

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Металорізальні верстати та інструмент
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Вибір складу та способу подачі
змащувально -охолоджувального технологічного середовища

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи М-210м

Спеціальності 133 Галузевемашинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Металорізальні верстати та інструменти

Аверін А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Глушко П.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Фролов М.В.

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний, Машинобудівний
 Кафедра Металорізальні верстати та інструмент
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Металорізальні верстати та системи
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М. В. Френкел
 «20» 12 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Аверін Іван Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проєкту (роботи) Вибір складу та способу подачі змащувально-охолоджувального технологічного середовища

Виконавець проєкту (роботи) Глушко П.В. старший викладач
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» жовтня 2021 року № 401

Термін подання студентом проєкту (роботи) 16.12.2021 року

Вихідні дані до проєкту (роботи) Оброблюваний матеріал: сталь 40Х;
Змащувальний матеріал: Т15 КВ; Різними різакми: $t=1\text{мм}$; $S=0,1\text{мм/об}$;
Параметри різального інструменту: $\gamma=10^\circ$; $\alpha=15^\circ$; $\varphi=45^\circ$; $\varphi_1=25^\circ$; $\beta=65^\circ$
 $\epsilon=110^\circ$.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно вирішити)

1. Фактори, які впливають на ефективність процесу різання. 2. Роль мастилоохолоджувальних технологічних середовищ у підвищенні ефективності процесу різання. 3. Вибір складу мастильно-охолоджувальної рідини. 4. Способи подачі морив лезовій обробці. 5. Оптимальна температура різання, як критерій вибору умов використання МОТС. 6. Вибір ефективного способу подачі мастильно-охолоджувальної рідини. 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	підпис
1-2	Глушко П.В., ст.викл.		
3-4	Матвеєнко Л.С., ст.викл.		
5-6	Глушко П.В., ст.викл.		
7	Шмирко В.І., доцент		
Нормоконтроль	Матвеєнко Л.С., ст.викл		


7. Дата видачі завдання « 02 » 09 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)
1.	Фактори, які впливають на ефективність процесу різання.	
2.	Роль МОРС у підвищенні ефективності процесу різання	
3.	Вибір складу мастильно-охолоджувальної рідини.	
4.	Способи подачі МОР при лезовій обробці.	20.09.2021.
5.	Оптимально температура різання, як критерій вибору умов використання МОРС.	
6.	Вибір ефективного способу подачі МОР.	04.10.2021
7.	Охорока праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.	18.10.2021
	Оформлення пояснювальної частини	15.11.2021
	Оформлення презентації	02.12.2021

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)


 (підпис)
Аверін А.І.
(прізвище та ініціали)Глушко П.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 116 ст., 19 таблиць, 41 рисунок, 32 джерела.

Об'єкт дослідження – способи подачі змащувально-охоложуючого технологічного середовища на операціях механічної обробки.

Мета проекту – проаналізувати вплив складу мастильно-охоложуючого технологічного середовища на його властивості; дослідити та визначити найефективніший спосіб подачі МОТС на операціях механічної обробки.

Методи дослідження – теоретичний та розрахунково – аналітичний, з використанням стандартних пакетів: Microsoft Office Excel.

Використання змащувально-охоложуючих технологічних середовищ в машинобудуванні та металообробці отримало широке розповсюдження. Вони дозволяють покращити ефективність, збільшити стійкість інструменту, отримувати деталі з більш якісною поверхнею.

Відомо 7 способів подачі МОТС в зону різання. В роботі представлений аналіз даних способів та їх вплив на ефективність, наведений приклад розрахунку тепловіддачі при подачах МОТС поливом, напірним струменем та в роспиленому стані.

Ключові слова: МАСТИЛЬНО – ОХОЛОДЖУЮЧЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ПОЛИВ, НАПІРНА СТРУЯ, РОСПИЛЕНИЙ СТАН, ТЕМПЕРАТУРА, КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛОВІДДАЧІ.

ABSTRACT

Guidance Note: 116 pp, 19 tables , 41 illus., 32 sources.

The subject of research are the ways to supply cutting fluids during the process of mechanical operation.

The design intend is examination and determination of the most effective way to supply cutting fluids during the process of mechanical operation.

The research technique are theoretical research and computational and analytical method by applying standard application package of Microsoft Office Excel.

Utilization of cutting fluids in metal fabrication industries got widespread. They allow improving the efficiency factor, increasing the wearing capacity of the tool, receiving the parts with better surface quality.

There are 7 ways to supply cutting fluids into the cutting area. This project presents the analysis of these ways and their influence on the efficiency factor, provides an example of calculation of the heat transfer during the process of supplying cutting fluids by coating, high-pressure spray and puddled condition.

The key words: CUTTING FLUIDS, COATING, HIGH-PRESSURE SPRAY, PUDDLED CONDITION, TEMPERATURE, HEAT – TRANSFER COEFFICIENT.

ЗМІСТ

Реферат.....	4
Вступ.....	8
1 Фактори, які впливають на ефективність процесу різання.....	10
1.1 Поняття ефективності процесу різання.....	10
1.1.1 Деформація під час різання.....	10
1.1.2 Тертя при різанні.....	12
1.1.3 Тепловиділення при різанні.....	16
1.1.4 Наростоутворення при різанні.....	18
1.1.5 Зношування інструменту при різанні.....	20
1.2 Вплив умов різання.....	21
2 Роль мастило-охолоджувальних технологічних середовищ у підвищенні ефективності процесу різання.....	27
2.1 Види мастило-охолоджувальних технологічних середовищ.....	27
2.2 Мастило-охолоджувальні рідини.....	30
2.2.1 Властивості МОР.....	31
3 Вибір складу мастильно-охолоджувальної рідини.....	43
3.1 Види МОР за складом.....	45
4 Способи подачі мор при лезовій обробки.....	57
4.1 Подача МОР вільно падаючою струєю.....	59
4.2 Подача МОР напорною струєю.....	61
4.3 Подання МОР у розпиленому стані.....	63
4.4 Подання МОР через канали в інструменті з виходом у зону різання.....	65
4.5 Подача МОР через канали в інструмент без виходу в зону різання.....	67
4.6 Характеристики способів подачі МОР.....	67
5 Оптимальна температура різання, як критерій вибору умів використання МОТС.....	74
5.1 Моделювання температури різання.....	79
5.2 Урахування способу подачі МОР при розрахунку температури різання.....	81
6 Вибір ефективного способу подачі мастильно-охолоджувальної рідини.....	87
7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	96
7.1 Аналіз потенційних опасностей.....	96

		7
7.2	Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	98
7.3	Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	101
7.4	Шум, вплив на людину і методи захисту.....	103
7.5	Заходи з пожежної безпеки.....	106
7.6	Заходи щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	107
	Список використаної літератури.....	112

ВСТУП

Підвищення ефективності механічної обробки різанням є традиційно важливим завданням машинобудування. Незмінними проблемами теорії та практики різання металів є підвищення ефективності процесу різання та якості обробки, зниження енергетичних, інструментальних та інших матеріальних витрат.

Використання мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ (МОТС) на деяких операціях обробки металів різанням дозволяє підвищити стійкість інструменту, зменшити висоту мікронерівностей обробленої поверхні та залишкові напруги, до 50% збільшити продуктивність обробки, знизити витрати енергії на різання.

Підвищення технологічної ефективності складу та способу подачі МОТС є комплексною багатокритеріальною проблемою, і обраний напрямок дослідження є актуальним.

Спосіб подачі МОТС визначається на етапі проектування металообробного обладнання, тому для вибору правильного способу потрібно врахувати багато факторів, а також мати можливість оцінити і порівняти ці способи.

В наш час дуже широко використовуються 3 способи подачі МОТС в зону різання: подача вільно падаючої струменем, напірним струменем і подача в розпорошеному вигляді. Загальні переваги та недоліки даних способів давно відомі, але до кінця не визначені фактори, які впливають на вибір найбільш ефективного способу подачі МОТС.

Мета роботи: дослідити та визначити найбільш ефективний спосіб подачі мастильно – охолоджуючого технологічного середовища на операціях механічної обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- визначити фактори, що впливають на ефективність самого процесу різання;
- дізнатися, як МОТС впливають на ці фактори, і визначити деякі компоненти які підвищують ефективність;
- систематизувати дані про способи подачі МОТС, порівняти способи;
- визначити залежності та визначити значення для оцінки ефективності.

Методи дослідження: теоретичний та розрахунково аналітичний, побудова математичних моделей для визначення факторів, що впливають на ефективність, з використанням стандартних пакетів: Microsoft Office Excel.

Наукова новизна: розробка методики з метою оцінки ефективності способу подачі МОТС в зону різання, з допомогою отримання коефіцієнта тепловідводу.

Практична цінність: визначення робочих температур при різанні металів та коефіцієнта тепловідводу способів подачі МОТС, моделювання та оцінка процесу різання, без лабораторних випробувань, використання алгоритму моделей для цього.

1 ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

1.1 Поняття ефективності процесу різання

Процес різання металів – складний фізичний процес, що супроводжується рядом взаємодіючих явищ.

До них відносяться:

- пластичне деформування,
- тертя,
- тепловиділення,
- освіта наросту на інструменті,
- знос інструменту.

Взаємозв'язок та взаємодія цих явищ ускладнюються тим, що тиск стружки на передню поверхню інструменту може сягати 1 – 3 ГПа, а температура в зоні різання досягати 1000-1200 °С. Всі ці чинники однак впливають на ефективність.

Ефективністю називають здатність виконувати роботу і досягати необхідного чи бажаного результату з найменшою витратою часу та зусиль.

Під ефективність процесу різання, у свою чергу, варто розуміти здатність виконувати механічну обробку деталі з максимальною продуктивністю за найменших ресурсних та енергетичних витрат.

Підвищити ефективність можна шляхом оптимізації температури різання та умов різання, збільшенням стійкості інструменту, покращенням якості поверхні.

Розглянемо докладніше фактори які мають місце у процесі різання та безпосередній їх вплив на ефективність.

1.1.1 Деформація під час різання

Процес різання відбувається головним чином за рахунок пластичної деформації матеріалу, основною ознакою якої є незворотна зміна форми тіла під дією зовнішніх сил без порушення суцільності тіла, що деформується.

Усі метали та його сплави складаються з безлічі окремих зерен кристалів (кристалітів), міцно з'єднаних між собою (рис. 1.1). При механічному впливі на метал у його зернах з'являються напруги, під впливом яких зерна деформуються, тобто. витягуються в одному напрямку та звужуються в іншому. Деформація металевих зерен протікає шляхом зрушень, що відбуваються по площинах ковзання, розташованим паралельно до певної площини [1].

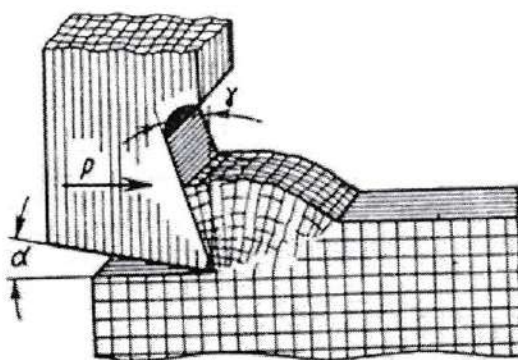


Рисунок 1.1 – Процес деформації під час різання

На початку процесу пластичної деформації вихідного матеріалу, коли щільність дислокацій в кристалічній решітці відносно мала, ймовірність проходження дислокації через весь об'єм кристаліту без зіткнення з іншою дислокацією, що призводить до взаємної зупинки, велика. Більшість дислокацій у початковій стадії деформації безперешкодно виходить на поверхню кристаліту розряджаючись, тому опір зсуву мінімально і слабо залежить від деформації. З подальшим розвитком деформації щільність дислокацій зростає, їх рух у кристалі загальмовується, що збільшує зсувне опір. Таке явище називається деформаційним зміцненням, або наклепом і найбільш явно проявляється при деформації металів з кубічною кристалічною решіткою, зокрема заліза та його сплавів.

При різанні металу величини напруг і деформацій зсуву, що розвиваються в зоні пластичної деформації, досягають настільки високих значень, що частина дислокацій виходить із площин ковзання, в яких вони знаходилися. Під час зустрічі дислокації протилежних знаків взаємно знищуються. Таким чином, в умовах різання слідом за стадією зміцнення спостерігається процес розрядки дислокаційної щільності, наслідком якого є зростання пластичності (рис. 1.2) та утворення стружки [2].

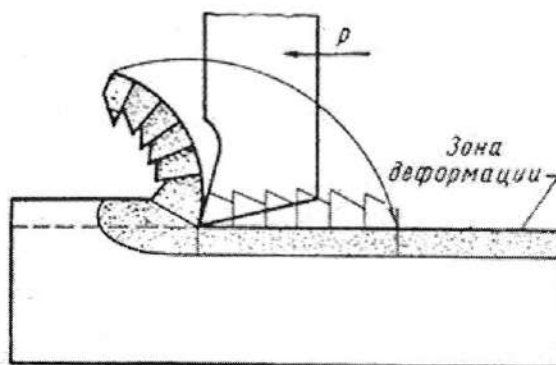


Рисунок 1.2 – Процес утворення стружки

1.1.2 Тертя при різанні

Різання супроводжується тертям робочих поверхонь інструменту в місцях їх нормального навантаження на заготовлю (задня поверхня) та стружку (передня поверхня). При невеликих нормальних навантаженнях поверхні, що труться, контактують у місцях окремо виступаючих нерівностей (у плямах контакту) так, що фактична площа контакту S_r становить незначну частку від номінальної площі. Фактичний тиск p_r у плямах контакту досягає межі плинності σ_T навіть при невеликих нормальних навантаженнях N ; збільшення N мало впливає на значення p_r , а позначається лише з величині S_r . Поступове збільшення нормального навантаження призводить, як правило, до пропорційного зростання фактичної площі контакту внаслідок пластичної деформації мікронерівностей м'якшого тіла:

$$S_T = \frac{N}{\sigma_T} \quad (1.1)$$

Сила тертя без мастильного матеріалу для двох контактуючих тіл є сумою всіх тангенціальних сил, що виникають у плямах контакту при переміщенні одного тіла щодо іншого. При цьому тангенціальні сили в плямах контакту складаються з адгезійних сил, що виникають внаслідок хімічних зв'язків у «мостиках зварювання» і міжмолекулярних фізичних зв'язків; сил опору зсуву при пластичній деформації виступаючих мікронерівностей на поверхні тіла (дислокаційний та дифузійний механізми) та пластичної деформації поверхневого шару; сил опору сколюванню мікронерівностей для матеріалів, схильних до тендітного руйнування тощо [2].

Тертя при різанні металів відрізняється низкою особливостей, які зустрічаються (чи менш істотні) за всіх інших випадках тертя. Найважливіші їх такі [4]:

1. Відділення шару, що зрізається, призводить до утворення нових ювенільних поверхонь, які взаємодіють з матеріалом інструменту і навколишнім середовищем. Поверхнева активність тим більше, чим більшу деформацію та зміцнення зазнав металу. Свіжоутворена поверхня, поки вона повністю вільна від всіляких окисних плівок та забруднень, має велику схильність до адгезії;

2. У багатьох випадках обробки різанням фактична площа контакту поверхонь, що труться, наближається до номінальної, що істотно змінює характер процесів тертя;

3. Тертя при різанні відбувається за умови величезних питомих нормальних навантажень (до 3 ГПа) і температур, досягають значення 1000°C і більше;

4. Параметри тертя при різанні реагують на зміну режимів різання, геометрії інструменту, властивостей оброблюваного і інструментального матеріалів.

При уповільненні розвитку трибологічних процесів підвищується стійкість різального інструменту (час ефективного різання до появи «катастрофічного» зносу різальних елементів інструменту), створюються умови збільшення економічної швидкості різання і підвищення ефективності виробництва, у цілому [4].

Також особливістю процесів тертя при різанні є те, що на трибологічну поведінку системи ріжучий інструмент - оброблювана деталь, крім режимів роботи (таких, як швидкість взаємного переміщення, температура і навантаження в контакт) впливає геометрія інструменту і товщина шару, що зрізається.

Таблиця 1.1 [5] ілюструє залежність коефіцієнта тертя від оброблюваного матеріалу, товщини стружки, що знімається, і геометрії різця (переднього кута γ) при вільному різанні різцем зі швидкорізальної сталі зі швидкістю $V=0,2$ м/хв. При збільшенні переднього кута коефіцієнт тертя збільшується, що, мабуть, зумовлено зростанням фактичної площі контакту інструменту зі стружкою. Зі зміною хімічного складу оброблюваного матеріалу коефіцієнт тертя також змінюється (низьковуглецева сталь має набагато більший коефіцієнт тертя, ніж легована). Зі збільшенням товщини стружки коефіцієнт тертя падає. Дані отримані шляхом виміру трикомпонентним динамометром.

Таблиця 1.1 - Залежність коефіцієнта тертя від товщини стружки та переднього кута різця

Матеріал, що обробляється	Товщина стружки a , мм				
	0,06	0,1	0,14	0,18	0,22
При $\gamma=20^\circ$					
Сталь 10	0,94	0,74	0,73	0,72	0,72
Сталь 20X	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71
Сталь 1X18H9T	0,72	0,71	0,7	0,68	0,67
При $\gamma=40^\circ$					
Сталь 10	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01
Сталь 20X	0,96	0,95	0,95	0,95	0,96
Сталь 1X18H9T	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04

У таблиці 1.2 [5] показані результати випробувань вплив швидкості різання і переднього кута різця на коефіцієнт тертя при обробці сталі 45 в різних середовищах. З таблиці видно, що зі збільшенням переднього кута і швидкості різання коефіцієнт тертя підвищується. Точення велося різцем із швидкорізальної сталі Р18; вимірювання проводили двокомпонентним динамометром.

Таблиця 1.2 - Залежність коефіцієнта тертя в зоні різання від швидкості, середовища та геометрії інструменту

Середа	Швидкості різання, м/хв	$\gamma=10^\circ$	$\gamma=20^\circ$	$\gamma=30^\circ$	$\gamma=40^\circ$
1	2	3	4	5	6
Повітря	2,5	0,37	0,7	0,7	0,79
	4,5	0,45	0,7	0,75	0,95
	8	-	-	0,78	1,08
	10	0,45	0,7	-	1,14
	12	-	-	0,84	-
	15	0,45	0,7	0,87	1,22
Вода	2,5	0,34	0,42	0,61	0,69
	4,5	0,38	0,51	0,65	0,8
	8	-	0,56	0,75	0,95
	10	0,39	-	-	-
	12	-	0,61	0,77	-
	15	0,41	-	0,8	1,17
Чотирьох- хлористий вуглець	2,5	0,3	0,37	0,45	0,48
	4,5	0,33	0,4	0,53	0,62
	8	0,34	-	0,69	-
	10	-	-	-	0,91
	12	-	0,49	0,73	-
	15	0,37	0,54	0,74	1,12

1.1.3 Тепловиділення при різанні

Джерелом виділення теплоти при знятті стружки є механічна робота, витрачена зрізання. Як встановлено дослідженнями, до 99,5% механічної роботи перетворюється на тепло і лише 0,5% йде на перетворення кристалічної структури оброблюваного матеріалу. Механічна робота, а значить, виділення тепла, відбувається в зоні первинної пластичної деформації, зонах тертя по передній і задній поверхнях:

$$E = E_{\text{д}} + E_{1\text{T}} + E_{2\text{T}} \quad (1.2)$$

де - робота, що витрачається, відповідно, на пружну $E_{\text{д}}$, $E_{1\text{T}}$, $E_{2\text{T}}$

пластичну деформацію шару, що зрізається в зоні первинної пластичної деформації, на подолання сил тертя по передній і задній поверхнях.

Правомірно записати чому одно тепло:

$$Q = Q_{\text{д}} + Q_{1\text{T}} + Q_{2\text{T}} = Q_{\text{с}} + Q_{\text{и}} + Q_{\text{з}} + Q_{\text{ср}} \quad (1.3)$$

де – тепло, що виділяється у зазначених трьох зонах; $Q_{\text{д}}$, $Q_{1\text{T}}$, $Q_{2\text{T}}$

$Q_{\text{с}}$, $Q_{\text{и}}$, $Q_{\text{з}}$, $Q_{\text{ср}}$ – кількість теплоти, що переходить відповідно до стружки, інструменту, заготовки та навколишнього середовища (рис.1.3) [1].

Експерименти показують, що при обробці звичайних конструкційних сталей із невеликою швидкістю різання (до 30...40 м/хв) відносна кількість теплоти становить: $Q_{\text{с}}$ до 60%; $Q_{\text{и}}$ до 3%; $Q_{\text{з}}$ до 40%; $Q_{\text{ср}}$ до 2%. Встановлено, що нижча теплопровідність оброблюваного матеріалу, тим більше теплоти йде в інструмент (табл. 1.3).

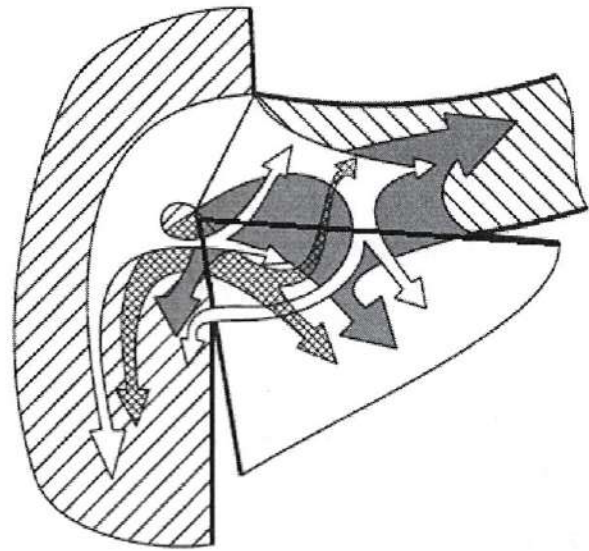


Рисунок 1.3 – Схема руху теплових потоків під час різання без охолодження

Таблиця 1.3 - Розподіл теплоти при точінні різних матеріалів твердосплавними різцями

Матеріал, що обробляється	Режими різання	Кількість теплоти, %		
		Q_c	$Q_{и}$	Q_z
Алюміній	$V = 100$ м/хв, $S = 0,12$ мм/про, $t = 1,5$ мм	21,0	73,0	2,2
Чавун	Те саме	42,0	50,0	1,5
Сталь 40Х	Те саме	71,0	26,0	1,9
Сталь 45	$V = 30$ м/хв, $S = 0,3$ мм/про, $t = 4$ мм	69,2	27,4	3,4
Титановий сплав	$V = 35$ м/хв, $S = 0,08$ мм/про, $t = 0,1$ мм	73,4	16,8	9,8

У міру збільшення швидкості різання значно зростає відносна кількість теплоти, що йде у стружку (рис. 1.4).

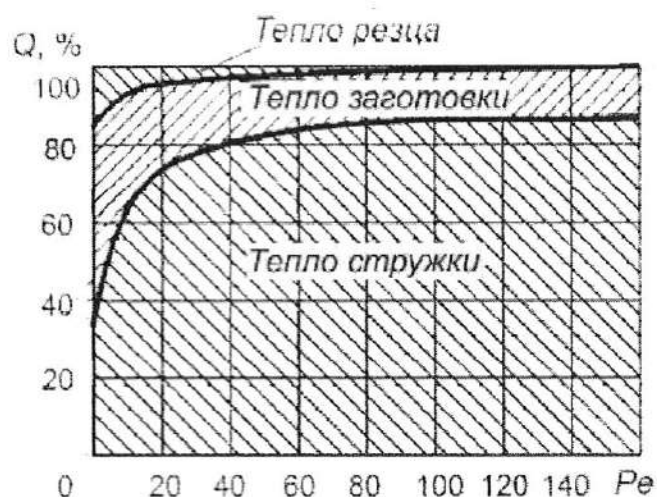


Рисунок 1.4 – Баланс теплоти при точенні сталі 45 різцем з ВК8

Незважаючи на те, що частка тепла, що йде в інструмент дуже мала, інструмент є нерухомим тілом і навіть невелика відносна частина тепла, діючи тривалий час, прогріває його до високої температури. Тому середня температура на передній поверхні інструменту у кілька разів перевищує середню температуру стружки.

Зростання температури надає як позитивний, і негативний впливом геть процес різання. Позитивними факторами є зменшення зсувного опору при пластичній деформації матеріалу заготовки та збільшення швидкості дифузії атомів, а негативними - прискорення дифузійного та втомно-адгезійного зношування інструменту[2].

1.1.4 Наростоутворення при різанні

При високих температурах та тисках у зоні різання хімічно чисті (ювенільні) поверхні стружки та інструменту піддаються адгезійному захопленню – відбувається міцне приєднання частини контактного шару стружки до передньої поверхні інструменту та утворення загальмованого шару. У деяких випадках обтікання цього шару стружкою сприяє виникненню нових загальмованих шарів металу, які нарощуються один на

одного та утворюють нарiст. Шорстка поверхня кожного знову утворюється загальмованого шару створює сприятливі умови для проникнення кисню повітря та його дифундування поверхневi шари металу. Оксидні плівки зменшують тертя між стружкою і поверхнею наросту, тому кожен наступний загальмований шар стає коротшим за попередній, що надає наросту клиноподібну форму.

Під наростом розуміють клиноподібну відносно нерухому область оброблюваного матеріалу, розташовану на передній поверхні леза у його ріжучої кромки (рис. 1.5). Він складається з шарів сильно деформованого матеріалу, що обробляється з включеннями оксидів і карбідів оброблюваного і інструментального матеріалів, а також кобальту, наприклад, у разі твердого сплаву [1].

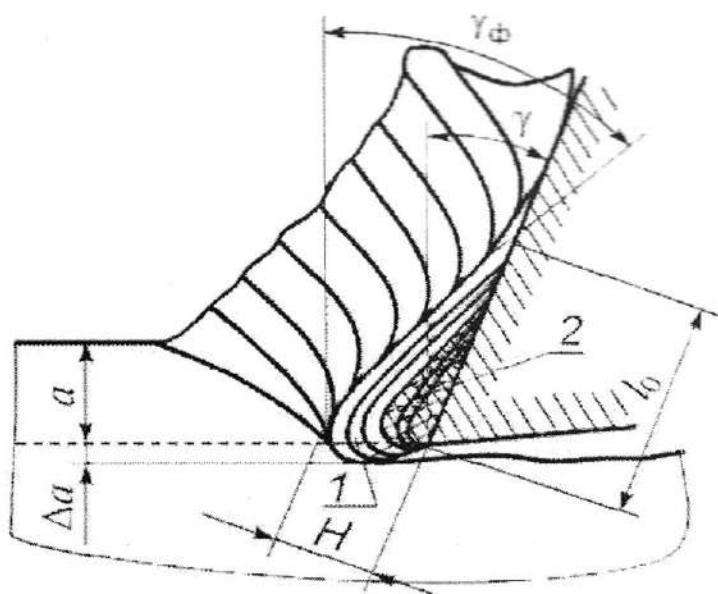


Рисунок 1.5 – Схема будови та розміри наросту

Внаслідок високої твердості наросту він, виконуючи функції різального леза, частково оберігає передню і задню поверхні інструменту від стирання їх стружкою, що сходить, і обробленою поверхнею і зменшує нагрівання. Це зменшує зношування інструменту, тобто. підвищення періоду його стійкості.

В результаті ступінь деформації, усадка стружки, робота та сила різання зменшуються

При зростанні наросту, його руйнуванні та подальшому зростанні відбувається періодична зміна фактичного переднього кута інструменту i , як наслідок, періодичні зміни сили різання. Тому при максимально розвиненому нарості можуть виникнути вимушені коливання системи верстат-інструмент-притосування-деталь (СНІД) з частотою, що дорівнює частоті утворення та повного або часткового руйнування наросту.

Через те, що вершина наросту зважується за лезо інструменту, дійсна товщина шару, що зрізається, стає більш номінальною на величину Δa (рис. 1.5), що потрібно враховувати при налаштуванні на розмір при чистовій обробці. Всі перелічені обставини вкрай небажаним виникнення наросту при чистовій обробці [2].

1.1.5 Зношування інструменту при різанні

Принциповою особливістю умов контактування (тертя) при різанні є наявність тонкого шару матеріалу, що обробляється, загальмованого (прилипшого) на деякій частині контактних поверхонь інструменту. Загальмований шар може перебувати у стійкому стані схоплювання з інструментальним матеріалом або нестійкому стані, коли спостерігається його переміщення щодо інструментального матеріалу. В умовах стійкого стану, коли немає відносного переміщення на кордоні «інструментальний матеріал-загальмований шар», знос на цих ділянках відсутній.

В умовах нестійкого стану, коли в загальмованому шарі продовжуються пластичні деформації зсуву і він, руйнуючись, переміщається контактною поверхнею інструментального матеріалу, спостерігаються процеси, що призводять до зношування у вигляді [1]:

- поступового втомного виривання мікрочастинок;

- перенесення (дифузії) хімічних компонентів, що входять до складу інструментального матеріалу;
- взаємного розчинення з контактним шаром матеріалу, що обробляється;
- утворення рідкої фази з більш легкоплавких нових сполук, отриманих в результаті хімічного синтезу компонентів інструментального та оброблюваного матеріалів, та газів з навколишнього контакту середовища.

Виходячи з цього, природу зношування лез різальних інструментів можна пояснити такими фізичними явищами (зносами) [6]:

- адгезійний, пов'язаний з перенесенням частинок однієї поверхні на іншу і обумовлений силами молекулярної або атомної взаємодії поверхонь, що труться (сили адгезії); його механізм пояснюється молекулярною теорією тертя;
- викликаний термодифузійним переносом атомів через поверхню торкання тіл, що труться, у напрямку від одного металу до іншого або по обох напрямках одночасно;
- абразивний, пов'язаний з механічним стиранням (мікрорізання) поверхонь, що труться - процесом, аналогічним шліфування;
- хімічний, обумовлений впливом зовнішнього середовища, наприклад кисню повітря, і утворенням хімічних сполук, що легко видаляються;
- втомне фарбування (диспергування при знакозмінних контактних напругах);
- перенос матеріалу термоелектричними струмами внаслідок різниці потенціалів, потенціалів іонізації, роботи виходу електрона, а також внаслідок впливу температури та інших факторів на зміну поверхневої енергії металів.

1.2 Вплив умов різання

Розглянемо, як буде залежати температура різання, знос інструменту і якість поверхні в залежності від швидкості різання, ширини і товщини шару, що зрізається, фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу і деяких інших факторів.

Вплив швидкості різання. Зі збільшенням швидкості (V) збільшується потужність різання (PzV), отже, і потужність теплових джерел. Однак ця залежність не прямо пропорційна, так як зі збільшенням швидкості різання складова сили Pz знижується через зменшення коефіцієнта усадки. Крім того, більшість тепла виноситься зі стружкою. Тому зростання температури Θ від швидкості V надалі уповільнюється (рис. 1.6) [1].

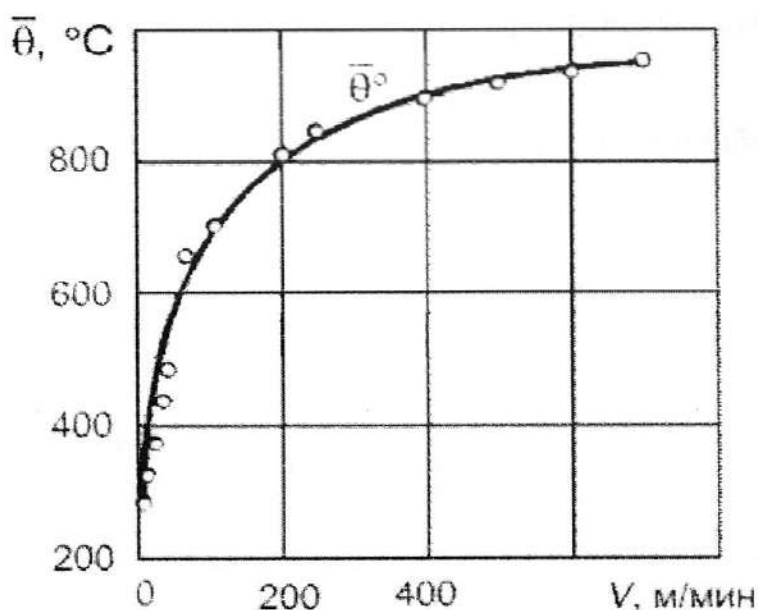


Рисунок 1.6 – Вплив швидкості різання V від температури Θ при точенні сталі 40X різцем з твердого сплаву Т60К6 ($t=1,5$ мм; $S=0,12$ мм/об)

Також встановлено [1], що за найпоширеніших умов різання сталей наріст має максимальну висоту при такому значенні швидкості різання, за якого температура $\Theta \approx 300^\circ\text{C}$ і зникає при значенні швидкості, при якій температура

$\Theta \approx 600^\circ\text{C}$. Зменшення розмірів наросту при температурах понад 300°C . Це пояснюється значним зниженням опору матеріалу наросту пластичного зсуву внаслідок його розм'якшення. Принаймні збільшення швидкості різання

(температури передній поверхні) змінюються як розміри наросту, а й його форма (рис. 1.7).

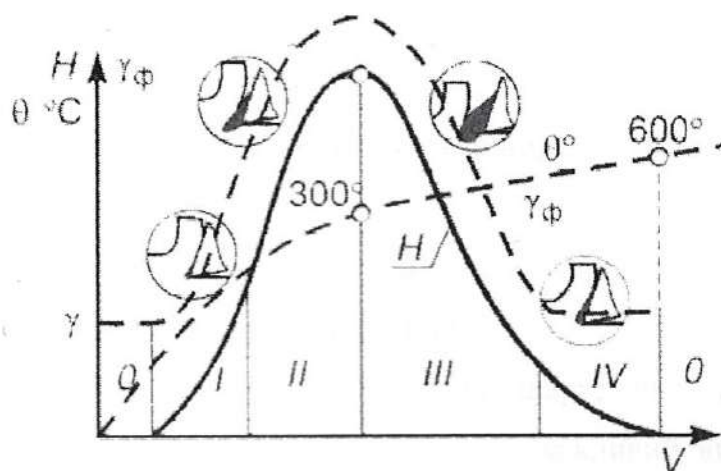


Рисунок 1.7 – Залежність висоти наросту від швидкості різання

Вплив глибини різання. Зі збільшенням глибини (або ширини шару, що зрізається – b) сила різання, а значить, потужність ($P_z V$), зростає майже прямо пропорційно, проте одночасно пропорційно збільшується активна довжина різального леза і площа контакту (рис. 1.8, а), через яку зростає відведення тепла в тіло інструмент. Тому із збільшенням t середня температура зростає незначно.

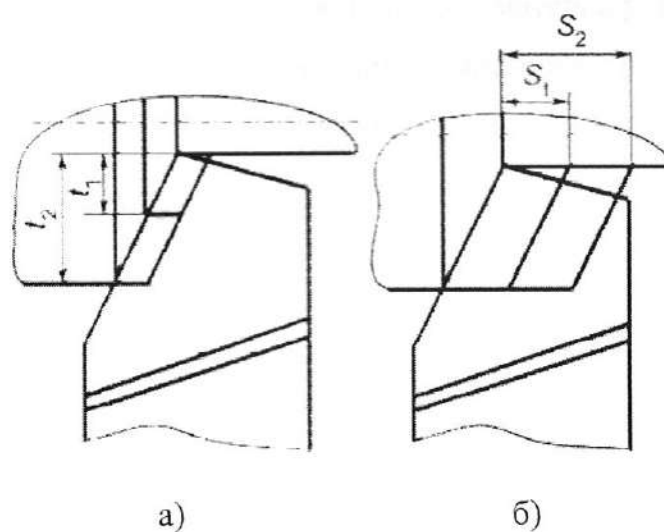


Рисунок 1.8 – Особливості впливу глибини різання (а) та подачі (б) на тепловідведення при різанні

Вплив подачі при різанні. Зі збільшенням подачі S (Товщини шару, що зрізається - а) Pz зростає, хоча не так сильно, як при зростанні t , отже, і зростає потужність теплових джерел. Одночасно збільшується площа зони контакту різця зі стружкою. Однак, на відміну від випадку з глибиною різання, ця ділянка концентрується поблизу вершини – найбільш термічно навантаженої зони (рис. 1.8 б), відведення тепла від якої більш утруднений. Тому вплив подачі на температуру сильніший, ніж глибини різання.

Неоднаковий вплив ширини і товщини шару, що зрізається на температуру різання дозволяє зробити наступний важливий висновок: для зменшення температури різання при заданій площі перерізу зрізуваного шару необхідно працювати з можливо великим ставленням t/S або b/a , тобто. з широкими та тонкими стружками [1].

Вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. На сили різання, а отже, на роботу різання і кількість теплоти, що виділяється, а також на умови тепловідведення впливають фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу. На температуру різання вони впливають як i , як і з Pz , тобто. є тенденція до збільшення Θ з підвищенням міцності, твердості та пластичності оброблюваного матеріалу. Великий вплив на температуру різання надає теплопровідність матеріалу, що обробляється. Чим вона вища, тим нижча Θ , так як відведення теплоти від місця її виділення в стружку і заготовлю більш інтенсивний. У той же час при обробці малотеплопровідних жароміцних, нержавіючих та інших сталей, що важко обробляються, температура різання значно вища, ніж при обробці звичайних сталей. Ще менша теплопровідність титанових сплавів, тому температура при обробці їх дуже висока [1, 3].

Вплив геометричних параметрів інструменту. Зі збільшенням γ зменшується сила, а, отже, і робота різання, а також кількість теплоти, що виділилася. Однак при цьому погіршуються умови її відведення, оскільки зменшується кут загострення β , тобто. масивність різального леза.

При деякому вугіллі γ_{opt} умови тепловідведення від контактної зони погіршуються настільки, що температура починає підвищуватися, хоч сила та потужність різання падають (рис.1.9). Аналогічно впливає на температуру і задній кут α .

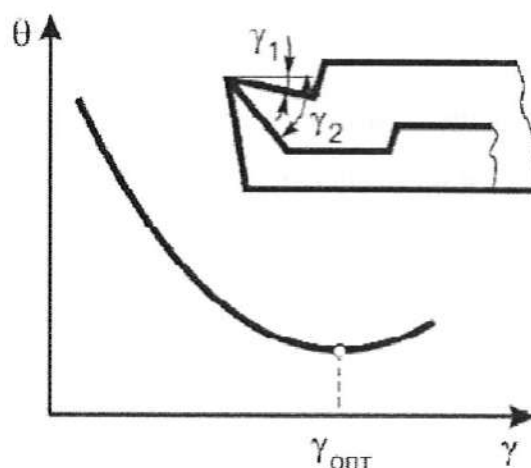


Рисунок 1.9 – Вплив переднього кута на середню температуру різання

Зі зменшенням головного кута в плані ϕ збільшується кут при вершині інструменту ϵ що призводить до зростання маси головки різця та поліпшення тепловідведення. Одночасно збільшується співвідношення між шириною і товщиною шару, що зрізається b/a . Обидва ці фактори призводять до зменшення температури (рис.1.10) [1].

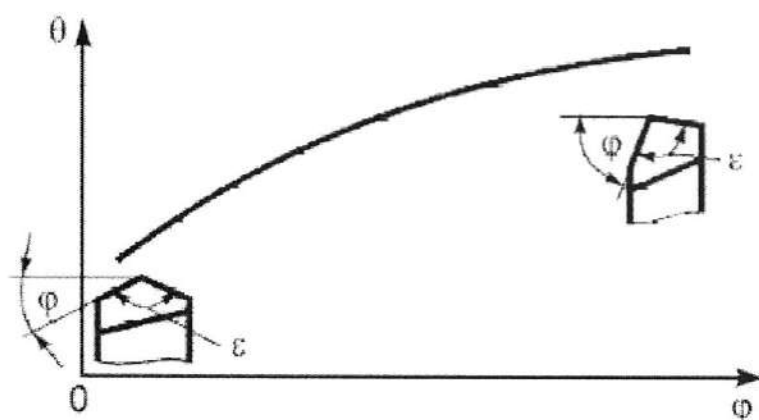


Рисунок 1.10 – Залежність температури різання від головного кута у плані

Висновки

Проаналізувавши джерела інформації робимо висновки

1. Підвищити ефективність процесу різання можна за рахунок зниження температури в зоні різання та правильного підбору режимів різання.
2. Зниження коефіцієнта тертя в трисполученні істотно впливає на стійкість інструменту.
3. Наріст ефективний на чорнових та напівчистових операціях.
4. Істотний вплив на процес різання має геометрія різального інструмента.

2 РОЛЬ МАСТИЛО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

2.1 Види мастило-охолоджувальних технологічних середовищ

Мастильно - охолоджуючі технологічні середовища (МОТС), речовини, що знаходиться у вихідному твердому, пластичному, рідкому, газоподібному стані і штучно вводиться в зону механічної обробки. Переважна більшість яких складають мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), рідке МОТС, є невід'ємними елементами, технологічними процесами сучасних металообробних виробництв, на них і буде акцентована увага в даній роботі.

Багато технологічних операцій обробки металевих заготовок різанням взагалі неможливі без застосування МОТС. Правильний вибір складу технології та техніки застосування МОТС дозволяє суттєво покращити економічні показники виробництва за рахунок збільшення продуктивності обробки, покращення якості продукції, підвищення стійкості інструментів, зменшення енерговитрат на механічну обробку, а також підвищити екологічну безпеку технологічних процесів [1].

Згідно з міжнародною класифікацією мастильні матеріали, що застосовуються при металообробці, відносяться до класу мастильних матеріалів, індустріальних масел та споріднених продуктів (ГОСТ 28549.0 – аналог міжнародного стандарту ISO 6743.0). Типами (видами) мастильних матеріалів (МОТС) є [1,7,8]:

- незмішувані з водою (нерозбавлені) масла мінерального, тваринного, рослинного та синтетичного походження;

- пластичні мастила, пасти, парафіни, що застосовуються в чистому вигляді або розбавлені маслом;
- мила, порошки, тверді мастильні матеріали та суміші з них, що застосовуються без розведення;
- концентрати, що утворюють при змішуванні з водою емульсії, мікроемульсії або прозорі розчини (відповідно емульсії, напівсинтетичні та синтетичні МОР);
- пластичні мастила та пасти, що застосовуються при змішуванні з водою.

На операціях механічної обробки застосовують МОТС, що перебувають у наступних агрегатних станах: газоподібні; рідкі (водні та масляні МОР); розплави солей металів та інших речовин; пластичні; тверді [16], які повинні мати однакові властивості, в залежності агрегатного стану.

Газоподібні МОТС. Застосовувані при механічній обробці газоподібні МОТС поділяють на чисті гази, пари та аерозолі.

Чисті гази можуть бути активними (кисень, водень, вуглекислий газ) та інертними (аргон, гелій). Кисень і водень вступають в активну хімічну взаємодію з металевою заготовкою та лезовим різальним інструментом, утворюючи міцні розділові плівки і виявляючи цим мастильну дію. В результаті зменшуються зношування різучого інструменту та висотні параметри шорсткості деталі. Таку ж функцію виконує вуглекислий газ, доставляючи до зони обробки додатковий кисень. Цей газ використовують також для охолодження заготовок, що обробляються при шліфуванні. Інертні гази виконують функцію захисного середовища, що запобігає безпосередньому контакту дуже активних ювенільних поверхонь заготовки, що безперервно утворюються при обробці різанням, з активними газами.

Пари розріджених газів (азоту, кисню, повітря, двоокису вуглецю) використовують для охолодження заготовки та різучого інструменту в процес обробки різанням.

Аерозолі (розпилені МОТС) класифікують за ступенем дисперсності: грубодисперсні аерозолі містять краплі рідини розміром більше 0,5-1,0 мкм, аерозолі колоїдної дисперсності - 5...500 нм, аналітичної дисперсності-1...5 нм. Що ступінь дисперсності аерозолу, то більше вписувалося його проникаюча здатність і технологічна ефективність. Однак пристрої, що використовуються в машинобудуванні, дозволяють поки що розпорощувати тільки грубодисперсні аерозолі.

Газоподібні МОТС застосовують на операціях механічної обробки зазвичай у двох випадках:

по-перше, коли не допускається застосування МОР, наприклад, при обробці деяких пластмас;

по-друге, якщо металорізальний верстат не оснащений системою застосування МОР [7].

Пластичні МОТС. Зазвичай їх називають пластичними мастильними матеріалами (ПСМ), оскільки практично вони реалізують лише мастильну функціональну дію МОТС. Основу густих мазеподібних ПСМ складають мінеральні, рослинні або тваринні масла та загусники.

З метою покращення трибологічних та експлуатаційних властивостей ПСМ, в їх основу вводять присадки та наповнювачі – тверді мастильні речовини (ТММ) чотирьох видів: неорганічні зі шаруватою структурою, органічні, м'які метали та полімерні матеріали.

При обробці металевих заготовок різанням переважно застосовують мастильні матеріали трьох груп:

1. Індивідуальні ПММ – органічні речовини: парафіни, мила, воски, твердий технічний тваринний жир, а також їх суміші. Використовують у вигляді олівців та брикетів ПММ для змащування лезових та абразивних інструментів перед обробкою;

2. ПСМ і ТСМ загальнопромислового призначення, що використовуються для змащування у вузлах тертя машин та механізмів.

Застосовують у вигляді мазеподібних ПСМ, що містять дисульфід молібдену, графіт, порошки свинцю, міді, цинку та різні присадки;

3. Багатокомпонентні ТСМ і ПСМ цієї групи мають досить широку сферу застосування: олівці та брикети ТСМ і пластичні мастила застосовують для змащування лезових ріжучих інструментів при точенні, розточуванні, свердлінні, зенкеруванні, розгортанні, протягуванні, різьбонарізуванні, заточування різальних інструментів.

Різновидом ПСМ є абразивні пасти – композиції сполучного та абразивного наповнювачів. Завдяки своєму складу пасти одночасно виконують дві технологічні функції: диспергування матеріалу заготовки та зниження роботи тертя при абразивному мікрорізанні. [7].

Основна частина механічної лезової обробки виконується із застосуванням МОЖ, набагато рідше – газів та нанесених на робочі ділянки інструменту пластичних та твердих МОТС, розплави не розглянуті через вкрай обмежене застосування. З огляду на більшу поширеність, МОР представляє більший інтерес при подальшому дослідженні. Зупинимося на ній докладніше.

2.2 Мастило-охолоджувальні рідини

У переважній більшості при обробці різанням застосовують водні (водозмішувані) та масляні МОР.

Водні МОР готують на машинобудівних та інших підприємствах, вводячи тим чи іншим способом в основну фазу (воду) так звані вихідні продукти (концентрати). Залежно від розмірів частинок дисперсної фази, що утворюється у воді, отримують емульсії (грубодисперсні суміші з розмірами частинок 10-5нм і більше), напівсинтетичні (напівпрозорі розчини колоїдної дисперсності - 10-6...10-5 нм) та синтетичні МОР (прозорі розчини молекулярної дисперсності 10-7...10-6нм, розчини електролітів іонної дисперсності - до 10-7 нм). Для посилення функціональних дії та поліпшення

експлуатаційних властивостей у водні МОР вводять мінеральні масла, емульгатори, інгібітори корозії, протизносні та протизадирні присадки, автипенні добавки, електроліти та інші речовини.

Масляні МОР надходять на металообробні підприємства в готовому для застосування вигляді і є зазвичай високоочищені нафтові масла з присадками різного призначення. Іноді використовують значно більше, дорогі, але відрізняються високою термостабільністю, хімічною інертністю, хорошими антифрикційними і протизносними властивостями, синтетичні масла або їх суміші з нафтовими маслами. Масляні багатоцільові МОР можуть служити одночасно і як мастило в парах, тертя механізмів верстатів і робочою рідиною в гідроприводах [7].

2.2.1 Властивості МОР

Застосування МОРС має на меті зниження температури, сили різання та споживаної потужності, що призводить до підвищення стійкості інструменту, якості обробленої поверхні та продуктивності. Ці вимоги досягаються, якщо МОРС мають такі функціональні властивості:

- змащувальна;
- змочує та проникаюча;
- охолоджувальна;
- миюча;
- руйнівна (що полегшує процес деформації);
- захисна;
- зміцнююча.

Мастильна дія МОР. Полягає у зменшенні сили тертя та ймовірності схоплювання та адгезії контактуючих поверхонь інструменту, заготовки та стружки внаслідок утворення на них вторинних структур (плівок), що

запобігають безпосередньому контакту інструментального та оброблюваного матеріалів [1,2,7,10].

Підвищення швидкості різання та подачі зменшує вплив змащувальних властивостей, внаслідок погіршення умов проникнення.

Доступ мастильних компонентів у рідині, на поверхні, що труться (рис. 2.1), може здійснюватись [10]:

- а) через мережу капілярів, що безперервно утворюються і руйнуються між поверхнями тертя стружки і інструменту;
- б) за рахунок утворення порожнин (вакуумного всмоктування), викликаних періодичними (до сотень разів на секунду) зривами наросту;
- в) порушення щільності контакту внаслідок вібрацій (коливань) інструменту та заготовки;
- г) в результаті дифузії деяких атомів, молекул або іонів МОТС за внутрішньою мікрокапілярною системою мікроцілин і мікротріщин у зоні стружкоутворення, що деформується.

МОТС проникає в контактну зону в основному через бічну межу контакту стружки з передньою поверхнею інструменту і її дія обмежується периферійною зоною навколо майданчика захоплення, в якій виникає переривчастий контакт. В результаті зменшуються розміри пружно-пластичного, так і пластичного контактів.

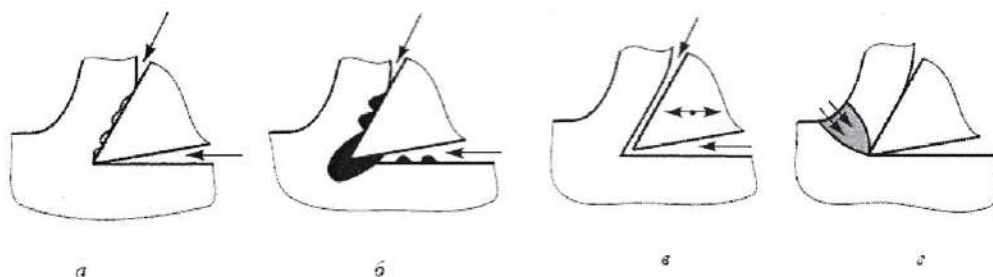


Рисунок 2.1 - Схеми надходження мастильного матеріалу в контактну зону під час різання металів

З підвищенням швидкості різання та подачі вплив змащувальної дії МОРС на процес тертя та зношування знижується, так як погіршуються умови проникнення МОРС у зону контакту та не встигають утворюватися адсорбційні плівки.

МОР може проводити мастильні дії хімічного, дифузійно-хімічного або контактено-гідродинамічного характеру.

Мастильна хімічна дія МОР полягає в тому, що в результаті взаємодії в присутності МОР поверхонь ріжучого інструменту, стружки та оброблюваної заготовки та них утворюються плівки хімічних сполук (оксидів, сульфідів, хлоридів та ін.) Функція МОР полягає в тому, щоб активувати або приглушувати реакції зазначеної взаємодії на відміну від тих, що мають місце під час різання без МОР.

Мастильна дифузійно-хімічна дія МОР. Відбувається в наступному: під час пластичної деформації металів всі дифузійні процеси в них прискорюються; рухомі атоми вуглецю, що містяться в матеріалі оброблюваної заготовки, проходять через оксидні плівки, відновлюючи при цьому метал з оксидів, і мігрують на межі «інструментальний - матеріал, що обробляється і стружка»; тому для запобігання чи обмеження дифузії вуглецю з інструментального матеріалу, а отже, для зменшення зносу інструменту, доцільно організувати підведення вуглецю ззовні у складі МОР.

Мастильна контактено-гідродинамічна дія. Характеризується тим, що утворюються досить товсті плівки, при цьому, мають високу пружність форми і здатні сприймати великі контактні навантаження. На утворення таких плівок суттєво впливає в'язкість МОР, яка має оптимум для кожного виду операцій механічної обробки.

Мастильна дія МОР на макрорівні. Демпфуюча дія полягає у зміні динамічного стану технологічної системи на майданчиках тертя. Замкнуті порожнини заповнюються МОР та проявляється у зменшенні амплітуди коливань, що знаходяться в контактні заготовки та ріжучого інструменту.

Мастильні ефекти, проявляючись вибірково чи інтегровано, покращують практично всі показники функціонування системи різання та її вихідні параметри [6]:

- збільшується стійкість інструменту внаслідок зменшення зносу та задира лезового інструменту, зростає продуктивність обробки;
- зменшується шорсткість і хвилястість обробленої поверхні, знижуються залишкові напруги, внаслідок кращого екранування поверхонь, що труться;
- стабілізується процес наростоутворення, зменшуються розміри наросту, міцність та сила його зчеплення з інструментом;
- знижуються сили тертя, витрата енергії та температура різання.

Але збільшення змащувальної дії МОРС має і від'ємні наслідки:

- стійкість інструменту зменшується при підвищеному корозійно-механічному зношуванні ріжучих кромek або при ліквідації наросту;
- зростають сили різання під час обробки металів, граничні плівки яких мають вищу міцність, ніж метал заготовки.

Змочує та проникаючу дію МОР. Змочування рідиною поверхонь деталі та інструменту дуже впливає на змащувальну, миючу, охолоджувальну, диспергуючу дію МОР. Якщо рідина погано змочує поверхню, що охолоджується, то можливий тільки плівковий режим кипіння. У цьому випадку біля поверхні твердого тіла утворюється парова плівка, яка різко погіршує тепловіддачу [2].

Ступінь змочування рідиною поверхні твердого тіла оцінюють за поверхневим натягом рідини на межі розділів фаз тверде тіло - рідина і по крайовому куті змочування θ . Хороше змочування забезпечується при низьких значеннях поверхневого натягу та невеликих крайових кутах змочування. У таблиці 2.1 наведено значення поверхневого натягу деяких рідин. $\sigma_{т.ж.}$

Таблиця 2.1 - поверхневий натяг рідин на поверхні розділу рідина - пара

Рідина	Температура, °C	Поверхневий натяг, Н/мσ × 10 ³
1	2	3
Вода	20	72,9
Гліцерин	18	62,5
1% водний розчин ТМ:		
бутанової кислоти	-	44
гексанової кислоти	-	44
октанова кислота	-	46
5% водні емульсії		
Аквол-2	-	36
1	2	3
Аквол-6	-	31,6
10% водна емульсія ІХП-45Е	-	32-36
Масляні МОР		
ІХП-1	-	32,8
ІХП-4	-	27,65
Олія рицинова	18	36,4
Бензол	20	28,9
Олеїнова кислота	65	28,6
Гас	-	22
Чотирьоххлористий вуглець	25	26,4

Якщо крайовий кут більший за 90°, то вважається, що рідина не змочує поверхню твердого тіла; її краплі не проникатимуть у капіляри та тріщини. Крайовий кут визначається за такою формулою:

$$\cos \theta = \frac{(\sigma_{т.г.} - \sigma_{т.ж.})}{\sigma_{ж.г.}} \quad (2.1)$$

де - поверхневі натяги на межі розділу фаз, відповідно тіло - газ (т. г.), тіло - рідина (т. ж), рідина - газ (ж. г). $\sigma_{т.г.}$, $\sigma_{т.ж.}$, $\sigma_{ж.г.}$.

Змочування рідиною поверхні залежить від матеріалу твердого тіла, мікрогеометрії поверхні, хімічного складу та будови рідини. Гладкі поверхні краще змочуються, ніж поверхні, що мають великі мікрорівності і тріщини.

Поверхнево-активні речовини (ПАР), що входять до складу МОР, зменшують поверхневий натяг рідини та покращують змочування деталі та інструменту.

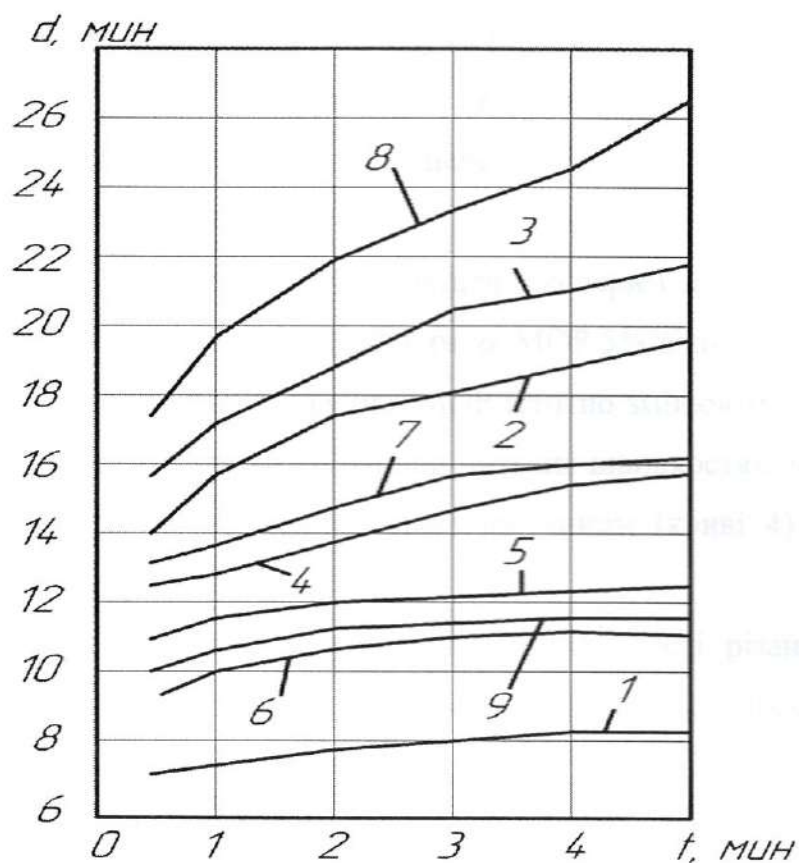
Змочувальна здатність ПАР збільшується зі зростанням асиметрії у будові молекул. Різні випадки змочування можна розділити на дві групи: змочування під дією молекулярних сил (фізичне або оборотне змочування); змочування з величезним переважанням сил хімічної взаємодії (хімічне змочування).

При фізичному змочуванні температура зазвичай слабо впливає на крайовий кут, при хімічному – крайовий кут різко зменшується при нагріванні до певної (залежно від системи) температури, оскільки підвищення температури активує хімічні реакції, дифузійні процеси.

Змочування інструменту та оброблюваного матеріалу в процесі обробки відбувається у динамічних умовах. Швидкість змочування можна оцінити за швидкістю розтікання краплі рідини горизонтальною поверхнею твердого тіла протягом певного часу [2].

Зі зменшенням кута змочування та зі збільшенням швидкості розтікання рідини по поверхні твердого тіла зменшується робота диспергування та знижується сила різання. На рис. 2.2 показано зміну діаметра плям, утворених нормованими краплями МОР при їх розтіканні поверхнею електрокорунду білого протягом 5 хв. Експерименти проводили з синтетичними, напівсинтетичними, емульсійними та масляними МОР та дистильованою водою рис. 2.2. При глибині різання 0,015 мм сила різання зменшилася в 1,75 рази при зернистості абразивного матеріалу 40, в 1,85 рази - при зернистості 25 і в 2 рази при зернистості 16. Чим більша зернистість,

тим менше розвинена поверхня, тим менша її площа і менша кількість рідини адсорбується на ній. Збільшення швидкості різання з 5 до 25 м/с призвело до зниження різання в середньому в 1,6 рази.



- 1 - вода дистильована; 2 – 1% розчин кальцинованої соди;
 3- 1% розчин кальцинованої соди та 0,5% нітриду натрію;
 4 – 3% Аквола-10; 5 – 3% Аквола-11; 6 – 3% Укрінол-1; 7 – МР-2У;
 8 – ОСМ-1; 9 - олія вазилінова

Рисунок 2.2 – Кінематика розтікання нормованої краплі МОР по поверхні абразивного матеріалу (d-діаметр плями, мм; t – час розтікання)

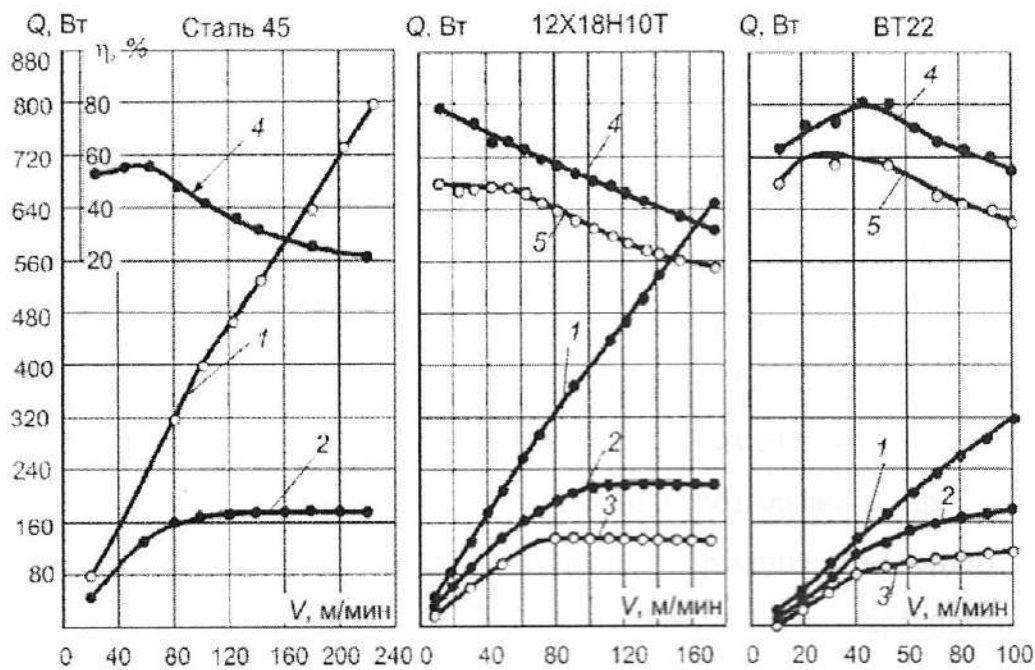
Дослідження впливу змочуючої здатності МОР на процес диспергування матеріалу абразивного кола при редагуванні показало, що зі збільшенням зернистості абразивного матеріалу зменшується вплив МОР на процес різання. Експерименти проводили при мікрорезанні алмазним індентором абразивних кіл з білого електрокорунду.

Охолоджувальна дія МОР. Полягає у відводі теплоти із зони різання від нагрітих поверхонь оброблюваної заготовки та інструменту. Хорошим

охолоджуючою дією володіють водні МОР, проте краще охолодження забезпечують масляні МОР, які гарантують (внаслідок кращої мастильної дії) менші значення теплового потоку і контактних температур у зоні обробки зважаючи на меншу теплосилову напруженість цього процесу. Збільшення тепловідведення МОР забезпечують зменшенням її температури та збільшенням швидкості відносного переміщення МОР і об'єкта, що охолоджується. [1].

На рис. 2.3 представлені результати експериментів, отримані при точінні різних матеріалів із застосуванням як МОР 5% водного розчину соди та масла (Індустріальне-20). Як видно, МОР істотно змінюють теплофізичну обстановку в зоні різання, забираючи при низьких швидкостях до 80% тепла, що виділяється при охолодженні водним розчином (криві 4) і до 60% - маслом (криві 5) [11].

У загальному випадку, зі збільшенням швидкості різання кількість тепла, що забирається МОР з усіх ділянок зони різання, має зростати, маючи певне зниження в темпах. Отримані дані (рис 2.3, криві 2,3) показують, що це положення в реальних умовах проявляється при різанні тільки відносно низьких швидкостях. Після досягнення ж швидкостей 80 ... 100 м/хв при охолодженні водним розчином і 50 ... 60 м/хв - маслом, інтенсивність тепловіддачі різко зменшується, і в подальшому кількість тепла, відбирається МОР практично залишається незмінною. І ця закономірність проявляється при обробці матеріалів, що різко відрізняються за властивостями, в середовищі як водної, так і масляної МОРС.



1 - загальна кількість тепла, що виділилося;
 2,3 - абсолютна та 4,5 відносна інтенсивність охолодження зони різання
 відповідно водним розчином соди та маслом

Рисунок 2.3 - Вплив охолодження на теплові характеристики процесу різання (BK8, $S=0,14$ мм/об, $t=1,0$ мм):

Миюча дія МОР полягає у забезпеченні безперервної евакуації із зони обробки, з технологічного обладнання, інструменту та заготовки продуктів зносу ріжучого інструменту, дрібної стружки та інших відходів обробки, стабілізації продуктів диспергування металу та запобігання їх подальшій десорбції заготовкою, інструментом, елементами системи застосування МОР, технологічним обладнанням. Щоб МОР мала хорошу миючу дію, вона повинна мати такі властивості:

- високу поверхневу активність або низький натяг на поверхнях розділу, що покращує змочування твердих частинок;
- здатність створювати навколо твердих частинок, агрегатно-змочувальні плівки, результатом чого є відокремлення частинок від поверхонь інструменту, заготовки, технологічного обладнання.

Радикальними засобами посилення миючої дії МОР є: оптимізація вмісту у МОР поверхнево-активних речовин; збільшення витрати МОР та

швидкості рідинного потоку; створення умов, сприятливих для розвитку на поверхнях кавітаційних процесів, що очищаються; оптимізація способу подачі МОР; ультразвукове очищення робочої поверхні абразивного інструменту.

Миюча дія МОРС має першорядне значення при обробці різанням матеріалів, що утворюють дрібні розсипчасті стружки (чавун, пластмаса і т.п.), а також при уламках стружки на інструмент та оброблену поверхню. Велике значення цієї дії на операціях, що характеризуються утрудненим видаленням стружки: свердління, розточування, розгортання, протягування глибоких отворів і особливо глухих (наприклад, нарізання різблення).

Ефективність миючої дії МОРС залежить від здатності його поверхнево-активних елементів адсорбуватися та зменшувати поверхню натягу на межі розділу тверде тіло – рідину. Плівки, що утворюються, знижують адгезію шламу до поверхні інструменту і деталі.

Найкращою дією, що змивають, володіють газ, содові і мильні розчини, які утворюють найтонші плівки, що розділяють дрібні частинки стружки і абразиву, що перешкоджають як їх злипанню один з одним, так і з поверхонь деталі і інструменту [1].

Диспергуюча (руйнівна) дія МОР. Полягає, у її можливості полегшувати пластичне деформування оброблюваного матеріалу і розрив зв'язків у ньому під час використання інструмента. Цю дію називають також ріжучою та пластифікуючою. Диспергуюча дія дозволяє подовжити період стійкості інструменту, обробляти заготовки з матеріалів з підвищеною продуктивністю. Воно проявляється в основному в зоні контактної взаємодії інструменту із заготовкою і визначається високою поверхневою активністю МОР - здатністю ефективно знижувати роботу утворення нової поверхні заготовки, що обробляється [7].

Якщо зовнішнє середовище, що вводиться в зону обробки, забезпечує відносно слабе зменшення поверхневої енергії, що має місце при фізичній адсорбції, досягається поверхневий ефект, що пластифікує, тобто локалізує

пластичної деформації у тонкому поверхневому шарі. Розм'якшений шар, що утворюється внаслідок пластифікуючого ефекту, виконує роль додаткового мастильного матеріалу і зменшуючи тертя на контактних поверхнях і знижуючи надмірну деформацію в стружці і оброблюваному виробі, дозволяє поліпшити якість одержуваної поверхні. Особливо високою є роль пластифікування при обробці металів тиском. Максимальне зниження поверхневої енергії твердого тіла за фізичної адсорбції не перевищує 10% вихідного значення. Тому адсорбція органічних ПАР забезпечує полегшення руйнування тільки речовин з малою енергією зв'язку в кристалічній решітці, як деяких іонних кристалів, легкоплавких металів і полімерів. У звичайних умовах підвищення стійкості інструменту відбувається як внаслідок прояву ефекту Ребіндера (адсорбційне зниження міцності), так і в результаті поліпшення мастильних властивостей середовища. Наприклад, введення до складу нітритно-содового розчину триетаноламінового ефіру олеїнової кислоти з високою адсорбційною здатністю при точінні сталі X18H9T підвищує стійкість різця з Р6М5 в 2 рази [2]. У звичайних умовах підвищення стійкості інструменту відбувається як внаслідок прояву ефекту Ребіндера (адсорбційне зниження міцності), так і в результаті поліпшення мастильних властивостей середовища.

Необхідно відзначити, що в сучасних складах МОТС руйнівна (пластифікуюча) та мастильна дії забезпечуються одночасно [1].

Захисна (антикорозійна) дія МОТС. Пов'язано з хімічним захистом ювенільної поверхні, що утворюється в процесі різання, від шкідливого впливу атмосфери повітря, що зумовлює зниження міцності та експлуатаційних характеристик деталі.

За схильністю до корозії оброблювані матеріали відрізняються дуже широко і це є визначальним під час виборів способу антикорозійного захисту [1].

У ряді випадків присадки, що використовуються для поліпшення мастильних властивостей, виконують одночасно і функції інгібіторів корозії

(полімерні ненасичені жирні кислоти, дисульфіді, амінофосфати, діалкілдітіфосфати). Для МОР з присадками сірки та хлору ефективні лужноземельні солі жирних, нафтових та сульфокислот, а також деякі оксигетильовані продукти. Хорошими антикорозійними властивостями і біологічною стійкістю проти мікроорганізмів, здатних з'їдати до 30% вуглеводневих компонентів емульсії і підвищувати її корозійну агресивність, мають полімермісткі МОТС, в яких в якості інгібіторів корозії використовується 0,5% фосфати, нітрат. Дія проявляється при застосуванні хімічно інертних газових середовищ. Наприклад, циклічна міцність титанових сплавів помітно підвищується під час обробки серед аргону. Захист від корозії кольорових металів забезпечують застосуванням масляних МОР, що містять невелику кількість вільної сірки [10].

3 ВИБІР СКЛАДУ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ РІДИНИ

Процес різання виконується при великій різноманітності силових, температурних умов, схем та варіантів. При цьому від МОР потрібно забезпечити одночасно більшою чи меншою мірою кілька функцій.

Практично всі МОР поліфункціональні одночасно надають як мастильну, так і охолоджувальну дію [1].

До водної групи МОР (табл.3.3) відносяться водні розчини мінеральних електролітів (ще називаються синтетичними МОР) та водні емульсії. Останні є системою двох рідин, у якій одна (нафтові масла, олеїнова кислота, каніфоль, розчин каустичної соди, спирт) у вигляді дрібних крапель (2...10%) розподілена в іншій - воді. Для збільшення стійкості емульсин до них додають спеціальні речовини (солі жирних кислот – мила), які називають емульгаторами. Для підвищення ж охолодних властивостей додають порошки (наприклад, алюмінієву пудру), що мають високу теплопровідність. Ці МОР містять також інгібітори корозії (дисульфіди, полімерні жирні кислоти та ін.), антизносні та антизадирні присадки (що містять сірку, хлор, фосфор) антипінні (диметилселіконові полімери) добавки та бактерициди.

Ця група рідин застосовується за умови, коли процес різання супроводжується розвитком високих температур: на чорнових операціях (зняття великих припусків); при різанні в'язких, що зміцнюються матеріалів, до яких належать нержавіючі та жароміцні сталі та сплави: на більшості операцій шліфування.

Шляхом зміни концентрації компонентів водних МОР створені напівсинтетичні МОР (табл. 3.4). Основу цих рідин становить вода (до 50%). інше – емульгатори (водорозчинні полімери: поліетилен, поливінілхлорид та інші ПАР) та обов'язково – малов'язка нафтова олія. За експлуатаційними

властивостями, універсальністю, тривалістю збереження вони перевершують емульсії [1,2,8].

МОР масляної групи (табл. 3.5) складаються в основному з мінерального мастила (60...90%), до якого додають антифрикційні (масла та жири), антитуманні (поліолефін, поліпропілен) присадки, а також, як і для водних

МОР - інгібітори корозії, антизносні та антипінні добавки. Активними присадками в масла рослинного, тваринного та мінерального походження служать речовини, що містять фосфор, хлор та сірку. Широко застосовані МОР на масляній основі, з присадками сірки та хлору, сульфозфрезоли значно (до 20%) знижують потужність різання. Ефективність застосування цієї групи рідин пов'язана із зменшенням тертя в контакті інструменту із заготовкою, застосовуються при: чистовій обробці, різьбонарізуванні, протягуванні, зубофрезеруванні [1,2,8].

Технологічні властивості МОТС оцінюють за їх впливом на знос і стійкість інструменту, шорсткість поверхні і точність обробки, а також зміна зусиль і температур різання.

В оптимальних умовах МОР забезпечують підвищення стійкості інструменту в 2...4 рази, зниження зусилля різання на 40...60%, температури на 10...20%, поліпшення шорсткості поверхні, що обробляється на один-два класи [7].

Однак при виконанні низки операцій використання МОР має негативну дію. Головним чином це має місце при застосуванні твердих сплавів на високошвидкісних операціях, коли високі градієнти температур стимулюють розвиток термічних тріщин та розтріскування пластин. У таких процесах застосовувати охолодження не рекомендується. Не рекомендується застосування охолодження і при обробці чавунів, пластмас та інших матеріалів через низьку ефективність та забруднення робочого місця, забивання фільтрів сумішшю МОР з пилом [2,8].

У зв'язку з нескінченно великою різноманітністю технологічних умов при різанні вибір оптимального варіанта технологічного середовища, як правило, здійснюється емпірично та базується на досвіді її застосування у конкретних умовах. В результаті, склади МОТС ускладнюються, а їх кількість продовжує збільшуватися.

Набір уніфікованих МОТС має забезпечувати досить високу ефективність їх застосування у різноманітних, але щодо близьких за змістом умов різання. При цьому, природно, доводиться миритися з тим, що ця МОТС не буде максимально ефективною на кожній конкретній операції [7].

Таким чином, для раціонального функціонування виробництва оптимальний асортимент МОТС має включати як уніфіковані, і спеціальні склади.

У додатку Б наведено деякий асортимент та сферу застосування МОР [7].

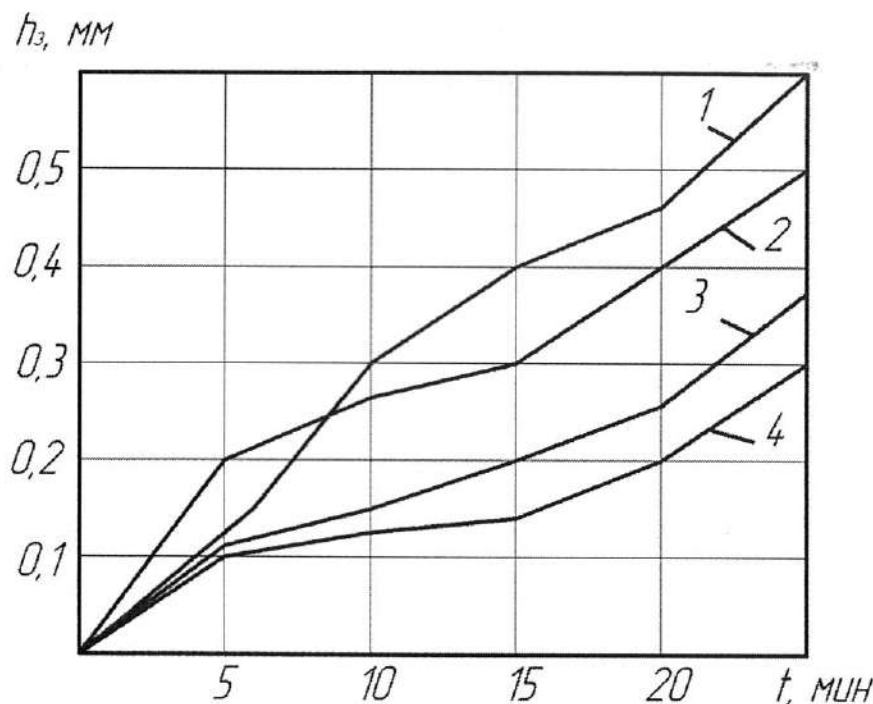
3.1 Види МОР за складом

Кисневмісні МОР. Ефективність дії МОР на стійкість ріжучого інструменту є її основною характеристикою. Як показують дослідження, зміна складу МОР дуже впливає на знос і стійкість ріжучого інструменту. Це становище наочно ілюструється наступним прикладом. У герметизованому боксі було встановлено настільний токарно-гвинторізний верстат, на якому проводилося різання сталі 45 та нікелевого сплаву із застосуванням МОР та різних газових середовищ [10].

Для утворення захисних окисних плівок потрібна наявність у МОР кисню та води. Були проведені випробування озонованих МОР-емульсолу Т та сульфорецинату Е при точенні жароміцного сплаву EI-617. Аналіз графіка (рис. 3.1) показує, що озонування водних розчинів поверхнево-активних речовин (ПАР) значно зменшує знос задньої грані різців, це свідчить про

високі мастильні властивості озону. Співвідношення між величиною зносу по задній грані різців для озонованих Н неозонованих МОР через 20 хвилин різання склало для сульфорецинату $E=1,8$ та емульсолу

$$T=2,0 \cdot \frac{h_{ze}}{h_{ze}+O_3} \frac{h_{ze}}{h_{ze}+O_3} \quad [10].$$



1 - емульсія ПАР Е - 10%; 2 - емульсія ПАР Е - 10% насичена озоном;
3 - емульсія Т - 10%; 4 - емульсія Т - 10% при насиченій озоном

Рисунок 3.1 - Залежність зносу h_3 задньої грані різця зі сплаву ВК8 від часу t при точенні жароміцного сплаву EI-617 ($v=30$ м/хв, $S=0,1$ мм/об, $t=1,5$ мм)

Аналіз наведених даних за допомогою програми AtteStat показує, що залежність може бути описана поліномом першого ступеня виду:

$$h = b_0 + b_1 t \quad (2.2)$$

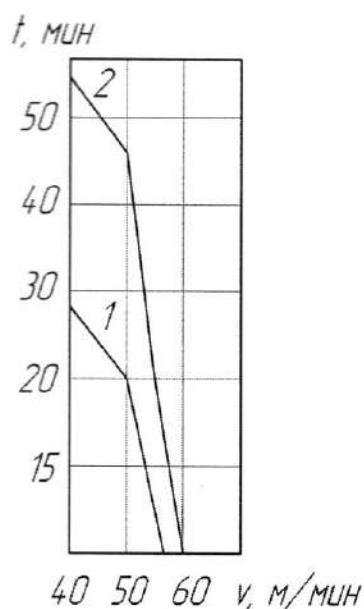
І має досить високий коефіцієнт детермінації R_2 від 0,9 до 0,97. Коефіцієнти для відповідних кривих представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів для регресійного аналізу

Крива	b_0	b_1 (верхня – нижня межа 95% інтервалу)	R_2
1	0.015	0.023 (0,02...0,027)	0.97
2	0.052	0.018 (0,014...0,022)	0.94
3	0.010	0.014 (0,011...0,016)	0.96
4	0.012	0.011 (0,007...0,013)	0.90

Коефіцієнт b_1 представляє інтенсивність зношування. Регресійний аналіз з довірчою ймовірністю 95% показує деяке перекриття 95% інтервалів. У цьому випадку, на наш погляд, недостатньо даних для остаточного висновку щодо ефективності методу, хоча середні показники свідчать про зниження інтенсивності зношування при насиченні озоном на 21...22%.

Тривалі лабораторні та промислові випробування були проведені з МОР [10], підданими насичення киснем та повітрям. Було встановлено, що насичення МОР киснем підвищує стійкість різців з швидкорізальних сталей при точенні сталі 45 діапазоні швидкостей різання 40-50 м/хв приблизно в 2 рази; з подальшим збільшенням швидкості ця різниця зменшується (рис. 3.2).



1 - емульсол Т; 2 - емульсол Т насичений киснем

Рисунок 3.2 - Залежність стійкості різця від швидкості різання при точенні сталі 45 різцем із сталі P18 ($S=0,25$ мм/об, $t=2$ мм):

Слід зазначити, що отримані висновки про вплив кисню на знос і стійкість різців узгоджуються з іншими дослідженнями, в яких повідомляється про те, що дегазація МОР (видалення кисню повітря) зменшує ефективність МОР при різьбонарізанні приблизно в 2 рази.

У зв'язку з цим було проведено комплексне дослідження впливу МОР з присадками перекисів водню та бензонлу на зношування та стійкість різців при точенні різних металів. На рис. 3.3 представлений графік залежності стійкості різців Р18 від концентрації перекису водню в МОР при точенні сталі 45. З графіка випливає, що при концентрації перекису водню в МОР, що дорівнює 1,0%, стійкість різців досягає максимального значення [10].

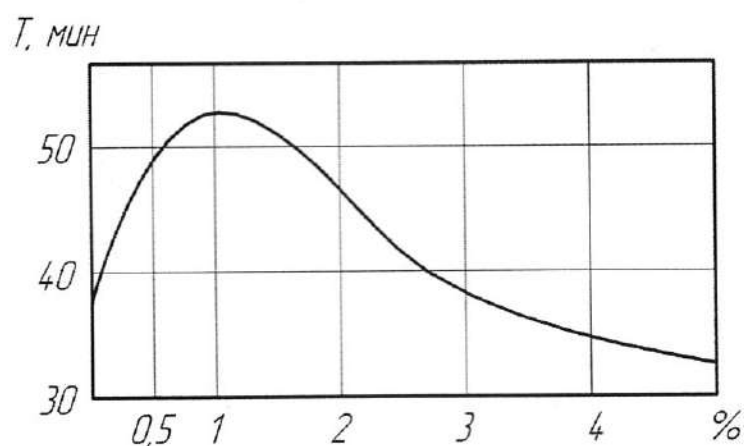


Рисунок 3.3 – Залежність стійкості різця від концентрації перекису водню при точенні сталі 45 різцем з сталі Р18 ($v = 40\text{ м/хв}$, $S = 0,25\text{ мм/об}$, $t = 1,5\text{ мм}$)

При надлишку перекису водню в МОР знос різців може бути навіть вищим, ніж без її присадки, це пояснюється підвищеним хімічним зносом ріжучого інструменту. Зі збільшенням концентрації підвищується також агресивність МОР по відношенню до напрямних верстата. У зв'язку з цим при подальших випробуваннях концентрація перекису водню в МОР приймалася в межах 0,1-0,5% [2].

Йодомісткі МОР. Широке розповсюдження отримали МОР з присадками йоду (I) та його сполук. Застосування йодистих мастил

ефективно при різанні важкообробних матеріалів: нержавіючих сталей, молибденових та нікелевих сплавів. В основі високої мастильної дії йодистих мастил лежить механізм руйнування нейтральних молекул йоду на радикали та зародження ланцюгових реакцій з утворенням захисних плівок.

Застосування йода виявилось особливо успішним при обробці титану та його сплавів лезовим та абразивним інструментом. При розгляді механізму дії йоду при тертях зазначалося, що чистий титан має коефіцієнт тертя, що дорівнює 1,2, а витримка в парах йоду при кімнатній температурі призводить до негайної реакції з утворенням чорної плівки TiI_2 . Хімічні плівки, утворені в результаті реакції парів йоду з титаном, мають низький коефіцієнт тертя (0,3) і зберігають свої фрикційні властивості до температури $400^\circ C$.

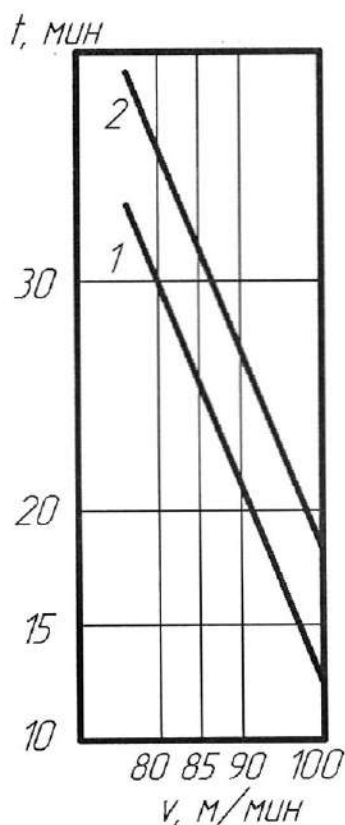
Експериментально встановлено, що застосування парів йоду або йодовмісних МОР забезпечує хімічну реакцію йоду радикалів з металами (нікель, титан, залізо) при температурі $260 - 420^\circ C$ з утворенням нестійких сполук. Йодисті плівки, що виганяються, створюють сприятливу газову атмосферу, що забезпечує мінімальне тертя. Плівки сполук йоду мають «пухку» будову та низьку температуру плавлення, що підтверджується даними таблиці 3.2 [2,9].

Таблиця 3.2 - Щільність та температура плавлення йодистих плівок

Тип плівки	Щільність, г/см ²	Температура плавлення, °C
Cu_2I_2	5,62	605
CuI	5,6	600
FeI_2	5,31	592
AlI_3	3,98	180

У ряді випадків при взаємодії металів з йодом на контактних поверхнях утворюються сполуки кулястої форми, аналогічні сульфідним включенням у сталі. Вплив йодовмісних МОР підтверджено експериментальними даними,

отриманими при гострінні сталі X18H10T, сплаву BT5, рис. 3.4 [2,9] забезпечує підвищення стійкості інструменту в 2.5 - 3 рази.



1 – водою; 2 - йодовмісної МОР

Рисунок 3.4 - Залежність стійкості t від швидкості різання ($s=0,2$ мм/об, $t=1,5$ мм)

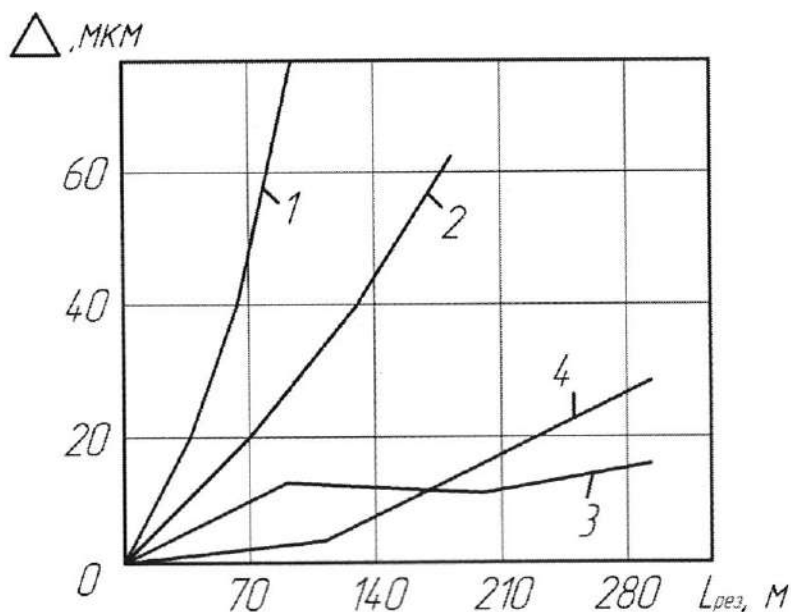
В роботі [9], при обробці титанового сплаву BT5-1, сплаву 12X18H10T і сталі 45 швидкорізальним інструментом, встановлено що, при використанні присадок йоду у складі МОР, зменшився коефіцієнт тертя в парі інструмент - заготовка, зменшена адгезія, підвищилася якість обробленої поверхні утворення на контактних поверхнях стійких мастильних плівок.

Хлормісткі МОР. Ефективність застосування хлор у МОР визначається наявністю в молекулах активних атомів хлору або його радикалів. Давно відома висока мастильна здатність хлорованих олій та парафіну, чотирихлористого вуглецю, дихлоретан, трихлоретан. В основі їх високої мастильної дії лежить здатність молекул, що містять хлор, при

контакті з поверхнею або під дією температури виділяти атомарний хлор [2,8].

На рис. 3.5 представлена залежність розмірного зношування різців ВК6М від шляху різання при точенні молібдену із застосуванням різних МОР. Зі порівняння дослідних даних випливає, що суміш, що складається з 60% гексахлоретану і 40% веретенного масла (лінія 3), забезпечує практично однакове розмірне зношування в межах 20-30 мкм з мастилом трихлорегіленом.

Водні МОР (розчин емульсолаТ з присадкою гексахлоретану) не надають істотного впливу на розмірне зношування різців але порівняно з наявними емульсіями.



1 - емульсол Т; 2 - емульсол Т та гексахлоретан;
3 - олія та гексахлоретан; 4 - трихлоретан

Рисунок 3.5 - Залежність зносу h_z задньої грані різця від шляху різання $L_{рез}$ при точенні молібдену ($v=40$ м/хв, $s=0,1$ мм/об, $t=0,75$ мм)

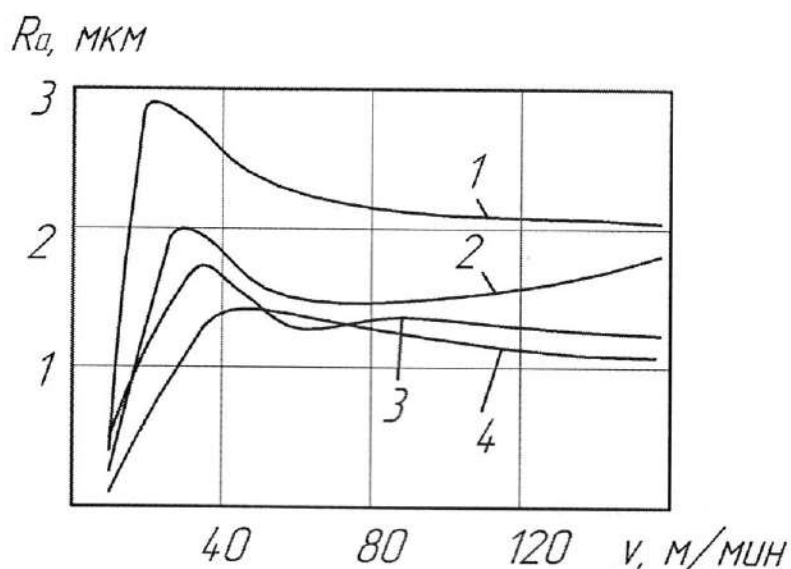
Зіставлення мікрофотографії стружок, отриманих після різання із застосуванням емульсолу Т та суміші масла з гексахлоретаном показали, що у другому випадку утворюється стружка з меншим радіусом завитків. Це свідчить про зменшення роботи сил тертя і м'якшу схему пластичного

деформування. Дослідження складу захисних плівок на контактних поверхнях різця та стружки показує, що основним компонентом є хлорид молібдену та триокис молібдену [2].

Застосування солей марганцю як компоненту МОР. У літературних джерелах звертається увага на незвичайні змащувальні властивості рідин або масел, що містять присадки марганцю або його солей. Це стосується застосування таких сполук, як $MnCl_2$, $MnSO_4$, $KMnO_4$, MnS .

Висловлюються припущення, що при застосуванні водних розчинів $KMnO_4$ досягається високий мастильний ефект внаслідок виділення кисню при дисоціації сполуки та утворення захисних плівок. В інших випадках сполуки типу MnS , що містяться в сталі, виконують функції легкоплавких евтектик і оберігають тертьові поверхні від зносу. Однак ефективну дію солей марганцю при різанні металів можна дати й інше пояснення. Дослідження компонентів МОР з присадками солей марганцю, проведені методом ЕПР, показали, що всі солі марганцю дають спектри ЕПР, що свідчать про їхній радикальний стан; інтенсивність сигналів ЕПР залежить від концентрації солі марганцю та її хімічної формули, складу розчинника (вода, олія, органічні розчинники), температури, наявності домішок та ін. [2,8].

У джерелі [2] наведено висновки щодо дослідження впливу присадок солей марганцю $MnCl_2$, $KMnO_4$. В якості базової МОР використовувався емульсол Т (суміш веретенного масла і триетаноламінової солі олеїнової кислоти), на шорсткість поверхні та стійкість різців зі сплаву Т15К6 при точенні сталі 40Х і сталі 45. Результати досліджень (рис. 3.6) дозволили встановити наступне, застосування межах 0,2-0,5% 10%-ний водний розчин емульсолу Т при точенні сталі 40Х дозволяє підвищити стійкість різців зі сплаву Т15К6 в 1,2-1,7 рази. При швидкості різання понад 100 м/хв вплив присадки $KMnO_4$, на стійкість різців зменшується, а в діапазоні швидкостей різання 10-80 м/хв вплив усіх присадок на шорсткість поверхні однаково і лише при швидкості 80 м/хв МОР з присадкою $MnSO_4$ погіршує.



1 - емульсол Т; 2 - $MnSO_4$ та емульсол Т;

3 - $KMnO_4$ та емульсол Т; 4 - $MnCl_2$ та емульсол Т

Рисунок 3.6 - Вплив швидкості різання v на шорсткість R_a при точенні сталі 45 ($s=0,2$ мм/об, $t=1,5$ мм)

МОР з полімерними присадками. Полімери як мастила широко застосовуються у вузлах тертя деталей машин. Відомі випадки застосування при різанні металів МОР з присадками полімерів. Застосування полімерів як присадки до МОР засноване на тому, що при їх термічній деструкції в зоні різання виділяються складні органічні радикали, що мають підвищену хімічну активність по відношенню до ювенільних поверхонь металів. При виконанні таких операцій, як нарізування різьблення, протягування, розгортання, органічні полімери створюють на контактних поверхнях різця та стружки еластичні плівки, що зменшують тертя та знос. Для утворення мономолекулярних захисних плівок потрібна невелика кількість полімерних присадок.

Відомі дослідження мастильних властивостей МОР з присадками полімерів при різьбонарізанні та точенні. Як полімерні присадки до масел і ПАР використовувалися триацетилцелюлоза, полістирол, поліакрилонітрил та поліетилен. Технологія введення порошків полімерів піддаються деструкції з утворенням макрорадикалів з високою МОР полягала в наступному: в масляну або емульсійну основу додається 5 - 8% полімеру,

суміш перемішують протягом 10 - 15 хв і витримують протягом однієї години при температурі 60-100°C.

Є дані отримані при вимірюванні ТЕРС при точенні сталі 45 різцями зі сплаву Pitt з охолодженням - мастилом МОР з полімерними присадками: полістролом і повнакрилонітрилом. Проведені дослідження мастильних властивостей полімерів дозволяють зробити висновок про те, що в процесі різання молекулярні ланцюги полімерів реакційною здатністю Макрорадикали адсорбуються на ювенільних поверхнях металів та зменшують вільну енергію поверхні, створюють захисні мастильні плівки.

Результати експериментів дозволяють зробити висновки, що адгезія полімерів залежить від структури, товщини полімерної плівки, довкілля, складу розчинника для очищення поверхні металу; максимальна адгезія характерна для взаємодії полімерної плівки з окислом відповідного металу [1].

Асортимент та сфери застосування МОР для обробки металів різанням

Таблиця 3.3 - Водні МОР

Найменування	Область застосування МОР	
	Переважаючого	Додаткового
Водні		
Укрінол-1, Укрінол-1м, Уверол, Карамбол-Е, Аквемус, ФМП-6, Різол, Емульцид ЕТ-2, ЕТ-2у, Емульсол Т, «Різець», ЯЗ, НГЛ-205. ЕГТ	Точення, розточування, відрізка, фрезерування, свердління, зенкерування, розгортання, стругання, різьбонарізування. протягування, шліфування чавунів, вуглецевих, низько- та середньолегованих конструкційних сталей, деяких кольорових металів та сплавів	Лезова та абразивна обробка міді, алюмінію та їх сплавів. Шліфування, точення, фрезерування, свердління деяких корозійно-стійких та жаростійких сталей та сплавів, інструментальних сталей (Укрінол-1, Укрінол-1м, Уверол, Карамбол-Е1у)

Таблиця 3.4 – Синтетичні МОР

Синтетичні		
<p>Аквол-11, Прогрес-13, Аквол-10М, Аквол-16, СКТБ ІНХП-2, Тосол-ОІЗ</p>	<p>Точення, розточування, відрізка, фрезерування, свердління, зенкерування, розгортання, стругання, різьбонарізання, протягування, шліфування конструкційних вуглецевих та легованих сталей, алюмінієвих сплавів. Точення, розточування, відрізка, фрезерування, свердління, зенкерування, розгортання, стругання, різьбонарізування, протягування, шліфування чавунів, конструкційних вуглецевих і легованих, корозійно-стійких інструментальних сталей, деяких кольорових металів і сплавів, у тому числі в умовах гнучких виробничих систем (Аквол-16). В основному шліфувальні операції (Тосол-ОІЗ)</p>	<p>Лезова та абразивна обробка чавунів, деяких жаростійких і жароміцних сталей та сплавів. Алмазно-абразивна розрізка кремнію (Аквол-11). Алмазно-абразивна обробка, заточування твердих (порошкових) сплавів, розрізання феритів, шліфування магнітно-м'яких матеріалів. Лезова та абразивна обробка деяких важкообробних матеріалів. Магнітно-абразивна обробка металів (Аквол-1 ОМ)</p>

Таблиця 3.5 - Масляні МОР

Масляні		
<p>МР-7, МР-1У, ОСМ-3, ОСМ-5, МП-2У, МР-9, РЗ-МОР-2МЮ, МР-99, МР-5У, МР-8, ЛЗ-26МО</p>	<p>Обробка на токарних автоматах одно-н багатопшндельних н напівавтоматах (у тому числі точення, відрізка свердління, зенкерування. різьбонарізання). фрезерування, зубообробка конструкційних вуглецевих та легованих сталей. Ті самі операції обробки чавунів (ОСМ-3). кольорових металів та сплавів (МР-2у, МР-9, ОСМ-5). Точення, розточування, відрізка, фрезерування, свердління, протягування, зубообробка. різьбонарізання конструкційних утлеродистих та легованих сталей.</p>	<p>Лезова обробка деяких корозійно- та жаростійких сталей (у тому числі глибоке свердління отворів діаметром понад 40мм). різьбо- та зубошліфования (МР-7). Шевінгування ОСМ-5) Фінішні операції: шліфування, хоннгованн. суперфінішування. полірування чавунів і сталей (ОСМ-3) Лезова обробка деяких важкообробних матеріалів (МР-99. МР-5у), кольорових металів та сплавів (МР-8)</p>

4 СПОСОБИ ПОДАЧІ МОР ПРИ ЛЕЗОВІЙ ОБРОБКИ

У вирішальній мірі зменшення теплоутворення в зоні обробки, підвищення працездатності ріжучого інструменту та продуктивності обробки та покращення якості поверхневого шару оброблених деталей залежить від способів та техніки подачі МОР у робочий простір верстата та безпосередньо в зону обробки.

Подача МОР – доставка (транспортування) МОР у зону механічної обробки з накопичувальної ємності верстата або з групової або централізованої системи застосування МОР [7].

У різних умовах різання металів ефективність різних МОР та методів їх підведення різна. Рідини та методи їхнього підведення, ефективні в одних умовах, малоефективні в інших. Досліди показують, що навіть в умовах обробки одного і того ж матеріалу в залежності від режимів різання відносна ефективність різних рідких середовищ та методів підведення змінюється. Ефективність методу підведення МОР багато в чому залежить від режимів різання, властивостей оброблюваного матеріалу та матеріалу різального інструменту. Способи подачі МОР характеризуються сукупністю ознак, що визначають умови транспортування рідини від пристрою подачі до зони контакту різального інструменту із заготовкою [1,2,7].

Таблиця 4.1 - Способи подачі МОР під час обробки заготовок лезовим інструментом

№ способу	Спосіб подачі
1	Вільно падаючим струменем (поливом)
2	Під тиском через соплові насадки (напірним струменем)
3	У розпиленому стані (у вигляді струменя повітряно-рідинної суміші)
4	Через канали в інструменті з виходом у зону різання під тиском
5	Те ж саме, без виходу в зону різання
6	Контактне змочування
7	Періодична подача на інструмент перед різанням (розпорошенням, зануренням, нанесенням пензликом, з маслянки)

З семи відомих способів подачі [2] МОР у зону обробки заготовок лезовими інструментами (табл. 4.1) у виробництві найбільш поширені перші три, через свою техніко-економічну ефективність. Третій та четвертий менш поширені, це пов'язано з вартістю спеціального інструменту. Контактне змочування та періодичну подачу МОР на інструмент застосовують у поодиноких випадках, наприклад, на операціях нарізування різьблення мітчиками та розгортання неглибоких отворів здійснюють періодичну (імпульсну) подачу дозованої кількості МОР на інструмент перед початком обробки. На агрегатних верстатах порції МОР подають на інструмент автоматично на універсальних верстатах – вручну [2,7], але через малу продуктивність ми їх розглядатимемо.

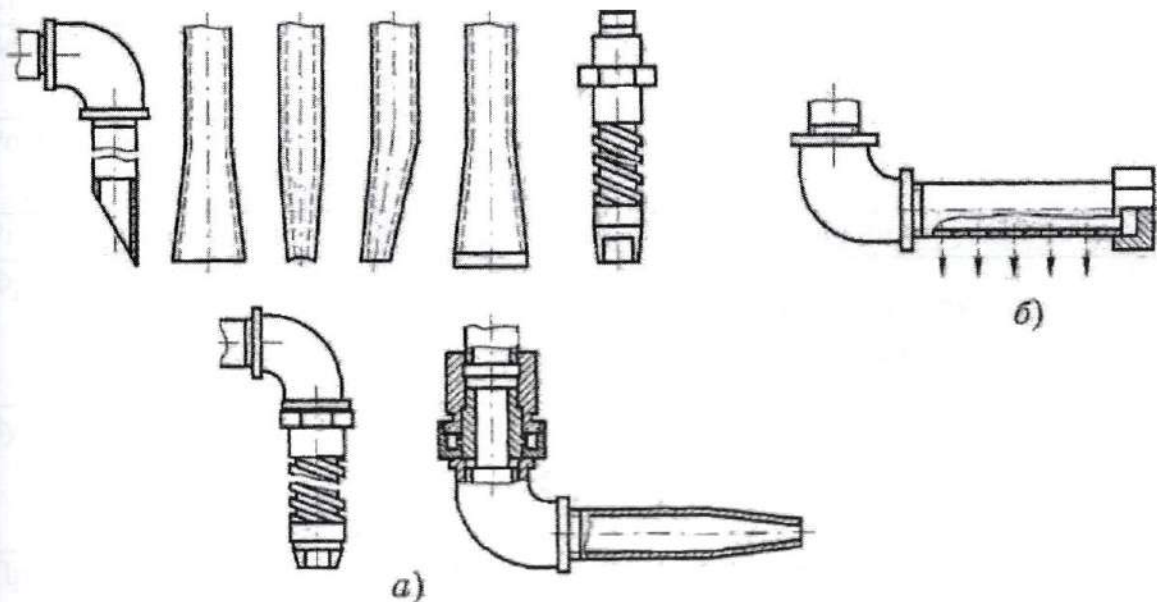
У таблиці 4.2 наведено способи подачі МОР залежно від типу операції.

Таблиця 4.2 - Области застосування основних способів подання МОР

Операція	Способи подачі МОР (Номер за табл. 1.13)		
	віддати перевагу- тільні	застосовувані	рідко застосовувані
Токарна обробка поверхонь:			
• зовнішніх	1,2	3	4,5
• внутрішніх	1	3	2,4,5
Свердлильна:			
• свердління			
• розсвердлювання	4	1,3	2
• зенкерування			
• розгортання			
• глибоке свердління	4,2	-	-
Різьбонарізування:			
• мітчиками та плашками	4	1	-
• фрезами	1	3	-
Фрезерна	1	3	2,4
Зуборізна	1	3	2
Протяжна	2,4	1,3	-

4.1 Подача МОР вільно падаючою струєю

З усіх способів подачі, області застосування яких наведені в таблиці 4.2, найбільш поширена, зважаючи на універсальність і конструктивну простоту, подача МОР вільно падаючою струєю, поливом, під тиском 0,02 ... 0,03 МПа (під дією сили тяжіння). Ефективність цього способу залежить від витрати МОР, що подається в зону різання, розмірів, форми, траєкторії струменя. Залежно від умов обробки формують струмені круглого (при точінні, свердлінні, розгортанні та ін.) або прямокутного (при фрезеруванні, зубофрезеруванні та зубодовбленні, точенні та ін.) перерізу (рис. 4.1, а). При складних інструментах та багатоінструментальній обробці здійснюють багатоканальну подачу МОР (рис. 4.1 б). У будь-якому випадку струмінь рідини повинен перекривати всю зону контакту інструменту із заготовкою. Підведення МОР має бути безперервним і найкоротшим.



а) одноканальні;

б) багатоканальні

Рисунок 4.1 - Соплові насадки для подачі МОР поливом

При подачі поливом МОР можна транспортувати до зону контакту різального клина лезового інструменту із заготовкою по передній та задній поверхнях. При подачі МОР на передню поверхню інструменту різко зменшується її температура, мало змінюється тепловідведення в заготовку, і майже змінюється температура задньої поверхні. При подачі МОР на задню поверхню ріжучого інструменту знижується температура на його задній і передній поверхнях, але не настільки ефективно, як при подачі МОР на передню поверхню. [2].

Усереднені витрати МОР при поливі на різних операціях наведено у таблиці 4.3 [12].

Таблиця 4.3 - Витрата МОР при поливі

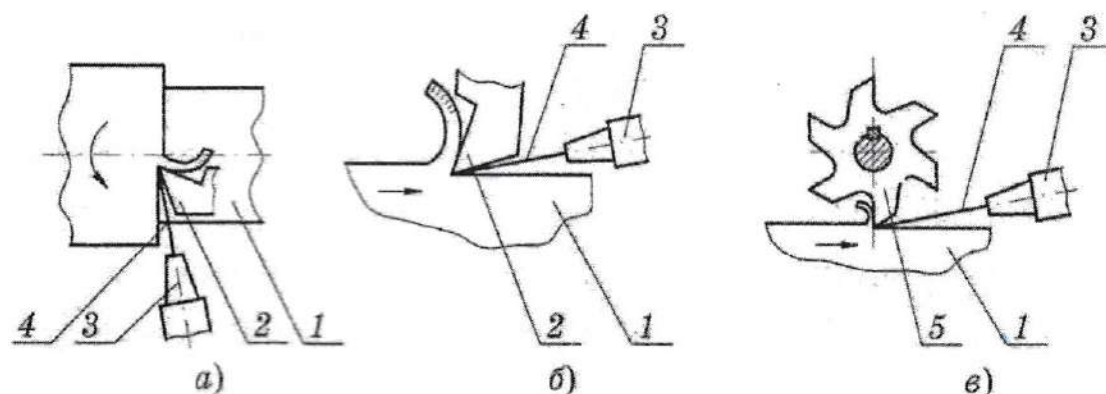
Вид обробки	Тип МОР*	Витрата МОР, л/хв	Напрямок потоку МОР
Точення			
• чорнове	У	10-20	Зверху на стружку, що знімається.
• чистове	М	7-8	
	У	8-15	
Свердління	У	4-16	По осі отвори
Зенкерування	У	5-15	
	М	5-10	
Розгортання	У	6-10	
	М	4-6	
Різьбофрезерування	М	4-6	Плоский струмінь зверху
Фрезерування			Плоский струмінь зверху, що омиває всю фрезу
• чорнове	У	7-20	
• чистове	В;	10-20	
Зубообробка			Проском струменем, що омиває зуби інструменту
• чорнове	М	8-10	
• чистове	М	2-3	
Просування			Одночасно в зони входу та виходу протяжки з деталі
• чорнове	В;	10-20	
• чистове	В;	15-30	
Нарізання різьблення	М	2-3	Зверху на ріжучі кромки мітчика

*В – водна; М - масляна.

4.2 Подача МОР напорною струєю

Застосовується з метою збільшення витрати МОР через зону обробки та вимивання із цієї зони стружки. Різновидом такої подачі МОР під тиском є стренево-напорний спосіб: тонкий струмінь направляють в зону контакту ріжучої кромки інструменту з заготовкою, що обробляється з боку задньої грані

(рис. 4.2) [7].



а) точення; б) стругання; в) фрезерування;

1 - оброблена заготовка; 2 - різець; 3 - сопло; 4 - МОР; 5 - фреза
Рисунок 4.2 - Схеми подачі МОР струменево-напорним способом

Умовно розрізняють подачу МОР високонапірним струменем під тиском не менше 1,5 МПа через сопла з вихідними отворами діаметром до 0,8 мм та подачу МОР низьконапірним струменем під тиском 0,05 – 0,20 МПа через сопла з отворами діаметром 2 – 5 мм. Струмінь рідини розташовують у площині різання на відстані 1/3 глибини різання від вершини ріжучої кромки. Найкращі показники обробки забезпечуються при швидкості струменя МОР 40 – 60 м/с та товщині потоку рідини 0,015 – 0,018 мм. При великій довжині частини ріжучої кромки, що омивається, застосовують сопла з щілиноподібними вихідними отворами. Відстань від вихідного отвору сопла до ріжучої кромки у вертикальному напрямку має бути мінімально можливою, але в будь-якому випадку не більше 80 – 120 мм. Подачу МОР високонапірним струменем комбінують іноді з подачею МОР поливом з боку

стружки та передньої поверхні леза. У цьому стійкість ріжучого інструменту підвищується на 20 – 25 % проти застосуванням тільки напірної струменя .

Застосовують подачу водної МОР під тиском 70-380 МПа в зону контакту стружки з передньою поверхнею леза різця (діаметр сопла 0,135 - 0,35 мм, витрата МОРС 2,25 - 3,7 л/хв). Високонапірна подача МОР у разі забезпечує підвищення продуктивності обробки до 10 разів, також забезпечується хороше дроблення стружки [2].

Ефективність подачі МОР напірним струменем помітно краще, ніж поливом, проте техніка її реалізації набагато складніше і дорожче, особливо при використанні високонапірного струменя (струменево - напірним способом), коли різко зростають вимоги до чистоти МОР. Труднощі виникають і у зв'язку з необхідністю захисту від розбризкування рідини [7].

Витрата подачі МОР напірним струменем наведено у таблиці 4.4 [12].

Таблиця 4.4 - Витрата МОР при подачі напірним струменем

Довжина, що омивається частини ріжучої кромки, мм	Площа перерізу струменя, мм ²	Діаметр вихідного отвору сопла, мм	Витрата, л/хв
1	0,018	0,15	0,054
3	0,054	0,26	0,16
5	0,09	0,34	0,27
10	0,18	0,48	0,54

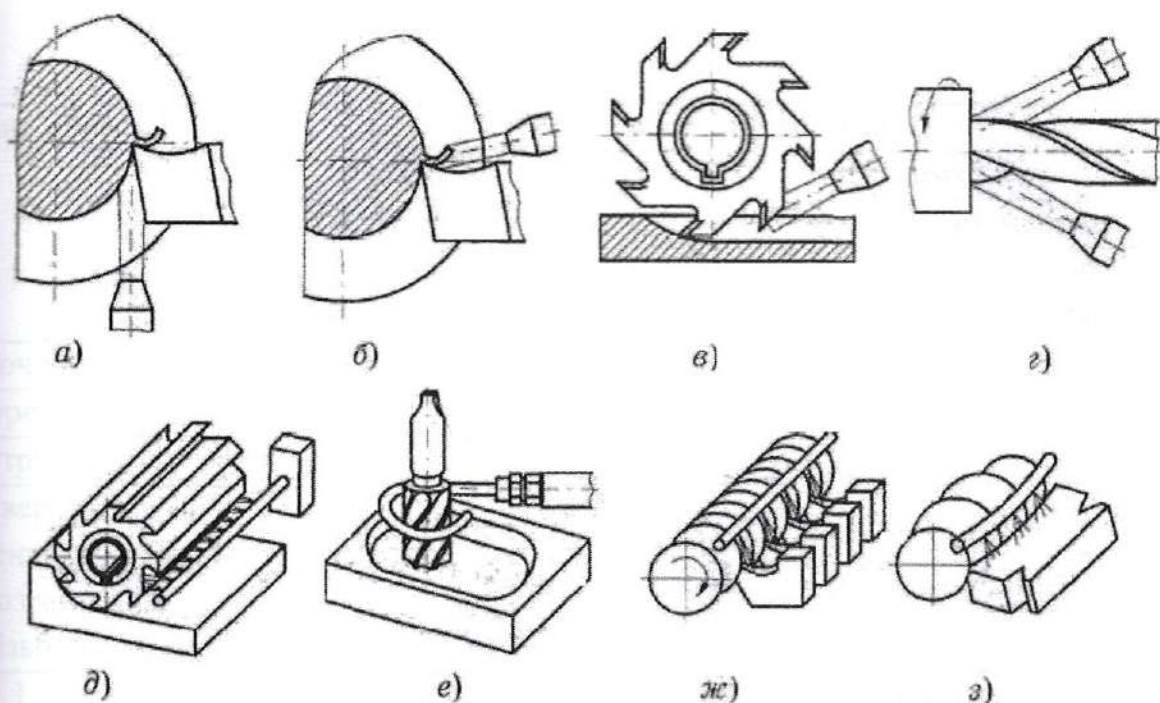
До недоліків напірної та високонапірної подачі МОР, згаданим вище способом, слід віднести і те, що при лезвій обробці струмінь рідини подається в напівзакритий простір між передньою та задньою поверхнею інструменту та стружкою (заготовкою). У цьому просторі утворюється «загальмований обсяг», у якому швидкість руху МОР менше, ніж виході з сопла. Чим більший тиск рідини, тим вище протитиск у закритому просторі, завдяки чому зменшується фактична швидкість руху МОР по відношенню до поверхонь інструменту та заготовки, а отже, послаблюється її охолоджувальна дія [2].

4.3 Подання МОР у розпиленому стані

У зв'язку з посиленням екологічних вимог, а також у зв'язку з широким використанням у промисловості верстатів з ЧПК зріс інтерес до подачі МОР у розпиленому стані. Для реалізації цього способу верстати оснащують установками, в яких утворюється повітряно-рідинна суміш і соплами для формування та направлення в зону різання струменя цієї суміші (Рис. 4.3).

Перевагою способу є дуже мала витрата МОР: 400-500 г/хв водної та 3-4 г/хв масляної, під тиском 0,2...0,5 МПа [12], що виключає необхідність збору, очищення та розкладання відпрацьованої МОР на відміну від інших методів. Це суттєво відбивається на зменшенні частки витрат на МОР у собівартості продукції.

Механізм дії розпиленої МОР наступний. На виході із сопла суміш рідини та повітря розширюється, отже, температура її знижується. Розпорошені частинки рідини (туман), потрапляючи на розігріту поверхню металу, легко випаровуються, інтенсивно поглинаючи додаткове тепло. Розпилена рідина, маючи меншу в'язкість, легше проникає в мікротріщини, це пояснюється підвищеним вмістом повітря в середовищі. Порівняно з обробкою всуху при подачі розпорошених МОР стійкість різального інструменту підвищується до двох разів, зменшуються шорсткість обробленої поверхні та температурні деформації заготовок [1,16].



а-г) одноканальні сопла; д-з) багатоканальні сопла

Рисунок 4.3 - Схеми встановлення сопел для подачі розпилених МОР

Спосіб рекомендується до застосування (табл. 4.5) на операціях, де з тих чи інших причин подача МОР іншими способами неможлива [2], наприклад, при обробці металів твердосплавними інструментами полив МОР не застосовується через сильне розбризування рідини на заготовку, що швидко обертається; при обробці деталей на великих токарних, поздовжньо-фрезерних, стругальних верстатах, де важко зібрати рідину та уникнути її попадання в систему змащення верстата: при операції обробки чавунних заготовок; при заточуванні ріжучого інструменту, яка майже повсюдно проводиться всуху через сильне розбризування подається поливом МОР і необхідність постійного спостереження за зоною різання. Отже, кількість операцій, у яких можуть ефективно застосовуватися розпилені МОР, досить велика [10].

Таблиця 4.5 – Рекомендації щодо застосування розпорошених МОР

Вид обробки	МОР, що розпилюється			
	Масло I-20 (I-12A)		1,5% емульсія	
	Матеріал заготовки*, що обробляється інструментом			
	Швидко-ріжучим	Твердо-сплавним	Швидко-ріжучим	Твердо-сплавним
Точення	4	1,3,4	1-4,6	2-6
Фрезерування	4	3,4	1-4,6	1-3,6
Стругання	-	1	1,2	2
Свердління, зенкерування, розгортання, різьбонарізування	1,4	1,3,4	1,3,4	3

* 1 - сталь; 2 - чавун; 3 - корозійно-стійкі сталі та жароміцні сплави; 4 - алюмінієві сплави та кольорові метали; 5 - алюміній та його сплави; 6 - пластмаси та органічне скло.

За допомогою розпиленних рідин можна істотно скоротити кількість технологічних операцій, що виконуються всуху і досягти значної економії різального інструменту, через збільшення стійкості, зниження температурних деформацій та підвищення продуктивності праці.

В цілому необхідно відзначити, що розпилені рідини мають ряд переваг, але мають і недоліки: шум, створюваний струменем потоку повітряно-рідинної суміші, що виходить із сопла, розкидання стружки.

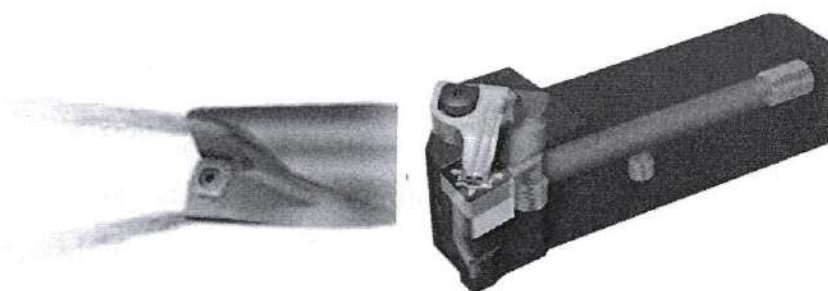
4.4 Подання МОР через канали в інструменті з виходом у зону різання

Спосіб набув широкого поширення при обробці отворів, головним чином, осьовим інструментом (свердлами, зенкерами, розгортками, протяжками та при нарізанні різьблення мітчиками), оснащеним додатковими каналами (рис. 4.4), при точінні та фрезеруванні, в умовах

великосерійного та масового. Застосування цього способу забезпечує не лише можливість транспортування МОР в зону різання, а й видалення з неї стружки [7].



а)



б)

в)

а) спіральне свердло; б) фреза; в) різець

Рисунок 4.4 - Інструмент із внутрішніми каналами для подачі МОР

Середня витрата МОР під час подачі під тиском через канали в тілі інструмента наведено у таблиці 4.6 [12].

Таблиця 4.6 - Витрата МОР під час подачі під тиском каналами в тілі інструмента

Вид обробки	Тиск, МПа	Витрата, л/хв
Свердління	0,2-0,5	10-20
Глибоке свердління	До 10	До 200
Розгортання	0,2-0,65	10-15
Зенкерування	0,2-0,5	10-20
Різьбонарізування мітчиками	0,2-0,3	5-10

4.5 Подача МОР через канали в інструмент без виходу в зону різання

Спосіб застосовується на окремих операціях точіння. МОР циркулює всередині тіла інструменту (рис. 4.5), виконуючи лише одну функцію – охолодження контактних майданчиків інструменту. Для посилення охолоджувальної дії температури рідини, що циркулює в системі, знижують, використовуючи як МОР, наприклад, охолоджений до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ розчин CaCl_2 . Цей спосіб можна рекомендувати для обробки тонкостінних заготовок з важкооброблюваних матеріалів, а також у тих випадках, коли наявність МОР в зоні різання може негативно позначитися на експлуатаційних властивостях деталей, що виготовляються [2,7]. Також явною перевагою даного способу є повна відсутність витрати МОР, що робить його безпечним методом, проте до недоліків можна віднести неможливість використовувати основних властивостей МОР.

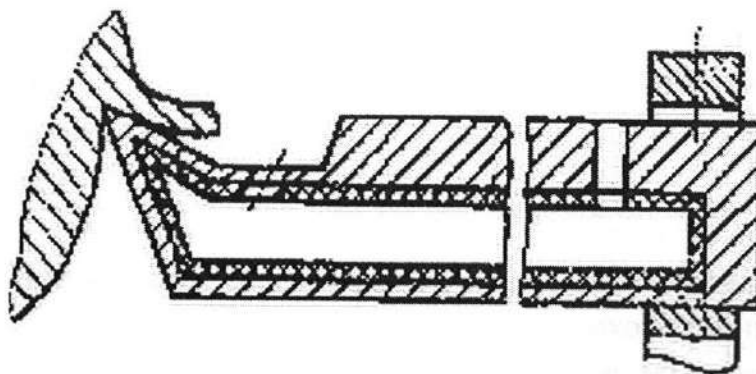


Рисунок 4.5 - Токарний різець із внутрішнім охолодженням

4.6 Характеристики способів подачі МОР

Економічна ефективність операцій обробки заготовок різанням безпосередньо залежить від правильності вибору способу та техніки подачі МОР у зону обробки. Традиційний дослідно-статистичний метод вибору способу та техніки подачі МОР, заснований на досвіді промисловості та результатах випробувань різних пристроїв для подачі МОР. В окремих

випадках використовують щодо більш трудомісткий економічний метод, який полягає у визначенні цільової функції мінімуму технологічної собівартості операції (за варіантами). Спробуємо визначити оптимальний спосіб подачі МОР, використовуючи порівняльний аналіз деяких характеристик даних способів подачі МОР. Способи 4-5 розглядаються не будуть через малу поширеність та обмежене застосування.

На підставі даних щодо способів подачі МОР, викладених в п.4.1 - 4.3, складемо таблицю 4.7., з якої видно що найменша витрата МОР при розпиленні, найбільша - при поливі.

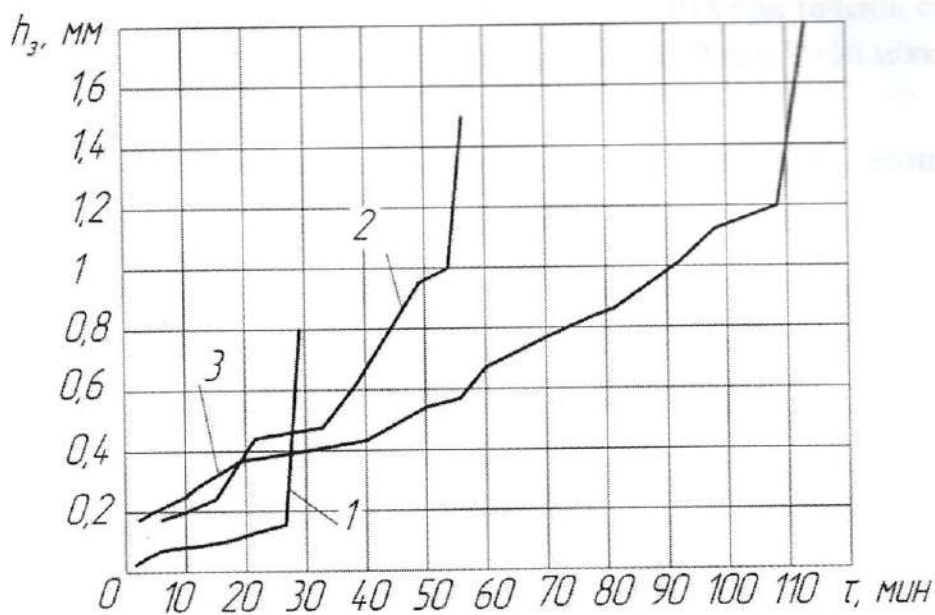
Таблиця 4.7 – Деякі характеристики способів подачі МОР

Спосіб подачі МОР	Норма подачі (витрата), л/хв	Технологічні показники
Полив струменем, що вільно падає: <ul style="list-style-type: none"> • точення • свердління • фрезерування • нарізанні різблення мітчиком 	7-15 4-16 7-20 2-3	Простота та висока надійність. Сильне розбризкування, підвищена витрата МОР, утруднене спостереження за зоною різання
Струменем з боку задньої поверхні інструменту з тиском: <ul style="list-style-type: none"> • низька (0,1-0,2 МПа) • висока (1,5-2 МПа) 	1-1,5 0,3-0,5	Порівняно невелика витрата МОР. Підвищується ефект охолодження. Необхідне ретельне очищення МОР
Подання розпиленої МОР	Масла 0,5-3,2 г/хв; емульсії 200-500 г/хв	Найменша витрата МОР, полегшено спостереження за зоною різання, значний ефект, що охолоджує. Потрібна хороша вентиляція приміщення

Комплексний вплив довкілля на процес різання найбільш повно оцінюється впливом її на інтенсивність зношування ріжучого інструменту. У процесі точення сталі 40Х різцями зі сталі Р18 ($\gamma=10^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\varphi=90^\circ$, $\varphi_1=10^\circ$,

$\alpha_1=6^\circ, \lambda=0^\circ$), при подачі 0,25 мм/об та глибині різання 1,5 мм, зі швидкістю 35 м/хв при застосуванні МОР як у вигляді вільно падаючої струї при охолодженні поливом, так і у вигляді повітряно-рідинної суміші при охолодженні розпиленою рідиною знос різця по задній поверхні в перший час різання відбувається більш інтенсивно, ніж при різанні без охолодження (рис. 4.6) [13].

З графіка видно, що в початковий період різання найбільша інтенсивність зношування спостерігається при різанні з розпиленою рідиною, а при подальшій роботі, починаючи з зносу 0,3-0,4 мм, зношування різців по задній поверхні при застосуванні розпиленої рідини відбувається менш інтенсивно. Найменшу інтенсивність зношування задньої грані в початковий період різання можна пояснити захисною дією сталого наросту [13].



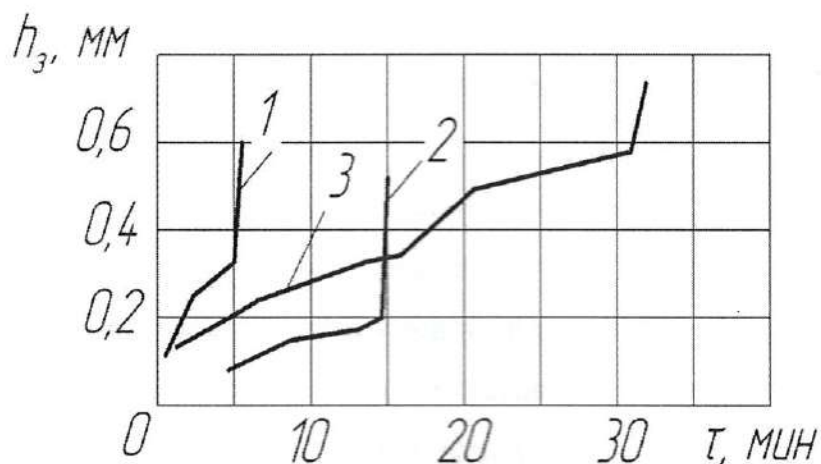
1 - різання всуху; 2 - різання з поливом 1,5% емульсією;

3 - різання з розпилюванням 1,5%-ної емульсії

Рисунок 4.6 - Залежність зносу різців з P18 при точенні сталі 40X по задній поверхні від методу підведення МОР при $V=35$ м/хв

При точінні сталі 40X зі швидкістю 45 м/хв застосування МОР знижує інтенсивність зношування по задній поверхні з початку роботи різця (рис. 4.7). Можливо, що на цій швидкості і при різанні всуху нарост менш

стійкий і знос задньої поверхні різця відбувається інтенсивніше виходячи з даних п.1.1.4.



1 - різання всуху; 2 - різання з поливом 1,5%-ною емульсією;
3 - різання з розпилюванням 1,5%-ної емульсії

Рисунок 4.7 - Залежність зношення різців з P18 при точенні сталі 40X по задній поверхні від методу підведення МОР при $V=30$ м/хв:

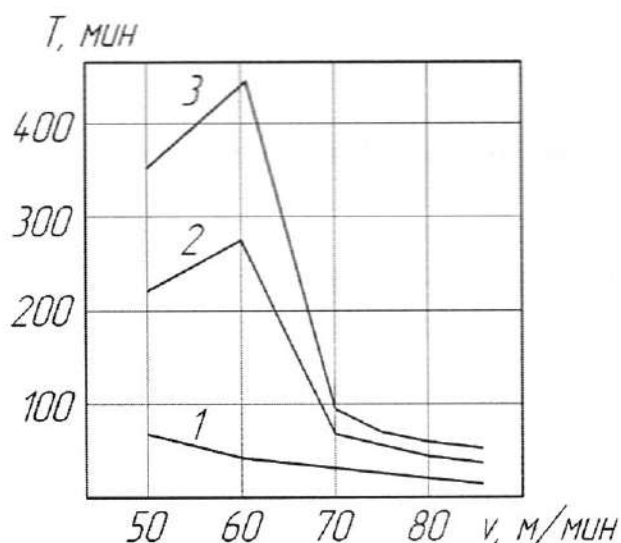
У більшості випадків різання, що охолоджує дію МОР у розпиленому стані вище, ніж при поливі. Виконаними роботами встановлено[12], Що підвищенню ефективності дії рідини в розпиленому стані сприяє наявність кисню в струмені повітряно-рідинної суміші та електризація частинок рідини при її розпиленні. Ефективність розпорошених МОР пояснюється також перебігом радикально-ланцюгових реакцій за участю молекул води та кисню.

Відомі також способи введення газів до складу мастильно-охолоджуючих рідин. Склад газової фази в таких сумішах не перевищує 20% і тому зберігається нерозривність потоку вільно падаючого струменя, і вони не мають недоліків, властивих розпиленням МОР. Газова фаза в таких сумішах, з одного боку, виконує роль каталізатора, що інтенсифікує хімічну активність компонентів МОР стимулюючи створення на поверхні інструменту термостійких плівок. З іншого боку, маючи високу проникаючу здатність, вона дозволяє охопити подібними плівками велику кількість сильно нагрітих окалини на доступних поверхнях контакту, тим самим захищаючи інструмент від виникнення критичних термонапруг.[1].

Газовим середовищем, що практично завжди бере участь у процесі різання, є повітря. Застосування МОР хоч і супроводжується повним чи частковим витісненням атмосферного повітря, але з виключає участі його окремих елементів. А при подачі МОР у розпиленому стані повітря використовується як основа мастильно-охолоджуючого середовища [1].

Полив вільно падаючим струменем механічної суміші РЗМОР8 з повітрям (рис. 4.8), при швидкості різання 50 – 60 м/хв, забезпечує на 3...4-кратне підвищення стійкості інструменту щодо «сухої» обробки, а подача розпиленої МОР забезпечила збільшення стійкості інструменту від 4-х до 5 разів, внаслідок хорошого змочування металевих поверхонь та пароутворення.

Основною причиною більшості недоліків, властивих застосуванню рідин шляхом поливу, є те, що при цьому виникає потреба для досягнення ефекту використовувати великі об'єми рідини, що одночасно подаються в зону різання; це пов'язано з низькою швидкістю вільно падаючого струменя, а також з тим, що циркулююча в системі рідина нагрівається досить швидко до температур, що значно перевищують температуру навколишнього повітря [2].



- 1 - різання без МОР; 2 - різання з поливом МОР;
3 - різання з розпиленою МОР

Рисунок 4.8 – Залежність стійкості інструменту T від швидкості v

В результаті збільшення питомої поверхні та швидкості руху, зменшення розміру частинок рідини та температури суміші в порівнянні з вихідною нерозпиленою рідиною значно зростає питома поверхнева енергія суміші, що підвищує фізичну та хімічну активність МОР у розпиленому стані, тепло- та масообмін при обтіку розпиленою рідиною нагрітих тіл чи систем – це зрештою призводить до значного підвищення ефективності застосування одиниці ваги МОР [2].

Той ефект, який при поливі досягається шляхом збільшення кількості рідини, що подається в одиницю часу в зону різання, при застосуванні рідин у розпиленому стані виходить (причому у посиленому вигляді) за рахунок різкого збільшення швидкості струменя та диспергування рідини на дуже дрібні краплі. При цьому необхідні кількості рідини, що одночасно подається в зону різання, скорочуються в тисячі разів [2].

Однак на швидкостях різання 70-80 м/хв, бачимо різке падіння стійкості. Це пояснюється тим, що на високих швидкостях різання, збільшується температура, рідина може не входити в безпосередній контакт з поверхнею інструменту внаслідок утворення парової подушки.

Висновки

Проаналізувавши вище викладену інформацію можемо зробити такі висновки:

1. Для підвищення ефективності різання практично на всіх операціях слід застосовувати МОР.
2. Додавання кисню в МОР має змінний вплив, залежно від своєї модифікації та форми, а також умов різання. Так кисень підвищує стійкість інструменту до 2-х разів, але при швидкостях різання трохи більше 50 м/хв; озон підвищує стійкість інструменту, але не значно (до 20%); перекис водню те саме, але за умови що концентрація їх у МОР трохи більше 1%.

3. Присадки йоду сприяють зменшенню коефіцієнта тертя та температури.
4. Присадки хлору збільшують мастильну здатність МОР.
5. Присадки марганцю сприяють зменшенню зношування ріжучого інструменту до 1,5 рази, проте на швидкостях понад 100 м/хв мають зворотний ефект.
6. Полімеромісткі МОР сприятливо впливають на процес різання створюючи захисні плівки і зменшують коефіцієнт тертя.

5 ОПТИМАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРА РІЗАННЯ, ЯК КРИТЕРІЙ ВИБОРУ УМІВ ВИКОРИСТАННЯ МОТС

Відповідно до принципу Рейхеля, певному періоду стійкості для заданої пари інструмент – деталь відповідає та сама температура різання, яка залежить від комбінації елементів режиму різання.

Встановлення факту існування при різанні оптимальних температур належить до найбільш значних досягнень науки про різання матеріалів. Професор О.Д. Макаров дійшов висновку, що температура контактних поверхонь безпосередньо впливає інтенсивність різних механізмів зношування. Враховуючи це, він сформулював положення, що оптимальним швидкостям різання (для заданого матеріалу різальної частини інструменту) при різних комбінаціях подачі та глибини різання відповідає деяка температура в зоні різання - оптимальна температура різання θ_0 при якій відносна інтенсивність зношування хол мінімальна (рис. 5.1).

Численними дослідженнями доведено, що з кожної нової пари інструментальний матеріал — матеріал, що обробляється, існує своє значення оптимальної температури. Важливим моментом є та обставина, що, змінюючись при переході від однієї пари різець - деталь до іншої, оптимальна температура не залежить від різних змінних технологічних факторів і зберігає своє постійне значення, коли обробка проводиться різцем з одного інструментального матеріалу. Значення оптимальної температури різання також не змінюється в залежності від характеру термічної обробки сталі або сплаву (твердості) і від того, застосовується або не застосовується при обробці мастильно-охолоджувальна рідина будь-якого складу та властивостей.

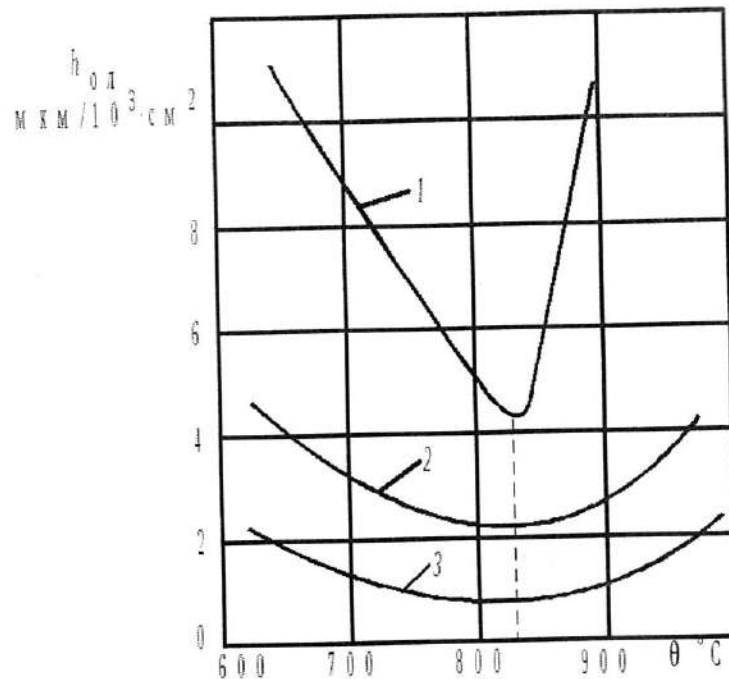


Рисунок 5.1 – Залежність відносного поверхневого зношування від температури при точенні сталі 40ХН2МА різцем із твердого сплаву Т14К8: 1 – $s = 0,43$ мм/об; 2 – $s = 0,21$ мм/об; 3 – $s = 0,11$ мм/об; $t = 1$ мм

Оптимальні температури для деяких пар «матеріал, що обробляється - інструментальний матеріал» наведені в табл. 5.1

Крім цього, оптимальна температура може бути розрахована виходячи з теорії розмірності та подібності [14]:

$$\theta_0 = 0,6\theta_i \cdot \left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^{0,13} \cdot \left(\frac{c_p}{c_p \rho_p}\right)^{0,2} \cdot \frac{m^{0,27}}{(1+\delta)^{0,05}} \quad (5.1)$$

Де,

θ_i – температура плавлення кобальту – 1490°C

δ – відносне лінійне подовження матеріалу, що оброблюється;

λ_p та λ – коефіцієнти теплопровідності інструментального та оброблюваного матеріалів Дж/(м·с·К);

c_p та c – питома теплоємність інструментального та оброблюваного матеріалів, Дж/(кг К)

ρ_p та ρ – щільність інструментального та оброблюваного матеріалів, кг/м³

m – коефіцієнт, що залежить від типу оброблюваного матеріалу [14];

Таблиця 5.1 – Оптимальні температури для деяких пар «матеріал, що обробляється – інструментальний матеріал»

Обрабатываемый материал	Инструментальный материал	$\theta_0, ^\circ\text{C}$	Обрабатываемый материал	Инструментальный материал	$\theta_0, ^\circ\text{C}$
Мл5	ВК8	400	ХН62ВКЮ (ЭИ867)	Т15К6	950
Ма2-1	ВК8	270			
Ал9	ВК8	290	ХН77ТЮР (ЭИ437БУВД)	ВК8	800
Д16Т	ВК8	370			
Лс59-1	ВК8	205	ХН73МБТЮ (ЭИ698ВД)	ВК8	750
Л62	ВК8	450	ВЖ102	Р18	580
Ст3	Т15К6	870		ВК8	1000
10	Т15К6	870		ВК6М	650
20	Т15К6	950	ЖС6КПА	Р18	600
40	Т15К6	1000		Р9К10Ф	600
45	Т15К6	950		ВК8	625
20Х	Т15К6	950	ЭП99	Р18	540
40Х	Т15К6	925		ВК6М	650
Х18Н9Т	Т15К6	800	ЭП109ВД	Р18	600
Х18Н9Т	ВК8	870		Р9К10Ф	700
14Х17Н2Т	Т15К6	850		ВК8	700
30ХГСА	ВК8	800		ВК6М	880
13Х12НВМФА (ЭИ961Ш)	Т15К6	860	ВТ3-1	ВК8	700
	ВК8	820	ВТ5-1	Т15К6	940
ЭИ617	ВК8	915	ВТ10	ВК8	850
Х23Н18 (ЭИ417)	ВК8	800	ВТ20	Р18	515
				Р9К10Ф	620
				ВК8	950
				ВК6М	630

З цього положення випливає низка важливих висновків.

1. Для інструментів з будь-якою комбінацією геометричних параметрів ріжучої частини ($\alpha, \gamma, \phi, \phi_1, \lambda, r$ та інші) точкам мінімуму кривих, що виражають залежність інтенсивності зношування від швидкості

різання, відповідає та сама оптимальна температура різання θ_0 , хоча рівень оптимальних швидкостей різання може істотно коліватися (рис. 5.2).

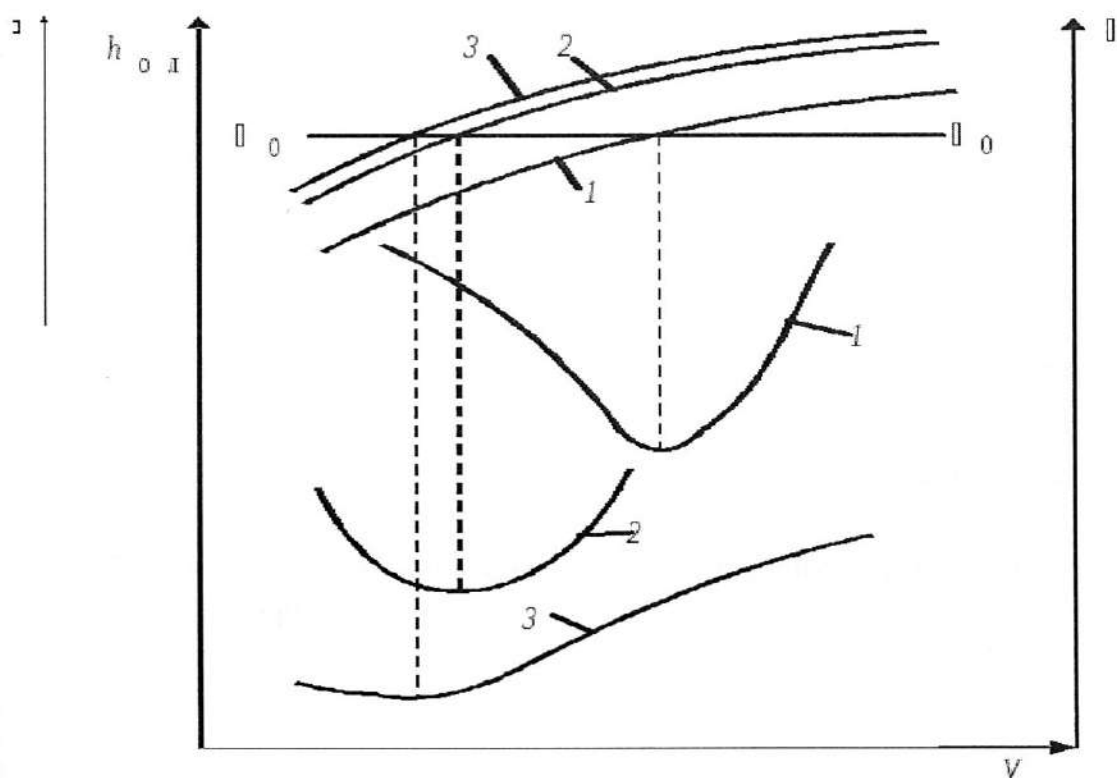


Рисунок 5.2 – Вплив швидкості на температуру різання та інтенсивність зношування різця: 1 – γ_1, α_1, R_1 ; 2 – γ_2, α_2, R_2 ; 3 – γ_3, α_3, r_3

2. Зміна діаметра оброблюваної поверхні при точенні та діаметра отвору при розточуванні призводить до істотної зміни рівня оптимальних швидкостей різання θ_0 , тоді як оптимальна температура різання залишається постійною (рис. 5.3).

3. Зміна твердості та структури сталі призводить до істотної зміни рівня оптимальних швидкостей різання (відповідних мінімальної інтенсивності зношування різця), яким, однак, відповідає та сама оптимальна температура (рис. 5.4).

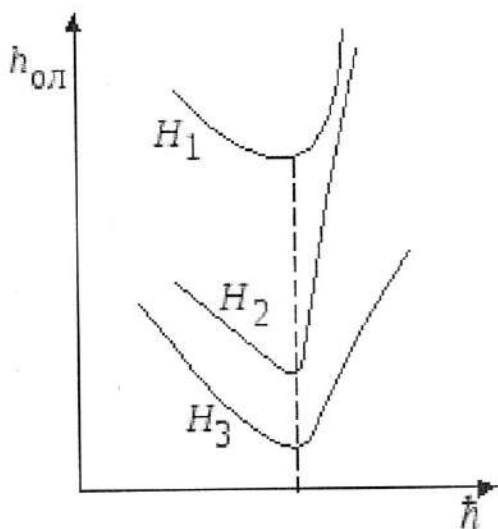


Рисунок 5.3 – Вплив швидкості на температуру різання та інтенсивність зношування розточувального різця ($d_1 < d_2$)

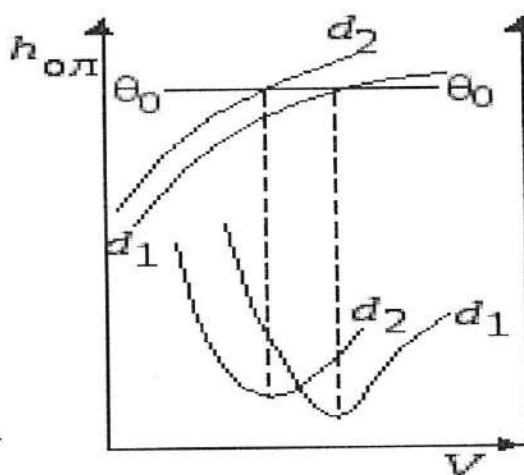


Рисунок 5.4 – Вплив температури різання на інтенсивність зношування різця при обробці різних матеріалів твердості ($H_1 > H_2 > H_3$)

4. При обробці металів без охолодження та з охолодженням різними середовищами найменша інтенсивність зношування спостерігається за однієї і тієї ж оптимальної температури різання θ_0 (рис. 5.5).

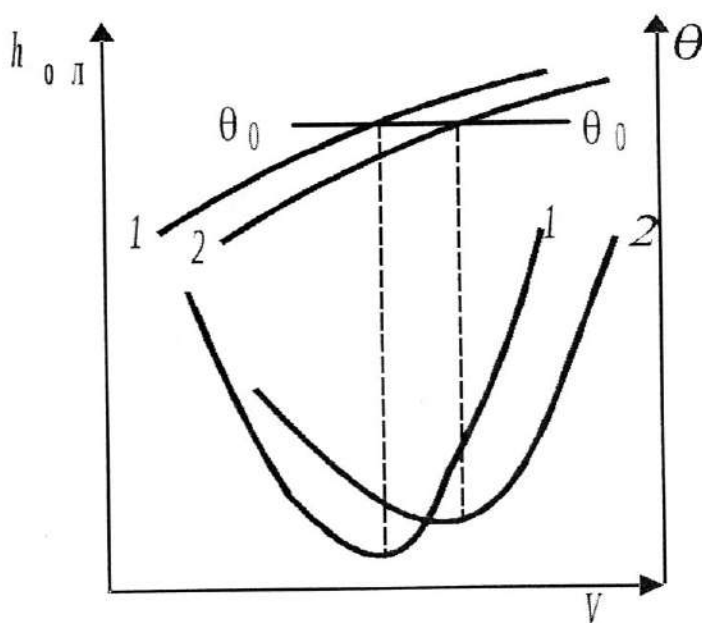


Рисунок 5.5 – Вплив швидкості на температуру різання та інтенсивність зношування різця: 1 – під час роботи без охолодження; 2 – з охолодженням

На основі наведених наслідків приходимо до висновку: підтримуючи постійну оптимальну температуру різання θ_0 (рис.5.5), можна здійснювати процес різання в оптимальному режимі за мінімальної інтенсивності зношування різця.

5.1 Моделювання температури різання

Під температурою різання θ розумітимемо надалі середню інтегральну температуру контактних майданчиків на передній і задній поверхнях інструменту - відповідно l і Δ . Ця температура приблизно відповідає температурі, що реєструється природною термопарою. Логічно припустити, що температура на передній (θ_n) та задньої (θ_z) поверхнях, кожна окремо складають частину від температури різання θ , яку відповідні їм довжини l і Δ складають від загальної контактної довжини $l + \Delta$. Для моделювання температурних залежностей у процесі різання скористаємося теорією розмірності та подібності [14].

Спрощений вираз (5.2) [14] визначає температуру різання. Отримуємо наступний вираз для температури різання:

$$\theta = \frac{0,95\tau_p Pe^{0,375} E^{0,055} erf^{0,4} \sqrt{\frac{PeB}{4}}}{cpB^{0,625} F^{0,15} D^{0,045} (1 - \sin\gamma)^{0,65} \sin^{0,03} \alpha} \quad (5.2)$$

де Pe , F , D – безрозмірні комплекси (критерії подоби), що визначаються виразом.

α та γ – задній та передній кути різця, радий;

τ_p - Опір оброблюваного матеріалу пластичного зсуву, МПа;

E – модуль пружності оброблюваного матеріалу, МПа;

Критерій Пекле, що характеризує ступінь впливу режимних умов процесу порівняння з впливом теплофізичних властивостей оброблюваного матеріалу α ;

$$Pe = \frac{Va_1}{a} \quad (5.3)$$

Де,

V – швидкість різання, м/с

a_1 – товщина шару, що зрізається, м;

a – коефіцієнт температуропровідності оброблюваного матеріалу, м²/с;

Товщина шару, що зрізається, і коефіцієнт температуропровідності оброблюваного матеріалу визначаються за формулами відповідно (5.4), (5.5):

$$a_1 = S \cdot \sin(\varphi) \quad (5.4)$$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \quad (5.5)$$

Критерій, що відображає вплив геометрії інструменту та відношення теплопровідності інструментального та оброблюваного матеріалів:

$$F = \frac{\lambda_p}{\lambda} \beta \varepsilon \quad (5.6)$$

Де

β – кут загострення ріжучого інструменту, рад.

ε – кут при вершині ріжучого інструменту, рад.

Критерій, що характеризує геометрію перерізу зрізу.

$$D = \frac{a_1}{b_1} \quad (5.7)$$

Тут:

b_1 – ширина шару, що зрізається, м

$$b_1 = \frac{t}{\sin\varphi} \quad (5.8)$$

Де t – глибина різання, м

$\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx$ - Інтеграл ймовірності, функція, яка може бути обчислена за допомогою вбудованої функції Excel = ФОШ()

B – величина, що характеризує ступінь пластичних деформацій металу припуска, що знімається, і поверхневого шару оброблюваної деталі. Представляє собою тангенс кута нахилу умовної площини зсуву - β_1 . Визначається з критеріального рівняння: $B = \operatorname{tg}(\beta_1)$

$$B = \frac{mPe^n}{F^k D^p (1 - \sin\gamma)^q} \quad (5.9)$$

в якій коефіцієнт m і показники ступеня n, k, p, q залежно від умов виконання процесу різання визначаються [14].

З аналізу формули (5.2) можна зробити такі основні висновки.

Швидкість різання V і товщина зрізу a_1 збільшують температуру різання, впливаючи безпосередньо через B , проте не однаковою мірою. Температура різання зростає зі збільшенням міцності оброблюваного матеріалу.

Збільшення теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності оброблюваного матеріалу та збільшення теплопровідності інструментального матеріалу сприяють зниженню температури різання згідно з отриманим з формули (5.2).

5.2 Урахування способу подачі МОР при розрахунку температури різання

Для кількісної оцінки ступеня можливого зменшення температури різання $\theta_{\text{різ}}$ при використанні МОР - щодо температури різання при обробці всуху θ в роботі [15] пропонується ввести коефіцієнти зниження температури різання - K_θ , представлені графічно залежно від коефіцієнта тепловіддачі α , що характеризує основні закономірності конвективного теплообміну та

інтенсивність відведення тепла від леза інструменту, стружки та деталі, а також способу охолодження (рис. 5.6).

Таким чином, температура різання визначається:

$$\Theta_{різ} = \Theta \cdot K_{\theta} \quad (5.10)$$

На підставі графічних даних, представлених у роботі [15] були отримані регресійні залежності визначення K_{θ} . Відповідно:

При поливі:

$$K_{\theta} = 1 - 3 \cdot 10^{-5} \alpha \quad (5.11)$$

При напорі:

$$K_{\theta} = 1 - 1,6 \cdot 10^{-4} \alpha \quad (5.12)$$

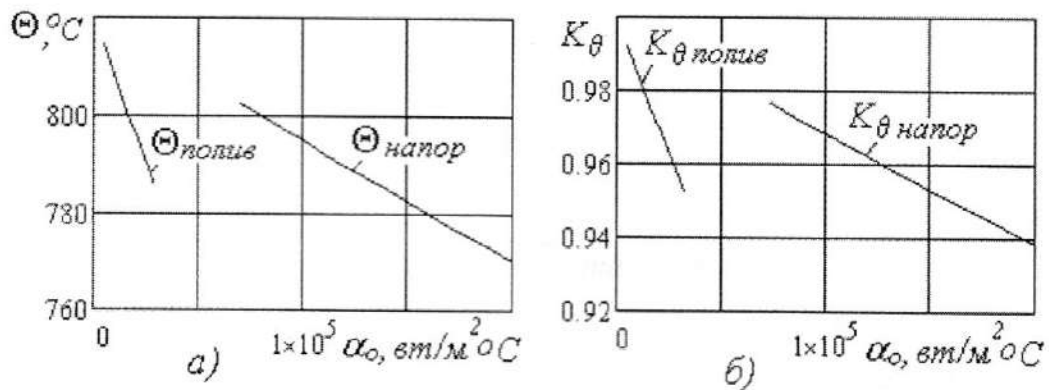


Рисунок 5.6 – Графіки залежності температури різання та коефіцієнти зниження температури різання від коефіцієнта тепловіддачі α при обробці з подачею МОР вільним поливом та напірним струменем

За допомогою запропонованих коефіцієнтів може оцінюватися ступінь зниження температури різання при відомих значеннях коефіцієнтів тепловіддачі. Рівень зниження температури різання має бути такий, щоб температура у зоні різання дорівнювала оптимальної, тобто:

$$K_{\theta} = \frac{\theta_0}{\theta} \quad (5.13)$$

Тут θ_0 - оптимальна температура, що визначається за формулою (5.1);

θ - Температу різання з рівняння (5.2) або табл.5.1.

При заданому рівні зниження температури різання може регламентуватися необхідний рівень коефіцієнтів тепловіддачі, регульований способом, швидкістю та іншими умовами витікання рідини за рахунок зміни параметрів пристроїв подачі МОР.

Спільне рішення рівнянь (5.11), (5.12) та (5.13) дозволяє визначити необхідний коефіцієнт тепловіддачі залежно від умов різання та способу охолодження.

На підставі запропонованої методики були проведені розрахунки температури різання, оптимальної температури, коефіцієнтів зниження температури та коефіцієнтів тепловіддачі в залежності від швидкості різання та способу подачі рідини. Вихідні дані до розрахунків представлені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані до розрахунків

Параметр	Од. виміру	Значення
<i>Оброблюваний матеріал: Сталь 40X</i>		
Опір пластичному здвигу	МПа	$4,70 \cdot 10^8$
Модуль пружності		$2,10 \cdot 10^5$
Коефіцієнт теплопровідності		41,9
Щільність	кг/м ³	7820
Питома теплоємність		642
Коефіцієнт температуропровідності		$5,02 \cdot 10^{-6}$
Відносне лінійне подовження		0,245
<i>Інструментальний матеріал T15K6</i>		
Коефіцієнт теплопровідності		33,94
Щільність		$1,16 \cdot 10^4$
Питома теплоємність		251,4
<i>Геометрія різального інструменту</i>		
Передній кут	Град.	10
Задній кут	Град.	15
Головний кут в плані	Град.	45
Допоміжний кут в плані	Град.	25
Кут загострення	Град.	65

Параметр	Од. виміру	Значення
Кут при вершині	Град.	110
<i>Режими різання</i>		
Глибина	мм	1
Подача	мм/об	0,1

Результати розрахунків представлені у вигляді графіків Рис. 5.7 – Рис. 5.9.

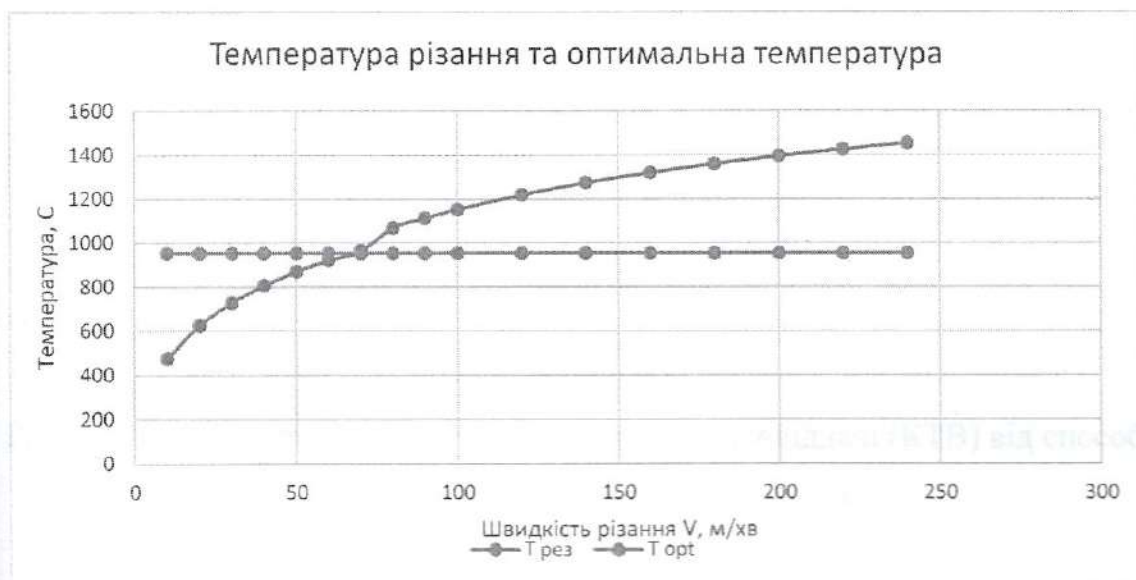


Рисунок 5.7 – Графік залежності температура різання від швидкості різання у співвідношенні до оптимальної температури

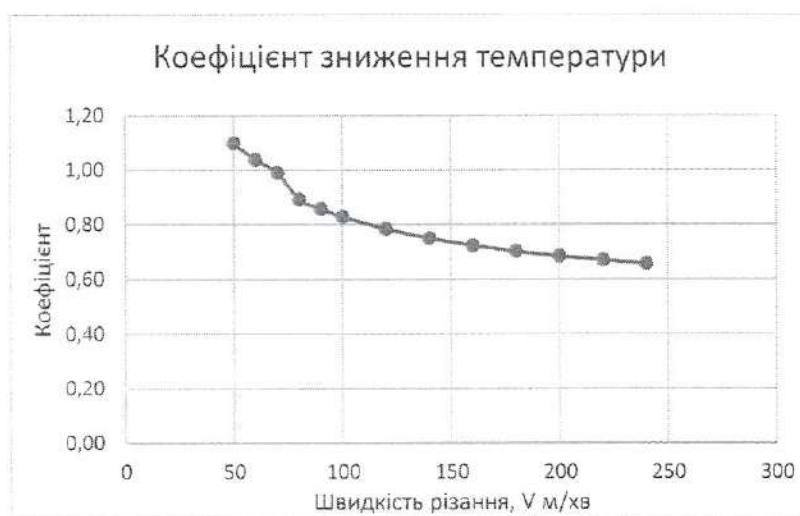


Рисунок 5.8 – Графік залежності коефіцієнту зниження температури від швидкості різання

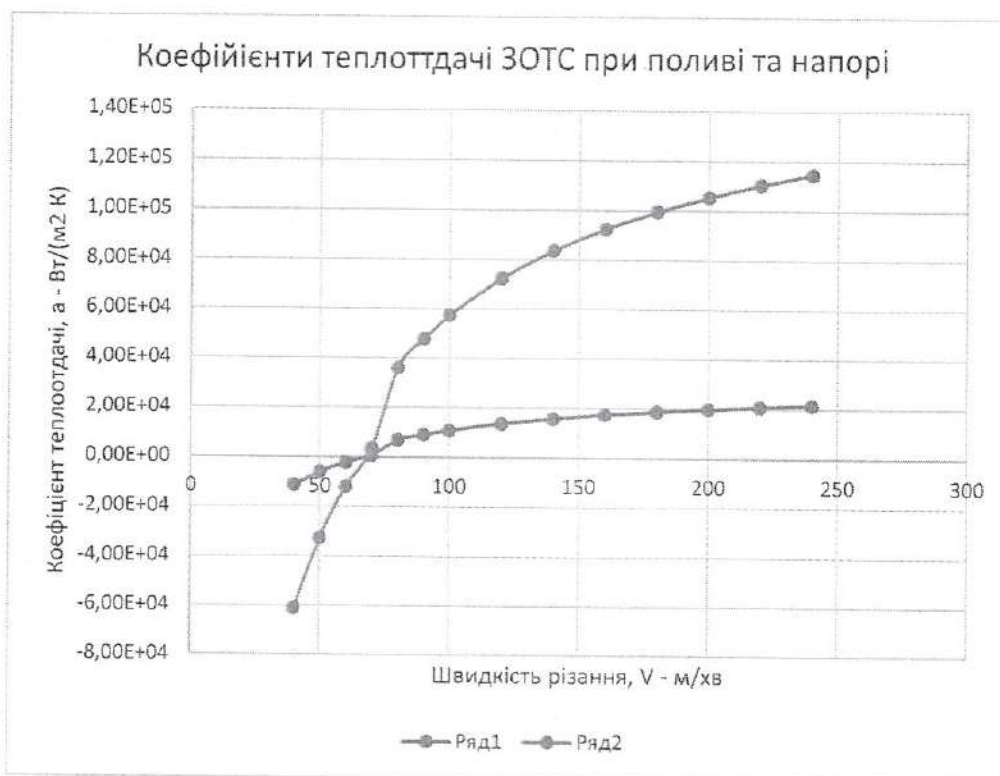


Рисунок 5.9 – Графік залежності коефіцієнту тепловіддачі (КТВ) від способу подачі рідини та швидкості різання

Висновки

Зроблені розрахунки та аналіз отриманих графіків, дозволяє зробити наступні висновки, що відносяться виключно до охолоджуючої властивості МОР:

1. Як видно з графіків Рис. 5.7, 5.8 за даних умов різання охолодження до оптимальної температури потребується при швидкості різання більшої за 70 м/хв.
2. Зі збільшенням швидкості різання температура різання зростає і відповідно потребується більший рівень охолодження до оптимальної температури.
3. Із графіку Рис. 5.9 видно, що при охолодженні поливом потребується значно нижчий коефіцієнт тепловіддачі ніж при охолодженні напором

що пов'язано виключно з екстраполяцією рівнянь (5.11), (5.12) за межі експериментальних даних.

4. Висновок 3 не може розглядатися у відриві від коефіцієнту тепловіддачі, який фактично може бути забезпечений відповідним методом охолодження.

6 ВИБІР ЕФЕКТИВНОГО СПОСОБУ ПОДАЧІ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ РІДИНИ

На основі методики п.5, базуючись на розрахунках коефіцієнта тепловіддачі, що потребується, можна здійснювати вибір способу подачі МОР в зону різання, що також пропонується в роботі [11] як основний критерій вибору. При цьому необхідно розуміти яке значення коефіцієнту тепловіддачі може бути фактично забезпечено відповідним методом подачі МОР.

Подання МОР поливом. При подачі водних розчинів поливом вільно падає струменем рідини, струмінь спрямовується як на стружку, так і на інструмент, коефіцієнт тепловіддачі конвективного теплообміну визначається наступним чином:

$$\alpha = \frac{1,2 \cdot 10^4 \cdot R^{0,6}}{l^{0,4} \cdot d^{1,2}} \quad (6.1)$$

де R - витрата МОР, л/хв;

l - Характерний розмір, мм;

d - внутрішній діаметр сопла подачі рідини, мм;

Виходячи з того, що діаметр сопла та витрата МОР є величини пов'язані:

$$R = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v}{4} \cdot \frac{60}{1000} \quad (6.2)$$

Де v - швидкість рідини в трубі, м/с

Відповідно визначемо діаметр отвору для подачі рідини:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot R}{\pi \cdot v} \cdot \frac{1000}{60}} \quad (6.3)$$

Прийнявши орієнтовно при поливі $v = 1$ м/с (зазвичай знаходиться в межах 0,8 – 1,5 м/с), при нормі витрати МОР в середньому від 7 до 20 л/хв

(табл. 4.7), отримаємо що діаметр отвору при цьому має змінюватися від 12 до 21 мм.

Якщо конструктивно та технологічно визначені витрата МОР та діаметр отвору, швидкість подачі рідини визначається наступним чином:

$$v = \frac{1000}{60} \cdot \frac{4R}{\pi d^2} \quad (6.4)$$

Підставляючи рівняння (6.3) в (6.1) отримаємо вираз для визначення коефіцієнту тепловіддачі:

$$\alpha = 1,922 \cdot 10^3 \frac{v^{0,6}}{l^{0,4}} \quad (6.5)$$

Характерний розмір l за умови поперечного обтікання тіла рідиною визначається:

$$l = \frac{B \cdot H}{2 \cdot (B + H)} \quad (6.6)$$

де, H – розміри інструменту, мм.

Характерний розмір l за умови поздовжнього обтікання тіла рідиною сприймається як розмір у напрямку її течії $l = H$.

У зв'язку з тим, що при різанні на поверхнях леза інструменту в процесі механообробки виникають значно вищі температури, ніж 100°C , необхідно враховувати особливості теплообміну при зміні агрегатного стану рідини – кипіння. У діапазоні температур до 120°C спостерігається бульбашковий режим кипіння з максимально можливим утворенням та відривом бульбашок пари від нагрітої поверхні, що забезпечує найбільший ефект від застосування МОРС. При вищій температурі бульбашковий режим кипіння перетворюється на плівковий. Плівка пари збільшує термічний опір, коефіцієнт тепловіддачі знижується:

$$\alpha_k = 3,33 \cdot 10^6 (\theta - 100)^{-1,43} \quad (6.7)$$

де θ - температура різання.

Рух рідини до нагрітого інструменту вносить зміни в процес кипіння. Рідина, що рухається, зриває парові бульбашки з поверхні тіла і послаблює

процес бульбашкового кипіння, а також руйнує парову плівку. Наведений коефіцієнт тепловіддачі, що враховує спільний вплив кипіння та конвективного теплообміну, визначається таким чином: $\alpha_{\text{полив}}$

$$\alpha_{\text{полив}} = \alpha \left[\frac{4 \cdot \alpha + \alpha_k}{5 \cdot \alpha - \alpha_k} \right] \quad (6.8)$$

де α_k і α - відповідно незалежно розраховані коефіцієнти тепловіддачі при кипінні та при конвективному теплообміні.

Подача МОР напорною струєю. При струминно напірній подачі з боку задньої поверхні, коефіцієнт тепловіддачі записується в такому вигляді:

$$\alpha_{\text{напор}} = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot R^{0.8}}{l^{0.2} \cdot d^{1.6}} \quad (6.9)$$

Співвідношення між діаметром отвору та витратою МОР визначається за рівнянням (6.2) при тому що діаметр отвору при низьконапорному охолодженні варіюється від 2 до 5 мм, а швидкість рідини становить до 14 м/с. При високонапорній подачі рідини діаметр отвору приймається до 0,8 мм,

а швидкість – 40 – 60 м/с.

Використовуючи рівняння (6.2), з рівняння (6.8) отримаємо:

$$\alpha_{\text{напор}} = 2,603 \cdot 10^3 \frac{v^{0.8}}{l^{0.2}} \quad (6.10)$$

Коефіцієнт тепловіддачі при напірній подачі практично не залежить від температури.

Подача розпорошених МОР. подача розпиленої рідини здійснюється як з боку задньої, так і з боку передньої поверхні. При подачі МОР в зону різання в розпорошеному стані має місце складний теплообмін поверхні леза інструменту з двофазним повітряно-рідинним середовищем. Рівняння, яке враховує всі ці фактори, має вигляд:

$$\alpha_{\text{розпил}} = 1,2 \cdot K^{0,66} \cdot m^2 \left(\alpha_k - \frac{5,0 \cdot v^{0,6}}{l^{0,4}} \right) + \frac{5,0 \cdot v^{0,6}}{l^{0,4}} \quad (6.11)$$

де, K – концентрація рідини у двофазному повітряно-рідинному середовищі;

m – коефіцієнт, що характеризує деформацію крапель рідини при зіткненні з поверхнею;

$$\alpha_k = \frac{447,6(\theta_H - \theta_0)^{0,33}}{l^{0,01}} \quad (6.12)$$

де, θ_H, θ_0 – температури насичення рідини та охолоджуючого середовища.

Використовуючи отримані залежності та приймаючи значення: $H = 20$ мм, $B = 20$ мм, температура насичення рідини 120°C , для водних розчинів, і охолоджуючого середовища 20°C , визначимо коефіцієнти тепловіддачі при різних способах подачі МОР, а саме: полив, низьконапорна подача, розпилення, та отримаємо їх порівняльну характеристику. Режими та умови різання наведені в п. 5, швидкість різання $V = 90$ м/хв. Вихідні данні наведені в табл. 6.1

Таблиця 6.1 – Дані для визначення коефіцієнта тепловіддачі

Найменування	Полів $\alpha_{\text{полів}}$	$\alpha_{\text{напор}}$	$\alpha_{\text{розпил}}$
$l = H$, мм		20	
R , л/хв	15	2	1
d , мм	15	2	0,5
v , м/с	1,4	10,6	84,9
θ_H , $^\circ\text{C}$	-	-	120
θ_0 , $^\circ\text{C}$	-	-	20
m	-	-	6
K	-	-	0,25

Порівняльна діаграма коефіцієнтів тепловіддачі та швидкості руху рідини наведена на рис. 6.1

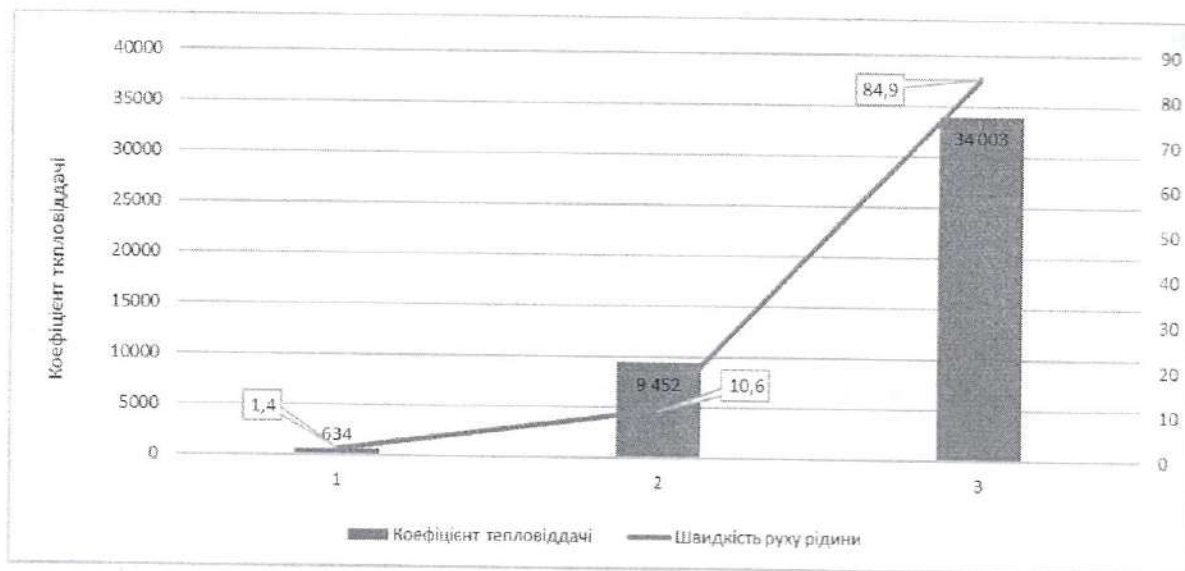


Рисунок 6.1. – Порівняльна діаграма коефіцієнтів тепловіддачі та швидкості руху рідини при поливі (1), низьконапірному струмені (2) та розпиленні (3).

Виходячи з отриманих даних (рис. 6.1) бачимо, що значення коефіцієнтів тепловіддачі при напірному способі і розпиленні в кілька разів вище, ніж при поливі, і перший є найменш ефективним способом подачі, однак він є просто реалізованим і менш витратним ніж інші способи при значно вищій витраті МОР. Тепловіддача при подачі напірним струменем, виходячи з викладеної вище інформації, практично не залежить від температури різання, і розрахований коефіцієнт має майже в 15 раз більше значення ніж попередній. Однак найбільш ефективним, з точки зору передачі теплової енергії, є спосіб подачі МОТС у розпорошеному стані, який має найбільше значення. При цьому головним фактором, що впливає на теплообмін є швидкість руху рідини.

Графік залежності коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{\text{полив}}$ при поливі від швидкості різання V , демонструє тенденцію до зниження тепловіддачі зі збільшенням швидкості (рис.6.2) на відміну від інших способів подачі. При швидкості різання більше ніж 100 м/хв коефіцієнт тепловіддачі істотно не змінюється.

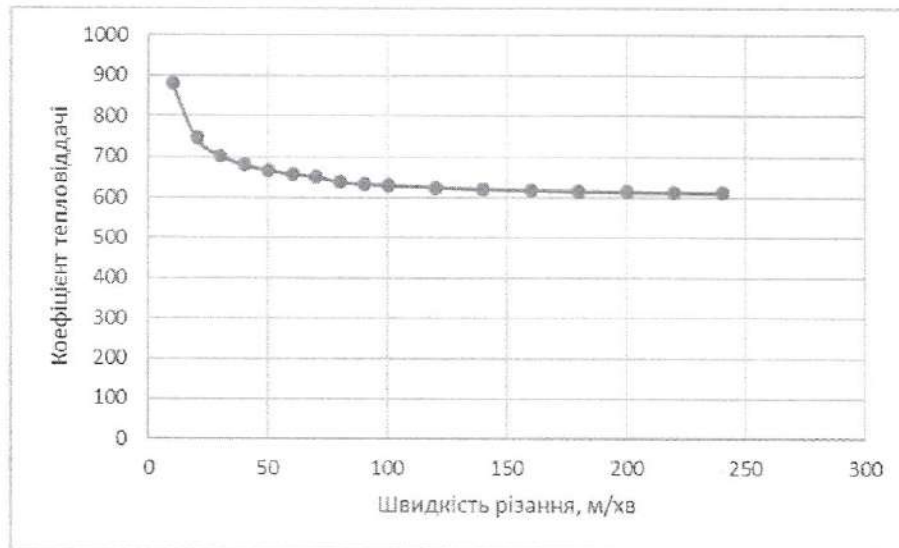


Рисунок 6.2 – Залежність коефіцієнта тепловіддачі при поливі від швидкості різання

Збільшення витрати рідини, з урахуванням зазначених вище обмежень на її швидкість, демонструє що ефективність охолодження поливом при цьому істотно не збільшується (див. рис. 6.3).

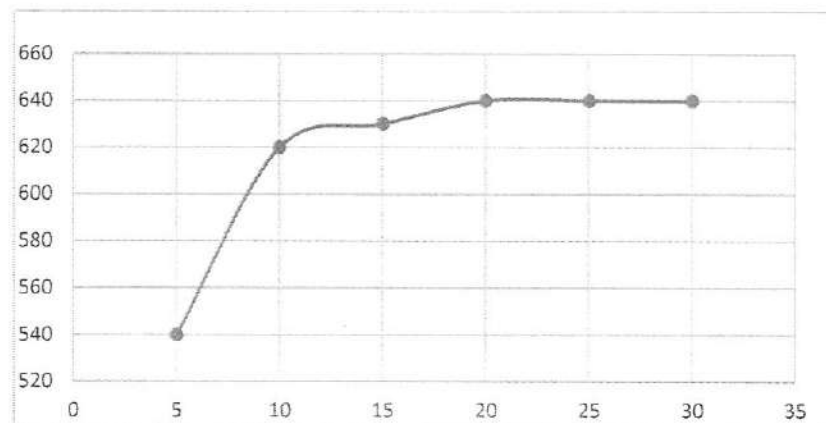


Рисунок 6.3. - Вплив витрати рідини на коефіцієнт тепловіддачі при поливі

Отримані залежності дають змогу обрати спосіб охолодження, виходячи з необхідного коефіцієнту тепловіддачі та такого, що може бути забезпечений відповідним способом. Для цього графік, представлений на рис.5.9, доповнимо обмеженнями, що визначаються способом подачі рідини (рис. 6.4)

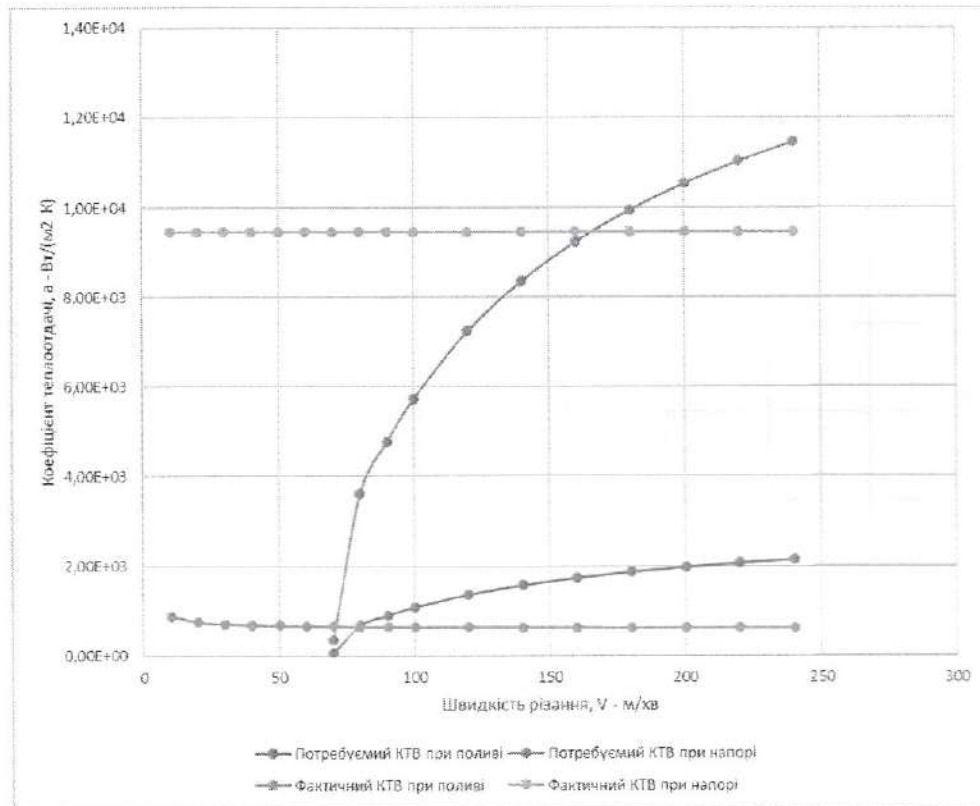


Рисунок 6.4 - Залежність коефіцієнта тепловіддачі що потребується та може бути забезпечений способом подачі рідини від швидкості різання

Як показує аналіз отриманих залежностей та графік рис. 6.3 при поливі можливості зміни коефіцієнта тепловіддачі є обмеженими, спосіб може бути застасований при низьких швидкостях різання, і за даних умов – до 80 м/хв. Крім того, при поливі рівномірний теплообмін досягається за рахунок великої витрати рідини.

При подачі рідини під низьким напором в данному випадку рекомендована швидкість різання 160 м/хв. При цьому коефіцієнт тепловіддачі може змінюватися в досить широких межах – при тому самому

розході, збільшення розміру отвору до 3 мм, зменшує швидкість руху рідини та коефіцієнт тепловіддачі орієнтовно в 2 рази, відповідно до 4,7 м/с та 4940 Вт/(м² К) що може бути рекомендовано для швидкості 90 м/хв.

При подачі МОР у розпорошеному вигляді значно впливає на теплообмін, такий критерій як температура насичення рідини при якій рідина переходить з рідкої фази в газоподібну. При підвищенні цього значення, має місце значне підвищення коефіцієнта тепловіддачі (рис. 6.5).

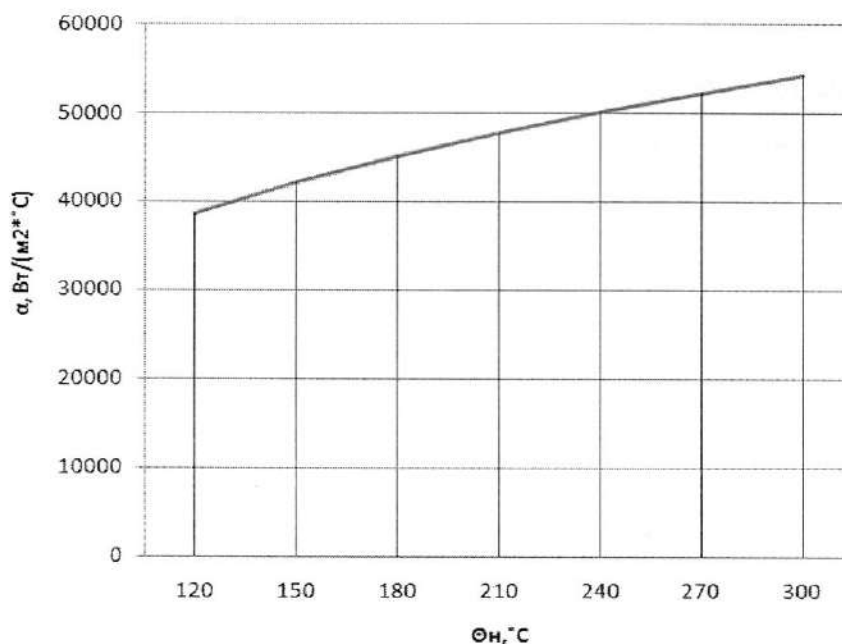


Рисунок 6.5 – Зміна коефіцієнту тепловіддачі при розпорошеній подачі МОР

Висновки

Зроблені розрахунки та аналіз отриманих даних, дозволяє зробити такі висновки:

1. За критерій вибору способу подачі МОР рекомендується прийняти коефіцієнт тепловіддачі, що потребується та може бути забезпечений відповідним способом
2. Основним фіктором, що впливає на коефіцієнт тепловіддачі є швидкість руху рідини, яка забезпечується технічними характеристиками та конструкцією пристрою для її подачі

3. Подача МОР у розпорошеному вигляді найефективніша з погляду оцінки коефіцієнта тепловіддачі і може бути рекомендована для високошвидкісної обробки.
4. Подача МОР поливом може бути рекомендована при низьких швидкостях різання та регулюється переважно за рахунок розходу рідини.
5. Низьконапорна подача МОР може бути рекомендована для середніх швидкостей різання
6. Маючи за критерій оптимальну температуру різання, спосіб охолодження має відповідати необхідному рівню зниження температури. Надлишкове охолодження зони різання не є необхідним та навіть може бути шкідливим, призводячи до зниження ефективності процесу різання.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У процесі виконання магістерської роботи основний аналіз літературних даних, інформаційну про досягнення, що мають місце у світі, результати досліджень інших науковців, а також обробку інформації, що получено в процесі експериментальних досліджень, виконувалось у приміщенні забезпеченому персональними комп'ютерами (далі ПК) візуальними дисплейними терміналами (далі ВДТ). З метою забезпечення комфортних та безпечних умов праці та розробки заходів щодо оздоровлення виробничого процесу, попередження можливого травматизму під час виконання науково-дослідної роботи виконано аналіз потенційних опасностей та розроблено рекомендації щодо вимог нормативно-правової документації України та рекомендацій методичних вказівок [17].

7.1 Аналіз потенційних опасностей

Згідно з ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація», виявлені небезпечні фактори, здатні призвести до різноманітних травм:

-найбільш важкі та небезпечні є електротравми. Як відомо, ступінь опасности залежить від багатьох факторів, наприклад, змінний струм має значно більший фізіологічний вплив на особистість ніж постійний, особливо при напрузі до 250В, що характерно для основного обладнання у науково-дослідних приміщеннях та лабораторіях. Крім того, ступінь враження залежить від індивідуального опору людини, опору його шкіри, шляху проходження струму через його тіло, щільності контакту, сили струму, вологості, температури повітря. Причиною ураження електричним струмом може стати несправність електрообладнання, порушення ізоляції. [18].

- механічне травмування є можливим при недостатньому розумінні людини, наприклад, внаслідок підвищеного стомлення або поганого самопочуття, викликаного загальними захворюваннями.

- низька фізична активність, що є характерною під час роботи за ПК (внесення цифрових даних, математичних розрахунків та інше) сприяє загальному стомленню, зниженню працездатності, погіршенню настрою;

- внаслідок тривалих статичних навантажень під час роботи з ПК можливим є відчуття болю у м'язах;

- нервно-психічні перевантаження під час тривалих дослідів може призвести до емоційного дискомфорту та роздрованості,

- незадовільні показники ергономіки робочого місця може призвести до відчуття передчасного стомлення, втрати вдосталь до подальшої роботи

- виконання наукових досліджень в умовах дефіциту інформації та часу може призвести до значного стомлення та порушень кістково-м'язового апарату;

- недостатнє штучне освітлення робочої зони негативно впливає на зір та продуктивність роботи працюючого;

- підвищена зорова втома є наслідком тривалої, неперервної години роботи за ПК;

- температура повітря в приміщенні, що суттєво нижча за рекомендовану нормативами у холодно-зимовий період, може стати причиною погіршення імунітету та проявів простудних захворювань;

- можлива підвищена вологість у приміщенні в осінній період, за відсутності загального опалення, може викликати дискомфорт та погіршення загального самопочуття.

- Недостатній кваліфікаційний рівень дослідника може впливати на бажання продовження навчання та підвищення професійних навичок.

Опасність загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі.

Неправильні організаційні дії в умовах надзвичайних ситуацій, у разі ліквідації наслідків таких ситуацій, що може призвести до травмування та загибелі людей.

7.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

З метою забезпечення електробезпеки необхідно визначитися до якого типу приміщень належить дослідницька лабораторія. Приміщення сухе – відносна вологість не більше 60%, металева пилка у повітрі відсутня, температура до 30°C, підлога - дерев'яна, тому згідно з ПУЕ лабораторія відносяться до приміщень без підвищеної опасности ураження електричним струмом. [19]. Крім того, згідно з «ПУЕ» [19] передбачено застосовувати обладнання, яке є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220 В від мережі із заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000В закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Електротехнічні вироби. Загальні вимоги безпеки» І (стаціонарні комп'ютери) та ІІ (освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої,

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» виконані різноманітні заходи з електробезпеки. На сам перед, передбачені конструктивні заходи, які забезпечують захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою їх ізоляції та захисних оболонок. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Електробезпека. Терміни та визначення» у приладах ІІ класу захисту використовується подвійна ізоляція - електрична ізоляція, що складається з робочої та додаткової ізоляції. Враховано вимоги НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила влаштування

електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» офісні приміщення відносяться до класу пожежнебезпечної зони П-Па (приміщення, в яких містяться тверді горючі речовини) та передбачений ступінь захисту ізоляції обладнання IP44. Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення», НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЄ») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі «ПБЄЕС») у приміщеннях лабораторії вла.

Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила та 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» для запобігання статистичного навантаження на м'язи тулуба та кистей рук під час тривалої безперервної роботи на ПК рекомендовано робити перерви у роботі мінімум на 10 хв. через кожні дві години.

Згідно з НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [20]

- оптимальна висота клавіатури від підлоги – 65-75 см;
- наявність ергономічних та зручних особисто для вас миші та клавіатури;
- можливість регулювання висоти та нахилу клавіатури (відстань від поверхні столу до середини клавіатури – не більше 30 мм, кут підйому клавіатури – від 2° до 15°);
- наявність у клавіатури підставки для рук;
- наявність коврика для миші з захистом від тунельного синдрому (спеціальний виступ забезпечує правильне положення кисті).

Синдром зап'ястного каналу, або тунельний синдром зап'ястя, який може бути наслідком хронічної травми, трапляється у людей внаслідок

тривалої роботи з мішею: постійні напруги та здавлювання призводять до мікротравм, здавлювання нерва прилеглими оточуючими тканинами, через що виникає набряк. [22]. Щоб попередити тунельний синдром, потрібно робити спеціальні вправи для кистей – чим частіше, тим краще. Ці вправи допоможуть покращити кровообіг у м'язах і розтягнути їх. Комплекс вправ потрібно повторювати приблизно кожні 45 хвилин, тривалість однієї вправи – 1-2 хв.

Нервові напруження впливають на серцево-судинну систему, збільшуючи артеріальний тиск і частоту пульсу, а також на терморегуляцію організму та емоційні стани працівника. Особливу роль у запобіганні втоми працівників відіграють професійний відбір, організація робочого місця, правильне робоче положення, ритм роботи, раціоналізація трудового процесу, використання емоційних стимулів, впровадження раціональних режимів праці та відпочинку тощо. Боротьба зі втомою, в першу чергу, зводиться до покращення санітарно-гігієнічних умов виробничої середовища (ліквідація забруднення повітря, шуму, вібрації, нормалізація мікроклімату, раціональне освітлення тощо).

Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничої меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях. Планування та розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [20]:

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

- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим за 1 м.

Необхідно також врахувати розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [20] складати: висота - 725 мм, ширина - 600-1400 мм, глибина - 800-1000 мм. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила та норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» комп'ютеризовані робочі місця розміщуються рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити зеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та попадання останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їхньої зорової роботи [21].

7.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничої середовища, тяжкості та напруженості трудового процесу», МПУ 06.05.2014 р. за №472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»). [23].

Згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення» у приміщеннях дослідницьких лабораторіях використовують природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних лучів, що створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів та клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення у приміщенні здійснено системою загального рівномірного

освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу у зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення у приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ. [24].

Для запобігання загальних захворювань та для профілактики виникнення можливих простудних захворювань у холодний період року, значення температури, вологості та швидкості переміщення повітря відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12. -88 (1991) «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» [25, 26].

Роботи в приміщеннях з ПК, що належать до категорії Іб - легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

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

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

Оптимальні рівні позитивних (n+) та негативних (n-) іонів у повітря приміщення з ПК нормовані згідно з ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» та становитимуть: $n^+ = 1500-300 \text{ 1см}^3$; $n^- = 3000-5000 \text{ (шт. на 1см}^3\text{)}$.

Рівні звукового тиску в октавних полосах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях біля приміщення нормуються згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила та норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» 9. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

7.4. Шум, вплив на людину і методи захисту

Одним із факторів, що впливає на самопочуття у процесі трудової діяльності є шум. Він заважає мовному спілкуванню людей, викликає роздратованість, заважає зосередженню, особливо під час виконання складних, інтелектуальних завдань. Виробничий шум постійно супроводжує роботу обладнання та механізмів, тому його негативне вплив має суттєве значення.

Виробничий шум - сукупність різноманітних за силою та частою звуків. Джерелом шуму можуть бути двигуни, насоси, вентиляційні пристрої, холодильне обладнання, компресори, деякі технологічні процеси - робота на ткацьких станках, випробування двигунів, будівельні роботи. Постійним джерелом шуму є транспорт, особливо міський (залізниця, метро, автомобілі) і на сьогодні на вулицях великих міст рівень шуму досягає 80-90 дБ. В останні роки інтенсивність шуму на виробництві й у побуті зростає, що пов'язано з підвищенням потужності та продуктивності машин, механізмів, побутових приладів. За останні 30 років у всіх великих містах країни рівень шуму виріс на 12-15 дБ, а гучність зросла у 3-4 рази. [27].

Шум спричиняє шкідливу дію не лише на орган слуху, а й на весь організм. При тривалому впливі шуму знижується гострота слуху (розвиток приглуховатості та глухоти), погіршується стан нервної системи (неврози), серцево-судинної (гіпертонічна хвороба) та травної (гастрити, язвенна хвороба) систем. При дії підвищеного рівня шуму (понад 80 дБ) працездатність людини знижується в середньому на 20 %, а для 30 % людей шум є причиною передчасного постаріння. Найбільш негативна дія шуму виявляється протягом перших 10 років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Для визначення впливу шуму на організм людини навіть запроваджено термін «шумова хвороба».

Виділяють три характеристики шуму - рівень тиску шуму, частоту та тривалість дії. Шумові характеристики джерела шуму визначаються згідно з ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки». Допустимі межі тиску шуму в різних умовах становити 45-80 дБ. Частотну характеристику шуму подають у герцах (Гц). Вухо людини сприймає шуми в діапазоні від 16 Гц до 20000 Гц (20 кГц). Звук частотою до 16 Гц називають інфразвуком, понад 20000Гц – ультразвуком. [18].

Параметри шуму вимірюються приладами – шумомірами та частотними аналізаторами. Рівень робочого шуму вимірюється регулярно, 1 раз на рік, і він не повинен перевищувати 80 дБ. Класи умов праці залежно від рівня виробничого шуму поділяються на допустимі (згідно з державними санітарними нормами, ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку), шкідливі та небезпечні. [18,27].

Рекомендовані такі діапазони шуму для приміщень різного призначення:

- для сну відпочинку - 30 -50 дБ (45 дБ вдень і 40 дБ - вночі);
- для розумової праці – 45 -55 дБ;
- для робітників цехів, гаражів, магазинів – 56-70 дБ;
- для банківських приміщень – 60 дБ;
- касового вузла банку – 75 дБ;
- інших виробництвах – до 80 дБ.

Для боротьби з виробничим шумом застосовують різні заходи. Найефективнішим є зниження його рівня у джерелі виникнення. У тих випадках, коли вплинути на джерело шуму неможливо, використовують метод зменшення сили шуму на шляху його поширення - звукоізоляцію та звукопоглинання (стіни, загородки, перекриття з металу, товстого стекла, кирпича, залізобетону, які покривають пористими матеріалами, шлакуватою, пінополіуретаном, тканинами). тощо). Місцева ізоляція проводиться шляхом створення боксів, кабін, у яких розміщується джерело шуму. [18].

Важливу роль у боротьбі з шумом відіграють архітектурно-будівельні рішення при проектуванні та будівництві підприємств. Цехи з високим рівнем шуму повинні бути сконцентровані в 1-2 місцях, їх необхідно оточувати зеленою зоною. За цією зоною слід розміщувати підприємства із середнім рівнем шуму, за ними - безшумні цехи та адміністративні приміщення. [18].

Зниження рівня шуму в приміщенні дослідницької лабораторії може бути здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного обладнання колективного користування на значному відстані від більшості робочих місць;
- переведення жорсткого диска в спальний режим (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеної години;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках

Важливим профілактичним засобом попередження утомлюваності на роботі при дії шуму є чергування періодів роботи та відпочинку. Працівники виробництв з високим рівнем виробничого шуму повинні обов'язково проходити профілактичні огляди з обстеженням насамперед стану органу слуху не менше 1 разу на рік. [28].

Зниження загального шумового фону населених пунктів досягають шляхом перерозподілу транспортних потоків та екранування житлових будівель, а також облаштування зелених зон між вулицею та будівлями.

7.5 Заходи з пожежної безпеки

Закон України «Про пожежну безпеку» визначає загальні правові, економічні та соціальні засади забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних та фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності. [29].

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. [18].

Для забезпечення пожежної безпеки в установах проводять пожежну профілактику, яка включає комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі. [18].

Залежно від агрегатного стану та особливостей горіння різних горючих речовин та матеріалів пожежі згідно з ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір), та класу Е - пожежі, пов'язані з горінням електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.

Згідно з методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною опасністю, що регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною опасністю» та СНиП «2.09.02-85* будівлі» приміщення (лабораторія) відповідає категорії Д – наявність незаймистих речовин та матеріалів у холодному стані. [29].

Відповідно до категорії виробництва з пожежної опасности та вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості дослідницької лабораторії - II. [30].

У приміщення (лабораторія) пожежний інвентар із пожежним

інструментом та 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. У приміщення (лабораторія) встановлено 2 вуглекислотні вогнегасники місткістю 5 л. Доцільність використання цього вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник ВВК-3 призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в офісних приміщеннях за наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду [31].

Також у приміщенні передбачено застосування автоматичного сповіщувача ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання та виклику пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходів щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності в захищеному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я. Для адміністративних приміщень використовується димові пожежні сповіщувачі [31].

7.6 Заходи щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

Згідно з Кодексом цивільної захисту України: [32].

1. Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- 1) за місцем роботи – працюючого населення;
- 2) за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- 3) за місцем проживання – непрацюючого населення.

2. Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

1) працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільної захисту, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють та затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

2) дітей дошкільного віку, учнів та студентів - на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти та науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільної захисту.

3. Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільної захисту.

4. Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

5. 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 у робочу годину за рахунок коштів роботодавця

за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань та тренувань з питань цивільної захисту.

2. Порядок організації та проведення спеціальних об'єктів і тренувань з питань цивільної захисту визначається центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільної захисту.

3. Для отримання працівниками свідень про конкретні дії в 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 цивільної захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

5. Особи, яких приймають на роботу, пов'язані з підвищеною пожежною опасністю, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожарно-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 та перевірку знань з питань цивільної 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 цивільної 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 та 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 цивільної 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 щодо безпеки життєдіяльності;
- 2) проведення навчально-тренувальних зборів та польових таборів;
- 3) участі команд - переможниць на 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 власної захисту та рятування.

Стаття 42. Навчання непрацюючого населення

Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільної захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби масової інформації іншу наочну продукцію, відомості про надзвичайні ситуації, в зоні яких або в зоні можливого ураження від яких може опинитися місце проживання непрацюючих громадян, а також способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Таким чином, ознайомлення, засвоєння та дотримання нормативно-правових документів гарантує збереження здоров'я протягом усієї трудової діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мазур Н.П. Основы теории резания материалов: учебник [для высш. учебн. заведений] / Мазур Н.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И., и др.; под общ. ред. Н.П. Мазура и А.И. Грабченко. - 2-е изд., перераб. и дополн. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. - 534 с.
2. Энтелис С. Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием; Справочник/Под ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. —М.: Машиностроение, 1986. 352 с, ил.
3. Бабичев А. П., Физические величины: Справочник/А. П. Бабичев, Н. Л. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; Под. ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. — М.; Энергоатомиздат, 1991. —1232 с.
4. Научно-технические основы применения смазочно-охлаждающих жидкостей при резании металлов: сборник статей/ Под ред. М. И. Клушина. – Иваново: Ивановский текстильный ин-т Горьковский политехнический ин-т, 1968. – 172 с.
5. Крагельский И. В. Коэффициенты трения: справочное пособие/ И. В. Крагельский, И. Э. Виноградова. – М.: Машгиз, 1962. – 220 с.
6. Курчик Н. Н. Смазочные материалы для обработки металлов резанием: состав, свойства и основы производства/ Н. Н. Курчик, В. В. Вайншток, Ю. Н. Шехтер. – М.: Химия, 1972. – 312 с.
7. Худобин Л.В. Технологии и техника применения смазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке: учебное пособие /Л.В. Худобин, Е.М.Булыжев. - СтарыйОскол: ТНТ, 2016. - 228 с.
8. Руководство по применению СОЖ./перевод Л.В. Рубанова Americanmachinist. 16/III, 1964 - с.105-123.

9. Тимаков А. С. Исследование влияния йодсодержащих СОТС на процессы резания металлов быстрорежущим инструментом: канд. работа / А.С. Тимаков. - М. - с.109.
- 10.. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ / В.Н. Латышев. - М.: Машиностроение, 1985. - 64 с.
11. Якубов Ф.Я. Структурно-энергетические аспекты упрочнения и повышения стойкости режущего инструмента / Ф.Я. Якубов, В.А. Ким. - Симферополь : Крымучпедгиз, 2005. -300 с.
- 12.Бердычесвкий Е.Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов: Споравочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 224с.ил.
13. Вопросы применения смазочно-охлаждающих жидкостей при резании металлов: сборник статей/ каф. «Технология металлов и машиностроения» Горьковск. политехн. ин-т им. А. А. Жданова; под ред. М. И. Клушина. – Иваново: Ивановский текстильный ин-т им. М. В. Фрунзе, 1965. – 181 с.
- 14.Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. – М.: Машиностроение 1979. - 152 с.: ил.
15. Ивченко Т.Г. Расчет теплових потоков и температур резания при точении использованием смазочно-охлаждающих жидкостей. Збірник наукових праць «Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем». – Краматорськ, ДДМА. Вип. 26, 2010. – с.90-96.
- 16.Дорожко С.В. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : Уч. Пособие в 3-х частях. Часть 2. Система выживания и защита территорий в чрезвычайных ситуациях/ С.В. Дорожко, В.Т. Пустовин, Г.И. Морзак, В.Ф. Мурашко. – Мн.: УП «Технопринт», 2002-261с.
17. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» у магістерських дипломних роботах зі спеціальності 131 "Прикладна механіка" (освітня програма "Технологія машинобудування"); 133 «Галузеве машинобудування» (освітня

- програма «Металорізальні верстати та системи»; 134 "Авіаційна та ракетно-космічна техніка" (освітня програма "Авіаційні двигуни та енергетичні установки", "Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок")/ Укл. : В.І. Шмірко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 – 28 стор.
18. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: підручник вид. 5-ті, дод. К.: Знання, 2014. 373 с. + 1 ел. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3.
19. ПУЄ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЄ-86; чинний з 2017-08-21]. К.: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
20. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10; чинний від 2018-05-18]. К.: Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці).
21. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки під час роботи з дисплейним обладнанням. [Чинне від 1990-05-29]. Брюссель. : Рада Європейських спільнот, 1990. Режим доступу: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>. (Директива; Міжнародний документ).
22. Керб Л. П. Основи охорони праці. [Текст]: Навч. посіб. - До: 2006. - 216 с.
23. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничої середовища, тяжкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ДН 3.3.5-8.6.6.1-2002; чинний від 2014-05-30]. К.: МОЗ України, 2014. 37 с. (Державні санітарні норми та правила) URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.

24. ДБН В.2.5-28-2018. Природне та штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.
25. ДСП 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинне від 1999-12-01. К.: МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.
26. ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».
27. Катренко Л. О., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум. [Текст]: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2009. – 540с.
28. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.037-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999. – URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>. – (Державні санітарні норми).
29. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002; чинний від 2017-06-01]. К.: Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми).
30. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною опасністю. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007; чинний від 2017-01-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України).
31. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) [Текст] : ДСТУ EN 2:2014. - на заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016 / Мінекономрозвитку України, 2014. – 7 с. (Державний Стандарт України).
32. Кодекс цивільної захисту України [Електронний ресурс] - Чинне від 2012-11-21.: станом на 01.01.2020 р. – К.: Відомості Верховної Ради

України, 2013. – Режим доступу:
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. – (Закон України).