

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівництво

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обробка металів тиском

(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

магістер

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Дослідження ефективності  
технологічних масел для гарячого  
механічного оброблення

Виконав: студент IV курсу, групи М-813м  
спеціальності (напряму підготовки)

131 Трикласна механіка

(повна назва напрямку підготовки, спеціальності)  
Оброблення металів тиском

Молчанова В. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник Двурішченко А. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Товченко Д. В.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

20 18 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Запорізький національний технічний університет  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет МТ, МІР  
 Кафедра Обробка металів високої  
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр  
 Спеціальність 131 Трициліндрична механіка  
 (код і назва)  
 Напрямок підготовки Обробка металів на технологічній лінійній  
 спеціальності конструювання машиннобудівальних  
**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 Завідувач кафедри В. В. Широкобоков  
 "14" 12 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Моложанова Вікторія Олександрівна  
 (прізвище, ім'я, по батькові)  
 Тема проекту (роботи) Дослідження ерекції внос. техно-  
логічних металів для подальшої машинобудівальних  
 керівник проекту (роботи) доц. К. М. Н. Явченко А. В.  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
 Затверджені наказом вищого навчального закладу від "23" листопада 2018 року № 383  
 Строк подання студентом проекту (роботи) 14.12.2018  
 Вихідні дані до проекту (роботи) Зб.м з передипломної  
проекти

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
 зробити) 1. Аналітичний огляд літератури; 2. Оцінка ерек-  
ційності технологічних металів; 3. Конструкції нових  
металів для подальшої технологічної металів; 4. Експлуатації  
металів і технічні вимоги на їх використання; 5. Зни-  
щення металів на машині л.в. їх ерекції; 6. Оцінка  
внеску до будови ситуації; 7. Висновки; 8. Перелік джерел.  
 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
15 листків в проектуванні

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймає виконав завдання
1	Яврушченко А.В. к.т.н. доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
2	Яврушченко А.В. к.т.н. доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
3	Яврушченко А.В. к.т.н. доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
4	Яврушченко А.В. к.т.н. доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
5	Яврушченко А.В. к.т.н. доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
6	Огородко Метероб ОВ к.т.н. доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
7	Матюкин Н.Ю.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання 24.09.18

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прим.
1	Аналіз літератури	10.10.2018	
2	Вибір методів дослідження механізму процесу	24.10.2018	
3	Конструкції нових матеріалів для роботи, технологічний процес	8.11.2018	
4	Експериментальні дослідження і механізм впливу на їх виготовлення	10.11.2018	
5	Пробування матеріалів на швидкість і стійкість	2.11.2018	
6	Огородко Метероб ОВ к.т.н. доц. у надзвичайних ситуаціях	8.12.2018	
7	Висновки	12.12.2018	
8	Звіт про виконання роботи	12.12.2018	

Студент

*[Signature]* Матюкіна В.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

*[Signature]* Яврушченко А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 105 с., 19 рисунків, 8 таблиць, 74 джерела.

Об'єкт дослідження - аналіз ефективності технологічних мастил при гарячій обробці тиском .

Мета роботи - провести класифікацію, оцінку ефективності технологічних мастил і визначити найбільш раціональний склад.

На основі літературних даних подано класифікацію технологічних мастил для гарячої обробки тиском. Розглянуто основні компоненти мастил, їх вплив на властивості мастила і протікання технологічного процесу. Представлені сучасні конструкції пристроїв для подачі мастила.

Проведено оцінку якості мастила за кількома експлуатаційними показниками: по глибині заповнення порожнини; за силою виштовхування; екологічних властивостях і корозійного впливу на метал.

Описано причини зносу штампів і показані основні напрямки підвищення їх стійкості.

Розглянуто питання охорони праці та навколишнього середовища при гарячій обробці тиском.

**МАСТИЛО, СКЛАД, КОМПОНЕНТИ, ГАРЯЧА ОБРОБКА, СТІЙКІСТЬ ШТАМПІВ, МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ.**

## ЗМІСТ

Реферат	5
Вступ	8
1. Аналітичний огляд літератури	9
1.1. Роль технологічних мастил при обробці тиском	9
1.2. Класифікація технологічних мастил	11
1.3. Мастильні матеріали	19
1.4. Показники фізико-механічних властивостей	23
1.5. Склад сучасних технологічних мастил	26
1.6. Концептуальний підхід до розробки ефективних технологічних мастил для обробки металів тиском	35
1.7. Розробка оптимальних параметрів для економії технологічних мастил при ОМТ	39
1.8. Аналіз конструкцій сучасних установок для нанесення мастил	42
2. Оцінка ефективності технологічних мастил	48
2.1. Оцінка ефективності мастила по глибині заповнення порожнини штампа	48
2.2. Оцінка ефективності мастила по силі виштовхування поковки з порожнини штампа	50
2.3. Результати екологічних випробувань водно-графітових мастил	51
2.4. Результати корозійного впливу на метал розроблених технологічних мастил	54
3. Конструкції нових пристроїв для подачі технологічних мастил розпиленням на штампи	56

3.1 Пристрій подачі технологічного мастила розпиленням на інструмент КГШП і молотів	56
3.2 Пристрій подачі технологічного мастила розпиленням на інструмент горизонтально-кувальної машини	58
4. Експлуатація штампів і технічні вимоги на їх виготовлення	62
4.1. Експлуатація штампів	62
4.2. Стійкість штампів	65
5. Руйнування штампів та шляхи підвищення їх стійкості	68
5.1. Фактори, що визначають стійкість штампів	6
5.2. Знос і причини виходу штампів з ладу	70
5.3. Матеріали, що застосовуються для штампів гарячого деформування	72
5.4. Домінуючі фактори руйнування штампів	74
5.5. Сутність і способи хіміко-термічної обробки штампів	79
5.6. Захисні покриття	82
5.7. Технологічні варіанти формоутворення робочої поверхні штампа	86
5.8. Способи термообробки кувальних штампів	8
6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	88
6.1 Аналіз потенційних небезпек	89
6.2 Заходи забезпечення техніки безпеки	93
6.3 Заходи забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці	
6.4 Заходи з пожежної безпеки	96
6.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	97
Висновки	100
Перелік використаних джерел	101

## ВСТУП

Обробка металів тиском відносяться до числа прогресивних і високопродуктивних процесів технології машинобудування. Процеси кування і штампування займають провідне місце в технологічному циклі виготовлення багатьох виробів. Вони не тільки забезпечують отримання заготовок високої якості і точності, але в багатьох випадках є завершуючими операціями. Археологічними розкопками, встановлено, що ковальська обробка заліза була відома предкам слов'ян, які жили на території Стародавньої Русі ще в першому тисячолітті до нашої ери.

В даний час йде подальше вдосконалення технології в ковальсько-штампувальному виробництві, яке полягає в максимальному наближенні штампованих виробів за розмірами, конфігурацією і якістю поверхні до остаточних розмірів деталей, що вимагають мінімальної механічної обробки в вигляді доводочних операцій, а в ряді випадків повністю виключають механічну обробку.

Поєднання зазначеного напрямку розвитку обробки металів тиском з комплексної механізацією і автоматизацією виробництва дозволяє забезпечити різке підвищення продуктивності праці.

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Роль технологічних мастил при обробці тиском

Речовини, що подаються на контактну поверхню в зону деформації, необхідні для нормального протікання або інтенсифікації процесу обробки, називають технологічними мастилами (ТМ) [10-12]

Застосування мастил зазвичай переслідує декілька цілей, що визначає основні функціональні вимоги до мастил: 1) зниження сил тертя на контакті; 2) зменшення зносу інструменту; 3) запобігання схоплювання і налипанню металу на інструмент; 4) забезпечення чистоти і оптимальної шорсткості поверхні виробів; 5) охолодження інструменту (для мастильно охолоджуючих рідин); 6) зниження тепловіддачі між деформуємим металом і інструментом; 7) зменшення окислення металу і втрат легуючих елементів при обробці (для захисно - мастильних покриттів); 8) забезпечення більш рівномірного розподілу деформації по об'єму тіла, що деформується.

Найважливішою функцією мастила є зменшення сил зовнішнього тертя (коефіцієнта тертя). Під ефективністю мастила найчастіше розуміють його антифрикційну ефективність. У деяких випадках зниження сил тертя обмежена стійкістю процесу або іншими причинами, наприклад, умовами захоплення при прокатці. Таким чином, мастило повинно забезпечувати оптимальну величину сили тертя, яка не завжди є мінімальною. Крім функціональних, мастило повинно задовольняти ряду інших вимог технічного, економічного, і санітарно-гігієнічного характеру. Основні з них: 1) стабільність складу і властивостей; 2) зручність подачі мастила на інструмент і заготівлю; 3) простота приготування і можливість регенерації; 4) простота видалення з поверхні виробів; 5) здатність накопичувати мастило на поверхні інструменту; 6) відсутність шкідливого впливу на метал і обладнання (корозія та ін.); 7) не токсичність, відсутність неприємного запаху; 8) мінімальне забруднення робочого місця; 9) відсутність негативного впливу на навколишнє середовище, зокрема простота очищення стічних вод;



10) низька ціна і недефіцитність (для мастильних матеріалів масового споживання).

Ефективність застосування мастил залежить від правильного вирішення питань про склади мастила, способи, засоби і режими його нанесення. Стосовно до гарячого об'ємного штампування раціональним є спосіб нанесення ТМ напиленням із застосуванням стисненого повітря. При виборі мастил слід враховувати особливості технологічного процесу, можливість автоматизації нанесення, вартість і властивості мастильного складу. В роботі [13] властивість мастил пропонується оцінювати виштовхуючою здатністю, антифрикційною дією, покриваючою здатністю (адгезійними властивостями), охолоджуючою дією, теплоізолюючою здатністю, токсичністю, димністю (газостворюванням), стабільністю і однорідністю складу. Стабільність і однорідність складу, а також здатність не закоксуватися в трубопроводах, клапанах і розпилувачах, що особливо важливо при автоматизації нанесення мастил.

Виштовхуюча здатність є основною при використанні ТМ в штампах, в яких відсутні виштовхувачі. Антифрикційна дія (низький коефіцієнт тертя) мастил важливий при заповненні металом порожнин штампів, наприклад, при глибокому вдавліванні. Покриваюча здатність характеризує прилипання мастила до гравюри штампа і залежить від температури інструменту, мастильного складу і способу нанесення. Збільшення тиску при подачі напиленням мастила розширює діапазон температур, при яких ефективно їх застосування. Відзначається, що найбільш охолоджуючою дією володіють мастила на водній основі, значно меншим - на масляній. Додаток в мастило тих чи інших наповнювачів на охолоджуючу дію впливає незначно. Переважна більшість авторів вважає, що перевагу слід віддавати бездимним змащенням, замінюючи маслографітові мастила воднографітовими, тому що маслографітові мастила при згорянні виділяють велику кількість диму, що погіршує умови праці в цеху.

Із зазначених в літературі [10] мастил при кривошипних горячештамповочних процесах (КГШП) найбільшого поширення набули воднографітове препарати АГ-1, ОГВ-50, ОГВ-75. графітол В-2. Препарати ОГВ-

50, ОГВ-75 і графітол -2 надається по ТУ 21-25-147 і ТУ 6-02-1122-77. Представляючи результати роботизованої лінії КГШП-2500 на ковальському заводі Камського автомобільного заводу (КАМАЗа) [13] при штампуванні деталей «щока» автори зазначають залипання поковок то в верхньому, то в нижньому штампах при мастилі ОГВ-50. Запобігти залипанню поковок в верхньому штампі дозволило створення пристрою для змащення штампів з роздільною подачею мастил різних складів. Верхній штамп змащували сульфітно-спиртової бардою (препарат КБЖ, ОСТ 81-79-74), яку в кількості 14 мг на см<sup>2</sup> робочої поверхні наносили під час ходу вниз повзуна перед деформацією заготовки. Нижній штамп змащували мастилом ОГВ-50. Це дозволило знизити витрату мастила ОГВ-50 з 12 до 7 г на одну поковки і на 35% збільшити стійкість штампів в порівнянні з початковим періодом експлуатації.

## 1.2 Класифікація технологічних мастил

На підставі детального аналізу літератури встановлено два підходи до класифікації мастил [8-12].

Відповідно до першого підходу, розглядаючи мастило як дисперсне середовище і лише в рідкісних випадках як розчин, все мастила пропонується класифікувати за двома напрямками: по типу дисперсійного середовища і по виду дисперсної фази, тобто за типом мастильно-розділового компонента.

Класифікація за типом дисперсного середовища:

- Водні розчини і суспензії (суспензії, пульпи);
- Водно-масляні емульсії;
- Масляні суміші;
- Тверді мастила;

Класифікація за типом мастильно-розділового компонента:

- Сольові мастила;
- Мастила на основі низкоплавких оксидів і металів;

- Мастила на твердій основі, яка не переходить в рідкий стан в зоні деформації;
- Мастила на основі матеріалів, що створюють в зоні деформації газову подушку внаслідок свого розкладання;
- Мастила на основі комбінування вищевикладених типів.

**Значення дисперсної середовища.** Дисперсне середовище полегшує доставку мастильного компонента в зону деформації. Різні види середовища мають як переваги, так і недоліки.

**Водні розчини і суспензії** найбільш широко рекомендовані - це найменш в'язкі системи, вони можуть володіти в'язкістю чистої води. Це дисперсне середовище не вносить своєї лепти в такі негативні фактори як димлення, створення отруйних газів і шкідливих речовин. Але водні розчини важко наносяться на гарячий штамп при  $t \geq 200$  °С.

**Водно-масляні емульсії і суспензії** при гарячому штампуванні легше наносяться на штамп, але все ж, створюють димлення. Мають велике значення при теплій і холодній обробці металів тиском.

**Масляні суміші** - мають відмінну адгезію до штамп, часто не потребують стабілізаторів, не залишають золи. Були б найкращими, особливо олійно-графітові суміші, якби не рясне газовиділення продуктів термічного розпаду масел.

**Тверді мастила** - це в основному порошки і аморфні матеріали: графіт, сульфід свинцю, тальк, політетрафторетилен, а також склоподібні матеріали - силікатне скло, боросилікатне скло, силікатно-фосфатне і ін. мають обмежене застосування через свою нетехнологічності. Рекомендуються для гарячої ОМТ в особливо важких умовах.

**Мастильно-розділовий компонент.** ТМ для будь-якого діапазону температур повинні мати здатність створювати шар який розділяє оброблюваний метал від інструменту. Опір зрушенню в цьому шарі повинен бути нижче межі текучості металу. Цей розділовий шар в залежності від механізму його утворення називають або граничним шаром, або гідродинамічним.

Граничний шар утворюється за рахунок сил фізичного, фізико-хімічного або хімічної дії компонента мастила з поверхнею металу. Органічні речовини, що володіють здатністю адсорбуватися на металі, дають граничний шар, який існує до температур 200-300 С. Це обмеження пов'язане з тим, що енергія теплового руху молекул при більш високих температурах перевищує порівняно слабку енергію адсорбційних сил фізичної та фізико-хімічної адсорбції. Граничний шар при цьому «розсипається» і мастильний ефект втрачається.

Гідродинамічний шар може бути створений будь-якою, хімічно інертною, рідкою фазою. Механізм дії цього шару - високий тиск в ньому, порівняний з границею текучесті металу. Умови його створення важко здійснити. Гідродинамічне тертя здійснюється також при утворенні «газової подушки» за рахунок розкладання органічних компонентів мастила, якщо ці компоненти будуть доставлені в зону деформації і там закупорені. В основному для практики гарячого об'ємного штампування і витискування має значення тертя, що створюється в граничному шарі. Гідродинамічне тертя тут має допоміжне значення, тому що рідко здійснюється. Треба думати, що граничний шар в умовах гарячої обробки металів ( $t = 500-700^{\circ}\text{C}$ ) утворюється тільки за рахунок сил хімічного зв'язку. Мастильно-розділові компоненти повинні володіти термічної стійкістю. Відомо, що зв'язок кисню з більшістю металів існує стійко до високих температур.

Аналогічно по міцності зв'язку металу з галогенами, треба думати, що у такого роду зв'язки приймають участь у формуванні граничного шару при гарячій ОМТ.

**Сольові мастила.** З патентної та періодичної літератури до цього типу можна віднести мастила на основі триполіфосфату натрію з борною кислотою і карбонатом калію. Варіанти цих мастил - заміна борної кислоти на дігрофосфат натрію  $\text{N}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , галогеніди лужноземельних металів, лужних металів або хлорид кадмію  $\text{CdCl}_2$ . Механізм дії цих мастил: поетапне плавлення компонентів у міру підйому температури або плавлення евтектики утвореною сумішшю солей. У сольові мастила крім триполіфосфата і хлоридів металів рекомендується

додавати карбонати літію, магнію. Створення газової подушки відбувається за рахунок розкладання карбонатів літію та магнію з утворенням діоксиду вуглецю. Правда пружність дисоціації вуглекислого газу у карбонату літію досягає однієї атмосфери лише при  $1270^{\circ}\text{C}$ . Для карбонату магнію тиск дисоціації досягає атмосферного вже при  $650^{\circ}\text{C}$ .

Іншим прикладом сольового мастила є мастило на основі суміші хлориду натрію і калію, з незначними добавками карбонату натрію, їдкою натру і нітриту натрію. Температура плавлення хлориду калію  $900^{\circ}\text{C}$ , хлориду натрію  $800^{\circ}\text{C}$ . Безсумнівно, що еквімолярна суміш цих солей плавиться при більш низькій температурі. Зазначено на здатність Li полегшувати видалення окалини. Є відомості про мастило для гарячої ОМТ яке складається з галогенида металу, температура плавлення якого в межах  $231 - 419^{\circ}\text{C}$  і карбонової кислоти на основі рослинної олії (вище  $80^{\circ}\text{C}$ ). Це мастило слід розглядати як мастило типу солідолу і його дія це газова подушка від розкладання органічних компонентів, а їх тут до 95.

Характерно, що температури плавлення рекомендованих в мастилах солей знаходиться в межах  $600-1000^{\circ}\text{C}$ .

Загальний недолік цієї групи смазок - залишки мастила засмічують штамп.

**Мастила на основі легкоплавких оксидів.** Мастила на основі легкоплавких оксидів і низкоплавких металів важливого призначення і поширення не мають через дефіцит вихідних матеріалів (вісмут, сурма, свинець, олово).

**Мастила на основі легкоплавких стекол.** Це велика група стекломастил. На відміну від першої групи - групи сольових мастил, які наносяться на штамп, ця група мастил наноситься на заготівлю і крім функції мастила виконує функцію захисту металу від чаду при нагріванні заготовок.

Застосовується в основному при гарячому видавлюванні труб, прутків та інших профілів при температурі аж до  $2000^{\circ}\text{C}$  зі спецсталі і тугоплавких металів. У літературі наводиться склад низкоплавкого боратного скла. Це скло може застосовуватися при видавлюванні ( $t = 350^{\circ}\text{C}$ ). Головною характеристикою для скла, що застосовується в якості мастил при гарячому видавлюванні, є їх

температура розм'якшення. Оскільки скло має полімерну тривимірну структуру, воно не володіє температурою плавлення, а володіє інтервалом температур, в якому відбувається різке зниження в'язкості, що оцінюється при звичайній температурі в 10 пауз.

Відома група так званих халькогенідних стекел, які починають розм'ягатися при температурах  $140 - 220^{\circ}\text{C}$ . Вони являють собою безкисневі, склообразні сплави сульфідів, селенидов і теллуридов (тобто халькогенідів) миш'яку, сурми, фосфору, вісмуту і талія. Ясно, що з-за дефіцитності вихідних компонентів, вони не можуть бути рекомендовані в якості мастил.

*Мастила на основі матеріалів, що створюють в зоні деформації газову подушку* внаслідок свого розкладання. Цю групу мастил, що працюють при температурі вище  $700^{\circ}\text{C}$ , що мають в своїй основі деревесну тирсу 50-70%, або вспучену глину (вермикуліт) 40-50% просочену маслом. Негативні фактори - рясне газовиділення, роз'єднання штампів і т.д.

*Мастило на твердій основі*, яке не переходить в рідкий стан в зоні деформації. Це дисульфід молібдену, нітрид бору, тальк, слюда і графіт.

Дисульфід молібдену стійкий проти окислення до  $380^{\circ}\text{C}$  і, ймовірно, його доцільно застосовувати при теплій і холодній ОМТ. Нітрид бору малодоступний матеріал. Це білий, схожий на тальк, матеріал з температурою плавлення близько  $3000^{\circ}\text{C}$ . Він перспективний для створення «білого мастила», працездатний при високих температурах, за аналогією з графітними мастилами, але більш естетичний. Тальк і слюда поступається своїми антифрикційними властивостями графіту і не виграє в порівнянні з ним в питаннях економічності. У всякому разі, може бути рекомендований лише для грубих поковок там, де є джерело дрібної слюди.

З цієї групи матеріалів залишився графіт, про який мова піде окремо, бо це найбільш доцільний з усіх позицій матеріал, який знайшов найбільш широке застосування в складі мастил для гарячої ОМТ.

*Мастила на основі комбінування*. У патентній літературі найчастіше зустрічаються комбіновані мастила, що включають в свій склад всі 5 груп

перерахованих в класифікації матеріалів. Є, наприклад, мастило, що містить колоїдний і кристалічний графіт, нітрид бору і пірофіліт (глину), приблизно в рівних кількостях або триполіфосфат натрію, графіт і гудрон і т.д. загальне для всіх груп мастил то, що вони майже всі включають в свій склад графіт.

За останні 50 років в практику ковальсько-штампувального виробництва міцно входять графітні мастила. Основним дисперсійним середовищем для них є вода. Ступінь подрібнення графіту варіюється в залежності від тяжкості умов деформації металу і знаходиться в межах 1-30 мкм. Але для гарячої ОМТ особливо добре зарекомендував себе колоїдний графіт у вигляді водної дисперсії. Колоїдний стан характеризується розміром частинок дисперсної фази менше 1 мкм. Процес отримання колоїдного графіту досить трудомісткий.

Просте, механічне подрібнення не приводить до отримання високодисперсного графіту. Перешкодою є здатність його до зворотнього процесу - агрегації. На наш погляд при подрібненні графіту необхідна одночасно і хімічна обробка поверхні частинок з метою створення на них полярних груп основного або кислотного характеру.

Пластинчаста структура кристалічного графіту полегшує ковзання в шарі мастила і в той же час гарантує стійкість мастила проти впровадження в неї нерівностей на контактних поверхнях. Графіт починає хімічно реагувати з киснем повітря при  $450^{\circ}\text{C}$ , а при  $600^{\circ}\text{C}$  він починає вигоряти, утворюючи газ  $\text{CO}_2$ . При температурі  $600^{\circ}\text{C}$  коефіцієнт тертя стає менше 0,1.

У технічній літературі [8-12], присвячених питанням поліпшення заповнення робочого об'єму і підвищення стійкості інструментального оснащення при гарячому штампуванні, основними ТМ виступають мастила на основі різних масел мазуту.

Зниження темпів розробки нових складів ТМ пояснюється появою останнім часом декількох нових водно-графітових ТМ, які пробують використовувати для більшості різноманітних технологічних процесів гарячого штампування.

Тим часом, відомо, що застосування ТМ на основі масел і мазуту (графіто-масляні суміші, Укринол-7, мазут 100 і ін.) На КГШП забруднює повітряне

середовище масляним аерозолем, продуктами термоокісного руйнування, окисом вуглецю та канцерогенними речовинами, серед яких велика частина припадає на бензапірен. При відсутності індивідуальної вентиляції на пресі, використання ТМ на основі масел і мазуту заборонено.

Згідно другого підходу [10] мастила кваліфікують за хімічним складом, агрегатним станом, призначенням та іншими ознаками. По агрегатному становищу мастила можна розділити на декілька груп: масла і їх похідні, емульсії, компаунди і пластичні мастила, тверді мастила.

За хімічним складом і походженням масла підрозділяють на наступні підгрупи: а) мінеральні масла; б) рослинні і тваринні жири; в) масла на основі синтетичних жирних кислот.

**Емульсії.** Емульсією називається досить стійка система з двох рідких фаз, одна з яких розподілена у вигляді дрібних крапельок в іншій. Рідка фаза, яка утворює крапельки, називають дисперсною фазою, іншу частину – дисперсійним (безперервним) середовищем. Найбільш споживані емульсії типу масло-вода.

Через велику поверхневу напругу вода не змочує масло, яке прагне зосередитися на поверхні води у вигляді певної фази. Для отримання стійких емульсій з концентрацією дисперсної фази вище 0,1% необхідна присутність в розчині емульгатора, розчиняючись, емульгатор зменшує поверхневий натяг води і його розчин пом'якшує гідрофобні частинки масла. В результаті на поверхні крапельок масла утворюється коллоїдно-адсорбційна плівка емульгатора з досить високою в'язкістю і міцністю. Таким чином, крапельки масла виявляються ізольованими одна від одної і при механічному перемішуванні рівномірно розподіляються у воді, утворюючи емульсію.

**Компаунди і пластичні мастила.** Суміші мінеральних масел з рослинними або синтетичними продуктами в різних співвідношеннях називаються компаундами. Рослинні масла або синтетичні продукти вводять в мінеральне масло для підвищення ефективності мастила без значного збільшення в'язкості. Встановлено, що зазначені добавки помітно змінюють фізичні та мастильні



властивості основного компонента лише тоді, коли їх концентрація становить не менше 10%.

**До пластичних (консистентних)** відносять мастила, отримані загущенням мастил, в основному мінеральних, гідратованими натрієвими, кальцієвими, жирними кислотами, а також парафіном, церезином, воском, вязкостними присадками (поліізобутиленом різних марок, вініполом), загущувачами (силікагель). У деяких випадках в якості дисперсійного середовища пластичних мастил використовуються силіконові рідини.

Для підвищення антифрикційних властивостей, здатності зберезуватися на контактній поверхні, стійкості проти окислення, хімічної стабільності, протизносних і протизадирних властивостей в компаунди і пластичні мастила вводять порошкоподібні наповнювачі: графіт, дисульфід молібдену, тальк, сірку, слюду, крейду, сажу, глину; органічні наповнювачі: деревесне борошно або тирсу. Висівки та інші компоненти, а також поверхнево-активні речовини окремо або в різних комбінаціях і співвідношеннях.

**Тверді мастила** . Цю групу мастил можна розділити на дві підгрупи: сухі тверді мастила і наповнювачі; тверді мастила, розм'якшуючі або які плавляться в процесі деформації. Сухі тверді мастила, які відрізняються тим, що вони не змінюють свого агрегатного стану в процесі роботи.

**Графіт.** Мінерал, гексагональна поліморфна модифікація вуглецю. Має шарувату, лускату будову, жирний на дотик. Природний кристалічний графіт поставляється у вигляді концентрату марок А і Б, одержуваного збагаченням графітових руд. Концентрат містить не більше 7-9% золи, 1% вологи, 1% летючих речовин, 0,2% сірки, не менше 92-90% вуглецю. Графіт отримують також термічною обробкою кам'яного вугілля (антрациту). За ГОСТ 17022-76 графіт поставляється різних марок, в тому числі графіт мастильний ГС-1, ГС-2, ГС-3 ГС-4, графіт спеціальний малозольний ПММ-1 і ПММ-2 (для коллоїдно-графітових препаратів), графіт олівцем ГК-1, ГК-2, ГК-3.

**Дисульфід молібдену  $MoS_2$ .** Отримують з природних мінералів (молібденового блиску) або синтетичними шляхом. Має вигляд сірого порошку.

Кристалізується до гексагональної сингонії. У поєднанні  $\text{MoS}_2$  атоми молібдену розташовані між двома шарами сірки. Сили міжатомних зв'язків в одній площині більше, ніж між двома площинами. Тому розщеплення завжди відбувається між шарами, як у типовій шаруватій структурі. Як і графіт, дисульфід молібдену має високу адгезію по відношенню до металів.

### 1.3 Мастильні матеріали

**Нафтопродукти.** Щільність мінеральних масел в більшості випадків знаходиться в межах 0,88 - 0,92. Крім масел, як мастил і їх компонентів використовується також мазут, який випускається шести різних марок.

Гудрон масляний містить до 0,5% води і 0,3% механічних домішок;  $t_{\text{вс}} = 250 - 260^\circ \text{C}$ ; ВУ при  $100^\circ \text{C}$  в межах 18 - 45 градусів.

Бітуми є суміші вуглеводородів і їх кисневих, сірчистих і азотистих похідних твердої або напівтвердї консистенції чорного кольору; отримують в основному окисленням залишкових продуктів прямої перегонки нафти з різними добавками.

Парафін (ГОСТ 23683-79) - суміш граничних вуглеводородів складу  $\text{C}_{19}\text{H}_{40}$  –  $\text{C}_{35}\text{H}_{72}$ , біла кристалічна воскоподібна речовина без запаху, випускають різних марок, в тому числі технічно очищений.

Віск (ГОСТ 2488-79) - суміш твердих граничних вуглеводородів різного класу, в основному парафінових і нафтиєвих - однорідна маса білого або жовтого кольору, випускається відповідно до температури каплепадіння  $t_{\text{кп}}$  марок 65, 70, 75 і 80.

Петролатум - суміш парафінів і церезинів з деякою кількістю в'язких масел, продукт світло-коричневого кольору;  $t_{\text{вс}} = 230 - 250^\circ \text{C}$ ;  $t_{\text{кп}} = 55^\circ \text{C}$ ; кислотне число 0,1.

#### *Продукти рослинного і тваринного походження*

Щільність рослинних масел в межах від 0,91 до 0,97.

**Олія рицинова технічна** отримують з насіння рицини, колір - від безбарвного до темно-жовтого; використовують в медицині і як мастильний матеріал.

**Кокосова олія** отримують з копри (засушеної м'якоті плодів кокосової пальми), колір білий до жовтуватого, застосовують в миловарінні.

**Конопляна олія** - з насіння конопель, колір жовто-зелений, використовують для виробництва оліфи, лаків і фарб.

**Коріандрова олія** - з насіння коріандру після вилучення з них ефірних масел, колір зеленувато-бурий; використовують для виробництва олеїнової кислоти.

**Кукурудзяна (маїсова) олія** - із зародків кукурудзи, колір золотістожовтий, цінний харчовий продукт.

**Ляна олія** - з насіння льону, колір жовтий до бурого, використовують для виготовлення оліфи, лаків.

**Пальмова олія** - з м'якоті плодів олійної пальми, колір темно-жовтий до темно-червоного, постійно застосовується в якості технологічного мастила і для виробництва мил.

**Соняшникова олія** - з насіння соняшнику, колір світло-жовтий, широко поширений харчовий продукт, а також використовують для виробництва оліфи, лаків і мила.

**Рапсове олія** - з насіння ріпаку, колір бурий, використовують для виробництва мила і оліфи.

**Соєву олію** - з бобів сої, колір від світло-до темно-жовтого.

**Сурепна олія** - з насіння суріпиці, колір бурий, використовують для виробництва мив і лаків.

**Бавовняна олія** (ГОСТ 1128-75) - з насіння бавовнику, колір краснобурий до буро-чорного, використовують для виробництва олеїнової кислоти, поширений харчовий продукт.

**Сульфатний луг** (сульфіт-целюлозний) - розчин, що утворюється при сульфатній варінні целюлози, містить 10 - 14% вуглеводорідів і солей

лігносульфонових кислот, в тому числі 3 - 3,5% цукрів. Після утилізації цукрів і упарювання залишку отримують сульфітно-спиртову барду, що містить до 50% сухих речовин.

**Тваринні жири**, не придатні для харчових цілей, діляться на 3 сорти; колір від матово-білого до темно-коричневого; містять не більше 0,5 - 1,5% вологи; 0,5 - 1,25% неомильних речовин; кислотне число 10 - 25. Жири технічні морських ссавців і риб.

### ***Жирні кислоти і спирти***

Жирні (карбонові) кислоти утворюють великий клас сполук. У чистому вигляді в якості мастил або добавок до них використовуються в основному дві кислоти: олеїнова і стеаринова.

**Олеїнова кислота** випускається трьох марок: А ( $t_z = 10^\circ \text{C}$ ), Б ( $t_z = 16^\circ \text{C}$ ), В ( $t_z = 34^\circ \text{C}$ ). Кислота марок А і Б - дистильована, прозора рідина від жовтого до світло-коричневого кольору; марки В - недистильована, непрозора, темно-коричневого кольору.

**Стеаринова кислота** - безбарвна кристалічна речовина;  $t_{пл} = 67 - 69^\circ \text{C}$ ;  $t_k = 376^\circ \text{C}$ . Кислота стеаринова технічна - порошок білого кольору, окрім фракції С18 містить домішки інших фракцій.

### ***Мастила з графітом і сірчистим молібденом***

Сухі коллоїднографітові препарати С-1 і С-2 містять штучний високодисперсний малозольний графіт (термографія) з розміром частинок відповідно до 4 і до 15 мкм, зольністю 1,0 - 1,5%, вологи до 0,3%. Падіння концентрації на 40% у марки С-1 відбувається після відстоювання протягом 1 години, у марки С-2 - через 26 хвилин.

**Колоїдно-графітовий препарат ВКГС-0** (ОСТ 6.08-5-78) являє собою суспензію високодисперсного графіту у воді, стабілізовану аміачним розчином сульфітно-спиртової барди; містить до 24% сухого залишку, 6,5% золи (в сухому

залишку), не менше 20% графіту; падіння концентрації графіту після відстоювання протягом 8 годин не більше 7%.

**Воднографітовий препарат АГ-1** - суспензія дрібнодисперсного графіту у воді з антикорозійними, стабілізуючими і антифрикційними добавками, випускається по ТУ 08-181-70.

**Водно-графітові препарати** ОГВ-50, ОГВ-75, виготовляються по ТУ 21-25-147-75 у вигляді суспензії тонколушкового графіту з розміром частинок до 2 мкм, які викристалізувалися з рідкого чавуну при охолодженні.

Аналогами препаратів ОГВ і Графітол є зарубіжні мастила аквадагом, dag 550, «Дельта 31», «Дельта-144». Нижче (табл. 1.1) наведені порівняльні показники деяких графітових мастил.

**Колоїдно-графітові препарати масляні** марок МП, МС і М випускалися по ГОСТ 5962-67 у вигляді концентрованої суспензії термографіта в мінеральному маслі з вмістом графіту не менше 23 - 24%. Падіння концентрації графіту після відстоювання протягом 1 години становить 70% у препараті МП і 14% у препараті МС.

Аналогом зарубіжної мастила Esp 390/6, що містить 40% колоїдного графіту в маслі з добавками є мастило Укрінол-7, що випускається по ТУ 21-25-106-73.

**Паста ВНДІ НП-232** (молібденіт, ГОСТ 14068-79) - однорідна мазь від темно-сірого до чорного кольору, суміш мінерального масла з сірчистим молібденом, колоїдна стабільність (виділене масло) не більше 4%; твс = 158° С, тсв = 320° С (для мінерального масла). Мастило «Молікот» містить 70% MoS<sub>2</sub>, 25% мінерального масла і 5% стабілізатора [10].

Таблиця 1.1 – Порівняльні показники графітових мастил

Показники, зовнішній вигляд	ОГВ грузлий продукт чорного кольору із запахом аміаку	Графітол В-2 чорна рідина	аквадаг
Зміст золи,% (не більше)	0,3	0,3	0,3

Вміст сухого нелетючого осаду, %	16	7 - 8	16 - 18
Стійкість дисперсії, хв (не менше)	50	75	75
рН середовища	10,5 - 11,0	7,5 - 11,0	7,5 - 10,0

Вважаємо, що особливостями майбутнього розвитку технології і виробництва бездимних ТМ буде

- виключення зі складу ТМ олієподібних, дорогих і дефіцитних компонентів;
- розробка нової дешевої технології обробки графіту з модифікованою поверхнею його частинок і будь-якою, заданою технологічним режимом обробки, дисперсністю;
- впровадження зазначеної технології шляхом будівництва ділянок виготовлення ТМ і приготування робочих розчинів ТМ на великих підприємствах.

#### 1.4 Показники фізико-хімічних властивостей мастил

**Хімічні властивості.** Вміст вільних кислот в олії характеризується кислотним числом. Вміст вільних лугів характеризується лужним числом.

**Коксове число** - процентний вміст маси залишку (коксу), що утворюється при розкладанні масла, що нагрівається без доступу повітря (ГОСТ 8859-74). Зольність визначається по ГОСТ 1461-75 шляхом проколювання коксу для постійної маси.

**Фізичні властивості.** Щільність (маса одиниці об'єму,  $\text{кг/м}^3$ ) визначається по ГОСТ 3900-47 зважуванням заданого обсягу продукту або, якщо в'язкість  $\nu \leq 200 \text{ мм}^2/\text{с}$ , за допомогою ареометра.

**В'язкість динамічна** (опір зсуву) - сила опору, що виникає при взаємному відносному переміщенні шарів рідини з певною швидкістю. Рідини, у яких опір зрушенню прямо пропорційно швидкості ковзання, називають ньютонівськими, всі інші - неньютонівськими.

**В'язкість кінематична** - відношення динамічної в'язкості рідини до її щільності.

Для перекладу одиниць в'язкості (табл. 1.2) можна користуватися наступними співвідношеннями:  $1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ П} = 10^3 \cdot \text{сП}$ ;  $1 \text{ м}^2 / \text{с} = 10^3 \text{ Ст} = 10^6 \text{ сСт}$ ,  $1 \text{ мм}^2 / \text{с} = 1 \text{ сСт}$ .

Таблиця 1.2 – Одиниці в'язкості

в'язкість	позначення	Розмірність в різних системах		
		СІ (SI)	СГС (CGS)	МКС (MKS)
динамічна	$\eta$	Па · с	Дін · с / см <sup>2</sup> (пуаз)	кгс / м <sup>2</sup>
кінематична	$\nu$	м <sup>2</sup> / с	см <sup>2</sup> / с (стокс)	м <sup>2</sup> / с

Для експериментального визначення в'язкості застосовуються віскозиметри різних типів і конструкцій. Кінематичну в'язкість визначають за допомогою капілярних віскозиметрів. При випробуванні вимірюють час перебігу мастила між спеціальними позначками при заданій температурі.

Якщо неможливо визначити в'язкість, використовують умовні одиниці в'язкості: градуси ВУ - відношення часу закінчення мастила при температурі випробування до часу витікання 200 мл дистильованої води при 20° С.

За кордоном в якості умовних одиниць в'язкості використовуються: секунди Сейболта - Універсал (США), секунди Редвуда № 1 (Англія), градуси Енглера (останні практично збігаються з градусами ВУ). Є таблиці і формули для перерахунку різних умовних одиниць в'язкості в кінематичну в'язкість  $\nu$ .

### Фізико-хімічні властивості

Температура спалаху у відкритому тиглі  $t_{\text{вс}}$  - температура, при якій пари мастила утворюють з повітрям суміш, спалахує при піднесенні до неї полум'я (ГОСТ 4333-48).

**Температура спалаху в закритому тиглі**  $t'_{\text{вс}}$  - температура, при якій пари мастила спалахують, але швидкість утворення газової суміші недостатня для подальшого горіння (ГОСТ 6356-75).

**Температура займання**  $t_v$  - температура, при якій продукт загоряється і горить не менше 5 секунд (ГОСТ 4333-48).

**Температура каплепадіння**  $t_{kp}$  - температура, при якій відбувається падіння першої краплі або дотик дна приладу стовпчиком нафтопродукту, що нагрівається в певних умовах (ГОСТ 6793-74).

**Температура застигання**  $t_z$  - температура, при якій попередньо нагрітий і охолоджений із заданою швидкістю продукт залишається нерухомим протягом 5 секунд при нахилі пробірки, в якій він знаходиться (ГОСТ 20287-74).

**Температура плавлення**  $t_{пл}$  - температура, при якій рослинна олія, перейшовши з твердого стану в рідке, стає повністю прозорою (ГОСТ 18848-73).



## **1.5 . Склад сучасних технологічних мастил для гарячого об'ємного і холодногo листового штампування**

Для приготування ТМ використовують велику кількість різних речовин (компонентів). Розглянемо рекомендації по складам ТМ з воднографітових і водополімерних композицій і композицій на базі відходів нафтопродуктів (для гарячого штампування [14]).

Носієм в бездимних ТМ, а також розчинником мастил на водній основі служить вода. Для ТМ на водній основі бажано перевіряти жорсткість і показник концентрації водневих іонів рН.

Залежно від сфери застосування може змінюватися жорсткість використовуваної води. Так жорсткість води близько 250 перміль неприпустима при прокатці алюмінію, тому що вона не повинна перевищувати 25 перміль.

Висока температура в металообробних процесах викликає швидке випаровування і інтенсивне збільшення вмісту нерозчинних твердих речовин. Використання жорсткої води в таких процесах може викликати утворення нерозчинного мила і (або) нерозчинного бікарбонату кальцію, що утворює окалину і звужує отвори трубопроводів і розпилюючих головок.

Пом'якшення води слід виробляти до певних меж. Пом'якшувачі води видаляють жорсткі елементи - магній і кальцій - і вводять відповідну кількість натрію. Можна збільшити величину рН до такого ступеня, що відбудеться утворення піни. Воду, що використовується для приготування ТМ, краще пом'якшувати, додаючи складний поліфосфат, або використовувати конденсат бойлерної (кип'яченої) води.

Середня жорсткість озерної води по Україні становить 60 перміль, резервуарної - 50 перміль, річковий - 110 перміль, колодязної - 140 перміль.

Не менш важливим, ніж жорсткість, є величина рН, основа для більшості головних взаємодій компонентів ТМ.

Низька величина рН може викликати корозію. Але занадто висока рН або просто невідповідне гальмування процесу корозії також викликає корозію. Якщо

величина рН занадто мала, ТМ можуть передчасно псуватися. Бактерії, які інтенсивно розмножуються у воді при температурі 37° С при рН близько 7 можуть викликати ще більше зменшення величини рН. Майже для всіх випадків в приготовленої водної ТМ величина рН повинна бути 8,5 - 9,5. При рН нижче 8,5 можуть виникати проблеми, пов'язані з корозією. При величині рН вище 9,5 робітники можуть скаржитися на появу висипу на шкірі.

Антифрикційним наповнювачем в різних бездимних ТМ найчастіше служить графіт. Графіт має складну структуру і є найбільш стійкою кристалічною модифікацією вуглецю. Поглинання вологи графітом сприяє ослабленню зв'язків між шарами і посилення його мастильного дії. З підвищенням температури міцність і модуль пружності графіту зростають. Висока термоміцність, температура окислення і зчеплення зі сталлю забезпечують ефективність графіту в якості високотемпературного мастильного матеріалу. У ряді випадків перевагою може бути також слабка залежність сил тертя у графіту від швидкості переміщення, що пояснюється його високою теплопровідністю і термостійкістю.

Цінною якістю графіту є його хороша здатність до утворення плівок з оксидами металів, які є компонентами пари тертя, зокрема з оксидами заліза.

Застосування розпилюємих воднографітових ТМ ефективно при штампуванні звичайних і жароміцних труднодеформіруємих матеріалів в умовах інтенсивного переміщення деформованого металу і пов'язаного з цим тепловиділення в зоні контакту, що приводить до швидкого знеміцнення штампової сталі і зношування інструменту. Встановлено, що вплив воднографітових ТМ складається з двох чинників: істотного зменшення тепловиділення в результаті зниження коефіцієнта тертя між заготовкою і інструментом і інтенсивного охолодження гравюри штампа.

Розмір частинок графіту також впливає на його ефективність в ТМ. Рекомендується застосування графіту з частинками 10 - 20 мкм при високих температурах і деформаціях металу, а з частками менше 1 мкм - для більш низьких температур і чистових операцій. Для підвищення адгезійної здатності

крупнодисперсного графіту зі ставленням мас частинок крупно- і дрібнодисперсного графіту 0,1 - 1,0.

### *Технологічні мастила для гарячого штампування поковок*

Загальним для роботи інструменту різного призначення в процесі гарячого об'ємного деформування є циклічність температурно-силового навантаження. При цьому на величину максимальної температури нагріву гравюри штампів і інтенсивність навантаження на них при інших рівних умовах вирішальний вплив справляє тип мастила, а також спосіб і періодичність його нанесення. Найбільш ефективним вважається ТМ, що забезпечує мінімальне температурно-силове навантаження і високу якість поковок.

У таблиці 1.3 наведені склади робочих розчинів бездимних ТМ, подачу яких на гравюру штампа роблять в розпорошеному стані.

У першій частині таблиці 1.3 наведена коротка характеристика ТМ, найбільш часто вживаних для гарячого деформування заготовок з вуглецевих і низьколегованих сталей; в другій - стеклосмазок, використовуваних, в основному, для гарячого видавлювання заготовок з жароміцних і тугоплавких металів і сплавів.

Для визначення ефективності наведених ТМ використовували відношення зусиль деформування (опади) циліндричних зразків без мастила Р і з мастилом Рс

$$E = P / P_c \quad (1.1)$$

Таблиця 1.3 – Бездимні технологічні мастила для гарячого об'ємного штампування

№	Компоненти ТМ	Зміст мас.,%	Область застосування, група складності	E	тиск, МПа	Основні характеристики
1	2	3	4	5	6	7
1	Калієва селітра Куховарська сіль вода	5 25	Поковки середньої і високої складності на	1,64	59,5	Придатна для нанесення розпиленням. Добре

		70	молотах, 2			охолоджує інструмент. Створює парову подушку, видаляє окалину
2	Сріблястий графіт вода	50 50	Поковки середньої складності, 1	1,03	99,0	Важко наноситься. Охолоджує інструмент
3	Кухонна сіль Калієва селітра Каолін вода	16 2 13 70	- / / -	1,2	89	Легко наноситься, добре охолоджує інструмент, видаляє окалину. При нанесенні в великих кількостях утворює дефекти на поверхні поковок
4	Сріблястий графіт Рідке скло	15 25	Поковки середньої і високої складності, 2	1,11	90	Важко наноситься. Прилипання поковки до інструменту. бездимна
5	КБЖ Куховарська сіль вода	25 15 60	Поковки середньої і високої складності на молотах, 2	1,55	65	Придатна для нанесення розпиленням. Добре охолоджує інструмент
6	Триполіфосфат натрію Сода кальцинована Магній хлористий або карналліт триетаноламін КБЖ вода	4 9 9 0,3 18 60	Поковки високої складності з переважанням процесу видавлювання, 3	1,60	65	Придатна для механізованого нанесення, добре охолоджує інструмент. бездимна
7	Тирса деревинна КБЖ Кухонна сіль	50 8 6	Для штампування поковок на	1,45	92	Наноситься вручну. Добре охолоджує

	Вода	36	великих молотах з заготовок з товстим шаром окалини без опади і чорнового струмка, 3			інструмент. Створює парову подушку. Видаляє окалину. Не запалюється.
8	Графітол В-2 вода	15 85	Для роботизованих комплексів КГШП, 2	1,4	85	Добре наноситься розпиленням і охолоджує інструмент. Хороша якість поверхні.
9	ОГВ-75 вода	15 85	- / - / -	1,5	85	- / - / -
10	Графіт сріблястий КБЖ вода	5 10 85	Поковки простої конфігурації, 1	1,2	85	Придатна для нанесення розпиленням. Добре охолоджує інструмент
11	АГ-1 вода	20 80	Поковки простої і середньої складності, 2	1,35	85	- / - / -
12	ТМ ГФП по АС №1269505 вода	5 - 15 95 - 85	Поковки простої і середньої складності, 2	1,35 - 1,65	90	Добре наноситься розпиленням і охолоджує інструмент. Легко видаляється з штампа. Бездимна.
13	ТМ за патентом РФ № 2039792 вода	20 - 40 80 - 60	Поковки складної форми, одержувані видавлюванням, 3	1,5 - 2,1	92	- / - / -
14	ТМ ГФПО по АС № 1467082 вода	50 - 80 50 - 20	Поковки типу автомобільних клапанів, одержуваних прямим гарячим	1,6 - 2,2	92	Наноситься розпиленням або шприцеваним. Бездимна, забезпечує

			видавлюванням			стійкість в межах нормативної як при використанні маслографітової мастила Укрінол- 7.
15	Бездимна основа ТМ для гарячого штампування за патентом РФ № 2048508 вода	83 / 5 - 97	Поковки простої і середньої складності	1,35 - 1,65	90	Добре наноситься розпиленням і охолоджує інструмент. Легко видаляється з штампа. Бездимна.
16	ТМ «Марк- 1» ТУ 21-25- 15-96 Вода	78,15 - 96,9	Поковки простої і середньої складності	1,65 - 1,85		Добре наноситься розпиленням і охолоджує інструмент. Легко видаляється з штампа. Бездимна.

### ***Мастила для холодного листового штампування вуглецевих сталей***

Основними вимогами, що пред'являються до мастил для холодного листового штампування вуглецевих сталей, є забезпечення високої якості штапованих деталей, відповідність вимогам промислової санітарії, легкість знімання деталей з інструменту.

Цим вимогам задовольняють мастила ШС-2 (ТУ 38-1-292-69) і Укрінол-8 (ТУ 38-2-01201-72). Залишки мастила після штампування видаляються бензолом або толуолом (ШС-2), водним розчином соди або тринатрійфосфату (Укрінол-8). Мастила ШС-2 і Укрінол-8 слід застосовувати для процесів холодної витяжки та формоутворення великогабаритних деталей із сталевих листів товщиною до 1 мм.

Мастило ШС-2 наноситься на інструмент і на заготовлю вручну, Укрінол-8 - вручну або автоматично в місцях найбільших деформацій.

За даними Волзького автомобільного заводу (ВАЗа), витрата мастила становить:

- при штампуванні переднього крила автомобіля «Жигулі» - 0,0081 кг/м<sup>2</sup> (мастило ШС-2);
- при штампуванні корпусу паливного бака - 0,028 кг/м<sup>2</sup> (мастило Укрінол-8);
- при штампуванні боковини кузова - 0,0054 кг/м<sup>2</sup> (Укрінол-2)

Використання рекомендованих мастил не вимагає застосування спеціальних запобіжних заходів. Мастила для холодного штампування (табл. 1.4) повинні володіти оптимальним поєднанням екрануючих і антифрикційних властивостей. Можливості для отримання таких мастил представляються при використанні полімерів.

Розділові властивості плівкових полімерних матеріалів широко відомі, антифрикційні властивості пластмас використовуються в вузлах різних машин.

Продукти механокрекінга полімерів володіють властивостями поверхнево-активних речовин, перевершуючи звичайні поверхнево-активні речовини (ПАР) по ефективності.

Полімерні мастила або покриття в силу своїх високих екрануючих властивостей можуть запобігти контактування металевих поверхонь інструменту і заготовки і локалізувати кінетичну енергію рухомого інструменту в пристінній області. Утворені продукти механокрекінга знижують поверхневу енергію і тому пластифікують тонкий поверхневий шар, а також гідростатично нівелюють тиск по периметру деформуючого елемента, тим самим запобігаючи виникненню вогнищ високих контактних напруг.

Таблиця 1.4 – Основні властивості мастил для холодного листового штампування

Властивості	Мастило ШС-2	Мастило Укрінол-8
Щільність при 50° С, г/м <sup>3</sup>	0,9	0,99
В'язкість кінематична при 50 ° С, мм <sup>2</sup> /с	140 - 150	110 - 130
Температура каплепадіння, ° С не менше	30	-
Протизадирні властивості мастила (при випробуванні на чотирьохшарікової машині тертя):		
навантаження зварювання, Н, не менше	1600	1580
навантаження критичне, Н, не менше	300	790
узагальнений показник зносу, не менше	25	36
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь світло- коричневого кольору	Масляниста рідина темно-коричневий кол.
Випробування на корозію	витримує (по ГОСТ 1124-41)	витримує (по ГОСТ 859-66)
Здатність до розбризування	-	хороша

Полімери в нормальному стані не володіють поверхневою активністю, але під впливом зовнішніх факторів можуть переходити в активний стан. Це пов'язано з поляризацією груп, крекінгом молекул з утворенням вільних радикалів, дисоціацією аж до атомарних водню та інших елементів. Розпад полімерних макроланцюгів на активні осколки можливий в умовах високих температур, що перевищують межу термодеструкції або під впливом механічної напруги, що перевершують міцність внутрішніх зв'язків. Механізм активуючого впливу полімерів при нормальній температурі пов'язаний з утворенням вільних радикалів



і адсорбцією їх на оброблюваних поверхнях. При термодеструкції поряд з двовимірною адсорбцією радикалів реалізується дифузія атомарному-активних частинок крекінгу в приповерхневих шарах твердого тіла.

Отже, крім средств механічного поділу контактуючих поверхонь, полімери можуть використовуватися в технологічних процесах як акумулятори енергії, яка при необхідності вивільняється і цілеспрямовано використовується для обробки металу. Це досягається шляхом перетворення частинок механічної енергії в потенційну енергію продуктів розпаду макромолекул. Досягаючи оброблюваної поверхні і адсорбуючись на ній, а в умовах підвищення температур дифундують в метали, полімери поліпшують умови його деформування.

Поліетилен - продукт полімеризації етилену. Залежно від методу полімеризації отримують поліетилен високого, середнього та низького тиску, які розрізняються молекулярною масою, щільністю, ступенем кристалічності, розгалуженістю макромолекул. Поліетилен, отриманий при високому тиску, називається поліетиленом низької щільності, а при середньому і низькому тиску - поліетиленом високої щільності.

Для поліетилену і його похідних, наприклад, політетрафторетилену характерні високі відносні і залишкові подовження при розриві, низька межа плинності, хороша адгезія до металу. Це дає можливість використання його в якості плівок і суспензій в різних середовищах, в тому числі латексах. Є дані про спроби використання поліетиленової смоли в якості ТМ.

Полівінілхлорид, водорозчинний твердий полімер, може бути використаний в якості захисного колоїду для емульгування мономерів і стабілізації водних розчинів і латексів і виготовлення водорозчинних плівок. Може бути основою при виготовленні різних водорозчинних лаків і клеїв.

Похідні полівінілового спирту, зокрема, полівінілхлорид, один з найбільш поширених полімерів. Полівінілхлорид володіє високою міцністю при значному відносному подовженні, що робить перспективним застосування його для ТМ як у вигляді плівок, так і вигляді водних емульсій.

Перспективними полімерними матеріалами є також синтетичні латекси. Синтетичні латекси - колоїдні системи, що представляють собою водні дисперсії синтетичних полімерів. Колоїдна система синтетичних латексів стабілізована поверхнево-активними речовинами (емульгаторами). Більшість латексів - водні дисперсії еластомерів, що утворюються безпосередньо в результаті емульсійної полімеризації.

Таким чином, номенклатура полімерних матеріалів для використання їх в якості компонентів ТМ при холодному штампуванні може бути обмежена наступними матеріалами:

- а) синтетичні латекси;
- б) поліетилен і його похідні у вигляді плівок, емульсій, суспензій;
- в) поліамід і його похідні;
- г) полівініловий спирт і його похідні в чистому вигляді і з антифрикційними наповнювачами;
- д) лаки та покриття на основі полівінілбутираля.

## **1.6 Концептуальний підхід до розробки ефективних технологічних мастил для гарячої ОМТ**

Проблема розробки ефективних технологічних мастил для гарячого об'ємного штампування набуває останнім часом все більшої актуальності. Це пов'язано з необхідністю економії дорогих інструментальних сталей, поліпшенням умов праці за рахунок оздоровлення атмосфери цехів, а також з давно окресленими тенденціями в розвитку технології гарячого штампування, пов'язаними з підвищенням ступеня деформації заготовок і питомих навантажень на гравюру штампа, зростанням величин переміщення металу заготовки щодо робочих поверхонь штампу, вимог до якості поверхні горячештампованих поковок і ін.

Ці вимоги визначають відповідно високі мастилоохолоджуючі здатності технологічних мастил, використання технологічних мастил на негорючій основі, а також міцність мастильного шару як на стиск, так і на розтягнення.

Крім того, до технологічних мастил пред'являють ряд інших взаємопротівоположних вимог, частина з яких в залежності від конкретних умов виробництва може набувати головне значення. Всім цим значною мірою пояснюється зростання останнім часом авторських свідоцтв і патентів на винаходи, що відносяться до технологічних мастил, як у нас, так і за кордоном.

Кінцевим результатом розробки і створення технологічних мастил є отримання комплексу оптимальних показників мастила, зокрема експлуатаційних.

На кількісну величину кожного з показників мастила в більшій чи меншій мірі впливають численні різномірні фактори. На жаль, у доступній нам вітчизняній і зарубіжній технічній літературі немає відомостей про систематизацію факторів, що впливають на властивості технологічних мастил для гарячого об'ємного штампування; не приведений навіть скільки-небудь повний перелік зазначених факторів. Відсутність узагальнених даних по впливу таких чинників на якість технологічних мастил і мастильно-охолоджуючих рідин ускладнює, на нашу думку, цілеспрямовану розробку або пошук ефективних технологічних мастил для конкретних випадків гарячого об'ємного штампування.

У зв'язку з викладеним становить інтерес спроба створення концептуального підходу до проблеми розробки нових технологічних мастил на основі виділення кінцевого результату (мети) і груп однорідних факторів, що впливають на мету, а також прямих і зворотних зв'язків між групами факторів і їх взаємозв'язків з кінцевим результатом (див . малюнок 1 .1) [15 - 16].

Представлена схема зв'язків і взаємодій різних факторів на кінцевий результат - експлуатаційні властивості мастила - дозволяє уявити в узагальненому, порівняно широкому вигляді, перспективні шляхи підходу до розробки і технології виготовлення нових технологічних мастил.

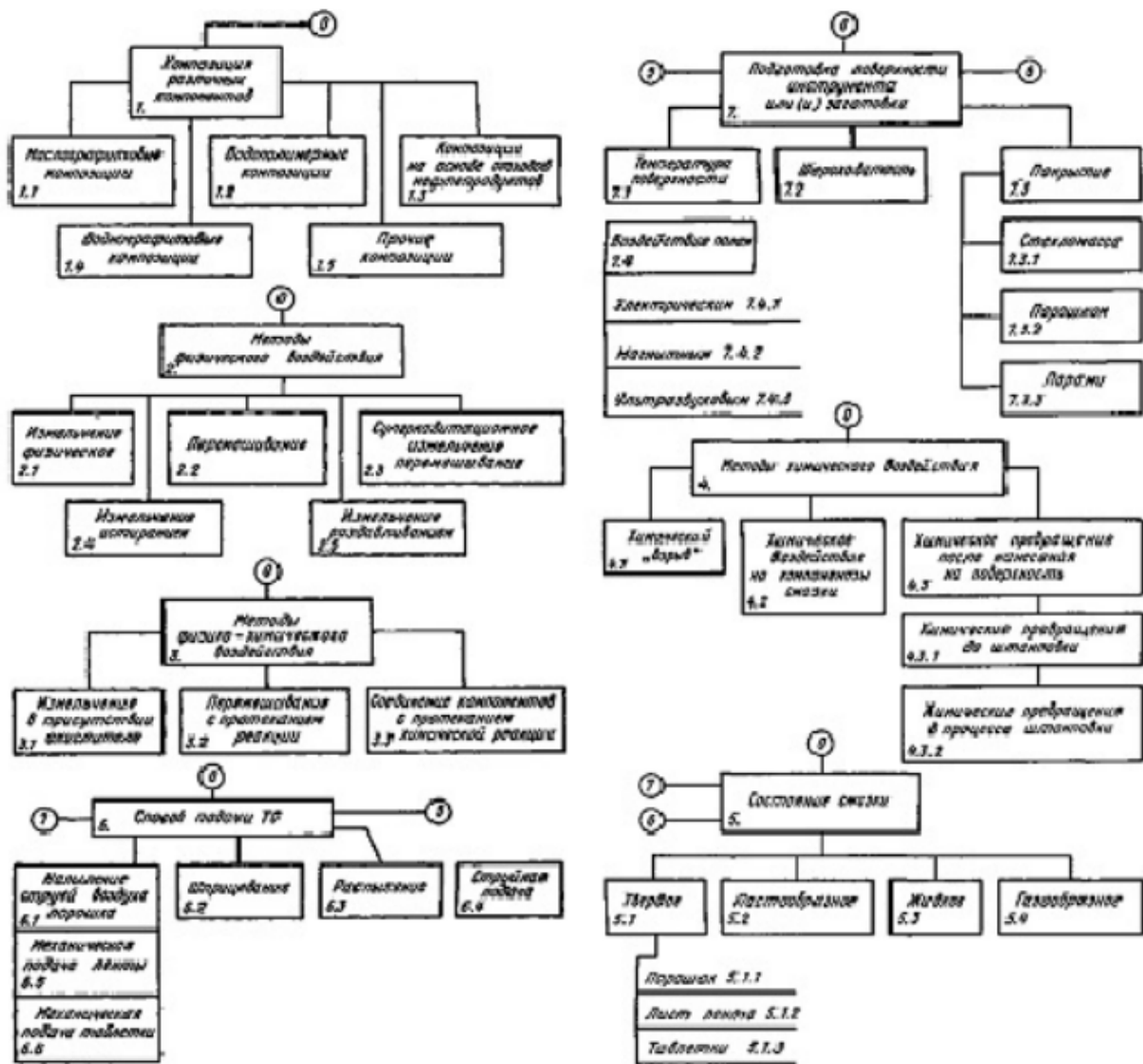


Рисунок 1.1 – Схема зв'язків різних факторів і кінцевої мети (0) при розробці ТЗ [15-16]

Аналіз представленої схеми, виходячи з конкретних завдань щодо забезпечення будь-якого ковальсько-штампувального цеху ефективними мастилами для гарячого об'ємного штампування, показує, що одним з перспективних шляхів може бути механічне подрібнення графіту з одночасним впливом фізичного поля в водному розчині реагенту, послабляє міцність графіту, з подальшим додаванням в водно-графітову пульпу необхідних компонентів і отриманням після перемішування готового продукту - мастила.

Стан і перспективи застосування технологічних мастил для гарячого об'ємного штампування і витискування сталей, а також діюча в даний час система

встановлення цін на знову вироблені технологічні мастила дозволяють зробити однозначний висновок про доцільність для будь-якого ковальсько-штампувального цеху організації ділянки з виробництва технологічних мастил, що мають доступний технологічний регламент.

Прикладом такої технології може бути спосіб обробки графіту, розроблений в Приазовському державному технічному університеті [16 - 17]. Спосіб використовують для приготування дрібнодисперсного графіту, який служить основним антифрикційним наповнювачем в бездимному водно-графітовому мастилі ГФП.

Відповідно до розробленого засоба графіт в мастилі подрібнюють в певній часовій і технологічній послідовності з дозованою присутністю певних компонентів особливими тілами, що мелють в серійних млинах. Реалізація способу не пред'являє спеціальних вимог до вихідної сировини та допоміжних матеріалів. Зокрема, в якості основного вихідного матеріалу використовують одну з марок ГС-2, ГС-3 або ГС-4 по ГОСТ 8295-73. Як необхідне обладнання використовують млини барабанного типу, мішалки, витратоміри та інше допоміжне обладнання стандартних конструкцій. Витрата робочого часу на одиницю продукції, що випускається знижена у зв'язку зі скороченням циклу обробки графіту в порівнянні з технологією приготування мастила ОГВ-75 (ТУ 21-25-147-75) більш ніж в три рази. Так, на млині, що має ємкість барабана 2 м<sup>3</sup> і привід потужністю 22 кВт, можливе отримання 180 т готового концентрату мастила за рік при двозмінній роботі. Крім того, з циклу обробки графіту виключені операції з використанням хромового ангідриду і сірчаної кислоти, що виключає наявність шкідливих сполук хрому в готовому продукті.

Це мастило рекомендується нами для гарячого об'ємного штампування сталі. Мастило ГФП являє собою суспензію графіту в водному розчині наступних реагентів: триполифосфата натрію, лігносульфонату амонію і ТЕА.

Графіт в мастилі має розміри частинок менше 5 мкм. Мастило наноситься на штамп розпиленням. Воно створює міцну плівку, надійно розділяє поверхні

інструменту і гарячого металу. Залежно від складності штампованих поковок і темпу роботи концентрат мастила ГФП розводиться водою.

Експерименти, проведені в лабораторії, показали, що коефіцієнт тертя при гарячій осадці кільцевих зразків, змазаних ГФП, знаходиться в межах 0,03 ... 0,05. Мастило ГФП пройшло промислові випробування на ПО ГАЗ і Херсонському заводі карданних валів і показало позитивні результати.

В результаті роботи запропоновано узагальнений підхід до розробки складу та технології отримання бездимних мастил, зокрема на основі графіту, і прокоментован один з перспективних шляхів отримання ефективних мастил на основі технології, доступною будь-якому підприємству.

### **1.7 Розробка оптимальних параметрів для економії технологічних мастил при ОМТ**

Ефективність застосування мастил залежить від правильного вирішення питань про змащувальний склад, вартість, засобах та режимах їх нанесення на поверхню штампа. Визначальну роль при цьому грає витрата мастила, який залежить від способу його подачі і товщини нанесеного на поверхню штампа мастильного шару.

Для вирішення завдання зменшення витрати мастила, був розроблен, виготовлен та досліджен спеціальний пристрій ежекторного типу для подачі мастила розпиленням і пристрій для виміру товщини мастильного шару (прилад ІТП-45, рис. 1.2 ) [31].

Рішення поставленого завдання досягається тим, що в пристрої (рис. 1.3 ) для виміру товщини мастильного шару, який складається з опорів R1, R2, R3, R4, R5, R6 з'єднаних з вимірником силою струму із двома конденсаторами C1 і C2, розміщеними в корпусі, і двох обмоток L1 і L2, розміщеними в виносному датчику. Виносний датчик виконаний у вигляді шайби з можливістю переміщення відносно корпусу, причому обмотка L1 з'єднана з двома додатково встановленими, паралельно підключеними транзисторами T1 і T2, виходи яких

з'єднані з входом фільтра R1-R2-C1-C2. Вихід фільтра з'єднаний з входом джерела струму, обмотка L2 з'єднана з входом контуру опорів R3-R4-R5-R6, вихід якого з'єднаний з входом додатково встановленого діодного моста Д1-Д2-Д3-Д4. Вихід моста з'єднаний з входом амперметра.

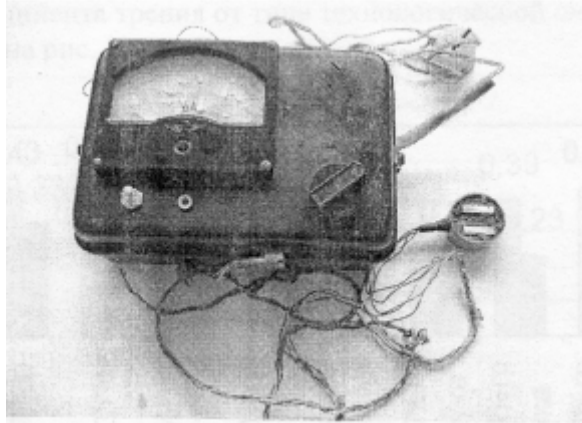


Рисунок 1.2 – Прилад ІТП-45 для визначення товщини шару технологічного мастила [31]

Прилад працює в такий спосіб. Датчик має дві обмотки L1 і L2, живлення яких здійснюється постійним струмом через фільтр R1-R2-C1-C2. Для стабілізації напруги передбачені транзистори T1 і T2. Магнітні потоки в датчику, що виникають від обмоток L1 і L2, спрямовані назустріч один одному. При тому, що піднесенні датчика до досліджуваної поверхні, на яку нанесено мастило, змінюється індуктивність в обмотці L2. Напруга від обмотки L2 через контур опорів R3-R4-R5-R6 тече на діодний міст Д1-Д2-Д3-Д4. Напруга на діодному мосту Д1-Д2-Д3-Д4 пропорційно силі струму, яка вимірюється амперметром. Шкала розбита еталонними вимірами товщини мастильного шару від 0 до 45 мкм. Значенням товщини мастильного шару в 1 мкм відповідає сила струму в 0,5 мА. Пристрій високомобільний, компактний і істотно спрощує вимірювання.

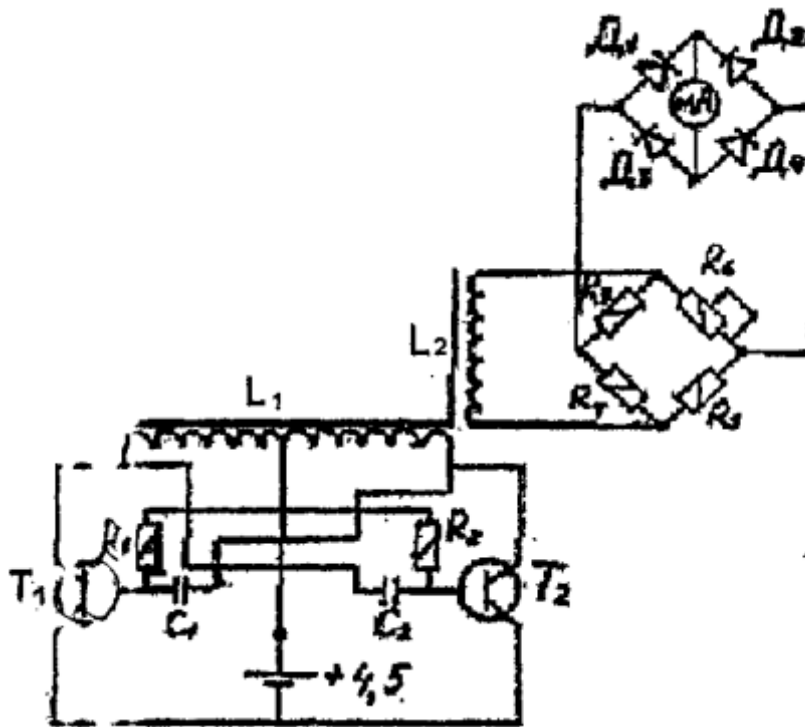


Рисунок 1.3 – Пристрій для вимірювання товщини мастильного шару [31]

Робота приладу для виміру товщини мастильного шару заснована на принципі електромагнітної індукції. Діапазон вимірювань товщини технологічних мастил 0 - 45 мкм. Приладом можливо вимірювати товщину шару мастила при температурі штампа 200 - 350° С. Зручність використання приладу полягає в можливості накладання датчика, виконаного у вигляді головки, безпосередньо на шарі мастила, який необхідно виміряти. В ході експерименту на штамп пристроєм ежекторного типу подано технологічне мастило розпиленням і за допомогою приладу ІТП-45 виміряна товщина мастильного шару. Час подачі фіксувався (2; 2,5; 3 с). Для зниження витрати мастила зменшували її концентрацію (рис. 1.4).

Застосування зазначеного приладу дозволить досягти зменшення витрат ТМ і отримати значний економічний ефект.

Як показав експеримент, під час подачі мастила на штамп розпиленням протягом 2 - 3 с значно скорочується його витрата. Мастило покриває поверхню штампа рівномірно (створює шар товщиною 20 - 25 мкм), що цілком достатньо для гарного протікання процесу.



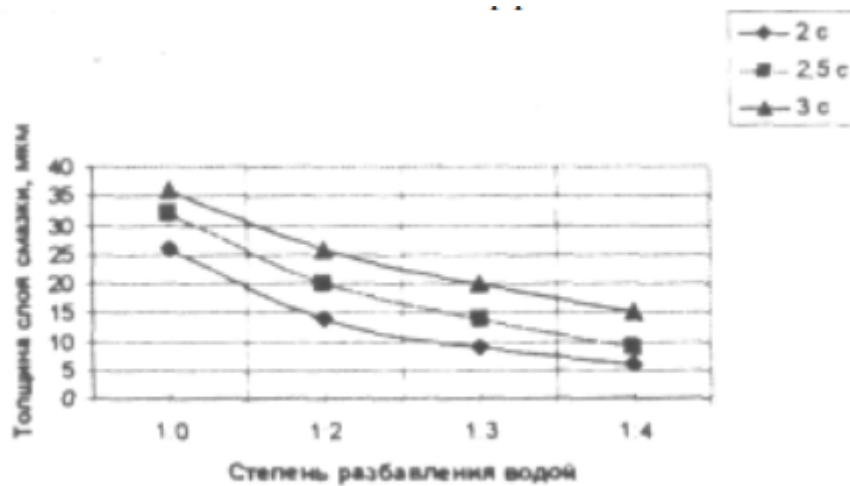


Рисунок 1.4 – Залежність товщини шару мастила від його концентрації при різному часі нанесення

### 1.8. Аналіз конструкцій сучасних установок для нанесення мастил

Всі способи подачі поділяються на дві великі групи: способи змащення штампувало матеріалу і способи змащення робочих частин штампа. В даний час найбільш поширені способи змащення штампованого матеріалу, як легко здійсненні: необхідно змащувати тільки плоску поверхню заготовки. Однак по ефективності захисту робочого інструмента від зносу кращий спосіб змащування робочих частин штампа. Крім цього змащування заготовки обумовлює підвищена витрата мастила, тому що виявляються змазаними недеформовані або деформовані з малими ступенями деформації ділянки заготовки.

Вибір способу мастила і пристрої для його здійснення безпосередньо залежить від агрегатного стану мастила - твердого, пастоподібного, рідкого, газоподібного, порошкоподібного – це накладає певні обмеження на можливості використання того чи іншого способу в технологічних процесах листового штампування.

Не вдаючись в подробиці аналізу (наприклад, тверді мастила можуть бути у вигляді таблеток, стрічки, призматичних або циліндричних шматків і т.п.), перерахуємо агрегатні стани мастил в порядку зменшення обмежень при

застосуванні: тверде, пастоподібні, рідке, газоподібне. Дійсно, струменем газу можна обробити дуже важкодоступні місця, яких незрівнянно більше, ніж, наприклад, в штампів гарячого об'ємного штампування. Однак готові мастила до теперішнього часу практично не розроблені. Рідкі ТМ невисокою в'язкістю дозволяють здійснювати струминну подачу мастил, подачу дрібно- або крупнокрапельної повітряно-мастильної суміші або мастило рідинним туманом, очевидно, що в порівнянні з високов'язкими і твердими мастилами рідкі надають великі технологічні можливості.

Струменева подача рідких ТМ зумовлює дуже великі витрати мастила і має обмеження по доставці його в важкодоступні місця порівняно великих площ. Мастило «туманом» зазвичай використовують для машинного змащення пар тертя в закритих порожнинах.

Подачу розпорошеного рідкого ТМ можуть здійснювати, в основному, двома способами:

- безповітряний - розпорошення під дією тиску, що проштовхує рідке мастило крізь распилочу головку (форсунку);

- ежекторний спосіб подачі рідкого ТМ, що полягає в тому, що рідке ТМ засмоктує в камеру розпилення стиснене повітря, що проходить через ежекторну головку, і транспортує повітряно-мастильну суміш по трубопроводу до змащувальних поверхонь.

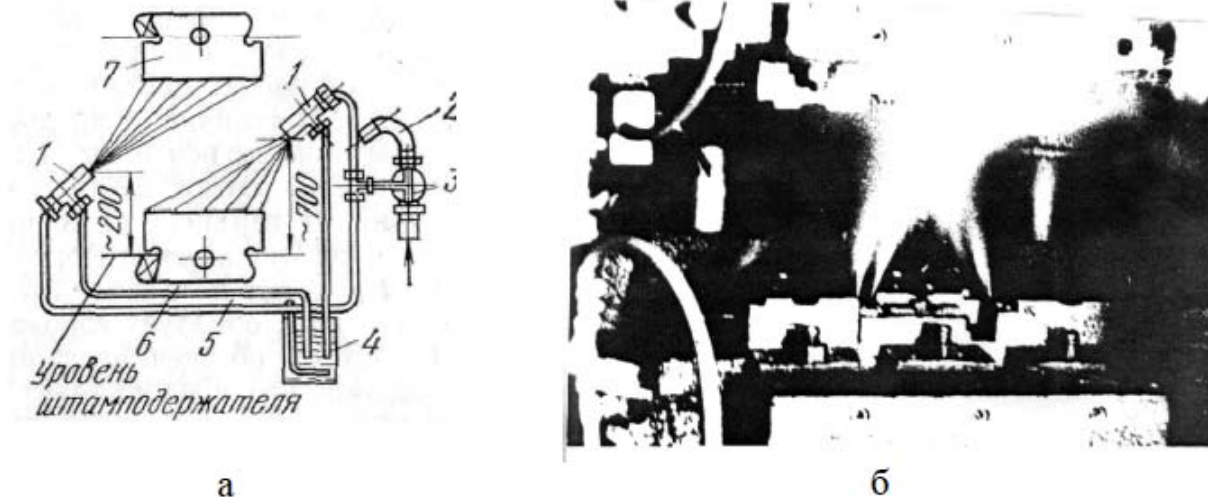
Продавлювання мастила через форсунки з малими прохідними перетинами, накладає обмеження на тонину помола нерозчинних компонентів мастила. Тому другий спосіб є кращим з наступних причин:

- немає необхідності у витратах енергії на створення тиску для подачі мастила і виготовленні герметичного бака під тиском;

- при подачі мастила під тиском з наступною продувкою (промиванням) форсунок щоб уникнути засмічення їх, необхідні складні синусні системи управління потоком мастила і продувкою.

### **Принципові схеми установок для механічного нанесення мастил**

Схема роботи установки для нанесення водно-графітової мастила показана на рисунку 1.5.



- а – при штамповке на молоте (1 – распылители, 2 – сопло для предварительного обдува штампов 7, 3 – вентиль, 4 – бак со смазкой, 5 и 6 – трубопроводы для подачи воздуха и смазки соответственно);  
 б – при штамповке на прессе

Рисунок 1.5 – Схема установки для нанесення водно-графітового мастила

З бака 4 під тиском стисненого повітря, що надходить через вентиль 3, мастило по трубопроводах 5 надходить до форсунок 1, спрямованим на гравюри нижнього 6 і верхнього 7 штампів. Передбачено попередній обдув штампів через сопло 2 (рис. 1.5, а). Робота установки рисунок 1.5, б описана в главі 5.1.

При нанесенні рідкого мастила, що не вимагає постійного перемішування (рис. 1.6 ), мастило з герметичного бака 1 насосом 2 подається до дозуючого клапану 3. При включенні електромагніта 4 порожнина клапана 3 за допомогою механічного зв'язку з'єднується з повітряним трубопроводом 5, подає мастило до форсунок 6. Включення системи може здійснюватися від ножної педалі або автоматично за допомогою кулачків, встановлених на повзуні преса.

Принципова схема найбільш простої установки для нанесення технологічного мастила показана на рисунку 1.7 , а.

Повітря через зворотний клапан 1 подають в геометрично закритий бак 2 з мастилом, що має зливну пробку 3 і завантажувальний люк 7. Під тиском повітря мастило через трубопровід 4 і механічний клапан 5 надходить в патрубок 6, з'єднаний з розпилювачами.

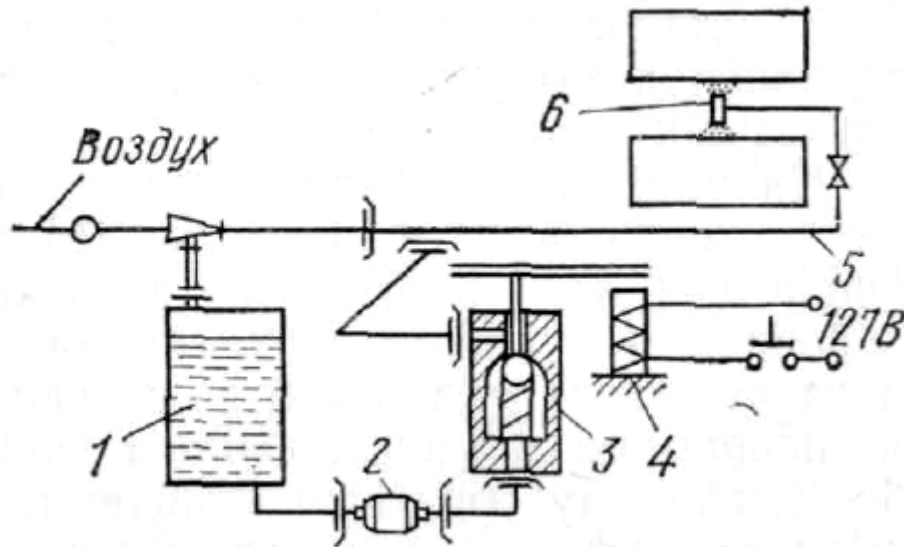


Рисунок 1.6 – Схема установки для нанесення мастила, яке потребує постійного перемішування

Схему такого типу використовують на установках ряду заводів при штампуванні видавлюванням, на пресах «Кайзер Нейшнел» для подачі мастила Укрінол-7.

На установках, що поставляються фірмою «Шмерал» для КГШП (рис. 1.7, б), стиснене повітря з цехової магістралі подають через зворотний клапан 1 в бак 2 безпосередньо в середу мастила за допомогою трубопроводу з сітчастим розпилювачем 8 на торці. По трубопроводу 4 з фільтром на торці мастило через механічний або електропневматичний клапан 5 подається до патрубку 6, сполученого з розпилювачами. При цьому по трубопроводу 9 і клапану 5 стиснене повітря подають спочатку до форсунок для обдування штампа, а потім в патрубок 6 для підготовки аерозолі і розпилення мастила. У момент подачі мастила включається подача повітря і проводиться барботаж мастила в баку.

Схема установок, що поставляються фірмою «Іноченті» для КГШП, показана на рисунку 1.7, в. На відміну від попередньої, в цій схемі доданий

патрубок 10 з регульованим ручним вентилям. При включенні клапана 5 завдяки інерційності мастильної суміші через патрубок 10 і клапан 5 подається стиснене повітря, що йде від верхньої, не заповненої мастилом області бака 2, і далі по патрубку 6 воно подається до форсунки для обдування штампа. Коли мастило по патрубку 4 доходить до клапана 5, воно ежектірується стисненим повітрям і, перемішуючись з ним, утворює аерозоль. Склад аерозолі регулюють ручним вентилям 10.

Схема забезпечує постійну продувку повітрям трубопроводів подачі мастила, що оберігає їх від засмічення, подачу до розпилювачів заздалегідь підготовленої аерозолі, інтенсивний барботаж мастила в баку через постійне падіння тиску повітря в баку і надходження повітря з мережі при кожній подачі мастила.

В установках, що працюють за описаними вище схемами, не передбачена спеціальне дозування мастила, а також обмежен тиск мастильних сумішей, що подаються до штампів.

На рисунку 1.7, д показана схема установки, що забезпечує дозовану подачу мастил до штампів. На автоматизованих ГKM фірми «Кайзер Нейшнел» (рис. 1.7, г) мастило заливають в негерметизований бак 2. По трубопроводу 4 зі зворотним клапаном надходить порція змащення, обсяг якої визначається регулюванням ходу поршня в циліндрі 11. При зворотному русі поршня мастило під заданим тиском надходить по трубопроводу 6, також обладнаному зворотним клапаном, до штампів, де його можна додатково розпорошувати або перемішувати з повітрям.

Зміною тиску в циліндрі 11 можна регулювати ступінь дисперсності мастила в розпилювачі. Одночасно може працювати декілька циліндрів за заданою програмою. На практиці працюють шість циліндрів, кожен з яких пов'язаний броньованими трубопроводами з трьома-чотирма розбризкувачами, жорстко встановленими в штамповому просторі. Бак з мастилом може бути обладнаний додатковим пристроєм для його перемішування.

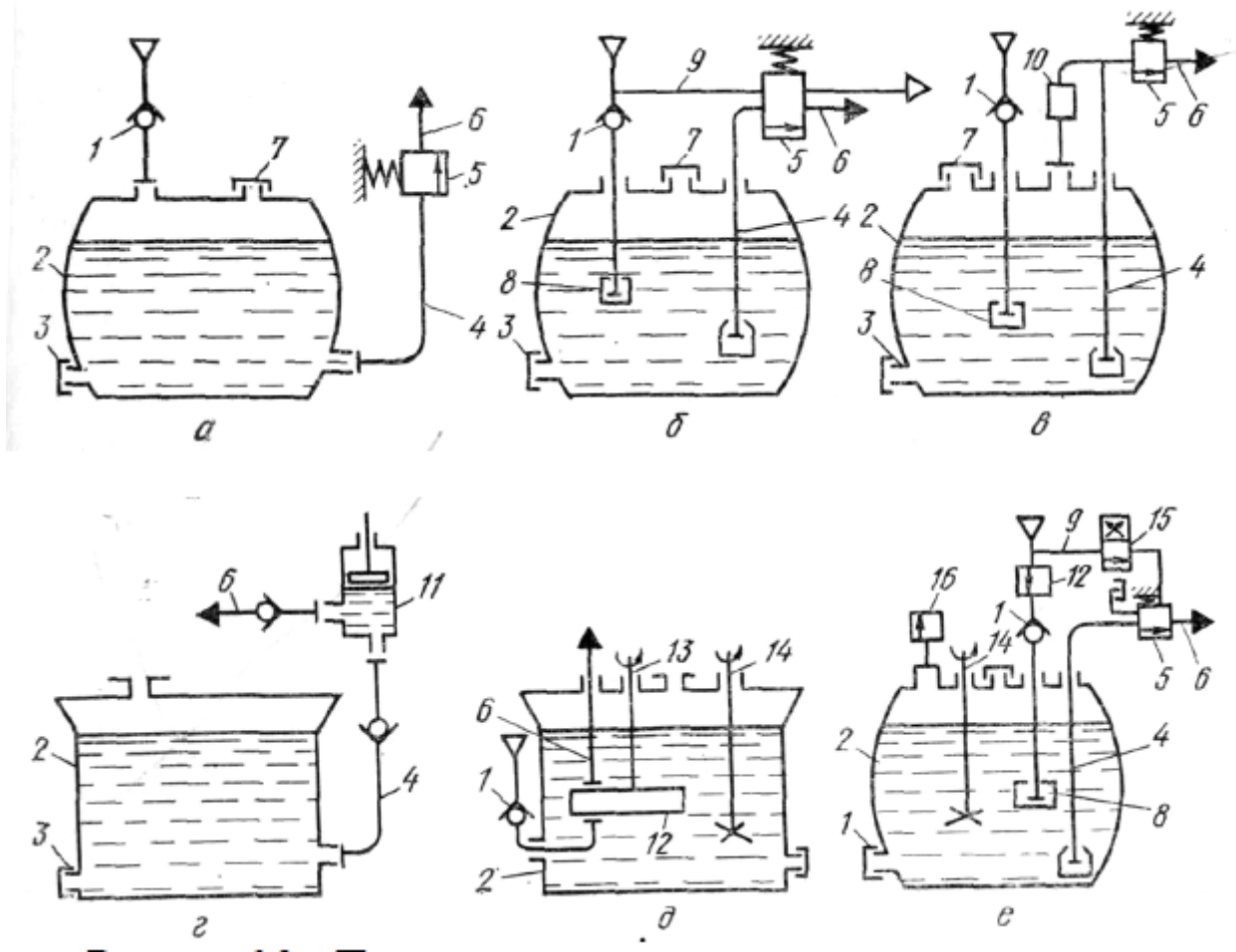


Рисунок 1.7 - Принципові схеми установок для подачі технологічного мастила

Недоліком даної конструкції є відсутність можливості приготування аерозолі перед подачею мастила в розпилювачі. Цей недолік усунений в установках системи «Ачесон» (рис. 1.7, е).

## 2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАСТИЛ

### 2.1 Оцінка ефективності мастила по глибині заповнення порожнини штампа

Спосіб визначення ефективності технологічних мастил при гарячому об'ємному штампуванні, який включає деформацію в штампі однакових за масою і розмірами заготовок із застосуванням технологічних мастил, виштовхування поковок зі штампа і визначення ефективності використовуваних технологічних мастил [36]. Спосіб відрізняється тим, що застосування технологічних мастил здійснюють шляхом нанесення їх на штамп з глибокою виїмкою, а як контрольований параметр використовується повна висота поковки ( $H_{max}$ ) після деформації, за якою судять про глибину заповнення порожнини штампа, при цьому більшій ефективності технологічного мастила відповідає більше його значення і навпаки.

В лабораторії кафедри ОМТ були проведені дослідження з визначення ефективності технологічних мастил для гарячої обробки металів тиском даним засобом.

Дослідження проводили на базі кривошипного преса силою 2.5 МН моделі КА9534. В якості базового масла застосовували ОГВ-75 по ТУ 21-25-147, яке використовується при гарячій об'ємній штамповці сталі. Використовували по 10 зразків зі сталі 35 висотою  $H = 38,0 \pm 0,5$  мм, діаметром  $D = 45,0$  мм і масою 0,15 кг. На рисунку 2.1 зображений загальний вид поковки.

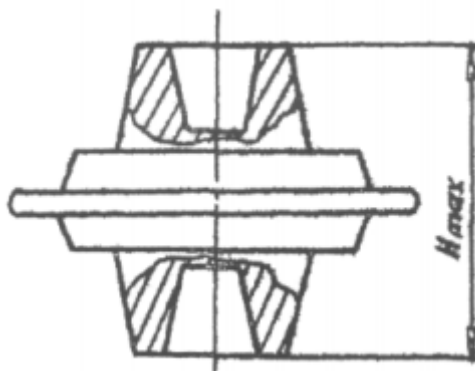


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд поковок [36]

Нагрівання заготовок перед деформацією проводилося в електричній печі СШОЛ до температури  $t = 1150^{\circ}\text{C}$  з витримкою в печі 30 хв. Перед деформацією штамп нагрівали до температури  $200^{\circ}\text{C}$ . Час перенесення заготовки від печі до пресу становило 5 с. На поверхню штампа перед кожною операцією розпиленням наносилося досліджуване мастило.

Таблиця 2.1 – Результати досліджень

№	Марка мастила	Повна висота поковки $H_{max}$ , мм
1	ОГВ-75 (ТУ 21-25-147)	44,2
2	ОГВ-50 (ТУ 21-25-147)	44,1
3	ГФП1	44,8
4	ГФПО1	45,0
5	Графітол В2 (ТУ 6-02-1122-77)	43,8
6	15% соляний розчин кухонної солі	42,0

З гістограми (малюнок 2.2) видно, що найбільш ефективно технологічне мастило ГФПО і ГФП, оскільки при використанні цих мастил спостерігається найбільша глибина заповнення порожнини штампа. Пропонований спосіб визначення ефективності технологічних мастил може бути застосований безпосередньо при гарячому об'ємному штампуванні.

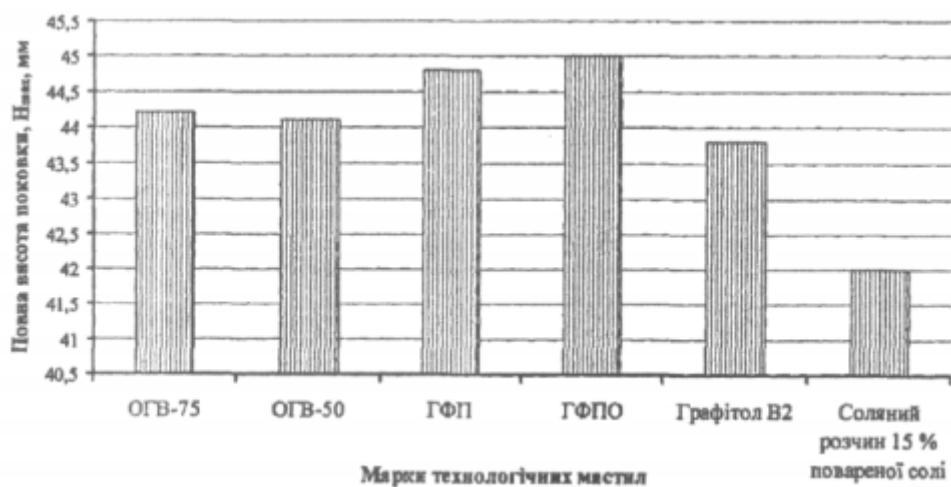


Рисунок 2.2 – Результати вимірювань [36]



## 2.2. Оцінка ефективності мастила по силі виштовхування поковки з порожнини штампа

Спосіб визначення ефективності технологічних мастил для об'ємного штампування включає деформацію в штампі однакових за масою і розмірами заготовок із застосуванням різних технологічних мастил [37]. Спосіб відрізняється тим, що поковки витягують з штампа виштовхуванням, при цьому найбільш ефективному технологічному мастилу відповідає менше зусилля виштовхування.

Запропонований метод визначення ефективності технологічних мастил для об'ємного штампування, дозволяє спростити визначення ефективності технологічного мастила і визначати його безпосередньо при об'ємному штампуванні.

В умовах лабораторії кафедри ОМТ, були проведені дослідження з визначення ефективності технологічних мастил для гарячої обробки металів тиском даним методом.

Дослідження проводили на базі кривошипного преса силою 0,63 МН, модель К116Г. Використовували по 10 сталевих зразків. Результати наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати досліджень

мастило	Коефіцієнт тертя, $\mu$	Сила виштовхування, Н
без мастила	0,5	3584
ОГВ-50	0,18	2938
ОГВ-75	0,17	2476
ГФПО	0,12	1969

Як видно за результатами досліджень технологічна мастило ГФПО має найменший коефіцієнт тертя, якому відповідала би найменша сила виштовхування. Запропонований метод по визначенню ефективності технологічних мастил може бути застосований безпосередньо при об'ємному штампування.

Є і інші роботи по методам і пристроям для дослідження контактного пластичного тертя при об'ємній пластичній деформації [38, 63].

### **2.3 Результати екологічних випробувань водно-графітових мастил**

При виконанні лабораторних і заводських досліджень застосовувалася технологічна мастило ГФПО.

**Графіт - основа ефективних технологічних мастил.** Вчені і робітники на виробництві єдині в думці, що кращим для гарячого об'ємного штампування є воднографітове технологічне мастило, тому відомості про графіт можуть бути вельми цінними і необхідними.

Графіт - мінерал, гексагональна поліморфна модифікація вуглецю. Він має шарувату структуру з типовими гексагональними ґратами. Для гексагональної структури графіту характерним є те, що період повторюваності шарів дорівнює подвоєній відстані між шарами. Кожен наступний шар зрушується щодо попереднього в горизонтальному напрямку на відстань, рівну довжині зв'язку між атомами вуглецю в шарі. Елементарною клітинкою гексагональної структури графіту є пряма призма, в основі якої лежить правильний ромб. Атоми вуглецю в структурах графіту розташовані шарами. У шарах вони знаходяться в вершинах правильних шестикутників. Найближча відстань між атомами вуглецю, рівна стороні шестиугольника, становить 1,417А. Маючи в своєму розпорядженні шари за певним законом, можна отримати різні структури графіту.

Слід зазначити, що графіт змочений концентрованою азотною кислотою при нагріванні до червоного розжарювання спучується. При обробці графіту концентрованої сірчаної кислотою в присутності окислювачів графіт розбухає і стає темно-синім. Крім того, графіт взаємодіє з соляною, фосфорною, оцтовою і плавиковою кислотами. Зміст графіту в земній корі 0,14% (по масі). Природний графіт часто забруднений іншими елементами (до 20%), тому для потреб техніки використовують штучний графіт високої чистоти. Для виробництва штучного графіту використовують в основному нафтовий кокс як наповнювач і

кам'яновугільний пек, як зв'язку. Як добавки до наповнювача застосовують природний графіт і сажу. Промисловий спосіб отримання штучного графіту полягає в високотемпературній обробці.

Для дроблення графіту використовують розмельні агрегати нових типів - вібраційні і струменеві млини, кавітаційні установки, що дозволяють різко зменшити розміри графітових частинок. Розмір частинок графіту впливає на його ефективність. Встановлено, що для гарячого об'ємного штампування слід брати графіт з частинками 10 - 20 мкм. Встановлено також, що фактор форми частинок графіту залежить від типу размольного агрегату.

Вважаємо, що наведена інформація про графіті дозволить науково обґрунтовано підійти до розробки ефективних воднографітових мастил.

**Основні відомості про мастило ГФПО.** ГФПО - графіто-фосфатний препарат на водній основі.

Склад: графіт колоїдний - 18%;  
триполіфосфат натрію - 8%;  
лігносульфат амонію (Барца) - 8%;  
триетаноламін - 0,3%;  
опилки дерев'яні - 4%;  
фурацилін - 0,01%;  
вода - до 100%.

Перед вживанням вимагає розведення. Не викликає корозію штампа і оброблюваного металу, що не утворює диму і кіптяви, не токсична.

#### **Фізико-хімічні властивості сировини для змащення ГФПО.**

**Триетаноламін (ТЕА)** ( $\text{HOCH}_2\text{CH}_2$ )<sub>3</sub> - молекулярна маса 149,19 а.е.м. Це безбарвна в'язка рідина зі слабким запахом аміаку.  $t_{\text{плавл.}} = 21,2^\circ \text{C}$ ,  $f = 1124 \text{ т/м}^3$  ( $t = 20^\circ \text{C}$ ,  $t_{\text{вспишек}} = 179,44^\circ \text{C}$ ). Гігроскопічний, добре розчинний у воді, спирті, ацетоні, майже не розчинний в ефірі і вуглецю, з кислотами утворює солі. Застосовуємо як адсорбент кислих газів і як інгібітор корозії. Солі ТЕА застосовуються як миючий засіб і емульгатори. Суспензія надає стабільність.

**Триполіфосфат натрію (ТПФ)**  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Розчини ТПФ лужні, високов'язкі, застосовуються як іоноблінная смола у виробництві миючих засобів, для пом'якшення води і видалення накипу.

**Лигносульфонат амонію** (ЛСА - лігносульфонат технічний) - аммонітна сіль, виступає в ролі диспергатора. При піролізі утворюються смоли, напівкокс, азот. Надають пластичність готовому мастилу. Застосовується в машинах з виробництва паперу.

**Тирса дерев'яна:** хвойної породи 26,5 - 30% лігніну, листяні 17 - 25% лігніну. Лігнін - частковий гідроліз деревини в ТПФ. Лігнін добре розчинний в лужних розчинах: виступає як стабілізатор. Відбувається спучування мастила, тобто набухання тирси в результаті утворення лужної целюлози в лужному середовищі ТФП і ТЕА.

**Фурацилін** - консервант. Найчастіше застосовується в медицині, ветеринарії, як антибіотик, в харчовій промисловості.

Всі компоненти відносяться до 4-го класу небезпеки, є малотоксичними.

**Графіт** - мінерал, темно-сіре кристалітне речовина зі слабким металевим блиском. Удельна вага від 2,17 до 2,3 т/м<sup>3</sup>. Гексагональна поліморфна модифікація вуглецю, має шарувату, лускату будову, жирний на дотик. Природний кристалітний графіт поставляється тільки у вигляді концентрату марок А і Б, одержуваного збагаченням графітових руд. Концентрат містить не більше 7 - 9% золи, 1% вологи, 1% летючих речовин, 0,2% сірки, не менше 92 - 90% вуглецю. Також отримується і при термообробці кам'яного вугілля (антрациту). На повітрі не загоряється, навіть при сильному нагріванні. Легко згорає в кисні (СО<sub>2</sub>). Проводить електричний струм.

Кристал графіту: атоми вуглецю розташовані по кутах правильних шестигранників, що знаходяться в паралельних площинах. Відстань між сусідніми площинами 3,4 ангстрема, між сусідніми атомами шестикутника 1,45 ангстрема, внаслідок зв'язки між атомами, що лежать в одній площині набагато міцніше, ніж зв'язка площин один з одним. Неміцність зв'язків між площинами дозволяє відокремити від кристалів лусочки при ефекті стирання кристалів в процесі подрібнення. Мастильний графіт марок: ГС-3 (2), ГС-4 (1) мастильний графіт) ГОСТ 1702-81; ПММ-1, ПММ-2 (для колоїдно-графітових препаратів).

При випробуванні мастила ГФПО лабораторією охорони навколишнього середовища і промсанітарії ПАТ «Азовмаш» були проведені виміри проб на присутність  $P_2O_5$ ;  $CO$ ;  $CO_2$ ;  $O_2$ . Методика випробувань аналогічна викладеним в роботі [66]. Заміри проводились при гарячому штампуванні круглих в зламі поковок. Результати вимірів свідчать про екологічну чистоту середовища в районі випробувань.

#### **2.4 Результати корозійного впливу на метал розроблених технологічних мастил**

При гарячому об'ємному штампуванні сталі на ВАЗі, Харківському тракторному заводі (ХТЗ), Автомобільному заводі ім. Лихачова (ЗІЛі), Токмацькому ковальсько-штампувальному заводі (ТКШЗ) та інших заводах широко застосовують воднографітове мастило ОГВ-75, вироблену Маркографом. Мастило ефективне, але має високу вартість. Кафедрою КІП розроблено мастило ГФПО, яке в 2 рази дешевше, ніж ОГВ-75, а по ефективності йому не поступається. Про це свідчать наші численні виробничі та лабораторні експерименти [32 - 33]. Істотною вимогою до мастила є відсутність корозійного впливу на штамп і матеріали штампованих поковок. У даній роботі наведені результати дослідження корозійної дії бездимних воднографітових мастил ГФПО і ОГВ-75 на метал.

Визначення корозійної активності проводили за ГОСТом-9.080-77, який встановлює прискорений метод. Суть методу полягає в дотриманні металевих пластинок в пластичному мастилі при певній температурі і фіксуванні зміни зовнішнього вигляду пластин. Досліджували пластини металеві товщиною 3 - 4 мм. Марка металу встановлена по нормативно - технічній документації на випробовуване мастило. Кожна пластина має отвір діаметром 5 мм для підвішування на скляному гачку. Через 24 години, а потім через кожні 48 годин (тобто 24 + 48 ч.) Зразки витягували з печі і охолоджували їх в ексікаторі, а потім зважували разом з тиглем і продуктами корозії. Після цього зразки очищали від

корозії і знову зважували, знаходили масу  $m_2$ . Знаючи масу зразків ( $m_1$ ) до і ( $m_2$ ) після проведення дослідів знаходили  $\Delta m$  ( $\Delta m = m_1 - m_2$ ), тобто різницю мас.

Коефіцієнт корозії знаходили за формулою:

$$\beta = \Delta m / S \cdot t, \quad (2.1)$$

де  $S$  - площа поверхні зразка, мм;

$t$  - час витримки, годину.

На підставі отриманих результатів встановлено залежності  $\Delta m / S$  від  $\tau$  і  $\lg \Delta m / S$  від  $\tau$ , з яких видно, що корозійний вплив на метал у мастила ОГВ-75 вище, ніж у мастила ГФПО.

### 3. КОНСТРУКЦІЇ НОВИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОДАЧІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАСТИЛ РОЗПИЛЕННЯМ НА ШТАМПИ

#### *3.1 Пристрій подачі технологічного мастила розпиленням на інструмент КГШП і молотів*

Разроботані безліч конструкцій пристроїв для подачі мастила розпиленням [56 - 60]. Конструкції, як правило, містять бак під мастило, систему підведення стисненого повітря з розподільником повітря, змащувальну головку з соплом, що має вихідний отвір, пов'язану за допомогою системи підведення мастила з баком, і командоапарат, резервуар під мастило, встановлений в системі підведення мастила між змащувальною головкою і баком, а змащувальна головка забезпечена закріпленням на ній штуцером всмоктування, розміщеним в резервуарі, при цьому відстань між торцем штуцера і дном резервуара становить 0,25 ... 0,30 діаметра отвору штуцера всмоктування. З метою забезпечення рівномірного змащування поверхонь половин штампа, сопло виконано з додатковим вихідним отвором, вихідні отвори розташовані під різним кутом до його осі, при цьому сопло забезпечено штирем, розташованим з можливістю регулювального переміщення поперек осі вихідного отвору, розташованого під меншим кутом до осі сопла, для зміни його прохідного перетину.

Розташування торця всмоктуючого штуцера у дна резервуара дозволяє максимально використовувати об'єм проміжного бака і максимальну різницю рівнів в основному баку, що з'єднується з резервуаром. Відстані від торця штуцера до дна резервуара, що дорівнює 0,30 діаметра отвору штуцера, не весь обсяг проміжного бака буде використовуватися, при відстані менше 0,25 діаметра отвору штуцера утруднено надходження мастила через штуцер. Ось одного з вихідних отворів сопла має менший кут нахилу до осі основного потоку, через що прохідний перетин створює менший опір виходу розпорошеної мастила, при інших рівних умовах. Це зумовлює надходження через цей отвір більшої кількості мастила, ніж через отвір з великим кутом нахилу. Для забезпечення можливості

регулювання надходження мастила через отвір з меншим кутом нахилу поперек осі отвору встановлено різьбовий штир, при вивінчуванні якого створюється додатковий опір виходу розпорошеної мастила тим більше, чим більше перекрито прохідний перетин отвору штирем.

На рисунку 3. 1 зображено пристрій для подачі мастила, загальний вигляд; на рисунку 3.2 – сопло, розріз. Пристрій для подачі мастила містить корпус 1, вихідне сопло 2, повітропровід, по якому подається повітря, резервуар 3, що всмоктує штуцер 4, що з'єднує ежектор з мазочною головкою з резервуа ром 3, рукав 5, з'єднує бак зі змазкою з резервуаром 3. отвір сопла 7, різнопохилі отвори 8, регульований штир 9.

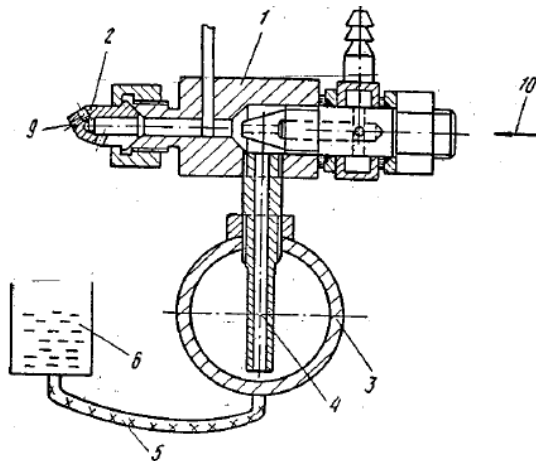


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд пристрою для подачі мастила розпиленням

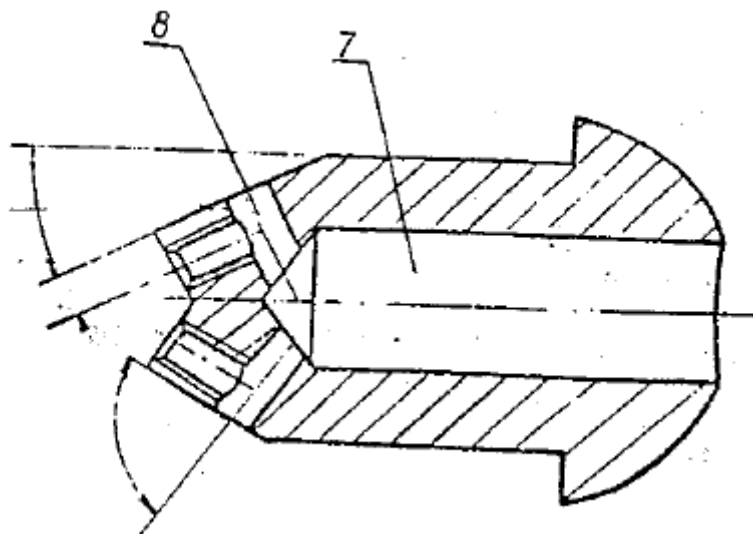


Рисунок 3. 2 – Розріз сопла пристрою для подачі мастила



Пристрій працює наступним чином. Повітряний потік від пневмосети 10, проходячи через отвір в корпусі 1 ежектора, при відкритому регулювальний гвинт створює розрідження в зоні штуцера 4. Через штуцер 4 в ежектор надходить потік рідкої мастила, яка розпилюється ежектором. Перекриваючи регулювальним гвинтом вихідний отвір, що має менший кут нахилу до загальної осі сопла, домагаються рівномірного подачі мастила, через два вихідних отвори на половини штампа. Зазначене пристрій рекомендується для змащування штампів пароповітряних молотів і кривошипних горячештамповочних пресів.

### ***3.2 Пристрій подачі технологічного мастила розпиленням на інструмент горизонтально-кувальної машини***

Пристрій, що містить форсунку, встановлену на передньому упорі машини, змонтованому на поворотній осі, і пов'язаний з джерелом подачі мастила і форсунках розподільник мастила, має поворотний кранпробку. Кран-пробка розподільника змащення жорстко змонтований на поворотній осі співвісно їй. Упор забезпечений закріпленням на ньому паралельно поворотною осі стрижнем, а форсунка змонтована на стрижні з можливістю регулювального переміщення уздовж нього [61].

На рисунку 3.3 зображено пристрій для змащення інструменту до горизонтально-кувальної машині (ГКР), загальний вигляд; на рисунку 3.4 - вид А рисунка 3.3; на рисунку 3.5 - перетин Б - Б рисунка 3.3; на рисунку 3.6 - вид В рисунка 3.3; на рисунку 3.7 - вид Г рисунка 3.3.

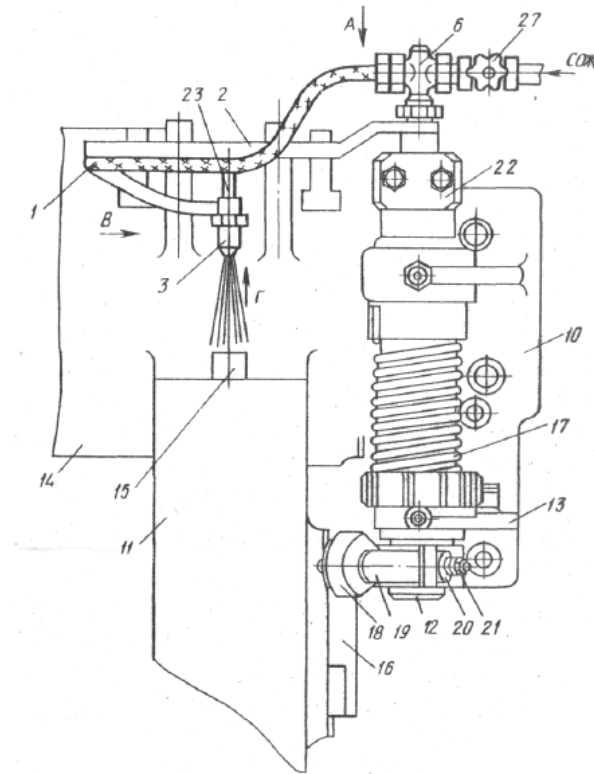


Рисунок 3. 3 - Схема установки для змащення штампів ГКР. Загальний вигляд

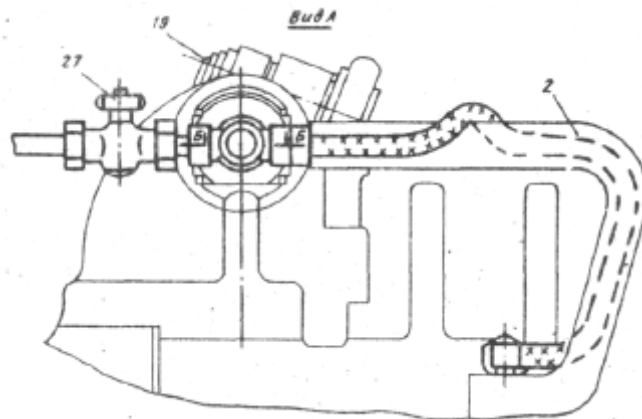


Рисунок 3. 4 – Вид А малюнка 3.3

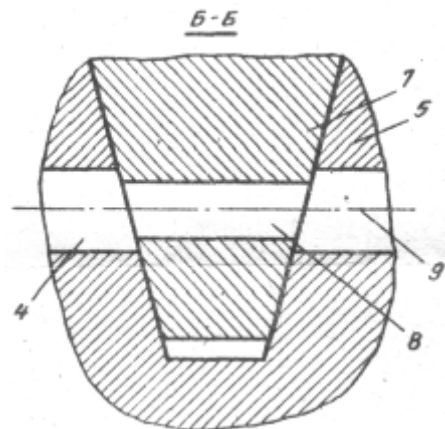


Рисунок 3.5 – Вид Б малюнка 3. 3

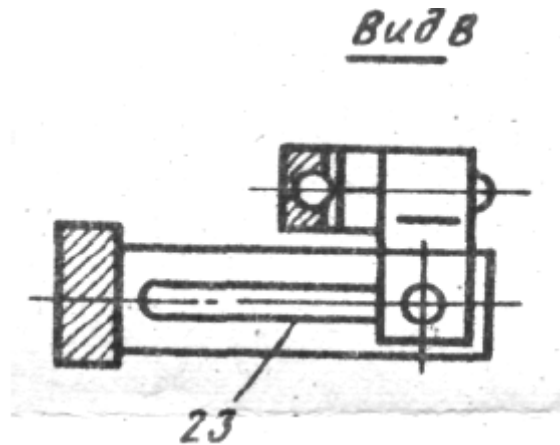


Рисунок 3. 6 – Вид В рисунка 3.3

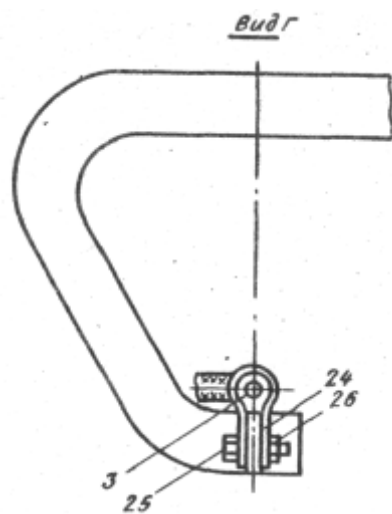


Рисунок 3. 7 – Вид Г рисунка 3.3

Пристрій для змащення інструменту містить підвідний трубопровід 1, встановлений уздовж тильної сторони переднього упору 2, на одному кінці якого змонтована форсунка 3, а інший кінець з'єднаний з отвором 4 корпусу 5 розподільника 6 з краном-пробкою 7. У крані-пробці 7 виконаний отвір 8, а в корпусі 5 - співвісний з ним і отвором 4 отвір 9. Положення переднього упору 2 управляє система, що складається з змонтованої на внутрішній стороні лівої направляючої 10 головного повзуна 11 ГКР осі 12, встановленої в кронштейнах 13 і скріпленої співвісно з краном-пробкою 7 і кінцем переднього упору 2. Вісь 12 і упор 2 встановлені з можливістю перестановки в осьовому напрямку і по колу відносно станини 14 ГКР. На бічній поверхні головного повзуна 11 з пуансонами 15 закріплена лінійка 16, до поверхні якої пружиною 17 притискається ролик 18. Ось 19 ролика 18 закріплена хомутом 20, який гайкою 21 затягнуть на кінці

пустотілого корпусу 22. Форсунка 3 закріплена на стрижні 23 хомутом 24 і гвинтом 25 з гайкою 26 з можливістю фіксації її при переміщенні стержня 23. Перед розподільником 6 встановлений вентиль 27.

Пристрій працює наступним чином. Перед роботою ГКР вентиль 27 відкривають, забезпечуючи доступ МОР до розподільника 6. При опущеному положенні упору 2, коли форсунка 3 знаходиться на осі пуансонів 15, отвори 4, 8 і 9 (рис.3 . 5 ) збігаються і мастило через трубопровід 1 і форсунку 3 подається на пуансони 15 .

При русі вперед повзуна 11 під час робочого ходу лінійка 16, взаємодіючи з роликком 18 на осі 19, повертає вісь 12 з хомутом 20 корпусом 22 і краном-пробкою 7, відводячи упор 2 з трубопроводом 1 і форсункою 3 з шляху переміщення повзуна 11. При цьому кран-пробка 7 перекриває отвори 4 і 9 і подача мастила припиняється. Після повернення упору 2 в початкове положення, коли головний повзун зробить зворотний рух, робочий цикл повторюється.

Переміщення і фіксацію положення форсунки 3 уздовж стрижня 23 здійснюють у разі потреби зберегти сталість відстані від форсунки до пуансонів 15 при зміні положення переднього упору. Довжина стрижня 23 повинна бути дорівнює відстані між крайніми передніми і задніми положеннями переднього упору 2.

Установка для нанесення технологічних мастил на штампи ГКР впроваджена на ГАЗі.

## 4. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ШТАМПІВ І ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ НА ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

### 4.1. Експлуатація штампів

Для успішної експлуатації штампа необхідні перш за все: правильна установка і надійне кріплення на молоті; своєчасний ремонт місць кріплення; сталість температури штампування металу і штампа; гарне змащення штампувальних струмків; ретельне видалення окалини з поверхні заготовок до надходження їх в штампувальні струмки.

Зниження температури штампування металу призводить до підвищення опору штампування металу деформації і до швидкого зім'яття поверхні ручйов. Підвищення температури, навпаки, не призводить до зниження стійкості штампа, якщо своєчасно вжити заходів для його охолодження. Тут треба мати на увазі, що підвищення температури штампування металу не завжди тягне за собою розігрів штампа, тому що при цьому значно зменшується потрібне число ударів при штампуванні, а отже, зменшується тривалість зіткнення поверхні штампа з гарячим металом.

Значно більший вплив на розігрів штампа надає підвищення темпу штампування. Тому при підвищенні темпу штампування треба уважно стежити за тим, щоб стійкість штампа не знизилася через зниження механічних властивостей штампової сталі, що викликано підвищенням температури штампа або термічною відпусткою штампової сталі. Необхідно, щоб температура штампа завжди була нижче температури термічної відпустки штампової сталі. Разом з тим необхідно мати на увазі, що з підвищенням температури штампа значно зросте разгаростійкість (опірність утворенню поверхневих тріщин) і зменшуються випадки викришування і полонки штампів. Практично найвища стійкість штампів досягається, коли температура його з боку роз'єму коливається в межах 250-300<sup>0</sup> С.

Для підігріву штампа до цієї температури перед роботою на ньому слід застосовувати газовий або індукційний підігрів, рідше для цього застосовують електropечі опору. Підігрів гарячим металом є найменш досконалим. Він здійснюється укладеними на штамп (переважно з боку роз'єму) сталевими заготовками, нагрітими до  $1000-1250^{\circ}\text{C}$ , і триває, поки температура на хвостовиках не досягне  $100-130^{\circ}\text{C}$ . Для цього потрібно для дрібних штампів до 1 год., для середніх до 1,5 год., для важких до 2 год. і більше. Тривале зіткнення штампа з гарячим металом, особливо в початковий період підігріву призводить до погіршення поверхні штампа, а іноді до зниження твердості за рахунок термічного відпуски. Тому при наявності палива застосовують більш продуктивний і зручний підігрів за допомогою спеціальних переносних атмосферних пальників, що встановлюються на штативах. Найбільш досконалим по швидкості і рівномірності є нагрів за допомогою переносних індукційних нагрівачів струмом промислової частоти, що встановлюються на молоті або на підлозі цеху між частинами штампа. Таке нагрівання в 1,5-2,0 рази швидше, ніж гарячим металом, і без перевищення бажаних температур.

Природне охолодження непрацюючого штампа в нормальних умовах протікає порівняно повільно. Так, для охолодження штампувального кубика масою 180 кг з  $300$  до  $100^{\circ}\text{C}$  потрібно близько 4,5 год. Незважаючи на повільне охолодження, необхідний постійний або періодичний підігрів штампа при штампуванні легких сплавів з низькою температурою обробки, а також після перерв у роботі при штампуванні сталі та інших сплавів з високою температурою обробки. Звичайно ж при штампуванні сталі необхідно постійне примусове охолодження штампа, інтенсивність якого визначається масою і формою заготовки, масою штампа, тривалістю його зіткнення з гарячим металом і продуктивністю штампування.

Охолодження струменем повітря, що використовується для сдува окалини, недостатньо. Подача води струменями або за допомогою помазка є основною причиною появи і зростання на поверхні штампа тріщин розпалу спершу одиничних, потім вони зливаються в сітку, яка покриває штамп. Причина цих

тріщин в різких об'ємних зменшеннях поверхневого шару штампа при інтенсивному охолодженні і появі в ньому значних напруг, що розтягують через те, що цей шар являє собою одне ціле з перебуваючим під ним менш охолоджуваних і менш стискаємих шарів. Тому замість рясного змочування слід застосовувати безперервне інтенсивне зрошення штампа водою за допомогою повітряних пульверизаторів.

Охолодження бажано об'єднувати зі змазкою штампа. Мастилом створюється теплоізоляційний шар, що знижує теплопередачу від оброблюваного металу до штампу, причому мастильний матеріал, що подається в рясній кількості, «відбирає» теплоту з поверхні штампа, а утворений їм антифрикційний шар полегшує заповнення струмка металом і витяг з нього поковки. При штампуванні на молотах в якості мастильно-охолоджуючих матеріалів найбільш широко застосовують насичений розчин кухонної солі (26%) або колоїдний розчин графіту (5%). Розчин кухонної солі застосовують тільки для штампів без глибоких і вузьких порожнин, інакше сіль розплавляється під дією гарячої заготовки, заповнює порожнину штампа і метал в подальшому не затікає в струмок. Мастило мазутом різко знижує разгаростійкість штампів. Використання дерев'яної тирси задає занадто багато роботи і вимагає ретельного контролю, так як з ними можуть потрапити сторонні дрібні предмети, що можуть зіпсувати поверхню струмка.

При всіх умовах ретельне видалення окалини особливо необхідно тому, що, вона застряє в глибоких порожнинах і в тріщинах розпалу і тягнучи за собою оброблюваний метал, вона дряпає поверхню струмка.

При необхідності штампи піддають ремонту безпосередньо на робочих місцях або в майстернях, щоб по можливості відновити форму штампувальних струмків, зачеканити і зачистити тріщини і вирівняти спотворені поверхні, особливо по штампувальним ухилам. Число ремонтів в залежності від форми струмків коливається від 2 до 4 і більше. При ремонті використовують карбівки, а також шліфувальні круги, шарошки, насечні фрези, обпилювальні, зачистні встаткування, пристосування і шаблони, які застосовуються при виготовленні і

відновленні штампів, причому для ремонту на робочих місцях широко використовують переносні електро- і пневмобормашини.

#### 4.2 Стійкість штампів

Стійкість багатострумкових молотових штампів до чергового капітального ремонту (відновлення) різко коливається насамперед в залежності від: марки штампуваного металу, форми поковки, марки штампової сталі і твердості штампа, якості виготовлення, а також способу охолодження, змащення й інших умов експлуатації штампа. Так, при штампуванні конструкційної вуглецевої і низьколегованої сталей в штампах зі сталі 5ХНТ при охолодженні і змащенні водою з кухонною сіллю і графітом вручну за допомогою помазка стійкість, яка визначається числом штампувальних поковок, в залежності від форми поковок коливається в наступних межах

Таблиця 4.1 Кількість штампувальних поковок при штамповці на молотах

На молотах, т	Стійкість, шт	На молотах, т	Стійкість, шт
0,6	6500-14500	4	3400-6500
1	6000-12000	6	2300-4500
2	5000-9500	8	1400-3200
3	4100-7500	10	1000-2300

У зазначених вище межах нижча стійкість виходить при штампуванні поковок типу шестерень з тонким полотном або глибокими позначками отворів, поковок з надзвичайно складними виступами і ребрами та інших поковок складної форми, а також при багато штучній штамповці, причому в останньому випадку фактичне знімання визначається зазначеною тут нижчою стійкістю, помноженою на число одночасно штампованих поковок. Вища стійкість виходить при штампуванні поковок типу важелів, колінчастих валів, конічних шестерень типу сателіта диференціала, а також інших поковок простої форми. При цьому для поковок типу прямих східчастих валів без фланців стійкість перевищує зазначену вищу стійкість в 1,5, а в окремих випадках в 2 рази.



При виділенні остаточного струмка на окремий штамп стійкість заготівельного молотового штампа збільшується в 1,5-2 рази, а іноді в 3-5 разів у порівнянні зі стійкістю остаточного молотового штампа.

До заходів, що забезпечує значне підвищення стійкості, відносяться перш за все всі організаційно-технічні заходи, спрямовані на забезпечення суворого дотримання нормального режиму експлуатації штампів (удосконалення методів контролю температур штампування і штампа, впровадження найсучасніших способів підігріву і охолодження штампа, поліпшення конструкції пульверизатора і засобів видалення окалини, підбір найкращого складу мастильно-охолоджуючих матеріалів і т.інш.). Стійкість може бути підвищена також за рахунок удосконалення конструкції самих штампів шляхом:

- зміни форми і розмірів найбільш зношуючихся деталей остаточного струмка, а також зміни штампувальних ухилів і радіусів заокруглень;
- застосування змінних вставок в найбільш зношуючихся місцях остаточного струмка;
- удосконалення заготівельних струмків з тим, щоб в найбільшій мірі звільнити остаточний струмок від перерозподілу в ньому металу заготовки;
- широкого застосування попередніх струмків;
- максимального впровадження багатоштучного штампування.

Значне підвищення стійкості виходить при підвищенні якості обробки поверхні штампувальних струмків шляхом:

- застосування різних прийомів шліфування, при яких ризики від абразивного інструменту наносяться по напряму течії металу при заповненні струмків;
- ретельного полірування поверхні;
- нагартівки її обробки дробом, що в окремих випадках підвищує разгаростійкість за рахунок віддалення моменту появи перших тріщин розпалу.

З інших заходів, що ведуть до підвищення стійкості, слід мати на увазі ретельний підбір марки штампової сталі для кожного штампа; уточнення оптимальної твердості; підвищення якості термообробки штампів; переклад обробки штампувальних струмків з фрезерування на штампування; ретельний облік стійкості штампів за допомогою їх паспортизації, а також уважне вивчення і усунення причин передчасного зносу і інших випадків виходу штампів з ладу.

## 5. РУЙНУВАННЯ ШТАМПІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ СТІЙКОСТІ

### 5.1 Фактори, що визначають стійкість штампів

Стійкість штампів оцінюється загальною кількістю штампованих заготовок, виготовлених за весь термін їх експлуатації, і залежить від численних факторів [64].

#### **Металургійні чинники**

- хімічний склад штампованої сталі;
- засоби виплавки і розливання;
- специфічні особливості плавки (склад шихти, наявність неметалічних включень, газонасиченість) .

#### **Технологічні чинники**

- величина укова і текстура штампового кубика або заготовки під штамп ;
- засоби виготовлення і доведення гравюр;
- стан робочої поверхні;
- режим термообробки;
- методи поверхневого зміцнення гравюр .

#### **Конструктивні фактори**

- метод штампування;
- розміри штампів;
- конфігурація поковки;
- конструктивне оформлення штампа (форма і розміри задірної канавки, кількість струмків, наявність вставок і т.д.) .

#### **Експлуатаційні фактори**

- потужність, кінематичні особливості і стан штампового обладнання;
- якість налагодження інструменту;
- кваліфікація штампувальника;
- властивості деформованого металу при кувальній температурі;
- температура і метод нагріву заготівль;

- склад і способи нанесення технологічних мастил;
- режим штампування;
- засоби реставрації струмків;
- якість поверхні і точність виготовлення поковок.

До сих пір не існує єдиної думки щодо характеру і значимості впливу зазначених факторів на стійкість інструменту.

Залежно від фізико-механічних властивостей штампової сталі змінюється характер захоплення між заготівлею та інструментом, інтенсивність абразивного зносу, зусилля штампування, температурно-силовий режим інструменту, ступінь дифузійних і структурно-фазових процесів в контактних обсягах. Все це ускладнює дослідження впливу окремих факторів на стійкість інструменту і надає самій проблемі комплексний характер.

Для вирішення завдання в цьому плані запропоновано згрупувати всі 4 фактора в три групи, що характеризують:

1. Механічні і фізико-хімічні властивості штампових сталей з урахуванням технології їх обробки, структурно-фазових, дифузійних і адгезійних явищ, що протікають в процесі експлуатації в прикордонних об'ємах матеріалу.

2. Термічний режим роботи штампів.

3. Напружений стан інструменту.

Наведена класифікація розширює можливості дослідження і сприяє встановленню загальних закономірностей зносу штампів і визначає шляхи підвищення їх стійкості.

В даний час стійкість штампів від 1000 до 50000 штамповок в залежності від перерахованих факторів. В окремих випадках стійкість може бути і нижче. Кількісні показники стійкості зазвичай пов'язують з конструктивними та експлуатаційними чинниками. Для об'єктивної оцінки стійкості штампів важливий добре налагоджений їх облік.

## 5.2. Знос і причини виходу штамів з ладу

Знос штампового інструменту визначається кількісними і якісними змінами в поверхневому шарі, який знаходиться в безпосередньому контакті з деформуємим металом в процесі експлуатації.

В роботі А.Т. Просвіріна розроблена класифікація молотових штамів по переважаючим видам зносу.

Численні дослідження показують, що основними видами зносу є

1. Стирання по механічному зносу.
2. Зминання і пластична деформація гравюри.
3. Поява сітки розпалу.
4. Поява великих тріщин.
5. Поломка (аварійний випадок).

Знос штамів стиранням являє собою змінення розмірів гравюри за рахунок виносу частинок з його поверхні деформованого метала.

У літературі є відомості, що 60% молотових штамів виходять з ладу через знос стиранням.

Є різні точки зору на механізм зносу. Англійські вчені представляють знос як результат адгезійної взаємодії ділянок поверхні двох тіл - утворення містків схоплювання і подальшого їх руйнування.

Інша точка зору показана в роботах вітчизняних вчених. Не заперечуючи адгезійного руйнування, І.В. Крагельський представляє знос результатом багаторазової деформації і втомного руйнування виступаючих ділянок поверхні.

Обов'язковою умовою зносу стиранням є переміщення металу поковки в процесі деформації відносно поверхні штампа. Напрямок течії металу визначається законом найменшого опору. Чим вище  $t^0$  С, тим нижче міцність металу штампа і вище ймовірність зносу стиранням.

На більшості ділянок гравюри течія металу по поверхні штампа обмежена, а з моменту заповнення струмка весь укладений в ньому обсяг металу перетворюється в зону застою.

Інтенсивна течія металу має місце лише в області облойного містка. Тут тертя різко підвищує  $t^{\circ}C$ . Тому область облойного містка в найбільшій мірі схильна до зносу стиранням.

Інтенсивний знос стиранням спостерігається і по контуру найбільш вузьких ділянок гравюри, на зовнішніх округленнях струмка, а також в порожнинах, що заповнюються за рахунок закінчення металу.

Підвищення чистоти поверхні гравюри штампа знижує знос.

В результаті розігріву виступаючих кромки і порожнини штампу збільшується температура відпустки штампової сталі і відбувається змінання кромки, втрата початкової твердості і зниження механічної міцності. При високій температурі струмок штампа в поверхневому шарі пластично деформується, твердість знижується на 40 - 50% в порівнянні з початковою, це призводить до зниження його механічної міцності.

Починаючи з  $t = 600^{\circ}C$  і вище властивості міцності штампових матеріалів починають поступатися міцності штапованих жароміцних сплавів.

Основною причиною появи сітки розпалу є термічна втома матеріалу, викликана повторними нагріваннями та охолодженнями інструменту.

### 5.3. Матеріали, що застосовуються для штамів гарячого деформування

**Стандартні штамповані сталі.** Вибір штампного матеріалу залежить від призначення штампа, умов його експлуатації та економічної доцільності. На підставі аналізу причин зносу штампного матеріалу запропоновано основні критерії оцінки стійкості штампних сталей.

Матеріал гарячих штамів в робочому інтервалі  $t^0$  С повинен володіти:

1. Підвищеною межею міцності і плинності для збереження форми штампа при високих питомих тисках в процесі деформування.
2. Теплостійкістю для збереження підвищених характеристик властивостей міцності при нагріванні;
3. В'язкістю для попередження поломок, викришування і забезпечення високої разгаростійкості.
4. Разгаростійкістю (опором термічної втоми) для попередження тріщин, що виникають при багаторазовому чергуванні нагрівання й охолодження.
5. Зносостійкістю.
6. Окаліностійкістю; тому при нагріванні до 600- 700° С окаліностійкість значною мірою визначає зносостійкість;
7. Теплопровідністю для кращого відведення тепла, переданого деформуючою заготовлею.
8. Малим коефіцієнтом теплового розширення.
9. Прокаліваємністю, тому що штампи великого перерізу повинні мати високі властивості міцності і в нижчих шарах.

Однією з основних характеристик штампних сталей, що визначає швидкість розвитку процесів зносу, термічної втоми є теплостійкість. У ряді робіт останніх років рекомендується за критерій теплостійкості приймати температуру витримки тривалістю 4 години, після якої твердість зберігається не нижче 40 HRC.

За характером легування і фізико-механічними властивостями стандартні сталі умовно можна розділити на три групи:

### 1. Типу 5ХНВ, 5ХНМ, 5ХГМ.

Ці сталі володіють задовільною міцністю, гарною пластичністю і ударною в'язкістю, але недостатньою теплостійкістю, зберігаючи HRC 43 - 45 після двогодинної відпустки при температурі 500° С. Їх недоцільно застосовувати для штампів при деформації жароміцних сталей і сплавів. Їх стійкість не перевищує 200 - 400 поковок.

2. Комплексно леговані сталі типу 4Х5В2ФС по теплостійкості і пластичним характеристикам займають проміжне положення між сталями першої і третьої груп та їх раціонально застосовувати при виготовленні молотових вставок для деформування жароміцних металів і сплавів. Сталь 4Х5В2ФС (EI 958) забезпечує значно більшу стійкість інструменту в порівнянні зі сталями 5ХНМ.

3. Особливістю сталей цієї групи 4Х2В5ФМ, 3Х2В8Ф є підвищений вміст вольфраму, який сприятливо впливає на теплостійкість і міцності сталі при підвищених температурах. Кращими властивостями з цієї групи має сталь 4Х2В5ФМ (EI-959) (по теплостійкості).

Найкращим поєднанням механічних властивостей і теплостійкості (до 600 - 700 °С) володіє 45Х3В3МФС (ДІ-23). Стійкість інструменту з цієї сталі в 1,5 - 3,0 рази перевищує стійкість інструменту зі сталей 4Х5В2ФС, 5ХНМ, 5ХНВ, 4Х5В4МФС, а також 3Х2В8Ф.



#### 5.4. Домінуючі фактори руйнування штампів

При гарячому штампуванні металу відбувається інтенсивне руйнування штампів. В цьому відношенні штампи не мають рівних серед інших видів металообробного інструменту.

З'ясуємо найбільш істотні фактори руйнування штампів, поклавши в основу аналізу матеріали виробничого досвіду. Таке дослідження слід проводити по певній системі, щоб виявити шляхи підвищення стійкості штампів. Однак розробити цю систему дуже важко, оскільки між окремими процесами руйнування є тісні зв'язки, що виключає їх розмежування в реальних умовах. Тому при вивченні питання будемо спиратися на недосконалу систему (рис. 5.1), але яка вказує домінуючі фактори руйнування гравюри штампа і їх найважливіші зв'язки.

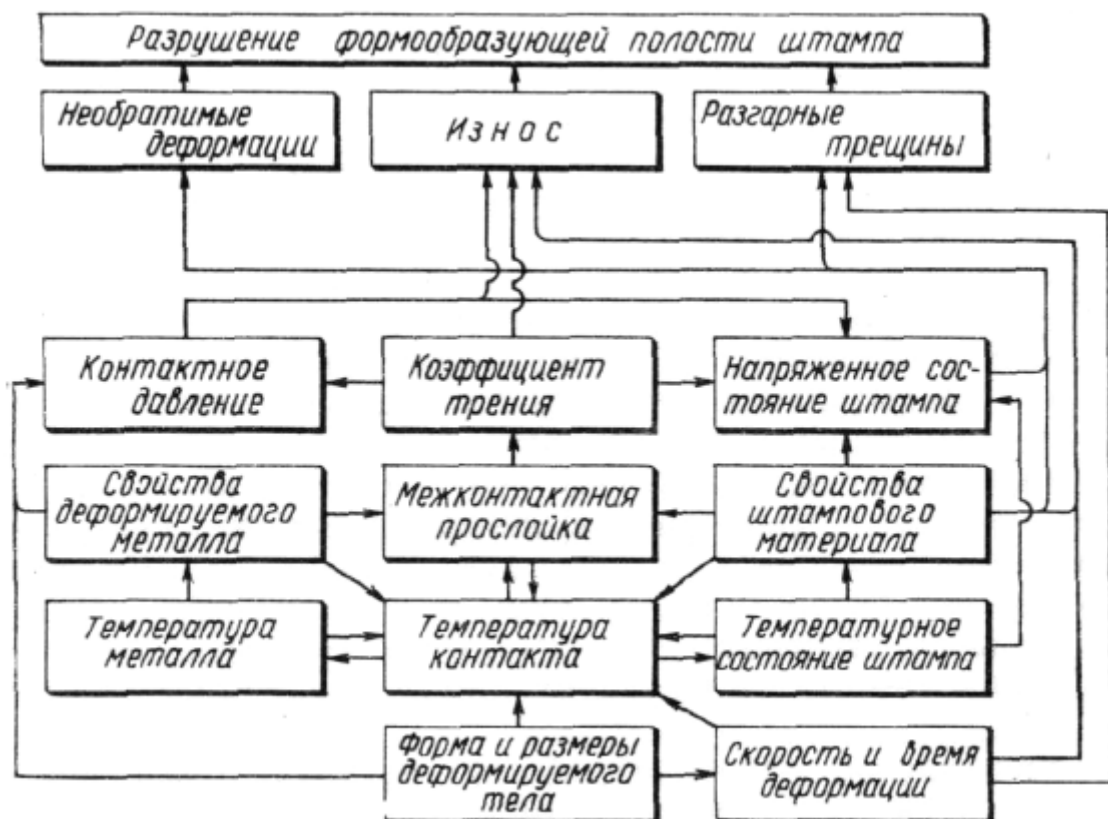
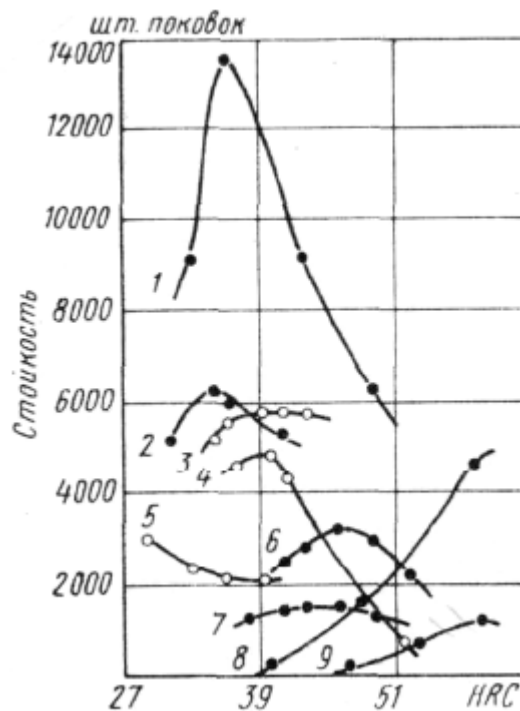


Рисунок 5.1 – Діаграма домінуючих чинників руйнування штампів об'ємного штампування [64]

Відповідно до прийнятої системи виділяють такі різновиди руйнування гравюри штампів: необоротна деформація формотворчих елементів; знос і утворення тріщин.

Згідно з даними розподілу штампів за ознакою руйнування, стійкість молотових штампів можна збільшити головним чином шляхом підвищення конструктивної міцності. Для штампів ГКР потрібні технічні рішення, спрямовані на те, щоб загальмувати процес освіти разгарних тріщин. Пресові штампи потребують захисту одночасно по всіх трьох різновидів руйнування.

Схильність штампів до руйнування залежить від складу і режиму зміцнення штампового матеріалу. Це видно з кривих зміни стійкості штампів в залежності від їх початкової твердості, наведених на рисунку 5.2.



1 - ланка гусениці; 2 - муфта фланця; 3 - кришка шатуна; 4 - шатун; 5 - балка передньої осі; 6 - шатун; 7 - шатун; 8 - піввісь шестерні; 9 - кулька 1 "

Рисунок 5.2 – Вплив твердості на стійкість штампів [64]

Висхідні гілки кривих відповідають штампам, які виходять з ладу від незворотних деформацій і зношування, а низхідні - за утворенням разгарних тріщин і поломок. Точки максимуму висловлюють розумний компроміс між твердістю і тендітною міцністю, розташування яких залежить від геометричних

параметрів штампа і умов експлуатації. Отже, вибір матеріалу і режиму термічного або термомеханічного зміцнення вимагає індивідуального підходу з позиції надання штампу максимальної стійкості з широкою площею на максимумі.

Службові властивості штампових сталей оцінюють орієнтовно порівняльним коефіцієнтом  $K_m$ , який змінюється в межах 1,2 - 14 щодо значення його для сталі 5ХНВ, а при армуванні штампів твердим сплавом досягає навіть 25.

Стійкість штампа залежить також від засобу і режиму термообробки. Наприклад, додаткове (повторне) гартування швидко зношуючих елементів гравюри на підвищену твердість підвищує стійкість штампів, виготовлених зі сталі 3Х2В8, в 3 - 4 рази, а при зміцненні штампів з сталей 5ХНВ, 5ХНМ, 5ХГСВФ - на 50 - 80%. Застосування ізотермічного загартування дозволяє вдвічі підвищити стійкість штампів, виготовлених із сталей 53НМ, 5ХНВ, 5ХНТ і 5ХГМ.

Підвищення експлуатаційного ресурсу штампів можна досягти шляхом хіміко-термічної обробки. Азотування і борування надають робочій поверхні високу твердість і антифрикційні якості. В результаті проведення азотування і борування стійкість штампів збільшується в 1,8 - 2,2 рази. Для борировання застосовують сталі з  $K_m < 1,5$ , а для азотування  $k_m > 1,5$ .

Розглянемо вплив розмірів облойного містка на стійкість штампа. При конструюванні штампів розміри облойного містка вибирають з умови повного заповнення порожнини штампа деформуємим металом при мінімальному відході металу в облой. Висоту облойного містка вибирають за аналогією за відомими процесами штампування подібних поковок або шляхом розрахунку, якщо стійкості штампа надається основне значення, то висоту містка на шкоду економії металу можна дещо збільшити. Однак при збільшенні висоти містка, наприклад на 10%, стійкість штампа підвищується всього на 15 - 20%.

При вивченні впливу складу оброблюваного металу на стійкість штампа встановлено, що при переході від штампування поковок з низьковуглецевих

сталей (20, 40, 20X, 2XHP) до штампування високохромистих і аустенітних сталей (2x13, 9X2B, X18H9T) стійкість інструменту знижується майже в 4 рази. Важливо відзначити, що зниження стійкості штампа при зміні складу штампуемого металу приблизно однакове для поковок, що відрізняються за формою і розмірами. Це вказує на лінійний зв'язок між твердістю деформованого металу і витратою експлуатаційного ресурсу штампа.

Надзвичайно важливе значення має температурний аспект руйнування штампів. Від температурного стану штампа залежать всі різновиди руйнування. Температурний стан штампа зумовлюється швидкістю і ступенем деформації металу, частотою штампування, способом охолодження і іншими факторами, зображеними на діаграмі руйнування штампів.

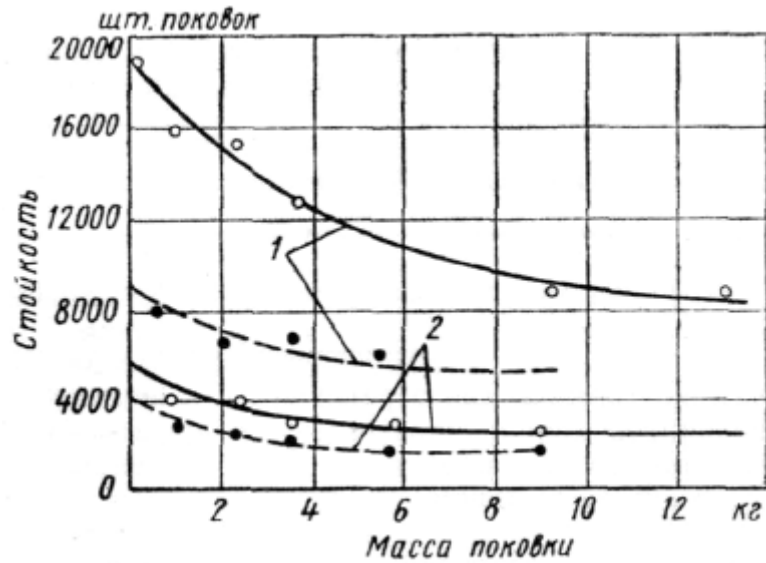
При високому темпі штампування відбувається інтенсивний розігрів штампа.

З метою регулювання температури штампа застосовують зовнішнє або внутрішнє охолодження, здійснюване шляхом циркуляції води по каналах, розташованих поблизу гравюри. Внутрішнє охолодження вельми ефективно. Але іноді призводить до утворення аварійних тріщин. Наприклад, при одночасному штампуванні двох петель стійкість штампа становила 1250 - 1500 поковок, а після влаштування внутрішнього охолодження стійкість штампа збільшилася в 6,5 раз.

Розглянемо залежність стійкості штампів від маси штампованих поковок (рис. 5.3). Розташування кривих вказує на те, що швидкість деформації помітно впливає на тривалість служби штампів. Середня стійкість молотових штампів в 1,2 - 1,4 рази вище стійкості штампів, експлуатованих на КГШП. Але з цього факту не слід, що для підвищення стійкості штампів швидкість деформування металу повинна бути доведена до технічної межі.

Встановлено, що при штампуванні металів на високошвидкісних молотах інтенсивно руйнується робоча поверхня штампа, і його стійкість виявляється на рівні стійкості штампів, які працюють при пресуванні за схемою видавлювання в роз'ємних матрицях або безоблойного штампування. Дослідники навіть відзначають, що знос (стирання) штампів при штампуванні на молоті в 1,5 рази

вище зносу штампів при штампуванні заготовок на КГШП і значно підвищується зі збільшенням потужності штампувального молота.



1 - сумарна стійкість; 2 - разова стійкість;  
 ----- молотові штампи (5ХНТ); - - - - пресові штампи (5ХНВ)

Рисунок 5.3 - Стійкість пресових і молотових штампів в залежності від маси штампованих поковок [64]

Така зміна може бути пояснена тим, що при високій швидкості течії металу, хоча і скорочується час активного контакту, але в той же час на контакті виникають потужні теплові джерела, які інтенсифікують процес руйнування робочої фігури штампа. Для того, щоб штампи були максимально стійкими штампування слід виконувати з середніми швидкостями, але з мінімально можливим часом активного контакту, що забезпечує попереднє фасонування заготовок, що подаються під остаточне штампування.

З розгляду порівняльних коефіцієнтів стійкості за всіма чинниками (табл. 5.1) приходимо до висновку, що найбільш важливим у вирішенні проблеми стійкості штампів є вибір матеріалів і зміцнюючої технології.

Таблиця 5.1 - Орієнтовні порівняльні коефіцієнти стійкості кувальних штампів



При азотуванні заліза, що не містить легуючих елементів, висока твердість не досягається. На жаль, дуже мало відомостей в літературі про практику азотування кувальних штампів. На ЗІЛі азотірують молотові штампи, виготовлені зі сталі 40ХСМФ. В результаті азотування стійкість штампів збільшується в 2 рази. Незважаючи на те, що процес досить тривалий, доцільність азотування штампів не викликає сумнівів.

Азотування є перспективним методом поверхневого зміцнення мартенсітностаріючих сталей, які можуть бути використані в якості штампових матеріалів. Азотування мартенсітностаріючої сталі Н18К9М5Т, яке поєднується з процесом старіння, призводить до утворення дифузійного шару завдовжки до 0,2 - 0,25 мм. Дифузійні шари міцно пов'язані з основним металом і виявляються не тендітними. Азотування рекомендується проводити в середовищі аміаку при температурі 450° С протягом 48 годин і при температурі 500°С протягом 24 годин.

Розглянемо процес зміцнення поверхні кувального штампа методом насичення прігравюрного шару бором. Це зміцнення досягається завдяки тому, що бор має такий же малий атомний радіус, як вуглець і азот. Механізм борування в основному зрозумілий, хоча погляди деяких дослідників не є безперечними. Сконцентруємо увагу на прикладних питаннях отримання покриттів засобом електролізного борування. Засіб забезпечує отримання щільного і суцільного шару, а також високу активність насичення. Правда, при електролізному боруванні необхідне застосування спеціальної апаратури. Крім того, виникають додаткові труднощі, пов'язані з вирішенням питання про рівномірний розподіл струму по гравюрі штампа .

При насиченні вуглецевих і низьколегованих сталей вміст легуючих елементів не дає особливого впливу на швидкість борування, але змінює співвідношення і структуру фаз. Важливе значення має також температура борування. Якщо процес проводиться при температурі 800° С, то дифузійний шар складається з боридів заліза  $Fe_2B$  , а при температурі 900 - 1000° С - з боридів заліза  $FeB$  і  $Fe_2B$  . В міру подальшого підвищення температури і збільшення тривалості процесу кількість  $Fe_2B$  в шарі збільшується.

Електролізне борування вставок молотових штампів дозволяє збільшити експлуатаційний ресурс штампів в 2 - 3 рази; скоротити до 25% число ударів на стадії формоутворення поковки; зменшити штампувальні ухили; зменшити при штампуванні поковок масу падаючих частин молота і виключити технологічне мастило, застосовуючи для охолодження штампів тільки стиснене повітря.

Досліди показали, що при електролізному боруванні вставок зі сталі 5ХНВ оптимальним є режим: температура борування 920 - 950°С, щільність струму 0,25 - 0,3 А/см<sup>2</sup>, час борування 3,5 години.

На закінчення відзначимо розвиток способу хіміко-термічної обробки штампів, заснованого на комплексному насиченні матеріалу хромом, азотом і вуглецем. Спосіб передбачає застосування спеціального герметизованого пристосування, яке завантажується разом з матрицею в піч (900 - 1000°С). Після витримки в печі пристосування разом з матрицею охолоджують на повітрі. Потім матриці (сталь 5ХНМ) піддають нормальній термообробці. В результаті хіміко-термічного зміцнення стійкість матриць при штампуванні заготовок діаметром 165,80 мм підвищується з 300 до 1000 і більше поковок. Оптимальний склад насиченого середовища: 71% Сг; 2,8% K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>; 5,3% карбюризатора; 11% сечовини; 1% NH<sub>4</sub>Cl; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - інше. Твердість поверхні після обробки складає HRC 200 (1800 кгс / мм<sup>2</sup>) [64].

## 5.6. Захисні покриття

Метод підвищення стійкості штампів шляхом нанесення на гравюру захисних покриттів набула достатнього розвитку. Правда, в деяких випадках застосовують гальванічне тверде хромування, за допомогою якого збільшують в 2 - 3 рази термін служби штампа і покращують видобування поковок з штампа. Однак хромування штампів з оптимальною товщиною покриття 20 - 40 мкм все ж не дає бажаного ефекту при складній гравюрі і різких переходах. У цих випадках хром в процесі експлуатації розтріскується і відшаровується. Проте розглянемо цей спосіб захисту гравюри від зносу в зв'язку з тим, що ефективність хромування



значно підвищується, якщо поверхня штампа попередньо обробляти дробом, а потім гідроабразивним струменем.

Хром є тугоплавким металом (температура плавлення  $+1925^{\circ}\text{C}$ ). Хром, який осаджується на катоді за фізико-механічними властивостями відрізняється від хрому, що знаходиться в стані рівноваги. Хромовий осад має високі антифрикційні властивості. Наприклад, застосування бойків з покриттям хрому дозволяє зменшити зовнішнє тертя при гарячій обробці металів на одну третину.

Надзвичайно важливе значення для якості покриття має здатність хрому зрощуватися з основним металом. Зауважимо, що міцність зчеплення залежить від природи сталі, на яку наносять хром, якості поверхні і ступені поглинання при електролізі водню, понижуючого міцність зчеплення. Вважають, що чистота поверхні яка піддається хромуванню, повинна відповідати 9 - 11 класів шорсткості. Небезпечним, з точки зору відшаровування хрому, є наявність на поверхні тріщин, які під шаром хрому стають концентраторами внутрішніх напружень і, отже, збільшують ймовірність руйнування хромового покриття [64].

### **5.7. Технологічні варіанти формоутворення робочої поверхні штампа**

Спосіб формоутворення гравюри впливає на структуру сталі і рівень залишкових напружень, які частково або повністю можуть успадковуватися при виконанні наступної зміцнюючої обробки кувального штампа. Розглянемо чотири різні способи формоутворення робочої порожнини штампа [64].

**Перший спосіб** - утворення гравюри шляхом механічної обробки на токарному, вертикально-фрезерному і копіювально-фрезерному верстатах. Для обробки просторово складних поверхонь застосовують металорізальні верстати з програмним управлінням, а також верстати з фотоелектромеханіческою системою управління, в якості пристрою, що задає система використовують креслення. Точність розмірів після обробки - до 0,1 мм . При виготовленні великих штампів механічну обробку здійснюють після гарту і відпустки штампового кубика, що дозволяє підвищити точність гравюри штампа. Спосіб має істотні недоліки. Вони

виражаються в тому, що при виготовленні штампів з важкооброблюваних матеріалів виникають чималі труднощі. Характерно для способу перерізання волокон, що тягне за собою підвищення схильності штампа до утворення тріщин і зносу. Крім того, після верстатних операцій потрібно слюсарна обробка, яка відрізняється низькою продуктивністю і шкідливими умовами праці.

**Другий спосіб** - штампування вкладишів видавлюванням, що забезпечує штампам підвищений експлуатаційний ресурс. Зменшення витрат штампової сталі, а в ряді випадків і зниження трудових витрат, пов'язаних з формоутворенням гравюри.

Багато недоліків засобу отримання вкладишів намагаються усунути шляхом застосування засобу штампування вкладишів з розплаву сталі. Однак штампування з рідкої сталі не усуває необхідність виконання наступної механічної обробки формотворчих елементів.

**Третій спосіб** - вилівок штампів з гравюрою. Застосування методу знижує витрати на механічну обробку, спрощує технологію виготовлення штампів і скорочує виробничий цикл. Крім того, для виробництва штампів можна застосовувати жароміцні сплави, які важко піддаються механічній і пластичній обробці. Спосіб застосовується на ПАТ « Азовмаш » .

Стійкість литих штампів з сталей 5ХНТ, 5ХНВ і ін. знаходиться приблизно на одному рівні зі стійкістю кованих штампів, а по схильності до утворення тріщин поступається останнім. З огляду на то, що вартість отримання фігури шляхом механічної обробки складає в середньому 20% загальної вартості штампа, ефективність способу лиття виявляється в багатьох випадках низькою. Але зовсім по-іншому виглядає результативність вилівки штампів, якщо звичайну штампову сталь замінюють жароміцним сплавом, наприклад, ХН77ТЮР. Подібна заміна матеріалів штампів, які застосовуються для штампування високоміцних сталей, призводить до скорочення витрат на їх виготовлення на 40 - 70%.

**Четвертий спосіб** - електротехнологічний, здійснюваний шляхом введення електричної енергії безпосередньо в зону обробки. З всіх різновидів електротехнологічного способу обробки у виробництві штампів найбільш

важливе значення мають електроімпульсний і електрохімічний засоби відтворення гравюр. Засоби застосовуються на Токмацькому ковальсько-штампувальному заводі, ЗІЛі, ГАЗі, ПАТ « Азовмаш » .

**Електроімпульсна обробка штампів.** На електроімпульсних верстатах обробляють штампи для широкої номенклатури поковок (шатунів, вилок, куркулів, хрестовин, колінчастих валів і т.п.) з площею до тисяч квадратних сантиметрів. Перехід з фрезерування на електроімпульсну обробку гравюри знижує трудомісткість слюсарно-механічного доведення гравюри майже в 2 рази. Для виготовлення струмка штампа витрачається зазвичай один - два інструменти - електрода (вживані) і один електрод для вибирання останнього шару, товщина якого задається до 0,1 мм. Для економії електродів застосовують часто комбінований спосіб, що складається з попередньої механічної обробки (фрезерування, штампування) і чистової електроімпульсної обробки. Розміри електрода призначають з умови мимовільного утворення межелектродного зазору, рівного 0,1 мм при попередній і 0,03 мм при остаточній обробці. Припуск під слюсарне доведення 0,2 - 0,3 мм .

Важливе значення при використанні електроімпульсної обробки кувальних штампів має виготовлення електродів-інструментів. Електроди з червоної міді забезпечують найбільш стабільне протікання процесу на найпродуктивніших режимах. Електроди з алюмінію і його сплавів в цьому відношенні поступаються мідним, але знаходять застосування завдяки низькій вартості матеріалу і відносною легкості виготовлення литтям і штампуванням. Для остаточної обробки застосовують електроди з углеграфіта марки ЕЕГ, що володіє високою електроерозійною стійкістю і хорошою оброблюваністю при відносно низькій вартості. Для багаторазового використання електроди з матеріалу ЕЕГ виконують з металевими хвостовиками. Видалення продуктів ерозії здійснюють методом прокачування робочої рідини, для чого в електродах просвердлюють отвори діаметром 2 - 6 мм з кроком 35 - 45 мм .

Для реалізації всієї потужності генератора, але виключення утворення прожогов і місцевого перегріву електроду, застосовують багатоконтурну обробку.

Електроди виготовляють збірними, частини їх склеюють складом, приготованим на основі епоксидної смоли ЕД5, а струм підводять окремо до кожної частини. Багатоконтурна обробка успішно застосовується, наприклад, для виготовлення штампів колінчастого вала (ГАЗ).

**Електрохімічна обробка штампів.** Спосіб заснований на явищі анодного розчинення, завдяки якому на виробі відтворюється профіль катода-інструменту у вигляді негативної форми. Специфічною особливістю способу є висока швидкість руху електроліту (переважно розчину NaCl) в розрізі між електродами, величина якого змінюється в межах 0,1 - 0,5 мм. Завдяки руху електроліту забезпечується видалення продуктів анодного розчинення, що утворюються у великій кількості, і його охолодження. При цьому важливо правильно вибрати розташування щілин і отворів для підведення електроліту. Потік електроліту повинен бути суцільним з метою виключення застійних зон, що викликають короткі замикання, через які відбувається пошкодження інструменту. Електроди - інструменти виготовляють з міді, латуні або корозійностійкої сталі. Спосіб характеризується високою продуктивністю і нульовим зносом електрода - інструменту, але вимагає застосування джерел струму великої сили. При його використанні виникають труднощі з вимивання осадів і газів, що утворюються. Відзначається також утруднення управління процесом при обробці складнопрофілірованих деталей високої точності.

При виборі способу утворення гравюри штампа слід виходити з конкретних умов виробництва і характеристик кувального штампа. Ясно, що при виготовленні великогабаритних штампів перевага ще надовго збережеться за обробкою на металорізальних верстатах. Якщо ж розглядати питання про виробництво штампових вкладишів і вставок, то, мабуть, в майбутньому домінуюче становище займуть штампування і лиття. В даний час найбільш підходящим способом є обробка на металорізальних і електроімпульсних верстатах.

## 5.8. Способи термообробки кувальних штамів

**Нормальне загартовування** При нормальному об'ємному загартовуванню кувальних штамів температура аустенізації повинна забезпечувати перехід в розчин найбільшої кількості карбідоутворюючих елементів, але в той же час не викликати сильного зростання зерен, що призводить до утворення крупноігольчатої структури.

Для того щоб скоротити час витримки штампа при підвищеній температурі, а також знизити температурні напруги, штампи перед загартуванням підігрівають до температури 600° С, прогрівають їх, а потім вдруге нагрівають під загартування. Великі штампи, виготовлені з високолегованої сталі, підігрівають двічі: при 400 - 500 °С і при 850 - 900 °С. При такому режимі нагріву час витримки штампа перед загартуванням скорочується на 30%. Час витримки, яке визначається на 1 мм діаметра виробу, становить 6 - 7 секунд при нагріванні в солі і 9 - 10 секунд при нагріванні в печі.

З метою зниження гартівних напруг штампи після аустенізації охолоджують на повітрі до 700 - 750° С і потім охолоджують в маслі до температури 150 - 200° С. Після загартування штампи піддають негайній відпустці. Рекомендується застосовувати дворазову відпустку для великих штамів, а також для всіх штамів, загартованих з охолодженням на повітрі або в селітрі. Температуру другої відпустки призначають на 15 - 20° С нижче температури першої відпустки. Малогабаритні штампи з простою робочою фігурою після загартування в маслі можна піддавати однократною відпустці [64].

Термообробку литих штамів в порівнянні зі штампами, отриманими з кованих кубиків, виконують по дуже тривалому і складному циклі (отжиг в захисній атмосфері - охолодження з піччю - підігрів в захисній атмосфері - витримка - нагрівання під загартування - витримка - охолодження на повітрі - охолодження в маслі - відпустка - охолодження - друга відпустка - охолодження).

**Додаткове загартування кувальних штамів.** Сутність способу полягає в тому, що кувальний штамп після звичайної термообробки на твердість HRC 36 -

42 піддається додатковому загартуванню в місцях інтенсивного зносу гравюри. Для нагрівання під додаткове загартування використовують індукційні струми, а процес загартування у багатьох випадках забезпечується мимовільно завдяки інтенсивному відведенню теплоти на тіло штампа. Відпустка після поверхневого загартування виконують тільки в тому випадку, коли в процесі експлуатації штампа відбувається відшаровування поверхневого шару .

## **6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях**

В розділі представлені основні заходи з охорони праці при дослідженні ефективності технологічних мастил для гарячого штампування.

### **6.1 Аналіз потенційних небезпек**

а) Можливість ураження електричним струмом при знаходженні в приміщенні лабораторії або при виконанні певних досліджень, що може бути пов'язано з порушенням правил з електробезпеки, зокрема відсутності навчання та перевірки знань з електробезпеки або несправності електроспоживаючого обладнання, наприклад обриву захисного заземлення, відсутності надійних огорожень струмоведучих ланцюгів, що може призвести до тяжких електричних травм або летального наслідку.

б) Незадовільна організація робочих місць в приміщенні дослідницької лабораторії в разі неврахування умов ергономіки.

в) Можливість отримання механічних травм при підготовці дослідних зразків, зокрема при забрудненні підлоги мастильним матеріалом.

г) Небезпеки, які пов'язані з безпосереднім проведенням дослідницьких робіт, наприклад:

- можливість травмування органів зору при приготуванні робочих сумішей;

- можливість отримання механічних трав при виконанні процесу дослідницької штамповки з використанням сумішей, зокрема можливість отруєння випаровуваннями;

- можливість отримання механічних травм при оцінюванні отриманих результатів, в наслідок відсутності індивідуальних засобів безпеки.

д) Небезпеки, які пов'язані з випробуванням технологічних властивостей дослідницьких матеріалів, наприклад випробування на горючість.

е) Небезпеки, які пов'язані з обробкою отриманих результатів з використанням ПК, основним з яких є негативний вплив електромагнітного поля та випромінювання.

ж) Незадовільні параметри повітряного середовища в приміщенні дослідницької лабораторії в наслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну, що може призвести до зниження працездатності та загальних захворювань.

з) Недостатній рівень освітлення робочих зон лабораторії в наслідок неоптимальної організації системи освітлення або виходу з ладу освітлювальних приладів що може призвести до зниження працездатності та надмірного навантаження на органи зору.

к) Можливість загорянь в наслідок порушень правил пожежної безпеки, порушення регламенту виконання досліджень, відсутності первинних засобів пожежогасіння.

## **6.2 Заходи забезпечення техніки безпеки**

а) Для виключення можливих випадків ураження електричним струмом передбаченні наступні заходи:

1) організаційні заходи:

- до виконання робіт допускаються особи, віком не молодше 18 років, які пройшли навчання, перевірку знань з електробезпеки та згідно правила улаштування електроустановки( ПУЕ 2015) отримали відповідну групу з електробезпеки( при напрузі до 1000 В – друга група, вище 1000 В – третя).

- Для кожного виду обладнання повинна бути складена схема безпечного управління процесами та наведений алгоритм дій в аварійних ситуаціях. Ремонт електроустановок повинен здійснювати тільки спеціально підготовлений персонал.

2) технічні заходи:



- струмоведучі кабелі повинні бути екранованими. Обов'язковим є встановлення швидкодіючих автоматичних вимикачів, які спрацюють при короткому замиканні, або при перенавантаженні ланцюга.

- обов'язковим є устрій захисного заземлення з опором менш 4 кОм, принцип дії якого полягає на відведенні електричного струму, який з'явився на не струмопровідних елементах обладнання, в наслідок аварійної ситуації.

б) З метою оптимальної організації робочих зон у виробничих приміщеннях та приміщеннях дослідницьких ділянок виконуються умови ергономіки, відповідно до вимог ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам», ГОСТ 12.2.032-84 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Площа на одне робоче місце дослідника повинна складати не менше 6 м<sup>2</sup>, при об'ємі 20 м<sup>3</sup>; розташування робочих приладь ( стіл, стілець, допоміжне обладнання ) повинно забезпечувати моторну досяжність. Ширина проходів бути не менше 1 м.

В дослідницьких цехах для розташування технологічного обладнання організація умов не відрізняється від виробничих, зокрема : проходи в приміщеннях повинні бути певної ширини, яка забезпечує вільному переміщенню вантажів. Технологічне обладнання повинно бути огорожене – висота огорожі не менше 2,5 м. Границі проходів повинні бути позначені білими полосами. При використанні підйомно - транспортного обладнання повинні бути складені схеми переміщення вантажу, в яких зазначено неприпустимість переміщення вантажів через робочі місця.

Розташування тепло-випромінюючого обладнання повинно виконуватися з урахуванням потоків повітря при використанні природної або штучної загально обмінної вентиляції.

Головним положенням стандартів є те, що «Конструктивные и эргономические особенности рабочего места должны обеспечивать беспрепятственное и удобное выполнение всех рабочих операций».

в) Для забезпечення безпеки при виконанні дослідницьких робіт з дослідженням технологічних властивостей мастил при гарячому штампуванні передбаченні:

-Для виключення можливості отримання отруєння випаровуваннями мастил при проведенні дослідницьких робіт використовують індивідуальні засоби захисту – респіратори, та загального – вентиляцію;

- захист від теплового випромінювання та термічних опіків шляхом використання спеціального одягу або екранування тепловиділяючого обладнання та його робочої зони.

- костюми для захисту від підвищених температур ГОСТ 12.4.045-87, рукавиці спеціальні ГОСТ 12.4.010-75.

г) Найбільш показовим методом визначення результатів дослідницьких робіт є випробування механічних властивостей отриманих виробів, до них відносять: границю міцності, текучості, ударної в'язкості.

Випробування цих характеристик виконується на універсальному обладнанні, одним з яких є комплекс фірми INSTRON.

Основними небезпеками при випробуванні є руйнування зразків або частин обладнання, внаслідок хибного ( помилкового) налаштування зразків перед випробуванням або вихід обладнання в максимальний режим при випробуванні.

Інсталяція фірми INSTRON має три ступені попередження аварійних ситуацій, зокрема:

1) для коректного налаштування зразка використовують незалежні центруючі втулки, які нівелюють похибки при його налаштуванні;

2) привод гідравлічний, що поліпшує точність випробувань та здатен змінювати навантаження, згідно комп'ютерної програми;

3) при виникненні аварійної ситуації ланцюг управління знеструмується при продовженні роботи гідравлічної системи.

д) Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні дослідницької лабораторії :

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні дослідницької лабораторії можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

У разі виникнення пожежі у дослідницькій лабораторії для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85\* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується. Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «СигналВК6».

е) Відповідно до вимог директиви ЕС 90/270 ЕЕС виконані основні вимоги до моніторів, які жорстко регламентують безпечні умови роботи і захист здоров'я осіб, що працюють з комп'ютерами:

- символи на екрані чіткі і добре розрізняються;
- зображення позбавлене блимання;
- яскравість та / або контрастність легко регулюються;
- екрани вільні від відблисків і відбиття;
- випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів.

### 6.3 Заходи забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

ж) До метеопараметрів повітря в адміністративних приміщеннях відносять: температуру (Т), вологість (В), та швидкість переміщення повітряних мас (V). Згідно СНіП 23-01-99 « Будівельна кліматологія» оптимальні значення цих параметрів наступні:

- 1) холодний період :     $T = 18 - 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
                                   $V = 40 - 60 \%$ ;  
                                   $V = \text{до } 0,1 \text{ м/с}$ ;
- 2) теплий період :        $T = 21 - 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
                                   $V = 40 - 60 \%$ ;  
                                   $V = 0,2 - 0,4 \text{ м/с}$ .

В адміністративних приміщеннях доцільно використовувати поєднання природного повітрообміну та кондиціонування.

#### Розрахунок продуктивності систем повітряобміну

Природну вентиляцію використовують для нормалізації мікроклімату як у не виробничих, так і у виробничих приміщеннях без виділення шкідливих речовин. Є дешевою та простою, проте без попереднього очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює довкілля.

Штучна вентиляція поділяється на загальнообміну і місцеву. Перша забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища; місцева забезпечує видалення шкідливих виділень безпосередньо в місцях їх виділення.

Кондиціонування передбачає створення та автоматичне підтримання в приміщенні заданих або таких, що змінюються за певною програмою метеорологічних умов. На промислових підприємствах кондиціонування використовують для забезпечення комфортних санітарно-гігієнічних умов, які неможливо створити вентиляцією, або як складову технологічного процесу.

1. Продуктивність природної вентиляції (приплив або витяжка повітря)

$$L = k \cdot V, \quad \text{м}^3/\text{год}$$

де  $k$  – кратність повітрообміну ( $k = 2$ );

$V$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$$V = S \cdot h = 1050 \cdot 9 = 9180 \text{ м}^3;$$

$$L = 2 \cdot 9180 = 18\,360 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2. Необхідний повітрообмін в приміщенні, де не виділяється надлишкове тепло

$$L = l \cdot h, \quad \text{м}^3/\text{год}$$

$l$  – мінімальна подача повітря на одного працівника ( до  $20 \text{ м}^3 = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ , більше  $20 \text{ м}^3 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ );

$$V = 5 \cdot 5 \cdot 2,7 = 67,5 \text{ м}^3 \Rightarrow l = 20 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L = 20 \cdot 6 = 120 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3. Кількість зовнішнього повітря, необхідного для асиміляції надлишкового тепла у приміщенні

$$L = \quad , \quad \text{м}^3/\text{год}$$

$Q$  – загальна кількість тепловиділення,  $\text{кДж}/\text{год}$ ;

$C$  – питома теплоємність  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\gamma$  – густина зовнішнього повітря ( $\gamma = 1,176 \text{ кг}/\text{м}^3$ ).

$$L = \frac{32400}{1 \cdot 1,176 \cdot (29 - 27)} = \frac{32400}{2,352} = 13\,775,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

4. Розрахунок повітрообміну за умови виділення шкідливих речовин (газів, порів, пилу)

$$L_g = \cdot 3600, \quad \text{м}^3/\text{год};$$

$G_{ер}$  – кількість шкідливих речовин, що виділяються у виробничому приміщенні, мг/с;

$q_{пдк}$  – гранично допустима концентрація шкідливих речовин, мг/м<sup>2</sup>;

$q_{п}$  – концентрація шкідливих речовин в зовнішньому повітрі ( $q_{п} = 0,3 \cdot q_{пдк}$ ), мг/м<sup>2</sup>.

$$L_g = \frac{0,2}{20 - 6} \cdot 3600 = 51,43 \text{ м}^3/\text{год}.$$

4. Об'єм повітря, що відсмоктується витяжним зонтом

$$L = a \cdot b \cdot V \cdot 3600, \quad \text{м}^3/\text{год};$$

$a, b$  – розміри зонта;  $a = 0,37$  м,  $b = 0,55$  м.

$V$  – швидкість руху повітря,  $V = (0,5-1,5$  м/с)

$$L = 0,37 \cdot 0,55 \cdot 1,5 \cdot 3600 = 1098,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

5. Кількість повітря, що виділяється від шліфувальних та полірувальних верстатах

$$L = k \cdot d_{кр} \cdot n, \quad \text{м}^3/\text{год}$$

$d_{кр}$  – діаметр круга, м;

$k$  – коефіцієнт, що приймається в залежності від матеріалу та діаметру круга;

$n$  – число кругів;

При  $d_{кр} = 250$  мм :  $k = 1,6$  ( шліфувальний )

$k = 1,3$  ( абразивний )

$k = 6$  ( тканинні )

$k = 4$  ( войлочні )

При  $d_{кр} = 140$  мм :  $k = 1,4$  ( шліфувальний )

$k = 1$  ( абразивний )

$k = 5$  ( тканинні )

$k = 3,2$  ( войлочні )

$$L = 3,2 \cdot 0,14 \cdot 2 = 0,896 \text{ м}^3/\text{год}.$$

з) Для досягнення нормованого рівня освітленості робочих місць та робочих дослідницької лабораторії, якій у ДБН В.2.5-28-2016 « Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення», визначається як не менш 200 лк. Для забезпечення такого рівня доцільно використовувати природне та штучне освітлення.

В якості джерел штучного освітлення доцільно використовувати люмінісцентні та діодні лампи.

#### **6.4 Заходи з пожежної безпеки**

ж) Згідно нормативно-правових актів з пожежної безпеки до роботи допускається посадові особи, які пройшли навчання в спеціальних навчально-методичних центрах та отримали відповідні посвідчення (пожмінімум).Обов'язковим є наявність системи автоматичного пожежосповіщення та первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників).

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння.

Класифікація пожеж здійснюється в залежності від виду горящих речовин і матеріалів згідно ГОСТ 27331-87 «Пожарная техника. Классификация пожаров». Приміщення офісу, де проводяться роботи можна віднести до класу пожежі (А) – тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (меблі на місцях, документація).

У виробничих, адміністративних, складських і допоміжних приміщеннях на помітних місцях повинні бути вивішені: інструкція з пожежної безпеки, план евакуації працюючих і матеріальних цінностей.

Біля входу до виробничих і складських приміщень та всередині цих приміщень повинні бути вивішені знаки безпеки згідно з вимогами чинних стандартів, а також таблички із зазначенням категорій приміщень з

вибухопожежної і пожежної небезпеки згідно з вимогами нормативних документів та класу за ПУЕ.

Для всіх приміщень виробничих і складських будівель повинні бути встановлені гранично допустимі норми одночасного використання і зберігання вибухо- та пожежонебезпечних речовин і матеріалів.

Відповідальний за пожежну безпеку підрозділу щодня після закінчення роботи зобов'язаний зробити огляд приміщень, які зачиняються. Перелік приміщень і порядок огляду встановлюється керівником підрозділу. Результати огляду повинні бути записані в спеціальний зошит (журнал) і засвідчені підписами осіб, котрі проводили огляд.

Адміністрацією об'єкта повинен бути встановлений порядок заміни просоченого маслом спецодягу на чистий (періодичність очистки і знежирювання).

Зберігання просоченого маслом спецодягу допускається тільки в металевих шафах у розгорнутому вигляді. Для провітрювання двері шаф повинні мати отвори у верхній або нижній частині.

Пожежний інвентар ( пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири, тощо) розміщують на спеціальних пожежних стендах.

### **6.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях**

На підприємствах, установах і організаціях незалежно від форми власності і підпорядкування, наказами відповідних керівників створюються органи з евакуації. Комісії з питань евакуації підприємств, установ і організацій відповідають за безпосереднє планування підготовки, організації та здійснення евакуації працівників та їх сімей у разі виникнення загрози або надзвичайної ситуації.

Комісія з питань евакуації , утворена на об'єкті господарювання здійснює:



- планування та організацію евакуації працівників підприємств, установ і організацій та членів їх сімей;

- визначення та підготовку бази для розміщення працівників підприємств, установ і організацій та членів їх сімей та їхнє життєзабезпечення у безпечних районах;

- контроль за підготовкою та проведенням заходів з евакуації об'єкта.

Об'єктову комісію з питань евакуації очолює, як правило, один із заступників директора (керівника) підприємства, установи, організації. До складу об'єктової комісії з питань евакуації призначаються начальники основних служб (відділів), начальники цехів або їхніх заступників. На об'єктах господарювання, що потрапляють у зони можливих менш як 50 осіб комісії з питань евакуації не утворюються, а призначається особа, що виконує функції зазначеної комісії.

До складу об'єктової комісії з питань евакуації можуть входити групи:

- обліку евакуйованого населення і інформації (2 – 3 особи);
- організації збору та відправлення евакуйованих (4 – 5 осіб);
- супроводження евакуйованих (начальники ешелонів, старші автоколон, піших колон) (4 – 5 осіб);
- забезпечення зустрічі та розміщення евакуйованих (2 – 4 особи);
- вивезення майна об'єкта та матеріально-технічного забезпечення заходів евакуації (4 – 5 осіб);
- зв'язку та оповіщення (1 – 2 особи);

У режимі повсякденної діяльності:

- розроблення спільно з підрозділом з питань ЦЗ об'єкта та щорічне уточнення плану евакуації робітників, службовців і членів їх сімей;

- розроблення і здійснення заходів щодо освоєння закріпленого району ( пункту) розміщення у безпечному районі (поза зоною дії уражаючих факторів джерела НС), підготовка поквартірної схеми розміщення робітників, службовців і членів їх сімей;

- підготовка пропозицій керівнику об'єкта щодо складу адміністрації ЗПЕ, призначення начальників ешелонів, старших автомобільних колон;

- організація підготовки особового складу, який включений до складу адміністрації ЗПЕ, начальників (старших) евакуаційних ешелонів і колон.

У режимі підвищеної готовності:

- уточнення плану евакуації, а також списків робітників, що евакуюються, службовців і членів їх сімей;

- уточнення з комісіями з питань евакуації у безпечному районі (поза зоною дії вражаючих факторів джерела НС) порядку прийому, розміщення та забезпечення робітників, службовців об'єкта і членів їх сімей;

З одержанням розпорядження на проведення евакуації населення:

- здійснення заходів щодо припинення виробничої діяльності об'єкта економіки;

- постановка завдання начальникам ешелонів, старшим автоколон, вручення їм списків евакуйованого населення, яке увійшло у склад колони;

- організація взаємодії із транспортними органами, що виділяють транспортні засоби для вивозу робітників, службовців об'єктів і членів їх сімей у безпечний район (поза зоною дії вражаючих факторів джерела НС);

- ведення обліку і доповідь керівнику об'єкта та районній (міській) комісії з питань евакуації про кількість вивезених у безпечний район (поза зоною дії вражаючих факторів джерела НС) робітників, службовців і членів сімей (за часом, видам транспорту);

- забезпечення захисту населення на ЗПЕ, пунктах посадки, на ППЕ;

- організація та підтримання взаємодії з комісіями з питань евакуації у безпечному районі (поза зоною дії вражаючих факторів джерела НС), при необхідності висилає туди своїх представників.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз технологічних мастил для гарячого штампування.
2. Наведено класифікацію технологічних мастил. Розглянуто склад мастил та представлено вплив окремих компонентів на технологічні властивості мастил.
3. Розглянуто фізичні, хімічні і технологічні властивості мастил і методи їх визначення.
4. Проведено аналіз сучасних способів нанесення мастил і їх подачі в робочу зону.
5. Для оцінки технологічних властивостей мастил проведені експериментальні дослідження, які полягають у визначенні найбільш важливих характеристик – глибина заповнення порожнини штампа і величина зусилля виштовхування.
6. На основі аналізу технологічних властивостей визначено оптимальний склад мастила ГФПО, яке в найкращій мірі відповідає вимогам технологічного процесу.
7. Розглянуті основні фактори, що визначають стійкість штампів для гарячої обробки тиском і представлені основні напрямки підвищення стійкості штампів.
8. Розглянуті питання охорони навколишнього середовища і техніки безпеки при гарячій обробці тиском.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Максименко, О. П. Основы трибологии [Текст] : навчальний посібник / О. П. Максименко, О. С. Лейко. – Днірподзержинськ : ПДТУ, 2005. – 192 с.
2. Гаркунов, Д. Н. Триботехника / Д. Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
3. Мур, Д. Основы и применение триботехники [Текст] / Д. Мур. – М.: Мир, 1978. – 487 с.
4. Трение, износ и смазка. Трибология и триботехника [Текст] / А. В. Чичинадзе [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
5. Кламанн, Д. Смазки и родственные продукты. Синтез. Свойства. Применение. Международные стандарты [Текст] : пер. с англ. / Д. Кламанн ; под ред. Ю. С. Заславского. – М.: Химия, 1988. – 488 с.
6. Колмогоров, В. Л. Гидродинамическая подача смазки [Текст] / В. Л. Колмогоров, С. И. Орлов, Г. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1975.–192 с.
7. Трение, изнашивание и смазка : справочник [Текст] : в 2 т. / под. общ. ред. И. В. Крагельского, В. В. Алисана. – М. : Машиностроение, 1979. – 358 с.
8. Крагельский, И. В. Трение и износ [Текст] / И. В. Крагельский. – М. :Машиностроение, 1968. – 480 с.
9. Грудев, А. П. Трение и смазки при обработке металлов давлением [Текст] : справочник / А. П. Грудев, Ю. В. Зильбер, В. Б. Билик. – М. : Металлургия, 1988. – 312 с.
10. Чертавских, А. К. Трение и технологические смазки при обработке металлов давлением [Текст] / А. К. Чертавских, В. К. Белосевич. – М. : Металлургия, 1968. – 364 с.
11. Исаченков, Е. И. Контактное трение и смазки при ОМД [Текст] /Е. И. Исаченков. – М. : Машиностроение, 1976. – 208 с.
12. Баталов, В. А. Автоматизация смазки штампов в роботизированных линиях КГШП [Текст] / В. А. Баталов, М. С. Коган, В. И. Казаченок // Кузнечно-штамповочное производство. – 1981. – № 2. – С. 10.
13. Диамантопуло, К. К. Стойкость штампов и технологические смазки [Текст] : учебное пособие / К. К. Диамантопуло. – Мариуполь : ПГТУ, 1997. –104 с.
14. Диамантопуло, К. К. Концептуальный подход к разработке эффективных технологических смазок для горячей штамповки стали [Текст] /К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1989. – № 5. – С. 72–76.
15. Диамантопуло, К. К. Состояние перспективы применения бездымных смазок для горячей штамповки [Текст] / К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин. – Киев : Деп.УкрНИИНТИ, 1987. – № 659. – 10 с.
16. А.с. 1660330 СССР, МПК С 01 В 31/04. Способ обработки графита [Текст] / К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин, А. Ф. Немчин, В. И. Паук. – № 4622798/26 ; заявл. 26.09.1988 ; опубл.01.03.1991, ДСП. – 6 с.

17. Пат. 2043966 Российская Федерация, МПК С 10 В 31/02. Способ производства водно-графитовой смазки [Текст] / Н. В. Кабанов, К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин; заявитель и патентообладатель Мариупольский металлургический институт. – № 4880122/26 ; заявл. 02.10.1990 ; опубл. 20.09.1995, Бюл.№ 26. – 4 с.

18. Пат. 2039792 Российская Федерация, МПК С 10 М 173/02. Смазка для горячей обработки металлов давлением [Текст] / Каргин Б. С., Диамантопуло К. К., Адронин А. Г., Миринский Е. Н., Кабанов Н. В., Несмеянкин А. И. ; заявитель и патентообладатель Мариупольский металлургический институт. – № 5017662/04 ; заявл. 20.12.1991 ; опубл. 20.07.1995, Бюл. № 20. – 8 с.

19. Пат. 2048508 Российская Федерация, МПК С 10 М 173/02. Основа технологических смазок для горячей обработки металлов давлением [Текст] /Диамантопуло К. К., Каргин Б. С. ; заявитель и патентообладатель Мариупольский металлургический институт. – № 915014742 ; заявл. 04.12.1991 ; опубл. 20.11.1995, Бюл. № 32. – 8 с.

20. Пирсол, И. Кавитация [Текст] / И. Пирсол. – М. : Мир, 1975. – 95 с.

21. Кнэпп, Р. Кавитация [Текст] / Р. Кнэпп, Дж. Дейли, Ф. Хэммит. – М.:Мир, 1974. – 687 с.

22. Северденко, В. П. Обработка металлов давлением с ультразвуком [Текст] / В. П. Северденко. – Минск : Наука и техника, 1973. – 364 с.

23. Северденко, В. П. Применение ультразвука в промышленности [Текст] / В. П. Северденко, В. В. Клубович. – Минск : Наука и техника, 1973. – 288 с.

24. Баранов, И. С. Определение сил и коэффициента контактного трения при резке с наложением колебаний ультразвуковой частоты [Текст] /И. С. Баранов, Г. Т. Евдокимов // Вопросы прочности и пластичности металлов : сб. науч. тр. – Минск : АН БССР, 1971. – С. 71–74.

25. Клименко, В. М. Вибрационная обработка металлов давлением [Текст] / В. М. Клименко, А. Н. Шаповал. – Киев : Техника, 1977. – 128 с.

26. Ультразвуковые процессы в производстве изделий электронной техники [Текст]. В 2-х т. Т. 1 / С. П. Кундас, В. Л. Ланин, М. Д. Тявловский, А. П. Достанко. – Минск : Бестпринт, 2002. – 160 с.

27. Шаповал, А. Н. Интенсивные процессы обработки давлением вольфрама и молибдена [Текст] / А. Н. Шаповал, С. М. Горбатюк, А. А. Шаповал. –М. : ИД «Руда и Металлы», 2006. – 352 с.

28. Губкин, С. И. Экспериментальные вопросы пластической деформации металлов [Текст]. В 2-х вып. Вып 1 / С. И. Губкин. – М. : ОНТИ, 1934. – 132 с.

29. Кокрофт, М. Г. Смазка и смазочные материалы [Текст] /М. Г. Кокрофт.– М, 1970.–111с.

30. Пат. 48819 Україна, МПК G 01 N 27/00. Пристрій для вимірювання товщини змашувального шару [Текст] / Каргін Б. С., Машкін С. А., Ткачов Р. О., Лавренішина Г. О., Каргін С. Б. ; заявитель и патентообладатель Приазовський державний технічний університет. – №200908201 ; заявл. 03.08.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7. – 4 с.

31. Каргин, Б. С. Совершенствование кузнечно-штамповочного производства за счет применения эффективных технологических смазок [Текст] / Б. С. Каргин // Мир техники и технологий. – 2004. – № 2. – С. 28–32.

32. Прогрессивные методы повышения эффективности технологических процессовковки-штамповки [Текст] / Б. С. Каргин [и др.] // Металл и литье Украины. – 2000. – № 3/4. – С. 37–39.

33. А.с. 1162863 СССР, МПК С 10 М 149/04. Смазка для горячей обработки металлов давлением [Текст] / В. А. Рыбалов, Б. С. Каргин, О. Р. Ляшко, К. К. Диамантопуло. – № 3708343/23-04 ; заявл. 13.01.1984 ; опубл. 23.06.1985, Бюл. № 23. – 6 с.

34. А.с. 1648616 СССР, МПК В 21 J 3/00. Способ определения эффективности смазок при горячем деформировании [Текст] / К. К. Диамантопуло, А. Н. Маленко, Б. С. Каргин, О. Р. Ляшко, А. В. Мкртчян. – № 4600651/27 ; заявл. 31.10.1988 ; опубл. 15.05.1991, Бюл. № 18. – 4 с.

35. Пат. 51190 Україна, МПК В 21 J 3/00. Спосіб визначення ефективності технологічних мастил при гарячому об'ємному штампуванні [Текст] / Каргін Б. С., Каргін С. Б., Тахтамиш І. І., Вороніна Н. О., Ткачов Р. О. ; заявитель и патентообладатель Приазовський державний технічний університет. – № u200913202 ; заявл. 18.12.2009 ; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13. – 4 с.

36. Пат. 46174 Україна, МПК В 21 J 3/00. Спосіб визначення ефективності технологічних мастил [Текст] / Каргін Б. С., Машкін С. А., Риженіна Г. С., Ткачов Р. О., Лавренішина Г. О. ; заявитель и патентообладатель Приазовський державний технічний університет. – № u200906425 ; заявл. 19.06.2009 ; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23. – 4 с.

37. Алиев, И. С. Методы и устройства для исследования контактного пластического трения при объемном пластическом деформировании [Текст] / И. С. Алиев, К. Крюгер // Кузнечно-штамповочное производство. – 2008. – № 1. – С. 3–11.

38. Пат. 73350 Україна, МПК G 01 N 19/02. Пристрій для визначення коефіцієнта тертя [Текст] / Каргін Б. С., Каргін С. Б., Липчанський О. О., Бурбела А. М., Ткачов Р. О., Лисенко В. В. ; заявитель и патентообладатель Приазовський державний технічний університет. – № u201201599 ; заявл. 14.02.2012 ; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18. – 4 с.

39. А.с. 91124 України, МПК В 21 J. Спосіб виготовлення воднографітових мастил [Текст] / С. Б. Каргін, А. С. Аніщенко, Б. С. Каргін. – № u201315130 ; заявл. 24.12.2013 ; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12. – 4 с.

40. Ноу-Хау ГВУЗ ПГТУ Способ изготовления коллоидного графита [Текст] / Б. С. Каргин, С. Б. Каргин, А. В. Рябухин. – Рег. № 14, 2014.

41. Трачук, С. В. Разработка и исследование эффективности смазочных материалов при операциях обработки металлов давлением [Текст] / С. В. Трачук, Б. С. Каргин. – Киев : Общество «Знание» Украинской ССР, 1980. – 24 с.

42. Исследование эффективности технологических смазок при горячей штамповке стали [Текст] / Б. С. Каргин [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. – 1978. – № 10. – С. 34.

43. Исследование эффективности технологических смазок при горячем выдавливании стали [Текст] / Б. С. Каргин [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. – 1980. – № 8. – С. 10.

44. Пат. 13443 Україна, МПК С 10 М 103/02. Основа для технологичних мастил для гарячої обробки металів тиском [Текст] / Діамантопуло К. К., Каргін Б. С. ; заявитель и патентообладатель Приазовський державний технічний університет. – № 94127957 ; заявл. 12.12.1994 ; опубл. 15.09.2000, Бюл. № 4. – 8 с.

45. А.с. 1168593 СССР, МПК С 10 М 173/02. Смазочно-охлаждающая жидкость для горячей обработки металлов давлением [Текст] / В. А. Рыбалов, Б. С. Каргин, К. К. Діамантопуло, В. Ф. Гольшевский. – № 3747812/23-04 ; заявл. 20.03.1984 ; опубл. 23.07.1985, Бюл. № 27. – 6 с.

46. А.с. 941412 СССР, МПК С 10 М 3/02. Смазочно-охлаждающая жидкость «ВАР-15» для горячей обработки металлов давлением [Текст] / В. А. Рыбалов, Р. П. Почекина, Ю. С. Копылов, А. Д. Кирицев, Б. С. Каргин. – № 2980899/23-04 ; заявл. 11.07.1980 ; опубл. 07.07.1982, Бюл. № 25. – 8 с.

47. А.с. 1467082 СССР, МПК С 10 М 173/02. Смазка для горячей обработки металлов давлением [Текст] / К. К. Діамантопуло, Б. С. Каргин, С. З. Ляшенко, В. И. Базаря. – № 4211260/31-04 ; заявл. 13.01.1987 ; опубл. 23.03.1989, Бюл. № 11. – 6 с.

48. Каргин, Б. С. Исследование эффективности технологических смазок при штамповке автомобильных клапанов на «ЛЗАК» г. Луганск [Текст] / Б. С. Каргин // Университетская наука : международная научно-тех. конф. – Мариуполь : ПГТУ, 2012. – С. 271–272.

49. Каргин, Б. С. Исследование эффективности технологических смазочных материалов при штамповке клапанов [Текст] / Б. С. Каргин, К. К. Діамантопуло, А. В. Мкртчян // Кузнечно-штамповочное производство. – 1989. – № 3. – С. 19 – 20.

50. Каргин, Б. С. Исследование эффективности технологических смазок при горячей штамповке жаропрочных сплавов [Текст] / Б. С. Каргин, С. Б. Каргин, А. С. Бурлуцкий // Вісник ПДТУ. Сер.: Технічні науки : зб. наук. праць. – Мариуполь : ПГТУ. – Вып. 30. – Т. 1. – С. 120–126.

51. Коротких, Е. Д. Нанесение стеклосмазок на заготовки при горячем деформировании [Текст] / Е. Д. Коротких, М. П. Пономарев, Б. И. Телешев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1975. – № 4. – С. 9.

52. Корнеев, М. И. Применение стеклянных защитных покрытий при штамповке лопаток из жаропрочных сплавов [Текст] / М. И. Корнеев, И. Г. Скугарев. – М. : Машиностроение, 1966. – 140 с.

53. Солнцев, С. С. Защитные покрытия металлов при нагреве [Текст] / С. С. Солнцев, А. Г. Туманов. – М. : Машиностроение, 1976. – 256 с.

54. Солнцев, С. С. Защитные покрытия при нагреве : справочное пособие [Текст] / С. С. Солнцев. – М. : Книжный дом «Либроком», 2009. – 248 с.

55. А.с. 1781501 СССР, МПК F 16 N 7/32. Устройство для подачи распыленной смазки к смазываемым поверхностям [Текст] / К. К. Діамантопуло, А. Н. Маленко, С. И. Рябов, А. П. Сидоров, Б. С. Каргин, О. Р. Ляшко, Ю. Л. Гринюк. – № 4833698/29 ; заявл. 09.04.1990 ; опубл. 15.12.1992, Бюл. № 46. – 4 с.

56. А.с. 1773542 СССР, МПК В 21 J 3/00. Устройство для подачи смазки [Текст] / К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин, Р. Н. Ищенко, А. Д. Ефименко. – № 4869441/27 ; заявл. 09.07.1990 ; опубл. 07.11.1992, Бюл. № 41. – 4 с.

57. А.с. 1579610 СССР, МПК В 21 D 37/18. Устройство для смазки штампов [Текст] / К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин, И. Е. Лесовая. – № 4421809/31- 27 ; заявл. 10.05.1988 ; опубл.23.07.1990, Бюл. № 27. – 4 с.

58. А.с. 1549662 СССР, МПК В 21 J 3/00. Устройство для смазки штампового инструмента [Текст] / К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин, И. Е. Лесовая, Б.Ф. Поркер. – № 4463092/31-27 ; заявл. 27.06.1988 ; опубл. 15.03.1990, Бюл.№ 10. – 4 с.

59. А.с. 1576773 СССР, МПК F 16 N 7/32. Способ подачи распыленной смазки [Текст] / К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин, А. К. Диамантопуло. – № 4486426/31-29 ; заявл. 26.09.1988 ; опубл. 07.07.1990, Бюл. № 25. – 4 с.

60. А.с. 1159703 СССР, МПК В 21 J 3/00. Устройство для смазки инструмента к горизонтально-ковочной машине [Текст] / К. К. Диамантопуло, Б. С. Каргин, В. Д. Соколов. – № 3635614/25–27 ; заявл. 15.08.1983 ; опубл.07.06.1985, Бюл. № 21. – 6 с.

61. Пат. 94678 Україна, МПК В 21 J 13/02. Спосіб гарячої штамповки [Текст] / Каргін Б. С., Аніщенко А. С., Каргін С. Б., Бурлуцкий А. С. ; заявитель и патентообладатель Приазовський державний технічний університет. – № u201406196 ; заявл. 05.06.2014 ; опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22. – 4 с.

62. А.с. 1804941 СССР, МПК В 21 J 3/00, G 01 N 33/26. Способ определения эффективности смазок [Текст] / К. К. Диамантопуло, Н. Н. Косенко, А. Н. Маленко, Б. Ф. Подкер, Б. С. Каргин. – № 4642222/27 ; заявл. 26.01.1989 ; опубл. 30.03.1993, Бюл. № 12. – 4 с.

63. Довнар, С. А. Термомеханическое упрочнение и разрушение штампов объемной штамповки [Текст] / С. А. Довнар. – М. : Машиностроение, 1975. –255 с.

64. А.с. 230765 СССР, МПК В 21 D. Способ повышения стойкости вырубных штампов [Текст] / Ф. П. Михаленко, М. М. Дудандин. – № 1084952/25-27 ; заявл. 22.06.1966 ; опубл. 15.11.1968, Бюл. № 35. – 6 с.

65. Медведь, Р. А. О загрязнении бензапиреном воздушной среды кузниц при различных смазках в процессе штамповки / Р. А. Медведь // Кузнечно-штамповочное производство, 1982. – № 2. – С. 38.

66. Каргин, Б. С. Исследование влияния ультразвуковых колебаний на эффективность технологических смазок [Текст] / Б. С. Каргин, А. С. Анищенко, Р. О. Ткачев, Н. А. Воронина // Вісник ПДТУ. Сер. Технічні науки : зб. наук. праць. – Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2015. –Вип. 30. –Т. 1. –С. 136–40.

67. Каргин, Б. С. Исследование методов повышения стойкости штампов горячего деформирования [Текст] / Б. С. Каргин, С. Б. Каргин // Вісник національного технічного університету «ХПІ». –Харків : 2014. –№ 43 (1086). – С.60–4.

68. Каргин, Б. С. Исследование эффективности технологических смазок при горячей штамповке жаропрочных сплавов [Текст] / Б. С. Каргин, С. Б. Каргин, А.



С. Бурлуцкий // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків : 2014. – № 44 (1087). – С. 80–5.

69. Каргин, Б. С. Разработка и исследование методов повышения эффективности водно-графитовых технологических смазок [Текст] / Б. С. Каргин, С.Б. Каргин // Захист металургійних машин від поломок : зб. наукових праць. – Мариуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2014. – Вып. 16. – С. 185–188.

70. Исаченков, Е. И. Штамповка резиной и жидкостью [Текст] / Е. И. Исаченков. – М. : Машиностроение, 1967. – 367 с.

71. Ковка и штамповка [Текст] : справочник. В 4 т. Т. 4 / Под общ. ред. А. Д. Матвеева. – М. : Машиностроение, 1987. – 544 с.

72. Пат. 13855А UA, МПК В 21 J 3/00. Розпилювач / Діамантопуло К. К., Капланов В. І., Діамантопуло О. К. (UA) ; Маріупольський металургійний інститут. – № 94041255 ; заяв. 31.12.1992 ; опубл. 25.04.1997, Бюл. № 2.

73. Смыслов, В. В. Гидравлика и аэродинамика / В. В. Смыслов. – Киев : Вища школа, 1979. – 336 с.

74. Пат. 11783 UA, МПК (2006) В 21 J 3/00. Розпилювач / Діамантопуло К. К., Кухар В. В., Присяжний А. Г. (UA) ; Приазовський державний технічний університет. – № u200505681 ; заявл. 13.06.05 ; опубл. 16.01.06, Бюл. № 1.