

**Національний технічний університет України «КІЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»**

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»

УДК 621.895

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ю.В.Петраков
“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності **131 Прикладна механіка. Технології виготовлення літальних
апаратів**

на тему: __Підвищення ефективності застосування змащувально-охолоджуючих
засобів у виробництві

Виконав (-ла): студент (-ка) _2_ курсу, групи МТ-82мп

Матвієнко Сергій Борисович _____ (підпис)

Науковий керівник _проф.,дтн, Пуховський Є.С. _____ (підпис)

Консультант _____ (підпис)

Рецензент _____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____ (підпис)

Київ – 2019 року

РЕФЕРАТ

Структура та об'єм роботи. У магістерську дисертацію входить вступ, 3 розділи, загальні висновки, список використаної літератури. Робота складається з 69 сторінок тексту, 3 таблиці, 11 рисунків, 15 літературних джерел.

Актуальність теми. В цей час, протягом тридцяти – сорока років має особливу, важливу роль змащувально-охолоджуючі технологічні засоби для розвитку оброблення матеріалів різанням. Оптимальний підбір ЗОТЗ сприяє покращенню продуктивності виробництва, а також якості виробу тощо. Однак досі виникають питання по покращенню ефективності ЗОТЗ. Автор піднімає питання покращенню ефективності ЗОТЗ, структурний аналіз сумішей, переваги й недоліки їх, а також ефективність застосування даних технологічних засобів.

Мета й завдання дослідження. Аналіз й розробка теоретичних основ ефективності змащувально-охолоджуючих технологічних засобів, їх структури, вплив на продуктивність виробництва, якість, шорсткість виробу. Визначення переваг і недоліків певних перспективних змащувально-охолоджуючих технологічних засобів, їх структури, підходу, підводу до зони різання, універсальність тощо.

Об'єкт дослідження – ефективність змащувально-охолоджуючих технологічних засобів.

Предмет дослідження – визначення значення змащувально-охолоджуючих технологічних засобів у виробництві.

Методи дослідження: аналіз раніше опублікованих робіт, основ різання матеріалів і теорії змащувально-охолоджуючих технологічних засобів.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Комплексний аналіз та висновки щодо впливу процесів різання на продуктивність виробництва й якість виробу.
2. Аналіз отриманої інформації та визначення типів сумішей, підводу до зони різання тощо.
3. Розробка алгоритму автоматизованого вибору ЗОР для підвищення ефективності виробництва.
4. Проведений аналіз дасть змогу підбити висновки щодо ефективності змащувально-охолоджувальних технологічних засобів. Визначення ефективних способів оброблення металів різання з використанням ЗОТЗ.

Практичне значення отриманих результатів. Отримана інформація допоможе дізнатися про підвищення ефективності способи застосування ЗОТЗ. Це дасть змогу підвищити продуктивність виробництва, а також підвищити якість виготовлених виробів.

Ключові слова: ЗМАЩУВАЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ, ЗМАЩУВАЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧІ РІДИНИ, ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ, ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА, ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИРОБУ, ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ПРОЦЕСАМИ РІЗАННЯ.

РЕФЕРАТ

Структура и объем работы. В магистерскую диссертацию входит введение, 3 главы, выводы, список использованной литературы. Работа состоит из 69 страниц текста, 3 таблицы, 11 рисунков, 15 литературных источников.

Актуальность темы. В это время, в течение тридцати - сорока лет имеет особую, важную роль смазочно-охлаждающие технологические средства для развития обработки материалов резанием. Оптимальный подбор СОТС способствует улучшению производительности производства, а также качества изделия и тому подобное. Однако до сих пор возникают вопросы по улучшению эффективности СОТС. Автор поднимает вопрос улучшению эффективности СОТС, структурный анализ смесей, преимущества и недостатки их, а также эффективность применения данных технологических средств.

Цель и задачи исследования. Анализ эффективности смазочно-охлаждающих технологических средств, их структуры, влияние на производительность производства, качество, шероховатость изделия. Определение преимуществ и недостатков определенных перспективных смазочно-охлаждающих технологических средств, их структуры, подхода, подводу к зоне резки, универсальность и др.

Объект исследования - эффективность смазочно-охлаждающих технологических средств.

Предмет исследования - определение значения смазочно-охлаждающих технологических средств в производстве.

Методы исследования: анализ ранее опубликованных работ, основ резания материалов и теории смазочно-охлаждающих технологических средств.

Научная новизна полученных результатов

1. Анализ и выводы о влиянии процессов резания на производительность производства и качество изделия.
2. Анализ полученной информации и определения типов смесей, подводу в зону резания и тому подобное.
3. Разработка алгоритма автоматизированного выбора СОЖ для повышения эффективности производства.
4. Проведенный анализ позволит подвести выводы относительно эффективности смазочно-охлаждающих технологических средств. Определение эффективных способов обработки металлов резки с использованием СОТС.

Практическое значение полученных результатов. Полученная информация поможет узнать о повышении эффективности способы применения СОТС. Это позволит повысить производительность производства, а также повысить качество изготавливаемых изделий.

Ключевые слова: СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ, ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА, ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ, ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ.

ABSTRACT

The structure and scope of work. The master's thesis includes an introduction, 3 chapters, conclusions, a list of used literature. The work consists of 69 pages of text, 3 tables, 11 figures, 15 literary sources.

Relevance of the topic. At this time, for thirty - forty years, lubricating and cooling technological means for the development of cutting materials have a special, important role. The optimal selection of lubricating-cooling technological means contributes to the improvement of production productivity, as well as product quality and the like. However, there are still questions about improving the effectiveness of the lubricating-cooling technological means. The author raises the question of improving the efficiency of lubricating-cooling technological means, structural analysis of mixtures, their advantages and disadvantages, as well as the effectiveness of using these technological tools.

The purpose and objectives of the study. Analysis of the effectiveness of cutting lubricants, their structure, the impact on production productivity, quality, product roughness. Determination of the advantages and disadvantages of certain promising cutting lubricants, their structure, approach, approach to the cutting zone, versatility, etc.

Object of study - the effectiveness of lubricating-cooling technological means.

The subject of the study is the determination of the value of cutting lubricants in production.

Research methods: analysis of previously published works, the fundamentals of cutting materials and the theory of cutting lubricants.

Scientific novelty of the results

1. Analysis and conclusions about the impact of cutting processes on production productivity and product quality.
2. Analysis of the information received and determination of the types of mixtures, supply to the cutting zone and the like.
3. Development of an algorithm for automated selection of cutting fluid to improve production efficiency.
4. The analysis will allow us to draw conclusions regarding the effectiveness of cutting lubricants. Determination of effective methods of processing metal cutting using lubricating-cooling technological means.

The practical significance of the results. The information obtained will help to learn about improving the efficiency of the use of lubricating-cooling technological means. This will increase production productivity, as well as improve the quality of manufactured products.

Key words: CUTTING LUBRICANTS, CUTTING FLUIDS, EFFICIENCY IMPROVEMENT, INCREASED PRODUCTION PRODUCTIVITY, IMPROVED QUALITY OF PRODUCTS, MATERIAL PROCESSING OF THE CUTTING PROCESS.

1.6	Специфіка застосування змащувально-охолоджуючої рідини в умовах гнучкої виробничої системи (ГВС).....	45
1.7	Системи подачі зор до верстатів в умовах гвс.....	48
1.8	Висновки розділу	57
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ВИБОРУ ЗОР ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ У ВИРОБНИЦТВІ		58
2.1	Вибір змащувально-охолоджуючої рідини	58
2.2	Обґрунтування способу розробки алгоритму	63
2.3	Висновок розділу.....	65
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ		66
3.1	Опис ідеї проєкту	66
3.2	Технологічний аудит ідеї проєкту	67
3.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	68
3.4	Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту	71
3.5	Висновки розділу	75
Загальні висновки		76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		77

ВСТУП

У розвитку оброблення металів різанням особливе місце займає вибір оптимальної змащувально-охолоджувальних технологічних засобів. Раціональний підбір змащувально-охолоджувальних технологічних засобів при обробленні металу дозволяє збільшити довговічність різального інструменту, підвищити якість оброблюваних деталей, а також, що важливо, створити відповідні санітарно-гігієнічні умови праці.

Для підвищення ефективності був проведений аналіз літератури по темі застосування змащувального-охолоджувальних технологічних засобів для ЧПК і застосування в гнучких виробничих системах. А також, було розглянуто перспективні методи застосування змащувально-охолоджуючих рідин для досягання підвищення продуктивності виробництва і для отримання високоякісних виробів.

В цій роботі після проведення аналізу змащувально-охолоджуючих рідин, будуть проведені певні висновки і опубліковані перспективні методи і оптимальні вибори змащувально-охолоджуючих технологічних засобів при певних умовах різання

РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ ЗОР У ВИРОБНИЦТВІ

1.1 Основні фактори впливу ЗОР на ефективність оброблення металів різанням.

1.1.1 Вплив змащування ЗОР при обробленні металу різанням.

У більшості випадків мастило ЗОР знаходиться в області контакту між різцем і стружкою, а також в контакті різця і заготовки. Це обумовлено здатністю ЗОР вступати в хімічну, фізичну та фізико-хімічну взаємодію з поверхнями зони контакту і формувати на них хімічні, фізичні або фізико-хімічні плівки. Залежно від процесу різання такі плівки можуть бути сформовані одночасно або окремо. Фізичні та хімічні плівки зазвичай називають граничними плівками. Їх товщина варіюється від декількох одиниць до декількох десятків нанометрів. Опір здвигу вище, ніж у гідродинамічних плівок. У разі утворення гідродинамічних мастильних плівок при різанні металів (наприклад, при обробці міді на низьких швидкостях) поверхні тертя розділяються шаром ЗОР в кілька мікрон або більше. Тут в'язкість ЗОР має першорядне значення і повинна бути оптимальною. Іноді в'язкість може бути компенсована сіро-, хлоро- або фосфорвмісними присадками.[13]

Застосування мастильно-охолоджуючих рідин надає сприятливу дію на процес різання металів, значно зменшуючи зношування ріжучого інструменту, підвищуючи якість обробленої поверхні і знижуючи витрати енергії. Мастильно-охолоджуючі рідини зменшують коефіцієнт зовнішнього тертя (змащувальна дія); полегшують процес пластичних деформацій і тим самим зменшують споживану потужність (молекули поверхневої активної речовини, проникаючи в мікротріщини, створюючи розклинюючу дію) і знижують нагрівання в зоні різання (охолоджуючу дію). Застосування мастильно-охолоджуючих рідин

перешкоджає також утворення наросту у ріжучої кромки інструменту і сприяє видаленню стружки і абразивних частинок із зони різання.

1. Мастильно-охолоджуючі рідини повинні володіти антикорозійними властивостями, бути нетоксичними і досить стійкими при зберіганні і експлуатації. Вони діляться на наступні групи.
2. Рідини, що володіють лише охолоджуючими властивостями; до них відноситься вода, змішана з антикорозійним розчином (1 - 1,5% кальцинованої соди і мила).
3. Рідини, що володіють охолоджуючим і частково змащувальними властивостями, - вода, поверхнево-активні (0,1 - 1% олеїнової, стеаринової кислоти або їх солі) та антикорозійні речовини.
4. Емульсії і прозорі розчини водорозчинних масел. Ці рідини мають охолоджуючі і частково змащувальні властивості. До таких рідин, зокрема, відноситься спиртовий емульсол, що складається з 7% олеїнової кислоти, 10% каніфолі, 4% розчину каустичної соди, 2,5-4% спирту, решта - індустріальне масло марки 12.
5. Рідини, що володіють змащувальними і частково охолоджуючими властивостями, - мінеральні масла (наприклад, сульфозфрезол - осірнене масло, що містить в якості активізованої добавки 1,5 1,7 % сірки).

Вибір мастильно-охолоджувальної рідини залежить від умов оброблення. При чорновому токарному обробленні застосовують емульсин 2-5% -ної концентрації. При чистовому обробленні застосовують емульсії підвищеної концентрації (12-15%). Свердління, зенкування і фрезерування проводять з 5-8% -ою емульсією. При обробленні чавуну і інших крихких матеріалів мастильно-охолоджуючу рідину не застосовують, так як ефект від дії мастильно-

охолоджуючої рідини в цьому випадку незначний. При роботі твердосплавним інструментом на високих швидкостях в зону різання необхідно подавати рясну і безперервну струмінь рідини, без чого може відбутися розтріскування пластинки твердого сплаву.

Адсорбційна змащувальна плівка утворюються при малому тиску і низькій температурі. Поверхнево-активні молекули, що містяться в ЗОР, адсорбуються шарами на контактуючих поверхнях. Товщина плівки може дорівнювати від декількох до 500 молекулярних шарів. Така плівка витримує великі нормальні напруження, але погано чинить опір дії дотичних напружень. Чим більша стійкість граничної плівки до дії нормальних і чим нижча до дії дотичних напружень, тим менше коефіцієнт тертя і тим вища змащувальна здатність середовища. Найбільш краще адсорбуються на поверхні металу молекули олеїнової кислоти, деяких рослинних олій і синтетичних поверхнево активних речовин. Присутність вологи і кисню прискорює процеси хемосорбції. Велику роль при утворенні плівок грає температура, бо при її підвищенні, зростання плівок зменшується, а швидкість утворення хімічних плівок збільшується. При операціях з високим виділенням тепла більш ефективні хімічні змащувальні плівки, утворені на контактуючих поверхнях за рахунок протизношувальних і протизадирних присадок. У зоні контакту відбувається розпад молекул присадок з утворенням атомів і радикалів, які вступають в хімічну реакцію з металом, утворюючи змащувальний шар.

Змащуючий ефект ЗОР також проявляється в тому, що вуглець, кисень, сірка, фосфор і інші елементи, які є частиною складу ЗОР, в умовах високих тисків, напружень і температур не тільки реагують з поверхнею металу, утворюючи граничні змащувальні плівки, але також дифундують в самі тонкі поверхневі шари фрикційних металевих поверхонь, утворюючи евтектичні сплави з більш низькими коефіцієнтами тертя. В результаті процеси тертя і пластичної деформації металу полегшуються.[13]

Багато досліджень виявили позитивний вплив змащуючого дії ЗОР на процеси, які запобігають налипанню і наростоутворенню на лезі інструменту, які змінюють форму стружки і довжину контакту стружки з передньою поверхнею інструменту, в результаті чого зменшується теплоутворення, сили різання і шорсткість оброблюваної поверхні. Змащувальна дія ЗОР залежить від режиму різання і операції, властивостей оброблюваних і інструментальних матеріалів і визначається в основному швидкістю формування і зносу граничних мастильних плівок, а також їх складом, структурою і властивостями. [13]

1.1.2 Вплив охолодження на ефективність оброблення.

У процесі різання основна частина механічної енергії перетворюється в тепло. Охолодження ЗОР працює за законами теплообміну. Ріжучий інструмент, нагрітий до високих температур, заготовка і стружка передаються частину тепла за рахунок конвективного теплообміну мастильно-охолоджувального середовища. Крім того, відведення тепла під час процесу різання металу може здійснюватися за рахунок теплообміну випромінюванням, випаровуванням навколишнього середовища і хімічних реакцій, що відбуваються при поглинанні теплової енергії. Радіатори, пов'язані з випромінюванням, випаровуванням і хімічними реакціями, невеликі. Тому при оцінці охолоджуючого ефекту ЗОР обмежуються вивченням конвективного теплообміну, який виділяється в основному з теплофізичних властивостей і гідродинамічних умов потоку рідини. В'язкість, теплопровідність, теплоємність, щільність і змочуваність ЗОР, а також різниця температур охолоджувальної поверхні і потоку рідини найбільш сильно залежать від теплообміну.[13]

У процесі різання інструмент найбільш схильний до дії високої температури. Дослідження показують, що використання мастила і охолоджуючої середовища не запобігає виникненню високої температури в інструменті. Однак

ефект ЗОР значно зменшує площу нагріву інструменту. Потік емульсії під тиском на допоміжній задній поверхні інструмента більш ефективний, ніж полив її струменем легкого потоку на передній поверхні інструменту. Для ряду операцій з металообробки різанням ефективність охолоджуючої дії ЗОР збільшується, коли рідина подається в розпиленому стані, під тиском або через внутрішні канали в інструменті, в порівнянні з поливом ЗОР вільним струменем.[13]

Однак охолоджуючий ефект ЗОР може мати негативні наслідки. Наприклад, при фрезеруванні (переривчастої різанні) твердосплавним інструментом з високою швидкістю різання використання ЗОР призводить до значних коливань температури ріжучої частини фрези і зниження його стійкості. Крім того, інтенсивне охолодження поверхні заготовки, як правило, призводить до появи внутрішніх напружень в металі, що погіршує експлуатаційні властивості виробу.[13]

Дисперсна дія ЗОР. Під цією дією ЗОР означає їх здатність полегшувати деформацію, руйнування і дроблення металу, тобто надавати дію, що сприяє утворенню нової поверхні. У присутності поверхнево-активних речовин полегшується утворення і поширення мікротріщин в металі. Полярні молекули рухаються уздовж стінок, утворюючи тріщини, поки їх розміри не стануть більше, ніж розмір тріщин. Крихкість металу може бути посилена дифузією атомів і іонів ЗОР в деформовані шари. В результаті цього процесу метал в зоні деформації швидко досягає межі міцності і руйнується при більш низьких витратах енергії.[13]

У процесі різання металу утворюються стружка і шлам, що складається з дрібних частинок, частин інструменту і частинок, що труться в механізмах верстату, окалини, пилу, бруду, продуктів термоокислюваного руйнування компонентів і життєдіяльності мікроорганізмів. Частинки твердого колоїдного шламу проникають в мікронерівності заготовки, деталей верстату і інструментів,

де вони міцно утримуються електростатичними і механічними силами. Накопичення часток шламу призводить до зниження стабільності інструменту і погіршення якості поверхні. Тому ЗОР необхідний змити крупну стружку або металеву стружку, щоб запобігти утворенню лакоподібних відкладень і нагару на поверхнях виробу та інструменту, нагрітих до високих температур. Миюча дія являє собою сукупність фізико-хімічних процесів, які призводять до очищення поверхонь заготовки, інструменту та деталей верстату від шламу. Змив стружки або шліфувальних продуктів, які накопичуються в зоні різання, є однією з важливих функцій ЗОР. Промивальна дія в значній мірі залежить від кількості ЗОР, що подається в зону різання, швидкості потоку і способу подачі рідини. Ефективність миючої дії ЗОР підвищується при введенні в його склад миючих засобів.[13]

Отже, при застосуванні змащувально-охолоджуючих рідин (ЗОР) ми можемо спостерігати ряд позитивних впливів на певні процеси оброблення металів різанням, що значно зменшує зношення інструменту, зниження енерговитрат, підвищення якості обробленої поверхні, а також відвід тепла із зони оброблення, що суттєво знижують температури оброблення металу різанням. Також застосування ЗОР перешкоджає утворенню наросту на ріжучі кромці інструменту і сприяє видаленню стружки і абразивних частинок із зони різання. Однак разом з цим, при певних умовах оброблення матеріалів різанням, деякі із факторів можуть нести негативні наслідки, якщо ЗОР буде вибрано недоцільно, оскільки існує велика кількість змащувально-охолоджувальних рідин з діаметрально різними ознаками й особливостями.

1.2 Оцінка властивостей ЗОР та їх впливу на якість оброблення.

При обробленні матеріалів різанням в зоні контакту інструменту з заготовкою виникають високі температури. Зниженню цих температур сприяє оптимізацією геометрії різця та використання змащувально-охолоджуючих рідин (ЗОР). Більшість операцій з обробки виконуються за допомогою ЗОР. Під час різання змащувально-охолоджуючі рідини повинні мати мастильний, охолоджуючий та миючий ефект.

Під мастильною дією розуміють здатність ЗОР утворювати міцні плівки на контактних поверхнях інструменту, на стружках та на оброблюваних поверхнях заготовки, які повністю або частково перешкоджають контакту передньої поверхні із стружкою та задньої частини поверхні з ріжучою поверхнею. Змащувальний ефект рідин посилюється зі збільшенням проникнення речовин, що входять до його складу, та активності, з якою ці речовини взаємодіють із новоутвореними поверхнями деталі, стружки та інструментів.

Охолоджуючий ефект ЗОР полягає головним чином у відведенні тепла від нагрітих контактних поверхонь інструменту та поверхонь заготовки за рахунок конвективного теплообміну. Теплообмін між нагрітими поверхнями та ЗОР залежить від умов випаровування рідини, теплофізичних властивостей контактуючих тіл, змочувальної здатності ЗОР та швидкості його відносного руху.

Під мийною дією ЗОР розуміється здатність рідин видаляти продукти зношення з поверхні різання та контактних поверхонь інструменту. Мийна здатність ЗОР покращується зі зменшенням поверхневого натягу рідини.

Окрім мастильних, охолоджувальних та миючих властивостей, ЗОР повинні мати стійкість, не мати неприємного запаху, бути мало схильними до спінювання та не викликати корозії верстата, деталі та інструменту.

Всі використовувані в даний час ЗОР можна розділити на воду (водні рідини) та олію (масляні рідини) на їх основі. До першої групи належать водні розчини електролітів та поверхнево-активні рідини (ПАР), масляні емульсії та добавки; ці рідини покращують охолодження та знижують мастильні властивості. До другої групи належать рослинні олії, мінеральні олії чисті та з добавками; ці рідини мають знижене охолодження та підвищують мастильні властивості [4].

Вибираючи склад ЗОР для обробки, слід враховувати наступне. Високі контактні тиски виникають на контактних поверхнях заготовки та інструменту. Контактний тиск максимальний в безпосередній близькості від основної ріжучої кромки (до 60 ... 70 ГПа). Цей тиск перешкоджає доступу до активної зони ЗОР та ефективному охолодженню. Проблема підвищення ефективності вирішується шляхом оптимальної подачі ЗОР в зону різання та обґрунтованим вибором раціонального складу ЗОР. Основними способами поліпшення ефекту охолодження ЗОР є наступні:

1. використання рідин з високою теплопровідністю, теплоємністю і щільністю в складі ЗОР;
2. використання компонентів із низькою кінематичною в'язкістю;
3. збільшення швидкості потоку ЗОР відносно охолоджених об'єктів;
4. зменшення гідравлічного еквівалентного діаметра охолодженого об'єкта.

Перші два способи в основному залежать від складу ЗОР, який також повинен відповідати іншим вимогам: запобігання корозії, довговічність, стійкість тощо.

Перелічені вимоги стосуються функціональних та експлуатаційних властивостей ЗОР, проте для конкретного технологічного процесу основними вимогами є: збільшення терміну експлуатації інструменту та підвищення якості оброблюваних деталей.

Застосування ЗОР зменшує силу різання, покращує якість оброблюваної поверхні і в більшості випадків збільшує термін служби інструменту.

При обробці стійких до корозії сталей в більшості випадків переважає зносостійкість. Для його придушення використовують ЗОР з високими мастильними властивостями. Завдяки меншій реактивності корозійно-стійких сталей, більш високі результати при їх обробленні показують ЗОР з високою концентрацією протизадирних та протизносних добавок.

Фрезерування корозійно-стійких сталей з торцевими, дисковими, циліндричними фрезами доцільно проводити за допомогою емульсії та напівсинтетичних ЗОР. Чим більш пластична сталь, тим більший вплив ЗОР на процес фрезерування. І, навпаки, при фрезеруванні низькопластичних термічно затверділих сталей склад ЗОР трохи впливає на термін служби інструменту. При фрезеруванні в'язких сталей більш ефективними є ЗОР з високими мастильними властивостями (Аквол-6).

При фрезеруванні без використання ЗОР спостерігається зварювання стружки до твердосплавних зубів з подальшим відділенням великих частинок твердого сплаву інструменту разом із стружкою. Використання охолоджуючої рідини запобігає цьому процесу, збільшуючи довговічність та продуктивність інструменту.

При обробленні деталей із титанових сплавів усадка стружки невелика і за певних умов відбувається усадка, а не подовження стружки. Це явище називається «негативною усадкою стружки» через низьку пластичність матеріалу і призводить до появи високих температур і контактних тисків, а отже, до адгезійного зношенню.

Щоб збільшити термін служби інструменту при обробці титанових сплавів, необхідно зменшити адгезійні сили, що можливо двома способами: або знизити температуру за рахунок уповільнення швидкості різання, або за допомогою ЗОР.

Під час обробки нержавіючих сталей тип використовуваного ЗОР суттєво впливає на знос інструменту. Так, при фрезеруванні нержавіючої сталі 12X18H10T з торцевими фрезами, термін служби інструменту значно залежить

від типу використовуваного ЗОР. При обробці тієї ж сталі без використання ЗОР знос різця за 20 хв становив 0,55 мм, а при використанні ЗОР – 0,15...0,33 мм [43].

Тверді сплави в порівнянні з швидкорізальними сталями мають більш високу термостійкість, тому опір твердосплавних інструментів при використанні ЗОР зростає менш швидко.

Щоб збільшити термін служби інструменту, ефективніші ЗОР не на масляні основі, а на водній основі.

При різанні існують такі способи подачі ЗОР: полив, охолодження під тиском і охолодження туманом.

Недоліки 1-го способу – охолоджується зовнішня поверхня стружки, найменш нагріта. Другий спосіб більш ефективний - охолодження подається в точки, найближчі до точок з максимальною температурою. Перевагами третього методу є дуже інтенсивне поглинання тепла завдяки збільшенню дрібнодисперсності, тобто рідина готова до випаровування, і коли вона стикається з нагрітим джерелом тепла, вона швидко випаровується, поглинаючи значну кількість тепла. Третій метод вважається найбільш ефективним. Під час свердління незамінним є другий спосіб, коли подається ЗОР через канали в свердло. Метод поливу менш ефективний.

При проектуванні операцій різання необхідно враховувати, в якому діапазоні швидкостей обробляється заготовка. При низьких швидкостях різання вибирається ЗОР з великим мастильним ефектом, при високій - охолодження.

Одним з найкращих ЗОР є вода, але вона не застосовується через корозію верстата, тому часто використовують емульсії (розчин емульсолу у воді) або мильну рідину. Охолоджувальні речовини, такі як сульфореколи - сірковмісні олії, часто використовуються при низькій швидкості різання для отримання змащувального ефекту. Їх головна перевага - повна відсутність води, а є лише легкі мінеральні масла. Але це екологічно брудний продукт, у деяких людей він викликає шкірні захворювання. При низькій швидкості різання сульфорекол

замінюються графітовими мастилами, які наносяться на різець і тримаються там тривалий час.

При обробці чавуну вплив ЗОР дещо менше, ніж при обробці сталей. Часто при обробці чавуну ЗОР взагалі не використовується, оскільки ЗОР всюди переносить невеликі чавунні стружки, що призводить до інтенсивного зношування верстату. Для видалення стружки використовується відсмоктування стружки.

Чистий алюміній дуже критичний для типу змащувально-охолоджуючої рідини, що використовується. Термооброблені алюмінієві сплави в певному діапазоні швидкостей обробляються без використання ЗОР.

Для збільшення терміну експлуатації ЗОР використовуються пристрої для його очищення. Незважаючи на значну вартість цих пристроїв, вони швидко оплачують себе.

1.3 Класифікація та склад змащувально-охолоджуючих матеріалів для оброблення металів різанням.

Пластичні деформації і тертя, що виникають в процесі різання, викликають високий тиск і температури в зоні контакту оброблюваної деталі і ріжучого інструменту. Змащувально-охолоджувальні технологічні засоби (ЗОТЗ) впливають на зменшення тепловиділення (за рахунок полегшення процесу стружкоутворення і зменшення тертя), поглинають і відводять частину виділеної теплоти, знижуючи тим самим температуру різання. До цього необхідно додати миючий дію ЗОТЗ при видаленні стружки і різного роду частинок із зони різання. По класифікації всі змащувально-охолоджуючі матеріали розділені по агрегатному стану: охолоджуючі гази; Змащувально-охолоджуючі рідини (ЗОР); пластичні мастильні матеріали; тверді технологічні мастила.

1.3.1 Газоподібні змащувально-охолоджуючі матеріали.

Розділені на нейтральні (азот, гелій, аргон) і активні, киснево-вмісні (повітря, діоксид вуглецю, кисень), гази. Активні гази, окрім ролі охолоджувача, також і захищають поверхню в зоні тертя від зношування, утворюючи на них оксидні плівки. Застосування газоподібних змащувально-охолоджуючих матеріалів не набуло широкого застосування. У газоподібному середовищі можливо заточувати ріжучий інструмент з інструментальних сталей і твердих сплавів, точити і свердлити кислотостійкі і жароміцні сплави, шліфувати спеціальні сталі і сплави.

1.3.2 Рідкі змащувально-охолоджуючі матеріали.

Їх прийнято називати змащувально-охолоджуючі рідини (ЗОР). Вони розділені на класи: масляні, водозмішувачі (водні), швидкорозчинні і сплави деяких металів.

Масляні ЗОР. Складаються з мінерального масла, що є базовим, до якого можуть бути додані антифрикційні, антизношувальні і антизадирні присадки, інгібітори корозії, антиоксиданти, антипінні і антитуманні присадки.

Мінеральне масло в масляних ЗОР займає 60-95% (у відсотках по масі). Зазвичай це високоочищені нафтові або парафінові масла. Іноді в якості основи для масляних ЗОР використовують суміш з декількох (2-3) мінеральних масел. Використовують також в якості бази малов'язкі екстракти селективного очищення, очищаючи їх каталітичним гідруванням, що знижує їх вартість. При виборі базових мінеральних масел враховують перш за все їх фізико-хімічні властивості (в'язкість, індекс в'язкості, груповий вуглецевий склад) і обумовлені

ними мастильні, антиокислювальні та інші характеристики, що впливають на процес тертя і зношення інструменту.

Антифрикційні присадки - це зазвичай технічні рослинні масла і жири (рапсова олія, свинячий жир), жирні кислоти і їх ефіри, а також полімерні ненасичені жирні кислоти. Їх зміст зазвичай становить 5-25%. У зв'язку з їх дефіцитністю ведуться роботи по заміні жирових продуктів природної природи на синтетичні.

Антизношувальні присадки - зменшують знос ріжучого інструменту при зростанні навантаження. З них в складі масляних ЗОР найбільш відомі діалкілфосфіти, а також полімерні жирні кислоти. Концентрація протизношувальних присадок в масляних ЗОР зазвичай 0.5-5%, вона залежить від призначення продукту, а також складу інших присадок.

Антизадири присадки запобігають захоплення і знос ріжучого інструменту при найбільш важких температурних і механічних навантаженнях. Це найчастіше речовини, що містять сірку, хлор, фосфор. Залежно від умов застосування масляних ЗОР вміст в них сірки становить від 0,5-3% (сульфіди і напівсульфіди) до 3-20% (збагачені сіркою жири). Хлоровмістні протизадири присадки менш поширені. Найпоширеніша з них - хлорований парафін. Хлоровмістні присадки в кількості 3-15% застосовують при обробленні високолегованих сталей.

Інгібітори корозії запобігають корозійний вплив масляних ЗОР на виготовлені деталі та деталі машин, викликане продуктами окислення мінеральних олій, присадок, а також продуктів їх розкладання. Через схильність до корозії оброблювані матеріали досить широко варіюються, і цей факт враховується для того чи іншого способу захисту від корозії. У деяких випадках достатньо ефективними інгібіторами корозії є присадки, використовувані для поліпшення змащувальних властивостей ЗОР: полімерні, ненасичені жирні кислоти, дисульфідиди, амінофосфати.

Антипінні присадки додають в масляні ЗОР для запобігання піноутворення. Найбільше поширення набули діметилсиліконові полімери. Необхідні кількості цих речовин 0.0005-0.001%.

Антитуманні присадки знижують утворення і виділення масляного туману (аерозолу) при роботі з ЗОР на масляній основі. Антитуманні присадки рекомендуються поліолефіни, аттактичний поліпропілен. Ці присадки зазвичай вводять в кількості 0.5-3%. Масляні ЗОР мають хороші змащувальні властивості, забезпечують тривалий термін служби різального інструменту, оберігають оброблюваний метал і деталі верстатів від корозії.

Масла без присадок застосовують при обробленні магнію, латуні, бронзи, міді і вуглецевих сталей при легких режимах різання. Однак вони мало ефективні при обробленні важкооброблюваних сталей і сплавів, особливо при важких режимах різання.

Водозмішуючі ЗОР. Такі ЗОР можуть містити емульгатори, нафтові олії, воду, спирти, гліколі, інгібітори корозії, бактерициди, протизношувальні, протизадирні і антипінні присадки, електроліти та інші органічні і неорганічні продукти. Ці ЗОР застосовують у вигляді емульсії або справжніх водних розчинів при абразивній і лезовій обробленні (легкі і середні режими різання) чорних і кольорових металів. Перевагами водозмішуючих ЗОР є більш висока, ніж у масляних ЗОР, що охолоджувальна здатність, відносно низька вартість, пожежна безпека і менша токсичність. Недоліки - порівняно невисокі змащувальні властивості, низька ефективність на окремих операціях і недостатньо висока стабільність властивостей з часом. Водозмішуючі ЗОР розділені на чотири підкласу - емульгуючі (емульсоли), напівсинтетичні, синтетичні, розчини електролітів.

Емульговані ЗОР (емульсоли) при змішуванні з водою утворюють емульсії. В якості основи емульсолів використовують середньов'язкі нафтові масла

нафтового або змішаного типу, зміст яких в емульсолі може досягати 85%. Застосовують емульсоли у вигляді 1-5% -них емульсій у воді.

Емульгатори є поверхнево-активними речовинами (ПАР) і, крім зменшення поверхневого натягу, вони виконують роль мастильних речовин та інгібіторів корозії. Як і емульгатори, найбільшого поширення в складі емульсолів отримали аніоноактивні ПАР, а також їх суміші: калієві, натрієвих жирних, смоляних і сульфокислот.

Напівсинтетичні ЗОР принципово не відрізняються від емульсолів щодо компонентного складу, однак вони суттєво відрізняються від них по концентрації компонентів. Основу напівсинтетичних ЗОР становить вода (до 50%) і емульгатори (до 40%). Обов'язковим компонентом є малов'язкі (3-10 кв.мм / с при 50 ° С) нафтове масло. Напівсинтетичні ЗОР, як і емульсоли, можуть містити біоциди, протизношувальні і протизадирні присадки. Їх використовують у вигляді 1-10% -них водних розчинів. Синтетичні ЗОР представляють собою суміш водорозчинних полімерів, поверхнево-активних речовин, інгібіторів корозії, біоцидів, антипінних присадок і води. До їх складу для підвищення змащувальних властивостей вводять протизношувальні і протизадирні присадки. Синтетичні ЗОР можуть бути приготовані у вигляді порошків. Їх застосовують у вигляді 1-10% водних розчинів. По універсальності, тривалості збереження експлуатаційних властивостей синтетичних ЗОР, як правило, перевершують емульсії.

Швидковипаровувані ЗОР. Основу таких змащувально-охолоджуючих матеріалів складають швидковипаровувані галогенпохідні вуглеці. Випаровуючись, вони охолоджують ріжучий інструмент і обробляють виріб і залишають на поверхнях, що труться, тонкі змащувальні шари присадок, що входять до їх складу. Швидковипаровувані змащувально-охолоджуючі матеріали застосовують при обробленні різанням важкооброблюваних сплавів і пакетів з пластин різнорідних матеріалів на операціях свердління, розгортання, нарізування різьблення і протягування.

1.3.3 Пластичні змащувально-охолоджуючі матеріали.

Зазвичай являють собою пластичні мастила. Їх використовують в дрібносерійному виробництві при нарізанні різьблення (мітчиками і плашками), свердління, протягування та розгортання, при поліруванні і обробленні металів напильниками. Застосування пластичних змащувально-охолоджуючих матеріалів обмежується важкістю введення їх в зону різання, неможливістю збору, очищення і повторного застосування. Пластичні змащувально-охолоджуючі матеріали розділені на наступні класи: мастила на вуглеводневих (парафін, віск і деякі полімери), мильним (натрієві, літієві, кальцієві, барієві, свинцеві тощо) і неорганічних (глина, слюда, азбест тощо) загустителях.

1.3.4 Тверді змащувально-охолоджуючі матеріали.

За хімічним складом поділені на три класи - неорганічні продукти шароподібної структури (тальк, графіт, слюда, дисульфід молібдену і ін.), органічні сполуки (воски, мила, тверді жири, полімери) і м'які метали (олово, свинець, мідь). Застосовують їх в особливо важких умовах (при високих температурах і навантаженнях), а також в тих випадках, коли інші типи змащувально-охолоджуючих матеріалів неефективні. Тверді мастила наносять як поверхневих покриттів на різальний інструмент або оброблюваний метал.

По застосуванню всі змащувально-охолоджуючі матеріали розділені на дві групи - масового і спеціального застосування. Змащувально-охолоджуючі матеріали масового призначення придатні для ряду операцій оброблення металів різанням при різних режимах. Вони в свою чергу розділені на три підгрупи: звичайні, універсальні і багатоцільові. Звичайні забезпечують виконання декількох операцій оброблення різанням тієї чи іншої групи чорних або кольорових металів, універсальні - широке коло операцій оброблення різанням

чорних і кольорових металів. До змащувально-охолоджуючих матеріалів спеціального призначення віднесені газоподібні, пластичні і тверді змащувально-охолоджуючі матеріали.

1.4 Тверді та газоподібні змащувально-охолоджувальні засоби.

1.4.1 Тверді змащувально-охолоджуючі матеріали.

У ряді випадків застосування ЗОР утруднено, неприпустимо або не забезпечує необхідного технологічного ефекту. У таких випадках застосовують тверді технологічні мастила.

Тверді технологічні мастила застосовують у наступних випадках:

- при обробленні, що вимагає візуального контролю (оброблення дрібних отворів);
- при нарізанні нарізі в металах, схильних до сильного налипання на ріжучий інструмент;
- при обробленні титанових і нержавіючих сталей і сплавів;
- при обробленні пластмас і кераміки;
- при шліфуванні станин торцем кола, зубошліфування тарілчастими колами, заточування лезового інструменту;
- при обробленні металів і сплавів, схильних до утворення тріщин.

До складу твердих технологічних мастил входять спеціальні протизношувальні модифікатори, присадки і наповнювачі, що знижують тертя і температуру в зоні різання, що дозволяє в кілька разів збільшити ресурс роботи інструменту і підвищити якість обробленої поверхні.

Застосування твердих технологічних матеріалів в десятки разів економічно доцільніше за традиційні змащувально-охолоджуючі засоби, за рахунок

оптимальної концентрації мінімальної кількості мастила в суворо визначеному місці.

Тверді технологічні мастила наносять методом торкання на ріжучий інструмент перед обробленням, наступні нанесення роблять у міру необхідності.

1.4.2 Газоподібні змащувально-охолоджуючі матеріали

Газоподібні СОТС застосовують в тих випадках, коли за умовами тих-технологічного процесу не допускається застосування рідких засобів. В умовах високих швидкостей різання газу мають значно більшу в порівнянні з рідинами проникаючою здатністю, роби істотний вплив на процеси контактної взаємодії інструменту і оброблюваного матеріалу. Найбільш ефективні газоподібні МОТЗ при обробленні важкооброблюваних матеріалів.

Газоподібні СОТС бувають активними і пасивними. Активні газу (сірководень, хлор, кисень, вуглекислий газ і ін.) Реагують з матеріалом інструменту і утворюють мастильні плівки, які зменшують знос інструменту. Активність газу може бути підвищена шляхом його активації різними способами (наприклад, іонізацією).

Інертні газу застосовуються тільки як захисні для матеріалів, що мають велику спорідненість з киснем і азотом (повітрям). Якщо стійкість інструменту забезпечується окисними плівками, то застосування інертних газів знижує її.

Аерозолі - це дисперсні газоподібні середовища. Аерозолі поділяються на дими (дисперсія твердих частинок) і тумани (дисперсія рідин). [4]

Адсорбції інертних газів незначна, тому оброблення різанням в середовищі таких газів, як гелій, аргон, аналогічна обробленні в вакуумі. Ці газу середовища можуть застосуватися як захисні для підвищення експлуатаційних характеристик виробів, що знайшло практичне застосування при обробленні різанням металів і

сплавів. мають велику спорідненість до кисню і азоту. Так. при звичайному різанні титанових сплавів на повітрі в зоні низьких температур на поверхні оброблюваних деталей утворюється окисна плівка.

Однак при температурах вище 600 ° С починається активна дифузія газів в глиб металу, в результаті чого на поверхні металу утворюється твердий шар, що володіє зниженою пластичністю і викликає різке зниження опору втоми деталей. Різання в середовищі аргону дозволяє значно підвищити міцність деталей при змінних навантаженнях. Якщо стійкість різального інструменту забезпечує за рахунок утворення окисних або інших захисних плівок, застосування інертних газів може викликати підвищену зношування інструменту [1, 2].

На відміну від інертних газів, що забезпечують захисну дію, активні гази (сірководень, хлор, кисень. Вуглекислий газ і ін.) Реагують з матеріалами заготовки та інструменту і утворюють захисні плівки, що знижують знос, інтенсивність зношуванні і шорсткість обробленої поверхні. Так наприклад. змазує ефект від введення сірководню при обробленні різанням алюмінію еквівалентний ефекту, створюваному мастилом. У середовищі кисню можна проводити операції заточування інструментальних сталей і твердого сплаву, точіння і свердління кислотостійких і жароміцних сталей і сплавів, шліфування спеціальних важкооброблюваних сталей і сплавів. Успішно застосовується кисень для інтенсифікації оброблення кольорових металів. Кисень можна використовувати самостійно, шляхом обдування зони різання струменем газу, або в поєднанні з подачею в зону різання рідких МОТЗ. Здатність кисню підвищувати стійкість інструменту реалізується за певних режимах різання.

В окремих випадках газові МОТЗ (вуглекислий газ, кисень, повітря, азот) застосовують в зрідженому вигляді в якості охолоджуючих агентів. Глибоке охолодження металів переводить їх з вузького в крихке стан, що дозволяє інтенсифікувати процес різання за рахунок зменшення роботи пластичної деформації. Особливо ефективно глибоке охолодження при обробленні важкооброблюваних і високов'язких сталей [3].

1.4.3 Оброблення матеріалів різанням без використання ЗОР («сухе» оброблення).

При підвищенні продуктивності обробки різанням на сучасних верстатах значно збільшується витрата ЗОР. У літературі зазначено, що в ряді випадків виробничі витрати на придбання та обслуговування ЗОР на підприємствах набагато перевершують витрати на інструмент. Високі експлуатаційні витрати на ЗОР є однією з основних причин відмови від її використання при обробці різанням [7]. У публікаціях [8,9,10,11] поряд з мінімізацією подачі ЗОТЗ в зону різання обговорюється можливість обробки різанням без застосування ЗОР. Область застосування «сухого» різання вужча в порівнянні з областю застосування технології MQL. Метод «сухого» різання в основному використовують при обробці сталі, алюмінієвих сплавів і чавунів [7]. У роботах [8] відзначається, що точіння і фрезерування без застосування ЗОТЗ дозволяють істотно скоротити витрати на процеси обробки і мінімізувати забруднення навколишнього середовища. Однак даний метод має такі недоліки: нагрів інструменту; сход і накопичення стружки; освіту наростів на ріжучих крайках інструмента; поява металевого пилу. Відомо, що застосування МОР сприяє підвищенню стійкості інструменту, зменшення сил різання і шорсткості оброблюваної деталі. При «сухий» обробці температура в зоні різання значно вище. Внаслідок цього зменшується стійкість інструменту і погіршується якість обробленої поверхні, утруднюється забезпечення заданої точності обробки [8]. Існує два напрямки, при яких можна компенсувати виключення МОР: 1) використання більш зносостійких матеріалів з захисними покриттями, вдосконалення геометричних параметрів інструментів, оптимізація режимів різання; 2) реалізація циркуляції ЗОР всередині інструменту [7]. В даний час при обробці різанням важкооброблюваних матеріалів зберігається необхідність

застосування ЗОР. У цих випадках слід вибрати ЗОР, що відповідають сучасним вимогам виробництва [7].

1.5 Специфіка застосування ЗОР для верстатів при різних умовах різання.

Система МОР призначена для подачі мастильно-охолоджувальної рідини безпосередньо в область різання з метою охолодження інструменту та зниження контактного тертя. Застосування МОР сприяє зменшенню силових навантажень і знижує знос інструменту, тим самим, підвищуючи якість оброблення (як в плані досягнення заданої точності, так і забезпечення необхідної гладкості поверхні деталі).

Використання системи МОР особливо необхідно при обробленні ряду матеріалів, для яких в процесі оброблення характерний сильне нагрівання. Перш за все, це відноситься до металів, каменю, скла. Нагрівання інструменту помітно знижує термін його служби і якість оброблення заготовки - це очевидно при порівнянні деталей, оброблюваних на верстаті обладнаному і позбавленим системи МОР.

1.5.1 Мастильно-охолоджуючі рідини для токарних верстатів.

Будь-який, навіть початківець фахівець з оброблення металів знає, що, виконуючи токарні роботи на верстаті, необхідно обов'язково використовувати мастильно-охолодні рідини (МОР). Застосування таких технічних рідин (їх склад може варіюватися) дозволяє вирішити одночасно кілька важливих завдань:

- охолодження різця, активно нагрівається в процесі виконання оброблення (відповідно, продовження терміну його експлуатації);

- поліпшення чистоти обробленої поверхні заготовки;
- підвищення продуктивності процесу різання металу.

1.5.1.1 Види використовуваних при токарному обробленні МОР:

Всі види МОР, що застосовуються для токарних робіт на верстаті, поділяються на дві великі категорії.

- МОР на основі води

Рідини даної категорії відрізняються хорошими охолоджуючими характеристиками, вони поглинають тепло, активно утворюється в процесі токарного оброблення, і відводять його із зони різання.

- МОР на основі масла

Такі рідини значно гірше відводять тепло із зони оброблення, але забезпечують відмінне змазування поверхонь заготовки і інструмента.

1.5.1.2 Найпоширеніші види МОР для токарного оброблення:

Серед найбільш поширених МОР, які використовуються при обробленні металу на токарних верстатах, можна відзначити наступні.

- Розчин кальцинованої технічної соди (1,5%) в кип'яченій воді. Така рідина використовується при виконанні чорнового обточування на токарному верстаті.

- Водний розчин, що містить 0,8% соди і 0,25% нітриту натрію, який підвищує антикорозійні властивості МОР. Застосовується також при чорновому обточуванні на верстаті.
- Розчин, що складається з кип'яченої води і тринатрійфосфату (1,5%), практично ідентичний за своїм більш холодному тілу дії рідин, що містить кальциновану соду.
- Водний розчин, в складі якого знаходяться тринатрійфосфат (0,8%) і нітрит натрію (0,25%). Володіє поліпшеними антикорозійними властивостями і також використовується при виконанні чорнового обточування на токарних верстатах.
- Розчин на основі кип'яченої води, що містить в своєму складі спеціальне калійне мило (0,5-1%), кальциновану соду або тринатрійфосфат (0,5-0,75%), нітрит натрію (0,25%).
- Розчин на основі води, що містить 4% калійного мила і 1,5% кальцинованої соди. МОР, в складі яких міститься мило, використовуються при виконанні чорнового, а також фасонного точіння на токарному верстаті. Калійне мило при необхідності може бути замінено на будь-яке інше, що не містить в своєму складі хлористих сполук.
- Розчин на основі води, в яку доданий емульсол Е-2 (2-3%) і кальцинована технічна сода (1,5%). МОР даного типу використовується при токарному

обробленні деталей, до чистоти обробленої поверхні яких не пред'являють високих вимог. Із застосуванням такої емульсії обробляти заготовки на верстаті можна на високих швидкостях.

- Водний розчин, що містить 5-8% емульсолів Е-2 (Б) і 0,2% соди або тринатрійфосфату. З використанням такої МОР на токарному верстаті виконується чистове точіння.
- Водний розчин, до складу якого входять емульсол на основі окисленого петролатуму (5%), сода (0,3%) і нітрит натрію (0,2%). Використовувати таку емульсію можна при виконанні чорновий, а також чистової токарному обробленні на верстаті, вона дозволяє отримувати поверхні більш високої чистоти.
- Рідина на основі масла, в якій міститься 70% індустріального масла 20, 15% лляної олії 2-го сорту, 15% гасу. МОР такого складу використовується в тих випадках, коли нарізають високоточну різьблення і обробляють заготовки дорогими різцями фасонного типу.
- Сульфофрезол - масляниста МОР, активована сіркою. Використовується така мастильно-охолоджуюча рідина при виконанні точіння з невеликим перетином зрізу. При виконанні чорнових робіт, що характеризуються активним і значним нагріванням інструменту і оброблюваної заготовки, використання такої МОР може бути шкідливим для оператора верстата, так як вона виділяє леткі сірчисті з'єднання.

- Розчин, що складається з 90% сульфозфрезолу і 10% гасу. Використовується така рідина при нарізанні різьби, а також при глибокому свердлінні і чистової обробки заготовок.
- Чистий гас - застосовується, коли на токарному верстаті необхідно обробити заготовки, виконані з алюмінію і його сплавів, а також при фінішній обробці з використанням тих, хто вагається абразивних брусків.

1.5.1.3 Особливості застосування мастильно-охолоджуючих рідин при токарному обробленні

Щоб використання МОР було ефективним, слід враховувати кілька нескладних правил. Витрата такої рідини (незалежно від того, емульсія це або водний розчин) повинен бути не менше 10-15 л / хв.

З самого першого моменту виконання токарного оброблення на верстаті різальний інструмент починає активно нагріватися, тому подавати МОР слід відразу, а не через деякий час. В іншому випадку при різкому охолодженні сильно нагрітого токарного різця в ньому можуть утворитися тріщини.

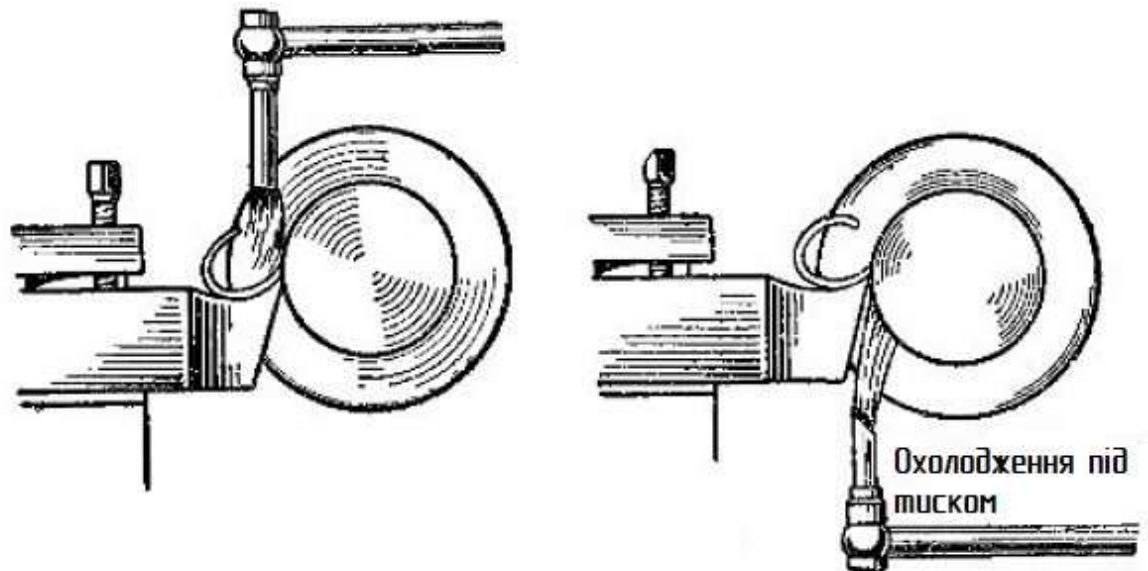


Рис 1.1 – Варіанти підводу мастильно-охолоджуючої рідини при токарному обробленні.

Зовсім недавно стали використовувати сучасний метод охолодження, що має на увазі подачу тонкої струменя МОР з боку задньої поверхні різця. Особливу ефективність такої спосіб охолодження демонструє в тому випадку, коли на токарному верстаті інструментом з швидкорізальних сплавів потрібно обробити заготовку з важкооброблюваних матеріалів.

1.5.2 Мастильно-охолоджуючі рідини для фрезерних верстатів.

Допустима величина зносу фрез, перевищення якої призводить до катастрофічного наростання зносу, також залежить від застосовуваної МОР. При фрезеруванні всуху ($i = 98 \text{ м / хв}$) середня величина допустимого зносу фрез по кутках не перевищує 0,3 мм (часто руйнування починалося і при зносі 0,25 мм), а з водними МОР вона становила 0,35-0,4 мм. Із застосуванням масляних МОР фрези зберігають ріжучі властивості при зносі по головній задній грані, що дорівнює 0,4-0,5 мм, а при МОР МР-4-0,8-0,9 мм. З підвищенням швидкості

різання до 154 м / хв допустима величина зносу зменшується при роботі з усіма МОР. Знос, відповідний закінчення періоду підробітки, при різанні з водними МОР в 1,5-2 рази вище, ніж при роботі з маслами, причому зі збільшенням швидкості різання він зменшується.

Фрезерування являє собою розрізання металу переривчастим методом. У зоні контакту інструмента з поверхнею металу відбуваються значні температурні коливання. Часом температура нагріву може перевищувати 1000 ° С. Якщо при цьому використовувати охолоджуючу рідину, то кромка інструменту буде схильна до шокowego впливу температури. Часто це призводить до утворення тріщин на поверхні інструменту і виходу його з ладу.

Отже, при чорновій обробці, коли швидкість різу висока і значно виділення тепла, застосування МОР не завжди виправдано. Зате в процесі чистової обробки необхідно знижувати температуру матеріалів.

Фрезерування з МОР

Однак існують деякі ситуації, в яких застосування МОР виправдано:

- Чистове оброблення нержавіючої сталі та алюмінію - щоб уникнути налипання частинок металу на оброблювану поверхню
- Обробка жароміцних сплавів при низькій швидкості різання - для зниження тертя і охолодження заготовки
- Обробка чавуну - для осадження і змивання частинок, що сприятливо позначається на довкіллі, здоров'я операторів і якості деталей
- Фрезерування тонкостінних деталей - щоб уникнути перекручування геометрії деталі

- Для евакуації стружки з глибоких виїмок можна використовувати стиснене повітря з частинками спеціального масла, так зване охолодження масляним туманом. [5]

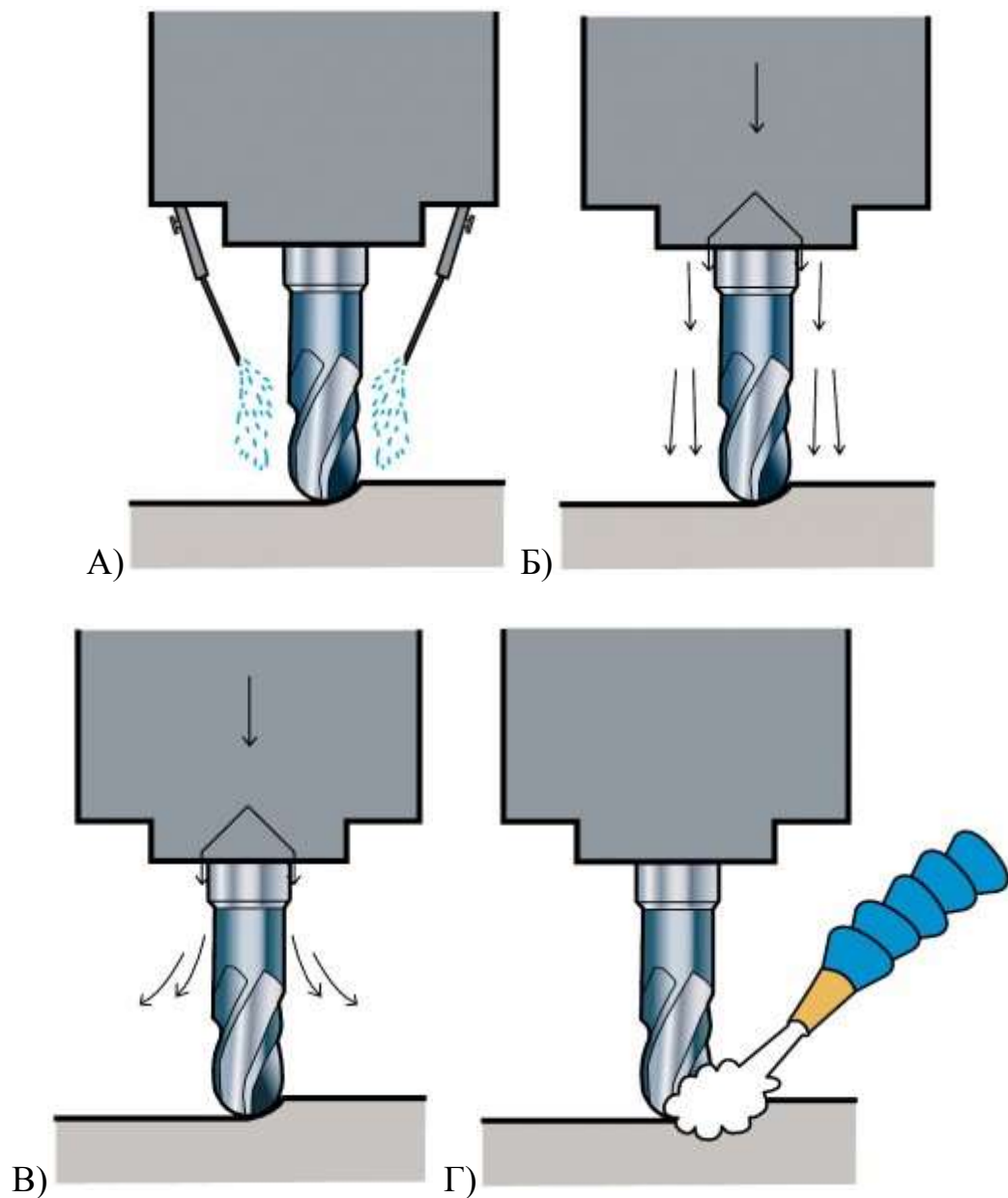


Рис 1.5.1 – А)Масляний туман; Б)Стиснене повітря;
В) Рясний внутрішній підвід; Г) Зовнішній підвід ЗОР.

Також охолоджувати інструмент можна газоподібними речовинами.

Деякі з застосовуваних з метою охолодження рідин зменшують тертя між поверхнями самої фрези і оброблюваного металу. Ці рідини є мастильно-

охолоджуючими. Також МОР дозволяє видалити металеву стружку, утворену в процесі різь.

Застосування МОР сприяє:

- зменшення споживаних потужностей в ході технологічного процесу;
- підвищення якості обробки поверхонь;
- підвищення терміну служби інструменту.

Вибір рідини залежить від виду обробки і від матеріалу. Відзначимо, що більше 50% тепла виділяється в ході деформації металу, решта - при терті. З урахуванням цих чинників і підбирають охолоджуючу рідину. Зменшенню тертя між поверхнями сприяють змащувальні властивості масла. Ефективність же охолодження буде залежати від води, що утворює розчин або емульсію при контакті з маслом.

Мастильно-охолоджуючі рідини беруть участь в процесі з перших секунд оброблення. Підводити їх слід безперервно. При проведенні чорнових робіт кількість МОР наближається до 30 літрів за одну хвилину, а при чистових роботах - близько 6 літрів. Це дозволяє підвищити стійкість фрези від двох до п'яти разів.

Найбільшого поширення набули емульсії, одержувані при змішуванні води з милом, розчиненими в нафтових маслах.

При цьому в ході проведення чистових робіт використовується водний розчин емульсол, до складу якого входять також мінеральне масло, мила і спирт.

При проведенні чорнових робіт в хід йде масляна емульсія, яка утворює на поверхні металу плівку, і сприяє таким чином мастилі інструменту.

Якщо проводиться обробка металу з утворенням стружки з великим перетином, як МОР застосовують речовини, що утворюють на поверхні міцну плівку, яка не піддається руйнуванню в процесі нагрівання і посилення різь.

Такими є сульфозфрезол, що складаються з осірненням мінеральних масел, і масла, отримані при змішуванні жирних кислот і мінеральних масел.

Для організації подачі охолоджуючої рідини струменем використовують насос і трубку-насадку.

Для розпилення рідини у вигляді туману фрезерний верстат обладнують змішувачем, що заповнюється емульсією. Подаючи стиснене повітря, склад розпилюють у вигляді дрібних крапельок, змащувальних поверхні і поглинаючих виділяється тепло.

Для охолодження з успіхом застосовуються вуглекислий газ, стиснене повітря і азот. При роботі з вуглекислим газом здійснюється подача стисненого в балон і охолодженого до -40°C газу по трубах. Використовується даний метод при роботі з важкооброблюваних металами (сталь, титан, хром, нікель).

Вибір мастильно-охолоджувальної рідини проводиться в кожному конкретному випадку з урахуванням таких факторів:

- властивості оброблюваного матеріалу;
- вид інструменту і властивості металу, з якого він виготовлений;
- вид обробки.

До самої МОР також пред'являються вимоги, що дозволяють враховувати її властивості:

- експлуатаційні (антипінні, антикорозійні, біостатичні властивості);
- функціональні (охолоджуюча здатність, змащувальні властивості, миючі властивості);
- санітарні (відсутність шкідливого впливу на людину і природу, пожежна безпека).

1.5.3 Застосування маситльно-охолоджуючих рідин при свердлінні.

Утворення стружки з формою і розмірами, що дозволяють легко видалити її з отвору, є першочерговим питанням при розгляді будь-якої операції свердління. Без задовільною евакуації стружки робота свердла стане неможливою, внаслідок забивання стружкових канавок і закупорювання свердла всередині отворів. Високопродуктивна обробка отворів сучасними свердлами можлива тільки при забезпеченні безперервного відводу стружки за допомогою використання достатньої кількості охолоджувальної рідини.

Сучасний інструмент дозволяє здійснювати підведення МОР по внутрішнім каналам в свердлі, через які вона надходить безпосередньо в зону різання, зменшуючи дію сил тертя і вимиваючи стружку з отвору.



Рис 1.5.2 – свердло з внутрішніми каналами під ЗОР.

1.6 Специфіка застосування змащувально-охолоджуючої рідини в умовах гнучкої виробничої системи (ГВС).

Гнучка виробнича система (FMS flexible manufacturing system англ.) - це виробнича система, в якій існує певна гнучкість, яка дозволяє системі реагувати у разі змін у асортименті продукції чи технології, незалежно від того, були вони прогнозованими чи непередбачуваними.[13]

Переваги:

1. Зниження витрат на виробництво.
2. Низька вартість одиниці продукції.
3. Підвищення продуктивності праці.
4. Більш висока ефективність машини, вища якість.
5. Підвищена надійність системи.
6. Скорочений запас деталей.
7. Можливість адаптації до операцій CAD / CAM.
8. Скорочений час виконання.
9. Підвищена ефективність.
10. Підвищена продуктивність.

Недоліки:

1. Початкова вартість установки висока.
2. Складне попереднє планування.
3. Вимоги до кваліфікованої праці.
4. Складна система.

Гнучкість у виробництві означає здатність обробляти незначно чи дуже різні деталі, що дозволяють варіювати складання деталей та зміни послідовності процесів, змінювати обсяг виробництва та змінювати дизайн конкретного виробу, який виробляється.[13]

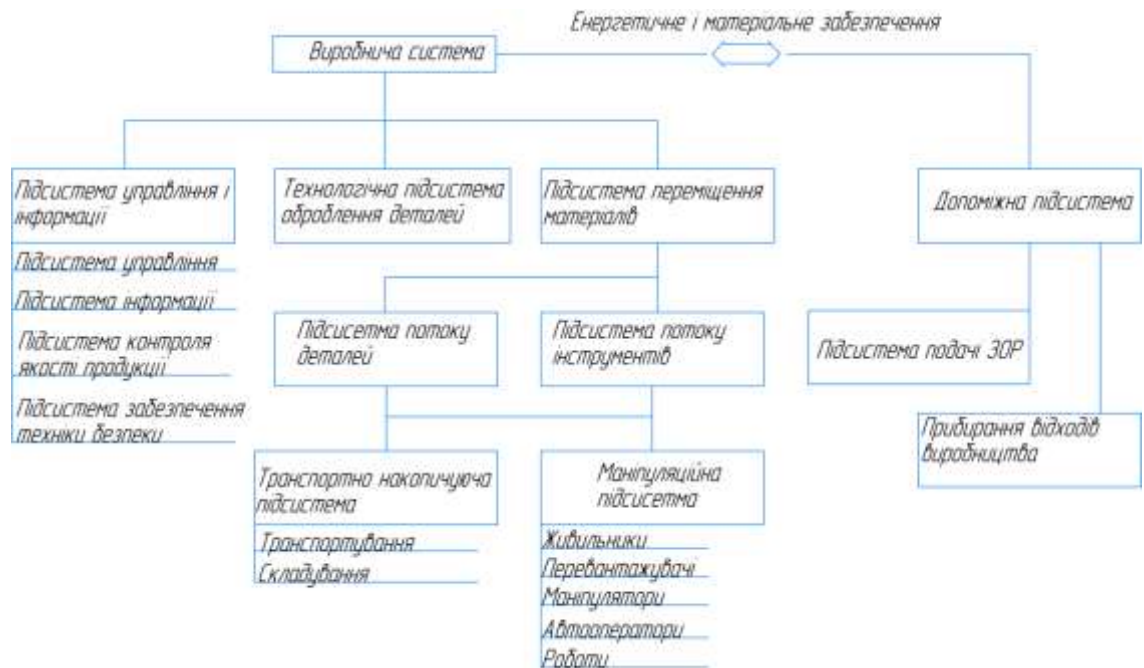


Рис. 1.6.1 – Структура виробничої системи

Стружку з робочої зони верстатів видаляють змивом (подачею емульсії), стисненим повітрям або шляхом переміщення рухливими елементами конвеєрів. При обробці деталей з чавуну (без охолодження) стружку і графітову пил відсмоктують за допомогою гідроциклонів. При обробці отворів стружку з них видувають (стисненим повітрям) або витрушують на спеціальних поворотних пристроях.

При обробці деталей зі сталі застосовують різці з стружколомачами, які дроблять зливну стружку і тим самим покращують умови для її відведення. Базують елементи деталей і виробничу систему очищають від дрібної стружки шляхом її змивання ЗОР або видування стисненим повітрям. У багатьох гнучких виробничих системах передбачені мийні машини, в яких деталі і виробнича система повністю очищаються від стружки.

В ГВС, як правило, для видалення стружки застосовують конвеєри, що проходять поза транспортно-накопичувальної системи (стружка на них від кожного верстата подається за допомогою спеціально вмонтованого в верстат пристрої) і конвеєри, вбудовані безпосередньо в транспортно-накопичувальної

системи (ТНС) або в що проходить під ТНС спеціальний канал (в цьому випадку стружка на конвеєри надходить через отвір в станині верстата).

Для видалення стружки від окремих верстатів і ГВС використовують скребкові і гвинтові конвеєри.

1.7 Системи подачі зор до верстатів в умовах гвс.

Зі збільшенням ступеня автоматизації виробництва при переході до малолюдних виробництвах проблема автоматичного очищення стружки після обробки заготовок та видалення та регенерації ЗОР стає все більш важливою, оскільки, наприклад, стружка, що залишається на базових поверхнях обладнання та пристроїв може призвести до їх виходу з ладу або браку деталей. Стружки з чавуну, сталі та, особливо, стружки з кольорових металів необхідно збирати окремо. Проблема контролю формування стружки та її відведення від зони з урахуванням зростаючих швидкостей різання в деяких випадках є критичною при визначенні діапазону виготовлених деталей для АЛ та ГВС. Більшість існуючих ГВС виробляють деталі з чавуну, вуглецевих сталей та кольорових металів. Методи дроблення стружки переривчастим або перемінним рухом подачі не вирішують проблеми контролю формування стружки на завершальних стадіях і тому не знайшли поширення. Таким чином, управління стружкоутворенням залишається на інструменті, який найчастіше оснащений елементами формування стружки, такими як стружколамаючі уступи, що розбиваються, і стружкозавиваючі канавки.

Конвеєри застосовуються для централізованого видалення стружки у верстатах, в автоматичних секціях, в АЛ, ГВС та цехах. У верстатах для збору та вилучення стружки з станини застосовують гвинтові (рідше стрічкові) конвеєри, в секціях, як правило, скребкові або гвинтові конвеєри, в АЛ та ГВС, гвинтові, скребкові, рідше гідравлічні та вібраційні конвеєри. У цехах збору та

транспортування стружки до місць її переробки найчастіше використовуються системи, що складаються з стрічкових і рідше гідравлічних конвеєрів. Від верстатів стружка часто переміщується на значну (100 м і більше) відстань до переробного блоку, де вони брикетуються гідравлічними пресами.

Невеликі стружки переміщуються на невеликі відстані за допомогою вібраційних, гідравлічних та магнітних конвеєрів.

Особливу небезпеку для електронних компонентів автоматичного та автоматизованого обладнання становлять дрібна чавунна стружка.

Для поліпшення умов для подальшого транспортування стружки та її оброблення її брикетують. Щільність брикету становить 5-6 кг / см³. Для холодного брикетування застосовують спеціальні преси, для гарячого брикетування - спеціальні установки. Суху стружку брикетують у холодному стані.

Площа відділення для переробки стружки може бути приблизно визначена кількістю обслуговуваних верстатів.

Таблиця 1.2 – таблиця закономірності кількості верстатів і площі відділення для переробки стружки на один верстат.

Кількість машин, шт	100-300	300-700	700-1200
Площа на машину, м ²	1- 0,5	0,5-0,3	0,3-0,25

Шліфувальні машини не входять до складу обслуговуваних. Для приміщень, які служать лише для зберігання стружки без її переробки, питома площа зменшується в 2 рази.

Подача ЗОР до машин здійснюється як з централізованих, так і з індивідуальних циркуляційних установок. Кожна установка складається з бака з пристроєм для очищення ЗОР, трубопроводів і насоса. Окремі резервуари з ЗОР встановлюються поруч з машиною або в її станині. Кількість рідини, що надходить до зони оброблення, визначається типом ріжучого інструменту, його розмірами, режимами різання та умовами. Так, наприклад, середня витрата ЗОР становить 15 л / хв для одного різця токарного верстата, 3-6 л / хв для свердла, зенкера, розвертку та інших осьових інструментів; на кожні 10 мм довжини утвореної робочої поверхні шліфувального круга - 5-7 л / хв. Кількість механічних домішок в ЗОР не повинна перевищувати 0,05-0,07% його об'єму при обробці лезовим інструментом і 0,003-0,004% при обробці шліфувальним кругом. Централізовані циркуляційні системи подачі ЗОР мають ряд переваг порівняно з окремими установками: покращується обслуговування обладнання та гігієна виробництва; зменшення виробничої площі.

Максимальний розмір приміщення для підготовки та зберігання ЗОР у великих цехах масового виробництва передбачається 100-200 м². Кількість робітників складає 2-4 людини. Для невеликих середньо серійного та дрібносерійного виробництва максимальний розмір приміщення для зберігання та підготовки ЗОР становить 30-40 м². У механічних майстернях з підготовки ЗОР виділяється спеціальне приміщення, яке розташоване до стіни будівлі з доступом як до внутрішньої, так і зовнішньої сторони. Зовнішній вхід використовується для встановлення контейнерів з маслом та іншими рідинами в цьому приміщенні.

Для розміщення та експлуатації працівників виділяється приміщення площею приблизно 10-20 м². Один працівник повинен обслуговувати 120-150 верстатів. Одна або дві верстаки та шафи для зберігання змазок встановлюються в приміщеннях для працівників.

Коли деталі обробляються на металорізальних верстатах, в зоні контакту між інструментом та оброблюваною поверхнею виникає тертя, що може призвести до дуже значного підвищення температури. Крім того, при переробці

утворюється значна кількість відходів у вигляді стружки та металевих частинок, а іноді часточки різального інструменту. Для зменшення негативних наслідків відзначених явищ у зоні обробки забезпечується подача змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР). Змащувально-охолоджуюча рідина повинна забезпечувати зменшення тертя, відведення тепла від оброблюваної поверхні та різального інструменту, а також сприяти виведенню (вимиванню) відходів різання.

Сучасні ЗОР поділяються за складом на суміші з водною основою, емульсіями та сполуками вуглеводнів.

Суміші на водній основі включають різні комбіновані розчини полімерів, солей, суспензій, миючих засобів та ПАР. Ці суміші в окремих літературних джерелах називають хімічними або синтетичними рідинами.

Емульсії включають дисперсні системи, що складаються з двох або більше нерозчинних рідин один в одному. В емульсіях одна з рідин, яку називають дисперсною фазою, у формі суспендованих крапель в іншій, яку називають основою. В даний час найбільш широко використовуються емульсії "масло у воді". Використовуються також емульсії з водою в маслі.

Суміші рослинних та мінеральних масел відносять до вуглеводневих композицій. Більше того, перша з цих масел дає хороший ефект при використанні в сумішах, хоча вони дорогі. Другий значно дешевший, але менш ефективний при використанні в якості різальних рідин.

Крім того, до складу сучасних ЗОР, крім основних компонентів, входять також різні добавки, що покращують певні властивості. Слід також зазначити, що ці рідини мають високі вимоги пожежної та вибухобезпеки, токсичності, а також можливість розкладання на складові компоненти для утилізації.

З точки зору гідравлічних систем, доцільно розділити всі ЗОР на дві групи. До першої групи слід віднести рідини з низькою в'язкістю з переважанням водного компонента, тобто різні суміші на водній основі (синтетичні рідини) та

емульсії типу «масло у воді». Доцільно включати більш в'язкі рідини з переважанням масляного компонента до другої групи рідинних рідин, тобто емульсії типу «вода в маслі» та вуглеводневі сполуки.

Гідравлічні системи подачі ЗОР поділяються на централізовані, які призначені для всіх верстатів в майстерні або групі верстатів, та індивідуальні, розраховані на один верстат. При використанні централізованих гідравлічних систем значно спрощуються проблеми очищення, охолодження та контролю якості ЗОР. Однак у цьому випадку всі машини будуть забезпечені однаковою рідиною. Тому у великих виробництвах застосовуються як централізовані системи подачі рідини для груп верстатів, так і індивідуальні системи для окремих верстатів.

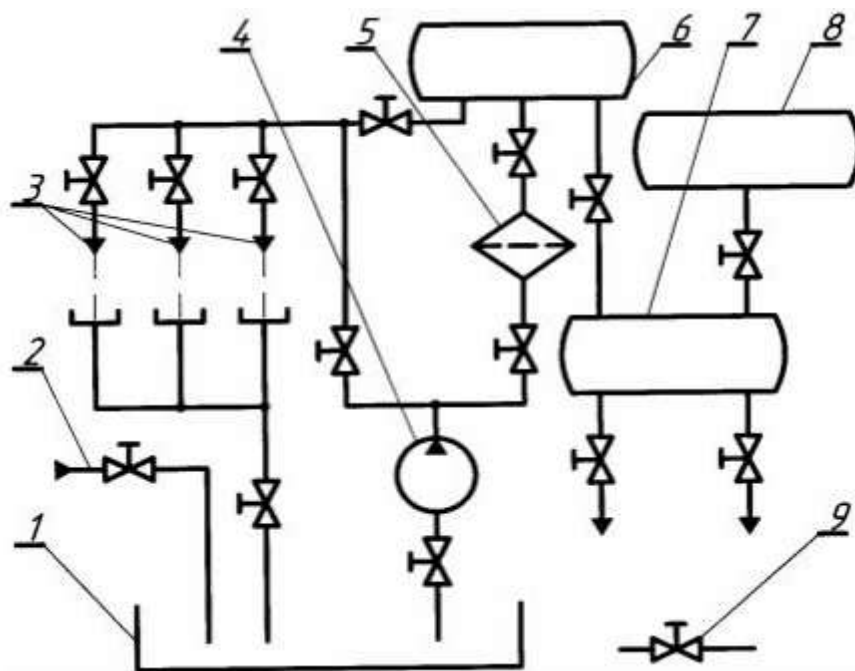


Рис 1.7 – Центральна система подачі змащувально-охолоджуючої рідини

На рисунку 1.7 представлена одна з можливих схем централізованої гідравлічної системи подачі рідинної рідини. Він включає насос подачі рідини 4, очищувач (фільтр) 5, дозатор 1, резервуар 6, відстійник 7, контейнер 8, а також насадки 3 для подачі рідини в зону різання і клапани 9 для управління течєю рідини.

Новоутворена ЗОР надходить у розподільний бак 1 по лінії 2. З розливного бачка 1 рідина може бути спрямована до верстатів, а потім через форсунки 3 до зрізних зон, а звідти вона повертається в резервуар 1. Якщо рідина забруднена, потім її направляють через очищувач 5 до накопичувального бака 6, а потім знову до форсунок верстату 3. Після втрати працездатності рідина подається в відстійник 7. У відстійник 7 з бака 8 також може бути спрямована хімічно активна речовина для розкладання ЗОР на компоненти. Потім ці компоненти видаляються з шахти 7 для подальшого використання або утилізації.

Крім того, гідравлічна система може включати в себе інші елементи, що забезпечують певні якісні показники рідини. В системі, додатковий контур холодоагенту може бути введений для циркуляції холодоагенту щоб забезпечити низькі температури рідини. У системах подачі охолоджуючої рідини встановлені частково пристрої для знищення мікроорганізмів і т.д.

Індивідуальні системи подачі змащувально-охолоджуючої системи можуть включати в себе елементи того ж призначення, але мають більш низьку продуктивність. Найчастіше окремі системи простіші, ніж централізовані гідравлічні системи.

У гідравлічних системах для подачі змащувально-охолоджуючих рідин найбільше використовують відцентрові, вихрові, шестерневі і пластинчасті насоси. Відцентрові насоси і вихрові насоси відносяться до динамічних насосів, таким чином, вони призначені для перекачування рідин з низькою в'язкістю. Відцентрові насоси повинні бути використані для досягнення високих швидкостей потоку і низького тиску. Для того, щоб зробити значний тиск, то доцільно використовувати вихрові насоси. Шестеренні насоси і можуть бути використані лопатеві насоси, які класифікуються як роторні насоси, для транспортування в'язких рідин. Слід зазначити, що ці насоси чутливі до забруднення і, отже, рідини можуть не довго перекачувати з домішками твердих частинок.

У гідравлічних системах, різні системи кондиціонування повітря використовуються для подачі змащувально-охолоджуючих рідин, які забезпечують параметри якості. Вони включають в себе пристрій фільтрації, теплообмінники для охолодження рідини та інші.

Контейнер в гідравлічних системах для подачі змащувально-охолоджуючої рідини мають більший обсяг, ніж в інших гідравлічних системах. Рекомендуються вибирати корисну ємність для продовження подачі насоса з 10 до 12 хвилин. В якості трубопроводу і трубопроводної арматури пристрою використовуються пристрої, які використовуються в системах водопостачання (для змащувально-охолоджуючих рідин на водній основі) або використовувани в гідроприводаї (на масляній основі рідини).

Різні методи використовуються для подачі в зону обробки рідини. Найбільш поширені з яких є потік рідини через вільно падаючий струмінь, струменем під тиском і у вигляді струменя повітряно-рідинної суміші. Подачі рідини за допомогою вільно падаючого потоку (зрошень) є найпростішим і найбільш часто використовуваним методом. Подача рідини пучка тиску дозволяє проводити їх з високою точністю в зоні різання і забезпечити хорошу очистку ріжучої зони від відходів обробки. Подача рідини у вигляді повітряно-рідинної суміші є найбільш економічним способом, що забезпечує мінімальну швидкість потоку.

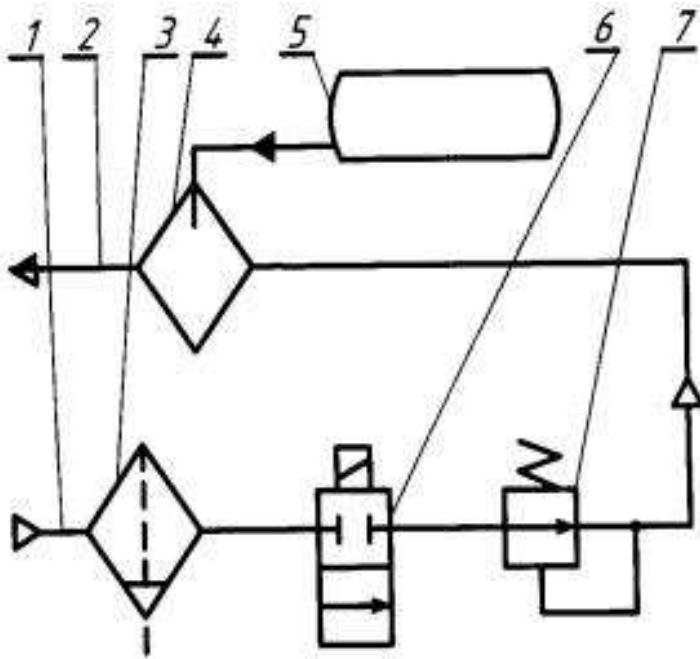


Рис. 1.8 – Схема установки індивідуальної системи подачі

Цей метод досить добре вивчений, розробляються промислові пристрої для його використання. На рисунку 1.8 показана принципова схема установки індивідуальної системи подачі. Він складається з танка 5, розпилювач 4, а також навчальні пристрої та подача повітря. Повітря надходить в установку через трубопровід 1 під тиском 0,2 ... 0,6 Мпа, проходить через фільтр-вологовідділювач 3, двопозиційний розподільник з електромагнітним керуванням 6, клапан, що знижує тиск 7, і надходить у розпилювач 4. Рідина для різання подається з бака 5. Готову повітряно-рідинну суміш до зони різання по трубопроводу 2.

Важливими елементами гідравлічних систем для подачі змащувально-охолоджуючих рідин є пристрої для їх подачі безпосередньо в зону різання.

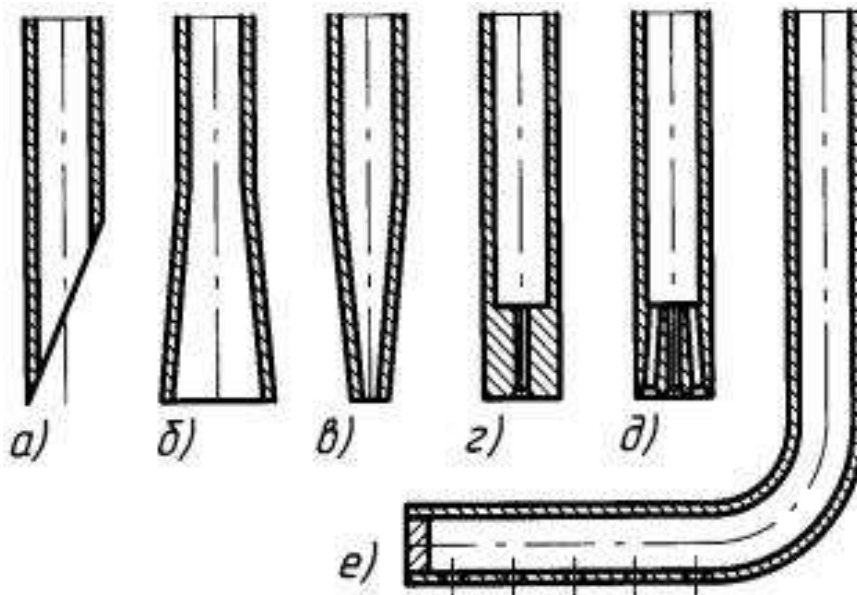


Рис. 1.9 – насадки для підводу.

На рисунку 1.9 представлена конструкція форсунок, що використовуються для подачі рідини в зону різання. Насадки, показані на рисунку 2.3, а, б використовуються при подачі рідини з потоком, що вільно падає. При застосуванні рідини під тиском струменю можна використовувати насадки типу сопла рис. 1.9 (в).

Слід враховувати, що при застосуванні струменя високого тиску (тиск понад 1,5 МПа) діаметр випускного отвору не повинен перевищувати 0,8 мм, а при застосуванні струменя низького тиску (під тиском 0,05 ... 0,2 МПа), його значення повинно бути 2 ... 5 мм. При подачі змащувально-охолоджуючої рідини повітряно-рідинним струменем застосовуються форсунки з фасками на кінці каліброваного отвору, що дозволяє отримати потік, що розширюється. Такі насадки представлені на рис. 1.9, г, д.

Насадки, показані на рис. 1.9, а, б, в, г спрямовують струмінь у досить малу зону різання. Насадки, показані на рис. 1.9, д, е забезпечують подачу рідини в більшу зону різання, що особливо важливо при шліфуванні та інших видах абразивного оброблення.

Крім способів подачі змащувально-охолоджуючої рідини в зону різання, існують і інші, як більш прості (контактне змочування, нанесення щіткою тощо), так і більш складні (через канали в ріжучому інструменті, через пори шліфувального круга тощо).

1.8 Висновки розділу

Підбиваючи сказане в цьому розділу, хочеться сказати що розглянуті не всі питання щодо використання змащувально-охолоджуючих технологічних засобів. Підняті питання щодо класифікації технологічних засобів, а також особливості і види способів подач при різних видах обробленням металів різанням.

Були розглянуті основні фактори впливу ЗОР на ефективність оброблення металів різанням, а також визначена оцінка властивостей ЗОР та їх впливу на якість оброблення.

Також, було розглянуто специфіку застосування ЗОР для верстатів з ЧПК та гнучкими виробничими системами (ГВС).

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ВИБОРУ ЗОР ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ У ВИРОБНИЦТВІ

2.1 Вибір змащувально-охолоджуючої рідини

Вибираючи ЗОР, необхідно враховувати особливості технологічного процесу:

- вид обробки;
- цілі використання ЗОР;
- матеріал заготовки;
- інструментальний матеріал;
- режим і глибина оброблення;
- характер стружки;
- стандарти безпеки та охорони праці;
- спосіб подачі рідини.[14]

Важливим параметром ЗОР є в'язкість рідини, що суттєво впливає на засолення шліфувального круга, здатність рідини відмивати стружки із зони різання.

Для отримання середньої чистоти поверхні використовуються мильні водні розчини та емульсоли з концентрацією 3-4%.

Для отримання високої чистоти поверхні використовують водний розчин сульфатованої касторової олії або емульсолу з концентрацією 10 - 25% з добавками.[14]

Обмежуючим фактором при виборі ЗОР є взаємодія рідини з матеріалами виготовленої деталі, верстата, інструменту. Водні розчини слід застосовувати з обережністю на машинах, де ЗОР може проникати в механізми, чутливі до корозії. Сульфофрезоли можуть викликати корозію кольорових металів, тому їх застосовують лише при роботі з чорними металами, тощо. [14]

Нижче, показано рейтинг типів обробки з урахуванням впливу властивостей охолодження та змащування. [15]

1. Шліфування;
2. Пиляння;
3. Точіння;
4. Стругання;
5. Фрезерування;
6. Свердління;
7. Розвертка;
8. Розточування;
9. Глибоке свердління;
10. Зубооброблення;
11. Нарізання зовнішньої нарізі;
12. Нарізання внутрішньої нарізі;
13. Зовнішнє протягування;
14. Внутрішнє протягування;

Також наведенні в табл. 2.1 загальні рекомендації вибору ЗОР для певних операцій і оброблюваних матеріалів:

Таблиця 2.1 - Загальні рекомендації вибору ЗОР. [15]

Матеріал	Фрезерування	Свердління	Нарізання нарізи	Точіння
Алюміній	Емульсоли і мінеральні олії	Емульсоли (10 - 15 %)	Сірко- і хлоро- вмістні олії	Мінеральні олії і емульсоли
Латунь	Емульсоли (3 - 4 %)	Емульсоли (3 - 5 %)	Мінеральні олії + жири	Мінеральні олії + жири
Бронза	Емульсоли (3%)	Емульсоли (3%)	Мінеральні олії + жири	Емульсоли (3 - 5 %)
Леговані сталі	Мінеральні олії + жири	Емульсоли (3 - 5 %)	Мінеральні олії + жири	Сірковмістні олії
Чавун	Сухе оброблення	Сухе оброблення	Мінеральні олії + жири	Сухе оброблення
Мідь	Емульсоли (3%)	Емульсоли (3%)	Емульсоли (3 - 5 %)	Емульсоли
Вуглецева сталь	Емульсоли (3%)	Емульсоли (3%)	Мінеральні олії + жири	Мінеральні олії + жири

Технологічні показники в основному полягають у зменшенні параметрів висоти та кроку шорсткості оброблюваної поверхні та підвищення геометричної точності оброблюваних деталей за рахунок:

- зменшення адгезійного зношування інструменту і запобігти наростоутворення;
- видалення абразивних частинок із зони різання;
- зменшення деформації заготовки під дією механічних навантажень;
- зменшення температурних деформацій заготовки та інструменту.

Економічні показники виглядають приблизно так:

- збільшення терміну експлуатації інструменту і, відповідно, зменшення його зношування;
- підвищення продуктивності внаслідок збільшення подачі та швидкості різання;
- підвищення продуктивності за рахунок поліпшення умов праці порівняно з різанням «сухо»;
- захист заготовки від корозії в міжопераційний період;
- захист обладнання та приладдя від корозії протягом усього періоду експлуатації. [15]

Очевидно, що рівень і тривалість прояву всіх цих показників багато в чому залежить від правильного вибору тонко налагодженої суміші речовин, яка безпосередньо бере участь у процесі різання. [15]

Вибір ЗОР - це завжди індивідуальне завдання. Тут вибір "до продукту" неможливий, тобто питання з категорії: "Який продукт Y можна використовувати замість того, що виріб X працює зараз?" У разі будь-яких рідин для обробки металу немає сенсу. Не існує універсальної рідини, яка однаково добре підходить

для всіх операцій, металів, швидкості різання, операторів верстатів, тиску подачі тощо, так само як немає абсолютно однакових технологічних процесів.

Отже, критерії такі: метал / сплав, який обробляється, операції оброблення, а також якість води, що використовується для приготування емульсії або розчину. Очевидно, що у випадку з масляними (не змішуються з водою) ЗОР ми не враховуємо якість води. [15]

У загальному випадку всі операції різання зі зміною форми можна розділити на три категорії з точки зору витрат енергії на переробку, впливу на інструмент та вимог до складу ЗОР:

- легкі (точіння, фрезерування);
- середньої важкості (свердління, пиляння, постукування млином);
- важкі (зубофрезерування, зубодовбання, розвертка, протягування, нарізання нарізі мітчиком, глибоке свердління).

Що стосується змащувально-охолоджуючої рідини, вимоги виражаються у необхідності додавати до складу та кількості речовини та сполук, які забезпечують максимально м'які умови для граничного режиму тертя. До певних навантажень цю роль відіграє безпосередньо масло, а у випадку синтетичних водозмішувальних ЗОО - водорозчинні полімери. Однак у складі рідин для операцій середньої складності та важких операцій ми обов'язково побачимо такі компоненти, як складні ефіри, тваринні, рослинні або синтезовані жири, а також протизносні та протизадирні присадки. При цьому ми не повинні забувати про функцію охолодження ЗОР, яка стає особливо актуальною зі збільшенням швидкості різання. [15]

2.2 Обґрунтування способу розробки алгоритму

Існує декілька варіантів створення алгоритму вибору змащувально-охолоджуючої рідини у виробництві:

1. Створення алгоритму з розрахунковою системою, яка буде порівнювати з усіма можливими типами ЗОР дані, і таким чином обирати рідину, яка дасть найбільшу продуктивність. Ця система зможе визначати об'єми рідини, які потрібні для оброблення заготовки в даному типі операції, визначати токсичність, тощо. Однак така система підходить для одного типу операції, що універсалізувати вибір ЗОР для всього технологічного процесу.
2. Створення алгоритму з підпрограмою-бібліотекою. Це означає, що в бібліотеці будуть знаходитись всі доступні змащувально-охолоджуючі засоби, з певними параметрами, такими як: в'язкість, температура спалаху, окислення, тощо.

Розглянемо 2-й варіант:

Для цього потрібно розробити структуровану бібліотеку, в яку входять суміші ЗОР, що мають певні характеристики, які були наведені вище. Окрім характеристик, потрібно ввести коефіцієнт рекомендації ЗОР при певному типі оброблення і типу матеріалу. Наприклад, це значення від «0», до «10», тобто «0» - не рекомендується використовувати при цих умовах оброблення, «10» - рекомендується до вибору при таких умовах різання. Це значення вираховується з рекомендацій виробників, щодо використання суміші ЗОР, та довідників по вибору рідини.

Принцип алгоритму наступний: ми вводимо дані щодо типу оброблення, матеріалу заготовки, режим різання (h, S, v) . Потім програма аналізує введені

дані, та згідно з ними обирає ЗОР (спочатку обирається щодо рекомендацій). Потім проводиться перевірка цієї суміші на підвищення ефективності при її використанні (теоретично). Якщо ЗОР підбрано вірно, то програма видає інформацію щодо цієї суміші. Якщо ні – задаємо додаткові дані для повторного підбору змащувально-охолоджуючої рідини.

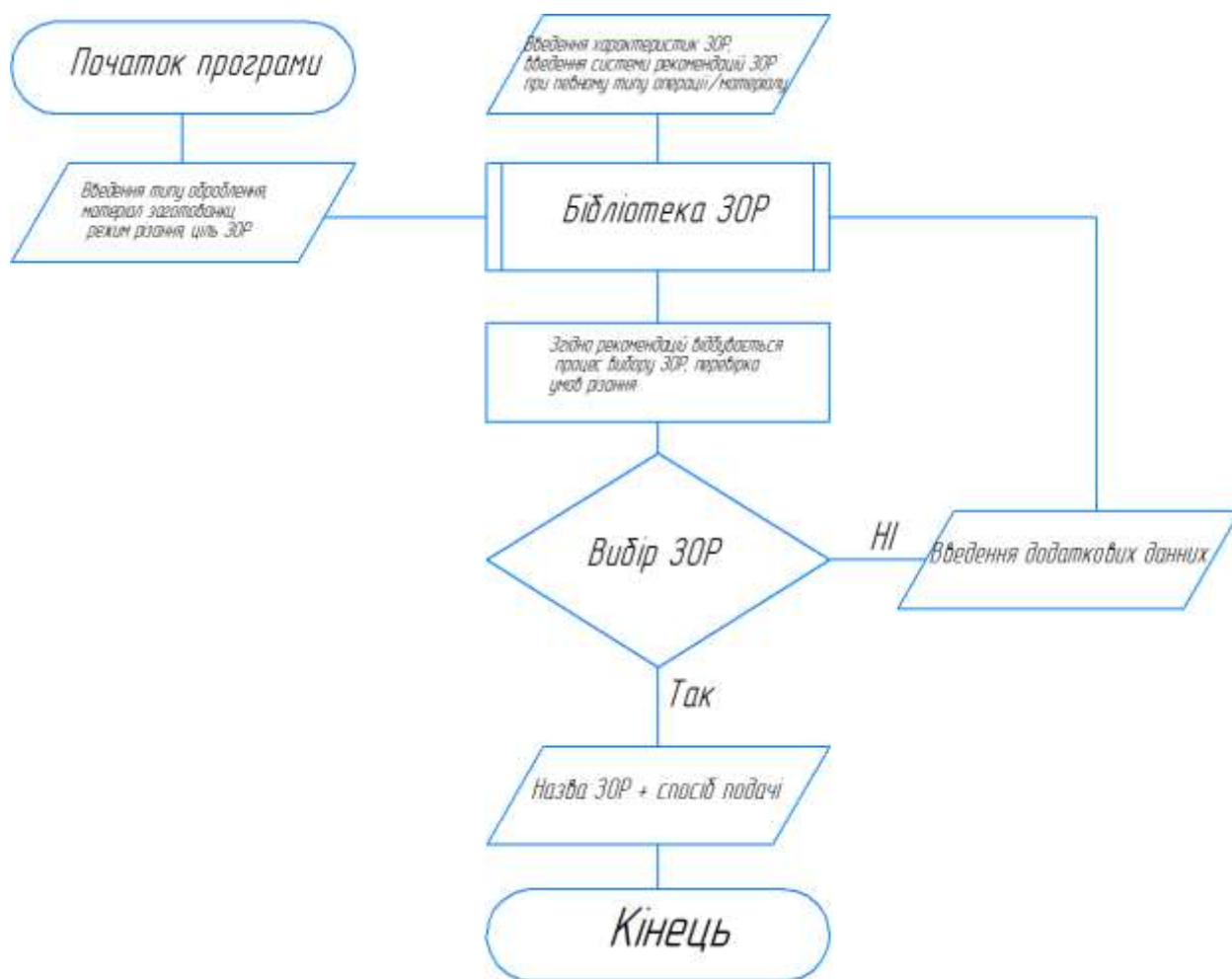


Рис. 3.1 – Блок схема програми автоматичного вибору ЗОР.

Переваги:

- Такий спосіб вибору, дозволить обирати суміші для не тільки технологічної операції, а й для технологічного процесу (методом підбору, та вирахування по коефіцієнту рекомендацій);
- При виробництві на малих підприємствах, вибір ЗОР зводиться до небагатьох варіантах, через низькі потужності й бюджети. Тому з'являється варіант універсалізувати вибір.
- Можливість налаштовувати бібліотеку будь-як. Тобто, виходячи з асортименту ЗОР, які можливо закупити для підприємства, можливо налаштувати базу даних з певними змащувально-охолоджуючими рідинами.

Недоліки:

- При виборі змащувально-охолоджуючої рідини для технологічного процесу, для деякого типу оброблення не буде позитивного ефекту від використання суміші, або вплив на оброблення не значний.

2.3 Висновок розділу.

В цьому розділі, було проаналізовано та систематизовано інформацію по вибору ЗОР для оброблення металів різанням. Розроблено алгоритм автоматизованого вибору змащувально-охолоджуючої рідини, який дасть змогу підвищити ефективність виробництва деталей.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Мета цього розділу - провести маркетинговий аналіз стартап-проєкту з метою визначення фундаментальних можливостей його реалізації на ринку та можливих напрямків реалізації цього впровадження.[16]

3.1 Опис ідеї проєкту

Слід зазначити, що результати дослідження, отримані в цій роботі, не можуть бути безпосередньо впроваджені на ринку, тому в цьому розділі буде описано стартовий проєкт, який базуватиметься на отриманих результатах, а саме, можливо, розроблена у майбутньому програма по автоматизованому вибору змашувально-охолоджуючої рідини у виробництві методом експертної оцінки. У таблиці 3.1 наведено інформацію, яка забезпечує цілісний вигляд змісту ідеї, можливих базових потенційних ринків, в межах яких можна шукати потенційні групи клієнтів та вигоди для користувача.

Таблиця 3.1 – Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
<ul style="list-style-type: none"> • Алгоритм автоматизованого вибору ЗОР • Програма, яка працює за цим алгоритмом 	Державні та приватні підприємства, де використовують ЗОР	Підвищення ефективності вибору ЗОР у окремі технологічні операції, або в технологічному процесі

Таблиця 3.2 – Аналіз техніко–економічних переваг даної ідеї

	Мій проєкт	Проєкт на виробництві
Ефективність вибору	Автоматичний вибір ЗОР	ЗОР обирають, за рекомендаціями спеціалістів для технологічних операцій
Універсальність	Можливість створити базу даних ЗОР для окремого підприємства	_____
Витрати	Одноразова витрата на програму та її налаштування	Існує спеціаліст, якому оплачують за його працю щомісяця

3.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

Після проведення аудиту технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проєкту, можна визначити технологічність здійсненості ідеї проєкту(табл. 3.3):

Таблиця 3.3 – Технологічна здійсненність ідеї проєкту

Ідея проєкту	Наявність технологій	Доступність технологій
Розроблення алгоритму ефективного автоматизованого вибору ЗОР для технологічних операцій	Створенні рекомендації та експертні оцінки щодо вибору ЗОР	Доступно в літературі, та на інтернет ресурсах

Отже, можна зробити висновок, що реалізація алгоритму можлива.

3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Визначивши ринкові можливості, вони можуть бути використані під час ринкової реалізації проєкту та ринкові загрози, які можуть заважати проєкту, що дозволить планувати напрямки розвитку проєкту, враховуючи стан ринкового середовища, потреби потенційних замовників та пропозиції конкуруючих проєктів.

Аналіз попиту показав, що таких програм на ринку поки що немає, тому, за попередніми оцінками, проєкт є привабливим для входу. За результатами аналізу можна зробити висновок, що можливість працювати на ринку через відсутність таких унікальних характеристик серед конкурентів.

Вихід на ринок - це наявність конкретних вимог щодо стандартизації та сертифікації медичних виробів.

Визначення потенційних груп клієнтів, їх характеристика та формування орієнтовного переліку вимог до продукції для кожної групи(таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Характеристика потенційних груп клієнтів стартап-проєкту

Потреба, що формує ринок	Цільові сегменти ринку	Вимоги користувачів до продукту
Потреба в підвищенні ефективності вибору ЗОР	Підприємства з виготовлення металевих виробів, при цьому застосовують ЗОР	1) Легкість використання 2) Гнучкість системи 3) Універсальність системи

Після виявлення потенційних груп користувачів було проведено аналіз ринкового середовища: складено таблиці факторів, що сприяють реалізації проєкту на ринку, та чинники, які йому заважають (таблиці 3.5 – 3.6).

Таблиця 3.5 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція користувачів
Загальність	Враховуються не всі умови процесів різання при виборі ЗОР	Відмова від впровадження та використання
Ефективність	Є відсоток ймовірності, що при виборі ЗОР для технологічного процесу, що для деяких операцій вплив буде незначним	Відмова від впровадження та використання

Таблиця 3.6 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція користувачів
Гнучкість	Можливість обирати потрібну ЗОР для технологічного процесу	Перехід на використання програмного забезпечення
Легкість в користуванні	Простий та зрозумілий інтерфейс	Перехід на використання програмного забезпечення

Більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю сил 5 Портер є недоцільним, оскільки в цьому проєкті немає конкурентів, постачальників, товарів-замінників та замовників, оскільки він ще знаходиться на стадії розробки. Оскільки аналогів проєкту ще не створено, немає необхідності аналізувати перелік факторів конкурентоспроможності та сильні та слабкі сторони стартап-проєкту порівняно з товарами-конкурентами.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проєкту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиці 3.7).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загрози та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості - це наслідки (прогнозовані результати) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не реалізовані на ринку і мають певну ймовірність реалізації.

Таблиця 3.7 – SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Унікальність алгоритму 2. Покращення ефективності вибору ЗОР 3. Ведення проекту, підтримка на всіх етапах впровадження 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Загальність алгоритму
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Можливість розвитку програми для більш ефективного вибору. Введення нових умов різання 2. Отримання фінансування від зацікавлених користувачів для розвитку алгоритму. 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Конкуренція 2. Ненадійність продукту 3. Використання більш звичніших методів експертної оцінки вибору ЗОР.

3.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Перший крок - формування маркетингової концепції товару, яку отримає споживач. Для цього підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару. Він говорить нам, що ключовою перевагою нашого продукту є унікальність алгоритму по автоматизованому вибору змашувально-охолоджуючої рідини.

Згодом була розроблена трирівнева маркетингова модель товару: конкретизуються ідея товару / послуги, її фізичні компоненти, особливості процесу її надання (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
Товар за задумом	Програма по автоматизованому вибору ЗОР методом експертної оцінки
Товар у реальному виконанні	Програма з працюючим алгоритмом, яка дозволяє провести вибір ЗОР для заданих умов різання
Товар із підкріпленням	Курси по користуванню програмним забезпеченням, пояснення дії алгоритму
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патент.	

Визначення меж цін, яких слід дотримуватися при встановленні ціни потенційного товару, недоцільно, оскільки остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту, наявності повної інформації та готового технічного рішення для виготовлення.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи маркетингу в межах яке рішення приймається (таблиця 3.9):

- власна система продажів;
- оптимальна глибина каналу розподілу: канал розподілу нульового рівня (виробник сам продає товар кінцевому споживачеві).

Таблиця 3.9 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Характерно для галузей машинобудування з дорогим товаром, який може бути придбаним обмеженим числом	Просування на ринку такого товару в рамках цієї маркетингової системи не потребує широкої реклами.	Канал нульового рівня	Канал складається з виробника, який продає свої товари безпосередньо споживачам (через відділ продажу, збутові філії, мережу фірмових магазинів, торгівлю посилками тощо)

Останній компонент маркетингової програми - це розробка концепції маркетингових комунікацій, що базується на заздалегідь обраній основі для позиціонування, певної конкретної поведінки клієнта (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових споживачів	Канали комунікацій, яким користуються цільові споживачі	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Характерно для підприємств: масовими серіями з дорогим товаром, що придбають інші підприємства	Включають в себе пряму поштову розсилку, замовлення по друкованим і каталогом і продаж в режимі онлайн.	Конкурентне позиціонування, яке базується на демонстрації переваг товарів підприємства над товарами конкурентів.	Отримати можливість у кілька разів збільшити обсяг продажу своїх товарів	Головними елементами структури реклами є тема реклами і девіз рекламної кампанії.

3.5 Висновки розділу

Під час розробки стартап-проєкту були проаналізовані можливості ринкової комерціалізації проєкту. За результатами аналізу було виявлено, що технологічна реалізація проєкту можлива, її певні сильні та слабкі сторони, сфери реалізації, користь для користувача.

Цей ринок привабливий для входу через індивідуальність технологій. Враховуючи потенційні групи клієнтів, не було виявлено суттєвих бар'єрів для входу через унікальність технології, оскільки аналогів не створено.

Цей проєкт можна вважати перспективним для реалізації, і його подальша реалізація є доцільною.

Загальні висновки

Отже, було аналізовано та систематизовано основи теорії про змашувально-охолоджуючі технологічні засоби. Визначені відмінності між різними типами ЗОТЗ. Аналізовані основні функції, та основні фактори впливу цих функцій на якість та шорсткість деталі при обробленні металів різанням. Визначена специфіка застосування ЗОР при певних типах оброблення у верстатах з ЧПК, а також в гнучких виробничих системах.

Було розроблено алгоритм автоматизованого вибору ЗОР для ефективного оброблення металів різанням. Були розроблені теоретичні основи програми з проаналізованої інформації щодо ЗОТЗ. Згідно теорії, можливо розробити програму, що буде виконувати вибір ЗОТЗ. Це дозволить підвищити продуктивність й якість виробу на підприємстві, особливо на невеликих підприємствах.

Цей алгоритм також можна розвивати, для більш ефективного вибору ЗОР. Можливо вводити нові умови й дані, для точнішого вибору сумішей, оскільки даний алгоритм спрощений і не враховує деякі умови оброблення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. М.: Высшая школа, 1974. 587с.
2. Чубаров А.Д. Особенности обработки резанием титановых и жаропрочных сплавов – Вестник машиностроения, 1958, №9, 19с.
3. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке М.: Машиностроение, 1977, 189с.
4. Краткий справочник металлиста / Под общ ред. А.Е. Древалю, Е.А. Скороходова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2005. 960с.
5. Фрезерование с СОЖ и без СОЖ [электронне джерело].Режим доступу до інтернет сторінки: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/dry-milling-or-with-cutting-fluid.aspx?Country=ua>
6. Гибкие производственные системы. Справочник : справочное издание / Ю.Г. Козырев. — М. : КНОРУС, 2017. — 364 с.
7. Андреев В.Н., Боровский Г.В., Боровский В.Г., Григорьев С.Н. Инструмент для высокопроизводительного и экологически чистого резания. Москва, Машиностроение, 2010, 480 с.
8. Shokrani A., Dhokia V., Newman S.T. Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2012, vol. 57, pp. 83–101.
9. Okada M., Hosokawa A., Asakawa N., Ueda T. End milling of stainless steel and titanium alloy in an oil mist environment. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014, vol. 74, no. 9–12, pp. 1255–1266.
10. Munoz-Escalona P., Shokrani A., Newman S.T. Influence of cutting environments on surface integrity and power consumption of austenitic stainless steel. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2015, vol. 36, pp. 60–69.

11. Courbon C., Pusavec F., Dumont F., Rech J., Kopac J. Tribological behavior of Ti6Al4V and Inconel 718 under dry and cryogenic conditions – Application to the context of machining with carbide tools. Tribology International, 2013, vol. 66, pp. 72–82.
12. Гибкая производственная система [електронне джерело]. Режим доступу до інтернет сторінки: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0
13. Реферат - Зайцева Ірина Юріївна - Підвищення продуктивності токарної обробки деталей машин за рахунок використання мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ [електронне джерело]. Режим доступу до інтернет сторінки: <http://masters.donntu.org/2012/fimm/zaitseva/diss/indexu.htm>
14. Что такое СОЖ [електронне джерело]. Режим доступу до інтернет сторінки: <http://www.hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=272#vybor>
15. Основы выбора СОЖ [електронне джерело]. Режим доступу до інтернет сторінки: <https://ritm-magazine.ru/ru/public/osnovy-pravilnogo-vybora-sozh>
16. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.