Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МТМФ
(повне найменування інституту, факультету)

ОМТ
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження впливу геометрії інструмента на якість отриманих отворів при товстолистовому пробиванні

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-819м

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування
(прізвище та ініціали)

Керівник Широкобоков В. В
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

2020

Форма № 25

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

Інститут, факультет МТМФ
Кафедра ОМТм
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність Фрикладна механіка (131)
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Діагностика та технології пластичного формування конструкцій машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«17» грудня 2020 року

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

Химогіна Денса Геннадійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження впливу геометрії інструмента на якість отриманих отворів при товстолистовому пробиванні
керівник проєкту (роботи) к.т.н. доцент Широкобоков В.В.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «6» листопада 2020 року № 319
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 20 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі, технологія виробництва, завдання на дослідження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ 1 Літературний огляд; Розділ 2 Вибір та обґрунтування методик дослідження товстолистової пробивки; Розділ 3 Розрахунок технологічного процесу та аналізування; Розділ 4 Результати експериментальних досліджень; Розділ 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Слайди в кількості 12 шт.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийн... викон... завда...
1-4	Шипокобонов В.В.		
5	Нестеров А.В		
	Нормоконтроль Матюхін А.Ю.		

7. Дата видачі завдання «30» вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	При...
1	Літературний огляд	1.10-11.10.20	
2	Вибір та обгрунтування методик теоритичного та експерементального дослідження технології товстолистової пробивки матеріалу	19.10-31.10.20	
3	Розрахунок технологічного процесу і штампового оснащення	01.11-08.11.20	
4	Експерементальні дослідження	09.11-22.11.20	
5	Охорона праці	23.11-30.11.20	
6	Оформлення пояснювальної записки	01.12-20.12.20	

Студент(ка) _____ (підпис) Тимохін Ю.Т. (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ (підпис) В.В. Шипокобонов (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ:___ с., ___ рис., ___ табл., ___додатки,___ джерел.

Об'єкт дослідження - технологія пробивання отворів штаб, сталь 20 товщиною 10 мм.

Метою роботи – дослідження впливу геометрії інструменту на якість отриманих отворів, визначення оптимального режиму пробивання отворів, визначення зносостійкості розділового штампу при операціях вирубки-пробивки товстолистового матеріалу.

Метод дослідження – проведення експериментів в різних умовах вирубки-пробивки та аналіз отриманих результатів.

Швидкість та інтенсивність зносу ріжучої кромки інструменту залежить від багатьох факторів. Фізичні процеси, що відбуваються в робочій зоні штампа під час вирубці-пробивці, недостатньо вивчені.

Велика кількість факторів впливає на якість поверхні зрізу, опір зрізу, а також на зносостійкість штампу. Основними параметрами, що впливають на процес вирубки-пробивки, є: конструкція штампа, форма пуансона та матеріал, з якого він виготовлений, зазори, наявність мастильних матеріалів та їх якість.

МАТРИЦЯ, ПУАНСОН, ШТАМП, БЛИСКУЧИЙ ПОЯСОК, ЗАЗОР, РІЗАЛЬНІ КРОМКИ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ЗМИНАННЯ, СТІЙКІСТЬ.

ABSTRACT

Explanatory note: __ pp., __figures, __tables, __applications, __sources.

The object of research is the technology of punching holes in Strips, Steel 20 with a thickness of 10 mm.

The aim of the work is to study the influence of the tool geometry on the quality of the obtained holes, determine the optimal mode of punching holes, and determine the wear resistance of the separation stamp during cutting and punching operations of thick – sheet material.

The research method is to conduct experiments in various conditions of cutting and punching and analyze the results obtained.

The speed and intensity of wear of the cutting edge of the tool depends on a large number of factors. The physical processes that occur in the working area of the die during cutting and punching are insufficiently studied.

A large number of factors affect the quality of the cut surface, the cut resistance, and the wear resistance of the die. The main parameters that affect the cutting and punching process are: the design of the stamp, the shape of the punch and the material from which it is made, gaps, the availability of lubricants and their quality..

MATRIX, PUNCH, STAMP, GLOSSING BELT, CLEARANCE, CUTTING EDGES, WEAR RESISTANCE, CHANGE, STABILITY.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД 8

1.1 Існуючі методи отримання отворів потрібної геометрії при різних товщинах матеріалу 8

1.1.1 Дослідження методу гідроабразивного різання. 8

1.1.2 Метод лазерного різання та його вплив на поверхню поділу. 15

1.1.3 Метод електрогідроімпульсного штампування 21

1.1.4 Метод електроерозійного різання 29

1.1.5 Висновки 32

1.2 Аналіз способів товстолистової вирубки-пробивки 34

1.2.1 Аналіз способів вирубки-пробивки використовуючих об'ємне деформування 34

1.2.2 Метод пробивання отворів за допомогою чеканки зон навколо отвору 35

1.2.3 Аналіз поверхні зрізу із зачищенням отвору при вирубці-пробивці 36

1.2.4 Спосіб чистової вирубки-пробивки отвору 41

1.2.5 Реверсивна вирубка (із зустрічною надрізкою) 43

1.2.6 Аналіз способів чистової вирубки-пробивки з підігрівом заготівки 44

1.2.7 Аналіз поверхні зрізу після вирубування-пробивання з попереднім вигином заготовки 45

1.2.8. Аналіз поверхні різу чистової вирубки-пробивки з попередньо створеними концентраторами напруг 47

1.2.9 Спосіб пробивки-вирубки середніх і товстих смуг з використанням рифленого пуансону. 49

1.3 Форма різальних частин пуансона і матриці та вплив на якість отриманого виробу 51

1.3.1 Форма ріжучих кромок пуансонів та матриць 51

1.3.2 Підвищення стійкості розділових штампів за рахунок збільшення висоти робочих пасків і зменшення ухилу профілю робочих вікон матриць 56

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИК ТЕОРИТИЧНОГО ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОВСТОЛИСТОВОЇ ПРОБИВКИ МАТЕРІАЛУ 60

2.1. Основні положення 60

2.2. Аналіз деталі на технологічність. 63

2.3. Метод розрахунку параметрів, необхідних для виконання операції поділу та вибору преса 65

2.4. Розрахунки виконавчих розмірів робочих інструментів штампу ... 66

2.5. Проведення досліджень та їх методика 68

2.5.1. Оснащення, прибори та механізми які використовуються для експериментального дослідження. 68

2.5.2. Зовнішній модуль АЦП/ЦАП для загального призначення 68

2.6. Способи розрахунку стійкості 70

2.6.1 Аналітично-розрахунковий спосіб. 70

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ 75

3.1 Розрахунок технологічного процесу товстолистового пробивання смуг 75

3.2 Вибір пресового устаткування 76

3.5 Вплив притиску на якість поверхні зрізу та на зусилля знімання заготовки з пуансона 86

РОЗДІЛ 4 ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 88

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 94

ВИСНОВКИ 109

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 110

Додаток А 116

Додаток Б 118

Додаток В 119

ВСТУП

У сучасних реаліях все частіше висуваються жорсткі вимоги до чистоти виготовлення робочих і декоративних деталей і поверхонь, точності їх розмірів, що використовуються в машинах і механізмах, установках, приладах, засобах автоматизації та механізації. Ці деталі потрібні, наприклад, у таких галузях промисловості, як: авіація (отвори під болти), автомобільна промисловість (кріплення на колесах), електротехніка (кріпильні отвори плат) тощо.

У більшості випадків у деталях, отриманих операціями холодного штампування, простежується сепараційна поверхня, яка складається з двох зон: зони пластичної деформації (блискучий пояс) та зони крихкого руйнування (зони відколів), які повністю відповідають вимогам деталей у штампуванні листовим металом.

При пробивці матеріалу товщиною від 6 мм і більше якість поверхні зрізу дуже низька, що являє собою отвор з невідповідним геометричним розміром, задирами та розривами. При виготовленні штампованих деталей високої точності (до 4 класу), поверхня зрізу повинна бути перпендикулярною, і мати шорсткість поверхні не меньше 8-го класу [1] .

На теперішній час момент отримання отворів бажаної якості найчастіше виконується механічною обробкою (свердління в кілька переходів, зенкерування, розгортання або протяжка). Через це складність отримання отворів досить значна. Застосування процесу штампування показує більшу продуктивність праці. У свою чергу, пуансон має ряд недоліків: він не гарантує якісної геометрії деталі та якості різу, або вимагає складного обладнання для штампування, високої вартості. Через це необхідно розробляти нові методи, що відповідають вимогам якості, які, в свою чергу, використовують більш просте обладнання. [2].

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Існуючі методи отримання отворів потрібної геометрії при різних товщинах матеріалу

В даний час існує ряд методів по отриманню отворів в металевих заготовках товщиною більше 10мм. Розглянемо декілька з них.

1.1.1 Дослідження методу гідроабразивного різання.

Гідроабразивне різання – альтернативний метод розділення матеріалу. Є найбільш підходящим методом серед механічного, лазерного, плазмового, електроіскрового та кисневого для різання матеріалів котрі не витримують вплив температурою. [3].

Переваги гідроабразивного різання:

- обробка різних матеріалів та їх комбінацій (метал, пластмаса, скло, камінь, дерево, композитні матеріали);
- не має температурного впливу (не впливає на структуру оброблюваного матеріалу);
- відсутність великих механічних навантажень на матеріал;
- якісна кромка.

На результат при гідроабаразивному методі впливає абразив та тиск робочого струменя рідини, від відстані між соплом та оброблюваною деталлю, від швидкості подання різальної головки та товщини і фізико-механічні властивості металу.

При різанні гідроабразивним методом (рис. 1.1) робочим інструментом виступає суміш води з абразивом, метал розділяється струменем, котрий випускаються під високим тиском (порядка 6000 бар) із значною швидкістю

калібруючим соплом. Напір води виконую функцію очищування від стружки та частини відпрацьованого абразиву із зони різання. Олівін та пісок найчастіше виступають абразивом. В своїх працях велика кількість дослідників розглядали процес різання та параметри різки, від яких залежить точність і якість різання.

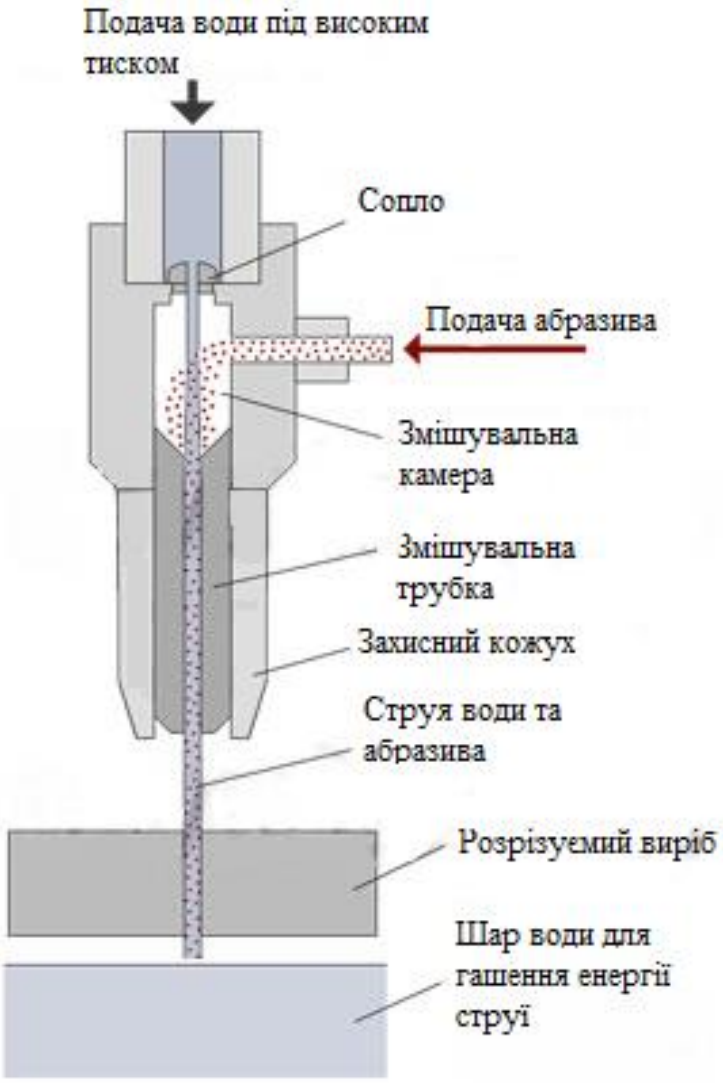


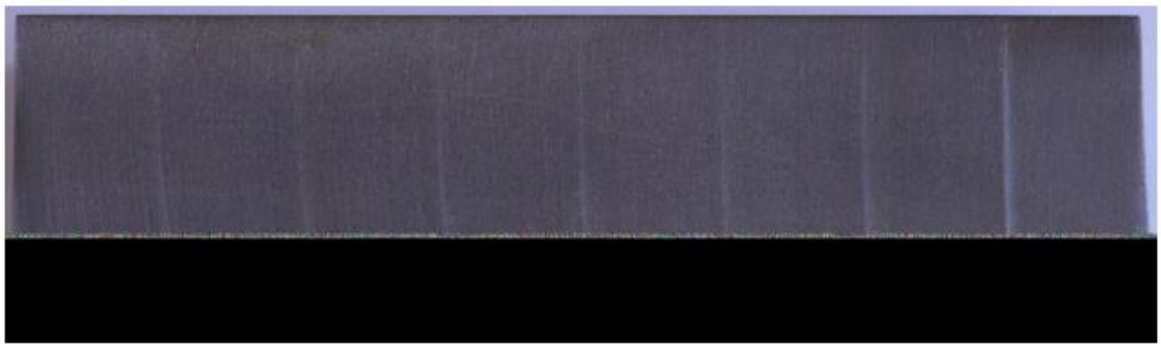
Рисунок 1.1 – Схема гідроабразивного різання.

При різанні утворюються різного роду дефекти, причина яких є втрата енергії ріжучого струменя. Під час різання абразив руйнується. Струмінь, проходячи через матеріал, уповільнюється та відхиляється у напрямку, протилежному напрямку подання різального струменя. Через це зміщення

утворюються дефекти. Найчастіше такий дефект це різна шорсткість зрізу. По всьому зрізу простежується дві зони: гладка та хвиляста. Також під час різання матеріал не повністю прорізається в місцях входу робочого струменя та його виходу.

Виявлення недоліків гідроабразивної різки слідує з різних джерел літератури, щоб викрити дефекти в різанні проводились дослідження матеріалів: участок лонжерона гвинтокрила МІ-28 із композитного матеріалу, сталь 30ХГСА, алюміній D16T, завтовшки 30 мм [4].

Випробування проводили на гідроабразивному різальному пристрої компанії Flow на зразках 3-х матеріалів при постійному тиску 400 МПа. Для експерименту використовували гранатовий абразив із розміром зерен 80 мкм. Під час випробування, змінювали швидкість подачі (рис. 1.2) починаючи зі швидкості в 5 мм / хв та закінчуючи швидкістю в 120 мм / хв.



а)

б)

в)

Поверхня зразка після різання, інтервали швидкості: 5 – 40 мм/хв (а); 45 – 80 мм/хв (б); 85 – 120 мм/хв (в)

Рисунок 1.2 – Поверхні зразка після різання, сталь 30ХГСА завтовшки 30 мм при збільшенні подання різальної головки.

Профілометром Tailor Hobson були зняті заміри шорсткості поверхні на різних ділянках глибини різа. Експерименти здійснювалися за різної швидкості подання різальної головки (рис. 1.3 -1.4) з інтервалом швидкості 5 – 80 мм/хв

а)

б)

в)

Глибина різання: 5 мм (а); 15 мм (б); 30 мм (в).

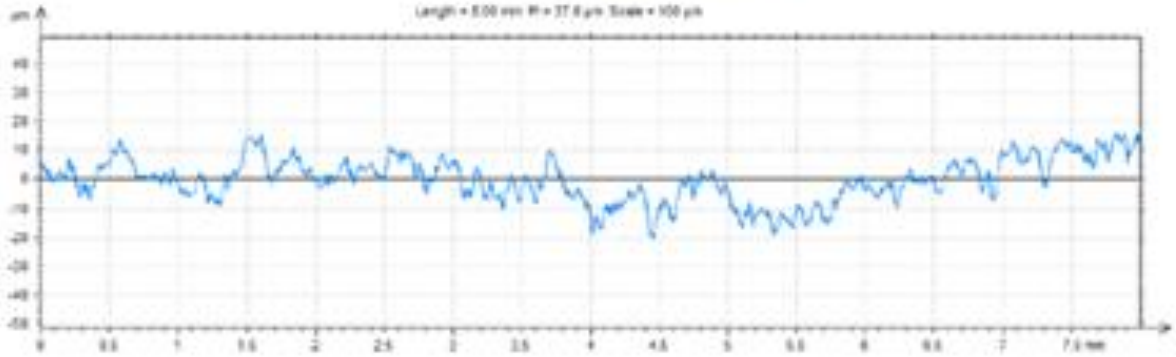
Рисунок 1.3 – Профілограмми поверхні різання екземпляра із сталі 30ХГСА при швидкості подачі різальної головки 5 мм/хв.

де, R_Z- висота нерівностей що вимірюються, знаходиться по десяти основним точкам, мкм;

R_a - значення профілю отриманого в ході досліджень з можливою середньоарифметичною похибкою, мкм;

Подача 80 мм/хв. Глибина 5 мм

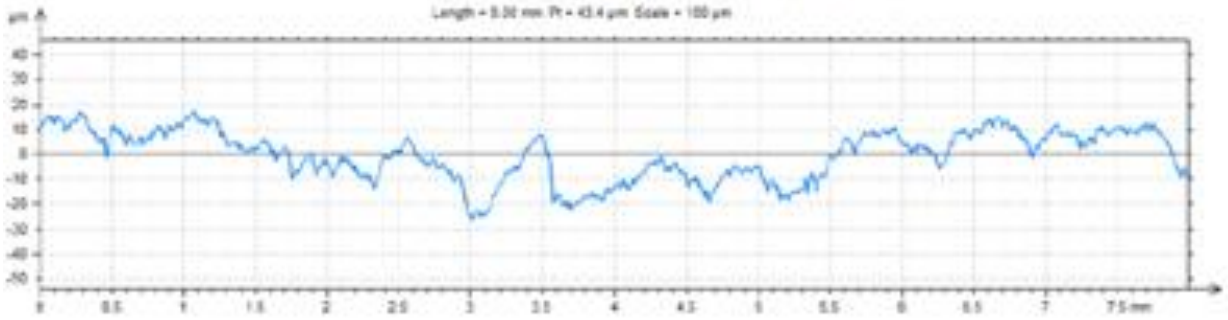
ISO 4287			
Amplitude parameters - Roughness profile			
Rz	15.9	µm	Gaussian filter, 0.8 mm
Ra	2.96	µm	Gaussian filter, 0.8 mm



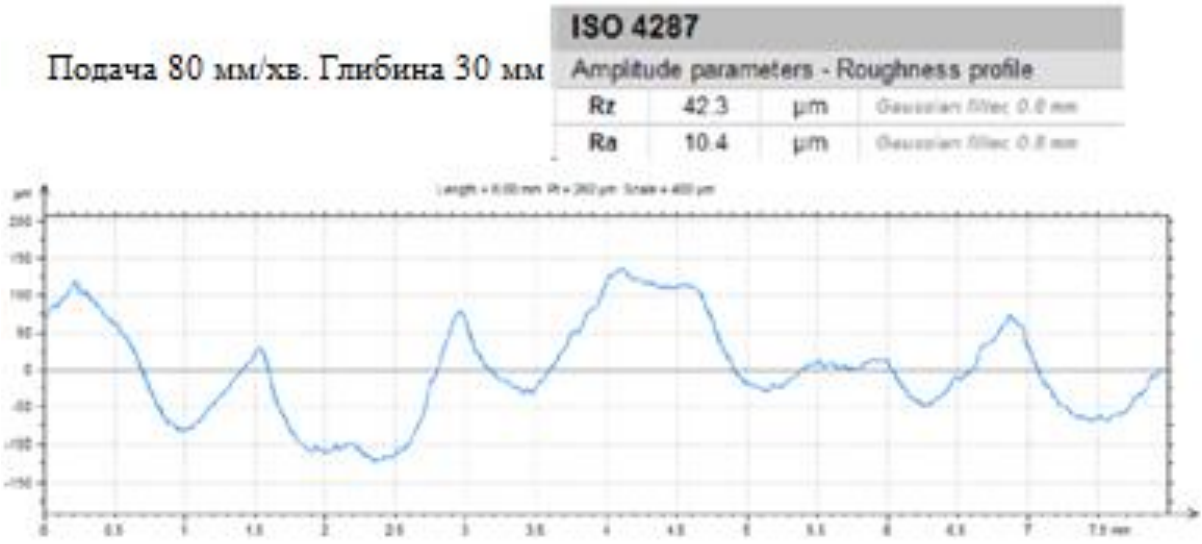
а)

Подача 80 мм/хв. Глибина 15 мм

ISO 4287			
Amplitude parameters - Roughness profile			
Rz	15.5	µm	Gaussian filter, 0.8 mm
Ra	2.76	µm	Gaussian filter, 0.8 mm



б)



в)

Глибина різання: 5 мм (а); 15 мм (б); 30 мм (в).

Рисунок 1.4 – Профілограмми поверхні різання екземпляра із сталі 30ХГСА при швидкості подачі різальної головки 80 мм/хв.

Враховуючи всі результати досліджень, можна зробити висновок: зі збільшенням швидкості подачі різальної головки, зростає шорсткість поверхні. Також шорсткість різу змінюється і за його перетином: вершина різу має більше рівномірної шорсткості, ближче до низу різ має хвилясту поверхню. Ця проблема пояснюється тим, що ріжуча здатність струменя падає, він відхиляється від заданої траєкторії у протилежному бік напрямку подачі.

Аналізуючи дослідження, було виявлено, що при гідроабразивній різці найменша шорсткість зрізу не відповідає вимогам шорсткості поверхні 8-го класу, зокрема, якщо збільшити швидкість подачі різального струмення до 80 мм / хв.

1.1.2 Метод лазерного різання та його вплив на поверхню поділу.

Один із перспективних методів розділу матеріалів можна віднести лазерне різання металів, базуючись на ізотермічному процесі нагрівання металу та його плавленні, випарювання, хімічних реакцій при горінні та видаленні розплавленого матеріалу із зони різання.

Лазерне різання (рис. 1.5) відбувається за допомогою лазерного випромінювання сфокусованого на поверхню матеріалів. Нагрівання відбувається за рахунок поглинання падаючого лазерного випромінювання поверхневим шаром металу. Утворена оксидна плівка збільшує частку поглиненої енергії та температури піднімається до температури плавлення металу.

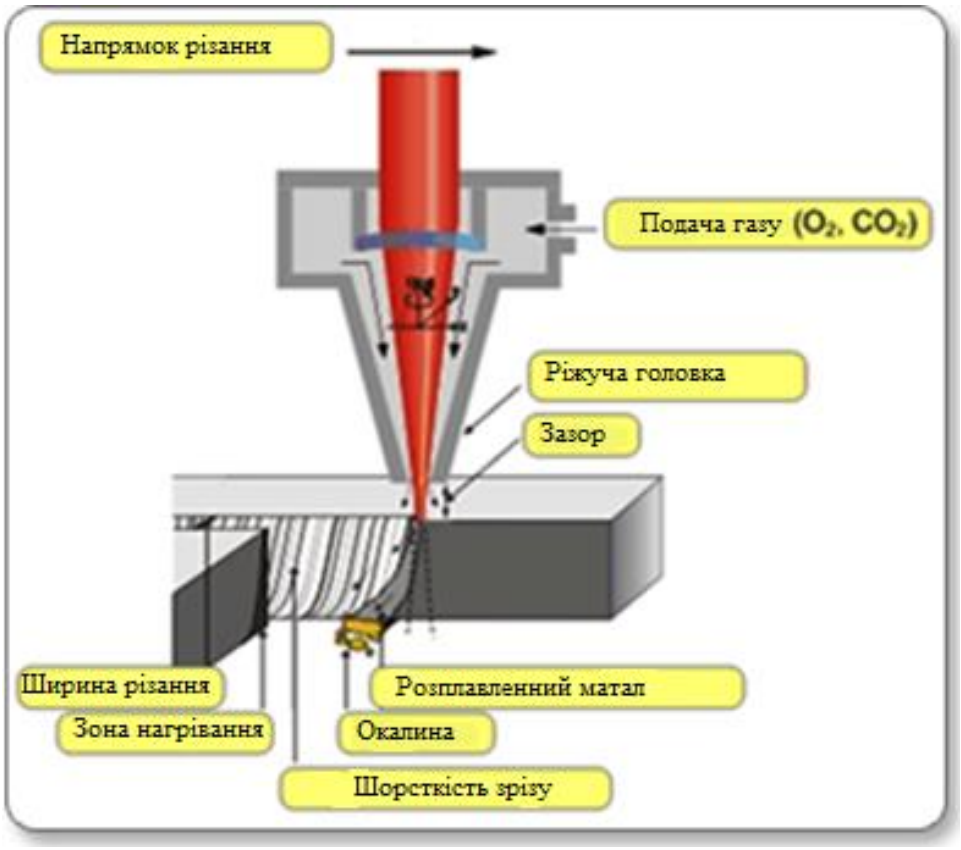


Рисунок 1.5 – Схема лазерної різки.

Одночасно подається газ окиснювач (зазвичай кисень), котрий:

- підтримує горіння металу, що суттєво збільшує цим швидкість різання і товщину розрізаємого металу;
- видуває продукти згорання та очищає різ, дозволяє отримати якісні краї різу;
- інтенсивно охолоджує суміжні ділянки зони різу металу.

Головні проблеми при лазерному різанні потребуючі покращення це велика шорсткості поверхні різа, складність отримання прямих стінок різа, застиглі краплі розплаву на нижній кромці різа та велика зона термічного впливу [6].

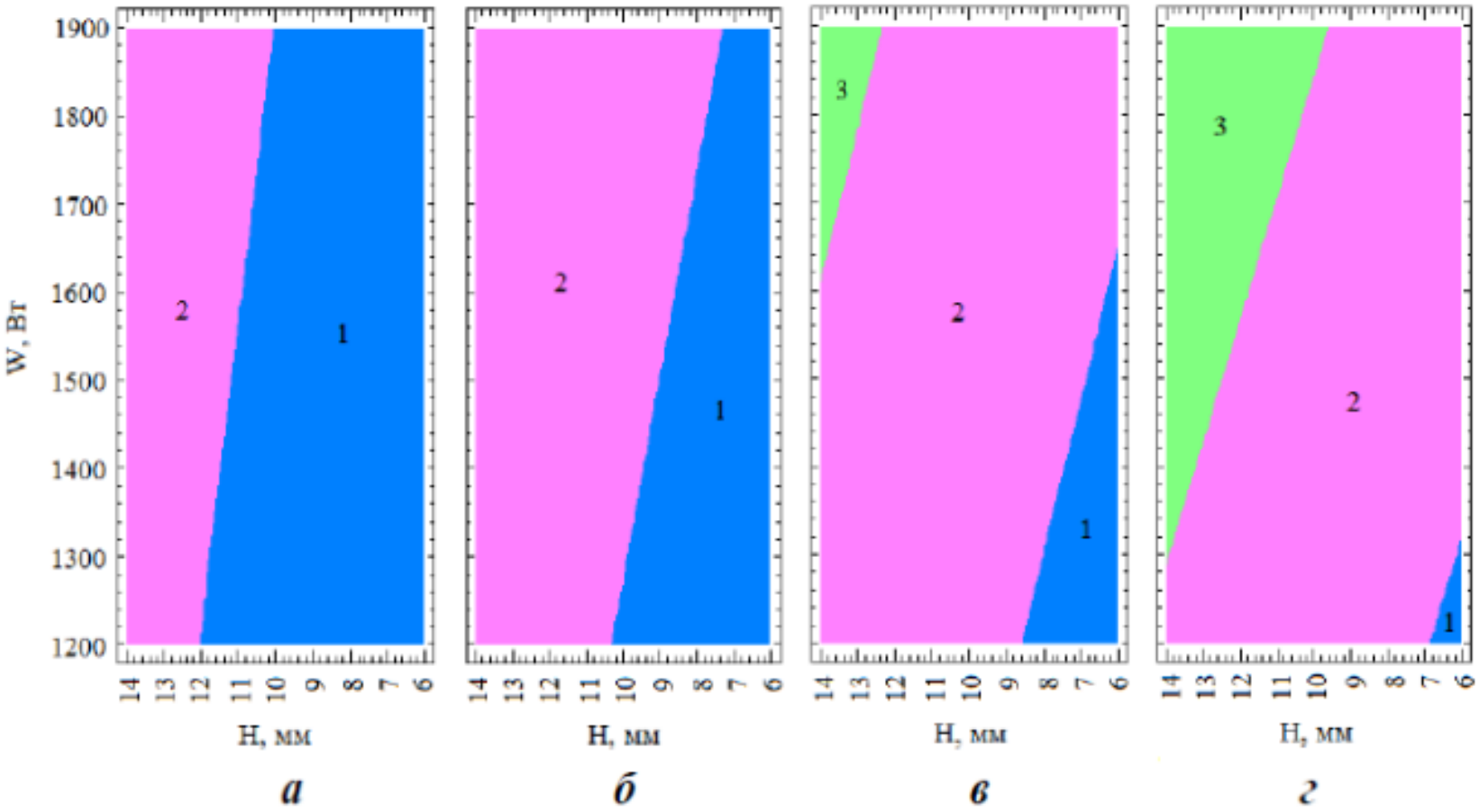
На сьогодні немає достовірної моделі прогнозування результатів різання та вибір гарантованих параметрів для отримання якісного різа за різної товщини розрізуваних листів. Зумовлене це тим що в зонні різання протікають складні за взаємодією та різноманітні фізичні процеси.

В роботах Мінаєв І. В. та інші, [7] провели дослідження, описуючі залежність параметрів лазерного різання до якості поверхні різа. Для досліду були взяті сталеві зразки марки Ст.3 із товщинами 14, 10, 6 мм.

Кожен експеримент полягав в тому щоб змінювати параметри лазерного різання для отримання різа без облоя. Відсутність облоя підтвердив макрофрактографічний аналіз.

Отримавши результати шорсткості Rz на всіх досліджувальних екземплярах за допомогою програм Statgraphics CenturionXV були отримані моделі, які показують залежність шорсткості поверхні різа від параметрів лазерної різки та товщини матеріалу, а також взаємозв'язок товщини листа і параметрів лазерної різки.

Рис. 1.6 показує значення шорсткості поверхні різа, яку можливо отримати на листах з різною товщиною при різних режимах ЛР.



а -V=1200 мм/хв, P=0,02 МПа; б -V=1200 мм/хв, P=0,03 МПа; в -V=1200 мм/хв, P=0,04 МПа; г -V=1200 мм/хв, P=0,05 МПа;(R_Z: 1-20...40 мкм; 2-40...60 мкм; 3-60...80 мкм

Рисунок 1.7 – Вплив H (товщини металу) і W (потужності випромінювання)на шорсткість зрізу.

Рис 1.7 показує мінімальні значення шорсткості котрі можливо отримати на листах з різною товщиною. Точки на графіку відповідні робочі режими лазерної різки, данні наведені в таблиці 1.1

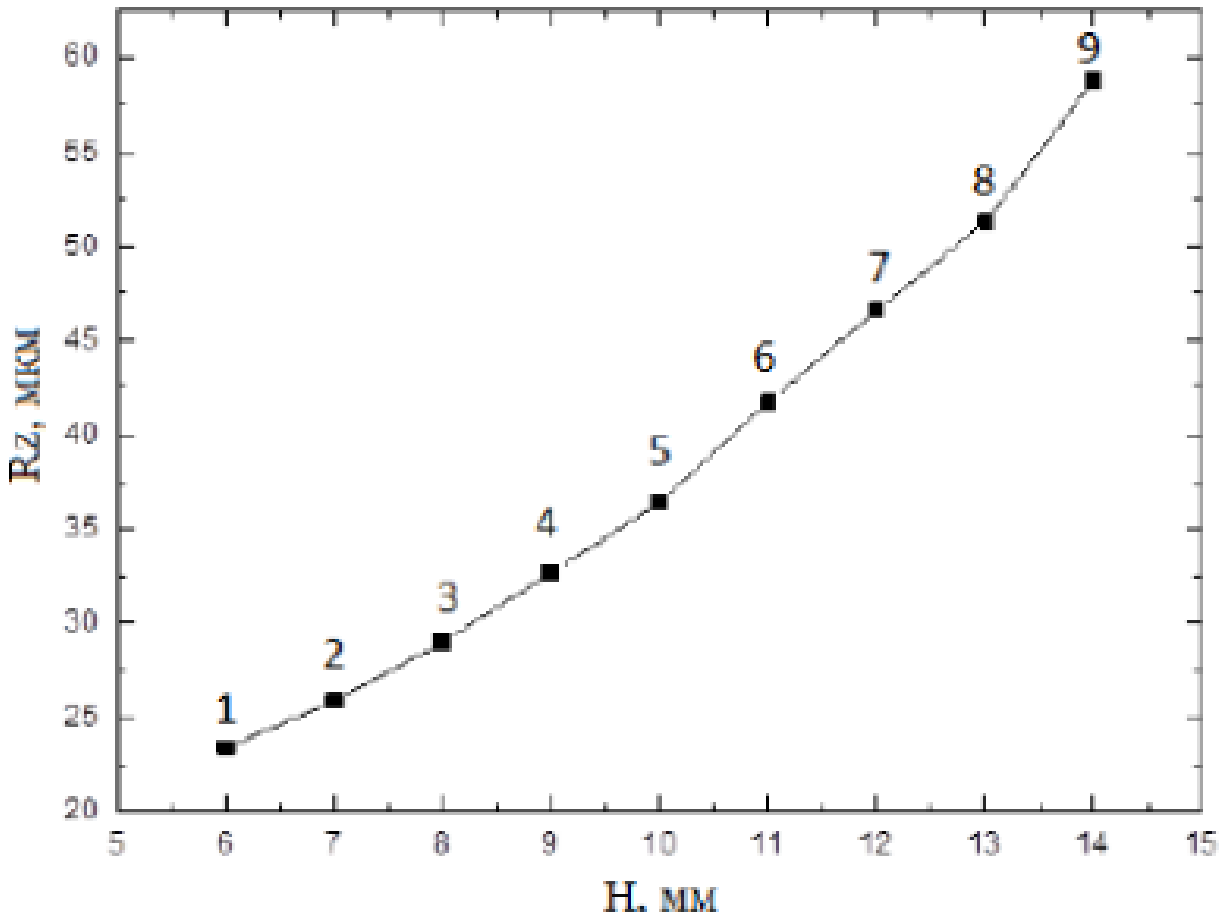


Рисунок 1.7 – Мінімальні значення шорсткості для листів з різною товщиною (точки на графіку – номер робочого режиму лазерного різання)

Таблиця 1.1 – Робочі режими лазерної різки для отримання мінімальної шорсткості поверхні різа на листах з заданою товщиною

Номер режиму ЛР	H, мм	Rz, мкм	W, Вт	V, мм/хв	P, МПа	F, мм
1	6	23,41	1200	1600	0,02	302
2	7	25,89	1300	1450	0,02	295
3	8	29,01	1300	1265	0,02	295
4	9	32,70	1400	1150	0,02	295
5	10	36,42	1400	1000	0,02	295
6	11	41,77	1450	850	0,02	297
7	12	47,39	1600	700	0,02	295
8	13	50,51	1750	700	0,02	295
9	14	58,79	1900	700	0,02	305

Аналізуючи отримані результати [7] можна зробити такі висновки:

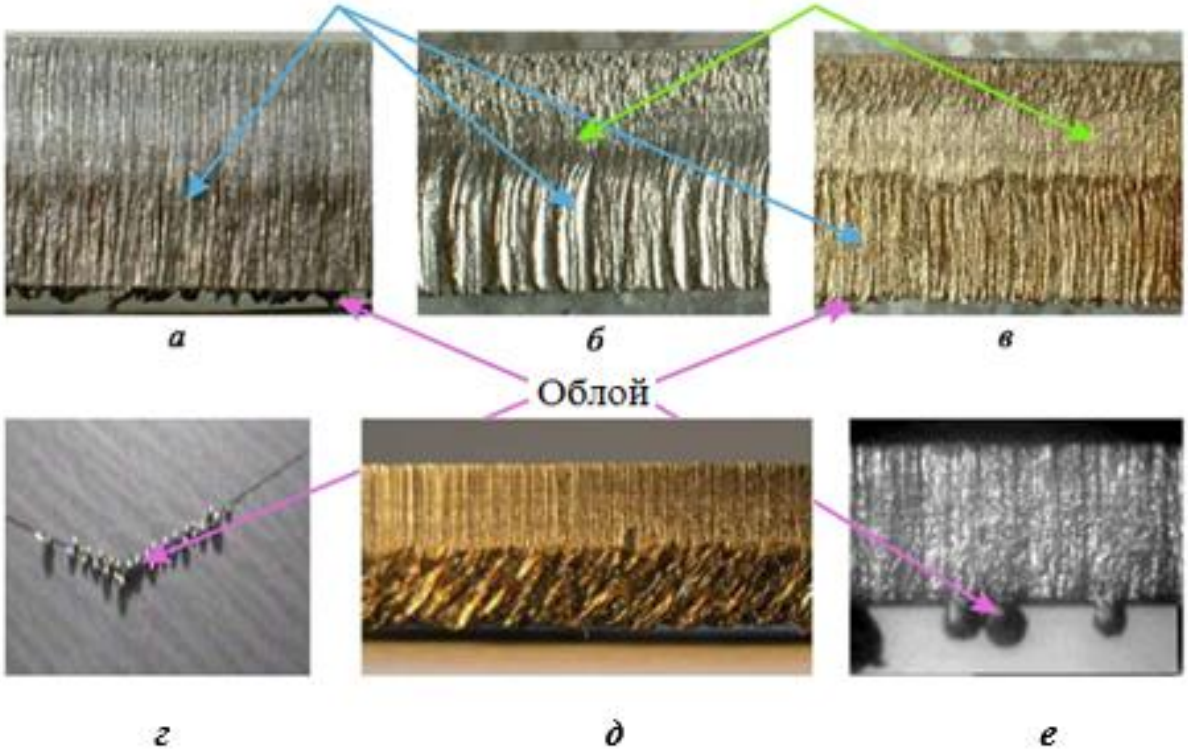
- шорсткість зрізу зростає при збільшенні товщини металу, за рівних режимів лазерної різки;
- шорсткість зменшується за рахунок зростання швидкості збільшується діапазон тиску та потужності для одержання різа з мінімальної шорсткісті;
- при збільшенні тиску, росте шорсткість; зменшується потребуєма потужності необхідна швидкість зростає для отримання необхідних значень шорсткості;
- шорсткість зростає при збільшенні відстані фокусування, також зменшується потребуєма потужність та збільшується швидкість, (в

меншій мірі, ніж тиск) необхідна для отримання потрібних значень шорсткості;

- шорсткість зростає при збільшенні потужності, зменшується тиск необхідний для заданих параметрів шорсткості.

Не вважаючи настільки великі успіхи застосування лазерів для різання металів, лазерне різання досі є недостатньо дослідженим у питанні позбавлення розрізу від розплаву.

Проблеми, які стосуються лазерної різки металів, представлених на рис. 1.8. [7]



Сталь нержавіюча із товщинами 5мм (а) та 16мм (б); титан з товщиною в 30мм (в); сталь електротехнічна з товщиною в 0,5 мм (г); сталь нержавіюча товщиною в 5 мм (д), нижній край різа окислений через потрапляння повітря в робочу зону; сталь нержавіюча овщиною в 1 мм (е).

Рисунок 1.8 – Дефекти лазерного різання, шорсткість зрізу та облой.

Наведенні поверхневі дефекти які найчастіше зустрічаються при різанні металів різної товщини. Можна побачити як змінюється структура борозн

шорсткості при різній товщині металу (рис. 1.8 (а, 6, в, д)).Облой, котрий з'являється із зворотного боку листа, являється залишками остиглого розплаву з неправильною формою (рис. 1.8 (а, в)) або має вигляд округлих частинок, на нижній кромці котрі міцно прикипають до неї (рис. 1.8 (г, е)). Деякі із зразків мають більш виражену гладку частину на зрізі. Зразок нержавіючої сталі (рис. 1.8 (д)) 5 мм завтовшки, на нижній частині спостерігається наплавлена структура, що відрізняється від більш гладкої частини за кольором.

Проаналізувавши данні поверхні різу при досліджені лазерного різання можна підбити висновки:

1. При різанні листа завтовшки 10 мм і товстіше шорсткість поверхні деталі являє собою: R_Z =36,4 – 58,8 мкм. Даний показник не відповідає 8-му класу шорсткості поверхні за ГОСТ 2789-73.
2. Недосконало вивчені причини появи шорсткості котра складається із борозчатої структури. Сильно страждає якість зрізу при різанні товстих матеріалів від 10 мм при значному відношенні товщини матеріалу до ширини різу.

1.1.3 Метод электрогідроімпульсного штампування

За для зменшення собівартості виробництва та поліпшення технологічності процесу для отримання отворів у деталі, пропонується використовувати електрогідроімпульсну штамповку.

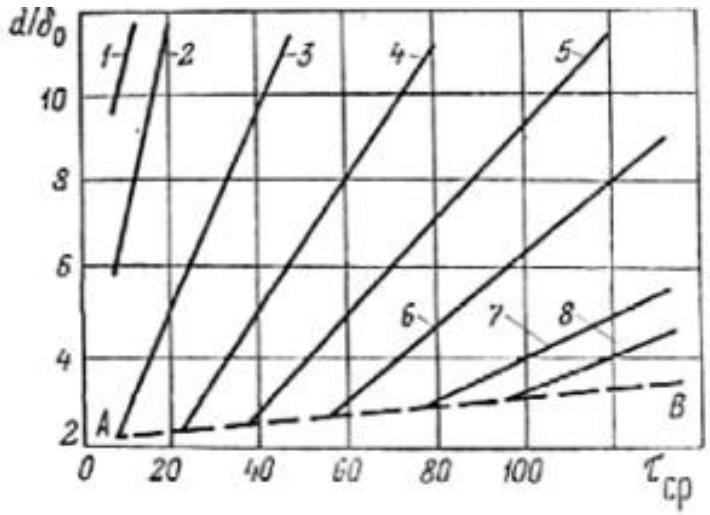
Дослідження [8,9] розглядали метод отримання отворів високошвидкісним перфоруванням в листових деталях без використання пуансонів. Отримання отвору потрібної геометрії здійснювалося в 3 переходи:

1. вдавлювання заготовки в ріжучий контур матриці на якусь глибину, стоншення її уздовж ріжучої кромки матриці, невеликий прогин заготовки;

2. на заготовці збільшується прогин, вона піддається значному зростанню радіальних розтягувальних напруг і починають утворюватися тріщини в її найбільш навантаженій зоні, верхній частині, які поширюється у напрямленні до ріжучих кромок матриці;

3. Відходи (заготовка) скидаються за рахунок імпульсу вторинного тиску та великої інерційної сили.

Робота [10] виражається відношенням, яке дозволяє розрахувати тиск на основі відношення діаметра отвору d, від товщини деталі δ, і відношення напруги зрізу $\tau_{ср}$ (рис. 1.9).



1 – 52 МПа; 2 – 81 МПа; 3 – 120 МПа; 4 – 350 МПа; 5 – 470 МПа;
6 – 620 МПа; 7 – 850 МПа; 8 – 980 МПа;

Рисунок 1.9 – Залежність розрахункового тиску від d/ δ і $\tau_{ср}$.

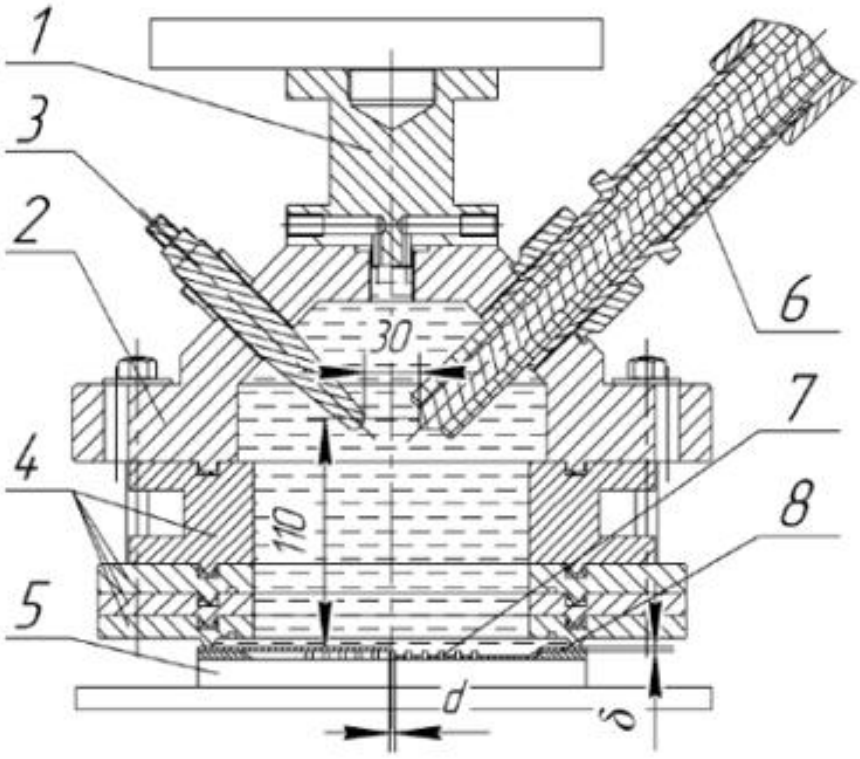
На графіках (рис. 1.9) наведена пряма АВ котра визначає остаточні можливості процесу. З графіків видно що, відношення мінімального значення d/δ приблизно дорівнює 2,2. Але на даний час є великий перелік виробів із відношенням d/δ < 2,2, отримання котрих неможливе високошвидкісним безпуансонним деформуванням без використання пуансонів. У цьому випадку

слід застосовувати інші схеми штампування, які дають можливість отримання отворів з необхідною геометрією.

Одною таких схем штампування є електрогідроімпульсне штампування виробів із використанням допоміжних пуансонів.

Жовноватюк Я.С та Воронько В.В., [11] здійснили експериментальний дослід на установці УЭГШ-2, штамповку «на пуансон».

В гідравлічний прес, оснастка 5 була встановлена в рухому нижню траверсу. Над набором пуансонів 7 знаходилася заготовка 8. Зусиллям в 6000 Н здійснювався притиск заготівлі. Для зміни відстані від заготівлі до розрядної камери використовуються проміжні кільця 4. Через проставку 1 із розрядної камери 2 відбувається відведення повітря та підведення рідини. Схема експерименту та вид експериментальної установки представленого на рис. 1.10.



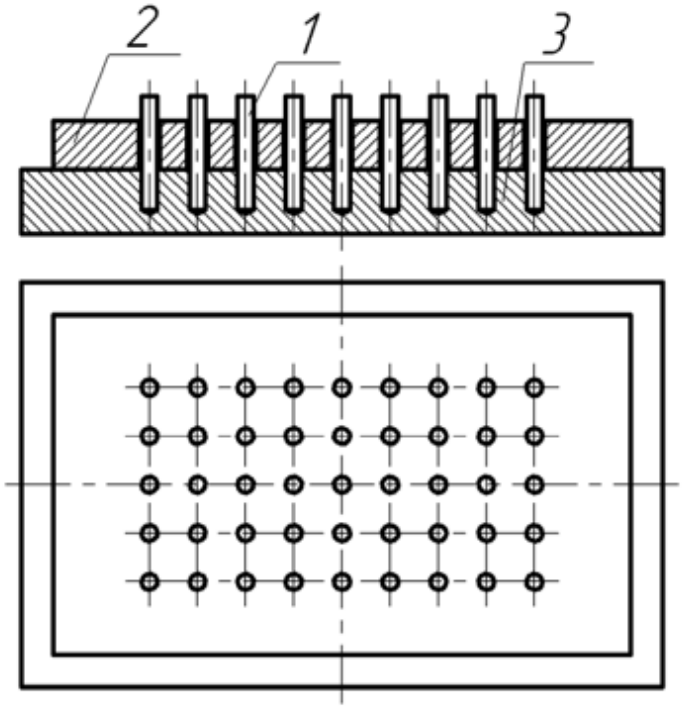
1 – проставка; 2 – розрядна камера; 3 – масовий електрод; 4 – проміжні кільця; 5 – оснащення; 6 – ізольований електрод; 7 – пуансон; 8 – заготовка.

Рисунок 1.10 – Експериментальна установка [11]:

Для того, щоб визначити залежність необхідного тиску від діаметра перфорованого отвору, використовували пуансони певного діаметра 6 мм, 3 мм та 2 мм. Пуансони розташовувались у візловій сітці з однаковою відстаню один від одного (рис. 1.11).

За допомогою мікроскопа МБС-9 визначались параметри форм, точность геометричних розмірів перфорованих отворів, а також їх розташування [11].

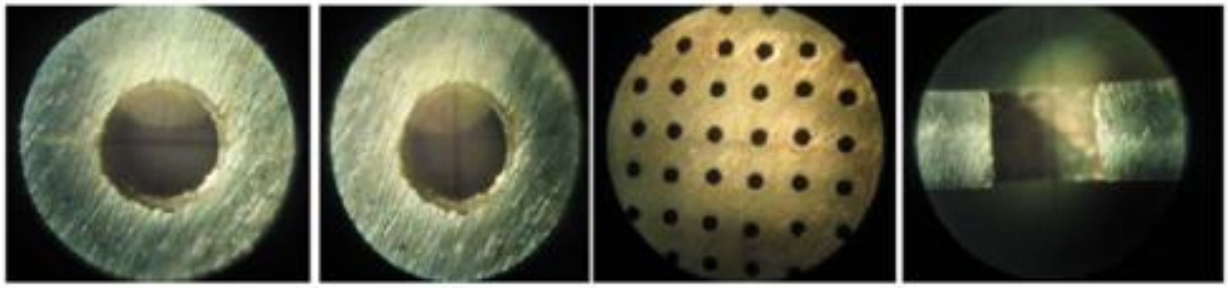
На плоских зразках сплавів з алюмінію АМг2М, D16АМ, та сталі 08кп проводились дослідження перфорованих отворів, яке дало можливість отримати залежність межі міцності матеріалу від величини тиску що потребується для отримання отворів. Використання матеріалу різної товщини від 0,5 до 2 мм продемонструвало залежність потрібного тиску від товщини заготовок.



1 – пуансон; 2 – верхня плита; 3 – проміжна плита.

Рисунок 1.11 – Експериментальна оснастка для перфорування отворів:

В робочу зону мікроскопа поміщався підготовлений зразок для визначення розмірної точності перфорованих отворів. Потім з допомогою мікроскопа збільшуючи зразок в х56 визначився реальний діаметр отвору (рис. 1.12,а).



а - визначення розмірної точності отвору; б - визначення круглості отвору; в - визначення точності взаємного розташування отворів; г - визначення точності профілю поздовжнього перерізу отворів.

Рисунок 1.12 – Фотокартки вимірювань геометричних розмірів перфорованих отворів [11]

В табл. 1.2 вказані забезпечувальні параметри точності взаємного положення отворів в залежності від товщини заготівлі [11].

Таблиця 1.2 - Забезпечувальна точність взаємного положення отворів

Товщина заготівлі, мм	Максимальні відхилення, мм	Середнє відхилення, мм
0,50	0,111	0,094
0,65	0,074	0,062
1,36	0,046	0,040
2,00	0,028	0,024

Для більш тонких заготовок міжцентрові відстані перфорованих отворів від їхньої номінальної позиції має максимальне відхилення, що пов'язане з їх меншою шорсткістю, а також більшою сприйнятливістю до нерівномірного деформування під час штампування та під час знімання деталі.

На рис. 1.13 показана залежність розмірності отвору від його діаметра для досліджуваних матеріалів.

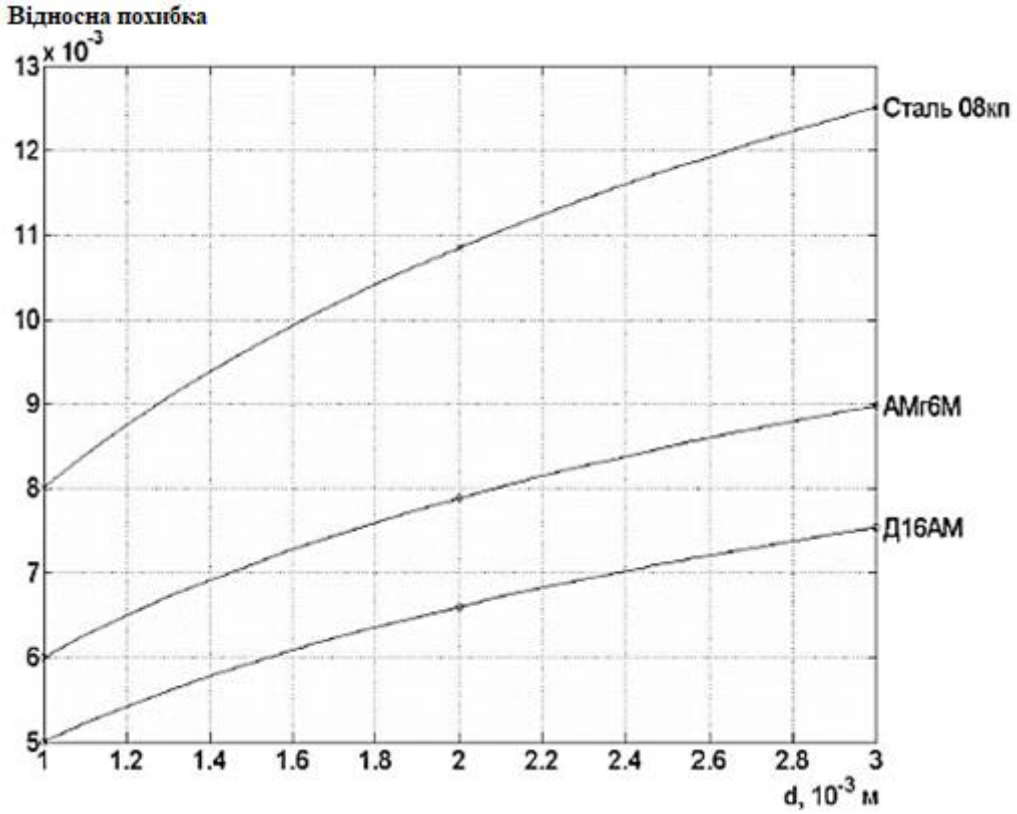


Рисунок 1.13 – Залежність розмірності отвору від його діаметра

Точність перфорованих «на пуансон» отворів залежить, в основному, від точності пуансонів і їх зносу. Однак, як видно з рис. 1.13, деякий вплив має пластичність перфорованого матеріалу. Так, при перфоруванні менш пластичних матеріалів точність отвору вище. Дана особливість пов'язана з більшою жорсткістю непластичних матеріалів.

На рис. 1.14 наведенні графіки залежності круглості отворів від товщини перфорованого матеріалу. Якість та спосіб знімання деталі з пуансонів – основні параметри які впливають на круглість отворів. При неправильному вибору точок діючих зусиль для знімання деталі, виникає можливість виникнення браку через зминання отвору.

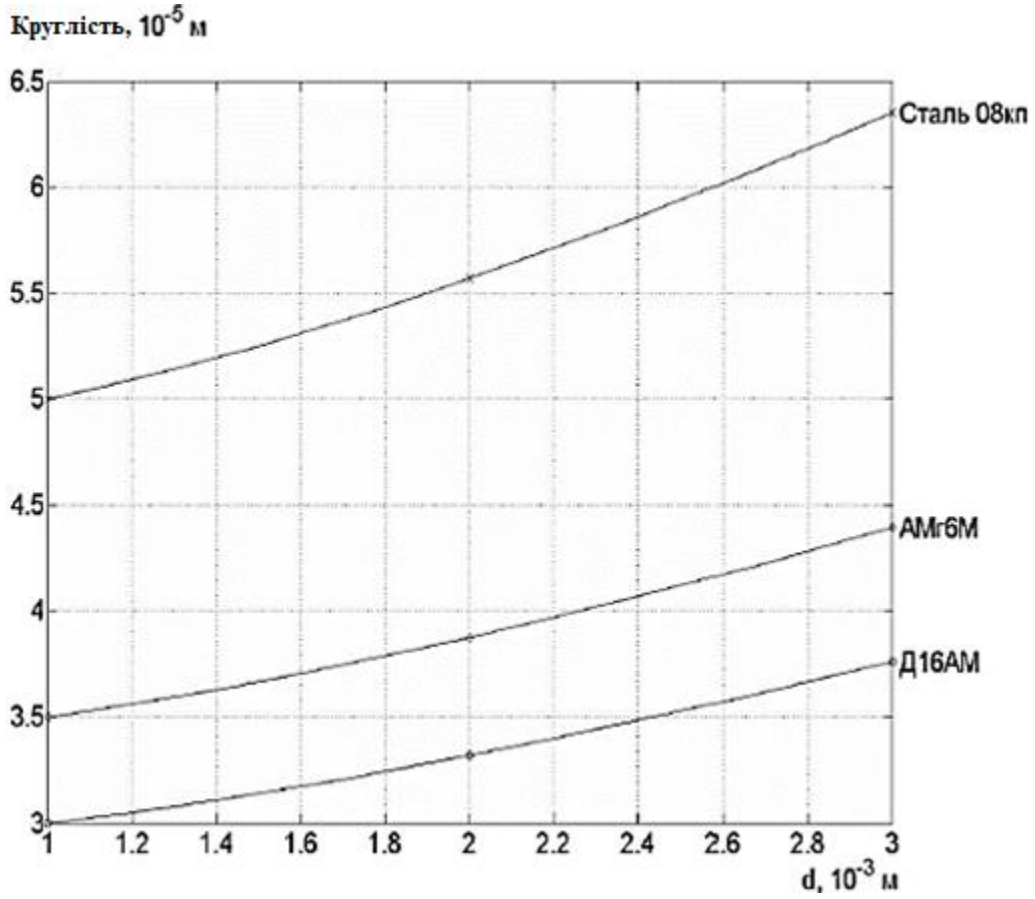


Рисунок 1.14 – Графіки залежності круглості отворів від товщини перфорованого матеріалу.

На рис. 1.15 приведені криві залежності похибки профілю поздовжнього перерізу отворів від товщини перфорованого матеріалу.

Аналізуючи криві (рис. 1.15) можна зробити висновок, що похибка профілю поздовжнього перерізу отворів залежить від межі міцності металу та його товщини.

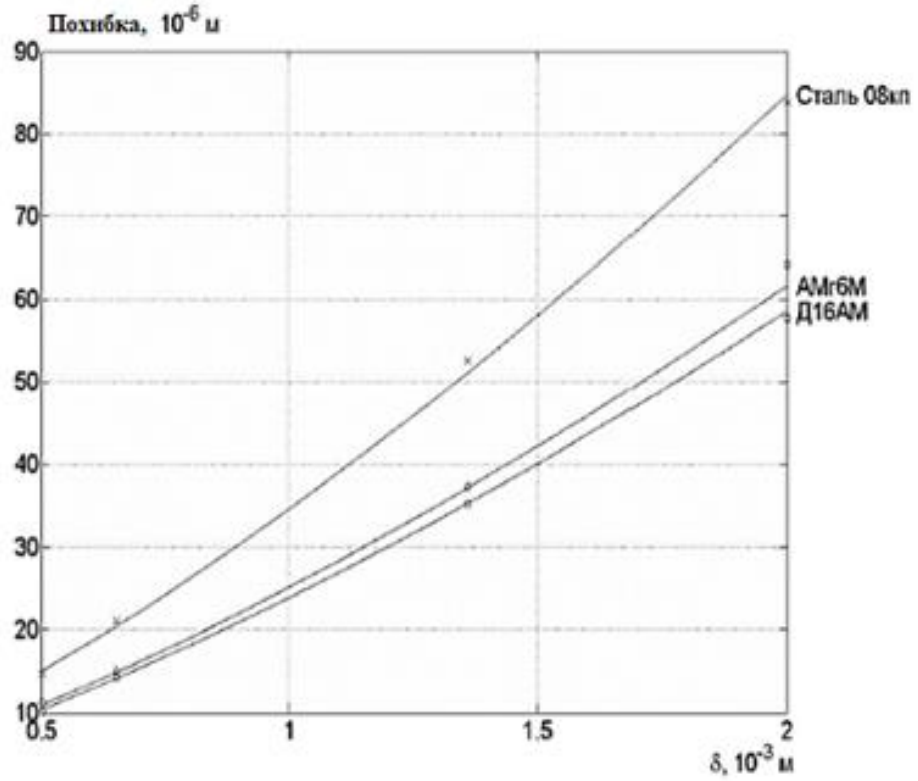


Рисунок 1.15 – Графіки залежності похибки профілю поздовжнього перерізу отворів від товщини перфорованого матеріалу.

При электрогідроімпульсному штампуванні, від величини зерна напряму залежить шорсткість перфорованих отворів, крупнозернисті матеріали дають поверхню з великою шорсткістю, а дрібнозернисті– навпаки.

Проведені дослідження дозволили визначити у чисельному вираженні параметри якості перфорованих «на пуансон» отворів. Аналіз досліджень показав що, точність геометрії отворів, точність їх взаємного розміщення, похибка профілю поздовжнього перерізу відповідають вимогам деталей

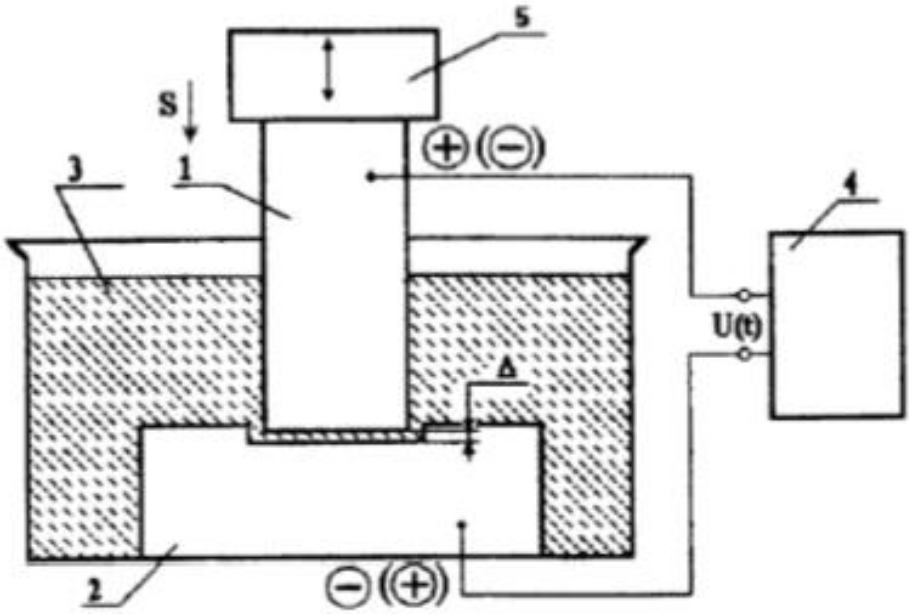
підвищеної точності 4-го класу. Отворів що перфоруються не перевищують шорсткість 5 мкм, що відповідає 8-му класу точності.

Експерементів з пробивання металу понад 2 мм не проводилося.

1.1.4 Метод електроерозійного різання

Електроерозійне різання базується на фізичному явищі ерозії електродів-інструментів при пропусканні через них імпульсного електричного струму (рис. 1.16). Вона використовується для пробивання різної форми отворів та порожнин, та інших операцій по обробці металу (різання, шліфування, гравірування і т. д.). Ерозійний метод дозволяє отримувати отвори з криволінійними осями, деталі з різною товщиною стінок, з'єднувальні отвори в корпусах гідро- та пневмоапаратури, каналів різної ширини.

Цей метод дозволяє отримати деталі майже будь-яких форм з будь-яких електропровідних матеріалів, незважаючи на їх твердість (у тому числі деякі деталі із гартованої сталі, та із сплавів з підвищеною твердістю), якісну поверхню різа без задирок.



1 - електрод інструмент; 2 - заготовка; 3 - робоча рідина; 4 - генератор електричних імпульсів; 5 - стежучий пристрій.

Рисунок 1.16 – Схема електроерозійної обробки.

При забезпеченні заданої точності та шорсткості поверхні режиму ЕЕО забезпечується максимально продуктивний процес. Збільшення енергії імпульсу знижує якість та точність обробки [12].

Цей зв'язок зумовлений тим, що при коротких імпульсах тривалістю 10-4 секунд ерозія впливає на незначну ділянку матеріалу. При довшому впливу електричних імпульсів матеріал що розділяється, нагрівається далеко за межами границі поділу, на котру впливає тепловий канал наскрізної провідності, що робить неможливим отримання якісної поверхні з дотриманням заданої геометрії різу.

Аблязов Т.Р., Оглезнев Н.Д., та інші, виконували дослідження по впливу параметрів електроерозійної різки, на форму, розміри, а також на параметри шорсткісті отворів при електроерозійній обробці [13]. За зразок була взята сталь 40Х. Досліди проводили на прошивному електроерозійному

устаткуванні Electronica Smart CNC. Робоча рідина - масло EDM Oil - IPOL SEO 450. Шорсткість заміряли профілометром Mahr Perthometer S2.

Електрод-інструмент виконаний з міді марки М1. Діаметр робочої частини 8 мм. В заготовці отримували отвори глибиною 20 мм процессом різання. В якості контрольованих параметрів були вибрані діаметри електрода-інструменту та оброблюваного отвору. Результати експериментів, представлені на графіках (рис. 1.17-1.18).

З рис. 1.17 випливає, що при значних параметрах енергії імпульсу росте похибка в розмірах, причиною чого є зміни параметрів шорсткості (рис. 1.18).

Під час експеременту стало відомо що на якість обробки безпосередньо має вплив енергія імпульсу (W_i). Мінімальні значення енергії імпульсу забезпечують максимальну точність і мінімальні значення параметрів шорсткості, що відповідає 8-му клас точності. Але за мінімальних значень енергії імпульсу, продуктивність обробки падає, тому через це час обробки збільшується і не є припустимим в сучасному виробництві

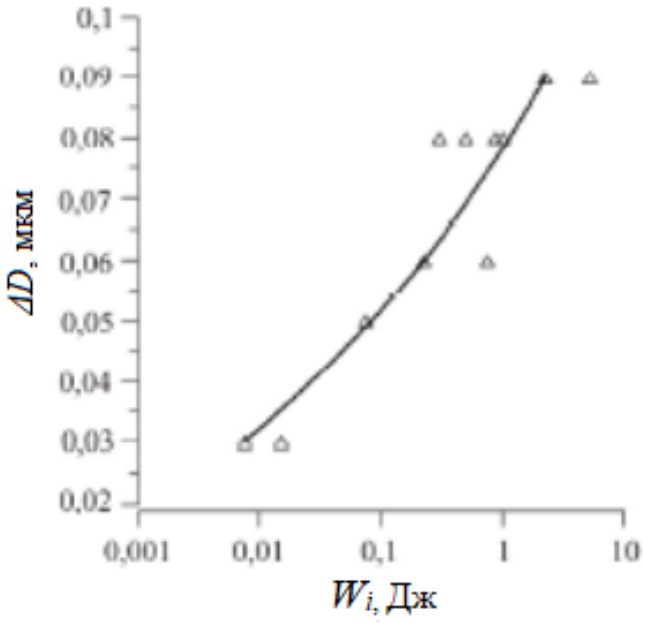


Рисунок 1.17 – Залежність відхилення геометричних параметрів отвору від енергії імпульсу.

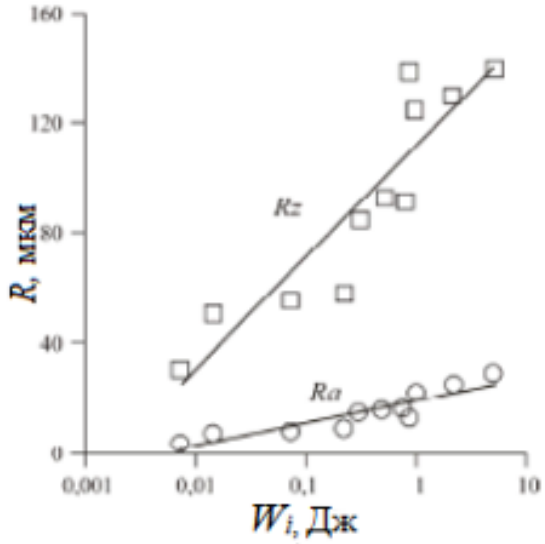


Рисунок 1.18 – Залежність параметрів шорсткості Ra і Rz від енергії імпульсу.

1.1.5 Висновки

Аналізуючи деякі розглянуті способи отримання отворів потрібної геометрії та якості при різних товщинах матеріалу можна зробити висновки що данні методи різання ефективні в досить вузькій спеціалізації завдань.

Проблема гідроабразивного різання полягає в тому, що якість зрізу не є досить точним з дотриманням потрібної геометрії та шорсткістю поверхні різу не відповідає 8-му класу точності, особливо шорсткість різу погіршується при збільшенні темпу різання.

Лазерне різання показує себе ефективним коли товщина матеріалу що розрізається не перевищую 20 мм. Шорсткість поверхні не відповідає шорсткості поверхні 8-го класу, коли матеріал що розрізають перевищує товщину в 10 мм Також велике відношення товщини до ширини різу сильно погіршує якість зрізу.

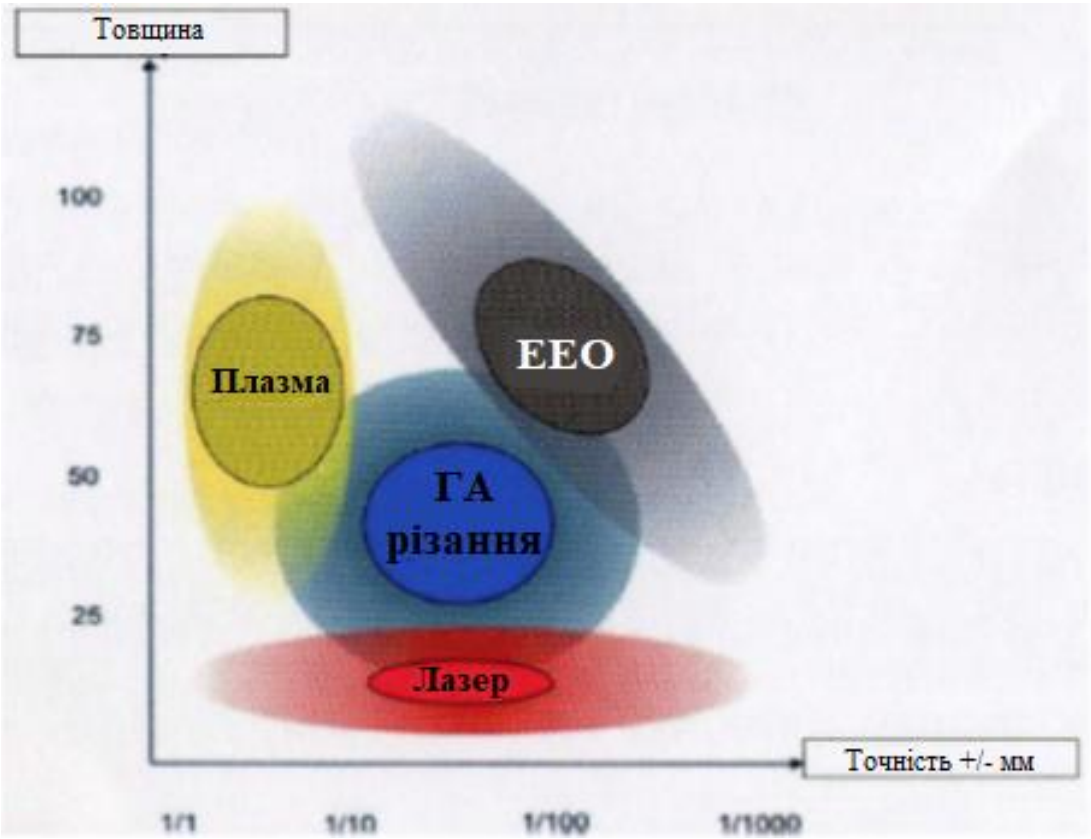


Рисунок 1 .19 – Зрівнювання точності обробки різних методів різання

Висока продуктивність плазмової різки та її можливість розкроювати метал товщиною до 300 мм обумовлена дуже грубою поверхнею зрізу, оплавленою кромкою зрізу, утворення облоя і невисокою точністю зріза.

При електроерозійному різанні отримується дуже якісний та чистий зріз але її продуктивність дуже низька, а вартість устаткування і витратних матеріалів дуже висока.

Електрогідравлічне штампування дозволяє отримати деталі з якістю поверхні 4 класу. Шорсткість отриманих отворів не відповідає 8-му класу.

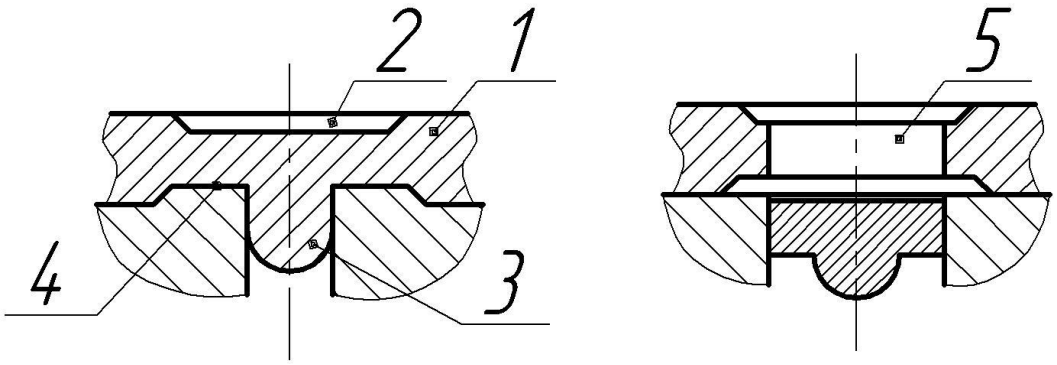
Через це є потреба в розгляданні способів вирубки-пробивки які забезпечують необхідну якість при товстолистовій пробивці з товщиною матеріалу 10 мм і більше за використанням простої оснастки.

1.2 Аналіз способів товстолистової вирубки-пробивки

1.2.1 Аналіз способів вирубки-пробивки використовуючих об’ємне деформування

Цей метод підрозуміває собою створення фасок в матеріалі методикою штампування. Заглибленя виключають появу задирок в ході пробивання.

Метод являє собою, отримання фаски в матеріалі 1 рис. 1.20 утворюється заглиблення 2.



а б

Рисунок 1.20 – Вирубка з попереднім формуванням.

Із матеріалу який штампується виникає стрижень 3. Водночас утворюється додаткове заглиблення 4 навколо стрижня. Далі у заготовці пробивається отвір 5 (рис. 1.20, б) діаметр якого більший, чім діаметр видавленого стрижня. Додаткове заглиблення може бути більшим в півтара рази можливої висоти задирок, які створюється при прошиванні отвору. За теорією даний спосіб забезпечує покращену якість пробиваємого отвору та не потребує операцій усунення задирок. Спосіб поєднав собою операції пробивання та видалення для підвищення точності виробу. Однак виконані експерименти показали (Рис. 1.21), що якість пробитого отвору в кінцевому результаті змінюється не сильно , у порівнянні із звичайним способом, а трудомісткість операцій зросла в 2 рази.

Рисунок 1.21 – Фотокартка пробитого отвору

Висновок: даний спосіб не рекомендується до впровадження на виробництві, трудомісткість операції зросла, а якість пробиваємого отвору змінилась досить мало.

1.2.2 Метод пробивання отворів за допомогою чеканки зон навколо отвору

Рис. 1.22 ілюструє спосіб отримання отвору з допомогою метода чеканки зон навколо отвору, що відбувається за 3 єтапи.

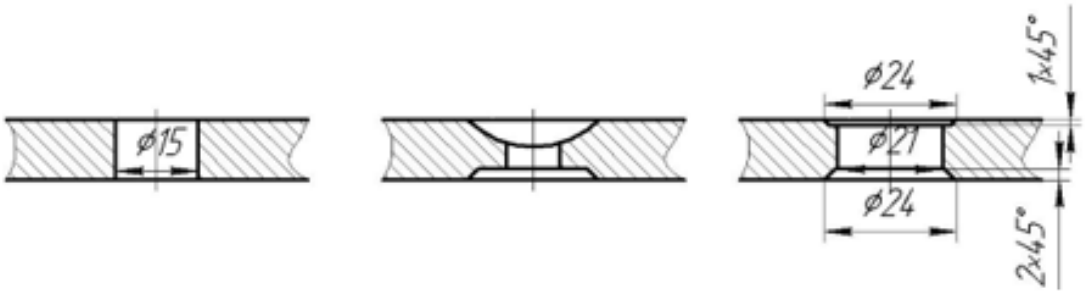


Рисунок 1.22 – Положення пробивання отвору за допомогою карбування зон навколо отвору

Результат, що отримується при карбуванні зони навколо отвору, може призвести до того, що задирок, який створюється при пробиванні отвору, не виходить за межі поверхні деталі. Саме це покращує експлуатаційні властивості диска. Теоретично, даний спосіб за допомогою використання операцій з чеканки, що використовується як елементи об’ємної штамповки, дає можливість зміцнення металу в розділовій зоні, підвищує стійкість продукції.

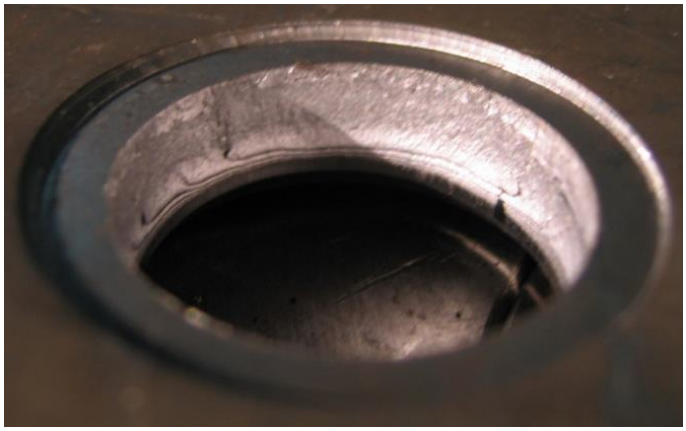


Рисунок 1.23 – Фотокартка пробитого отвору

Аналізуючи данні дослідження можна зробити висновок що наведений метод не дає істотного покращення якості поверхні зрізу (див. рис. 1.23) , але при цьому трудомісткість збільшується до 3-х разів порівняно з класичним методом пробивання.

1.2.3 Аналіз поверхні зрізу із зачищенням отвору при вирубці-пробивці

Експериментально досліджено метод чистового вирубування із використанням ступінчатого пуансона на гідравлічних пресах і пресах простої дії(рис. 1.24) [14]. Спосіб полягає в тому, що на вирубному пуансоні є уступ

котрий менше висотою ніж глибина втиснення пуансона, до початку відколювання .

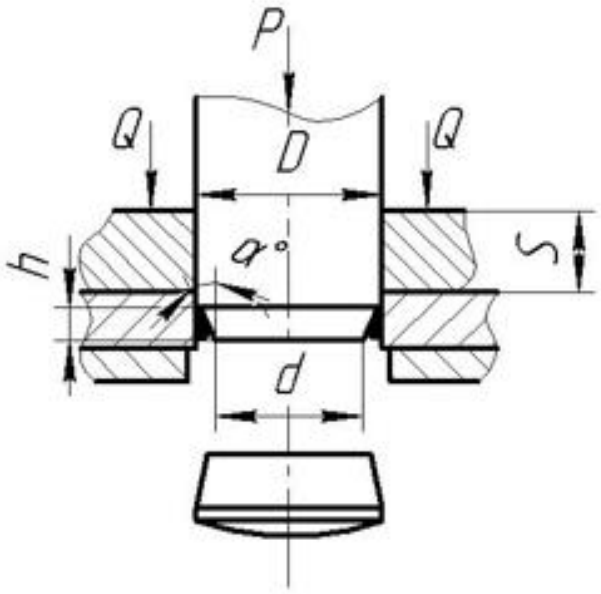


Рисунок 1.24 – Схема пробивання із зачищенням

Для того аби позбутися можливості деформації деталі, пробивка з зачищенням повинна виконуватися з притиском деталі. Перед усім відбувається пробивка грубого отвору із зазором z / 2 = 15% S і потім усунення відходу . Рис. 1.25

Рисунок 1.25 – Фотографія відходу після пробивки

А далі зачистка отвору із зазором z / 2 = 0,5 мм. Рис. 1.26 .

Рисунок 1.26 – Фотографія відходу після зачистки

Робоча частина пуансона конічної форми з висотою h см. Рис. 1,27 тисне на крайки отвору, створюючи цим радіальні напруги стиснення, які унеможливлюють появу сколюючих тріщин. Для того, щоб відхід не залишався на пуансоні треба щоб він заходив у матрицю до 4 мм і забезпечити потрібний кут «α», який дозволив би зісковзнути задирку з пуансона Оптимальний кут α = 6-8 °. Саме так при за допомогою робочого ходу пуансона проходить процес вирубки.

Наслідком є утворення точки з радіальними напруженями стиснення які не дають утворюватися сколюючим трищинам.

Рисунок 1.27 – Геометрія пуансона

Рис. 1.28 ілюструє звичне пробивання із зачисткою, на якому чітко видніється блискучий пасок поздовж всієї товщини зразка, а задирок знаходиться зі сторони вихода пуансона.

Рисунок 1.28 – Фотографія пробитого отвору

Задирок видаляється вручну або створенням фаски з однієї сторони (Рис. 1.29).

Рисунок 1.29 – Фотографія пробитого отвору з подальшим формуванням фаски

В даному способі зачистки шорсткість зрізу, для м'якої сталі R_a 1,25 – 0,50 мкм , для твердої сталі R_a 2,50 – 1,25 мкм . Точність штампування – 3-й клас точності .

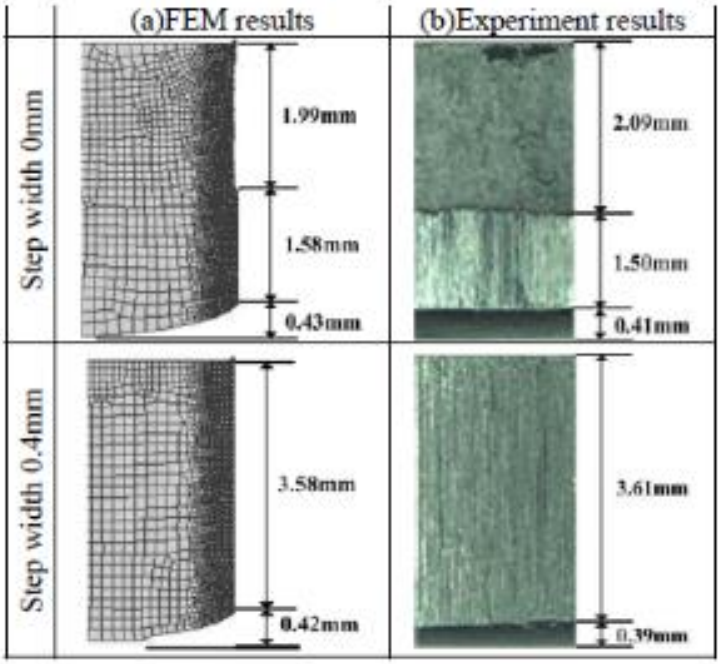


Рисунок 1.30 – Порівняння поверхні зрізу для звичайного пуансона і ступеневого пуансона , товщина заготовки s=4 мм.

Висновки: в ході досліджень було виявлено, що даний спосіб дає найкращі результати по досягненю якості поверхні пробиваємого отвору та дотримання геометричних розмірів заданих деталі. Але недоліки даного способу полягають в точному регулюванні преса підвищеної жорсткості і швидке зношування інструмента, а саме затуплення ріжучих кромок.

1.2.4 Спосіб чистової вирубки-пробивки отвору

Чистова вирубка дає можливість отримати точні деталі 9 квалітету, з шорсткістю поверхні різу максимум до 1,5 мкм, із стальних зразків товщиною до 15 мм. (Рис. 1.28). Цей спосіб використовує місцеве притискання, укомплектованим клиновидним ребром, яке знаходиться з боку зовнішньої частини пуансона. Під час удавлювання ребра відбувається відтиск матеріалу заготовки до ріжучих кромок у зоні деформування з’являється інтенсивний гідростатичний тиск (рис. 1.31 - 1.32). Слідом опускаючийся для цього вирубний пуансона, визначає деталь із гладкою та перпендикулярною поверхнею зрізу, відповідний 8 - 9-му класу шорсткості поверхні.

Використання дорогих гідравлічних пресів потрійної дії з використанням прецизійних складних штампів – головний недолік в цьому методі. Дані преси не дають можливості обробляти великі заготовки або матеріал товщиною понад 16 мм. Також, створення під час розділення матеріалів сколюючіх тріщин, спрямованих назустріч один до одного з боку пуансони та матриць, призводить до зниження якості пробиваємого отвору, як за чистотою розподілу, так і за його геометричними характеристиками.

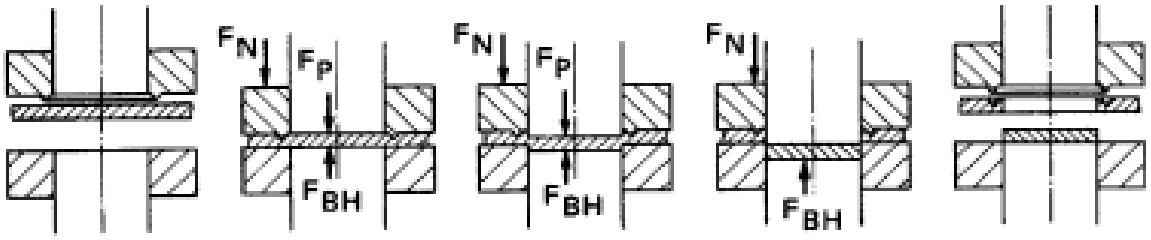


Рисунок 1.31 – Схема етапів чистового вирубування - пробивання отворів .

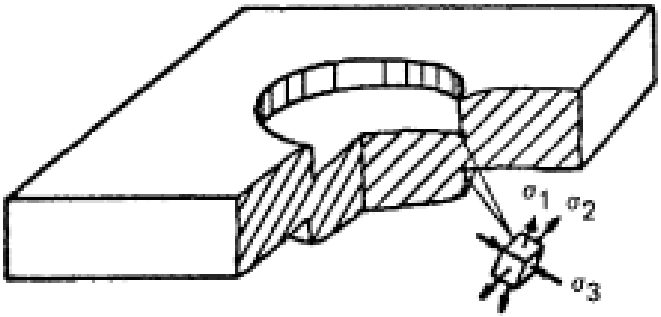


Рисунок 1.32 – Напружений стан заготовки після чистової вирубки - пробивання.

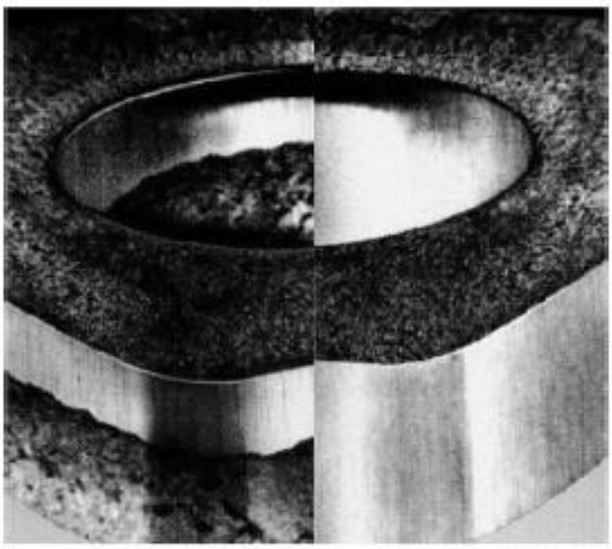
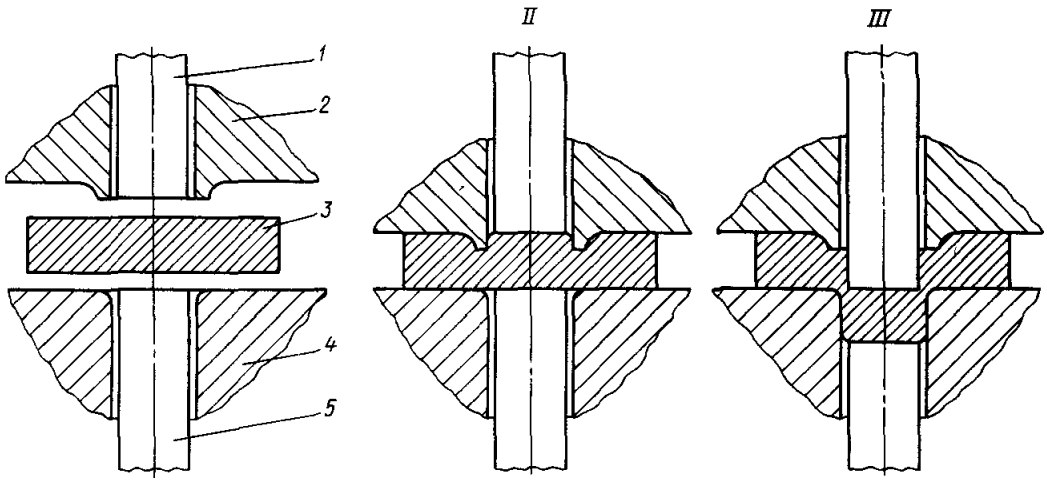


Рисунок 1.33 – Порівняння поверхні звичайної і чистової вирубки-пробивки.

1.2.5 Реверсивна вирубка (із зустрічною надрізкою)

Інший спосіб чистового вирубування є реверсивна вирубка (із зустрічною надрізкою), приведена на рис. 5. Процес реверсивного чистового вирубування проводиться наступним образом. Для початку (рис. 1.34, I) за допомогою верхніх частин штампа фіксується заготовка. Далі(рис. 1.34, II) нижній пуансон-матриця рухаючись вверх врізається в заготовку на глибину до 25% товщини матеріалу.

Потім (рис. 1.34, III) верхній пуансон-матриця рухається зверху вниз на величину, рівну 1,5S і виконує повне відрізання по внутрішньому та зовнішньому контурах. Інші частини штампа залишаються нерухомими. При цьому способі чистової вирубки-пробивки шорсткість поверхні зрізу відповідає до 9 - го класу точності.



1 - пуансон; 2 - прижим (з прямокутним ребром); 3 - заготовка;

4 - матриця; 5 – контрпуансон (виштовхувач);

I - вихідне положення; II - видавлювання рифту; III - вирубка.

Рисунок 1.34 – Схема способу реверсивної чистової вирубки.

Висновки: недоліки цього методу полягають у тому що пробивання отворів більше 10 мм неможливе, а також доволі дороге обладнання для вирубки-пробивки.

1.2.6 Аналіз способів чистової вирубки-пробивки з підігрівом заготівки

На даний момент існує метод чистової вирубки-пробивки для товстих матеріалів (10-30 мм) у підігрітому стані. Звичайна вирубка-пробивка деталей таких товщин зумовлена дуже поганою якістю поверхні різу, нерідко потребує доводчих механічних операцій для поліпшення якості. В даній ситуації чистове вирубування-пробивання на гідравлічних пресах потрійної дії не може бути виконаним через велику товщину матеріалів та значних затрат.

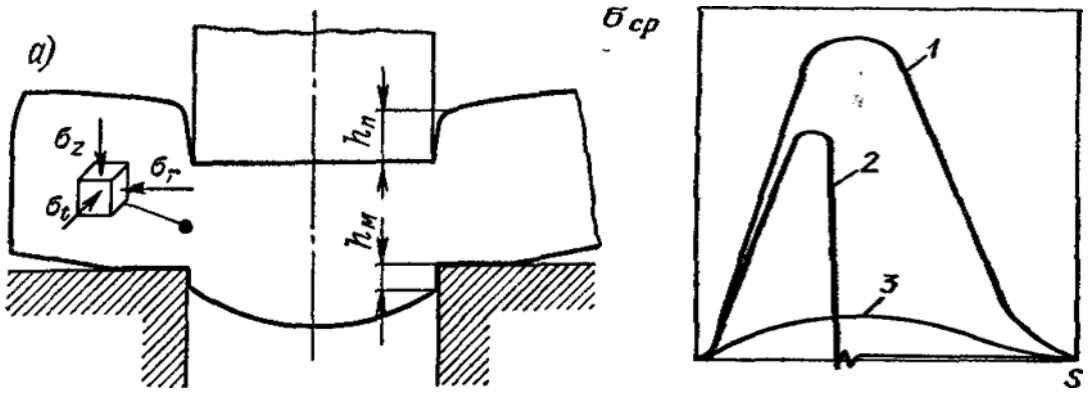
Метод чистового вирубування-пробивання у підігрітому стані дозволяє отримувати високоякісну поверхню зрізу до 7-го класу шорсткості за всією товщиною, що не потребує подальшої механічної обробки та знижує сумарне зусилля преса до 6 разів.

Для отримання чистого різу за всією товщею металу експериментально встановлено, що односторонній зазор повинен знаходитися в інтервалі 0,5-1% S, а температура підігріву заготовки в діапазоні від 750 до 900 ° С.

Рис. 1.35, (а), схема введення пуансона при чистовій вирубці - пробивці в підігрітій заготівці. На рис. 1.35, (б) - графіки що порівнюють опір зрізу при чистовій вирубці (1), звичайна вирубка на кривошипному пресі (2) та чистова вирубка з підірівом заготівлі (3).

Рис. 1.35, (а) показано, що глибина введення пуансона $h_п$ є більшою ніж висота $h_м$ вдавленого в матрицю металу, це свідчить про те що витіснення металу з-під пуансона відбувається в радіальних напрямках. У результаті чого в зоні поділу створюються стискувальні радіальні напруження, котрі унеможливлюють появу сколюючих тріщин.

Разом із чистовим вирубуванням зовнішнього контуру отвір на виході вийде з такою ж шорсткістю поверхні (до 7-го класу) Недоліком являється потреба в точній наладці преса підвищеної жорсткості та збільшення задирки.



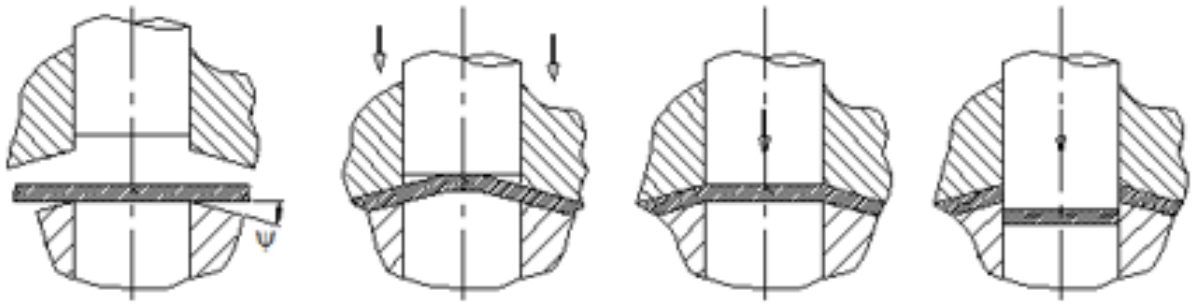
а) б)

Рисунок 1. 35 а – схема введення пуансона при чистовій вирубці – пробивці в нагрітій заготовці; б – графіки порівняння опору зрізу при чистовій вирубці (1), звичайна вирубка за допомогою кривошипного пресу (2) і чистова вирубка з підігріванням заготівки (3).

1.2.7 Аналіз поверхні зрізу після вирубування-пробивання з попереднім вигином заготовки

При вирубці з попередніми вигином заготівля розміщається на матриці, ріжучі кромки якої виконані під кутом ψ до горизонтальної площини. Торець притиску має такий же нахил. За допомогою притиску відбувається згинання заготовки по сферичній поверхні, зверненої вершиною до торцю вирубного пуансона (рис. 1.36, б), а пуансон, опускаючись, намагається правити зігнуту заготовку, створюючи при цьому стискаючі напруги в зоні зрізу (рис. 1.36, в). Після цього виконується чистове вирубування (рис. 1.36, г).

Зусилля чистової вирубки (виключаючи зусилля притиску) з використанням вигину заготовки практично не відрізняється від зусилля класичної вирубки.



а) б) в) г)

а) вихідне положення: б) попередній вигин заготівлі: в) стиснення заготовки в зоні зрізу: г) відділення виробу .

Рис. 1.36 — Схема пробивки з додатковими напругами стисненням в радіальному напрямку.

Висновки:

1. Якість поверхні при такому методі вирубки-пробивки досягає 8 класу шорсткості.
2. Кількість витратного матеріалу зростає, через те що бічні перемички та перемички між деталями при чистовій вирубці більші, чім при класичному вирубуванні, та можуть досягати до 2-х товщин матеріалу.
3. Даний метод досліджений для пробивання отворів в металі з малою товщиною, та при виготовленні симетричних деталей.

1.2.8. Аналіз поверхні різу чистової вирубки-пробивки з попередньо створеними концентраторами напруг

В своїх дослідах Хтайк Сан Вин розглядав утворення великого гідростатичного тиску в зоні поділу за рахунок збільшення зусилля пробивки за рахунок виключення появи тріщин сколу зі сторони матриці і збільшення кількості матеріалу заготовки, застосовуючи в пластичній деформації за присутності концентраторів у зоні отвору [15].

Метод розділення відрізняється від традиційного. При звичній пробивці у різальних крайових пуансонів і матриць спостеріається поява трищин, котрі зростають і при їх з'єднанні утворюється скол, тоді як в запропонованому способі розділ матеріалу обумовлюється зсувом однієї частини заготовки відносно іншої де має місце пластична деформація.

Есперименталні залежності наведені на рис.1.37 –1.39.

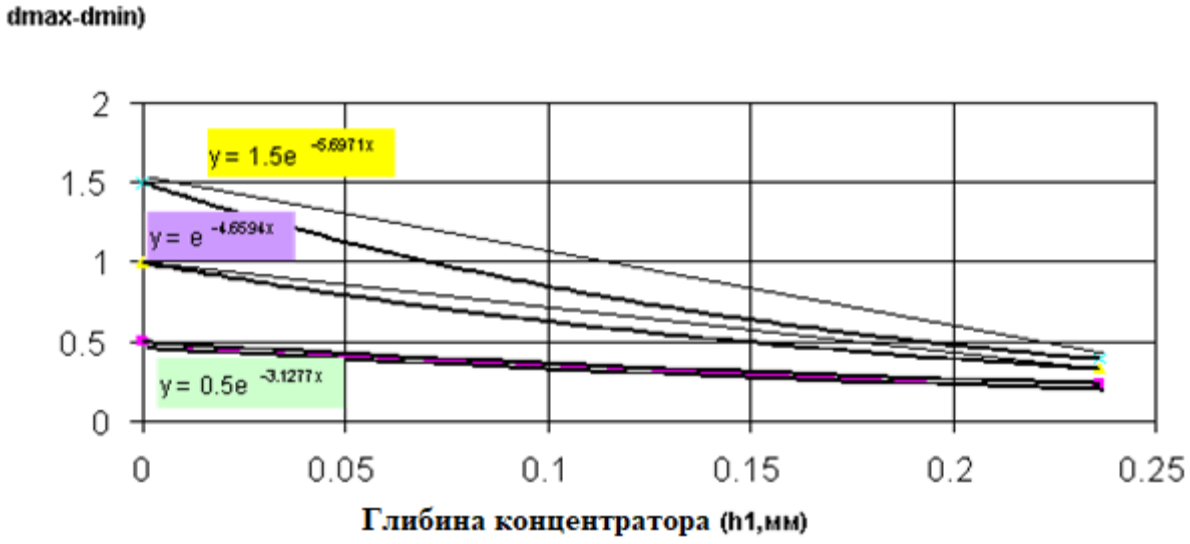


Рисунок 1.37 – Бочкоподібність отворів залежно від глибини концентратора зі сторони пуансона

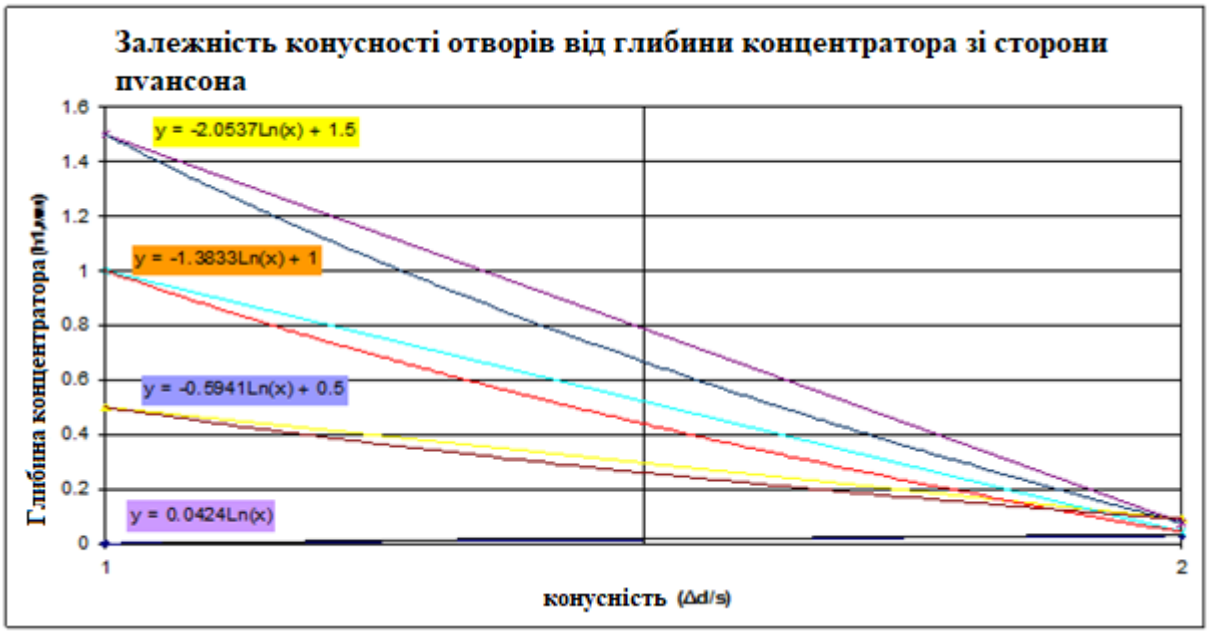


Рисунок 1.38 – Конусність отвору залежно від глибини концентратора з боку матриці.

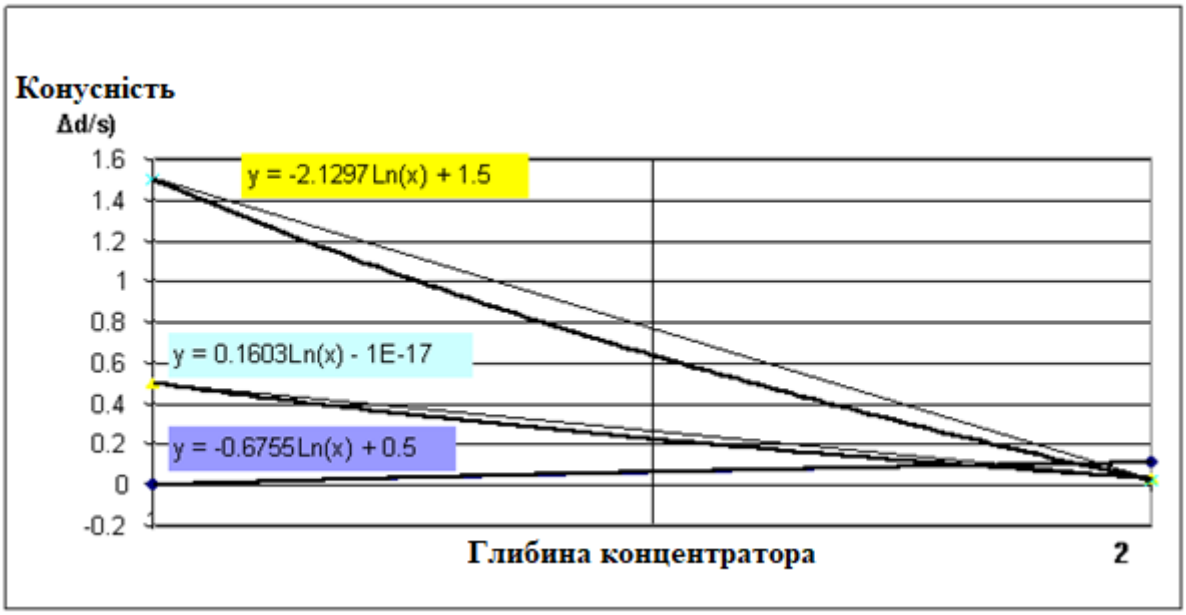


Рисунок 1.39 – Конусності отвору залежно від глибини концентратора з боку матриці.

Рис. 1.40 ілюструє профілограму, знятої з довжиною траси інтегрування 1,6 мм уздовж осі отвору.

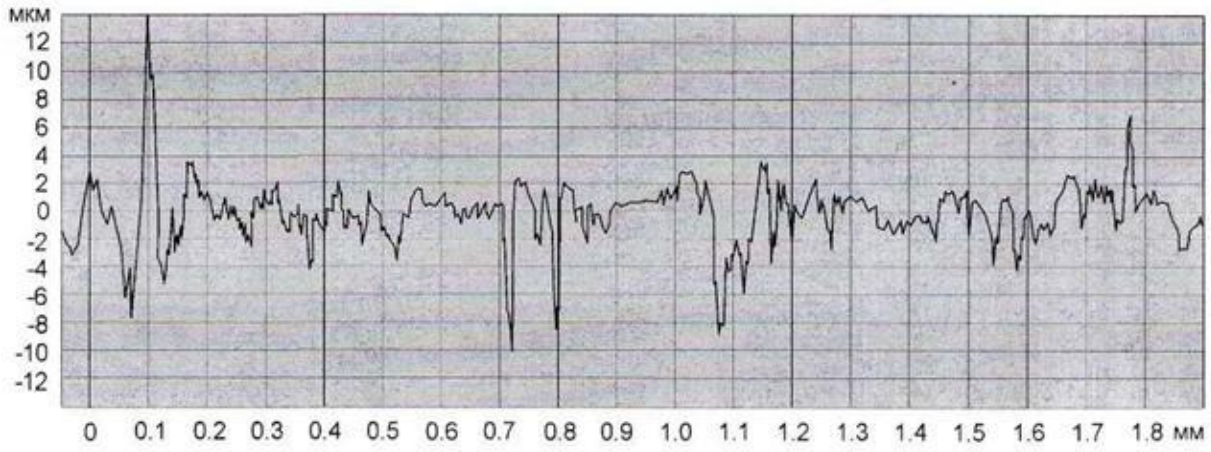


Рисунок 1 .40 – Значення шорсткості ділянок за п’ятьма вимірами: R_z = 6, 96 мкм , R_a = 1 , 26 мкм .

Даний спосіб пробивання при великому гідростатичному тиску дозволяє використовувати спрощені штампові стани.. За допомогою одного комплекта інструмента можна пробивати отвори у заготовці різної товщини. Позитивних результатів пробивки отворів вдається досягти як і з крихких, так і з пластичних матеріалів.

Висновки: спосіб розподілу з використанням концентраторів дає 8-9 квалітет отвору по ГОСТу 25347-82. Недоліком даного методу є значна трудомісткість, зумовлена потребою виконання обробки різанням співвостно - розташованих концентраторів напруги перед пробивкою отвору. Пробивка матеріалу більше 8 мм не досліджувалося.

1.2.9 Спосіб пробивки-вирубки середніх і товстих смуг з використанням рифленого пуансону.

У дослідженні [27] можна простежити що бічна поверхня робочої частини рифлених пробивних пуансонів має вигляд сукупності регклярно

повторюваних поздовжніх виступів та в поєднанні створює нерівномірний зв'язок профілю рифлення напружено-деформований стан пробиваємої заготовки. Відмічено що при пробиванні рифленими пуансонами з X * = 0,68 ... 0,72 (рис. 1.41) сколюючі тріщини у визначеній зоні утворюються вже при робочому ході пуансона що дорівнює 15% товщини заготовки. (рис. 1.41)

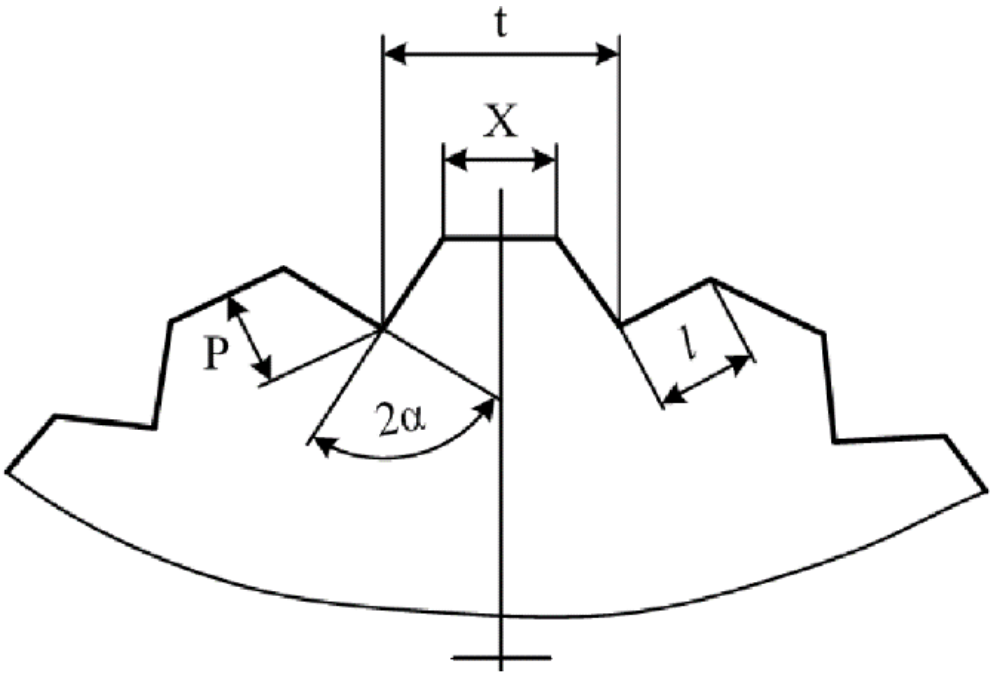


Рисунок 1.41 – Вигляд рифлень на поверхні пуансон

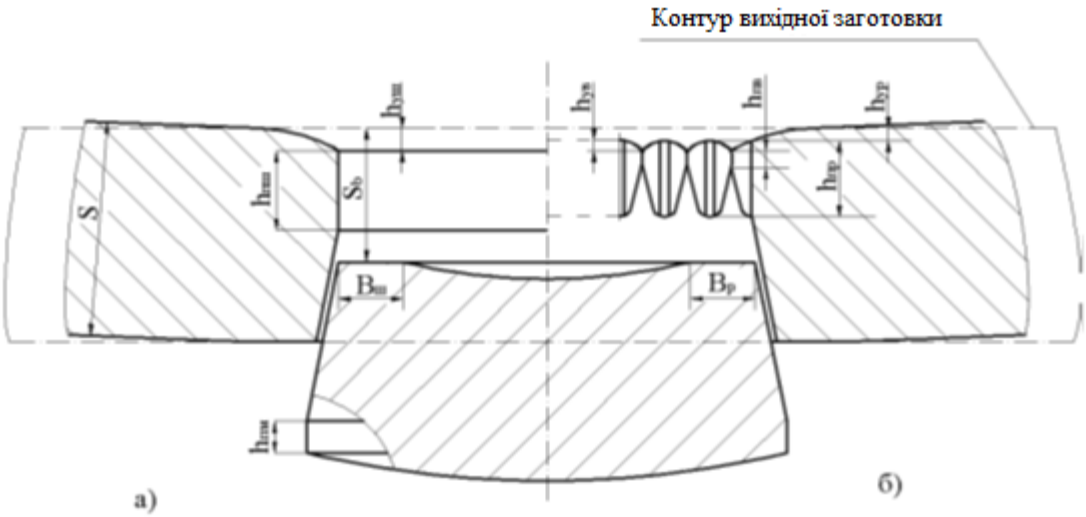


Рисунок 1.42 – Геометрія отвору, отриманого шліфованим (а) і рифленим (б) пуансонами -

При отримані отворів шліфованим пуансоном сколюючі тріщини починають з’являтися на відмітці 40 ... 42% від товщини заготовок. Більше раннє утворення сколюючих тріщинн призвело до перемінної висоти та зменшення на 20% площі блискучого паска.

Висновки:

1. Рифлені пуансони до 6 разів стійкіші при навантаженнях у порівнянні із шліфованими пуансонами при пробиванні товстолистової сталі. Але не вивчено вплив рифлень на чистоту поверхні зрізу пробиваємого виробу.

2. Після розглядання спеціальних методів вирубки-пробивки отворів товстолистових металів: чистове вирубування з поперечною осадкою заготівлі, чистове вирубування з нагріванням заготівлі, пробивання отворів за допомогою ступеневого пуансона, реверсивний спосіб чистового вирубування та інших, жоден з цих методів дає можливості отримати блискучій пасок по всій товщі металу, не дає можливості отримати і геометрію поверхні зрізу з шорсткістю до 8-го класу в матеріалах із товщиною 10 мм і більше, без дороблюючих операцій. Або потрібно використовувати дорогі гідравлічні преси потрійної дії із прецизійними складними штампами.

1.3 Форма різальних частин пуансона і матриці та вплив на якість отриманого виробу

1.3.1 Форма ріжучих кромок пуансонів та матриць

Форма ріжучого інструмента на пряму впливає на зусилля штампування, і від цього зажелить зносостійкість всього штампа.

Застосовують штампи зі скошеними ріжучими крайками для зменшення зусилля різання при вирубці. Різноманітні типи скосу ріжучих крайків приведені на рис. 1.43.

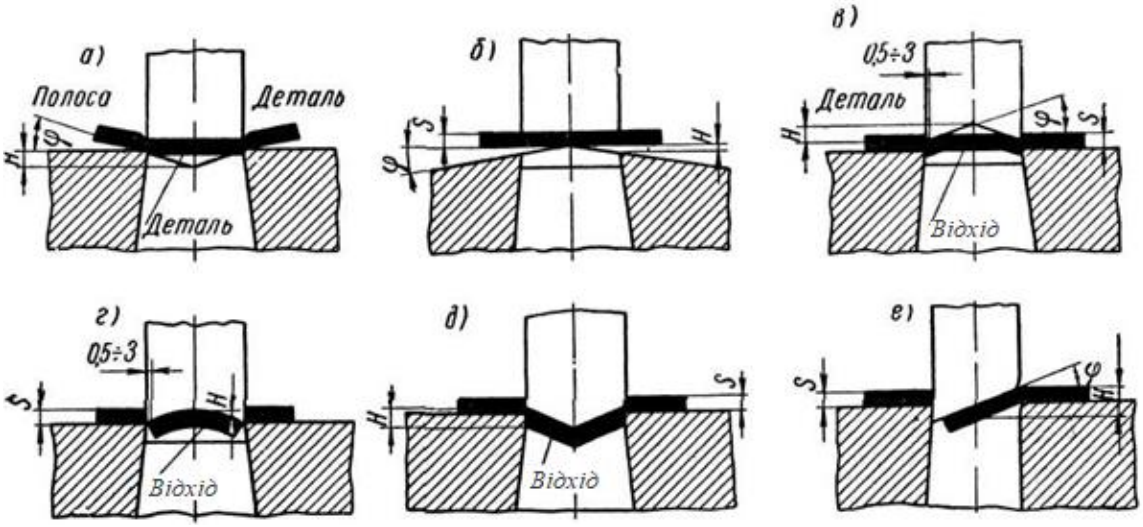


Рисунок 1.43 – Різноманітні типи скосу ріжучих крайків

При вирубуванні деталей пуансон повинен бути плоским, а скіс робиться на матрицях (рис. 1.43, а і б). Скіс повинен бути симетричним та двостороннім відносно центра прикладання зусилля.

При пробиванні отворів скіс робиться на пуансоні, а матриця повинна бути плоскою, (рис. 1.43, в, г, д.

Односторонній скіс ріжучих кромок використовується лише при надрізанні з вигином (рис. 1.43, е.

Зменшення необхідних зусиль при вирубці у штампах з різним скосом ріжучих кромок показано на діаграмі (рис. 1.44).

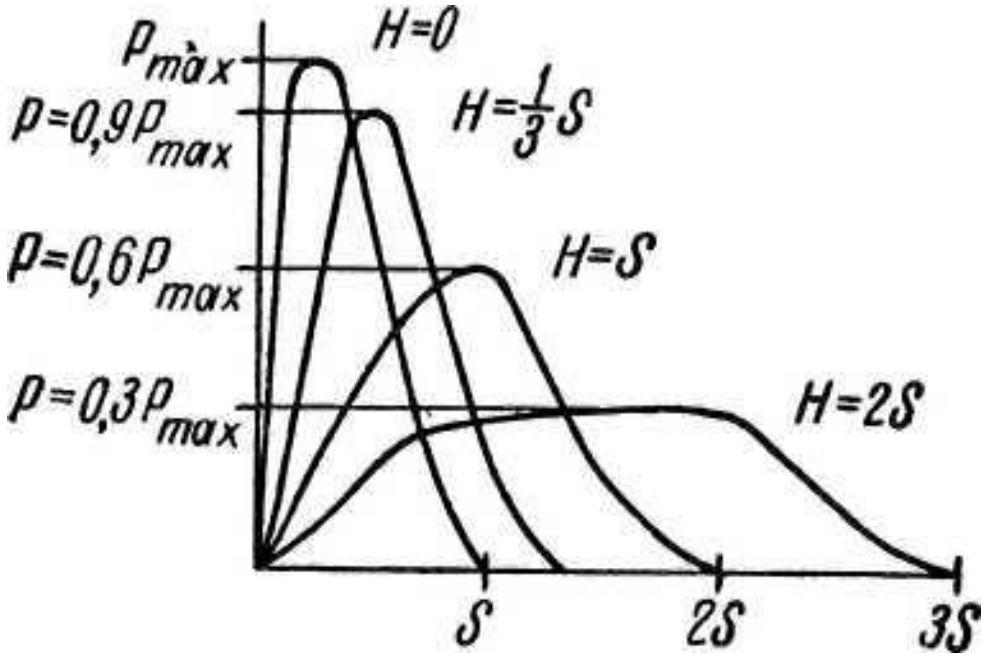
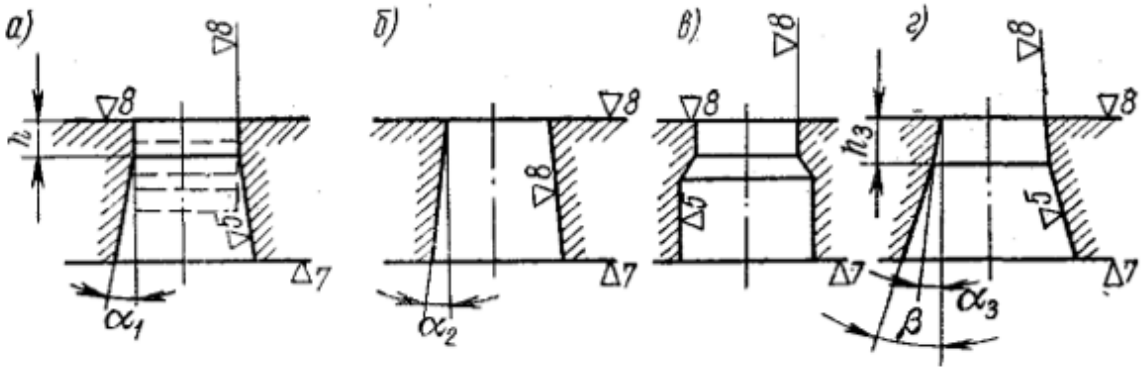


Рисунок 1.44 –Зменшення зусиль при вирубці в штампах зі скосом ріжучих кромок (Н — величина фаски)

Мається декілька профілів робочого вікна матриці (рис. 1.45).



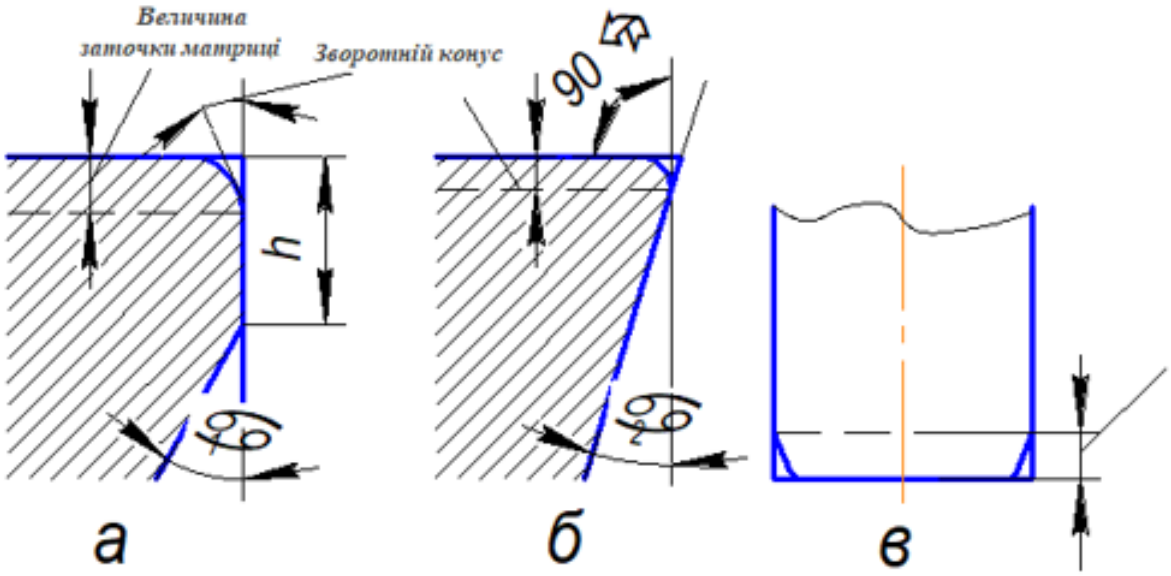
а) з циліндричним пояском; б) з конусом від робочої (дзеркальної) площині; в) – з двома циліндричними ділянками; г)– з двома конусами

Рисунок 1.45 – Профілі робочої частини матриці.

1) матриці, у яких робоче вікно виконується у вигляді паска h певної висоти (3 - 12 мм), стінки матриці мають кут нахилу (рис. 1.45, а);

2) матриці з конусним робочим вікном від верхньої дзеркальної їх площі. Кут нахилу варіюється від 100 до 10 (рис. 1.45, б).

Переваги першого типу матриць полягає в тому що при переточуванні данні матриці не втрачають розмірів робочого вікна. До недоліків відноситься збір відходів або виробів у робочому вікні, внаслідок чого збільшується тертя вирубаної деталі на стінках отвору матриць та створюються умови для створення зворотного конусу при їх проштовхуванні (рис. 1.45, а).



а – матриці з циліндричним пояском; б – матриці з конусом; в – пуансона.

Рисунок 1.46 – Величина заточування при затуплюванні пуансона і матриці.

При вирубці пробивці в матрицях другого типу збирається деяка кількість виробів або відходів, через що падає тертя на стінках. Зворотній конус в данному випадку дещо менший (рис. 1.46, б). Тому логічно що зносостійкість матриць данного типу є вища порівняно з матрицями із поясом.

Розрахунки М. Е. Зубцова показують, що зносостійкість штампів із використанням матриць з конусом залежить від прийнятого ухилу матриці та збільшує зносостійкість до 2-х разів. Для цього на заводі ВЕФ зменшують ухил стінок робочого отвору в матрицях (кут α_2), значення яких в залежності від товщини цього матеріалу S (у мм) є наступними:

Таблиця 1.3 Значення кута α_2 від товщини S в мм.

s	α_2
Від 0,1 до 0,5	$10'$
0,5 – 1	$15'$
1 – 2	$20'$
2 – 4	$30'$
4 – 6	$45'$
Понад 6	1^0

Практика показує що матриці з поясом залучають використовують до вирубки при зворотній видачі деталей (на штампах об'єднаної дії), щоб уникнути можливого замовлення деталей у відкритих матрицях, а також при зачисленні штампувань. Матриці з конусом використовують при вирубуванні деталей на провал.

Деколи для поліпшення виготовлення матриць другого типу, робоче вікно у з тимиж розмірами а кутот $\alpha_3 = \alpha_2$ зберігають лише на високій шийки $h_з$, що призводить до третього типу р (рис. 1.45, г). У неробочій частині матриці кути беруть в інтервалах 3 - 5°.

Кут нахилу α_3 береться таким же чином, як і для матриці типу b (рис. 1.46), а висота шийки $h_з$ (в мм) в залежності від товщини s (у мм):

Таблиця 1.4 Залежність шийки $h_з$ (в мм) від товщини s (в мм).

s	$h_з$
До 0,5	3 – 5
0,5 – 1	5 – 8
Понад 1	8 – 10

Багатопуансонні штампи, які використовуються за часту при пробиванні отворів, зусилля вирубки зменшується за рахунок ступінчастого місця знаходження пуансонів на висоті, тоді як у цьому випадку найбільша кількість зусилля вирубки від кожного пуансона не збігається в часі і не зменшується. Різницю у висотах пуансонів добиваються за рахунок укорочення пуансона з меншим діаметром на (0,8 ÷ 0,5). Слідом за цим потрібно вказати, що данна компоновка ускладнює заточування пуансонів.

Співрозташування матриць (пуансона) визначається в основному контурі вирубуємої деталі та характеру зворотного розкрою.

У дрібних штампах при підготовці деталей для точної індустрії окремі секції матриці або пуансона стягуються загальним кільцем, що кріпиться на плиті штампа.

1.3.2 Підвищення стійкості розділових штампів за рахунок збільшення висоти робочих пасків і зменшення ухилу профілю робочих вікон матриць

Н.І. Коваленко А. Н. Коваленко, проводили досліди у виробничих умовах високий рівень робочої маси матриці та величини ухилу на стійкість розділів цих штампів із використанням секційних матриць із матеріалу сталь Х12Л4. Експерименти проводились при штампуванні деталей із сталі 20, 10кп та сталі електротехнічної 20880 товщинами 0,8 - 4 мм.

Критерієм показника якісних штампованих деталей було прийнято: висота задирки не більше 0,10 мм, граничне похибка розмірів 0,12 - 0,2 мм; рівномірність сколів в інтервалі 0,10 - 0,12 мм.

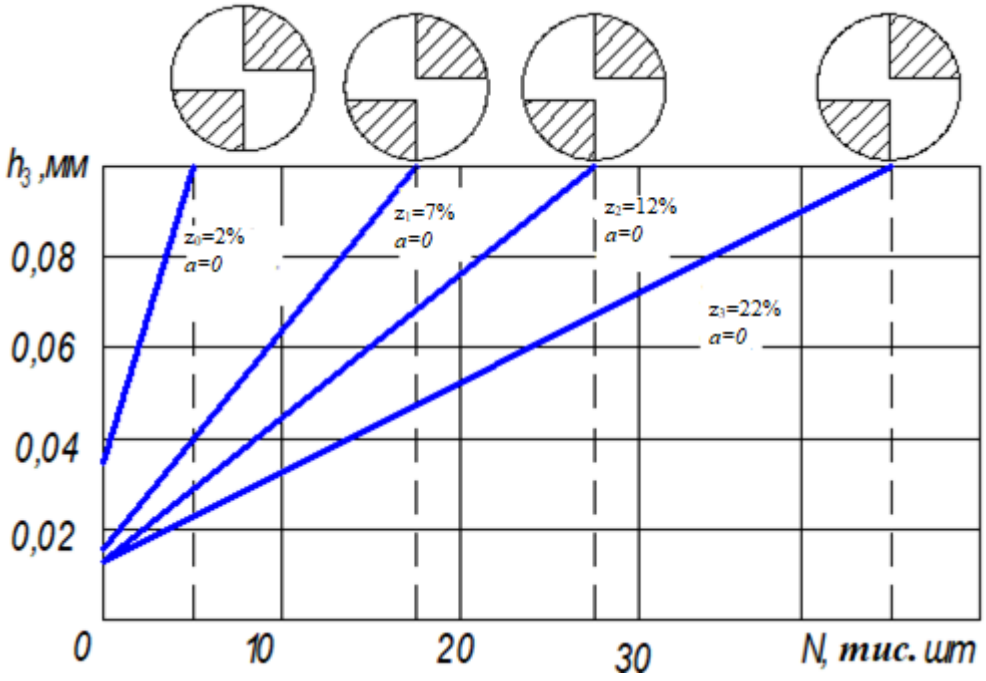


Рисунок 1.47 – Зміна висоти задирка в залежності від числа вирубаних деталей з електротехнічної сталі 20880 до переточування штампа при різних значеннях технологічного зазору z і ухилу профілю робочого вікна матриці α. Схеми зносу ріжучих кромок z_0=2% пуансона і матриці

Критарій повного зносу штампа був вихід деталей за поле допусків через підвищену нерівномірность сколів при зношуванні переточуваного профілю матриць.

Повна стійкість матриць порівняно зі стійкістю матриць, виконаних з РТМ 34-65, збільшилася в 3 рази.

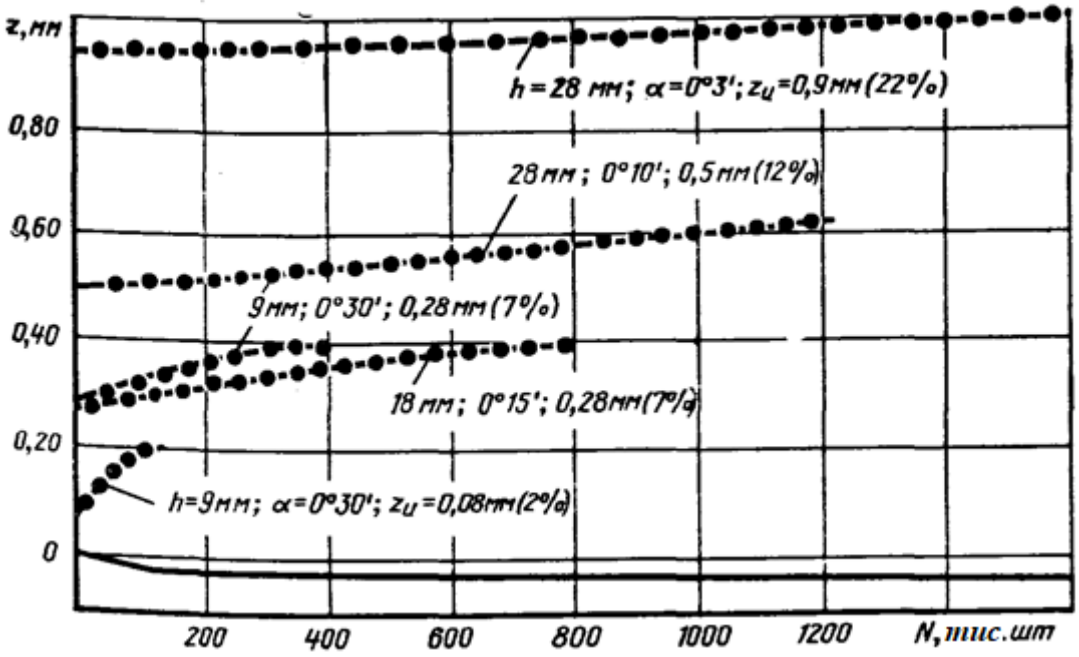


Рисунок 1.48 – Зміна технологічного z зазору у залежності від повної стійкості штампа при різних параметрах матриці ($h, \alpha \quad u \quad z$)

Де h - висота переточуваного профілю робочого вікна матриці; z_u – вихідний двосторонній зазор між матрицею та пуансоном; –• –•. крива змінює фактичну величину технологічного зазору, періодичність переточування знайомих точок; — — усереднена крива бічного зносу пуансона.

Найкращий ефект покращення стійкості до 4 разів досягається при використанні секційних матриць. До перевах данних матриць можна віднести можливість виконати в них ухили стінок з похибкою $\pm 0^0 2'$.

Щоб обрати параметри робочоо вікна матриці в масовому виробництві потрібно додатково диференціювати умови поділу матеріалів на окремі випадки, що забезпечують найбільшу стійкість штампів.

Вибір цих параметрів рекомендує проводити в залежності від виду штампувального матеріалу, виконуваних технологічних операцій, групових штампів, з ідентичними параметрами технології товщину штампованих матеріалів, початкових зазорів між робочими частинами [17].

Висновки: якість поверхні та її стан пробивних пуансонів діаметром 9,1 мм істотно впливає на їх стійкість, зусилля пробивання, а також експлуатаційні якості пробивних деталей.

1. Стійкість пуансонів з рифленою робочою поверхнею на 5 - 6 рівнів вище у порівнянні зі стійкістю шліфованих пуансонів при розподілі товстолистової маловуглецевої сталі.

2. Зусилля та сумісна робота поділу при поділі матеріалу пуансоном із рифленою робочою поверхнею (t = 0,4_ мм) у середньому на 20% нижче, ніж при пробивці шліфованим пуансоном.

3. Пробивання деталей пуансонами з рифленою робочою поверхнею 0,4 мм не погіршує їх втомну міцність.

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИК ТЕОРИТИЧНОГО ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОВСТОЛИСТОВОЇ ПРОБИВКИ МАТЕРІАЛУ

2.1. Основні положення

Розділові операції за своєю технологічністю бувають:

1. із великою товщиною відокремлюваного матеріалу;
2. із малою товщиною відокремлюваного матеріалу.

В даних випадка методи розділення різні.

Перший випадка операції використовується для розділення стрічок та листів за допомогою підготовки для штампування деталей або для вирубки в замкненому контурі і під час вирубування відокремлені частини являються деталями, під час пробивки - відхід.

Другий випадок операцій використовується для покращеня якості деталі і він являє собою очищення та калібровку, використовуються для досягнення перпендикулярної поверхні різу площі листа, низької шорсткості (R_a = від 2,5 до 0,32 мкм), точностю до 9 квалітета.

Зачищення (калібровка) виконується на отриманих попередньо вирубних (пробивних) заготовках, у яких після правки зменшуються припуски. Зачищення проходить за зовнішнім або внутрішнім контуром заготівлі. Найменший припус для зачищення дорівнює зазору між матрицею та пуансоном при вируці-пробивці. Зачистка виконується для деталей з товщиною до 10 мм, периметром до 300 мм .

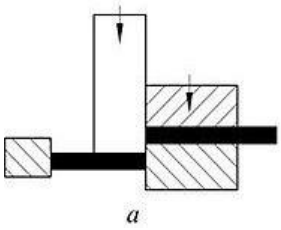
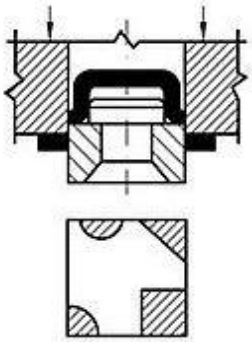
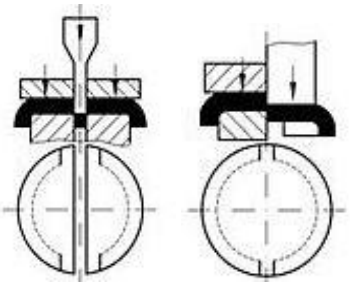
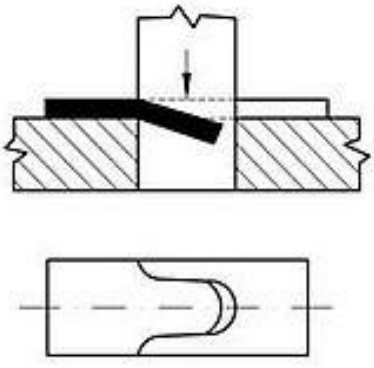
Схема протікання розділення для першої групи є однаковою. Деформація як і різання проходить в три стадії [18, 19]:

1) пружна деформація, початок пластичного деформування;

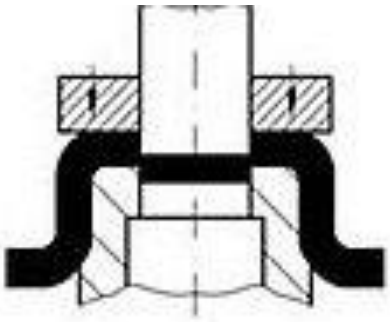
2) пластичне деформування, яке забезпечує врізання виконавчого інструмента у метал заготовки, що збільшується до 0,7 товщини металу;

3) розділення матеріалу за відколом, що проходить після закінчення пластичного деформаування.

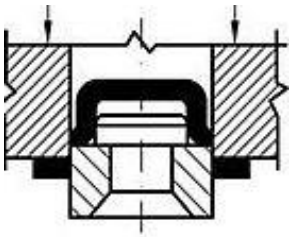
Таблиця 2.1 Різноманітні операцій ОМТ.

Операції	Типова схема
Відрізання — повне відокремлення частини заготовки за незамкненим контуром методом зсуву	
Вирубування – повне відокремлення заготовки або виробу від початкової заготівлі за замкнутим контуром методом зсуву	
Розрізання — розділення заготівлі на частини за незамкненим контуром методом зсуву	
Надрізання — часткове відокремлення частини заготовки методом зсуву	

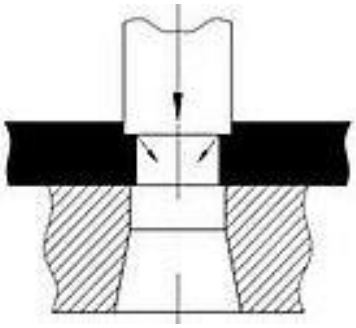
Пробивка — створення пазу або отвору методом зсуву з видаленням відділеної частини матеріалу у відхід



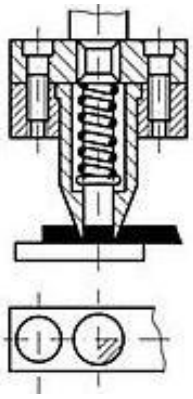
Обрізання — усунення надлишкового матеріалу (фланців, припусків) методом зсуву



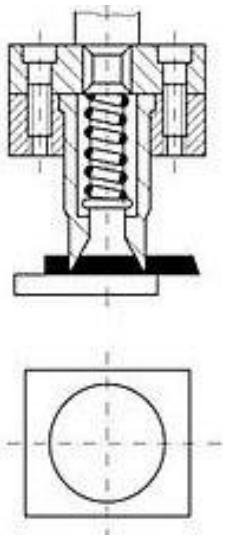
Зачищення — усунення припусків з використанням штампа. Допомагає отримати більш точні розміри та зниження шорсткості .



Висікання — повне відокремлення виробу або заготовки по замкненому контурі методом проникання інструмента в вихідну заготовку



Просікання у штампі — створення отвору у заготовці методом проникання в неї інструменту з усуненням частини матеріалу у відхід



2.2. Аналіз деталі на технологічність.

У процесі технічної експлуатації необхідно розуміти силу набору атрибутів і елементів конструкції, які може забезпечити більший рівень економічного виробництва деталей при дотриманні технічних та службових вимог до них.

Основними показниками технологічності листових холодноштампувальних деталей є:

- мінімальна витрата матеріалів;
- мінімальна кількість експлуатаційних процедур та низька складність;
- мінімальна кількість потребуючої оснастки та виконавчих переходів;
- підвищення продуктивності переходів.

Загальний показник технологічності деталі є її мінімальна собівартість. Основний показник котрий впливає на технологічність це – відносна штампуємість матеріалу. Під штампуємістю подрозумівають властивість

металу підлягати операціям штамповки. Штампування напряму залежить від переліку показників: пластичність, пружність, структура металу, механічні властивості та хімічний склад.

Критерії техногічності виставляються по практичним дослідженням, зсилаючись на які технолог може реалізовувати контроль показників деталі.

Визначені параметри зазначають критичні характеристики деталі, відхиляючись від котрих призводять до збільшення трудомісткості операцій штамповки і зростання складності та вартості обладнання.

В табл. 1-8 [20] наведені найважливіші оптимальні критерії технологічності деталей, виготовлені з використанням розділу цих операційних листів.

Досяжні параметри найвищої якості (ГОСТ 2789-73) поверхневої зрізу металевих деталей після розділу операцій із застосування звичайних штампів (див. Таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 параметри шорсткості поверхні зрізу

S, мм	до 1	1-2	2-3	3-4	4-5
R_z, мкм	10-20	20-40	40-80	80-160	160-320

Чистова вирубка-пробивка дозволяє отримати шорсткість до 1,6 мкм, після зачищання до 1,25 мкм.

2.3. Метод розрахунку параметрів, необхідних для виконання операції поділу та вибору преса

Зусилля *P* (Н) роздільних переходів в штампах у котрих відповідна ріжуча кромка (ребра) матриці та пуансона паралельні один одному, обчислюють по формулі:

$$P = Ls\sigma_{ср};$$

Опір зрізу — значення котре залежить від особливостей штампуємого матеріалу, також від специфікації проведення операції. Залежить від товщини штампуємого матеріалу, зазорів та швидкості процесу. Опір зрізу підвищується при зменшених зазорах, але покращується якість поверхні різу. Для збільшених зазорах — навпаки.

Для експерементальних досліджень наступні значення $\sigma_{ср}$, приведенні в додатку [20]. Данні характеристики розраховуються для вирубки малих деталей (d/s = 5-250) із зазором z/s = 0,05-0,09. Вказані зазори являються номінальними, значення їх наведено в додатку [20]. При різних умовах значення $\sigma_{ср}$ треба перемножити на коефіцієнти корегування (табл. [20]).

Для зменшення потребуємого зусилля заготовку перед вирубкою (пробивкою, відрізанням) підігрівають, $\sigma_{ср}$ можна приймати за додатком [20].

Щоб підняти якість вирубки (пробивки, відрізання) слід застосовувати прижим. $P_{прж}$, забезпечує притиск, Н:

$$P_{прж} = Lsq_{прж};$$

Окрім притиску штамп може бути забезпечений виштовхувачем параметрами котрого являються зусилля протитиску $P_{пд}$. Потрібні параметри $P_{пд}$ визначається для обладнання залежно від його призначення. Коли воно призначене тільки для виштовхування деталі, для уникнення заклинювання необхідно забезпечити параметри $P_{пд} = 0,1P$. Коли виштовхуючий прилад служить ще для притискання заготовки, данне $P_{пд}$ має дорівнювати $P_{прж}$, і його слід обчислювати за формулою :

$$P = P + P_{прж} + P_{пд} ,$$

Необхідне зусилля преса обчислюють за формуло коли ці зусилля діють одночасно:

$$P = 1,25(P + P_{прж} + P_{пд}).$$

Коли проштовхування деталі (відходу) здійснюється одночасно з виникненням основного технологічного зусилля P, при розрахунку необхідного зусилля перед зазначеним зусиллям продовольства також потрібно прослуховувати.

2.4. Розрахунки виконавчих розмірів робочих інструментів штампу

Робочі інструменти штампа для вирубки і пробивки — пуансон та матриця їх можливо виготовляти роздільно та спільно.

За спільним виготовленням одна з робочих деталей (сполучна) доопрацьовується по іншій: для вирубки — пуансон за матрицею, для

пробивання — матриця за пуансоном. При цьому (дивись Додаток А[22]) розміри основної деталі вираховуються за приведеними формулами, а сполучної — підганяються за основною із зазорами z та допуск на зазори Δz. У зазначені формули підставляють L_H — номінальний розмір штампуємого елемента, $П_і$ — припуск на знос матриці і пуансона, $\delta_м$ або $\delta_п$ — граничне відхилення розміру матриці або пуансона. Значення $П_і$, $\delta_м$ і $\delta_п$ знаходять по таблиці (дивись Додаток Б[23]) в залежності від розміру штампуємого елемента і заданої точності його виготовлення. Значення z і Δz находять по таблиці (дивись Додаток В[24]).

Наведені формули застосовні для випадків, коли при зношуванні робочих деталей штампу розмір штампуємого елемента збільшується (див. табл. 1) або зменшується. Якщо ж зношування робочих деталей не тягне за собою зміну розміру штампуємого елемента то виконавчі розміри робочих деталей визначаються за наведеними формулами (дивись Додаток А[22]). При цьому в якості основної деталі можуть бути прийняті або пуансон, або матриця.

Якщо розміри штампуємого елемента для випадку вирубки задані у вигляді $L_н \pm \Delta$, то їх слід перетворити до вигляду $(L_Н \pm \Delta_{-2\Delta})$, і далі, розглядаючи $L_н + \Delta$, як номінальний розмір і 2Δ — як його поле допуску,скористаємося формулами з таблиці (дивись Додаток А[22]). Те ж стосується випадку задання розміру отвору у вигляді $L_н \pm \Delta$. Його слід перетворити до вигляду $(L_Н - \Delta)^{+2\Delta}$, і скористатися формулой, наведеною у таблиці (дивись Додаток А[22]).

Розміри можуть бути задані також у вигляді $L_н {}^{-\Delta_1}_{-\Delta_2}$ або $L_н {}^{+\Delta_1}_{+\Delta_2}$ (при $\Delta_2 > \Delta_1$). В цьому випадку слід перетворити їх до виду відповідного $(L_Н - \Delta_1)_{-(\Delta_2-\Delta_1)}$ і $(L_Н + \Delta_1)^{+(\Delta_2-\Delta_1)}$ і потім користуватися формулами (дивись Додаток А[22]), в вигляді $L_Н - \Delta$ і $L_Н + \Delta_1$ номінальними розмірами штампованого елемента, а $\Delta_2 - \Delta_1$ — полем їх допуску.

При роздільному виготовленні матриці і пуансона коли вони підганяютьсяя до кінечних розмірів без взаємного погодження, їх виконавчі розміри розраховують за формулами наведеними у таблиці (дивись Додаток А[22]). При цьому припуск $П_i$ на знос приймають за табличними даними (дивись Додаток Б[23]).

2.5. Проведення досліджень та їх методика

2.5.1. Оснащення, прибори та механізми які використовуються для експериментального дослідження.

Цілі та завдання цієї роботи визначили вид оснащення для проведення експерименту. Незважаючи на вибір конкретного зразкового оснащення для лабораторних експериментів, відбувається діл із врахуванням різних факторів: експериментально визначене зусилля, розміру столу та критої висоти штампового простору, хід повзуна, сили та ін .

При проведенні дослідження потрібно використовувати наступне оснащення, апаратуру та приладдя:

1. Нахильний однокривошипний відкритий прес простої дії , КД2330, з номінальним зусиллям 1000 кН.
2. Гідравлічний прес 1600 кН.
3. Азаре-цифровий перетворювач ADA-1406.
4. Месдози для зняття данних технологічних зусиль.
5. Експериментально спроектований штамп для вирубування-пробивання отворів в матеріалі.

2.5.2. Зовнішній модуль АЦП/ЦАП для загального призначення.

Модуль ADA-1406 призначений для введення та виведення аналогових та дискретних сигналів. Модуль може бути використаний як у складі МБК, так і в умовах лабораторії та промисловості.

ADA-1406 це багатофункціональний вимірювальний модуль, який підключається до ПК через USB-інтерфейс. Підключення сигналів здійснюється через порти доступу, які розташовані на модулях бічних стінок.

Модуль ADA-1406 включає:

- 14-ти розрядний багатоканальний аналого-цифровий перетворювач із мультиплексуваннями вхідних аналогових каналів
- порт вводу-виводу дискретних сигналів
- 2-х канальний цифрово-аналоговий перетворювач (опція)

Модуль можна використовувати з 8-ми диференціальними чи 16-ти каналами із загальної землі для аналогових сигналів.

Опціонально кількість вхідних аналогових каналів можна розширити встановленою. Можливо установити 4 додаткових диференціальних каналів з підсилювачами з індивідуальним коефіцієнтом посилення. Попередні підсилювачі дозволяють розширювати вхідний діапазон модуля в бік введення сигналів з малими рівнями напруги.

Рисунок 2.1 - Вигляд модуля зовні

Кожен з аналогових каналів може підключатися до АЦП за допомогою програмно керованого підсилювача, який може задати один з 4-х діапазонів вимірювання напруги. Модуль може забезпечувати безперервний (синхронізований із внутрішнім таймером) процес збору даних на частотах дискретизації АЦП від 1 Гц до 350 КГц. Для процесу збору даних про частоти менше 1 Гц використовується вихід АЦП для відповідного користувача.

2.6. Способи розрахунку стійкості

На даний час основними з способів визначення стійкості розділових штампів є експериментальні дослідження, а також узагальнення виробничого досвіду.

2.6.1 Аналітично-розрахунковий спосіб.

Даний спосіб застосовується на принципі узагальнення статистичних даних, що дозволить технологам та конструктору видалити та розробити необхідну кількість штатів для виконання виробничих програм, і більш менш обґрунтовано вирішити питання для планування виробництва та його підготовки.

Розглянемо формули розрахунку для визначення процесу стійкості вирубно-пробивних штампів, які були запропоновані декількома авторами.

Порівняно повний облік всіх конструктивно-технологічних факторів, які впливають на стійкість пробивних та вирубних штампів, дано у роботі Бені.

За даними автора Беньі, на стійкість штампа до переточування впливають такі фактори як : хімічний склад вихідного матеріалу та його товщина, матеріал робочих частин штампа, виконувана операція (пробивання отворів, вирубка і т. д.),та конструкція штампа , ступінь складності продукції, якісне виготовлення штампу, змащення штампованого матеріалу, стан преса, точне налагодження і т. д.

Формула Беньі яку використовують для визначення стійкості Т штампа до повного зносу має такий огляд:

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

Формула Беньі показує результати котрі відповідають практичним експериментам.

Для виконання орієнтовного розрахунку стійкості T_0 (штампоударів) штампа до повного моменту зносу Д. А. Вайнтрауб пропонує спрощену емпіричну формулу, яка придатна для вирубних (напровал) та послідовних штампів при штампуванні матеріалу з товщиною до 10 мм і матеріалу робочих частин із сталі У10А[25].

$$\mathrm{T}_0 = (12 - \delta)\mathrm{K}_\phi 10^5 / \sigma_\mathrm{B}$$

Для пробивних та суміщених штампів T_0 приймається менше на 15-20%. У роботі [25] була запропонована наступна формула розрахунку для визначення стійкості пробивних універсально-збірних штампів (УСШ) до переточування в залежності від тимчасового опору та товщини штампованого матеріалу, тис. шт.:

$$T_{cm} = 506000 / \left(\sqrt[3]{\delta^2}\,\sigma_B \sqrt{\sigma_B}\right),$$

Формула була отримана при наступних умовах виробничо-технологічного процесу:

1) штампований матеріал – сталі Ст3, Ст4, 12Х18Н9Т ($\sigma_B = 400 \div 600$ *МПа*);

2) товщина використаного матеріалу $\delta = 4 \div 10$ *мм* ($\delta/d = 0{,}3 \div 0{,}5$);

3) двосторонній зазор $z = 12 \div 18\% \cdot \delta$;

4) матеріал пуансона та матриці – сталь Х12М з термообробкою до твердості HRЗ 56...62;

5) критерій зносу – утворення задирка з висотою 0,2 мм.

Стійкість пробивних універсально-збірних штампів з робочими частинами з сталі У8А—У10А становить від 40 до 60 % зазначеної вище стійкості.

Властивість стійкості нормальних пробивних штампів до переточування, монтованих на постійних блоках з направляючими колонками, рекомендується для розрахування використовувати формулу, тис. шт.

$$T_{ст.пр} = 680000 / \left(\sqrt[3]{\delta^2}\, \sigma_B \sqrt{\sigma_B} \right)$$

Властивість стійкості вирубних штампів до переточування більше стійкості пробивних штампів (на 30 – 40 %), що пояснюється зниженням питомих навантажень на ріжучі кромки, вона також може бути знайдена по формулі, тис. шт.:

$$\mathrm{T}_{\text{ст.пр}} \approx 948600 / \left(\sqrt[3]{\delta^2}\, \sigma_{\mathrm{B}} \sqrt{\sigma_{\mathrm{B}}} \right)$$

Таблиця 2.3 – Середні норми стійкості різних типів розділових штампів між двома переточуваннями (тис. ударів)

Тип штампа	Товщина оброблюваного матеріалу, мм					
	0,5 – 1	Від. 1 до 2	Від. 2 до 3	Від. 3 до 4	Від. 4 до 6	Від. 4 до 10
Вирубної	45/60	45/50	30/35	25/30	20/25	15/20
Обрізний	40/45	30/35	25/30	20/25	12/15	10/12
Пробивний	45/-	40/-	30/-	25/-	18/-	15/-
Примітка. У чисельнику наведено значення для сталі У10А, в знаменнику – У12Ф1						

Таблиця 2.4 – Орієнтовна стійкість робочих частин штампів до моменту повного зносу

Тип штампа	Товщина матеріалу	Стійкість (тис. ударів) залежно від матеріалу робочих частин			
		Вуглецева сталь (У10А, У8А)	Легована сталь (Х12М, Х12Ф1)	Швидкоріжуча ДІ57	Твердий сплав ВК15
Вирубний (з направляючими колонками)	До 0,5 1,0 2,0 3,0 5,0 10,0	800 – 1000 600 – 800 450 – 600 350 – 500 300 – 400 100 – 50	1100 - 1400 800 -1100 600 - 850 500 -700 400 - 600	250	1500
Пробивний	$\delta/d = 0,3 \div 0,5$ $\delta/d = 0,5 \div 0,7$ $\delta/d = 0,8 \div 1,0$	120 – 200 70 – 120 40 – 80	300 – 400 200 – 300 150 – 200		

Врахувати впливання усіх факторів конструктивно-технологічного процесу на властивість стійкості розділів всіх штампів, розрахованих за допомогою інколи неможливо. Ось тому на практиці в залежності від характеру та виробництва продукції в різних галузях промисловості використовують дослідно-статистичні данні, що знаходяться в результаті отримання норм властивості стійкості, до переробки чи до повного зносу.

Норми властивості стійкості розділових штампів поміж переходами для листової сталі (за даними «КрКЗ») зазначено в таблиці.

В таблиці показана планова властивість стійкості робочих частин штампів до моменту повного зносу (орієнтовні дані, підключені для листової столиці середньої твердості), що містять умови, що належать групам штампів, які піддаються 20 – 25 переточкам.

Маємо на увазі, що в різних галузях промисловості відображаються значні відхилення від середніх норм властивості стійкості. При процесі штампуванні деталей з використанням кольорових металів (латуні, міді, дюралюміна, алюмінію) властивість стійкості штампів рекомендується приймати вище табличних данних , десь приблизно на 30 – 60%.

Висновок:

Випробування на стійкості розділових штампів є трудомістким, вони вимагають великі витрати часу, значних витрат матеріалу на виготовлення інструменту та матеріалів для проведення експериментів. Тому актуальним рішенням було б розробка передових методів оцінки властивості стійкості штампового інструмента взагалі та розділових штампів

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ

3.1 Розрахунок технологічного процесу товстолистового пробивання смуг

Визначимо зусилля яке необхідне для пробивання отвору ⟩ 21 мм смуги з товщиною 10 мм: смуга стальна гарячекатана товщиною 10 мм і шириною 65 мм, нормальної точності прокатки (В), з серповидністю по класу 2 по ГОСТ 103-76 із сталі марки Сталь 20. $\sigma_{ср}$ = 32кгс/мм^2 (320 МПа) [20].

$$\boldsymbol{P_{проб} = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k,} \qquad (3.1)$$

де k - коефіцієнт який враховує затуплення ріжучих кромок інструменту, *k=1,25*;

d - діаметр пробиваємого отвору, мм;

S - товщина штампованого матеріалу, мм;

$\sigma_{ср}$ - опір зрізу, $\sigma_{ср}$ = 32кгс/мм^2 (320 МПа).

Тоді згідно з формулою 3.1 , зусилля для пробивання:

$$P_{проб} = 3{,}14 \cdot 21 \cdot 10 \cdot 320 \cdot 1{,}25 = 263000H = 263кН$$

Визначаємо зусилля для зняття матеріалу з пуансона:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P_{проб}, \qquad (3.2)$$

де $k_{сн}$ - коефіцієнт, що визначається в залежності від того який тип штампа і товщина матеріалу $k_{сн}$=0,10;

Тоді згідно з формулою 3.2 :

$$P_{сн} = 0{,}10 \cdot 263000 = 26.3кН\ .$$

Визначаємо зусилля для проштовхування:

$$P_{прош} = k_{прош} \cdot P_{проб} \cdot n \qquad (3.3)$$

, де $k_{прош}$ - коефіцієнт який використовується проштовхування $k_{пршт}$= 0,05;

n - кількість деталей в шийці матриці.

Тоді згідно з формулою 3.3:

$$P_{прот} = 0{,}05 \cdot 26300 \cdot 1 = 13{,}2кН$$

Сумарне зусилля пробивання буде:

$$\boldsymbol{P_{проб\sum}} = \boldsymbol{P_{проб}} + \boldsymbol{P_{сн}} + \boldsymbol{P_{прош}} \qquad (3.4)$$

тоді:

$$P_{проб\sum} = 263 + 26{,}3 + 13{,}2 = 302{,}5кН.$$

3.2 Вибір пресового устаткування

Для безпомилкового вибору технологічного обладнання виходимо з таких положень:

1. технологічне зусилля операцій чи штампа, що поєднує декілька операцій або переходів, має дещо менше зусилля обладнання;

2. робота в даній операції штампа, яка вступає в систему потужності обладнання;

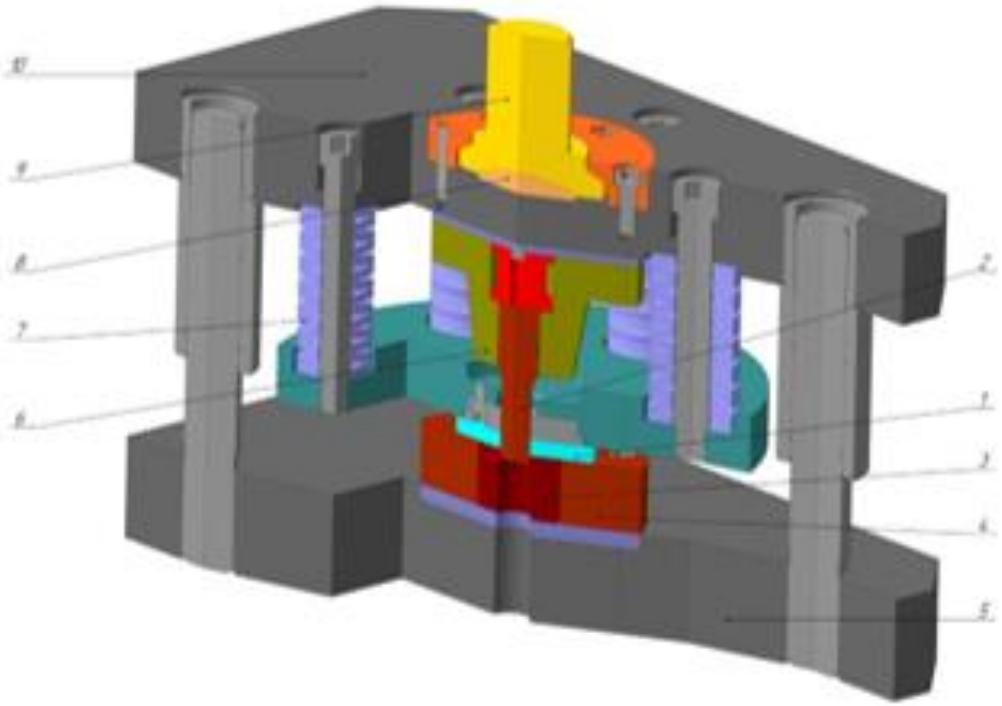
3. розмір столу та закритої висоти штампового простору повинен створювати установку та закріплення штампа;

4. величина ходу повзуна полягає у відповіді на технологічну операцію; комфортність та безпека обслуговування перед відповіддю повинні відповідати вимогам техніки безпеки.

При виборі пресового обладнання для пробивання отвору смуги з товщиною 10 мм пропонується використовувати прес KD2330, розрахунки, виготовлені вище показники, які в даний час відповідають всім положенням щодо вибору пресового обладнання.

3.3 Розрахунок штампової оснастки

Для проведення досліджень товстолистової пробивки отворів на кафедрі Обробки металів тиском, проф. Дубиною та іншими, було спроектовано та виготовлено експериментальний штамп для пробивання отворів (див. рис.3.1 - 3.2).



1 - заготовка; 2 - пуансон; 3 - матриця; 4 - матрицезнімач, 5 - нижня плита; 6 - пуансонотримач; 7 - дискова пружина; 8 - підп'ятник; 9 - хвостовик; 10 – верхня плита.

Рисунок 3.1 – Модель експериментального штампа для пробивання отвору

Рисунок 3.2 – Фото експериментального штампа для пробивання отвору

Для пробивання отвору були спроектовані і виготовлені пуансони та матриці, з різними розмірами та формою робочої поверхні.

Розглянемо одну пару пуансон – матриць для проведення перевірочних розрахунків.

Пуансони слід перевіряти на процес зминання опорною поверхнею головки пуансона поверхні плити, на стиск та на поздовжній вигин самого пуансона у найменшому перерізі.

Перевіримо пробивний пуансон на стиск:

$$\sigma_{CT} = \frac{P}{f},$$

де P – це технологічне зусилля, що сприймається пуансоном; f – площина робочої частини пуансона (див. рис. 3.3).

$$f = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\sigma_{CT} = \frac{P \cdot 4}{\pi d^2} = \frac{302500 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 21{,}8^2} = 85{,}7\ {}^{кг}/_{мм^2} = 857\ МПа$$

Допустиме $[\sigma_{CT}] = 160\ {}^{кг}/_{мм^2} = 1600\ МПа.$

Умова міцності: $\sigma_{CT} < [\sigma_{CT}]$

Перевіримо пробивний пуансон на процес зминання:

$$\sigma_{ЗМ} = \frac{P}{F},$$

де P – технологічне зусилля, яке сприймається пуансоном;

F – площина опорної частини.(див. рис. 3.3)

$$F = \frac{\pi {d_1}^2}{4}$$

$$\sigma_{ЗМ} = \frac{P \cdot 4}{\pi {d_1}^2} = \frac{302500 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 26^2} = 57 \ {}^{кг}/_{мм^2} = 570 МПа$$

Допустиме $[\sigma_{ЗМ}] = 160 \ {}^{кг}/_{мм^2} = 1600 \ МПа$

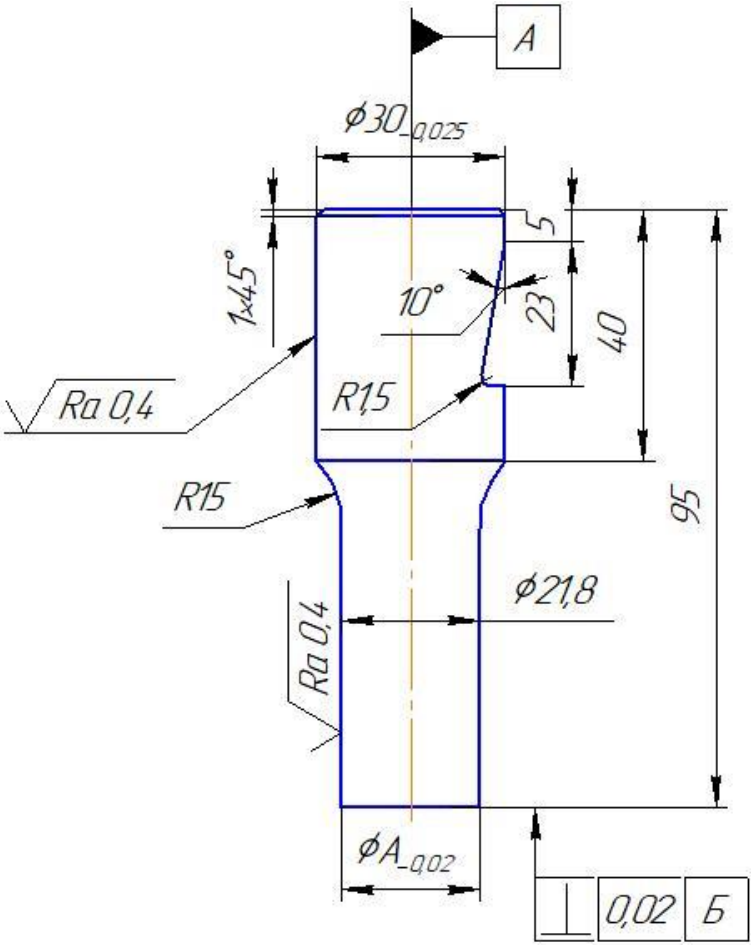


Рисунок 3.3 – Пробивний пуансон

Розрахуємо вільну довжину пуансона на поздовжній вигин:

$$l_{MAX} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot n_д \cdot P}} = \sqrt{\frac{3{,}14^2 \cdot 2{,}2 \cdot 10^4 \cdot 0{,}05 \cdot 19^4}{4 \cdot 1 \cdot 302500}} = 190 \ мм$$

$$l_{MAX} > l$$

Отже, пуансон навантаження витримає.

Розрахунок матриці

Розміри матриці можливо визначити за емпіричними формулами, за табличними даними та теоретичними розрахунками, використовуючи формули Ляме.

Згідно В. П. Романовського габаритні розміри матриці для пробивання ∅21 мм, можна визначити наступним чином:

$$A = a + (2{,}5 \div 4{,}0)H_M;$$
$$B = b + (2{,}5 \div 4{,}0)H_M;$$

де a і b - розміри штампованої деталі, мм; А і В – розміри матриці, мм; H_M - товщина матриці, мм.

$$H_M = 0{,}2 \cdot D_{ЗАГ} = 0{,}2 \cdot 21 = 4{,}2 \text{ мм}$$

Товщину матриці Л. І. Рудман [20] пропонує визначити з використанням наступних формул:

$$H_M = S + K_M\sqrt{1{,}57D_{ЗАГ}} + 7$$
$$K_M = (0{,}5 \div 2{,}0)$$
$$H_M = 10 + 1 \cdot \sqrt{1{,}57 \cdot 21} + 7 = 22{,}7 \text{ мм}$$

Товщину матриці можливо визначити і через зусилля $P_Д$,кН:

$$H_M = \sqrt[3]{100P} = \sqrt[3]{100 \cdot 302{,}5} = 31{,}15 \text{ мм}$$

Товщину матриці округляємо до найближчого більшого значення та приймаємо: $H_M = 40$ *мм*.

Таким чином, габарити матриці приймаємо за Рудманом [20]: $D_M = 60$ *мм*.

Товщину матриці та товщину стінки матриці можна перевірити на міцність за спеціальним розрахунком, заснованим на визначенні напружень, які виникають в небезпечному перерізі. На стінки циліндричної матриці діє розширююче зусилля у вигляді нормального тиску P_P, виникаючого від деформуємого матеріалу під час процесу різання. До цього тиску додається тиск торців $p_{TOP.M.}$ деталі чи відходу, обумовленого від вихідної заготовки. Стінка матриці в момент процеса різання відчуває максимальний сумарний тиск:

$$P_{СУМ} = P_P + p_{TOP.M.},$$

де $P_P = \frac{0{,}3P}{\pi \cdot D_{ЗАГ} \cdot h_П} = \frac{0{,}3P}{\pi \cdot D_{ЗАГ} \cdot 0{,}4S} = \frac{0{,}3 \cdot 302500}{3{,}14 \cdot 21 \cdot 0{,}4 \cdot 10} = 34{,}4 \ {}^{кг}/_{мм^2} = 344 \ МПа$

$p_{TOP.M.} = 6{,}3 \ {}^{кг}/_{мм^2}$.згідно [20].

Визначимо напруження на контактній поверхні в осьовому напрямку:

$$\sigma_Z = \frac{P_Д}{\pi \cdot \left[\left(\frac{D+S}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2\right]} = \frac{302500}{3{,}14 \cdot \left[\left(\frac{21+10}{2}\right)^2 - \left(\frac{21}{2}\right)^2\right]} =$$

$$= 74{,}1 \, {}^{кг}/_{мм^2} = 741 \ МПа$$

$$\sigma_Z < [\sigma_{CT}]; [\sigma_{CT}] = 160 \ {}^{кг}/_{мм^2} = 1600 \ МПа.$$

Визначимо нормальну напругу в радіальному напрямку:

$$\sigma_r = -P_{СУМ} = -(34{,}4 + 6{,}3) = -28{,}1 \ {}^{кг}/_{мм^2} = -281 \ МПа$$

$$\sigma_r < [\sigma_{CT}]; [\sigma_{CT}] = 160 \ {}^{кг}/_{мм^2} = 1600 \ МПа$$

Визначимо нормальну напругу в тангенціальному напрямку:

$$\sigma_\tau = P_{\text{СУМ}} \cdot \frac{\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_{ЗАГ}}{2}\right)^2}{\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_{ЗАГ}}{2}\right)^2} = 28{,}1 \cdot \frac{\left(\frac{60}{2}\right)^2 + \left(\frac{21}{2}\right)^2}{\left(\frac{60}{2}\right)^2 - \left(\frac{21}{2}\right)^2} =$$

$$= 35{,}9 \ {}^{кг}/_{мм^2} = 359 МПа$$

$$\sigma_\tau < [\sigma_p]; [\sigma_p] = 50 \ {}^{кг}/_{мм^2} = 500 \ МПа$$

Таким чином, розміри матриці обрані вірні (рис.3.4)

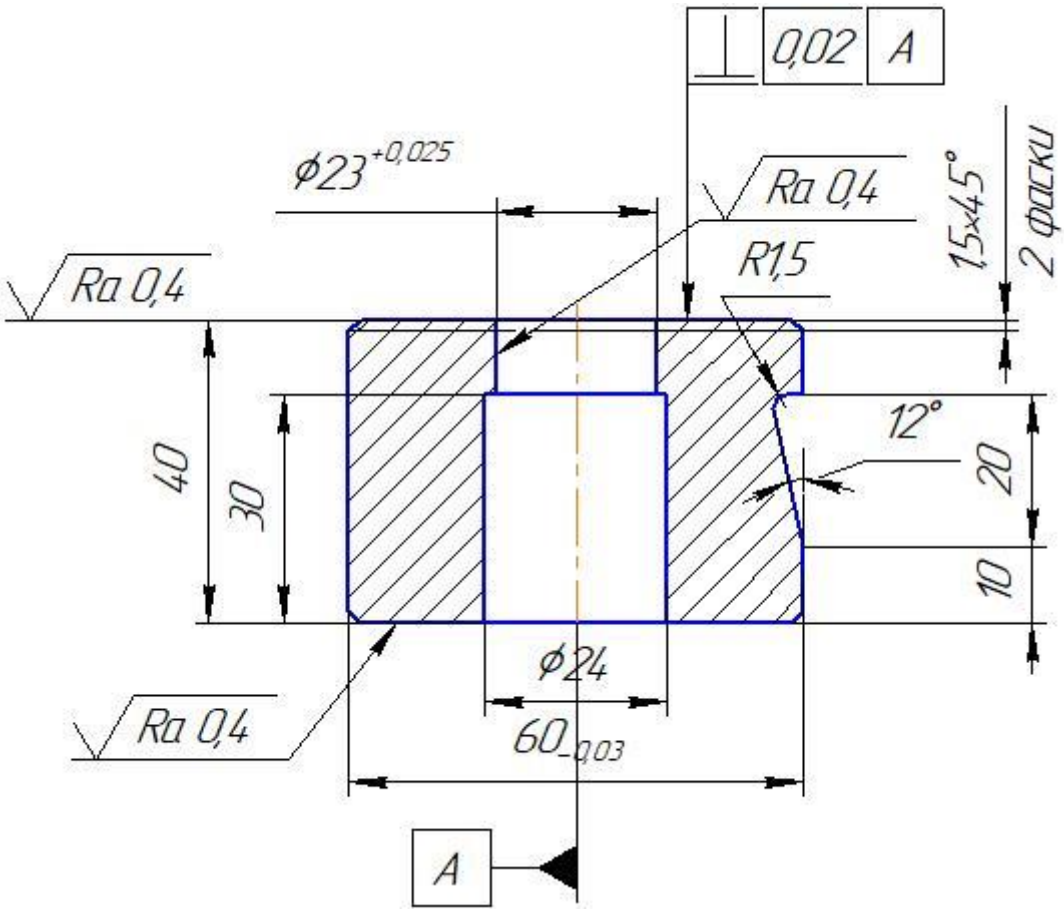


Рисунок 3.4 – Матриця для пробивання отвору.

Аналогічні розрахунки також проводилися для всіх пуансонів і матриць .

Пуансони з різною формою робочої поверхні, представлені на рис. 3.5 – 3.8.

Рисунок 3.5 – Пуансон пробивний зі знімними конусними наконечниками.

Рисунок 3.6 – Пуансони пробивні в яких скошені поверхні.

Рисунок 3.7 – Пуансони пробивні з плоскою поверхнею.

а б

Рисунок 3.8 – Пуансон ступінчастий пробивний (а), пуансон ступінчастий з конусним наконечником (б).

Пуансони слід перевіряти на процес зминання опорною поверхнею головки пуансона поверхні плити, на стиск та на поздовжній вигин самого пуансона у найменшому перерізі.

3.5 Вплив притиску на якість поверхні зрізу та на зусилля знімання заготовки з пуансона

При вирубці і пробиванні заготовка в штампі з жорстким знімачем, за рахунок зусиль деформування, зазнає значний вигин, а в зоні розділу створюються додаткові бічні стискаючі зусилля, які діють на інструмент. рис. 3.12.

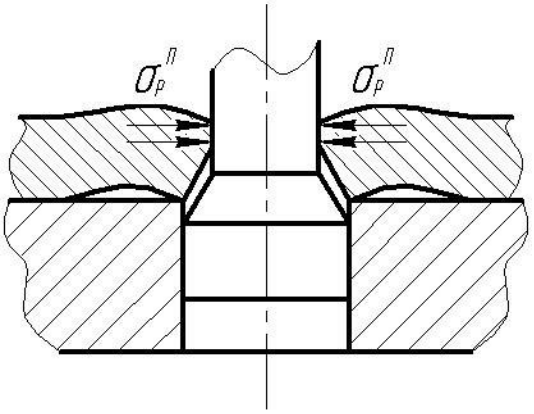


Рисунок 3.9 – Дія заготовки на інструмент при вирубці без притиску

Бічні стискаючі зусилля, що діють на інструмент також можуть бути значно знижені застосуванням притиску заготовки до дзеркала матриці чи застосуванням мастила.

При процесі пробиванні отворів з притиском бічні зусилля зменшуються у 2-3 рази порівняно з пробиванням без притиску, відповідно зменшується і природне зношування бічної поверхні інструменту.

Зусилля знімання смуги з пуансона при жорсткому знімачі досягає 30% зусилля пробивання, а при рухомому 8-10%. Через 50-100 ударів на пуансоні з'являються помітні ризики, які погіршують чистоту поверхні отвору та призводять до передчасного зносу пуансона.

Для застосування притиску заготовки в експериментальному штампі використовувалися тарілчасті пружини, які забезпечують зусилля притиску в (1-1,5)рази перевищуючі зусилля пробивання.

Висновок

Рухливий знімач, дозволяє отримати якісну поверхню зрізу та помітно зменшити зношування ріжучих кромок пуансонів і матриць.

РОЗДІЛ 4 ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження пробивки смуги з товщиною 10 та 15 мм проводяться на кривошипному пресі простору дії КД2330, які встановлюються в ковальсько-штампувальній лабораторії на кафедрі „Обробка металів тиском" НУ „Запорізька політехніка". Зусилля, яке розвивається випробувальним пресом, становить 1000 кН.

Предметом дослідження є зразки після пробивання (Сталь 20), а також пробиті отвори товщиною від 10 до 15 мм. Твердість матеріалу який використовується 174HV (166HB, Сталь 20). Твердість матеріалу який отримано при використанні метода Віккерса. (рис.4.1).

При проведенні експерименту використовуються матриці та пуансони які мають різні зазори. Для кожної пари пробили по 5 отворів. Фотографії зразків після пробивання були зроблені з використанням мікроскопу Hirox.

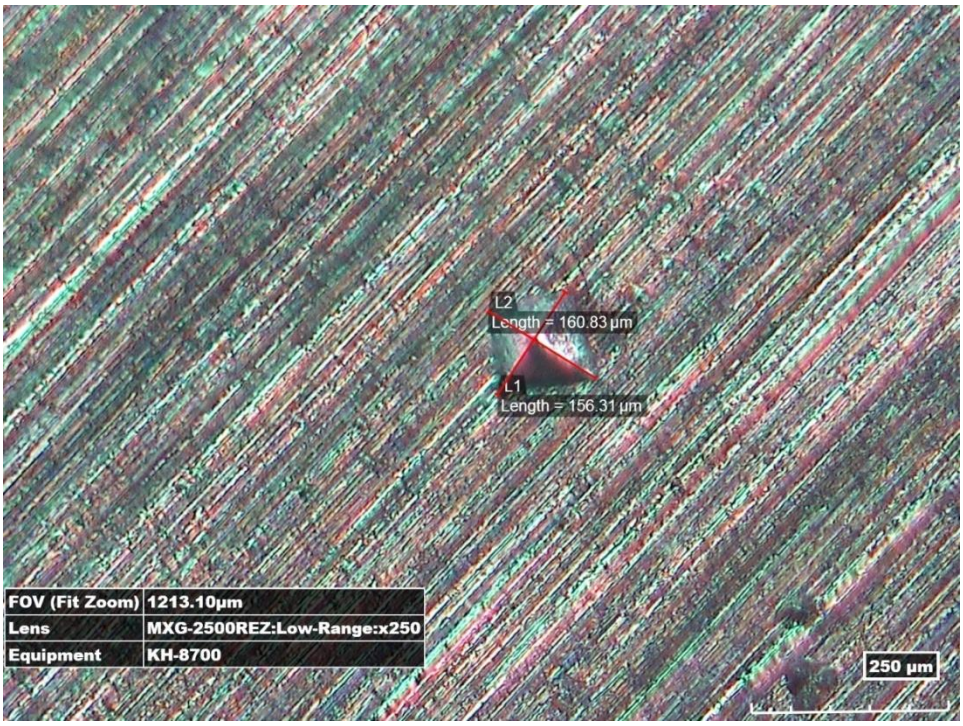
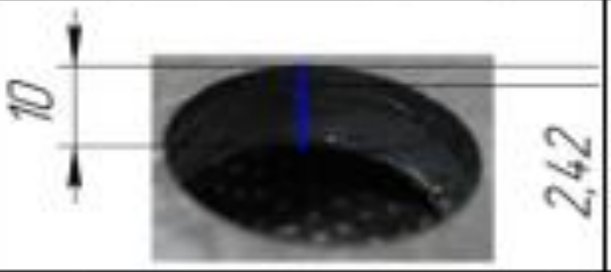
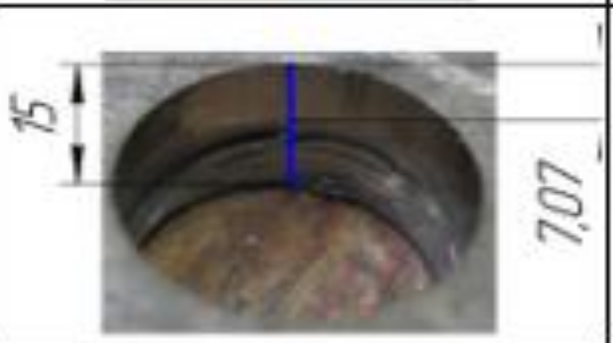
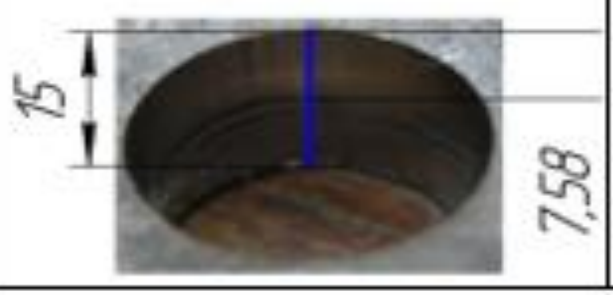


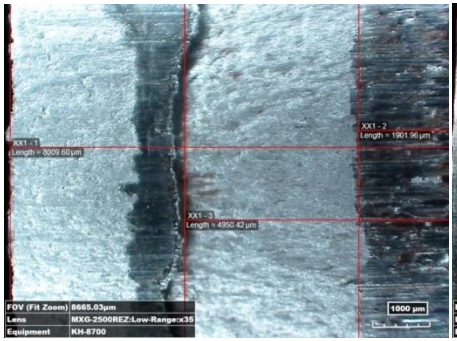
Рисунок 4.1 – Фотографія індентора у формі піраміди Сталь 20.

Отримані результати досліджень зображено в таблиці 4.1. і на рис 4.3-4.4

Таблиця 4.1 Отвори які отримані пробиванням

Sм	dм	Dм	zм		h %
15	21.2	23.0	0.9		33.53
10	21.2	23.0	0.9		24.2
10	21.2	22.2	0.5		23.3
15	21.2	22.2	0.5		47.13
15	21.2	22.0	0.4		50.53

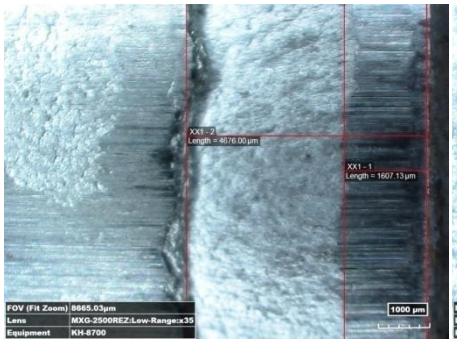
Де, s – товщина пробиваємого отвору, мм;
d – діаметр пуансона, мм;
D – діаметр матриці, мм;
z – односторонній зазор між пуансоном та матрицею, мм;
h - розмір блискучого паска, в % від S.



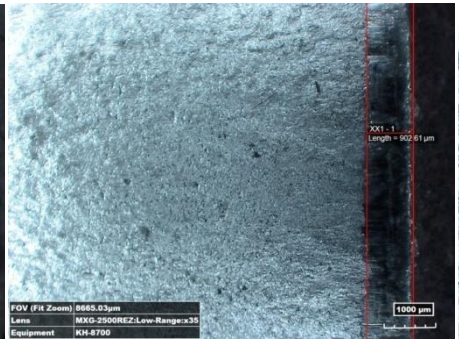
S=8 мм, z/2=6%S

S=8 мм, z/2=10%S

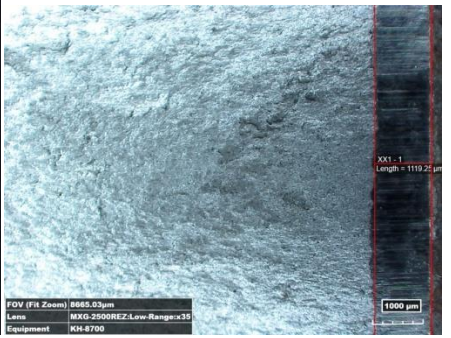
S=8 мм, z/2=15%S



S=10 мм, z/2=6%S

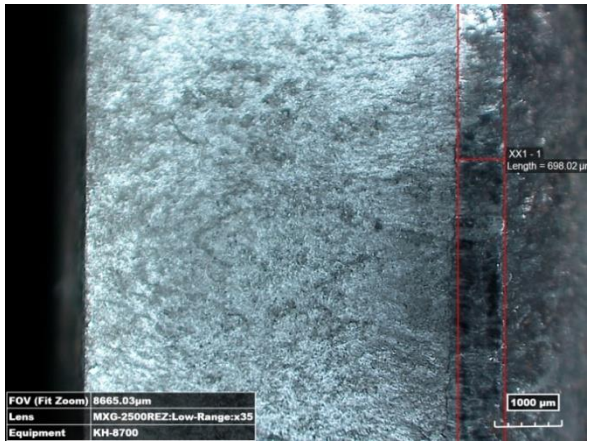


S=10 мм, z/2=10%S

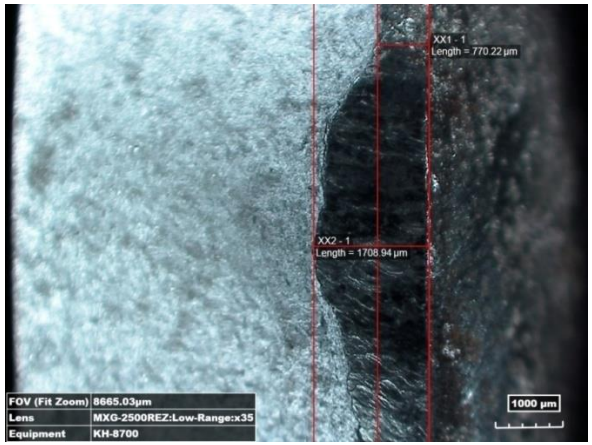


S=10 мм, z/2=15%S

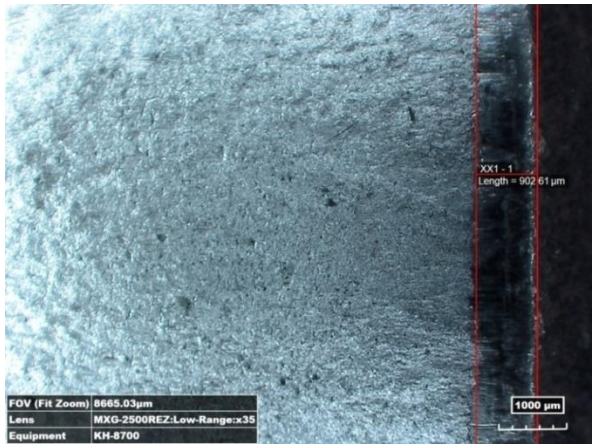
Рисунок 4.3 – Фотографії відходів пробивання отриманих з допомогою пуансона з плоскою поверхнею, з зазорами z/2=6%S, z/2=8%S, z/2=10%S, z/2=15%S.



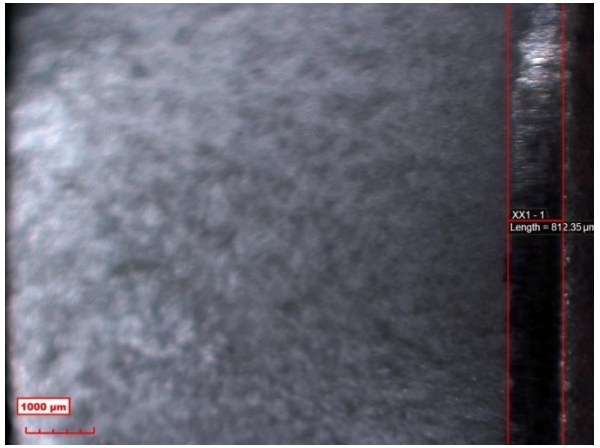
S=8 мм, z/2=8%S



S=8 мм, z/2=15%S



S=10 мм, z/2=8%S



S=10мм, z/2=15%S

Рисунок 4.4 – Фотографії відходів пробивання отриманих з допомогою ступеневого пуансона, із зазорами z/2=8%S, z/2=15%S.

Аналіз отриманих фотографій показує, що для невеликих зазорів z/2=(4-6)%S розміри отворів у верхній частині заготівлі і в нижній частині змінюються незначно, діаметр варіюється від 0,6 до 1,2 мм. На бічній поверхні зразка є кілька блискучих поясків, поверхня рвана, шорстка. Зусилля пробивання досягає максимальних значень.

При зазорі z/2 =8-10%S спостерігається один блискучий поясок, зусилля штампування зменшується. Чистота поверхні прийнятна.

Із зазором матриці z/2 =15%S також є один поясок, але цей поясок помітно менше по висоті і помітно більше зона відколу. Розмір отвору у верхній частині та в нижній частині значно коливається і досягає значень Δd=2 мм. Зусилля пробивання досягає мінімального значення. Звідси випливає, що для товстого матеріалу товщиною 8-15 мм з зазором z/2=8-10%S є найбільш оптимальним.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при дослідженні впливу геометрії інструмента на якість отворів при товстолистовій пробивці.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Незадовільна професійна підготовка фахівця, що може бути причиною порушення правил безпечного виконання службових обов'язків і, як наслідок,отримання негативного впливу виробничих факторів.

б) Можливість отримання механічних травм при виготовленні інструменту на механообромному обладнанні.

в) Можливість ураження електричним струмом, внаслідок порушення правил з електробезпеки, що може призвести до електричних травм або до летального наслідку.

г) Небезпеки, які пов'язані безпосередньо з виконанням досліджень, а саме:

– механічні травми при роботі на пресі внаслідок несправності обладнання, або недосконалості оснастки.

д) Незадовільні параметри метеоумов в виробничому приміщенні, що пов'язано з неефективною роботою системи опалення та вентиляції.

е) Незадовільні параметри освітлення виробничих приміщень, в результаті виходу з ладу приладів освітлення.

є) Підвищені рівні шуму і вібрації при випробуванні досліджуваних зразків виробів.

ж) Можливість загорянь, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, що може призвести до пожеж.

з) Небезпеки, пов'язані з умовами праці в період надзвичайних ситуацій, зокрема при недотриманні інженерно-технічних заходів, спрямованих на підвищення стійкості виробничих об'єктів до впливу ударної хвилі.

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) Основні заходи для забезпечення безаварійної роботи і безпечного виконання службових обов’язків:

Для забезпечення безаварійної роботи, до роботи допускаються особи, які пройшли професійне навчання, підтверджене дипломом встановленого зразка, які пройшли стажування на робочому місці не менше 10 робочих змін, і отримали допуск до самостійної роботи. Обов’язковим є проходження усіх необхідних інструктажів з ОП.

Основним робочим інструментом конструктора є ПК. Для безпечної експлуатації ПК передбачені: захист відстанню при візуальній роботі (не менше 600мм). Для мінімізації негативного впливу напруженості праці передбачено застосування заходів, оптимальний розподіл робочого часу, а саме регламентований 10 хв. на 1 год. робочого часу.

б) 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 и перевірки знань з питань охорони праці" [31].

Технічні:

- обов’язковим є використання спеціального одягу: брезентовий костюм (ГОСТ 12.4.221-2002 ССБТ «Одяг спеціальний для захисту від

підвищених температур теплового випромінювання, конвективної теплоти. Загальні технічні вимоги»), лицевий щиток, спеціальне взуття з металевим носком, рукавиці, згідно ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови»;

- при обробці металів основними є механічні травми внаслідок порізів стружкою, гострими кромками. В якості міри захисту є: проведення інструктажів з техніки безпеки;
- встановлення захисних екранів між робочими місцями і робочою зоною, використання спеціальних пристосувань для установки і зняття заготовок.

в) Основні заходи для виключення можливості ураження електричним струмом:

Організаційні:

- до роботи з електроустановками допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, пройшли навчання і перевірку знань з електробезпеки згідно ДНАОП 1.1.10-1.01-1997 «Правила безпечної експлуатації електроустановок – споживачів» [32], і отримали певну групу з електробезпеки;
- на всі види обладнання мають бути складені схеми нормальної роботи і схеми дій в аварійних ситуаціях;
- ремонт електроустановок має виконувати тільки підготовлений персонал.

Технічні:

- подача електроенергії може здійснюватися як шинопроводом, так і по кабельним лініям;
- головною умовою небезпеки є розташування на недопустимій висоті (до 1000 В – 3,5 м, більше 1000 В – не менше 6м);
- усі допустимі лінії неізольовані, мають бути надійно огороджені суцільною огорожею, відкриття або зняття якої можливе лише за допомогою спеціального інструмента;

- згідно ПУЕ – 2017 «Правила улаштування електроустановок» [33], кожне обладнання має бути надійно заземлене для зменшення напруги дотику до безпечних величин. Доцільно використовувати блокуючи пристрої, завданням яких є розрив електричних ланцюгів.

г) Під час виконання дослідницьких робіт на кривошипних прессах необхідно дотримуватися вимог, які зазначені в НПАОП 0.00-1.68-13 «Правилах охорони праці під час холодного оброблення металів» [34].

-наявність на устаткуванні контрольно-вимірювальних приладів, облаштувань автоматичного регулювання, дозволяє контролювати і своєчасно усувати відхилення в роботі устаткування.

-для виключення перевантажень по зусиллю або моменту, що крутить, а, отже, і від поломок деталей застосовують запобіжники лімітуючі зусилля, запобіжники, лімітуючі момент, що крутить, покажчики зусиль.

-для виключення поломки деталей штампу (пуансона, матриці і так далі) при наладці застосовують мікропривід, механізм для повільного провертання виконавчого органу (повзуна) і рухливий стіл.

-для виключення довільного руху окремих деталей (повзун, шатун) застосовують гальмівні пристрої, урівноважуватели, пристрої для утримання повзуна при ремонті. Все преса без автоматизації, із зусиллям більше 0,4 МН, мають гідрозапобіжник по зусиллю в повзунові. Це дозволяє передбачити заклинювання пресу і передчасне руйнування його деталей.

-для забеспечення безпеки при використанні оснащення потрібне суворе дотримання технологічного процесу і забезпечення нормальних умов експлуатації устаткування.

На невеликих штампах, використаних на пресах з невеликим ходом повзуна, потрібно передбачити зазори безпеки між рухомими та нерухомими їх частинами:

- не більше 8 мм - між верхніми рухомими знімачем і матрицею, між нерухомим ніжнім знімачем і пуансоном при перебуванні повзуна у верхньому положенні;

- не менше 20 мм - між нижчим знімачем і притиском та пуансонотримачем, між втулками (у штампах з напруженими колонками) та зменшенням під час перебування поверху в нижньому положенні.

На пресах з великим ходом повзуна зазначений зазор безпеки 20 мм потрібно збільшити за допомогою такого розрахунку, щоб кисть руки працівника не була притиснута в нижньому положенні поверхні. Якщо за умовами роботи (встановлення штампа на пресі з нерегульованим великим ходом повзуна) неможливо дотримати зазори безпеки між рухомими та нерухомими частинами, небезпечні зони повинні бути огороджені.

Видалення застряглих у штампі відходів потрібно застосовувати відповідними пристроями (гачками, щітками) при вимкненому пресі. Змащування штампів слід застосовувати за допомогою спеціальних пристосувань (ручних розбризкувачів або стаціонарних пристроїв для змазування) для запобігання попаданню рук працівників в небезпечну зону. Під час роботи на наступних етапах необхідно систематично перевіряти кріплення штампів до пресу, кріплення деталей штампів, стан захисних пристроїв, прочищувати канали для збільшення та виходу повітря.

Керівникам підприємств машинобудівної та металургійної галузі потрібно інформувати всіх посадових осіб та працівників щодо важливості додотримання правил охорони праці під час холодної обробки металів.

5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії

д) Для забезпечення належних метеорологічних умов (або мікроклімату), згідно з ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" [35] визначають наступні параметри: температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря і тиск, що і показано в таблиці 5.1.

Табл. 5.1 - Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії

Пора року	Температура	Відносна влажність	Швидкість повітря, м/с
Холодний	18-20	40-60	0,1-0,3
Теплий	20-23	40-60	0,1-0,4

Для підтримки нормованої температури повітря і компенсація втрат в холодну пору року, передбачається влаштування систем опалення, поєднаний з припливною вентиляцією.

У теплий період року в робочому просторі необхідно використовувати 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." І ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" [36], необхідно виконувати наступні санітарно-гігієнічні вимоги:

- система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях.

е) Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення на науково-дослідній ділянці.

— На виробничій ділянці застосовують комбіноване освітлення (загальне поєднане з місцевим). Розряд зорової роботи – *II,* під розряд зорових робіт В. Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і визначається

за Державними будівельними нормами України (ДБН В.2.5-28-2018 “Природне і штучне освітлення” [37]).

— Визначення рівня нормованої освітленості ($E_н$). За кількісну характеристику освітленості у приміщенні береться найменша освітленість, яка залежить від: розряду зорових робіт (*IIв*), фону (середній), контрасту об’єкта з фоном (середній), системи освітлення (комбіноване). $E_н$=200 лк.

— У якості джерела світла на виробничій ділянці використовують люмінесцентні лампи денного освітлення ЛД 80.

— Тип світильників – ЛСП, світлорозподіл переважно прямий (косинусна). Ступінь захисту світильників зв міжнародними стандартами, IP – 64, захист від пилу - 6, захист від бризок - 4. Коефіцієнт світильника L/h=1,3.

Доля світлового потоку світильника, яка спрямована у нижню півсферу – 60-80% (для приміщень, в яких стіни і стеля мають високий коефіцієнт відбитку).

— Коефіцієнт запасу k_z=1,6 (запиленість менше 1 мг/м^3). Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z =1,1 – люмінесцентні лампи низького тиску.

— Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення $\rho_с = 50\%;\ \rho_{ст} = 30\%;\ \rho_п = 10\%$, для приміщень з незначним пиловиділенням.

— Чисельне значення індексу приміщення:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \qquad (5.1)$$

де, А – довжина приміщення, м;

В – ширина приміщення, м;

h - висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

$$h = H - h_п - h_з \qquad (5.2)$$

де, Н – висота приміщення, м;

$h_{\text{п}}$ - висота робочої поверхні над підлогом, м;

$h_{\text{з}}$ - висота звисання світильників від стелі, м.

Розрахунок проводимо за формулами, тому як $h_{\text{з}}$ невідома:

кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H-h_{\text{п}})*[L/h]} = \frac{12}{(6-0{,}8)*1{,}3} = 1{,}78 \quad (5.3)$$

Результат округляю до цілого у більшу сторону: N_p=2.

Максимальна припустима відстань між рядами світильників:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p} = \frac{12}{2} = 6\ м \quad (5.4)$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]} = \frac{6}{1{,}3} = 4{,}61\ м \quad (5.5)$$

Висота звисання світильників від стелі:

$$h_{\text{з}} = H - h_{\text{п}} - h = 6 - 0{,}8 - 4{,}61 = 0{,}59\ м \quad (5.6)$$

$$i = \frac{192}{4{,}61(16+12)} = 1{,}5$$

— Значення коефіцієнта використання світлового потоку η вибрано в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення ($\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{ст}}$, $\rho_{\text{п}}$) та індексу приміщення. *η=34%.*

— Визначення світлового потоку лампи та загальної кількості світильників.

сумарний світловий потік освітлюючої установки:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta} = \frac{200 \cdot 192 \cdot 1{,}6 \cdot 1{,}1}{0{,}34} = 198777 \quad (5.7)$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

E_n – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м2;

$k_з$ – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку

максимальна відстань між рядами та сусідніми світильниками у ряду:

$$L_{max} = \left[\frac{L}{h}\right] \cdot h = 1{,}3 \cdot 4{,}61 = 5{,}99 \text{ м} \quad (5.8)$$

кількість рядів світильників у приміщені:

$$N_p = \frac{B}{L_{max}} = \frac{12}{5{,}99} = 2 \quad (5.9)$$

умовна загальна кількість світильників у приміщені, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$N^* = \frac{AB}{{L_{max}}^2} = \frac{192}{5{,}99^2} = 5{,}34 = 6 \quad (5.10)$$

світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi^*_{л} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_л} = \frac{198777}{12} = 16565 \text{ лм} \quad (5.11)$$

де $N_л$ - загальна кількість ламп у приміщені, шт;

$$N_л = N^* \cdot n = 6 \cdot 2 = 12 \text{ шт} \quad (5.12)$$

n - кількість ламп у світильнику.

вибираю тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $Ф_л$ і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи $Ф_л^*$ та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $Ф_л$).

Обираю лампу ЛД80, $Ф_л$=4300 лм.

$$m = \frac{Ф_л^*}{Ф_л} = \frac{16565}{5800} = 2{,}86 \quad (5.13)$$

оптимальна кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* \cdot m = 6 \cdot 2{,}86 = 17{,}16 = 18 \text{ шт} \quad (5.14)$$

$$N_л = 18 \cdot 2 = 36 \quad (5.15)$$

— Загальна розрахункова освітленність у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{Ф_л \cdot N_{фл} \cdot \eta}{S \cdot k_z \cdot z} = \frac{5800 \cdot 36 \cdot 0{,}34}{192 \cdot 1{,}6 \cdot 1{,}1} = 210 \text{ лк} \quad (5.16)$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватися умова $E_p = (-10\% \ldots +20\%) \cdot E_н$, *лк*

$$210 = (+5\%) \cdot 200 - \text{умова виконується} \quad (5.17)$$

1. Загальна потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{л} \cdot P_{л} = 36 \cdot 80 = 2880 \text{ Вт} \quad (5.18)$$

де $P_{л}$ – потужність вибраної стандартної лампи.

2. Виконано ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників.

На рисунку 5.1 показана схеми розташування світильників.

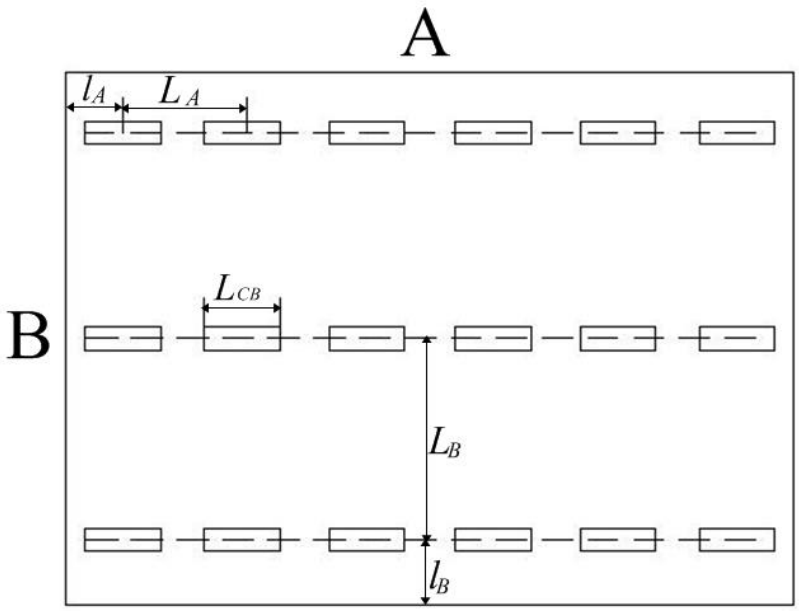


Рисунок 5.1 Схема розташування джерел штучного освітлення в приміщенні дослідницької лабораторії.

є) Для зниження шкідливого впливу шуму рекомендується:

- використання ЗІЗ (беруші, шлемофони, антифони - ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ «Средства и методы защиты от шума. Классификация.») згідно з ДСТУ 7239:2011 "Засоби індивідуального захисту» [38].

Нормування виробничого шуму здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ "Шум Загальні вимоги безпеки.".

Виробнича вібрація при тривалій дії на організм людини може привести до вібраційної хвороби. Нормування виробничої вібрації здійснюють згідно ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ "Вібраційна безпека. Загальні вимоги". Для зменшення впливу вібрації на організм людини, все обладнання встановлюють на спеціальні вібропоглинаючі фундаменти.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги », 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-технічний - планово-попереджувальний ремонт і контроль за вібраційні параметри;

- гігієнічні та лікувально-профілактичні.

5.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

ж) Згідно з НАПББ 03.002 – 2007 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою" [39], приміщення виробничого цеху механічної обробки шатуна відноситься до категорії "Д" з пожежної безпеки.

Причиною пожежі може бути коротке замикання в електросистемі. Тому, згідно з НАПБ.03.001-2004 "Типові норми належності вогнегасників" [40], необхідно мати вогнегасник ВВК-2 - який використовується для гасіння електроустановок під напругу, а також інших різних речовин, а також

обладнаний пожежний щит у складі: ящик з піском – 1 шт., крюк – 1 шт., лопата – 1 шт., лом – 1 шт., сокира – 1 шт.

Для того, що б уникнути виникнення пожеж необхідно стежити за справністю електросистем, проводити щоденне прибирання робочих місць, не дозволяти куріння в робочому приміщенні, а також проводити профілактичні роботи з навчання та атестування знань персоналу.

5.5. Порядок проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

з) Управління під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій полягає у керівництві силами системи цивільного захисту під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт (далі - АРІНР).

Головна мета управління – забезпечення ефективного використання сил і засобів різного призначення аби роботи у зонах (об’єктах) НС було проведено у повному обсязі, у найкоротший термін, із мінімальними втратами населення і матеріальних засобів.

Керівник органу управління аварійно-рятувальної служби, аварійно-рятувального формування, пожежно-рятувального підрозділу, що прибув у зону НС першим, приймає на себе повноваження керівника робіт з ліквідації надзвичайної ситуації і виконує їх до прибуття керівника робіт з ліквідації НС, визначеного у встановленому порядку.

У випадку технологічної неможливості проведення всього обсягу АРІНР керівник робіт з ліквідації НС може прийняти рішення щодо припинення АРІНР у цілому або їхньої частини, прийнявши в першочерговому порядку усі можливі заходи щодо рятування людей, що перебувають у зоні НС.

Керівник органу управління аварійно-рятувальної служби, аварійно-рятувального формування, який є керівником робіт з ліквідації НС, при

отриманні інформації про виникнення НС більш високого рівня, надзвичайних подіях, що вимагають невідкладного реагування, та інших обставин, що роблять неможливим виконання їм обов'язків керівника робіт ліквідації НС, може залишити зону НС, призначивши керівником робіт з ліквідації НС іншу посадову особу із числа учасників ліквідації НС, про що в обов'язковому порядку повідомляється прямому начальникові і робиться запис у відповідних документах. При цьому відповідальність за наслідки цього рішення покладається на посадову особу, що його прийняла.

У випадку гострої необхідності керівник робіт з ліквідації НС вправі самостійно приймати рішення з питань:

- проведення евакуаційних заходів;
- зупинки діяльності організацій, що перебувають у зоні НС;
- проведення АРІНР на об'єктах і територіях організацій, щод перебувають у зоні НС;
- обмеження доступу людей у зону НС;
- розбронювання з метою ліквідації НС резервів матеріальних ресурсівд організацій, що перебувають у зоні НС;
- використання у порядку, установленому законодавством України, засобів зв'язку та транспорту, іншого майна організацій, що перебувають у зоні НС;
- залучення до проведення робіт з ліквідації НС позаштатних та громадських аварійно-рятувальних формувань, а також рятувальників, що не входять до складу зазначених формувань, при наявності у них документів, що підтверджують їхню атестацію на проведення АРІНР;
- залучення на добровільній основі населення до проведення невідкладних робіт, а також окремих громадян, що не є рятувальниками, з їхньої згоди до проведення АРІНР;
- прийняття інших заходів, обумовлених розвитком НС і ходом робіт з її ліквідації.

Управління роботами починається з моменту виникнення надзвичайної ситуації і завершується після її ліквідації. Воно здійснюється, як правило, за добовими циклами, кожен із яких включає такі складові:

1) збір даних про обстановку;

2) аналіз і оцінка обстановки;

3) підготовка висновків і пропозицій до рішення на проведення робіт;

4) прийняття (уточнення) рішення і доведення завдань до відома виконавців;

5) організація взаємодії;

6) забезпечення дій сил і засобів.

7) організація управління.

Управління аварійно-рятувальними підрозділами (формуваннями) повинно бути стійким, безперервним, оперативним, при цьому доцільно забезпечувати поєднання необхідного ступеня централізації з наданням підлеглим ініціативи у визначенні способів виконання завдань.

ВИСНОВКИ

Аналітичний огляд продемонстрував деякі існуючі методи вирубки-пробивки, а також деякі з методів різання.

Ні один із розглянутих методів не дає можливості отримати якісний зріз з блискучим пояском по всій товщі металу із потребуємою шорсткістю різу до 8-го класу у матеріалах із товщинами 10 мм та товстіше, без доводчих та дороблюючих операцій. Або потребують використання складного устаткування: гідравлічні преси потрійної дії та складні прецизійні штампи.

Проводилися дослідження товстолистової пробивки, з товщиною зразків 10-15 мм у лабораторіях кафедри ОМТ на кривошипному пресі КД2330. Були отримані такі результати:

1. Найкращі результати по точності пробитого отвору та його якості показало пробивання із ступінчатим пуансоном із зазором z/2=8-10S.

2. Зусилля знімання штабу з пуансона при рухомому 8-10% зусилля пробивання при жорсткому знімачі може складатися до 30% . Різні конструкції притискних пристроїв потребують подальшого дослідження.

3. Пробивши більше 50 отворів почали з’являтися різного роду дефекти на пуансоні, котрі погіршують якість пробиваємого отвору та призводять до зношування інструмента. Через це потребують досліджень чинники котрі впливають на ізносостійкість інструмента при пробиванні отворів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вишневський Н.С. Досвід впровадження чистової вирубки [Текст]/ Н. С. Вишневський Б. М. Грачов // Ковальсько-штампувальне виробництво. – 1986 – №4 – с.10-15.

2. Хтайк С. В. Чистове пробивання товстолистового матеріалу з попереднім створенням концентраторів напружень [Текст]/ С.В. Хтайк // Ковальсько-штампувальне виробництво. – 2008. – №2. – С. 24-26.

3. Коржов Є. Г. Деякі особливості водоструминної обробки матеріалів "waterjet-технологія" [Текст]/ Є. Г. Коржов // Гірський інформаційно-аналітичний бюлетень (науково-технічний журнал). – 2006. – №18 –С. 20 - 25.

4. Шпилев В. В. Вплив факторів гідроабразивного різання на шорсткість обробленої поверхні, її твердість, овальність і конусоподібність [Текст]/ В. В. Шпилев, М. К. Решетніков // Вісник СГТУ. – 2011. – № 2 – Випуск 2 – С. 56.

5. Верченко А. В. Дослідження шорсткості поверхні різу при гідроабразивному різанні [Текст]/ А. В. Верченко, М. А. Тамаркина, А. А. Кишко // Вісник Донського державного технічного університету. – 2017. – №2. – С. 116-130.

6. Ковальов О. Б. Фізичні основи лазерної різки товстолистових матеріалів [Текст]/ О. Б. Ковальов, В. М. Фомін // – Москва: ФІЗМАТЛІТ, 2013. – С. 256. ISBN 978-5-9221 - 1520-9.

7. Мінаєв І. В. Вплив параметрів лазерної різки на якість поверхні різання сталевих листів [Текст]/ І. В. Мінаєв, Н. Н. Сергеев, І. В. Тихонова, А. Е. Гвоздєва, Д. М. Хонелідзе, І. В. Голишев // Вісник ПНИПУ. Аерокосмічна техніка. – 2013. – № 35. – С. 20-56.

8. Електрогідравлічна пробивка отворів. Імпульсна обробка металів [Текст]: матеріали. Всесоюз. навч.- техн.конф., Харків, 15-16 лютого 1990 року.: тези доповіді / [Ю. Е. Шамарін] – 1990 – 116 с.

9. Чачин, В. Н. Електрогідравлічна обробка машинобудівних матеріалів [Текст] / В. Н. Чачин: Мінськ: Наука і техніка, – 1978. – С. 184-121

10. Жовноватюк Я. С. Визначення технологічних режимів при вирубці отворів способом электрогідроімпульсної штамповки [Текст] / Я. С. Жовноватюк // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2012, – № 7 – С. 36-40.

11. Воронько В.В. Експериментальне дослідження точності отворів, перфоруємих в листових деталях авіаційних двигунів електрогідравлічним способом штампування [Текст] /В. В. Воронько, Я. С. Жовноватюк // Питання проектування та виробництва конструкцій літальних апаратів. – 2015. – №.3. – С. 56-64.

12. Самаркін А. І. Підвищення точності обробки при електроерозійному дротяному різанні [Текст] / А. І. Самаркін, О. В. Негіна // Металообробка. – 2013., № 4. – С. 24-27.

13. Оглезнев Н.Д. Вплив режимів електроерозійної прошивки на точність розмірів і шорсткість отворів [Текст] /Н. Д. Оглезнев, Т. Р. Абляз // Вісник Пермського державного технічного ун-ту. Машинобудування, матеріалознавство. – 2011. – Т. 13, № 1. – С. 87-93.

14. Тимощенко В. А. Підвищення зносостійкості розділових штампів [Текст] / В. А. Тимощенко // Ковальсько-штампувальне виробництво. – 2000. – № 12. – С. 22-26.

15. Хтайк Сан Вин. Дослідження процесу чистового пробивання товстолистових заготовок при виготовленні деталей літальних апаратів [Текст]: автореферат дис. на здобуття наук. ступеня кандидата технічних наук: 02.05.2008/ С.В. Хтайк – Москва. – 2008 – 40 с.

16. Коваленко А. Н. Підвищення стійкості розділових штампів листового штампування [Текст] / А. Н. Коваленко, Н. І. Коваленко // – Ковальсько-штампувальне виробництво. – 1981. – № 5. –С. 35 – 38.

17. Зубців М. Е. Підвищення стійкості штампів для холодного штампування [Текст] / М. Е. Зубців – ЛДНТП, – 1960. – С. 84.

18. Залеський В. І. Механізм деформації при різанні металу в штампах. Технологічні процеси обробки сталі та сплавів [Текст] / В. І. Залеський, В. В. Губарев: Праці Московського інституту сталі . – Металлургіздат, –1965. –С. 409 – 452.

19. Лісін А. Г. Дослідження впливу деяких факторів на деформацію заготовки по пояску зминання при вирубці і пробиванні [Текст] / А. Г. Лісін // КШП – 1970. – № 6. – С. 19-21.

20. Рудман Л. І. Довідник конструктора штампів: Листове штампування [Текст] / Л. І. Рудман – М: Машинобудування. – 1988. – 486 с.

21. Михаленко Ф. П. Стійкість розділових штампів [Текст] / Ф. П. Михаленко: Машинобудування, – 1976. – 208 с.

22. Довідник майстра по штампам [Електронний ресурс]. Розрахунок виконавчих розмірів матриць і пуансонів штампів. Формули для розрахунків виконавчих розмірів пуансонів і матриць при вируці контура і пробивці отворів. – Режим доступу: http://delta-grup.ru/bibliot/2/29.htm

23. Довідник майстра по штампам [Електронний ресурс]. Розрахунок виконавчих розмірів матриць і пуансонів штампів. Припуски на знос і допуски на виготовлення матриць і пуансонів в мм. Режим доступу: http://delta-grup.ru/bibliot/2/29.htm

24. Довідник майстра по штампам [Електронний ресурс]. Зазори між матрицею і пуансоном у вирубних і пробивних штампах. Припуски на знос і допуски на виготовлення матриць і пуансонів в мм. Режим доступу: http://delta-grup.ru/bibliot/2/28.htm

25. Григорьєв Л. Л. Холодна штамповка: Справочник [Текст] / Л. Л. Григорьєв, К. М. Іванов, Є. Е. Юргенсон: – 2011. – 249-251 с.

26. Романовський В. П. Пробивання і вирубка товстолистової сталі в холодному і гарячому стані [Текст] / В. П. Романовський // Ковальсько-штампувальне виробництво. – 1975. – №7. – С. 22-25.

27. Юдович С. З. Вплив стану поверхні пуансонів на силовий режим, зносостійкість інструменту і якість деталей при пробиванні листової

маловуглецевої сталі [Текст] /С. З. Юдович, Ю. Т. Сичук і ін.//Ковальсько-штампувальне виробництво. – 1973. – №4. – С. 17-19.

28. Зубців М. Е. Листове штампування [Текст] / М. Е. Зубців, вид-во «Машинобудування», – 1967. – С. 504.

29. Рудман Л. І. Довідник конструктора штампів: Листове штампування [Текст] / Л. І. Рудман; – Машинобудування. – 1988. – 486 с.

30. Романовський В. П. Довідник по холодній штамповці [Текст] / Романовський В. П.; – Машинобудування, Ленінград, вид-ня. – 1979. – 520 с.

31. НПАОП 0.00–4.12.05 [Електронний ресурс]. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (32368) [затверджений наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 N 15]. – Режим доступу: https://dnaop.com/html/32368/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00%E2%80%934.12.05

32. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 (НПАОП 40.1-1.01-97) (ПБЭЭП 25.02.2000) [Електронний ресурс]. Правила безпечної експлуатації електроустановок. [затверджено наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 6 жовтня 1997 р. N 257]. – Режим доступу: https://dnaop.com/html/43827/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F_11

33. ПУЕ – 2017 [Електронний ресурс]. Правила улаштування електроустановок [затверджені наказом № 476 Міненерговугілля України від 21 липня 2017 року]. – Режим доступу: https://art-energetyka.com.ua/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0-%D1%83%D0%BB%D0%B0%D1%88%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BA.pdf

34. НПАОП 0.00-1.68-13 [Електронний ресурс]. Про затвердження правил охорони праці під час холодного оброблення металів [затвердженний Міністерством енергетики та вугільної промисловості України від 16 жовтня 2013 року]. – Режим доступу: https://dnaop.com/html/32265/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00-1.68-13

35. ДСН 3.3.6.042-99 [Електронний ресурс]. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [затверджено: постановою Головного Державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text

36. ДБН В.2.5-67:2013 [Електронний ресурс]. Опалення, вентиляція та кондеціонування [затвердженно наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.01.2013 р. № 24 та від 28.08.2013 р. №410]. – Режим доступу: https://dnaop.com/html/32609/doc-%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.5-67_2013

37. ДБН В.2.5-28-2018 [Електронний ресурс]. Природне і штучне освітлення [затвердженний Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 3 жовтня 2018 року N 264]: – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188

38. ДСТУ 7239:2011 [Електронний ресурс]. Система стандартів безпеки праці засоби індивідуального захисту [прийнятий Держспоживстандартом України від 14 березня 2011 р. № 95]: – Режим доступу: https://dnaop.com/html/34105/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_7239_2011

39. НАПБ Б.03.002-2007 [Електронний ресурс]. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [наказ МНС від 03.12.2007 року № 833]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/21-1-0-313

40. НАПБ Б.03.001-2004 [Електронний ресурс]. Типові норми належності вогнегасників [затвердженно наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 2 квітня 2004 р. N 151]: – Режим доступу: https://dnaop.com/html/31610/doc-%D0%9D%D0%90%D0%9F%D0%91_%D0%91.03.001-2004

Додаток А

Формули для розрахунку виконавчих розмірів пуансонів і матриць при вирубці контуру і пробиванні отворів[22]

Елементи контуру або отвору штампованої деталі		**Вирубка контуру**		**Пробивка отвору**
		Методи прогонки робочих деталей		
Допуски	**Номінальні розміри деталі**	**Обробка пуансона по матриці**	**Обробка матриці по пуансону**	**Обробка матриці по пуансону**
Одно-сторонні (+ або -)	Зменшуючись при зносі штампа l_0, $l`_0$, $L_0$, $B_0$, $L`_0$, $L``_0$, d	$L_m=(L_н+П)_{-\delta}$ $L_n= L_m+Z$	$L_n=(L_H+П+Z-\delta')^{+\delta'}$	$L_n=(L_H+П)_{-\delta'}$ $L_m=L_n+Z$
	Збільшуючи при зносі штампа L, L_1, B, l_1, l_2	$L_m=(Lн-П)^{+\delta}$ $L_n= L_m-Z$	$L_n=(L_H-П-Z+\delta')_{-\delta'}$	$L_n=(L_H+П)^{+\delta'}$ $L_m=Ln-Z$
	Не змінні при зносі A, b	при позитивному допусці на деталь, L_m *або* $L_n=(L_H)^{+0,5\Delta}$ при негативному допусці на деталь L_m *або* $L_n=(L_H)_{-0,5\Delta}$		
Двух-сторонні симетрич-ні(±)	Зменшуючись при зносі штампа l_0, $l`_0$, $L_0$, $B_0$, $L`_0$, $L``_0$, d	$L_m=(L_н)\pm0,2\Delta$ $L_n= L_m+Z$	$L_n=(L_H+Z)$ $\pm0,2\Delta$	$L_n=L_H\pm0,2\Delta$ $L_m=L_n+Z$
	Збільшуючи при зносі штампа L, L_1, B, l_1, l_2	$L_m=(L_н)$ $\pm0,2\Delta$ $L_n= L_m-Z$	$L_n=(L_H-Z)$ $\pm0,2\Delta$	$L_n=L_H\pm0,2\Delta$ $L_m=L_n-Z$
	Не змінні при зносі A, b	L_m *або* $L_n=(L_H)\pm0,5\Delta$		

Умовні позначення: $L_м$, $L_п$-виконавчі розміри матриці і пуансона; $L_п$-номінальні розміри за кресленням штампуємої деталі; $П$-припуск на знос матриць і пуансонів; Z-двосторонній зазор між матрицею і пуансоном; δ, δ' – допуски на робочі розміри матриць і пуансонів; Δ - допуск на штамповані деталі.

Примітки:

1. При допусках на деталь $D^{-\Delta 1}_{-\Delta 2}$ або $(d)^{+\delta 2}_{+\delta 1}$ номінальні розміри

$D_н = (D-\Delta 1)-(\Delta 2-\Delta 1)$; $d_н = (d+\delta 1)+(\delta 2-\delta 1)$,

де D-діаметр контуру, d-діаметр отвору.

2. В окремих випадках при симетричних допусках для збільшення припусків на знос виконавчі розміри для розмірів, що збільшуються при зносі штампа,

$L_м$ или $L_п = (L_н - \Delta)^{+0,3\Delta}$

для розмірів, що зменшуються при зносі штампа,

$L_м$ или $L_п = (L_н + \Delta)^{-0,3\Delta}$

Додаток Б

Припуски на знос і допуски на виготовлення матриць і пуансонів в мм[23]

Допуски на штампувальні деталі ро 3 – 7-му класу точності	**Припуски на зношення *П***	**Допуски на робочі розміри**		**Допуски на штампувальні деталі ро 3 – 7-му класу точності**	**Припуски на зношення *П***	**Допуски на робочі розміри**	
		матриці δ	**пуансона δ'**			**матриці δ**	**пуансона δ'**
0,020		0,006	0,004	0,26	0,20	0,045	
0,025		0,008	0,005	0,28			
0,030		0,009	0,006	0,30	0,25	0,060	
0,035		0,011	0,008	0,34			
0,040				0,36	0,30	0,080	
0,045		0,013	0,009	0,38			
0,050		0,015	0,011	0,40			
0,060		0,018	0,013	0,43	0,35	0,100	
0,070	*П*=Δ	0,021	0,015	0,46			
0,080		0,024	0,018	0,52	0,40	0,120	
0,090		0,027	0,020	0,53			
0,100		0,030	0,022	0,60	0,50	0,140	
0,120	0,10			0,62			
0,140	0,12	0,035	0,030	0,68	0,55	0,170	
0,160	0,14			0,74	0,60		
0,170				0,87	0,70	0,200	
0,200	0,16			1,00	0,80		
0,230				1,15	0,90	0,260	
0,240	0,18			1,35			
0,250	0,20	0,045	0,045	1,55	1,25	0,300	

Додаток В

Двосторонні зазори при вирубці і пробиванні в мм[24]

Тощина матеріала в мм	**Низьковуглецеві сталі марок 10, 20; мідь, латунь, алюміній**		**Середньовуглецеві сталі марок 2, 35, 45; дюралюміній, бронза**		**Високовуглецева, трансформаторна та нержавіюча сталі**		**Гетилакас та текстоліт**	
	z	Δz	z	Δz	z	Δz	z	Δz
0,1	0,005	—	0,006	—	0,007	—	0,004	—
0,2	0,010	+0,010	0,012	+0,010	0,014	+0,010	0,005	+0,005
0,3	0,015		0,018		0,021		0,006	
0,4	0,020		0,024		0,028		0,008	
0,5	0,025		0,030		0,035		0,010	
0,6	0,030	+0,020	0,036	+0,020	0,042	+0,020	0,012	+0,010
0,7	0,035		0,042		0,049		0,014	
0,8	0,040		0,048		0,059		0,016	
0,9	0,045		0,054		0,063		0,018	
1,0	0,050		0,060		0,070		0,020	
1,2	0,070	+0,030	0,080	+0,030	0,100	+0,030	0,024	+0,015
1,5	0,090		0,110		0,120		0,030	
1,8	0,110	+0,050	0,130	+0,050	0,140	+0,050	0,036	+0,025
2,0	0,120		0,140		0,160		0,040	

2,2	0,160		0,180		0,200		0,044	
2,5	0,180		0,200		0,230		0,050	
2,8	0,200		0,220		0,250		0,056	
3,0	0,210		0,240		0,270		0,060	
3,5	0,280	+0,100	0,320	+0,100	0,350	+0,100	0,070	+0,050
4,0	0,320		0,360		0,400		0,080	
4,5	0,360		0,450		0,540		0,090	
5,0	0,400		0,500		0,600		0,100	
6,0	0,500	+0,200	0,600	+0,200	0,700	+0,200	—	—
7,0	0,700		0,900		1,000		—	—
8,0	0,800		1,000		1,100		—	—
9,0	1,100		1,300		1,400		—	—
10,0	1,200		1,400		1,600		—	—
11,0	1,600	+0,300	1,800	+0,300	2,000	+0,300	—	—
12,0	1,700		1,900		2,200		—	—
13,0	2,100		2,300		2,600		—	—
14,0	2,300		2,500		2,800		—	—
15,0	2,700	+0,500	3,000	+0,500	3,300	+0,500	—	—
16,0	2,900		3,200		3,500		—	—
17,0	3,400		3,800		4,100		—	—
18,0	3,600		4,000		4,300		—	—
19,0	4,200		4,600		5,000		—	—
20,0	4,400		4,800		5,200		—	—