

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівництво

(повне найменування інституту, факультету)

Обробка металів тиском

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Російтання методів підвищення стійкості розпорієтчих штампів

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи М-818М

Спеціальності 131 Промислова механіка
 (код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) Владнання та технічної пласт. сфери. конструкції машинобуд-я
Гарубець А. Ю. Влад
 (прізвище та ініціали)

Керівник дн.к.т.н. Івтушенко А.В. Влад
 (прізвище та ініціали)

Рецензент Павленко І.В. Влад
 (прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Обробка металів тиском
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 131 Прикладна механіка (Виявлення та тех. оцінка процесів частотного лідінгу металів)
 (код і назва)
 Напрямок підготовки 13 Механіка інтенсивна
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

[Підпис]
 « 18 » грудня 2019 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Гарубець Альона Юріївна
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Дослідження методів підвищення стійкості розпорювальних сталей

керівник проекту (роботи) Явтушенко Анка Володимирівна, доц., к.т.н.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» листопада 2019 року №398

Строк подання студентом проекту (роботи) 13.12.2019р.

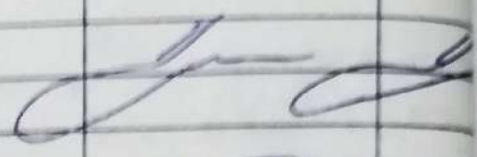
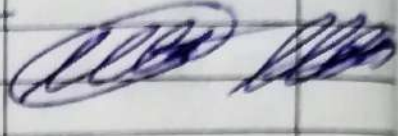
Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали, які були отримані у РДІ перед ринковим практиком

- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно зробити):
1. Знає робочого іконтурованого розпорювального сталю
 2. Методи розрахунку стійкості сталей з. Методика елементарної і термичної досліджень.
 3. Розрахунок стійкості за спрощеною формулою
 4. Експериментальні аспекти проблеми.
 5. Охорона праці.

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

1. Слайди - 18, 1. Формулювання теми та мета роботи.
2. Доклад про отримані розпорювальні сталі
3. Змістові стійкості від твердосплавних матеріалів
4. Розрахунок стійкості сталей
5. Результати експерименту

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

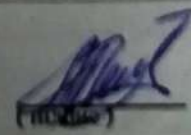
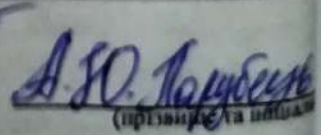
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прізвище та ініціали
Охорона праці	Митерев О. В.		
Хімія	Матюшин А. Ю., доц. каф. АМТН		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
1.	Аналітичний огляд літератури	
2.	Методика експериментальних і теоретичних досліджень	
3.	Розробка технічної конструкції на основі аналізу	
4.	Розробка технічної документації з оформленням	
5.	Складання звіту роботи	
6.	Охорона праці та безпека в навчальних умовах	

Студент

 (підпис)  (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної магістерської роботи: 91 с., 18 рис., 11 табл., 16 джерел.

Об'єкт розробки – стійкість робочого інструменту розподільного штампу.

Мета роботи – провести аналіз проблеми стійкості розподільного штампу, його робочого інструменту; розглянути існуючі методи оцінки стійкості штампів; дослідити вплив точності установки на стійкість інструменту вирубного штампу; провести розрахунок стійкості штампу; пошук недоліків формули для розрахунку.

Проведено аналітичний огляд літератури за даною темою, виявлено основні конструктивно-технологічні фактори, що впливають на стійкість розподільних штампів та методи розрахунку стійкості штампів, ознайомлення з методами оцінки стійкості штампів, проведено аналіз та виявлення одної із головних проблем стійкості штампів, проведено розрахунок стійкості на прикладі конкретної деталі та різних марок сталі робочого інструменту, ознайомились з основними проблемами охорони праці при листовому штампуванні, економічний аспект дослідження приведений у роботі.

ХОЛОДНА ПРОКАТКА, ЛИСТОВА ШТАМПОВКА, ВИРУБНИЙ ШТАМП,
СТІЙКІСТЬ ШТАМПУ, РОБОЧИЙ ІНСТРУМЕНТ, ТОЧНІСТЬ
УСТАНОВКИ.

ABSTRACT

The explanatory note to final qualifying master work 91 s. 18 fig. 11 table. 16 literature.

The object of development - the stability of the working tool of the distribution punch.

The purpose of the work is to analyze the problem of the stability of the distributive stamp, its working tool; consider existing methods for assessing the stability of dies; to investigate the influence of the accuracy of the installation on the stability of the tool of the cutting die; to calculate the stability of the die; search for defects formula for calculation.

An analytical review of the literature on this topic was conducted, the main structural and technological factors influencing the stability of distributive stamps and methods of calculating the stability of dies, familiarity with methods of assessing the stability of dies were found, analysis and revealing of one of the main problems of the stability of dies, the stability calculation was made on the example specific details and various types of steel working tools, familiarized with the main problems of work safety in sheet stamping, the economic aspect of research yvedeny at work.

KEYWORDS: COLD ROLLER, LETTER STAMP, VINYL STAMP, STAINLESS STOCK, WORKING TOOL, ACCURACY OF INSTALLATION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
Аналітичний огляд літератури.....	9
1.1 Знос робочого інструменту розподільного штампу.....	9
1.2 Основні конструктивно-технологічні фактори, що впливають на стійкість розподільних штамсів.....	11
1.2.1 Поняття про стійкості роздільних штамсів.....	11
1.2.2 Вплив твердості робочих частин штампу.....	12
1.2.3 Вплив форми робочих граней матриці і пуансону.....	15
1.2.4 Вплив несоосності пуансонів і матриць.....	21
1.2.5 Вплив способу кріплення пуансону і типу направляючих пристроїв.....	22
1.3 Методи розрахунку стійкості штамсів.....	28
1.3.1 Розрахунково-аналітичний метод.....	28
1.3.2 Розрахунок стійкості на основі методу планування багатofакторного експерименту.....	32
2 Методика експериментальних і теоретичних досліджень.....	38
2.1 Методи оцінки стійкості штамсів.....	38
2.2 Прилад для вимірювання зносу робочих частин штамсів.....	41
3 Вплив точності установки на стійкість штамсів.....	44
3.1 Перекоси та зміщення	44
3.2 Дослідження впливу точності установки на стійкість інструменту вирубного штампу.....	46
3.3 Встановлення величини зазору між матрицею і пуансоном.....	67
4 Розрахунок стійкості за формулою Бенї.....	73
5 Економічні аспекти проблеми	75
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	77

Перелік використаної літератури.....	90
--------------------------------------	----

ВСТУП

Холодна штамповка являється одним із прогресивних способів отримання деталей самих найрізноманітніших форм та розмірів. Холодною штамповкою отримують міцні та жорсткі деталі малої металоємкості.

В нашій країні і за кордоном в холодно – штампувальному виробництві багатьох галузей промисловості з ціллю підвищення продуктивності праці та покращенню якості деталей, які штампують, все більшому поширенню отримують швидкохідні преси-автомати з нижнім приводом, багатопозиційні преси-автомати та інші прогресивні пресові обладнання.

В умовах автоматизованої штамповки при багатосерійному та масовому характері виробництва основною задачею являється підвищення стійкості розподільних штампів. Вирубні та пробивні штампи, а також комбіновані штампи, в яких різка являється одною із виконуючих ними операцій, являється найчисленнішою групою штампів і при цього найбільше трудомісткою. Їх доля в загальній кількості штампів (в залежності від характеру виробництва і продукції, яку випускали) коливається від 70 до 90 %. При цьому з огляду на відомі обмеження, зв'язані з застосуванням твердосплавних штампів, на долю сталевих штампів в різних галузях промисловості приходиться 90-95% і вище. У зв'язку з цим основною проблемою являється підвищення стійкості сталевих розподільних штампів.

Висока стійкість штампів являється основною умовою рентабельності роботи цехів холодної штамповки. Вони в більшій мірі визначають собівартість та якість штампованих деталей, а також точність їх виготовлення. Підвищення стійкості штампів забезпечує ріст продуктивності праці та культуру виробництва в холодноштамповочних цехів.

При масовому характері виробництва низька стійкість штампів призводить до простоювання високовиробничих пресів-автоматів, а також викликає необхідність у виготовленні великого числа штампів-дублерів, що веде до нераціональної загрузки інструментальних цехів і непродуктивному використанню дорогої інструментальної сталі.

Особливості механізму деформації в розподільних операціях листової штамповки:

Всі операції листової штамповки по характеру деформації можна розчленити на дві групи: розподільні і формоутворюючі. До розподільних операцій відносять: відрізка, вирубка, пробивка, надрізка, розрізка, обрізка, зачистка.

При виконанні розподільних операцій деформування заготівлі завершується руйнуванням. Для успішного виконання цієї операції прагнуть до максимальної локалізації осередку деформації. При цьому осередок пластичної деформації називається та частина заготівлі, пластична деформація якої забезпечує формозміну, характерну для тої чи іншої операції листової штамповки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Знос робочого інструменту розподільного штампу

У вирубних штампах знос пуансонів і матриць виражається в затупленні їх різальних країв, що усувається переточуваннями робочої частини. При нормальному зносі переточуваннями знімається шар металу, який дорівнює 0,1-0,15 мм. Тому штамп може витримати 15-25 переточувань до повного зносу матриці або пуансона.

Пуансон після першого зносу можна не викидати, а переробити з одного типу або розміру на інший, тоді витрата металу на виготовлення пуансонів скоротиться.

При виготовленні або ремонті штампів, призначених для вирубки заготовок з м'яких матеріалів, можна гартувати лише матрицю, а пуансон залишати незагартованим. Коли в процесі роботи пуансон затупився, можна зняти верхню частину штампа і легкими частими ударами молотка осадити всю робочу кромку пуансону, збільшивши цим розміри його робочої частини.

Потім верхню частину штампа ставлять на місце і під пресом вдавлюють пуансон в матрицю, завдяки чому незагартована пуансон отримує контур і розмір вікна загартованої матриці. Після цього правлять краю пуансона для отримання потрібного зазору і заточують його торець на пласкому верстаті.

Вкладна матриця в результаті багаторазового заточення може бути зашліфована настільки, що не виступатиме з нижньої плити. Термін її служби можна продовжити, якщо під матрицю покласти сталеву шліфовану прокладку і знову пошліфувати робочу поверхню.

Матриці з невеликими тріщинами можна закласти в сталеву обойму. Для цього виготовляють обойму, внутрішні розміри якої зменшені у

порівнянні з зовнішніми розмірами матриці на величину натягу при гарячій посадці. Обойму нагрівають і напресовують на холодну матрицю. Після охолодження обойма щільно стискає матрицю, і тріщина закривається.

Пуансони і ножі, укорочені в результаті переточувань, нарощують вставками. Такі пуансони складаються з двох частин: хвостовика і робочої частини, виготовленої з легованої інструментальної сталі. Вживану частину пуансону обжигують, висвердлюють і нарізають в ній отвори для кріплення робочої частини, яку підганяють по матриці, загартовують і кріплять до хвостовика. Хвостову частину знов не гартують. При зносі робочої частини її замінюють знову, а хвостовик залишається колишній.

Ножі для рубки металу, як і пуансони, виготовляють з наставкою, що прикріплюється планкою і гвинтом. Ножі відновлюють зміною наставок. Зношені направляючі колонки замінюють новими, і до них ставлять нові втулки.

При сильній зношеності робочих крайок середніх і великих штампів на більшості заводів застосовують електродугове наплавлення їх спеціальними електродами.

Для відновлення робочих деталей штампів, виготовлених із сталей марок У8А, У10А, застосовують наплавку електродом, виготовленим з маловуглецевого дроту, покритого спеціальною обмазкою, що складається з 49% ферохрому, 2% чорного графіту, 16% плавикового шпату, 11% титанового концентрату і 22% крейди. До загальної кількості сухої суміші обмазки додають 25-30% рідкого скла концентрацією 1,33-1,34%. Цинк наносять зануренням і сушать деталі на повітрі 12-15 год, а потім 1,5 год гартують в печі при температурі 180-200°. При діаметрі стрижня 3 мм товщина покриття на сторону становить 2 мм; при діаметрі 4 мм-1,4 мм; при

діаметрі 5 мм - 1,7 мм. Силу струму при наплавленні застосовують від 80-100 А (при діаметрі електрода 3 мм) до 170-200 А (при діаметрі електрода 5 мм).

1.2 Основні конструктивно-технологічні фактори, що впливають на стійкість розподільних штампів

1.2.1 Поняття про стійкості роздільних штампів

В процесі експлуатації штампу найбільш часто приходять в непридатність основні його робочі частини - матриця і пуансон. Тому при розгляді питання про стійкість розподільного штампів слід розрізняти:

- стійкість штампів до переточування його робочих частин (матриці та пуансона);
- стійкість штампів до заміни його робочих частин; стійкість штампів до повного зносу.

Під стійкістю штампів до переточування або зміни робочих частин штампів розуміється здатність штампів витримувати певну кількість штамподарів між двома перешліфовками або зміною його робочих частин, тобто поки штампів забезпечують отримання деталей, відповідних кресленням виробу і технічним умовам.

Число переточок визначається за формулою:

$$n = \frac{H}{h} \quad n = \frac{H}{h}$$

(1.1)

де, H – товщина шару металу, який знімають з матриці за всі переточування; h - товщина шару металу, що знімається з матриці за одне переточування.

Стійкість штампу до повного зносу вимірюється числом деталей, які можна зняти з штампу до такого його стану, коли заміною робочих частин немає можливості відновити його працездатність.

Стійкість штампу до повного зносу:

$$T = nNn_1 \quad T = nNn_1 \quad (1.2)$$

де n n - число переточувань; N - число штампоударів за період між двома переточуваннями; n_1 n_1 - число робочих місць в штампі.

Стійкість вирубних і пробивних штамів у більшій мірі залежить від технологічності конструкцій плоских деталей. При масовому і багатосерійному випуску штампованих деталей одним з основних умов технологічності є мала працемісткість і мінімальна витрата основного матеріалу.

На стійкість розділових штамів впливають різні конструктивно-технологічні чинники. Це необхідно враховувати при проектуванні, виготовленні та експлуатації штамів.

Нижче дається аналіз деяких основних конструктивно-технологічних факторів на стійкість розділових штамів.

1.2.2 Вплив твердості робочих частин штампу

Робочі частини розділових штамів повинні бути зносостійкими і в процесі експлуатації протягом тривалого часу зберігати свої виконавчі розміри. Обидві ці вимоги в даний час прагнуть виконати за рахунок додання робочим частинам штампу необхідної твердості .

Питання про твердість робочих частин розділових штампів досліджений абсолютно недостатньо.

Можна припустити, що при нормальному стані штампів твердість його робочих частин повинна в певній мірі визначатися міцністю або твердістю штампованого матеріалу і його товщиною.

В умовах дрібносерійного виробництва (до 1000 деталей) при штампуванні м'яких матеріалів (сталь О8-ОМ, алюміній, м'яка латунь і ін.) твердість матриці і пуансона розподільних штампів рекомендується HRC 40-45 (іноді допускається використовувати їх без гарту), при партіях деталей від 1000 до 5000 шт. не менше HRC 52-56.

Для багатосерійного і масового виробництва робочі частини сталевих розділових штампів повинні бути загартовані незалежно від роду і товщини матеріалу, який штампують. При цьому їх твердість залежить від умов роботи штампів.

Твердість пуансонів в сталевих роздільних штампах призначається менше твердості матриць, що пояснюється специфікою їх роботи. Справа в тому, що пуансон, будучи часто рухомою робочою частиною, в більшій мірі схильний до викрашуванню, ніж нерухома матриця. Крім того, при несумісності ріжучих контурів, через неточності виготовлення штампів, рухливий пуансон сприймає зсувні навантаження.

В роботі показано, що при вирубці-пробиванні тонколистової термообробленої пружинної сталі У8А ($\delta = 0,5$ мм) питомий знос обрізного пуансона зі сталі ХВГ при підвищенні його твердості з HRC 38-41 до 52-54 зменшується в 5,5- 6 раз ($n = 423$ хід / хв).

Одним із способів підвищення стійкості сталевих пуансонів щодо малих перетинів є поєднання їх з твердосплавними матрицями. Виробничий досвід показує, що при такій комбінації стійкість сталевих пуансонів з

високолегованих сталей підвищується в 5-6 разів у порівнянні зі звичайним варіантом.

Цікаві дані, отримані в роботі , про те, що зі збільшенням твердості більш HRC 48-51 різко підвищується стійкість універсально-збірних штампів (УСШ) (рис 1.1).

Так, при штампуванні деталей зі сталі Ст3, $\delta = 6$ мм, і збільшенні твердості робочих частин штампа з HRC 48-51 до 54-57 стійкість УСШ зросла в 4 рази (матеріал робочих частин - сталь У8А). Таке ж збільшення твердості робочих частин штампа зі сталі Х12М при штампуванні корозійно-стійкої сталі 12Х18Н10Т підвищило стійкість штампу в 30 разів.

Однак збільшення твердості дає відчутний результат лише до певної межі. При підвищенні твердості робочих частин штампа з HRC 57-60 до 60-63 збільшення стійкості штампу склало 2,6% при штампуванні деталей зі сталі Ст 3 і 2,8% при штампуванні з корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т.



Рисунок 1.1 – Залежність стійкості УСШ від твердості ріжучих елементів

Таблиця 1.1 – Вплив умов роботи на твердість матриць і пуансонів

Умови праці	Твердість HRC	
	пуансонів	матриць
Легкі	56 – 60	58 – 62
Важкі*	52 – 56	55 – 58
При штампуванні в горячому стані	46 – 50	50 – 54
* Включаючи умови роботи пуансонів і матриць щодо малих перетинів при обробці тонких листових матеріалів.		

Отже, актуальними є питання встановлення оптимальних кордонів твердості робочих частин розподільних штампів з високолегованих сталей, що застосовуються при штампуванні різного роду металів та їх сплавів.

Стійкість пуансонів, призначених для пробивання отворів в металопрокат, діаметр яких близький до товщини заготовки, залежить не тільки від їх твердості, але і від способу отримання заготовок для них.

Причиною виходу їх з ладу найчастіше є руйнування, викликане концентрацією напружень в місцях переходу від робочої частини пуансона до посадкової.

Один із способів підвищення міцності, а отже, і стійкості пуансонів - застосування для виготовлення їх заготовок методу напівгарячого видавлювання. Температура нагріву заготовок зі сталі У10А для видавлювання складає 700-750 ° С.

Міцність пуансонів, виготовлених із заготовок, отриманих напівгарячим видавлюванням сталі У10А, в середньому на 58% вище, ніж

пуансонів, виготовлених з прокату. Стійкість пуансонів, виготовлених з видавлених заготовок (сталь У10А) при пробиванні отворів в деталях культиваторів підвищується (з огляду на зменшення числа поломок і по зносу) в середньому на 30%. При цьому продуктивність праці при виготовленні пуансонів збільшується на 35%.

1.2.3 Вплив форми робочих граней матриці і пуансону

Робочою гранню матриці і пуансона є їх ріжуча кромка. Форма робочих граней матриці і пуансона надає значний вплив на стійкість штампа, а отже, і на якість деталей.

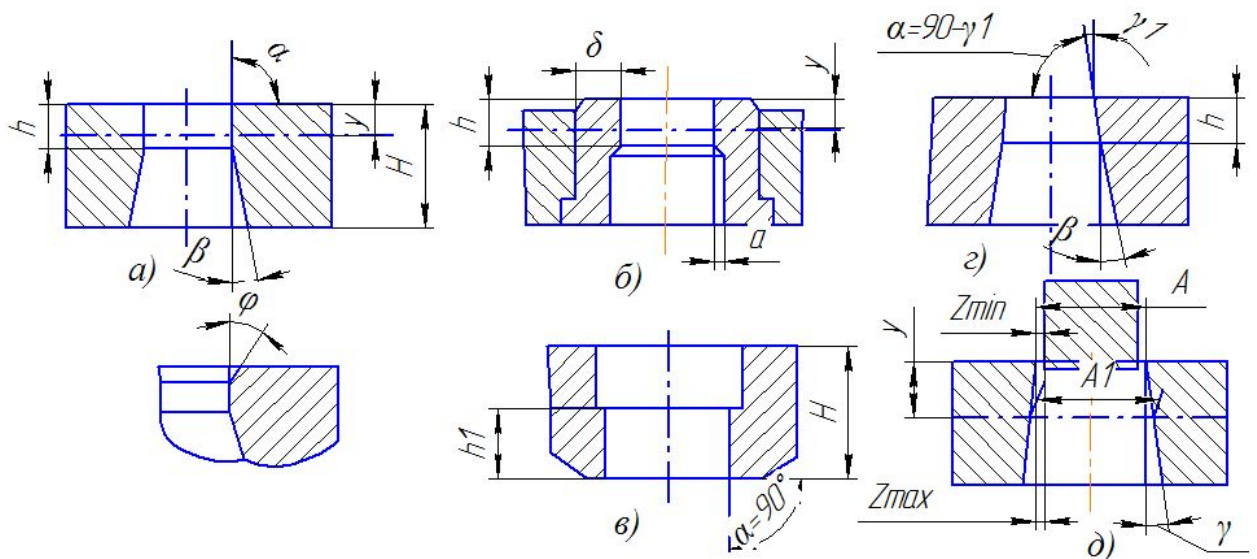


Рисунок 1.2 – Різні форми (профілі) ріжучих частин матриць

У практиці виготовлення і експлуатації вирубних-пробивних штампів застосовують кілька форм (профілів) робочих частин матриць (рис.1.2). Найбільш поширеними є матриці двох типів (рис. 1.2, а і д: 1) матриці, у яких робочий отвір виконано у вигляді вертикального пояску висотою 1γ , що

переходить в конус з нахилом вихідних стінок під кутом ($\beta = 3 \div 5$ $\beta = 3 \div 5$ ° (рис. 1.2, а) для некруглих контурів або з рівномірним вивільненням на величину a (рис. 1.2, б) для круглих контурів; 2) матриці з робочим отвором у вигляді конусу від верхньої торцевої площині (рис. 1.2, д). Величина кута γ в цьому випадку коливається для штампувало матеріалу товщиною $\delta = 0,14 - 6$ мм в межах від $8'$ до 1° . Горьківський автозавод, наприклад, в основному застосовує матриці з конусом від дзеркала матриці з кутом скосу $30'$ з циліндричним провальним отвором. Це забезпечує найбільшу стійкість штампа.

До першого типу відносяться: а) матриці зі зворотним витягнимо-киванням деталі або відходу на дзеркало матриці; б) матриці складної конфігурації і складові для особливо точних циліндричних деталей.

Знос робочого вікна матриці першого типу більше, ніж матриці другого типу через скупчення відходів або деталей в ньому, внаслідок чого збільшується тертя вирубанної деталі об стінки робочого вікна матриці і створюються умови для утворення зворотного ухилу під умовним кутом φ (рис.1.2, а) при їх проштовхуванні, що призводить до досить значного викривлення деталі, яку вирубали. Крім цього, на відмінність зворотного ухилу сприяє поверненню деталі і особливо дрібних відходів вгору (на дзеркало матриці).

Товщина пошкодженого шару металу, який повинен бути видалений при переточуванні штампу, у матриць другого типу набагато менше, ніж у матриць першого типу, крім того, в матрицях другого типу з ухилом у висоту h h пояску можна робити більше, ніж в матрицях першого типу. В цьому випадку можливе виготовлення ряду матриць з єдиною висотою до паску.

Перевагою матриць другого типу є і те, що їх можна застосовувати для штампування всіх видів матеріалів - м'яких, твердих і високо твердих.

Матриці другого типу (рис. 1.2, д) є більш економічними, так як вони допускають більшу кількість переточувань, при цьому сумарна товщина шліфованого шару U сягає в деяких випадках 15 - 20 мм. Допустиму товщину шару u визначають, виходячи з збереження максимально допустимої зазору між матрицею і пуансоном.

Розмір робочого вікна матриці після чергової переточки визначають за формулою

$$A_1 = A + 2y \operatorname{tg} \gamma \quad A_1 = A + 2y \operatorname{tg} \gamma \quad (1.3)$$

де, A – розмір робочого вікна матриці до переточки, мм; U – товщина зішліфованого шару, мм.

За наявними даними в матрицях другого типу на 5-10% знижується зусилля вирубки-пробивки і на 20-25% зусилля проштовхування деталей або відходів, що накопичуються в процесі штампування. За даними роботи стійкість штампів при застосуванні матриці з ухилом по всій висоті матриці в залежності від прийнятого кута ухилу матриці підвищується в 1,5-2 рази.

Для спрощення виготовлення матриць другого типу робочий отвір в них з точними розмірами і кутом $\gamma_1 = \gamma$ витримують тільки на висоті шийки h (рис. 1.2, г). У неробочій частині кут β приймають рівним від 3 до 5°. Висоту шийки h вибирають в залежності від товщини штампувало металу.

При вирубці на провал в матриці другого типу, що має ухил стінок, відбувається збільшення зазору після кожної переточки, тому рекомендується вихідний технологічний зазору задавати кілька менше

оптимального. Це є недоліком таких матриць. Для круглого ріжучого контуру можна уникнути вказаного недоліку, надаючи пуансону невелику конусність, в результаті чого величина заданого зазору буде зберігатися приблизно постійною.

Матриці з вертикальними стінками (рис. 1.2, в) застосовують в штампах поєднаної дії.

Товщину матриці вирубного штампу можна приблизно визначити по емпіричній формулі

$$H = (10 + 5\delta + \sqrt{a+b})K \quad H = (10 + 5\delta + \sqrt{a+b})K \quad (1.4)$$

де δ – товщина матеріалу, який штамнують, мм; a і b – габаритні розміри вирубної деталі, мм; K – коефіцієнт, який залежить від межі міцності матеріалу, який штамнують.

Отриманий результат необхідно округлити до ближнього більшого значення, який є в нормалях штампів.

Ширину перемички між контуром матриці і робочим отвором можна знайти за емпіричним співвідношенням

$$C = 12 + 0,8PH \quad (1.5)$$

де H – товщина матриці, мм.

Існує думка, що робочий торець матриці треба шліфувати до високого класу чистоти. Однак дослідженнями показано, що шорсткість робочої поверхні матриці в межах 2-4 мкм необхідна для підвищення стійкості штампу.

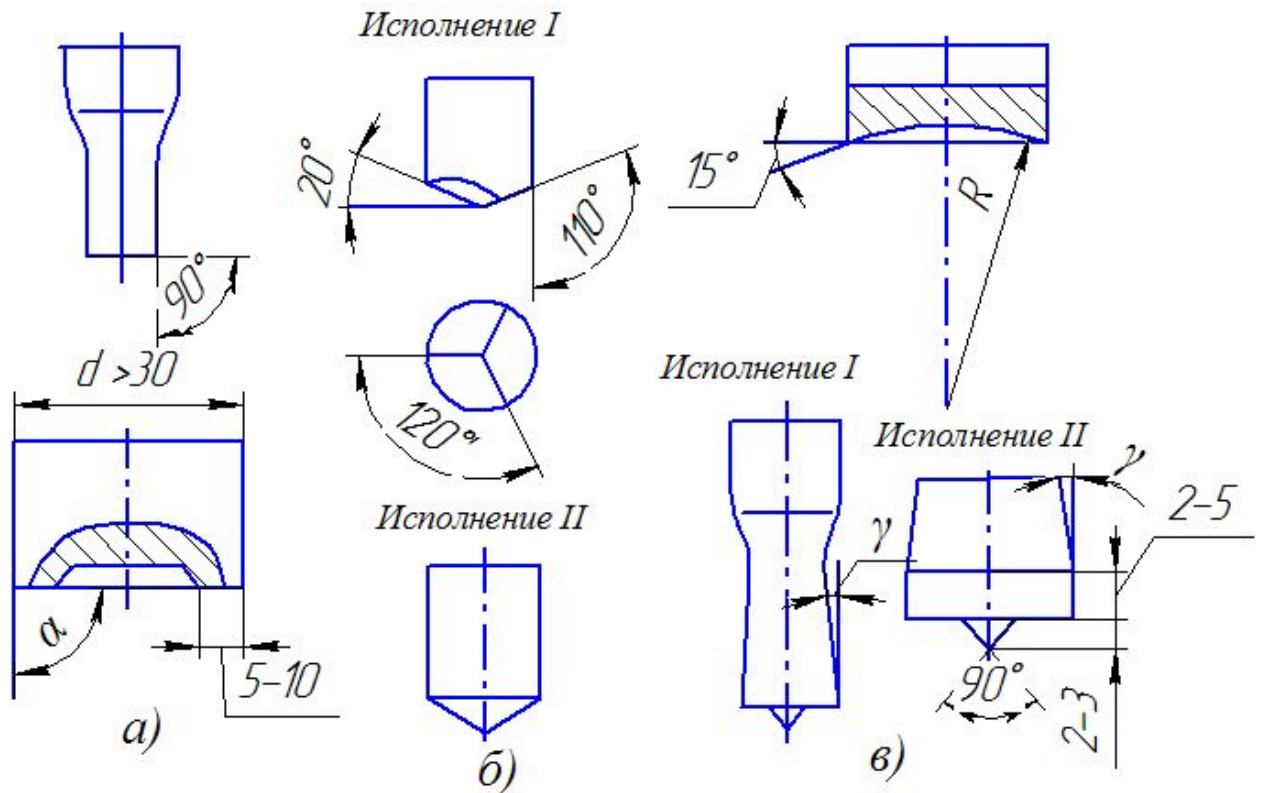


Рисунок 1.3 – Найбільш розповсюджені форми ріжучих частин пуансонів для різки металу

Форма робочих граней пуансонів розділових штампів також досить різноманітна. У розділових штампах різання металів проводиться пуансоном з кутом різання $\alpha = 90^\circ$. Пуансон малого діаметра виготовляють з плоским торцем, а пуансон великого діаметра - з виточенням для зменшення площі шліфування (рис. 1.4, а).

При пробиванні отворів щодо малого діаметра в металі товщиною понад 4 мм пробивні пуансони рекомендується виконувати з кутом різання $\alpha = 110^\circ$ (рис. 1.4, б), що значно підвищує їх стійкість. Однак при цьому заточка ріжучої частини істотно ускладнюється.

Для пробивання отворів щодо великих діаметрів в товстих матеріалах рекомендуються пуансони з загостреним центром або увігнутою торцевої

поверхнею (рис. 1.4, б), так як при цьому запобігається зсув пуансона в початковий момент контакту зі штампованим матеріалом. Для зниження роботи різання і зменшення зусилля знімання штампованого матеріалу пуансони виконують з кутом підвпровадження γ , які призначені в тих же межах, як і для матриць.

Дослідження роботи пуансонів малих діаметрів показали, що стійкість такого пуансона можна збільшити шляхом заточування його торця з загостренням у вигляді конуса - для м'яких металів або заточування торця у вигляді сферичного закруглення - для більш твердих. Пуансон, що має на кінці загострення або опуклість, покращує умови різання, діє на штампований матеріал всією поверхнею торця. При цьому питоме зусилля, яке сприймає пуансоном, істотний але зменшується.

1.2.4 Вплив не співвісності пуансонів і матриць

Одним з технологічних факторів, що впливають на знос ріжучих крайок робочих частин штампу, є точність установки пуансона щодо матриці, яка характеризується не співвісністю пуансону і матриці (асиметрією) і кутом нахилу пуансону до дзеркала матриці.

Не співвісність пуансона і матриці в роздільному штампі призводить до нерівномірного розподілу зазору по периметру ріжучого контуру, що обумовлює нерівномірний знос ріжучих крайок і істотно знижує стійкість штампа до переточування, можливе число переточувань, а отже, і стійкість штампа до повного зносу.

Неперпендикулярність пуансона до дзеркала матриці має несприятливий вплив на хід процесу поділу, а значить, і на якість одержуваних деталей.

Взаємодія робочих частин штампа зі штампованим матеріалом при асиметрії і відхилення від перпендикулярності пуансона щодо матриці призводить до появи бічних сил, що підвищують знос ріжучих крайок і знижують стійкість розділових штампів.

Згідно з роботою при вирубці деталі діаметром 10 мм різної товщини ($\delta = 0,52$ мм) величина бокових результуючих сил істотно залежить від

відношення зазору $\frac{z}{2_{\min}}$ / $\frac{z}{2_{\max}}$ в діапазоні від нуля (зазор односторонній) до 0,5, тобто при значній нерівності розподілу технологічного зазору по ріжучому контуру. Так, наприклад, при зміні

$$\frac{\frac{z}{2_{\min}}}{\frac{z}{2_{\max}}} \quad \frac{z}{2_{\min}} \quad \frac{z}{2_{\max}} \quad \text{від } 0 \text{ до } 0,5, \text{ при вирубці деталей із латуні Л63 } (\delta=2 \text{ мм})$$

$$\frac{z}{2_{\min}} \quad \frac{z}{2_{\max}} \quad \text{зменшується приблизно в 4 рази (від 22,0 до 5,2 кгс).}$$

Наявність кута нахилу пуансона до дзеркала матриці оказує більш істотний вплив на величину бокового зсовуючого зусилля. Так, наприклад, при вирубці деталей діаметром 10 мм зі сталі 10 товщиною 1,5 мм зі збільшенням кута α від 0,5 до 1,5 ° бічна результуюча сила $P_{\text{бок}}$ зростає від 40 до 100 кгс.

При випробуванні штамп з рівномірним зазором між пуансоном і матрицею, при куті нахилу пуансона до дзеркала матриці, рівному 92°, значний знос пуансона і матриці спостерігався в площині, де кут нахилу пуансона до дзеркала матриці становив 88°. В цьому випадку пуансон піддавався перешліфовці після вирубки 30 тис. деталей зі сталі 10 при $\delta = 2$ мм (замість 100 тис. деталей). Після вирубки 80 тис. деталей пуансон прийшов в повну непридатність. Таким чином, штамп, виготовлений з пуансоном, що мають кут нахилу $\alpha = 92^\circ$ до дзеркала матриці, виявився економічно не вигідним для використання в виробничих умовах.

1.2.5 Вплив способу кріплення пуансону і типу направляючих пристроїв

З метою підвищення стійкості робочих частин роздільних штампів в їх конструкціях передбачають направляючий пристрій для рівномірного

розподілу технологічного зазору по ріжучому контуру. Це забезпечується точністю установки пуансонів по відношенню до матриці в пуансонотримачі в напрямних пристроях для пуансонів.

Для кріплення пуансонів в пуансонотримачі розподільних штампів прогресивним є застосування легкоплавких матеріалів, так як при цьому зменшується тривалість і вартість виготовлення штампового оснащення. При штампуванні металів товщиною до 1-1,5 мм кріплення пуансонів заливанням виробляється або легкоплавкими металевими сплавами, або швидкотвердіючою пластмасою. У першому випадку застосовують сур'яно-вісмутові сплави НИАТ-23 або олов'яно-свинцеві, а в другому - самотвердіючі пластмаси типу АСТ-Т і стіракріл.

При кріпленні пуансона тільки легкоплавким матеріалом зусилля навантаження пуансона на відрив визначають за формулою:

$$P_{вдр} = Lh[\tau_{ср}] \quad (1.6)$$

де L – довжина периметру контуру зрізаної частини легкоплавкого матеріалу(в зоні пуансонів або в зоні державки), мм; h – висота периметру зрізу легкоплавкого матеріалу, мм; $[\tau]_{ср}$ $\tau_{ср}$ – напруження, яке дозволяється на зріз легкоплавкого матеріалу, $[\tau_{ср}] = 25 - 50 \text{ МПа}$ $[\tau]_{ср} = 2,5 \div 5 \frac{\text{КГС}}{\text{мм}^2}$.

Пуансони в пуансонотримач заливають після остаточного виготовлення матриці з урахуванням технологічного зазору. Спочатку готовий пуансон вставляють у вікно матриці строго перпендикулярно до її дзеркала, потім ставлять пуансонотримач і заливають легкоплавку масу.

Для точного центрування робочих контурів матриці і пуансона частину поверхні пуансона, яка входить в матрицю, спочатку покривають

спеціальним складом. Товщина шару тимчасового покриття повинна бути рівною величині технологічного зазору. Після цього тимчасове покриття видаляють.

Застосування самотвердіючих пластмас в багатопуансонних штампах для кріплення пуансонів заливкою в пуансонотримач, знімачів і інших деталей штампів дозволяє значно підвищити точність збігу робочих частин, а отже, і збільшити стійкість штампів.

Напрямні елементи блоку штампа призначені для забезпечення високоточного збігу робочих частин верху штампа з робочими частинами низу. Напрямні елементи діляться на два види: ковзання і кочення. Перші знайшли широке застосування у всіх різновидах штампів, а другі – переважно в розділових – прецензійних.

Універсальною направляючою парою є комплект з колонки і втулки, який зазвичай виготовляють або з низьковуглицевих цементуючих сталей з загартуванням до твердості HRC 58-62, або з високолегованих сталей типу ШХ15, 9ХС, 25Х5МА і 38ХМЮА, термооброблених до твердості HRC 62-64. Стійкість напрямних елементів в першому випадку становить 300-500 тис. робочих циклів, а в другому в 2-3 рази більше.

Штампи з направляючими колонками застосовують для виготовлення дрібних, середніх і великогабаритних деталей. Варіанти розташування колонок (втулок) в плитах штампа детально розглянуті в роботах. Застосування подовжених направляючих втулок при всіх способах кріплення колонок забезпечує підвищення стійкості штампа.

Точність і стійкість циліндричних напрямних суттєво підвищується при заміні тертя ковзання на тертя кочення. В такому випадку в направляючій парі встановлюють циліндричний сепаратор з кульками, які перебувають під натягом 0,03-0,04 мм. Застосування кулькових направляючих можливо тільки

за умови невиходу втулок з колонок і при обмеженому ході повзуна. Кульки забезпечують легкість руху, так як зменшується зусилля, необхідне для переміщення верху штампа щодо низу. Стійкість шарикових направляючих складає більш ніж 10 млн. робочих циклів.

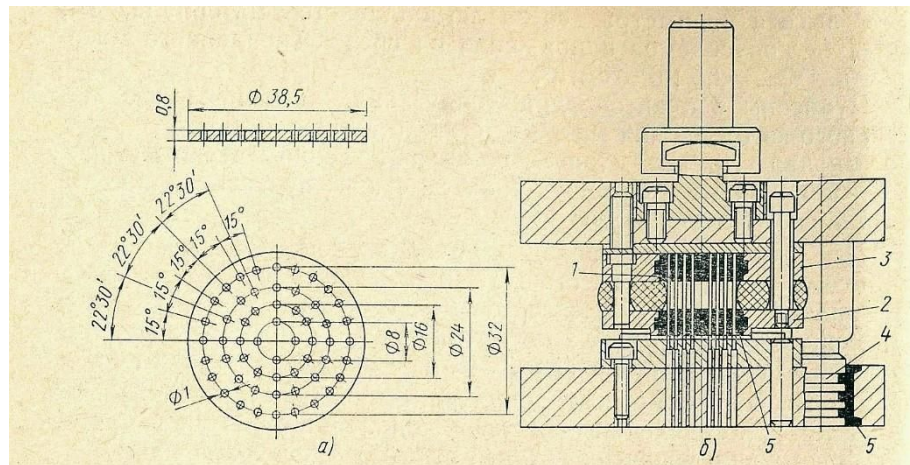


Рисунок 1.4 – Ескіз сітки змішувача із латуні Л63 (а) і конструкція штампу (б) з пов'язаними направляючими для пробивки отворами в ньому

Кулькові напрямні рекомендується використовувати в розділових штампах зі сталевими робочими частинами (особливо при малих технологічних зазорах), призначених для штампування на швидкохідних пресах в багатосерійному і масовому виробництві.

Основним методом з'єднання циліндричних направляючих з плитами блоку є запресовка їх з певним натягом. Найбільш прийнятною при виготовленні штамсів для переважної більшості колонок і втулок є пресована посадка по 2-м класом точності.

Більш прогресивним методом (в порівнянні з запресовкою) є метод кріплення і точного центрування направляючих за допомогою різних клейових матеріалів. До них відносяться полімерні композиції типу стіракрілла (ТШ, АСТ-Т), епоксидного компаунда ЕК-340, карбоновий

цемент, що складається з 18% карбонового клею і 82% будівельного цементу і ін..

Робочу частину направляючої пари ковзання приганяють по ковзної або ходової посадці. При розділових операціях необхідно дотримуватися таких умов – зазор в направляючому вузлі не повинен перевищувати половини технологічного зазору. При штампуванні металів товщиною до 3 мм; ця умова забезпечується легкими посадками по 1-му і 2-му класах точності. При товщині металу більше 3 мм можна застосовувати ходову посадку по 2-му і 3-му класах точності.

Для пробивання невеликих отворів в плоских деталях, а також в порожніх деталях значної висоти застосовують штампи зі сполученими направляючими. На рис 1.4 показаний штамп, який має направляючу плиту (знімач) і направляючі колонки. Він призначений для пробивання 56 отворів діаметром 1 мм в сітці змішувача. Для підвищення стійкості і полегшення виготовлення і збірки штампа знімач 2 армований самотвердіющою пластмасою АСТ-Т. Цією ж пластмасою здійснено кріплення пуансонів 1 в пуансонотримачі 3 і напрямних колонках 4 в нижній плиті. Малий коефіцієнт тертя акрілата АСТ-Т з металом забезпечує високу зносостійкість напрямних елементів. Використання пластмаси для армування знімача, а також для кріплення пуансонів в пуансонотримачі забезпечило сувору співвісність в системі матриця – знімач – пуансонотримач, що перешкоджає викривленню пуансонів в процесі складання штампа. В ході експлуатації штампа (після 6000 штампоударів) ніяких пошкоджень в штампі не було виявлено.

Застосування пов'язаних напрямних за аналогічною схемою дозволяє пробивати отвори діаметром, меншим товщини матеріалу. Наприклад, в твердому дюралюмінії Д16Т пробивали отвори діаметром, рівним 0,45-0,5 від

товщини листа, в латуні 0,75-0,8 і в м'якої сталі – отвори діаметром, рівним 0,9-1,0 від товщини листа.

Значення якісних напрямних пуансонів ілюструється наступним прикладом. Штамп для пробивки отворів в сталевій деталі товщиною 0,5 мм при вільному пружинному притиску мав стійкість до отримання задирки - 4-5 тис. штампоударів, так як тонкі довгі пуансони не мали достатню жорсткість. Після установки пов'язаних направляючих стійкість штампа підвищилася до 30-40 тис. штампоударів.

За даними роботи стійкість вирубних і пробивних штампів із застосуванням швидкотвердіючої пластмаси (стиракріла) при виготовленні знімачів для кріплення пуансонів, колонок, складових матриць і інших деталей підвищується в середньому в 1,5-2 рази в порівнянні зі стійкістю штампів звичайної конструкції. Вартість виготовлення штампів при застосуванні стиракріла знижується на 15-25%.

При пробиванні отворів малих діаметрів (в 2-3 рази менше товщини матеріалу) підвищення стійкості пуансонів Досягається застосуванням штампа із зв'язаними направляючими спеціальної конструкції, докладно описаної в роботах.

Особливості та конструкції інших деталей розділових штампів і їх вплив на стійкість цих штампів наведено в роботі.

1.3 Методи розрахунку стійкості штамсів

В даний час основними способами визначення стійкості розділових штамсів є експериментальні дослідження, а також узагальнення виробничого досвіду.

1.3.1 Розрахунково-аналітичний метод

Використання цього методу, заснованого на узагальненні статистичних даних, дозволяє технологам і конструкторам насамперед розрахувати потрібну кількість штамсів, необхідну для виконання виробничої програми і більш обґрунтовано вирішувати питання планування підготовки виробництва.

Розглянемо розрахункові формули для визначення стійкості вирубних-пробивних штамсів, запропоновані різними авторами.

І. Е. Михайлов запропонував наступну формулу для розрахунку стійкості (в тис. ударів) вирубного штампа до переточування (критерієм зносу вважається поява задирки висотою більше 0,2 мм) в залежності від товщини штампованого металу

$$T_0 = \frac{10}{\delta^{0,3}} \quad T_0 = \frac{10}{\delta^{0,3}} \quad (1.7)$$

Ця формула виведена для наступних умов: штамп на колонках, вирубують матеріал - сталь Ст3, товщина листа від 0,5 до 8 мм; контур вирубованої деталі – простий; матеріал робочих частин – сталь У8А, твердість HRC 55-58; матриця не має ухилу стінок, вирубовування проводиться

без змашення. Із менш деяких з цих умов (наявність мастила, наявність ухилу стінок матриці, застосування інших марок сталі для робочих частин, наявність складного і ускладненого контуру) враховується введенням поправочних коефіцієнтів: K_c, K_y, K_n, K_k . K_c, K_y, K_n, K_k .

Недоліком розрахунку стійкості за формулою (1.7) є обмеження штампованих матеріалів однією маркою (Ст3), а також відсутність даних для визначення стійкості пробивних і комбінованих штампів. Крім цього, розглядається залежність стійкості від товщини матеріалу виправдовується лише для товщини не менше 0,5 мм ($\delta \geq \delta \geq 0,5$ мм).

Більш повний облік конструктивно-технологічних факторів, що впливають на стійкість вирубних і пробивних штампів, подано в праці Бенї. За даними Бенї, на стійкість штампа до переточування впливають: товщина і хімічний склад вихідного матеріалу, матеріал робочих частин штампа; конструкція штампа і виконувана операція (пробивання отворів, вирубка і т. ін.), ступінь складності виробу, якість виготовлення штампа, змашення штампованого матеріалу, стан преса, точність налагодження і т. д.

Формула Бенї для визначення стійкості штампа до повного зносу має наступний вигляд

$$T = \frac{h}{h_1} T_a = \frac{(z_{\max} - z_{\min})}{2tg\alpha_2} T_a K_f K_t K_{sz} K_a K_b$$

$$T = \frac{h}{h_1} T_a = \frac{(z_{\max} - z_{\min})}{2tg\alpha_2} T_a K_f K_t K_{sz} K_a K_\delta K_b, \quad (1.8)$$

де h – сумарна висота допустимого для зішліфовки шару за всі переточки (

$h = \frac{(z_{\max} - z_{\min})}{2tg\alpha_2}$) $h = ((z_{1,max} - z_{1,min})) / (2tg\alpha_1 2)$, де α_2 α_2 - ухил стінок матриці; h_1 h_1 - величина шару який зішліфовується при переточуванні

штампа; T_a T_a - вихідна стійкість, зазвичай рівна 25000 штампоударів + 20% (в залежності від умов роботи штампа); Z_{\max} Z_{\max} - зазор, мм (для матеріалів товщиною 0,05-6 мм Z_{\max} Z_{\max} дорівнює 10-20% від товщини

$$K_f$$

матеріалу); (0,4 - 0,5) Z_{\max} Z_{\max} ; K_f - коефіцієнт, враховує тип штампа (вирубний K_f $K_f = 1,0$; пробивний або комбінований K_f $K_f = 0,8$); K_t K_t - коефіцієнт, що враховує характер спрямування робочих частин (без направлення - K_t $K_t = 0,8$; пакетний напрямок - K_t $K_t = 1,0$; блок штампа на колонках - K_t $K_t = 1,5$); K_{sz} K_{sz} - коефіцієнт, що враховує матеріал робочих частин (вуглецева сталь - K_{sz} $K_{sz} = 1,0$; легована - K_{sz} $K_{sz} = 1,5$); K_a K_a - коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу, який штампується (вуглецева сталь з $\delta_b \leq 50$ кгс/мм², мм² K_a $K_a = 1,0$; з $\delta_b \geq 50 - 90$ кгс/мм², K_a $K_a = 0,8$; легована сталь з $\delta_b \geq 90$

$$K_a$$

кгс/мм², K_a $K_a = 0,7$; з $\delta_b \geq 90$ кгс/мм², K_a $K_a = 0,6$; бронза тверда - K_a $K_a = 1,5$; бронза м'яка K_a $K_a = 1,8$; алюміній K_a $K_a = 2,1$); K_δ K_δ - коефіцієнт, що враховує товщину штампованого матеріалу (для $\delta = 0,05 - 0,3$ мм K_δ $K_\delta = 1,0$; для $\delta = 0,3 - 1,0$ мм K_δ $K_\delta = 1,1$; для $\delta = 1,0 - 3,0$ мм K_δ $K_\delta = 0,8$; для $\delta = 3,0 - 6,0$ мм K_δ $K_\delta = 0,5$); K_b K_b - коефіцієнт, що враховує

складність контуру деталі (простий - $K_b K_b = 1,0$; ускладнений $K_b K_b = 0,8$; складний $K_b K_b = 0,6$).

Незважаючи на спірність окремих наведених вище положень, розрахунок стійкості за формулою Бенї (1.8) дає результати, які узгоджуються з практикою.

Для орієнтовного розрахунку стійкості (штампоударів) штампа до повного зносу T_0 Д. А. Вайнтрауб рекомендує спрощену емпіричну формулу, придатну для вирубних (на провал) і послідовних штампів при штампуванні матеріалу товщиною до 6 мм і матеріалу робочих частин зі сталі У10А

$$T_0 = \frac{K_\phi \cdot 10^5}{\sigma_b} (12 - \delta) \quad T_0 = \frac{K_\phi \cdot 10^5}{\sigma_B} (12 - \delta), \quad (1.9)$$

де σ_B σ_b - межа міцності при розтягуванні матеріалу, який

штампується, кгс/мм²; δ δ - товщина матеріалу, мм; K - коефіцієнт

форми контуру (для простої форми $K_\phi = 6,5$ і для складної форми $K_\phi = 5$), для ускладненої форми $K_\phi = 8$.

Для пробивних і суміщених штампів T_0 T_0 приймається менше на 15-20%.

Таблиця 1.2 Середні норми стійкості різноманітних типів розподільних штампів між двома переточками або ремонтами (в тис. ударів)

Тип штамп	матеріал робочих частей штампу	Товщина матеріалу, мм				
		Св.0,5 до 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 3	Св. 3 до 4	Св. 4 до 6
Вирубний	У10А Х12Ф1	45-50	35-40	30-35	20-25	15-20
	або Х12ТФ	55-65	45-55	35-40	25-30	20-25
Обрізний	У10А Х12Ф1	35-40	25-30	20-25	15-20	12-15
	або Х12ТФ	45-50	30-40	25-30	20-25	15-18
Пробивний	У10А Х12Ф1	40-45	35-40	30-35	22-25	18-20
	або Х12ТФ	-	-	-	-	-

Таблиця 1.3 Орієнтовні норми стійкості робочих частин розподільних штампів до повного зносу (в тис. ударів)

Тип штамп	Товщина матеріалу, мм	Матеріал робочих частин	
		Вуглецева сталь (У8А,У10А)	Легована сталь(Х12М,Х12Ф1)
Вирубний (з направляючими колонками)	0,25-0,5	700-1000	1100-1400
	1,0	500-700	700-1000
	1,5	350-550	550-800
	2,0	250-450	400-680
	3,0	250-400	400-600
	6,0	150-300	250-450
Пробивний	До 4	150-250	250-400
Примітка. Найменші значення стійкості відносяться до штампівки більш твердих матеріалів (сталь 40,50), а найбільші - до штампівки більш м'яких матеріалів (сталь 10,20,Ст2)			

В таблиці 1.3 приведені орієнтовані норми стійкості робочих частин штампів до повного зносу для листової сталі середньої твердості за умови, що вирубні штампи піддаються 20-25% перешліфовкам. Слід зазначити, що в окремих галузях промисловості зустрічаються значні відхилення від середніх норм стійкості. При штампуванні деталей з кольорових металів (латуні, міді, дюралюміна, алюмінію) стійкість штампів рекомендується приймати вище табличних приблизно на 30-60%.

1.3.2 Розрахунок стійкості на основі методу планування багатофакторного експерименту

Основи теорія планування багатофакторного експерименту. Стійкісні випробування розподільних штампів являється працемісткими, вони потребують великих затрат часу, значних матеріальних затрат на виготовлення інструменту і на матеріали для проведення експерименту. Тому вельми актуальним являється розробка нових методів оцінки стійкості штампового інструменту взагалі і розподільних штампів зокрема.

В останні роки все більш широкого розповсюдження отримує математична теорія планування експериментів, яка дозволяє зменшити об'єм робіт, відібрати істотні фактори, розробити теоретичні моделі об'єкту і оцінити їх константи, визначити оптимальні умови процесу и т.п.

При пасивному (традиційному) експерименті фіксують значення вхідних і вихідних параметрів без втручання в хід процесу.

Після статистичної обробки результатів випробування визначають параметри математичної моделі. Отриманні в цьому випадку рівняння являються лише інтерполяційною формулою. В ряді випадків існують об'єкти, описання яких можливо лише в основі даної методики.

При активному експерименті (його плануванні) статистичні методи починають застосовувати ще до початку дослідів і припускають введення штучних збурень по заданій програмі, вибір факторів та їх конкретних значень, отримання математичної моделі, її аналіз і прийняття рішення, тобто весь експеримент формалізований і зведений до єдиного алгоритму.

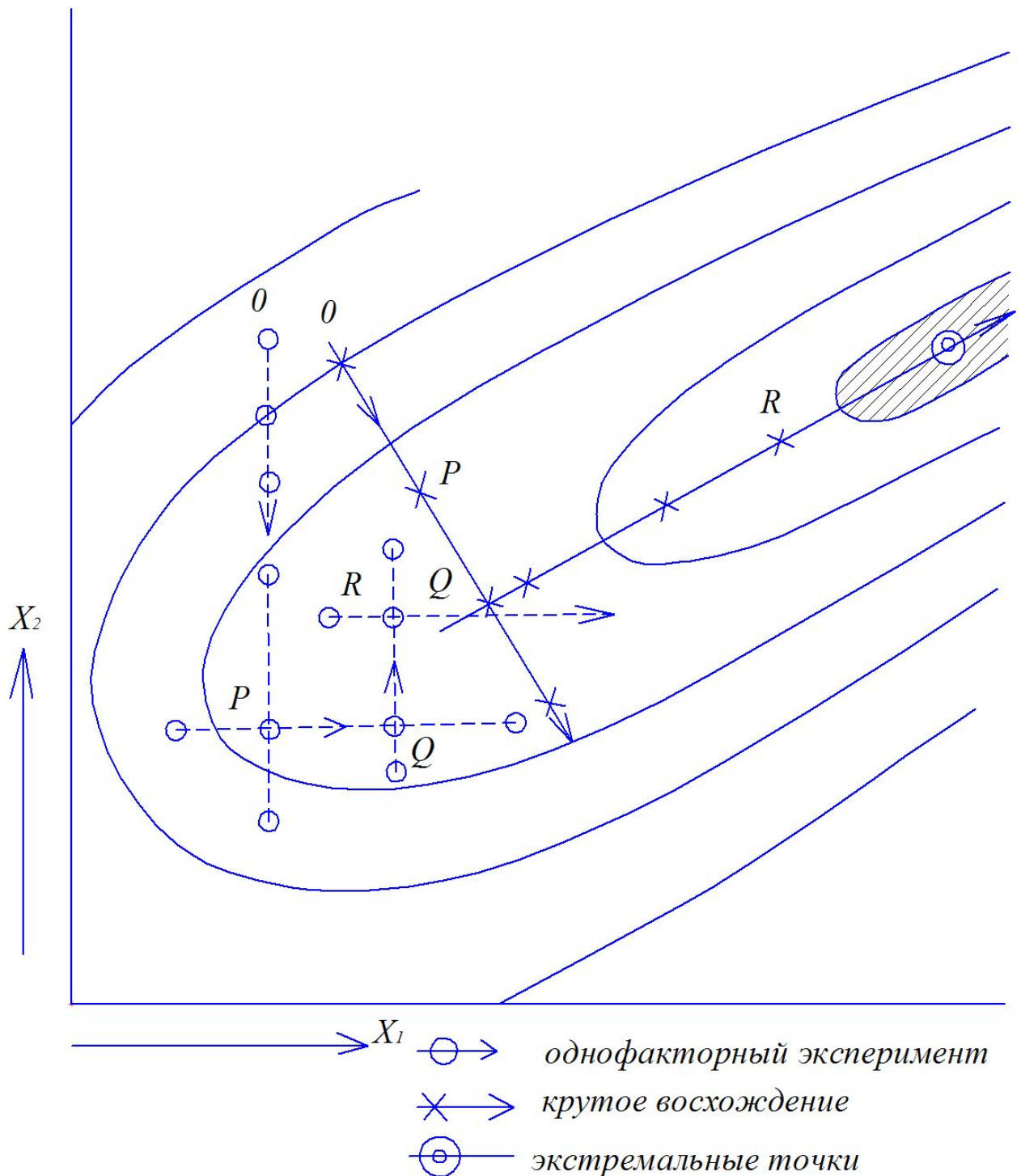


Рисунок 1.5 – Рух по поверхні відклику методами крутого сходження і однофакторного експерименту.

За такою методикою вирішуються інтерполяційні і експериментальні задачі. Вирішення інтерполяційної задачі зводиться до знаходження математичної моделі, відображаючий зв'язок між вхідними незалежними змінними і функцією відгука. Наприклад, можна установити зв'язок між конструктивними особливостями штампу і його стійкості. Екстремальна задача зводиться до пошуку таких значень вхідних параметрів (факторів), при яких вихідна функція має максимальне (стійкість штампу) або мінімальне (собівартість штампувальних деталей) значень. У випадку застосування методу планування багатфакторного експерименту (рис 1.5) рух із точки O в напрямленні OP (напрямок нормалі до контуру кривої) – це найбільш крутий шлях підйому по поверхні відклику в область оптимуму. В напрямленні OP дослідник повинен рухатися до тих пір, поки не пройде точку Q . В околицях точки Q необхідно поставити другу серію дослідів і заново знайти локальне лінійне приближення поверхні відклику.

Цікаво зрівняти рух по градієнту зі звичайним методом пошуку оптимуму, при якому по черзі варіюють то одну, то іншу зміну. Графічно такий прийом показаний штриховою лінією на рис.1.5. Спочатку дослідник фіксує змінну x_1 і рухається із точки O в напрямленні змінної x_2 до тих пір, поки не досягне точки P , де припиняється приріст виходу. В точці P фіксується змінна x_2 і починається рух в напрямленні осі x_1 воно продовжується до точки Q , де приріст припиняється. В цій точці знову фіксується змінна x_1 і знову починається рух по змінній x_2 до точки R . Відбувається блукання по лабіринту, і лабіринт тим складніше, чим більше число незалежних змінних.

Методи планування експерименту припускають кібернетичний підхід до вивчення процесів, впровадження закономірностей які недостатньо ясні зважаючи на складність структури самого об'єкту, представляючи об'єкт дослідження у вигляді «чорного ящика» із безліччю «входів» (фактори) і «виходів» Y_i U_i (функція відклику, параметр оптимізації, цільова функція).

У нашому випадку «чорний ящик» (рис 1.6) представляє собою процес штамповки з усіма його зв'язками, заданий нескінченно великою кількістю диференційованих рівнянь процесу.

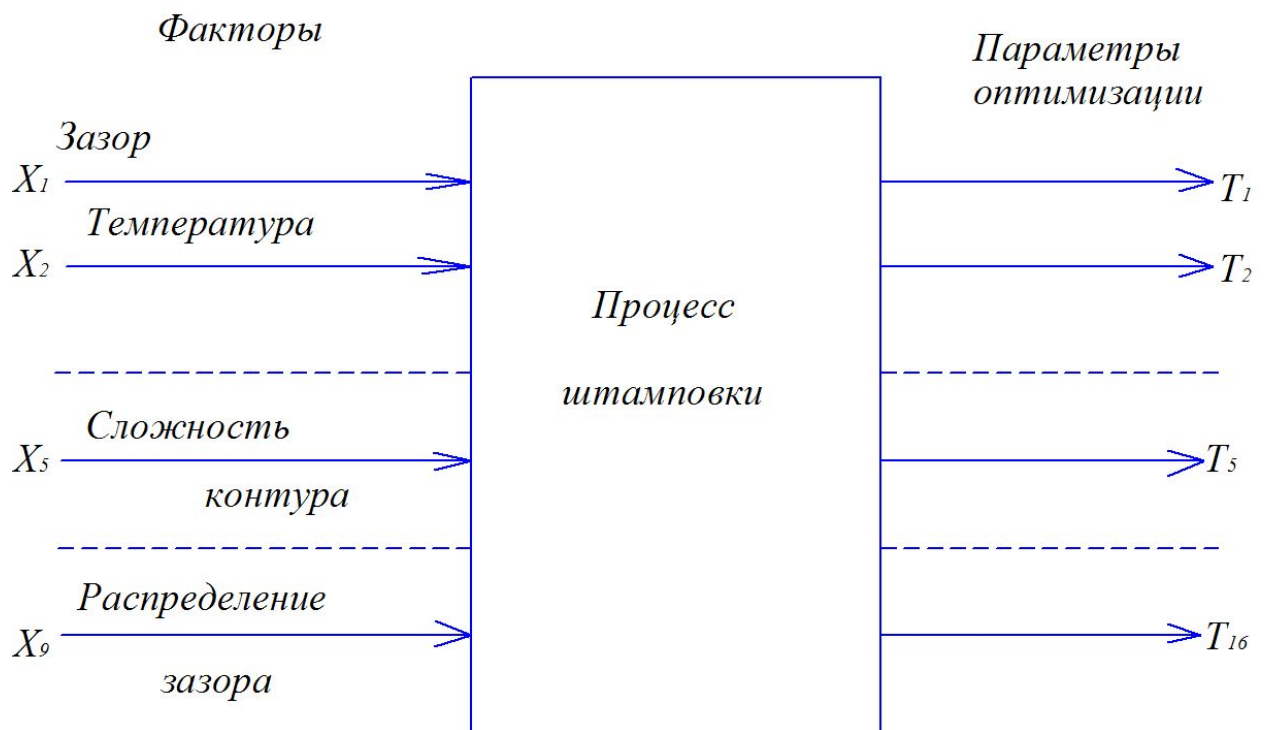


Рисунок 1.6 – Блок-схема процесу штамповки

Математичне рівняння такого об'єкту, як правило, невідомо, тому функцію відклику y можна представити у вигляді відрізка поліному того чи іншого ступеня формула 1.12

$$y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ij} X_i X_j \quad (1.12)$$

де, Y – функція відклику (наприклад, показник стійкості штампу);
 X_i, X_j – фактори, які впливають на y, b_0, b_i, b_j – коефіцієнт поліному.

Задача стоїть у визначенні величини і знаків коефіцієнтів поліному.

Як фактори, так і функція відклику (параметр оптимізації) повинні задовольняти певні вимоги. Параметр оптимізації повинен мати ясний фізичний сенс, виражатися числом, мати область визначення (сукупність усіх значень при експерименті) і т. п.

При виборі факторів виходять із наступних міркувань:

1. Фактори повинні бути визначені операціонально. Це означає, що відомий їх фізичний сенс, вказані способи виміру величини факторів, а також способи контролю цієї зміни, відома помилка в точності і їх фіксації.

2. Кожен фактор повинен мати область визначення. При плануванні експерименту звичайно розглядають дискретну область визначення.

3. Обмежена область визначення факторів не можуть бути принциповими і технічними.

Принципові обмеження для значень факторів не можуть бути порушені ні при яких обставинах (наприклад, якщо фактор – температура, то нижньою межею буде абсолютний нуль). До технічних обмежень, наприклад, відноситься обмеження за рахунок ріжучих властивостей матеріалу матриці та пуансону матриці.

4. Бажано мати жорстке фіксоване значення фактору.

У загальному випадку достатньо знати точність фіксації. Це визначає необхідне число повторних дослідів, а також достовірність отриманих результатів.

5. Вибір розмірності факторів в простих випадках практично не створюють забруднення. Проте у складних ситуаціях ця проблема далека від дозволу.

6. Важлива, щоб фактори не були скорельовані один із одним. Це означає, що зміна любого фактору не повинно викликати змін інших факторів. В іншому випадку планування експерименту утруднено.

7. Фактори повинні бути сумісні. Несумісність факторів сприяє такому їх поєднанню, яке не можна відтворити назад. Наприклад, режим штамповки, які викликають вибух, займання або інші незворотні зміни.

Відбираючи фактори, окрім всього іншого, необхідно стрімко скоротити кінцевий список факторів до мінімуму, так як навіть невелике скорочення їх числа приводить до значного скорочення досліджень.

При складанні попереднього списку факторів використовують літературні дані. В цей момент складно вирішити питання про вплив кожного фактору на вибраний параметр. Істотну допомогу може дати статистична обробка результатів опитування думки спеціалістів. Використання апріорної інформації не суперечить ідеї « чорного ящика». Чим більше буде інформації, тим модель об'єкту дослідження буде складена точніше.

Остаточний вибір факторів здійснюється експериментальним шляхом. Для цього розроблено ряд методів експериментального відсіювання факторів.

При плануванні експерименту всі фактори варіюються в кожному досліді одночасно. Отримана математична модель дозволяє дати кількісну оцінку впливу кожного фактору на функцію відгуку.

В результаті експерименту функція відгуку отримується у вигляді проведеного вище поліному. Визначення коефіцієнтів поліному b_0, b_i, b_{ij} , а також статистичний аналіз рівняння (1.12) проводять за відомими формулам так само, як і оцінку адекватності моделі, тобто придатність її для описання реального процесу. Екстремум параметру оптимізації визначається методом крутого сходження або симплекс-методом. Після перевірки отриманого рівняння встановлюється кінцеву модель. Абсолютна величина коефіцієнтів ,

b_{ij}, b_0, b_i, b_j , дозволяє кількісно оцінити ефект впливу кожного фактору. Знаки при коефіцієнті указують на збільшення параметру оптимізації: «плюс» - при підвищенні значення фактору (у порівнянні з нульовим рівнем), а «мінус» - при його зменшенні.

При використанні методу планування багатфакторного експерименту число дослідів при достатній достовірності результатів може бути скорочено в 2-5 разів і більше.

Слід пам'ятати, що як би добре ми не знали той чи інший процес, якими б математичними моделями він не був описаний, при впровадженні у виробництво постійно виникає необхідність в його налагоджуванні. В тому випадку доцільніше всього використовувати методи планування експерименту; при цьому представляється можливим враховувати такі характерні для виробництва моменти, як вплив випадкових перешкод.

2 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ І ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методи оцінки стійкості штампів

В розподільних операціях листової штамповки стійкість штампів між переточками звичайно оцінюють не по зносу робочих частин штампу (пуансону і матриці), а побічним шляхом – числом деталей, які зняли зі штампу, до моменту появи на них заусенцю (задилок) допустимої висоти, яка залежить від товщини і роду металу, який штампують.

Така оцінка стійкості штампованого інструменту являється орієнтованою, так як хоча величина заусенцю при штамповці того чи іншого матеріалу і визначається зносом ріжучих кромek штампу, але через

відсутність установленної функціональної залежності між ними по величині заусенця неможна знайти величину зносу матриці і пуансону і установити його характер. Це необхідно знати при вишукуванні засобів підвищення стійкості розподільних штампів і вивчення закономірностей їх зносу.

В роботах по вивченню стійкості розподільних штампів в різних умовах деформації, які проводились на кафедрі «Машини і технологія обробки металів тиском» Горьківського політехнічного інституту імені А. А. Жданова, і в виробничих умовах стійкість робочих частин штампів окрім величини заусенця оцінюють знос їх ріжучих кромок за засобами запису з них профілограф (площею, яка укладена між профілем ріжучої кромки до та після зносу). По профілограмам можна також визначити параметри зони зносу, яка визначають товщину слою металу, який знімають з пуансону і матриці при переточці штампів.

Знос профілю ріжучих кромок пуансону і матриці можна характеризувати боковим і торцевим зносом, який має нахилену форму. В свою чергу, знос кожної поверхні пуансону і матриці можна характеризувати параметрами зносу:

$u_{i.п.}^b, u_{i.п.}^T, u_{i.м.}^b$ – глибиною зони зносу при аналізі відповідно бокової і торцевої поверхні пуансону;

$h_{i.п.}^b, h_{i.п.}^T$ – глибиною зони зносу при аналізі бокової і торцевої поверхні матриці;

$u_{i.п.}^T, u_{i.п.}^b, u_{i.м.}^T$ – глибиною зони зносу по торцевим поверхням відповідно пуансону і матриці;

$h_{i.п.}^b, h_{i.п.}^b, h_{i.м.}^b$ – висотою зони зносу по боковим поверхням відповідно пуансону і матриці.

Для оцінки бокового і торцевого зносу ріжучого контуру пуансону і матриці необхідно знайти зношений геометричний профіль ріжучих кромek штампового інструменту на тій чи іншій стадії його експлуатації. Знаючи величину і характер того чи іншого виду зносу робочих частин штампу в розподільних операціях листової штамповки різних матеріалів, представляється можливим впливати тим чи іншим засобом (завдяки прижиму, змащенню, протivotиску і ін.) на величину бокового торця зносу і його параметри, а тим самим і на висоту заусенця, який утворюється.

Дослідження зносу геометричного профілю ріжучих кромek штампу в процесі його експлуатації являється особливо важливим для установлення закономірності зносу штампового інструменту, для визначення зносостійкості інструментальних сталей, а також для оцінки різних матеріалів, які оброблені різкою в штампі.

Маючи профілограми, тобто знаючи початковий і кінцевий профілі ріжучих кромek пуансону або матриці, можна визначити площі F_1, F_2, \dots, F_n в різних повздовжніх перетинах інструменту. Дійсна площа зносу в даному перетині, нормальному до ріжучого контуру в місці, яке розглядаємо, буде рівною

$$F_{ид} = \frac{1}{U_B U_G} F_{i проф} \quad (2.1)$$

де, $F_{i проф}$ - площа зносу, яка знайдена по профілограму в перетині,

який розглядаємо, мкм^2 ; U_B – вертикальне збільшення; U_G – горизонтальне збільшення.

Знаючи дійсні площі зносу в окремих перетинах ріжучого контуру, легко знайти шляхом усереднення за виразом:

$$F_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{id}}{n}, \quad (2.2)$$

дійсну площу зносу пуансону $F_{п.б.ср.}$, $F_{п.т.ср.}$ і матриці $F_{м.б.ср.}$, $F_{м.т.ср.}$ по ріжучому контуру в цілому.

У багатьох випадках знос ріжучого контуру пуансону або матриці в цілому доцільно оцінювати питомим зносом, тобто знос, який припадає, наприклад на 1000 вирублених деталей ($F_{п.б.ср.}$, $F_{п.т.ср.}$, $F_{м.б.ср.}$, $F_{м.т.ср.}$), а також параметрами зони зносу пуансону або матриці.

Окрім визначення дійсної площі зносу штампного інструменту і його параметрів, профілограми дозволяють визначити характер зносу, а також провести кількісні виміри «наростів» і «кратерів», які виникли на зношених поверхнях в результаті адгезіонного зносу.

2.2 Прилад для вимірювання зносу робочих частин штамів

На основі аналізу способів вимірювання зносу робочих частин штампового інструменту різних видів обробки металів під впливом [110, 37, 128, 127, 121, 83, 15], а також ріжучого інструменту [81], М. М. Дурандіним, з урахуванням вищезгаданої методики оцінки зносу ріжучих кромки штампа, був розроблений прилад (рис 2.1), який дозволяє записувати профіль зношеної ріжучої кромки з досить високою чутливістю. Прилад дозволяє знімати профілограми з робочих частин матриць і пуансона в будь-якому місці ріжучого контуру різної складності з різноманітними горизонтальним і вертикальним збільшенням, що зумовлено великим різницею в порядку вимірних лінійних параметрів зони зносу.

Основні дані приладу

Вертикальне збільшення	500, 1000, 2000, 5000
Горизонтальне збільшення	100, 200, 300
Зусилля оцупування при вимірі, гс	35
Радіус сфери оцупуваної ігли, мкм	25-30
Швидкість переміщення предметного столика при записи профілограмм, мм / мин.....	1,18
Кут нахилу оцупуваної ігли до вертикалі, град	30
Кут нахилу іглотримача до горизонталі, град.....	10
Величина зсуву острій оцупуючої иглы відносно осі датчика, мм	1,87
Розмір осі датчика від центра рухів імпульсу, мм	60
Габаритні розміри (довжина ширини висота), мм:	
вимірюючого блоку.....	390x380x460
записуючого пристрою	363x318x205

Маса прибору (повного комплекту), кг 36

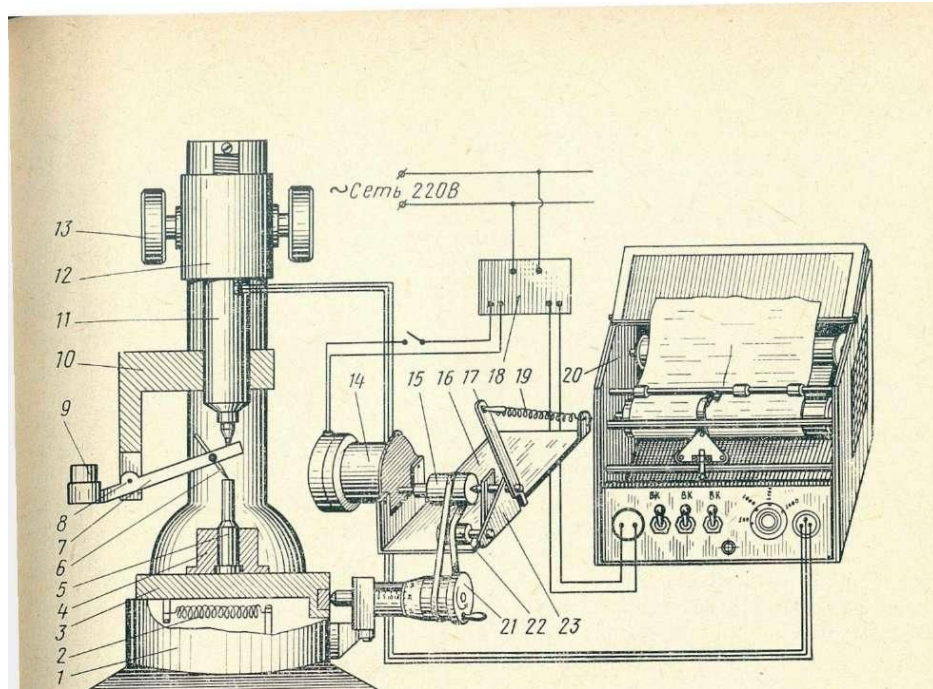


Рисунок 2.1 – Принципова кінематична схема прибору для виміру зносу робочих частин розділового штампу

Принцип дії приладу полягає в оцупуванні бокових поверхонь інструменту металевою голкою з достатньо малим радіусом закручування ($r = 0,0254-0,03$ мм) і перетворенні вагових важелів у змінах напруги індукційним методом, пропорційним цим вагам. Запис профілограм відбувається на міліметровому папері в прямокутній системі координат при строго визначених вертикальних і горизонтальних збільшеннях. При цьому записується геометрична характеристика зношеної поверхні без запису її мікронервтів, що дуже важливо з точки зору зручності після обробки профілограм для кількісної оцінки величини зносу штампового інструмента. Прилад складається з вимірювального блоку та записуючого пристрою 20. Вимірювальний блок представляє собою станину 1 (рис 2.1), в нижній

частині якого монтується предметний Столик 3, підпружинений пружиною 2, що має можливість рухатися в двох взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою мікровинтов довгого 21 і поперечного перемессті. В верхній частині стани на рухомий тубус 12, переміщується з маховичками 13, жорстко закріплений диференційним датчиком 11.

З метою максимального приближення записуючого геометричного зношеного профілю ріжучої кромки до діючого між якорем індуктивного датчика та контрольної надлишковістю інструменту на Г-образному кронштейні 10, жорстко закріпленому на датчику, під деяким кутом до горизонталі на гольчасті опорах 8 споряджений голку 7 з протилежністю 9. На одній з кінців голкотримача під певним кутом до вертикалі закріплюється металева вставка 6, встановлена на основну поверхню пуансона 5 (або матриці), який знаходиться в пристрої 4. голкотримач з голкою може перевертатися в площині виміру на деякий кут.

На другому кронштейні 16, з правого боку приладу, змонтований механізм примусового переміщення предметного столика, представляє собою ремінну передачу, з'єднуючу мікрометричний гвинт 21 з шківом 15, закріпленою жорстко на виході валу синхронного двофазного електродвигуна 14 типів ДСМ-2. Ремінна передача має пристрій для натягнення і ослаблення ременя, даючи можливість після запису профілограм вручну за допомогою гвинта 21 повернути вимірювальний столик разом із закріпленими на ньому інструментом в початкове положення. У пристрій входять: решітки 17 та 23, пружина 19 і натяжний ролик 22. Як затискувальний пристрій використовується електричний самописник типу БВ-662 заводу «Калібр». Прилад подається від мережі змінного струму через стабілізатор напруги 18.

Як показала практика експлуатації даного приладу, з метою зменшення помилки вимірювання величини зносу при обробці профілограмм, переміщення острий, що рухає голку на базовій площині інструменту, повинне бути більшим або за рівнем висоти (ширини) зони зносу (рис. 28, а), тобто $l_b \geq h_z$ або $l_b \leq h_z$ $l_b \geq h_n$ або $l_b \geq h_n$, де l_b - пересування гострія голки по базовій поверхні оцупування; h_z - висота зони зносу при полосканні бічної поверхні; h_n - ширина зони зносу при оцупленні торцевої поверхні.

3 ВПЛИВ ТОЧНОСТІ УСТАНОВКИ

3.1 Перекуси та зміщення

У період випробування штампа не можна обмежуватися невеликим числом відштампованих деталей, так як мала кількість штамповок не дасть повного уявлення про роботу штампа. Необхідно зробити не менше 50-70 штамповок і, якщо всі вони задовільної якості, зняти штамп з преса. Дуже багато дефектів готових деталей викликає неправильна установка штампа на пресі.

Першою ознакою неправильної установки штампа на пресі буде одностороннє тертя на напрямних колонках, поява блискучої поверхні зрізу з будь-якої сторони деталі (це показує, що зазору з цього боку немає) і швидке затуплення на цій ділянці різальних крайок пуансонів і матриць. Цей дефект є, як правило, наслідком перекоосу столу преса, непаралельності або нерівномірності прокладок під штампом і зміщення верхньої частини штампа щодо нижньої.

Перекус столу преса і неточність розмірів прокладок можна визначити, звільнивши нижню плиту від кріплення і заміривши щупом зазор між

нижньою плитою штампа і столом преса. Можна також, повернувши штамп на 180° і закріпивши його, знову зробити кілька пробних вирубок, при цьому одностороннє тертя на колонках з'явиться з протилежного боку і грат (надлишковий метал) на деталі буде також з іншого боку.

Зсув матриці щодо пуансонів виходить при зміні порядку кріплення штампа, коли спочатку кріплять нижню плиту, а потім верх штампа. При цьому між хвостовиком і площиною його кріплення може залишитися зазор. Після затиску хвостовика щогою повзуна верхня частина штампа відійде на величину зазору. У блокових штампах це викличе згинання колонок і одностороннє тертя їх у втулках, а також зміщення пуансонів щодо матриць, що призведе до появи одностороннього грата на деталях.

У безколонних штампах це стане причиною зарубання різальних крайок матриці, появи грата, підвищеного зносу напрямних плит і ослаблення кріплення пуансонів і ножів. Всі ці дефекти можна усунути повторною, більш ретельною установкою штампа на пресі. Забруднення смуги матеріалу землею, піском і т.д. призводить до швидкого стирання ріжучих крайок штампу і рубці неповних деталей (внаслідок недоведення стрічки до упорів), через що можлива поломка або розхитування пуансонів, заклинювання смуги матеріалу (через нерівномірну її ширини) в проході між лінійками. Можлива неправильна геометрична форма деталей внаслідок перекоосу вузької смуги.

3.2 Дослідження впливу точності установки на стійкість інструменту вирубного штампу

У цьому розділі наводяться вибіркові дані експериментального дослідження, проведеного під науковим керівництвом Г. А. Смирнова-Аляева, К. Г. Гладкевича, Е. Д. Матвєєвим і А. В. Якобсоном.

Широко відомо, що в процесі вирубни детале штампами відбувається більш-менш інтенсивний знос вирубного інструменту, що залежить від точності його кріплення в штампі. У результаті знижується якість вирубаних деталей, на яких утворюється задирок, в межі перевищує допустиму величину, тобто приводить до браку продукції.

Точність установки інструменту визначається двома параметрами

- 1) кутом α^0 установки пуансона щодо дзеркала матриці (рис.3.1);
- 2) зміщенням e пуансона щодо матриці в % від зазору z (рис. 3.2)

$$e = \frac{h}{\frac{z}{2}} \cdot 100\% \quad e = \frac{h}{\frac{z}{2}} 100 \quad (3.1)$$

де z - зазор між пуансоном і матрицею; h - ексцентриситет.

При установці інструменту в штампі може мати місце одночасно і нахил α^0 пуансона щодо дзеркала матриці і зміщення e e - обставина, що викликає інтенсивний знос інструменту і позначається в зменшенні числа придатних вирубок між переточуваннями.

У завдання дослідження входило встановлення впливу нахилу і зміщення пуансона на стійкість інструменту штампу і вибір оптимальних параметрів установки інструменту, забезпечувати максимальну ефективність

процесу вирубки. Експерименти проводилися на вирубному штампі розміром 250x250 мм при габаритах пакета 80x60 мм.

Пуансон круглого перетину діаметром 10 мм з інструментальної сталі марки У10А. Величина двостороннього зазору $z = 0,2$ мм. Матеріал заготовок - сталь Ст 10 при товщині листа 2 мм. Установка пуансона щодо матриці здійснювалася на спеціальному стенді з кутами щодо дзеркала матриці $\alpha^0 = 0; 0,5; 1,0; 1,5$ і ексцентриситетом $h = 0; 0,045; 0,095$ мм.

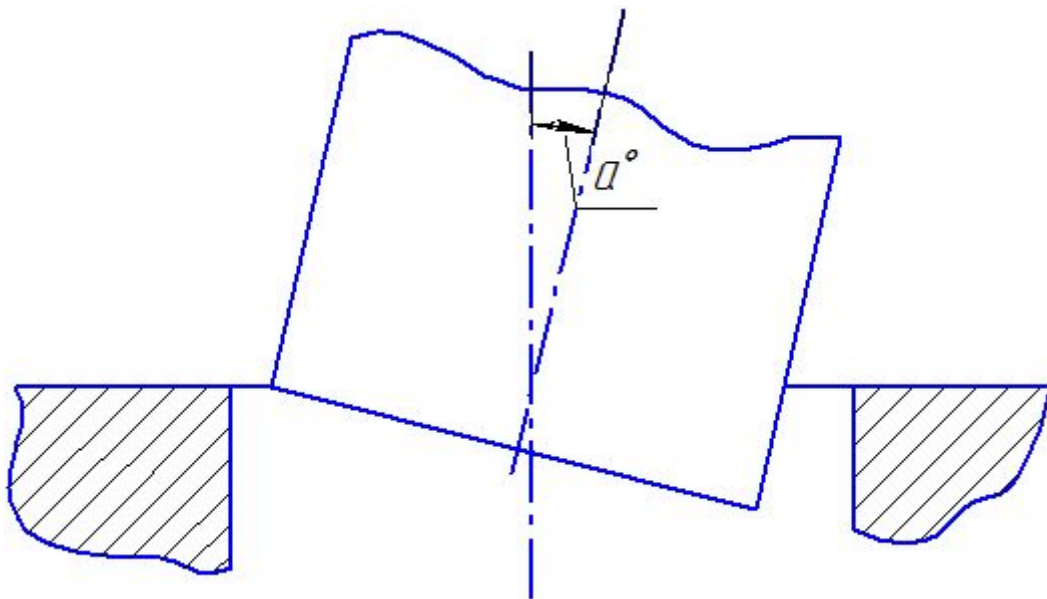


Рисунок 3.1 – Кут α установки пуансона відносно дзеркала матриці

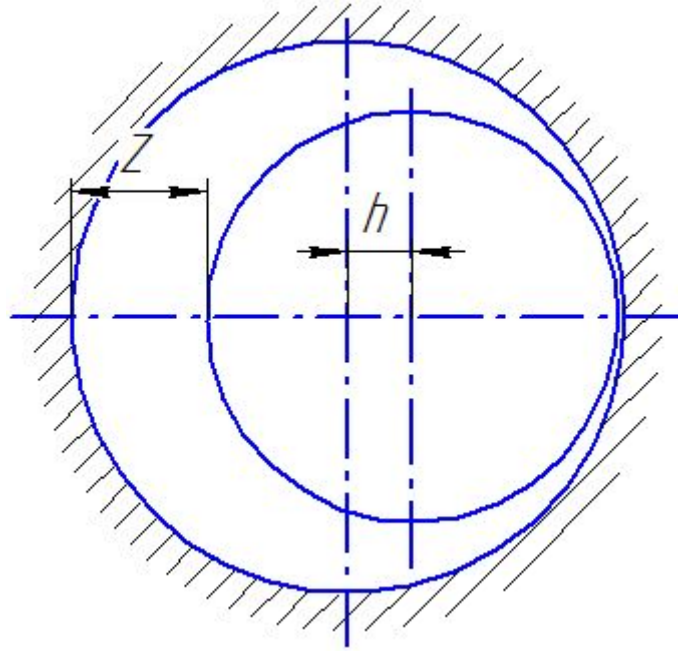


Рисунок 3.2 – Зміщення пуансону відносно матриці в % від зазору

На експериментальному штампі з точно встановленим пуансоном відповідно вказаними параметрами проводилася вирубка деталей аж до затуплення інструменту, сигналом якого служило поява на вирубаної деталі задирки допустимої висоти $B = 0,07$ мм, що є критерієм затуплення.

Визначення висоти утворюється на деталі задирки здійснюється в процесі вирубки регулярно, через кожні дві тисячі вирубок.

Кожна реалізація експерименту, під якою розуміється здійснення процесу вирубки при відповідних параметрах установки пуансону аж до його обумовленого затуплення, в проведеному дослідженні повторювалася десять разів. Всі експериментальні дані занесені в таблиці. Так, наприклад, в таблиці 3.1 приведені дані десяти реалізацій при 26 тис. ударів штампу (з проміжком в дві тисячі ударів) при установці пуансону $\alpha^* \alpha^0 = 0$, $h = 0,045$ мм.

n	N в тис. ударів												
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
1	0,025	0,03	0,037	0,044	0,052	0,056	0,06	0,063	0,06	0,068	0,07	-	-

2	0,03	0,035	0,04	0,042	0,048	0,057	0,061	0,062	0,07	0,067	0,069	0,07	-
3	0,032	0,037	0,042	0,046	0,05	0,054	0,058	0,062	0,06	0,067	0,069	0,07	-
4	0,033	0,038	0,043	0,045	0,049	0,053	0,057	0,063	0,07	0,068	0,07	-	-
5	0,027	0,033	0,039	0,043	0,047	0,052	0,056	0,06	0,06	0,065	0,068	0,07	0,071
6	0,029	0,034	0,039	0,44	0,048	0,053	0,058	0,063	0,07	0,067	0,069	0,07	-
7	0,036	0,04	0,045	0,049	0,051	0,054	0,057	0,061	0,06	0,065	0,068	0,07	-
8	0,037	0,041	0,046	0,049	0,052	0,053	0,056	0,06	0,06	0,07	-	-	-
9	0,035	0,039	0,045	0,05	0,054	0,055	0,056	0,063	0,06	0,066	0,067	0,07	0,071
10	0,036	0,041	0,046	0,048	0,049	0,053	0,059	0,063	0,06	0,069	0,071	-	-
В ср	0,032	0,037	0,042	0,046	0,05	0,054	0,058	0,062	0,06	0,067	0,069	0,07	0,071

Отримані експериментальні дані являють собою результати n дослідів над системою m випадкових величин $B(N_1) B(N_2) \dots B(N_m)$ $N_{11}, B(N_{12}), \dots, B(N_{1m})$.

Таблиця 3.1 – Висота заусенця вирубки по даним 10 реалізацій експерименту

Перш за все знаходимо оцінку для математичних очікувань

$$\bar{B} = \bar{m}_B(N_k) = \frac{\sum_{i=1}^n B_i(N_k)}{n} \quad \bar{B} = \bar{m}_B(N_k) = \frac{\sum_{i=1}^n B_i(N_k)}{n} \quad (3.2)$$

Дані $\bar{B} = \bar{m}_B(N_k) \quad \bar{B} = \bar{m}_B(N_k)$ приведені в таблиці 3.1. Шляхом інтерполяції отримуємо середнє число ударів до затуплення інструменту, тобто до досягнення критерію затуплення $B = 0,07 \text{ mm} \quad B = 0,07 \text{ mm}$.

$$\bar{N} = N_k + \frac{N_{k+1} - N_k}{B_{k+1} - B_k} (\bar{B} - B_k)$$

Ці ж результати отримані графічним способом. На діаграмі (рис.3.3) побудовані графіки 1-й (крива 1) і 10-й (крива 3) реалізацій експерименту, а також середня функція (крива 2), проведена по середнім значенням в кожному перетині.

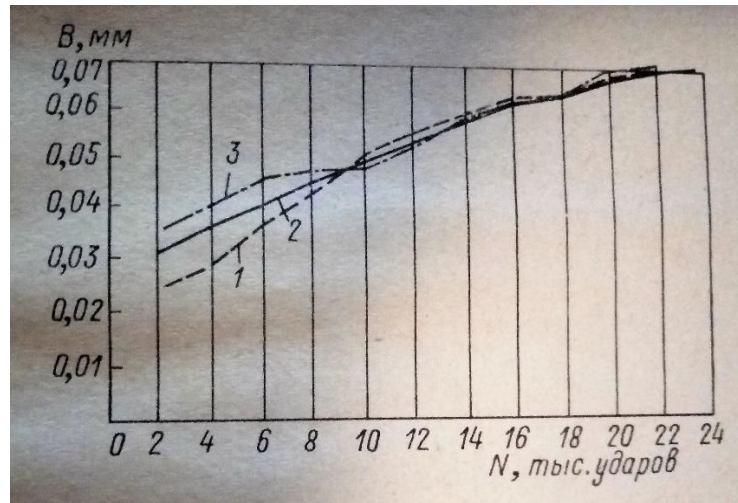


Рисунок 3.3 – Діаграма реалізації експерименту

Далі розрахунком визначається число ударів до отримання критичної величини затуплення $B = 0,07 \text{ mm}$ в кожній реалізації і встановлюється значення N для усіх реалізацій

Таблиця 3.2 – Значення N для усіх реалізацій

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{N}
n	22	22,33	22,25	22	25	23	24	20	25	21	23

Згідно викладеному раніше, для того щоб отримати представлення про точність і надійність отриманого для параметру m_N та оцінки \bar{N} , скористуємося методом математичної статистики визначення довірчих інтервалів, довірчих ймовірностей і можливих помилок.

Прийmemo достатньо велику ймовірність $\alpha = 0,9$ з тим, щоб подія при даній ймовірності можна було би рахувати практично достовірним і знайдемо таке значення ΔN , для якого $p((\bar{N} - \Delta N) - m_N < \Delta N) = \alpha$. В такому випадку діапазон можливих значень помилки, виникаючої при заміні m_N на \bar{N} , буде $\pm \Delta N$, тобто значення параметру N попадає в інтервал

$$I_\alpha = (\bar{N} - \Delta N; \bar{N} + \Delta N), I_\alpha = (\bar{N} - \Delta N; \bar{N} + \Delta N), \quad (3.3)$$

де, α – довірча ймовірність; I_α – довірчий інтервал.

Величина ΔN розраховується за формулою:

$$(3.4)$$

При оцінці, являються випадковими величинами, тому у розранку при заданій надійності коефіцієнт довірчої ймовірності потрібно вибирати з коефіцієнтів Стьюдента

Визначимо границі довірчого інтервалу для значень надійності $\alpha=0,95$; $0,99$; $0,999$:

;

Значення параметра N , що лежать в цьому інтервалі, є спільними з досвідченими даними, наведеними в таблиці 3.2.

Для інших значень α^0 і h проводимо аналогічну обробку експериментальних даних і будуємо графік залежності середньої висоти задирки від числа вирубок при різному взаємному розташуванні пуансона і матриці (рис. 3.4).

Рисунок 3.4 – Графік залежності середньої висоти заусенця від числа вирубок

Перетин кривих з лінією $B = 0,07$ мм визначає кількість ударів (в тис.) до настання критерію затуплення інструменту. Наприклад, при установці пуансона щодо матриці з ексцентриситетом $h = 0,095$ мм і кутом $\alpha^0 = 0$ максимальна кількість ударів до затуплення дорівнювала 16 тис. Максимальна кількість ударів до затуплення інструменту при різних кутах установки і ексцентриситетах показано в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Максимальна кількість ударів (в тис.) при різних α^0 та h

α в град	h в мм		
	0	0,045	0,095
0	38(крива 1)	23(кривая 2)	16(кривая 4)
0,5	17,4(крива 3)	6,6	5
1	11,6(крива 5)	-	-
1,5	10,8(крива 6)	-	-

Знайдена залежність стійкості інструменту від параметрів установки α^0 та h дозволяє при певній програмі орієнтовно вибирати необхідну точність установки інструменту в штампі. Незручна таблична форма шуканої залежності, не кажучи вже про її суцільно орієнтованими, призводить до необхідності подальших пошуків її уточнення і, зокрема, знаходження кореляційної залежності між стійкістю інструменту і параметрами його установки (другий етап справжнього дослідження).

Цілком очевидно, що точної функціональної залежності між стійкістю інструмента і названими параметрами існувати не може, оскільки має місце розкид експериментальних даних завдяки впливу багатьох нами не врахованих факторів, що на стійкість інструменту випадково впливали. До числа таких факторів належать, наприклад, різномірність структури і

механічних властивостей оброблюваного матеріалу, відмінність в товщині заготовок тощо.

Звідси виникає необхідність знаходження між змінними величинами, які нас цікавили, кореляційної залежності, що дозволяє кількісно оцінити зв'язок між вимірюваними величинами (в умовах дії ряду нам невідомих чинників) на підставі того, що середня величина однієї зі змінних приймається змінна в залежності від інших.

Оскільки дане експериментальне дослідження не дозволяє елімінувати всі фактори крім одного, то завдання знаходження зв'язку необхідно вирішувати методом багатofакторного кореляційного аналізу, поставивши за мету встановлення такого аналітичного вираження функції

яке б визначало закономірність зв'язку між стійкістю інструмента і які зумовлюють її факторами, що характеризують точність установки.

Іншими словами, завдання полягає в розкритті характеру і ступеня впливу аргументів на функцію. Якщо сила впливу невраховуючих факторів мала, то в кожному конкретному випадку за значенням аргументів можна досить точно визначити значення функції. В іншому випадку, якщо сила впливу невраховуваних факторів велика, то це говорить про те, що дія обраних враховуючих аргументів перекривається дією факторів неврахованих: про точну оцінку не може бути мови.

Для вибору і обґрунтування виду шуканої функції не існує універсальних прийомів - в кожному конкретному випадку доводиться обирати свої шляхи вирішення завдання. Однак, оскільки з розгляду табл. 3.4 випливає, що зі збільшенням параметрів (кута α^0 і ексцентриситету h) стійкість інструменту зменшується і при цьому не по лінійному закону, доцільно звернутися до залежності виду квадратичного поліному

(3.5)

або експоненціальної залежності виду

(3.6)

а також побувати графік функції в масштабі пів
логарифмічному (3.5), лінійному (3.6) і в косокутній проекції (3.7).

Рисунок 3.5 – Графік функції
масштабі

в пів логарифмічному

Із розгляду графіків випливає, що зі збільшенням ексцентриситету h і кута установки α^0 стійкість швидко падає, при чому збільшення кута α^0 позначається на зменшенні стійкості інструменту значно сильніше, ніж збільшення ексцентриситету h .

При $\alpha^0 = 0$ на півлогарифмічній шкалі залежності між стійкістю і ексцентриситетом зображується майже прямою лінією, що відповідає експоненту

(3.7)

Однак при інших значеннях стійкість інструменту зменшиться уже не по чистій експоненті. Криві та на півлогарифмічній шкалі схожі з кривою другого порядку, тому залежність між стійкістю і параметрам слід би шукати у вигляді

(3.8)

де $(i = 0, 1, \dots, 5)$ – невідомі коефіцієнти.

Рисунок 3.6 – Графік функції

в лінійному масштабі

Рисунок 3.7 – Графік функції

в косокутовій проекції

Доцільно було б також звернутися до залежності виду:

(3.9)

(3.10)

а також

(3.11)

Як відомо, параметри написаних рівнянь визначаються методом найменших квадратів, сутність якого заключається в пошуку таких значень, при яких сума квадратів відхилень розрахункових значень залежних змінних, вчислюється по шуканій формулі від їх фактичного значення, була би мінімальною (рис 3.8)

Рисунок 3.8 – Схема обробки криволінійної функції

На графіку представлена схема обробки криволінійної функції методом найменших квадратів

де, n – число спостережень (точок); y_i – розрахункове значення залежної змінної і x_i – її фактичне значення.

Якщо замість поставити фактичне значення стійкості інструменту, а замість праву частину рівняння 3.11, то вимоги методу найменших квадратів запишеться так (3.12)

Позначимо ліву частину формули буквою F .

Значення \dots , які задовольняють мінімум функції, визначається шляхом прирівнювання нулю частинна похідна функції F по всім невідомим аргументам і рішення отриманої системи рівнянь.

Зробивши відповідні викладки, отримуємо

Диференціюючи функцію F по отримуємо

Рішення цієї системи рівнянь зв'язано з рядом громіських обчислень, наприклад зведення в третю, четверту і так далі ступінь, тому в розглянутому дослідженні знаходження коефіцієнтів було зроблено методом статистичної оптимізації по складеній програмі для ЕВМ БЕСМ-4, розроблений інженером Н.І.Матвєєвой.

Ще більш складним представляється знаходження коефіцієнтів рівняння (3.8), зв'язане з рішенням системи показових рівнянь. В цьому випадку рекомендується попередньо логарифмоване рівняння (3.8)

після чого рішення задачі знаходження коефіцієнтів зводиться до попереднього методу.

Зважаючи на те, що використаний в цьому дослідженні метод статичної оптимізації і його застосування до знаходження коефіцієнтів рівняння регресії представляє інтерес для рішення задач аналітичного плану, приводимо його коротку сутність.

Нехай потрібно визначити оптимальний вектор

який дає мінімум скалярної цільової функції

Область допустимих значень вектору

задана нерівністю виду:

Рисунок 3.9 – Область D допустимих значень вектора X для двомірного простору

Передбачається, що цільова функція обмежена знизу і нерівностей мають вигляд

Графічно область D допустимих значень для двомірного простору можна представити на рис 3.9.

В області D існує точка, яка дає мінімум цільової функції. Пошук оптимальної точки (вектору)

здійснюється випадково-направленим способом, розробленим В.В.Шкварцовим. Суть пошуку полягає в виборі початкової точки, яка знаходиться всередині області D , і пошук із цієї точки нової точки, яка лежить в цій же області і яка дає менше значення цільової функції. Пошук описується основним рекурентним відношенням :

де, - випадковий крок.

Сумарне рівняння пошуку

Результат кожного кроку із точки оцінюється по збільшенню цільової функції

=

Крок визначається вдалим, якщо

< 0 і

і крок вважається невдалим, якщо

0 або

Перехід до пошуку із точки в точку
проводиться одразу ж після першого вдалого кроку.

Послідовність точок в процесі руху від до
можна представити у вигляді

або графічним – рисунок 3.10.

Рисунок 3.10 – схема розташування точок в процесі руху від

до

Крок пошуку із точки складається із випадкових складових та регулярної складової

$$= +$$

Випадкова складова знаходиться за допомогою псевдовипадкових чисел, розподілених по нормальному закону і виробляючим ЕВМ.

Регулярна складова визначається за допомогою виділення тренувальної послідовності кроків , , яка містить інформацію про результати послідовних Р кроків перед кроком, який організує .

За даним алгоритмом створена стандартна програма пошуку, яка застосована для знаходження коефіцієнтів кореляційного рівняння.

Для цього записується вимога найменших квадратів у вигляді

де, для квадратичного поліному

(3.14)

Підставляємо дані таблиці 3.3 в рівняння 3.14, отримуємо

Область допустимих значень

$$=30 \qquad =40$$

$$=-1000 \qquad =0$$

$$=-1000 \qquad =+1000$$

$$=-40 \qquad =0$$

$$=-40 \qquad =+40$$

$$=-40 \qquad =+40$$

У рівняннях (3.14)

Далі розраховуємо величину стійкості

де, $\sigma = (0; 0,045; 0,095)$;

В результаті розрахунків на БЕСМ-4 заповнюється таблиця 3.4

Таблиця 3.4 – Зіставлення експериментальних N_{cp} і розрахункових N

h в мм	α в град	N_{cp}	N	
1	2	3	4	5
0	0	38	35,43	37,7
0	0,5	17,4	18,9	16,2
0	1	11,6	10,77	10,8
0	1,5	10,8	11,06	11,1
0,045	0	23	24,58	25
0,045	0,5	6,6	19,78	8,8
0,095	0	16	17,25	15,5
0,095	0,5	5	8,44	4,4

де, σ – дисперсія;

Так як число спостережень невелике, а число визначених параметрів P порівняно з числом спостережень, то теоретичне кореляційне відношення необхідно корегувати за формулою

$$(3.15)$$

За приведеними формулами вище була створена програма для БЕСМ-4 на мові АЛГОЛ-60 і проведені відповідні розрахунки, які показали, що множинне теоретичне кореляційне відношення а

кореговане теоретичне кореляційне відношення

Невеликий чисельний вираз коефіцієнтів та свідчить про те, що форма зв'язку вибрана незадовільно.

Користуючись тою самою методикою, знаходимо коефіцієнти залежності стійкості інструменту від параметрі точності, яка виражається формулою

Для цієї залежності цільова функція, яка представляє вимогу найменших квадратів, запишеться у вигляді:

де, (3.16)

Підставляючи дані із таблиці 3.4 у рівняння 3.16, отримуємо

Область допустимих значень :

У рівняннях (3.16) :

;

;

Для розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії (3.8) також була складена програма для БЕСМ-4 і отримані наступні дані:

Рівняння регресії записується у вигляді

(3.17)

Мінімізуюча цільова функція:

що свідчить про добрий збіг розрахованих точок з експериментальними.

Результати цих даних приведені в табл 3.4

Розрахункові значення лежать в межах довірчих інтервалів, розраховані в першому етапі дослідження.

Таблиця 3.5 – Стійкість інструменту (в тисячу ударів)

h мм	α град											
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1
0	37,7	30,8	25,6	21,6	18,5	16,2	14,4	13	12	11,3	10,8	10,5
0,005	36,1	29,3	24,2	20,1	17,4	15,2	13,4	12,1	11,4	10,4	9,9	9,5
0,01	34,5	27,9	22,9	19,2	16,3	14,2	12,5	11,2	9,5	9	8,7	8,5
0,015	32,9	26,4	21,7	18,1	15,3	13,2	11,6	10,4	9,4	8,7	8,9	7,9
0,02	31,4	25,2	20,5	17	14,4	12,4	10,8	9,6	8,7	8	7,5	7,2
0,025	30	23,9	19,4	16	13,5	11,5	10	8,9	8	7,4	6,9	6,5
0,03	28,7	22,8	18,4	15,1	12,6	10,8	9,3	8,2	7,4	6,7	6,3	5,9
0,035	27,4	21,6	17,4	14,2	11,9	10	8,7	7,6	6,8	6,2	5,7	5,4
0,04	26,1	20,5	16,4	13,4	11,1	9,4	8,1	7	6,3	5,7	5,2	4,9
0,045	24,9	19,5	15,6	12,6	10,4	8,8	7,5	6,5	5,8	5,2	4,8	4,5
0,05	23,8	18,5	14,7	11,9	9,8	8,2	7	6	5,3	4,8	4,4	4
0,055	22,7	17,6	13,9	11,2	9,2	7,6	6,5	5,6	4,9	4,4	4	3,7
0,06	21,6	16,7	13,2	10,5	8,6	7,1	6	5,2	4,5	4	3,6	3,3
0,065	20,6	15,9	12,4	9,9	8	6,6	5,6	4,8	4,1	3,7	3,3	3
0,07	19,7	15,1	11,8	9,3	7,5	6,2	5,2	4,4	3,8	3,4	3	2,8
0,075	18,7	14,3	11,1	8,8	7	5,8	4,8	4,1	3,5	3,1	2,8	2,5
0,08	17,9	13,6	10,5	8,3	6,6	5,4	4,5	3,8	3,2	2,8	2,5	2,3
0,085	17	12,9	9,9	7,8	6,2	5	4,1	3,5	3	2,6	2,3	2,1
0,09	16,2	12,2	9,4	7,3	5,8	4,7	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9
0,095	15,5	11,6	8,8	6,9	5,4	4,4	3,6	3	2,5	2,2	1,9	1,7

Для оцінки тісноти зв'язку і обґрунтування правильності вибраної залежності розраховується теоретичне множина кореляційних відносин за формулою 3.14 і 3.15:

;

Коефіцієнти a_i показують добрий збіг розрахункових даних з імперичними і таким чином свідчать про правильність вибраної форми зв'язку. В цілях прискорення розрахунку стійкості інструменту в залежності від точності установки його в штамп по ексцентриситету h і кута α створена таблиця 3.6 в якій через інтервали Δh і $\Delta \alpha = 0,1$ приведені стійкості.

Таблиця 3.6 – Зіставлення розрахункових і експериментальних значень стійкості інструменту (в тис. ударів)

h мм	град	N_{cp}				
			$N_{розр}$	a_i	$N_{розр}$	A_i
0	0	38	38		38	
0	0,5	17,4	22		14,6	
0	1	11,6	12,6		9,7	
0	1,5	10,8	7,3	-	11,4	
0,045	0	23	20,5	-	23,4	
0,045	0,5	6,6	11,8	-	9	-
0,095	0	16,6	10,4	-	13,4	-
0,095	0,5	5	6		5,2	

Із аналізу таблиці 3.6 випливає, що зі збільшенням кута α стійкість інструменту падає дуже швидко, а зі зростанням ексцентриситету h убуває

повільніше і, отже, при економічному обґрунтуванні оптимальних параметрів точності установки в штампі саме до параметру необхідно пред'явити більш жорсткі вимоги.

В проведеному дослідженні крім залежностей 3.8 і 3.11 були застосовані більш прості залежності 3.9 і 3.10, які показують значно гірші збіги розрахункових і експериментальних значень стійкості інструменту – табл 3.6.

3.3 Встановлення величини зазору між матрицею і пуансоном

Величина зазору залежить від ряду параметрів, з яких основними є: механічні властивості і товщина матеріалу, а також режим роботи преса, тобто число подвійних ходів повзуна в хвилину.

Залежно від роду і товщини матеріалу величина зазору коливається в межах від 4 до 18% товщини матеріалу. При виборі зазору прагнуть до встановлення оптимальної його величини, при якій задовольняються основні чотири умови, а саме: найменше зусилля вирубки, висока якість поверхні зрізу виробу, найбільша точність штампування і, як слідує, найбільш висока стійкість штампа.

При використанні більш товстого матеріалу діапазон оптимальних зазорів більше, ніж тонкого. Це пов'язано з меншим впливом затуплення різальних крайок інструменту в міру його роботи на освіту задирок при вирубці товстих матеріалів. При порівняно гострих ріжучих крайках штампа тонкий матеріал також дозволяє виробляти роботу за певних інтервалах величини зазору.

Таким чином, якісна вирубка може проводитися в деякому інтервалі зазорів як для товстих, так і для тонких матеріалів. Тому доцільно встановити наступні поняття:

1) мінімальне значення оптимального зазору (для кожного матеріалу і товщини) t_{min} , при якому торцева кромка зрізу стає майже перпендикулярній до площині деталі без помітного утворення задирок;

2) максимальне значення оптимального зазору t_{max} , при якому поверхня зрізу залишається задовільною, хоча і не є вертикальною.

Так як у міру роботи (зносу) штампа зазор між матрицею і пуансоном збільшується, то для знову виготовленого штампа слід задавати зазор, близький до мінімального t_{min} . Зазори задають в залежності від роду і товщини матеріалу. Зі збільшенням твердості і товщини матеріалу величина зазору в процентному відношенні до товщини матеріалу збільшується.

Зазор можна визначити з залежності:

де t — змінний коефіцієнт, який враховує рід і товщину матеріалу.

В таблиці 3.7 приведені значення мінімальних і максимальних початкових двосторонніх зазорів для різних матеріалів при роботі на пресах з числом ходів 120-140 в хвилину. Для ножиць, а також для односторонніх відрізних штампів зазор слід брати рівним половині величини t_{max} .

Оптимальна величина зазорів t_{opt} при вирубці на підвищеному числі подвійних ходів преса ($n > 140$ об/хв) повинна бути збільшена в порівнянні з табличними даними приблизно в 1,5-2,0 рази.

Досвідчені дані показують, що для вуглецевої сталі товщиною до 2 мм оптимальна величина зазорів при роботі на швидкохідних пресах становить 15-20% від товщини матеріалу; при таких зазорах виходить і більш висока стійкість штампів.

Збільшення зазорів забезпечує нормальний процес вирубки при підвищених швидкостях, так як в протилежному випадку буде мати місце «заїдання» пуансона в матриці, яке виходить внаслідок того, що пуансон і матриця, розігріваючи, що не рівномірно збільшують свої розміри.

Таблиця 3.7 – Мінімальні та максимальні початкові двосторонні зазори між матрицею та пуансоном вирубних і пробивних штампів в мм

Товщина матеріалу	Матеріал					
	сталь м'яка(марок 08,10,15,Ст.1,Ст.2) мідь, м'яка латунь, алюміній		сталь середньої твердості(марок 20, 25, 30, 35, Ст.3, Ст.4),тверда латунь		Тверда сталь(марок 40, 45, 50, Ст.5, Ст.6 і вище), тверда бронза	
0,2	0,05	0,02	0,01	0,025	0,01	0,03
0,3	0,01	0,03	0,015	0,035	0,015	0,035
0,4	0,015	0,035	0,02	0,04	0,025	0,045
0,5	0,02	0,04	0,025	0,05	0,03	0,055
0,6	0,025	0,05	0,03	0,06	0,04	0,07
0,8	0,03	0,065	0,04	0,08	0,05	0,09
1	0,04	0,08	0,05	0,1	0,06	0,11
1,2	0,06	0,12	0,07	0,13	0,08	0,16
1,5	0,075	0,14	0,09	0,165	0,1	0,195
1,8	0,09	0,16	0,11	0,2	0,13	0,23
2	0,1	0,18	0,12	0,22	0,14	0,26
2,5	0,125	0,225	0,15	0,275	0,175	0,325
3	0,15	0,27	0,18	0,33	0,21	0,39
3,5	0,21	0,35	0,245	0,42	0,28	0,49
4	0,24	0,4	0,28	0,48	0,32	0,56
4,5	0,27	0,45	0,315	0,54	0,36	0,63
5	0,3	0,5	0,35	0,6	0,4	0,7
6	0,4	0,66	0,5	0,8	0,5	0,9
7	0,5	0,77	0,6	0,9	0,6	1,1
8	0,6	0,88	0,7	1,1	0,7	1,2
9	0,7	1	0,8	1,3	0,9	1,4
10	0,8	1,2	0,9	1,4	1	1,6
12	1	1,5	1,1	1,7	1,2	2
14	1,4	2	1,5	2,1	1,7	2,2
16	1,6	2,3	1,8	2,4	2	2,6
18	2,4	2,8	3	3,4	3,4	3,8

22	3,5	4	4,1	4,6	4,7	5,2
26	4,5	5	5,3	5,8	6,2	6,7

Збільшення забезпечує нормальний процес вирубки при підвищених швидкостях, так як в протилежному випадку буде мати місце «заїдання» пуансона в матриці, яке виходить внаслідок того, що пуансон і матриця, розігріваючи, що не рівномірно збільшують свої розміри.

Установка напрямлення зазору

Вище було відзначено, що величина вирубаної деталі залежить від розміру матриці, а величина, що пробивається отвори - від розміру пуансона. Це дозволяє вивести правило, яке встановлює напрямок зазору в залежності від того, які розміри деталі необхідно витримати - зовнішні або внутрішні.

У разі вирубки зовнішнього контуру номінальні розміри деталі надаються матриці , а зазор z здійснюється за рахунок зменшення розмірів пуансона .

При пробиванні отвору його розміри надаються пуансону , а зазор здійснюється за рахунок збільшення розмірів матриці

4 РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ЗА ФОРМУЛОЮ БЕНЬЇ

У попередніх розділах ми розглядали методи розрахунку стійкості штампів, де наведені формули І.Є. Михайлова, Бенїї, Д.А. Вайнтрауб, В. П. Романовського. Для більш детального вивчення ми взяли формулу Бенїї, тому як саме він враховує найбільшу кількість конструктивно-технологічних факторів, такі як товщина та хімічний склад вихідного матеріалу, матеріал робочих частин штамп; конструкція штамп та операція, яка виконується (пробивка отворів, вирубка і тому подібне), ступінь складності виробу, якість виготовлення штамп, стан пресу, точність наладки и тому подібне.

Для розрахунку стійкості обрали деталь діаметром 150 мм, товщина 2 мм, марка сталі 18ХН10Т (хромонікелевотитанова аустенітна сталь),

Початковий вигляд формули

де h – сумарна висота допустимого для шліфовки шару за все переточки (

де α – ухил стінок матриці; N – величина зішліфованого шару при переточуванні штамп; N_0 – вихідна стійкість, зазвичай рівна 25000 штампоударів + 20% (в залежності від умов роботи штамп); δ – зазор, мм (для матеріалів товщиною 0,05-6 мм дорівнює 10-20% від товщини матеріалу) (0,4 - 0,5) ;

- коефіцієнт, враховує тип штампа (вирубний $= 1,0$;
 пробивний або комбінований $= 0,8$); - коефіцієнт, що враховує
 характер спрямування робочих частин (без направлення - $= 0,8$;
 пакетне напрямом - $= 1,0$; блок штампа на колонках - $= 1,5$);
 - коефіцієнт, що враховує матеріал робочих частин (вуглецева сталь -
 $= 1,0$; легована - $= 1,5$); - коефіцієнт, що враховує
 механічні властивості штампованого матеріалу (вуглецева сталь з
 500 МПа; $= 1,0$; $= 0,8$; легована сталь з 900 МПа;
 бронза тверда - $= 1,5$; бронза м'яка - $= 1,8$; алюміній -
 $= 2,1$); - коефіцієнт, що враховує товщину штампованого матеріалу (для
 $\delta = 0,05-0,3$ $= 1,0$; для $\delta = 0,3-1,0$; $= 1,1$; для $\delta = 1,0-3,0$ мм
 $= 0,8$; для $\delta = 3,0-6,0$ мм $= 0,5$); - коефіцієнт, що враховує
 складність контуру деталі (простий - $= 1,0$; ускладнений $= 0,8$;
 складний $= 0,6$).

Користуюсь нашими вихідними даними, підбираємо коефіцієнти:

$= 0,2$ мм, тому як товщина даної деталі дорівнює 2 мм,
 відповідно $= 0,1$ мм; ; , штамп
 вирубний; $= 1,5$, блок штампу на колонках; коефіцієнт

ми змінимо двічі, в цілях експерименту, для того щоб виявити стійкість
 штампу у першому випадку якщо інструмент буде виконаний з вуглецевої

сталі, у другому з легованої сталі, тому $\alpha = 1,0$; $\beta = 1,5$;
 , тому як $\sigma_{0,2} = 900$ МПа; $\gamma = 1,0$.

В цілях удосконалення даної формули ми пропонуємо доповнити формулу додатковим коефіцієнтом δ , який буде враховувати відносні

розміри вирубаного контуру.

де P – периметр вирубаного контуру, t – товщина деталі);

Для нашої деталі коефіцієнт

Отримуємо:

За результатом обчислень виходить, що для більшої стійкості штампу краще використовувати інструмент із легованої сталі, ніж з вугцевої, але ми не врахували вартість комплектів. Це питання більш детально розглянемо у розділі 5.

5 ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Одним з основних шляхів підвищення продуктивності праці в металообробній промисловості є застосування холодного листового та об'ємного штампування – найбільш прогресивний метод обробки металів тиском.

Економічна доцільність застосування холодного штампування тісно пов'язана з вартістю штампу, що припадає на одиницю виробу, величина якої в основному залежить від стійкості штампу. Висока стійкість штампів – основна умова рентабельності роботи штампувальних цехів. Від неї в значній мірі залежить якість та собівартість штампованих виробів. Початкові витрати на штампувальний інструмент складають близько 15-25% від загальної собівартості продукції. Потрібно також враховувати більшу вартість інструментальних і штампувальних сталей.

Економічність штампу характеризується стійкістю його робочих частин до повного зносу, оскільки вартість виготовлення останніх для більшості типів штампів становить 65-80% від вартості всього штампа. При масовому і багатосерійному характері виробництва, чим вище повна стійкість штампа, тим менше собівартість штампованої деталі.

У роботі вказані усі фактори, які негативно впливають на стійкість штампу, тому якщо їх виправити, ми можемо збільшити приблизно на 10% кількість деталей вироблених на одному штампі. Опираючись на ці дані рахуємо, що при замовленні на 400 тисяч деталей нам потрібно 10 штампів, при умові що один штамп виробляє 20 тисяч деталей. Але при збільшенні продуктивності штампів на 10%, отримуємо результат в 8 штампів.

Повертаючись до нашого розрахунку у розділі 4, продовжуємо розрахунок для інструменту штампу із різних марок сталей.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі надані основні заходи з охорони праці при впровадженні результатів дослідження на ділянці холодного штампування.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

- Можливість ураження електричним струмом. Головними причинами може бути невиконання правил електробезпеки, несправного обладнання, обрив захисного заземлення, може призвести до електричних травмування або смерті.
- Можливість отримання механічних травм при випробуванні на науково-дослідну ділянку, зокрема, в результаті порушення правил з охорони праці.
- Можливість отримання механічних травм через відсутність надійних огорожень і відсутність захисних пристроїв, запобігаючи аварійні ситуації.
- Небезпеки, пов'язані з використанням ПК та іншої офісної техніки при виконанні робіт, що супроводжуються напругою зору і уваги можуть привести до інтелектуальної, емоційної і тривалої статичної навантаженні; а також підвищення рівня електромагнітного, рентгенівського, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання.
- Незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні, в наслідок не ефективної роботи систем опалення та повітрообміну може привести до зниження працездатності і загальних захворювань.
- Незадовільність освітлення приміщень дослідних лабораторій, як правило, пов'язане з виходом з ладу або надмірної забрудненості

освітлювальних приладів, що може привести до погіршення зору, і як наслідок, зниження здатності розрізняти об'єкти.

- Можливість загорянь, причиною яких є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих газів, коротке замикання можуть спричинити пожежу.
- Небезпеки, які пов'язані з умовами праці в надзвичайних ситуаціях при недотриманні інженерно-технічних заходів, спрямованих на підвищення стійкості виробничих об'єктів до впливу ударної хвилі.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Основні заходи для виключення можливості ураження електричним струмом:

- Організаційні - до роботи з електроустановками допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання і перевірку знань з електробезпеки, згідно НПАОП 40.1.-1.01-97 "Правила безпечної експлуатації електроустановок".

- Технічні - використання захисного заземлення. Станини пресів, корпуси електродвигунів та інші металеві частини заземлені та занулені відповідно до ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. «Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення». Всі електроустановки повинні мати мережевий вхідний вимикач, що дозволить повністю зняти напругу з електроспоживачів, згідно ГОСТ 12.4.155-85 ССБТ «Устройство защитного отключения. Классификация. Общие технические требования».

Основні заходи для виключення можливості отримання механічних травм:

- Організаційні - проведення інструктажів з охорони праці, при використанні виробничого обладнання. Перевірка знань і атестація персоналу, згідно з НПАОП 0.00.-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці" -, НПАОП 0.00-4.12-05. «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань з охорони праці»

- Технічні - використання кожухів, якими закривають обертаються або переміщаються частини механізмів згідно НПАОП 27.4-7.15-86 «Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги». Також застосування огорожень згідно з "Оборудование производственное. Ограждения защитные" - ГОСТ 12.2.062-81. ССБТ. Конструкція огорожень повинна попереджати потрапляння кінцівок в зону деформування, але також давати можливість безпечного обслуговування штампа.

Основні заходи при роботі з персональним комп'ютером:

При роботі з персональним комп'ютером з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення кровообігу мозку, попередження стомлюваності, передбачені спеціально обладнані приміщення - кімнати психологічного розвантаження, а також необхідно встановлювати певний режим праці і відпочинку, перерви 10 хв. через кожну годину.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії

Для забезпечення належних метеорологічних умов (або мікроклімату), згідно з ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень"

визначають наступні параметри: температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря і тиск, що і показано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Метеорологічні умови в робочому приміщенні

Період року	Температура °С	Відносна вологість %	Швидкість руху, м/с
Холодний	18-22	40-60	0,1-0,3
Теплий	20-23	40-60	0,1-0,4

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, передбачаються пристрої систем опалення, суміщеного з припливною вентиляцією. У теплий період року в робочому просторі необхідно виконувати природну вентиляцію поєднану з штучної механічної загально обмінної вентиляцією. Для ефективної роботи системи вентиляції, згідно ГОСТ 12.4.021-75. ССБТ "Системи вентиляційні. Загальні вимоги" та СНиП 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование", необхідно виконувати наступні санітарно-гігієнічні вимоги:

- система вентиляції не повинна викликати перегрів або переохолодження робочих;
- система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях;
- система вентиляції повинна бути електро- і вибухобезпечної.

Для зниження шкідливого впливу шуму рекомендується:

- використання ЗІЗ ("беруші") згідно з "Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні вимоги та методи випробувань"- ГОСТ 12.4.051-87. ССБТ. Нормування виробничого шуму здійснюється згідно з "Шум. Общие требования безопасности" - ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Виробнича вібрація при тривалій дії на організм людини може привести до

вібраційної хвороби. Нормування виробничої вібрації проводять згідно ГОСТ 12.1.012-90 "Вибрационная безопасность. Общие требования". Для зменшення впливу вібрації на організм людини, все обладнання встановлюють на спеціальні вібропоглинаючі фундаменти. Згідно ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ "Вибрационная безопасность. Общие требования", методи віброзахисту з організаційних ознаками діляться на колективні та індивідуальні.

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

- зменшення вібрації в джерелах її виникнення - всі рухомі деталі верстатів і агрегатів ретельно врівноважені, а для зменшення динамічних сил, які створюють вібрації, деталі змащуються;
- зменшення параметрів вібрації на шляхах її поширення від джерела збудження;
- організаційно-технічні - планово-попереджувальний ремонт і контроль за вібраційними параметрами;
- гігієнічні та лікувально-профілактичні.

До засобів індивідуального віброзахисту відносяться рукавиці які гасять вібрацію і спеціальне взуття - ГОСТ 12.1.012-90.

Для забезпечення нормованої освітленості (6-7 розряд зорових робіт, норма - 200лк) проведено наступний розрахунок. Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення:

1. На науково-дослідній ділянці застосовують комбіноване освітлення (загальне об'єднане з місцевим). Розряд зорової роботи - II, подразряд зорових робіт V. Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і

визначається за державними будівельними нормами України [ДБН В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”].

2. Визначення рівня нормованої освітленості (E_n). За кількісну характеристику освітленості в приміщенні береться найменша освітленість, яка залежить від: розряду зорових робіт (Пв), фону (середній), контрасту об'єкта з фоном (середній), системи освітлення (комбіноване). $E_n = 200$ лк.

3. Як джерело світла на науково-дослідну ділянку використовують люмінесцентні лампи денного освітлення ЛД 80.

4. Тип світильників – ЛСП, розповсюдження світла переважно пряме (косінусне). IP - 64 (ступінь захисту світильників за міжнародними стандартами), 6 - пиленепроникність, 4-захист від бризок. Коефіцієнт світильника $L/h = 1,3$. Частка світлового потоку світильника, яка спрямована в нижню півсферу - 60-80% (для приміщень, в яких стіни та стеля мають високий коефіцієнт відбиття).

5. Коефіцієнт запасу $= 1,6$ (запиленість менше 1 мг/м). Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення $= 1,1$ – люмінесцентні лампи низького тиску.

6. Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення, для приміщень з незначним виділенням пилу.

7. Чисельне значення індексу приміщення:

(6.1)

де, A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

- висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

(6.2)

де, H – висота приміщення, м;

– висота робочої поверхні над підлогою, м;

- висота звисання світильників від стелі, м.

Розрахунок проводимо за такими формулами, так як невідома:

а) кількість рядів світильників в приміщенні:

(6.3)

Результат округляємо до цілого в більший бік: $N_p = 3$

б) Максимальна допустима відстань між рядами світильників:

м

(6.4)

в) Висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

м

(6.5)

г) Висота свисання світильників від стелі:

(6.6)

8. Значення коефіцієнта використання світлового потоку η вибираю в залежності від виду джерела світла, типу вибраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення і індексу приміщення: $\eta = 56\%$.

9. Визначення світлового потоку лампи і загальної кількості світильників:

а) сумарний потік освітлюваної установки:

$$(6.7)$$

де Φ_{Σ} - розрахункове значення сумарного світлового потоку в приміщенні, лм;

- нормоване значення освітленості, лк;

- площа поверхні, що освітлюється, м²;

- коефіцієнт запасу;

z - коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

б) максимальна відстань між рядами і сусідніми світильниками в ряду:

м

$$(6.8)$$

в) кількість рядів світильників в приміщенні:

$$(6.9)$$

г) умовна загальна кількість світильників у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$(6.10)$$

д) світловий потік умовного джерела світла:

$$\text{лм} \quad (6.11)$$

де n - загальна кількість ламп в приміщенні, шт;

$$(6.12)$$

- кількість ламп в світильнику.

е) з додатка Б вибираю тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{\text{л}}$ і знаходжу коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи і фактичним світловим потоком обраної стандартної лампи $\Phi_{\text{л}}$). Обираю лампу ЛД80, $\Phi_{\text{л}} = 4300$ лм.

Обираю лампу ЛД80, $\Phi_{\text{л}} = 4300$ лм.

$$(6.13)$$

ж) оптимальна кількість світильників в приміщенні:

$$(6.14)$$

(6.15)

10. Загальна розрахункова освітленість в приміщенні створюється при застосуванні стандартних ламп: 214 лк

При правильному Вибори типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватися умова

(6.16)

- умова виконується

11. Загальна потужність освітлюваної установки:

Вт

(6.17)

где – потужність обраної стандартної лампи.

12. Виконую ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників.

На рисунку 6.1 показана схема розташування світильників

Рисунок 6.1 – Схема розміщення світильників у виробничому приміщенні

6.4 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Згідно з НАПББ 03.002 - 2007 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежній та пожежній небезпеки" дана ділянка відноситься до категорії Д, до виробництва, в якому в обігу знаходяться вогнетривкі матеріали в холодному стані. Система запобігання пожеж включає, перш за все, два основних напрямки: запобігання формуванню горючого середовища і виникнення в цьому середовищі (або внесення в неї) джерела запалювання. Необхідно стежити, щоб поблизу пожежонебезпечних місць не було і іскор, а в разі виявлення негайно взяти заходів до їх усунення. Причинами пожежі на ділянці може бути коротке замикання в електричній системі. Тому, згідно з НАПБ.03.001-2004 "Типові норми

належності вогнегасників" встановлюємо пожежний щит, до складу якого входить: лом, багор, лопата, два конусних відра, вогнегасники, кошма (протипожежне полотно), ящик з піском і совкової лопати. Вогнегасник ВВК-2 відноситься до углеродокіслотним, які використовуються для гасіння електроустановок під напругою, а також різних речовин. Вогнегасник ВП-2А - порошковий і служить для гасіння дерева, пластмаси і лужних металів. Пісок використовують в місцях розлиття хімічних речовин.

6.5 Заходи забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях

З метою забезпечення стійкості роботи об'єктів і галузей народного господарства розроблені Норми ІТМГО. Норми проектування інженерно-технічних заходів цивільної оборони сприяють вирішенню всіх основних завдань цивільної оборони, спрямованих:

- на забезпечення захисту населення, робітників і службовців;
- на зниження можливих руйнувань і втрат у надзвичайних умовах;
- підвищення стійкості роботи об'єктів і галузей народного господарства в надзвичайних умовах;
- на створення умов, що сприяють успішному проведенню рятувальних робіт в осередках ураження.

Ці норми поширюються на всі галузі народного господарства, на всі великі міста і важливі об'єкти, розташовані в містах і за їх межами, а також сусідню до них територію, на якій можливе руйнування промислових споруд

і поразки людей. Основні заходи у вирішенні завдань підвищення стійкості роботи промислових об'єктів:

- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єктів і вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробка заходів щодо зменшення ймовірності виникнення вторинних факторів ураження і збитків від них;- підготовка до відновлення виробництва після поразки об'єкта.

Оцінка стійкості основних елементів інженерно-технічного комплексу, від яких залежить робота об'єкта, полягає у визначенні виду можливого руйнування кожного з основних елементів інженерно-технічного комплексу та у виявленні нестійких елементів. При оцінці ефективності захисту робітників і службовців в разі сильного вибуху визначають можливу кількість уражених і вид травм людей на території господарського об'єкта. Оцінка стійкості систем управління і постачання (електроенергією, газом, водою, сировиною, комплектуючими виробами тощо) полягає у визначенні ступеня їх порушення в разі вибуху. Крім того, оцінюють ступінь підготовленості господарського об'єкта до відновних робіт. Висновок про стійкість господарського об'єкта в цілому складають після аналізу отриманих результатів. Якщо все основні елементи інженерно-технічного комплексу та систем господарського об'єкта виявляться стійкими і по прогнозам не буде великої кількості уражених робітників і службовців, то робота господарського об'єкту вважається стійкою в разі вибуху. Якщо хоча б один основний елемент інженерно-технічного комплексу або система господарського об'єкта виявляться за прогнозом нестійкими, робота об'єкта в

цілому визнається нестійкою. Аналогічний висновок робиться, якщо в разі вибуху можливі загибель або великі втрати робочих і службовців.

Таким чином рекомендовані основні заходи з охорони праці:

- проведення інструктажу з охорони праці та техніки безпеки, використання виробничого устаткування, перевірка знань і атестація персоналу;

- оснащення працівників спец одягом та засобами індивідуального захисту;

- застосування захисних огорожень;

- проведення навчань правилам електробезпеки, перевірка знань і атестація персоналу на використання захисного заземлення. Станини пресів, корпуси електродвигунів та інші металеві частини повинні бути заземлені та занулення;

- внаслідок використовуваних технологій виготовлення, безперервності виробництва і його специфіки необхідно встановлювати певну кількість перерв;

- для захисту працівників від підвищеного шуму рекомендується забезпечувати робочих беруші;

- для захисту працівників від вібрації, рекомендується застосування спеціальних фундаментів, які гасять вібрацію, а так само спеціального взуття;

- для того, що б уникнути виникнення пожеж необхідно стежити за справністю електросистем, проводити щоденне прибирання робочих місць від мастильних і обтиральних матеріалів, не дозволяти куріння в робочому

приміщенні;

- проведення інструктажів, а також практичних занять з цивільної оборони.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Жихарев М. Г. Стойкость вырубных штампов холодной штамповки. – В кн.: Материалы III научно-технической конференции инструментальщиков западного Урала, 1965, ч. 1, Пермь, 1965, с. 124-28.

2 Михаленко Ф. П. Особенности вырубки-пробивки нержавеющей стали при повышенных скоростях деформации. – В кн.: Прогрессивные процессы, штампы и оборудование для холодной и горячей штамповки. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1971, с. 29-34.

3 Михаленко Ф. П., Бобрынин Б. Н. О влиянии притупления режущих кромок на процесс вырубки-пробивки. – «Известия высших учебных заведений. Черная металлургия», 1962, №7.

4 Михаленко Ф. П. Стойкость разделительных штампов – М., «Машиностроение», 1976, 207с.

5 Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. М. – Л., «Машиностроение», 1965, 788с.

6 Романовский В. П. Технологическая стойкость пуансонов пробивных штампов. – «Вестник машиностроения», 1971, №7, с. 62-65.

7 Смирнов В. С. Теория обработки металлов давлением. М., «Металлургия», 1973, с.212.

8 Шалфеев С. Д. Закономерности износа и методы повышения стойкости вырубных штампов. Казань, Татарское книжное издательство, 1965, 87 с.

9 Якобсон А. В. Влияние установки режущего инструмента на его износ при вырубке листового металла. – «Обмен опытом в радиопромышленности», 1970, №3, с. 59-63.

10 Якобсон А. В. Силы взаимодействия режущих элементов с штампуемым материалом. – Вопросы Радиоэлектроники. Серия «Технология производства и оборудование» ЛДНТП. Вып. 3, 1969.

11 Охорона праці.
<http://trudova-ohrana.ru/tehnika-bezopasnosti/tehnika-bezopasnosti-v-proizvodstvennyh-cehah/572-mery-bezopasnosti-pri-holodnoj-shtampovke-metallov.html>

12 Законодавство України. Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металу.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1871-13>

13 Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева; Ред. Совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985-1987. – 544 с.: ил.

14 Романовский В. П. О зазорах в вырезных штампах. – Кузнечно-штамповочное производство. ВНИТОКШ. Холодная штамповка, М. – Л., Машгиз, 1938, с. 126-144.

15 Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением. М., «Машиностроение», 1971, с. 66-70.

16 Фотеев Н. К. Высокостойкие штампы. М., «Машиностроение», 1965, 259 с.