

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обробка металів тиском

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Дослідження операції тобто мостової
пробивки

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

151 Трикласне механічне

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Беседін Ф.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Широкобачов В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Нагорно О.В.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
20 12 рік

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Обробки металів тиском
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 131 Тришарова механіка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“18” 12 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Тесєдін Денис Михайлович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження операції тобтолистої прорізки

керівник проекту (роботи) КТН Цирюков Віталій Володимирович
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “23” листопада 2018 року №363

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 24.09.18

3. Вихідні дані до проекту (роботи) звіт з переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітичний огляд. 2. Вибір і обґрунтування методів тобтолистої прорізки. 3. Розрахунок тобтолистої прорізки: швидкості, сили, енергії. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Або інше.

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

Тезисний матеріал.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1.	зав. каф. Широкобоков ВВ, асп. Єгін С.М.	24.09	24.10
2.	зав. каф. Широкобоков ВВ, асп. Єгін С.М.	25.10	06.11
3.	зав. каф. Широкобоков ВВ, асп. Єгін С.М.	24.11	20.11
4.	зав. каф. Широкобоков ВВ, асп. Єгін С.М.	21.11	04.12
5.	зав. каф. Нестров О.В.		
6.	Нарисковик Натишкін А.Ю.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналітичний огляд	24.10.18	
2.	Вибір і обґрунтування методів теоретичного і експериментального дослідження технології тобто-мислового пробивання матеріалу	06.11.18	
3.	Розрахунок технологічного процесу і матеріального оснащення	20.11.18	
4.	Результати експериментальних досліджень	04.12.18	
5.	Особисті праці	11.12.18	

Студент

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(підпис)

Берегін С.М.

(прізвище та ініціали)

Широкобоков ВВ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: ____ с., 48 рис., 8 табл., 26 джерел.

Об'єкт дослідження - технологія пробивання отворів штаб, сталь 20 і Ст. 3 товщиною 8 і 10мм.

Мета роботи - дослідження впливу різних параметрів процесу на якість отвору, який пробивається, визначення оптимальних параметрів пробивання отвору, дослідження стійкості розділового штампа при вирубуванні-пробиванні товстолистого матеріалу.

Метод дослідження - аналіз результатів, експериментально отриманих в різних умовах вирубування-пробивання отворів.

Інтенсивність зношування різальних кромок залежить від багатьох факторів, комплексний вплив яких на зношування вивчено недостатньо. Фізика процесів, що протікають в зоні контакту інструмента і заготівлі при розділових операціях, вивчена також недостатньо.

Зазори, конструкція штампа, форма пуансона і його марка сталі, спосіб обробки інструменту, мастильні матеріали мають велике технологічне значення в процесі різання листових матеріалів, як щодо якості поверхні зрізу, так і по відношенню до опори зрізу і впливу на стійкість штампів.

Прогнози на подальший розвиток об'єкта розвитку - впровадження оптимальної технології вирубування-пробивання в виробництві.

ПУАНСОН, МАТРИЦЯ, ЗНОШУВАННЯ, ПОЯСОК ЗІМ'ЯТТЯ, ЗАЗОР, ШТАМП, БЛИСКУЧИЙ ПОЯСОК, СТІЙКІСТЬ, РІЖУЧІ КРОМКИ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	9
1.1. Методи отримання отворів різної товщини	9
1.1.1. Дослідження поверхні різку при гідроабразивному різанні.....	9
1.1.2. Дослідження поверхні різку лазерним різанням.....	17
1.1.3. Дослідження поверхні різку при електрогідроімпульсивній штамповці.....	24
1.1.4. Дослідження поверхні різку при електроерозійному різанні.....	31
1.2. Способи вирубування-пробивання товстолистових матеріалів.....	37
1.2.1. Способи пробивання, які використовують елементи об'ємного деформування.....	37
1.2.2. Спосіб пробивання отворів за допомогою карбування зон навколо отворів.....	39
1.2.3. Спосіб вирубування-пробивання із зачищенням отвору.....	40
1.2.4. Спосіб чистового вирубування-пробивання отворів.....	45
1.2.5. Реверсивне вирубування (із зустрічною надрізкою).....	46
1.2.6. Спосіб чистового вирубування з нагріванням заготовки.....	48
1.2.7. Спосіб чистового вирубування-пробивання з попереднім вигином заготовки.....	49
1.2.8. Спосіб чистового вирубування-пробивання з попереднім створенням концентраторів напружень.....	50
1.2.9. Спосіб пробивання-вирубування середніх і толстих штаб з використанням рифленого пуансона.....	53
1.3 Вплив форми робочих частин пуансонів і матриць.....	56
1.3.1 Форма робочих кромek (граней) матриць і пуансонів.....	56
1.3.2 Підвищення стійкості розділових штампів за рахунок збільшення висоти робочого пояса та зменшення ухилу профілю робочих вікон матриць.....	62

РОЗДІЛ 2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИК ТЕОРЕТИЧНОГО І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОБИВАННЯ МАТЕРІАЛУ.....	66
2.1. Загальні положення.....	66
2.2. Аналіз технологічності деталі.....	69
2.3. Методика розрахунку параметрів, необхідних для виконання розділових операцій, і вибір преса.....	72
2.4. Методика розрахунку виконавчих розмірів робочих деталей штампу.....	75
2.5. Методика проведення експерименту.....	77
2.5.1. Обладнання, пристрої та апаратура, що застосовуються при експериментальному дослідженні.....	78
2.5.2. Зовнішній модуль АЦП / ЦАП загального призначення.....	78
2.6. Методи розрахунку стійкості.....	79
2.6.1. Розрахунково-аналітичний метод.....	79
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ	
3.1. Розрахунок технологічного процесу товстолистого пробивання штаб.....	85
3.2. Вибір пресового устаткування.....	87
3.3. Розрахунок штампового оснащення.....	88
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	101
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	107
5.1. Аналіз потенційних небезпек.....	107
5.2. Заходи щодо забезпечення безпеки.....	108
5.3. Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці....	112
5.4. Заходи щодо пожежної безпеки.....	113
5.5. Заходи щодо цивільного захисту.....	115

ВИСНОВКИ.....	119
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	120

ВСТУП

У конструкціях сучасних машин і установок, апаратури, приладів, засобів механізації та автоматизації все частіше доводиться застосовувати деталі з підвищеними вимогами до точності геометричних розмірів і чистоті виготовлення робочих і декоративних поверхонь. Наприклад, таких як: отвори під болтові кріплення в конструкції літальних апаратів, кріпильні отвори коліс автомобільних засобів, отвори для електротехнічних плат і т.д.

Для більшості деталей, одержуваних за допомогою розділових операцій, поверхня поділу, що складається із зони блискучого пояску (пластичної деформації) і зони сколювання (крихкого руйнування), цілком задовольняє вимогам виробництва деталей з тонколистового металу.

Великим недоліком при вирубуванні і пробиванні штаб середньої і великої товщини, з товщиною 6 мм і більше, є низька якість поверхні зрізу, що представляє собою вигнутий конічний скол з надривами і завусенцями. У ряді випадків виготовлення штампованих деталей підвищеної точності (4, 3 і 2-го класу) потрібна гладка і перпендикулярна поверхня зрізу з шорсткістю поверхні до 8-го класу по ГОСТ 2789-73 ($Ra = 0.63$ мкм, $Rz = 3,2$ мкм) [1].

В даний час отримання якісних отворів здійснюється найчастіше механічною обробкою (свердлінням в кілька переходів, зенкуванням, розгортанням або протяжкою). Тому трудомісткість обробки отворів вельми висока. Більш висока продуктивність праці забезпечується при використанні процесу пробивання. Однак процес пробивки, в свою чергу, має недоліки або не забезпечується необхідною якістю отвори, або потрібне складне спеціальне штампове оснащення. Тому розробка нових способів пробивання отворів, що забезпечують необхідну якість при використанні простого оснащення, є актуальною. [2].

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Методи отримання отворів різної товщини

Існують різні методи отримання отворів в металі з товщиною понад 10мм. Розглянемо деякі з них.

1.1.1. Дослідження поверхні різу при гідроабразивному різанні.

Метод гідроабразивного різання - альтернатива не тільки механічного, але і лазерного, плазмового, електроіскрового і кисневого різання, а при необхідності обробки матеріалів, що не терплять температурного впливу, є найбільш ефективним і універсальним зі споріднених методів. [3].

Гідроабразивне (ГА) різання дозволяє обробляти матеріали різної товщини і фізико-механічних властивостей. Володіє наступними перевагами:

- Дозволяє обробляти різні матеріали і їх комбінації (метал, пластмаса, скло, камінь, дерево, композиційні матеріали).
- Відсутність термічного впливу виключає зміну структури оброблюваного матеріалу.
- Механічне навантаження на деталь незначне.
- Висока якість кромки.

Процес гідроабразивного різання залежить від ряду параметрів:

- тиск робочого струменя рідини і абразиву;
- відстань від сопла до оброблюваної поверхні;
- швидкість подачі ріжучої головки;
- товщини та фізико-механічних властивостей матеріалу.

У процесі різання (рис. 1.2) матеріал руйнується сумішшю води і абразиву, що випускаються з калібруючого сопла з високою швидкістю під високим тиском (близько 6000 бар). Вода змиває мікростружку і відпрацьовані частки абразиву із зони різання. Як абразив можуть

використовуватися різні матеріали, але найбільшого поширення набув гранатовий пісок (твердістю 7,5-8 за шкалою Моса), олівін (6,5-7 за шкалою Моса). У роботах російських дослідників розглядається процес різання: параметри, що впливають на точність і якість різання.

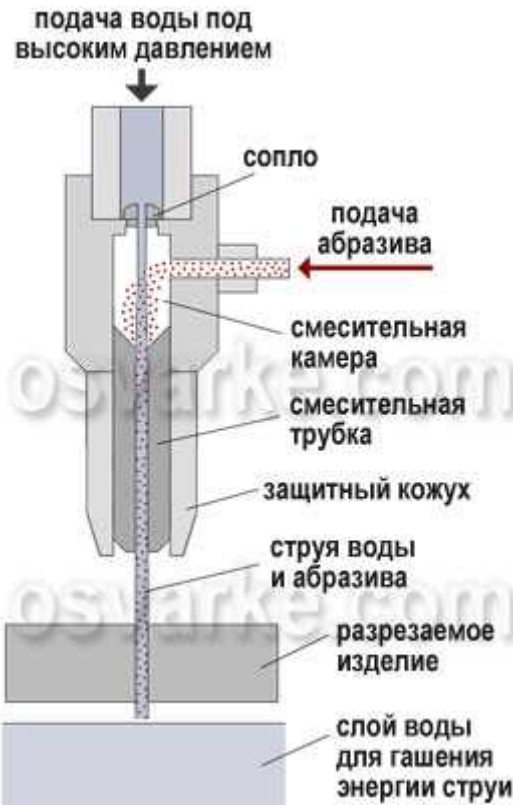


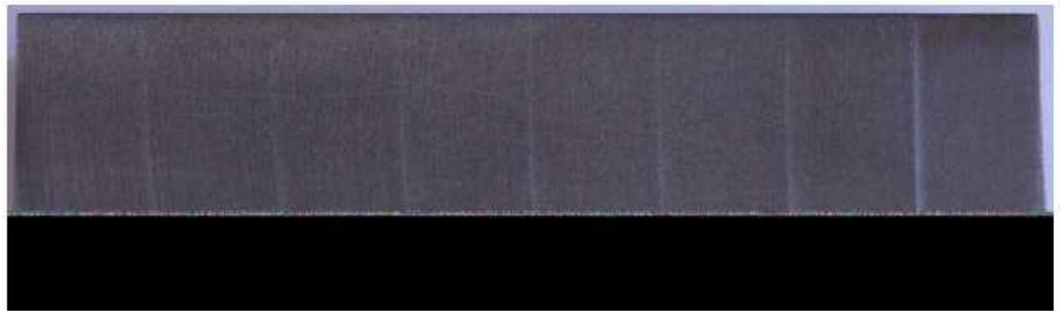
Рис. 1.2 Схема гідроабразивного різання.

Переваги гідроабразивного різання очевидні. Але в процесі різання виникають дефекти, природа яких пов'язана з втратою енергії ріжучого струменя, що проходить крізь матеріал. Ріжуча здатність струменя визначається кінетичною енергією - швидкістю ріжучого струменя, а також формою і масою абразиву. У процесі різання абразив руйнується, втрачаючи початкову форму. Потік, проходячи через шар матеріалу, сповільнюється, струмінь відхиляється в напрямку, протилежному напрямку подачі ріжучого струменя. В результаті цього відхилення утворюються дефекти. Основний - нерівномірність шорсткості різі.

Умовно можна виділити дві зони: гладкого і хвилястого різну. Вони відрізняються висотою профілю шорсткості і хвилястості поверхні. Інші дефекти: недоріз матеріалу на перетині зовнішніх граней деталі, утворення лунок на перетині внутрішніх граней деталей, утворення лунок, недоріз на місці входу-виходу ріжучого струменя.

Як впливає з літературних джерел, для виявлення дефектів гідроабразивного різання проводилися експерименти на прикладі трьох різних матеріалів товщиною 30 мм: сталь 30ХГСА, алюміній Д16Т, ділянка лонжерона несучого гвинта вертольота МІ-28 з композиційного матеріалу [4].

Експеримент проводився на установці гідроабразивного різання фірми Flow на зразках з трьох матеріалів при постійному тиску в 400 МПа. Використовувався гранатовий абразив зернистістю 80 мкм. В ході експерименту змінювався діапазон подачі ріжучого струменя від 5 до 120 мм / хв. (див. рис. 1.3).



а)



б)



в)

Рис. 1.3. Поверхня різку зразка зі сталі 30ХГСА товщиною 30 мм при збільшенні подачі: від 5 до 40 мм / хв (а); від 45 до 80 мм / хв (б); від 85 до 120 мм / хв (в)

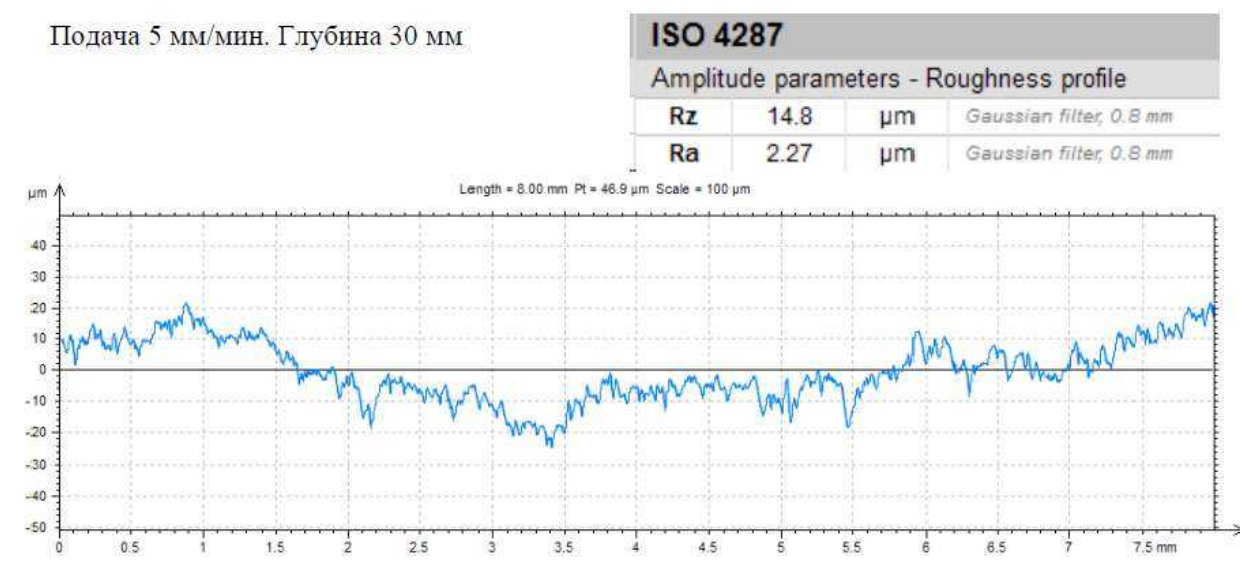
За допомогою профілометра Taylor Hobson були проведені заміри шорсткості поверхні на характерних ділянках глибини різку. Експерименти проводилися при подачі 5 мм / хв і 80 мм / хв (див. рис. 1.4 -1.5)



а)



б)



в)

Рис.1.4 Профілограми поверхні різку зразка зі сталі 30ХГСА при подачі 5 мм / хв: на глибині різку 5 мм (а); на глибині різку 15 мм (б); на глибині різку 30 мм (в).

де, R_z - висота вимірюваних нерівностей, що визначається за 10 основних точок, мкм;

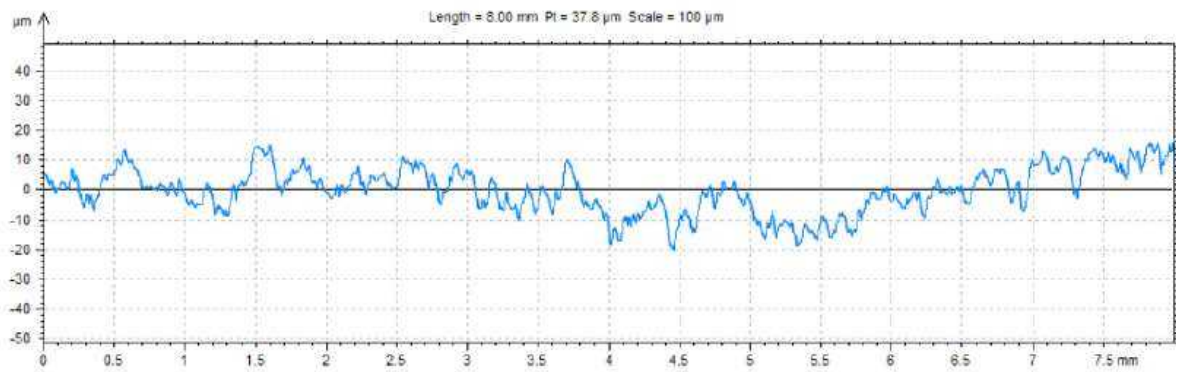
R_a - значення досліджуваного профілю з можливим середньоарифметичним відхиленням, мкм;

Подача 80 мм/мин. Глубина 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



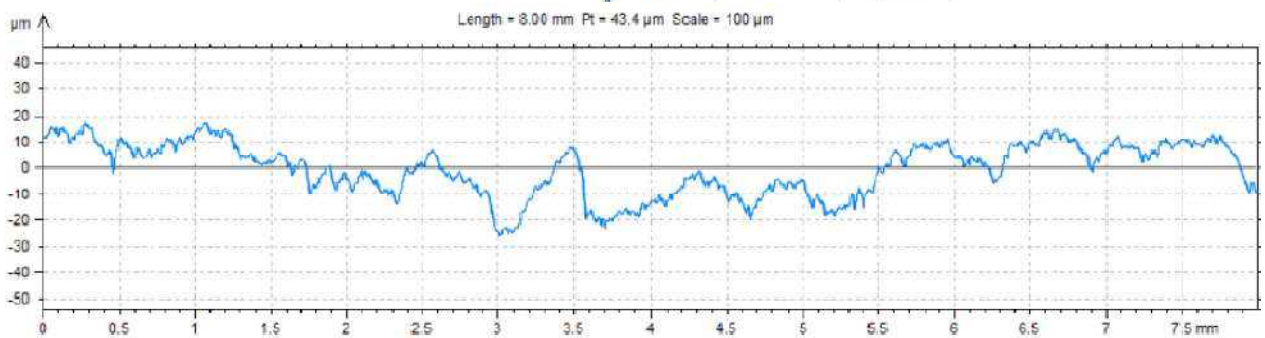
a)

Подача 80 мм/мин. Глубина 15 мм

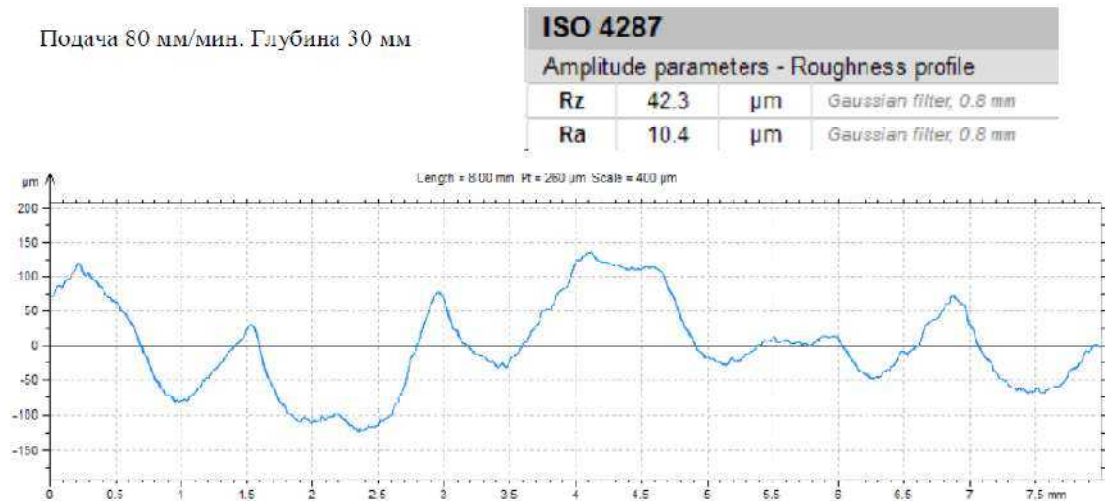
ISO 4287

Amplitude parameters - Roughness profile

Rz	15.5	μm	Gaussian filter, 0.8 mm
Ra	2.76	μm	Gaussian filter, 0.8 mm



б)



в)

Рис.1.5. Профілограма поверхні різь зразка зі сталі 30ХГСА при подачі 80 мм / хв: на глибині різь 5 мм (а); на глибині різь 15 мм (б); на глибині різь 30 мм (в).

З результатів проведених досліджень можна зробити висновок що, при збільшенні подачі зростає значення шорсткості поверхні. Значення шорсткості змінюється і по перетину різь: у вершини різь поверхня рівномірна, до низу різь утворюється хвиляста поверхня. Це явище пов'язане з тим, що струмінь втрачає ріжучу здатність і відхиляється від початкової траєкторії в напрямку, протилежному напрямку подачі.

Верченко А.В. та інші [5] провели дослідження зразків з алюмінієвого сплаву Д16Т і композиту. В ході дослідів встановлено, що при рівних значеннях подачі на більш м'яких матеріалах (алюмінієвий сплав) спостерігаються найгірші значення шорсткості, ніж на більш твердих.

Для аналізу впливу розмірів обробного середовища, динамічного тиску пульпи і механічних властивостей матеріалу деталі на величину Ra при гідроабразивному різанні була отримана наступна залежність (рис. 1.6).

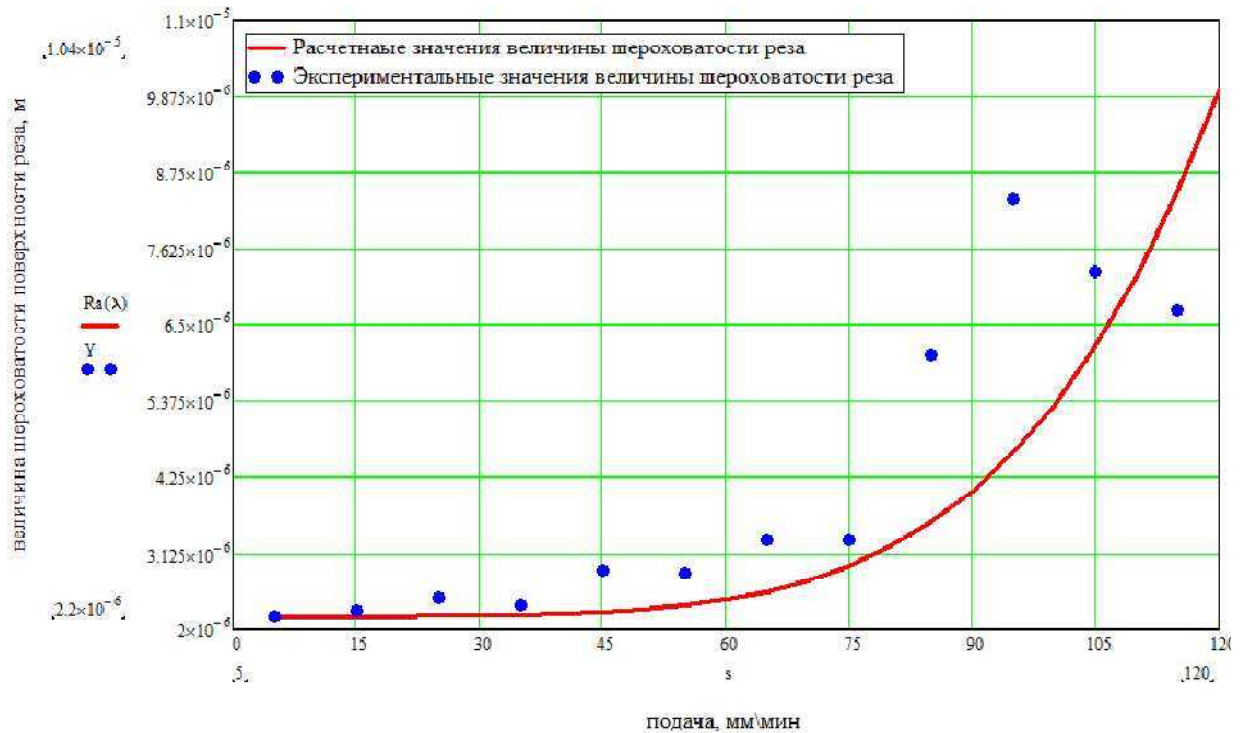


Рис. 1.7. Залежність шорсткості поверхні різі від величини подачі ріжучої головки.

Аналіз отриманих залежностей показав, що значення шорсткості обробленої поверхні збільшується в міру зростання швидкості різання, точніше, подачі ріжучої головки. Шорсткість стає більш грубою, збільшується кут конуса, в нижній частині перетину матеріалу з'являється борозна (рис.1.8).

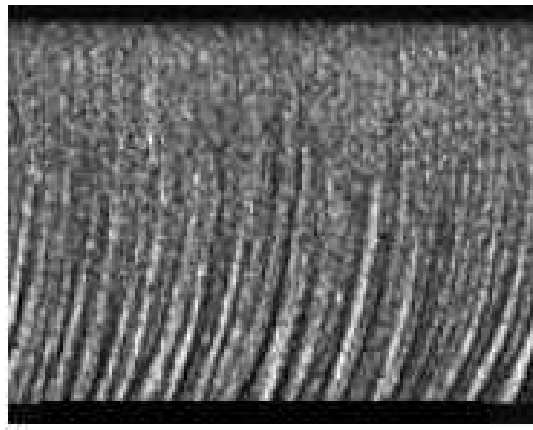


Рис. 1.8 Поверхня після гідроабразивної обробки

Особливий вплив на шорсткість робить кількість абразиву в водяному струмені, що пояснюється наявністю вкраплень одиничних частинок абразиву в площині різку і на лицьовій поверхні оброблюваної деталі. З надмірним збільшенням кількості абразиву в водяному струмені число вкраплень різко зростає, частинки не можуть безперешкодно залишати місце різку, в щілинах різання утворюється «подушка» з абразивних частинок, ефективність обробки знижується, збільшується значення шорсткості.

Аналіз досліджень доводить, що шорсткість поверхні після гідроабразивного різання в діапазоні: $R_a = 2,05\text{--}10,4$ мкм, $R_z = 12,6\text{--}42,3$ мкм не задовольняє вимогам деталей с шорсткістю поверхні зрізу до 8-го класу, особливо при збільшенні подачі ріжучої головки до 80 мм / хв.

1.1.2 Дослідження поверхні різку лазерним різанням

До числа перспективних процесів поділу матеріалів слід віднести лазерне різання металів, засноване на процесах нагрівання, плавлення, випаровування, хімічних реакціях горіння та видалення розплаву із зони різання.

Лазерне різання (рис. 1.9) проводиться шляхом локального розігріву металу, сфокусованим на його поверхню лазерним випромінюванням. Невелика частка падаючого випромінювання поглинається поверхневим шаром і призводить до його нагрівання. Утворюється плівка оксидів, яка збільшує частку енергії, що поглинається, і температура металів зростає до точки плавлення.

Одночасно з цим подається активний газ (зазвичай кисень), який:

- підтримує горіння металу, істотно збільшуючи цим швидкість різку і товщину металу, що розрізається;
- видуває продукти горіння і очищає різ, що дає можливість отримати якісні кромки;

- інтенсивно охолоджує прилеглі до зони різку ділянки металу.

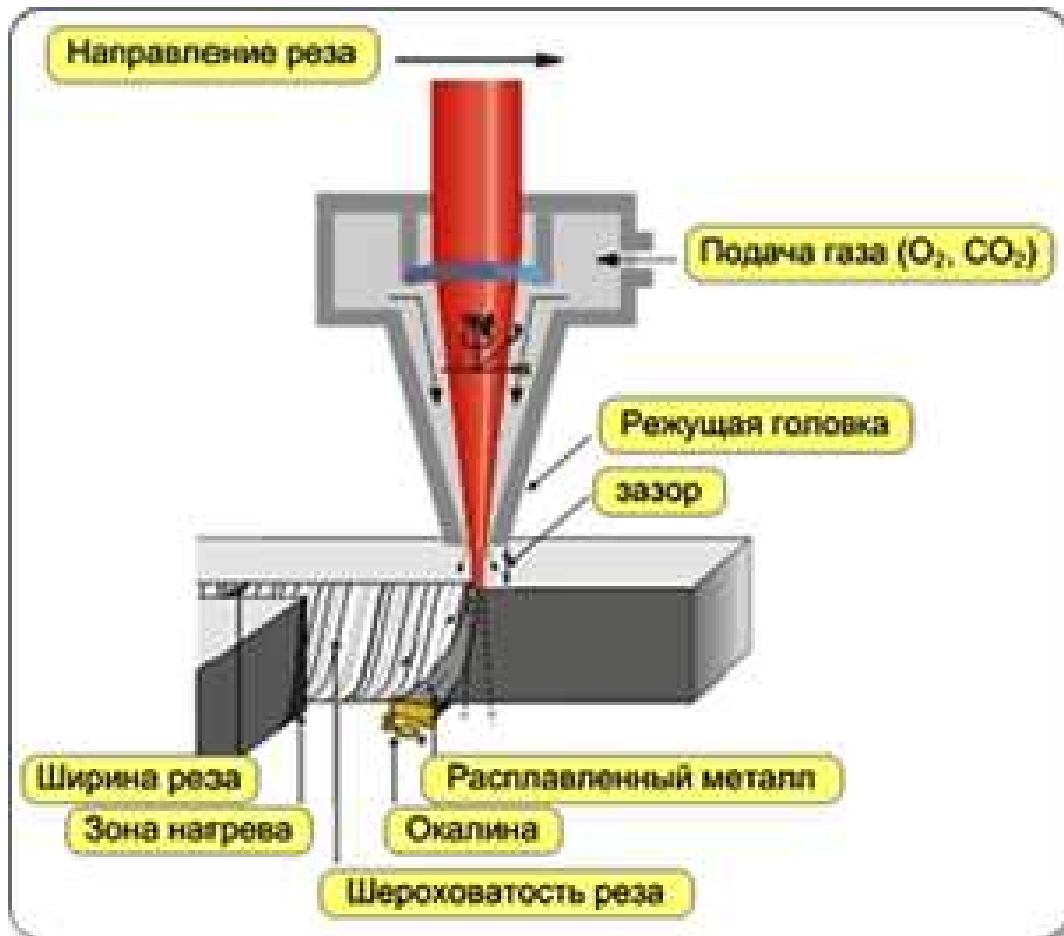


Рис. 1.9. Схема лазерного різання.

Основними напрямками розвитку лазерного різання є підвищення її ефективності (швидкості різання, товщини листів, що розрізаються H) і досягнення високих показників якості різку - низькою шорсткістю поверхні різку, прямих стінок різку, відсутність грата (застиглих крапель розплаву на нижній кромці різку), малої зони термічного впливу. Повна і взаємопов'язана фізична картина утворення лазерного різку до теперішнього часу не створено [6].

Не розроблено надійні методи прогнозування результатів різання, оптимального вибору вихідних параметрів (потужності випромінювання W , швидкості різання V , тиску газу P , фокусної відстані F) при різній товщині

листів, що розрізають. Пов'язано це, перш за все, з різноманіттям і складною взаємодією протікання при лазерному різанні фізичних процесів.

У роботах Мінаєва І.В. та інших, були проведені дослідження, що описують вплив параметрів ЛР на шорсткість поверхні різку [7]. Досліджено зразки зі сталі марки Ст.3 товщиною 6, 10, 14 мм. Параметри ЛР варіювали в межах $W = 1200 \dots 1900$ Вт, $V = 700 \dots 1600$ мм/хв, $P = 0,02 \dots 0,05$ МПа, $F = 295 \dots 305$ мм.

У кожному експерименті на листах різної товщини міняли параметри ЛР таким чином, щоб розрізати лист без отримання грат. Відсутність грат підтверджено макрофрактографічним аналізом.

Після вимірювання шорсткості R_z всіх зразках за допомогою пакету прикладних програм Statgraphics CenturionXV отримували математичні моделі, які описують вплив H і параметрів ЛР на шорсткість поверхні різку, а також взаємозв'язок товщини листа і параметрів ЛР.

На рис. 1.10 представлені області значень шорсткості поверхні різку, яку можна отримати на аркушах різної товщини при різних комбінаціях параметрів лазерного різання.

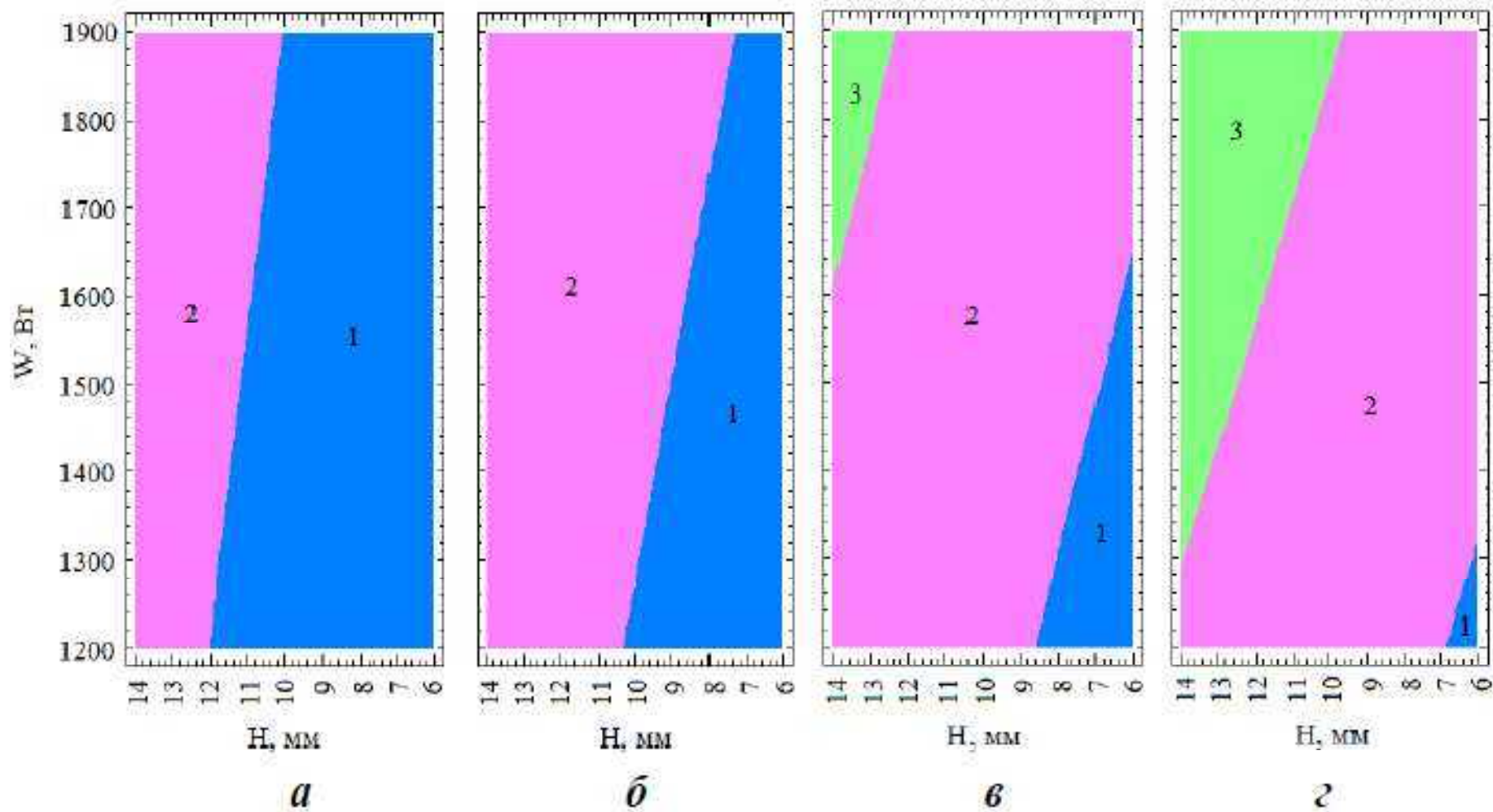


Рис 1.10 Вплив H (товщини металу) і W (потужності випромінювання) на шорсткість зрізу:

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)

Було встановлено, що мінімальні значення шорсткості, які можна досягти на аркушах різної товщини, наведені на рис. 1.11. Точки на графіку позначають номер режиму ЛР, параметри, яких наведені в таблиці 1.1.

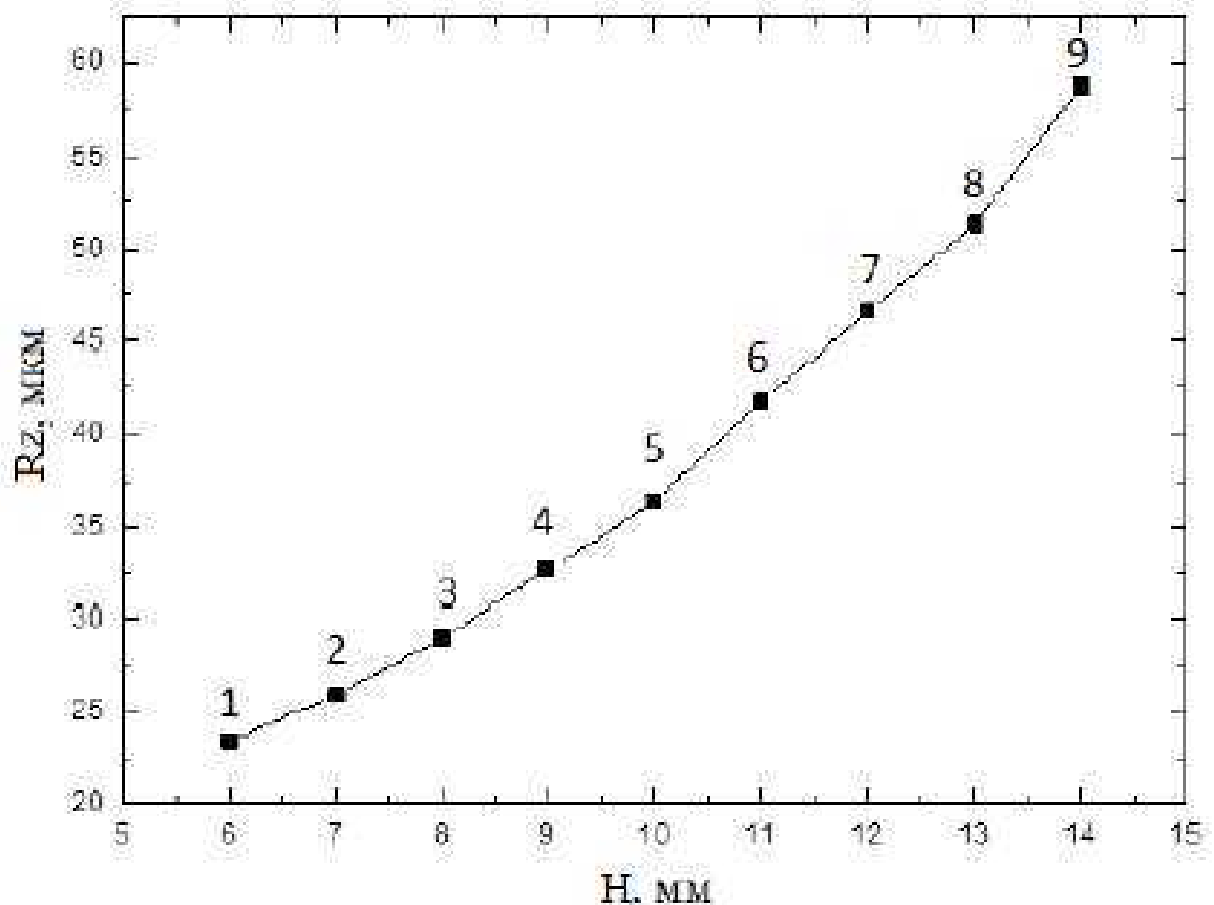


Рис. 1.11. Мінімальна шорсткість для листів різної товщини (точки на кривій - номер режиму ЛР)

Аналіз результатів показав наступне:

- чим більше товщина листа, тим більша шорсткість при порівнянних режимах лазерного різання;
- збільшення швидкості зменшує шорсткість і збільшує діапазон потужності і тиску з метою отримання різку з мінімальною шорсткістю.

Таблиця 1.1. Параметри ЛР для отримання мінімальної шорсткості на аркушах заданої товщини

Номер режиму ЛР	H, мм	R _Z , 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

- збільшення тиску збільшує шорсткість; зменшує необхідну потужність і збільшує необхідну швидкість для заданого значення шорсткості;

- збільшення фокусної відстані збільшує шорсткість, але зменшує необхідну потужність і збільшує необхідну швидкість для отримання заданого значення шорсткості в меншій мірі, ніж тиск;

- збільшення потужності збільшує шорсткість, зменшуючи необхідний тиск для заданого значення шорсткості.

Незважаючи на наявні успіхи в застосуванні лазерів для обробки металів, до сих пір недостатньо досліджені процеси видалення розплаву з розрізу.

Проблеми, пов'язані з якістю лазерного різання металів, наочно представлені на рис. 1.12.

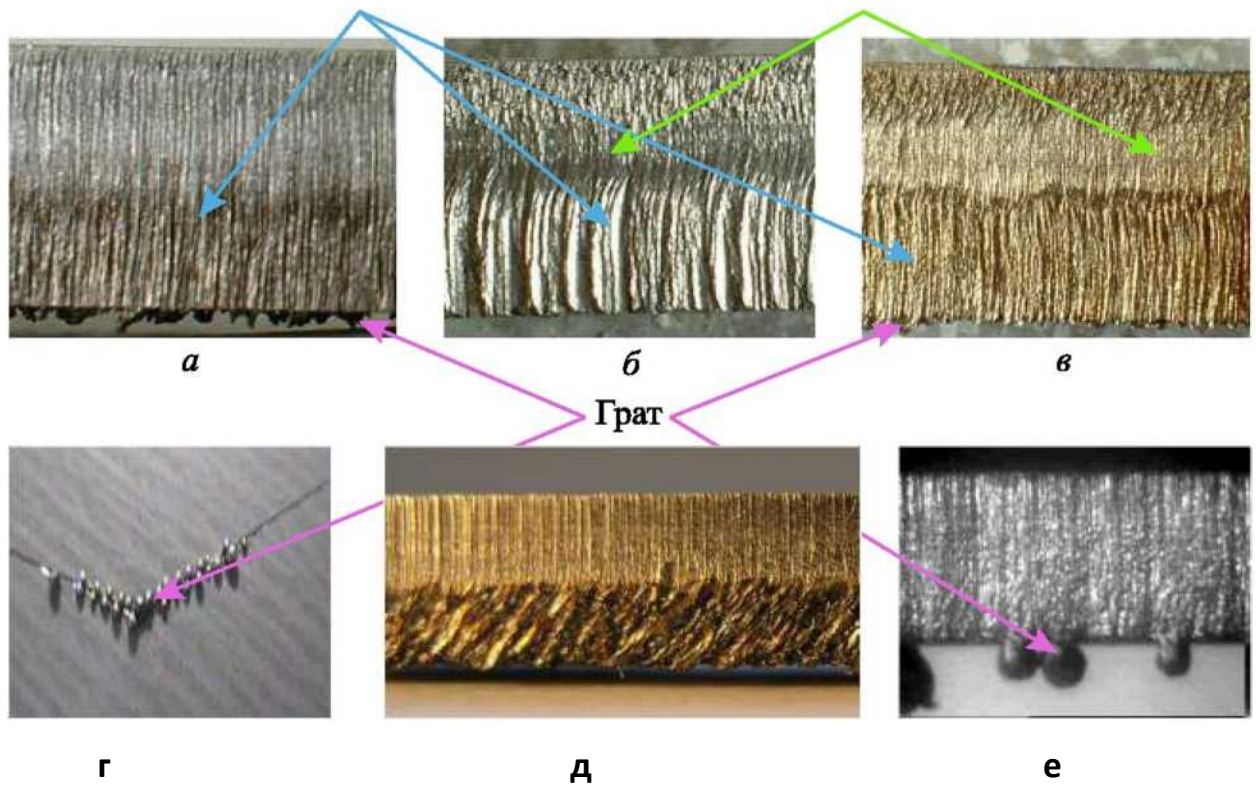


Рис. 1.12. Фотографії дефектів лазерного різання, шорсткість і грат: нержавіюча сталь товщиною 5мм (а) і 16мм (б); титан 30мм (в); електротехнічна сталь 0,5 мм (г); нержавіюча сталь 5 мм (д), окислена в нижній частині різку за рахунок підмішування повітря; нержавіюча сталь 1 мм (е).

Тут представлені найбільш характерні дефекти поверхні, які мають місце при різанні деяких металів різної товщини. Можна бачити зміни в структурі борозен шорсткості в залежності від товщини матеріалу (рис. 1.12 (а, б, в, д)). Грат, який з'являється на зворотньому боці листа, являє собою залишки затверділого розплаву неправильної форми (рис. 1.12 (а, в)) або постає у вигляді округлих частинок, які міцно тримаються на нижній кромці після охолодження (рис. 1.12 (г, е)). Поверхня деяких зразків може мати яскраво виражену більш гладку полосу (рис. 1.8 (б, в)). Зразок нержавіючої сталі (рис. 1.12 (д)) 5 мм завтовшки в нижній частині має наплавлену структуру неправильної форми, що відрізняється за кольором від верхньої, більш гладкої частини.

З проведених досліджень поверхні різку при лазерному різанні можна зробити наступні висновки:

1. При товщині листа 10 мм і більше, шорсткість поверхні $R_z = 36,42 - 58,79$ мкм, що не відповідає вимогам деталей з шорсткістю поверхні до 8-го класу по ГОСТ 2789-73.

2. Недостатньо вивчені механізми утворення шорсткості, яка має борозну структуру. Для товстих матеріалів (10мм і більше) з великим відношенням товщини пластини до ширини різку якість різку сильно знижується.

1.1.3. Дослідження поверхні різку при електрогідроімпульсній штамповці

З метою спрощення технологічного процесу і здешевлення виробництва пропонується використання електрогідроімпульсного штампування (ЕГШ) для виконання операції перфорування отворів в деталях.

У роботах [8,9] розглядалася схема безпуансонного високошвидкісного перфорування отворів в листових деталях. При цьому передбачалося, що формоутворення отворів здійснюється за три етапи:

1. Вдавлювання заготовки в кромку матриці на деяку величину, незначний прогин заготовки і стоншення її в зоні контуру матриці;

2. Збільшення прогину, істотне зростання радіальних напруг, що розтягують і утворюють у верхній, найбільш деформованій зоні тріщин, що розповсюджуються в напрямку до ріжучих крайок матриці;

3. Виштовхування відходу, як за рахунок вторинного імпульсу тиску, так і за рахунок значних інерційних сил.

В роботі [10] наведена залежність, що дозволяє визначити розрахунковий тиск в залежності від відношення діаметру отвору, що перфорується d до товщини деталі δ і напруження зрізу τ_{cp} (рис. 1.13).

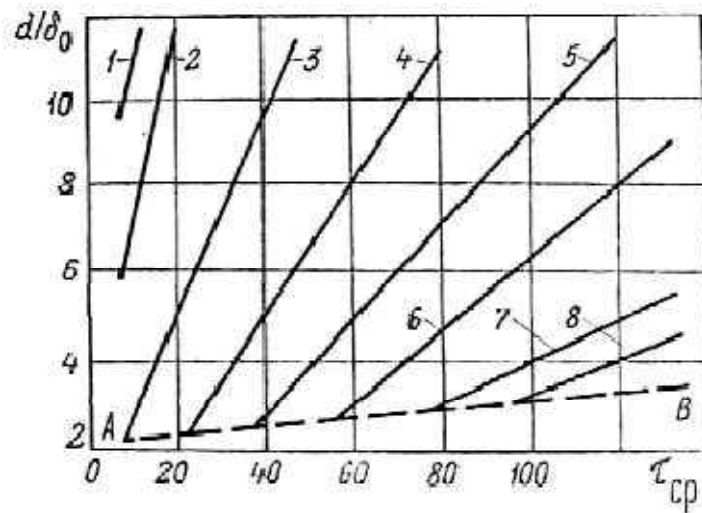


Рис. 1.13 Залежність розрахункового тиску d/δ и $\tau_{\text{ср}}$.

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

Лінія АВ на графіках (рис. 1.13) характеризує граничні можливості процесу. Як бачимо, мінімально досягне співвідношення d/δ приблизно дорівнює 2,2. Однак існує велика номенклатура виробів з співвідношенням $d/\delta < 2,2$, виготовлення яких безпуансонним високошвидкісним деформуванням неможливо. В цьому випадку необхідне застосування інших схем штампування, що забезпечують виготовлення отворів необхідного діаметра.

В якості однієї з такої схеми штампування пропонується ЕГШ виробів із застосуванням допоміжних пуансонів.

Воронько В.В., Жовноватюк Я.С., провели експериментальне дослідження штампування листових деталей «на пуансон» на технологічному блоці № 2 установки УЕГШ-2. [11]

При цьому оснащення 5 встановлювалося на нижню рухливу траверсу гідравлічного преса. Далі заготівля 8 розташовувалася над набором пуансонів 7. Притиск заготовки здійснювався із зусиллям 6000 Н. Проміжні кільця 4 служать для зміни відстані від заготовки до каналу розряду. Підведення

рідини і відведення повітря з розрядної камери 2 здійснювалося через проставку 1. Загальний вигляд експериментальної установки і схема експерименту представлені на рис. 1.14.

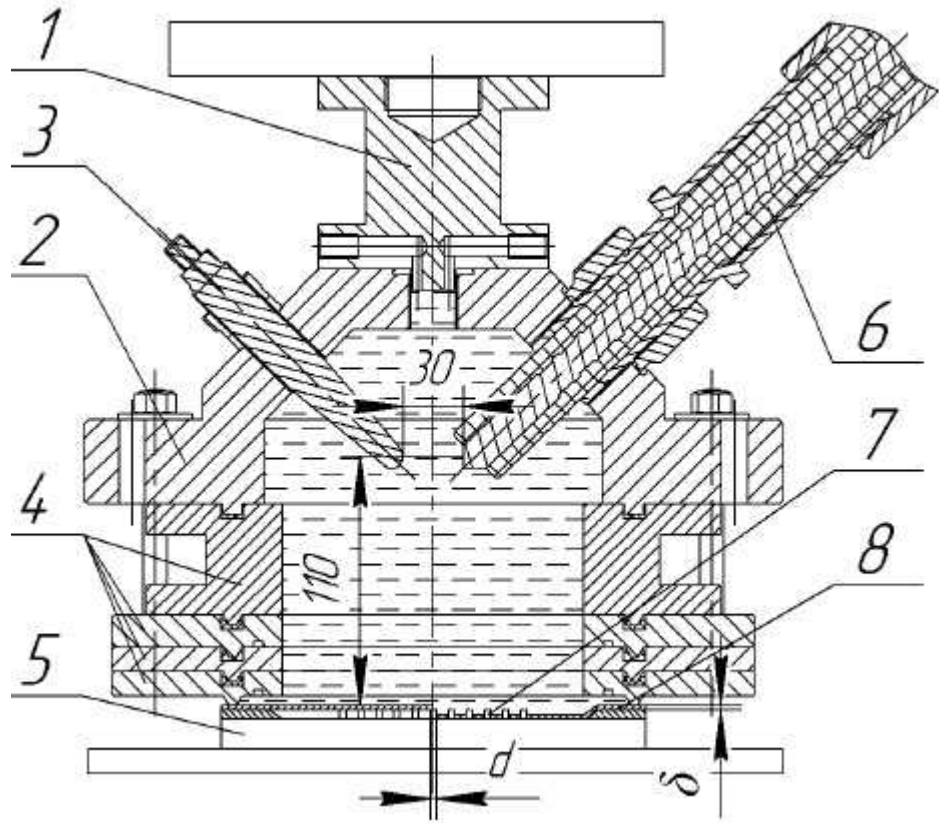


Рис. 1.14. Експериментальний прилад:

1 - проставка; 2 - розрядна камера; 3 - масовий електрод; 4 - проміжні кільця; 5 - оснащення; 6 - ізолюваний електрод; 7 - пуансон; 8 - заготівля.

Для визначення залежності потрібного тиску від діаметра отвору, що перфорується, використовувалися пуансони діаметром 2 мм, 3 мм і 6 мм. При цьому пуансони розташовувалися в вузлах сітки на однаковій відстані одна від одної (рис. 1.15).

Параметри точності перфорованих отворів, а також параметри форми і їх розташування визначалися на мікроскопі МБС-9.

Дослідження перфорування отворів виконувалося з використанням плоских зразків, виготовлених з алюмінієвих сплавів Д16АМ, АМГ2М і сталі

08кп, що дозволило визначити вплив межі міцності матеріалу на величину тиску, необхідного для перфорування отворів. Вплив товщини заготовок на величину потрібного тиску визначалося за рахунок використання листового матеріалу різної товщини: 0,5; 0,65; 1,36 і 2 мм.

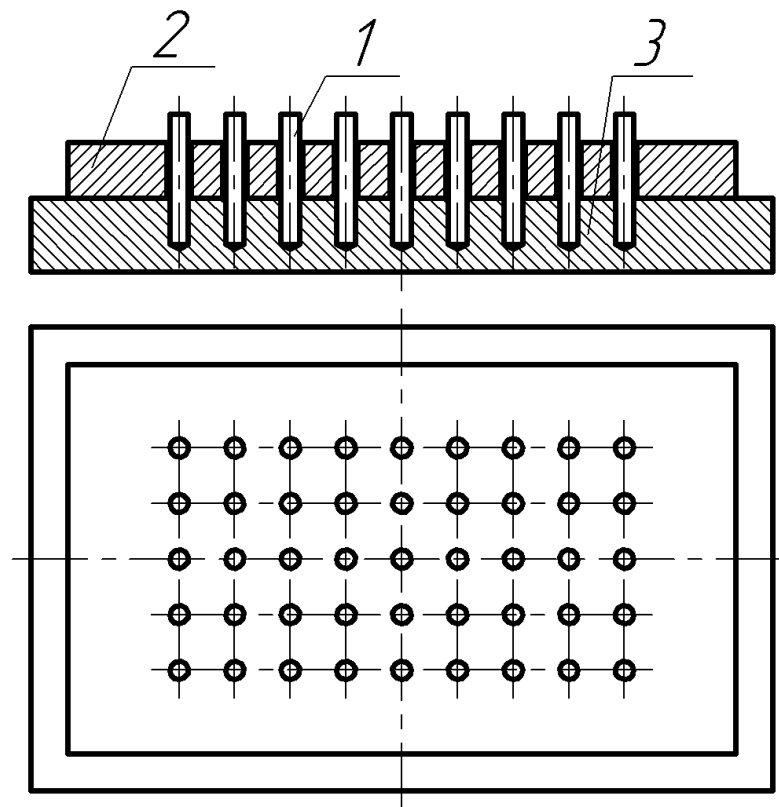


Рис. 1.15. Експериментальне оснащення для перфорування отворів:
1 - пуансон; 2 - верхня плита; 3 - проміжна плита.

Для визначення точності розмірів отворів, що перфоруються, підготовлений зразок розміщувався в робочу зону мікроскопа. Далі за допомогою вимірювальних шкал мікроскопа при збільшенні $\times 56$ визначалися реальні значення діаметра отвору (рис. 1.16, а).

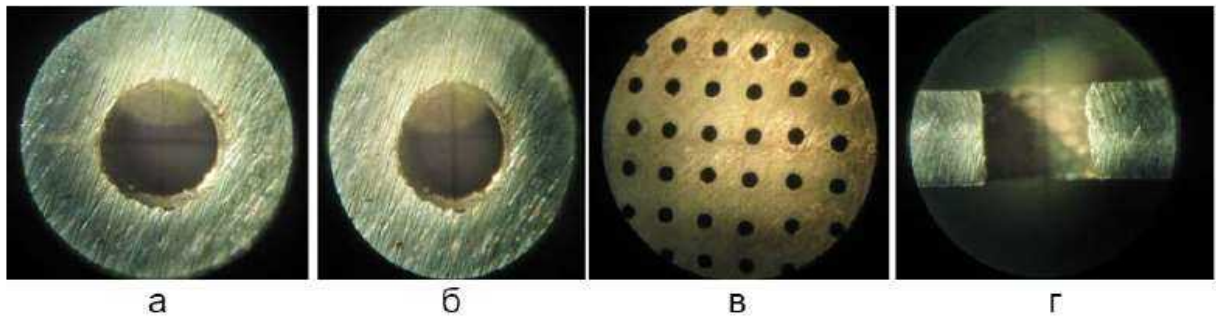


Рис.1.16. Типові картини вимірювань геометричних параметрів отворів, що перфоруються: а - визначення розмірної точності отвору; б - визначення округлості отвору; в - визначення точності взаємного розташування отворів; г - визначення точності профілю поздовжнього перетину отворів.

У табл. 1.2 вказані параметри, що забезпечують точність взаємного розташування отворів в залежності від товщини заготовки.

Таблиця 1.2 - Забезпечуюча точність взаємного розташування отворів

Товщина заготовки, мм	Максимальне 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

Як бачимо, максимальні відхилення міжцентрових відстаней перфоруючих отворів від їх номінального положення спостерігаються для більш тонких заготовок, що пов'язано з їх меншою жорсткістю, а отже, більшою сприйнятливістю до нерівномірного деформування під час штампування і впливу сил при зніманні деталі.

На рис. 1.17 показана залежність точності отвору від його діаметра для досліджуваних матеріалів.

Точність перфорируючих «на пуансон» отворів залежить, в основному, від точності пуансонів і їх зносу. Однак, як видно з рис. 1.17, деякий вплив має пластичність матеріалу, що перфорується. Так, при перфоруванні менш пластичних матеріалів точність отвору вище. Дана особливість пов'язана з більшою жорсткістю непластичних матеріалів.

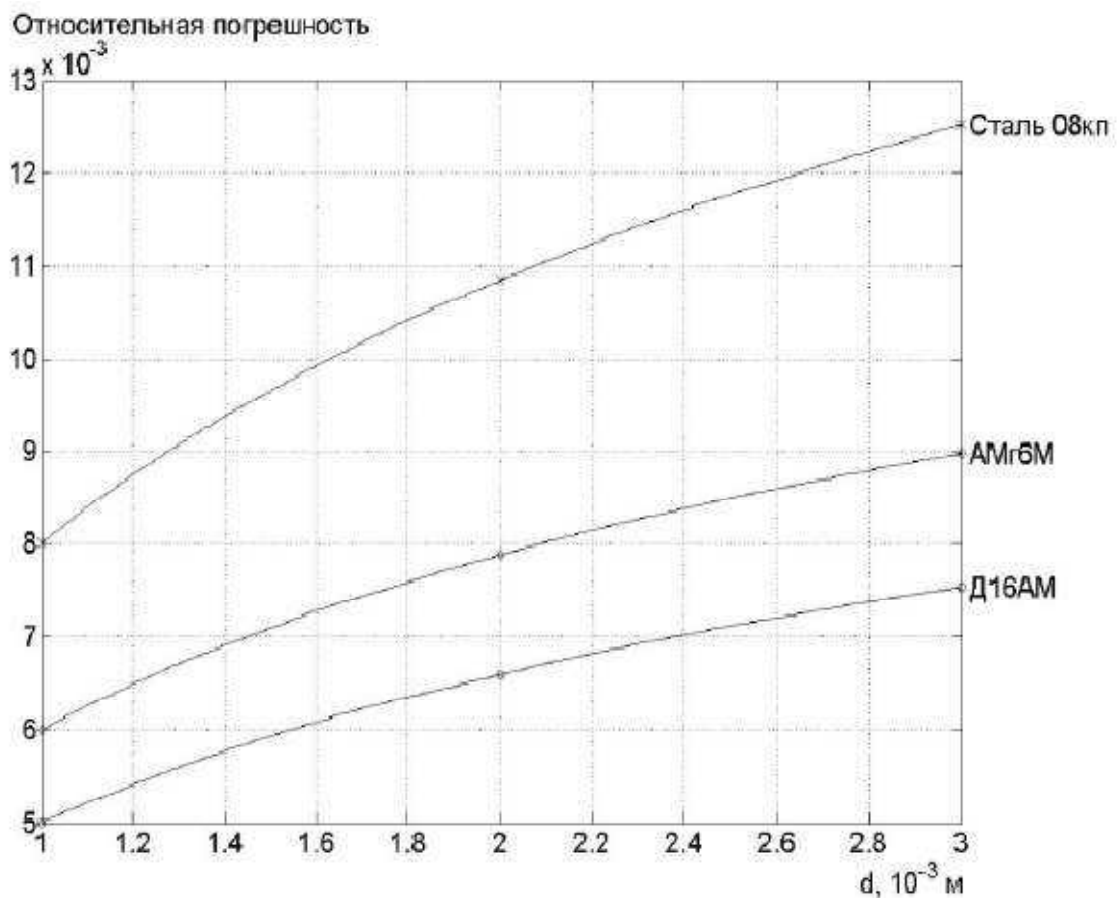


Рис 1.17. Залежність точності отвору від його діаметра

На рис. 1.18 представлені графіки залежності округлості отворів від товщини матеріалу, що перфорується. На округлість отворів в основному впливають спосіб і якість знімання деталі з пуансонів (оскільки при штампуванні виникає розпір матеріалу і для знімання необхідно докласти значних зусиль). Тому при неправильному виборі точок прикладання зусиль

для знімання деталі виникає можливість змінання отвору і, відповідно, зміни його геометричних характеристик, а отже, виникнення браку.

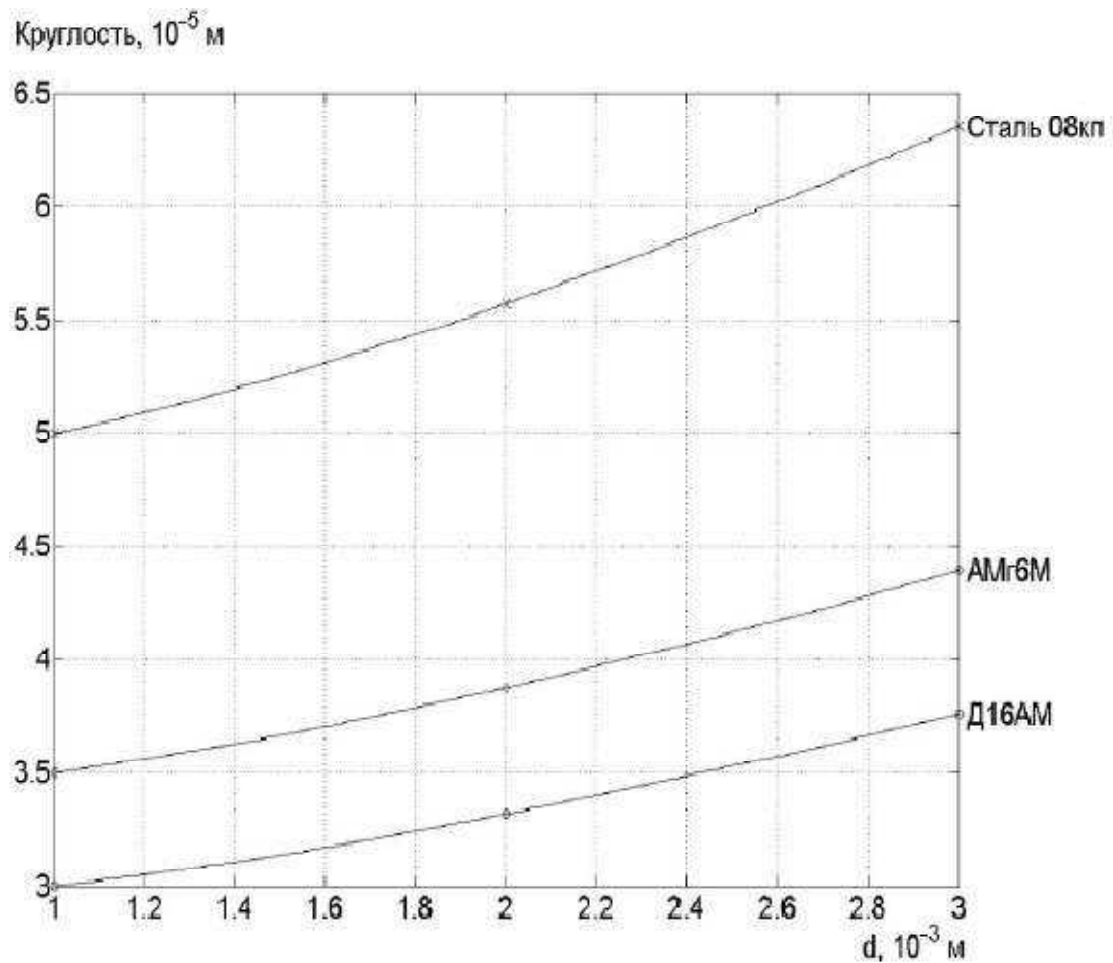


Рис 1.18. Графіки залежності округлості отворів від товщини матеріалу, що перфорується.

На рис. 1.18 наведені графіки залежності похибки профілю поздовжнього перетину отворів від товщини матеріалу, що перфорується.

Аналіз графіків (рис. 1.18) показує, що похибка профілю поздовжнього перетину отворів залежить від товщини матеріалу і від його межі міцності

При використанні ЕГШ, шорсткість отворів прямо залежить від величини зерна матеріалів, що перфоруються, тобто дрібнозернисті матеріали дають поверхню з малою шорсткістю, а грубозернисті - навпаки.

. Виконані дослідження дозволили визначити в чисельному вираженні параметри якості перфорованих «на пуансон» отворів.

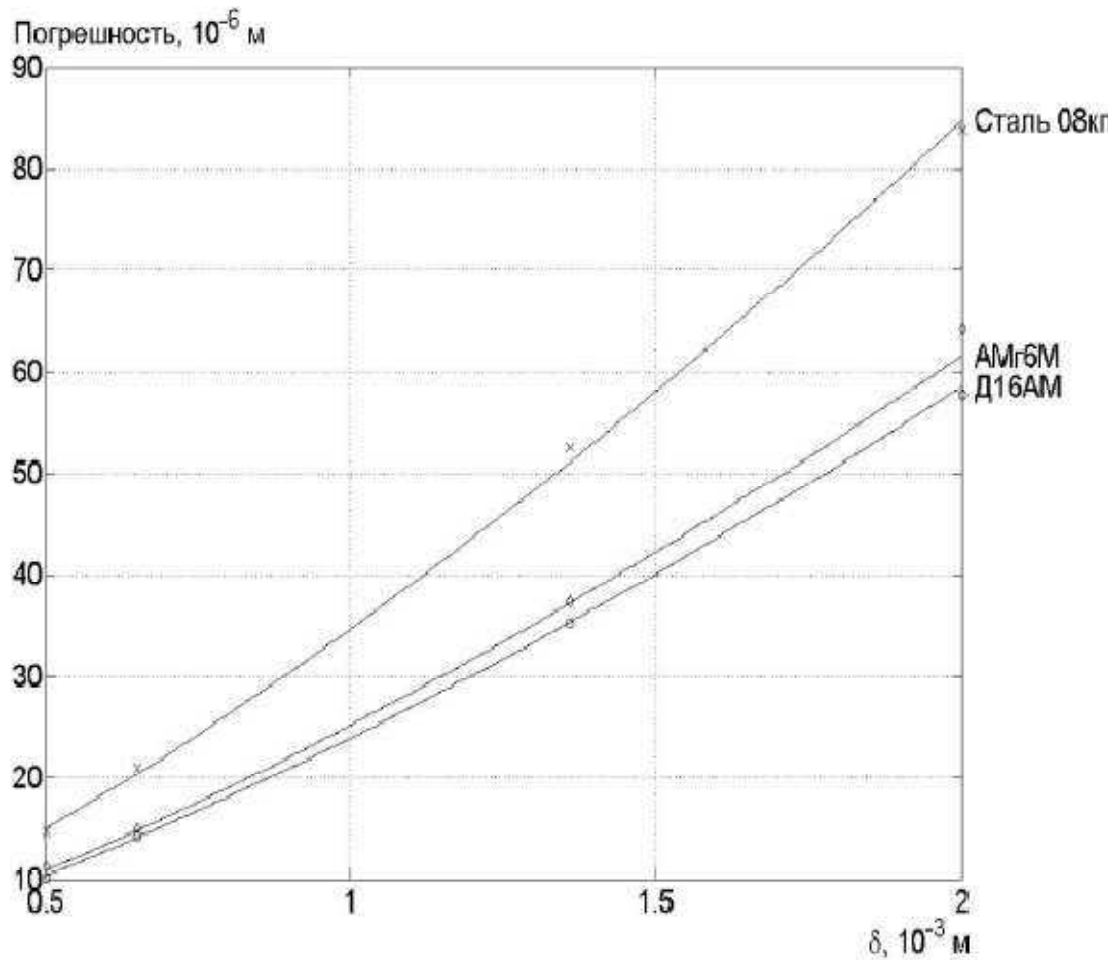


Рис 1.18. Графіки залежності похибки профілю поздовжнього перетину отворів від товщини матеріалу, що перфорується.

Можна зробити висновок, що розмірна точність отворів, точність взаємного розташування отворів, похибка профілю поздовжнього перетину задовольняють вимогам деталей підвищеної точності (4,3 і 2-му класу). шорсткість перфорованих отворів не перевищує $R_a = 5 \text{ мкм}$, мкм, що також відповідає 8-му класу по ГОСТ 2789-73.

Однак, досліджень для отримання отворів, з товщиною більше 2 мм проведено не було.

1.1.4. Дослідження поверхні різку при електроерозійному різанні

Електроерозійна обробка заснована на законах ерозії (руйнування) електродів зі струмопровідних матеріалів при пропущенні між ними імпульсного електричного струму (див. рис. 1.19). Вона застосовується для прошивання порожнин і отворів будь-якої форми, розрізання, шліфування, гравірування, заточування і зміцнення інструменту. Ерозійний метод дозволяє обробляти отвори з криволінійними осями, тонкостінні деталі, вузькі канали, з'єднувальні отвори в корпусах гідро- і пневмоапаратури.

Перевага цього методу - можливість отримання деталей практично будь-якої форми з будь-яких електропровідних матеріалів незалежно від їх твердості (в тому числі деталей із загартованих сталей, твердих сплавів), відсутність задирок.

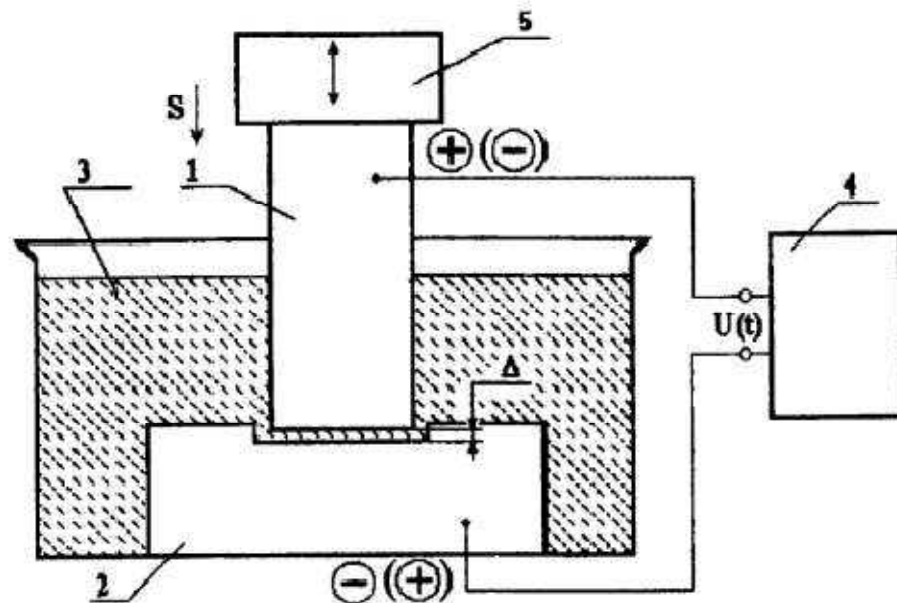


Рис. 1.19. Принципова схема електроерозійної обробки;

1 електрод інструмент; 2 заготовка; 3 - робоча рідина;

4 - генератор електричних імпульсів; 5 пристрій, що стежить.

Головними критеріями, що визначають вибір режиму ЕЕО, є максимальна продуктивність процесу за умови забезпечення заданої точності і шорсткості обробленої поверхні. Відомо, що продуктивність ЕЕО зростає зі збільшенням енергії одиничного імпульсу, що залежить від середнього

струму і тривалості імпульсу. При збільшенні енергії імпульсу знижується точність обробки і зростає зношування електрода-інструменту [12].

Даний взаємозв'язок обумовлений тим, що при короткочасних імпульсах тривалістю 10-4 секунд ерозії піддається невелика ділянка деталі. При більш тривалих електричних імпульсах (10 - 8 с і вище) опрацьований матеріал нагрівається далеко за межами дільниці поверхні деталі, на яку впливає теплота каналу наскрізної провідності, що унеможливорює отримання точних розмірів.

Оглезнев Н.Д., Аблязов Т.Р. та інші, провели дослідження для визначення впливу параметрів ЕЕО, на розміри і форму отвору, а також на шорсткість поверхні отвору в процесі електроерозійної обробки [13]. В якості експериментального зразка обрана сталь 40Х по ГОСТ 4543-71. Дослідження проводилися на прошивному електроерозійному верстаті Electronica Smart CNC. Робоча рідина - масло EDM Oil - IPOL SEO 450. Шорсткість поверхні вимірювалась на профілометрі Mahr Perthometer S2.

Результати експериментів представлені у вигляді графіків (рис. 1.20-1.21).

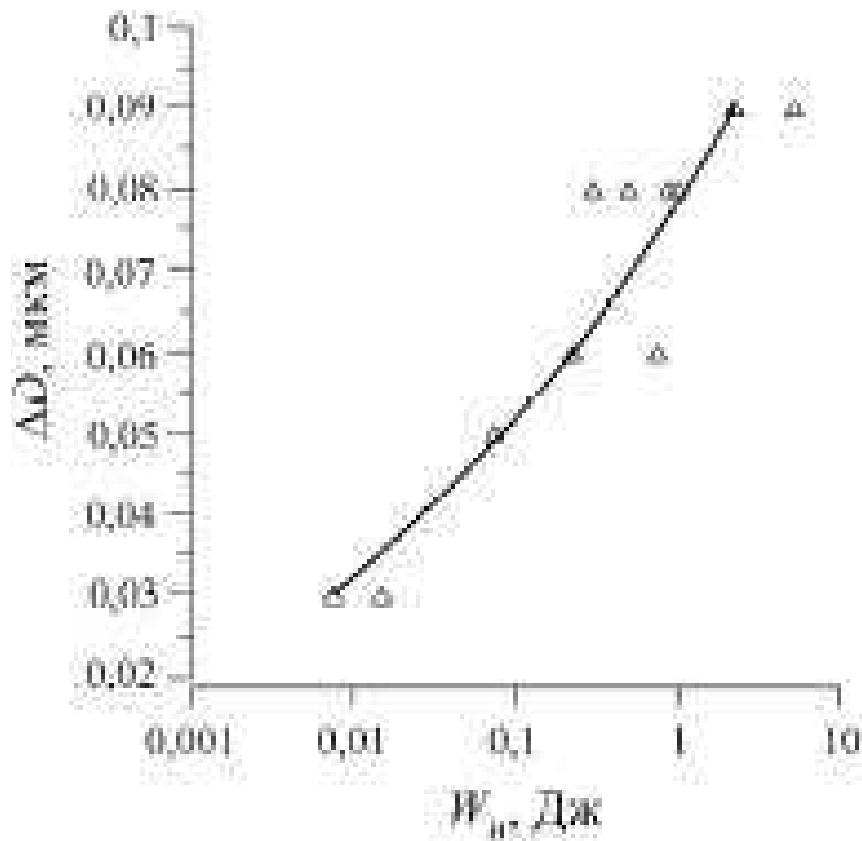


Рис . 1.20 Залежність відхилення діаметра отвору від енергії імпульсу

Електрод-інструмент виконаний з міді марки М1 за ГОСТ 859-2001. Діаметр робочої частини 8 мм. У процесі роботи в заготівлі прошивалися отвори на глибину 20 мм. Контролюючими параметрами обрані діаметри електрода інструменту і обробленого отвору.

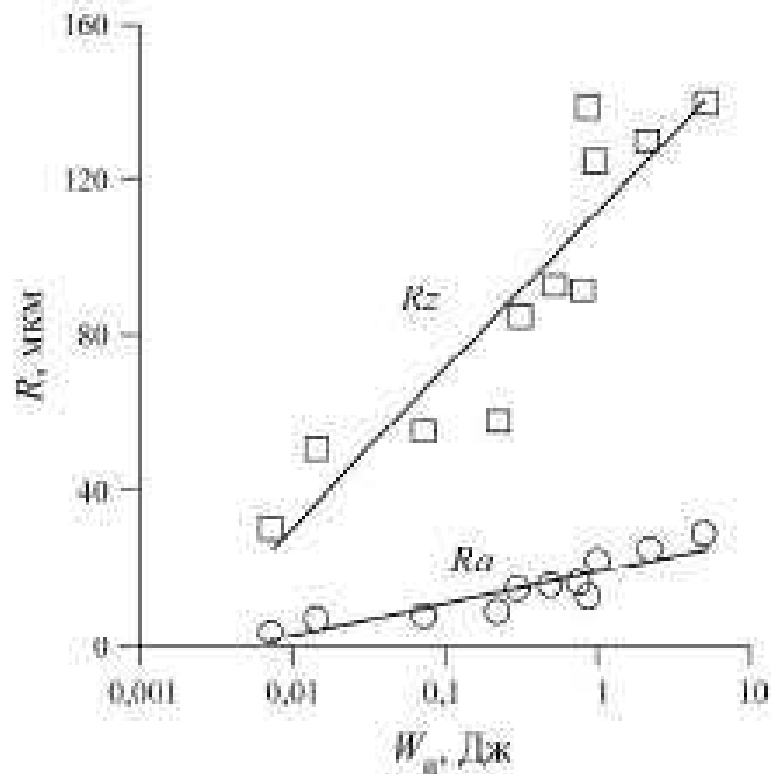


Рис 1.21. Залежність параметрів шорсткості R_a і R_z від енергії імпульсу.

З рис. 1.20 видно, що при великих значеннях енергії імпульсу зростає відхилення розміру від заданого, причиною чого є збільшення параметрів шорсткості R_a і R_z (рис. 1.21).

Таким чином, в ході дослідження виявлено, що на точність обробки істотно впливає значення енергії імпульсу. При мінімальних значеннях W_i забезпечується максимальна точність і мінімальні значення параметрів шорсткості R_a і R_z , що відповідає 8-му класу по ГОСТ 2789-73. Однак при мінімальних значеннях W_i продуктивність обробки знижується, що неприпустимо в сучасному виробництві, так як збільшується час обробки.

Висновок

Кожен з цих методів різання ефективний для вузького діапазону завдань.

Шорсткість поверхні після гідроабразивного різання в діапазоні: $R_a = 2,05 - 10,4$ мкм, $R_z = 12,6 - 42,3$ мкм задовольняють вимогам деталей з шорсткістю поверхні зрізу до 8-го класу, особливо при збільшенні швидкості різання.

Лазерне різання ефективне для товщини матеріалу до 20 мм. При товщині листа 10 мм і більше, шорсткість поверхні $R_z = 36,42 - 58,79$ мкм, що не відповідає вимогам деталей з шорсткістю поверхні до 8-го класу по ГОСТ 2789-73. Також недостатньо вивчені механізми утворення шорсткості, яка має борозну структуру. Для товстих матеріалів (10 мм і більше) з великим відношенням товщини пластини до ширини різку якість різку сильно знижується.

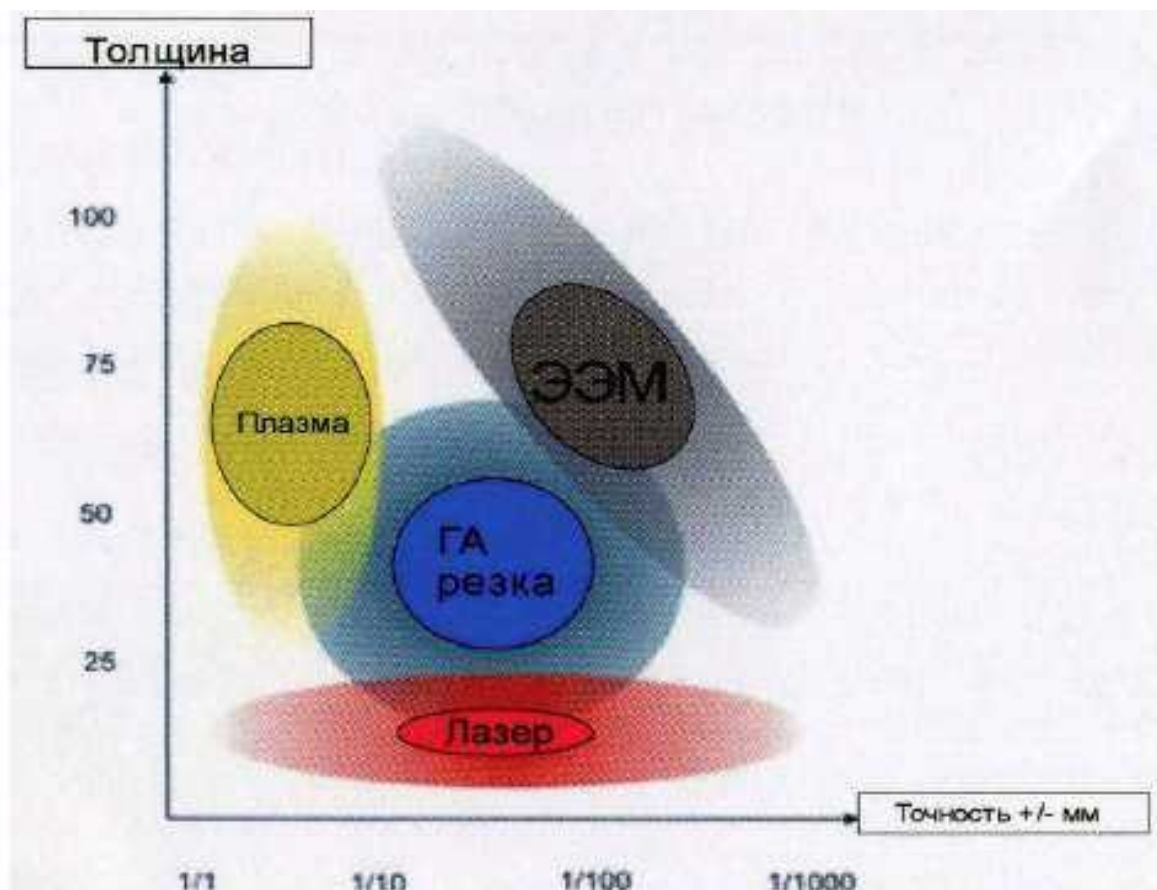


Рис. 1.22. Порівняння точності різних методів різання

Плазмова різка має високу продуктивність, дозволяє розкрюювати метали товщиною до 300 мм, але якість різку дуже груба, оплавлюється кромка різку, утворюється грат, точність різку невисока.

Електроерозійний метод (ЕЕМ) дозволяє отримувати дуже якісний і чистий різ, але продуктивність низька, а вартість витратних матеріалів і устаткування висока.

Розмірна точність отворів, точність взаємного розташування отворів, похибка профілю поздовжнього перетину отворів, отриманих, методом електрогідравлічного штампування задовольняють вимогам деталей підвищеної точності (4,3 і 2-го класу). Шорсткість перфорованих отворів не перевищує $Ra = 5$ мкм, що також відповідає 8-му класу по ГОСТ 2789-73.

Однак, досліджень для отримання отворів, з товщиною більше 2 мм проведено не було.

Тому є необхідність розглянути способи вирубування-пробивання товстолистових матеріалів, з товщиною 10 мм і більше, що забезпечують необхідну якість при використанні простого оснащення.

1.2 Способи вирубування-пробивання товстолистових матеріалів

1.2.1. Способи пробивання, які використовують елементи об'ємного деформування

Даний спосіб передбачає утворення фасок в листовому матеріалі методом штампування. Поглиблення, отримані формуванням, запобігають появі задирок при пробиванні отворів.

Суть способу в тому, що в результаті формування фаски в листовому матеріалі 1 рис. 2.16.а утворюється поглиблення 2.

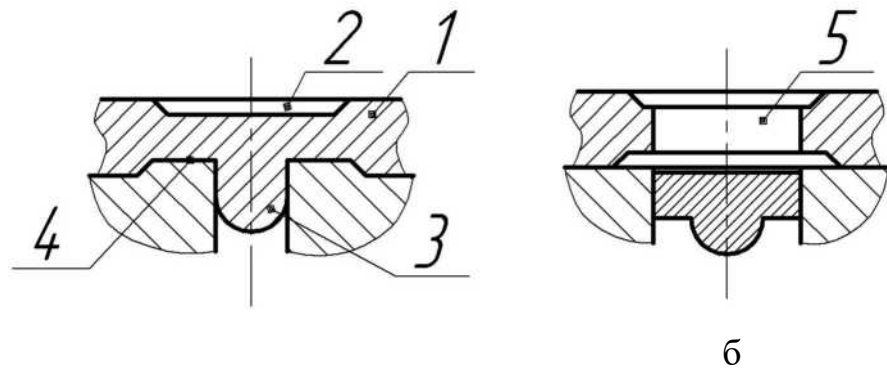


Рис. 1.22. Вирубуння з попереднім формуванням.

Також утворюється стержень 3 з матеріалу, що видавлюється. Одночасно формується додаткове поглиблення 4 навколо видавлюємого стержня. Потім в заготівлі пробивається отвір 5 рис. 1.22, с діаметром більшим, ніж діаметр видавлюємого стержня. Додаткове кільцеве поглиблення має в 1,2-1,5 рази перевищувати ймовірну висоту задирки, що утворюється при пробиванні отвору. Цей спосіб в теорії забезпечує поліпшену якість пробитого отвору, покращує умови служби виробу і не вимагає операції з видалення задирки. У ньому поєднуються операції пробивання і видавлювання з метою підвищення точності виробу. Однак проведені експерименти виконавцем показали (див. рис. 1.23), що якість пробитого отвору змінилася незначно, в порівнянні з класичним способом, а трудомісткість операції збільшилася в 2 рази.



Рис. 1.23. Фотографія пробитого отвору

Висновок: Для пробивання товстолистового матеріалу не рекомендується впроваджувати у виробництво даний спосіб, тому що якість пробитого отвору змінилася незначно, трудомісткість операції збільшилася в 2 рази.

1.2.2. Спосіб пробивання отворів за допомогою карбування зон навколо отворів

На рис. 1.24 представлений спосіб пробивання отвору за допомогою карбування зон навколо отвору, який здійснюється за 3 переходи.

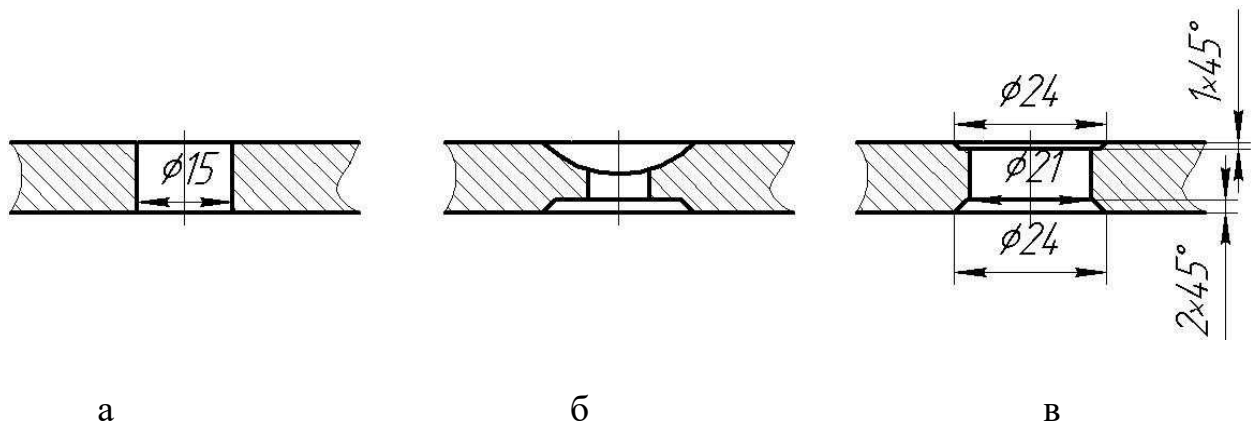


Рис. 1.24. Позиції пробивання отвору за допомогою карбування зон навколо отвору

Ефект, який досягається за рахунок карбування зон навколо отвору, полягає в тому, що задирок, які утворюються при пробиванні отвору, не виходять за межі поверхні деталі, що покращує експлуатаційні властивості диска. За теорією даний спосіб за рахунок операції карбування, що застосовується як елемент об'ємного деформування, повинен забезпечити зміцнення металу в зоні поділу, підвищити міцність виробу.



Рис. 1.25. Фотографія пробитого отвору

Як показали, проведені експерименти виконавцем, даний спосіб не дав суттєвого поліпшення якості поверхні (див. рис. 1.25), а трудомісткість операції збільшується в 3 рази в порівнянні з класичним способом пробивки. Для пробивання товстолистого матеріалу не рекомендується впроваджувати його у виробництво.

1.2.3. Спосіб вирубування-пробивання із зачищенням отвору

Запропоновано і експериментально освоєно спосіб чистової вирубки ступінчастим пуансоном на пресах простої дії або на гідравлічних пресах (рисунок 1.26) [16]. Суть цього способу полягає в тому, що вирубний пуансон має уступ висотою менше глибини вдавнення пуансона, до утворення відколу.

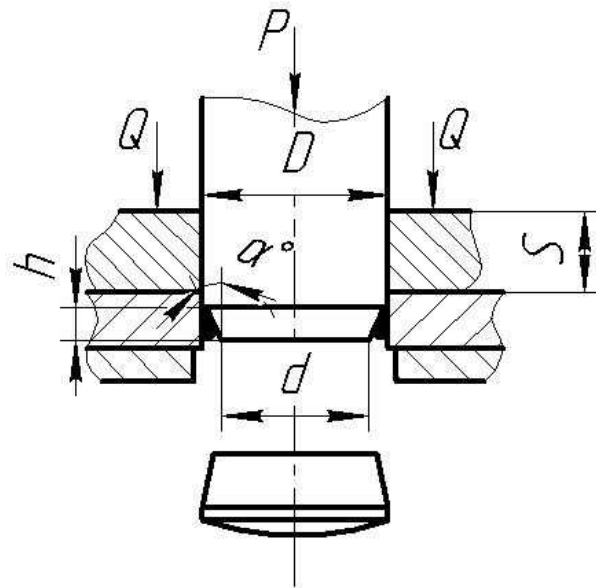


Рис. 1.26. Схема пробивання із зачищенням

Щоб уникнути деформації деталі, пробивання з зачисткою повинне проводитися з притиском деталі до поверхні матриці. На початку відбувається пробивання грубого отвору (зазор $z / 2 = 15\% S$) і видалення відходу див. рис. 1.27.



Рис. 1.27. Фотографія відходу після пробивання

А потім зачищення отвору (зазор $z / 2 = 0,5 \text{ мм}$) див. Рис. 1.28.



Рис. 1.28. Фотографія відходу після зачищення

Кінець пуансона конічної форми висотою h см. Рис. 1.29 тисне на кромки отвору і створює напруги радіального стиснення, що виключає виникнення сколюючих тріщин. Щоб відхід після зачищення не залишався на пуансоні необхідно забезпечити його заходження в отвір матриці на глибину 3 - 4 мм і забезпечити оптимальний кут « α », який дозволив би зісковзувати завусенцям з пуансона. Таким виявився кут $\alpha = 6-8^\circ$. Таким чином, при робочому ході пуансона відбувається вирубування пуансоном великого розміру матриці.

Внаслідок цього середовище деформації значно збільшується, відбувається видавлювання металу в радіальному напрямку і виникнення напружень радіального стиснення, що запобігають утворенню сколюючих тріщин.



Рис. 1.29. форма пуансона

На рис. 1.30 показана звичайне пробивання з зачищенням, де чітко видно блискучий пояс по всій товщині металу, а на виході видно задирок.



Рис. 1.30. Фотографія пробитого отвору

Задирок можна видалити абразивним кругом вручну або формуванням фаски з одного боку (див. Рис. 1.31).



Рис 1.31. Фотографія пробитого отвору з подальшим формуванням фаски

Шорсткість поверхні зрізу при цьому способі зачищення досягає для латуні $R_a 0,63-0,32\text{мкм}$, для м'якої сталі .

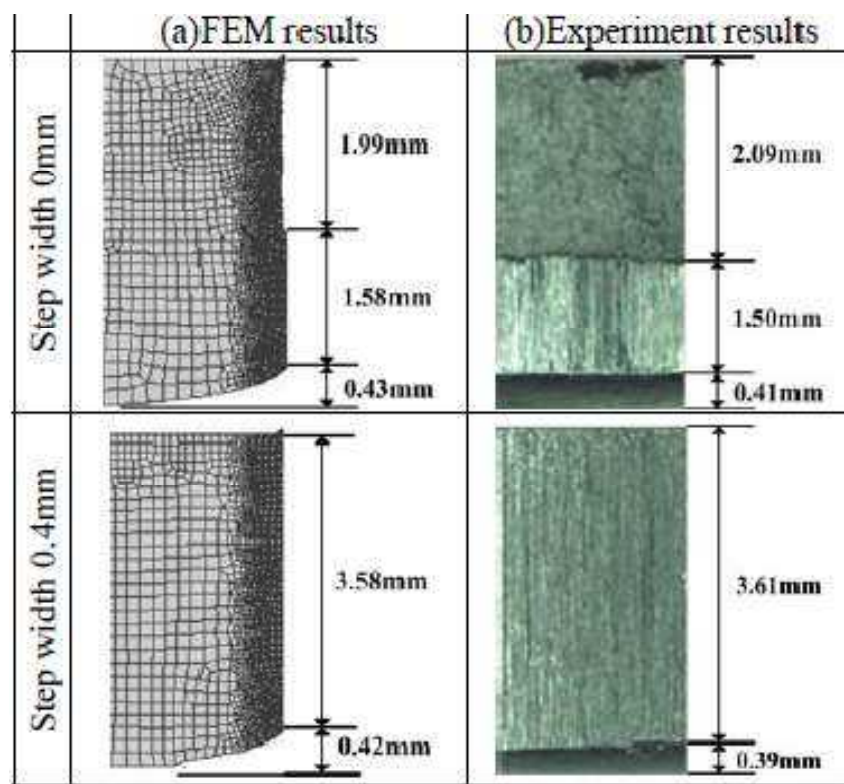


Рис.1.32. Порівняння поверхні зрізу для звичайного пуансона і ступеневого пуансона, товщина заготовки $s = 4\text{ мм}$.

Висновок: Дослідження в лабораторних умовах показали, що спосіб пробивання з зачищенням дав найкращі результати по досягненню точності пробитого отвору і отримання якісної поверхні пробитого отвору, в порівнянні зі звичайним способом пробивки (рис.1.32). Однак недоліком даного способу є необхідність точного регулювання преса підвищеної жорсткості, а також швидке зношування різальних кромek, які зачищають частини пуансона.

1.2.4. Спосіб чистового вирубування-пробивання отворів

Чистове вирубування забезпечує виготовлення точних деталей (квалітети 8- 9, СТ РЕВ 144-75) з шорсткістю поверхні зрізу $Ra = 0,3 - 1,5$ мкм, з листових матеріалів товщиною від 0,5 до 15 мм. (Рис. 1.28). У цьому способі застосований метод місцевого вдавнення притиску, забезпеченого клиновим ребром, що йде уздовж зовнішньої конфігурації пуансона. При вдавлюванні ребра відбувається витиснення металу заготовки до різучих кромek і створення інтенсивного гідростатичного тиску в зоні різання. (Рис. 1.33 - 1.34). Опускаючийся слідом за цим вирубний пуансон вирізає деталь з гладкою і перпендикулярною поверхнею зрізу, відповідної 8-9-го класу шорсткості поверхні. Ra 1,25-0,50мкм, для твердої сталі R а 2,50-1,25 мкм. Точність штампування - 3-2- й класи точності.

Основним недоліком цього методу є необхідність застосування дорогих гідравлічних пресів потрійної дії і прецизійних складних штампів. Крім цього, ці преси не призначені для обробки великих заготовок або матеріалу товщиною понад 16 мм. А також, утворенні при поділі матеріалу сколюючих тріщин, спрямованих назустріч один одному з боку пуансона і матриці, що призводить до зниженої якості отвору, що пробивається, як по чистоті поверхні поділу, так і по його геометричним характеристикам.

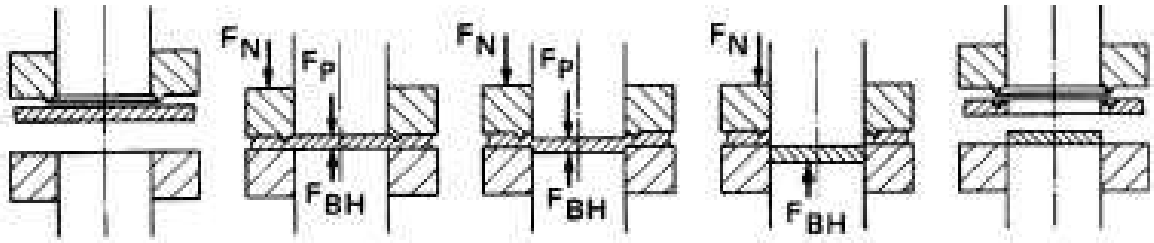


Рис. 1.33. Етапи чистового вирубання - пробивання отворів.

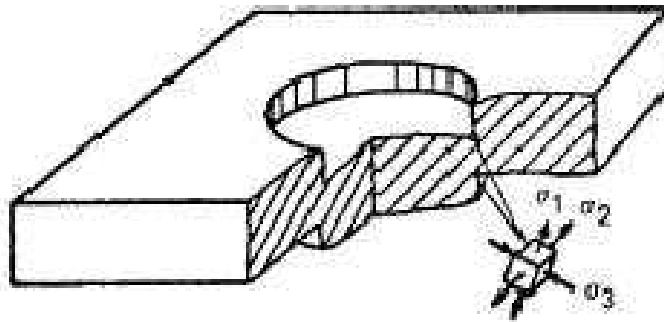


Рис 1.34. Напружений стан заготовки після чистового вирубання - пробивання.



Рис. 1.35 Порівняння поверхні звичайного і чистового вирубання-пробивання.

1.2.5. Реверсивне вирубання (із зустрічною надрізкою)

Іншим способом чистової вирубкi є реверсивна вирубка (зi зустрічним надрізанням), наведена на рис. 1.36. Процес реверсивної чистової вирубкi відбувається наступним чином. Спочатку (рис. 1.36, I) верхні робочі частини штампа опускаються вниз і затискають заготовлю. Потім (рис. 1.36, II) нижній пуансон-матриця рухається, від низу до верху і врізається в заготовку на 20-25% товщини матеріалу.

Після цього (рис. 1.36, III) верхній пуансон-матриця рухається зверху вниз на величину, рівну $1,5S$ і виробляє повний зріз по зовнішньому і внутрішньому контуру. Решта частин штампа залишаються нерухомими. При цьому способі чистового вирубкування-пробивання шорсткість поверхні зрізу відповідає 8-9 - му класу за ГОСТом.

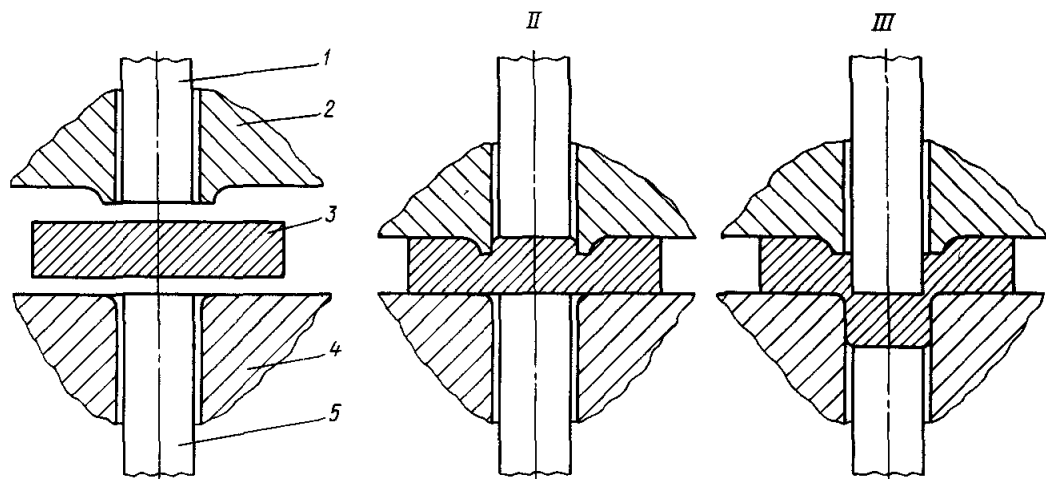


Рис. 1.36. Схема способу реверсивного чистового вирубкування:

1 - пуансон; 2 притиск (з прямокутним ребром); 3 – заготовля;
4 матриця; 5 контрпуансон (виштовхувач);

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

Висновок

Недоліками цього методу є дороге устаткування і не можливість пробивання отворів більше 10 мм.

1.2.6. Спосіб чистового вирубання з нагріванням заготовки

В даний час освоєно процес чистового вирубання і пробивання товстолистових деталей (10-30 мм) в нагрітому стані. Звичайне пробивання-вирубання деталей такої товщини супроводжується вкрай низькою якістю поверхні зрізу, часто вимагає застосування механічної обробки контуру на металорізальних верстатах. Чистова вирубка на гідравлічних пресах потрібної дії в даному випадку не може бути застосована через великі товщини матеріалу і великих витрат.

Спосіб чистової вирубки в нагрітому стані дозволяє одержати високу якість поверхні зрізу 6-7-го класу шорсткості по всій товщині деталі, не вимагає наступної механічної обробки контуру і знижує робоче зусилля преса в 5-6 разів.

Експериментально встановлено, що для отримання чистого зрізу по всій товщині деталі величина одностороннього зазору повинна перебувати в межах 0,5- 1% S, а температура нагріву заготівлі від 750 до 900 ° С.

На рис. 1.37, (а), наведена схема впровадження пуансона при чистовому вирубванні – пробиванні в нагрітій заготівлі. А на рис. 1.37, (б) - криві порівняння опору зрізу при чистовому вирубванні (1), звичайній вирубці на кривошипному пресі (2) і чистовій вирубці з нагріванням заготовки (3).

На рис. 1.37, (а) видно, що глибина впровадження пуансона h_n більше висоти h_m видавленого в матрицю металу, що свідчить про витиснення металу з-під пуансона в радіальному напрямку. В результаті цього в зоні різання виникають напруги радіального стиснення, які викликають утворення сколюючих тріщин.

Одночасно з чистовою вирубкою зовнішнього контуру отвір на відході виходить такої ж міри шорсткості як і на поверхні (6-7-й клас) Так само, недоліком даного способу є необхідність точного регулювання преса підвищеної жорсткості і збільшені задирки.

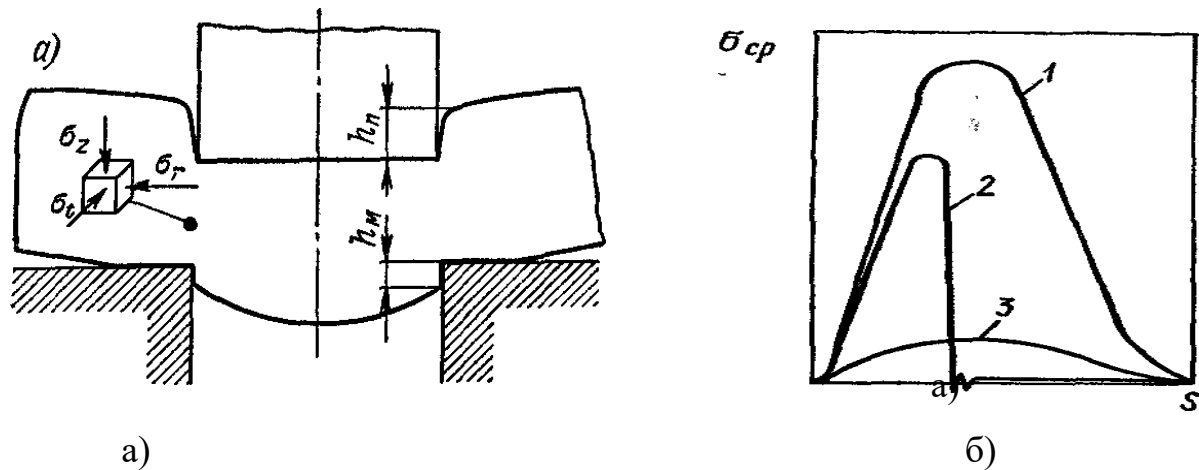


Рис 1.37. а - схема впровадження пуансона при чистовому вирубунні - пробиванні в нагрітій заготівлі; б - криві порівняння опору зрізу при чистовому вирубунні (1), звичайній вирубці на кривошипному пресі (2) і чистової вирубки з нагріванням заготовки (3).

1.2.7. Спосіб чистового вирубуння-пробивання з попереднім вигином заготівки

При вирубунні з попередніми вигином заготівка укладається на матрицю, робочі торці якої виконані під кутом ψ до горизонтальної площини. Аналогічний нахил має торець притиску. Притиск згинає заготовку по сферичній поверхні, зверненої вершиною до торну вирубного пуансона (рис. 1.38, б), а пуансон, опускаючись, прагне випрямити зігнуту заготівку, створюючи при цьому стискаючі напруги в зоні зрізу (рис. 1.38, в). Після цього проводиться чистова вирубка (рис. 1.38, г).

Зусилля чистового вирубуння (виключаючи зусилля притиску) з використанням вигину заготовки практично не відрізняється від зусилля звичайної вирубки.

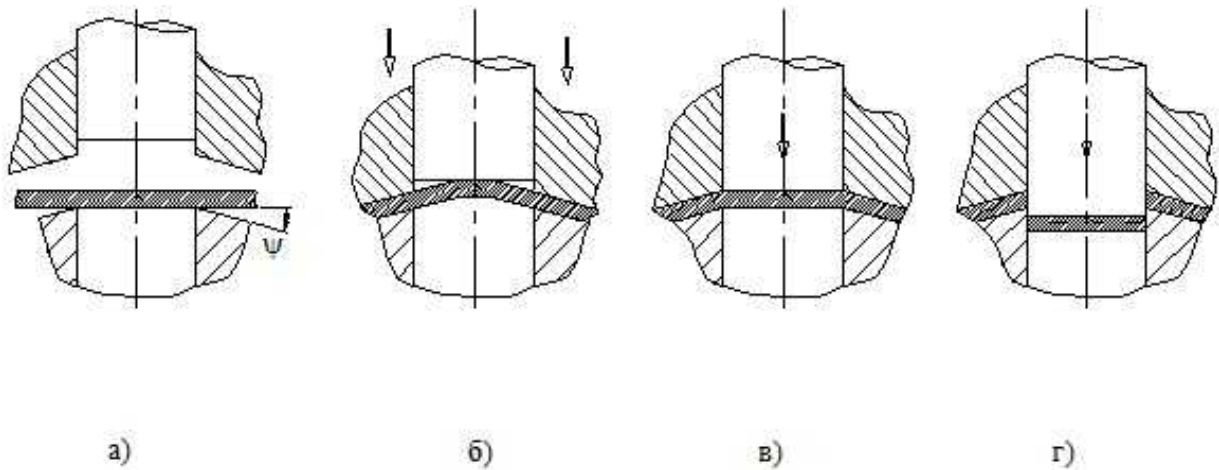


Рис. 1.38. Схема пробивання з додатковим стисненням в радіальному напрямку: а) вихідне положення: б) попередній вигин заготівлі: в) стиснення заготовки в зоні зрізу: г) відділення виробу.

Висновок

1. Якість одержуваної поверхні відповідає 6 - 8 класу шорсткості.
2. клинові ребра збільшують витрати матеріалу, так як перемички між деталями і бічні перемички при чистовому вирубіванні трохи більше, ніж при звичайній вирубці, і складають від 1,5 до 2 товщини матеріалу.
3. Цей спосіб відомий для виготовлення симетричних деталей, а також для чистового пробивання отворів малої товщини.

1.2.8. Спосіб чистового вирубівання-пробивання з попереднім створенням концентраторів напружень

Хтайк Сан Вин досліджував новий спосіб створення високого гідростатичного тиску в зоні зрізу шляхом збільшення зусилля пробивання в результаті запобігання утворення сколюючих тріщин з боку матриці і збільшення обсягу матеріалу заготівлі, залучаємого в пластичну деформацію завдяки наявності концентраторів в зоні отвору. [18]

Концентратори виконуються попередньо з використанням інструменту типу центробору або трубчастої фрези, яка виконує і функції пуансона.

Встановлено, що механізм відділення відрізняється від традиційного. Якщо при звичайному пробиванні у різальних кромках пуансона і матриці з'являються тріщини, які ростуть і з'єднуються, що і є причиною поділу, то в запропонованому способі поділ відбувається в результаті зсуву однієї частини заготовки щодо іншої, чому передують значна пластична деформація. [18] Приклади експериментальних залежностей наведені на рис.1.33-1.35.

$d_{\max} - d_{\min}$

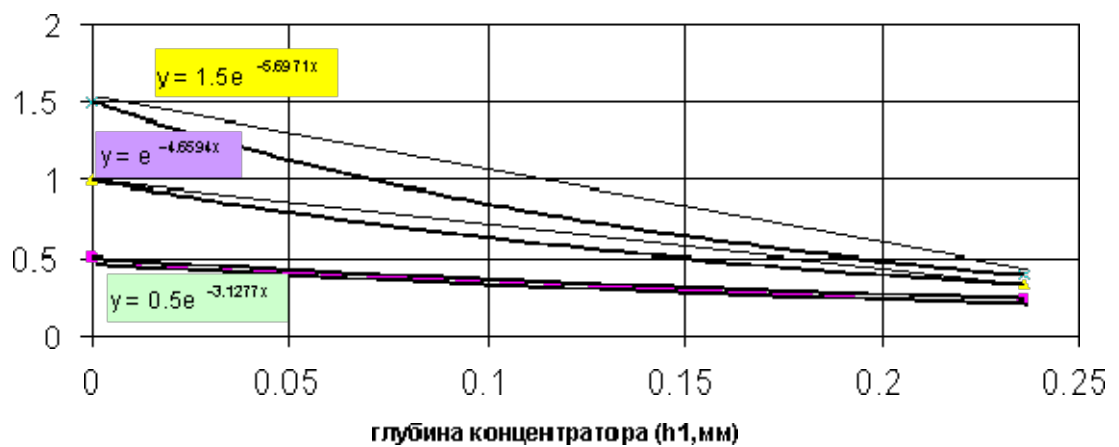


Рис. 1.33. Залежність бочкоподібності отворів від глибини концентратора з боку пуансона

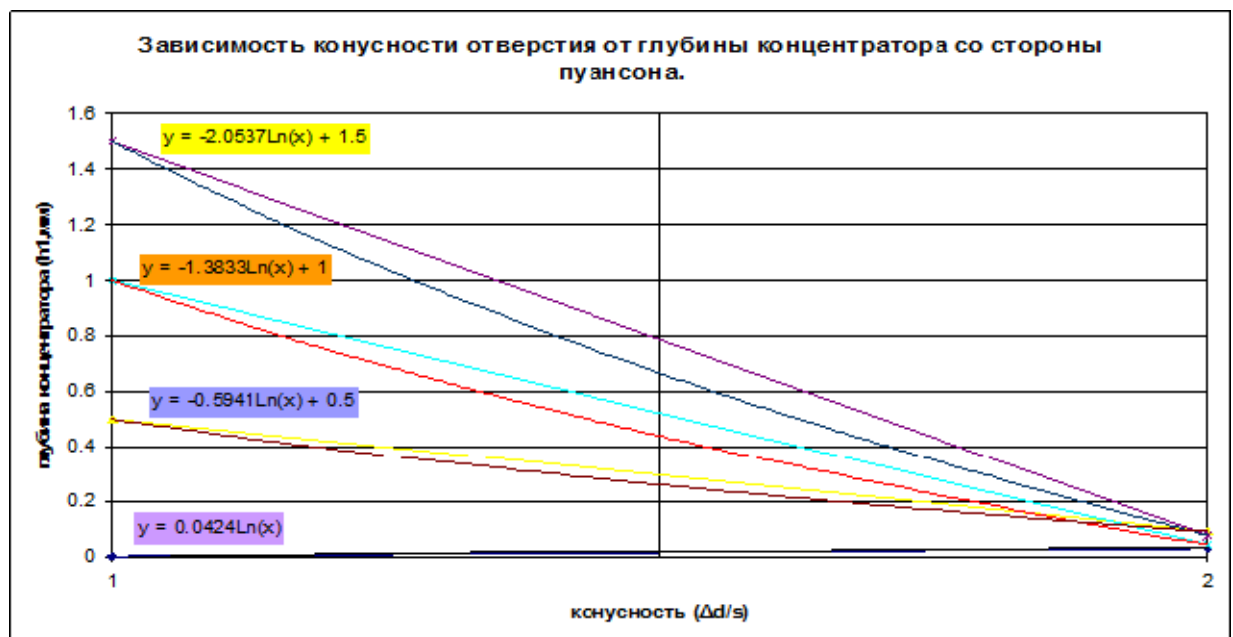


Рис. 1.34. Залежність конусності отвору від глибини концентратора з боку пуансона.

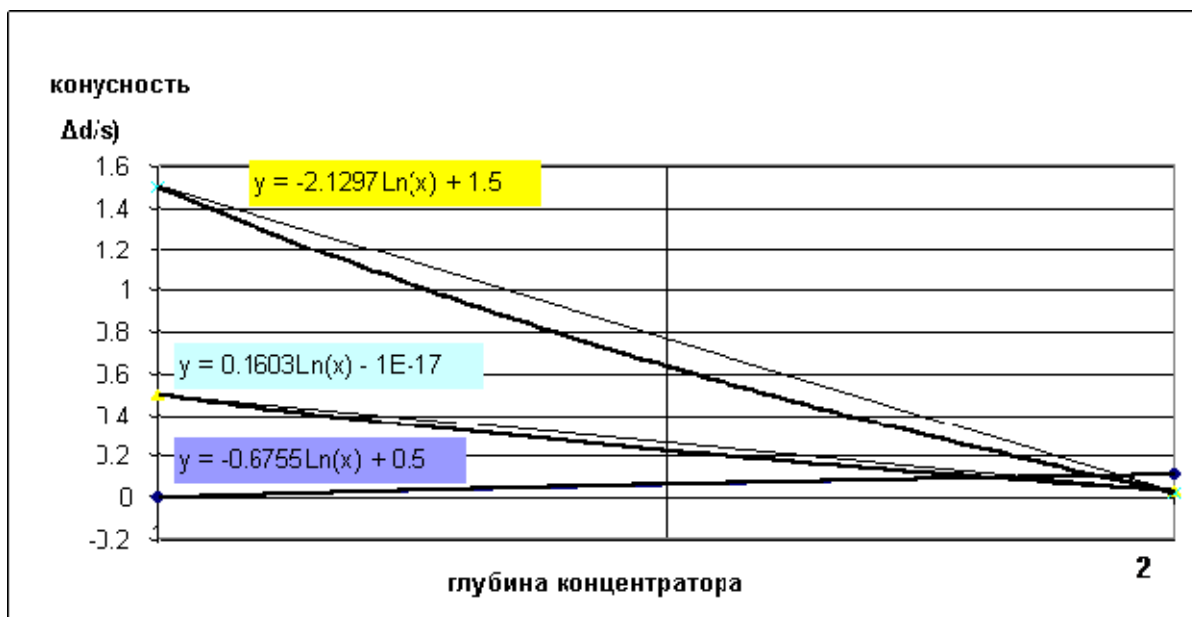


Рис. 1.35. Залежність конусності отвору від глибини концентратора з боку матриці.

На рис. 1.36 приклад профілограми, знятої з довжиною траси інтегрування 1,6 мм уздовж осі отвору.

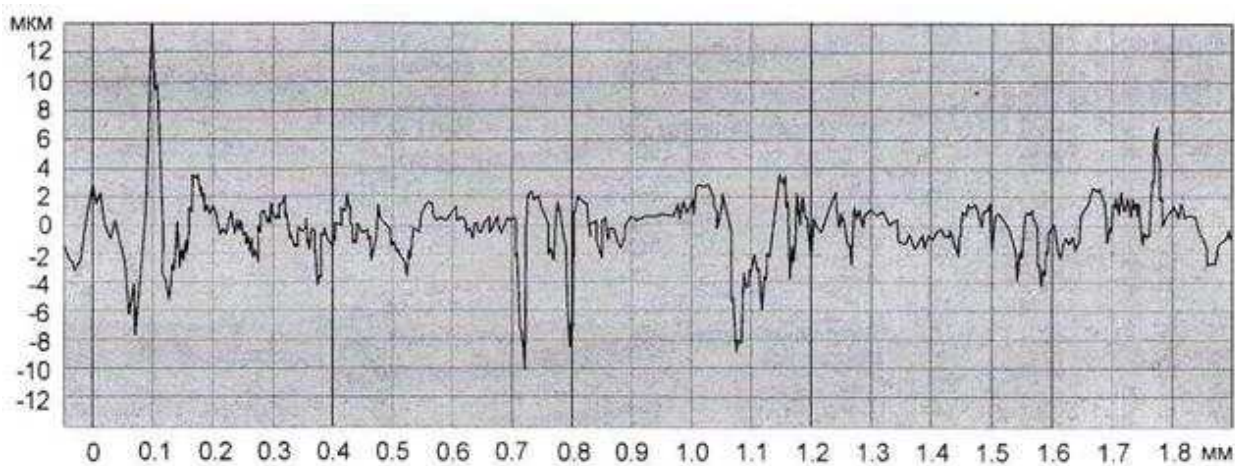


Рис. 1.36. Середні значення шорсткості для гладких ділянок по п'яти вимірах: $R_z = 6,96$ мкм, $R_a = 1,26$ мкм.

Запропонований спосіб пробивання при високому гідростатичному тиску дозволяє використовувати спрощене штампове оснащення. Висока точність підгонки пуансона і матриці не потрібна. В одному комплекті інструменту можна пробивати отвори в заготовках різної товщини. Позитивні результати спосіб дає при пробиванні отворів в заготовках, як з пластичних, так і з крихких матеріалів.

Висновки

Спосіб пробивання з використанням концентраторів забезпечує 8-9 квалітет отворів по ГОСТу 25347-82, що значно точніше, ніж при використанні традиційних методів пробивки. Недоліком способу є висока трудомісткість, викликана необхідністю первинного виконання обробкою різанням співвісно-розташованих концентраторів напружень перед пробиванням отвору. Також слід зазначити, що пробивання з товщиною більше 8 мм було досліджене.

1.2.9 Спосіб пробивання-вирубубування середніх і толстих штаб з використанням рифленого пуансона.

В роботі Сичука - Чигиринського [19] виявлено, що бокова поверхня робочої частини рифлених пробивних пуансонів у вигляді сукупності регулярно поздовжніх виступів і западин, що повторюються, створює нерівномірне уздовж профілю рифлень напружено-деформований стан заготовки, що пробивається. Зазначена нерівномірність напружено-деформованого стану зумовила початкове утворення сколюючих тріщин в зоні контакту заготовки з внутрішніми кутами западин рифлень. При пробиванні рифленими пуансонами з $X^* = 0,68 \dots 0,72$ (рис.1.38) сколювальні тріщини в зазначеній зоні утворюються вже при робочому ході пуансона рівному 15% товщини заготовки. (Рис.1.39)

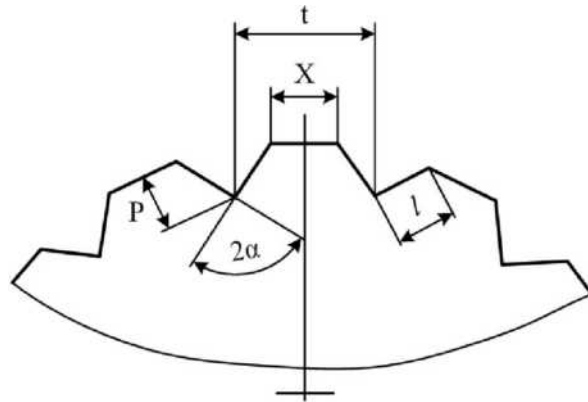


Рис. 1.38 Профіль рифлень на бічній поверхні робочої частини пробивного пуансона

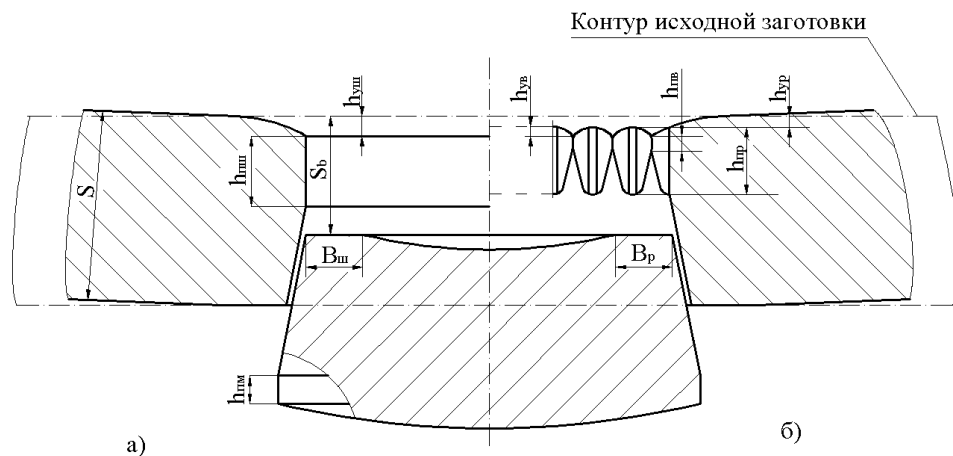


Рис. 1.39. Геометричні параметри отвору, пробитого шліфованим (а) і рифленим (б) пуансонами

А при пробиванні шліфованими пуансонами початок утворення сколюючих тріщин відбувається при робочому ході пуансона рівному 40-42% від товщини заготовки. Більш раннє порівняно з пробиванням шліфованим пуансоном утворення сколюючих тріщин призвело до змінної висоти і зменшення на 20% площі блискучого пояса.[19, 20].

Висновок

Стійкість пуансонів з рифленою робочою поверхнею в 5 - 6 разів вище в порівнянні зі стійкістю шліфованих пуансонів при пробиванні товстолистової маловуглецевої сталі. Однак, не було вивчено вплив рифленої поверхні на чистоту поверхні зрізу деталі, що пробивається.

ВИСНОВКИ

Були розглянуті спеціальні методи вирубання-пробивання отворів товстолистових матеріалів: пробивання отворів за допомогою ступеневого пуансона; чистове вирубання з поперечною осадкою заготівлі, чистове вирубання з нагріванням заготовки, реверсивний спосіб чистової вирубки і інші.

Але, жоден з них не дав можливість отримати блискучий поясок по всій товщині металу, тобто гладку і перпендикулярну поверхню зрізу з шорсткістю поверхні до 8-го класу по ГОСТ 2789-73 в матеріалі з товщиною 10 мм і більше, без додаткових механічних операцій. Або необхідно застосовувати дорогі гідравлічні преса потрійної дії і прецизійні складні штампи.

Тому розробка нових способів пробивання отворів штаб з товщиною 10 мм і більше, що забезпечують необхідну якість при використанні простого оснащення, є актуальною

1.3 Вплив форми робочих частин пуансонів і матриць

1.3.1 Форма робочих кромок (граней) матриць і пуансонів

Форма робочих граней матриці і пуансона в значній мірі впливає на величину зусилля і на тривалість періоду зносу штампа до верхньої межі зазору. Для зменшення зусиль різання при вирубіванні товстого матеріалу або деталей великих розмірів застосовують штампи зі скошеними кромками пуансонів або матриць. Різні типи скосу різальних кромок наведені на рис. 1.40.

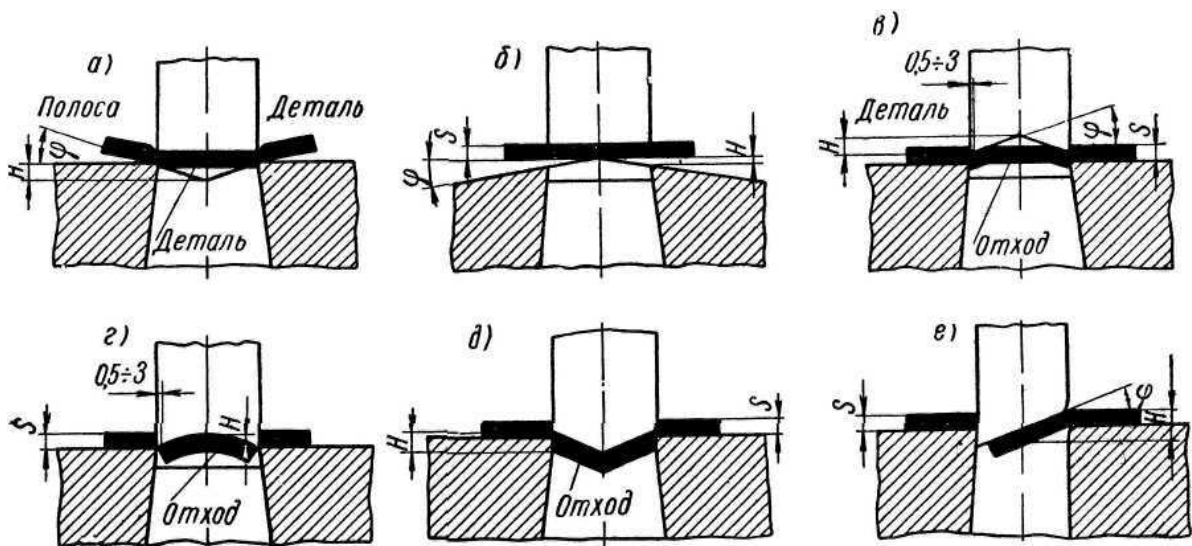


Рисунок 1.40. Різні типи скосу різальних кромок

При вирубці деталей пуансон повинен бути плоским, а скіс робиться на матриці (рис. 1.40, а і б). Деталь виходить плоскою, а відхід зігнутим. скіс повинен бути двостороннім і симетричним щодо центру тиску штампа.

При пробиванні отворів матриця повинна бути плоскою, а скіс робиться на пуансоні (рис. 1.40, в, г, д), внаслідок чого деталь залишається плоскою, а відхід згинається.

Односторонній скіс різальних кромок застосовується лише при надрізці з вигином (рис. 1.40, е). В інших випадках односторонні скоси робити не рекомендуються.

На діаграмі (рис. 1.41) показано зменшення необхідних зусиль при вирубуванні в штампах з різним скосом кромок.

Визначення зусиль при вирубці в штампах зі скошеними кромками проводиться за формулами, наведеними в табл.1.3.

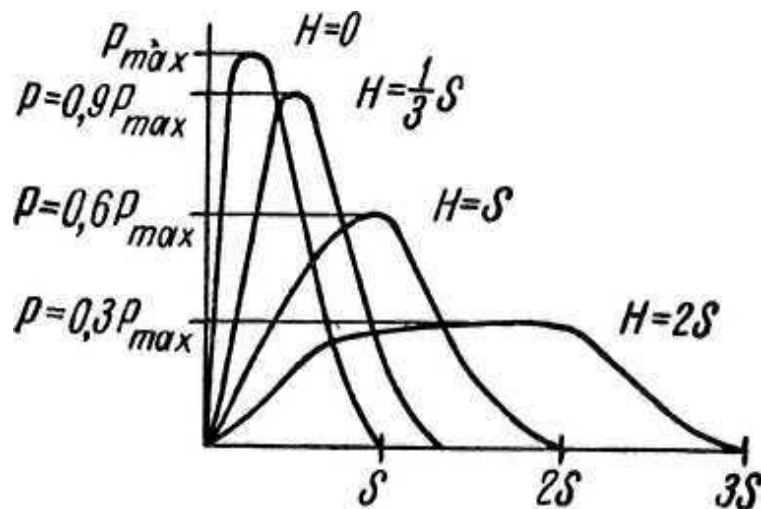


Рисунок 1.41- - Діаграма зменшення зусиль при вирубуванні в штампах зі скосом кромок (H - величина скосу)

Є кілька профілів робочого отвору матриці, але найбільше поширення в штампувальній практиці отримали матриці двох типів (рис. 1.42).

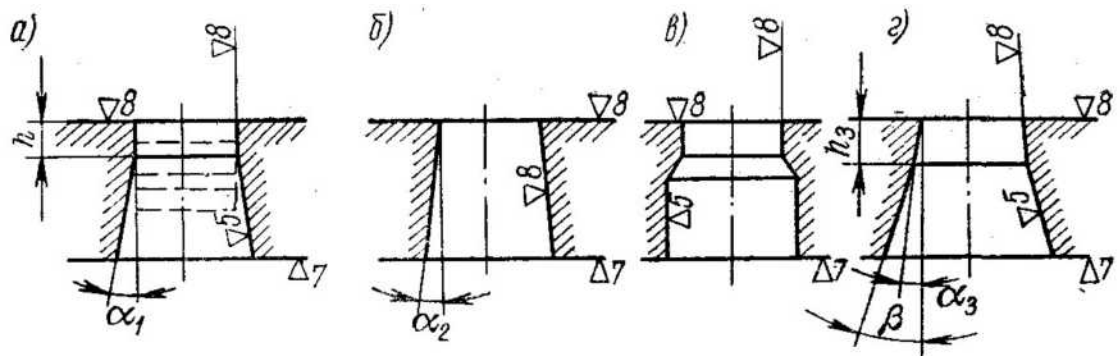


Рис. 1.42. Профілі робочої частини матриці: а) з циліндричним пояском; б) з конусом від робочої (дзеркальної) площини; в) - з двома циліндричними ділянками; г) - з двома конусами.

1) матриці, у яких робочий отвір виконано у вигляді пояска певної висоти (3 - 12 мм), що переходить потім в конус з нахилом вихідних стінок під кутом (рис. 2.17, а);

2) матриці з робочим отвором у вигляді конуса від верхньої дзеркальної їх площини. Величина кута нахилу в цьому випадку коливається в залежності від товщини матеріалу в межах від до (рис. 2.17, б).

Перевага матриць першого типу полягає в тому; що вони мають досить міцну робочу (ріжучу) кромку і не втрачають при заточуванні свого робочого об'єму. Недоліком їх є скупчення відходу або виробів в робочому отворі, внаслідок чого збільшується тертя вирубаної деталі об стінки отвору матриці і створюються умови для утворення зворотного конуса при їх проштовхуванні (рис. 1.43, а).

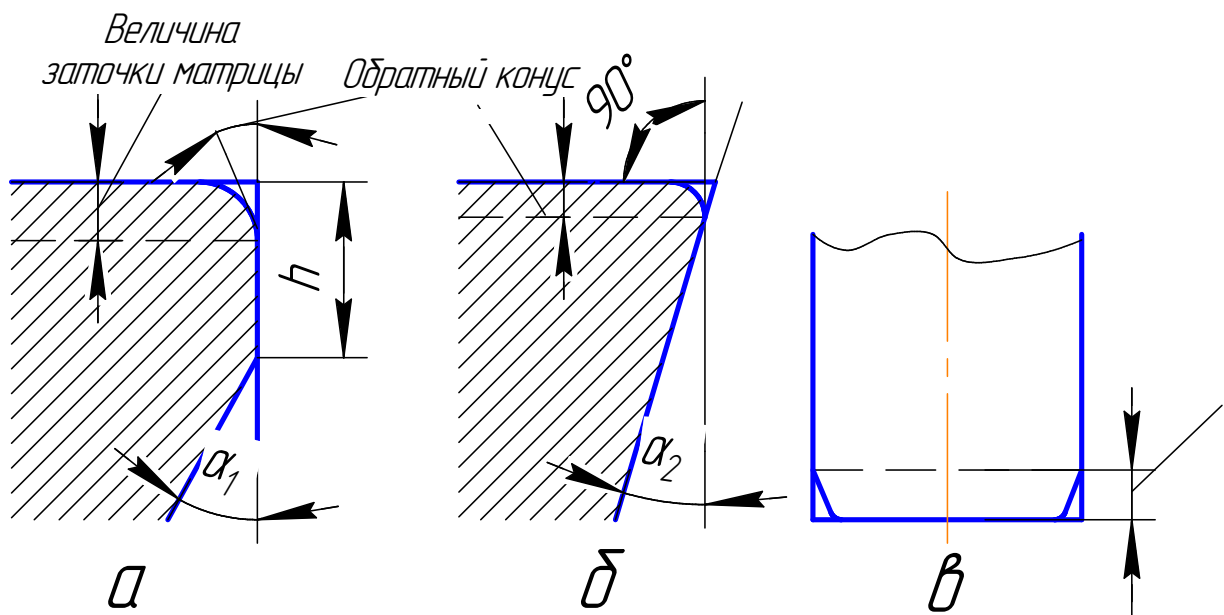


Рис. 1.43 - Зворотний конус і величина заточування при затупленні матриці і пуансона: а - матриці з циліндричним пояском; б - у матриці з конусом; в - у пуансона.

У матрицях другого типу в процесі вирубівання накопичується невелика кількість відходів або виробів, завдяки чому значно зменшується тертя їх об стінки матриці. Зворотний конус тут також буде менше (рис. 1.43, б). Природно, що стійкість матриці цього типу буде вище, ніж стійкість матриці з пояском.

Експериментальні та розрахункові дані М.Є. Зубцова [21,22] вказують, що стійкість штампів при застосуванні матриці з конусом від дзеркальної її поверхні в залежності від прийнятого кута нахилу (ухилу) матриці підвищується в 1,5 - 2 рази. Для цієї мети на заводі ВЕФ застосовують зменшені ухили стінок робочого отвору в матриці (кут α_2), значення яких в залежності від товщини матеріалу S (в мм) наступні:

Таблиця 1.2 Залежність кута ухилу робочого отвору α_2 від товщини матеріалу S .

s	α_2
От 0,1 до 0,5	10'
0,5 – 1	15'
1 – 2	20'
2 – 4	30'
4 – 6	45'
Вище 6	1°

Подібні зменшені ухили для матриць товщиною в межах від 18 до 28 мм за умови повного використання верхніх меж величини зазорів дали можливість на заводі ВЕФ виробляти переточування матриці до 1/2 - 2/3 первісної її товщини, без помітного зниження якості деталі. Це дозволило

підвищити економічну точність штампованих деталей і збільшити стійкість вирубних штамтів майже в два рази.

Таким чином, на практиці матрицю з пояском зазвичай застосовують при вирубванні зі зворотною видачею деталей (на штампах поєднаної дії), щоб уникнути можливого заклинювання деталей в отворі матриці, а також при зачисному штампуванні. При вирубці деталей на провал (через отвір матриці) з успіхом застосовують матрицю з конусом від дзеркальної поверхні.

На деяких заводах для того щоб спростити виготовлення матриць другого типу, робочий отвір в них з точними розмірами і кутом $\alpha_3 = \alpha_2$ витримують тільки на висоті шийки h_3 , що і призводить до третього типу г (рис. 1.42, г). У неробочій частині кут беруть в межах від 3 до 5 °.

Кут нахилу α_3 береться таким же, як і для матриць типу б (рис. 1.43), а висота шийки h_3 (в мм) в залежності від товщини s (в мм):

Таблиця 1.2 Залежність кута ухилу робочого отвору α_3 від товщини матеріалу S .

s	h_3
До 0,5	3 – 5
0,5 – 1	5 – 8
Вище 1	8 – 10

Слід зазначити, що стійкість штамтів може бути збільшена і за рахунок полегшення умов різання (забезпечення плавної роботи преса) і зменшення потрібного зусилля при вирубванні (пробиванні). Це досягається скосом кромки матриці або пуансона. Величину скошу H зазвичай беруть в межах $1 - 3s$, кут скошу $\varphi = 2 \div 8^\circ$. Для матеріалів товщиною до 3 мм $H = 3 \div 2s$, $\varphi = 5 \div 2^\circ$; зусилля різання при цьому знижується на 45 - 30% в порівнянні з

вирубубанням плоскими пуансонами. Для матеріалів товщиною понад 3 - 4 мм, $H = 2 \div 1s$; $\varphi = 8 \div 5^0$ зусилля знижується на 65 - 50%. Для отримання плоских деталей при вирубці скоси роблять на матриці, щоб отримати плоску деталь; при пробиванні, навпаки, скоси роблять на пуансоні.

У багатопуансонних штампах, вживаних головним чином при пробиванні отворів, зусилля вирубубання зменшується за рахунок ступеневого розташування пуансонів по висоті, так як в цьому випадку максимальні зусилля вирубубання від кожного пуансона не збігаються в часі і не підсумовуються. Різницю в висотах пуансонів роблять за рахунок укорочення пуансона меншого діаметру на $(0,8 \div 0,5)s$. При цьому слід вказати, що при ступінчастому розташуванні пуансонів дещо ускладнюється їх заточка.

Конфігурація матриці (пуансона) визначається в основному контуром вирубубаних деталей і характером обраного розкрою.

Матриці і пуансони вирубубних і обрізних штампів зі складним ріжучим контуром у дрібних і середніх розмірах виготовляють складовими - секційними або з окремими вставками; у великогабаритних складовими роблять також і прямі ділянки. Цим спрощуються виготовлення і ремонт штампа, полегшуються умови термічної обробки окремих частин матриці або пуансона і досягається значна економія дорогої інструментальної сталі.

У зварних конструкціях робочі частини з інструментальної сталі зварюються з проміжною підставою (зазвичай із сталі 20), а потім разом з ним кріпляться на плиті штампа.

При розбивці ріжучого контуру секційних матриць і пуансонів на ділянки необхідно виступаючі частини малої довжини виділяти в самостійні секції. Гвинти для кріплення секції (для більшої жорсткості конструкції) розташовуються ближче до ріжучої кромки матриці (пуансона) і в шаховому порядку, а фіксують штифти - на максимально можливій відстані від неї. Оскільки штифти також утримують секції від зсуву під час роботи штампа,

то для штампованих матеріалів товщиною до 2 мм, коли секції не врізаються в плити, діаметри штифтів роблять рівними або більше діаметрів гвинтів, а для врізання секцій (при^s понад 2 мм) діаметри їх можуть бути менше або рівними діаметрам гвинтів.

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

1.3.2 Підвищення стійкості розділових штамів за рахунок збільшення висоти робочого пояса та зменшення ухилу профілю робочих вікон матриць

А.Н. Коваленко, М. І. Коваленко досліджували в виробничих умовах вплив висоти робочого пояса матриці і величини ухилу на стійкість розділових штамів з секційними матрицями зі сталі Х12Л4. Експерименти проводилися при штампуванні деталей з листової сталі 20, 10кп і електротехнічної сталі 20880 товщиною 0,8-4 мм.

Критеріями якості штампованих деталей були прийняті: висота задирки не більше 0,10 мм, граничні відхилення розмірів 0,12-0,2 мм; рівномірність відколів в межах 0,10- 0,12 мм.

Встановлено (рис. 1.44), що стійкість штампа до переточування істотно залежить від вихідної величини технологічного зазору z_u і ухилу профілю робочого вікна матриці^α. Так, наприклад, з збільшенням z_e від 2 до 22% і зменшенням α від 3' до стійкість штампа до переточування зростає в 9 разів.

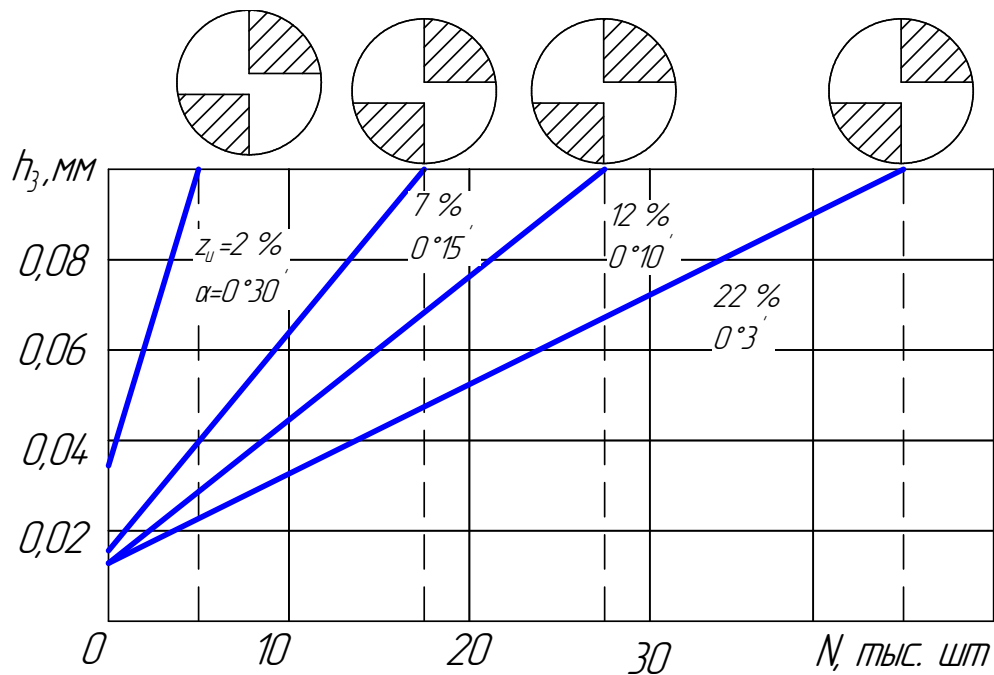


Рис. 1.44. Зміна висоти задирки в залежності від числа вирубаних деталей з електротехнічної сталі 20880 до переточування штампа при різних значеннях технологічного зазору і ухилу профілю робочого вікна матриці. Схеми зносу різальних кромek пуансона і матриці

Критерієм повного зносу штампа був прийнятий вихід штампованих деталей за поле допуску через підвищену нерівномірність відколів при виробленні переточуваного профілю матриць.

Найбільша повна стійкість штампа (рис. 1.44) отримана при вирубуванні деталей на матрицях з параметрами $h = 28$ мм; $\alpha = 0^\circ 3'$; $z_u = 22\%$, тобто зі збільшеною в 2 - 3 рази висотою переточуваного профілю, зменшеним в 2 - 3 рази ухилом робочих вікон матриць і з оптимальним зазором. Підтверджується відоме положення про те, що вихідна величина технологічного зазору істотно впливає на стійкість штампа [23]. Збільшення z_u з 2 до 7% підвищує повну стійкість штампа в 4 рази (див. Рис. 2.20).

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

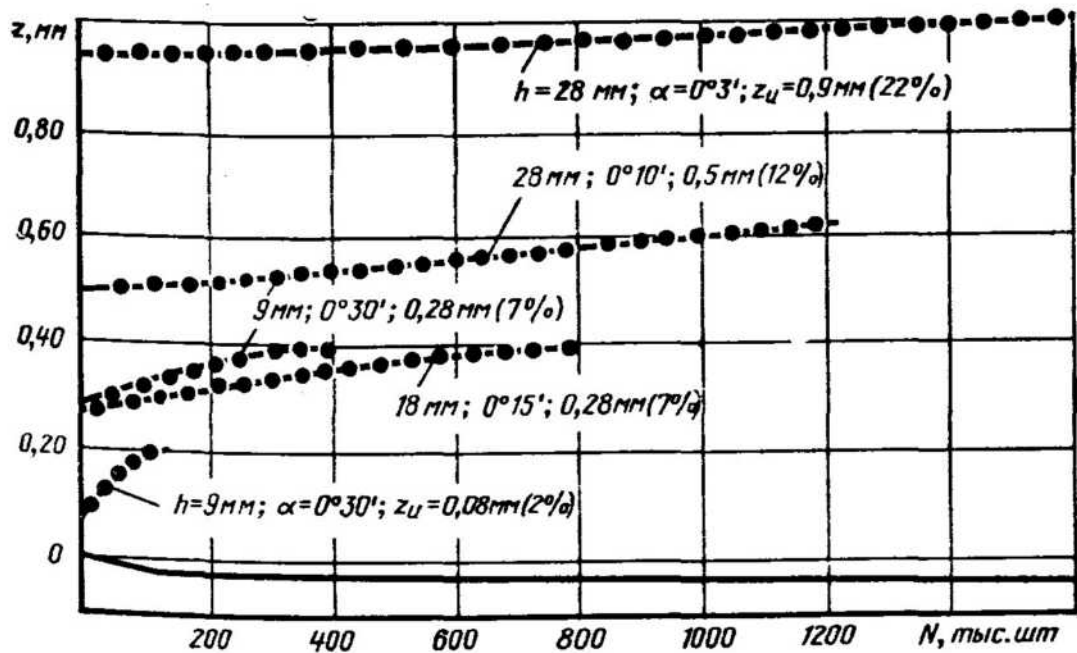


Рис. 1.45. Зміна технологічного зазору z в залежності від повної стійкості штампа при різних параметрах матриці (h, α та z_u):

Де, h - висота переточуваного профілю робочого вікна матриці; z_u - вихідний двосторонній зазор між матрицею і пуансоном; - • - • - крива зміни фактичної величини технологічного зазору, періодичність переточувань позначена точками; - - усереднена крива бічного зносу пуансона

Найбільший ефект підвищення стійкості (в 3 - 4 рази). Досягається при використанні секційних матриць. Перевагою таких матриць є можливість виконання в них ухилів з точністю $\pm 0^{\circ}2'$ і виключенням витрат, передбачених РТМ 34-65. Для вибору параметрів робочого профілю матриць при масовому виробництві необхідно подальше диференціювання умов поділу матеріалу на окремі випадки, що забезпечують найбільшу стійкість штамів. Вибір цих параметрів рекомендується проводити в залежності від виду штампуємого матеріалу, виконуваних технологічних операцій, груп штамів з ідентичними параметрами технологічності товщини штампованих матеріалів, початкових зазорів між робочими частинами [24].

Висновки

Стан поверхні пробивних пуансонів діаметром 9,1 мм має суттєвий вплив на їх стійкість, зусилля пробивки, а також експлуатаційні якості деталей, що пробиваються.

1. Стійкість пуансонів з рифленою робочою поверхнею в 5 - 6 разів вище в порівнянні зі стійкістю шліфованих пуансонів при пробиванні товстолистової маловуглецевої сталі.

2. Зусилля і спільна робота поділу при пробиванні пуансоном з рифленою робочою поверхнею ($t = 0,4$ мм) в середньому на 20% нижче, ніж при пробиванні шліфованим пуансоном.

3. Пробивання деталей пуансонами з кроком рифленої робочої поверхні 0,4 мм не погіршує їх втомну міцність.

РОЗДІЛ 2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИК ТЕОРЕТИЧНОГО І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОБИВАННЯ МАТЕРІАЛУ

2.1. Загальні положення

За технологією проходження процесу розділові операції бувають:

- 1) зі значною шириною відділяючого металу (більше подвійної товщини) - різання, вирубка, пробивка, вирізка, надрізка і ін. ;
- 2) з невеликою шириною відділяючого металу (менше 0,5 товщини) - зачистка, калібрування.

Механізми розподілу в цих випадках різні.

Перша група операцій застосовується для розподілу листів і стрічок з метою отримання деталей або заготовок для подальшого штампування. При вирубуванні і пробиванні відбувається відділення металу по замкнутому контуру і при вирубці відокремлена частина - є деталлю, при пробиванні - відходом.

Другу групу операцій здійснюють з метою обробки - підвищення якості деталей і вона включає зачистку і калібрування, які застосовуються для тих же цілей, що і чистова вирубка, і пробивка, тобто досягнення перпендикулярності поверхні зрізу площини листа, низькою шорсткості (R_a = від 2,5 до 0,32 мкм), точності 8 - 9 квалітету.

Зачистка (калібрування) проводиться на раніше отриманих вирубною (пробиванням) заготовках, в яких після редагування з оброблюваної поверхні знімають невеликий шар матеріалу - припуск. Зачистка виконується по зовнішньому або внутрішньому контуру заготовки.

Мінімальна величина припуску на зачистку дорівнює зазору між пуансоном і матрицею при вирубуванні або пробиванні. Зачистку застосовують для деталей з периметром до 300 мм і товщиною до 10 мм. Зачистка виконується за один прохід для деталей товщиною менше 5 мм з плавним контуром зовнішнього контуру. Багаторазову зачистку

застосовують для деталей товщиною понад 5 мм і для деталей зі складною конфігурацією зовнішнього контуру незалежно від товщини. Якість зачистки залежить від величини припуску і розподілу його по периметру, а при багаторазовій зачистці від розподілу по переходах.

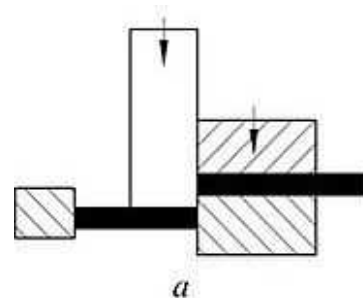
Механізм протікання розділових операцій першої групи однаковий. Процес деформування різання протікає в три етапи [22]:

- 1) пружна і початок пластичної деформації;
- 2) пластична деформація, яка супроводжується вриванням ножів в матеріал заготовки, яка поширюються на величину до 0,7 товщини металу;
- 3) поділ металу шляхом відколу, що відбувається після вичерпання пластичної деформації.

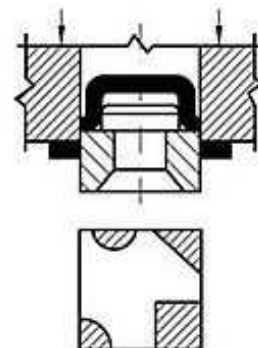
Види операцій

Схема операції

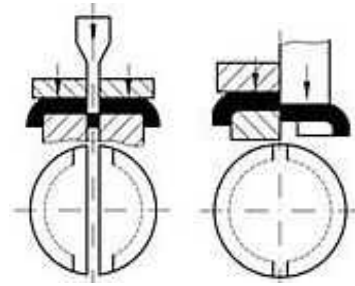
Відрізка - повне відділення частини заготівлі по незамкнутому контуру шляхом зсуву



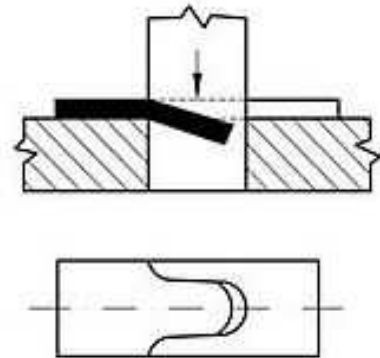
Вирубка - повне відділення заготівлі або виробу від вихідної заготовки по замкнутому контуру шляхом зсуву (відокремлена частина - виріб)



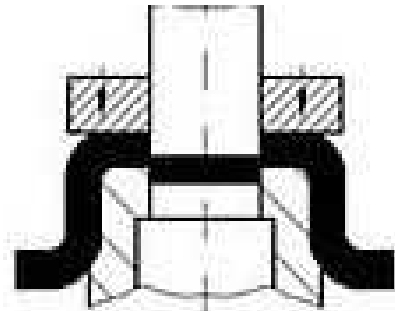
Розрізання - поділ заготовки на частини по незамкнутому контуру шляхом зсуву (з відходом і без відходу)



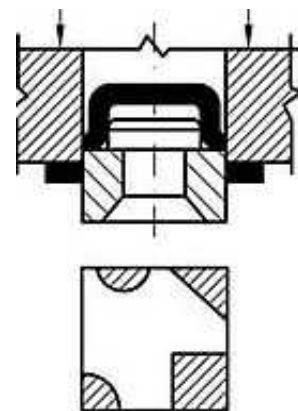
Надрізка - неповне відділення частини заготівлі шляхом зсуву



Пробивання - утворення отвору або паза шляхом зсуву з віддаленням відокремленої частини металу в відхід

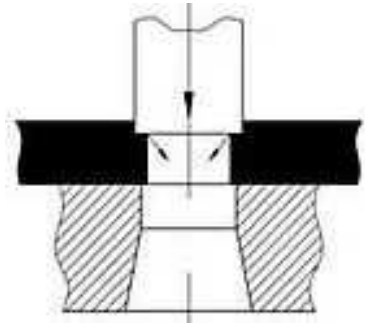


Обрізка - видалення надлишків металу (припусків, фланців) шляхом зсуву

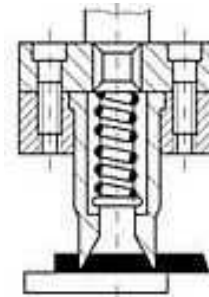
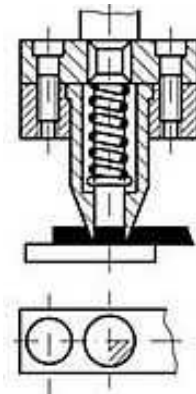


Зачистка - видалення технологічних припусків за

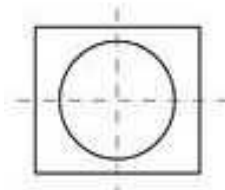
допомогою штампа з утворенням стружки. Забезпечує підвищення точності розмірів і зменшення шорсткості штампувальної заготовки



Висічка - повне відділення заготовки або виробу по замкнутому контуру шляхом впровадження інструменту в матеріал вихідної заготовки



Просічка в штампі - утворення отвору в заготівлі шляхом впровадження в неї інструменту з видаленням частини матеріалу в відхід



2.2. Аналіз технологічності деталі.

Під технологічністю слід розуміти таку сукупність властивостей і конструктивних елементів, які забезпечують найбільш просте і економічне виготовлення деталей при дотриманні технічних і експлуатаційних вимог до них.

Основними показниками технологічності листових холодноштамповочних деталей є:

1. найменші витрати матеріалу;
2. найменша кількість операцій і їх низька трудомісткість;
3. відсутність подальших механічних операцій;
4. найменша кількість необхідного обладнання та виробничих операцій;
5. найменша кількість оснащення при скороченні витрат і термінів підготовки виробництва;
6. збільшення продуктивності окремих операцій і цеху в цілому.

Загальним результативним показником технологічності є найменша собівартість штампованих деталей. Одним з найважливіших питань, що передують технологічним розрахунками, є виявлення здатності металу виконувати штампувальні операції або визначення його відносної штампуємості. Під терміном «штампуємість» розуміють здатність листового металу піддаватися різним операціям штампування. Штампуємість залежить від ряду показників: механічних властивостей, пластичності, модуля пружності, твердості й структури металу і хімічного складу.

Практика листового штампування дає підстави для встановлення певних критеріїв технологічності, керуючись якими технолог може здійснити технологічний контроль деталей.

Зазначені критерії визначають критичні параметри деталей, відхилення від яких призводить до підвищення трудомісткості операції штампування, а також складності вартості штамів.

Критерії технологічності, що дозволяють знизити трудомісткість і собівартість штампування, можна розглядати в якості визначальних лише в тому випадку, якщо вони не входять в протиріччя з вимогами конструкції. Ступінь ефективності технологічного контролю визначається поєднанням критеріїв технологічності з вимогами інструкції.

У табл. 1-8 [25] наведені найбільш важливі оптимальні критерії технологічності деталей, виготовлених із застосуванням розділових операцій листового штампування.

Досяжні параметри шорсткості (по ГОСТ 2789-73) поверхні зрізу металевих деталей після розділових операцій із застосуванням звичайних штампів (див. таблицю 2.1).

Таблиця 2.1 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

При чистовому вирубуванні - пробиванні шорсткість поверхні зрізу $R_z = 0,4 - 1,6$ мкм, при зачищенні після вирубуванні - пробиванні $R_z = 0,63 - 1,25$ мкм.

Особливе значення з точки зору технологічності має система простановки розмірів на кресленнях штампованих деталей. В якості загальних в даному випадку повинні враховуватися наступні правила:

1. конструкторська база будь-якого елементу деталі повинна бути обрана таким чином, щоб її можна було використати в якості технологічної;
2. для всіх елементів деталі, штампування яких відбувається в одному штампі, має бути обрана одна конструкторська база (для встановлення розмірів одного напрямку), яка приймається при базуванні в штампі в якості опорної бази;
3. вибір конструкторських баз і проставлення розмірів слід здійснювати таким чином, щоб максимальна кількість елементів деталі можна було штампувати на стадії виготовлення заготовки (до гнуття, до витяжки і т. д.).

Детальний аналіз можливих варіантів технологічного процесу штампування і зіставлення його результатів з конструктивними вимогами з урахуванням наведених вище загальних критеріїв і правил дозволяє

встановлювати рівень технологічності виробів в кожному конкретному випадку.

2.3. Методика розрахунку параметрів, необхідних для виконання розділових операцій, і вибір преса

Технологічне зусилля P (Н) розділових операцій в штампах з металевими робочими деталями, у яких відповідні ріжучі грані (ребра) пуансона і матриці паралельні між собою, обчислюють за формулою:

$$P = Ls\sigma_{cp};$$

де, L - периметр контуру вирубубвання (пробивання, відрізки) мм;

s - товщина матеріалу, що штампується, мм;

σ_{cp} - опір зрізу, МПа.

Опір зрізу - величина, що залежить не тільки від властивостей матеріалу, що штампується, але і в значній мірі - від умов виконання операції. А саме від відносної товщини штампуємої деталі (відношення її товщини s до розміру штампуємого елементу d), відносного зазору (відношення величини двостороннього зазору z між матрицею і пуансоном до товщини s) і швидкості процесу. При відносно малих зазорах опір зрізу підвищується, але поліпшується поверхня зрізу. При відносно великих зазорах - навпаки.

Для практичних розрахунків можуть бути прийняті значення σ_{cp} , наведені в додатку 9 [25]. Ці значення обчислені при $\sigma_{cp} = (0,7 - 0,86) \sigma_v$ для вирубубвання невеликих деталей ($(d/s = 5-250)$ при відносному зазорі $z / s = 0,05-0,09$. Зазначені зазори є нормальними, їх абсолютні значення наведені в

табл. 14 [25]. За інших умов табличні значення $\sigma_{\text{ср}}$ слід помножити на коефіцієнт коригування (табл. 9, [25]).

У випадках, коли для зниження необхідного зусилля заготівлю перед вирубуванням (пробиванням, відрізкою) нагрівають, значення $\sigma_{\text{ср}}$ можна приймати по табл. 10. [25].

Для підвищення якості вирубування (пробивання, відрізки) застосовують притискні пристрої. Зусилля $P_{\text{прж}}$, яке повинно забезпечити притиск, Н:

$$P_{\text{прж}} = Lsq_{\text{прж}} ;$$

де, $q_{\text{прж}}$ – питоме зусилля, Н/мм².

Крім притискного пристрою штамп може бути оснащений виштовхуючим пристроєм, який характеризується зусиллям протидії $P_{\text{пд}}$. Необхідне значення $P_{\text{пд}}$ визначається в залежності від призначення пристрою. Якщо воно призначене тільки для виштовхування деталі з матриці, то для гарантії відсутності заклинювання слід забезпечити $P_{\text{пд}} = 0,1P$ (P – технологічне зусилля штампування). Якщо пристрій, що виштовхує служить також і для притиску заготівлі, то значення $P_{\text{пд}}$ має дорівнювати $P_{\text{прж}}$, і його слід обчислювати за формулою:

$$P = P + P_{\text{прж}} + P_{\text{пд}} ,$$

Якщо ці зусилля діють одночасно, то необхідне зусилля преса обчислюють за формулою:

$$P = 1,25(P + P_{\text{прж}} + P_{\text{пд}}).$$

При проектуванні штамів для розділових операцій необхідно розраховувати значення необхідних зусиль, проштовхування $P_{\text{пр}}$ деталі

(відходу) крізь матрицю і зняття $P_{сн}$ відходу (деталі) з пуансона. Ці зусилля визначають за формулами:

$$P_{np} = K_{np}P;$$

$$P_{сн} = K_{сн}P;$$

де K_{np} і $K_{сн}$ - відповідні коефіцієнти, табл. 11 [25]

У випадках, коли проштовхування деталі (відходу) здійснюється одночасно з виникненням основного технологічного зусилля P , при розрахунку потрібного зусилля преса вказане зусилля проштовхування також необхідно враховувати.

При виборі преса для виконання заданої операції слід перевіряти запас енергії, яку він повинен мати. Для цієї мети обчислюється робота деформації A , необхідна для виконання операції, Дж:

$$A = P_{ср}h_p,$$

де $P_{ср}$ – усереднене зусилля штампування, кН; h_p – робочий хід пуансона, мм.

Усереднене зусилля $P_{ср}$ для вирубкування (відрізки, пробивання) становить (у відсотках від зусилля P) для м'якої сталі, алюмінію, міді при товщині матеріалу 1-2 мм 70-60%, для сталі середньої твердості - 60-65%, для твердої сталі - 50-35%. При збільшенні товщини матеріалу значення $P_{ср}$ знижується на 5-10% від зазначених, при подальшому зростанні товщини матеріалу (понад 4 мм) ще на 5-10% відповідно.

Робочий хід h_p пуансона при виконанні розділових операцій в штампах з паралельними ріжучими ребрами пуансона і матриці дорівнює товщині матеріалу s . При непаралельних ріжучих гранях (ребрах) $h_p = s + t_c$.

2.4. Методика розрахунку виконавчих розмірів робочих деталей штампу

Робочі деталі (елементи) штампів для вирубання і пробивання - матрицю і пуансон можна виготовляти спільно і окремо.

При спільному виготовленні одна з робочих деталей (що, сполучається) допрацьовується за іншою: при вирубванні - пуансон по матриці (матриця визначає розмір штампуемого елемента і є основною), при пробиванні - матриця по пуансону (пуансон визначає розмір отвору, паза і є основним). При цьому (див. табл. 12 [25]) виконавчі розміри основної деталі (L_M или L_n) обчислюють за наведеними в табл. 12 формулами (10) або (13), а що сполучаються - підганяються по основній з зазором z і допуском на зазор Δz . У зазначені формули підставляють L_H - номінальний розмір штампуемого елемента, $\Pi_{\text{и}}$ - припуск на зношування матриці і пуансона, δ_M або $\delta_{\text{п}}$ - граничне відхилення розміру матриці або пуансона. Значення $\Pi_{\text{и}}$, δ_M і $\delta_{\text{п}}$ знаходять по табл. 13 [25] в залежності від розміру штампуемого елемента і вимагаючої точності його виготовлення. Значення z і Δz знаходять по табл. 14 (див. також рис. 3). При цьому розташування полів допусків штампуемого елемента і робочих деталей штампів відповідає показаному на рис. 6. [25].

Наведені формули застосовуються в тих випадках, коли при зношуванні робочих деталей штампу розмір штампуемого елемента збільшується (див. табл. 12, варіант 1) або зменшується (варіант 2). Якщо ж зношування робочих деталей не тягне за собою зміну розміру штампуемого елемента (варіант 3), то виконавчі розміри робочих деталей визначаються за наведеними в табл. 12 формулами (16) або (18) [25]. При цьому в якості основної деталі можуть бути прийняті або пуансон, або матриця.

Якщо розміри штампуемого елемента для випадку вирубання (варіант 1) задані у вигляді $L_H \pm \Delta$, то їх слід перетворити до виду $(L_H \pm \Delta_{-2\Delta})$, і далі, розглядати $L_H + \Delta$, як номінальний розмір і 2Δ - як його

поле допуску, скористатися формулою (10) (див. табл. 12 [20]). Те ж стосується випадку завдання розміру отвору (варіант 2) у вигляді $L_H \pm \Delta$. Його слід перетворити до виду $(L_H - \Delta)^{+2\Delta}$, і скористатися формулою (13), наведеною в табл. 12 [25].

Розміри можуть бути задані також у вигляді $L_H^{-\Delta_1}_{-\Delta_2}$ або $L_H^{+\Delta_1}_{+\Delta_2}$ (при $\Delta_2 > \Delta_1$ відповідно для варіантів 1 і 2. У цьому випадку слід перетворити їх до виду відповідно $(L_H - \Delta_1)_{-(\Delta_2 - \Delta_1)}$ і $(L_H + \Delta_1)^{+(\Delta_2 - \Delta_1)}$ і потім користуватися формулами (10) і (13) (див. табл. 12), враховуючи $L_H - \Delta$ і $L_H + \Delta_1$ номінальними розмірами штампуемого елемента, а $\Delta_2 - \Delta_1$ - полем їх допуску.

При роздільному виготовленні пуансона і матриці, коли вони обробляються до остаточних розмірів без взаємного узгодження, їх виконавчі розміри розраховують за формулами, (11), (12), (14), (15), (17) і (19), наведеними у табл. 12. При цьому припуск $\Pi_{\text{и}}$ на зношування приймають по табл. 13, а поля допусків розмірів пуансона і матриці підбирають таким чином, щоб дотримувалася умова:

$$(\delta'_M + \delta'_n) \geq \Delta z,$$

де, δ'_M и δ'_n - абсолютні значення полів допусків.

При цьому поля кожного з допусків δ'_M и δ'_n можуть встановлюватися довільно або по ГОСТ 25347-82. Для останнього випадку можна скористатися даними табл. 16, які підібрані таким чином, що забезпечується умова:

$$0.84\Delta z \leq (\delta'_M + \delta'_n) \leq 1.16\Delta z.$$

Підбір полів допусків по ГОСТ 25347-82 для всіх значень Δz з дотриманням умови $(\delta'_M + \delta'_n) = \Delta z$ не є можливим.

2.5. Методика проведення експерименту

2.5.1. Обладнання, пристрої та апаратура, що застосовуються при експериментальному дослідженні.

Цілі і завдання цієї роботи визначили вид обладнання для проведення експериментальних робіт. Однак вибір конкретного зразка обладнання для лабораторних випробувань відбувався з урахуванням різних факторів: технологічного зусилля, розміру столу і закритої висоти штампового простору, величини ходу повзуна, потужності і ін.

В процесі експерименту використовувалося наступне обладнання, апаратура та прилади:

1. Прес однокривошипний простої дії відкритий нахилиємий КД2330, з номінальним зусиллям 1000 кН.
2. Прес гідравлічний 1600 кН.
3. Аналого-цифровий перетворювач ADA-1406.
4. Месдоза для виміру технологічних зусиль.
5. Експериментальний штамп для вирубання-пробивання отворів.

2.5.2. Зовнішній модуль ацп / цап загального призначення.

Модуль ADA-1406 призначений для введення / виведення аналогових і дискретних сигналів. Модуль може бути застосований як в складі мобільних вимірювальних комплексів, так і в лабораторних або промислових умовах.

ADA-1406 є багатофункціональним вимірювальним модулем, що приєднується до ПК через USB-інтерфейс. Підключення сигналів здійснюється через роз'єми, розташовані на бічних стінках модуля.

Модуль ADA-1406 включає в себе:

- багатоканальний 14-ти розрядний аналогово-цифровий перетворювач з мультиплексуванням вхідних аналогових каналів
- порт введення-виведення дискретних сигналів
- 2-х канальний цифро-аналоговий перетворювач (опція).

Модуль дозволяє працювати з 8-ю диференціальними або 16-ю каналами із загальною землею для введення аналогових сигналів.

Опціонально число входних аналогових каналів може бути розширено установленням. Можливе установлення 4-х додаткових диференціальних каналів з попередніми підсилювачами з індивідуальним коефіцієнтом посилення.

Попередні підсилювачі розширюють вхідний діапазон модуля в сторону введення сигналів з низькими рівнями напруги. Коефіцієнт посилення попередніх підсилювачів домовляється на етапі замовлення пристрою.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд модуля

Кожен з аналогових каналів підключається до АЦП через програмно керований підсилювач, що дозволяє задавати один з чотирьох діапазонів вимірювання напруги. Модуль забезпечує безперервний (синхронізований по внутрішньому таймеру) збір даних на частотах дискретизації АЦП від 1 Гц до 350 КГц. Для збору даних на частотах нижче 1 Гц використовується запуск АЦП за запитом користувача.

Цифровий вхід-вихід представлений у вигляді 8 вхідних і 8 вихідних цифрових ліній, сумісних з ТТЛ рівнями. Цифрові виходи за бажанням користувача можуть бути переведені в третій стан.

2.6. Методи розрахунку стійкості

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

2.6.1 Розрахунково-аналітичний метод.

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

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

Порівняно повний облік конструктивно-технологічних факторів, що впливають на стійкість вирубних і пробивних штампів, подано в праці Бені. За даними Бені, на стійкість штампа до переточування впливають: товщина і хімічний склад вихідного матеріалу, матеріал робочих частин штампа, конструкція штампа і виконувана операція (пробивання отворів, вирубання і т. д.), Ступінь складності виробу, якість виготовлення штампа, змазування штампуємого матеріалу, стан преса, точність налагодження і т. д. Формула Бені для визначення стійкості T штампа до повного зношування має наступний вигляд:

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

де, h - сумарна висота допустимого для сошліфовування шару за всі переточування, $h = (z_{\max} - z_{\min}) / (2 \operatorname{tg} \alpha_2)$;

α_2 - ухил стінок матриці;

h_1 - величина сошліфовування шару при переточуванні штампа;

T_a - вихідна стійкість, зазвичай рівна 25 000 штампоударів + 20% (в залежності від умов роботи штампа);

$z_{\max}$ - зазор, мм (для матеріалів товщиною 10 - 15 мм дорівнює 10 - 20% товщини матеріалу); $z_{\min} = (0,4 \div 0,5) z_{\max}$;

K_f — коефіцієнт, що враховує тип штампа (вирубний; пробивний або комбінований $K_f = 0,8$);

K_t — коефіцієнт, що враховує характер спрямування робочих частин (без направлення $K_t = 0,8$; пакетний напрямом $K_t = 1,0$; блок штампа на колонках $K_t = 1,5$);

K_{sz} — коефіцієнт, що враховує матеріал робочих частин (вуглецева сталь $K_{sz} = 1,0$; легована $K_{sz} = 1,5$);

K_a - коефіцієнт, що враховує механічні властивості штампуємого матеріалу;

K_δ — коефіцієнт, що враховує товщину штампуємого матеріалу;

K_b - коефіцієнт, що враховує товщину штампуємого матеріалу (простий $K_b = 1,0$; ускладнений; $K_b = 0,8$; складний $K_b = 0,6$).

Незважаючи на суперечність окремих наведених вище положень, розрахунок стійкості за формулою Бені дає результати, які узгоджуються з практикою.

Для орієнтовного розрахунку стійкості (штампоударів) штампа до повного зношування Д.А. Вайнтрауб рекомендує спрощену емпіричну формулу, придатну для вирубних (напривал) і послідовних штампів при

штампуванні матеріалу товщиною до 10 мм і матеріалу робочих частин зі сталі У10А [24].

$$T_0 = (12 - \delta) K_\phi 10^5 / \sigma_B$$

де σ_B — тимчасовий опір штампуємого матеріалу, МПа; δ — товщина матеріалу, мм; K_ϕ — коефіцієнт форми контуру (для простої форми $K_\phi = 8$; для ускладненої $K_\phi = 6,5$ і для складної форми $K_\phi = 5$).

Для пробивних і суміщених штампів T_0 приймається менше на 15-20%. В роботі [26] запропонована наступна розрахункова формула для визначення стійкості пробивних універсально-збірних штампів (УСШ) до переточування в залежності від товщини і тимчасового опору штампуємого матеріалу, тис. шт. .:

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

де δ — товщина матеріалу, мм.

Формула отримана при наступних виробничо-технологічних умовах:

- 1) штампуємий матеріал - сталі Ст3, Ст4, 12Х18Н9Т ($\sigma_B = 400 \div 600$ МПа)
- 2) товщина 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 і матриці - сталь Х12М з термообробкою до твердості HRC 56 ... 62;
- 5) критерій зношування - утворення задирки висотою 0,2 мм.

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

Стійкість звичайних пробивних штампів до переточування, що вмонтовуються на постійних блоках з направляючими колонками, рекомендується розраховувати за формулою, тис. шт.

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

Стійкість вирубних штампів до переточування вище стійкості пробивних штампів (на 30 - 40%), що пояснюється зменшенням питомих навантажень на різучі кромки, вона може бути знайдена за такою формулою, тис. шт. .:

$$T_{ст.пр} \approx 948600 / \left(\sqrt[3]{\delta^2 \sigma_B \sqrt{\sigma_B}} \right)$$

Таблиця 5.1 - Середні норми стійкості різних типів розділових штампів між двома переточуваннями (тис. ударів)

Тип штампа	Товщина оброблюваного матеріалу,мм					
	0 ,5 – 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 3	Св. 3 до 4	Св. 4 до 6	Св. 4 до 10
Вирубний	4 5/60	45/ 50	30/ 35	25/ 30	20/ 25	15/2 0
Обрізний	4 0/45	30/ 35	25/ 30	20/ 25	12/ 15	10/1 2
Пробивний	4 5/-	40/ -	30/ -	25/ -	18/ -	15/-

Таблиця 5.2 - Орієнтовна планова стійкість робочих частин штампів до повного зношування

Тип штампа	Товщина матеріалу	Стійкість (тис. ударів) в залежності від матеріалу робочих частин			
		Вуглецева сталь (У10А, У8А)	Легірована сталь (Х12М, Х12Ф1)	Швидко ріжуча ДИ57	Твердий сплав ВК15
Вирубний (з направляючими колонками)	До 0,5	800 – 1000	1100 – 1400		
	1,0	600 – 800	800 – 1100		
	2,0	450 – 600	600 – 850		
	3,0	350 – 500	500 – 700		
	5,0	300 – 400	400 – 600		
	10,0	100 – 50		250	1500
Пробивний	$\delta/d = 0,3 \div 0,5$	120 – 200	300 – 400		
	$\delta/d = 0,5 \div 0,7$	70 – 120	200 – 300		
	$\delta/d = 0,8 \div 1,0$	40 – 80	150 – 200		

Врахувати вплив всіх конструктивно-технологічних факторів на стійкість розділових штампів розрахунковим шляхом не завжди є можливим. Тому на практиці в залежності від характеру і умов виробництва в різних галузях промисловості користуються дослідно-статистичними даними, на підставі яких отримані норми стійкості, як до переточування, так і до повного

зношування. Норми стійкості розділових штампів між переточуваннями для листової сталі (за даними «КрКЗ») наведені в табл. 5.2.

У таблиці 5.2 показана планова стійкість робочих частин штампів до повного зношування (орієнтовні дані, підраховані для листової сталі середньої твердості), виходячи з умови, що розділові штампи піддаються 20 - 25 переточуванням.

Слід мати на увазі, що в різних галузях промисловості спостерігаються значні відхилення від середніх норм стійкості. При штампуванні деталей з кольорових металів (латуні, міді, дуралюміна, алюмінію) стійкість штампів рекомендується приймати вище табличних приблизно на 30 - 60%.

Висновок

Стійкісні випробування розділових штампів є дуже трудомісткими, вони вимагають великих витрат часу, значних матеріальних витрат на виготовлення інструменту і на матеріали для проведення експериментів. Тому досить актуальним є розробка нових методів оцінки стійкості штампового інструменту взагалі і розділових штампів зокрема.

В останні роки все більшого поширення набуває математична теорія планування експериментів, яка дозволяє скоротити обсяг робіт, відібрати істотні фактори, розробити теоретичні моделі об'єкта і оцінити їх константи, визначити оптимальні умови процесу і т. д.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ

3.1 Розрахунок технологічного процесу товстолистого пробивання штаб

Вихідна заготівля - штаба сталевая горячекатана товщиною 8 мм і шириною 65 мм, звичайної точності прокатування (В), з серповидністю по класу 2 по ГОСТ 103-76 зі сталі марки Ст3кп.

Діаметр отворів, що пробиваються 21 мм, що згідно з рекомендаціями [26] здійснимо, так як допустимий найменший діаметр, що пробивається, становить 1,3S по табл. 135, стор.281 [26], що відповідає Ø13 мм.

Розрахунок технологічних операцій для пробивання отворів:

Визначимо зусилля необхідне для пробивання отвору Ø 21 мм штаби товщиною 8 мм:

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

де k - коефіцієнт, що враховує затуплення ріжучих кромek інструменту, $k=1,25$;

d - діаметр отвору, що пробивається, мм;

S - товщина штампуємого матеріалу, мм;

$\sigma_{ср}$ - опір зрізу, $\sigma_{ср} = 40 \text{ кгс/мм}^2$ (400 МПа) [20].

Тоді, згідно формули 3.1, зусилля пробивання:

$$P_{проб} = 3,14 \cdot 21 \cdot 8 \cdot 400 \cdot 1,25 = 252000 \text{ Н} = 252 \text{ кН}$$

Визначаємо зусилля зняття матеріалу з пуансона:

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

де $k_{сн}$ - коефіцієнт, який визначається в залежності від типу штампа і товщини матеріалу $k_{сн}=0,10$;

Тоді згідно формули 3.2 :

$$P_{сн} = 0,10 \cdot 252000 = 25,2 \text{кН}.$$

Визначаємо зусилля проштовхування:

$$P_{прот} = k_{прот} \cdot P_{проб} \cdot n \quad (3.3),$$

де $k_{прот}$ - коефіцієнт, проштовхування $k_{прот} = 0,05$;

n - кількість деталей в шийці матриці.

Тоді згідно формули 3.3:

$$P_{прот} = 0,05 \cdot 25200 \cdot 1 = 12,6 \text{кН}$$

Сумарне зусилля пробивання становить:

$$P_{проб\Sigma} = P_{проб} + P_{сн} + P_{прот} \quad (3.4)$$

тоді:

$$P_{проб\Sigma} = 252 + 25,2 + 12,6 = 289,8 \text{кН}.$$

Визначимо зусилля необхідне для пробивання отвору $\varnothing 21$ мм штаби товщиною 10 мм: штаба сталевая гарячекатана товщиною 10 мм і шириною 65 мм, звичайної точності прокатування (В), з серповидністю по класу 2 по ГОСТ 103-76 зі сталі марки сталь 20. $\sigma_{ср} = 32 \text{кгс/мм}^2$ (400 МПа) [20].

Зусилля пробивання (формула 3.1):

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

Визначаємо зусилля зняття матеріалу з пуансона (формула 3.2):

$$P_{сн} = 0,10 \cdot 263000 = 26,3 \text{ кН} .$$

Зусилля проштовхування (формула 3.3):

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

Тоді сумарне зусилля пробивання (формула 3.4):

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

3.2 Вибір пресового устаткування

Для правильного вибору технологічного обладнання виходимо з таких положень:

1. технологічне зусилля операції або штампа, який поєднує кілька операцій або переходів, має бути трохи менше зусилля обладнання;
2. робота на даній операції штампа повинна забезпечуватися потужністю обладнання;
3. розміри столу і закритої висоти штампового простору повинні забезпечувати встановлення і закріплення штампа;

4. величина ходу повзуна повинна відповідати технологічній операції; зручність і безпека обслуговування преса повинні відповідати вимогам техніки безпеки.

При виборі пресового обладнання для пробивання отвору штаб з товщиною 8 і 10 мм пропонується використовувати прес КД2330, розрахунки, проведені вище показали, що даний прес відповідає всім положенням при виборі пресового устаткування.

3.3 Розрахунок штампового оснащення

Для проведення досліджень товстолистового пробивання отворів на кафедрі Обробки металів тиском, проф. Дубиною і іншими, був спроектований і виготовлений експериментальний штамп для пробивання отворів (див. рис.3.1 - 3.2).

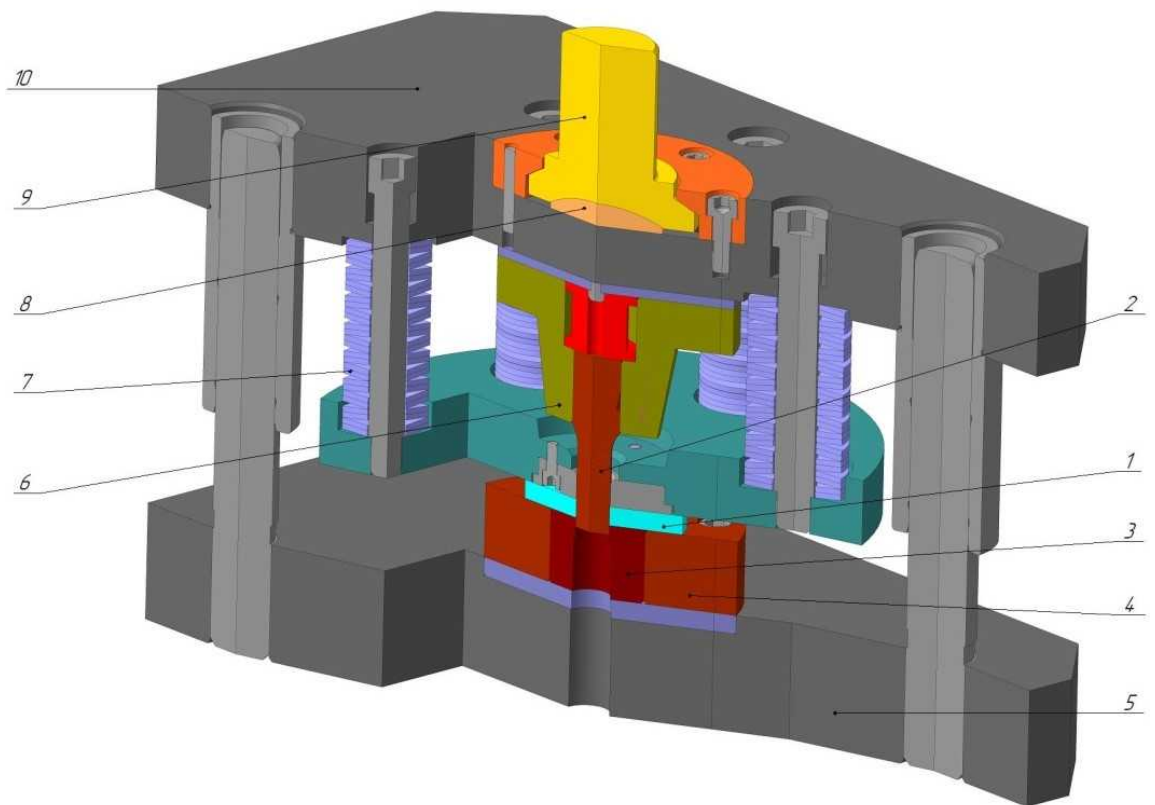


Рис. 3.1. Модель експериментального штампа для пробивання отвору

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



Рис. 3.2. Фото експериментального штампу для пробивання отвору

Для пробивання отвору були спроектовані і виготовлені пуансони і матриці, з різними розмірами і формою робочої поверхні (рис. 3.5-3.8).

Розглянемо одну пару пуансон - матриця для проведення перевірочних розрахунків.

Пуансони слід перевіряти на зминання опорною поверхнею головки пуансона поверхні плити, на стиснення і на поздовжній вигин самого пуансона в найменшому перетині.

Перевіримо пробивний пуансон на стиснення:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{f},$$

де P – технологічне зусилля, яке сприймається пуансоном; f – площа робочої частини пуансона (див. рис. 3.3).

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

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

допустиме $[\sigma_{СЖ}] = 160 \text{ кг/мм}^2 = 1600 \text{ МПа}$.

Умова міцності: $\sigma_{сж} < [\sigma_{СЖ}]$

Перевіримо пробивний пуансон на зминання:

$$\sigma_{CM} = \frac{P}{F},$$

де, P – технологічне зусилля, яке сприймається пуансоном;

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

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

$$\sigma_{CM} = \frac{P \cdot 4}{\pi d_1^2} = \frac{302500 \cdot 4}{3,14 \cdot 30^2} = 57 \text{ кг/мм}^2 = 570 \text{ МПа}$$

допустиме $[\sigma_{CM}] = 160 \text{ кг/мм}^2 = 1600 \text{ МПа}$

Розрахуємо вільну довжину пуансона на поздовжній вигин:

$$l_{MAX} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot n_{\phi} \cdot P}} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2,2 \cdot 10^4 \cdot 0,05 \cdot 21,8^4}{4 \cdot 1 \cdot 302500}} = 190 \text{ мм}$$

$$l_{MAX} > l$$

Отже, пуансон навантаження витримає.

Товщину матриці Л.І. Рудман [25] пропонує визначити за такою формулою:

$$H_M = S + K_M \sqrt{1,57 D_{3AG}} + 7$$

$$K_M = (0,5 \div 2,0)$$

$$H_M = 10 + 1 \cdot \sqrt{1,57 \cdot 21} + 7 = 22,7 \text{ мм}$$

Товщину матриці можна визначити і через зусилля P_d , кН:

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

Товщину матриці округляємо до найближчого більшого значення і приймаємо: $H_M = 40 \text{ мм}$.

Таким чином, габарити матриці приймаємо по Рудману [25]: $D_M = 60 \text{ мм}$

Товщину матриці і товщину стінки матриці можна перевірити на міцність спеціальним розрахунком, заснованим на визначенні напружень, що виникають в небезпечному перерізі. Стінки циліндричної матриці відчують зусилля, що розширюється, у вигляді нормального тиску P_p , що виникає від деформованого матеріалу в процесі різання. До цього тиску додається тиск торців $p_{TOP.M.}$ деталі або відходу, що визначається від вихідної заготовки. На стінку матриці в момент різання впливає максимальний сумарний тиск:

$$P_{ОБЩ} = P_p + p_{TOP.M.},$$

$$\text{где } P_p = \frac{0,3P}{\pi \cdot D_{3AG} \cdot h_{II}} = \frac{0,3P}{\pi \cdot D_{3AG} \cdot 0,4S} = \frac{0,3 \cdot 302500}{3,14 \cdot 21 \cdot 0,4 \cdot 10} = 34,4 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} = 344 \text{ МПа}$$

$$p_{TOP.M.} = 6,3 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} \text{ згідно [25].}$$

Визначимо напругу на контактній поверхні в осьовому напрямку:

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

$$= 74,1 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = 741 \text{ МПа}$$

$$\sigma_z < [\sigma_{сж}]; [\sigma_{сж}] = 160 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = 1600 \text{ МПа}.$$

Визначимо нормальну напругу в радіальному напрямку:

$$\sigma_r = -P_{\text{общ}} = -(34,4 + 6,3) = -28,1 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = -281 \text{ МПа}$$

$$\sigma_r < [\sigma_{сж}]; [\sigma_{сж}] = 160 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = 1600 \text{ МПа}$$

Визначимо нормальну напругу в тангенціальному напрямку:

$$\sigma_\tau = P_{\text{общ}} \cdot \frac{\left(\frac{D_M}{2} \right)^2 + \left(\frac{D_{3\Lambda\Gamma}}{2} \right)^2}{\left(\frac{D_M}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{3\Lambda\Gamma}}{2} \right)^2} = 28,1 \cdot \frac{\left(\frac{60}{2} \right)^2 + \left(\frac{21}{2} \right)^2}{\left(\frac{60}{2} \right)^2 - \left(\frac{21}{2} \right)^2} =$$

$$= 35,9 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = 359 \text{ МПа}$$

$$\sigma_\tau < [\sigma_p]; [\sigma_p] = 50 \frac{\text{кз}}{\text{мм}^2} = 500 \text{ МПа}$$

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

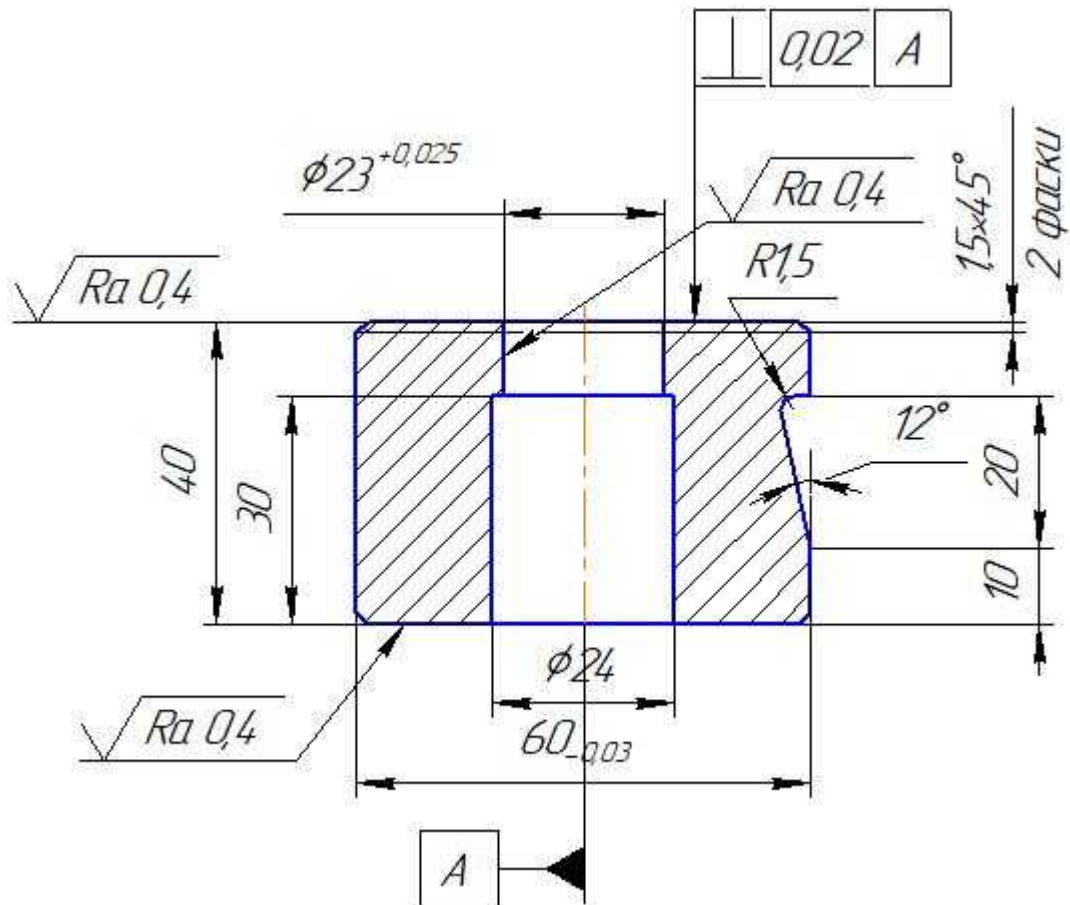


Рис. 3.4 Матриця для пробивання отвору.

Аналогічні розрахунки проводилися для всіх пуансонів і матриць.

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

3.8.



Рис. 3.5. Пуансон пробивний зі зйомними конусними наконечниками.



Рис. 3.6. Пуансони пробивні зі скошеними поверхнями.



Рис. 3.7. Пуансоны пробивні з плоскою поверхнею.



а



б

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

3.4 Використання додаткових напрямних

Аналіз заводської конструкції штампа показав, що діаметри напрямних колонок занижені в порівнянні з рекомендованими НДІАВТОПРОМ і їх відповідність викликає сумніви, про це вказує нам нерівномірність зазорів між матрицею і пуансоном під час роботи штампа. Крім основних напрямних втулок-колонок, з огляду на досить великі габарити штампа, застосовуються додаткові напрямні - замки, що представляють собою призматичні і циліндричні направляючі, які центрують штамп в момент робочої операції. Такі колонки дозволяють підвищити точність штампування, зменшити перекоси інструменту і відповідно підвищити його стійкість.



Рис. 3.9. Фото додаткових напрямних колонок замків.

Такі напрямні можна виконати у вигляді додаткових колонок, які значно коротші основних, або у вигляді напрямних замків.

Варіант з замками широко використовується на ВАТ «Авто ЗАЗ».



Рис. 3.10. Фото додаткових напрямних виконаних цілісно з плитою.



Рис. 3.11. Фото додаткових напрямних виконаних окремо від плити.

3.5 Вплив притиску на якість поверхні зрізу і на зусилля знімання заготівлі з пуансона

При вирубуванні-пробиванні заготівля в штампі з жорстким зйомником, за рахунок зусиль деформування, зазнає значного вигину, в зоні поділу створюються додаткові бічні стискаючі зусилля, які діють на інструмент див. рис. 3.12.

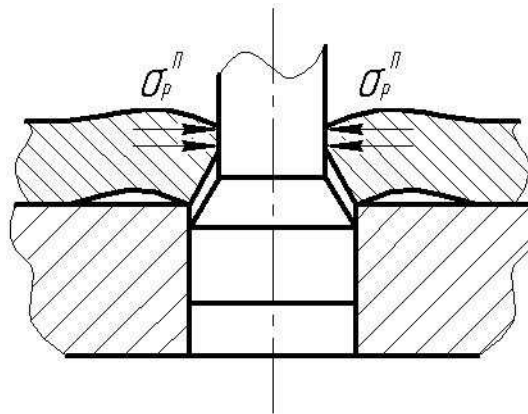


Рис. 3.12. Дія заготівлі на інструмент при вирубуванні без притиску

Бокові стискаючі зусилля, які діють на інструмент, можуть бути значно знижені застосуванням притиску заготівлі до дзеркала матриці або застосуванням мастила.

При пробиванні отворів з притиском бокові зусилля зменшуються в 2-3 рази в порівнянні з пробиванням без притиску, відповідно зменшується природне зношування бокової поверхні інструменту.

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

Для застосування притиску заготівлі в експериментальному штампі використовувалися тарілчасті пружини, що забезпечують зусилля притиску, що в (1-1,5) рази перевищує зусилля пробивання.

Висновок

Рухомий знімач, що дозволяє отримати якісну поверхню зрізу і помітно зменшити зношування різальних кромek пуансонів і матриць.

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження пробивання штаб товщиною 8, 10 і 15мм проводилися на кривошипному пресі простої дії КД2330, який встановлений в ковальсько-штампувальній лабораторії кафедри "Обробки металів тиском" ЗНТУ. Зусилля, що розвивається випробуванням пресом, становить 1000 кН.

Предметом дослідження є зразки після пробивання (Ст.3, Сталь 20), а також пробиті отвори товщиною 8-15 мм. Твердість матеріалу становить 118HV (119HV, Ст.3) і 174HV (166HV, Сталь 20). Твердість матеріалу отримана за Вікерсом. (див. рис.4.1-4.2).



Рис. 4.1. Фотографія індентора у формі піраміди Ст.3.

При проведенні експерименту використовувалися матриці і пуансони з різними зазорами. Для кожної пари було пробито по 5 отворів.

Фотографії зразків після пробивання були зроблені за допомогою мікроскопа Нігох.

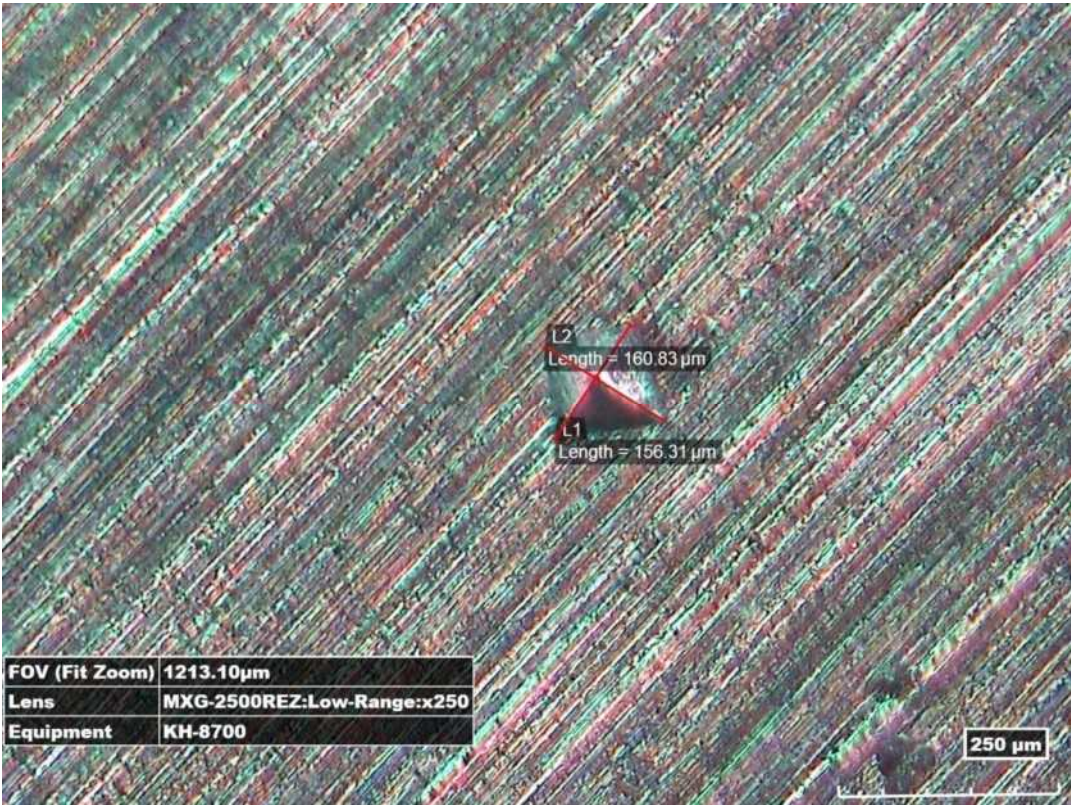
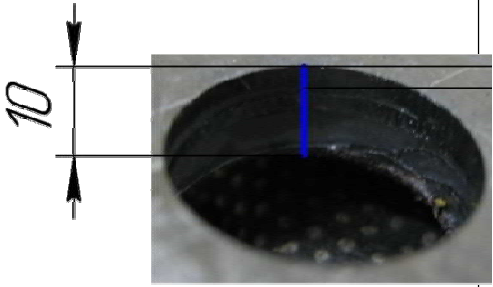
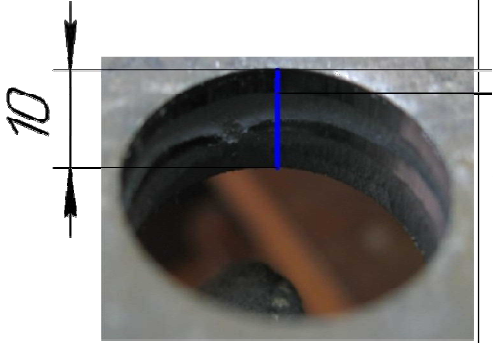
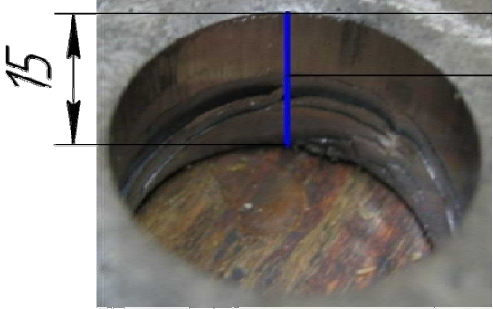
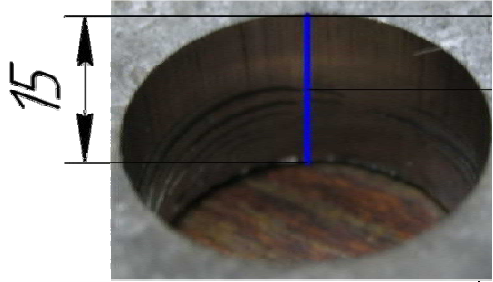


Рис. 4.2. Фотографія індентора у формі піраміди Сталь 20.

Результати досліджень зображені в таблиці 4.1. і на рис 4.3-4.4

Таблиця 4.1 Отвори отримані пробиванням

S, мм	d, мм	D, мм	Z, мм		h %
15	21.2	23.0	0.9		33.53

10	1.2	3.0	0.9		24.2
10	1.2	2.2	0.5		23.3
15	1.2	2.2	0.5		47.13
15	21.2	22.0	0.4		50.53

де, s - товщина отвору, що пробивається, мм;

d - діаметр пуансона, мм;

D - діаметр матриці, мм;

z - односторонній зазор між пуансоном і матрицею, мм;

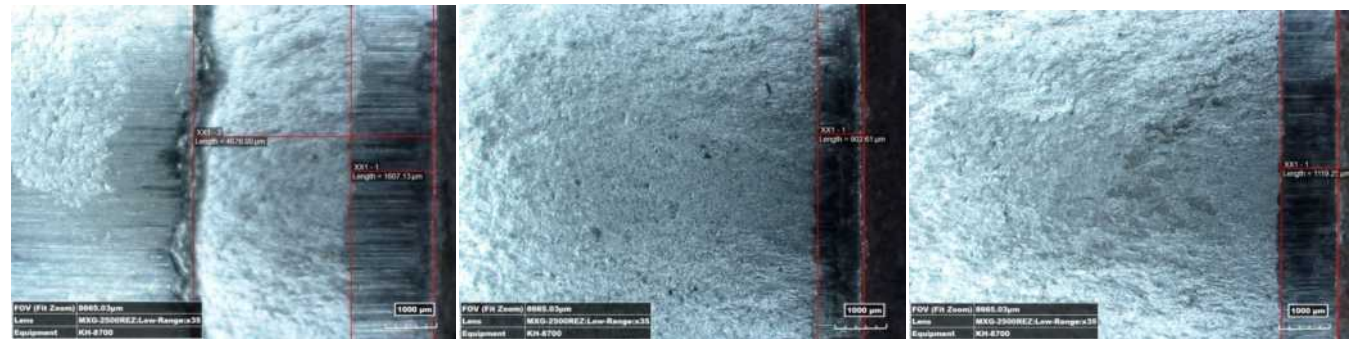
h - розмір блискучого пояса, в % від S .



S=8 мм, $z/2=6\%S$

S=8 мм, $z/2=10\%S$

S=8 мм, $z/2=15\%S$



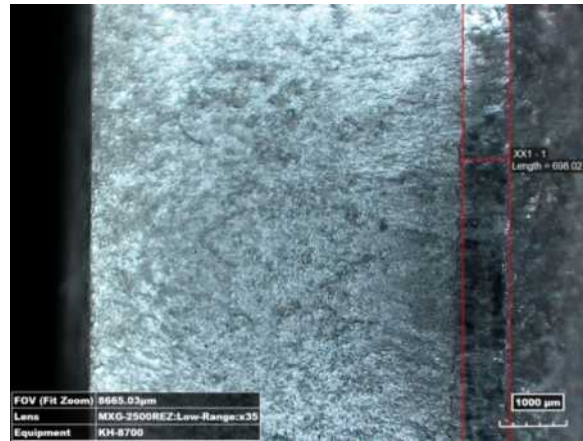
S=10 мм, $z/2=6\%S$

S=10 мм, $z/2=10\%S$

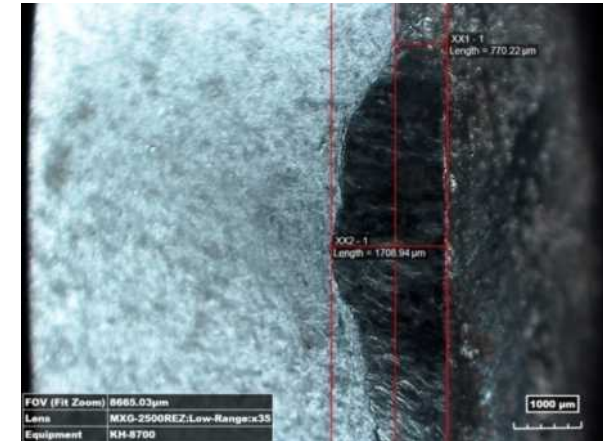
S=10 мм, $z/2=15\%S$

Рис. 4.3 Фотографії відходів пробивання отриманих за допомогою пуансона з плоскою поверхнею, з зазорами

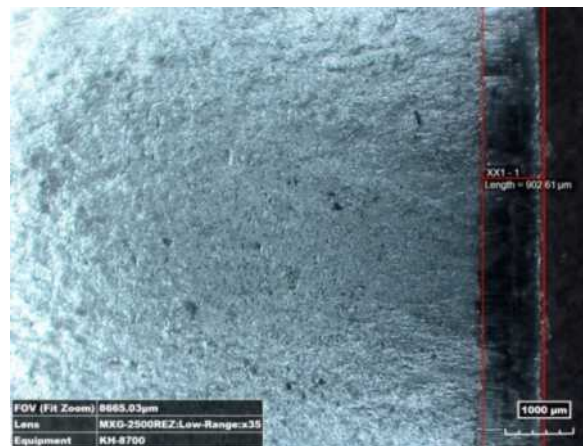
$z/2=6\%S$, $z/2=8\%S$, $z/2=10\%S$, $z/2=15\%S$.



$S=8 \text{ мм}, z/2=8\%S$



$S=8 \text{ мм}, z/2=15\%S$



$S=10 \text{ мм}, z/2=8\%S$



$S=10\text{мм}, z/2=15\%S$

Рис. 4.4 Фотографії відходів пробивання отриманих за допомогою ступеневого пуансона, з 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 заготовки і в нижній частині змінюються незначно, діаметр варіюється від 0,6 до 1,2 мм. На бічній поверхні зразку є кілька блискучих поясів, поверхня рвана, нерівна. Зусилля пробивання досягає максимальних значень.

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

З зазором матриці $z / 2 = 15\% S$ також є один пояс, але цей пояс помітно менше по висоті і помітно більше зона відколу. Розмір отвору в верхній частині і в нижній частині значно коливається і сягає значень $\Delta d = 2$ 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.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дипломний проект присвячений дослідженню технології пробивки товстолистого матеріалу.

Дослідницька діяльність пов'язана як з проведенням експериментів з використанням пресового обладнання та експериментального штампа, так і з моделюванням цих експериментів за допомогою ЕОМ.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

а). Незадовільна професійна підготовка фахівців може привести до травматизму або професійних захворювань. Причиною травматизму можуть бути порушення вимог технологічного процесу і правил охорони праці;

б). Незадовільна організація робочого місця може бути пов'язана з недостатнім урахуванням вимог ергономіки, захаращеність робочої зони і нерациональним розташуванням технологічного обладнання;

в). Можливість ураження електричним струмом. Головними причинами ураження можуть бути: невиконання правил електробезпеки, несправність енергоспоживаючого обладнання, наприклад, поява напруги на не струмоведучих частинах обладнання, в результаті обриву захисного заземлення, що може привести до електричних травм або смерті;

г). Можливість отримання механічних травм:

- недосконалість конструктивних рішень кріплення штампів на технологічному обладнанні, зокрема, ненадійність кріплення штампів та їх вузлів у пресі;

- відсутність технологічних отворів або інших конструктивних елементів для безпечного розміщення заготівель в штампі і безпечного вилучення деталей з них;

- відсутність надійних огорожень зони деформування;

д). Незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може привести до зниження комфортності праці та загальних захворювань;

е). Підвищений рівень вібрації, який пов'язаний зі специфікою технологічного процесу штампування і може привести до віброзахворювання;

ж). Можливість загорянь, причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих робочих газів, коротке замикання;

з). Негативний вплив електромагнітних полів, випромінювань, імпульсів великої потужності.

5.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

а). Для виключення аварійних ситуацій і випадків травматизму, які пов'язані з порушенням технологічних процесів, передбачено:

- до робіт залучаються особи, які отримали певні знання за фахом, які підтверджуються документом встановленого зразка;

- до роботи допускаються особи, які пройшли всі інструктажі та стажування, передбачені нормативно-правовими актами з охорони праці, галузевими стандартами, інструкціями до виконання робіт на підприємстві;

б). Робочі місця повинні відповідати відповідним вимогам ГОСТ 12.2.061-81 "ССБТ. Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць », ГОСТ 12.2.032-84" ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги ».

Норми безпеки визначають:

- Площа на одного працюючого не менше 4,5 м;
- Висота робочої зони від підлоги до стелі не менше 3,2 м;
- Обсяг, який припадає на одного працюючого, не менше 15 м .

Розташування тепловипромінюваного обладнання повинно виконуватися з урахуванням потоків повітря при використанні природної або штучної загальнообмінної вентиляції.

Головним положенням стандартів є те, що «Конструктивні та ергономічні особливості робочого місця повинні забезпечувати безперешкодне і зручне виконання всіх робочих операцій». Кольорове рішення технологічного обладнання повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.4.026-76 "Кольори сигнальні й знаки безпеки».

Основними заходами захисту при ураженні електричним струмом повинні бути:

1) організаційні:

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання і перевірку знань з електробезпеки згідно з вимогами ДНАОП 1.1.10 - 1.01 - 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок - споживачів» і отримали допуск по електробезпеці відповідної групи;

Електрообладнання виробничих ділянок повинно відповідати вимогам НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» та іншим чинним нормативним актам;

Експлуатацію і ремонт електроустановок повинен здійснювати спеціально підготовлений персонал;

Для кожного електроспоживаючого обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної та аварійної роботи. В електричних схемах повинні бути передбачені захисні електроприймачі від перевантажень і коротких замикань;

Все неізольовані струмопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожені суцільними огорожами, зняття або відкриття можливо тільки за допомогою спеціальних пристроїв.

Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті. Висота розташування визначається значенням напруги: при напрузі до 1000В - не менше 3,5 м, при напрузі понад 1000В - не менше 6м.

1) технічні:

- Використання електроізоляції. Стан ізоляції характеризується рівнем електростійкості опору. Встановлено, що опір ізоляції електричних дротів повинен бути не менше 0,5 м. Одним з найефективніших захисних заходів є подвійна електроізоляція.

Використання електричного блокування. Функції блокуючих пристроїв - запобігання небезпечних дій людині. Блокування ділиться на: - електричне блокування - здійснює розрив ланцюга спеціальними контактами; - механічне блокування - розрив ланцюга в механічний спосіб. Вимоги до блокування пристроїв визначені ГОСТ 12.4.155 - 85 "ССБТ. Пристрої захисного відключення. Класифікація. Загальнотехнічні вимоги.»

Пристрій захисного заземлення або занулення - це електричне з'єднання металевих частин обладнання, які не проводять струм, але можуть опинитися під напругою, з землею або з захисним нульовим проводом. Принцип дії захисного заземлення або занулення полягає в зниженні до безпечних значень напруги дотику, яка обумовлена замиканням на корпус. Електрообладнання необхідно заземлювати або зануляти відповідно до ПУЕ -2009 «Правила улаштування електроустановок».

- Електричне розділення мережі на окремі електрично незв'язані між собою ділянки.

- Включення джерел живлення технологічного обладнання здійснюється тільки через рубильник.

г). Для попередження механічних травм передбачено:

1) Кріплення штампів для преса можливо за допомогою болтів, плит або хвостовиків. Кріплення повинно бути надійним. Кількість елементів для кріплення визначається масою штампа і зусиллям при його роботі. При кріпленні верхньої частини штампа через хвостовик, його стан повинен

забезпечувати надійність кріплення штампа. Перекіс направляючих втулок в колонках неприпустимий.

2) Для безпечної подачі і видалення заготовок з штампу повинні бути передбачені технологічні отвори для зручного користування пінцетом або кліщами. При неможливості виконання цих вимог повинно бути передбачено використання захисних огорожень. Функції які повинні бути: виключення можливості попадання рук працюючого в небезпечну зону, виключення травмування працюючого самою захисною огорожею. Конструкція огороження повинна давати можливість безпечного обслуговування штампа.

3) При неможливості використання захисних пристроїв дворучне управління пресом є обов'язковим. Для автоматичної зупинки роботи преса в разі відхилення від нормального режиму (заклинювання пуансона, потрапляння в зону штампування сторонніх об'єктів, подвійний удар) передбачені запобіжні пристрої. До таких пристроїв відносяться:

- Обмежувачі ходу, упори, кінцеві вимикачі, гальмівні пристрої;
- Елементи конструкції устаткування типу «слабка ланка», зокрема, зрізані штифти, шпонки, фрикційні муфти, запобіжники;
- Блокувальні пристрої, які можуть бути механічними, електромеханічними, фотоелектричними;
- Сигналізуючі пристрої, які надають інформацію про виконання процесу або в разі прояву відхилень вказують на місце їх прояву. Такі пристрої зазвичай є частиною електричних схем ланцюгів управління обладнанням.

Одними з найпоширеніших випадків порушень є розміщення в одномісній матриці двох заготівель одночасно, спроба коректувати положення заготівлі в матриці під час опускання пуансона, штучне блокування запобіжних пристроїв.

5.3. Заходи забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечний фактор виробничого середовища».

Відповідно до ДСанПіН 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» при наявності шкідливих виробничих факторів клас виробництва встановлюємо як четвертий.

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху по ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» наведені в таблиці 7.1.

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року проектом передбачається влаштування системи опалення, суміщеної з припливною вентиляцією.

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці відповідно до ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Оптимальні значення метеорологічних параметрів

Сезон	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість переміщення повітря, м/с
Холодний і перехідний період року	20 – 23	60 – 40	0,2
Теплий період року	22 – 25	60 – 40	0,2

Заходи та засоби захисту від вібрації відповідають вимогам ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги», і ДСН 3.3.6.039-99 «Державні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги», методи віброзахисту з організаційними ознаками діляться на колективні та індивідуальні.

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

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

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004 - «Правила пожежної безпеки України». За ступенем пожежної небезпеки виробництва, відповідно до СНіП 2.09.02-85 «Норми проектування. Виробничі будівлі промислових підприємств» дана ділянка відноситься до категорії Д, до виробництва, в якому в обігу знаходяться вогнетривкі матеріали в холодному стані.

Переходи, проїзди евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог ДБН В. 1.1.7-2002 - «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень.

Згідно ДБН В. 1.1.7-2002 - «Пожежна безпека об'єктів будівництва» для організації виробництва категорії Д в будівлі забезпечена мінімальна ступінь вогнестійкості конструкції - перша (див. таблицю 7.3.)

Таблиця 5.3. - Ступінь вогнестійкості будівель та споруд

Основні будівельні конструкції	ступінь	
	Група	межа
несучі стіни	вогнетривкі	2,0
Плити, перегородки	вогнетривкі	0,75
внутрішні брандмауери	вогнетривкі	0,25
	вогнетривкі	2,5

Вибір і розрахунок засобів пожежогасіння.

З засобів пожежогасіння на ділянці передбачено:

- вогнегасники - 3 шт,
- ящик з піском - 1 шт.,
- покривало з вогнетривкого матеріалу,
- лопата - 2 шт.,
- лом - 2 шт.,
- сокиру - 2 шт.

силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

Вуглекислотні вогнегасники призначені для гасіння тільки електроустановок. В електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки (ВВК- 5):

- все іскристі частини обладнання укладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана прихованою в трубах.

У складському господарстві передбачаються наступні заходи пожежної безпеки:

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до всіх стелажів;
- суворе дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежною сигналізацією та засобами індивідуального пожежогасіння;

- поділ складів на відсіки протипожежними стінами за ознакою однорідності засобів пожежогасіння та можливості спільного зберігання матеріалів.

Проектом передбачається влаштування пожежної сигналізації в цеху і в допоміжних приміщеннях. Установлюються з розрахунку 1 сповіщувач на 65 м площі і замикаються на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

Внутрішнє планування цеху розроблене відповідно до СНіП 2.09.02-85 «Виробничі будівлі промислових підприємств»

Плануванням безпосередньо у робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками та готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації та інструменту.

При розробці планування передбачається організація проходів, які є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації (забезпечуючи цим вільний доступ до всіх робочих місць).

Площа і об'єм, який припадає на одного робітника виробничої ділянки забезпечує виконання вимог мінімального обсягу 1,5 м на одного робітника і мінімальні норми виробничої площі 4,5 м² на одного робітника і відповідає вимогам СНіП 2.09.04-87

«Санітарнопобутові приміщення». Передбачені місця для утилізації і захоронення промислових відходів.

5.5 Заходи для забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

На території проектного цеху в повній мірі забезпечено захист персоналу від впливу електромагнітних полів згідно ДСанПіН 3.3.6- 096-2002 «Державні санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів», ДСН 476-2002 «Державні санітарні норми и правила при роботі з джерелами електромагнітних полів». Засоби захисту використовуються при

всіх видах робіт згідно ДСанПіН 3.3.6-096-2002 з дотриманням всіх норм і правил.

Захист персоналу досягається шляхом проведення організаційних, інженерно-технічних заходів, а також використанням індивідуальних засобів захисту.

До організаційних заходів належать: призначення режимів роботи установок, зменшення місць і часу перебування персоналу в зоні випромінювання та ін. До інженерно-технічних заходів відноситься: раціональне розміщення обладнання, використання засобів які обмежують рівень випромінювання на робочому місці (поглинаючі матеріали, екрани). До засобів індивідуального захисту відносимо захисні окуляри, щитки, шоломи, захисний одяг (комбінезони, халати, окуляри з вмістом металу).

Спосіб захисту в кожному конкретному випадку визначається з урахуванням робочого діапазону частот, характеру роботи, необхідного рівня захисту.

Рівень електромагнітних полів контролюється і визначається перепадом потенціалів на робочому місці. Різниця в перепадах зон, які контролюються встановлюється 1 кВ / м (для магнітного поля частотою 50 Гц).

Рівень напруженості магнітного поля частотою 50 Гц при постійному впливі не повинен перевищувати 1,4 кА / м протягом робочого дня (8 год.)

Час перебування людини в магнітному полі напруженість понад 1,4 кА / м регламентується відповідно до ДСанПіН 3.3.6-096-2002 «Державні санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів» і показаний в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4.

Час прибуття	1	2	3	4	5	6	7	8
Напруженість магнітного поля, кА/м	6,0	4д1	4Д1	3,2	2,5	2Дм	1,6	1,4
Магнитна індукція, мТл	7,5	6,1 3	5,0	4,0	3,13	2,5	2,0	1,75

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 «Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю » вимірювання напруженості та щільності потоку енергії ЕМП проводяться не рідше одного разу на рік, а також в наступних випадках:

- при введенні в дію нових установок;
- при внесенні змін у конструкцію, розміщення і режим роботи діючих установок;
- під час і після проведення ремонтних робіт, які супроводжуються зміною випромінюваної потужності;
- при внесенні змін до засобу захисту від ЕМП;
- при організації нових робочих місць.

Вимірювання напруженості або щільності потоку енергії ЕМП допускається не проводити у випадках, якщо установка не працює в режимі випромінювання на відкритий хвилевід, антену або інший елемент, призначений для випромінювання ЕМП в навколишнє середовище, і її номінальна потужність згідно з паспортними даними не перевищує:

- 2,5 Вт - в діапазоні частот від 60 кГц до 3 МГц;
- 400 мВт - в діапазоні частот понад 3 МГц до 30 МГц;
- 100 мВт - в діапазоні частот понад 30 МГц до 300 ГГц

Таким чином, основними заходами з охорони праці є:

- 1) заходи щодо забезпечення техніки безпеки;
- 2) заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці;
- 3) заходи з пожежної безпеки;
- 4) заходи щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В аналітичному огляді розглянуті різні методи різання, а також вирубування-пробивання отворів товстолистових матеріалів.

Жоден з цих методів не дав можливість отримати блискучий поясок по всій товщині металу, тобто гладку і перпендикулярну поверхню зрізу з шорсткістю поверхні до 8-го класу по ГОСТ 2789-73 в матеріалі товщиною 10 мм і більше, без доводочних і доделочних операцій. Або за допомогою застосування дорогих гідравлічних пресів потрійної дії і складних прецизійних штампів.

Були проведені дослідження товстолистого пробивання отворів, товщиною штаб 8-15 мм в лабораторії кафедри обробки металів тиском на кривошипному пресі КД2330. Отримані наступні результати:

1. Спосіб пробивання із ступінчастим пуансоном з зазором $z / 2 = 8-10\% S$ дав найкращі результати по досягненню точності пробитого отвору і отримання якісної поверхні пробитого отвору в порівнянні з пробиванням плоским пуансоном. Рекомендується провести аналогічні дослідження для пуансонів зі скошеною поверхнею, зі знімними конусними наконечниками (рис. 3.5-3.6).

2. Зусилля знімання штаби з пуансона при жорсткому знімачі досягає 30% зусилля пробивання, при рухомому 8-10%. Необхідно досліджувати вплив різних конструкцій притискних пристроїв на якість поверхні зрізу.

3. Після пробивання більше 50 отворів на пуансоні з'явилися помітні ризики, які погіршують чистоту поверхні отвору і призводять до передчасного зношування пуансона. У зв'язку з цим виникає потреба дослідити чинники, що визначають стійкість інструменту при пробиванні отворів в товстолистовому матеріалі.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишневский Н.С., Грачев Б.М. . Опыт внедрения чистовой вырубки . Кузнечно-штамповочное производство. - 1986 №4.
2. Хтайк С.В. Чистовая пробивка толстолистого материала с предварительным созданием концентраторов напряжений. Кузнечно-штамповочное производство. - 2008. - №2. С. 24-26.
3. Коржов Е.Г. Некоторые особенности водоструйной обработки материалов “waterjet-технология”. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – семинар №18.
4. Шпилев В.В., Решетников М.К. Влияние факторов гидроабразивной резки на шероховатость обработанной поверхности, её твердость, овальность и конусообразность. Вестник СГТУ. – 2011. - № 2 (56). Выпуск 2.
5. Верченко А.В., Тамаркин М.А., Кишко А.А. Исследование шероховатости поверхности реза при гидроабразивной резке. Вестник Донского государственного технического университета. - 2017. - №2(89). С. 116-130.
6. Ковалев О.Б., Фомин В.М. Физические основы лазерной резки толстолистных материалов. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013. 256 с. ISBN 978-5-9221-1520-9.
7. Минаев И.В. , Сергеев Н.Н., Тихонова И.В., Гвоздев А.Е., Хонелидзе Д.М., Голышев И.В. Влияние параметров лазерной резки на качество поверхности реза стальных листов. Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2013. № 35
8. Шамарин, Ю.Е. Электрогидравлическая пробивка отверстий Импульсная обработка металлов Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. – Х., 1990. – С. 116.
9. Чачин, В.Н. Электрогидравлическая обработка машиностроительных материалов. Минск: Наука и техника, 1978. – 184 с.

10. Жовноватюк Я.С. Определение технологических режимов при вырубке отверстий способом электрогидроимпульсной штамповки. *Авиационно-космическая техника и технология*. - 2012, № 7 (94). – С.36-40.
11. Воронько В.В., Жовноватюк Я.С. Экспериментальное исследование точности отверстий, перфорируемых в листовых деталях авиационных двигателей способом электрогидравлической штамповки. *Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов*. - 2015. - Вып. 3. - С. 56-64.
12. Самаркин А. И., Негина О. В.Повышение точности обработки при электроэрозионной проволоочной резке. *Металлообработка*. – 2013., № 4 (76). – С. 24-27.
13. Оглезнев Н.Д., Абляз Т.Р., Влияние режимов электроэрозионной прошивки на точность размеров и шероховатость отверстий. *Вестник Пермского государственного технического ун-та. Машиностроение, материаловедение*. – 2011. – Т. 13, № 1. – С. 87–93.
14. Залеский В.И., Губарев В.В. Механизм деформации при резке металла в штампах. – В кн.: Технологические процессы обработки стали и сплавов. Труды Московского института стали (XXXIII). М.: Metallurgizdat, 1965. -С. 409 – 452.
15. Лисин А.Г. Исследование влияния некоторых факторов на деформацию заготовки по пояску смятия при вырубке и пробивке. *КШП*, 1970. - № 6. – С. 19-21.
16. Тимощенко В. А. Повышение износостойкости разделительных штампов. *Кузнечно-штамповочное производство*. – 2000. – № 12. – С. 22–26.
17. Романовский В.П. Пробивка и вырубка толстолистовой стали в холодном и горячем состоянии. *Кузнечно-штамповочное производство*. - 1975. - №7. - С.22-25.
18. Хтайк Сан Вин. Исследование процесса чистовой пробивки толстолистовых заготовок при изготовлении деталей летательных аппаратов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата

технических наук. М.: МАТИ. - 2008.

19. Сычук Ю. Т. Исследования механизма разделения при пробивке горячекатаной малоуглеродистой стали рифлеными пуансонами/Ю. Т. Сычук, В. В. Чигиринский //Вестник НТУ «ХПИ» : сб. науч. тр : Тематический выпуск : Новые решения в современных технологиях. - Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. - № 46. - С. 77-82.

20. Юдович С.З. Влияние состояния поверхности пуансонов на силовой режим, износостойкость инструмента и качество деталей при пробивке листовой малоуглеродистой стали./С.З. Юдович, Ю.Т. Сычук и др.//Кузнечно-штамповочное производство. - 1973. - №4. - С.17-19.

21. Зубцов М.Е. Повышение стойкости штампов для холодной штамповки. ЛДНТП, 1960. – С.84.

22. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. Л., изд-во «Машиностроение», 1967. – С.504.

23. Коваленко А.Н., Коваленко Н.И. Повышение стойкости разделительных штампов листовой штамповки. – Кузнечно-штамповочное производство. - 1981. - № 5. С. 35 – 38.

24. Михаленко Ф. П. Стойкость разделительных штампов. Машиностроение, 1976. - 208 с.

25. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ Под ред. Л.И. Рудмана – М.: Машиностроение. 1988. – 486с .

26. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние. 1979. - 520 с.