Форма № 24

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 технології виготовлення деталей спеціальних виробів

Виконав: студент VI курсу, групи М-81Зм
спеціальності (напряму підготовки)
131 Прикладна механіка
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)
Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування
Криворучко С.М.
(прізвище та ініціали)
Керівник Широкобоков В.В.
(прізвище та ініціали)
Рецензент Павленко О.В.
(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2018 рік

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет МІ МФ

Кафедра Обробка металів тиском

Ступінь вищої освіти (освітній ступінь)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

(код і назва)

Напрям підготовки (освітня програма) Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

"12" грудня 2018 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Криворучко Сергій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження технології виготовлення обтічників спеціальних виробів

керівник проекту (роботи) доц., к.т.н. Широкобоков В.В.,

(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) 14.12.2018

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 методик теоретичного і експериментального дослідження технології виготовлення обтічників спеціальних виробів. 3. Розробка технології оформлення деталі. 4. Розробка штампового оснащення. 5. Конструкторська частина. 6. Методика проведення експерименту. 7. Організація роботи. 8. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Перелік посилань.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1 – 7	Ширакобоков В.В. доц., к.т.н		
8 Охорона праці	Нестеров О.Э., доц., к.т.н.		
Нормоконтроль	Матюхін А.Ю к.т.н, доц.		

7. Дата видачі завдання 24.09.18

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітк
1.	Аналітичний огляд	11.10.2018	
2.	Вибір і обґрунтування методик теоретичного і експериментального	25.10.2018	
	дослідження технології виготовлення деталей соціальних виробів		
3.	Розробка технології отримання деталі	07.11.2018	
4.	Розробка інструментового оснащення	15.11.2018	
5.	Конструкторська частина	21.11.2018	
6.	Методика проведення експерименту	24.11.2018	
7.	Отримані результати	05.12.2018	
8.	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	07.12.2018	
	Перелік посилань	11.12.2018	

Студент _____ (підпис) Криворучко С.Н. (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ (підпис) Ширакобоков В.В. (прізвище та ініціали)

Реферат

ПЗ: _130_с., _50_ рис., _9_ табл., _5_ додатки, _19_ джерел

Об'єкт дослідження – операції витягування обтічників спеціальних виробів.

Мета роботи – розробка технологічних процесів штампування – деталі типу «Обтічник спеціальних виробів».

Метод розрахунків – теоретичні дослідження виконані з використанням основних методик розрахунку процесів холодного штампування, а також чисельних методів розв'язання задач з моделювання пресів.

Отримані результати та їх новизна – отриманні залежності геометричних характеристик отримання деталей складної форми для глибокого витягування типу «Обтічник спеціальних виробів»;

Проаналізована методика отримання за допомогою операції витягування обтічників спеціальних виробів.

Рекомендації до впровадження – розроблено рекомендації щодо вдосконалення проектування технології витяжки обтічників спеціальних виробів.

Рекомендації з проектування технологічних процесів штампування порожнистих циліндрів з листових заготовок.

Матеріали роботи можуть використовуватися в навчальному процесі при вивченні дисциплін "САПР технологічних процесів" і "Технологія холодного штампування", а також при виконанні студентами курсових, дипломних та магістерських робіт.

ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ, ВИРУБАННЯ, ВИТЯГУВАННЯ, ПРОБИВАННЯ, ВИДАВЛЮВАННЯ, ШТАМП, ПУАНСОН, МАТРИЦЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ 8
ВСТУП 10
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД 12
1.1 Аналіз технологій і методів виготовлення обтічників спеціальних виробів 12
1.1.1 Ротаційне витягування 12
1.1.3 Штампування вибухом 16
1.1.4 Штампування імпульсним магнітним полем 18
1.1.5 Штампування еластичними середовищами 20
1.1.6 Штампування-витягування деталей пластичним середовищем 24
2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИК ТЕОРЕТИЧНОГО І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБТІЧНИКІВ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИРОБІВ 28
2.1 Методика визначення процесу витягування деталей типу «Тіл обертання» 28
2.1.1 Характеристики операції витягування 28
2.1.2 Вимоги до технологічності деталей, виготовлених витягуванням 29
2.1.3 Методика розрахунку технологічних параметрів витягування 31
2.2 Змащення 34
3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ 38
3.1 Аналіз технологічності конструкції деталі 38
3.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанта технологічного процесу виготовлення деталі 39
3.2.1 Визначення форми і розмірів заготовок. 43
3.2.2 Визначення форми і розмірів напівфабрикатів 50
3.2.3 Розрахунок зусиль і роботи деформування. 51
3.2.4 Вибір потрібних ковальсько-штампувальних машин. 52

3.2.5 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей..... 53
4 РОЗРОБКА ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ..... 58
4.1 Конструювання та розрахунок штампів..... 58
4.2 Конструювання та розрахунок на міцність робочих деталей штампа..... 59
4.3 Методи контролю та управління якістю..... 65
4.4 Система змащування..... 66
5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА..... 68
5.1 Розрахунок та конструювання інструментальних блоків..... 68
5.1.1 Визначення основних розмірів блока..... 68
6 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ..... 71
6.1. Експериментальне моделювання процесу витяжки..... 72
6.2 Опис маятникового силовимірювача МС-1 для гідравлічного пресу ПГ-100А..... 73
6.2 Існуючі програмні комплекси для моделювання процесів магнітно-імпульсної обробки металів..... 76
6.2.1 ANSYS..... 76
6.2.2 Nastran..... 78
6.2.3 Abaqus..... 79
6.2.4 QForm 2D / 3D..... 80
6.2.5 LS-DYNA..... 83
6.2.6 Найбільш відповідна програма..... 87
7 ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ..... 89
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕСПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... 103
8.1 Аналіз потенційний небезпек..... 103
8.2 Заходи по забезпеченню безпеки..... 104
8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці..... 109
8.4 Заходи з пожежної безпеки..... 112
8.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях..... 115
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... 118
Додатки..... 120

Додаток А Перелік конструкторських документів 120
Додаток Б Графіки зусилля при витягуванні 121
Додаток В Схема силовимірювача гідравлічного пресу 122
Додаток Г Схема гідравлічного пресу 123
Додаток Д Загальні дані гідравлічного преса типу ПГ-100А 124

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

D0 – діаметр початкової заготовки, мм

HRCэ – твердість матеріалу інструменту по Роквелу

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

σ_S - напруга текучості, МПа

σ_B - тимчасовій опір розриву, МПа

δ – відносне подовження після розриву, МН

ψ – відносне звуження

$\sigma_{СЖ}$ - напруга стиснення деформованого матеріалу, МПа

hп – висота пуансона, мм

Zmin – мінімальний технологічний зазор при вирубці, мм

Zmax – максимальний технологічний зазор при вирубці, мм

P – зусилля деформування, кН

S – товщина штампувального матеріалу, мм

T – сила тертя, кН

E1, E2 – модуль пружності штампувального матеріалу та матриці, Н/мм

μ – коефіцієнт Пуансона

f – коефіцієнт тертя

Рсн – зусилля зняття штаби, стрічки с пуансона, кН

Рпр – зусилля проштовхування заготовки (деталі) в матрицю, кН

Q – зусилля притиску заготовки, кН

A – робота деформування заготовки, Аж

N – потужність деформування, кВт

R – радіус кривошипа, мм

L – довжина шатуна, мм

S - хід повзуна, мм

λ – коефіцієнт шатуна

ω – кутова швидкість вала, с

V – швидкість переміщення повзуна, мм/с

γ - прискорення переміщення повзуна, мм/с

m_K - приведене плече, мм

Ар – робота робочого хода, кДж

Апл – робота пластичної деформації, кДж

Атр – робота тертя, кДж

Аxx – робота холостого ходу, кДж

Мк – крутний момент на головному валу, Мн/мм

Рн – номінальне зусилля преса, Мн

ВСТУП

Штампування є базовим для виготовлення багатьох деталей різних галузей, а штампування з використанням такого вихідного матеріалу, як лист, стрічка, полоса та рулон тим більше, бо для авіабудування деталі, які виготовляються листовим штампуванням, складають понад 75- 80% /1, с.6/, тому актуальність і потрібність розробленого дипломного проекту безперечна.

Цінність проведених розробок в тому, що вони дозволяють зменшити собівартість деталей , а це дуже важливо, бо із-за малих розмірів деталей що виготовляються приходиться брати іноді збільшенні величини перемичок при розкрої, а це призводить до надлишкової витрати матеріалу, вартість якого і складає більшу частину собівартості деталі. Впровадження автоматизації та механізації дозволяє підвищити показники з техніки безпеки і також зменшити собівартість за рахунок зменшення трудомісткості виготовлення деталей, але із-за того, що виробництво серійне частіше використовують часткову автоматизацію.

Розроблені технології з холодного штампування можуть реалізовуватись на універсальних пресах любого типу. Це полегшує процес вибору обладнання та виконання цих операцій на обладнанні. Але із-за обмеженої різноманітності типів пресів, для виготовлення деталей може застосовуватися преса номінальне зусилля яких в декілька разів більше за потрібне технологічне зусилля.

Актуальність теми.

Найважливішим завданням машинобудування в сучасних умовах є забезпечення конкурентоспроможності продукції, що випускається, що обумовлює різке підвищення вимог до якості і експлуатаційних властивостей виробів при зниженні собівартості їх виробництва. Успішному вирішенню цього питання в значній мірі сприяє застосування високоефективних технологій і підвищення якості їх проектування, що реалізує економію матеріальних, трудових ресурсів та енергозбереження.

У різних галузях промисловості, таких як машинобудування, приладобудування, точна індустрія, виробництво деталей боєприпасів для стрілецької та артилерійської зброї та інше, знаходять широке поширення глибокі порожні циліндричні деталі, що виготовляються з листового матеріалу різними способами витяжки.

Проектування технологічних процесів витяжки порожнистих деталей в більшості своїй засноване на застосуванні емпіричних граничних коефіцієнтів формозміни з довідкових матеріалів, а також результатів теоретичних досліджень, в яких не в повній мірі враховують ряд практичних важливих параметрів процесу. Це породжує помилки при проектуванні технологічних процесів, а в ряді випадків призводить до необхідності експериментальної доопрацювання технологій, що подовжує терміни підготовки виробництва.

Зважаючи на викладене, вдосконалення процесів витягування обтічників спеціальних виробів є актуальним завданням.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз технологій і методів виготовлення обтічників спеціальних виробів

Широке застосування в різних галузях машинобудування, в тому числі і аерокосмічній, знайшли конічні осі симетричні деталі, для виготовлення яких широко використовуються методи обробки металів тиском.

Найчастіше використання існуючих технологічних процесів призводить до невиправдано великих витрат коштів на виготовлення.

Існуюче різноманіття конічних деталей виготовляється за допомогою наступних основних технологічний рішень:

1. Механічна обробка;

2. Ротаційне витягування;

3. Зварювання з листового металу;

4. Штампування вибухом

5. Штампування імпульсним магнітним полем;

6. Штампування еластичним середовищем;

7. Штампування пластичним середовищем;

8. Інструментальне штампування.

1.1.1 Ротаційне витягування

Ротаційне видавлювання (ротаційне витягування) застосовується в дрібносерійному виробництві, в разі, коли виготовлення штампового оснащення економічно не вигідно, а також при виготовленні деталей з опукло-увігнутою формою утворює, з'їм яких з пуансона утруднений. Як правило,

поверхня деталей отриманих ротаційним видавлюванням є хвилястою і відповідає 6-7 класу чистоти [8].

Розрізняють пряме і зворотне ротаційне видавлювання. У першому випадку напрямок течії металу збігається з напрямом переміщення ролика, по-другому - не збігається. Для виготовлення конічних деталей застосовують пряме ротаційне видавлювання.

За один перехід можливе виготовлення деталі з відношенням більшого до меншого діаметру 0,2 -0,3. Для отримання деталей з великим відношенням здійснюється кілька послідовних операцій на різних оправках, але при одному і тому ж найменшому діаметрі оправлення.

В ході обробки метал деталі значно уточнюється і наклепується, ніж при витяжці на пресах, тому деталі, видавлюються за кілька операцій, зазвичай піддають проміжному відпалу.

Поряд з простотою оснащення, універсальністю давильного інструменту та обладнання процес ротаційного видавлювання характеризується невисокою (по відношенню до інструментального штампування) продуктивністю і вимагає великого досвіду і витрати великих фізичних зусиль від робітника. У разі виготовлення деталей без ЧПУ для автоматизації процесу широке застосування знайшли спеціальні пристосування (рис. 1.1) [1] і верстати з ЧПУ (рис. 1.2).

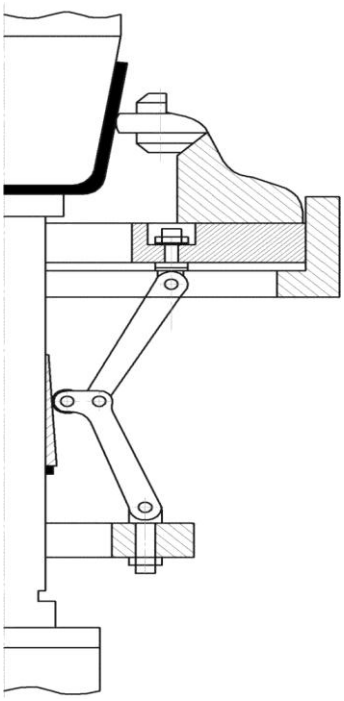


Рисунок 1.1 - Схема пристрою для ротаційної витяжки з копіром у вигляді усіченого конуса змонтованого на осьовому притиску.

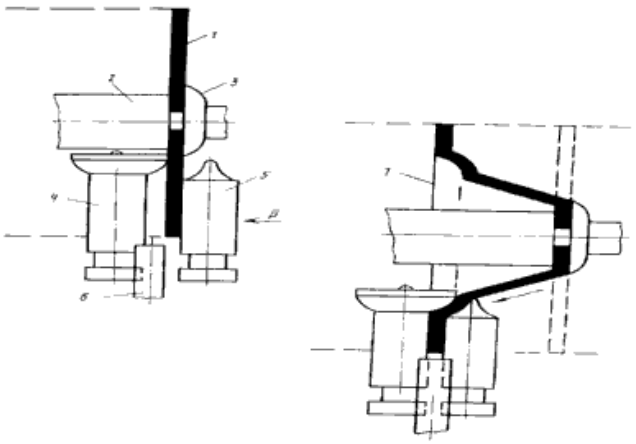


Рисунок 1.2 - Схема ротаційного видавлювання порожнистих деталей на верстаті з ЧПУ.

Рисунок 1.3. – Приклад використання ротаційного витягування.

1.1.2 Зварювання з листового металу

Зварюванням з листового металу можна отримати прості за формою деталі з прямолінійною твірною. Великогабаритні деталі з криволінійною твірною, як правило, отримують за рахунок подальшої формозміни зварної заготовки, динамічною деформацією, не великі - штампуванням еластичною середовищем і інструментальної штампуванням. Типовий технологічний процес в цьому випадку включає операції розкрою заготовки, розкочування на роликового гнучкій машині, зварювання та калібрування (в разі виготовлення деталей з криволінійною твірною - штампування). Для підвищення точності форми деталі застосовують термофіксацією. Термофіксація широко використовується при отриманні зміцнених волокон і плівок, а також покращує їх формостійкість і призводить до збільшення розмірів рухомих структурних елементів, однак багаторазові прання або тривале нагрівання волокон зазвичай призводять до усадки і зміні заданої форми виробів. Термофіксація проводиться в горизонтальних автоклавах, в які встановлюються транспортні візки з волокном. Фіксація проводиться при температурі 120 - 130 С в атмосфері пара.

Для кращого проникнення пари в товщу намотування волокна поперемінно проводяться операції вакуумування і пуску пари через кожні 20 хв.

Істотним недоліком виготовлення деталей зварюванням з листа є наявність зварного з'єднання з сильно відрізняються механічними властивостями. Недоліком технологічного рішення може також бути низька продуктивність і складність здійснення автоматизації зварювання деталі встик. У разі виготовлення тонкостінних деталей також виникає проблема пропалювання металу. Разом з тим рішення є універсальним і доступним.

Рисунок 1.4. – Приклад використання зварювання.

1.1.3 Штампування вибухом

Розрізняють декілька видів штампування залежно від типу вибухової речовини (рис. 1.5). Штампування з застосуванням:

- бризантного вибухової речовини (контактна і безконтактна);

- із застосуванням порохових зарядів;

- газових сумішей або зріджених газів.

При безконтактному вибуховому штампуванні заряд з заготівлею і матрицею занурюється в спеціальну ємність з рідиною (рис. 1.5, а).

Між заготівлею і порожниною матриці створюється вакуум. Заряд розміщується на деякій відстані від поверхні заготовки. При його підриві виникає імпульс тиску високої інтенсивності, який поширюється в рідині зі швидкістю 1450 м / сек. В результаті в районі розташування заряду утворюється газовий міхур, який, пульсуючи (розширюючись і стискаючись), викликає додаткові імпульси тиску, величина яких менше основного імпульсу тиску. В ході коливань міхур переміщається до поверхні рідини, а залишилася енергія разом з частиною рідини вихлюпується в атмосферу.

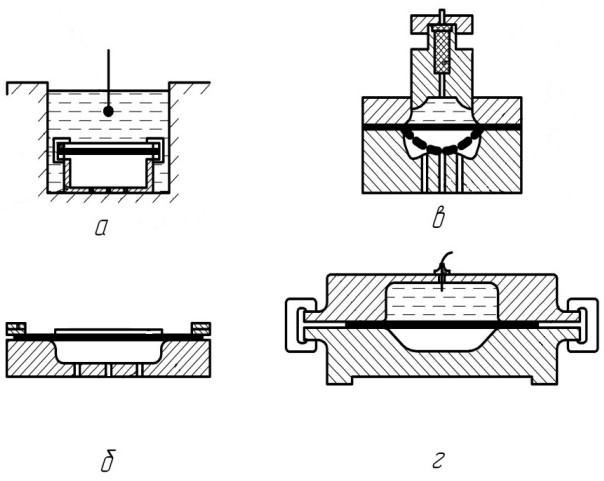


Рисунок 1.5 - Схема процесу штампування вибухом.

Приблизно 60% виділеної енергії припадає на основний імпульс тиску, 25% - на перші коливання газового міхура і інші 1-5% - на наступні. Енергія, що перетворюються в механічну роботу деформації, залежить від взаємного розташування заготовки, заряду і поверхні рідини, так як газовий міхур для кожного заряду має цілком певні розміри. Для отримання вибухової хвилі потрібної форми часто заряд, необхідний для деформування заготовки, розбивають на окремі частини, розташовуючи їх так, щоб можна було отримати найбільший ефект. Глибина занурення заряду повинна бути більше максимального радіуса газового міхура, який відповідає першому періоду

коливань. Для безконтактної вибуховий штампування використовують тринітротолуол, тетрил, Пентоліт, динаміти і рідкі вибухові речовини.

Як правило, штампування виробляють у відкритих ємностях - природних (озеро, річка) або штучних (залізобетонних і земляних басейнах). Іноді використовуються закриті ємності і басейни одноразової дії. В останньому випадку стінки басейнів при вибуху або повністю руйнуються, або відкидаються (стінки кріпляться легкознімними елементами і гнучкими зв'язками).

При контактних операціях вибуховий штампування (рис. 1.5, б) заряд розташований безпосередньо на заготівлі.

Штампування порохом і газами здійснюється в закритих ємностях. Енергія вибухової речовини передається заготівлі або безпосередньо, або через проміжну середу. На рисунку 1.5 представлені схеми деформування заготовки за допомогою енергії пороху (рис. 1.5, в) і газової суміші (рис. 1.5, г).

Важливими перевагами штампування газовими сумішами є рівномірність навантажень поверхні заготовки під час вибуху, можливість автоматизації процесу. Істотним недоліком штампування газовими сумішами є підвищені вимоги до техніки безпеки.

1.1.4 Штампування імпульсним магнітним полем

Сутність процесу штампування імпульсним магнітним полем (ІМП) полягає в наступному. При імпульсному розряді електричного струму високого потенціалу на котушку в ній утворюється потужне магнітне поле, яке, поширюючись, зустрічає на своєму шляху заготовку. Виникаючі на поверхні заготовки вихрові струми утворюють своє магнітне поле, яке, взаємодіючи з первинним полем, викликає ефект «відштовхування» заготовки від витків котушки. Якщо на шляху руху заготовки встановити матрицю або оправлення, то заготовка відповідним чином буде деформуватися. [2]

Існує й інша схема створення формуючої сили, коли через котушку-індуктор і заготовку пропускають протилежні струми зворотної полярності. Однак в цьому випадку складно здійснити надійний контакт між заготівлею та оправленням, порушення якого призводить до виникнення дуги розряду.

Витяжка деталей з допомогою ІМП за схемою напружено-деформованого стану являє собою штампування заготовок еластичним пуансоном по жорсткої матриці. В даному випадку можна створити цілком певний нерівномірне силове поле, в результаті чого досягаються в заготівлі різні ступені деформації, відмінні від звичайної схеми. Наприклад, в центрі заготовки, де зазвичай спостерігається велике потоншення, можна створити «провал» напруженості магнітного поля, тобто зусилля деформування в цьому районі заготовки буде значно менше, ніж в інших, що дуже важливо для підвищення граничних ступенів деформації. Нерівномірність магнітного поля досягається шляхом розробки індукторів з нерівномірним розподілом витків або застосування звичайних, універсальних індукторів з концентраторами поля. Концентратори являють собою металеві вставки різної форми, виготовлені з матеріалу з хорошими електричними властивостями (наприклад, зі сплаву міді з берилієм). Їх принцип роботи заснований на використанні ефекту збільшення щільності струму, а, отже, і напруженості магнітного поля, на ділянках концентратора, найближче розташованих до поверхні заготовки.

Застосовуючи описуваний спосіб, можна штампувати малопластичні і високоміцні матеріали, а також досягати більш високих ступенів деформації за один перехід і точності виконання контурів деталей. Іншими перевагами є універсальність устаткування, мінімальний час на переналагодження, простота оснастки по конструкції. Порівняльна безпеку процесу дозволяє виробляти різноманітну розстановку обладнання на ділянці, безпосередньо в цеху, легко здійснювати механізацію та автоматизацію процесу.

Разом з цим деформування ІМП має і свої недоліки: залежність сили електромагнітного впливу від електропровідності матеріалу заготовки

ускладнює штампування щодо погано провідних матеріалів, а складність реалізації великих запасів енергії обмежує можливість деформування заготовок великих габаритів.

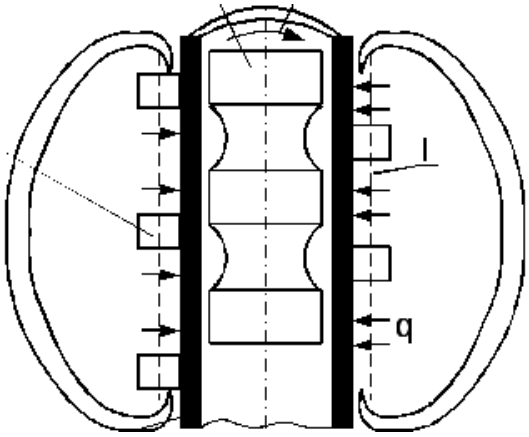


Рисунок 1.6. – Схема процесу штампування імпульсним магнітним полем.

1.1.5 Штампування еластичними середовищами

При штампуванні еластичним пуансоном по жорсткої матриці в якості пуансона застосовується зазвичай гума або рідина. При цьому питомий тиск рідини або гуми, необхідне для деформації, створюється або тиском повзуна преса, на контейнер з гумою, або гідростатичним тиском рідини, яка подається насосами в порожнину контейнера, або тиском, створеним електрогідроударом і вибухом.

Розглянемо схему такої витяжки (рис. 1.7). Зусилля P, необхідне для формозміни, може бути визначено за формулою:

$$Pq = qS, \qquad (2.1)$$

де q - гідростатичний тиск гуми або рідини;

S - площа проекції вільної поверхні заготовки на горизонтальну площину.

З боку заготовки формозміни протидіятимуть наступні сили:

F1 - сила тертя на витяжному ребрі матриці;

Fq - сила тертя від додаткового притиску заготовки тиском гуми до заокругленню матриці і внутрішньої її порожнини;

F2 - сила тертя від притиску фланця заготовки до матриці;

Рд - сила опору фланця заготовки об'ємно-пластичного деформації;

Рг - зусилля, викликане вигином заготовки навколо ребра матриці.

Витяжка з пластичною деформацією фланця стає можливою, якщо зусилля Pq не призводить до руйнації затисненої (центральної) частини заготовки і перевершує суму всіх протидіючих сил:

$$P_q > P_д + P_г + F_1 + F_2 + F_3 \qquad (2.2)$$

Якщо Pq менше суми всіх сил, то витяжці буде піддаватися тільки не затиснута частину заготовки, особливо центральна, за рахунок двухосного розтягування. Це буде витяжка без переміщення фланця, що супроводжується значним потоншенням в результаті розтягування. У наведеному нерівності величина доданків залежить від співвідношення діаметрів заготівлі і матриці. Даний метод можна застосовувати для витяжки порівняно неглибоких деталей, що мають наступне співвідношення геометричних розмірів.

$$L\ 70t \qquad (2.3)$$

де L - найменший лінійний розмір деталі в плані.

Недоліком цього процесу є те, що при витяжці еластичним пуансоном відсутні сили, які утримують заготівлю від зсуву під дією несиметричних сил, що виникають в процесі витяжки. Нерівномірність опору деформації фланця викликає неоднакове притиснення заготовки фланця, нерівномірна дія сил

тертя на витяжному ребрі матриці, різні товщини заготовки і різні механічні властивості на окремих ділянках заготовки. При витяжці жорстким пуансоном шкідливий вплив зазначених чинників легко усувається протидією тертя, що виникає між пуансоном і заготівлею. Зсув і затяжка заготовки знижують якість деталі, збільшують припуск на обрізку, а в результаті зменшується ступінь деформації.

Другою особливістю описуваної витяжки є нерівномірність товщини стінки штампувало деталі. Потоншення досягає 40-50%, що призводить до браку при більш глибокої витяжки. Це пояснюється відсутністю тертя між заготовкою і пуансоном, внаслідок чого сили, які перешкодили б розтягування центральній частині заготовки, не виникають і основна деформація відбувається за рахунок її розтягування.

Штампування - витяжка представляє великий інтерес для промисловості, і тому дослідники прагнуть усунути властиві цьому процесу недоліки.

Установка для ступінчастою витяжки еластичним пуансоном (рис. 1.7) складається з контейнера 1, в якому міститься гума або рідина, корпусу 3, змінною матриці 4, що переміщається поршня 2 і штока 6. Якщо витяжка здійснюється рідинним пуансоном, то в контейнер 1 (рис. 1.7, а) заливається рідина, а якщо гумовим пуансоном, то в нього полягає гума (рис. 1.7, б).

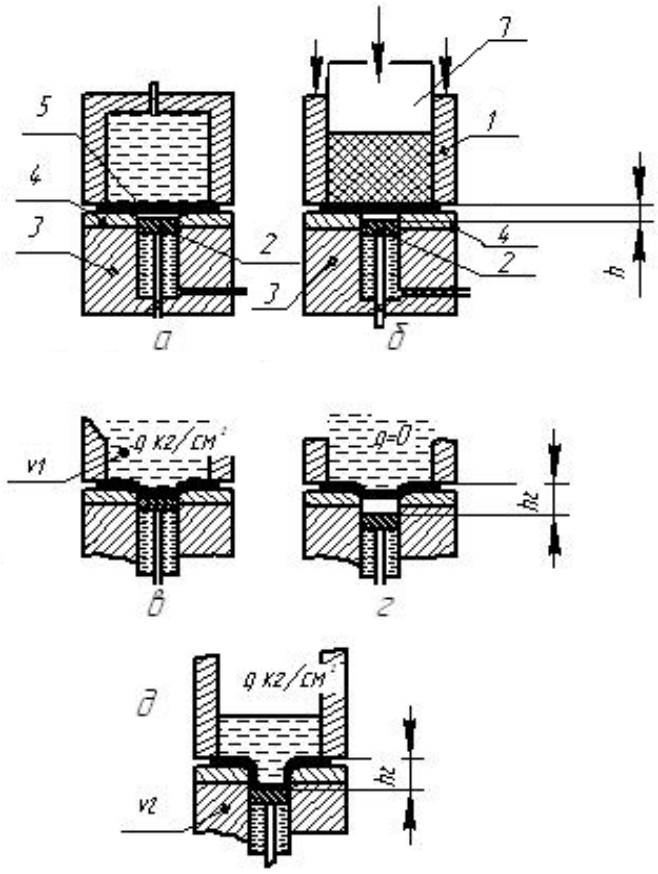


Рисунок 1.7 - Схема ступінчастою витяжки еластичним пуансоном.

Розглянемо принцип дії установки. На знімну матрицю 4 вкладається заготівля 5, яка притискається нижньою площиною контейнера 1 до матриці 4. Якщо порожнину контейнера 1 заповнена гумою, питомий тиск гуми, необхідне для формоутворення, буде створюватися плунжером 7, передає тиск повзуна преса верхньої відкритої частини контейнера (рис. 1.7, а, б). Переміщується поршень 2 займає положення, коли його верхня площина відстоїть від заготовки на відстань h. В цей час рідина під поршнем перекрита. Положення поршня регулюється обсягом рідини V1, що нагнітається або підбурює з циліндра, що знаходиться в корпусі 3. Величина h1 вибирається такий, щоб центральна частина заготовки під дією гідростатичного тиску q встигла стикнутися своїм дном з площиною поршня, не отримавши потоншення. До зіткнення з площиною поршня заготовка під дією гідростатичного тиску рідини змінює форму по сфері так само, як і при звичайній штампування еластичним пуансоном. Зустрічаючи на своєму шляху площину поршня, центральна

частина заготовки вступає з нею в контакт. Деформація центральній частині припиняється, і гідростатичний тиск рідини зосереджується на кутових частинах не затиснуті частини заготовки, внаслідок чого відбувається витягування на глибину h1 за рахунок деформації фланцевої частини заготовки. Ця частина заготовки притиснута до площини поршня, тому не відбувається утяжки і зміщення фланця, а також сильного потоншення. Таким чином, проведена витяжка 1-го ступеня на глибину h1 (рис. 1.7, б).

Розглянемо другий етап витягування. Відкривається зливний кран, рідина стравливается до обсягу V2 поршень переміщається вниз на відстань hГ. Між дном заготовки і площиною поршня утворюється новий щабель. Під дією гідростатичного тиску рідини знову повторюється деформація заготовки по тій же схемі (рис. 1.7, д).

Таким чином, за певну кількість ступенів можна витягнути деталь зі ступенем деформації, відповідної витяжці в інструментальному штампі. В даний час ще немає точних даних для визначення величини ступенів h1, h2, h3 тому глибину кожного ступеня необхідно визначати дослідним шляхом на двох-трьох перших деталях.

Розглянутий метод може бути з успіхом впроваджений у виробництво, особливо дрібносерійне. Установка носить універсальний характер. Змінним інструментом є лише матриця, а скорочення коштів і часу на виготовлення оснащення прискорить підготовку виробництва.

1.1.6 Штампування-витягування деталей пластичним середовищем

При штампуванні деталей пластичної середовищем (свинець, олово, алюміній і ін.) Пуансон і складкодержач є універсальними, а змінюється тільки матриця. Як пластичного середовища застосування знайшли такі метали: свинець, олово, алюміній. Застосовуючи даний метод, можна робити різання, формування, згинання та витяжку. Особливий інтерес цей метод представляє

для операції глибокого витягування деталей складної форми, наприклад овальної. Процес витягування пластичним металом проводиться за схемою представленої на рисунок 1.8.

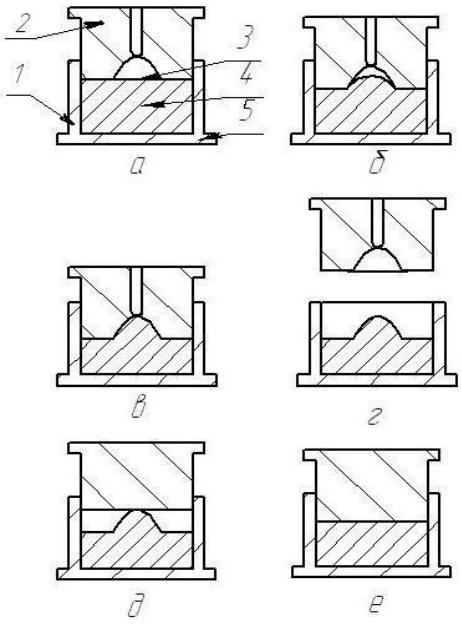


Рисунок 1.8 - Схема процесу витягування металу пластичним пуансоном.

Універсальний штамп для витягування порожнистих деталей пластичним металом складається з трьох основних частин: корпусу, або контейнера 1, змінною матриці 2 і обтискний плити 6. Корпус 1 заповнюється розплавленим свинцем (або іншим пластичним металом) до рівня, при якому можлива фіксація матриці. Після того як пластичний метал застиг, корпус встановлюється на стіл преса. Заготівля 3 укладається на пластичний метал 4, на заготовку ставиться матриця 2. Положення матриці фіксується циліндричної поверхнею корпусу 1, що не залитої пластичним металом. Матриця 2 притискає заготовку до пластичного металу (рис. 1.8, а), який при робочому ході преса видавлюється в форму матриці 2. Разом з ним згортається і заготівля 3. У цьому випадку центральна частина пластичного металу, видавлюється в робочу частину матриці, що має форму деталі , грає роль універсального пуансона, а периферійна частина пластичного металу роль складкодержача.

На рисунку 1.8 б, в показано початок і закінчення процесу витягування порожнистої конічної деталі методом штампування пластичним металом в універсальному контейнері.

Після закінчення витягування повзун преса переміщається у верхнє положення разом із закріпленою до нього матрицею 2. Отримана деталь знімачем виштовхується з матриці і видаляється з порожнини штампа пінцетом (рис. 1.8, г). Деформується метал, який прийняв форму матриці (рис. 1.8, д, г) в такому вигляді не готовий до штампування подальшої деталі. Для того щоб зробити штампування наступної деталі, необхідно надати пластичному металу початкове положення (рис. 1.8, а). Для цього в контейнер 1 вставляється обтискна плита, положення якої фіксується циліндричної поверхнею корпусу. При тиску повзуна на плиту пластичний метал обжимача, і штамп готується до наступного витягування. Технологічна можливість цього процесу при формоутворенні складних порожнистих деталей (конічних, сферичних, параболічних, прямокутних і ін.) Значно ширше, ніж при витяжці в інструментальних витяжних штампах, а також в штампах з використанням гуми і рідини. При штампуванні-витяжці пластичним металом розвиваються дуже високі питомі тиску на заготовку (1000-1500 кг / см2). Це відбувається з тієї причини, що для здійснення витяжки деталі необхідно пластично деформувати не тільки заготовку, а й сам пластичний метал, на що витрачаються значні зусилля. З одного боку, ця обставина позитивно, так як великі питомі тиску на заготовку є сприятливими для формоутворення, особливо при деформації високоміцних матеріалів. Високий питомий тиск попереджає складкоутворення, блокує протягом усього процесу витяжки небезпечне перетин і тим створює сприятливу схему напружено-деформованого стану. В результаті можна отримувати глибокі і складні за формою деталі. З іншого боку, потужність потрібного устаткування при питомих тисках 1000-1500 кг / см2 і досить великих площах дзеркала контейнера виявляється дуже високою. Це є істотним недоліком даного процесу.

Спосіб витягування деталей пластичним металом може бути застосований для виготовлення з нагріванням деталей з таких важко-деформованих матеріалів, як сплави на основі титану, молібдену і ін., Які при кімнатній температурі практично не деформуються. При такій штампування заготівля встановлюється на нагріту матрицю, в результаті чого заготовка, а також пластичний метал деформуються і набувають форму матриці. Як пластичного металу в цьому випадку може бути використаний алюмінієвий сплав Д16.

2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИК ТЕОРЕТИЧНОГО І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБТІЧНИКІВ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИРОБІВ

2.1 Методика визначення процесу витягування деталей типу «Тіл обертання»

2.1.1 Характеристики операції витягування

Під витяжкою розуміють отримання порожнистої заготовки (вироби) з плоскою (перша витяжка) або порожнистої (друга або наступні витяжки) вихідної листової заготовки. Зазначене перетворення відбувається в основному за рахунок пластичної деформації частини заготовки - фланця (рис. 2.1, а), що знаходиться в зіткненні з плоским торцем матриці 1 і на її округленої кромці з радіусом rm. Інша частина заготовки в основному деформується пружно або отримує невеликі пластичні деформації. Під дією пуансона 3 середня частина заготовки вдавлюється в отвір матриці. Поступово з плоскою заготовки діаметром Dз утворюється стакан із середнім діаметром d1. Під фланці з'являються напруження розтягу Qp, що діють в радіальних напрямках (рис. 2.2, б). Найбільша напруга Qpmax, яке може сприйняти штампуємий матеріал без руйнування, визначає граничну можливість витяжки.

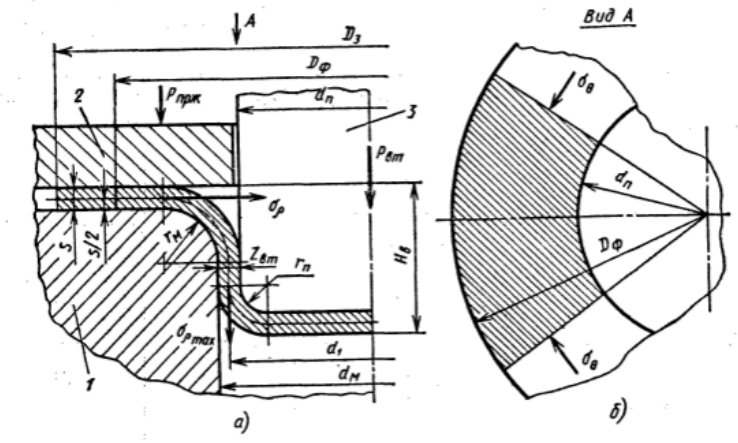


Рисунок 2.1. – Схема витягування циліндричної деталі з плоскої заготовки.

Фланець заготовки під дією стискаючих напружень Qo може втратити стійкість. Тому за певних співвідношеннях Dз і d1 застосовують притиск заготовки кільцем 2 зусиллям Рпрж, яке виключає можливість втрати стійкості фланця, але одночасно, внаслідок додаткового тертя, що виникає у фланці, збільшує фактичне значення Qp.

2.1.2 Вимоги до технологічності деталей, виготовлених витягуванням

Основною вимогою до деталей, які виготовляються витягуванням, є наявність плавних сполучень між стінками, а також між стінками і дном деталі.

Якщо у фланці деталі розташовані отвори, то кромка отвору повинна знаходитись за межами криволінійної поверхні фланця. ТО ж відноситься до отворів, розташованих в дні деталі. Щоб торець деталі був плоским після операції "обрізання" і не мав загострених країв, по контуру деталі слід передбачати буртик 0,2-0,5 мм. Виконати обрізку врівень з поверхнею деталі складніше, однак при крайній необхідності - можливо за рахунок спеціальної пригонки матриці штампа для обрізки по штампувало деталі.

Основні різновиди операцій витягування. Витягування з плоскої заготовки (перше витягування) можна здійснювати з притиском (рис. 2.2, а) і без прижиму (рис. 2.2, а). Друге витягування (третє, четверте і т.д.) виконують з порожнистої заготовки, попередньо отриманою в результаті виконання попередньої операції. Це витягування також можна здійснювати з притиском (рис. 2.2, б) і без притиску (рис. 2.2, в).

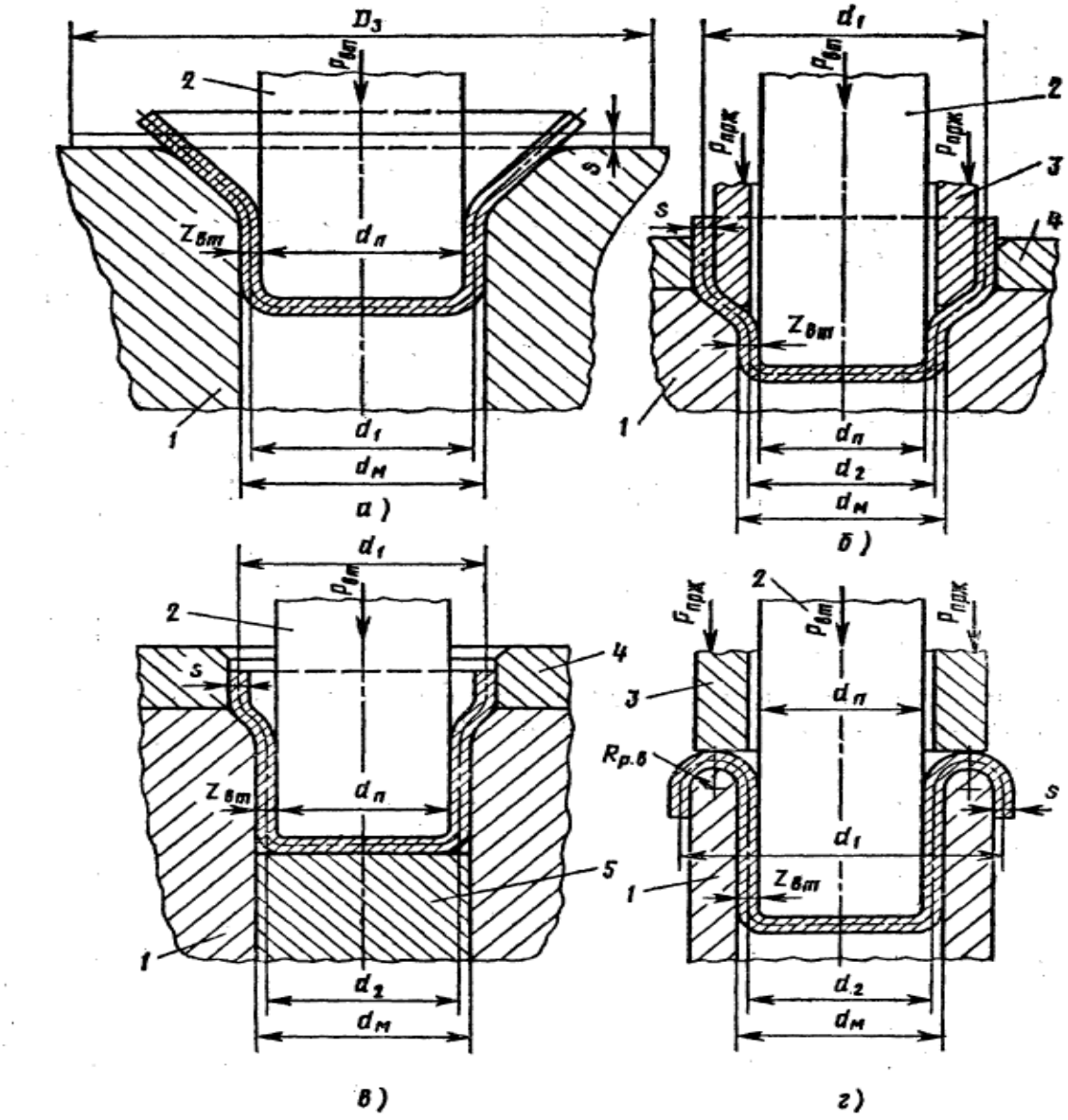


Рисунок 2.2. – Види витягування.

У наведених вище варіантах витягуваннях зазор між матрицею і пуансоном (односторонній) прийнятий більше товщини штампувального матеріалу:

$$z_{вт} = \frac{d_М - d_П}{2} > s \qquad (2.1)$$

Якщо ж витягування здійснювати з обумовленим зменшенням стінки, то $z_{вт} > s$.

Друге і наступні витягування з обумовленим зменшенням товщини стінки можна здійснювати без одночасної зміни внутрішнього діаметра вихідної порожнистої заготовки або з його одночасною зміною. Крім перерахованих видів і різновидів застосовують реверсивне витягування (рис. 2.2, г).

Всі різновиди витягування виконують наповал (рис. 2.2, а, б, г) або із застосуванням поршня (рис. 2.2, в).

2.1.3 Методика розрахунку технологічних параметрів витягування

Витягування циліндричних деталей без обумовленого стоншення матеріалу. Розміри вихідної заготовки. Вихідною заготівлею для витягування деталі типу полого циліндра є круг. Його діаметр Dз визначають виходячи з необхідних форми і розмірів штампувало заготовки.

В наслідок неоднорідності структури штампувало металу верхні кромки деталей, а також краю фланців у деталей з фланцем після витягування виходять нерівними. Тому при розрахунку діаметра вихідної заготовки необхідно враховувати припуск Н на обрізку деталі по висоті або D - на обрізку нерівних крайок фланця деталі.

Розрахунок діаметра вихідної заготовки Dз виконують виходячи з умови рівності площі бічної поверхні (розрахунок ведеться по серединній лінії перетину) деталі після витягування - площі поверхні вихідної заготовки. Розрахунок площі бічної поверхні деталі можна виконувати, підсумовуючи площі поверхні її окремих елементів.

Умова застосування притиску при витягуванні. Необхідність притиску при витягуванні і можливість виконання виятгування без притиску визначається умовами, наведеними в табл. 6[4].

Число операцій витягування и розміри полу фабрикатів визначають виходячи з допустимих коефіцієнтів витягування (m1, m2, … mn),

установлюваних можливе зменшення діаметру вихідної заготовки. Після першої операції:

$$d_1 = m_1 D_3 \quad (2.2)$$

Після другого, третього і т.д. витягування:

$$d_2 = m_2 d_1 \quad (2.3)$$

$$d_n = m_n d_{n-1} \quad (2.4)$$

Значення коефіцієнта витягування залежить від властивостей з стану штампувало матеріалу, його абсолютної і відносної товщини (для першої операції витягування відносною товщиною є $100s/D_3$, для подальших операцій витягування – $100s/d_{n-1}$) і умов виконання операції - стану робочих поверхонь штампу, наявність мастильного матеріалу, швидкості витягування та т.п.

У таблиці 9[4] наведені найменші коефіцієнти витягування циліндричних деталей для матеріалом товщиною 0,6-0,8 мм, які при випробуванні по Еріксону характеризуються глибиною сферичної лунки h_e=10…11 мм. При інших товщиною і значеннях h_e слід приймати наведені коефіцієнти витягування (табл. 9[4]) з поправочними коефіцієнтами (множниками) K_m, орієнтовні значення яких можна визначити за графіком рисунок 2.3.

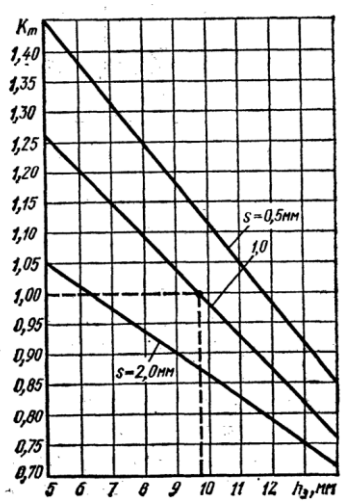


Рисунок 2.3. – Визначення множника для розрахунку коефіцієнту витягування.

При застосуванні матриць, що мають конічну робочу частину, процес витягування без притиску може бути істотно інтенсифікований. Витягування можна здійснювати з меншими в порівнянні з наведеними коефіцієнтами.

Коефіцієнти витягування для деяких матеріалів приведені в таблиці 10[4].

Різноманіття факторів, що впливають на значення коефіцієнтів витягування, призводить до необхідності їх стоншення дослідним шляхом в кожному випадку освоєння штампування нової деталі.

Глибину витягування після кожної операції визначають виходячи з незмінності площі поверхні вихідної заготовки в процесі витягування (деяким її незначним збільшенням, пов'язаним з зменшенням матеріалу, нехтують).

Зусилля витягування та робота деформації. Зусилля $P_{ВТ}$(Н) необхідну для витягування кругової циліндричної деталі без стоншення стінок, наближене обраховане за формулою:

$$P_{вт} = \pi d s К_{вт} \sigma_в \qquad (2.5)$$

де d – діаметр деталі, витягуємої після даної операції, мм;

s – товщина матеріалу;

$К_{ВТ}$ – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнту витягування;

$\sigma_в$ – межа міцності штампує мого матеріалу при розтягнені.

Зусилля $P_{прж}$ притиску фланця

$$P_{прж} = q_{прж} F_{прж} \qquad (2.6)$$

де $q_{прж}$ – питоме зусилля притиску;

$F_{прж}$ – площа частини заготовки, затиснутої між матрицею і притискним кільцем.

Робота деформації , необхідна для витягування:

$$A_{вт} = (0{,}6 \dots 0{,}8)P_{вт}H_{в} \qquad (2.7)$$

де $H_в$ – глибина витягування або робочій хід пуансона.

Зусилля Рвт і $P_{пруж}$ а також роботу $A_{вт}$ при витяжці не круглих деталей (без стоншення матеріалу) обчислюють за тими ж формулами.

2.2 Змащення

Мастила на біополімерного основі розроблені спеціально для використання в процесах металообробки. Вони мають унікальний «тепло активний» компонент - «понад температурні високоміцні полімери», який підвищує в'язкість рідини зі збільшенням нагріву і тиску при штампуванні та обробленні металу тиском. Високотехнологічні продукти забезпечують міцний в'язкий захисний плівковий бар'єр і таким чином дозволяють підвищувати продуктивність інструменту, термін його служби і знижувати кількість браку.

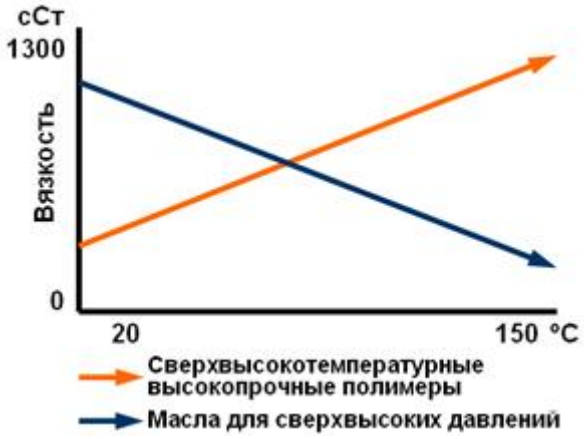


Рисунок 2.4. – Залежність в’язкості від температури.

На графіку 2.4 показано відмінність між біополімерними мастилами (помаранчева стрілка) і традиційними маслами для обробки металів тиском (синя стрілка). Для складних процесів обробки металів тиском при використанні традиційних масел потрібно або дуже товстий шар, або масла зі збільшеною в'язкістю. Причина цього проста. Через підвищення температури при обробці металів тиском в'язкість масла зменшується, шар мастила

стоншується, тому необхідний спочатку більш товстий шар масла, щоб у критичній точці процесу було досить мастила. Коли процес завершений, в'язкість масла повертається до вихідному показнику, і отримана деталь залишається покритою товстим шаром масла, для видалення якого необхідні агресивні миючі засоби.

Для цих мастил не потрібно спочатку більш товстого шару, тому що при досягненні екстремальних температур високоміцні полімери ущільнюються і утворюють на поверхні металу захисну плівку, що зменшує тертя при деформації металу. Високоміцні полімери створюють захисний бар'єр, і штампування відбувається без тріщин, задирок або налипань металу на штамп.

Основними областями застосування є: обробка металу тиском, штампування, глибока витяжка, механічна обробка, прошивка і вирубка, обробка на токарно-давильні верстаті, накатка різьби.

Мастила наносяться тонким шаром, тому після штампування на деталях залишається мінімальний залишок мастила, який легко змивається простою водою. Звичайні легуючі миючі засоби також легко впораються з видаленням залишків мастила.

Всі продукти мають безмасляного водну основу, вони в 10 разів менш токсичні, ніж більшість мастил застосовуваних для обробки металу тиском. У більшості випадків не потрібно переробки відходів і забруднень. Знижується обсяг і вартість утилізації.

Чистий безмасляна поверхню забезпечує найкращі умови зварювання та складання. Результати випробувань продуктів IRMCO, використовуваних при зварюванні вольфрамовим або плавкими металевими електродами в середовищі інертного газу і способах захисту при зварюванні довели, що висока якість зварювання може бути досягнуто без попереднього миття деталей, що зварюються. При цьому дим не токсичний. Низька пористість зварювального

шва забезпечується за рахунок того, що при швидкому горінні не виникають органічні забруднювачі.

Мастила на базі високоміцних полімерів, що створюють тонкі плівки, замінюють більшість традиційних хлорвмісних масел і дають прекрасні результати.

Мастильні матеріали мають низьку в'язкість при нанесенні, і тому добре змочують поверхню. У процесі ж обробки - формування поверхні, температура підвищується, і полімери, що знаходяться в мастилі, стають більш густими, в'язкими і липкими.

Високоміцні полімери фактично є "самонавідними" і прикріплюються до нагрітого металу, створюючи міцні бар'єрні плівки, що знижують тертя. Це дозволяє формує інструменту (штампу) розтягувати і формувати метал без задирок або налипань металу на штамп навіть під час найскладніших операцій.

Ці рідини - екологічно чисті рішення, які забезпечують чисте виробництво завдяки скороченню кількості часу, хімікатів, води, енергії і впливу на навколишнє середовище.

Таблиця 2.1. - Номенклатура мастил для обробки металу тиском

Мастильна рідина	Застосування	Матеріал	Товщина
КМ 30 323	Холодне штампування, глибоке витягування, формування, гнучка й інші види обробки тиском	Леговані стали, оцинковані стали, кольорові метали, алюміній	від 0,5 до 2 мм
КМ 30 080	Холодне штампування, глибоке витягування, формування, гнучка й інші види обробки тиском	Кольорові метали, алюміній, титан	від 0,5 до 4 мм
КМ 30 156	Холодне штампування, глибоке витягування, формування, гнучка й інші види обробки тиском	Нержавіючі стали, оцинковані стали, високоміцні сталі	до 4 мм

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ

3.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Під технологічністю слід розуміти таку сукупність властивостей та конструкційних елементів, які забезпечують найбільш просте і економічне виготовлення деталі при виконанні технологічних і експлуатаційних вимог до неї.

Основними показниками технологічності листових деталей є:

1) найменша витрата матеріалу;
2) найменша кількість і низка трудомісткість операцій;
3) відсутність наступних механічних операцій;
4) найменша кількість необхідного встаткування й виробничих операцій;
5) найменша кількість оснащення при скороченні витрат і строків підготовки виробництва;
6) збільшення продуктивності окремих операцій і цеху в цілому.

Загальним результативним показником технологічності є найменша собівартість деталей що штампуються. Одним з найважливіших питань, що розглядається перед технологічними розрахунками, є виявлення ступеня здатності металу виконати штампувальну операцію або визначення його відносної штампуємості. Під штампуємістю розуміють здатність металу піддаватися різним операціям штампування. Штампуємість залежить від ряду показників: механічних властивостей, пластичності, модуля пружності, структури металу та хімічного складу. Для детальної розробки беремо деталь: ***«Обтічник спеціальних виробів»*** (рис. 3.1).

Так як задана деталь ***«Обтічник спеціальних виробів»*** є тілом обертання простої форми, порожня, симетрична, товщина стінки 0,8 мм, матеріал ст.11ЮА, радіуси закруглень $r \geq (2-4)S$, то виходить, що деталь технологічна.

Враховуючи ці фактори і механічні властивості матеріалу, робимо висновок, що вони відповідають вимогам таких штампувальних операцій, як витяжка. Витяжка глибока, робиться в десять переходів. Відділення нерівного краю або надлишків матеріалу зовні об'ємної деталі робиться операцією «обрізка». Для зменшення тангенціального стискання на краю заготовки та радіального розтягування на витяжних кромках матриці в переходах збільшуємо радіус скруглення.

3.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанта технологічного процесу виготовлення деталі

Більшість деталей, які одержують методом холодного тиску, у листовому штампуванні можуть бути виготовлені декількома способами. При цьому необхідні операції для штампування заданої деталі можуть вироблятися на відповідних окремих штампах (диференційований спосіб штампування) або на сполучених чи послідовних штампах (концентрований спосіб штампування). Крім того, штампування даної деталі допускає варіанти в послідовності виконання необхідних операцій, а також варіанти з'єднань операцій у спільних і послідовних штампах. Перед розглядом конкуруючих варіантів технологічних процесів потрібно встановити які фактори визначають побудову процесу і які з них найбільш важливі: заготовка, спосіб одержання базового конструктивного елемента деталі, спосіб формоутворення інших конструктивних елементів деталі, спосіб одержання заданих механічних і фізичних властивостей деталі, якості її поверхні, ступінь механізації та автоматизації процесу. Кожний із цих факторів має власні особливі ознаки - форма і відносні розміри первинної заготовки, спосіб виконання операції, конструктивні особливості штампів, режими обробки та інші.

У багатосерійнім виробництві необхідно прагнути до мінімальних витрат матеріалу, до найменшої кількості штампувальних операцій за рахунок

використання та впровадження в проект спільного і послідовного процесу штампування, підвищенню продуктивності й стійкості штампів. Враховуючи неможливість огляду всіх можливих варіантів через обмеженість обсягу проекту, згідно з керівником проекту обрані два найбільш прийнятні варіанти.

По основних кількісним і якісним показникам (коефіцієнт використання матеріалу, кількість операцій і устаткування, трудомісткість виготовлення, складність устаткування, стійкість робочого інструменту та інші), отриманим у результаті подальших розрахунків, зробимо порівняння запропонованих варіантів виготовлення.

Результуючим показником є собівартість, а не трудомісткість виготовлення деталі. Оптимальний варіант технологічного процесу повинен забезпечувати надійне виготовлення деталі в повній відповідності вимогам креслення (якості деталі) при найменшій її вартості (ефективність виробництва).

Запропоновані варіанти виготовлення деталі „*Обтічник спеціальних виробів* ”:

Варіант I – Базовий.

1. Різання листа на штаби;
2. Вирубка заготовки зі штаби;
3. Витяжка I-X;
4. Калібрування
5. Обрізка напівфабрикату;

Варіант II - Запропонований

1. Вирубка та витяжка зі стрічки;
2. Витяжка II-IX;
3. Калібрування
4. Обрізка;

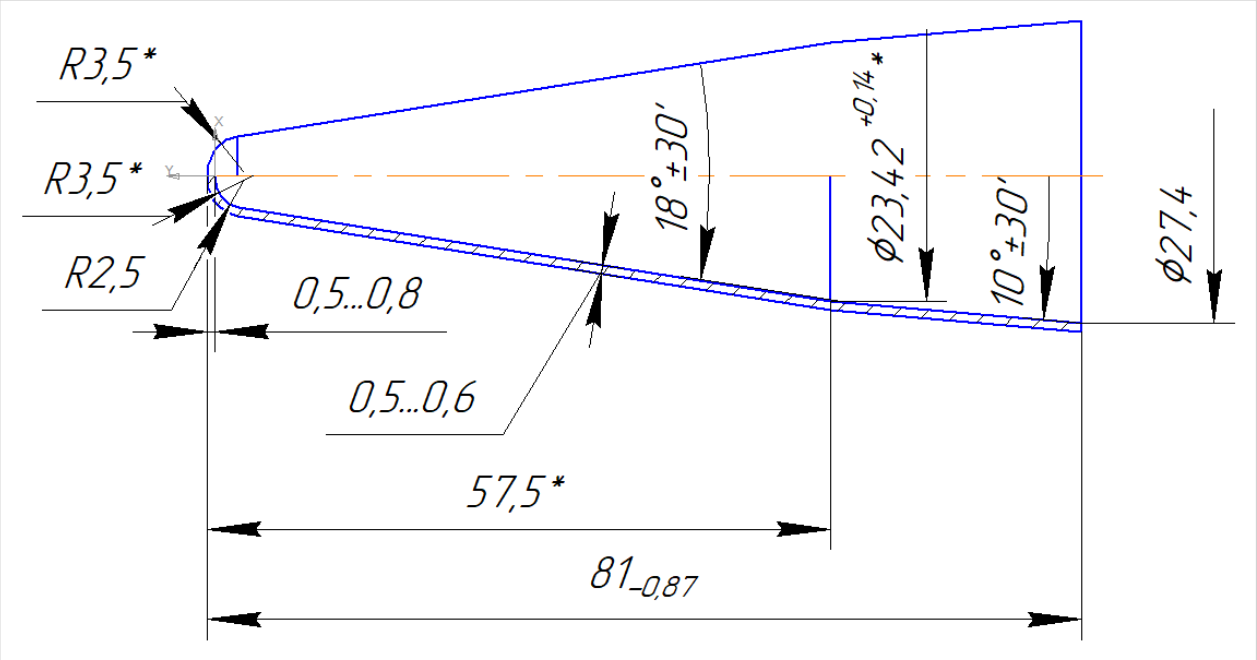


Рисунок 3.1. - Деталь – Обтічник спеціальних виробів.

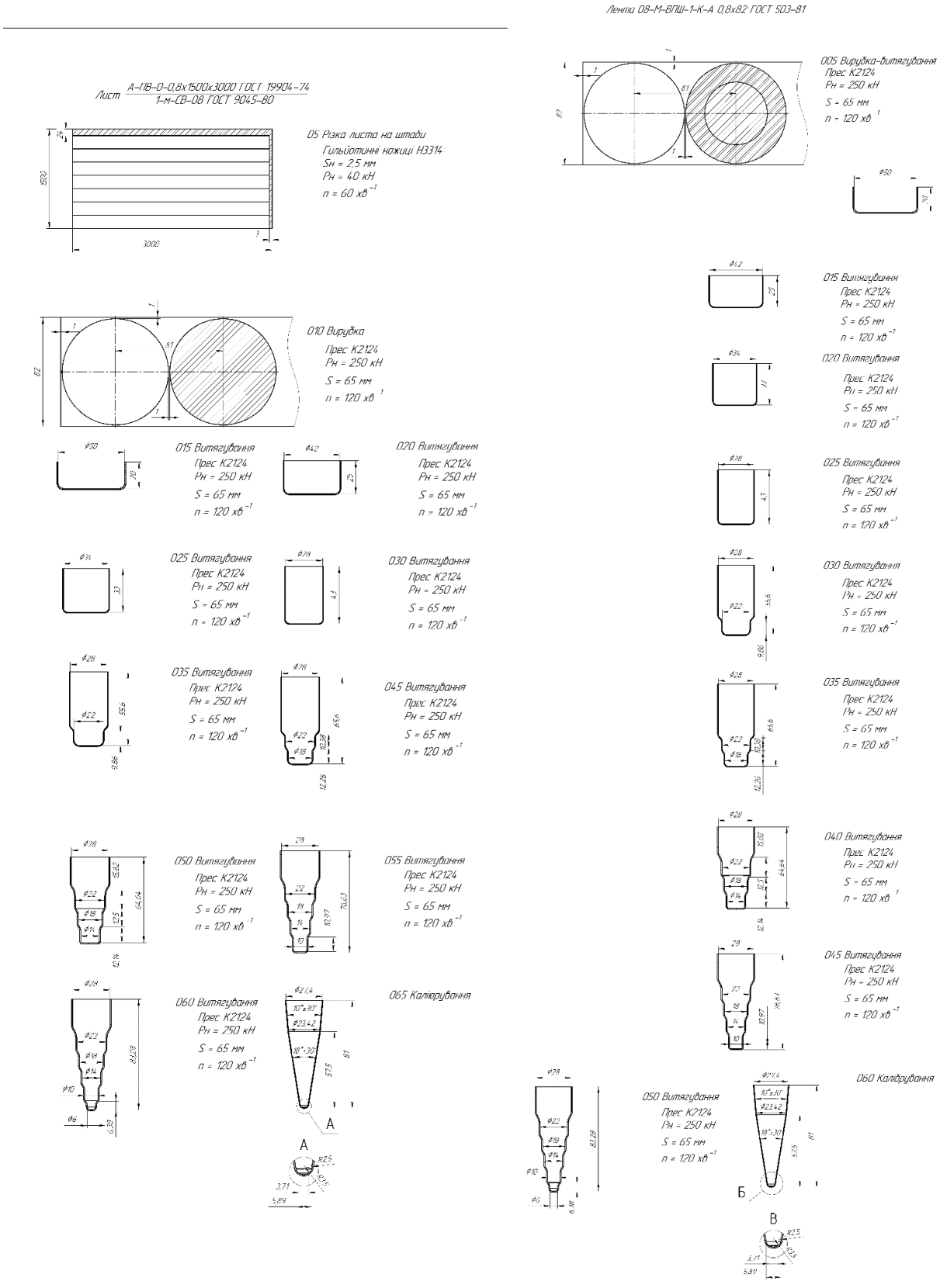


Рисунок 3.2. Варіант виготовлення деталі «Обтічник спеціальних виробів».

3.2.1 Визначення форми і розмірів заготовок.

Існує три методи розрахунку розмірів заготовки: аналітичний, графічний, графоаналітичний. Усі вони прийняті для любого виду штампувального виробництва. Однак, перевагу слід надати першому способу, як найбільш універсальному для конструктора та технолога.

Аналітичний метод заснований на виконанні рівності поверхонь штампуємої деталі та заготовки.

Розмір заготовки для деталі №1 знаходимо за формулами [2, стр.118]:

$$D_{заг} = 1{,}13\sqrt{\sum F} \qquad (3.1)$$

де $D_{заг}$ - діаметр заготовки без урахування стоншення стінок деталі;

$\sum F$ - сума поверхонь окремих дільниць поверхонь деталі, з урахуванням припуска на обрізку: $П_р = 4{,}3$мм.

Так як товщина конуса 0,8 мм, то діаметр заготовки слід підраховувати по середньому діаметру (див. рис. 3.3).

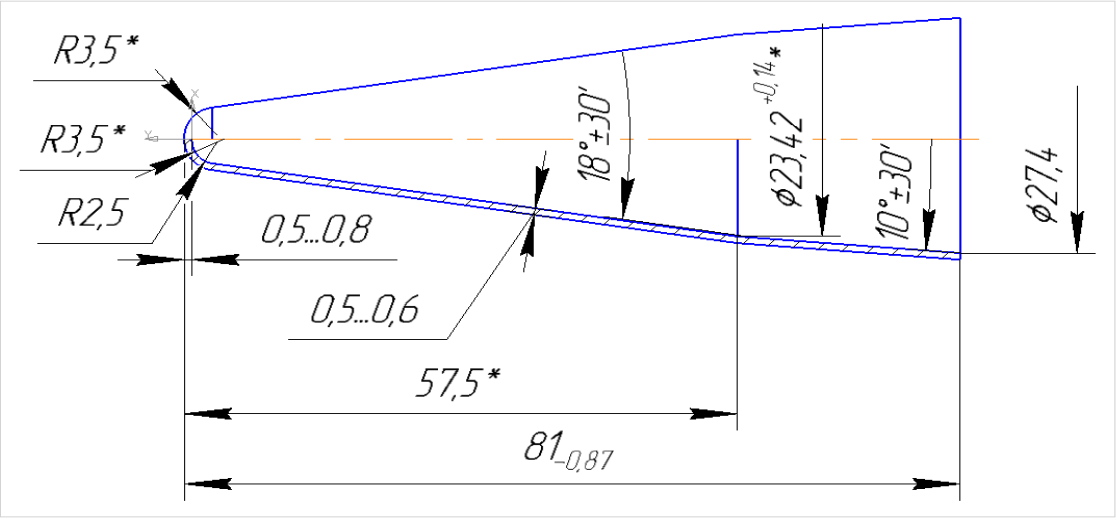


Рисунок 3.3. Деталь „ Обтічник спеціальних виробів ”.

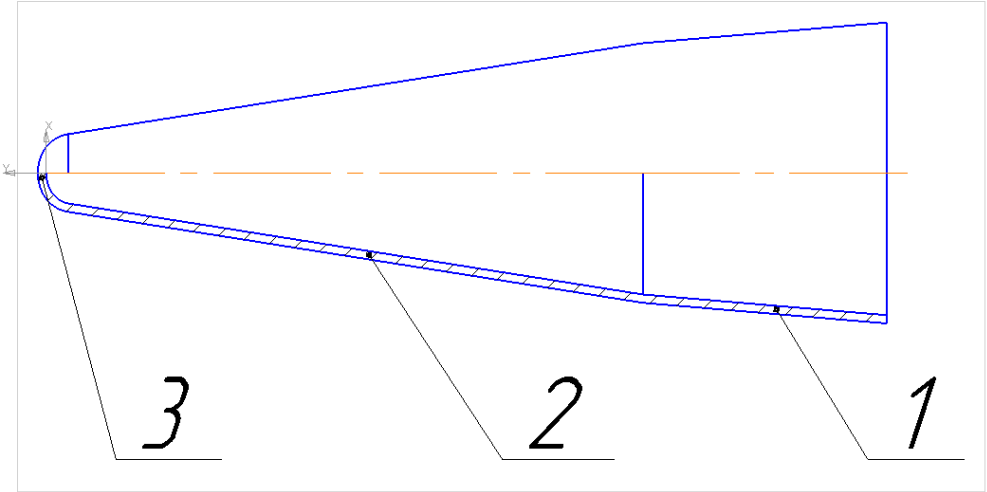


Рисунок 3.4. Розрахунок поверхні окремих дільниць деталі „ Обтічник спеціальних виробів ”.

Знайдемо розмір фігури 1 типу усічений конус:

$$F_1 = \frac{\pi l}{2}(d_2 + d_1) \quad (3.2)$$

$$F_1 = \frac{\pi \cdot 55.3}{2} \cdot (23.42 + 5.36) = 2598.8 \text{ мм}^2$$

Знайдемо розмір фігури 2 типу усічений конус:

$$F_2 = \frac{\pi l}{2}(d_2 + d_1) \quad (3.3)$$

$$F_2 = \frac{\pi \cdot 23{,}5}{2} \cdot (23.42 + 27{,}4) = 1875.9 \text{ мм}^2$$

Знайдемо розмір фігури 3 типу шаровий сігмент:

$$F_3 = \pi dh \quad (3.4)$$

$$F_3 = \pi \cdot 3.5 \cdot 0.78 = 8.6 \text{ мм}^2$$

Згідно табл. 35[1] знайдемо припуск на обрізку $П_р = 5$ мм

Діаметр заготовки знайдемо за формулою 3.1:

$$D_{\text{заг}} = \left(1.13\sqrt{F_1 + F_2 + F_3}\right) + \Pi_{\text{р}} = \left(1{,}13 \cdot \sqrt{2598{,}8 + 1875{,}9 + 8{,}6}\right) + 5$$

$$= 80 \text{ мм}$$

Заготовка для виготовлення конусу має розмір - ∅ 80 мм, що повністю збігається з заводськими даними.

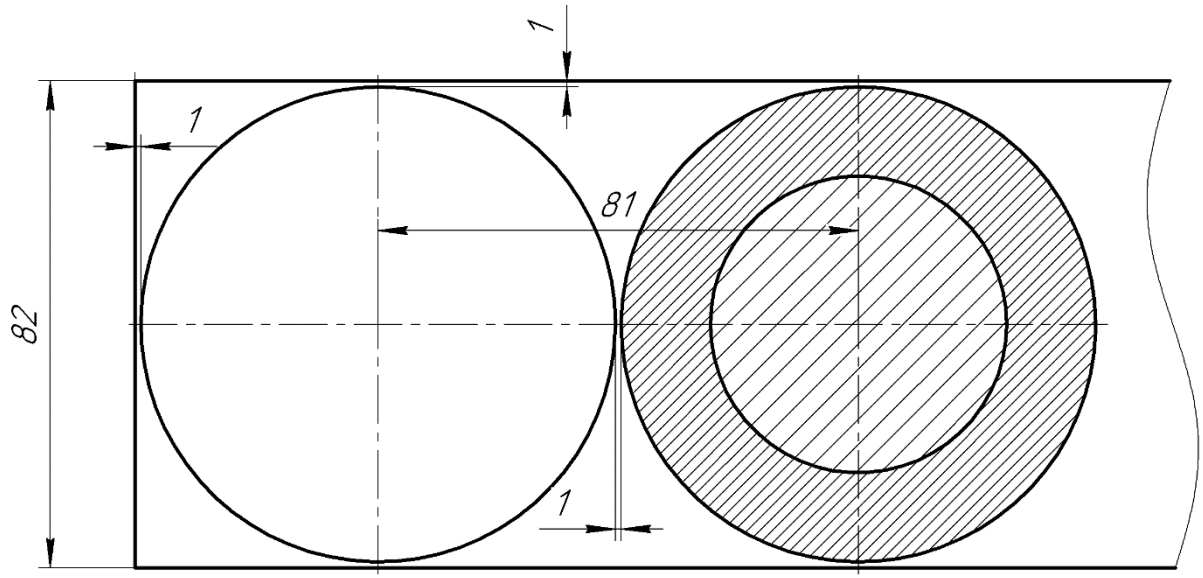


Рисунок. 3.5. - Розкрій штаби.

Визначимось з розкрієм деталі „ Обтічник спеціальних виробів ” (рис. 3.5).

Вихідні дані:

діаметр заготовки: $D_з$=80 мм;

величини перемичок /2, табл. 139, с. 293/ а=1 мм; в=1 мм;

$T = D_з + b = 80 + 1 = 81$ мм;

$B_0 = D_з + 2a = 80 + 2 \cdot 1 = 82$ мм;

$F = \frac{\pi D_з^2}{4} = 0{,}785 \cdot 80^2 = 5024$ мм^2.

Розкрій штаби може бути повздовжній та поперечний.

Для поперечного розкрою КВМ розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} \qquad (3.5)$$

де F - площа поверхні заготовки, мм^2;

B - ширина листа, мм;

L - довжина листа, мм;

n_1, n_2 - кількість деталей, штук.

$$n_1 = \frac{L}{B_0} \quad \text{та} \quad n_2 = \frac{B}{T} \qquad (3.6)$$

Для повздовжнього розкрою КВМ розраховується за формулою (3.4), але та мають інші значення:

$$n_3 = \frac{L}{T} \quad \text{та} \quad n_4 = \frac{B}{B_0} \qquad (3.7)$$

Розглянемо для розкрою декілька листів.

1) Лист 600*1200 мм :

а) поперечний розкрій = 1200/81=14,8

= 600/82 = 7.3

приймаємо 7 штаб та 14 штук в штабі.

По формулі 3.3 розрахуємо КВМ:

$\eta = \frac{5024 \cdot 14 \cdot 7}{600 \cdot 1200} = 0{,}68 = 68\ \%.$

б) повздовжній розкрій n_3 = 600/81 = 7,4,

= 1200/82 = 14,6,

приймаємо 14 штаб та 7 штук в штабі.

По формулі 3.3 розраховуємо КВМ:

$$\eta = \frac{5024 \cdot 14 \cdot 7}{600 \cdot 1200} = 0{,}68 = 68\ \%.$$

2) Лист 750*1500 мм :

а) поперечний розкрій = 1500/81 = 18,5,

= 750/82 = 9,1,

приймаємо 9 штаб та 18 штук в штабі.

По формулі 3.3 розраховуємо КВМ:

$$\eta = \frac{5024 \cdot 18 \cdot 9}{750 \cdot 1500} = 0{,}72 = 72\ \%.$$

б) повздовжній розкрій n_3 = 750/81 =9,2,

= 1500/82 = 18,2,

приймаємо 18 штаб та 9 штук в штабі.

По формулі 3.3 розраховуємо КВМ:

$$\eta = \frac{5024 \cdot 18 \cdot 9}{750 \cdot 1500} = 0{,}72 = 72\ \%.$$

3) Лист 1000*2000 мм :

а) поперечний розкрій = 2000/81= 24,6

= 1000/82 = 12,1,

приймаємо 12 штаб та 24 штук в штабі.

По формулі 3.3 розраховуємо КВМ:

$$\eta = \frac{5024 \cdot 24 \cdot 12}{2000 \cdot 1000} = 0{,}72 = 72\ \%.$$

б) повздовжній розкрій n_3 = 1000/81 =12,3,

= 2000/82 = 24,3,

приймаємо 24 штаб та 12 штук в штабі.

По формулі 3.3 розраховуємо КВМ:

$$\eta = \frac{5024 \cdot 24 \cdot 12}{2000 \cdot 1000} = 0{,}72 = 72\ \%.$$

4) Лист 1500*3000 мм

а) поперечний розкрій = 3000/ 81 =37,1,

= 1500/ 82 = 18,2,

приймаємо 18 штаб та 37 штук в штабі.

По формулі 3.3 розраховуємо КВМ:

$$\eta = \frac{5024 \cdot 37 \cdot 18}{3000 \cdot 1500} = 0{,}74 = 74\ \%.$$

б) поздовжній розкрій: n_3 = 1500/81 = 18,5

= 3000/82 = 36,2,

приймаємо 36 штаб та 18 штук в штабі.

По формулі 3.3 розраховуємо КВМ:

$$\eta = \frac{5024 \cdot 37 \cdot 18}{3000 \cdot 1500} = 0{,}72 = 72\ \%.$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1

	Лист 600х1200	Лист 750х1500	Лист 1000х2000	Лист 1500х3000
поперечний	0,68	0,72	0,72	0,74
поздовжній	0,68	0,72	0,72	0,72

Аналізуючи розрахунки, обираємо поперечний розкрій листа 1500х3000 мм, який відповідає ГОСТ 931-78.

Тепер проведемо розрахунок КВМ стрічки.

Перемички - а=1 мм, в=1 мм /2, табл. 56, с.136/.

Ширина стрічки дорівнює $Ш_с$ =80+2*1=82 мм.

Шаг просування стрічки Т=80+1=81 мм.

Приймаємо стрічку 0,8х82 мм ГОСТ 2208-75.

КВМ стрічки розраховуємо по формулі:

$$\eta = \frac{F}{Ш_С \cdot Т} \qquad (3.8)$$

Проведемо розрахунок для стрічки:

$$КВМ = \frac{5024}{82*81} = 0{,}756 = 75{,}6\%.$$

Як кінцевий варіант оберемо стрічку, це дозволить зекономити 10,4% металу та механізувати процес, що теж дуже важливо, бо дозволить значно зменшити трудомісткість виготовлення деталі.

Згідно прейскуранту цін вартість 1т стрічки – 4000 грн., листа – 4500 грн. При програмі випуску 30000 шт. витрати металу з листа складають 13,4т; з стрічки 12,7т. Знаючи ціну за одну тону метала і витрати його на програму, ми можемо визначити ціну метала на всю програму:

по І варіанту $Ц_1 = G_1 \cdot C_{листа} = 13{,}4 \cdot 4500 = 60300$ грн;

по ІІ варіанту $Ц_2 = G_2 \cdot C_{стрічки} = 12{,}7 \cdot 4000 = 50800$ грн.

Порівнюючи ці варіанти ми получаємо економічний ефект тільки на одному металі порядку 9500 грн.

3.2.2 Визначення форми і розмірів напівфабрикатів

Під визначенням форм і розмірів деформації розуміється розрахунок розмірів напівфабрикатів при відповідних операціях. Почнемо з розрахунку для деталі „Тарілка”.

Розглянемо операцію витяжки.

По-перше, визначаємо кількість переходів, за яку отримаємо потрібні розміри деталі, визначаємо за формулою:

$$n = \frac{\lg d_n - \lg(m_1 D_0)}{\lg m_2} + 1 \qquad (3.9)$$

де d_n - діаметр готової деталі, мм; $d_n = 117$ мм (див. мал. 3.3).

При відносній товщині 100% $\frac{S}{D_0} = \frac{0.8}{80} = 1$ коефіцієнти витяжки будуть дорівнювати $m_1 = 0{,}68$, $m_2 = 0{,}75$.

Розраховуємо кількість переходів:

$$n = \frac{\lg 117 - \lg 0{,}68 \cdot 172}{\lg 0{,}75} + 1 = 1.$$

Тепер розрахуємо розміри полуфабрикатів – діаметр та висоту – за формулами [2, стр. 154]:

$$d_1 = 0{,}68 \cdot 172 = 117 \text{ мм};$$

$$h_1 = \frac{172^2 - 166^2}{4 * 117} + 0{,}86 * 4 = 8 \text{мм}$$

3.2.3 Розрахунок зусиль і роботи деформування.

Для деталі „*Обтічник спеціальних виробів*” по І варіанту:

1. Різка на гільйотинних ножицях.

$$P_0 = \frac{s^2 \sigma_{ср}}{2tg\varphi} = \frac{0.8^2 \cdot 25}{2tg5^\circ} = 91кг = 0.9кН$$

2. Вирубка контуру заготовки:

$$P_{вир} = \pi D_o s \sigma_{ср} k \qquad (3.10)$$

де D_o = 80 мм – діаметр заготовки;

$\sigma_{ср}$ = 25 кг/мм^2 = 250 МПа.

$$P_{вир} = 3{,}14 \cdot 80 \cdot 0.8 \cdot 25 \cdot 1{,}25 = 6283кг = 62.8кН .$$

При вирубці слід також враховувати зусилля зняття стрічки з пуансона. Це зусилля розраховується за формулою:

$$P_{сн} = к_{сн} P_{вир}, \qquad (3.11)$$

$$P_{сн} = 0{,}08 \cdot 62.8 = 4.96 \text{ кН}.$$

Сумарне зусилля вирубки $\sum P$ буде дорівнювати:

$$\sum P_{вир} = 62.8 + 4.96 = 67.76кН .$$

Тепер розрахуємо роботу деформації:

$$A = P_{ср} h_р, \qquad (3.12)$$

$$P_{ср} = 0{,}7 \cdot P_{вир} = 0{,}7 \cdot 67.76 = 47.4кН .$$

$$A = 47.4 \cdot 1{,}5 = 71.1Дж .$$

Зусилля витяжки розраховуємо за формулою:

$$P_{в_1} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 33 \cdot 0.8 = 3937 \text{ кг} = 39.4 \text{ кН}.$$

$$P_{в_2} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 42 \cdot 33 \cdot 0.8 = 3309 \text{ кг} = 33.1 \text{ кН}.$$

$$P_{в_3} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 34 \cdot 33 \cdot 0.8 = 2678 \text{ кг} = 26.8 \text{ кН}.$$

$$P_{в_4} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_4 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 28 \cdot 33 \cdot 0.8 = 2206 = 22.06 \text{ кН}.$$

$$P_{в_5} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_5 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 22 \cdot 33 \cdot 0.8 = 1733 = 14.18 \text{ кН}.$$

$$P_{в_6} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_6 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 18 \cdot 33 \cdot 0.8 = 1418 = 14.18 \text{ кН}.$$

$$P_{в_7} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_7 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 14 \cdot 33 \cdot 0.8 = 1103 = 11.03 \text{ кН}.$$

$$P_{в_8} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_8 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 33 \cdot 0.8 = 787 = 7.87 \text{ кН}.$$

$$P_{в_9} = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_9 \cdot \sigma_в \cdot s = 0.95 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 33 \cdot 0.8 = 472 = 4.72 \text{ кН}.$$

3.2.4 Вибір потрібних ковальсько-штампувальних машин.

Для правильного вибору технологічного обладнання потрібно виходити з слідуючи положень:

1) технологічне зусилля операції або декілька операцій або переходів, в штампі сумісної дії повинно бути меншим за зусилля обладнання;

2) робота на штампі повинна забезпечуватися потужністю обладнання;

3) розміри столу повинні забезпечити встановлення та закріплення штампа;

4) величина ходу повзуна повинна відповідати технологічної операції;

5) безпека та зручність обслуговування обладнання повинні відповідати техніці безпеки.

При заданій програмі кількість пресів на спроектованій ділянці буде невелика, тому, щоб завантажити обладнання зупинимось на двох–трьох

типорозмірах пресів. Типи пресів, значення зусиль, ходу повзуна та частоту ходів беремо з довідника /4/.

Для деталі „*Конус*” вибір обладнання розглянемо як при використанні штаби, так і при використанні стрічки.

Якщо початковим видом матеріалу є лист, операцію різки листа на штаби при S=0,8 мм та довжині різа 1500 мм виконуємо на гільйотинних ножицях типу Н 3314 з $S_н$=2,5 мм та n=65 хв$^{-1}$.

Операція вирубки, враховуючи усі фактори обираємо кривошипний прес К2124 $P_Н = 250$ кН; S=65 мм; n=120 хв$^{-1}$

Операції витяжки, враховуючи усі фактори обираємо кривошипний прес К2124 $P_Н = 250$ кН; S=65 мм; n=120 хв$^{-1}$.

3.2.5 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей.

Трудомісткість визначаємо по загально машинобудівним нормативам [8].

„Обтічник спеціальних виробів”

1. Поперечна різка листів на смуги на гільйотинних ножицях.

Розмір листу 0,8х1500х3000. Площа листу 4,5м^2.

Крок просування листу 81 мм.

Кількість смуг з листу n=18.

Кількість деталей із смуги – z=37.

Число подвійних ходів в хвилину – 65.

Устаткування - ножиці Н3314

№ прийомів	Прийоми роботи	№ карти	Позиція індекс	Основний час в хв.	Допоміжний час в хв.	
					перекрите	неперекрите
1	Узяти лист із стопи, піднести і покласти на стіл ножиць до упору	37	3г			t1=0,0615
2	Просунути лист до упору	39	17г			t2=0,0144
3	Включити ножиці	1	2а			t3=0,015
4	Штампувати	2	40б	t02=0,0165		
6	Відкласти відхід від листу	41	3а			t5=0,0678

$$T_{шт} = \left[t_0 + t_3 + \frac{t_1 + t_2(n-1) + t_4}{n}\right] * k$$

$$k = 1{,}11 \div 1{,}16$$

$T_{шт}$ = [0,016+0,015+(0,0615+0,0144·13+0,01007) /14]·1,13 = 0,0559 хв.
Оскільки з однієї смуги виготовляють 8 деталей, то:

$$T_{шт1} = 0{,}0559/8 = 0{,}0069 \text{ хв.}$$

2. Штампування деталі із смуги.

Розмір смуги 0,8х82х3000 мм.

Крок просування смуги – $T = 81$ мм.

Кількість деталей із смуги – $n = 37$.

Устаткування – прес КД2124; $P_Н = 250$ кН; $n = 120$ хв$^{-1}$.

№ прийомів	Прийоми роботи	№ карти	Позиція, індекс	Основний час в хв.	Допоміжний час в хв.	
					перекрите	неперекрите
1	Узяти смугу, змазати з одного боку	4	2б			t1=0,03608
2	Установить смугу в штамп	6	3в			t2=0,03763
3	Включити хід преса	1	2а			t3=0,015
4	Штампувати	2	38б	to=0,01		
5	Просунути смугу на крок	40	25в			t4=0,00759
6	Видалити відхід	41	3а			t5=0,00323

$$T_{шт} = \left[t_0 + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1) + t_4 + t_5}{n}\right] * k$$

$$T_{шт} = \left[0{,}011 + 0{,}015 + \frac{0{,}036 + 0{,}037 + 0{,}00759 + 0{,}00323}{8}\right] * 1{,}13 = 0{,}047 \text{хв}$$

3. Витяжка деталі із заготовки

Заготівка – d=80х0,8.

Площа – F=0,023 м^2.

Устаткування – прес КД 2124; P_H=250 кН; n=120 хв$^{-1}$.

	Прийоми роботи	№ карти	Позиція індекс	Час в хв.	
				То	ТБ
1	Узяти заготівку, змазати з одного боку	4	1а		0,03
2	Установить заготівку в штамп	14	3в		0,0238
3	Включити хід преса	1	3а		0,018
4	Штампувати	2	38б	0,009	
5	Вийняти деталь з штампу, відкласти в ящик	20	3в		0,00671

$$T_{шт} = (t_0 + t_2 + t_3 + t_4) * k$$

$$T_{шт} = (0{,}009 + 0{,}0238 + 0{,}018 + 0{,}03 + 0{,}00671) \cdot 1{,}13 = 0{,}099 \text{ хв.}$$

4. Витяжка деталі із заготовки.

$$T_{шт4} = T_{шт3} = 0{,}099 \text{ хв.}$$

„*Обтічник спеціальних виробів***" II варіант.**

1. Штампування деталі із стрічки

Стрічка сталева – Q = 100кг, B = 82мм, S = 0,8 мм.

Крок просування – T = 84 мм

Кількостей деталей із стрічки: $n = \frac{l}{T}(шт);$

Довжина стрічки; $l = \frac{Q}{q}(м);$

q -вага 1пог. метра стрічки в кг;

$q = B_0 \times S \times 100 \times \gamma(кг);$ $q = 0{,}82 \cdot 0{,}08 \cdot 100 \cdot 7{,}8 = 2{,}05$ кг

$l = 100 / 2{,}05 = 48{,}78 м;$ $n = 48780 / 173{,}5 = 281 штук;$

Устаткування – прес КД 2124; P_H=250 кН; n=120 хв$^{-1}$.

	Прийоми роботи	№ карти	Позиція Індекс	Основний час в хв.	Допоміжний час в хв.
1	Узяти рулон і встановити в пристосування і заправити кінець стрічки в штамп	10	1в		t_1=3,2
2	Включити хід преса	1	7а		t_2=0,022
3	Штампувати	2	36б	t_0 =0,009	
4	Просунути стрічку на крок	11	2в		t_3=0,01
5	Зняття відштампованої стрічки	12	1б		t_4=0,6

$$T_{шт1} = \left[0,009 + 0,022 + \frac{3,2 + 0,6}{281} \right] \cdot 1,15 = 0,051 \text{ хв}$$

2. Витяжка деталі із заготовки.

Оскільки розміри заготовки і обладнання одинакові з І варіантом, то

$T_{шт2} = 0,099$ хв.

2. Витяжка деталі із заготовки.

Оскільки розміри заготовки і обладнання одинакові з І варіантом, то

$T_{шт2} = 0,099$ хв.

2. Витяжка деталі із заготовки.

Оскільки розміри заготовки і обладнання одинакові з І варіантом, то

$T_{шт2} = 0,099$ хв.

2. Витяжка деталі із заготовки.

Оскільки розміри заготовки і обладнання одинакові з І варіантом, то

$T_{шт2} = 0,099$ хв.

4 РОЗРОБКА ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1 Конструювання та розрахунок штампів.

На практиці часто зустрічаються дво і три операційні штампи, що уміщають операції: вирубки з витяжкою, витяжки з обрізкою, пробивання отворів з відбортовкою, відрізки зі згинанням , вирізки-витяжки із пробиванням отвору.

При виконанні дипломного проекту був спроектований штамп сумісної дії для вирубки й витяжки (див. рис. 4.1). Він виконує вирубку заготовки та витяжку стакана. При ході повзуна донизу притискною плитою (або знімачем) 13 смуга спочатку притискається до площини матриці 5, потім пуансон-матриця 10 на матриці 5 здійснює вирубку заготовки й при подальшому ході своєю внутрішньою повністю виконує витяжку на пуансоні 11. При зворотному ході буферний пристрій преса через штовхачі 15 піднімає притискне кільце 2 і знімає витягнуту деталь з пуансона 11. Стакан залишається в порожнині пуансона-матриці 10 і наприкінці ходу нагору виштовхується з її виштовхувачем 3, зусилля якому передається через штовхач 14.

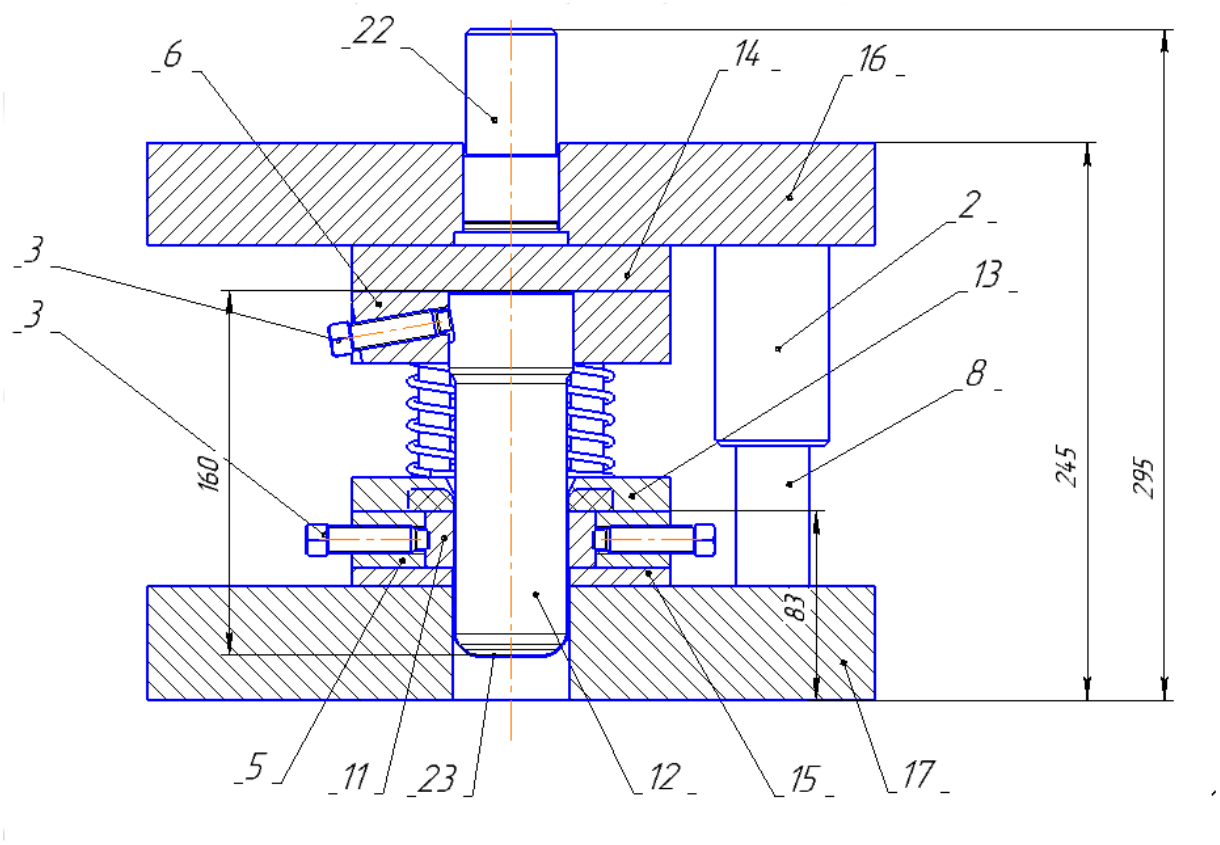


Рисунок 4.1. - Штамп сумісної дії для вирубки та витяжки.

4.2 Конструювання та розрахунок на міцність робочих деталей штампа.

Матриця і пуансон визначають працездатність, надійність і довговічність штампа. Їх розрахунок і конструювання - найважливіший етап розробки документації штампа.

Розрахунок пуансона

Пуансони варто перевіряти на зминання опорною поверхнею головки пуансона поверхні плити й на стискання і поздовжній вигин самого пуансона в найменшому перетині.

Перевіримо витяжний пуансон на стискання:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f}, \qquad (4.1)$$

де P - технологічне зусилля, яке сприймається пуансоном;

f - площа робочої частини (див. рис. 4.2).

$$f = \frac{\pi d^2}{4}, \qquad (4.2)$$

$$\sigma_{сж} = \frac{P \cdot 4}{\pi d^2} = \frac{39400 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 48{,}6^2} = 2{,}1 \, кг/мм^2 = 21 \, МПа$$

Припустиме $[\sigma_{сж}] = 160 \, кг/мм^2 = 1600$ МПа

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

Перевіримо витяжний пуансон на зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F}, \qquad (4.3)$$

де P - технологічне зусилля, яке сприймається пуансоном;

F - площа опорної частини.

$$F = \frac{\pi d_1^2}{4}, \qquad (4.4)$$

$$\sigma_{cv} = \frac{P \cdot 4}{\pi d_1^2} = \frac{3940 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 55^2} = 1{,}65 \, кг/мм^2 = 16{,}5 \, МПа.$$

Припустиме $[\sigma_{см}] = 160 \, кг/мм^2 = 1600$ МПа.

Розрахуємо вільну длину пуансона на згин вздовж:

$$l_{max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot n_д \cdot P}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2{,}2 \cdot 10^4 \cdot 0{,}05 \cdot 48{,}6^4}{4 \cdot 3 \cdot 3940}} = 1141_{мм},$$

$l_{max} \succ l_p$.

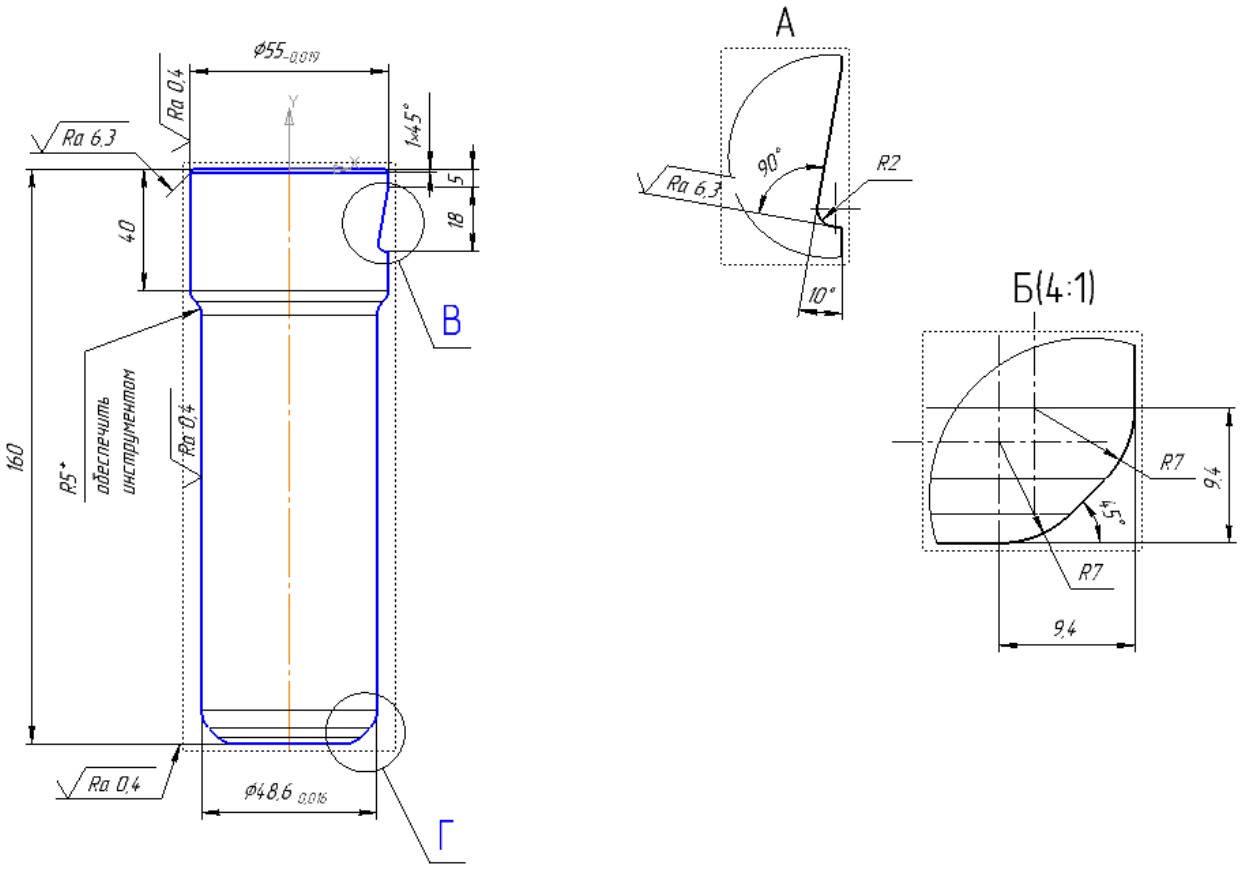


Рисунок 4.1. - Витяжний пуансон.

Розрахунок матриці.

Форма матриці визначається формою та розмірами штампуємої деталі. Розміри матриці можна визначити за емпіричними формулами, за табличним даними та теоретичними розрахунками, використовуючи формули Ляме.

Згідно В.П. Романовського габаритні розміри матриці для вирубки контуру ∅ 50 мм, визначимо так:

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

де a і b - розміри штампуємої деталі, мм;

A і B - розміри матриці, мм;

H_M - товщина матриці, мм.

$$H_{м} = 0{,}2 \cdot D_{заг} = 0{,}2 \cdot 80 = 16\ мм$$

Товщину матриці Л.И.Рудман [6] пропонує визначити по наступній формулі:

$$H_{м} = S + K_{м}\sqrt{1{,}57 D_{заг}} + 7,$$
$$K_{м} = (0{,}5 \div 2{,}0),$$
$$H_{м} = 0{,}8 + 1 \cdot \sqrt{1{,}57 \cdot 50} + 7 = 19 мм$$

Товщину матриці можна визначити через зусилля $P_{д}$, кН:

$$H_{м} = \sqrt[3]{100 P_{д}} = \sqrt[3]{100 \cdot 253} = 19\ мм$$

Товщину матриці округляємо до найближчого більшого значення та приймаємо: $H_{м} = 20\ мм$.

Таким чином, габарити матриці:

$$A = B = D_{м} = D_{заг} + (2{,}5 \div 4{,}0) H_{м} = 80 + 3 \cdot 20 = 140\ мм$$

Приймаємо по Рудману [6]: $D_M = 320$ мм

Товщину матриці і товщину стінки матриці можна перевірити на міцність спеціальним розрахунком, заснованим на визначенні напруг, що виникають у небезпечному перерізі. Стінки циліндричної матриці випробовують розширювальне зусилля у вигляді нормального тиску P_P, яке виникає від матеріалу, який деформується в процесі різання. До цього тиску додається тиск торців $P_{ТОР.М.}$ деталі або відходу, визначаємого від вихідної заготовки. Стінка матриці в момент різання сприймає максимальний сумарний тиск:

$$P_{общ} = P_{P} + P_{ТОР.М.}, \qquad (4.5)$$

де

$$P_{P} = \frac{0{,}3 P_{д}}{\pi \cdot D_{заг} \cdot h_{П}} = \frac{0{,}3 P_{д}}{\pi \cdot D_{заг} \cdot 0{,}4 S} = \frac{0{,}3 \cdot 6880}{3{,}14 \cdot 80 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}8} = 25{,}7\ кг/мм^2 = 257\ МПа$$

$P_{ТОР.М.} = 6{,}3\,{кг}/{мм^2}$ згідно [4].

Визначимо напругу на контактній поверхні в осьовому напрямку:

$$\sigma_Z = \frac{P_д}{\pi \cdot \left[\left(\frac{D+S}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2\right]} = \frac{6880}{3{,}14 \cdot \left[\left(\frac{80+0{,}8}{2}\right)^2 - \left(\frac{80}{2}\right)^2\right]} =$$

$$= 67{,}7\,{кг}/{мм^2} = 677 МПа$$

$\sigma_Z < [\sigma_{СЖ}]$; $[\sigma_{СЖ}] = 160\,{кг}/{мм^2} = 1600$ МПа

Визначимо нормальну напругу в радіальному напрямку:

$$\sigma_r = -P_{общ} = -(25{,}7 + 6{,}3) = -32\,{кг}/{мм^2} = -320\ МПа$$

$\sigma_г < [\sigma_{СЖ}]$; $[\sigma_{СЖ}] = 160\,{кг}/{мм^2} = 1600$ МПа

Визначимо нормальну напругу в тангенціальному напрямку:

$$\sigma_\tau = P_{общ} \cdot \frac{\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_{заг}}{2}\right)^2}{\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_{заг}}{2}\right)^2} = 32 \cdot \frac{\left(\frac{140}{2}\right)^2 + \left(\frac{80}{2}\right)^2}{\left(\frac{140}{2}\right)^2 - \left(\frac{80}{2}\right)^2} =$$

$$= 63\,{кг}/{мм^2} = 630 МПа$$

$\sigma_\tau < [\sigma_р]$; $[\sigma_р] = 50\,{кг}/{мм^2} = 500$ МПа для сталі ст.У8А.

Розміри матриці не витримують навантаження, необхідно замінити R_r на більше значення або замінити марку матеріалу матриці зі сталі ст.У8А на ст. Х12М, для якої $\lfloor \sigma_p \rfloor = 75$ кг/мм^2=750 МПа. Я приймаю друге рішення. Розміри матриці на рис. 4.3.

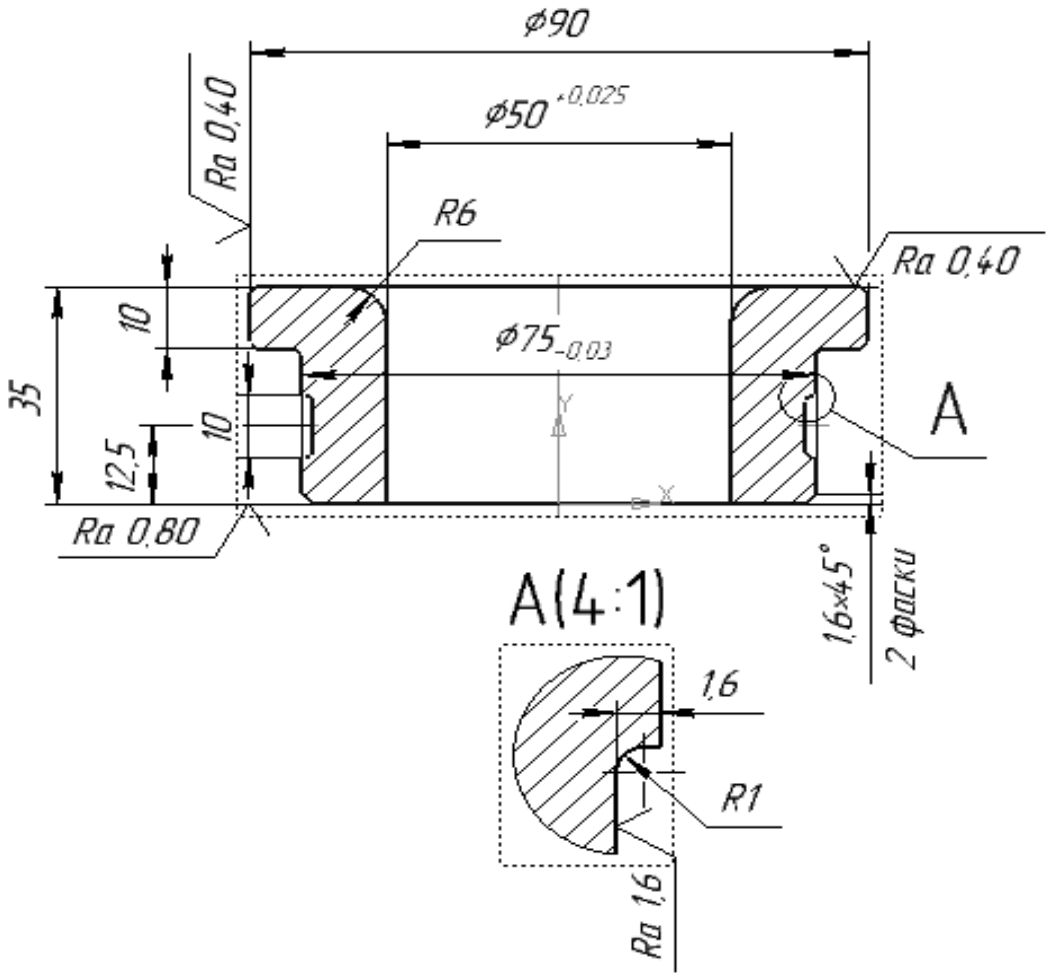


Рисунок 4.3. - Вирубна матриця.

Розрахунок виконавчих розмірів інструменту

1. Операція вирубки.

$$D_M = (D_H - \Delta)^{+\delta_M}$$
$$D_П = (D_м - \Delta - z)_{-\delta_П}$$

де $D_м, D_П$ - виконавчі розміри матриці і пуансона при вирубці;

$D_н$ - номінальний розмір вирубується детали, що ($D_H 80мм$);

Δ - допуск деталі (по h14);

$\delta_м, \delta_П$ - допуски на виготовлення матриці і пуансона (по H7 і h7);

z – номінальний зазор ($z = 0{,}1 \cdot S$).

Маємо:

$$D_M = (D_H - \Delta)^{+\delta_M} = (80 - 0{,}8)^{+0{,}04} = 79{,}2^{+0{,}04}$$
$$D_П = (D_м - \Delta - z)_{-\delta_П} = (79{,}2 - 0{,}1 \cdot 0{,}8)_{-0{,}04} = 79{,}12_{-0{,}04}$$

2. Операція витяжки.

$$D_М = (D_Н - 0{,}8\Delta)^{+\delta_М}$$
$$D_П = (D_М + 2z)_{-\delta_П}$$

де $D_м, D_П$ - виконавчі розміри матриці і пуансона при витяжці;

$D_н$ - номінальний розмір стакана ($D_H = 50\ мм$);

Δ - допуск деталі («в тіло»);

$\delta_м, \delta_П$ - допуски на виготовлення матриці і пуансона;

z – номінальний діаметральний зазор між пуансоном і матрицею ($z = 1{,}35 \cdot S$).

Маємо:

$$D_M = (D_H - 0{,}8\Delta) = 50 - 0{,}8 \cdot 0{,}87 = 49{,}3^{+0{,}04}$$
$$D_П = D_M - 2z = 116{,}3 - 4{,}05 = 48{,}2_{-0{,}04}$$

4.3 Методи контролю та управління якістю

Якість продукції – об'єктивна характеристика продукції і формується вона в результаті трудової діяльності осіб, зайнятих проектуванням, виготовленням і експлуатацією продукції. Найважливішими характеристиками технологічного процесу з погляду його впливу на якість продукції є:

1) технічна оснащеність виробництва новими сучасними видами технологічного устаткування, інструменту і оснащення;

2) якість використовуваних матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів;
3) рівень автоматизації технологічного процесу;
4) кваліфікація працівників.

На сучасних промислових підприємствах набули поширення наступні види контролю:

1. Оперативний контроль – контроль продукції, виконаної при завершенні певних виробничих операцій. Як контроль служить вимірювальний інструмент.

2. Вхідний контроль – контроль матеріалу, комплексних виробів.

3. Приймальний контроль – контроль готової продукції після завершення всіх технічних операцій і по її виготовленню, кінцевим результатом якого є ухвалені рішення про придатність продукції і їх результатів до поставки і використовування. Згідно ГОСТ 17344-71 технічним контролем називається перевірка відповідних процесів. Від яких залежить якість продукції і їх результатів, встановлених технологічними вимогами.

Витрати на контроль [1] досягають 5-10% власності продукції. Існує такий метод контролю, як вимірювання готової продукції штангенциркулем, мікрометром, перевірка отворів за допомогою пробок, радіусів – радіусомірами, валів – скобами. Звичайно перевірятимуться 1-5 % від партії.

4.4 Система змащування

Призначення мастила при витяжці полягає в зменшенні тертя між матеріалом і інструментом, зниженні напруг в матеріалі і оберіганні штампів і виробів від задирів і подряпин.

Витяжні штампи в більшості випадків виходять з ладу не унаслідок їх повного зносу, а унаслідок утворення задирів, подряпин і псування поверхні штампованих виробів.

Мастило повинне володіти властивостями:

1) створювати міцну, невисихаючу плівку, здатну витримувати значний тиск;

2) давати рівномірний розподіл шару, що мастить, по поверхні і прилипання;

3) легко віддалятися з поверхні деталі;

4) бути хімічно стійкою і нешкідливою.

Для мастила витяжного інструменту і заготівки застосовують мастило Укрінол-3, що складається з мінерального масла і з додаванням жирових речовин. Відділення мастила з відштампованих деталей приймаємо гарячим знежиренням в лужних ваннах.

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок та конструювання інструментальних блоків

Інструментальний блок – це змінний вузол технологічного ротора для установки інструменту і забезпечення основних і допоміжних переходів технологічних операцій.

Інструментальний блок повинен забезпечувати:

- кріплення обробного інструменту і забезпечення необхідних переміщень;
- необхідну жорсткість конструкції і точність розмірів оброблених деталей;
- можливість швидкої заміни інструменту і швидкоз'ємність самого ІБ;
- стійкий прийом і видачу заготовок і деталей, при необхідності – фіксація деталей при прийомі.

5.1.1 Визначення основних розмірів блока

Діаметр $D_{бл}$ визначається з урахуванням максимальних поперечних розмірів деформуючого інструмента:

$$D_{бл} = (1{,}3 \dots 2{,}5) D_{м} \qquad (5.1)$$

де $D_{м}$ – діаметр поперечного перерізу матрицію

Діаметр блока в переходах з II по X дорівнює:

$$D_{бл} = 1{,}3 \cdot 100 = 130 \text{ мм}$$

Довжина блока :

$$L_{бл} = L_{т} + L_{кр} + L_{зх} \qquad (5.2)$$

де $L_{т}$ – технологічне переміщення інструменту, включає підвід інструменту, робоче переміщення та проштовхування деталі з матриці, мм;

$L_{кр}$ та $L_{зх}$ – розміри елементів ІБ.

Технологічне переміщення на стадіях ескізної розробки можливо визначити за формулою:

$$L_{\text{т}} = H_0 + H_{\text{д}} + H_{\text{м}} + (20 \dots 40 \text{ мм})$$

де H_0 – висота заготовки, мм;

$H_{\text{д}}$ – висота деталі, мм;

$H_{\text{м}}$ – висота матриці, мм.

Отримана величина $L_{\text{т}}$ округлюється до значень 10, 25, 40, 60, 80, 100, 125, 200, 250, 300 мм (ГОСТ 6540-68).

Технологічне переміщення для другого переходу:

$$L_{\text{т}_{II}} = 20 + 25 + 35 + 20 = 100 \text{ мм}$$

Технологічне переміщення для третього переходу:

$$L_{\text{т}_{III}} = 25 + 33 + 35 + 20 = 113 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до 125 мм.

Технологічне переміщення для четвертого переходу:

$$L_{\text{т}_{IV}} = 33 + 43 + 35 + 20 = 131 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до 200 мм.

Технологічне переміщення для п’ятого переходу:

$$L_{\text{т}_{V}} = 43 + 55 + 35 + 20 = 153 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до 200 мм.

Технологічне переміщення для шостого переходу:

$$L_{\text{т}_{VI}} = 55 + 65 + 35 + 20 = 175 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до 200 мм.

Технологічне переміщення для сьомого переходу:

$$L_{\text{т}_{VII}} = 65 + 75 + 40 + 20 = 200 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до 200 мм.

Технологічне переміщення для восьмого переходу:

$$L_{\text{т}_{VIII}} = 75 + 82{,}4 + 40 + 20 = 216 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до 250 мм.

Технологічне переміщення для дев’ятого переходу:

$$L_{\text{т}_{IX}} = 81 + 82{,}4 + 86{,}5 + 20 = 270 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до 300 мм.

Величина $L_{кр}$ визначається із співвідношення $L_{кр} > L_{т}$, а величина $L_{зх}$ конструктивно.

$L_{кр}$ для другого переходу дорівнює 200 мм.

$L_{кр}$ для третього переходу дорівнює 200 мм.

$L_{кр}$ для четвертого переходу дорівнює 200 мм.

$L_{кр}$ для п’ятого переходу дорівнює 250 мм.

$L_{кр}$ для шостого переходу дорівнює 250 мм.

$L_{кр}$ для сьомого переходу дорівнює 250 мм.

$L_{кр}$ для восьмого переходу дорівнює 300 мм.

$L_{кр}$ для дев’ятого переходу дорівнює 350 мм.

$L_{зх}$ для всіх переходів дорівнює 20 мм.

6 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Експериментальні дослідження виконані з метою оцінки достовірності математичних моделей, що відображають взаємозв'язок кінематичних, статичних, силових і енергетичних параметрів робочого ходу преса.

Дослідження проводилися на експериментальній штампового оснащення, встановленої на гідравлічний прес ПГ-100А (рис. 6.1) і має наступні параметри:

- Потужність двигуна – 0,6кВт;
- Частота обертання електродвигуна приводу рухомої траверси – 1410 об/мин;
- Діаметр робочого циліндру – 250 мм;
- Потужність – 100т.

Рисунок. 6.1. – Гідравлічний прес ПГ-100А.

6.1. Експериментальне моделювання процесу витяжки

Експериментальні дослідження проводилися на предмет використання пропонованого планетарного головного виконавчого механізму для операції витяжки. Для аналізу було обрано деталь «Обтічник спеціальних виробів», матеріал – 11ЮА. Для розрахунку використовувалася методика, запропонована Романовським В.П. і Рудманом Л.І.

Для змащення при витяжці застосовувалося веретенне масло. Експеримент був проведений для першої операції витяжки. Досліджувалися ті ж параметри що і для опади.

У момент запису зусилля мес доза розташовувалася під нижньою плитою штампа.

При витяжці вимірювалися такі параметри:

- зусилля штамповки (Додаток Б);
- хід повзуна.

6.2 Опис маятникового силовимірювача МС-1 для гідравлічного пресу ПГ-100А

В корпусі маятникового сило вимірювача змонтовані наступні вузли (Додаток В): циліндр маятникового сило вимірювача(10), маятник (31), стабілізатор тиску (9), з ручним дротом (28), діаграмний апаратом (22) і шафа з електрообладнанням.

Зміна тиску в робочому циліндрі преса, пов'язана з циліндром маятникового сило вимірювача, за допомогою трубопроводу (16), передається плунжеру (29).

Плунжер, сприймаючи тиск у системі, при своєму переміщені викликає за допомогою тяг (23) поворот важеля (30) и штанги маятника (31).

Коли момент від ваги маятника врівноважить момент сили, прикладеною від плунжера до важеля, переміщення маятника припиниться. Для зменшення сил тертя плунжера об стінки силовимірювального циліндру останній наводиться в обертання за допомогою приводу, працюючого від електроприводу (12).

Штовхач при своєму русі викликає переміщення зубчатої рейки (20), пов'язаної за допомогою шестерінки з робочою стрілкою (32) силовимірювача . Відлік навантажень, розвиває пресом, проводиться за шкалою сило вимірювача, має 3 пояса навантажень:

Пояс А 0-100 тонн з ціною поділки 200 кг.

Пояс Б 0-50 тонн з ціною поділки 100 кг.

Пояс В 0-25 тонн з ціною поділки 50 кг.

Робочими ділянками шкалі є:

для пояса А 10 + 100 тонн;

для пояса Б 5 + 50 тонн;

для пояса А 4 + 25 тонн;

Перехід з одного пояса навантажень на другий проводиться шляхом навішуванням на штангу маятника змінних маркованих вантажів:

пояс А – вантажі 50 і 100

пояс Б – вантажі 50

пояс В – без вантажів.

Механізм шкали навантажень забезпеченій спеціальним пристроєм, служить для встановлення нульового положення шкали проти працюючої стрілки. Для забезпечення плавного опускання маятника після руйнування зразка або швидкого розвантаження преса в сило вимірювальному циліндрі встановлено клапанні гальма. Регулювання гальм здійснюється поворотом барабана з поділками, розташованого зовні на лівій боковій стінці корпусу сило вимірювача.

Запис діаграми стиснення або вигину у координатах «навантаження» - «деформування» здійснюється за допомогою діаграмного апарата. Перетворення лінійного переміщення нижнього столу (деформування випробуваного зразка) в обертальній рух барабана досягає системою шестерень і зубчатої рейки пов’язаної з нижнім столом преса.

Конструкція діаграмного апарата пробачає можливість запису деформацій у масштабах 1:1 і 1 10:1 і навантажень в масштабі 526; 31; 263; 15; 131; 58 кг/мм.

Зміна масштабу запису деформацій проводиться шляхом перемикання шестеренчастого перебору. Масштаб запису навантажень залежить від поясу шкали, по якому відраховуються навантаження.

Змонтований усередині корпусу стабілізатор тиску служить для автоматичної підтримки заданого навантаження при тривалих випробувань.

Стабілізатор представляє собою поршневий клапан. Поступаючи в циліндр стабілізатора масло тисне на поршень (26), який притягається до гори пружиною (25). Коли зусилля тиску масла на поршень перевищить силу напруження пружини, остання відтягує поршень ком вниз. При цьому відкривається отвір, через яке масло зливається в масляний бак насосної установки. Як тільки масло отримує вихід у гідросистемі тиск падає і поршень під тиском пружини знов перекриває отвір. При подальшому підвищенні тиску весь процес повторюється в тій же послідовності.

Таким чином відбувається безперервне коливання поршня стабілізатора, внаслідок чого тиск масла в робочому циліндрі, отже, і навантаження підтримується постійним.

З метою підвищення чутливості стабілізатора поршню його повідомляється коливально – обертальний рух при допомозі спеціального механізму з приводом від обертального силовимірювального циліндра.

Для пуску масла в стабілізатор служить вентиль (13), розміщений на передній стінці сило вимірювача під шкалою.

Регулюючи силу напруги пружини стабілізатора ручним приводом, можна встановити навантаження заданою для тривалих випробувань. У корпусі сило вимірювача з правого боку встановлена шафа з електрообладнанням. Постачання електрообладнання преса здійснюється від мережі 3-фазного струму напругою 380 вольт. Електродвигун насоса і сило вимірювача, постачаються через магнітний пускач МКРО-2, керований кнопковою станцією КС-2 розміщений на кнопці механізму керування насосною установкою (Додаток Г).

6.2 Існуючі програмні комплекси для моделювання процесів магнітно-імпульсної обробки металів

На сьогоднішній день для дослідження існуючих і розробки нових технологічних процесів обробки металів тиском успішно застосовується комп'ютерне моделювання. Для цих цілей використовуються програми «важкого рівня» або універсальні, здатні вирішувати різні пов'язані завдання і виробляти фундаментальні дослідження.

Крім того, для моделювання технологічних процесів обробки металів тиском також застосовуються і спеціалізовані програми.

6.2.1 ANSYS

ANSYS - універсальна програмна система кінцево-елементного (МСЕ) аналізу, існуюча і розвивається на протязі останніх 30 років, є досить популярною у фахівців в сфері автоматичних інженерних розрахунків (CAE, Computer-Aided Engineering) і КЕ рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла і механіки конструкцій (включаючи нестаціонарні геометрично і фізично нелінійні задачі контактної взаємодії елементів конструкцій), завдань механіки рідини і газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики, а також механіки зв'язаних полів. Моделювання та аналіз в деяких областях промисловості дозволяє уникнути дорогих і тривалих циклів розробки типу «проектування - виготовлення - випробування». Система працює на основі геометричного ядра Parasolid.

Програмна система КЕ аналізу ANSYS розробляється американською компанією ANSYS Inc. Компанія також випустила інші системи КЕ моделювання, в тому числі DesignSpace, AI Solutions (NASTRAN, ICEM CFD); призначені для використання в більш специфічних галузях виробництва.

В якості стратегічного партнера фірма співпрацює з багатьма компаніями, допомагаючи їм провести необхідні зміни. Пропоновані фірмою ANSYS Inc. засоби чисельного моделювання та аналізу сумісні з деякими іншими пакетами, працюють на різних ОС. Програмна система ANSYS сполучається з відомими CAD-системами Unigraphics, CATIA, Pro / ENGINEER, SolidEdge, SolidWorks, Autodesk Inventor і деякими іншими.

Програмна система ANSYS є досить відомою CAE-системою, яка використовується на таких відомих підприємствах, як ABB, BMW, Boeing, Caterpillar, Daimler-Chrysler, Exxon, FIAT, Ford, БелАЗ, General Electric, Lockheed Martin, MeyerWerft, Mitsubishi, Siemens, Shell, Volkswagen-Audi і ін., а також застосовується на багатьох провідних підприємствах промисловості РФ, приклад, ГУП НІІМосстрой і т.д.

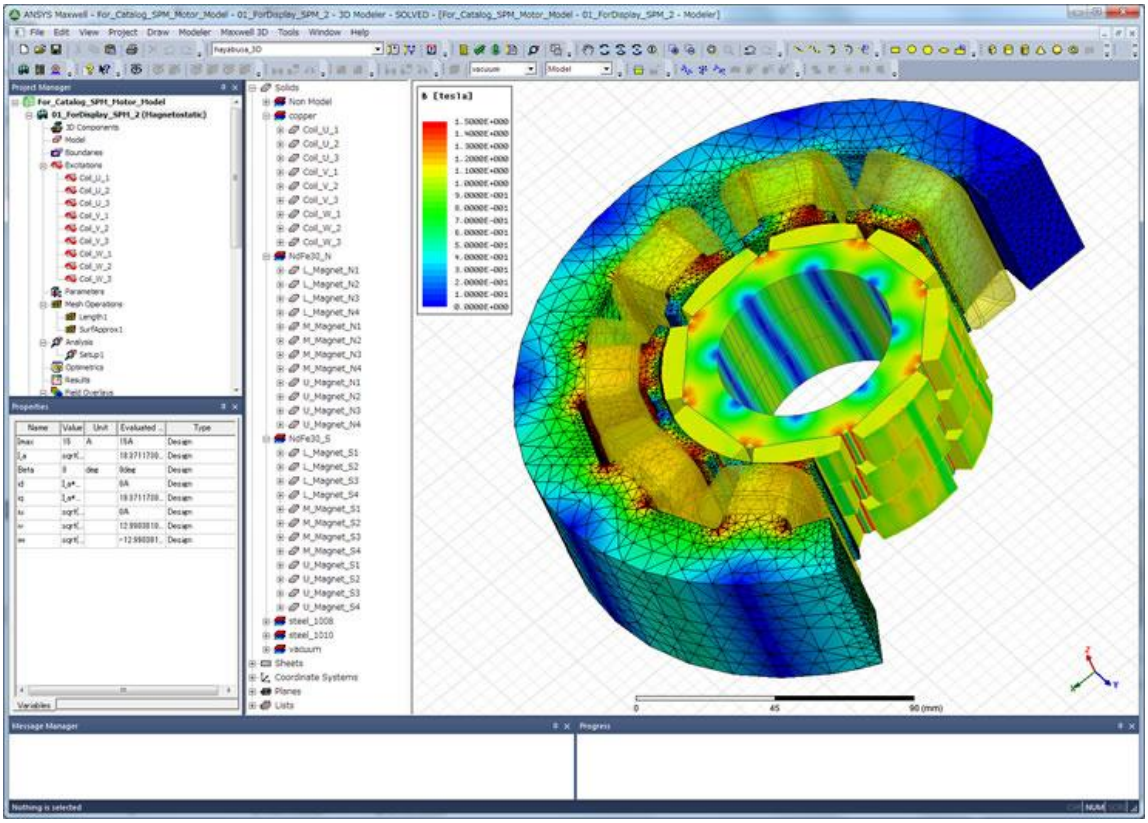


Рисунок 6.2. – Приклад використання програми ANSYS.

6.2.2 Nastran

Nastran - інструмент для проведення комп'ютерного інженерного аналізу (CAE) проектованих виробів методом скінченних елементів (МСЕ) від компанії Siemens PLM Software. NX Nastran разом з додатковими вирішувачами призначений для вирішення як статичних, так і динамічних лінійних і нелінійних задач інженерного аналізу. Вирішувач NX Nastran забезпечує виконання повного набору інженерних розрахунків, включаючи розрахунок напружено-деформованого стану, власних частот і форм коливань, аналіз стійкості, рішення задач теплопередачі, дослідження сталих і несталих процесів, нелінійних статичних процесів, нелінійних динамічних перехідних процесів, аналіз частотних характеристик, відгуку на динамічні і випадкові впливу.

Вирішувач NX Nastran доступний спільно з інженерними системами для підготовки розрахункових моделей NX і Femap або у вигляді самостійного застосування, використовуваного на спеціально виділених CAE серверах або високопродуктивних обчислювальних кластерах з будь-якими сумісними інструментами пре- / постпроцесорній обробки NX Nastran.

Система NX Nastran поширена в таких галузях промисловості, як аерокосмічна, автомобільна, суднобудування, важке машинобудування, медицина і товари народного споживання, забезпечуючи аналіз напружень, вібрацій, довговічності, передачі тепла, шуму / акустики і аеропружності. Система забезпечує високу ступінь інтеграції з великим числом CAE додатків.

Пакет засобів розробки NX Nastran SDK надає користувачам програми інструменти розробки, призначені для спрощення використання можливостей NX Nastran у власних клієнтських і галузевих інструментах.

У грудні 2008 р Siemens PLM Software повідомила про те, що за допомогою NX Nastran фахівцям компанії вдалося вирішити складну статичну лінійну просторову задачу механіки деформованого твердого тіла (МДТТ) для

крила літака, що знаходиться під дією згинальних навантажень. Для КЕ рішення задачі була розроблена повномасштабна просторова КЕ модель, яка містила ~ 98 млн оболонкових і ~ 49 млн просторових скінченних елементів. Загальна кількість рівнянь - ~ 500 млн рівнянь. Час КЕ розрахунку склало менше 18-ти годин на 8-ми ядерному сервері IBM Power 570.

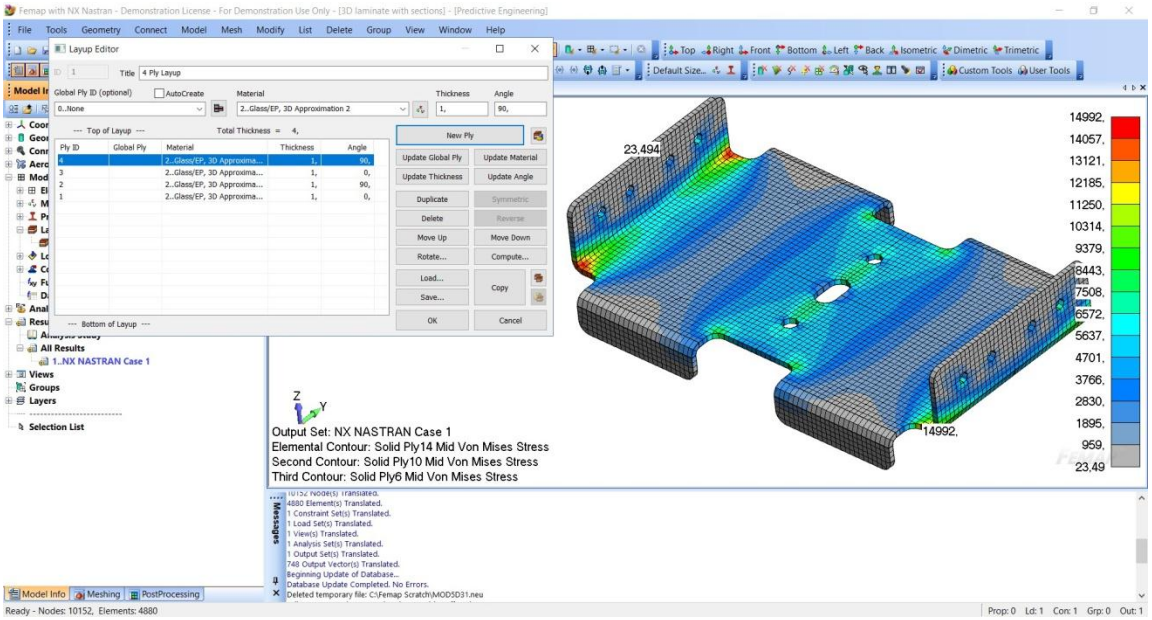


Рисунок 6.2. – Приклад використання програми Nastran.

6.2.3 Abaqus

Abaqus - програмний комплекс світового рівня в області кінцево-елементних розрахунків на міцність, за допомогою якого можна отримувати точні і достовірні рішення для найскладніших лінійних і нелінійних інженерних проблем. Сімейство продуктів Abaqus розробляється і підтримується компанією Abaqus, Inc. (USA) з 1978 року.

С 2005 року Abaqus, Inc. входить в компанію Dassault Systemes (розробник всесвітньо відомої CAD системи CATIA і систем управління життєвим циклом виробів PLM SmarTeam і Enovia). Як стратегії подальшого розвитку компанією Abaqus було анонсовано створення абсолютно нової універсальної середовища моделювання SIMULIA, яка буде узагальнювати не

тільки всі рішення компаній Dassault Systemes і Abaqus, Inc. в області на міцність, але і об'єднувати кращі рішення третіх фірм для створення потужного інструментарію для реалістичного проектування і багатодисциплінарного аналізу конструкції.

SIMULIA дозволятиме проводити реальне моделювання конструкцій, перебуваючи в загальному життєвому циклі створення виробів, що дозволить значно покращувати споживчі якості створюваного вироби, зменшувати число необхідних натурних експериментів і сприяти впровадженню інновацій.

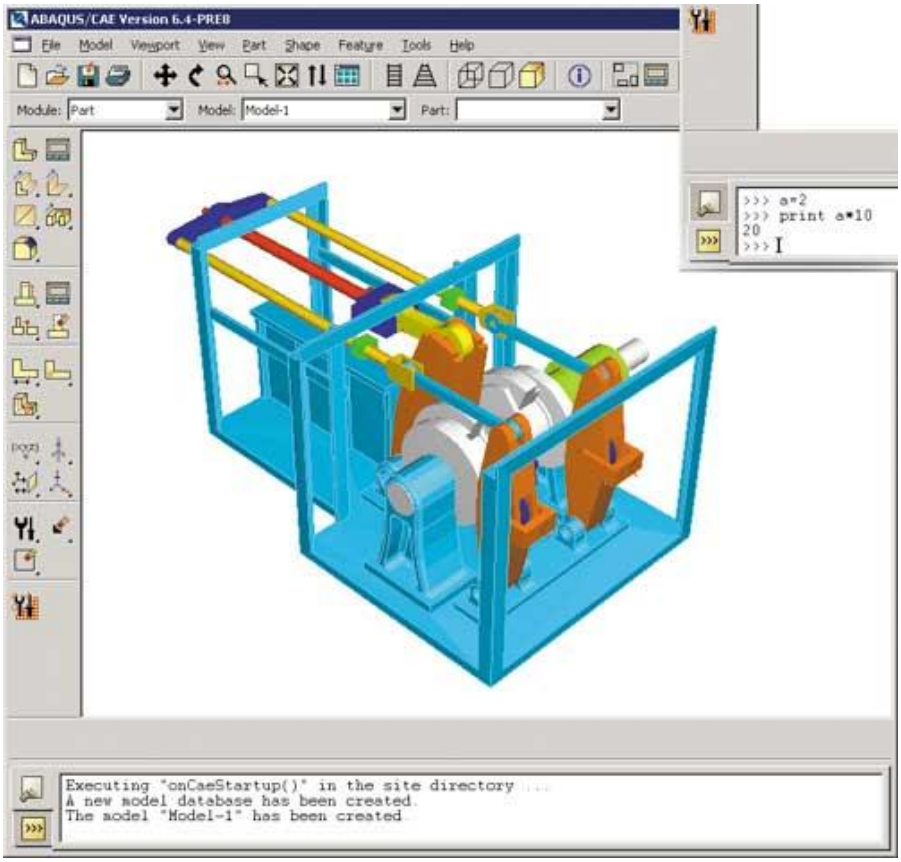


Рисунок 6.2. – Приклад використання програми Abaqus.

6.2.4 QForm 2D / 3D

QForm 2D / 3D - програмний комплекс для моделювання та оптимізації процесів обробки металів тиском. Програма заснована на методі кінцевих елементів, розробляється фірмою «КванторФорм» (Росія). Розробка комплексу

почалася в 1991 році з випуску програми FORM-2D Проводиться розрахунок холодної, теплої і гарячого об'ємного штампування. Кількість інструментів може бути задано до 20 з довільним напрямком руху. Висока точність розрахунку течії металу. Передбачається виникнення різних штампувальних дефектів, таких як незаповнення гравюри, затискачі і простріли. Характер перебігу металу може бути оцінений по розраховується лагранжевого лініях в заготівлі. Передбачена також трасування розрахункової інформації в будь-якій матеріальній точці заготовки в процесі формозміни. Геометрія інструмента і заготовки в процесі розрахунку течії металу апроксимується квадратичними поверхневими кінцевими елементами. Сітка всередині заготовки та інструментів створюється на основі лінійних тетраедрів. Для 3D розрахунку вихідні геометричні дані імпортуються в QShape - тривимірний графічний модуль QForm, з CAD систем користувача в форматі STEP / IGES. Для 2D розрахунку плоскі геометричні дані імпортуються в QDraft - двовимірний графічний модуль QForm, з CAD систем користувача в форматі DXF. Повністю автоматичне створення початкової адаптованої кінцево-елементної сітки. У процесі розрахунку сітка перебудовується автоматично без втручання користувача. Процес покрокового розрахунку проводиться з повною автоматичним настроюванням кроку і збільшення. Заготівля розглядається як жорстко-пластичне тіло, що деформується в неізотермічних умовах. Можливий розрахунок порошкових (пористих) матеріалів в 3D. Охолодження / нагрів може бути розрахований як термо-пружне завдання. Наприклад, після гарячого штампування можна розрахувати зміна форми і порахувати виникли напруга в тілі після охолодження. Інструмент розраховується як пружно-пластичне тіло в ізотермічних умовах. Можливий розрахунок переміщення заготовки під дією гравітації з урахуванням впливу тертя та інерції, а також визначення її положення перед штампуванням в інструменті зі складною поверхнею. Опір деформації матеріалу заготовки залежить від деформації, температури і швидкості деформації. Інші властивості матеріалу, такі як щільність, теплопровідність, теплоємність, модуль Юнга, межа плинності, залежать від

температури. В Базі Даних QForm містяться більше 1000 марок сталей, а також інші сплави на основі кольорових металів. Технологічний процес штампування розглядається як технологічний ланцюжок, яка може складатися з 2D і 3D операцій, між якими заготовка передається автоматично. На заготівлі можливе завдання до 3-х площин симетрії. Між вертикальними площинами симетрії може бути будь-яким кутом. Можливий розрахунок з ротаційної симетрією, наприклад штампування валетом. Програма забезпечує розрахунок варіантів в пакетному режимі. Заготівля може бути відновлена з частини до цілого при розрахунку технологічного ланцюжка. Проводиться оцінка зносу інструменту в процесі штампування. Враховується вплив бандажних кілець при розрахунку напруг і деформацій в 3D інструменті. При розрахунку 2D інструменту може розглядатися складовою інструмент з зазорами і натягами. Деформація заготовки може бути порахована на механічному, ексцентрикових або кривошипному пресах, молотах, як шаботних, так і бесшаботних, гвинтових і гідравлічних пресах. Параметри процесу (час, кінцеве положення інструментів, температура і т.д.) задаються за допомогою інтуїтивно-зрозумілого Помічника завдання вихідних даних, що забезпечує повноту даних і оберігає від помилок. Кількість інструментів може бути задано до 20 з довільним напрямком руху.

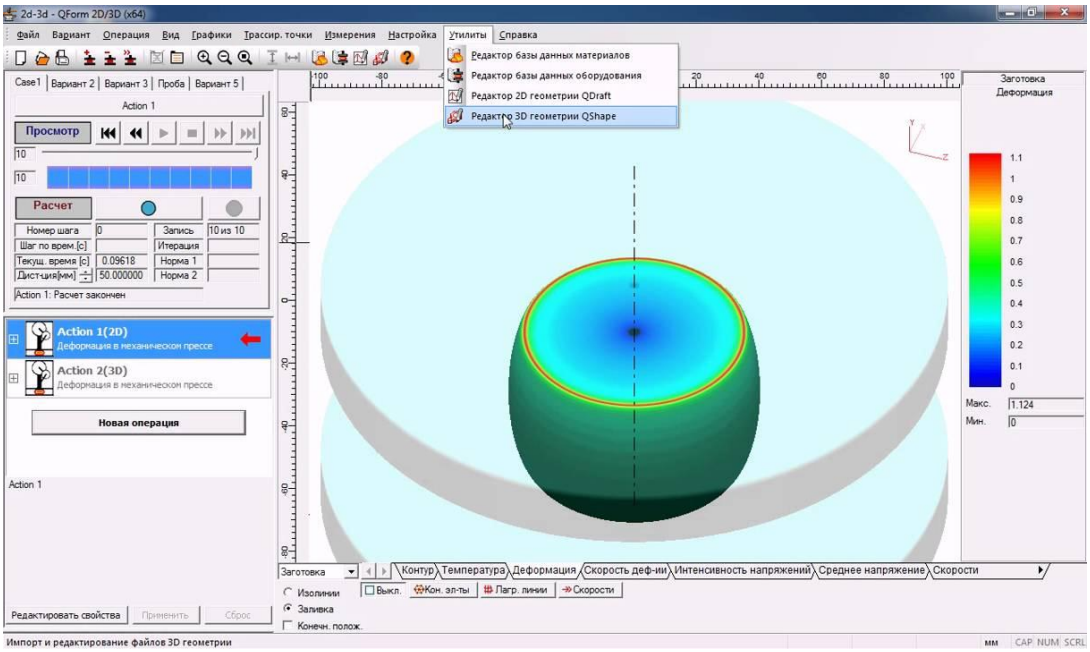


Рисунок 6.2. – Приклад використання програми QForm 2D / 3D.

6.2.5 LS-DYNA

Програма DYNA3D була створена в Ліверморської національної лабораторії імені Лоуренса. Найперші її застосування переважно ставилися до аналізу напруженого стану конструкцій, що піддаються різного роду ударних навантажень. Ці додатки вимагали значних для того часу комп'ютерних ресурсів, тому відразу ж стала очевидною потреба в істотно більш продуктивної версії програми. Одна з причин низької швидкодії була обумовлена неефективною реалізацією кінцево-елементної технології і тим фактом, що суперкомп'ютери в 1976 році були значно повільніше, ніж сучасні персональні комп'ютери. З іншого боку, простий спосіб моделювання ковзають при контактній взаємодії поверхонь виявився несуперечливим тільки в разі регулярних поверхонь розділу, які нетипові для більшої частини кінцево-елементних відображень об'єктів складної тривимірної геометрії; в результаті часто було дуже важко отримати потрібну сітку для моделювання контакту. Перша версія включала стрижневі, мембранні елементи і набір об'ємних елементів. Перелік об'ємних елементів починався 8-вузловим елементом з однією точкою інтегрування і контролем спотворень форми елемента за типом пісочного годинника і закінчувався 20-вузловим елементом з вісьмома точками інтеграції. Через високі витрати використання 20-вузлового елемента, наявності режимів нульової енергії, пов'язаних з скороченим 8-крапковим інтеграцією, і високих частот коливань обсягу елемента, що зменшують крок рішення по часу, в пізніх версіях програми DYNA3D відмовилися від елементів високого порядку. Одночасно розроблялася двовимірна версія програми - DYNA2D.

Нова версія програми DYNA3D з'явилася в 1979 році і забезпечувала майже оптимальне швидкодію на базі суперкомп'ютера CRAY-1, включала покращений варіант контактної взаємодії поверхонь розділу, який допускав наявність сегментів з елементів трикутної форми і працював на порядок швидше, ніж попередній обробник контактів. З версії 1979 були виключені будівельні стрижневі елементи і об'ємні елементи вищого порядку, а також

деякі моделі матеріалів першої версії. У новій версії була представлена реалізація елементів з опцією інтегро-диференціального методу, розробленого Вілкінсом і ін.

Версія 1981 року [13] являє собою розвиток версії 1979 року. Для розширення кола вирішуваних завдань, що включають взаємодію конструкцій з ґрунтом і вибуховою хвилею, були додані дев'ять моделей матеріалів. Для випадку дії кутових швидкостей і прискорень системи відліку, з якої пов'язана розрахункова модель, були введені інерційні навантаження. Також була розроблена процедура обміну даними з тривимірним ейлеровскім кодом JOY [14] для вивчення відгуку конструкцій на дію імпульсу пробиває тіла. Була передбачена опція для накопичення в дискової пам'яті даних, що відносяться до елементу, що подвоїло можливості програми DYNA3D.

Наступна версія програми DYNA3D успадкувала безпосереднє введення характеристик матеріалу, реалізований в програмі DYNA2D [16]. Ця нова можливість дозволяла легко додавати рівняння стану і визначають співвідношення будь-якої складності. Повна векторизація даних, що відносяться до матеріалу моделі, була майже завершена, що дало приблизно 10 відсотків приросту швидкості виконання програми в порівнянні з версією 1981 року. Багато нових особливостей було додано в інформацію, що з'явилася в 1986 році версію програми DYNA3D. Серед них балкові, оболонкові кінцеві елементи і жорсткі тіла, контактні елементи для поверхонь, елементи тертя між поверхнями, дискретні пружини і демпфери, опція контролю формозміни елемента по типу пісочного годинника, опція точного інтегрування за обсягом, сумісність з операційними системами VAX / VMS, IBM , UNIX, COS, що значно розширило область додатків. Відповідно програма DYNA3D стала першим кодом, в якому був реалізований спільний алгоритм єдиної поверхні контакту.

У наступній версії програми DYNA3D реальністю став аналіз процесів формування листового металу і розрахунок композитних матеріалів. Ця версія включала облік змін товщини оболонки, кінцевий оболончатий елемент Беличко-Цая і динамічну релаксацію. Були також включені не відображають кордону, правила інтегрування, написані користувачем для оболонкових і балочних елементів, моделі багатошарових композитних матеріалів з ушкодженнями і одноточкові умови-обмеження.

Можливості, що з'явилися в 1988 році в новій версії програми DYNA3D, включали наступне: ефективно працюючий балочний елемент на основі гіпотези плоских перетинів, стрижневий елемент, трикутний оболончатий елемент з функціями форми класу C0, трикутний оболончатий елемент BCIZ, змішану формулювання елементів при обчисленнях, модель руйнування композиту для об'ємних елементів, кінцеві співвідношення пластичності для плоского напруженого стану, поверхні контакту при наявності точкового зварювання, ковзання поверхонь з розривами зв’язків, балкові поверхні контакту, елемент кам'яної кладки кінцевих розмірів, зусилля взаємодії з кам'яною кладкою, енергетичні розрахунки для всіх елементів, модель руйнується піно-матеріали, карти-коментарі при введенні даних та одномірні лінії ковзання контактів.

До кінця 1988 року стало очевидним, що для успішного вирішення проблеми моделювання відгуку конструкцій на ударні навантаження в розробку цього програмного продукту потрібно вкласти значно більш концентровані зусилля. Було засновано акціонерне товариство Livermore Software Technology Corporation для продовження розробки програми DYNA3D як комерційної версії, названої LS-DYNA3D; пізніше цю назву було скорочено до LS-DYNA. Версія 1989 року надавала нові розширені можливості: «одностороннюю» обробку контактних поверхонь ковзання при наявності розривів і тертя; розрахунок зусиль в поперечному перерізі елемента конструкції; вибір користувачем мінімального кроку за часом для оболонкових елементів, які

використовують пружні і пружно-пластичного модель поведінки матеріалу; збереження вузлових прискорень в базі даних історії навантаження; модель, що стискається матеріалу Муні-Рівлін; модель пластичного поведінки оболонкових елементів в замкнутій формі; загальну модель матеріалу з гуми; унікальний штрафний метод для кожної ковзної поверхні; відстеження зовнішньої роботи, опцію вибору критерію для кроку рішення по часу для 4-вузлового оболонкового елемента; внутрішню сортування для елемента з метою повної векторизації силових факторів в правобічної системі координат.

На даний момент останньою версією програми є ls971, яка є кращою комерційної програмою для вирішення завдань зіткнення, вибуху, обробки металів тиском і ряду інших завдань. У ній реалізовані ефективні методи вирішення перерахованих завдань, в тому числі явним і неявним методом кінцевих елементів, багатокомпонентна гідродинаміка (Multimaterial Eulerian Hydrodynamics), без сітковий метод, заснований на методі Гальоркіна (EFG - Element Free Galerkin method). У ls971 реалізовані процедури автоматичної перебудови і згладжування кінцево-елементної сітки при виродження елементів - довільні лагранжевого-ейлерову сітки (ALE - Arbitrary Lagrangian-Euleran), високоефективні алгоритми розв'язання контактних задач, широкий набір моделей матеріалів, можливості для користувача програмування, а також процедури лагранжево- ейлерового зв'язування і розрахунку багатокомпонентних течій стискаються середовищ на рухомих ейлерових сітках. Програмний код оптимізований під основні платформи та операційні системи, векторизованих, розпаралелений для систем із загальною (SMP) і розподіленою пам'яттю (MPP).

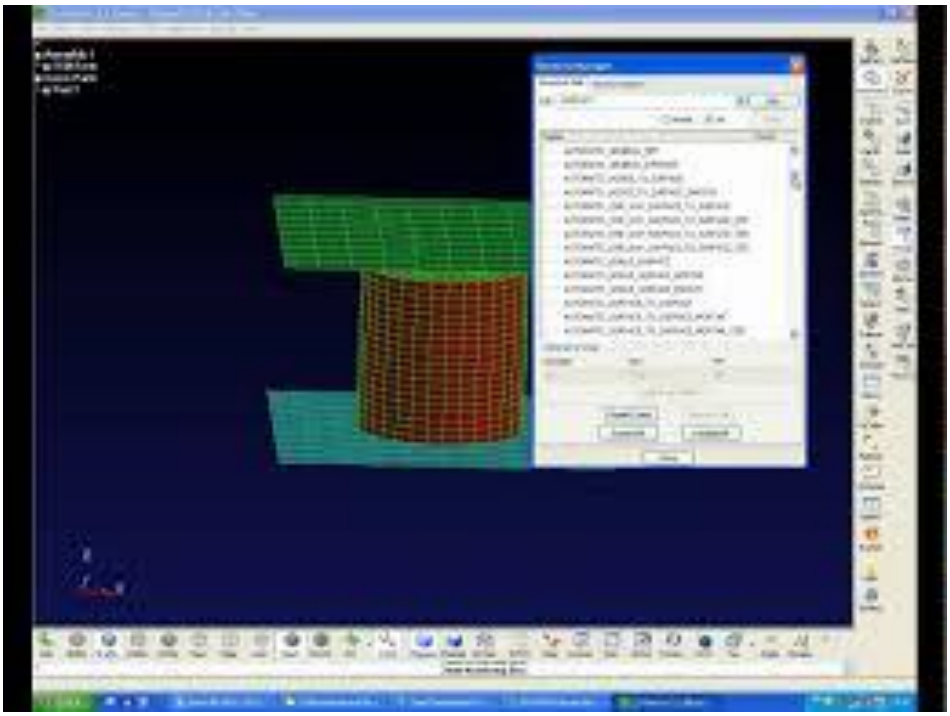


Рисунок 6.2. – Приклад використання програми LS-DYNA.

6.2.6 Найбільш відповідна програма

МІОМ відноситься до високоенергетичних імпульсних методів обробки металів, в зв'язку з цим для комп'ютерного моделювання таким процесів до програм пред'являються особливі вимоги. Головними з яких є можливість вирішення швидкоплинних нелінійних динамічних задач, а також пов'язаних задач, а саме з урахуванням електромагнітних явищ, тепла і механіки. Причому треба мати на увазі параметри імпульсного магнітного поля високої напруженості, яке використовується в процесах міоми.

На даний момент найбільш підходящим для таких завдань є багатоцільовий кінцево-елементний комплекс LS-DYNA.

Як було показано вище, справжні способи отримання конічних деталей не дозволяють найбільш ефективно управляти деформаціями і зменшення у готової деталі, тому необхідно більш детальна і глибока проробка процесу формоутворення конічних деталей. Найбільш перспективним напрямком, в

вивченні процесів витягування в конічну матрицю з подальшим обтиском заготовки, є застосування процесу міоми. У зв'язку з цим були поставлені цілі і завдання дослідження.

Цілі дослідження: - Оцінити можливості багатоцільового кінцево-елементного комплексу LS-DYNA для комплексного моделювання процесів міоми на прикладі формування конуса.

Для реалізації даної мети в роботі поставлені такі основні завдання досліджень:

1. Розглянути фізику процесів міоми

2. Розглянути способи отримання конічних деталей з плоских заготовок

3. Провести аналіз існуючих програмних комплексів для моделювання процесів міоми;

4. Розробити методику комп'ютерного моделювання тестового завдання;

5. Розробити методику експериментальних досліджень;

6. Проаналізувати і порівняти результати комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень.

7 ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

В результаті проведення експериментів були отриманні результати розбіжностей висот деталей першого переходу при постійному діаметрі заготовки, при постійному зусиллі витягування та постійному притиску приблизно 4 Н/м^2 (рис. 7.1).

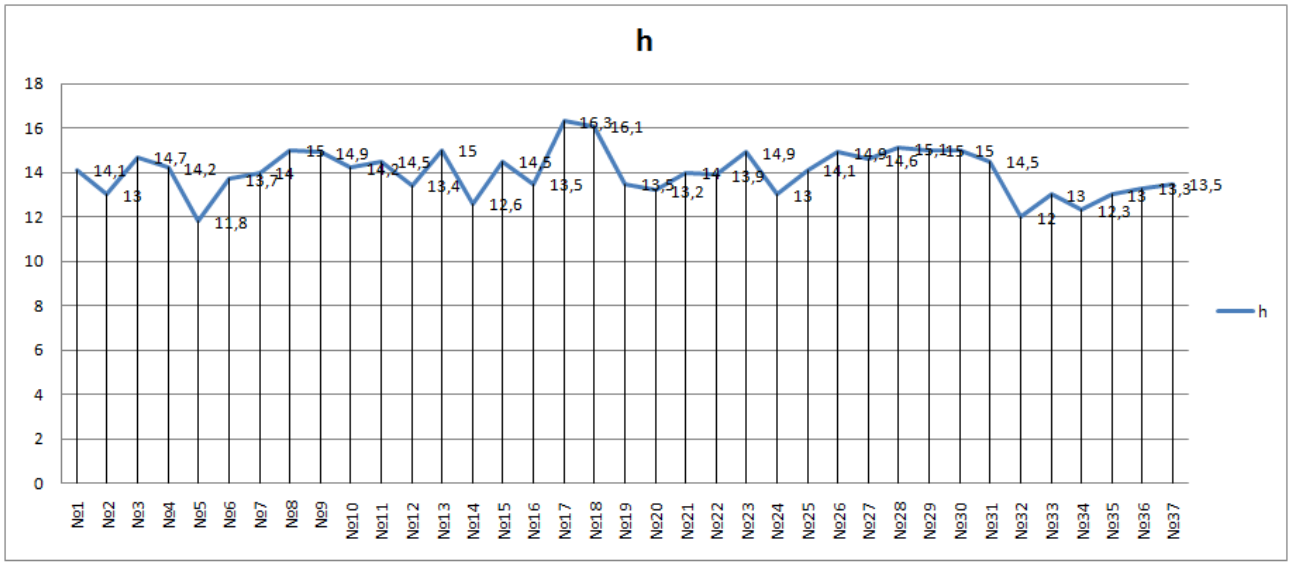


Рисунок 7.1. – Отримані висотні розміри зразків для першого переходу.

Отриманні результати розбіжностей висот деталей другого переходу при постійному діаметрі попереднього переходу, при постійному зусиллі витягування та пружинним притиском (рис. 7.2) також отримали графік зусилля на другому переході (рис. 7.3) та отримали залежність зусилля від висот отриманих зразків на другому переході (рис. 7.4).

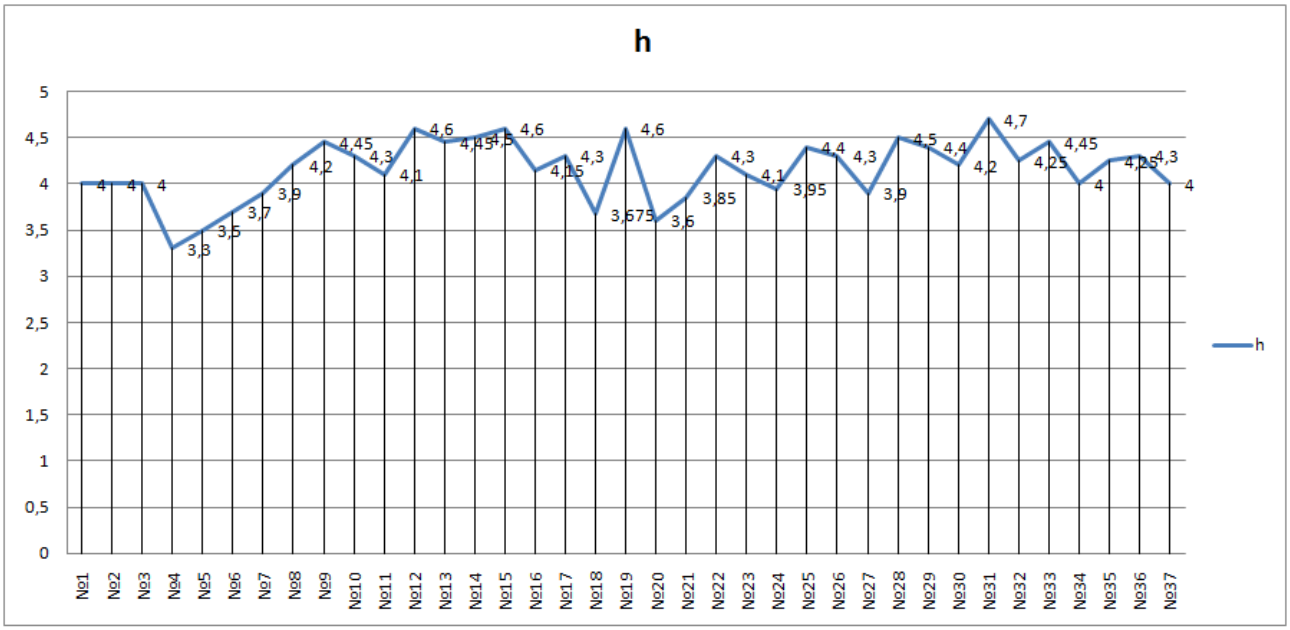


Рисунок 7.2. – Отримані висотні розміри зразків для другого переходу.

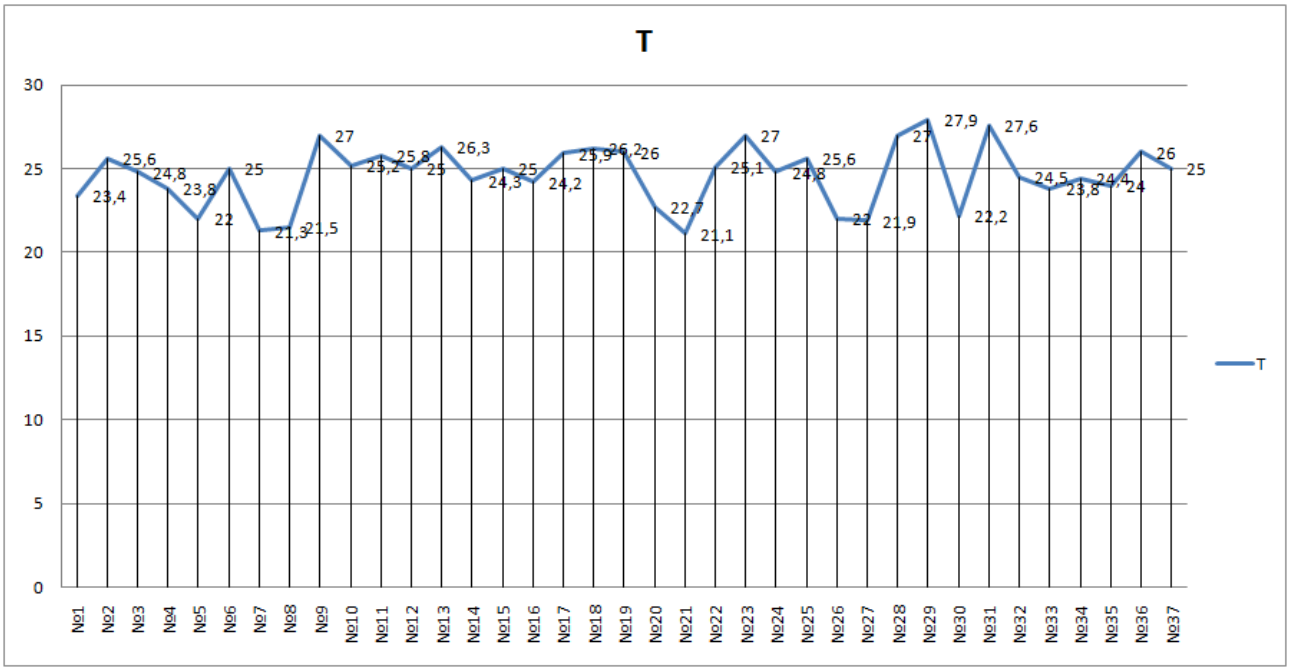


Рисунок 7.3. – Отримані зусилля для другого переходу.

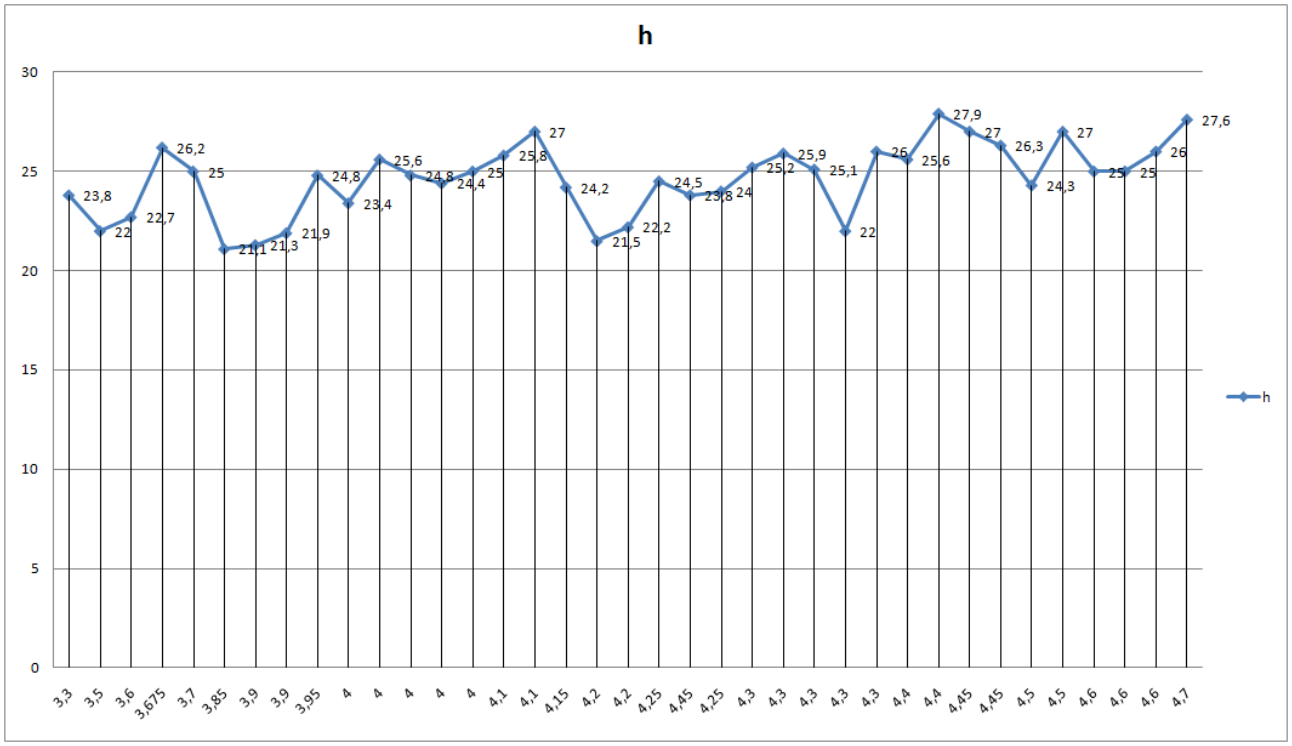


Рисунок 7.4. – Залежність висоти зразків від зусилля для другого переходу.

Отриманні результати розбіжностей висот деталей третього переходу при постійному діаметрі попереднього переходу, при постійному зусиллі витягування та пружинним притиском (рис. 7.5) також отримали графік зусилля на третьому переході (рис. 7.6) та отримали залежність зусилля від висот отриманих зразків на третьому переході (рис. 7.7).

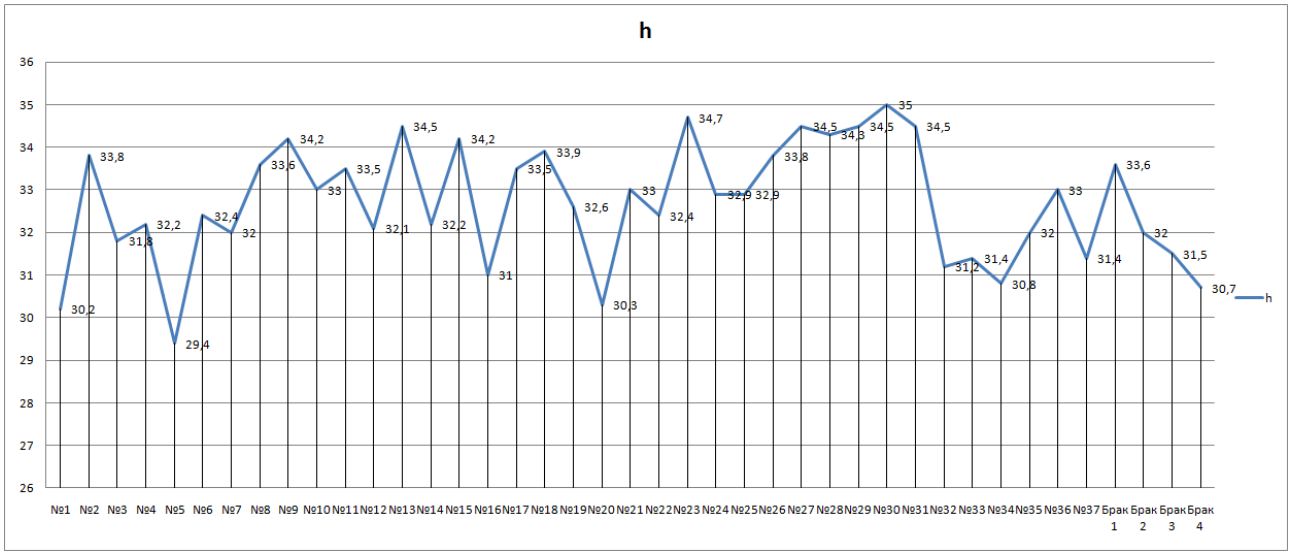


Рисунок 7.5. – Отримані висотні розміри зразків для третього переходу.

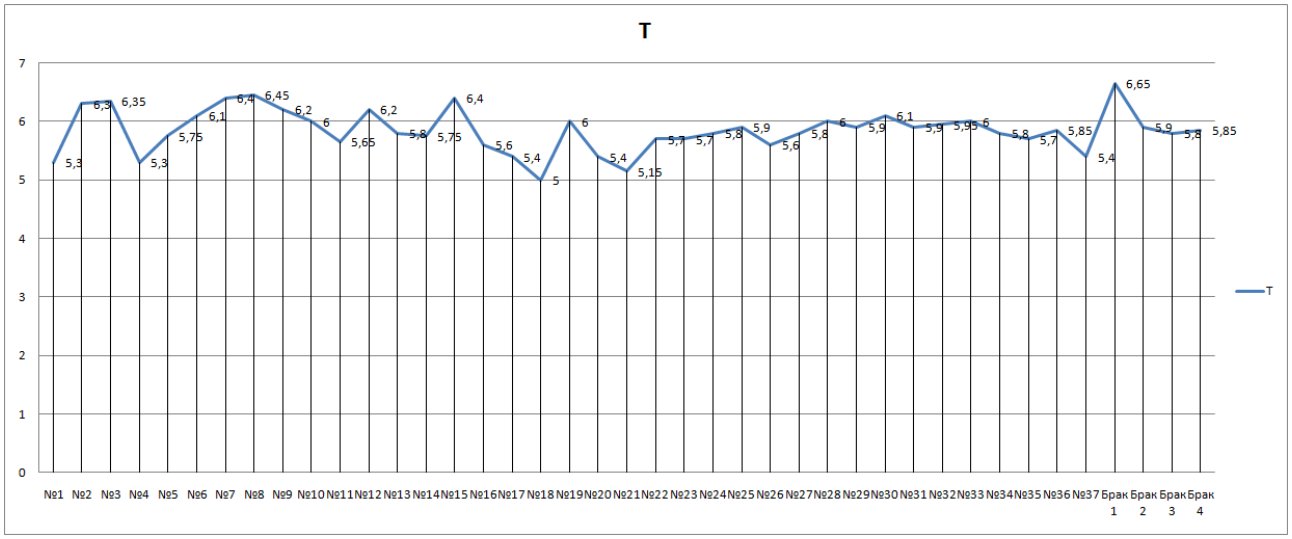


Рисунок 7.6. – Отримані зусилля для третього переходу.

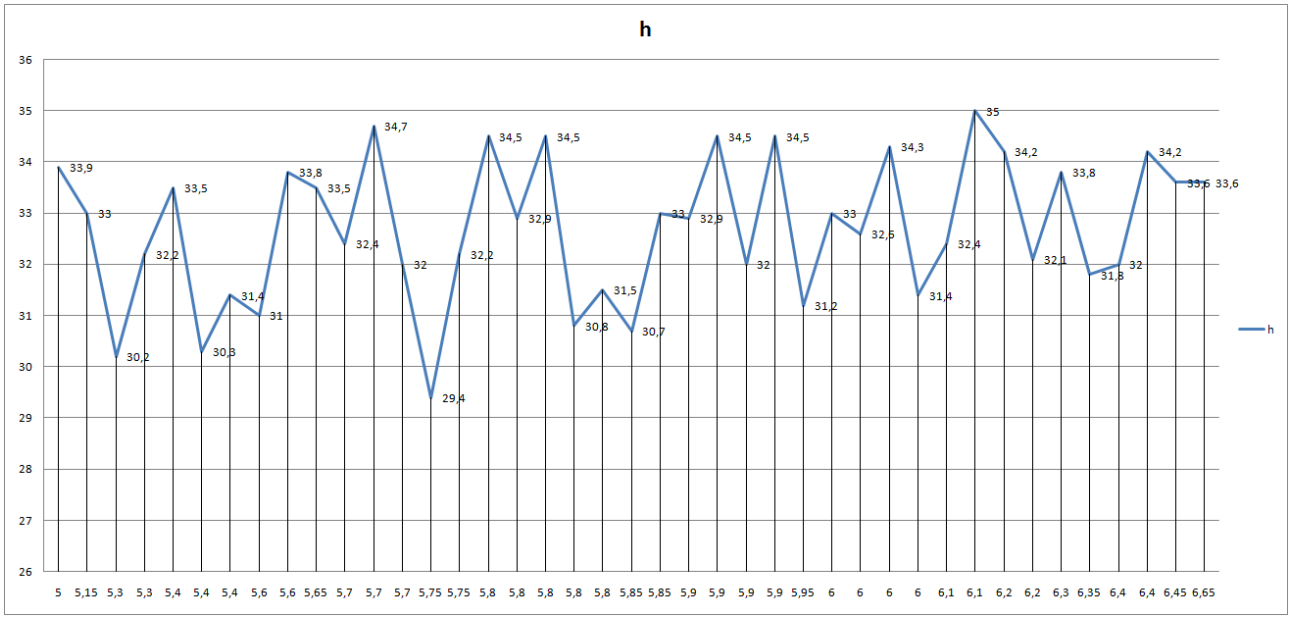


Рисунок 7.7. - Залежність висоти зразків від зусилля для третього переходу.

Отриманні результати розбіжностей висот деталей четвертого переходу при постійному діаметрі попереднього переходу, при постійному зусиллі витягування та пружинним притиском (рис. 7.8) також отримали графік зусилля на четвертому переході (рис. 7.9) та отримали залежність зусилля від висот отриманих зразків на четвертому переході (рис. 7.10).

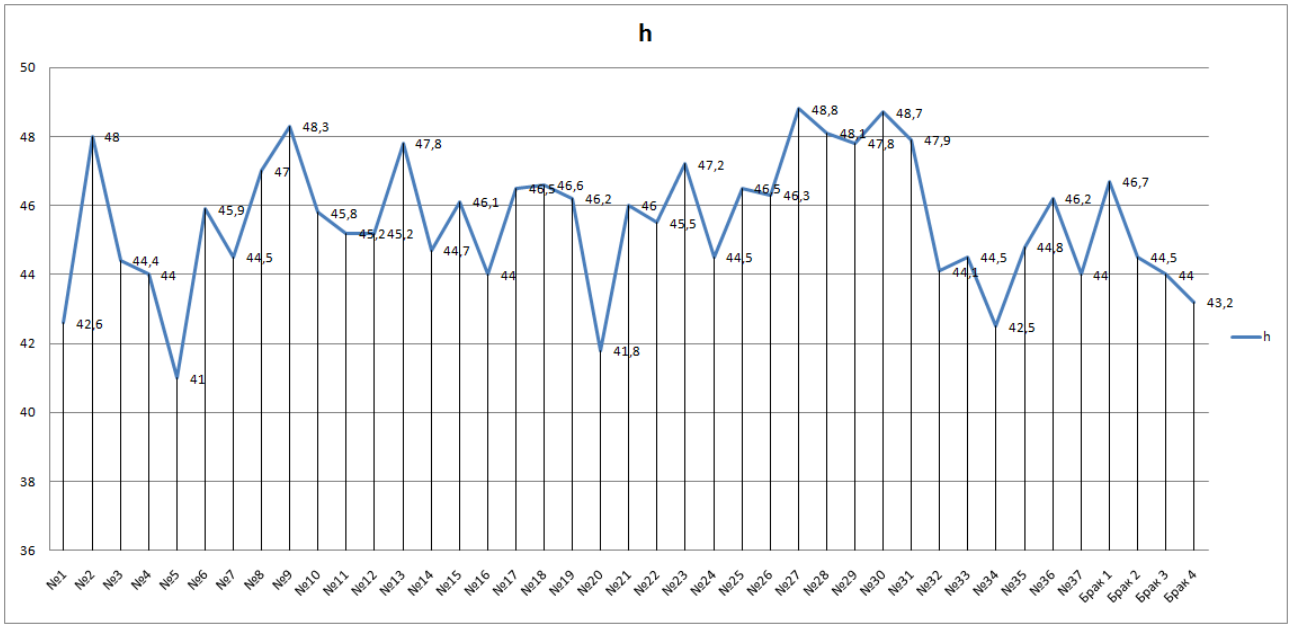


Рисунок 7.8. – Отримані висотні розміри зразків для четвертого переходу.

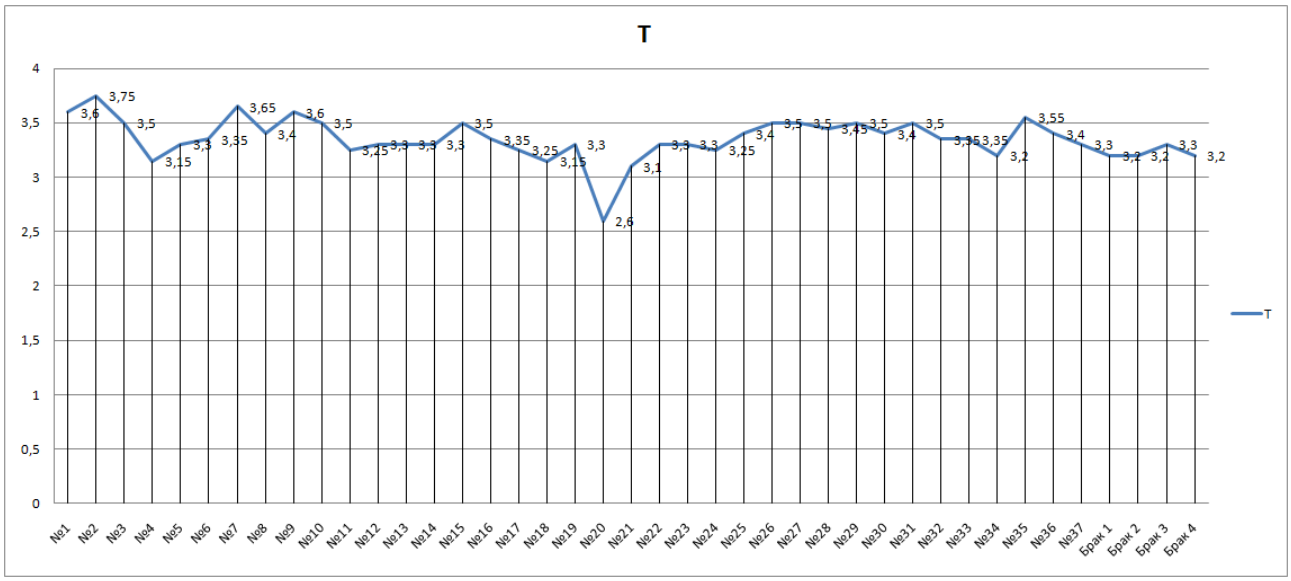


Рисунок 7.9. – Отримані зусилля для четвертого переходу.

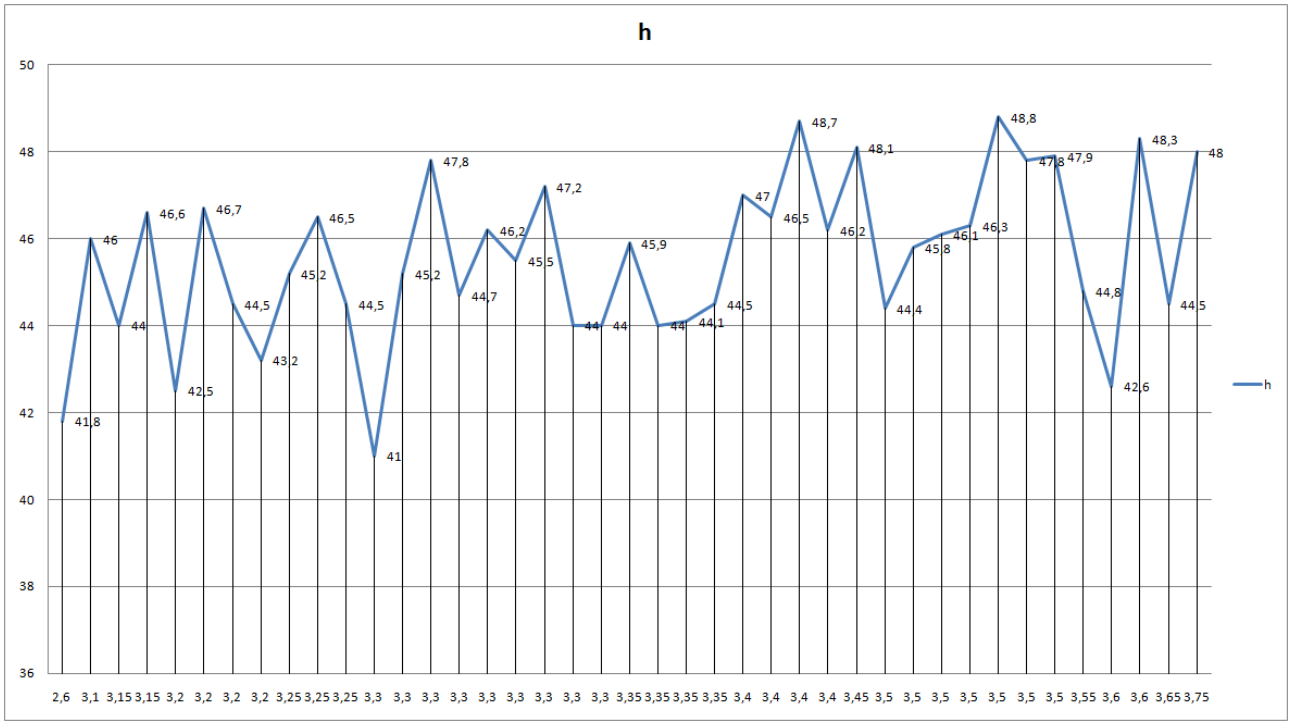


Рисунок 7.10. - Залежність висоти зразків від зусилля для четвертого переходу.

Отриманні результати розбіжностей висот деталей п’ятого переходу при постійному діаметрі попереднього переходу, при постійному зусиллі витягування та пружинним притиском (рис. 7.11) також отримали графік зусилля на п’ятому переході (рис. 7.12) та отримали залежність зусилля від висот отриманих зразків на п’ятому переході (рис. 7.13).

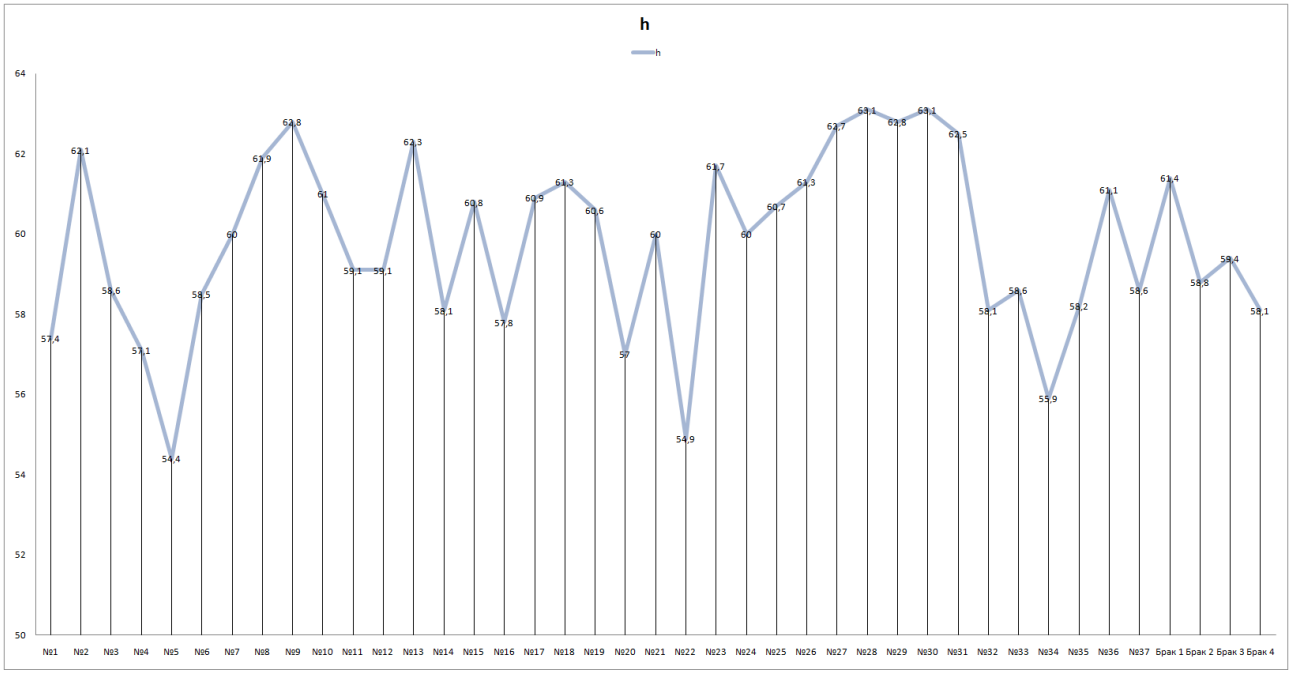


Рисунок 7.11. – Отримані висотні розміри зразків для п'ятого переходу.

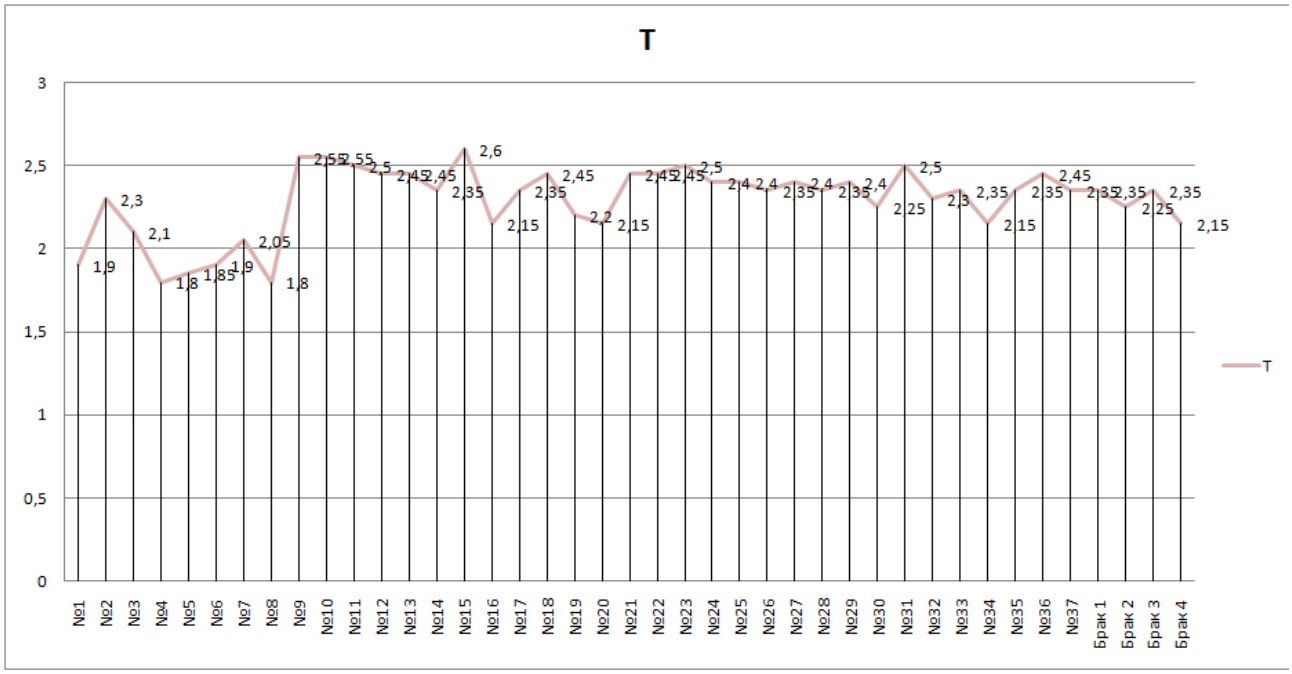


Рисунок 7.12. – Отримані зусилля для п'ятого переходу.

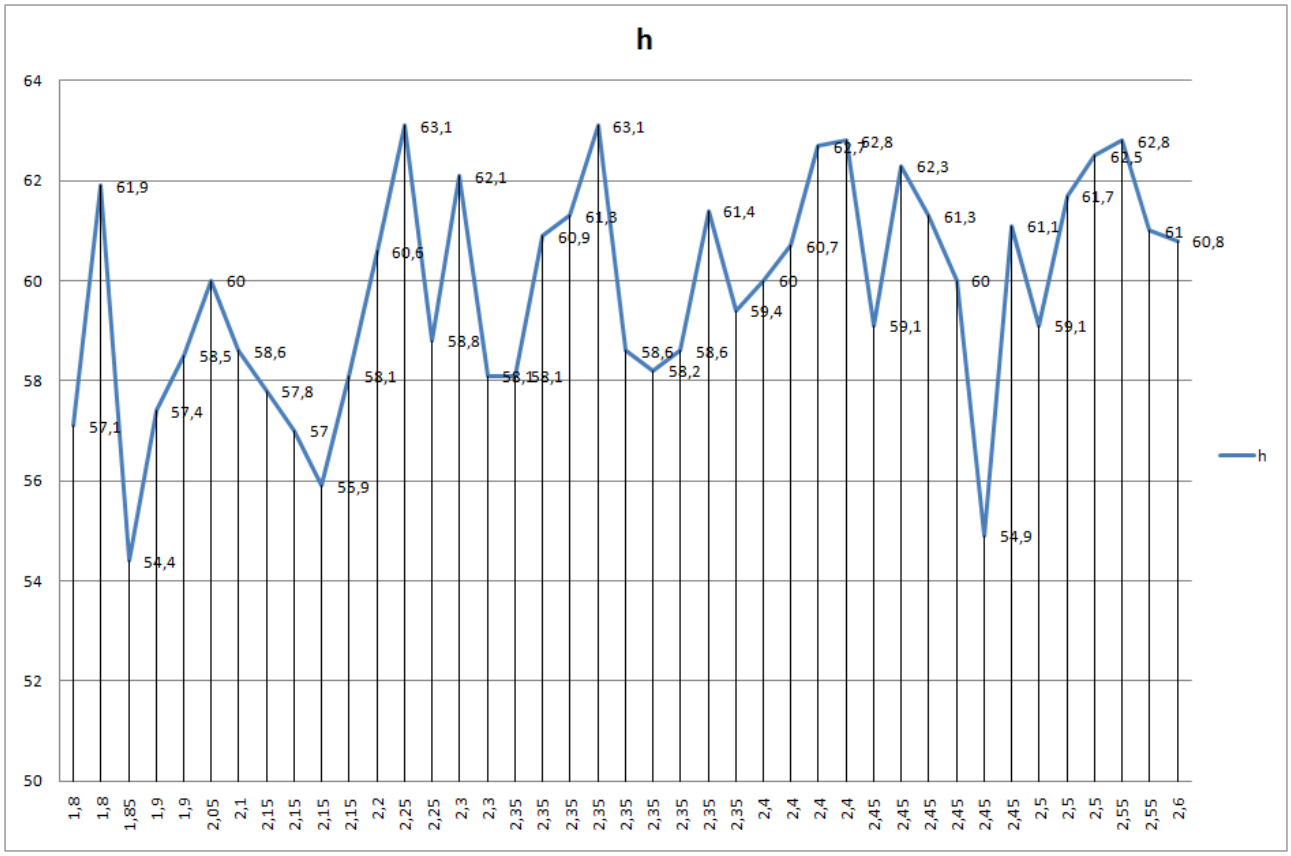


Рисунок 7.13. - Залежність висоти зразків від зусилля для п’ятого переходу.

Далі на графіках (рис.7.14-рис.7.20) показані зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході.

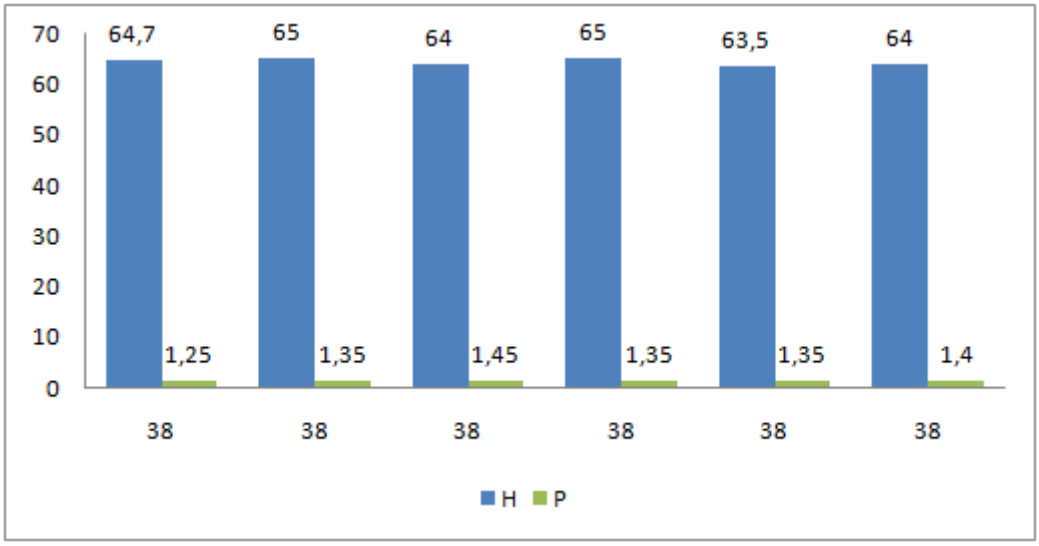


Рисунок 7.14. – Зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході. Висота витягування 38 мм.

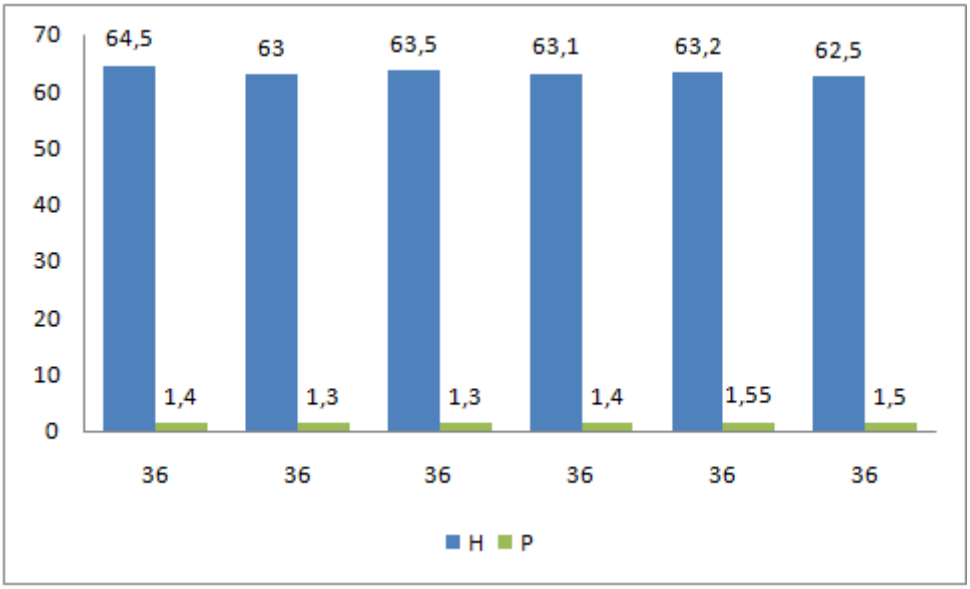


Рисунок 7.15. - Зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході. Висота витягування 36 мм.

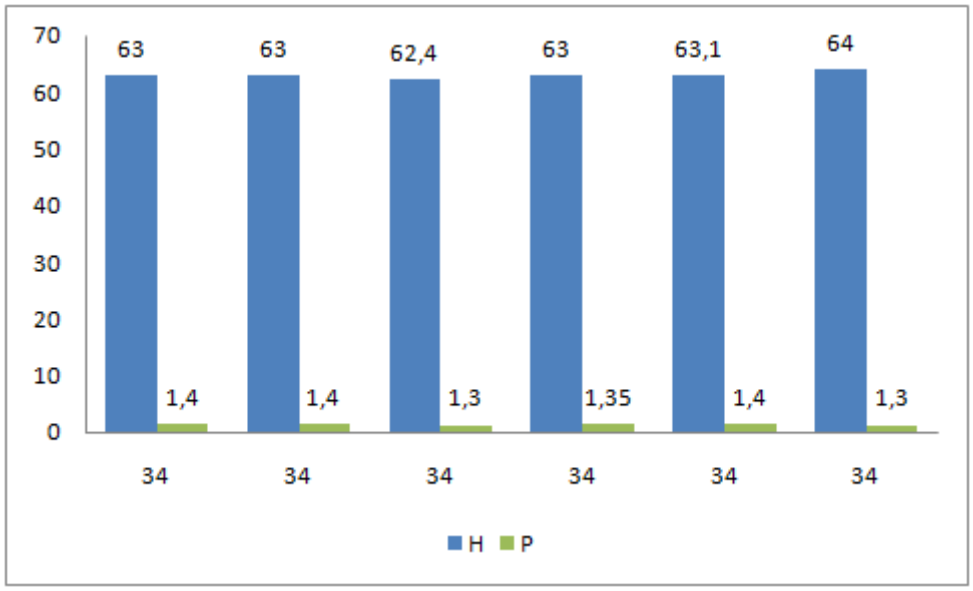


Рисунок 7.16. - Зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході. Висота витягування 34 мм.

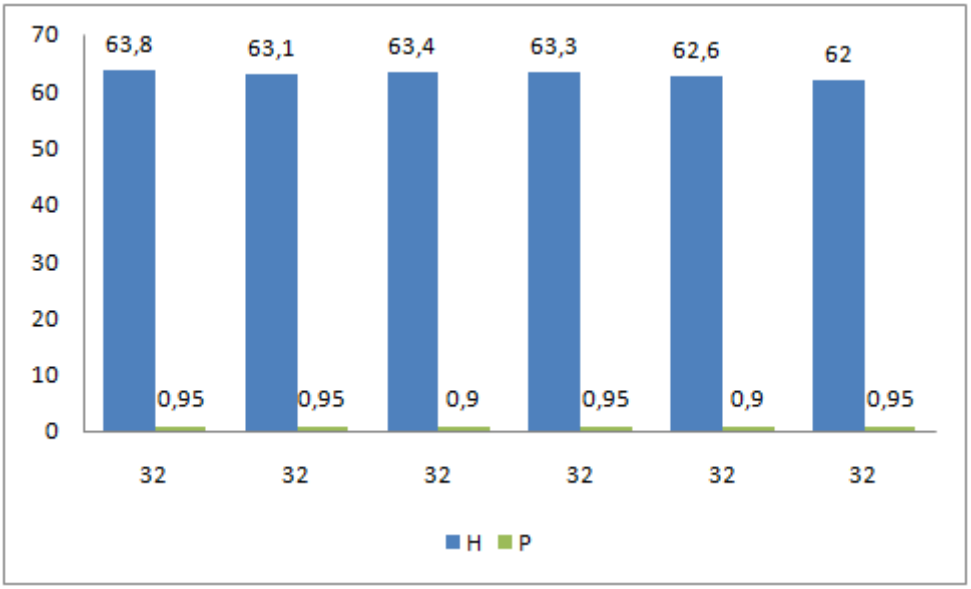


Рисунок 7.17. - Зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході. Висота витягування 32 мм.

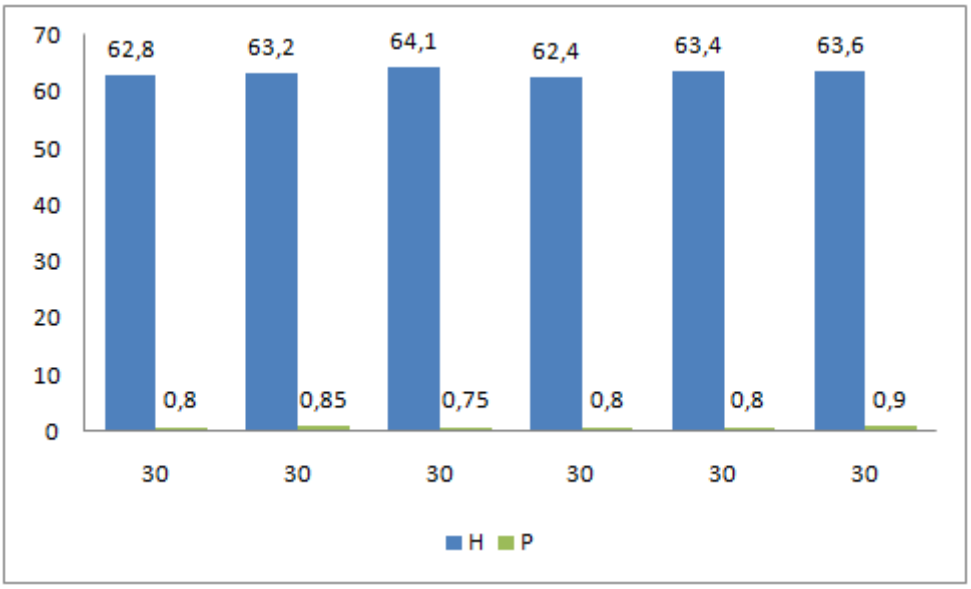


Рисунок 7.18. - Зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході. Висота витягування 30 мм.

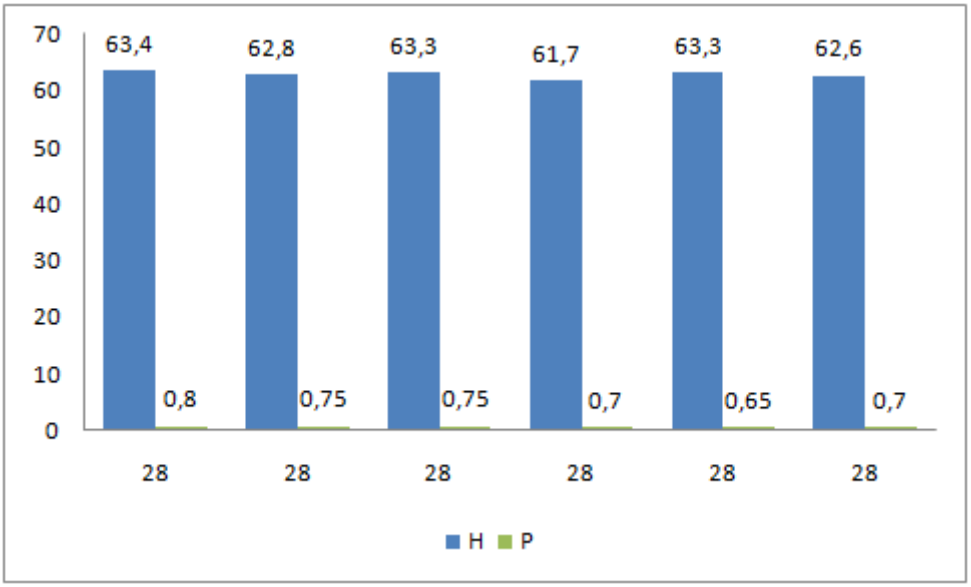


Рисунок 7.19. - Зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході. Висота витягування 28 мм.

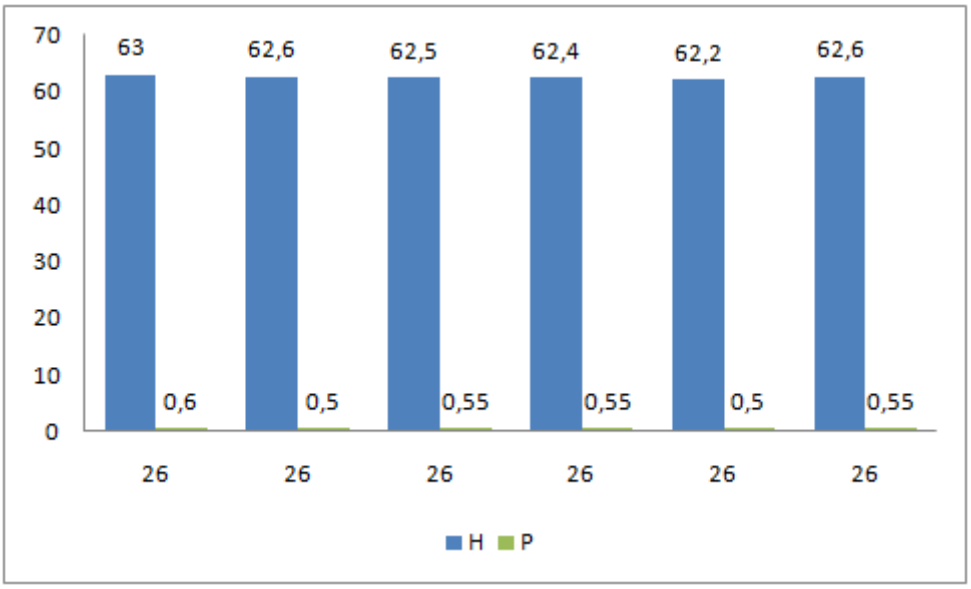


Рисунок 7.20. - Зусилля і загальна висота виробу в залежності від висоти витягування на шостому переході. Висота витягування 26 мм.

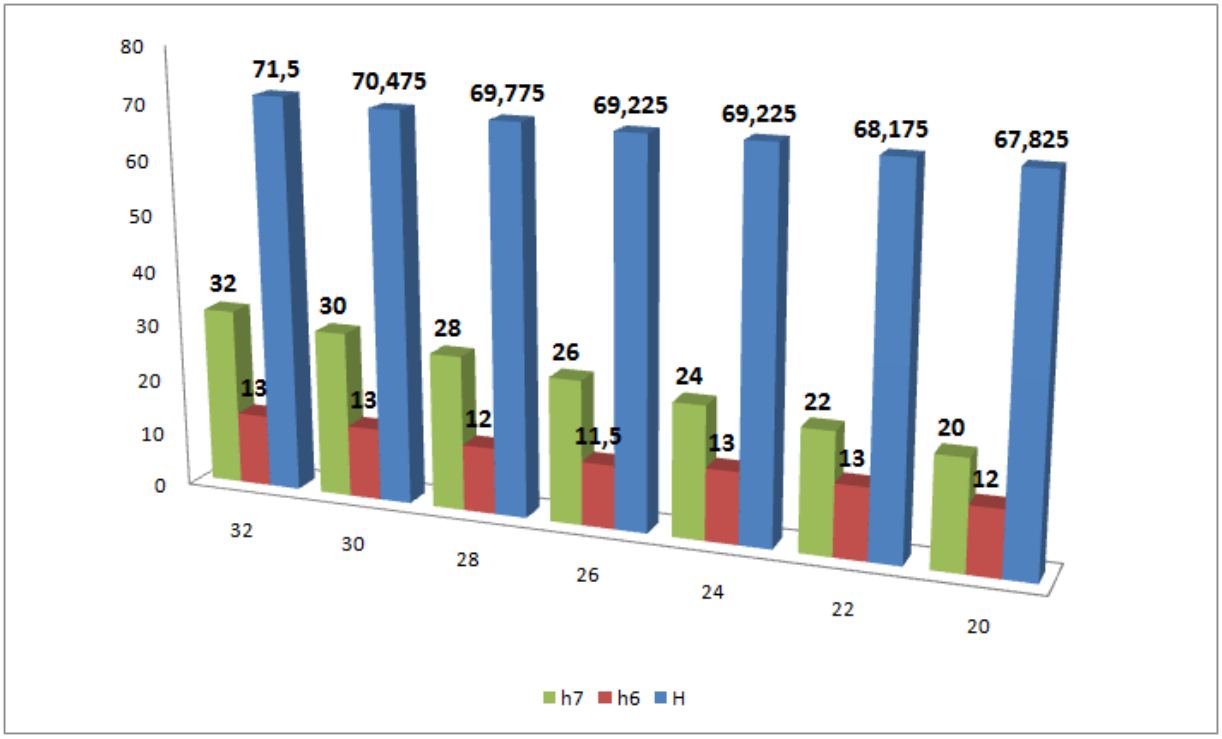


Рисунок 7.21. – Залежність попередньо витягнутих ступеней та загальної висоти виробу від глибини витягування на сьомому переході.

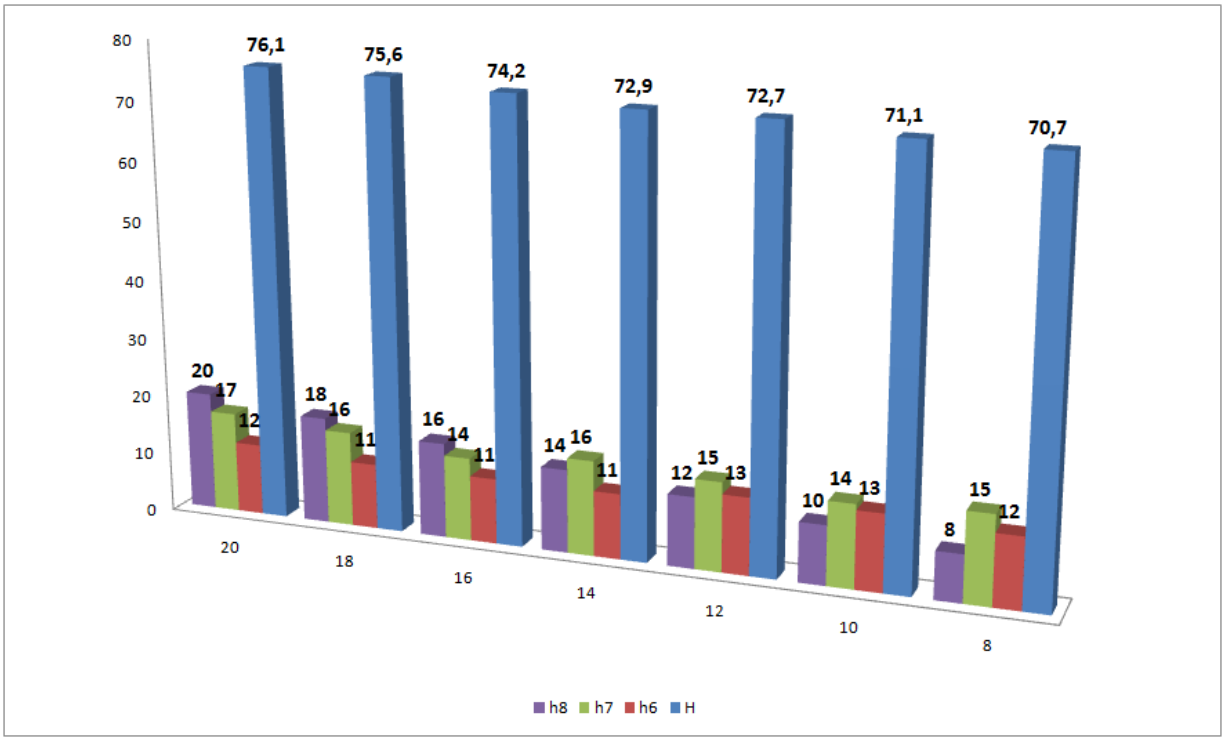


Рисунок 7.22. - Залежність попередньо витягнутих ступеней та загальної висоти виробу від глибини витягування на восьмому переході.

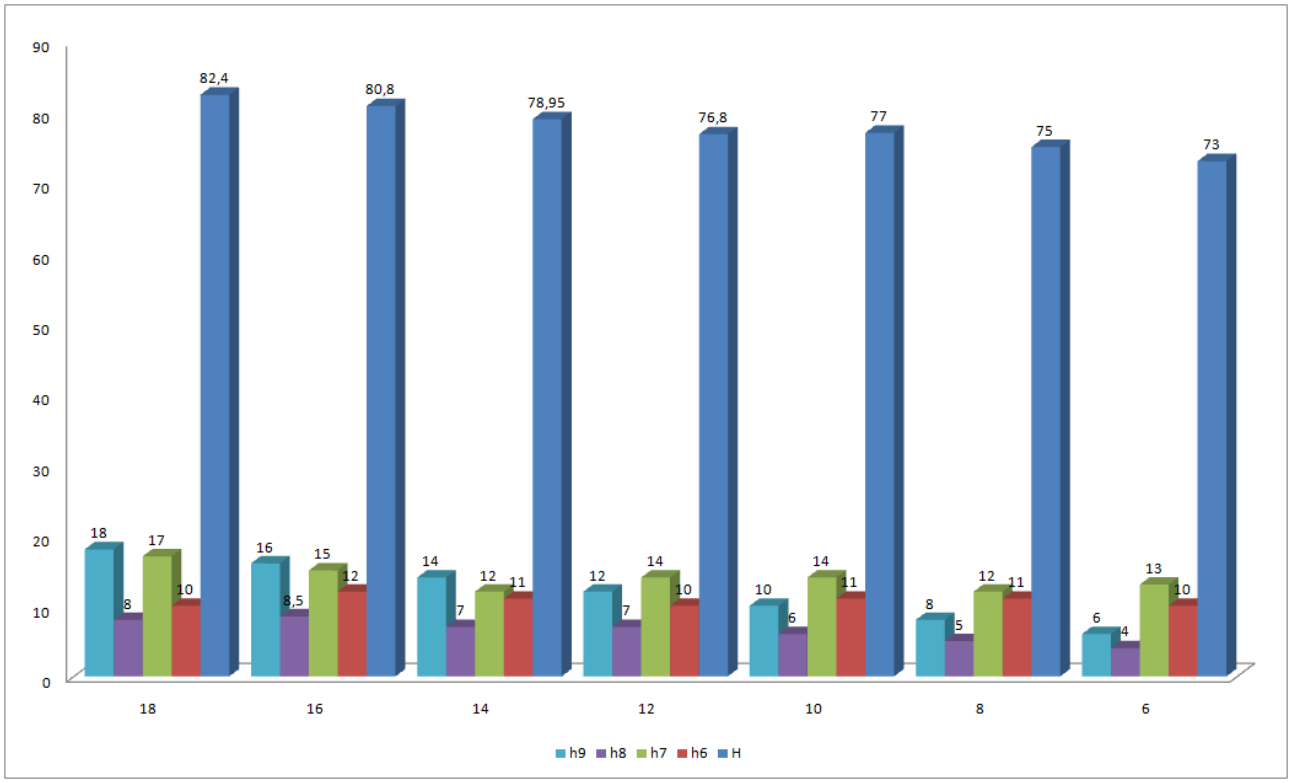


Рисунок 7.23. - Залежність попередньо витягнутих ступеней та загальної висоти виробу від глибини витягування на дев’ятому переході.

Висновки

Для витягування за методом паралельних циліндрів на першій операції витягування дуже важливо забезпечити постійне зусилля витягування, постійне зусилля притиску заготовки до матриці, чітке центрування заготовки відносно вісі штампування за допомогою трафаретів, наявність рівномірно нанесеної змащуючої речовини. Сукупність всіх вище зазначених факторів дає можливість забезпечити постійну висоту виробу на першому переході що особливо важливо при серійному виробництві. Для більш детального дослідження зусилля на всіх переходах витягування рекомендовано використовувати аналого-цифровий перетворювач з тензодатчиками в зв’язку з тим, що зусилля з сьомого по дев’ятий перехід досить мале і звичайний силовимірювач не в змозі його відображати.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕСПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У дипломному проекті передбачається дослідження технології виготовлення обтічників спеціальних виробів методом холодного штампування.

8.1 Аналіз потенційний небезпек

а) Незадовільна професійна підготовка фахівців, з причини відсутності фахових знань, не проведення інструктажів з ОП. Що може призвести до аварійних ситуацій.

б) Можливість ураження електричним струмом. Головними причинами поразки можуть бути: невиконання правил електробезпеки, несправність енергоспоживаючого устаткування, наприклад, поява напруги на нетоковедущих частинах устаткування, в результаті обриву захисного заземлення, що може привести до електричних травм або летального результату;

в) Можливість отримання механічних травм :

- недосконаліть конструктивних рішень кріплення штампів на технологічному устаткуванні, зокрема, ненадійність кріплення штампів і їх вузлів у пресі;
- відсутність надійних огороджень зони деформації;
- порушення правил охорони праці;
- механічні травми внаслідок гострих кромок.

г) Небезпеки, які пов’язані з визначенням показників отриманих результатів та їх обробкою з використанням комп’ютерної техніки.

д) Підвищений рівень вібрації, який пов'язаний із специфікою технологічного процесу штампування і може привести до віброхвороби;

е) Незадовільні параметри повітряного середовища в робочий зоні в наслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну, що може призвести до зниження працездатності та загальних захворювань.

є) Незадовільний рівень освітлення приміщення дослідницької лабораторії.

ж) Можливість загорянь, причинами яких є порушення правил пожежної безпеки:

- виток горючих газів;

- коротке замикання.

Що може призвести до пожежі.

8.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а) До робіт допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, достатні знання за спеціальністю та отримали допуск до виконання робіт. Невід’ємними умовами є проведення усіх видів інструктажів з охорони праці, згідно СУООП.

б) Основними заходами захисту при поразці електричним струмом мають бути:

Організаційні:

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

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

- Експлуатацію і ремонт електроустановок повинен здійснювати спеціально підготовлений персонал;

- Для кожного електроспоживаючими устаткування мають бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи. У електричних схемах мають бути передбачені захисні електроприймачі від перевантажень і коротких замикань;

- Усі неізольовані струмопровідні елементи електроустаткування мають бути надійно захищені суцільними обгороджуваннями, зняття або відкриття можливо тільки за допомогою спеціальних пристроїв.

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

Технічні:

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

- Використання електричного блокування. Функції блокуючих облаштувань - запобігання небезпечним діям людини. Блокування ділиться на: - електричне блокування - здійснює розрив ланцюга спеціальними контактами; - механічне блокування - розривши ланцюги в механічний спосіб. Вимоги до блокування пристроїв визначені ГОСТ 12.4.155 - 85 «ССБТ. Облаштування захисного відключення. Класифікація. Загальнотехнічні вимоги. »

- Облаштування захисного заземлення або занулення - це електричне з'єднання металевих частин устаткування, які не проводять струм, але можуть виявитися під напругою, із землею або із захисним нульовим дротом. Принцип дії захисного заземлення або занулення полягає в зниженні до безпечних значень напруги дотику, яка обумовлена замиканням на корпус. Електроустаткування необхідно заземляти або «зануляти» відповідно до ПУЭ - 2009 «Правила облаштування електроустановок».

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

- Включення джерел живлення технологічного устаткування здійснюється тільки через рубильник.

в) Для попередження механічних травм передбачено:

Організаційні:

- Обов’язково виконувати «Положення про навчання та перевірку знань з питань охорони праці», зокрема проведення усіх передбачених інструктажів.

Технічні:

- Кріплення штампів для пресу можливо за допомогою болтів, приватних плит або хвостовиків. Кріплення має бути надійним. Кількість елементів для кріплення визначається масою штампу і зусиллям при його роботі. При кріпленні верхньої частини штампу через хвостовик, його стан

повинно забезпечувати надійність кріплення штампу. Перекіс направляючих втулок в колонках недопустимий.

- Для безпечного подання і видалення заготівель з штампу мають бути передбачені технологічні отвори для зручного користування пінцетом або кліщами. При неможливості виконання цих вимог має бути передбачене використання захисних обгороджувань. Функціями яких мають бути: унеможливлення попадання рук працюючого в небезпечну зону, виключення

травмування працюючого самою захисною огорожею. Конструкція обгороджування повинна давати можливість безпечного обслуговування штампу.

- При неможливості використання захисних пристроїв дворучне управління пресом є обов'язковим. Для автоматичної зупинки роботи пресу у разі відхилення від нормального режиму (заклинювання пуансона, попадання 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, штифти, що зрізують, шпонки, фрикційних муфти, запобіжники;

- Блокуючі пристрої, які можуть бути механічними, електромеханічними, фотоелектричними;

- Сигналізуючи пристрої, які надають інформацію про виконання процесу або у разі прояву відхилень вказують на місце їх прояву. Такі пристрої зазвичай є частиною електричних схем ланцюгів управління устаткуванням.

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

г) При визначені отриманих результатів найбільш виникають небезпеки в наявності гострих кромок, для запобігання порізів використовують індивідуальних захист безпеки – рукавиці.

При використанні комп’ютерної техніки слід зазначити:

- Обладнання, силові та освітленні мережі приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаного ПК з ВДТ відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок.

Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 яка відповідає класу пожежанебезпечної зони П-IIа до якої належить приміщення.

- З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ передбачені наступні протипожежні заходи. На силовому обладнанні, силових та освітлювальних колах, згідно вимог пункту 3.1 «ПУЕ», встановлені захисні пристрої, що вимикають джерело живлення від ділянки електричного кола, у якій виникло коротке замикання.

- Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

- Оскільки приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) що обладнане ПК з ВДТ має площу 39 м^2, тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м^2 площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечних факторів виробничого середовища».

У відповідності ДСанШН 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» за наявності шкідливих виробничих чинників клас виробництва встановлюємо як четвертий.

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху по ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «Загальних санітарно-гігієнічних вимог до повітря робочої зони» приведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1. - Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху

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

В приміщеннях, де немає викидів шкідливих речовин у великій кількості, для забезпечення зазначених параметрів, в теплий період року, передбачено устрій штучної механічної загально обмінної вентиляції або кондиціювання, а в холодний період року устрій систем водяного або електричного опалення, відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року проектом передбачається облаштування системи опалювання, поєднаної з припливною вентиляцією.

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» приведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2. - Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці

Категорія робіт	Температура повітря, °З	Відносна вологість	Швидкість повітря, м/с	Температура повітря на робочому місці
Середньою тяжкість	17-23	75	0,1-0,3	13-24

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці для приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, офісу, тощо) обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249, ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями».

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

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

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

– зменшення вібрації в джерелах її виникнення - усі деталі верстатів і агрегатів, що рухаються, ретельно урівноважені, а для зменшення динамічних сил, які створюють вібрації, деталі змащуються;

– зменшення параметрів вібрації на шляхах її поширення від джерела збудження;

– організаційно-технічні - планово-запобіжний ремонт і контроль за вібраційними параметрами;

– гігієнічні і лікувально-профілактичні.

Для досягнення нормованого рівня освітленості робочих місць та робочих зон і дослідницької лабораторії який у ДБН В.2.5-28-2016 «Інженерне обладнання будинків і споруд (природне і штучне освітлення)» визначається як не менш 200 люкс. Для забезпечення такого рівня доцільно використовувати природне та штучне освітлення. В якості джерел штучного освітлення доцільно використовувати світлодіодні та люмінесцентні лампи.

Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення приміщення дослідницької лабораторії методом світлового потоку.

Метод базується на розрахунку світлового потоку від джерела освітлення:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H S k_z z}{\eta} \qquad (8.1)$$

де E_H – нормативне значення освітлення – 200 лк;

S – площа 20 м^2;

k_z – коефіцієнт запасу, який характеризується зношенням ламп – 1.4;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, який залежить від обраного типу джерела освітлення, для люмінесцентних ламп – 1.1;

η – коефіцієнт який характеризує ступінь відбиття світла від поверхонь приміщень, за умови використання люмінесцентних ламп потужністю 40 Вт;

обираємо світильник типу НСП, при цьому індекс приміщення є 0.8, тому коефіцієнт η = 0.44.

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 * 20 * 1{,}4 * 1{,}1}{0{,}44} = 14000 \text{ лм}$$

За умови світловіддачі від однієї лампи ЛД – 40 Вт = 250 лм, тому потрібна кількість ламп буде 6.

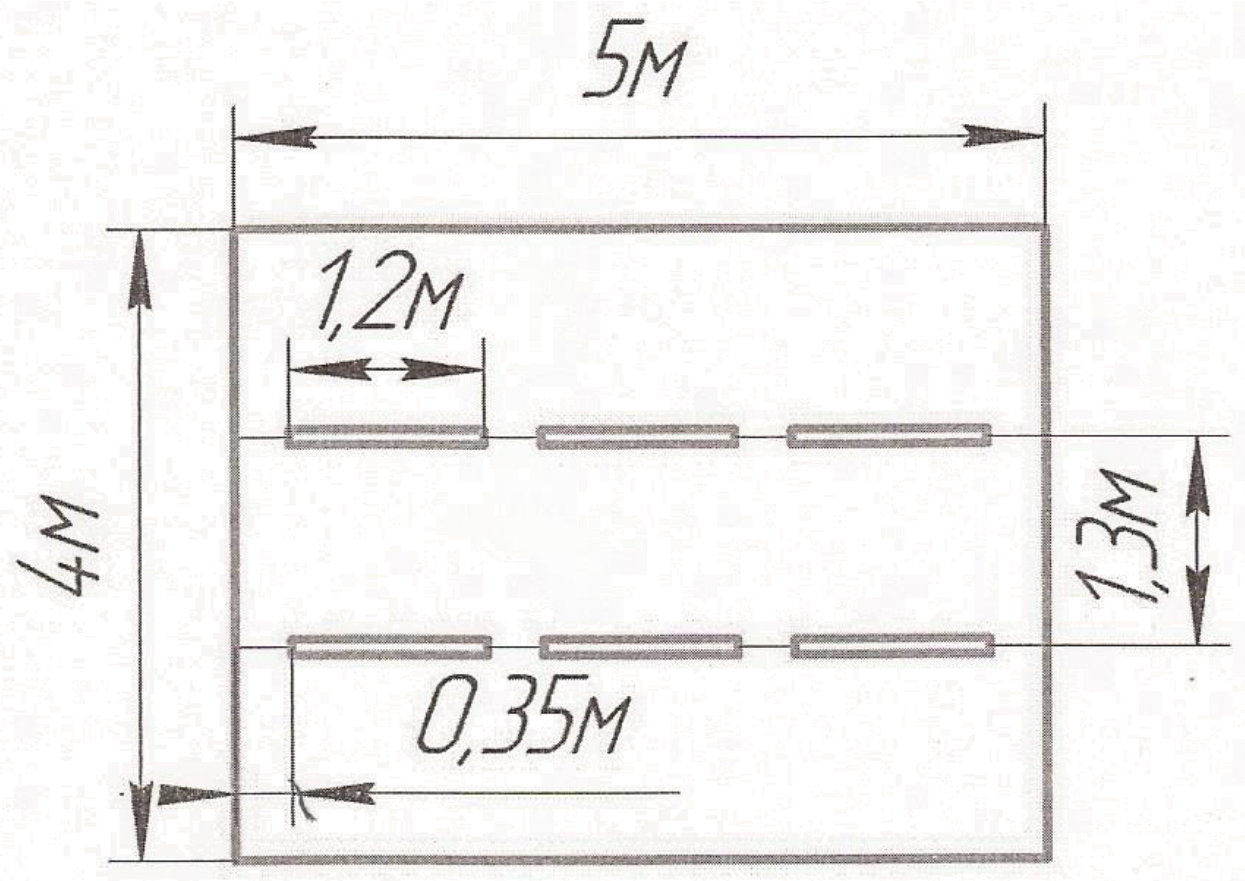


Рисунок 8.1. – Схема розміщення ламп в дослідницькій лабораторії

8.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для виробничого приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ:

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

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

Оскільки приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнане ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має ІІ ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

Обладнання, силові та освітленні мережі приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаного ПК з ВДТ відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту ізоляції

обладнання IP44 яка відповідає класу пожежанебезпечної зони П-IIа до якої належить приміщення.

З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ передбачені наступні протипожежні заходи. На силовому обладнанні, силових та освітлювальних колах, згідно вимог пункту 3.1 «ПУЕ», встановлені захисні пристрої, що вимикають джерело живлення від ділянки електричного кола, у якій виникло коротке замикання.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Оскільки приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) що обладнане ПК з ВДТ має площу 39 м^2, тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м^2 площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

8.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

На території проектованого цеху повною мірою забезпечений захист персоналу від дії електромагнітних полів згідно ГСанПиН 3.3.6-096-2002 «Державних санітарних норми при роботі з джерелами електромагнітних полів», ДСН 476-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів». Засоби захисту використовуються при усіх видах робіт згідно ГСанПиН 3.3.6-096-2002 з дотриманням усіх норм і правил.

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

До організаційних заходів відносяться: призначення режимів роботи установок, зменшення місць і часу перебування персоналу в зоні випромінювання та ін. До інженерно-технічних заходів відноситься: раціональне розміщення устаткування, 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 у 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 постійній дії не повинен перевищувати 1,4 кА/м упродовж робочого дня(8 година.)

Час перебування людини в магнітному полі напруженість більше 1,4 кА/м регламентується відповідно до ГСанПиН 3.3.6-096-2002 «Державних санітарних норми при роботі з джерелами електромагнітних полів» і показаний в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3. – Час перебування персоналу в магнітному полі

Час прибуття персоналу, година	1	2	3	4	5	6	7	8
Напруженість магнітного поля, кА/м	6,0	4,9	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,4
Магнітна індукція, мТл	7,5	6,13	5,0	4,0	3,13	2,5	2,0	1,75

Для вимірі в діапазоні частот 300 Мгц - 300 ГГц використовуються прилади, призначені для визначення середніх значень щільності потоку енергії, з погрішністю 40% в діапазоні частот 300 Мгц - 2 ГГЦ і 30% в діапазоні частот понад 2 ГГц.

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 «Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю» виміру напруженості і щільності потоку енергії ЭМП проводяться не рідше за один раз в рік, а також в наступних випадках:

– при введенні в дію нових установок;

– при внесенні змін до конструкції, розміщення і режиму роботи діючих установок;

– у час і після проведення ремонтних робіт, які супроводжуються зміною випромінюваної потужності;

– при внесенні змін до засобів захисту від ЭМП;

– при організації нових робочих місць.

Виміру напруженості або щільності потоку енергії ЭМП допускається не проводити у випадках, якщо установка не працює в режимі випромінювання на відкритий хвилевід, антену або інший елемент, призначений для випромінювання ЭМП в довкілля, 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 по охороні праці є:

- заходи по забезпеченню техніки безпеки;

- заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці;

- заходи по пожежній безпеці;

- заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.Зубцов М. И. Листовая штамповка: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Машины и технологии обработки металлов давлением 3-е изд., пере раб. и доп.-Л.:Машиностроение. Ленингр. отд-ние,1980. -432 с.

2. Клусов И.А. Проектирование роторных машин и линий: Учебное пособие для студентов машиностроительных спец. вузов. – М.: Машиностроение, 1990. -320 с.

2. Романовский В.П. Справочник по холодной штампове. 6-е изд., перераб. и доп.- Л.:Машиностроение. Ленигр. отд-ние,1979.-520 с.

3. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т.Т.4./Ред. совет: Е.И.Семенов (пред.) и др..-М.Машиностроение, 1985-1987.-544 с.

4. Справочник по оборудованию для листовой штамповки./Л. И. Рудман, А.И.Зайчук, В. Л. Марченко и др.; Под общ. ред. Л. И. Рудмана.К. .Техника, 1989.-231 с.

5. Общемашиностроительные типовые нормы времени на холодную штамповку. - М.: Отдел НИИ труда, 1973.-148 с.

6. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. ред. Л. И. Рудмана.-М.:Машиностроение,1988.-496 с.

7. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. - М. Машиностроение, 1972.-360 с.

8. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

9. Норицын Н. А. и др. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов. Учебное пособие для вузов. - М.:Высшая школа, 1977.-423 с.

10. Проектирование машиностроительных заводов и цехов. Справочник. В 6-ти томах. Под общ. ред. Е. С. Ямпольского. Т.3. Проектирование цехов обработки металлов давлением и сварочного производства. Под ред. А. М. Мансурова. - М.: Машиностроение, 1974.- 343 с.

11. Методичні вказівки до курсовой робота з економіки / Укл.: Л. М. Біла, О. Ф. Бичевий.- Запоріжжя: ЗДТУ, 1997.- 29с.

12. Кельзон А.С., Журавлев Ю.Н., Январев Н. В. Расчет и конструирование роторных машин. Л.: Машиностроение, 1977. – 288 с.

13. Кошкин Л.Н. Комплексная автоматизация производства на базе роторных линий. – М.: Машиностроение, 1972. - 351 с.

14. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов / А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров, Н. С. Добринский и др.; \ Под ред.А. К. Банкетова, Е. Н. Ланского .- 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1982.- 576 с.

15. Методические указания к курсовому проекту по кузнечно-штамповочному оборудованию для студентов специальности 12.04. Раздел «Кривошипные прессы» / Сост. Ф. И. Колесник, Б. Н. Чумаков. - Запорожье.: ЗМИ, 1992.-49 с.

16. Методичні вказівки до дипломного проекгування розділу „Охорона npaці"/ Укл.: Г. І. Дуднік, В. П. Порохненко. А. А. Потуремець, А. О. Писарський, О. В. Коваленко, О. М. Савчук.- Запоріжжя: ЗДТУ,2000.- 60 с.

17. Кобевник В. Ф. Охрана труда К.: Вища школа, 1990.- 286 с.

18. Методична вказівки до виконання дипломного проекту для студенгпв за фахом 7.090.206 „Обладнання для обробки металів тиском" освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст (для усіх форм навчання) /Укл.:О. Ф. Бичевий, В. І. Дубина Запоріжжя: ЗДТУ, 2000.- 27 с.

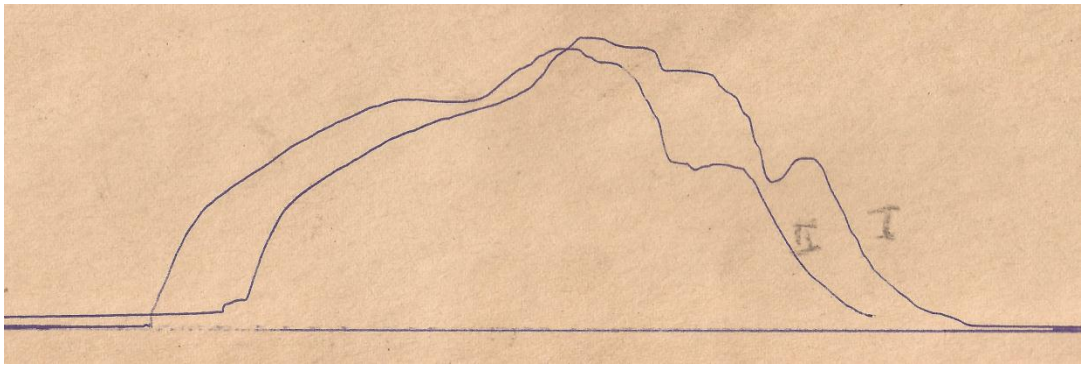
19. Звіт по переддипломній практиці.

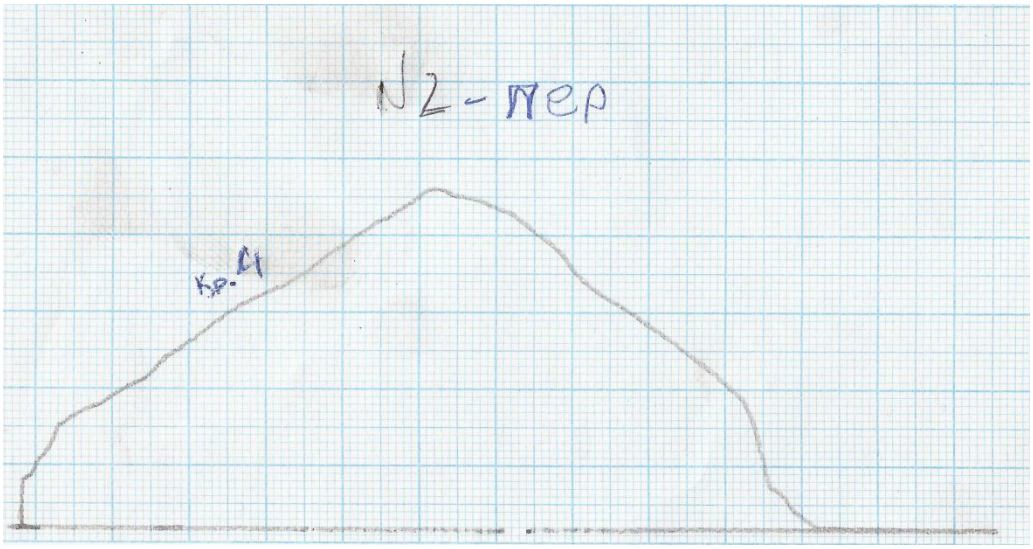
Додатки

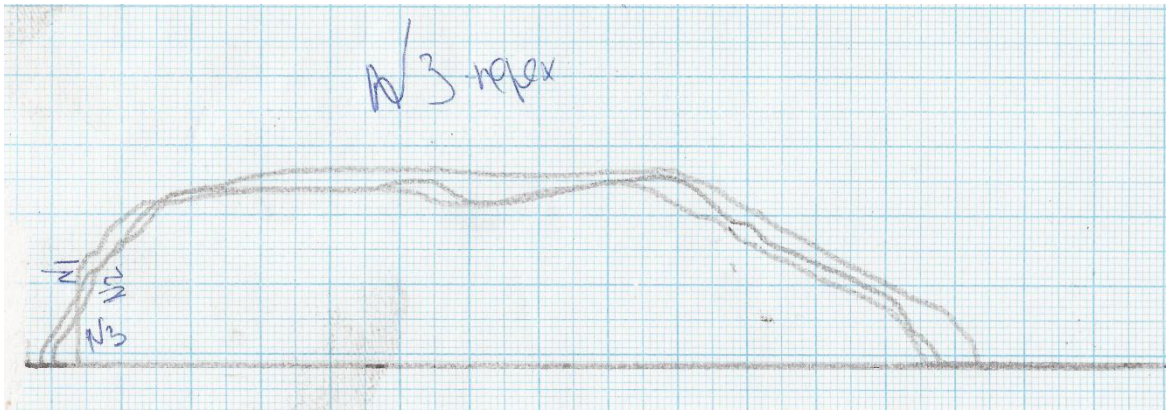
Додаток А Перелік конструкторських документів

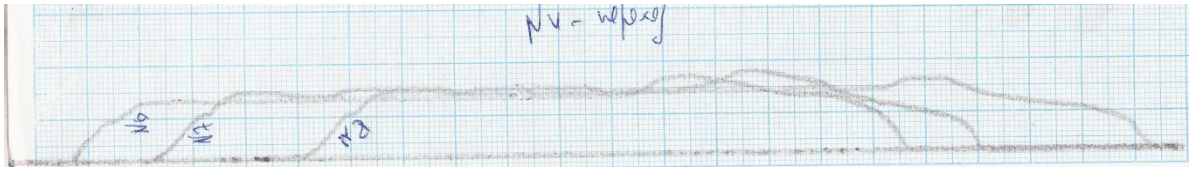
Найменування документу	Позначення документу

Додаток Б Графіки зусилля при витягуванні

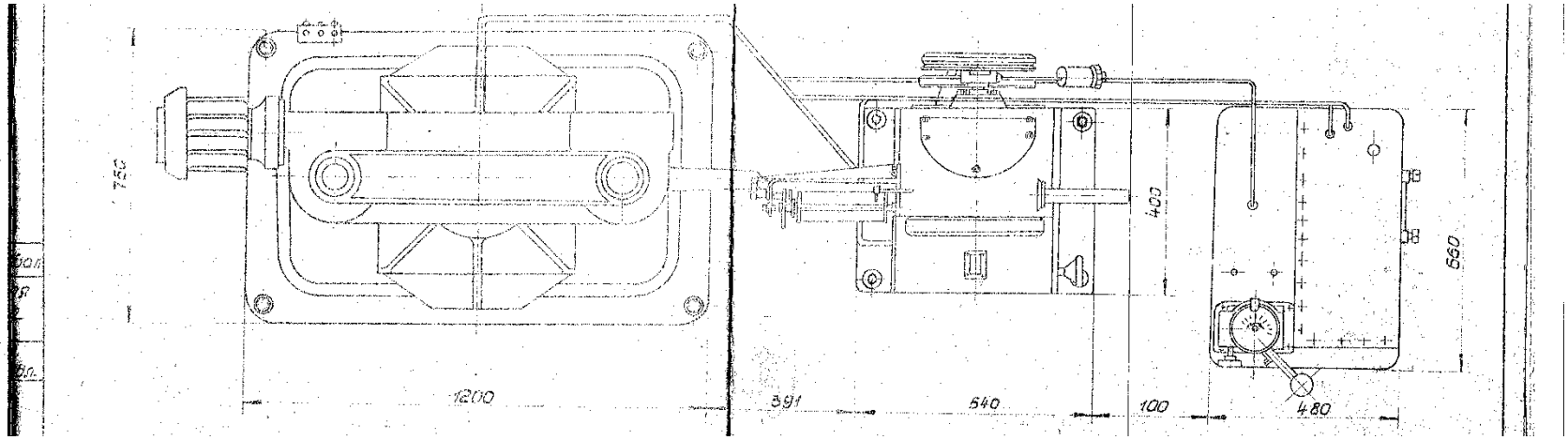


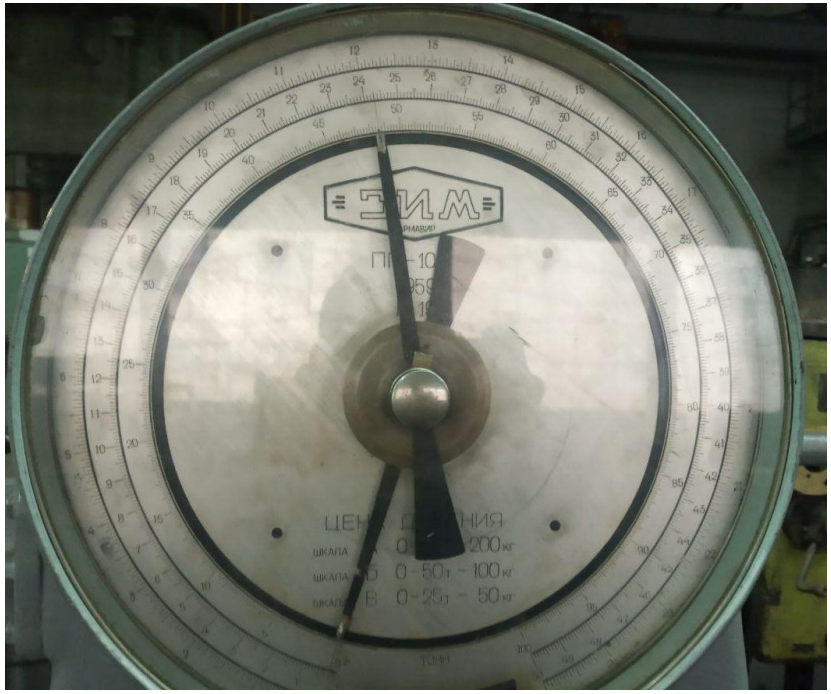




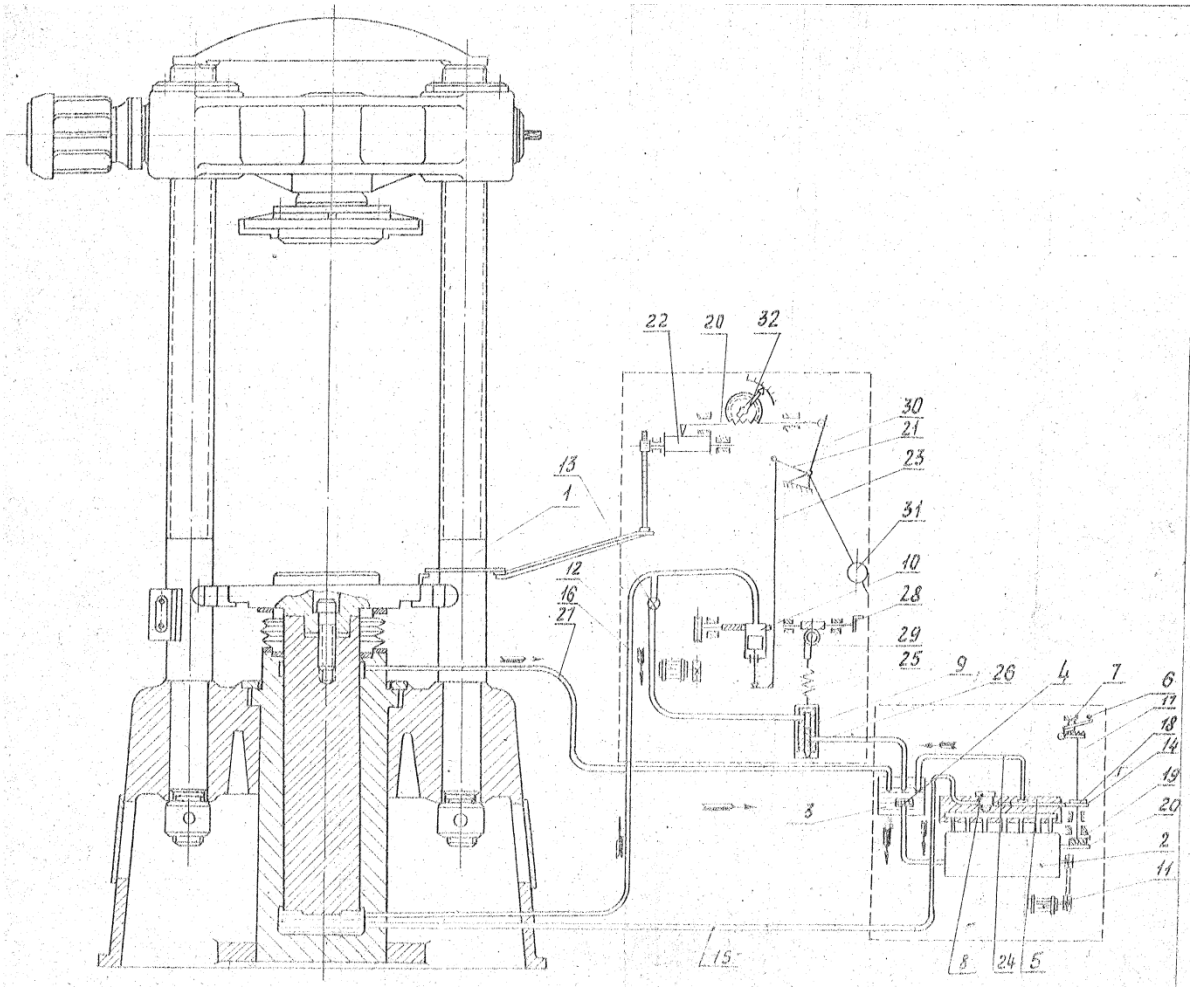


Додаток В Схема силовимірювача гідравлічного пресу





Додаток Г Схема гідравлічного пресу



Додаток Д Загальні дані гідравлічного преса типу ПГ-100А

Тип установки	Випробувальна машина для граничного навантаження	Потужність	Найбільш статичне навантаження на стиск 100т. Найбільший згинальний момент при згині 7,5тм.
Тип	ПГ-100А		
Заводський номер	19	Час і місце упаковки	
Рік випуску	1959	Час випуску в експлуатацію	
Точність вимірювань	±1% від вимірюваного навантаження	Ваго установки	Близько 2190 кг
Призначення	Статичні випробування матеріалів, деталей и конструкцій на стиснення, поздовжній і поперечний вигин	Габарити установки	Довжина: 2120 мм
			Ширина: 750 мм
			Висота з довгими колонками: 2965 мм

Технічна характеристика гідравлічного преса типу ПГ-100А			
Тип	Двоколонна вертикальна машина	Швидкість руху поршня, робочого циліндра і рухомих частин (регулюються)	0-50 мм/мин.
Діаметр робочого циліндра	250 мм	Швидкість переміщення траверси (установчий рух)	310 мм/мин.
Площа робочого циліндра	400 мм	Відстань між опорами на стиснення (максимальне) з довгими колонами	1500 мм
найбільший допустимий підйом поршня робочого циліндра і рухомих частин	200 мм	Проліт між опорами при випробуванні на поперечній вигин (максимальний)	600 мм
Відстань між колонами в світлі	620 мм	Максимальний допустимий прогин зразка	150 мм

Розміри випробувальних зразків	
На стиск	Зразки будь-якої форми,опорні кінці які вписуються в квадрат 500х500 мм
На поперечний вигин	Зразки будь-якої форми, з опорними місцями по довжині роликів до 198 мм.
На поздовжній вигин	Зразки будь-якої форми,опорні кінці які вписуються в коло Ø70 мм

Електродвигун приводу рухомої траверси				
Потужність	Оберті	Напруга	Тип або марка електродвигуна	
0,6квт.	1410 об/хв.	220/380 вольт	АО 31/4 – Ф2	
Габарити власне преса	Довжина по фасаду	1440 мм.	Вага пресу	2245 кг.
	Бічна сторона	750 мм.		
	Висота з подовженими колонками	2965 мм		

Технічні характеристики маятникового сило вимірювача		
Тип керування	Централізоване, кнопками и рукоятками з гідравлічним пристроєм автоматичною підтримкою тиску навантажень і автоматичними обмежувачами шляху (200мм.) руху поршня робочого циліндра.	
Тип сило вимірювача		Марка сило вимірювача
Маятниковий, гідравлічний з гідравлічними гальмами, забезпечений стабілізатором тиску для тривалих випробувань.		МС-1
Число и вага вантажу маятникового силовимірювача	Постійно закріплений вантаж на штанзі маятника Один змінний вантаж – два 5,900 Для шкали А 100 т 20,020 кг Для шкали Б 50 т 9,880 кг	
Площа циліндра силовимірювача		1,767 кв.см
Найбільший хід плунжера силовимірювача		40 мм.
Тип діаграмного апарату		Барабанний

Масштаб навантажень діаграмного запису					
Пояс В 0-25т	Пояс Б 0-50т	Пояс А 0-100т			
131,6 кг в 1 мм	263,2 кг в 1 мм	536,3 в 1 мм			
Масштаб деформацій діаграмного запису					
1:1 при роботі з шестернями перебору = $\frac{40}{100}$		10:1 при роботі з шестернями перебору = $\frac{112}{28}$			
Тип шкали навантаження	трьохшкальний циферблат, шкала рівномірна, кругла				
Пояс навантажень и ціна найменувань тиску	Інтервал гарантованого відліку на шкалі				
Пояс В	Пояс Б	Пояс А	Пояс В	Пояс Б	Пояс А

<table>
<tr><td>Від 0 до
25 т
50 кг</td><td>Від 0 до
50 т
100 кг</td><td>Від 0 до
100 т
200 кг</td><td>Від 4 т
до25 т</td><td>Від 5 т до 50
т</td><td>Від 10 т до
100 т</td></tr>
<tr><td colspan="5">Відносна похибка у вимірюваннях дійсних навантажень при прямому русі</td><td>±1%</td></tr>
<tr><td colspan="5">Граничний розмах коливань навантаження при автоматичній підтримці заданого навантаження</td><td>До 1,5
тиску
шкали</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Габарити маятникового силовимірювача</td><td>Довжина по фронту</td><td>540 мм.</td><td rowspan="3">Вага маятникового силовимірювача</td><td rowspan="3" colspan="2">332,5 кг</td></tr>
<tr><td>Бічна сторона</td><td>670 мм.</td></tr>
<tr><td>Висота</td><td>1710 мм.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="4">Електродвигун маятникового силовимірювача</td></tr>
<tr><td>Потужність</td><td>Оберти</td><td>Напруга</td><td>Тип або марка електродвигуна</td></tr>
<tr><td>0,27 кВт.</td><td>1425 об/хв.</td><td>220/380 вольт</td><td>АОЛ – 21/4</td></tr>
<tr><td colspan="3">Тип насосної установки</td><td>Марка насосної установки</td></tr>
<tr><td colspan="3">Самостійній силовий агрегат, забезпечений шести плунжерним масляним (паливним) насосом типу Д-6 з регулюванням продуктивності збіркою і резервуаром для масла.</td><td>НУ-1</td></tr>
<tr><td>Оберти насоса</td><td>930 об/хв..</td><td>Максимальне робочий тиск насоса</td><td>250 кг/см²</td></tr>
<tr><td>Продуктивність насоса</td><td>Від 0 до 2л/хв..</td><td>Ємкість резервуара для масла</td><td>23 л.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Рекомендована робоча рідина</td><td colspan="2">Суміш мінеральних масел:
1. Компресорного «М» ГОСТ 1861 – 44
2. Веретенного «Г» ГОСТ 1707 – 51 при в’язкості Е 50° = 4,5 – 6,0</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="5">Електродвигун насосної установки</td></tr>
<tr><td>Потужність</td><td colspan="2">Оберти</td><td>Напруга</td><td>Тип або марка електродвигуна</td></tr>
<tr><td>1,7квт.</td><td colspan="2">930 об/хв..</td><td>220/380 вольт</td><td>АЛ – 42/6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Габарити насосної установки</td><td>Довжина по фронту</td><td>480 мм.</td><td rowspan="3">Вага насосної установки</td><td rowspan="3">213,3 кг</td></tr>
<tr><td>Бічна сторона</td><td>600 мм</td></tr>
<tr><td>Висота</td><td>810 мм</td></tr>
</table>

Специфікація комплектів пристосувань						
п/п	Номер креслень і збірок	Найменування деталей	К-ть	Матеріал	Теоретична вага	
					Одиниці	Загальна
1	ПГ-100А 0204	Нижня опора для випробування на стиск	1	Сталь 50	16,7	16,7
2	ПГ-100А 0800	Верхня опора на стиск	1	-	24,2	24,2
3	ПГ-100А 0900	Ніж для згину	1	-	14,9	14,9
4	ПГ-100А 1000	Опора на згин	2	-	17,7	35,4
5	ПГ-100А 1100	Верхня опора на повздовжній згин	1	-	6,6	6,6
6	ПГ-100А 1150	Нижня опора на повздовжній згин	1	-	1,6	1,6
7	ПГ-100А 1300	Трубопровід від насосу до циліндру	1	-	3,4	3,4
8	ПГ-100А 1400	Трубопровід від циліндру до силовимірювача	1	-	2,8	2,8
9	ПГ-100А 1500	Трубопровід зливу	1	-	1,7	1,7
10	ВІ-132	Ключ 27х32	1	-	0,63	0,63
11	-	Фундаментні бовти з гайками для пресу, маятникового силовимірювача і насосної установки	12	-	-	-