 - допоміжний кути в плані відповідно,

$$\varphi_1 = 45^\circ$$

$$\varepsilon = \frac{180 - 75 - 45}{57,25} = 1,04 \text{ (рад)}$$

$$\Gamma = \frac{29}{18} 0,96 \cdot 1,04 = 1,608$$

D - без розмірний комплекс, що характеризує перетин зрізу:

$$D = \frac{a_1}{b_1} \quad (4.19)$$

де: a_1 - товщина зрізу,

$$a_1 = 0.551$$

b_1 – ширина зрізу,

$$b_1 = 5.176 \text{ мм}$$

$$D = \frac{0.551}{5.176} = 0.106$$

Розраховую критерій B , що характеризує величину пластичних деформацій, що виникають в зоні різання по формулі 4.11.

$$B = \frac{2,6 \cdot 1.079^{0,276} \cdot 0.106^{0,216}}{1,608^{0,354} (1 - \sin 20)^{0,73}} = 0.606$$

Силу різання при обробки нержавіючої сталі розраховую по формулі 4.10:

$$P_z = \frac{572 \cdot 0.551 \cdot 5.176 \cdot 3,8 \cdot \left(\frac{1,5}{0.551}\right)^{0,031} \cdot \left(\frac{5.789}{5.176}\right)^{0,015} \cdot \left(\frac{3,5}{1,5}\right)^{0,09}}{0.606^{0,36} \sin^{0,052} 10 \cdot \sin^{0,052} 25} = 731 \text{ Н.}$$

Потужність різання - відношення добутку швидкості різання і сили різання на добуток коефіцієнта рівного 60 і коефіцієнта рівного 102, які використовуються для приведення обчисленого значення потужності різання при токарній обробці в кіловати.

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{60 \cdot 102} \quad (4.20)$$

де $N_{\text{рез}}$ - мощность при різанні (кВт),

P_z - сила різання (Н); $P = 731 \text{ Н}$

V_{ϕ} - фактична швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{731 \cdot 19,6}{60 \cdot 102} = 2,34 \text{ кВт}$$

Перевіряємо потужність потрібну на різання:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп.}}$$

Потужність на шпінделе верстата визначається:

$$N_{\text{шп.}} = N_{\text{дв.}} \cdot \eta, \text{ кВт}; \quad (4.21)$$

$$N_{\text{шп.}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}} \quad 2,34 \leq 7,5 - \text{обробка можлива.}$$

Визначається максимальна розмірна стійкість інструменту

$$T_{pmax} = \frac{\Delta_{изн}}{v \cdot h_{ол}} \quad (4.22)$$

де: $\Delta_{изн}$ - довжина фаски зносу по задній поверхні інструменту; $\Delta_{изн} = 1,2$ [57]

$h_{ол}$ - відносний лінійний знос ріжучого інструменту, що дорівнює відношенню величини радіального зносу до довжини шляху різання.

$$h_{ол} = \Delta_{изн} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4.23)$$

$$h_{ол} = 1,2 \cdot \operatorname{tg} 20 = 0,44 \text{ мм}$$

$$T_{pmax} = \frac{1,2}{19,6 \cdot 0,44} = 0,139 \text{ час} = 8,35 \text{ хв}$$

Розраховується довжина проточки до повного зносу ріжучої кромки інструменту, розраховується число заготовок, які будуть оброблені за період стійкості інструмента по формулі:

$$N = \frac{T_{pmax} \cdot v \cdot s}{\pi \cdot d \cdot l} \cdot i \quad (4.24)$$

где N- число заготовок ,

$$N=1$$

d - діаметр заготовки

$$d=0,55 \text{ м}$$

L – довжина обробтки

i –число проходів.

$$L = \frac{T_{pmax} \cdot v \cdot s}{\pi \cdot d} \cdot i \quad (4.25)$$

$$L = \frac{8,35 \cdot 19,6 \cdot 0,57}{3,14 \cdot 0,55} \cdot 1 = 54 \text{ мм}$$

Визначаємо основний (машинний) час по формулі:

$$T_{маш.} = \frac{L_{р.х.}}{n_{ст.} \cdot S_{ст.}} (\text{хв}); \quad (4.26)$$

Де: $n_{ст}$ - значення частоти обертання шпинделі по паспортним даним верстата, $n_{ст.} = 1250 \text{ об./хв.}$

$S_{ст}$ - прийняте значення подачі по паспортним даним верстата, $S_{ст.} = 0,57 \text{ мм/об.}$

$L_{р.х.}$ - довжина робочого ходу інструменту при виконанні технологічного переходу, обумовлена по формулі:

$$L_{p.x} = L + y + \Delta \quad (4.27)$$

Де: Δ - величина перебігу інструменту, мм [57]; $\Delta = 1,5$

y - величина врізання інструменту, мм

Розраховується величина врізання інструменту y , мм за формулою:

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (4.28)$$

$$y = 5 \cdot \operatorname{ctg} 75 = 1,5$$

$$L_{p.x} = 54 + 1,5 + 1,5 = 57 \text{ мм}$$

$$T_{\text{маш.}} = \frac{57}{160 \cdot 0,57} = 0,63 \text{ хв};$$

Висновок : При обробці заготовки з матеріалу AISI з використанням СОЖ знос по задньої поверхні інструмента буде 0,44мм при обробці на довжину робочого ходу 57мм за $T_{\text{маш.}} = 0,63 \text{ хв}$;

4.2 Титановий сплав

4.2.1 Розрахунок режимів різання для обробці

Необхідні параметри процесу різання визначається аналітичним методом по даним з табл. 4.2.

Таблиця 4.2 Вихідні дані

1	матеріал деталі	- ВТ1-0
2	характеристика заготовки	- прокат ГОСТ 2493-85
3	характеристика обробки	- чорнова токарна обробка зовнішніх поверхонь
4	Використання МОР	з МОР
5	устаткування	- 1К62

1. Призначаємо глибину різання на основі аналізу таблиці припусків деталі:

- для чорнового точіння приймаємо найбільшу глибину різання : $t=2$ мм;

2. Призначаємо подачу для інструментів:

- для чорнового точіння [55]: $S_t=$ 0,2-0,3 мм/об.

Уточнюємо прийняте значення подачі по паспортним даним верстата.

Приймаю $S_{ст.}=$ 0,26мм/об.

3. Призначаємо період стійкості інструментів налагодження по [55] приймаємо для середніх по рівномірності навантаження налагоджень і при кількості інструментів у налагодженні до 5-ти одиниць: $T=30$ хв.

4. Швидкість різання при зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні і розточуванні V розраховую по формулі 4.2:

Де: V - швидкість різання, м / хв;

C_v - коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей і структури оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини різця, а також від умов обробки; $C_v=56$

T - стійкість інструменту, хв (середнє значення стійкості прохідних різців при одноінструментной обробке- 30-60 хв.); $T=30$ хв

t - глибина різання, мм; $t_2=5$ мм

S - подача, мм / об; $S_{ст.}= 0,26$ мм/об

m, x, y -показники ступенів; $m=0,125, \quad x=0,25, \quad y=0,66$ [55]

K_v - загальний поправочний коефіцієнт.

Загальний поправочний коефіцієнт K_v є добуток окремих коефіцієнтів, кожен з яких відображає вплив певних факторів на швидкість різання по формулі 4.3

Де: $K_{\mu V}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, по формулі 4.4

K_r - коефіцієнт для матеріалу інструменту [56] , $K_r=1.0$

n_v – показник ступеня [56], $n_v=1$

σ_B - тимчасовий опір розриву (межа короткочасної міцності), МПа; $\sigma_B=345$ МПа

$$K_{\mu V} = 1 \left(\frac{450}{750} \right)^1 = 0,6$$

K_{nV} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання [56],

$$K_{nV}=1,2$$

K_{IV} – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{IV}=1,0$ [56]

K_{OV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив виду обробки на швидкість різання, $K_{OV}= 1,0$ [56]

$K = 1,0$ – вид обробки, з МОР[56],

K_{IV} – допоміжний кут в плані, $K_{IV} = 0,6$ [56]

K_{qV} – розмір поперечного перерізу державки, $K_{qV}=1,1$ [56]

K_{rV} – радіус при вершині, $K_{rV}=1,0$ [56]

$K_{TI}=1,0$ - коефіцієнт, який враховує знос інструменту [57]

$K_{TC}=1,0$ - коефіцієнт, який враховує зміну періоду стійкості в залежності від числа одночасно обслуговуючих верстатів [57]

$$K_V = 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,62$$

$$V_p = \frac{56}{30^{0,125} \cdot 2^{0,25} \cdot 0,26^{0,66}} 0,62 = 37,8 \text{ м/хв}$$

Визначаємо необхідні величини частот обертання шпинделя по формулі 4.5:

Де: V_p - швидкість різання, м/хв

D – діаметр заготовки, мм

- для чорнового точіння

$$n_p = \frac{1000 \cdot 37,8}{3,14 \cdot 20} = 601,9 \text{ об./мин.};$$

6. Коректуємо розрахункові значення частот обертання шпинделі по паспортним даним верстата.

$$n_{ст. 1} = 630 \text{ об./ хв.}$$

7. Визначаємо дійсну (фактичну) швидкість різання по переходах по формулі 4.6

Де: n_p - величини частоти обертання шпинделя, об/хв

D – діаметр заготовки, мм

Так як, прийнята частота обертання шпинделя відповідає розрахункової, приймаємо

$$V_{\phi.} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 630}{1000} = 39,6 \text{ м/хв}$$

4.2.2 Розрахунок геометрії зрізу при обробці

Розраховую a_1 , b_1 и b – товщину, ширину зрізу та сумарну довжину робочої частини ріжучої кромки різця, мм;

a_1 - товщина зрізу по формулі 4.7

де: t – глибина різання, мм;

$$t=2 \text{ мм}$$

r - радіус при вершині різця, мм;

$$r=1,2 \text{ мм}$$

(чорнова

обробка)

s – подача, мм/об;

$$s=0,26 \text{ мм/об}$$

$$a_1 = \frac{(2 - 1,2)0,26 + 1,2(1,2 \cdot \arcsin \frac{0,26}{2 \cdot 1,2} + \frac{0,26}{2} \sqrt{1 - (\frac{0,26}{2 \cdot 1,2})^2}}{2 \cdot 1,2 \cdot \sin \frac{\arccos - \frac{(1,2-2)}{1,2} + \arcsin \frac{0,26}{2 \cdot 1,2}}{2}} = 0,301 \text{ мм}$$

b_1 – ширина зрізу розраховую по формулі 4.8

$$b_1 = 2 \cdot 1,2 \cdot \sin \frac{\arccos - \frac{1,2-2}{1,2} + \arcsin \frac{0,26}{2 \cdot 1,2}}{2} = 2,309 \text{ мм}$$

b – сумарна довжина робочої кромки різця по формулі 4.9:

$$b = 1,2 \left[\arccos - \frac{1,2 - 2}{1,2} + \arcsin \frac{0,26}{2 \cdot 1,2} \right] = 2,715 \text{ мм}$$

4.2.3 Розрахунок сили різання при обробці

Тангенціальна складова сили різання P_z може бути розрахована по формулі 4.10

де: τ_r – опір оброблювального металу пластичному зсуву;

a_1 - товщина зрізу, $a_1=0,301$

b_1 – ширина зрізу, $b_1=2,309$

b – сумарна довжина робочої кромки різця, $b=2,715$

ρ_1 - радіус зкруглення ріжучої кромки інструменту $\rho_1=1,2$

α - головний задній кут, $\alpha=8^\circ$

γ – головний передній кут, $\gamma=20^\circ$

x_1, y_1, z_1 , - величини, що залежать від властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів [57]:

Чисельні значення коефіцієнтів і постійних величин в формулі (4.10) наведені в [57]:

- $c_1=3,2$

$$x_1=0,18B^{1,03}=0,18 \cdot 0,1838^{1,03}=0,031$$

$$y_1=0,32B^{1,8}=0,32 \cdot 0,1838^{1,8}=$$

$$0,015$$

$$z_1=0,09$$

k_1 – коефіцієнт залежності критерію подібності процесу різання, при $0,4 < B < 0,7$;

$$k_1=0,36$$

B – критерій подібності процесу різання, що характеризує ступінь пластичних деформацій металу, що знімається припуску і поверхневого шару оброблюваної деталі, визначається за формулою 4.11

$$B = \frac{cB^x D^z}{\Gamma \gamma (1 - \sin \gamma)^{0.73}}$$

Значення величин c, x, m, y, z приведені в [57]

При $\lambda > 20$, $c = 2,6$ [58]

Величину x розраховуємо по формулі 4.12

$$x=0,21 \cdot [0,8186(1-\sin 25)]^{0.3}+0,105= 0,276$$

При $\lambda = 25^\circ, m=0,105, \lambda > 20^\circ$

Значення у розраховуємо по формулі 4.13

$$y= 0,62[0,8186 (1-\sin 25)]^{0.82}= 0,354$$

Значення z розраховуємо по формулі 4.14

$$z= 0.19[6,315 \cdot 0,8186(1-\sin 25)]^{0.11} =0,216$$

Б- критерій процесу різання, що характеризує ступінь впливу режимних умов процесу різання в порівнянні з впливом теплофізичних властивостей оброблюваного матеріалу розраховуємо по формулі 4.15

Де: V – швидкість обробки , м/хв;

$$V=37,8\text{м/хв}$$

a_1 - товщина зрізу,

$$a_1 =0,301$$

α - головний задній кут,

$$\alpha=10^\circ$$

$$B = \frac{37,8 \cdot 0,301}{10} = 1,137$$

Г – безрозмірний комплекс, що відображає вплив геометрії інструменту і відношення теплопровідності інструментального і оброблюваного матеріалів по формулі 4.16.

Де: λ_p - теплопровідність матеріалу ріжучого інструменту, $\lambda_p = 29 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$

λ - теплопровідність матеріалу ,

$$\lambda = 15 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$$

β – кут загострення

ε - кут при вершині різця в плані

Кут загострення β розраховую по формулі 4.18:

де: α - головний задній кут,

$$\alpha= 8^\circ$$

γ – головний передній кут,

$$\gamma= 20^\circ$$

$$\beta = \frac{90-8-20}{57,25} = 1,082 \text{ (рад)}$$

Кут при вершині різця в плані ε розраховую по формулі 4.17

де: φ – головний кути в плані відповідно,

$$\varphi= 60$$

φ_1 - допоміжний кути в плані відповідно,

$$\varphi_1= 45^\circ$$

$$\varepsilon = \frac{180-60-45}{57,25} = 1,31 \text{ (рад)}$$

$$\Gamma = \frac{29}{15} 1,082 \cdot 1,31 = 2,74$$

Д - без розмірний комплекс, що характеризує перетин зрізу по формулі 4.18

де: a_1 - товщина зрізу,

$$a_1 = 0,301 \text{ мм}$$

b_1 - ширина зрізу,

$$b_1 = 2,309 \text{ мм}$$

$$Д = \frac{0,301}{2,309} = 0,13$$

Розраховую критерій B , що характеризує величину пластичних деформацій, що виникають в зоні різання по формулі 4.11.

$$B = \frac{2,6 \cdot 1,137^{0,276} \cdot 0,13^{0,216}}{2,74^{0,354} (1 - \sin 20)^{0,73}} = 1,648$$

Силу різання при обробки нержавіючої сталі розраховую по формулі 4.10:

$$P_z = \frac{456 \cdot 0,301 \cdot 2,309 \cdot 3,2 \cdot \left(\frac{1,2}{0,301}\right)^{0,031} \cdot \left(\frac{2,715}{2,309}\right)^{0,015} \cdot \left(\frac{3,5}{1,2}\right)^{0,09}}{1,648^{0,36} \sin^{0,052} 8 \cdot \sin^{0,052} 20} = 878 \text{ Н.}$$

Потужність різання - відношення добутку швидкості різання і сили різання на добуток коефіцієнта рівного 60 і коефіцієнта рівного 102, які використовуються для приведення обчисленого значення потужності різання при токарній обробці в кіловати по формулі 4.20.

Де: $N_{\text{рез}}$ - мощность при різанні (кВт),

P_z - сила різання (Н);

$$P = 878 \text{ Н}$$

V_{ϕ} - фактична швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{878 \cdot 39,6}{60 \cdot 102} = 5,68 \text{ кВт}$$

Перевіряємо потужність потрібну на різання:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп.}}$$

Потужність на шпінделе верстата визначається по формулі 4.21:

$$N_{\text{шп.}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп.}}; \quad 5,68 \leq 7,5 - \text{обробка можлива.}$$

Визначається максимальна розмірна стійкість інструменту по формулі 4.22

де: $\Delta_{\text{изн}}$ - довжина фаски зносу по задній поверхні інструменту; $\Delta_{\text{изн}} = 1,2$ [57]

$h_{ол}$ —відносний лінійний знос ріжучого інструменту, що дорівнює відношенню величини радіального зносу до довжини шляху різання, $h_{ол}$ розраховую по формулі 4.23

$$h_{ол}=1,2 \cdot \operatorname{tg} 20=0,44 \text{ мм}$$

$$T_{p\max} = \frac{1,2}{39,6 \cdot 0,44} = 0,0688 \text{ час} = 4,13 \text{ хв}$$

Розраховується довжина проточки до повного зносу ріжучої кромки інструменту, розраховується число заготовок, які будуть оброблені за період стійкості інструмента по формулі 4.25:

где N- число заготовок ,

$$N=1$$

d - діаметр заготовки

$$d=0,55 \text{ м}$$

L – довжина обробтки

i –число проходів.

$$L = \frac{4,13 \cdot 39,6 \cdot 0,26}{3,14 \cdot 0,20 \cdot 1} = 68 \text{ мм}$$

Визначаємо основний (машинний) час по формулі 4.26:

де: $n_{ст}$ - значення частоти обертання шпинделі по паспортним даним верстата,

$$n_{ст.} = 500 \text{ об./ хв.}$$

$S_{ст}$ - прийняте значення подачі по паспортним даним верстата, $S_{ст.} = 0,26 \text{ мм/об.}$

$L_{р.х.}$ -довжина робочого ходу інструменту при виконанні технологічного переходу, обумовлена по формулі 4.27:

Де: Δ - величина перебігу інструменту, мм [57];

$$\Delta=1,5 \text{ мм}$$

У - величина врізання інструменту, мм

Розраховується величина врізання інструменту у, мм за формулою 4.28:

$$У = 5 \cdot \operatorname{ctg} 75 = 1,5$$

$$L_{р.х.} = 68 + 1,5 + 1,5 = 71 \text{ мм}$$

$$T_{\text{маш.}} = \frac{71}{500 \cdot 0,26} = 0,54 \text{ хв;}$$

Висновки: При обробці заготовки з матеріалу ВТ1-0 з використанням МОР знос по задньої поверхні інструмента буде 0,44мм при обробці на довжину робочого ходу 71мм за $T_{\text{маш.}} = 0,54\text{хв.}$

4.3 Бронзовий сплав

4.3.1 Розрахунок режимів різання обробці

Необхідні параметри процесу різання визначається аналітичним методом по даним з табл. 4.3.

Таблиця 4.3 Вихідні дані

1	матеріал деталі	- БрО5Ц5С5
2	характеристика заготовки	- прокат ГОСТ 24301-93
3	характеристика обробки	- чорнова токарна обробка зовнішніх поверхонь
4	Використання МОР	з МОР
5	устаткування	- 1К62

1. Призначаємо глибину різання на основі аналізу таблиці припусків і креслення деталі:

- для чорнового точіння приймаємо найбільшу глибину різання : $t=3\text{ мм};$

2. Призначаємо подачу для інструментів:

- для чорнового точіння [58]: $S_t = 0,3\text{ мм/об.}$

Вибираю поправочний коефіцієнт, що враховує закріплення нежорсткої деталі: $k_1 = 0,6;$

Визначаємо розрахункову величину подачі по формулі(4.1) $S_p = 0,3 \cdot 0,6 = 0,18\text{мм/об.};$

Уточнюємо прийняте значення подачі по паспортним даним верстата.

Приймаю $S_{\text{ст.}} = 0,17\text{мм/об.}$

3. Призначаємо період стійкості інструментів налагодження по [55] приймаємо для середніх по рівномірності навантаження налагоджень і при кількості інструментів у налагодженні до 5-ти одиниць: $T = 30xv$.

4. Швидкість різання при зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні і розточуванні V по формулі 7.2:

Де: v - швидкість різання, м / хв;

C_v - коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей і структури оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини різця, а також від умов обробки; $C_v=87,5$

T - стійкість інструменту, хв (середнє значення стійкості прохідних різців при одноінструментной обробке- 30-60 хв;); $T=30xv$

t - глибина різання, мм; $t=5\text{мм}$

S - подача, мм / об; $S_{\text{ст.}} = 0,17\text{мм/об}$

m, x, y -показники ступенів; $m=0,125, \quad x=0,25, \quad y=0,66$ [56]

K_v - загальний поправочний коефіцієнт.

Загальний поправочний коефіцієнт K_v є добуток окремих коефіцієнтів, кожен з яких відображає вплив певних факторів на швидкість різання по формулі 4.3:

де $K_{\mu V}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу 4.4

K_r - коефіцієнт для матеріалу інструменту; $K_r=2.0$ [56]

n_v – показник ступеня; $n_v=1.25$ [56]

σ_B - тимчасовий опір розриву (межа короткочасної міцності), МПа; $\sigma_B=610\text{МПа}$

$$K_{\mu V} = 2 \left(\frac{176}{750} \right)^{1,25} = 0,33$$

K_{nV} – коефіцієнт , який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання [57],

$K_{nV}=1,0$ – з МОР [56]

K_{IV} – коефіцієнт , який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання $K_{IV}=1,0$ [56],

K_{ov} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив виду обробки на швидкість різання, $K_{ov} = 1,0$ [56],

$K = 1,0$ – вид обробки, з МОР [56],

K_{lv} – допоміжний кут в плані, $K_{lv} = 0,9$ [56],

K_{qv} – розмір поперечного перерізу державки, $K_{qv} = 1,1$ [56],

K_{rv} – радіус при вершині, $K_{rv} = 1,25$ [56],

$K_{ти} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує знос інструменту [57]

$K_{тс} = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує зміну періоду стійкості в залежності від числа одночасно обслуговуючих верстатів [57]

$$K_v = 0,33 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 0,46$$

$$V_p = \frac{87,5}{30^{0,125} \cdot 3^{0,25} \cdot 0,17^{0,33}} 0,46 = 75,11 \text{ м/хв}$$

Визначаємо величину частоти обертання шпинделя по наступній формулі 4.5:

де V_p – швидкість різання, м/хв

D – діаметр заготовки, мм

- для чорнового точіння

$$n_p = \frac{1000 \cdot 75,11}{3,14 \cdot 20} = 1196 \text{ об./мин.};$$

6. Коректуємо розрахункові значення частот обертання шпинделі по паспортним даним верстата.

$$n_{ст.} = 1250 \text{ об./хв.}$$

7. Визначаємо дійсну (фактичну) швидкість різання по переходах по формулі 4.6:

де n_p – величини частоти обертання шпинделя, об/хв

D – діаметр заготовки, мм

Так як, прийнята частота обертання шпинделя відповідає розрахункової, приймаємо

$$V_{ф.} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1250}{1000} = 78,5 \text{ м/хв.};$$

4.3.2 Розрахунок геометрії зрізу при обробці

Розраховую a_1 , b_1 и b – товщину , ширину зрізу та сумарну довжину робочої частини ріжучої кромки різця, мм;

a_1 - товщина зрізу по формулі 4.7

де t – глибина різання, мм;

$$t=3\text{мм}$$

r - радіус при вершині різця, мм;

$$r=1,0\text{мм (чорнова обробка)}$$

s – подача, мм/об;

$$s=0,17 \text{ мм/об}$$

$$a_1 = \frac{(3 - 1)0,17 + 1,0(1,0 \cdot \arcsin \frac{0,17}{2 \cdot 1,0} + \frac{0,17}{2} \sqrt{1 - (\frac{0,17}{2 \cdot 1,0})^2})}{2r \sin \frac{\arccos - \frac{(1,0-3)}{1} + \arcsin \frac{0,17}{2 \cdot 1}}{2}} = 0,159\text{мм}$$

b_1 – ширина зрізу розраховую по формулі 4.8

де t – глибина різання, мм;

$$t=5\text{мм}$$

r - радіус при вершині різця, мм;

$$r=1,5\text{мм (чорнова обробка)}$$

s – подача, мм/об;

$$s=0,57 \text{ мм/об}$$

$$b_1 = 2 \cdot 1 \cdot \sin \frac{\arccos - \frac{1,0-3}{1} + \arcsin \frac{0,17}{2 \cdot 1}}{2} = 3,194\text{мм}$$

b – сумарна довжина робочої кромки різця по формулі 4.9

де t – глибина різання, мм;

$$t=3\text{мм}$$

r - радіус при вершині різця, мм;

$$r=1,0\text{мм (чорнова обробка)}$$

s – подача, мм/об;

$$s=0,17 \text{ мм/об}$$

$$b = 1,0 \cdot \left[\arccos - \frac{1,0 - 3}{1,0} + \arcsin \frac{0,17}{2 \cdot 1,0} \right] = 3,411 \text{ мм}$$

4.3.3 Розрахунок сили різання при обробці бронзового сплаву

Тангенціальна складова сили різання P_z може бути розрахована по формулі 4.10 де: τ_p – опір оброблювального металу пластичному зсуву; $\tau_p=380$

a_1 - товщина зрізу, $a_1=0,159\text{мм}$

b_1 – ширина зрізу, $b_1=3,194\text{мм}$

b – сумарна довжина робочої кромки різця, $b=3,411\text{мм}$

ρ_1 - радіус зкруглення ріжучої кромки інструменту, $\rho_1= 1,0\text{мм}$

α - головний задній кут , $\alpha=12^\circ$

γ – головний передній кут , $\gamma=15^\circ$

x_1, y_1, z_1 , - величини, що залежать від властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів [57]:

Чисельні значення коефіцієнтів і постійних величин в формулі (4.10) наведені в [58]:

- $c_1=3,2$

$$x_1=0,18B^{1,03}=0,18\cdot 0,1838^{1,03}=0,031$$

$$y_1=0,32B^{1,8}=0,32\cdot 0,1838^{1,8}=0,015$$

$$z_1=0,09$$

k_1 – коефіцієнт залежності критерію подібності процесу різання, при $0,4 < B < 0,7$; $k_1=0,36$

B – критерій подібності процесу різання, що характеризує ступінь пластичних деформацій металу, що знімається припуску і поверхневого шару оброблюваної деталі, визначається за формулою 4.11

Значення величин c, x, m, y, z приведені в [57]

При $\lambda > 20$, $c=2,6$ [57]

Значення x розраховую по формулі 4.12

$$x=0,21\cdot [0,8186(1-\sin 25^\circ)]^{0,3}+0,105=0,276$$

При $\lambda = 25^\circ, m=0,105, \lambda > 20^\circ$

Значення y розраховую по формулі 4.13

$$y = 0,62[0,8186 (1-\sin 25)]^{0,82} = 0,354$$

Значення z розраховую по формулі 4.14

$$z = 0,19[6,315 \cdot 0,8186(1-\sin 25)]^{0,11} = 0,216$$

Б- критерій процесу різання, що характеризує ступінь впливу режимних умов процесу різання в порівнянні з впливом теплофізичних властивостей оброблюваного матеріалу по формулі 4.14.

де V – швидкість обробки, м/хв;

$$V = 78,5 \text{ м/хв}$$

a_1 - товщина зрізу,

$$a_1 = 0,159$$

α - головний задній кут,

$$\alpha = 12^\circ$$

$$B = \frac{78,5 \cdot 0,159}{12} = 1,040$$

Γ – безрозмірний комплекс, що відображає вплив геометрії інструменту і відношення теплопровідності інструментального і оброблюваного матеріалів по формулі 4.16

де λ_p - теплопровідність матеріалу ріжучого інструменту, $\lambda_p = 29 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$

λ - теплопровідність матеріалу, $\lambda = 64 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$

β – кут загострення, $\beta = 1,1$

ε - кут при вершині різця в плані, $\varepsilon = 1,135$

$$\Gamma = \frac{29}{64} 1,1 \cdot 1,135 = 0,362$$

D - без розмірний комплекс, що характеризує перетин зрізу по формулі 4.17

де a_1 - товщина зрізу, $a_1 = 0,159 \text{ мм}$

b_1 – ширина зрізу, $b_1 = 3,194 \text{ мм}$

$$D = \frac{0,159}{3,194} = 0,049$$

Кут загострення β розраховую по формулі 4.18:

де α - головний задній кут, $\alpha = 12^\circ$

γ – головний передній кут, $\gamma = 15^\circ$

$$\beta = \frac{90 - 12 - 15}{57,25} = 1,1$$

Кут при вершині різця в плані ε розраховую по формулі 4.19

де φ – головний кути в плані відповідно, $\varphi = 70^\circ$

φ_1 - допоміжний кути в плані відповідно, $\varphi_1 = 45^\circ$

$$\varepsilon = \frac{180 - 70 - 45}{57,25} = 1,135$$

Розраховую критерій B , що характеризує величину пластичних деформацій, що виникають в зоні різання по формулі 4.11.

$$B = \frac{2,6 \cdot 1,040^{0,276} \cdot 0,049^{0,216}}{0,362^{0,354} (1 - \sin 15)^{0,73}} = 2,669$$

Силу різання при обробки бронзового сплаву розраховую по формулі 4.10:

$$P_{z1} = \frac{380 \cdot 0,159 \cdot 3,194 \cdot 3,2 \cdot \left(\frac{1,0}{0,159}\right)^{0,031} \cdot \left(\frac{3,194}{3,411}\right)^{0,015} \cdot \left(\frac{3,2}{1}\right)^{0,09}}{2,669 \sin^{0,052} 12 \cdot \sin^{0,052} 15} = 54 \text{ Н.}$$

Потужність різання - відношення добутку швидкості різання і сили різання на до-буток коефіцієнта рівного 60 і коефіцієнта рівного 102, які використовуються для приведення обчисленого значення потужності різання при токарній обробці в кіловати по формулі 4.20.

де $N_{\text{рез}}$ - мощность при різанні (кВт),

P_z - сила різання (Н);

$$P = 54 \text{ Н}$$

$V_{\text{ф.}}$ — фактична швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{54 \cdot 78,5}{60 \cdot 102} = 0,69 \text{ кВт}$$

Перевіряємо потужність потрібну на різання:

$$N_{\text{рез.}} \leq N_{\text{шп.}}$$

Потужність на шпінделі верстата визначається по формулі 4.21:

$$N_{\text{шп.}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{рез.}} \leq N_{\text{шп.}}; \quad 0,69 \leq 7,5 - \text{обробка можлива.}$$

Визначається максимальна розмірна стійкість інструменту по формулі 4.22

де $\Delta_{\text{изн}}$ - довжина фаски зносу по задній поверхні інструменту; $\Delta_{\text{изн}} = 1,2$ [57]

$h_{ол}$ – відносний лінійний знос ріжучого інструменту, що дорівнює відношенню величини радіального зносу до довжини шляху різання, розраховую по формулі 4.23

$$h_{ол} = 1,2 \cdot \text{tg} 12 = 0,22 \text{ мм}$$

$$T_{рmax} = \frac{1,2}{78,5 \cdot 0,22} = 0,069 \text{ час} = 4,169 \text{ хв}$$

Розраховується довжина проточки до повного зносу ріжучої кромки інструменту, розраховується число заготовок, які будуть оброблені за період стійкості інструмента по формулі 4.25:

де N - число заготовок ,

$$N = 1$$

d - діаметр заготовки

$$d = 0,55 \text{ м}$$

L – довжина обробтки

i – число проходів.

$$L = \frac{4,169 \cdot 78,5 \cdot 0,18}{3,14 \cdot 0,28 \cdot 1} = 67 \text{ мм}$$

12. Визначаємо основний (машинний) час по формулі 4.26:

де $n_{ст}$ - частоти обертання шпинделі по паспортним даним верстата, $n_{ст} = 1250 \text{ об./хв.}$

$S_{ст}$ - прийняте значення подачі по паспортним даним верстата, $S_{ст} = 0,57 \text{ мм/об.}$

$L_{р.х.}$ - довжина робочого ходу інструменту при виконанні технологічного переходу, обумовлена по формулі 4.27:

де Δ - величина перебігу інструменту, мм; $\Delta = 1,5$ [57]

$У$ - величина врізання інструменту, мм

Розраховується величина врізання інструменту $у$, мм за формулою 4.28:

$$У = 5 \cdot \text{ctg} 75 = 1,5$$

$$L_{р.х.} = 67 + 1,5 + 1,5 = 70 \text{ мм}$$

$$T_{маш.} = \frac{70}{1250 \cdot 0,18} = 0,31 \text{ хв};$$

Висновок : При обробці заготовки з матеріалу Бр05Ц5С5 сплаву з використанням МОР знос по задньої поверхні інструмента буде 0,22мм при обробці на довжину робочого ходу 70мм за $T_{маш.} = 0,31 \text{ хв};$

5 РОЗРАХУНОК НОРМ ЧАСУ НА ВКАЗАНІ ОПЕРАЦІЇ

5.1 Розрахунок норм часу на сталь AISI304

Вихідні дані:

1	оброблювана деталь	- вал
2	матеріал деталі	- сталь AISI304
3	характер обробки	- чорнова токарна обробка
4	устаткування	- 1К62
5	пристосування	- трьох кулачковий патрон
6	маса заготовки	- 10 кг
7	потужність е/двигуна верстата	- 10 кВт
8	Використання МОР	з МОР

1. Визначаємо допоміжний час на операцію по формулі

$$t_{всп} = t_{всп.} + t_{всп.руч} \quad (5.1)$$

де $t_{всп.}$ - допоміжний час;

$t_{всп.руч}$ - ручний допоміжний час.

Знаходимо величини, що складають автоматичний допоміжний час:

- закріплення в 3х кулачковому патроні та в центрі – 2,3хв [56]
- закрити огороження -0,03хв [56]
- прискорене підведення інструмента - 0,11 хв., [56];
- основний час - 0,63 хв.;(п.4.1)
- прискорений підвід інструмента - 0,04 хв.;[56]
- встановлення інструмента на розмір -0,04 хв [56]

1.Визначаємо склад допоміжного часу по формулі:

$$\Sigma t_{\text{всп.}} = 0,08 + 0,07 + 0,6 + 0,2 + 0,03 + 0,11 + 0,04 + 0,04 + 0,02 = 1,19 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо склад допоміжного ручного часу по формулі:

$$t_{\text{всп.руч}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{опер}} + t_{\text{вим.}} \quad (5.2)$$

де: $t_{\text{уст.}} = 2,3$ хв., час на установку деталі в 3х кулачковому патроні та центрі;

$t_{\text{опер.}}$ - час на керування верстатом, зв'язане з виконанням операції [56]:

- уключити верстат, виключити - 0,04 хв.;

- відкрити загороджувальний щиток, закрити - 0,03 хв.

$$\Sigma t_{\text{опер}} = 0,07 \text{ хв.}$$

$t_{\text{вим.}}$ - час на контрольні виміри:

- $\varnothing 55h10(-0,12)$ [59] - 0,06 хв

$$\Sigma t_{\text{вим.}} = 0,06 \text{ хв.}$$

У такий спосіб:

$$t_{\text{всп.руч}} = 2,3 + 0,07 + 0,06 = 2,43 \text{ хв.};$$

$$t_{\text{всп}} = 1,19 + 2,43 = 3,62 \text{ хв.}$$

2. Знаходимо величину оперативного часу по формулі

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} \quad (5.3)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,63 + 3,62 = 4,25 \text{ (хв)}$$

3. Визначаємо час на обслуговування робочого місця у відсотках від оперативного часу [56]

$$T_{\text{обс}} = \frac{T_{\text{оп.}} \cdot a_{\text{обс}}}{100} \quad (5.4)$$

$$T_{\text{обс}} = \frac{4,25 \cdot 4,5}{100} = 0,2 \text{ хв.}$$

де $a_{\text{обс.}} = 4,5\%$.

4. Визначаємо час на відпочинок та особисті потреби у відсотках від оперативного часу [56]

$$T_{\text{отд}} = \frac{T_{\text{оп.}} \cdot a_{\text{обс}}}{100} \quad (5.5)$$

$$T_{\text{отд}} = \frac{4,25 \cdot 4,0}{100} = 0,177 \text{ хв.}$$

де $a_{\text{обс.}} = 4,0\%$.

5. Визначаємо норму штучного часу на операцію

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}} \quad (5.6)$$

$$t_{\text{шт}} = 4,25 + 0,2 + 0,177 = 4,627 \text{ хв.};$$

6. Знаходимо величини, що складають підготовчо-заключний час

- час на організаційну підготовку - 16 хв.; [56];
- час на налагодження верстата, інструмента і пристосувань:
 - 1. установити і зняти патрон з центром - 5,8 хв.; [56];
 - 2. установити і зняти різальні інструменти - 0,6 хв [56]
 - 3. зміна числа обертів шпинделя - 0,08 хв [56]
 - 4. зміна числа на пряму подачі - 0,07 хв [42]
 - 5. підвести задню бабку - 0,2 хв [42]

$$\Sigma t_{\text{наладки}} = 6.75 \text{ хв.}$$

7. Час підготовчо-заключне

$$t_{\text{п-з}} = t_{\text{орг}} + t_{\text{нал}} \quad (5.7)$$

$$t_{\text{п-з}} = 16 + 6.75 = 22,75 \text{ хв.};$$

8. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n} \quad (5.8)$$

де n - кількість заготовок;

$$T_{\text{шт-к}} = 4,627 + \frac{22,75}{3} = 12,21 \text{ хв.}$$

5.2 Розрахунок норм часу на сплав ВТ1-0

Вихідні дані:

1	оброблювана деталь	- вал
2	матеріал деталі	- ВТ1-0
3	характер обробки	- чорнова токарна обробка
4	устаткування	- 1К62
5	пристосування	- трьох кулачковий патрон
6	маса заготовки	- 400гр
7	потужність е/двигуна верстата	- 10 кВт
8	Використання МОР	з МОР

1. Визначаємо допоміжний час на операцію по формулі (5.1)

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{всп.}} + t_{\text{всп.руч}} \quad (\text{хв})$$

де $t_{\text{всп.}}$ - допоміжний час;

$t_{\text{всп.руч}}$ - ручний допоміжний час.

Знаходимо величини, що складають автоматичний допоміжний час:

- закріплення в 3х кулачковому патроні та в центрі – 2,3хв [56]
- закрити огороження -0,03хв [56]
- прискорене підведення інструмента - 0,11 хв., [56];
- основний час - 0,54 хв.;
- прискорений підвід інструмента - 0,04 хв.;[56]
- встановлення інструмента на розмір -0,04 хв [56]

Визначаємо склад допоміжного часу по формулі:

$$\Sigma t_{\text{всп.}} = 0,08 + 0,07 + 0,6 + 0,2 + 0,03 + 0,11 + 0,04 + 0,04 + 0,02 = 1,19 \text{ хв.}$$

Визначаємо склад допоміжного ручного часу по формулі (5.2):

$$t_{\text{всп.руч}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{опер}} + t_{\text{вим.}} \text{ (хв)}$$

де: $t_{\text{уст.}} = 2,3$ хв., час на установку деталі в 3х кулачковому патроні та центрі;

$t_{\text{опер.}}$ - час на керування верстатом, зв'язане з виконанням операції [56]:

- уключити верстат, виключити - 0,04 хв.;

- відкрити загороджувальний щиток, закрити - 0,03 хв.

$$\Sigma t_{\text{опер}} = 0,07 \text{ хв.}$$

$t_{\text{вим.}}$ - час на контрольні виміри:

- $\varnothing 20 \text{ h} 10(-0,12)$ [57] - 0,06 хв

$$\Sigma t_{\text{вим.}} = 0,06 \text{ хв.}$$

У такий спосіб:

$$t_{\text{всп.руч}} = 2,3 + 0,07 + 0,06 = 2,43 \text{ хв.};$$

$$t_{\text{всп}} = 1,19 + 2,43 = 3,62 \text{ хв.}$$

2. Знаходимо величину оперативного часу по формулі (5.3)

$$t_{\text{оп}} = 0,54 + 3,62 = 4,16 \text{ (хв)}$$

3. Визначаємо час на обслуговування робочого місця у відсотках від оперативного часу [56] по формулі (5.4)

$$T_{\text{обс}} = \frac{4,16 * 4,5}{100} = 0,186 \text{ хв.}$$

де $a_{\text{обс.}} = 4,5\%$.

4. Визначаємо час на відпочинок та особисті потреби у відсотках від оперативного часу[56] по формулі (5.5)

$$T_{\text{отд}} = \frac{4,16 \cdot 4,0}{100} = 0,1656 \text{ хв.}$$

де $a_{\text{обс.}} = 4,0\%$.

5. Визначаємо норму штучного часу на операцію по формулі (5.6)

$$t_{\text{шт}} = 4,16 + 0,186 + 0,165 = 4,51 \text{ хв.};$$

6. Знаходимо величини, що складають підготовчо-заклучний час

- час на організаційну підготовку - 16 хв.; [56];

- час на налагодження верстата, інструмента і пристосувань:

1. установити і зняти патрон з центром - 5,8 хв.; [56];

2. установити і зняти різальні інструменти - 0,6 хв [56]

3. зміна числа обертів шпинделя - 0,08 хв [56]

4. зміна числа на пряму подачі - 0,07 хв [56]

5. підвести задню бабку - 0,2хв [42]

$$\Sigma t_{\text{наладки}} = 6.75 \text{ хв.}$$

7. Час підготовчо-заклучне знаходимо по формулі (5.7)

$$t_{\text{п-з}} = 16 + 6.75 = 22,75 \text{ хв.};$$

8. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу по формулі (5.8)

$$T_{\text{шт-к}} = 4,51 + \frac{22,75}{2} = 15,88 \text{ хв.}$$

5.3 Розрахунок норм часу на бронзу БрО5Ц5С5

Вихідні дані:

1	оброблювана деталь	- вал
2	матеріал деталі	- БрО5Ц5С5
3	характер обробки	- чорнова токарна обробка
4	устаткування	- 1К62
5	пристосування	- трьох кулачковий патрон
6	маса заготовки	- 400 гр
7	потужність е/двигуна верстата	- 10 кВт
8	Використання МОР	з МОР

1. Визначаємо допоміжний час на операцію по формулі (5.1)

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{всп.}} + t_{\text{всп.руч}} \quad (\text{хв})$$

де $t_{\text{всп.}}$ - допоміжний час;

$t_{\text{всп.руч}}$ - ручний допоміжний час.

Знаходимо величини, що складають автоматичний допоміжний час:

- закріплення в 3х кулачковому патроні та в центрі – 2,3хв [56]
- закрити огороження -0,03хв [56]
- прискорене підведення інструмента - 0,11 хв., [56];
- основний час - 0,31 хв.;
- прискорений підвід інструмента - 0,04 хв.;[56]

- встановлення інструмента на розмір -0,04 хв [56]

Визначаємо склад допоміжного часу:

$$\Sigma t_{\text{всп.}} = 0,08 + 0,07 + 0,6 + 0,2 + 0,03 + 0,11 + 0,04 + 0,04 + 0,02 = 1,19 \text{ хв.}$$

Визначаємо склад допоміжного ручного часу по формулі(5.2):

$$t_{\text{всп.руч}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{опер}} + t_{\text{вим.}} \text{ (хв)}$$

де: $t_{\text{уст.}} = 2,3$ хв., час на установку деталі в 3х кулачковому патроні та центрі;

$t_{\text{опер.}}$ - час на керування верстатом, зв'язане з виконанням операції [56]:

- уключити верстат, виключити - 0,04 хв.;

- відкрити загороджувальний щиток, закрити - 0,03 хв.

$$\Sigma t_{\text{опер}} = 0,07 \text{ хв.}$$

$t_{\text{вим.}}$ - час на контрольні виміри:

- $\varnothing 22 \text{h}10(-0,12)$ [56] - 0,06 хв

$$\text{Разом } t_{\text{вим.}} = 0,06 \text{ хв.}$$

У такий спосіб:

$$t_{\text{всп.руч}} = 2,3 + 0,07 + 0,06 = 2,43 \text{ хв.};$$

$$t_{\text{всп}} = 1,19 + 2,43 = 3,62 \text{ хв.}$$

2. Знаходимо величину оперативного часу по формулі (5.3)

$$t_{\text{оп}} = 0,31 + 3,62 = 3,93 \text{ (хв)}$$

3. Визначаємо час на обслуговування робочого місця у відсотках від оперативного часу [56] по формулі (5.4)

$$T_{\text{обс}} = \frac{3,93 * 4,5}{100} = 0,176 \text{ хв.}$$

де $a_{\text{обс.}} = 4,5\%$.

4. Визначаємо час на відпочинок та особисті потреби у відсотках від оперативного часу [56] по формулі (5.5)

$$T_{\text{отд}} = \frac{3,93 * 4,0}{100} = 0,156 \text{ хв.}$$

де $a_{\text{обс.}} = 4,0\%$.

5. Визначаємо норму штучного часу на операцію по формулі (5.6)

$$t_{\text{шт}} = 3,93 + 0,176 + 0,156 = 4,26 \text{ хв.};$$

6. Знаходимо величини, що складають підготовчо-заклучний час

- час на організаційну підготовку - 16 хв.; [56];
- час на налагодження верстата, інструмента і пристосувань:
 - 1. установити і зняти патрон з центром - 5,8 хв.; [56];
 - 2. установити і зняти різальні інструменти - 0,6 хв [56]
 - 3. зміна числа обертів шпинделя - 0,08 хв [56]
 - 4. зміна числа на пряму подачі - 0,07 хв [58]
 - 5. підвести задню бабку - 0,2 хв [58]

$$\Sigma t_{\text{наладки}} = 6,75 \text{ хв.}$$

7. Час підготовчо-заклучне розраховую по формулі (5.7)

$$t_{\text{п-з}} = 16 + 6,75 = 22,75 \text{ хв.};$$

8. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу по формулі (5.8)

$$T_{\text{шт-к}} = 4,26 + \frac{22,75}{2} = 15,66 \text{ хв.}$$

5.4 Розрахунок норм часу на заточку інструменту (різець)

Вихідні дані:

1	оброблювана деталь	- прохідний різець
2	матеріал деталі	- сталь Р6М5 ГОСТ 5632-72
3	характер обробки	- заточка різця
4	устаткування	- 3Б633В
5	Пристосування	- підручник
6	Час заточки	- 1,4хв.[59]

1. Визначаємо допоміжний час на операцію по формулі

$$t_{\text{вспр.}} = t_{\text{всп}} + t_k \text{ хв.}; \quad (5.9)$$

$t_{\text{всп.}}$ - допоміжний час; $t_{\text{всп.}}=0,1\text{хв}$ [58]

$t_{\text{вим.}}$ - час на контрольні виміри:

$$t_k=0,2\text{хв}$$
 [59]

Розраховуємо:

$$t_{\text{всп.}} = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ хв.};$$

2. Знаходимо величину оперативного часу по формулі

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{всп}}, \text{ хв} \quad (5.10)$$

$$t_{\text{оп}} = 1,4 + 0,3 = 1,7 \text{ (хв)}$$

3. Визначаємо норму штучного часу на операцію

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} = 1,7 \text{ хв.};$$

5. Знаходимо величини, що складають підготовчо-заключний час

$$T_{\text{п-з}}=5$$
 [59]

6. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{\Pi} \quad (5.11)$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,7 + 5 = 6,7\text{хв.}$$

6 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Для вивчення впливу ПММА у складі МОР при токарній обробці заготовок (рис 6.1, 6.2). Досліди проводиться по двом схемам :

Схема №1 : Точіння ділянки металу з використанням Ацетону:

- 1) Підготовка заготовки (точіння торцю, центрування валу , та проточування канавок, для виходу різця);
- 2) Заточка різця (на вибрані кути в п.4);
- 3) Проведення дослідів по вибраним відповідно режимам різання у п 4.1, п.4.3.
- 4) Проведення всіх запланованих вимірювання.

Схема №2: Точіння ділянки металу з використанням ПММА 1%+ Ацетон аналогічно схемі №1.



а)



б)

Рисунок 6.1 – Проведення динамічних дослідів на заготовці AISI304



Рисунок 6.2- Проведення динамічних дослідів на заготовці БрО5Ц5С5

6.1 Результати дослідів

За схемою №1 та №2 , було проведено дослідження впливу ПММА на показники обробки заготовок AISI304 та БрО5Ц5С5, але у зв'язку з проблемами виготовлення оснастки для закріплення заготовки ВТ1-0, не було змоги провести дослідження з цим матеріалом.

Результати занесені до таб.6.1.

- ... - дослідження , під час яких було змінено режими різання;
- ... - дослідження, у яких використовувалось Ацетон + ПММА 1%;
- ... - дослідження, у яких використовувався Ацетон.

Таблиця 6.1 Зведені результати дослідів

			Кількість проходів	Шорсткість			Знос						T, °C	t, мм	Сила різання				Примечание
							Задня поверхня			Передня поверхня									
				Rz, мкм	L, мм	S _{mi}	h,мм	l,мм	S _з , мм ²	a,мм	b,мм	S _п , мм ²			Pz, Н	δ ² , Н ²	E, Н	σ, Н	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
АISI304																			
Резец №1	Ацетон	1	1	0,3	-	0,57	0,53	0,01	-	-	-	-	43	0,2	1034,4	134773,1	913,2718	367,1145	
		2	1	0,2	-	0,57	0,36	-	-	-	-	-	48	-	-	-	-	-	Стороній шум від верстату, великий розброс на діаграмі динамометру
		3	1	0,42	-	0,57	0,51	-	-	-	-	-	38	0,2	951,6	401270,6	824,3134	633,4592	
		4	1	0,33	-	0,57	-	-	-	-	-	-	45	0,25	1593	526741,5	1062,329	725,7696	Стружка сильно завивалась, адгезія
		5	1	-	-	0,57	-	-	-	-	-	-	33	0,18	-	-	-	-	Різець остаточно відпрацював
	ПММА 1%	6	1	0,24	0,01	0,57	-	-		-	-		42	-	1086,12	107754,6	1004,402	328,26	Адгезія
		7	1	0,27	0,01	0,57	0,54	-		-	-		40	0,25	724,1	136630,3	690,2551	369,6353	
		8	1	0,07	-	0,57	0,38	-		-	-		35	0,2	517,2	519091	666,257	720,4797	
		9	1	0,34	-	0,57	0,60	-		-	-		37	0,2	620,7	406345,6	819,4517	637,4524	Адгезія, мала швидкість подачі MOR
		10	1	0,006	-	0,28	1,24	-		-	-		28	0,25	1468,8	-	-	-	0,28 - Не коректна подача
		11	1	0,008	0,01	0,57	0,48	-	-	-	-		42	0,18	951,6	180045	867,8616	424,3171	
		12	1	0,01	-	0,57	1,3	0,73		-	-		32	0,2-0,05	1499,88	192789,6	1417,128	439,0781	1/3 довжина різець не різав (затупився)
Резец №2	Ацетон	1	1	-	-	0,57	0,31	0,5 3	-	-	-	-	32	0,1	672,4	-	-	-	Інша глибина різання
		2	1	0,5	-	0,57	0,23	0,65	0,15	1,15	1,01	1,162	0,25	858,6	177975,8	837,9674	421,8718		
		3	1	0,47	-	0,57								48	962	595811,4	1010,816	771,89	
		4	1	0,63	-	0,57	0,53	0,69	0,26	0,71	0,3	0,213		36	705,46	151951,9	833,93	389,8101	
		5	1	0,58	-	0,57								43	965,09	647378,8	749,4493	804,5985	
		6	1	0,39	-	0,57	0,38	0,39	0,15	0,57	0,28	0,16		48	947,2	233179,6	755,01	482,889	
		7	1	0,42	-	0,57								52	1117,5	657615,2	942,5453	870,4109	
	ПММА 1%	8	1	0,4	-	0,57	0,24	0,30	0,07	2,45	1,1	2,695		34	693	94224,71	612,2614	306,9604	
		9	1	0,42	-	0,57							38	806,8	177757,1	837,7606	421,6125		
		10	1	0,43	0,01	0,57	0,37	0,32	0,12	0,2	0,1	0,02	32	648,57	76717,22	546,4735	2776,979	Адгезія стружки на передній поверхні різця	
		11	1	0,41	0,01	0,57							37	899,93	194540,4	933,4426	441,0673		
		12	1	0,58	-	0,57	0,24	0,29	0,08	0,63	0,87	0,55	48	1011,64	652623,8	735,8722	807,8513		
		13	1	0,48	-	0,57							42	977,51	617819,7	575,4367	786,0151		

Продовження таб.6.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Резец №2	Ацетон	1	1	0,63	-	0,57	0,63	0,86	0,54	1,9	1,38	2,62	49	0,8	1805,03	421953,2	1285,863	649,579	
		2	1	0,47	-	0,57	0,46	0,79	0,36	1,77	0,63	1,12	56		2151,55	2036450,5	2797,535	1427,043	
		3	1	0,57	-	0,57	0,66	0,73	0,48	1,32	1,37	1,81	48		1582,63	359275,5	1173,941	599,396	
	ПММА 1%	4	1	0,53	-	0,57	0,3	0,89	0,27	1,63	0,76	1,24	47		1768,82	270226,5	1029,849	519,833	
		5	1	0,65	-	0,57	0,22	0,78	0,17	1,92	0,98	1,88	48		1874,33	474422,7	1360,546	688,784	
		6	1	0,37	-	0,57	0,63	0,53	0,33	1,64	0,735	1,21	48		1869,16	2059180,84	2858,875	1434,985	
	Ацетон	1	1	0,52	-	0,57	0,55	1,89	1,04	3,51	2,37	8,32	70	1,15	3134,23	1955945	2740,539	1398,551	
		2	1	0,6	-	0,57	1,51	1,09	1,65	3,24	2,2	7,13	81		3434,208	2357353	3048,687	1535,367	
		3	1	0,4	-	0,57	0,51	2,02	1,03	3,14	0,95	2,98	70		3115,613	2040495	2852,151	1428,459	
	ПММА 1%	4	1	0,43	-	0,57	0,59	1,16	0,68	0,99	1,62	1,6	72		3206,64	1921680	2728,437	1386,247	
		5	1	0,54	-	0,57	0,56	0,89	0,5	0,98	0,85	0,83	65		2825,98	2130169	2903,768	1459,51	
		6	1	0,4	-	0,57	0,74	0,45	0,33	0,9	0,59	0,53	74		3306,98	2300752	3019,103	1516,823	Переривчасте різання ізза зливної стружки
БpO5C5Ц5																			
Резец №2	Ацетон	1	1	0,16	-	0,13	0,09	0,03	0,0027	-	-	-	29	2,0	106,8	2300752	3019,103	1516,823	Наблюдается износ по передней поверхности за счет адгезии стружки
		2	1		-	0,13				-	-	-	27		258,6	728278,6	1675,004	853,3924	
	ПММА 1%	3	1	0,11	-	0,13	0,15	0,08	0,012	-	-	-	28		155,2	570435,7	1508,983	755,272	
		4	1		-	0,13				-	-	-	26		126,3	539917,8	1469,158	734,791	

З отриманих результатів було прибрано дані, які получені в результаті зміни умов виконання досліджень, та складено таблицю 6.2 та таблицю 6.3, для проведення аналізу досліджень.

Таблиця 6.2 Результати досліджень на AISI304

		№ експер.	Кількість проходів	Шорсткість			Знос						T, °C	t, мм	Сила різання				
							Задня поверхня			Передня поверхня									
				Rz, мкм	L, мм	S _{mi}	h,мм	l,мм	S _з , мм²	a,мм	b,мм	S _п , мм²							
Резец №1	Ацетон	1	1	0,3	-	0,57	0,53	0,01	-	-	-	-	43	0,2	1034,4	134773,1	913,2718	367,1145	
		2	1	0,42	-		0,51	-	-	-	-	-	38	0,2	951,6	401270,6	824,3134	633,4592	
		3	1	0,33	-		-	-	-	-	-	-	45	0,25	1593	526741,5	1062,329	725,7696	
	ПММА 1%	4	1	0,27	0,01		0,54	-	-	-	-	-	40	0,25	724,1	136630,3	690,2551	369,6353	
		5	1	0,07	-		0,38	-	-	-	-	-	35	0,2	517,2	519091	666,257	720,4797	
		6	1	0,34	-		0,60	-	-	-	-	-	37	0,2	620,7	406345,6	819,4517	637,4524	
		7	1	0,008	0,01		0,48	-	-	-	-	-	42	0,18	951,6	180045	867,8616	424,3171	
Резец №2	Ацетон	1	1	0,5	-	0,57	0,23	0,65	0,15	1,15	1,0	1,16	43	0,25	858,6	177975,8	837,9674	421,8718	
		48	962	595811,4	1010,816								771,89						
		3	1	0,63	-		0,53	0,69	0,26	0,71	0,3	0,21	36		705,46	151951,9	833,93	389,8101	
		43	965,09	647378,8	749,4493								804,5985						
		5	1	0,39	-		0,38	0,39	0,15	0,57	0,3	0,16	48		947,2	233179,6	755,01	482,889	
		52	1117,5	657615,2	942,5453								870,4109						
	ПММА 1%	7	1	0,4	0,01		0,24	0,30	0,07	1,45	1,1	1,59	34		693	94224,71	612,2614	306,9604	
		38	806,8	177757,1	837,7606								421,6125						
		9	1	0,43	0,01		0,37	0,32	0,12	0,2	0,1	0,02	32		648,57	76717,22	546,4735	2776,979	
		37	899,93	194540,4	933,4426								441,0673						
		11	1	0,58	-		0,24	0,29	0,08	0,63	0,9	0,55	48		1011,6	652623,8	735,8722	807,8513	
		42	977,51	617819,7	575,4367								786,0151						
	Ацетон	1	1	0,63	-		0,63	0,86	0,54	1,9	1,	2,62	49		0,8	1905,0	421953,2	1285,863	649,58
		2	1	0,47	-		0,46	0,79	0,36	1,77	0,6	1,12	56			2251,6	2036450,5	2797,535	1427,0
		3	1	0,57	-		0,66	0,73	0,48	1,32	1,4	1,81	48			1682,6	359275,5	1173,941	599,4
	ПММА 1%	4	1	0,53	-		0,3	0,89	0,27	1,63	0,8	1,24	47			1768,8	270226,5	1029,849	519,83
		5	1	0,65	-		0,22	0,78	0,17	1,92	0,98	1,88	48			1874,3	474422,7	1360,546	688,78
		6	1	0,37	-		0,63	0,53	0,33	1,64	0,74	1,21	48			1869,2	2059180,8	2858,875	1434,99
	ПММА 1% Ацетон	1	1	0,52	-		0,55	1,89	1,04	3,51	2,37	8,32	70		1,15	3134,23	1955945	2740,539	1398,55
		2	1	0,6	-		1,51	1,09	1,65	3,24	2,2	7,13	81			3434,208	2357353	3048,687	1535,37
		3	1	0,4	-		0,51	2,02	1,03	3,14	0,95	2,98	70			3115,613	2040495	2852,151	1428,46
		4	1	0,43	-		0,59	1,16	0,68	0,99	1,62	1,6	72			3206,64	1921680	2728,437	1386,25
		5	1	0,54	-		0,56	0,89	0,5	0,98	0,85	0,83	65			2825,98	2130169	2903,768	1459,5
		6	1	0,4	-		0,74	0,45	0,33	0,9	0,59	0,53	74			3306,98	2300752	3019,103	1516,8

Таблиця 6.3 Результати попередніх досліджень на БрО5С5Ц5

		Шероховатость			Износ			T, °C	t _м	Сила резания			
					Задняя поверх								
		Rz, мкм	S _i , мкм	S _{mi}	h,мм	l,мм	S _з , мм ²		Pz, Н	δ ² ,Н ²	E,Н	σ,Н	
Ацетон	1	0,16	0,002	0,13	0,09	0,03	0,003	29	2,0	106,8	2300752	3019,103	1516,823
	2							27		258,6	728278,6	1675,004	853,3924
ПММА 1%	1	0,11	-	0,13	0,15	0,08	0,012	28		155,2	570435,7	1508,983	755,272
	2							26		126,3	539917,8	1469,158	734,791

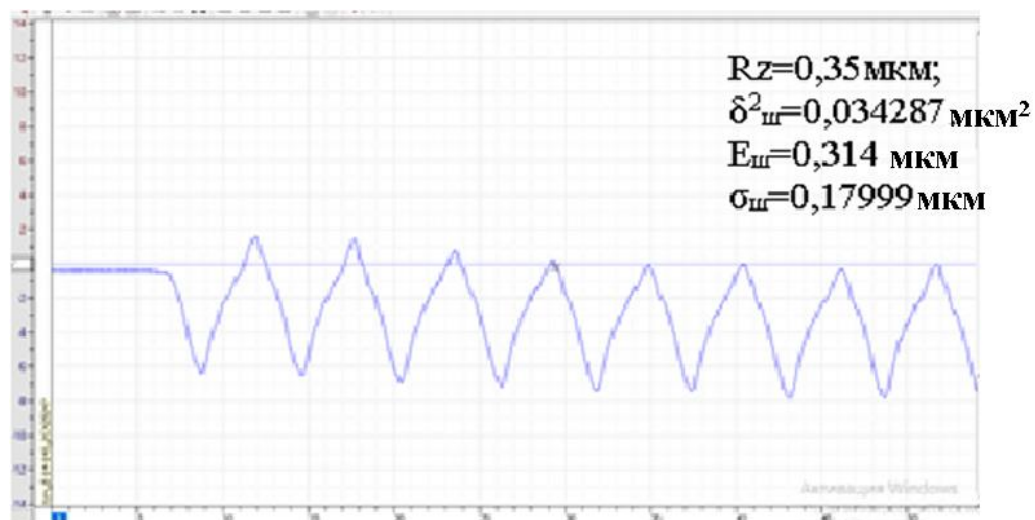
6.2 Аналіз статистичних даних AISI304

6.2.1 Шорсткість Rz

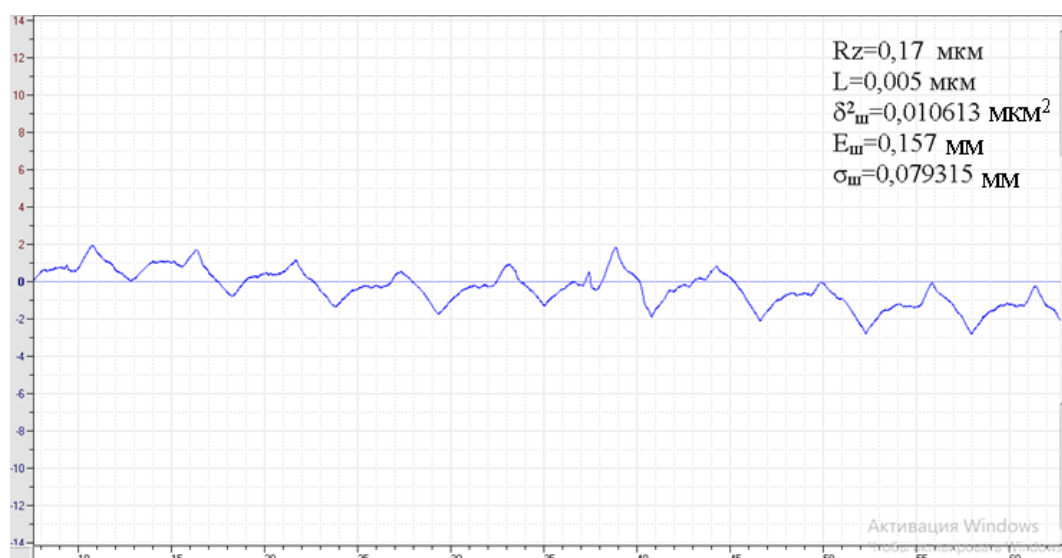
Для більш наглядного впливу, було розглянуто докладно кожную характеристику.

Різець №1:

Як видно з рис.6.3 , навіть візуально відрізняється профіль шорсткості при використанні ацетону в порівнянні ПММА 1%. При використанні ПММА профіль поверхні має рівну площину майже на вершині, довжиною 0,001-0,002 мкм, при використанні ПММА значення Rz зменшилось (рис.6.4). З цих даних можна припустити, що під час дисперсії молекул полімеру в зоні різання, макромолеку полімеру потрапляють між шарами зрізаного металу розклинення поверхневих шарів.



а)



б)

Рисунок 6.3 -Графіки профілю обробленої поверхні різцем №1
 а) при використанні ацетону; б) при використанні ацетону+ПММа1%

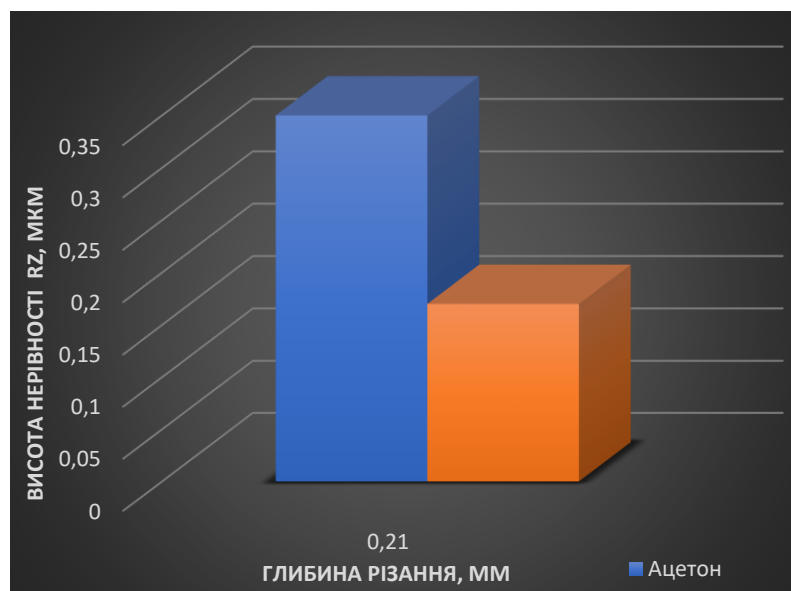


Рисунок 6.4- Гістограма параметрів Rz при використанні Ацетону та ПММА1% різця №1, заготовки AISI304

Дисперсія характеризує нерівномірність процесу, тобто розсіювання випадкової величини. За рис.6.5 видно що дисперсія має менший розкид даних, що свідчить про покращення рівномірності процесу різання.

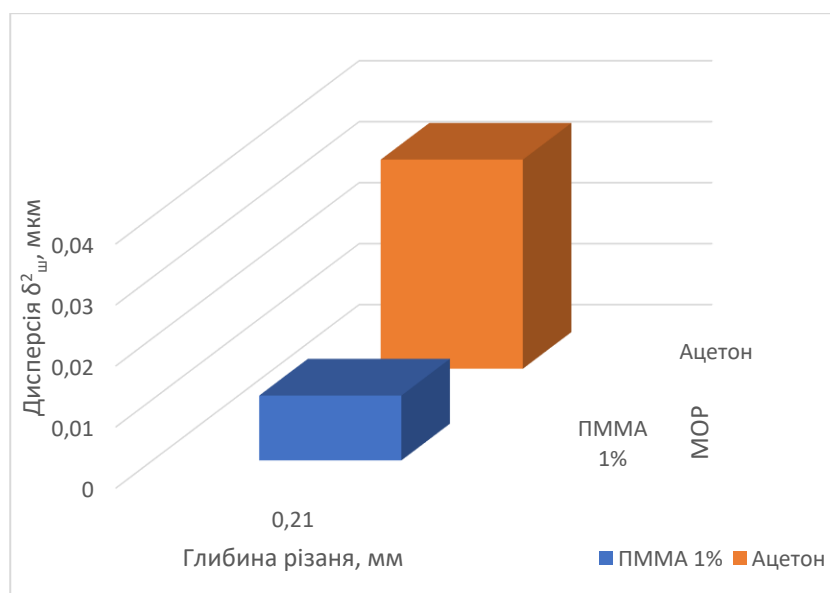


Рисунок 6.5- Гістограма дисперсії Rz при використанні Ацетону та ПММА різця №1, заготовки AISI304

$\sigma_{ш}$ - середньоквадратичне відхилення, яка характеризує розсіювання значень навколо центру розподілу, а також розмірність стандартного відхилення відповідає розмірності випадкової величини. (рис. 6.6).

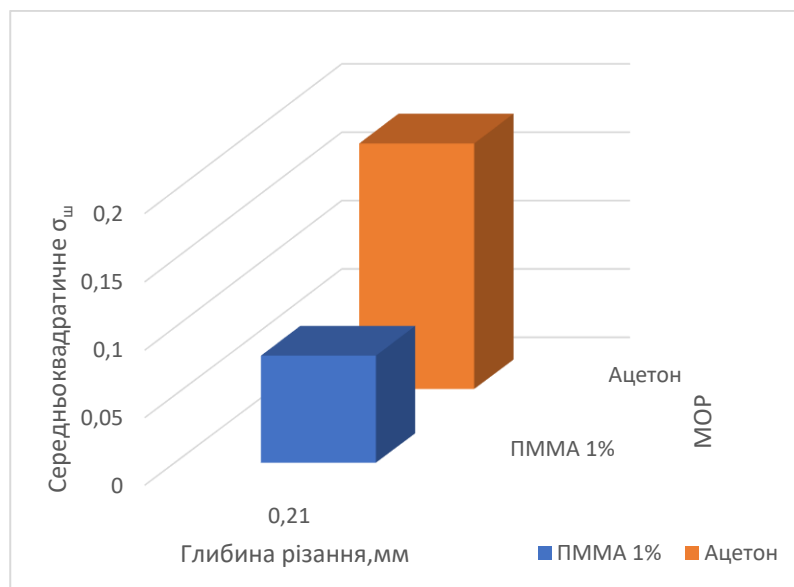
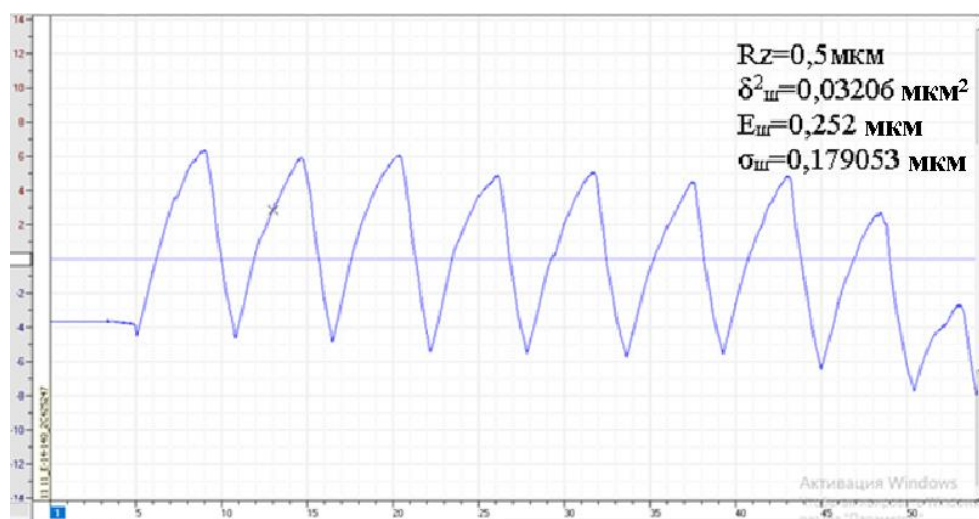


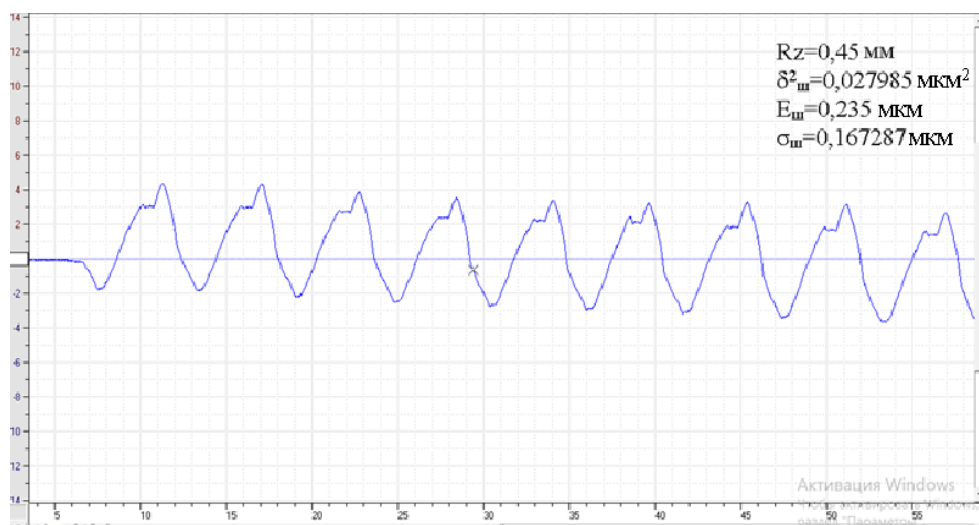
Рисунок 6.6- Гістограма зміни середньоквадратичне відхилення $\sigma_{ш}$ використані Ацетону та ПММА різця №1, заготівки AISI304

Різець №2:

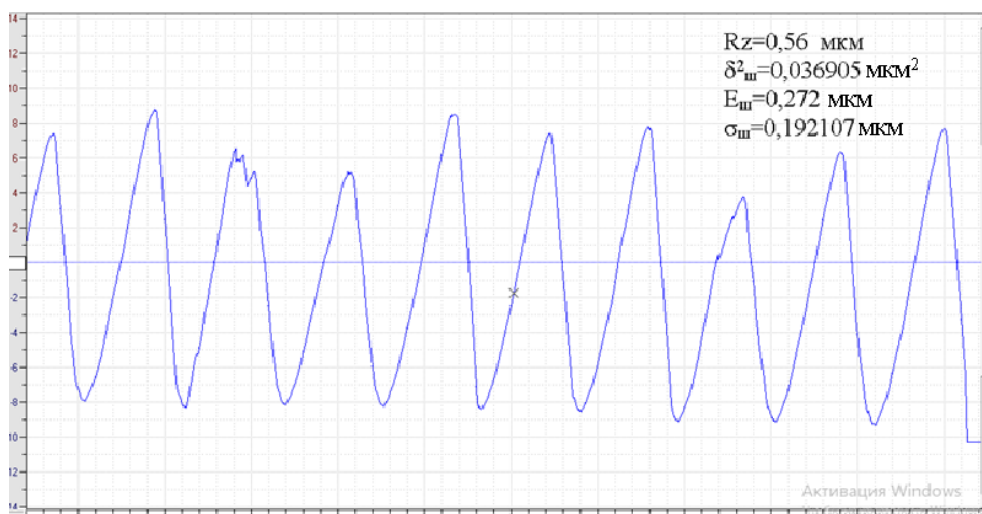
На рис.6.6 відображається профіль шорсткості при використанні ацетону та ПММА 1%. При використанні ПММА профіль поверхні має менше значення R_z (рис. 6.7), та менше значення розсіювання показників (рис. 6.8).



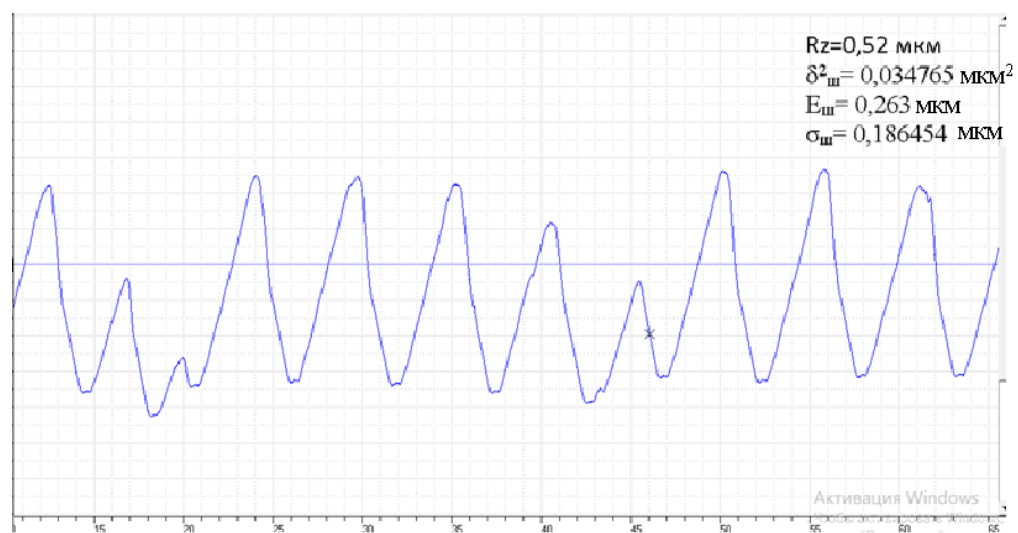
a)



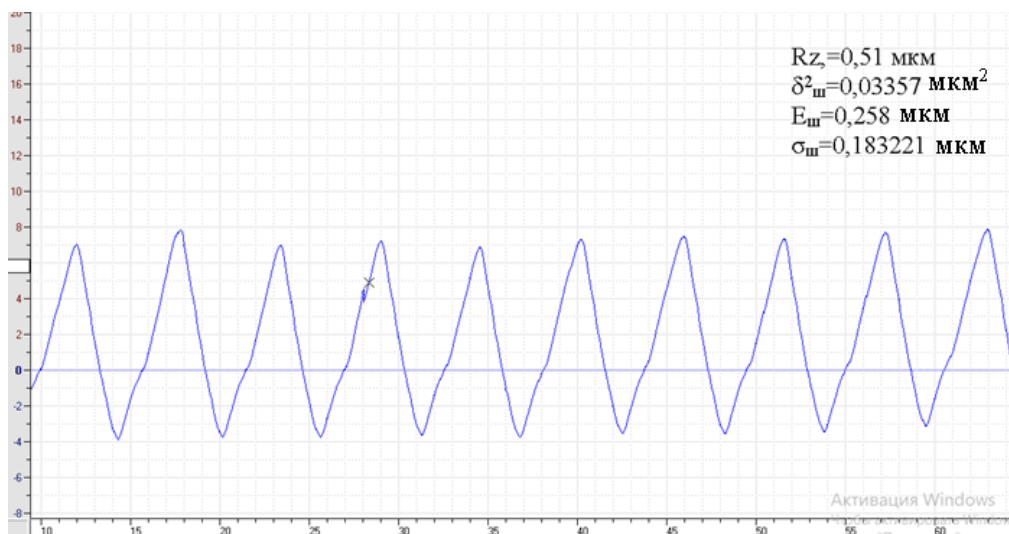
б)



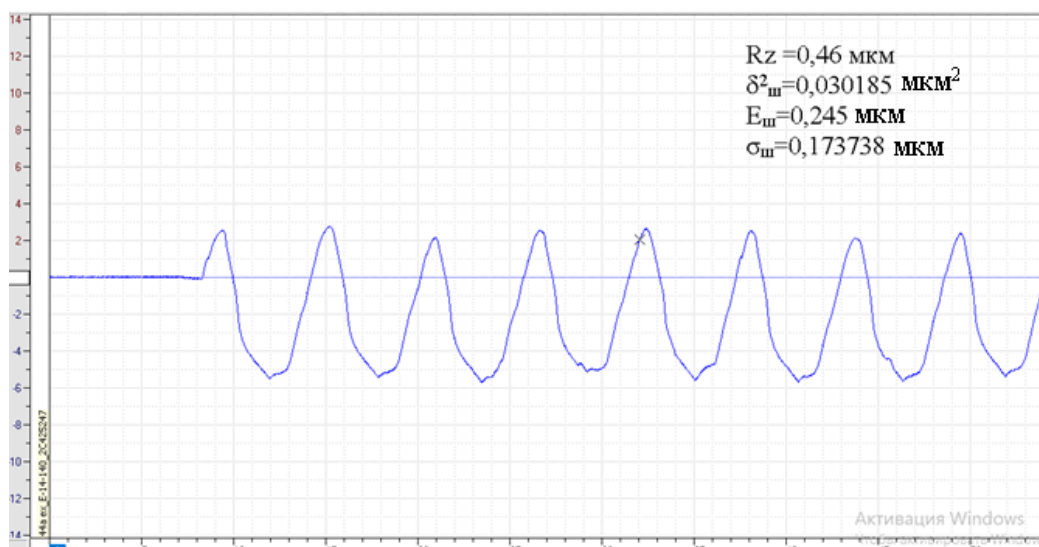
В)



Г)



Д)



ж)

Рисунок 6.7 -Графіки програмного продукту LGraph 2,
профілю обробленої поверхні різцем №2, заготовки AISI304

- а) при використанні ацетону при глибині $t=0,25$ мм;
- б) при використанні ацетону+ПММА1%, при глибині $t=0,25$ мм;
- в) при використанні ацетону при глибині $t=0,8$ мм;
- г) при використанні ацетону+ПММА1%, при глибині $t=0,8$ мм;
- д) при використанні ацетону при глибині $t=1,15$ мм;
- ж) при використанні ацетону+ПММА1%, при глибині $t=1,15$ мм;

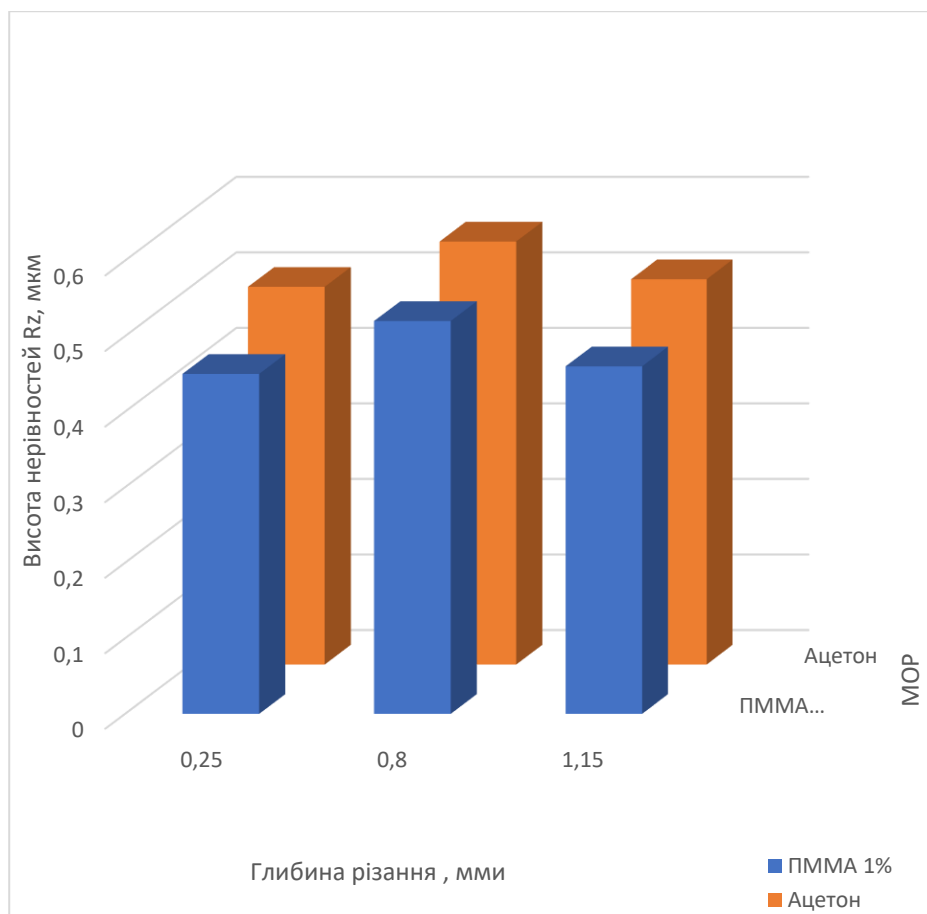


Рисунок 6.8 – Гістограма залежність шорсткості від глибини різання при глибині різання $t_1=0,25\text{мм}$; $t_2=0,8\text{мм}$; $t_3=1,15\text{мм}$, заготівки AISI304

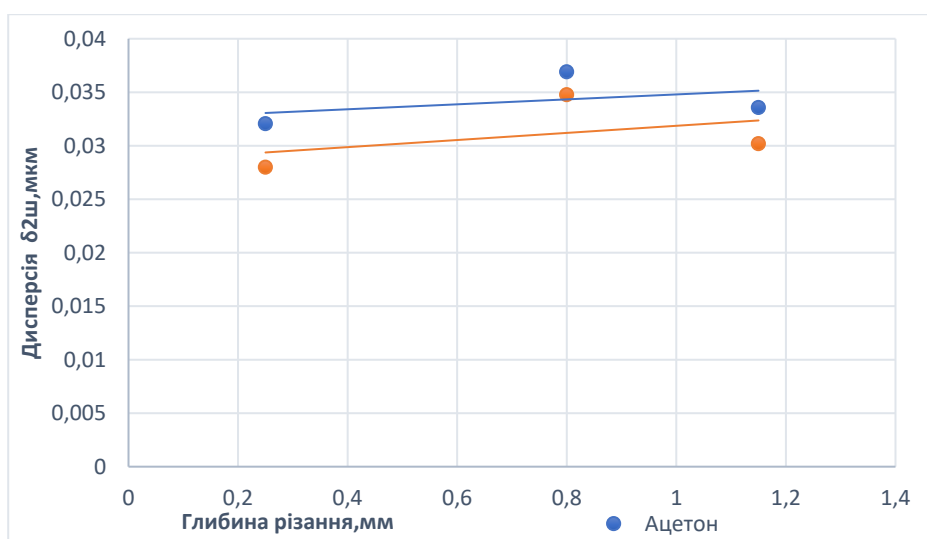


Рисунок 6.9 - Графік залежності дисперсії шорсткості $\delta^2_{ш}$ при глибині різання $t_1=0,25\text{мм}$; $t_2=0,8\text{мм}$; $t_3=1,15\text{мм}$, заготівки AISI304

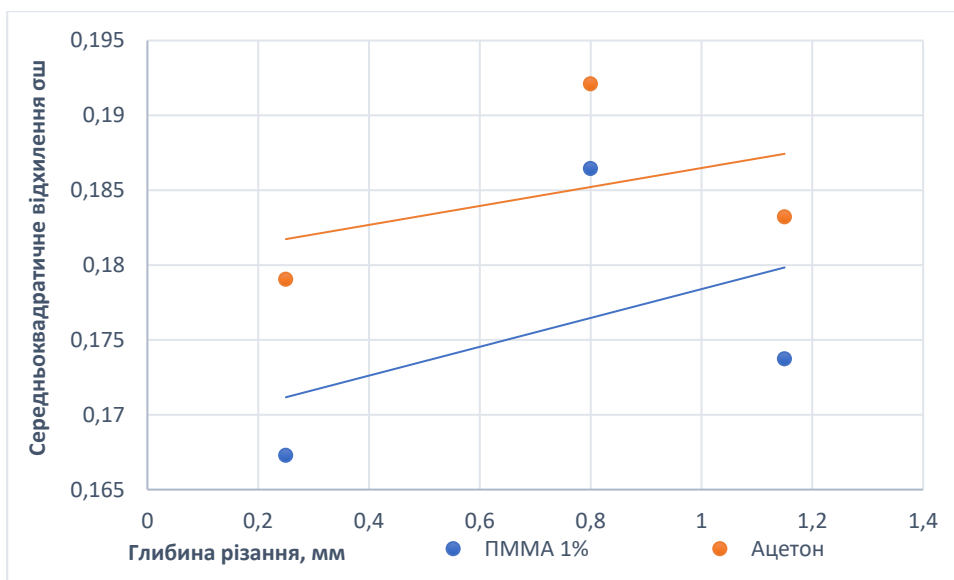
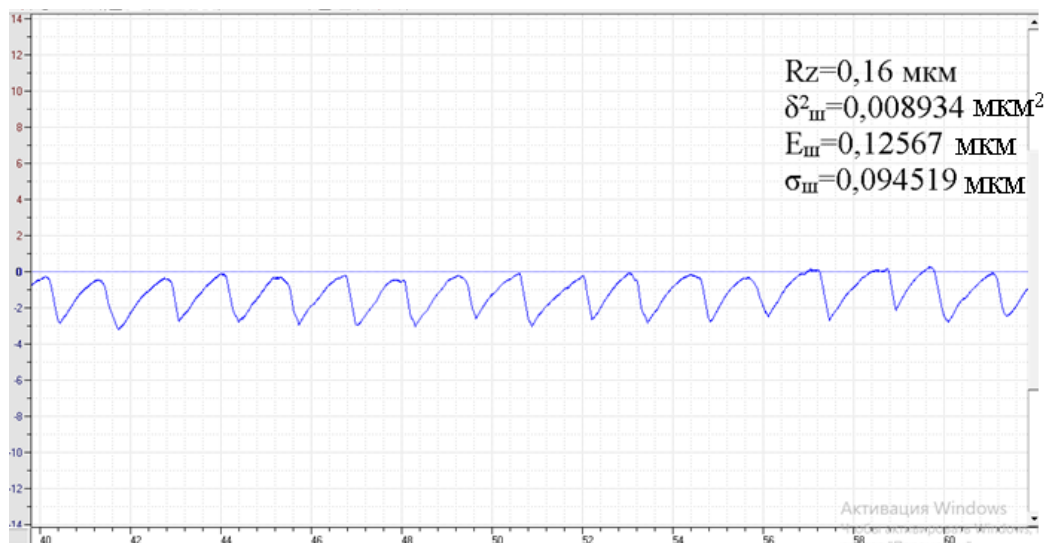


Рисунок 6.10 - Графік залежності середньоквадратичне відхилення $\sigma_{ш}$ при глибині різання $t_1=0,25\text{мм}$; $t_2=0,8\text{мм}$; $t_3=1,15\text{мм}$, заготовки AISI304

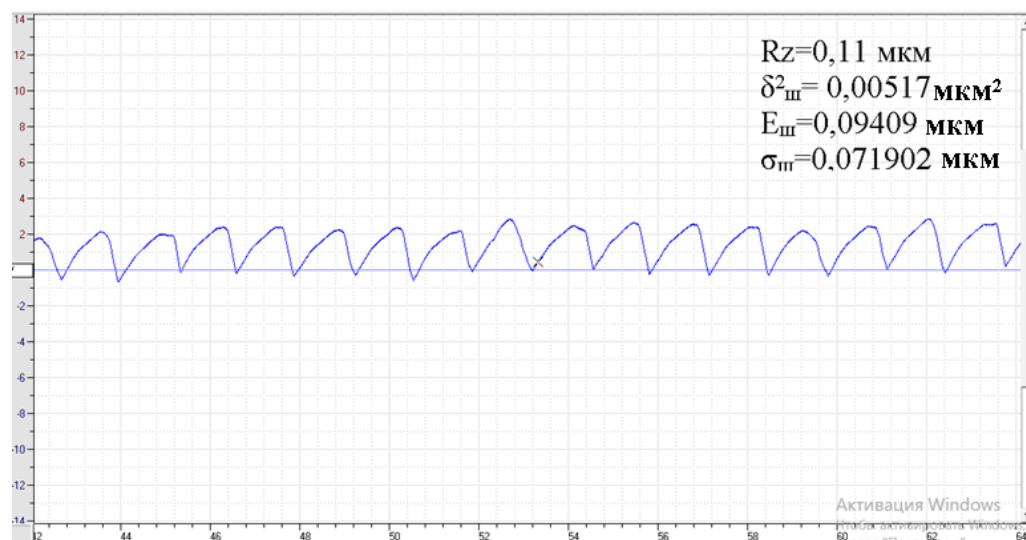
Також при порівнянні параметрів шорсткості R_z , необхідно звернути особливу увагу на показників дисперсії (рис.6.9), яка характеризує нерівномірність процесу, явно помітно, що при використанні ПММА значення дисперсії $\delta^2_{ш}$ та $\sigma_{ш}$ (рис.6.10) помітно зменшилось, що свідчить про покращення рівномірності процесу різання.

На рис.6.6 відображається профіль шорсткості при використанні ацетону та ПММА 1%. При використанні ПММА профіль поверхні має менше значення R_z (рис. 6.7), та менше значення розсіювання показників (рис. 6.8).

Також для дослідження впливу МОР з розчином ПММА 1% в порівнянні з Ацетоном, було проведено попередні дослідження на заготовці БрО5С5Ц5. На рис.6.11 відображається профіль шорсткості, результати дослідів занесені у таб. 6.3.



а)



б)

Рисунок 6.11 -Графіки профілю обробленої поверхні різцем №1
 а) при використанні ацетону; б) при використанні ацетону+ПММа1%

Отже, по отриманим результатам, для більшої наглядності, відображено на рис.6.11- зміна висоти нерівностей Rz та 6.12 – показники відхилень нерівностей , дисперсія $\delta^2_{\text{ш}}$, а також на рис.6.13 – показник середньоквадратичних відхилень обробленої поверхні, для заготовки БрО5С5Ц5

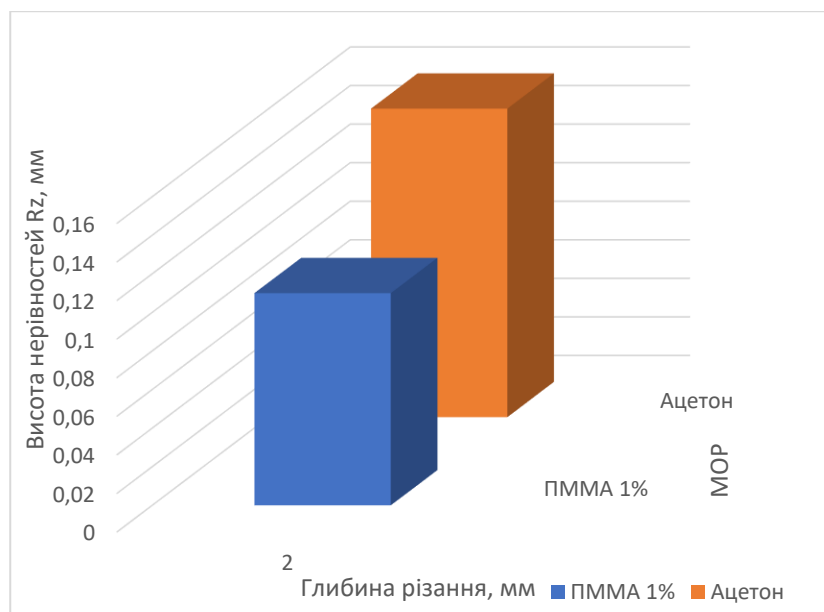


Рисунок 6.12- Гістограма параметрів Rz при використанні Ацетону та ПММА1% , заготівки БрО5С5Ц5

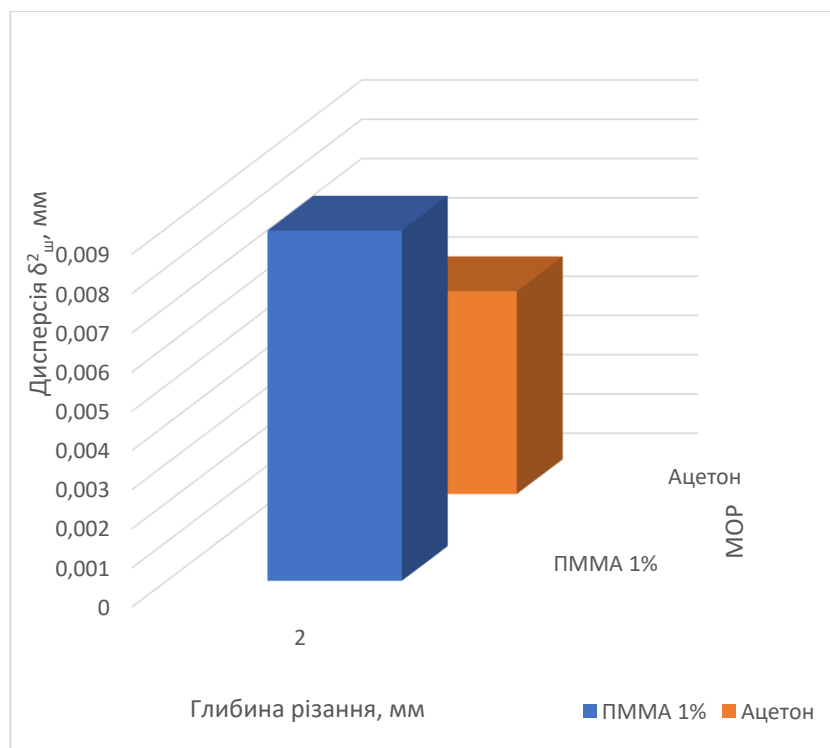


Рисунок 6.13- Гістограма дисперсії $\delta^2_{ш}$ при використанні Ацетону та ПММА 1%, заготівки БрО5С5Ц5

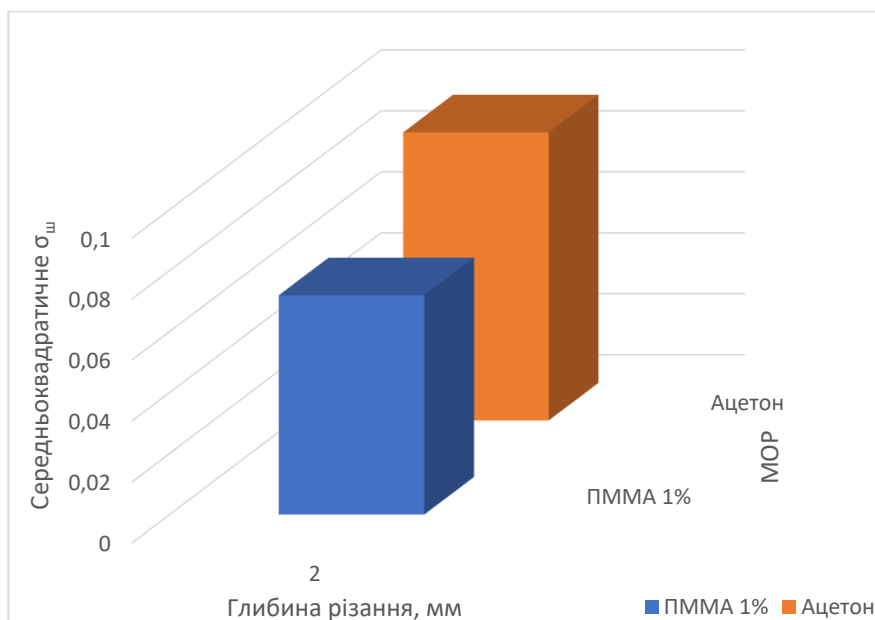


Рисунок 6.14- Гістограма зміни середньоквадратичне відхилення $\sigma_{ш}$ використані Ацетону та ПММА, заготівки БрО5С5Ц5

В табл.6.4 занесені результати дослідів впливу Ацетону та Ацетону+ПММА 1% на параметри шорскості після токарної обробки, а також результати статистичних розрахунків: дисперсія $\delta^2_{ш}$, показники середньоарифметичні $E_{ш}$ та середньоквадратичні $\sigma_{ш}$ відхилення шорсткості.

Таблиця 6.4 Зведені результати параметрів шорсткості

	Різець	МОР	t, мм	Rz, мкм	L, мкм	S _{mi}	δ^2	$E_{ш}$	$\sigma_{ш}$
АІSІ304	№1	Ацетон	0,21	0,35	-	0,57	0,034287	0,314	0,17999
		ПММА 1%		0,17	0,005		0,010613	0,153	0,079315
	№2	Ацетон	0,25	0,5	-		0,03206	0,252	0,179053
		ПММА 1%		0,45	-		0,027985	0,235	0,167287
		Ацетон	0,8	0,56	-		0,036905	0,272	0,192107
		ПММА 1%		0,52	-		0,034765	0,263	0,186454
		Ацетон	1,15	0,51	-		0,03357	0,258	0,183221
		ПММА 1%		0,46	-		0,030185	0,245	0,173738
БрО5С5Ц5		Ацетон	2,0	0,16	0,002	0,13	0,008934	0,12567	0,094519
		ПММА 1%		0,11	-		0,00517	0,09409	0,071902

Як видно з табл. 6.4 при обробці AISI304:

різцем №1 висота нерівностей профілю Rz , при використанні ПММА у складі МОР покращує показник на 51,43%, дисперсія зменшується -69,05%;

різцем №2:

1)при глибині різання 0,25 висота нерівностей профілю Rz , при використанні ПММА у складі МОР покращує показник на 10%, дисперсія зменшується -12,7%;

2)при глибині різання 0,8 висота нерівностей профілю Rz , при використанні ПММА у складі МОР покращує показник на 7,14%, дисперсія зменшується -5,8%;

3)при глибині різання 1,15 висота нерівностей профілю Rz, при використанні ПММА у складі МОР покращує показник на 9,8%, дисперсія зменшується -10,8%;

БрО5С5Ц5

- висота нерівностей профілю Rz , при використанні ПММА у складі МОР покращує показник на 31,25%, дисперсія зменшується -42,13%;

Як видно з результатів таб.6.4 показники шорсткості покращується, що підтверджує ефективність дії полімервміскої МОР. Отже, при використанні полімерних компонентів покращується якість обробленої поверхні.

Це обумовлене тим, що під час процесу різання відбувається деструкція молекул полімеру, виникає на останній стадії фізико-хімічних процесів водень, як відомо [11,12,13,14], найбільш сильно з усіх хімічних елементів полегшує процеси деформації і руйнування, що і забезпечує надзвичайно високу ефективність МОР на полімерній основі. Характер зміни профілю обробленої поверхні підтверджує позитивний вплив використання ПММА у складі МОР,

6.2.2 Знос ріжучого інструменту

Під час різання виникає тертя між поверхнями, внаслідок тертя стружки по передній поверхні інструменту, а також задньою поверхнею леза по поверхні заготовки відбувається зношування різця, яке проходить в вигляді стирання і видалення мікрочасток поверхонь, а також в вигляді мікросколювань (викришувань) різальної кромки. Це тертя протікає при високих температурах, великих швидкостях і на відносно невеликих поверхнях контакту.

На перший погляд на рис.6.15 в порівнянні з рис. 6.16, помітно адгезія після використання ПММА, що свідчить, про необхідність зменшити відсотковий вміст полімеру у складі МОР, рекомендовано до 0,5%. Хоча при використанні ПММА у складі МОР під час різання виникає адгезія на поверхні леза, це явно помітно на різці №1 при $t=0,21$ мм та під час обробки БрО5С5Ц5, що можна припустити, що при малій глибині різання та під час обробки м'яких металів, недостатньо температури та механічного тертя для деструкції ПММА. Характер дії полімерної добавки до МОР на головні техно-логічні характеристики процесу точіння в залежності від значення швидкості точіння.

Ефективність дії полімерної МОР- значно залежить від хімічного складу та твердості матеріалу оброблюваних деталей. [15,33]



а)



б)

Рисунок 6.15 – Різець №1 після операції різання з використанням ПММА 1%



Рисунок 6.16 – Різець №2 після операції різання з використанням Ацетону

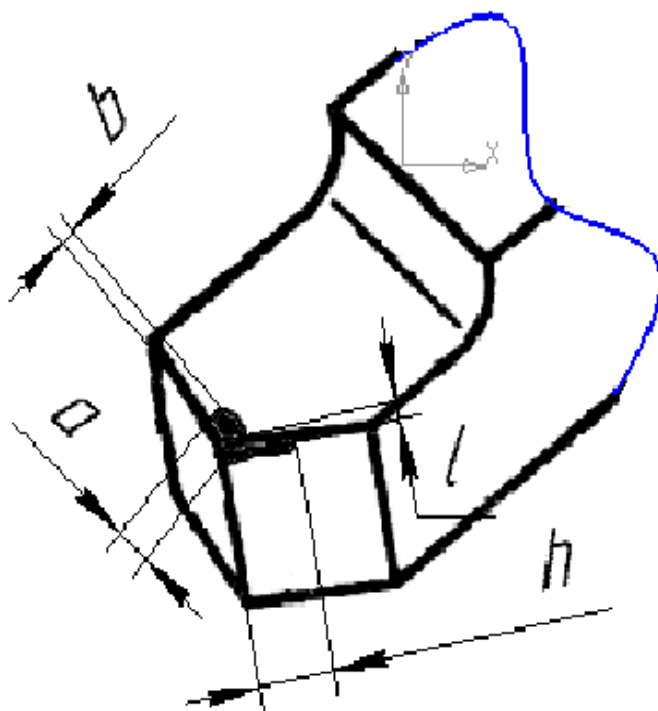


Рисунок 6.17 – Схема зносу поверхонь різця

За рис.6.17, було зафіксовано показники зносу передньої та задньої поверхні різця після процесу різання, для дослідження та занесено до таб. 6.4.

Таблиця 6.5 Зведені дані зносу ріжучого інструменту

		МОР	t, мм	Задня поверхня			Передня поверхня		
				h,мм	l,мм	Sз, мм	a,мм	b,мм	Sп, мм ²
№1	AISI304	Ацетон	0,21	0,52	-	-	-	-	-
		ПММА 1%		0,53	-	-	-	-	-
№2		Ацетон	0,25	0,38	0,58	0,19	0,81	0,53	0,512
		ПММА 1%		0,29	0,3	0,09	0,76	0,69	0,72
		Ацетон	0,8	0,58	0,79	0,46	1,66	1,13	1,85
		ПММА 1%		0,38	0,73	0,26	1,73	0,83	1,44
		Ацетон	1,15	0,86	1,67	1,24	1,3	1,51	1,96
		ПММА 1%		0,63	0,83	0,5	0,96	1,02	0,99
	BrO5 C5Ц5	Ацетон	2,0	0,09	0,03	0,0027	-	-	-
		ПММА 1%		0,15	0,08	0,012	-	-	-

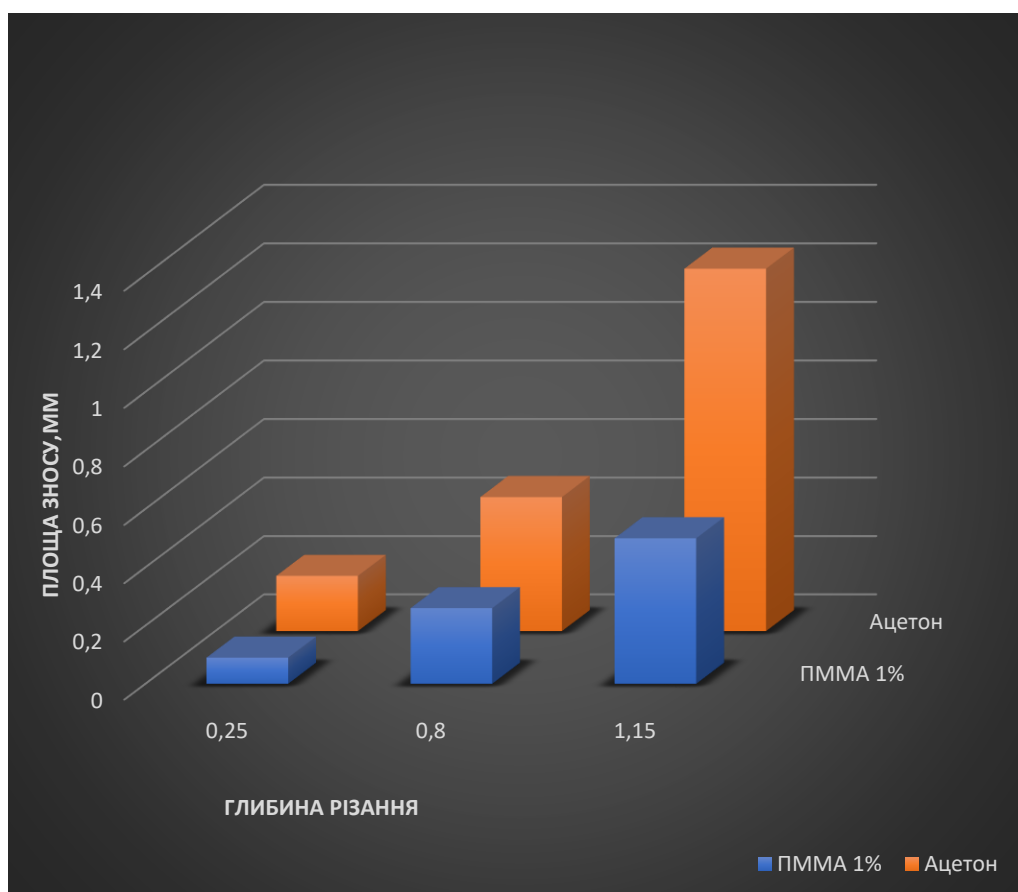


Рисунок 6.18- Гістограма залежності площини зносу задньої поверхні різця від глибини різання заготовки AISI304

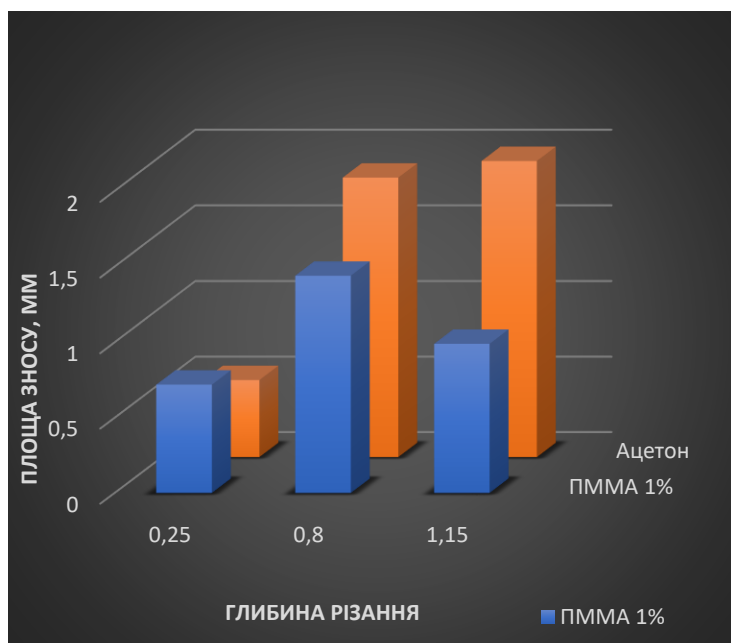


Рисунок 6.19- Гістограма залежності площини зносу передньої поверхні різця від глибини різання заготовки AISI304

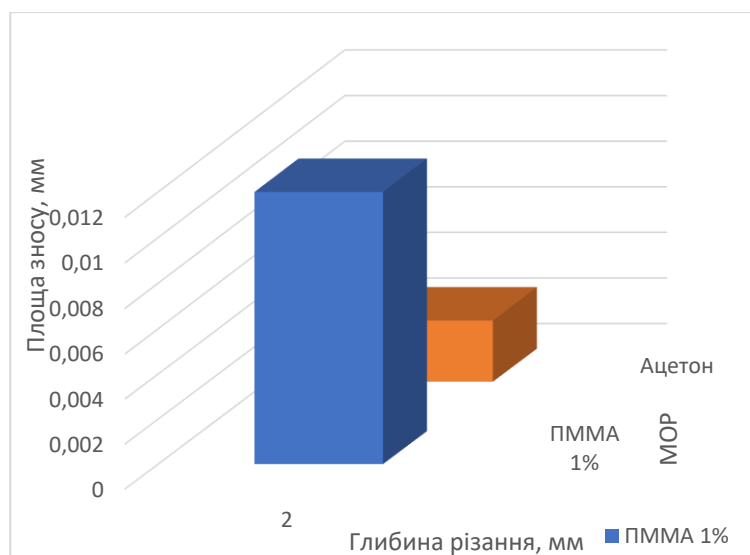


Рисунок 6.20- Гістограма залежності площини зносу задньої поверхні різця від глибини різання заготовки BrO5C5Ц5

Як видно з таб 6.5: -AISI304

різця №1 при використанні ПММА у складі МОР знос зменшується 1,88%;
різця №2:

1) при глибині різання 0,25 при використанні ПММА у складі МОР знос по задній поверхні зменшується на 52,6% (рис. 6.18) та по передній поверхні збільшився знос на 28,9% (рис. 6.19), можна припустити це відбувається за рахунок адгезії стружки на передній поверхні;

2) при глибині різання 0,8 при використанні ПММА у складі МОР знос по задній поверхні зменшується на 43,48% та по передній поверхні зменшується знос на 22,16%;

3) при глибині різання 1,15 при використанні ПММА у складі МОР знос по задній поверхні зменшується на 59,7% та по передній поверхні зменшився знос на 49,5%;

- БрО5С5Ц5

1) при використанні ПММА у складі МОР знос по задній поверхні збільшується на 55,6%; (рис. 6.20).

В результаті ефект Ребіндера, макрорадикали хемосорбуються на металевій поверхні, створюючи міцні плівки, що розділяють поверхні які труться, і істотно знижують рівень поверхневої енергії оброблюваного металу. Крім того, під час піролітичних перетворень полімеру виникає водень і вуглець в атомарній, або іншій активній формі, а також в зоні різання, в результаті деструкції полімерної компоненти МОР утворюється твердий маслянистий залишок, який накопичується на ріжучої кромці інструменту, в результаті чого утворюється захисна плівка. Поблизу леза інструменту в умовах високих температур, навантажень, хімічно активної поверхні і наявності екзоелектронної емісії створюється хімічна плазма. А також існує гіпотеза про перманентну карбонізацію ріжучого леза інструменту та наводнюванню матеріалу заготовки [43,53]

Отже проаналізувавши отримані результати, можна припустити, що використання ПММА рекомендовано використовувати при чорновій обробці важкооброблювальних матеріалів та бронзового сплаву, у зв'язку більш вираженим позитивним впливом зносостійкості різця.

6.2.3 Сила різання P_z

Складова сила P_z викликає розвиток коливань, вібрації нарастають доти, поки зростаючи в ще більшому ступені сили опору або нелінійності іншого роду не компенсують цілком дію енергії, внесеною силою різання.

Отримані дані дослідження на заготівці AISI304, графічно відображені на рис.6.21 (різець №1), рис.6.22 та рис.6.23 (різець №2), свідчать про поліпшення процесу різання при використанні полімерної складової МОР, а також проаналізувавши дані з таб. 6.5 видно про збільшення рівномірності процесу різання, що позитивно відображається на якості обробленої поверхні, зносі різця та системі СПД.

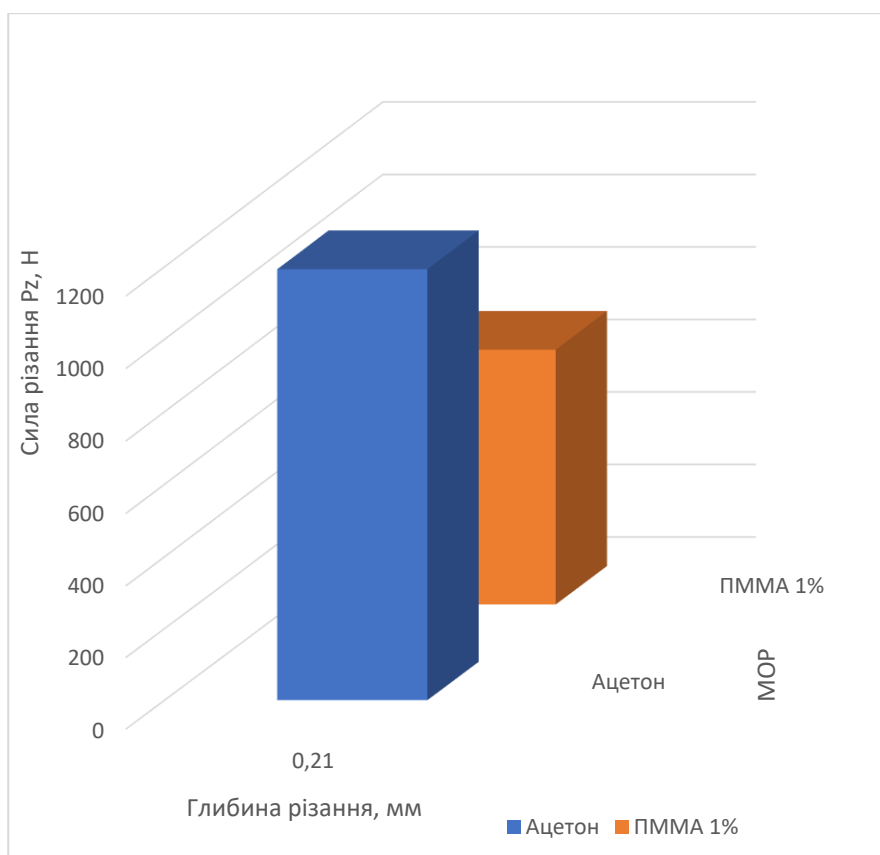


Рисунок 6.21 - Гістограма сили різання P_z відносно глибини різання 0,21 мм, при використанні різця №1, заготівки AISI304

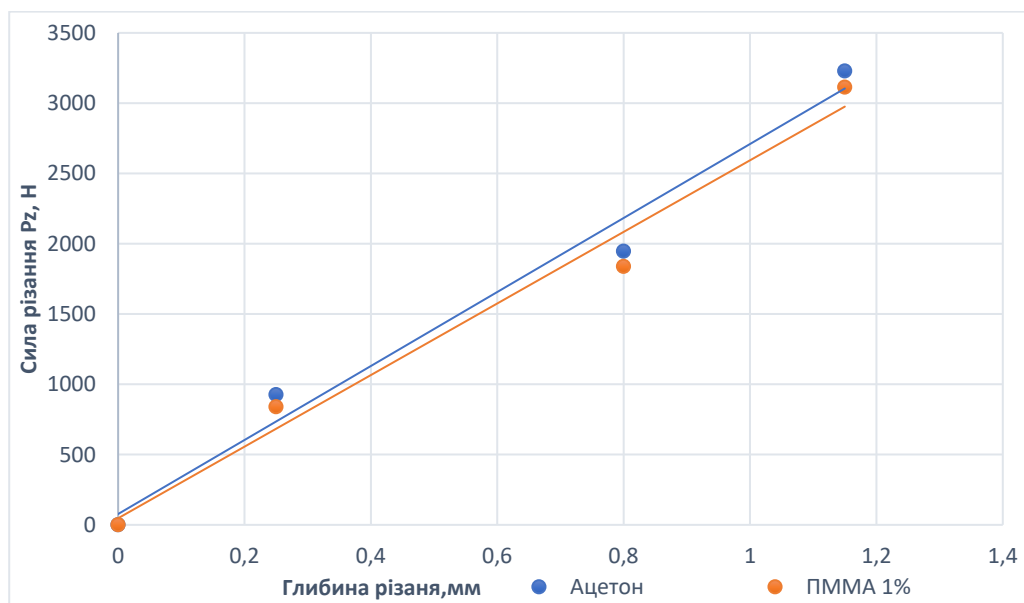


Рисунок 6.22- Графік залежності сили різання від глибини різання
різець №2: $t_1=0,25\text{мм}$; $t_2=0,8\text{мм}$; $t_3=1,15\text{мм}$, заготовки AISI304

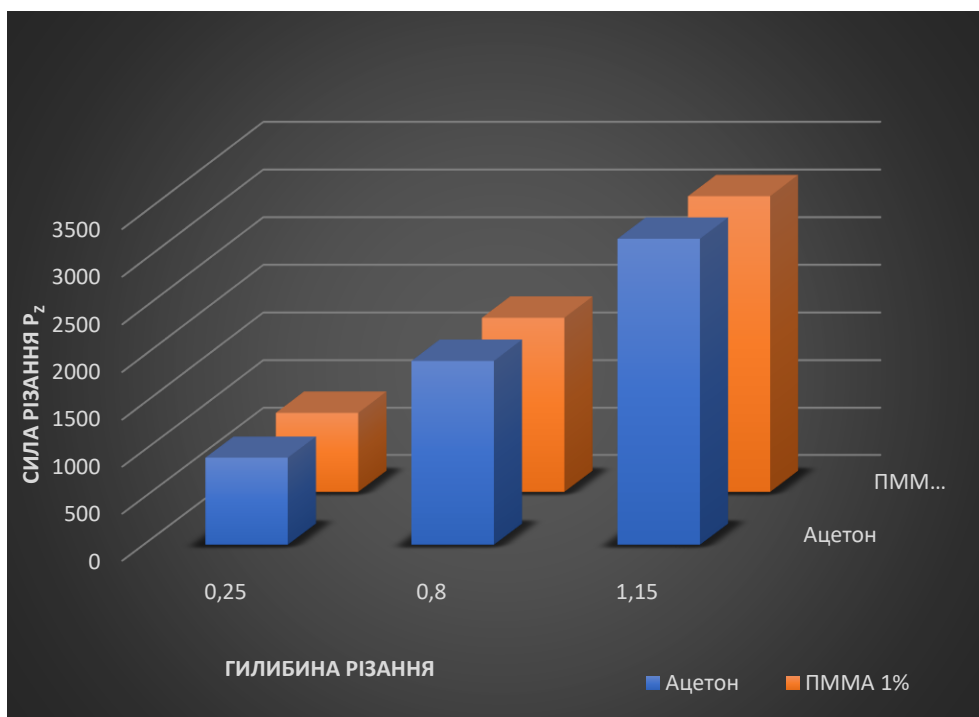


Рисунок 6.23- Гістограма залежності сили різання
від глибини різання, заготовки AISI304

Також по аналізу попередніх даних дослідження на заготовці БрО5С5Ц5, підтверджує результати раніше проведених досліджень іншими дослідниками, про позитивний вплив присадків полімерів у складі МОР. (рис.6.24).

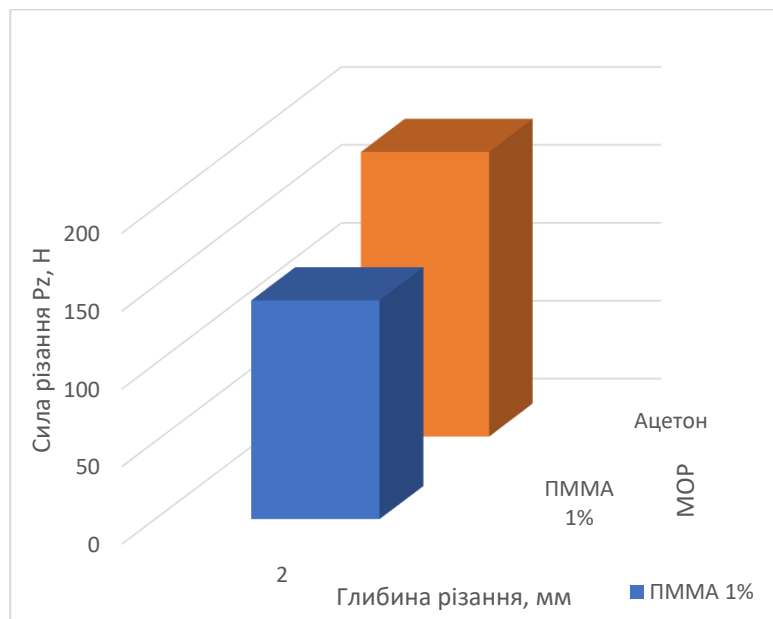


Рисунок 6.24- Гістограма залежності сили різання від глибини різання, заготівки БрО5С5Ц5

Під час процесу різання утворюється тепло, яке впливає на якість обробленої поверхні деталі. Безпосередньо у поверхневих шарах заготовки змінюється структура металу і утворюються термічні напруження, створюється дефектний шар, найбільше дефектом обробленої поверхні є тріщини, які викликають необхідність збільшення припуску на подальшу обробку. Залишкові напруження формуються як результат температурних і пластичних деформацій. Отже, для покращення якості поверхні та зменшення дефектів у поверхневому шарі металу, є необхідність додання до складу МОР полімерних присадків.

Наглядно відображено на рис. 6.25 та рис. 6.26 для нержавіючої сталі, а також рис.6.27 для бронзового сплаву, використання розчину концентрацією 1% ПММА у складі МОР, знижує температуру у зоні різання.

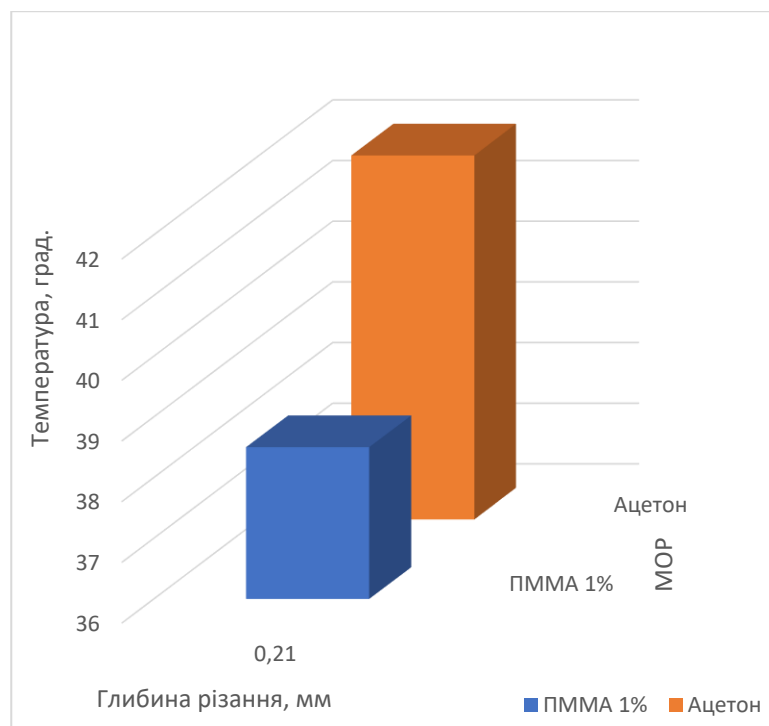


Рисунок 6.25 – Гістограма залежності зміна температури при різанні заготівка AISI304(різець №1)

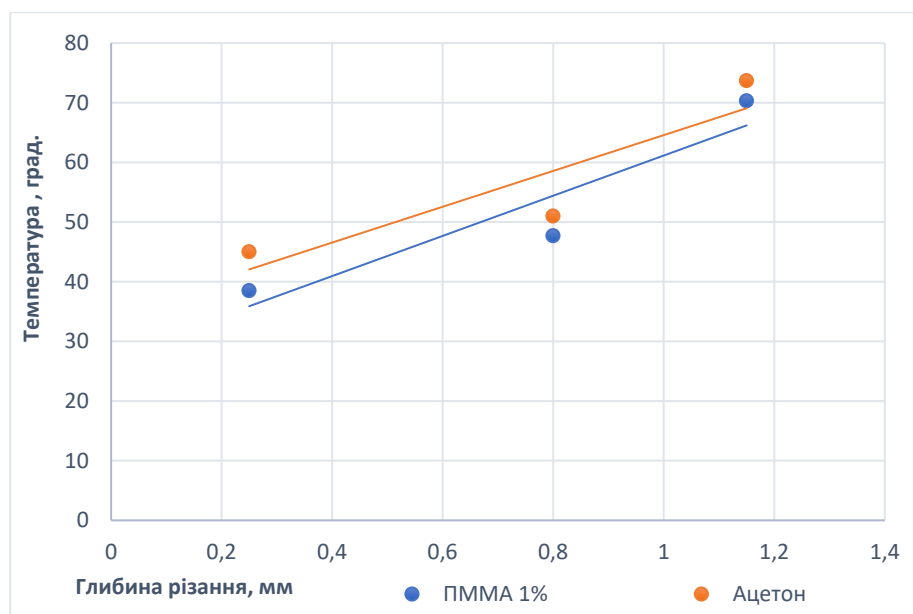


Рисунок 6.26 - Графік залежності температури від глибини різання різце №2: $t_1=0,25\text{мм}$; $t_2=0,8\text{мм}$; $t_3=1,15\text{мм}$, заготівки AISI304

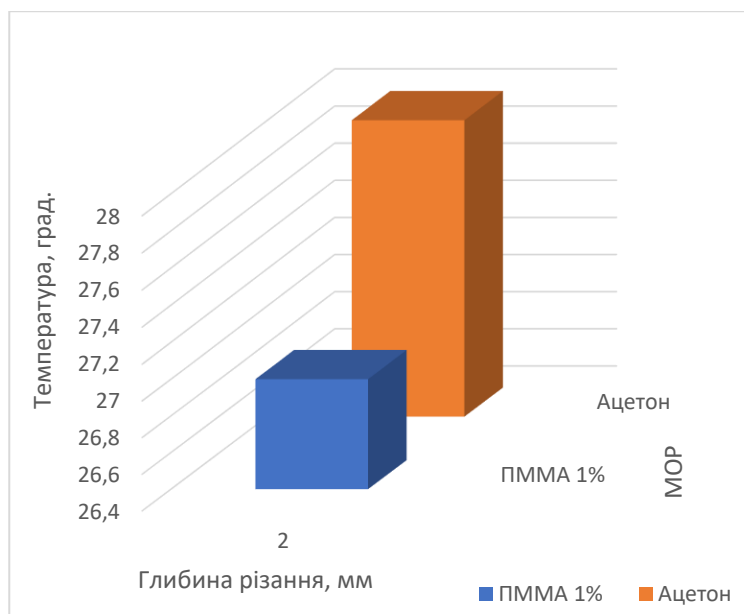


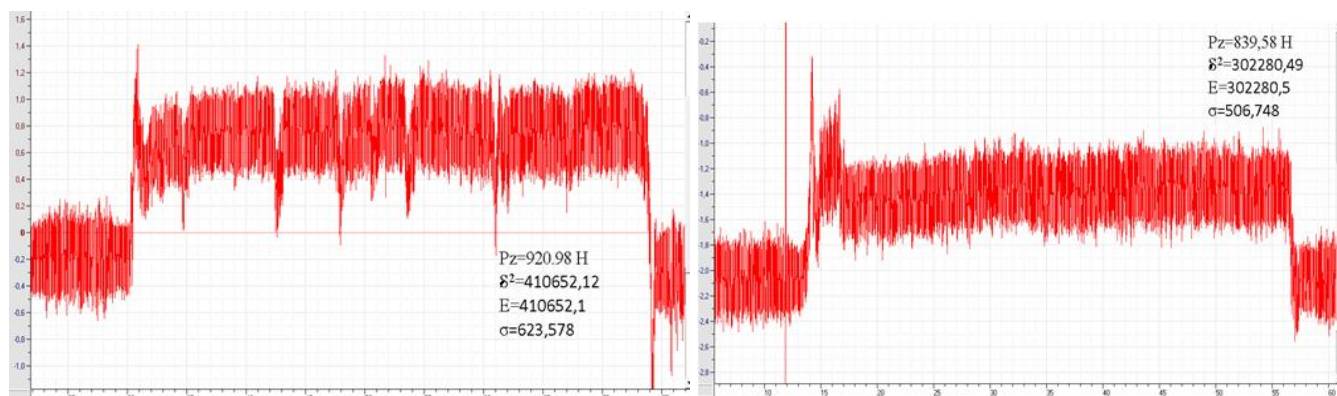
Рисунок 6.27 – Гістограма залежності зміна температури при різанні заготівка БрО5С5Ц5 (різець №2)

Таблиця 6.6 Сила різання

			T, °C	t, мм	Pz, Н	δ^2	E	σ
АІSІ304	№1	Ацетон	42	0,21	1193	354262	354261,7	575,4478
		ПММА 1%	38,5		703,4	310528	310528	537,971
	№2	Ацетон	45	0,25	925,98	410652,12	410652,1	623,578
		ПММА 1%	38,5		839,58	302280,49	302280,5	506,748
		Ацетон	51	0,8	1946,4	939226,4	1752,446	892,006
		ПММА 1%	47,7		1837,5	934610,01	1749,76	881,201
		Ацетон	73,7	1,15	3228,0	2117931	2880,459	1454,126
		ПММА 1%	70,3		3113,2	2117533,67	2883,769	1454,193
БрО5С5Ц5		Ацетон	28	2,0	182,7	1514515	2347,0535	1185,108
		ПММА 1%	27		140,75	555176,8	1489,071	745,0315

Також на якість поверхневого шару впливає рівномірність процесу різання, яка графічно відображена на рис.6.28, тому зменшення коливань на графіку обумовлена

зменшенням биття у процесі різання, для визначення впливу присадків ПММА 1% у складі МОР використовуємо данні δ^2 (рис. 6.29, 6.30, 6.31).



а)

б)

Рисунок 6.28 – Продукт програми LGraph 2, графік сили різання P_z при різання глибиною 0,25
а) з ацетоном; б) з ПММА 1%

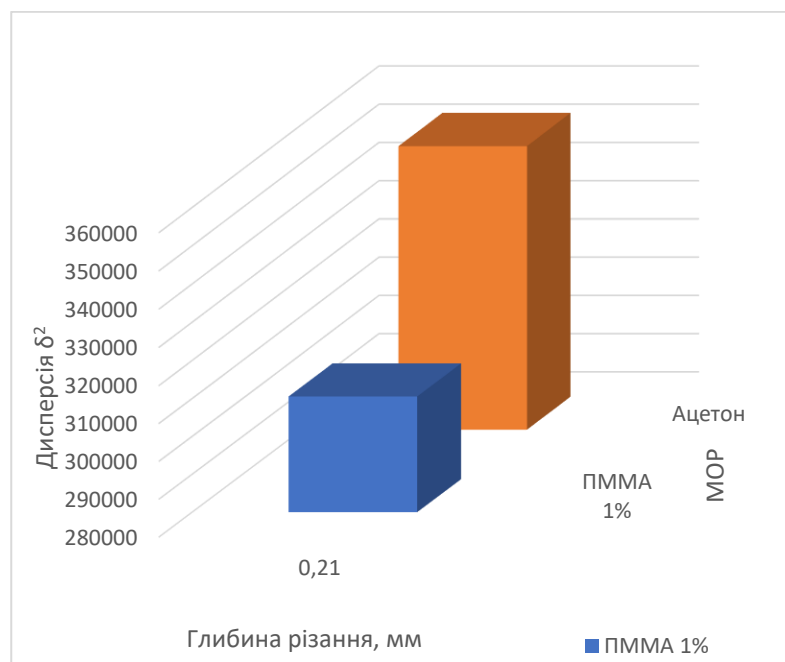


Рисунок 6.29- Гістограма зміни дисперсії при використанні Ацетону та ПММА1% під час обробки AISI304, різцем №1

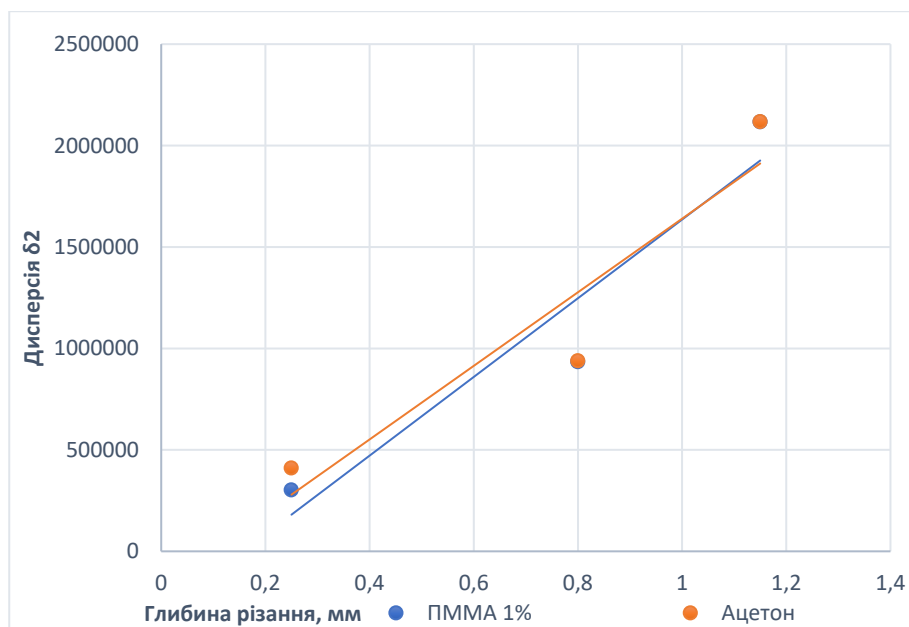


Рисунок 6.30 - Графік залежності дисперсії сили різання від глибини різання
різець №2: $t_1=0,25\text{мм}$; $t_2=0,8\text{мм}$; $t_3=1,15\text{мм}$, заготовки AISI304

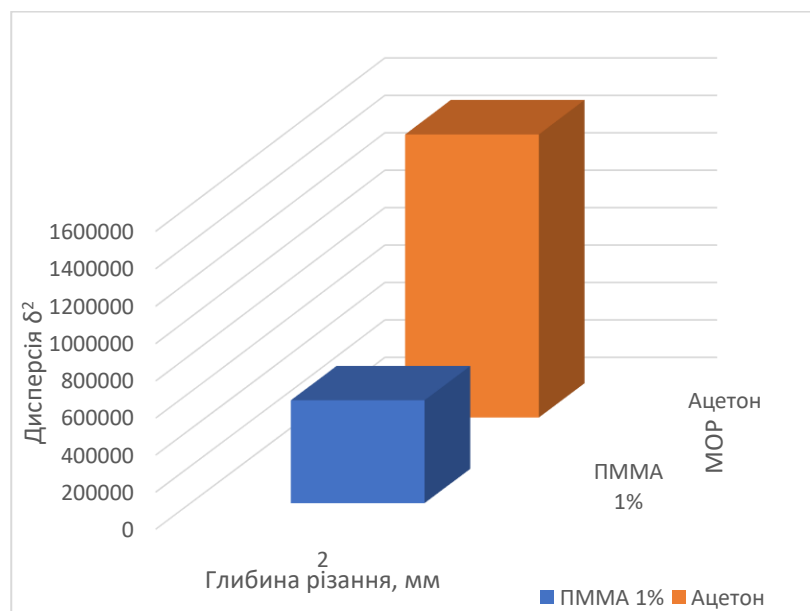


Рисунок 6.31 – Гістограма залежності дисперсії сили різання
при різанні заготовка БрО5С5Ц5 (різець №2)

Середньоквадратичне та середньоарифметичне відхилення, які характеризують рівномірність процесу різання. Отже, при використанні МОР з присадками ПММА

зменшується биття під час процесу різання, результати дослідів розраховані статистичним методом та відображені у табл.6.6, для наглядності результати дослідів відображені на рис. 6.32, рис.6.33, рис.6.34.

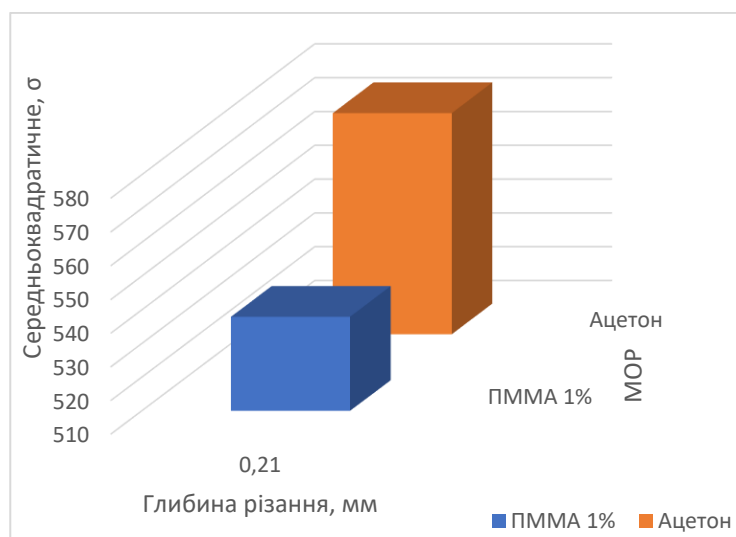


Рисунок 6.32- Гістограма зміни середньоквадратичне відхилення σ використані Ацетону та ПММА, заготовки AISI304 (різець №1)

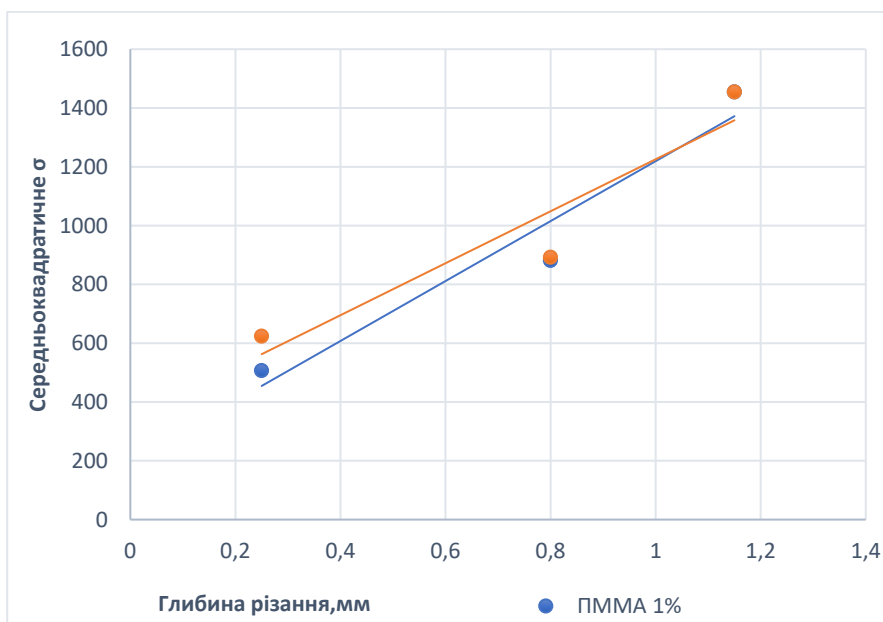


Рисунок 6.33- Графік залежності середньоквадратичне відхилення сили різання від глибини різання, різець №2: $t_1=0,25$ мм; $t_2=0,8$ мм; $t_3=1,15$ мм, заготовки AISI304

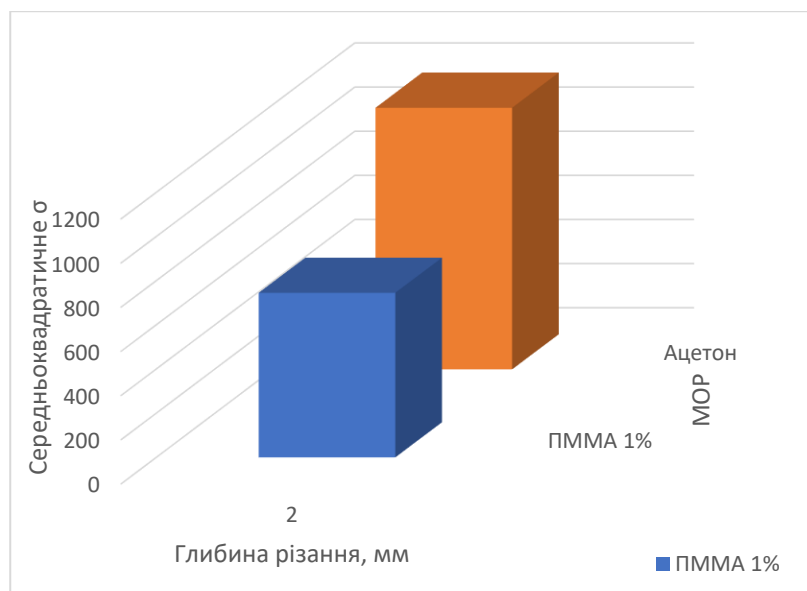


Рисунок 6.34 – Гістограма зміна середньоквадратичне відхилення сили різання при різанні заготівка БрО5С5Ц5 (різець №2)

На рис.6.29 - рис.6.34 візуально видно рівномірність процесу при використанні МОР на основі ПММА, а також зменшення сили різання P_z .

Як видно з таб 6.6 при використанні:

AISI304

різця №1 при обробці с ПММА 1% сила різання зменшується на 41,3%, дисперсія зменшується -12,3%; середньоквадратичне відхилення зменшилось на 6,51%; а середньоарифметичне відхилення – на 12,35%; температура різання знижується на 8,33%

різця №2:

1)при глибині різання 0,25 під час використання ПММА 1% сила різання зменшується на 9,29%, дисперсія зменшується -26,4%; середньоквадратичне відхилення зменшилось на 18,74%; а середньоарифметичне відхилення – на 26,4%; температура різання знижується на 14,44%

2)при глибині різання 0,8 під час використання ПММА 1% сила різання зменшується на 5,596%, дисперсія зменшується -0,49%; середньоквадратичне відхилення

зменшилось на 1,21%; а середньоарифметичне відхилення – на 0,49%; температура різання знижується на 6,47%

3)при глибині різання 1,15 під час використання ПММА 1% сила різання зменшується на 3,56%, дисперсія зменшується -0,02%; середньоквадратичне відхилення збільшилась на 0,007%; а середньоарифметичне відхилення зменшилась на 0,019%; температура різання знижується на 4,61%

БрО5С5Ц5

- під час використання ПММА 1% сила різання зменшується на 22,96%, дисперсія зменшується -63,34%; середньоквадратичне відхилення зменшилось на 37,1%; а середньоарифметичне відхилення – на 22,96%; температура різання знижується на 3,57%

Так як результати досліджень підтверджуються явищем зовнішнього ефекту Ребіндера, це пояснюється тим, що при адсорбції ПАР вільна енергія твердого тіла зменшується, що суттєво знижує опір поверхневого шару твердого тіла пластичної деформації. Верхній шар металу має меншу мікротвердість, ніж інші шари металу, насичені дислокаціями шари, а також більш низькі межа текучості і коефіцієнт зміцнення. Деформується в присутності ПАР поверхневий шар металу має більш дрібну зернистість структури. На відміну від хімічного модифікування особливість ефекту Ребіндера в тому, що він проявляється при спільній дії середовища (ПАР) і механічної напруги, а також в тому, що при видаленні ПАР явище пластифікуючого поверхневого шару зникає.

Можна припустити, що при зниженні опору поверхневого шару, знижується температура в зоні різання, що призводить до зменшення деформацій поверхневого шару та биття під час процесу різання, що призводить до рівномірності процесу обробки.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Аналіз потенційних небезпек

Тема дипломного проекту – «Оцінка ефективності різання важко-оброблювальних матеріалів з використанням мастильно-охолоджувальної рідини з полімерною складовою». Даний проект передбачає проведення експериментальних досліджень впливу МОР на основі поліметилметакрилату на процес обробки сплаву AISI304, а також для порівняння БрО5Ц5С5 на верстаті 1К62 та обробку отриманих результатів за допомогою комп'ютера з візуальним дисплейним терміналом (далі ПК з ВДТ).

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», було виявлено основні моменти потенційної небезпеки під час роботи:

- Збільшення нервово-психічного навантаження у наслідок виконання робіт, по аналізу отриманих результатів дослідження та при вимірюванні, у зв'язку з суттєвими об'ємами необхідних для з'єму даних, необхідністю та докладністю отримання необхідності точності результатів, що впливають на результати дослідів, що викликають напруженість загальна, та напруженість зору, втому;

- Так як при проведенні дослідів використовується електрообладнання, можливе ураження електричним струмом, у наслідок несправності електрообладнання, або невиконання правил ТБ при користуванні обладнанням;

- Недостатнє освітлення робочого місця, за рахунок не справності освітлюючих приладів, при використанні інструментального оптичного мікроскопу

може стати причиною підвищеного стомлення робітників, збільшенню помилок в процесі роботи з мікроскопом , призвести до нервово-емоційного прояву;

- При аналізі отриманих результатів з застосуванням ПК з ВДТ надто яскраве освітлення, що викликає відблиски на екрані, може призвести до передчасної втоми очей дослідника, а також погіршує сприйняття інформації на екрані;

- При несправності вентиляційної системи або недостатньому повітряобміні, може привести до подразнення верхніх дихальних шляхів, так як в процесі дослідження вико-ристовується мастильно- охолоджуючі технічні засоби (МОТС) та ацетон. Ацетон- летуча прозора рідина з характерним запахом, а також належить до 4класу небезпеки, згідно і ГОСТ12.1.005-88(1991)«ССБТ.Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху-рабочей зоне»,гранично допустима концентрація не повинна перевищувати 200 мг/м³.

- До механічних уражень фахівця, може привести руйнація ріжучого інструменту, при неправильному виборі режимів різання або неправильній геометрії ріжучої частини інструменту;

- Не правельне закріплення інструменту, або не достатньо сили закріплення, може привести до механічного травмування фахівця;

- Тривалий дискомфорт в умовах недостатньої фізичної активності сприяє розвитку загального втомлення, зниженню працездатності;

- Сильна втома у тілі, а також можлива небезпека отримання травми різного ступеню при застосуванні в приміщенні меблів, що не відповідають ергономічним вимогам, при неправильній організації робочого простору;

- При точінні сплаву AISI304 утворюється зливна стружка, яка може привести до механічного травмування рук та ніг дослідника;

- При роботі за верстатами, можливе проливання масла під ноги робітника, що може призвести до механічного травмування;

- При несправності електрообладнення верстата, що викликає коротке замикання, може призвести до ураження електричним струмом;

- У зв'язку із несправністю електричного обладнання, порушення правил проти-пожежної безпеки персоналом, що може призвести до короткого замкнення, а також може призвести до пожежі;

- Не дотримання правил техніки безпеки в надзвичайних ситуаціях, може призвести до паніки та загибелі людей.

Заходи охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях розроблені згідно бази нормативних документів: ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) „Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування”, і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»; НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок» та інші, наведені у додатку А.

ВИСНОВКИ

1. Застосування МОР набуває важливого значення особливо при механічній обробці важкооброблюваних сталей, коли спостерігається невисока стійкість різального інструменту, низька якість обробки. Аналіз літературних даних вказує на істотне підвищення ефективності процесу різання під час використання МОР з полімерною складовою. Це відбувається за рахунок деструкції молекул полімеру, що призводить до покращення показників механічної обробки.

2. При токарній обробці нержавіючої сталі AISI304 з 1% розчином у ацетоні ПММА відмічено позитивний вплив полімерної присадки на якість оброблювальної поверхні. Шорсткість обробленої поверхні R_z зменшилась на 7,1-10%, а дисперсія R_z – на 5,8-12,7%.

При використанні МОР на основі розчину ПММА сила різання зменшилась на 3,56-9,29%, дисперсія сили різання зменшується на 0,02-26,4% та середньоарифметичне відхилення зменшилось на 1,21-18,74%, хоча при збільшенні глибини різання до 1,15 мм середньоквадратичне відхилення збільшилось на 0,007%, можна припустити, що це обумовлене багатопланністю процесу різання. Також температура різання знижується на 4,61-14,44%.

Результати дослідження зносу ріжучого інструменту показали не однозначні данні, так при глибині різання 0,25мм по задній поверхні знос зменшився на 52,6%, тоді як по передній поверхні знос збільшився на 28,9% з підвищеною адгезією стружки на передній поверхні. Для уникнення адгезії рекомендовано зменшити концентрацію розчину ПММА.

3. Попередні дослідження обробки БрО5С5Ц5 з використанням 1% розчину ПММА вказують на зменшення висоти нерівностей профілю R_z на 31,3%, дисперсії R_z – на 42,13%, знос задньої поверхні зменшився на 55%, сила P_z зменшилась на 23%, а дисперсія P_z – на 63,3%. , також середньоквадратичне відхилення зменшилось на 37%, а температура різання на 3,6%.

4. Характер зміни параметрів сили різання, відображає збільшення рівномірності процесу різання у розглянутих умовах з використанням ПММА, що супроводжується не тільки зменшенням шорсткості R_z , але й згладжуванням профілю обробленої поверхні.

5. Результати проведених досліджень відповідають даним досліджень отриманих різними авторами за другими умовами різання. Підтверджено високу ефективність МОР на полімерній основі, що може бути результатом багатостадійних піролітичних перетворень полімерного компонента та його хімічної активності і має велике практичне значення щодо рекомендацій про підбір ефективних присадок до МОР серед полімерних сполук.

6. Рекомендовано під час токарної обробки нержавіючих сталей використати МОР з складовою 0,5% розчину ПММА. Це приведе до зниження економічних витрат та зменшення операційного часу на різання, зменшення шорсткості обробленої поверхні деталей.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Сошко, В.А. Особенности формирования состояния поверхности стали в процессе механохимической обработки [Текст] /В.А.Сошко, И.П.Симинченко.-Херсон: Олди-плюс, 2014.-№2. - 17с.
- 2 Сошко, А.И. Смазочно-охлаждающие средства в механической обработке металлов [Текст] / А.И.Сошко, В.А.Сошко.-Херсон : Олди-плюс,- 2008.- №2.- 388с.
- 3 Сошко, А.И. Механохимическая обработка металлов. Полимеры в технологических процессах обработки металлов [Текст] / А.И.Сошко.- Киев: -1977. – 16с.
- 4 Белоус, В.И. Авиационно-Космическая Техника И Технология. Модифицирование смазочно-охлаждающих жидкостей при шлифовании труднообрабатываемых материалов [Текст] /В.И. Белоус.- Харьков: -2011. -№7(84). -5с. - ISSN 1727-7337
- 5 Макаров, С.М. Підвищення ефективності механічної обробки деталей з використанням полімервмісних МОТЗ: дисертація [Текст] / С.М.Макаров. -Одеса:- 2008.– 43с..
- 6 Сошко, В.А. Особенности формирования состояния поверхности стали в процессе механохимической обработки.: Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) [Текст]/В.А. Сошко, И.П. Симинченко.-Херсон.:ПолтНТУ,2014.–№2 (41). -22с.
- 7 Петровский, В.П. Исследование влияния полимерсодержащих смазочно-охлаждающих технологических средств на силы резания при резьбонарезании [Текст]/ В.П.Петровский, Г.В.Федоренко.- Херсон. - Режим доступа: http://www.rusnauka.com/17_APSN_2009/Tecnic/48195.doc.htm
- 8 Василенко, И.И. Влияние газообразного водорода на прочность стали. Физико – химическая механика материалов [Текст]/ И.И.Василенко, М.Г.Хитаришвили.: -№2, 1969,178с.
- 9 Энгель, А. Физика и техника электрического разряда в газах [Текст]/ А.Энгель, М.Штейнбек: НИТБ СССР.-1935. – 117с.

- 10 Энгель, А., Ионизированные газы, Физматгиз [Текст]/ А.Энгель: - 1959. - 173 с
- 11 Сошко, А.И. Смазочно-охлаждающие средства в механической обработке металлов [Текст]/ А.И.Сошко, В.А.Сошко. - Херсон: Олди-плюс. -2008. -№2. -388 с.
- 12 Сошко, А.И. Механохимическая обработка металлов. Полимеры в технологических процессах обработки металлов [Текст]/ А.И.Сошко – Киев: - 1977. - 16 с.
- 13 P.E.Bertsch Rubb. Norld.: - 1961.- №144.- p.33.
- 14 Lenoiz Rech aeronaut.: - 1953. - №36. - p.36.
- 15 Подураев, В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов [Текст]/ В.Н. Подураев. -М.: Высшая школа. – 974. - 584 с.
- 16 Фрумин, Ю. Л. Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент [Текст]/ Ю.Л.Фрумин -М.: - 1963. - 164 с.
- 17 Гетьманчук, Ю.П. Хімія та технологія полімерів [Текст]/ Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак.- Львів: Львівського Національного університету «Львівська політехніка». - 2006. - 456с.
- 18 Ребиндер, П.А. О влиянии изменений поверхностной энергии на спайность, твердость и другие свойства кристаллов [Текст]/ П.А. Ребиндер// Сб. VI Съезд русских физиков. -М.: - 1928. – 29с.
19. Энтелис, С.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием [Текст] : справочник / вПод ред. С. Г. Энтелиса Э. М. Берлинера. — М.: Машиностроение. - 1986. — 352 с.
20. Маслов, Е.Н. Основы теории шлифования [Текст] / Е.Н. Маслов -М.: Машгиз. - 1951. -320с.
- 21 Ребиндер, П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсионных системах. Физико-химическая механика [Текст]/П.А. Ребиндер - М.: Наука. - 1979. - 381с.

22. Перцов, Н.В. Физико-химическое влияние среды на процессы разрушения при обработке твердых тел. Влияние физико-химической среды на жаропрочность металлических материалов [Текст]/ Н.В. Перцов - М.: Наука. - 1974.
23. Белоус, В.И. Модифицирование смазочно-охлаждающей жидкости при шлифовании труднообрабатываемых материалов [Текст]/В.И. Беллоус //Авиационно-космическая техника и технология.: - 2011. - №7 (84). – С. 66-70.
24. Лихтман, В.М. Физико-химическая механика металлов [Текст] / В.М. Лихтман, Е.Д. Щукин, П.А. Ребиндер.– М.: АН СССР, 1962.
25. Костетцкий, Б.И. Изменение дислокационной структуры стали при деформации в присутствии поверхностно-активных веществ [Текст] : доклады / Б.И. Костетцкий, Л.Ф.Ко-лесниченко. – М.: АН СССР. -1964. - №3.
- 26 Сошко, А.И. Механохимическая обработка металлов. Применение полимеров в технологических процессах обработки металлов [Текст] / А.И. Сошко. -Киев: Наукова думка -1977.-16с.
- 27 Симинченко, И.П. Обработка материалов в машиностроении. Полимерные присадки к технологическим смазкам для обработки металлов резанием [Текст] / И.П.Симинченко, В.А. Сошко, А.В. Малыгин. – Харьков : - ХНТУ 2014.- 2(41). 17с.- УДК 621.7/9
- 28 Куприянов, В.А. Мелкоразмерный инструмент для резания труднообрабатываемых материалов. Оборудование для обработки металлов резанием.[Электронный ресурс]/ В.А.Куприянов.- М.: Машиностроение. – 1989. - 136 с.– Режим доступа: <http://www.biysk.ru/~zimin/00300/00209.html>
29. Сталь AISI 304 -2019 [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stn/AISI304
- 30 Цезар, Л.В. Нержавящая сталь AISI 304. [Электронный ресурс]./ Л.В. Цезар.– Режим доступа: <https://dymohid.lviv.ua/a306989-nerzhaviyucha-stal-aisi.html>
- 31 ВТ1-0:2019 [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/tit/VT1-0

- 32 Кривоухов, В.А. Обработка резанием титановых сплавов [Текст] / В.А.Кривоухов, А.Д.Чубаров. - М.: Машиностроение. – 1970. - 180 с.
- 33 Подураев, В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов [Текст] / В.Н. Подураев. - М.: Высшая школа. – 1974. - 584 с.
- 34 Резание труднообрабатываемых материалов [Текст] /Под ред. П.Г. Петрухи. - М.: Машиностроение. – 1972. - 175 с.
- 35 Kahles J.F.. Machining of titanium alloys./ J.F. Kahles, M. Field, D. Eylon, F.H. Froes // J.Metals.-1985. - v.37. - №4. - p.27-35.
- 36 Conjour Ch. Dei Spanende Formgebung von Titan und sienes Legierungen./ Ch. Conjour - Feinwerk: Techn. Messtechn. – 1984. - bd.92. - №6. - s.72-80.
- 37 Созинов, А.И. Повышение эффективности черновой обработки заготовок из титановых сплавов [Текст] /А.И.Созинов, А.Н.Строшков.-М.:Металлургия.–1990.- 206с.
- 38 Накамура Садаюки. Легкообрабатываемые чистый титан и титановые сплавы [Текст]/ Накамура Садаюки. – Киндзоку: - 1988. - т.58. - №2. - 17-22 с..
- 39 Накамура Садаюки. Обрабатываемость резанием легкообрабатываемого титана и его сплавов [Текст] / Дэнки сэйко. 1989, т.60, №3, с.272-278.
- 40 Жучков, Н.С. Повышение эффективности обработки резанием заготовок из титановых сплавов [Текст]/ Н.С.Жучков, П.Д. Беспяхатный, А.Д. Чубаров и др. - М.: Машиностроение. -1989.-152с.
- 41 Гуревич, Я.Л. Режимы резания труднообрабатываемых материалов [Текст]: справочник/ Я.Л. Гуревич, М.В. Горохов, В.И. Захаров и др. - М.: Машиностроение. - 1986. - 240с.
- 42 Илларионов, А.Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие [Текст]/ А. Г. Илларионов, А. А. Попов. – Екатеринбург : Урал. ун-та. - 2014. – 137 с.
- 43 Бронза БрО5Ц5С5 (БрОЦС5-5-5) 2019 [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://evek.com.ua/materials/bronza-bro5ts5s5-brotss5-5-5.html>

- 44 Применение различных сплавов бронзы в быту и народном хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroyres.net/metallicheskie/vidyi/tsvetnyie/>
- 45 Сошко, А.И. Применение полимеров в технологических процессах обработки металлов [Текст]/ А.И. Сошко. – Киев: Наукова думка. - 1977. – 107 с.
- 46 Янборисов, В.М. Механизм инициирования и роста полеиновых последовательностей при термической деструкции поливинилхлорида. Высокомолекулярные соединения [Текст]/ В.М.Янборисов, С.С.Борисевич.: - 2005. - т.7. - 12с.
- 47 Пакшин, Ю.А. «Фторопласты» [Текст]/ Ю.А. Паншин, С.Г. Малкевич, Ц.С. Дунаевская. –Л.: Химия. – 1978. – 296с.
- 48 Бартенев, Г.М. Трение и износ полимеров [Текст]/ Г.М.Бартенев, В.В.Лаврентьев. – Л.: Химия. – 1972. – 240с.
- 49 Химия, технология органических веществ и биотехнология [Текст] / Труды БГТУ: -2013. - № 4. - ISSN 1683-0377.
- 50 Гетьманчук, Ю.П. Хімія та технологія полімерів [Текст]/ Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак. - Львів: НУ«ЛП». - 2006. - 456с.
- 51 Базюк, Л.В. Реакції полімеризації. Поліметилметакрилат: Методичні вказівки до лабораторної роботи з курсу “Хімія високомолекулярних сполук”. [Електронний ресурс]./ Л.В. Базюк. - Івано-Франківськ: - 2018. – Режим доступу: https://chemeducation.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/14/2020/02/Лр_2.pdf
- 52 Токарно-винторезный станок 1К62: технические характеристики, паспор. [Электронный ресурс].:– Режим доступа: <http://met-all.org/oborudovanie/stanki-tokarnye/tokarno-vintoreznyj-standok-1k62-tehnicheskie-harakteristiki.html>
- 53 Tsyganov, V.V. Influence of polymer lubricating cool liquid on efficiency of treatment metal cutting [Электронный ресурс]./ V.V. Tsyganov , L.S. Matvieienko : Технологические системы. – 2018. – №4. – С. 19-23. - Режим доступа: <http://technological-systems.org/index.php/Home/article/view/386>.

- 54 Локтев, А.Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания [Текст]: справочник./ А.Д.Локтев,И.Ф.Гузин, В.А.Батуевидр.-М.: Машиностроение. - 1991.- т.1. - 640с.
- 55 ОСТ 92-1594-83 Обработка резанием труднообрабатываемых материалов
- 56 Байкалова, В.Н. Расчет режимов резания при точении [Текст]/ В.Н.Байкалова, А.М. Коло-катов, И.Д. Малинина. -М: Москва. – 2000. -19с.
- 57 Безъязычный, В. Ф. Расчет режимов резания [Текст]: учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, И.Н. Аверьянов, А.В. Кордюков. – Рыбинск: РГАТА. - 2009. – 185с.
- 58 ОСТ 92-1159-82 Обработка меди и медных сплавов (латунь, бронза). Режимы резания и геометрические параметры инструмента.
- 59 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно - заключительного для технического нормирования станочных работ . Серийное производства. [Текст] /НИИ труда. - М.: Машиностроение. – 1974. - 424с.

Додаток А

А.1 Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні застосовується різні електроприлади: персональні комп'ютери, принтери, освітлювальні прилади тощо. Відповідні вимоги (ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин»), поширюються на всі підприємства, установи, організації, юридичні особи незалежно від форми власності, які мають робочі місця обладнані ЕОМ або виконують ремонт обслуговування та налагодження ЕОМ.

Враховуючи можливість механічного травмування може виникнути внаслідок неувважності при проведенні роботи на верстаті, нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць, що відповідають вимога ДСТУ EN ISO 23125-2018 «Верстати. Безпечність. Верстати токарні». Для забезпечення безпеки з урахуванням таблиць враховують геометрію різця та силу закріплення.

Для забезпечення безпечної роботи на верстаті на робочому місці передбачена інструкція, що відповідає вимогам НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) «Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування», де зазначається заходи про запобігання механічного ураження під час роботи на верстаті рухомими частинами, ураження електричним струмом. В інструкціях зазначається перелік засобів захисту працівника.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлюється електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»; НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения», обладнання в лабораторії має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції; ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности». Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

А.2 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці для приміщення обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість руху повітря у приміщенні та температура робочої поверхні відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони Общие санитарно-гигиенические требования к воздушно-рабочей зоне». Роботи над дослідженнями

у приміщенні, належать до категорії Іб - легка робота, для якої передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура приміщенні повинна бути 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року: температура у приміщенні повинна бути 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Комфортні параметри мікроклімату і чистоти повітря у приміщенні (лабораторії) обладнаному ПК з ВДТ для категорії Іб фізичних робіт, згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Забезпечення таких параметрів мікроклімату та 3-х кратний повітряний обмін за годину досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції повітря, системами опалювання згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Основні вимоги до штучного освітлення в робочому приміщенні

Для створення сприятливих умов зорової роботи освітлення робочих приміщень повинне задовольняти таким умовам:

- рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати гігієнічним нормам для даного виду роботи;

- мають бути забезпечені рівномірність та часова стабільність рівня освітленості у приміщенні, відсутність різких контрастів між освітленістю робочої поверхні та навко-лишнього простору, відсутність на робочій поверхні різких тіней (особливо рухомих);

- у полі зору предмета не повинно створювати сліпучого блиску;

- штучне світло, що використовується на підприємствах, за своїм спектральним складом має наближатися до природного;

- не створювати небезпечних та шкідливих факторів (шум, теплові випромінювання, безпеку ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпечність);

- бути надійним, простим в експлуатації та економічним.

А також при використанні люмінесцентних лампах є більш небезпечними ртутні сполуки, ніж металева ртуть. Ця доза може заподіяти шкоду здоров'ю, якщо лампа розбилася, і якщо постійно піддаватися впливу парів ртуті, то вони будуть накопичуватися в організмі людини, завдаючи шкоди здоров'ю (ртуть належить до отруйних речовин 1-го класу безпеки – надзвичайно небезпечні). Після закінчення терміну служби лампу необхідно утилізувати у спеціальні місця.

Для запобігання нервово-емоційному прояву від недостатності освітлення, або від надто сильного освітлення, необхідно притримуватись ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення»

Згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» у приміщеннях передбачено природне та штучне освітлення.

Природне освітлення здійснено через світлові вікна, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні засоби, для цього на вікнах встановлені жалюзі або штори.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення у виробничих приміщеннях.

Планування освітлення робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- Габарити робочого приміщення $A=8\text{м}$, $B=5\text{м}$, h =Габарити робочого приміщення $A=8\text{м}$, $B=5\text{м}$, $h=3,5\text{м}$;

1. Система освітлення -200Лк (з дод. А)

2.Рівень нормованої освітленості $E_n=200\text{Лк}$ відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006.

3.В залежності від умов у освітлення у приміщеннях вибирається джерело освітлення – ЛБ білого (2500-2800К).

4. В залежності від умов навколишнього середовища встановлюються світильники типу:

- Тип світильника – ЛВП;
- Світлоросподіл – переважно прямий (конусний);
- Потужність лампи $2 \times (18+80\text{Вт})$;
- Мінімальна висота підвісу $P_{л=40\text{Вт}}- 2,5\text{м}$;
- Використання світильника у приміщеннях висотою до 4,5м (адмініст., контора, учбові приміщення);
- довжина світильника – 36 (40) Вт-1250мм;
- $I/p - 54$;
- $L/h - 1,3$.

Відношення світлового потоку – переважно прямого світла;

Доля світлового потоку світильника – 70%;

Використання світильника визначеного класу – для приміщень, в яких стіни і стелі мають високий коефіцієнт відбитку.

Крива сили світла КСС:

Тип кривої сили світла – Д (конусна);

Коефіцієнт світильника - $L/h = 1,3$;

Лампа лл- 2,5-6м.

5. Оцінка коефіцієнта запасу та коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення :

Коефіцієнт запасу : $k_z=1,3$; $z=1,15$.

6. Оцінка коефіцієнту відбиття поверхонь приміщень:

- у світлі приміщення $\rho_c=50\%$; $\rho_{ст}=30\%$; $\rho_{п}=10\%$.

7. Чисельність значення індексу приміщення:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (7.1)$$

$$i = \frac{8 \cdot 5}{1,1(8 + 5)} = 2,8$$

а) Розрахунок кількості рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p)[L/h]} \quad (7.2)$$

$$N_p = \frac{5}{(3,5 - 0,8)1,3} = 1,4 \approx 2$$

б) Визначити максимально припустимі відстань між рядами світильника

$$L_{max} = \frac{B}{N_p} \quad (7.3)$$

$$L_{max} = \frac{5}{2} = 2,5$$

в) Розрахунок висоти підвісу світильника над робочою поверхнею

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]} \quad (7.4)$$

$$h = \frac{2,5}{1,3} = 1,1 \text{ м}$$

г) Висота звисання світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (7.5)$$

$$h_3 = 3,5 - 0,8 - 1,1 = 1,6$$

8. Коефіцієнт використання світлого потоку $\eta=54$

9. Світловий потік лампи:

а) Сумарний світловий потік

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_2 \cdot z}{\eta} \quad (7.6)$$

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 1,15 \cdot 40}{0,54} = 22148$$

б) Максимальна відстань L_{max} між рядами та сусідніми світильниками

$$L_{max} = 2,5$$

в) Кількість світильників

$$N = \frac{A \cdot B}{L_{max}^2} \quad (7.7)$$

$$N = \frac{8 \cdot 5}{2,5^2} = 6,4 \approx 6$$

г) Світловий потік умовного джерела світла

$$\Phi_{\lambda}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\lambda}} \quad (7.8)$$

$$\Phi_{\lambda}^* = \frac{22148}{12} = 1845,7$$

$$N_{\lambda} = N^* \cdot n \quad (7.9)$$

$$N_{\lambda} = 6 \cdot 2 = 12$$

д) Тип стандартної лампи

$$m = \frac{\Phi_{\lambda}^*}{\Phi_{\lambda}} \quad (7.10)$$

$$m = \frac{1845,7}{1200} = 1,54$$

е) Оптимальна кількість світильників

$$N = N^* \cdot m \quad (7.11)$$

$$N = 6 \cdot 1,54 = 9$$

$$N_{\phi} = 9$$

$$N_{\lambda\phi} = N_{\phi} \cdot n \quad (7.12)$$

$$N_{\text{лф}} = 9 \cdot 2 = 18 \text{ шт}$$

10. Загально розрахункова освітленість

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z} \quad (7.13)$$

$$E_p = \frac{1200 \cdot 18 \cdot 0.54}{40 \cdot 1.3 \cdot 1.15} = 195 \text{ Лк}$$

11. Загальна потужність освітлювальної установки

$$P_{\Sigma} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} \quad (7.14)$$

$$P_{\Sigma} = 18 \cdot 20 = 360 \text{ Вт}$$

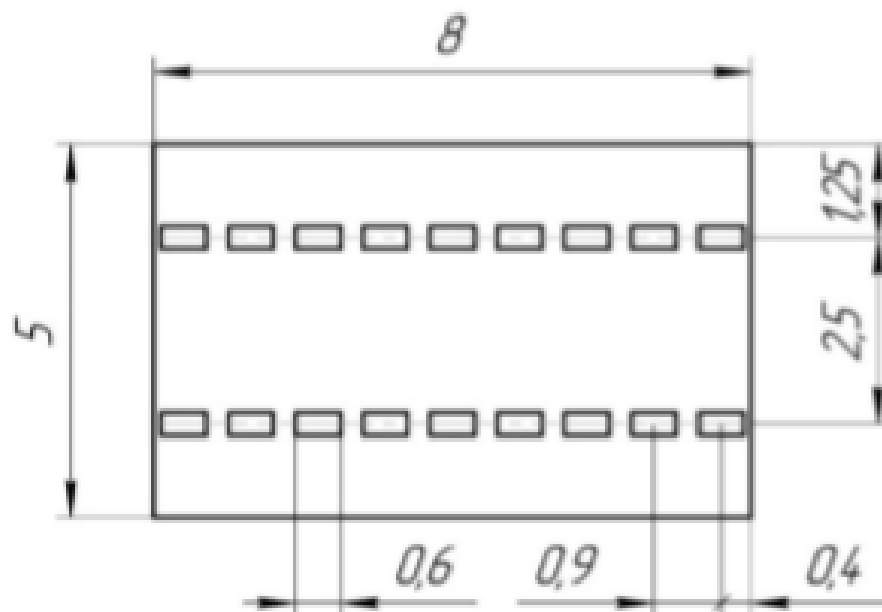


Рисунок 7.1- Схема розміщення світильників в робочому приміщенні

А.3 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки в дослідній лабораторії розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожеж і згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу

можливої пожежі А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір), та класу Е - пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» приміщення відповідає категорії Д – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості дослідницької лабораторії - II.

У приміщеннях з пожежним інвентарем з пожежним інструментом і вогнегасниками розташовано на двох спеціальних пожежних щитах(стендах), відповідно до "Правил пожежної безпеки в Україні". Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники, які відзначаються високою ефективністю дії. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для адміністративних приміщень використовують сповіщувачів пожежі, тому в приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-1, який реагує на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів, забезпечує максимально швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи для її ліквідації, тому дає змогу суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно сигналізує про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні

пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що можуть супроводжувати пожежу: підвищення температури, дим, полум'я. Для адміністративних приміщень використовується димові пожежні сповіщувачі.

А.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях. Згідно з Кодексом цивільного захисту України станом на 06 грудня 2012 року.

Проводиться у місцях перебування:

- 1) на місцях роботи - працюючого населення;
- 2) у місцях навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- 3) за місцем проживання - непрацюючого населення.

- Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- 1) працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який розробляє і затверджує відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення;
- 2) дітей дошкільного віку, учнів та студентів - на центральний орган виконавчої влади, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями.

3. Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

4. Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Стаття 40. Навчання працюючого населення

1. Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

2. Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

3. Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання у кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

4. Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

5. Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

6. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

7. Програми навчання з питань пожежної безпеки погоджуються з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Стаття 41. Формування культури безпеки життєдіяльності населення.

Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку

1. Культура безпеки життєдіяльності населення - це сукупність цінностей, стандартів, моральних норм і норм поведінки, спрямованих на підтримання самодисципліни як способу підвищення рівня безпеки.

2. Популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, громадськими організаціями шляхом:

1) проведення шкільних, районних (міських), обласних та всеукраїнських змагань з безпеки життєдіяльності;

2) проведення навчально-тренувальних зборів і польових таборів;

3) участі команд - переможниць у заходах міжнародного рівня з цих питань.

3. Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу за рахунок коштів, передбачених на фінансування навчальних закладів.

4. Навчання дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем проводиться шляхом формування у них поведінки, відповідної віку дитини, щодо власного захисту та рятування.

Стаття 42. Навчання непрацюючого населення

1. Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби

масової інформації, відомості про надзвичайні ситуації, а також про способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Для цього, передбачений комплекс заходів з пожежної безпеки та цивільного захисту забезпечує безпеку персоналу в умовах пожежі та організацію навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.