Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота магістра

рівень вищої освіти_____другий (магістерський) рівень_____

на тему___*Удосконалення технології виготовлення деталей операціями холодного штампування з метою зменшення собіввартості продукції*

Виконав: студент ___*2*__курсу, групи *8.1364-омт*

_____Вербін Б.С._____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності
____*136 Металургія*_____
(шифр і назва)

спеціалізація
_____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма
*обробка металів тиском*_____
(шифр і назва)

Керівник Явтушенко А.В._____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Бєлоконь Ю.О._____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра *металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*

Рівень вищої освіти *другий магістерський рівень*
другий (магістерський) рівень)

Спеціальність *136 металургія*
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма *обробка металів тиском*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *МТЕТБ*
Ю.О. Бєлоконь

"10" 12 2025 року

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

Вербін Богдан Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Удосконалення технології виготовлення деталей операціями холодного штампування з метою зменшення собівартості продукції*

керівник роботи (проєкту)*Явтушенко Анна Володимирівна к.т.н, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "27" 02 2025 року № 319-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) *07.12.2025*

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) *Удосконалення технології виготовлення деталей операціями холодного штампування з метою зменшення собівартості продукції*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Реферат. Загальна частина. Технологічна частина, Дослідницька частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік посилань.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 18 слайдах (на 18 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Явтушенко А.В., доцент*	
Розділ 2	*Явтушенко А.В., доцент*	
Розділ 3	*Явтушенко А.В., доцент*	
Розділ 4	*Явтушенко А.В., доцент*	
Нормоконтроль	*Бєлоконь Ю.О. завідувач кафедри*	

7.Дата видачі завдання *07.12.2025*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Вступ*	*01.09 - 12.09.2025*	
2	*Реферат*	*13 - 16.09.2025*	
3	*Розділ 1*	*17.09 - 11.10.2025*	
4	*Розділ 2*	*12.10 - 12.11.2025*	
4	*Розділ 3*	*13.11 - 21.11.2025*	
5	*Розділ 4*	*21.11 - 28.11.2025*	
6	*Висновки*	*29.11.2025*	

Студент _____ *Б.С. Вербін*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ *А.В. Явтушенко*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 115 с. 93 рис., 11 табл., 19 джерел.

ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ , ПРЕС, ШТАМП, ОПЕРАЦІЯ, РОЗКРІЙ, МАТРИЦЯ, ПУАНСОН, ТЕХПРОЦЕС, САПР, AUTOFORM, СИМУЛЯЦІЯ

Мета роботи - удосконалити технологію виготовлення деталей операціями холодного штампування з метою зменшення собівартості продукції, за рахунок розробки та застосування методики альтернативного проектування технології штампування с застосуванням методів проектування технологічних процесів і штампів для листового штампування в САПР.

Об’єкт розробки – штампи в програмі AutoForm для процеса вытягування на етапі раннього проектування.

Предмет дослідження – програма AutoForm.

Метод дослідження – дослідження комп'ютерних моделей процесів витяжки деталей, а також методики дослідження у штампувальному виробництві під час виконання витяжних і формувальних операцій.

В роботі провесли аналіз методів проектування технологічних процесів і штампів для листового штампування в САПР. Також провесли аналіз існуючих програмних забезпечень для розробки технологічного процесу та проектування штампів. Розробити оптимізований (удосконалений) технологічний процес виготовлення деталі. На даний момент існує невелика кількість систем автоматизованого проектування (САПР), які призначені для розробки конструкції штампа і здатні враховувати його вартість на стадії раннього проектування. Однією з найбільш популярних САПР розробки технології листового штампування і оснащення є програмний продукт «AutoForm».

ABSTRACT

Master's thesis: 117 pages, 93 figures, 11 tables, 19 sources.

COLD STAMPING, PRESS, STAMP, OPERATION, CUTTING, DIE, PUNCH, TECHNICAL PROCESS, CAD, AUTOFORM, SIMULATION

The aim of the work is to improve the technology of manufacturing parts by cold stamping operations in order to reduce the cost of production by developing and applying a methodology for alternative design of stamping technology using methods of designing technological processes and stamps for sheet metal stamping in CAD.

The object of development is dies in the AutoForm programme for the drawing process at the early design stage.

The subject of the study is the AutoForm programme.

The research method is the study of computer models of part drawing processes, as well as research methods in stamping production during drawing and forming operations.

The work analysed methods for designing technological processes and dies for sheet metal stamping in CAD. It also analysed existing software for developing technological processes and designing dies. Develop an optimised (improved) technological process for manufacturing parts.

Currently, there are a small number of computer-aided design (CAD) systems that are designed to develop stamp designs and are capable of taking into account their cost at the early design stage. One of the most popular CAD systems for developing sheet metal stamping technology and equipment is the AutoForm software product.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА СТАН ПРОБЛЕМИ	9
1.1.Загальні відомості про холодне штампування	9
1.2. Опис типових технологічних процесів та обладнання для розділювальних операцій	11
1.3. Особливості конструкції штампів для роздільних операцій	15
1.4. Витягування листового матеріала	18
1.5. Витяжка в жорстких інструментальних штампах	22
1.6 Розрахунок витяжки в жорстких штампах типової деталі	25
1.7. Огляд програмних продуктів в оцінці вартості оснащення для штампувальних операцій	28
2. ДОСЛІДНИЦЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	32
2.1. Аналіз технологічного процесу та обладнання для витяжної операції великогабаритної деталі «Панель підлоги задня»	32
2.2. Особливості конструкції великогабарітних витяжних штампів	34
2.3. Аналіз програмних продуктів для визначення вартості витяжних штампів на ранніх стадіях проектування	36
2.4. Аналіз структур стандартів AutoForm	38
2.5 Алгоритм визначення вартості штампового оснащення в Autoform	43
2.6. Розробка методів редагування таблиць стандартів в Autoform	49
2.7. Висновки	60
2.8. Моделювання витяжних переходів і оснащення в Autoform	61
3. ОБРОБКА І ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	84
3.1. Моделювання витяжних переходів і оснащення в Autoform на базі CostEstimator для деталі «Панель підлоги задня»	84
3.2. Порівняння технологічних процесів листового штампування, виконаних з використанням і без використання модуля CostEstimator	100
3.3. Висновки	101
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	102
4.1. Визначення небезпечних і шкідливих виробничих факторів	102
4.2. Заходи щодо розробки безпечних умов праці в цеху	103
4.3. Пожежна безпека	105
4.4. Екологічний вплив об'єкта на навколишнє середовище та заходи з екологічної безпеки	109

4.5. Висновки	111
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	112
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	114

ВСТУП

Вирішення завдань підвищення ефективності автомобілебудівної промисловості та інших машинобудівних галузей вимагає реалізації сучасних методів техніко-економічних обґрунтувань і планування. Особливо актуальним є підвищення ефективності визначальних показників функціональності та вартості, заснованих на використанні функціонально-вартісного аналізу та комп'ютерного моделювання. Ефективність функціонально-вартісного аналізу полягає в тому, що він орієнтований на зниження витрат проектування і виробництва виробів машинобудування.

Оцінка витрат для виготовлення штампового оснащення є необхідною складовою роботи компаній автомобільної індустрії, оскільки при проектуванні та виготовленні витрати на виготовлення штампового оснащення становлять значну частину відносно вартості виробу або технологічного процесу. В умовах конкуренції прибуток і збитки визначаються здатністю оцінювати витрати на ранніх етапах планування виробництва для участі в тендерах і розвитку виробництва. Через скорочення термінів виготовлення та жорстку цінову конкуренцію автомобільна промисловість стикається зі складними завданнями в процесі вибору технологічних рішень. Одним із важливих завдань технологічної підготовки є оцінка витрат на проектування штампувального оснащення з необхідністю точного прогнозування витрат ще до початку процесу проектування та виготовлення штампувального оснащення. В даний час не існує систем автоматизованого проектування, які призначені для розробки конструкції штампа і технології його виготовлення з урахуванням вартості в гривнах, тому розробка інформаційної конструкторсько-технологічної бази САПР для оцінки проектування штампа, що дозволяє отримати його з меншою вартістю.

1 АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА СТАН ПРОБЛЕМИ

1.1 Загальні відомості про холодне штампування

В даний час сучасне виробництво характеризується широким впровадженням систем автоматизованого проектування (САПР) в таких галузях, як авіабудування, автомобілебудування, важке машинобудування, архітектура, будівництво та ін.

За допомогою систем автоматизованого проектування в машинобудуванні можна виконувати ряд робіт, таких як: розробка конструкторської документації, технологічна підготовка виробництва, розробка електронних математичних моделей, проектування різного типу штампового оснащення, робота з числовими програмними управліннями тощо. На даний момент існує невелика кількість систем автоматизованого проектування (САПР), які призначені для розробки конструкції штампа і здатні враховувати його вартість на стадії раннього проектування. Однією з найбільш популярних САПР розробки технології листового штампування та оснащення є програмний продукт «AutoForm». AutoForm дозволяє швидко і точно моделювати процеси штампування листового металу, включаючи витяжку і вторинні операції, а також пружинення і загибку. Після отримання результатів моделювання за допомогою AutoForm ви можете візуалізувати їх за допомогою AutoForm, який надає детальну інформацію про всі аспекти процесу штампування. AutoForm дозволяє моделювати процеси штампування з використанням лінійних, послідовних і послідовних штампів. AutoForm оптимально підтримує процес проектування на всіх його етапах. AutoForm можна використовувати для швидкого отримання результатів моделювання на ранньому етапі концептуальної розробки, а також для отримання дуже точних результатів на етапі фінальної валідації. AutoForm надає результати тільки для однієї симуляції за раз, тобто результати вирішувача описують один детермінований результат процесу формування, оскільки для моделювання

вибирається тільки один набір вхідних параметрів. Однак AutoForm-FormingSolver також може виконувати стохастичний аналіз з використанням функціоналу AutoForm-Sigma. В ході цих симуляцій конструктивні або шумові параметри змінюються, при цьому основна увага приділяється заданим показникам якості штампованої деталі, а також надійності штампування. Крім того, ви можете розширити функціональність AutoForm-FormingSolver, використовуючи плагін AutoForm-Thermo для термічного аналізу, плагін AutoForm-Phase для аналізу фазових перетворень сталей марки MnB і плагін TriboForm для уточнення трибологічної моделі, що використовується для моделювання.

Переваги та основні характеристики

• Моделювання лінійного та послідовного штампування

• Швидке та точне моделювання операцій глибокого витягування, правки, обрізки та відбортовки, а також загибки країв

• Точне моделювання пружинного повернення

• Глибоке розуміння всіх операцій процесу штампування

• Швидка перевірка нових концепцій процесу для поліпшення якості та витрат

У даній роботі ми пропонуємо застосувати методику альтернативного проектування технології «AutoForm», тим самим удосконалити технологію виготовленн деталі «Панель підлоги задня» з

метою зменшити собівартость продукції, виробничі витрати на оснащення та виготовлення деталі знизяться, а також покращиться якість деталі завдяки вибору найкращої технології виготовлення. Ми розробимо оптимізований (удосконалений) технологічний процес виготовлення деталі.

1.2 Опис типових технологічних процесів та обладнання для розділювальних операцій

Існує кілька видів операцій у холодному штампуванні:

1) роздільні операції – при яких одна частина металу відділяється від іншої;

2) формувальні операції – в результаті яких шляхом пластичного деформування змінюється форма заготовки;

3) комбіновані операції – при яких поєднуються розділові та формувальні переходи обробки;

4) штампувально-складальні операції – при яких механічно з'єднуються окремі листові штамповані деталі.

У даній роботі увага буде приділятися розділовим та формувальним операціям листового штампування.

Роздільні операції пов'язані з порушенням суцільності металу і відділенням однієї частини заготовки від іншої по замкнутому або незамкнутому контуру. Вони застосовуються в листоштампувальному виробництві для отримання заготовок для подальшого штампування, різних оздоблювальних і підготовчих операцій, а також для виготовлення деталей остаточної форми.

1) Для отримання деталей і листових заготовок у листовому штампуванні виділяють такі групи роздільних операцій (малюнок 1.1)

2) різання листового металу ножицями;

3) різання листового металу штампами» [4].

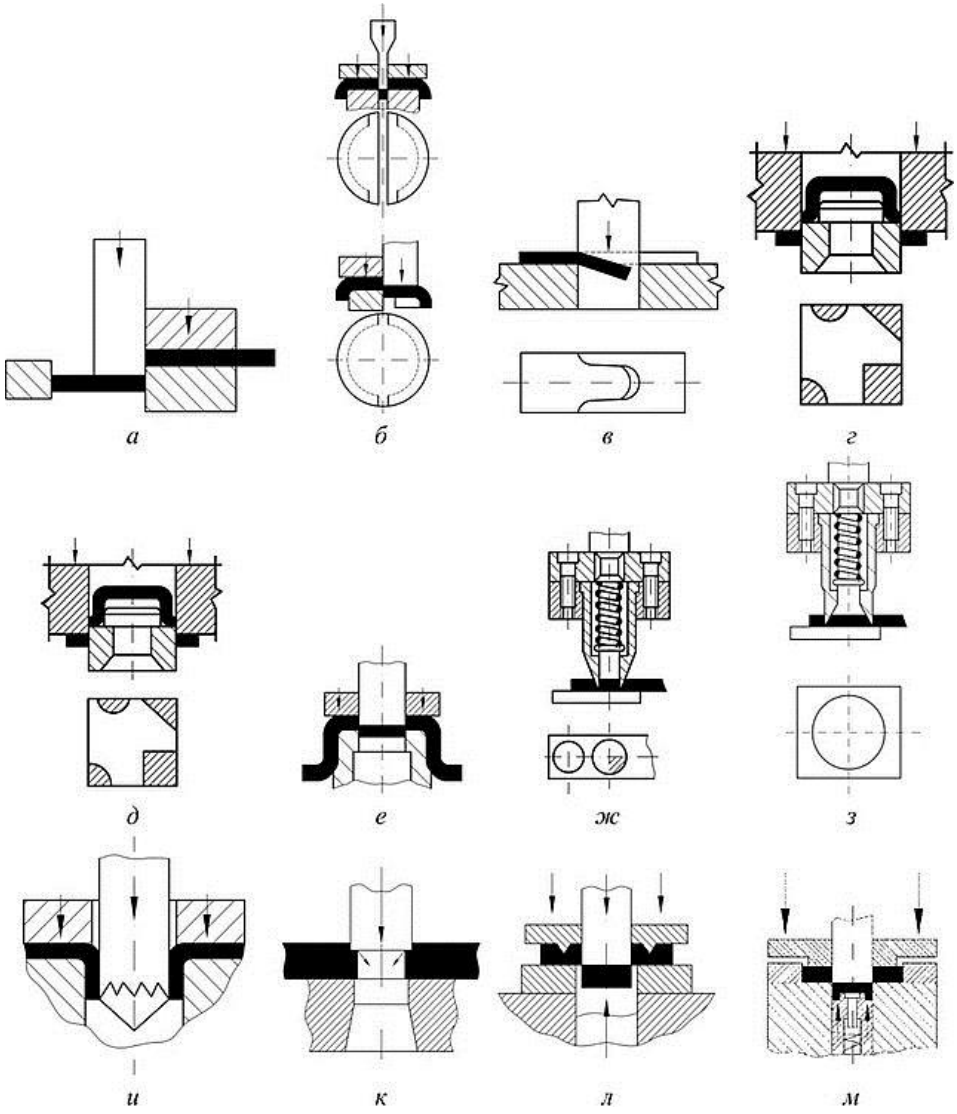


Рисунок 1.1 – Схеми роздільних операцій листового штампування: а - відрізка; б - розрізка; в - надрізка; г - обрізка; д - вирубка; е - пробивання; ж - висікання; з - проріз у штампі; і - проколювання; к - зачищення; л - чистове вирубування; м - чистове пробивання

Відрізка – повне відокремлення частини заготовки по незамкнутому контуру шляхом зсуву.

Розрізка – поділ заготовки на частини по незамкнутому контуру шляхом зсуву.

Надріз – неповне відокремлення частини заготовки шляхом зсуву, причому розділені частини не втрачають зв'язку між собою.

На малюнку 1.1 показана схема отримання надрізу в плоскій заготовці.

Обрізка – відділення від деталі технологічного відходу. Інакше кажучи,

це відділення крайової частини порожнистого виробу (рис. 1.1) для забезпечення заданої постійної по периметру висоти деталі або крайової частини плоского фланця для отримання заданих форми і розмірів.

Вирубка – поділ заготовки по замкнутому контуру для отримання плоского напівфабрикату або деталі із заданою формою зовнішньої поверхні.

Пробивання – утворення в заготовці наскрізних отворів шляхом зсуву з видаленням частини матеріалу у відходи.

Чистову вирубку і пробивку застосовують для усунення недоліків вирубки-пробивки, тобто отримання перпендикулярності поверхні зрізу площини деталі, усунення прогину, отримання шорсткості поверхні з параметром Ra = 2,5-0,32 мкм і точністю 6-9 квалітету. З цією метою використовують спеціальне обладнання – преси потрійної дії.

Зачистка – видалення технологічних припусків за допомогою штампа з утворенням стружки для підвищення точності розмірів і зменшення шорсткості поверхні штампованої деталі. Процес зачищення полягає в зрізанні стружки невеликої товщини (0,05-0,2 мм на сторону) по контуру деталі або отвору і проводиться в тому ж напрямку, що і пробивання (вирубка).

Висічкою називають повне відділення заготовки або виробу від вихідної заготовки по замкнутому контуру шляхом впровадження інструменту.

Прокол – це утворення в заготовці отвору без видалення металу у відходи» [1].

Розділові операції здійснюють, як правило, на механічних ножицях гільйотинного і дискового типів, або на штампах, встановлених на різні види пресів.

Ножиці – спеціалізована машина, що дозволяє відрізати заготовки різних конфігурацій і видів як по замкнутому, так і по незамкнутому контуру.

Основними типами ножиць, що застосовуються в листоштампувальних цехах (рисунок 1.2), є:

1) ножиці з паралельними ножами;
2) ножиці з похилими ножами (гільйотинні);

3) дискові ножиці;

4) вібраційні ножиці.

Ножиці з паралельними ножами використовуються для різання вузьких і товстих смуг та неметалів.

Метод різання на ножицях з похилими ножами (гільйотинних) є найбільш поширеним для різання металевих листів (рисунок 2).

Для різання рулонного металу та обрізки країв стрічок застосовують дискові ножиці. У дискових ножиць інструмент (різальні ножі) виготовлений у вигляді двох (або більше) металевих дисків з паралельними осями обертання, які обертаються в різні боки.

Вібраційні ножиці використовують значно рідше, зокрема, для отримання штучних заготовок криволінійної форми (рисунок 1.2).

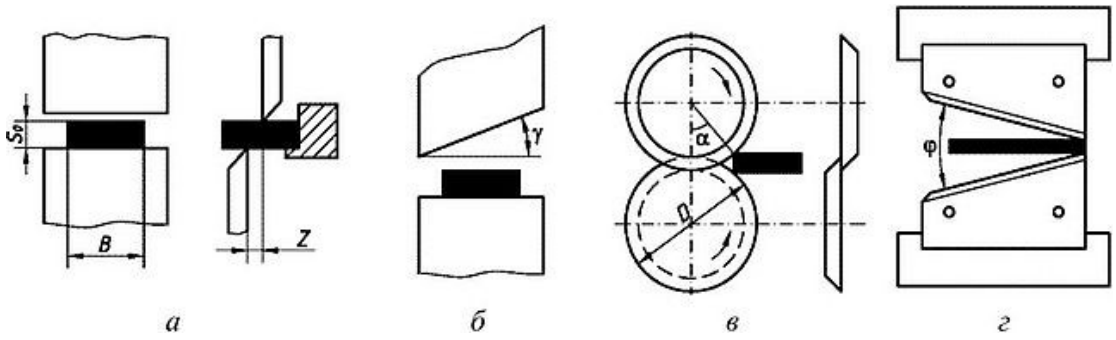


Рисунок 1.2 – Схеми різання листового металу за допомогою ножиць: а - ножиці з паралельними ножами; б - гільйотинні ножиці; в - дискові ножиці; г - вібраційні ножиці

При розділових операціях неабияке значення має розкрій. Розкрій – це таке розташування деталей при операціях листового штампування, яке забезпечує максимальне використання металу. Це особливо важливо при масовому виробництві та великосерійному.

Для оцінки економічності розкрою існує спеціальний коефіцієнт, який називається коефіцієнтом розкрою металу і позначається як «Кр».

Коефіцієнт розкрою металу є безрозмірною величиною, яка визначається як співвідношення мас виробів, що отримуються з вихідної заготовки, до маси вихідної заготовки.

На практиці при розрахунку даного коефіцієнта досить часто замість співвідношення мас заготовок використовується співвідношення їх площ.

1.3 Особливості конструкції штампів для роздільних операцій

Розділові штампи мають три основні типові конструкції: простої, комбінованої та послідовної дії.

Штампи для роздільних операцій листового штампування класифікуються за характером виконуваних операцій, способом дії, видом направляючих пристроїв, способом обмеження подачі матеріалу.

За характером виконуваних операцій поділяються на відрізні, вирубні, пробивні та обрізні.

За способом дії можуть бути простої, послідовної та комбінованої дії.

За видом направляючих пристроїв існують відкриті, з направляючою плитою, з направляючими колонками або зі сполученими направляючими.

За способом обмеження подачі матеріалу бувають з нерухомим упором, рухомим упором, ловцями, бічними ножами тощо.

Розглянемо на прикладі типову конструкцію вирубного штампа (рисунок 1.3).

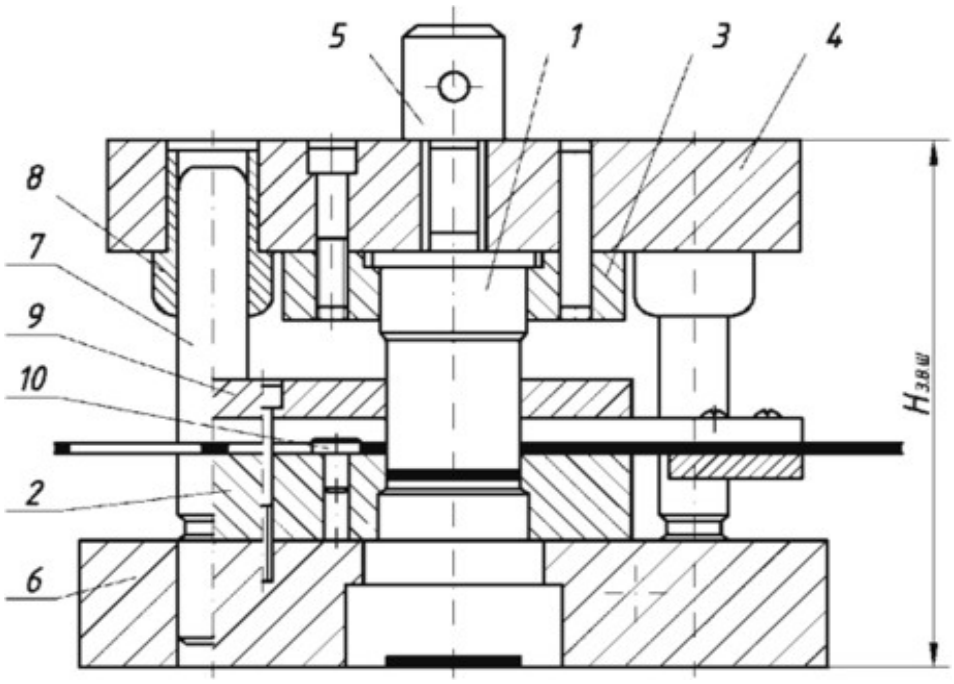


Рисунок 1.3 – Схема типового вирубного штампа

Обов'язковими деталями штампа є пуансон 1 і матриця 2, які безпосередньо контактують із заготовкою і формують виріб. Пуансон через пуансонотримач 3 жорстко закріплений на верхній плиті 4. Через хвостовик 5 верхня рухома частина штампа кріпиться до повзуна преса. Матриця жорстко з'єднана з нижньою плитою, яка нерухомо закріплена на столі преса. Одновісність пуансона і матриці забезпечують дві напрямні колонки 7 і втулки 8. Видалення відходу з пуансона виконує жорсткий знімач 9. Крок переміщення заготовки фіксує упор 10. Видалення вирубаної деталі з робочої зони штампа відбувається «на провал».

Вирубку заготовок з пробиванням в них отворів за послідовною схемою зазвичай застосовують у тих випадках, коли цю операцію в суміщеному штампі (рисунок 1.4) неможливо провести з наступних причин: дуже малі стінки в пуансоні-матриці, близьке розташування отворів, контур деталі або отвору практично неможливо вирубати або пробити в одному робочому струмку за один хід преса. Крім того, в послідовних штампах зручніше здійснювати багаторядне штампування із застосуванням маловідходних процесів. Для штампування товстолистового матеріалу такі штампи виконують в основному з жорстким знімачем, а для штампування тонкого матеріалу застосовують як жорсткий, так і пружинний знімач.

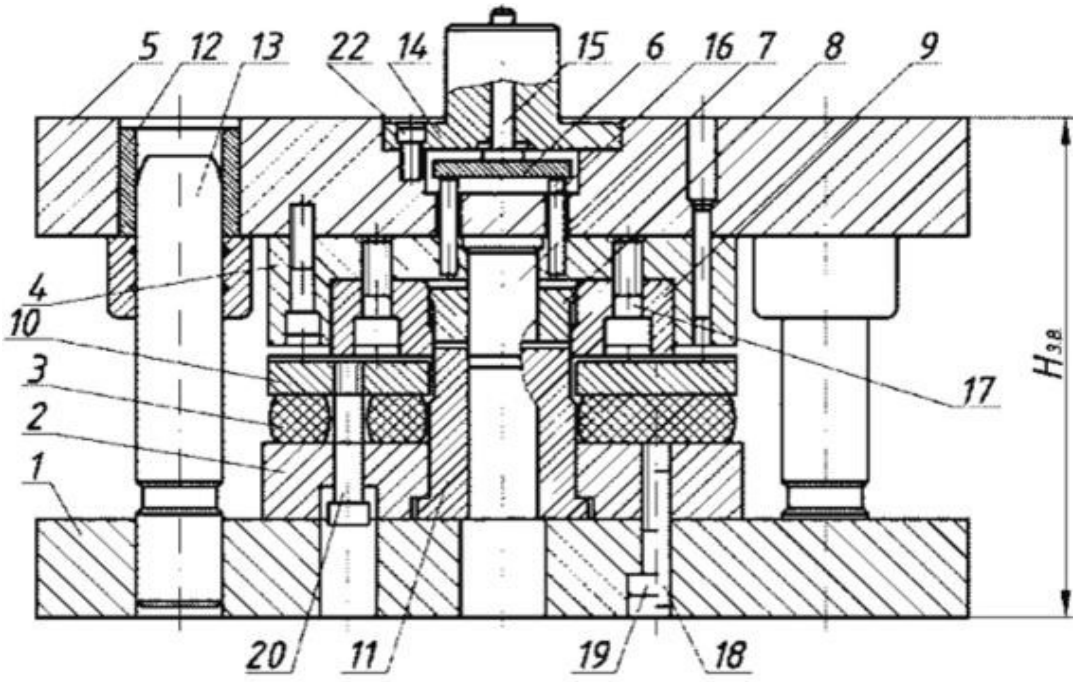


Рисунок 1.4 – Схема штампа комбінованої дії операцій вирубки та пробивання

На відміну від комбінованого штампування, при якому точність проведення роздільних операцій залежить від точності взаємного розташування заготовки і пуансона-матриці, при послідовному штампуванні на якість одержуваних деталей впливає не тільки точність взаємного розташування відповідних елементів, але і досягається ступінь точності кроку подачі матеріалу. Тому при розробці конструкції штампа послідовної дії (рисунок 1.5) питання фіксації заготовки по кроку подачі є першочерговим. Тому такі штампи оснащені додатковими засобами фіксації смуги, наприклад ловцями, кроковими ножами тощо.

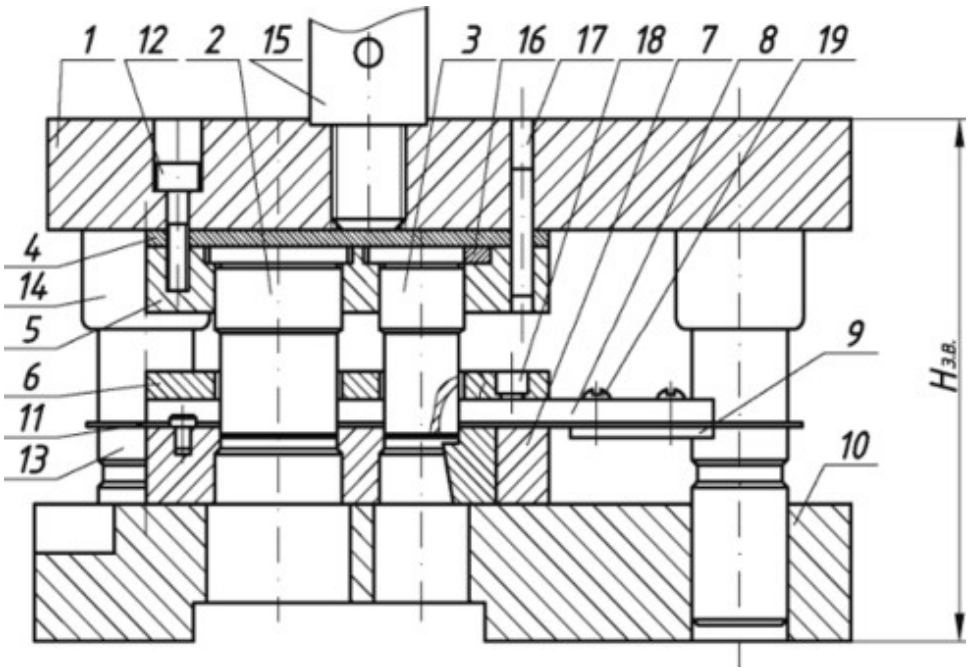


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд штампа послідовної дії для вирубки-пробивання

1.4 Витягування листового матеріала

Витяжкою в листовому штампуванні називають процес перетворення плоскої або порожнистої листової заготовки у відкриту зверху порожнисту деталь, що здійснюється за допомогою листових штампів. Витяжку з тонколистового металу в більшості випадків виробляють у холодному стані. Витяжку з товстолистового металу, а також з низькопластичних металів (наприклад, магнієві, титанові сплави) здійснюють при нагріванні заготовки.

Витяжкою виготовляють деталі автомобілів, тракторів, літаків, деталі електричних машин і апаратів, деталі типу днищ баків і кисневих балонів, корпуси і деталі приладів, годинникових механізмів, предметів домашнього вжитку (каструлі, чайники тощо) та ін.

Характеристика витяжних операцій.

Порожнисті деталі, що отримуються методами витяжки, за ступенем складності форми можна розділити на три основні групи:

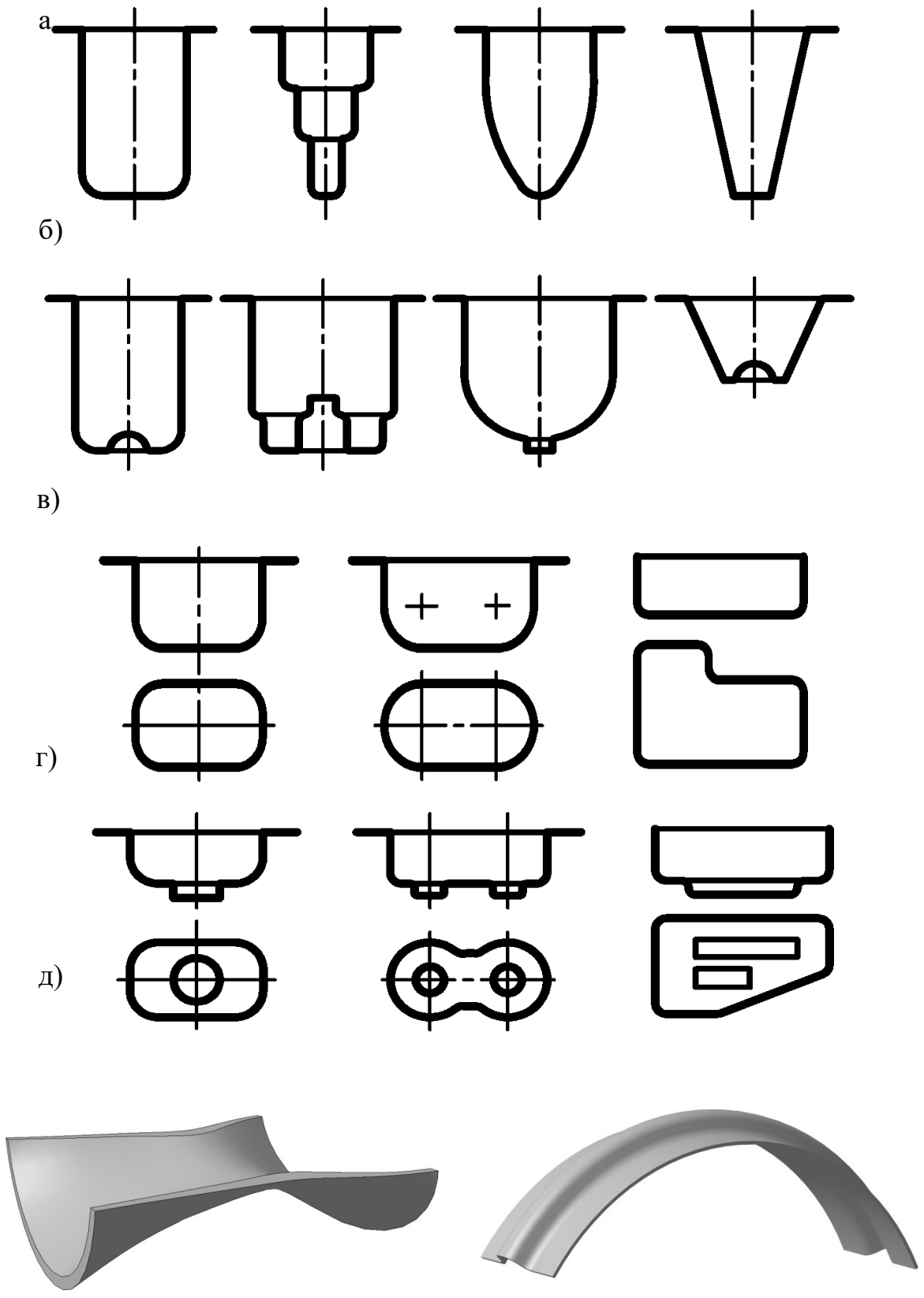


Рисунок 1.6 – Деталі, що отримуються витяжкою

1. деталі, що мають форму тіла обертання (рисунок 1.6, а, б);

2. деталі коробчастої форми (рисунок 1.6 , в, г);

3. деталі складної форми (рисунок 1.6 , д).

Осесиметричні деталі можуть бути циліндричні, ступінчасті, конічні або з будь-якою криволінійною твірною. Деталі можуть бути з фланцем або без фланця, з плоским (рисунок 1.6, а) або з фасонним дном (рисунрок 1.6 , б).

Деталі коробчастої форми можуть мати квадратні, прямокутні або криволінійні бічні стінки з фланцем або без фланця. При цьому дно може бути плоским (рисунок 1.6, б) або фасонним (рисунок 1.6, в). Всі деталі, що не відносяться до перших двох груп, відносяться до деталей складної форми. Прикладом можуть служити дверцята, крило або інша деталь зовнішньої обшивки автомобіля, що зазвичай виготовляються витяжкою.

За характером деформування заготовки розрізняють два основних варіанти процесу:

1. витяжка без стоншення стінок,

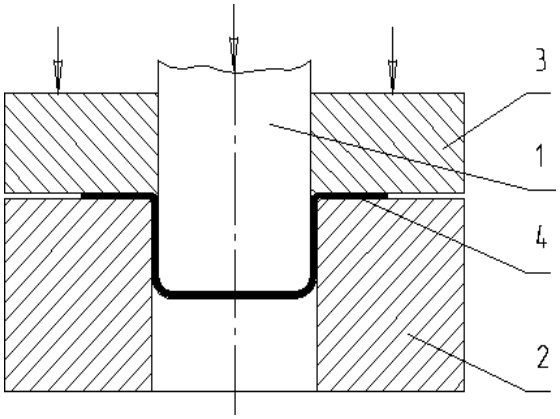
2. витяжка зі стоншенням стінок.

У першому випадку витяжка відбувається без заздалегідь обумовленої товщини матеріалу стінок виробу. У другому випадку процес витяжки відбувається за рахунок зміни товщини листа.

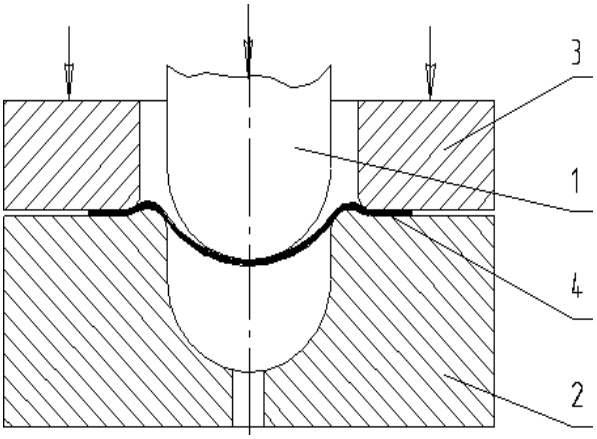
За характером напружено-деформованого стану заготовки розрізняють три базові способи витяжки

Витяжка циліндричних і коробчастих деталей при схемі напруженого стану на фланці – стиснення-розтягнення. У цьому випадку основна частина деформації заготовки 4 протікає під притиском 3 на фланці і на витяжних краях матриці 2 при переміщенні пуансона 1 (рисунок 1.7, а). Найбільша глибина витяжки h знаходиться в залежності від відносної товщини заготовки і діаметра деталі d і становить $h = (0,5\text{-}0,95)d$.

а)



б)



в)

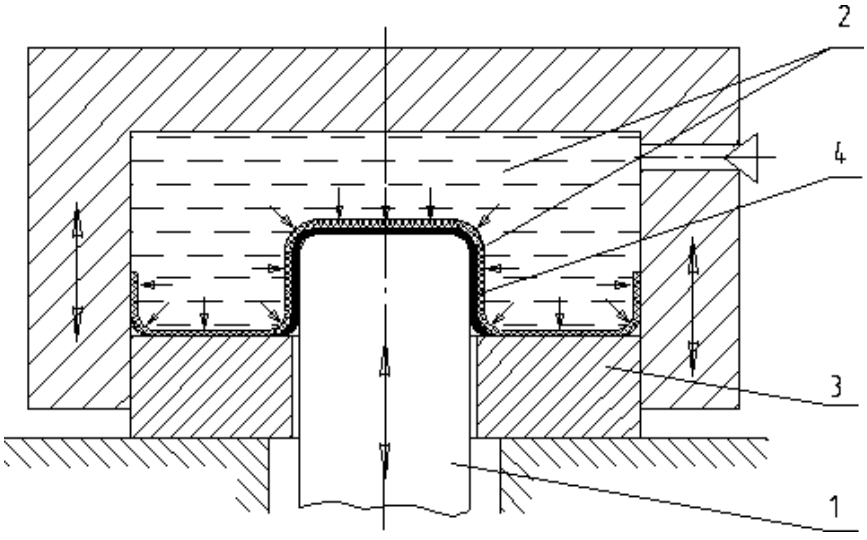


Рисунок 1.7 – Технологічні схеми витяжки: а – витяжка циліндричних деталей, б – витяжка сферичних і складної форми деталей, в – витяжка еластично-рідинною матрицею; 1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – притиск, 4 – заготовка)

Витяжка сферичних і складної форми деталей (рисунок 1.7, б) здійснюється в штампах з витяжними ребрами при переважанні розтягуючих напружень у фланці і нерівномірному двоосному розтягуванні в іншій частині заготовки. Основна деформація протікає поза притиском при значному утоненні матеріалу. Глибина витяжки зазвичай знаходиться в межах h = (0,2-0,6)d.

Витяжка циліндричних, коробчастих і сферичних деталей еластично-рідинною матрицею на пуансон (рисунок 1.7, в) виробляє заштовхування заготовки в осередок деформації і протидіє виникненню небезпечного перетину. При даній технологічній схемі повніше використовуються пластичні властивості металу, гранична глибина витяжки різко зростає і становить h = (1,5-1,75)d, що недосяжно при перших двох способах витяжки.

Витяжку листових металів в умовах великосерійного і масового виробництва зазвичай здійснюють в жорстких інструментальних штампах на кривошипних пресах подвійної і потрійної дії, кривошипних пресах простої дії (одноходових) з пневматичним або гідропневматичним пристроєм (подушкою), гідравлічних пресах, ексцентрикових пресах, а також на листоштампувальних молотах. В умовах дрібносерійного та дослідного виробництва часто застосовують штампування еластичними середовищами, гідроударне, електрогідроімпульсне та магнітно-імпульсне штампування.

1.5 Витяжка в жорстких інструментальних штампах

Розглянемо типову конструкцію жорсткого інструментального штампа. Зазвичай такі штампи робляться комбінованими. Спочатку вирубується заготовка для формування-витяжки, а потім виконується операція витяжки-формування (рисунок 1.8). Обов'язковими елементами штампа є нижня 1 і верхня 2 плити. Верхня плита за допомогою хвостовика 3 кріпиться до преса. Для забезпечення необхідної співвісності переміщення верхньої плити відносно нижньої застосовують колонки 4 і втулки 5. Характерною

особливістю традиційного штампувального оснащення (інструментального штампа) є наявність двох жорстких робочих інструментів – матриці 6 і пуансона 7. Такі штампи зазвичай забезпечуються пристосуваннями для видалення відходів і зняття заготовки (виштовхувачами), а також для забезпечення притиску фланцевої частини (рисунок 1.8). Заготовка зі смугового металу і деталь у вигляді ковпачка показані потовщеною лінією. Зазвичай дані елементи на кресленнях штампів не позиціонуються.

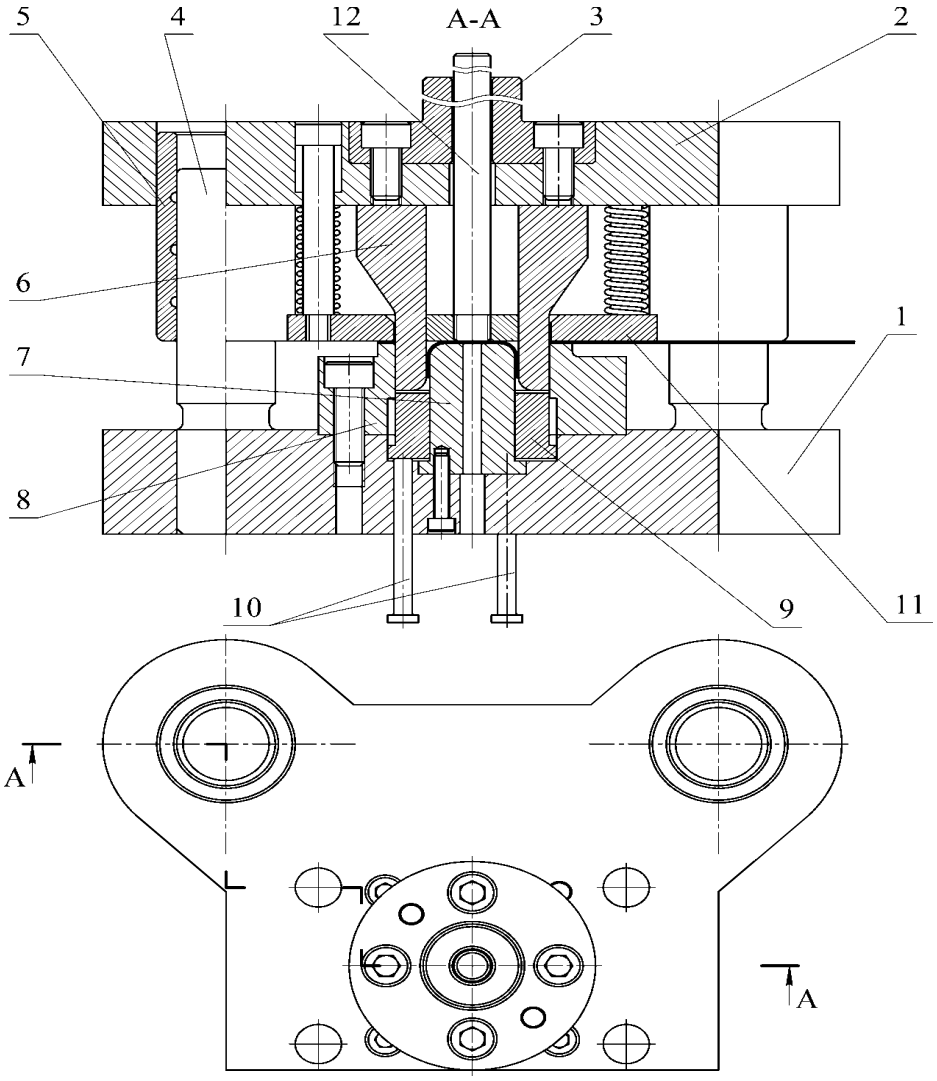


Рисунок 1.8 – Схема комбінованого штампа для виготовлення деталі методом формування-витягування: 1 – плита нижня, 2 – плита верхня, 3 – хвостовик, 4 – напрямна колонка, 5 – напрямна втулка, 6 – матриця витяжна – пуансон вирубний, 7 – витяжний пуансон, 8 – матриця вирубна, 9, 10 – нижній виштовхувач, 11 – притиск, 12 – верхній виштовхувач

На першій стадії процесу відбувається вирубка заготовки за допомогою вирубної матриці 8 і матриці-пуансона 6, На другій стадії здійснюється одноперехідна витяжка деталі пуансоном 7 по матриці 6. Отримана деталь видаляється з пуансона виштовхувачами 9, 10, а з матриці виштовхувачем 12. Підпружинений притиск 11 забезпечує фіксацію заготовки при вирубці і отриманого відходу при витяжці.

При цьому важливим є те, що всі супутні елементи штампа не є універсальними і робляться індивідуально для конкретного штампа. При виготовленні деталей такого штампа найбільшою трудомісткістю володіє «підгонка» форми пуансона під форму матриці. Як правило, така операція здійснюється вручну, займає багато часу і значно збільшує вартість штампа.

Штампуванням в жорстких інструментальних штампах можна отримувати деталі від декількох міліметрів до декількох метрів. При штампуванні складних за формою точних деталей з листових матеріалів товщиною менше 0,2–0,4 мм в конструкціях штампів застосовують напрямні втулки і колонки (рисунок 1.8), які часто робляться із застосуванням прецизійних кулькових напрямних.

Кожен екземпляр інструментального штампа призначений для виготовлення конкретної деталі і не може бути легко переналаштований для виготовлення іншої деталі. Ця обставина не має істотного значення у великосерійному та масовому виробництві, але часто є визначальною для вибору технології в умовах дрібносерійного та індивідуального виробництва. Тому при великосерійному і масовому виробництві застосування жорстких інструментальних штампів економічно виправдано, але в умовах дрібносерійного виробництва призводить до підвищення собівартості продукції і збільшення термінів підготовки виробництва.

1.6 Розрахунок витяжки в жорстких штампах типової деталі

Характерною деталлю, на прикладі якої виконується даний розрахунок, є циліндричний стакан, що отримується витяжкою з готової круглої листової заготовки в загальному випадку за кілька переходів. (рисунок 1.9).

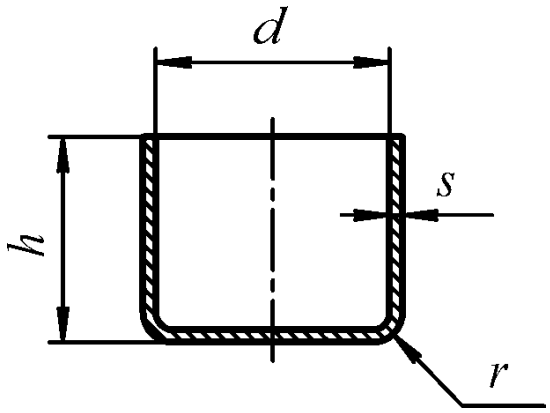


Рисунок 1.9 – Ескіз штампованої деталі

Передбачається, що кругла заготовка з листового металу вже виготовлена (вирубкою в інструментальному штампі або іншим способом). Тому конструкція штампа в даному випадку буде простішою, ніж конструкція, зображена на рисунку 1.10. Жорсткий штампувальний інструмент першої операції витяжки (рисунок 1.10) складається з матриці 1, пуансона 2 і притискного кільця 3.

Пуансон під дією повзуна преса чинить тиск на середню частину заготовки 4 і втягує її в матрицю, утворюючи бічні стінки витягуваного стакана. Периметр заготовки при цьому поступово зменшується до тих пір, поки її діаметр не стане рівним діаметру матриці.

Кільцева частина заготовки, що лежить на матриці, може втрачати стійкість, внаслідок чого на ній утворюються хвилеподібні складки, які можуть призвести до руйнування штампованого матеріалу. Щоб цього не сталося, застосовують складкотримач 3, який притискає заготовку до

порожнини матриці, запобігаючи утворенню складок. Схема жорсткого штампувального інструменту для другої та наступних операцій витяжки показана на рис. 1.6. Жорсткий штампувальний інструмент складається з матриці 1, пуансона 2 і притиску 3. Останній перед витяжкою входить всередину напівфабрикату 4, притискає його деформовану зону до робочої кромки матриці і захищає стінки деталі від утворення складок. При витягуванні матеріал заготовки, що знаходиться між притиском і матрицею, потовщується, а в зоні переходу від дна до стінок деталі зазнає потоншення. Ця зона є небезпечною: при несприятливому поєднанні параметрів витягування в ній може статися руйнування матеріалу (відрив дна). Зовнішній діаметр склянки при першій і наступних операціях витяжки дорівнює діаметру очка матриці. Ступінь деформації матеріалу при витяжці характеризується коефіцієнтом витяжки m. Для першої операції витяжки коефіцієнт витяжки дорівнює

$$m1 = d1/Dз, \quad (1)$$

для другої операції

$$m2 = d2/d1. \quad (2)$$

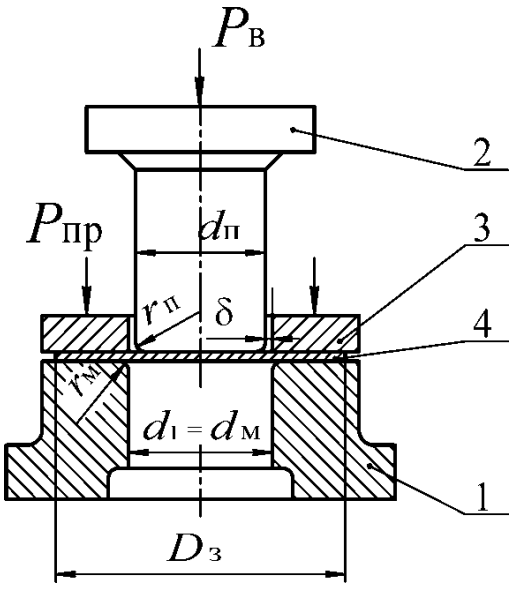


Рисунок 1.10 – Конструктивна схема жорсткого штампувального інструменту для першої операції

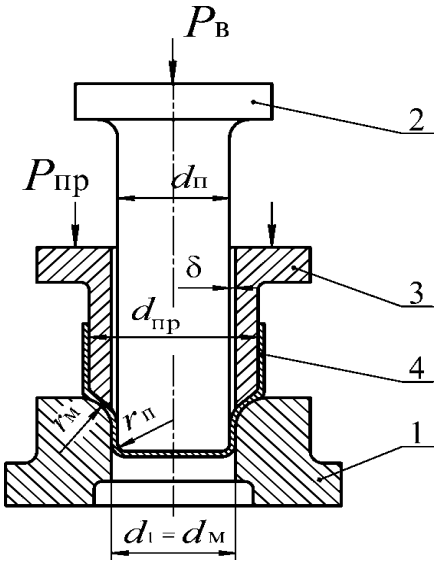


Рисунок 1.11 – Конструктивна схема штампа для другої та наступних операцій витяжки

витяжки

Для подальших операцій

$$mn = dn/d_{n-1}, \quad (3)$$

де Dз – діаметр плоскої заготовки; d_1 – діаметр деталі, отриманої після першого витягування; dn – діаметр деталі, отриманої після n-го витягування.

Чим менше абсолютне значення m, тим більшу деформацію зазнає матеріал. Коефіцієнти m, при яких витяжка відбувається з найбільш повним використанням пластичних властивостей матеріалу, але без його руйнування, є гранично допустимими (оптимальними).

Гранично допустимі коефіцієнти m залежать від механічних властивостей штампованого матеріалу, товщини заготовки s, радіусів rм і rп заокруглення витяжних крайок відповідно матриці і пуансона.

Користуючись гранично допустимими коефіцієнтами витяжки і формулами (1), (2) і (3), можна розрахувати кількість операцій, необхідних для витяжки деталі і її пооперaційні розміри.

Значний вплив на процес витяжки мають радіуси заокруглення робочих крайок матриці і пуансона. З їх збільшенням знижуються напруги в штампованому матеріалі і зусилля витяжки, зменшується стоншення стінок деталей і коефіцієнт витяжки, але разом з тим з'являється небезпека склад-коутворення, знижується якість поверхні стінок. Впливають на процес витяжки також зазори між матрицею і пуансоном. Зі збільшенням зазорів знижуються напруження в штампованому матеріалі і його стоншення, але з'являється небезпека затягування в зазор утворених при витяжці складок, що погіршує якість деталей. У зв'язку з цим при розрахунках параметрів витяжки визначення оптимальних радіусів і зазорів є одним з основних завдань.

Істотне значення при розробці технологічних процесів витяжки має також визначення розмірів плоскої заготовки, розрахунок зусиль витяжки Рв і притиску Рпр.

1.7 Огляд програмних продуктів в оцінці вартості оснащення для штампувальних операцій

На сучасних машинобудівних підприємствах інженери користуються різними системами автоматизованого проектування (САПР) такими як «NX PLM SOFTWARE», «КОМПАС» тощо.

«SolidWorks», «AutoForm», «AutoCAD», «Autodesk Inventor» тощо, але далеко не всі з них здатні розрахувати вартість виробу або оснащення на ранній стадії проектування.

Існує кілька видів сучасних систем автоматизованого проектування (CAD), класифікованих за обсягом їх можливостей:

1) низького рівня — AutoCAD, КОМПАС.

2) середнього рівня — Inventor (Autodesk), Solid Edge (Siemens), Solid Works (Dassault System);

3) високого рівня — Pro/E-Creo Parametric (PTC), CATIA (Dassault System), NX (Unigraphics — Siemens PLM Software);

4) спеціалізовані — Icem Surf та ін.» [23].

Для того щоб визначити, в якій програмі буде виконано проектування штампа, а також оцінка його вартості і створення симуляції техпроцесу, необхідно розглянути кілька програмних забезпечень і вибрати найбільш підходящі для виконання даної роботи.

Наприклад, програмний продукт «SolidWorks» має такі особливості:

1) розробка необхідних зварних конструкцій;

2) проведення розрахунків на міцність і точний прорахунок гідро- та аеродинаміки;

3) створення різноманітних креслень;

4) виконання проектування з урахуванням матеріалу, використовуваного для створення виробу;

5) візуалізація і проведення розрахунку на можливий вигин;

6) використання даних після виконаного 3D сканування;

7) проектування різноманітної продукції, для виготовлення якої використовується листовий метал;

8) читання електросхем;

9) експорт отриманих даних і їх переклад в різні формати.

Недоліком цього програмного забезпечення є іноді зустрічається некоректне автоматичне проставлення розмірів, що легко виправляється користувачем вручну.

«AutoCAD» – це САПР для створення креслень і тривимірних моделей, максимально точна і продуктивна завдяки спеціалізованим функціям, спрямованим на створення проектів для машинобудування, архітектури, електротехніки та інших напрямків.

Одним з головних мінусів програми «AutoCAD» є складність у прив'язці інформаційних даних до об'єктів, що викликає незручності в роботі. Виходячи з того, що програма досить не молода, багато елементів програми вже не актуальні на даний період часу.

Програмний продукт «CATIA» (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) є однією з найпоширеніших САПР високого рівня. Це комплексна система автоматизованого проектування (CAD), технологічної підготовки виробництва (CAM) та інженерного аналізу (CAE), що включає в себе інструменти тривимірного моделювання, програмні імітації технологічних процесів, а також єдину базу даних текстової та графічної інформації.

Переваги «CATIA»:

1) існує можливість розрахунку за допомогою методу кінцевих елементів (МКЕ);

2) зручний інтерфейс для роботи з поверхнями;

3) у програмі існує можливість трасування внутрішньої проводки;

4) є можливість для спільного проектування;

5) можливість кінематичного аналізу механізмів;

6) є можливість ергономічного аналізу.

Головними недоліками є складний і незвичний інтерфейс, а також проблеми з модифікаціями для імпортованих деталей.

В якості CAE продукту для проведення роботи були розглянуті програми «LS-DYNA», «ANSYS», «AutoForm».

У «LS-DYNA» можна вирішувати весь спектр завдань явної динаміки і швидкоплинних процесів, але найширше застосування продукт отримав у сферах аналізу технологічних процесів, аналізу механіки аварій і катастроф в автомобільній, авіаційній, трубопровідній промисловості. Серед іншого це:

1) моделювання процесів і результатів краш-тестів транспортних засобів;

2) моделювання технологічних процесів, наприклад штампування.

3) моделювання вибухів і їх впливу на конструкції;

4) моделювання гіпершвидкісних ударів, наприклад взаємодія космічного сміття та обшивки космічного корабля;

5) розрахунки птахостійкості.

«ANSYS» - CAE програма, що містить пакет скінченних елементів. Досить широко використовується як засіб забезпечення інженерних розрахунків у всьому світі. Містить універсальний розрахунковий комплекс, використовується для розрахунку конструкцій різного типу (авіабудування, суднобудування, машинобудування, будівництво тощо). За допомогою даного програмного продукту можна проводити лінійний і нелінійний статичний і динамічний аналіз, аналіз втомних руйнувань тощо. Єдиний з представлених на світовому ринку комплекс, за допомогою якого з використанням однієї бази вирішуються пов'язані завдання типу теплофізика-міцність, електродинаміка-

міцність, гідро-газодинаміка і міцність тощо.

Програма «ANSYS» дозволяє інженеру ще під час процесу проектування передбачити поведінку виробу і провести міцнісний, модальний і тепловий аналізи, оцінити напруження, деформації, а також розподіл температур і теплових потоків, що виникають у виробі в процесі деформації.

Програмний продукт «AutoForm» забезпечує комплексну підтримку проектування деталі з урахуванням її технологічності, розробки технологічного процесу листового штампування, налагодження штампувального оснащення та серійного пресового виробництва на кожному етапі. Сучасний користувальницький інтерфейс, що володіє унікальними високоспеціалізованими функціями, значно прискорює розробку схеми техпроцесу, побудову формоутворюючих поверхонь інструменту, оптимізацію геометрії заготовки і розкрою та моделювання всього технологічного процесу в цілому з урахуванням вартісних показників і критеріїв якості кінцевої продукції. Автоматизований аналіз результатів дозволяє значно прискорити пошук проблемних ділянок.

2 ДОСЛІДНИЦЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічного процесу та обладнання для витяжної операції великогабаритної деталі «Панель підлоги задня»

Найважливішою складовою частиною технологічної підготовки виробництва виробів машинобудування є проектування технологічних процесів їх виготовлення, що включає:

- проектування технологічних процесів виготовлення деталей;

- проектування технологічних процесів вузлового і загального складання машин;

- підготовку керуючих програм для обладнання» [11, с. 8].

Однією з основних формозмінних операцій у листовому штампуванні є витяжка. Витяжка являє собою процес листового штампування для отримання порожнистих виробів. У цьому процесі заготовка, в більшості випадків, затягується витяжним пуансоном у матрицю, щоб отримати необхідну форму порожнини. Основним призначенням операції витяжки в автомобілебудуванні є отримання деталей складної форми, таких як панель підлоги задня, внутрішня панель капота і багажника, дах, капот, боковини та ін.

Панель підлоги задня (рисунок 1) є основою для задньої частини кузова автомобіля і виконує найважливішу роль для забезпечення жорсткості задньої частини кузова і укладання запасного колеса.

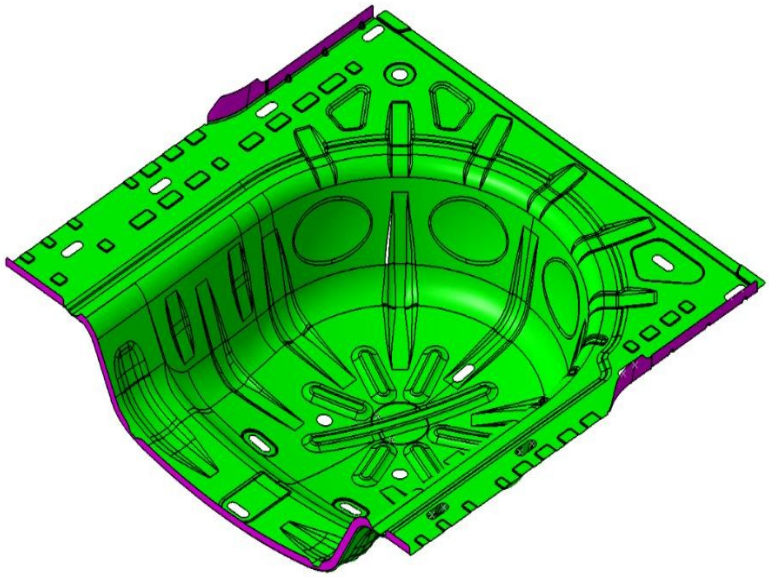


Рисунок 2.1 – Електронна геометрична модель «Панель підлоги задня»

Цю деталь можна віднести до типових деталей кузова легкового автомобіля. Технологічний процес виготовлення типових виробів великого листового штампування показаний у таблиці 1.

Таблиця 2.1 – Технологічний процес для деталі «Панель підлоги задня»

№ операції	Операція	Обладнання
10	Витяжка	Innocenti 1000
20	Дотяжка	Innocenti 450
30	Обрізка, пробивання	Innocenti 450
40	Фланцювання, обрізка	Innocenti 450

«Обладнання для листового штампування можна умовно розділити на дві групи: основне та допоміжне. Основним називається обладнання, на якому виготовляються деталі (вироби). Допоміжне обладнання служить для підготовки листового матеріалу до штампування, переміщення його через робочу зону та переробки відходів» [14, с. 12].

Основною операцією технологічного процесу є витяжка, дана операція виконується на пресі Innocenti 1000. Даний прес призначений для глибокої

витяжки порожнистих великогабаритних деталей циліндричної, коробчастої або іншої складної форми з листових материалов і є основним обладнанням. Одним з основних факторів визначення вартості витяжного штампа на ранній стадії проектування є характеристика обладнання (таблиця 2.2)

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика Innocenti 1000

Параметри	Од. вим.	Внутрішній повзунок	Зовнішній повзунок
Номінальне зусилля преса	кН	6000	4000
Регулювання повзунка	мм	610	610
Максимальна закрита висота	мм	1560	1484
Мінімальна закрита висота	мм	950	874
Хід ползуна	мм	965	686

2.2 Особливості конструкції великогабаритних витяжних штампів

Проектування штампів для облицювальних деталей автомобіля, особливо штампів для витяжки, відрізняється від проектування штампів для деталей більш простих форм. [7, с. 60].

Великогабаритні витяжні штампи в автомобілебудуванні використовуються при штампуванні облицювальних деталей автомобіля, товщина даних деталей може змінюватися в межах від 0,5 до 2 мм. Витяжка складних деталей виконується за кілька переходів, тому великогабаритні штампи поділяються на витяжні штампи, штампи дотяжки і штампи остаточної витяжки.

Великогабаритні витяжні штампи для виготовлення деталей відрізняються від інших штампів не тільки своїми великими габаритами і значною масою (досягаючи іноді декількох десятків тонн), але також і

складністю конструкції, пов'язаною зі специфікою формування різної геометрії деталей.

Формоутворення складних кузовних деталей виконується на витяжних штампах на пресах подвійної дії і пресах простої дії з гідропневматичною подушкою. Основними деталями великогабаритного витяжного штампа є пуансон, матриця і притиск.

Матриця фіксується на столі преса. Пуансон і притиск з'єднані відповідно з внутрішнім і зовнішнім повзунами преса, які мають можливість вертикального зворотно-поступального переміщення. Таким чином, пуансон і притиск під час роботи штампа також переміщаються вертикально. Матриця витяжного штампа може бути виконана як цілісною, так і складною, з використанням вкладиша. Використання вкладишів для матриць, що мають глибоку порожнину і складну форму робочої поверхні, підвищує технологічність їх виготовлення і знижує трудомісткість. Точне центрування пуансона відносно матриці при штампуванні забезпечується направляючими елементами штампа. Притиск відносно матриці центрується направляючими призмами, що кріпляться на матриці і входять у відповідні пази притиску. У свою чергу пуансон відносно притиску центрується за допомогою закріплених на них направляючих планок. Для підвищення інтенсивності гальмування фланця заготовки на притискному кільці встановлюють перетяжні ребра, а на притискній поверхні матриці виконують відповідні канавки.

У процесі роботи плоска листова заготовка укладається на притискну поверхню матриці і фіксується на ній у заданому положенні. При укладанні заготовки пуансон і притиск підняті повзунами преса над матрицею. Потім відбувається опускання притиску і периферійна частина заготовки виявляється затиснутою між притиском і матрицею. Після цього опускається пуансон, і його робоча поверхня надає центральній частині листової заготовки необхідну форму. У процесі формоутвореннязажатый фланець

заготовки витягується з зазору між притиском і матрицею, забезпечуючи надходження додаткового матеріалу в порожнину матриці. Остаточне формування відбувається, коли пуансон досягає крайнього нижнього положення. Потім пуансон і притиск піднімаються вгору, і відштампована витяжкою деталь витягується зі штампа.

2.3 Аналіз програмних продуктів для визначення вартості витяжних штампів на ранніх стадіях проектування

Визначення витрат на виготовлення штампів займає одне з найважливіших місць у технічній підготовці виробництва. Використання технології функціонально-вартісного аналізу займає багато часу. Технологія функціонально-вартісного аналізу полягає в оцінці реальної вартості продукту, послуг для отримання даного продукту, і для цього розроблено спеціальний алгоритм. В даний час функціонально-вартісний аналіз відходить на другий план через швидкий розвиток інформаційних технологій. На сьогоднішній день визначення витрат на виготовлення штампів стало доступним в системах автоматизованого проектування. Розробники систем автоматизованого проектування створюють спеціальні модулі або додатки, а також власні інформаційні бази даних для оцінки вартості технології та штампів. В даний час існує велика кількість систем інженерного аналізу, основними з яких є ANSYS, LS-DYNA, SIMCENTER NX, AUTOFORM.

Програмний продукт ANSYS дозволяє виконувати розрахунки в різних напрямках інженерної діяльності, таких як вирішення задач теплообміну, міцності конструкції штампів, але не використовується для оцінки вартості штампів. Програма LS-DYNA використовується в автомобільній промисловості і використовується для вирішення тривимірних динамічних нелінійних задач механіки деформованого твердого тіла і багатьох інших, але як і в ANSYS і SIMCENTER NX відсутній модуль оцінки вартості.

У програмних продуктах PLM Teamcenter для оцінки вартості оснащення використовується модуль Product Cost Management. Рішення Teamcenter для розрахунку витрат на інструменти дозволяє швидко отримати достовірний і детальний кошторис витрат на інструменти з розбиттям за категоріями. Геометрію деталей можна описувати вручну або за допомогою програми розпізнавання елементів (NX Feature2Cost). Рішення Teamcenter для розрахунку витрат на інструменти здійснює параметричні розрахунки для різних виробничих технологій, таких як лиття під тиском, відливання у форми під високим тиском і штампи послідовної дії. Інтегрована база знань включає в себе довідкові дані про трудовитрати, витрати на матеріали, обладнання та процеси, про терміни виконання інтегрованих процесів. Це дозволяє стандартизувати розрахунок витрат на рівні підприємства.

Основним лідером для оцінки витрат на виготовлення штампів для листового штампування є програмний продукт AUTOFORM. AutoForm-CostEstimator представляє абсолютно новий підхід для обчислення вартості штампувального оснащення і даний додаток виробляє швидку оцінку вартості інструменту на основі CAD-моделей деталей і технологічних процесів. У CostEstimator існують можливості адаптації до вимог користувача, в тому числі можливості редагування вихідної бази, зміна погодинних ставок і цін на матеріали інструментів і запасні частини. Для визначення вартості виготовлення витяжних штампів на ранніх стадіях проектування обрано програмний продукт AutoForm, який є основним програмним комплексом для проектування та моделювання процесів листового штампування.

Висновки

1. Проаналізувавши технологію, конструкцію великих штампів для витяжки та системи автоматизованого проектування для оцінки вартості витяжних штампів в автомобілебудуванні, визначено основні завдання для досягнення мети роботи:

2. Провести аналіз систем автоматизованого проектування технологічних процесів і штампів в САПР, призначених для аналізу процесу витяжки в листовому штампуванні.
3. Розробити елементи баз даних проектування технології і штампів для процесу витяжки.

4. Створити елементи баз даних проектування технології та штампів в AutoForm для процесу витягування на етапі раннього проектування.

2.4 Аналіз структур стандартів AutoForm

2.4.1 Опис структури додатка CostEstimator для AutoForm

У сформованих економічних умовах розвитку України стратегічний розвиток підприємств (організацій, фірм, компаній) визначається ефективним управлінням витратами, оптимізацією та виявленням резервів економії грошових коштів» [20, с. 5].

Програмний продукт AutoForm використовується на підприємствах автомобілебудування, постачальників штампового оснащення, оборонної промисловості. Технологічні процеси даних підприємств ґрунтуються на традиційному листовому штампуванні. AutoForm використовують усі провідні автомобільні компанії світу.

Оцінка витрат на виготовлення оснащення на ранній стадії проектування виконується за допомогою ручного введення даних в таблиці Excel, даний процес є дуже трудомістким. CostEstimator допомагає точно оцінити витрати на виробництво оснащення для штампованих деталей, що дозволяє оптимізувати процес виробництва і оцінювати витрати на стадіях планування. Додаток CostEstimator використовується в AutoForm для точної і швидкої оцінки вартості штампованого оснащення, використовуючи плани технологічних процесів і геометрію деталі. Швидкість роботи даного додатка зменшує час, необхідний для оцінки вартості оснащення, використовуючи

автоматичне розпізнавання геометричних конструктивів деталі.

AutoForm-CostEstimator використовується для отримання надійної та об'єктивної оцінки вартості повного набору інструментів для витяжних та обрізних операцій. Розрахунок вартості інструменту базується на певному плані процесу (тобто пропонованому процесі виготовлення деталі) і використовує певні ресурси, необхідні для створення набору інструментів, включаючи вартість необхідних виливків, матеріалів і стандартних компонентів. Таким чином, AutoForm-CostEstimator дозволяє детально визначати споживання ресурсів для створення інструменту, яке можна використовувати для планування виробничих операцій.

AutoForm-CostEstimator можна використовувати на ранній стадії, ґрунтуючись тільки на геометрії деталі, для отримання надійних і об'єктивних оцінок вартості інструменту, а також на пізніших етапах проектування для оцінки змін у прогнозі вартості інструменту через запропонований процес або зміни деталі. Таким чином, витрати на інструмент і результуючі витрати можуть бути використані як показник для оцінки технологічності пропонованих варіантів процесу.

2.4.2 Аналіз баз даних стандартів в AutoForm

Розвиток сучасного промислового виробництва та бізнесу неможливий без створення автоматизованих інформаційних систем, одне з призначень яких – надання користувачеві достовірної інформації, необхідної для прийняття оптимального рішення. Отже, база даних – іменована сукупність даних, що відображає стан об'єктів та їх відносин у розглянутій предметній області» [5, с. 8].

Стандарти виконують функцію допоміжного механізму при організації проектування, надаючи основні налаштування за замовчуванням і допомагаючи відповідати заданим технічним умовам і керівним вказівкам. У системі інженерного аналізу AutoForm представлено 8 стандартів: 1) Tooling Cost Standard, 2) Process Plan Standard, 3) Press Standard,

4) Design Standard,5) Control Parameter Standard, 6) Sigma Standard, 7) Evualuation Standard, 8) QuickLink Standard (рисунок 3). Стандарти планування включають в себе стандарти з планування та визначення витрат на етапі планування, до них відносяться Tooling Cost Standard, Process Plan Standard, Press Standard.

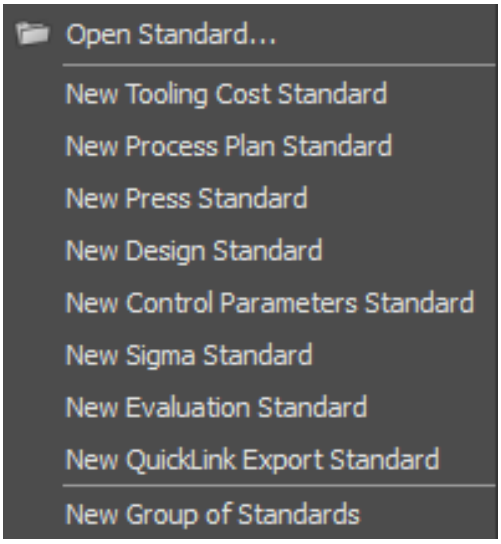


Рисунок 2.2 – База стандартів в AutoForm

Стандарти планування включають в себе стандарти з планування та визначення витрат на етапі планування, до них відносяться Tooling Cost Standard, Process Plan Standard, Press Standard. До стандартів налаштування та оцінки відносяться Design Standard, Control Parameter Standard, Sigma Standard, Evaluation Standard, QuickLink Standard, які містять попередні налаштування параметрів проектування для попередньої та подальшої обробки. Для визначення вартості виготовлення витяжного штампа на ранній стадії альтернативного методу проектування необхідно використовувати стандарти планування, які виконують оцінку витрат на інструмент (компоненти для закупівлі, погодинні та матеріальні тарифи, фактори продуктивності та налагодження оснащення), план процесу (додаткові поля даних проекту, управління базовою збіркою, налаштування вартості

заготовки і деталі), а також параметри преса (характеристика використовуваного преса або пресової лінії).Стандарт Tooling Cost (рисунок 2.3) базується на значеннях і параметрах, що відносяться до вартості оснащення. Користувач має можливість визначити витрати на складання, комплект штампів і компонентів штампа.

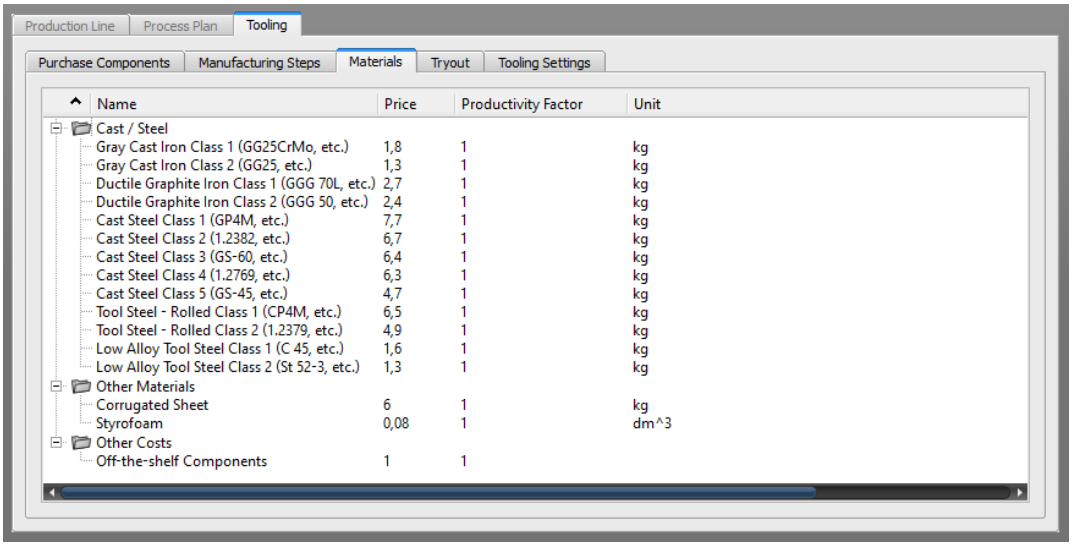


Рисунок 2.3 – Стандарт Tooling Cost

Вартість компонентів визначається за одним або двома параметрами, прикладом може служити напрямна колонка, для якої ключовими параметрами є діаметр і довжина. (рисунок 2.4).

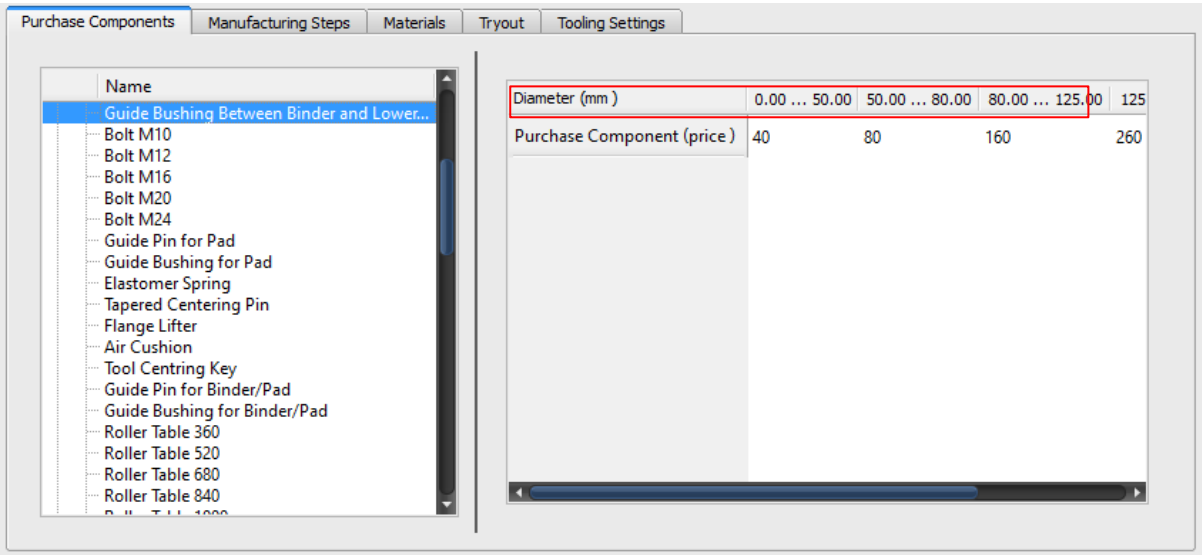


Рисунок 2.4 – Параметри визначення вартості

Стандарт Tooling Cost враховує погодинну ставку і коефіцієнт продуктивності для кожного етапу виробництва: виготовлення, налагодження

(включаючи пробне налагодження) і матеріал. В рамках розрахунку вартості інструменту коефіцієнт продуктивності множиться на години (вага – для матеріалу), які обчислюються для розглянутого етапу виробництва/матеріалу. Одиниця/валюта вартості, визначена в стандарті Tooling Cost, застосовується до всіх значень витрат в AF-Designer, при зміні валюти в даному стандарті, попередні значення застарівають і повинні бути оновлені до значення нової валюти.

У стандарті Process Plan (рисунок 7) користувач може керувати кількістю компонентів базової збірки і комплектуючих для штампа, визначати значення за замовчуванням для розрахунку вартості деталі і визначати дані проекту в Process Plan.

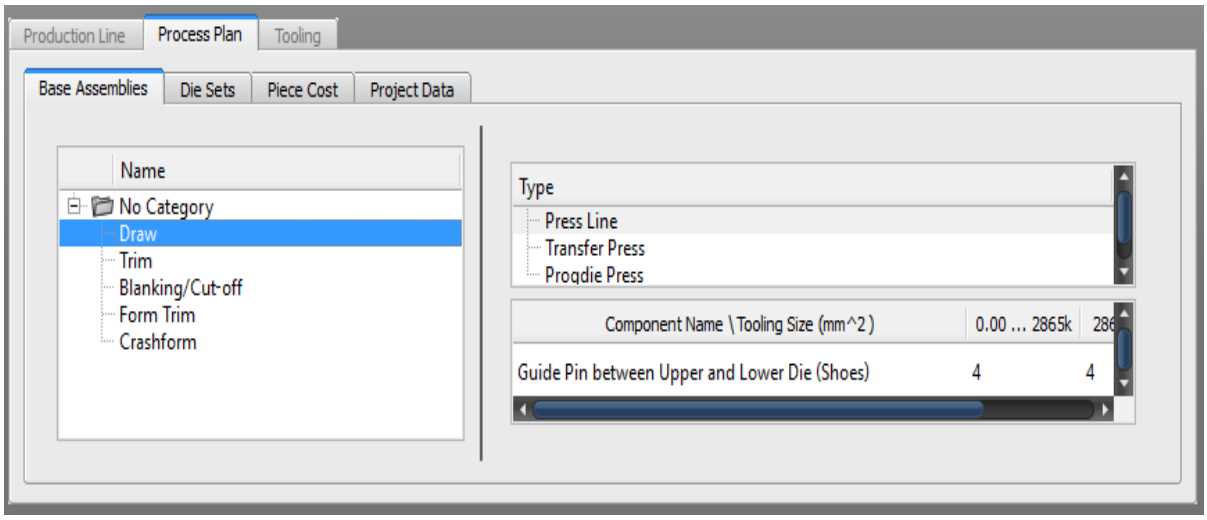


Рисунок 2.5 – Стандарт Process Plan

Кількість компонентів базової збірки залежить від типу операції та типу інструменту. Налаштування за замовчуванням призначаються кожному компоненту, і користувач може задавати свої власні налаштування за замовчуванням для різних базових збірок у цьому розділі. Кількість

компонентів штампа встановлюється залежно від типу преса, вибір у списку преса діє як фільтр: відповідні компоненти та їх кількість перераховані відповідно до вибору користувача.

У стандарті Press (рисунок 2.6) представлені основні типи пресів: прес для заготовок, пресова лінія, трансферний прес, прес для прогресивного штампування.

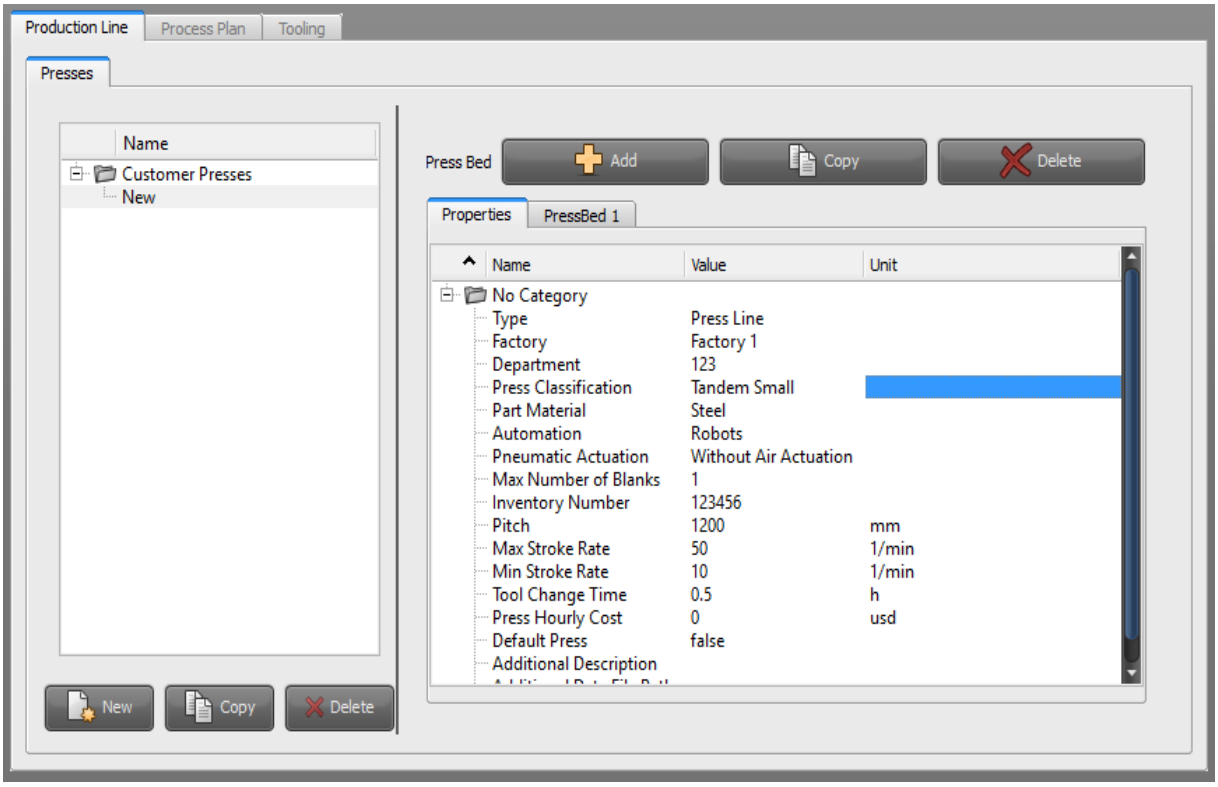


Рисунок 2.6 – Стандарт Press

Даний стандарт дозволяє створювати, копіювати і видаляти властивості преса. Властивість преса має список загальних ознак, кожне значення яких може бути змінено безпосередньо в списку. Валюта, що використовується в AF-Designer, контролюється стандартом Tooling Cost, тому жодне значення вартості для погодинної оплати преса не може бути визначено в даному стандарті. Одиниця виміру завжди є користувацькою, це означає, що буде використовуватися користувацьке значення валюти зі стандарту Tooling Cost.

2.5 Алгоритм визначення вартості штампового оснащення в Autoform

Перший етап для визначення вартості штампового оснащення в

Autoform

підключення ліцензії на використання додатка CostEstimator. Для цього необхідно в графічному вікні вибрати модуль CostEstimator і натиснути кнопку

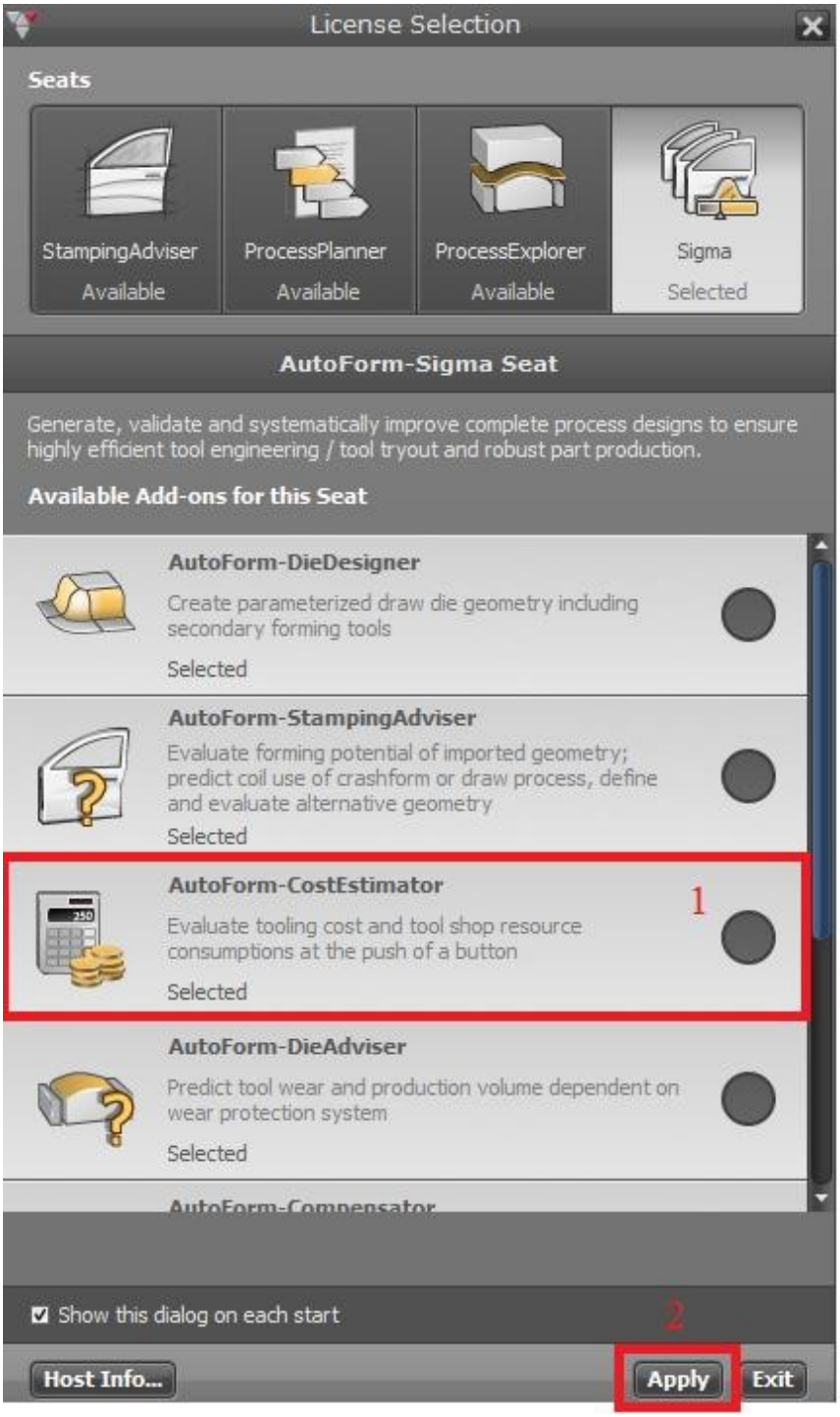


Рисунок 2.7 – Підключення модуля CostEstimator

Другий етап створення проекту в Autoform. Для цього необхідно в головному меню програми створити новий проект (рисунок 2.8)

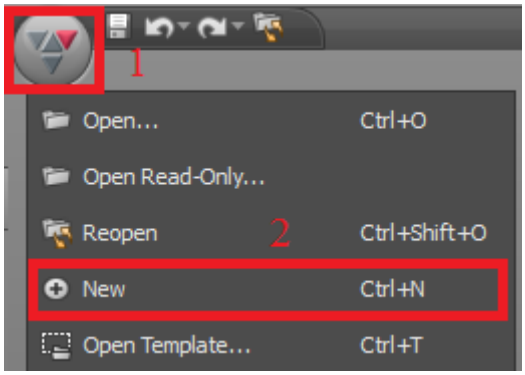


Рисунок 2.8 – Створення проекту

Третім етапом необхідно імпортувати геометрію деталі у форматі IGES у модулі графічного вікна Part, використовуючи функціонал Import (рисунок 11)

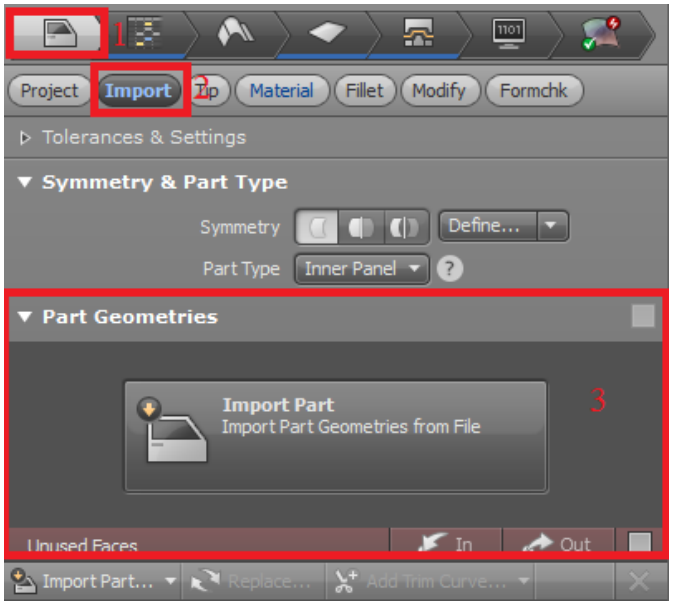


Рисунок 2.9 – Імпорт геометрії деталі

Четвертим етапом є створення повного проекту в Autoform, даний етап складається з наступної послідовності дій:

1. задавання властивостей матеріалу і товщини деталі;
2. виконання перевірки геометрії;
3. створення плану процесу (технології);
4. розробка робочого інструменту;

5. проектування заготовки.

У графічному вікні Plan у вкладках Piece Cost і Tooling потрібно натиснути кнопку Add Piece Cost і Add Tooling (малюнок 12), таким чином підключається модуль CostEstimator і за геометрією деталі визначається попередня вартість робочого інструменту і деталі.

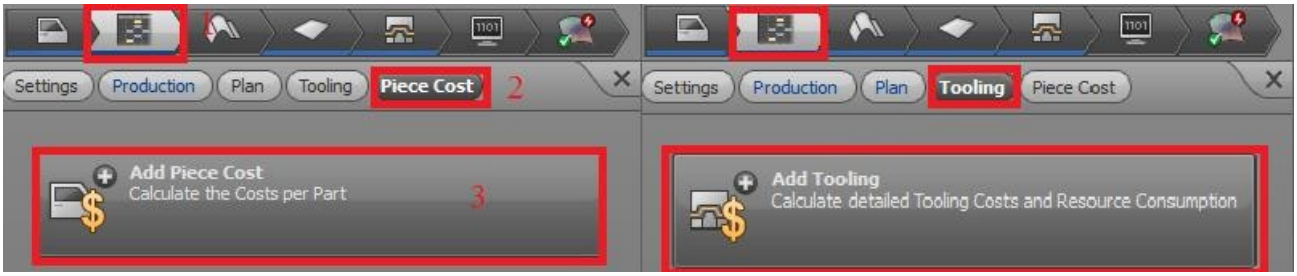


Рисунок 2.10 – Модуль визначення вартості

Одним з важливих моментів визначення вартості виготовлення оснащення та деталі є те, що без імпортованої деталі модулі Piece Cost і Tooling не виконуватимуть функцію визначення вартості. (рисунок 13)

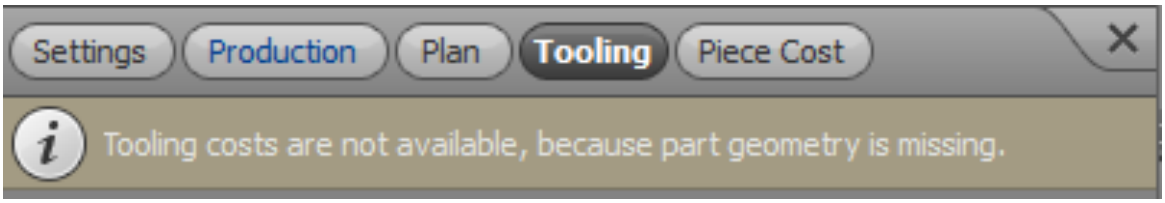


Рисунок 2.11 – Помилка через відсутність геометрії деталі

Для підключення стандартів потрібно в графічному вікні вибрати опцію Standard і підключити необхідні стандарти. За визначення вартості відповідають три стандарти: Tooling Cost Standard, Process Plan Standard, Press Standard. (рисунок 2.12)

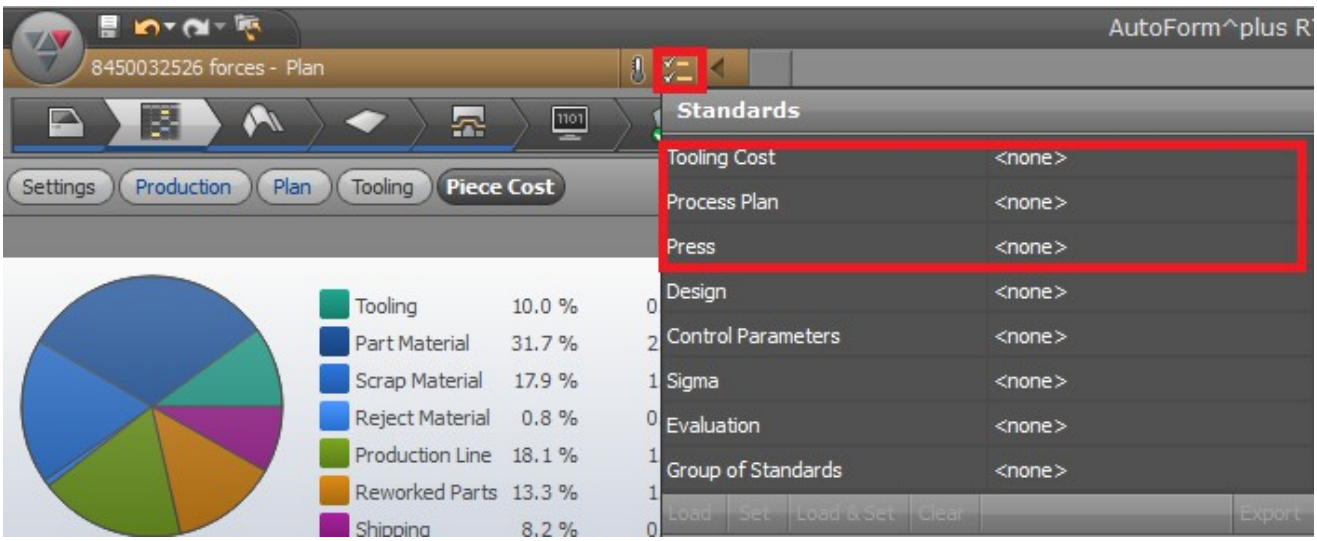


Рисунок 2.12 – Вибір стандартів

Для вивантаження шаблонів стандартів у вкладці Standard необхідно натиснути на стандарт, який потрібно активувати, і натиснути кнопку Load/Set. Програма викликає графічне вікно, в якому прописується шлях розташування стандарту і сам стандарт, після чого зі списку необхідно вибрати потрібний стандарт. Потім даний стандарт активується і вартість починає визначатися, враховуючи стандарт. (рисунок 2.13)

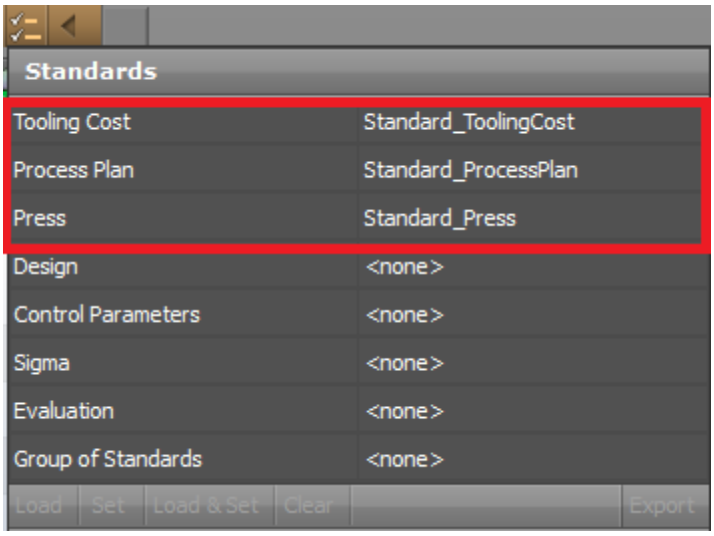


Рисунок 2.13 – Активація стандартів в Autoform

Перегляд результатів оцінки вартості виготовлення штампа, ґрунтується на геометрії деталі і виконується у вкладці Tooling. У даному графічному вікні

показуються діаграми, таблиці з урахуванням витрат на кожну операцію, вартість і кількість компонентів, ресурсів (рисунок 2.14)

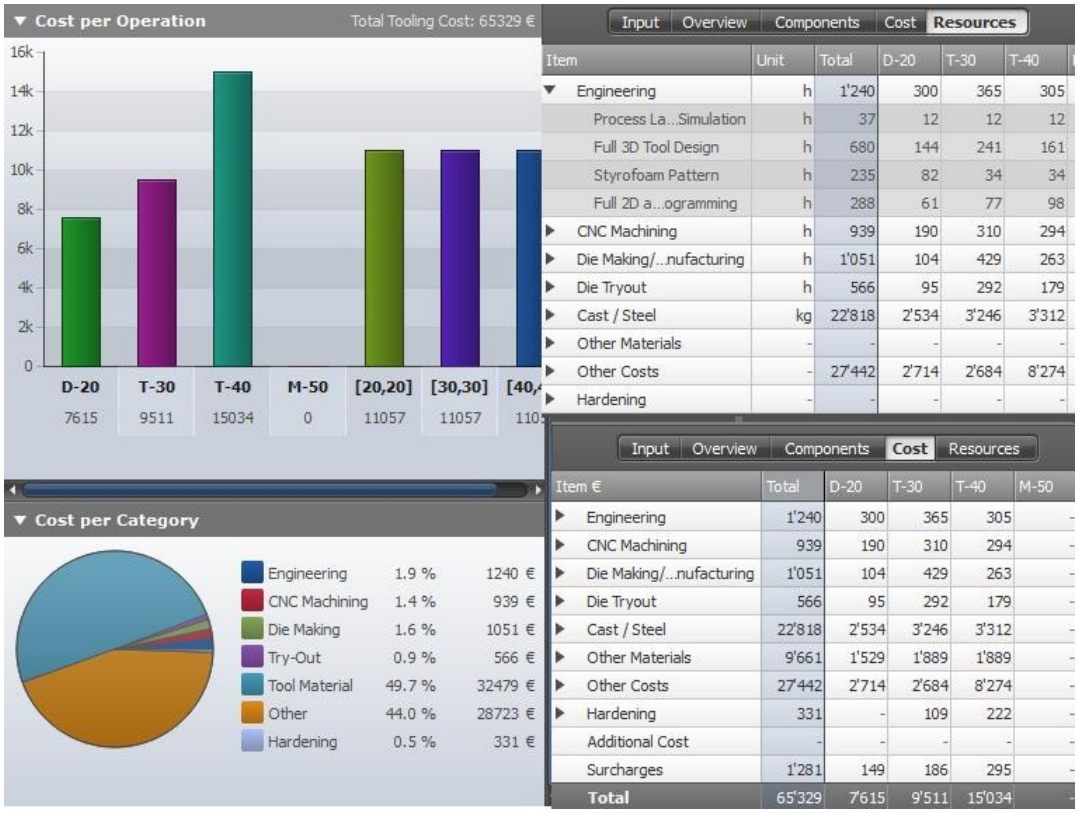


Рисунок 2.14 – Результати оцінки витрат

На підставі аналізу застосування стандартів для оцінки вартості виготовлення штампів в Autoform був розроблений алгоритм використання даних стандартів:

1. Створення проекту;

2. Імпорт геометрії деталі;

3. Розробка плану процесу;

4. Підключення модуля CostEstimator (використовуючи Piece Cost і Tooling);

5. Вибір шаблонів стандартів та їх активація;

6. Перегляд результатів.

Стандарти Autoform можна використовувати і для редагування, задаючи необхідні параметри, потрібні конкретному користувачеві.

2.6 Розробка методів редагування таблиць стандартів в Autoform

Одним із способів редагування таблиць стандартів в Autoform є створення та редагування стандартів у самому програмному продукті. Для виконання редагування необхідно відкрити базу стандартів в Autoform. (рисунок 2.15)

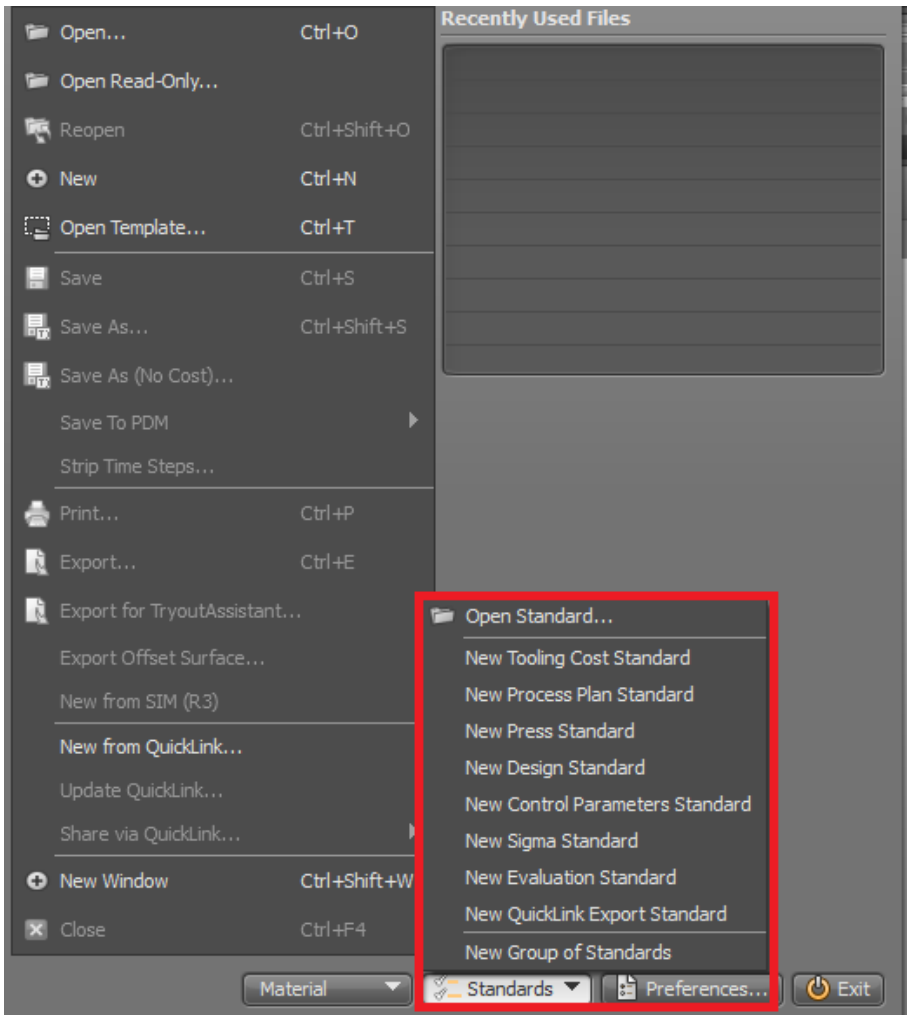


Рисунок 2.16 – База редагування стандартів

Для редагування стандарту Tooling Cost необхідно в базі редагування вибрати опцію New Tooling Cost Standard і вивести на екран монітора дані стандарту Tooling Cost. (рисунок 18)

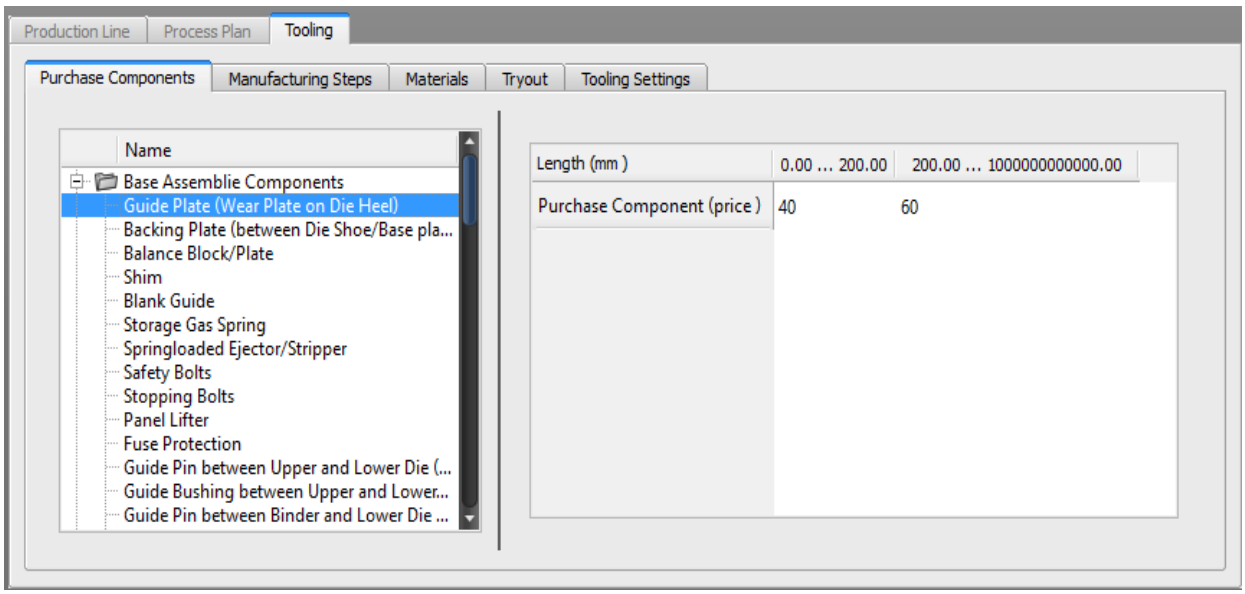


Рисунок 2.17 – База даних Tooling Cost Standard

У базі даних Tooling Cost Standard можливе редагування параметрів штампувального оснащення за різними статтями: Purchase Components - закупівля компонентів, Manufacturing Steps - етапи виготовлення, Materials - витрати на матеріал, Tryout - вартість налагодження, Tooling Settings - витрати на обробку.

У функціоналі статті Purchase Components представлені компоненти базової збірки: напрямні колонки, втулки, планки напрямні, пружини, скидачі, клини, гвинти стопорні, болти, подушки, роликові столи, лотки для відходу, пуансони, матриці, притиски. Для кожного компонента задана ключова характеристика і вартість. Ключовими характеристиками є довжина, кількість, величина ходу, діаметр, довжина кола, зусилля. Вибір компонентів Purchase Components Autoform виконує за ключовими характеристиками, враховуючи вартість виробів, спираючись на їх геометрію деталі. Для колонки направляючої ключовим параметром є її діаметр (рисунок 2.18). Залежно від розміру діаметра прописується вартість самої колонки.

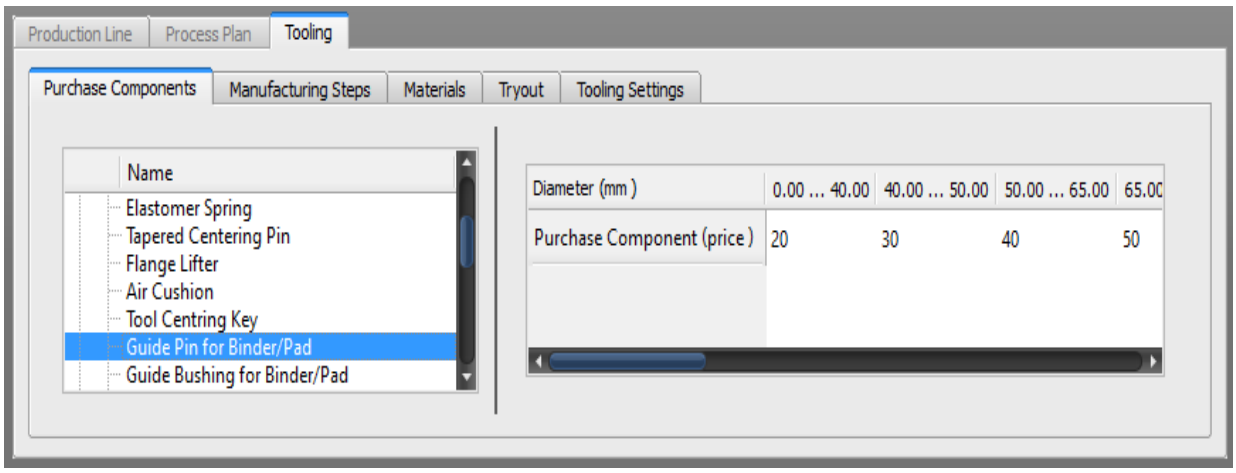
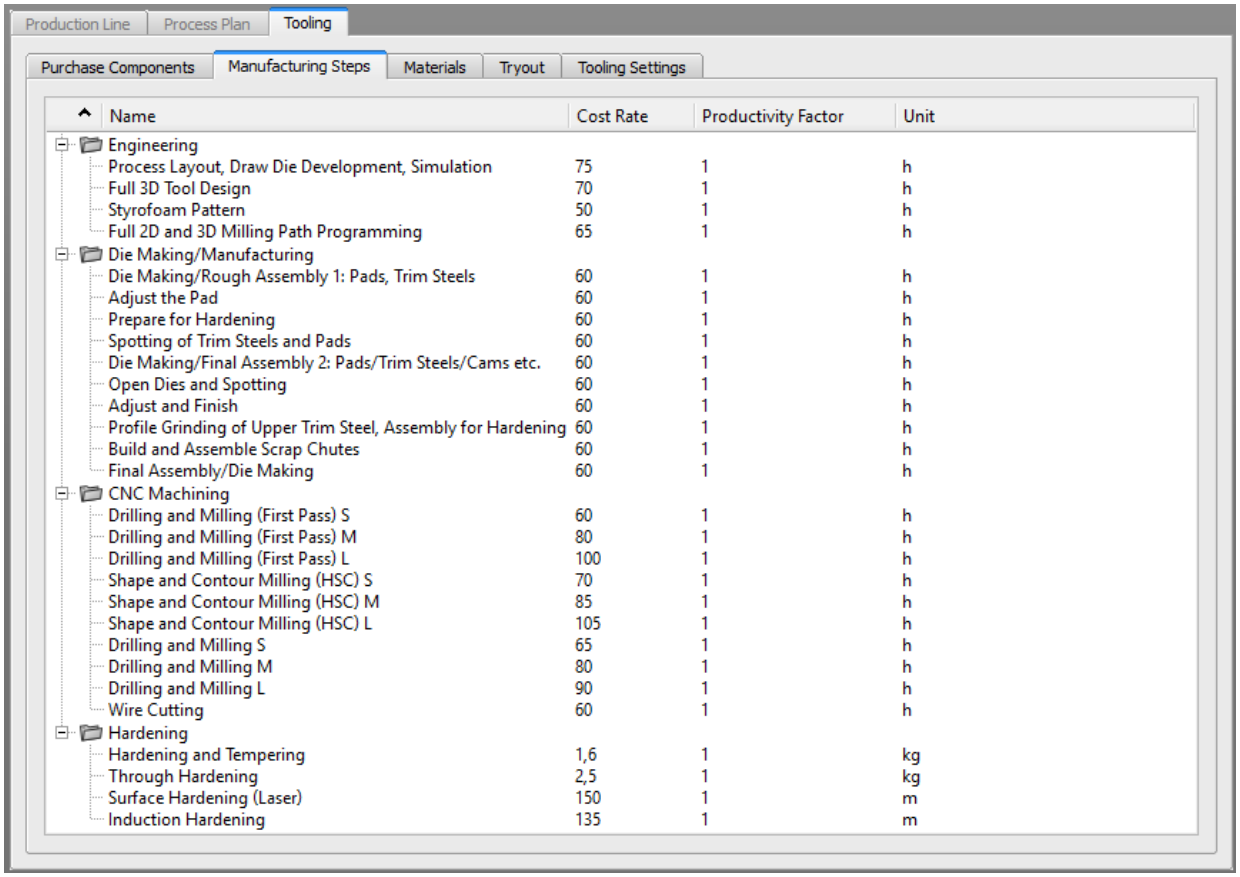


Рисунок 2.18 – Ключовий параметр для колонки направляючої

У функціоналі статті Manufacturing Steps визначаються витрати на інжиніринг, проектування та виготовлення оснащення, ЧПУ обробку, гартування. (рисунок 2.19)



Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit
Engineering			
Process Layout, Draw Die Development, Simulation	75	1	h
Full 3D Tool Design	70	1	h
Styrofoam Pattern	50	1	h
Full 2D and 3D Milling Path Programming	65	1	h
Die Making/Manufacturing			
Die Making/Rough Assembly 1: Pads, Trim Steels	60	1	h
Adjust the Pad	60	1	h
Prepare for Hardening	60	1	h
Spotting of Trim Steels and Pads	60	1	h
Die Making/Final Assembly 2: Pads/Trim Steels/Cams etc.	60	1	h
Open Dies and Spotting	60	1	h
Adjust and Finish	60	1	h
Profile Grinding of Upper Trim Steel, Assembly for Hardening	60	1	h
Build and Assemble Scrap Chutes	60	1	h
Final Assembly/Die Making	60	1	h
CNC Machining			
Drilling and Milling (First Pass) S	60	1	h
Drilling and Milling (First Pass) M	80	1	h
Drilling and Milling (First Pass) L	100	1	h
Shape and Contour Milling (HSC) S	70	1	h
Shape and Contour Milling (HSC) M	85	1	h
Shape and Contour Milling (HSC) L	105	1	h
Drilling and Milling S	65	1	h
Drilling and Milling M	80	1	h
Drilling and Milling L	90	1	h
Wire Cutting	60	1	h
Hardening			
Hardening and Tempering	1,6	1	kg
Through Hardening	2,5	1	kg
Surface Hardening (Laser)	150	1	m
Induction Hardening	135	1	m

Рисунок 2.19 – Витрати на Manufacturing Steps

Вартість у Manufacturing Steps розраховується з оплати однієї години,

помноженої на коефіцієнт продуктивності.

У функціоналі статті Materials прописуються витрати на лиття матеріалу і сам матеріал. Вартість розраховується з ваги матеріалу і коефіцієнта продуктивності. (рисунок 2.20)

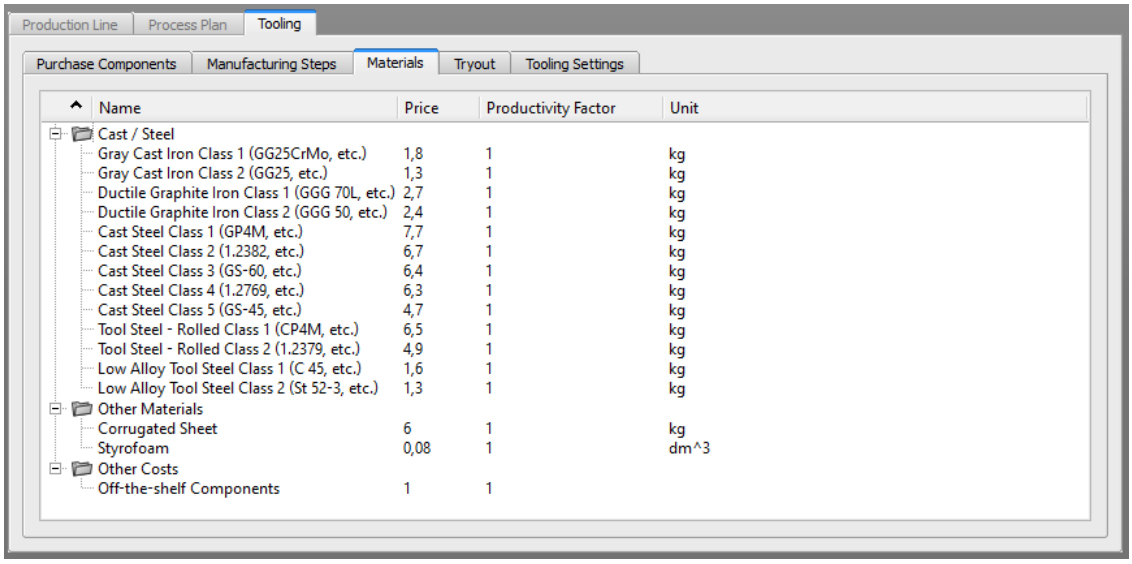


Рисунок 2.20 – Витрати на Materials

У функціоналі статті Tryout враховуються витрати на налагодження штампа: установку, первинну перевірку, позиціонування на пресі, перевірку преса, перевірку збірки, контроль якості одержуваної деталі, налагодження електрики, фарбування. (рисунок 2.21)

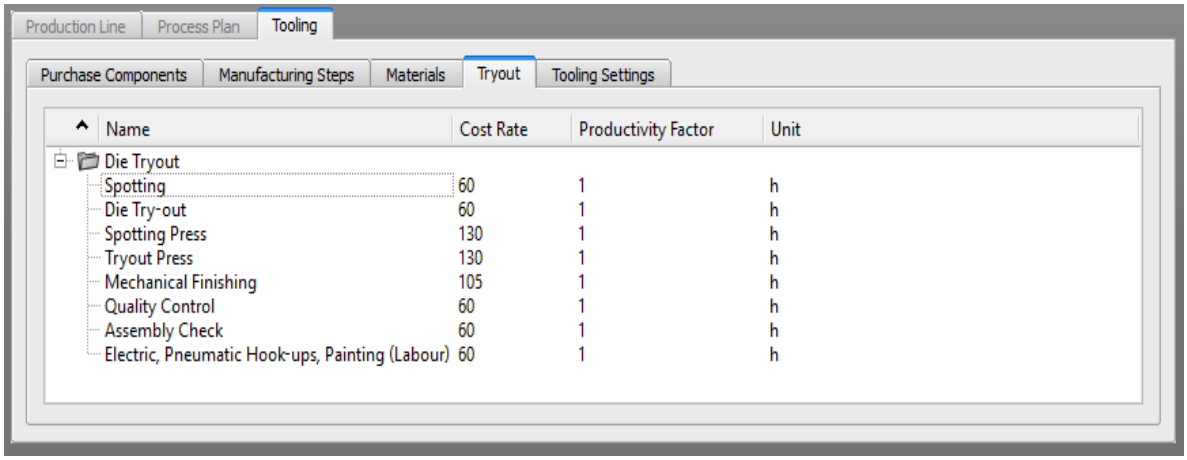


Рисунок 2.21 – Витрати на Tryout

Оцінка статті витрат Tryout визначається з оплати однієї години, помноженої на коефіцієнт продуктивності. Одиниця виміру оплати визначається виконаною роботою за одну годину.

У функціоналі статті Tooling Settings прописуються витрати на обробку компонентів на верстаті з ЧПУ, враховуючи швидкість фрезерування, тип обробки, розміри верстатів ЧПУ, запас товщини шару матеріалу для усадки, додаткові витрати за обробку, а також процентне співвідношення компонентів збірки. (рисунок 2.22).

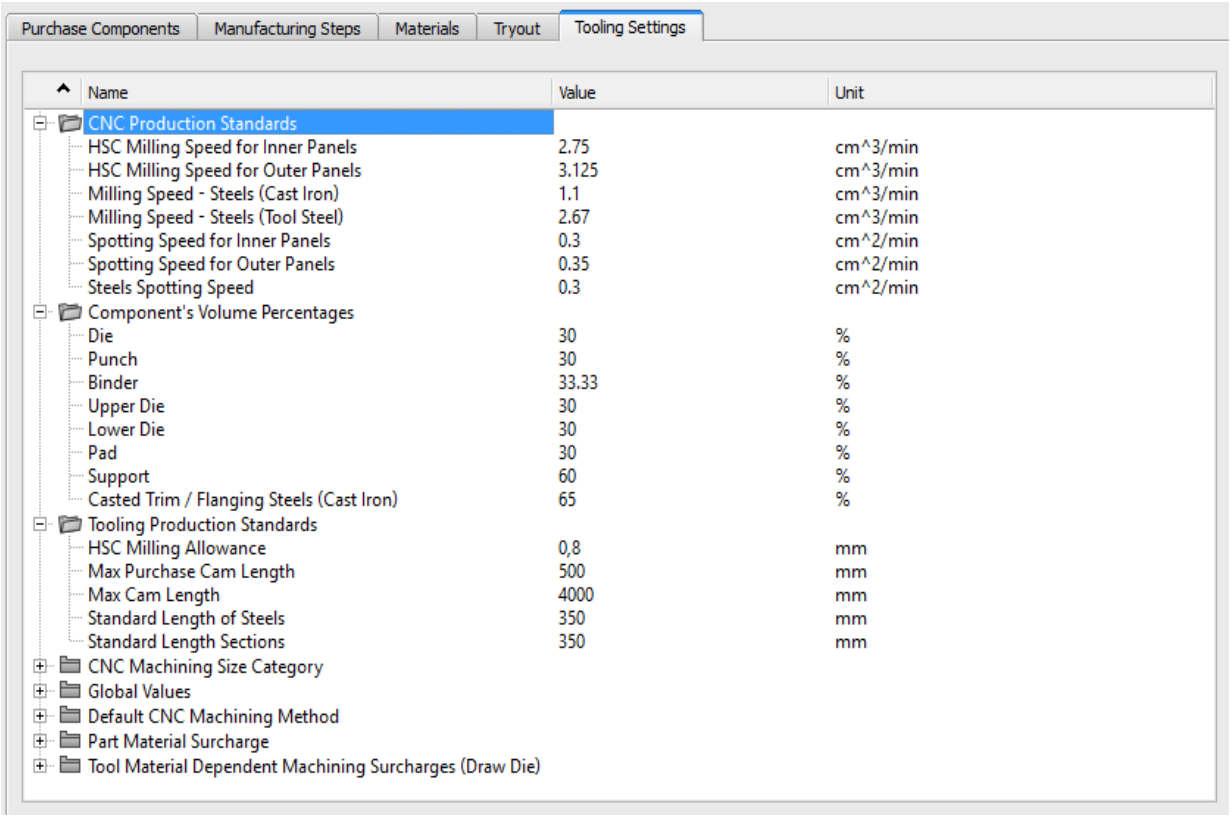


Рисунок 2.22 – Витрати на Tooling Settings

Для редагування параметрів оцінки вартості в статтях функціоналів Purchase Components, Manufacturing, Materials, Tryout, Tooling Settings необхідно подвійним клацанням натиснути на потрібне значення і змінити значення на необхідне користувачеві. (рисунок 2.23)

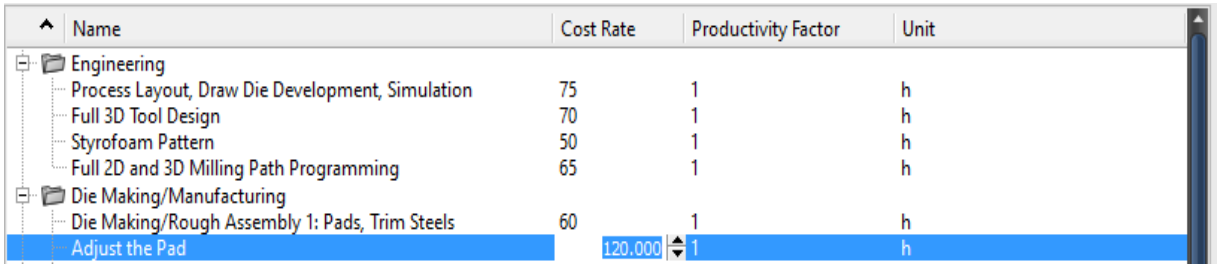


Рисунок 2.23 – Зміна параметрів для користувача

Для того щоб зміни користувача набули чинності, потрібно зберегти відредагований стандарт, для цього необхідно натиснути кнопку Save As і призначити ім'я стандарту, а також прописати шлях розташування стандарту (рисунок 25).

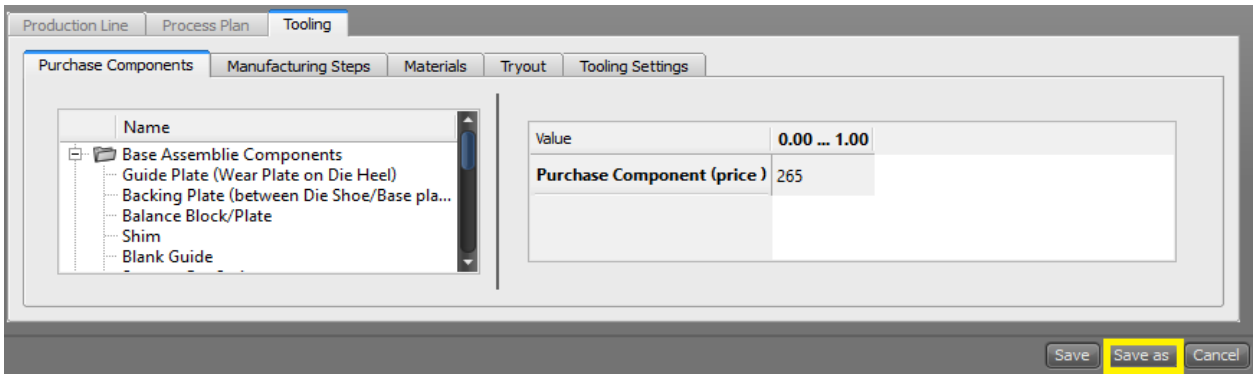


Рисунок 2.24 – Збереження відредагованого стандарту

Одним з основних стандартів для оцінки вартості виготовлення штампів на ранній стадії проектування є стандарт Process Plan. Даний стандарт дозволяє керувати компонентами базової збірки, тому для створення та редагування Process Plan Standard за аналогією зі стандартом Tooling Cost потрібно відкрити основне меню і створити New Process Plan Standard, після чого перейти в графічне вікно стандарту (рисунок 2.25).

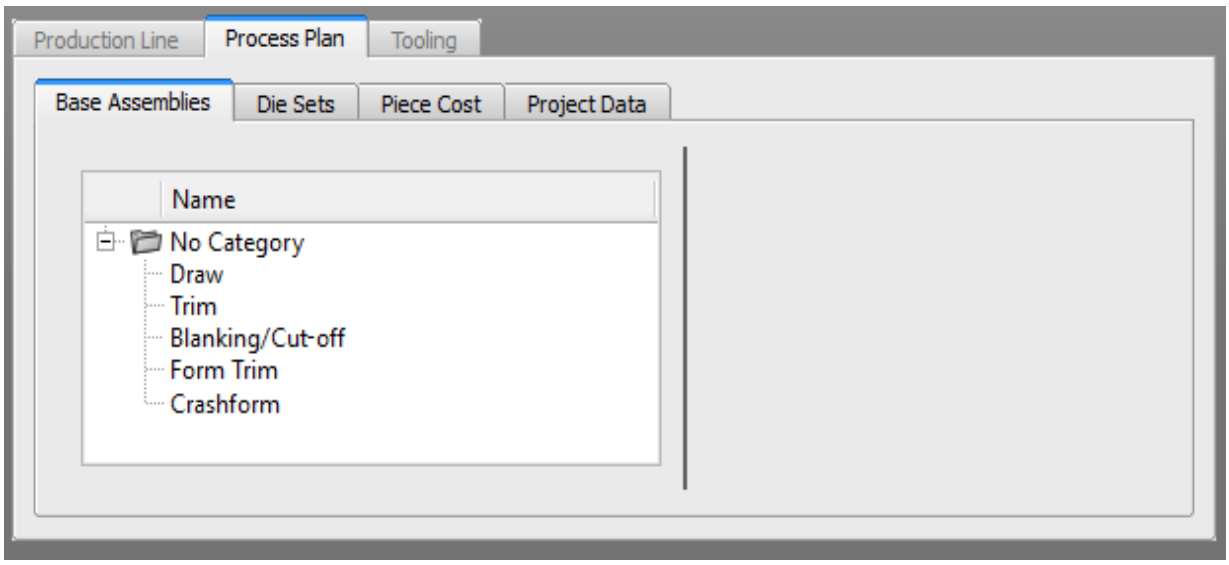


Рисунок 2.25 – Графічне вікно редагування Process Plan Standard

У модулі Base Assemblies (рисунок 2.26) представлена базова збірка штампа, яка формується залежно від типу операції та типу обладнання, на якому виконується операція. Редагування здійснюється подвійним натисканням на кількість компонентів, якщо необхідно внести зміни.

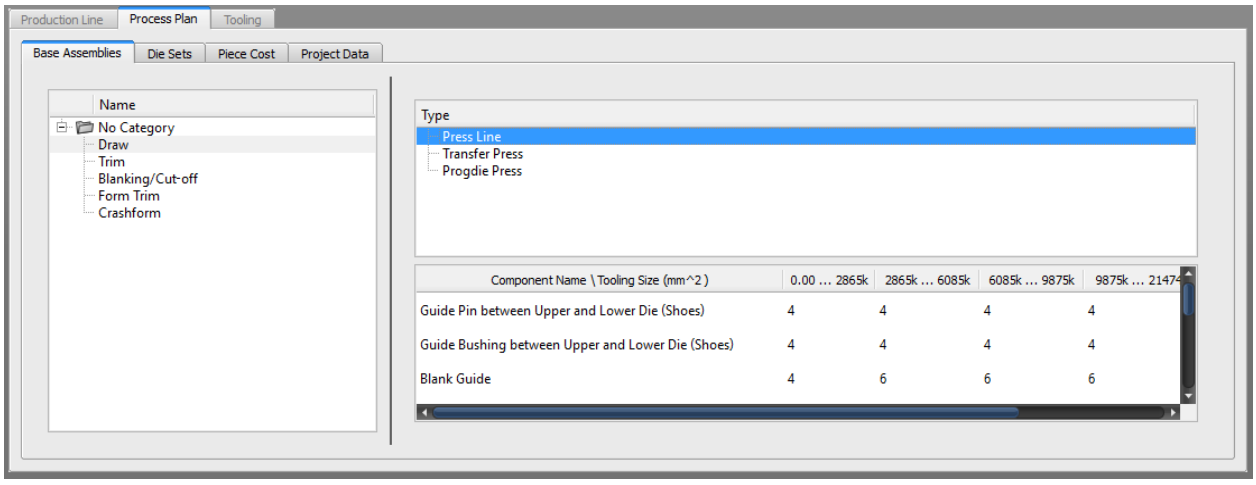


Рисунок 2.26 – Управління компонентами базової збірки

У модулі Die Sets розташовуються додаткові компоненти збірки штампа. Зміна кількості компонентів здійснюється подвійним клацанням і вводиться потрібна користувачеві кількість компонентів (рисунок 2.27)

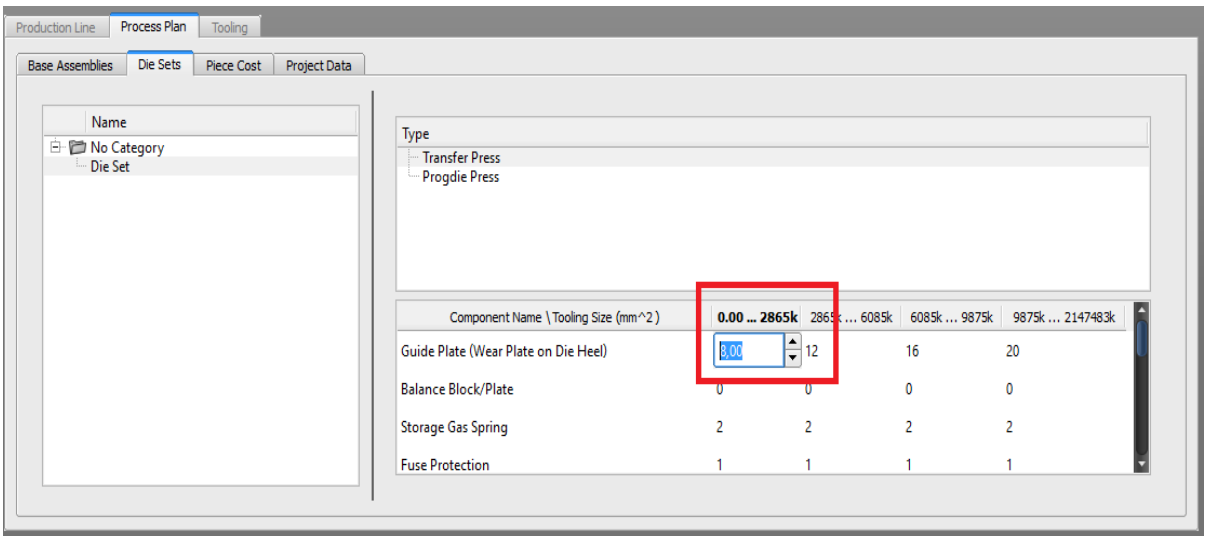


Рисунок 2.27 – Зміна кількості компонентів

У модулі Piece Cost (рисунрок 2.28) визначається собівартість виготовлення деталі, враховуючи відсоток браку, витрати на оснащення та технічне обслуговування, вартість виробничої лінії, витрати на усунення браку, витрати на логістику. Значення параметрів залежать від рівня надійності та коефіцієнта відхилення. Розрізняють три типи відхилень: низький, високий і середній. Редагування виконується подвійним клацанням по параметру, який визначає користувач.

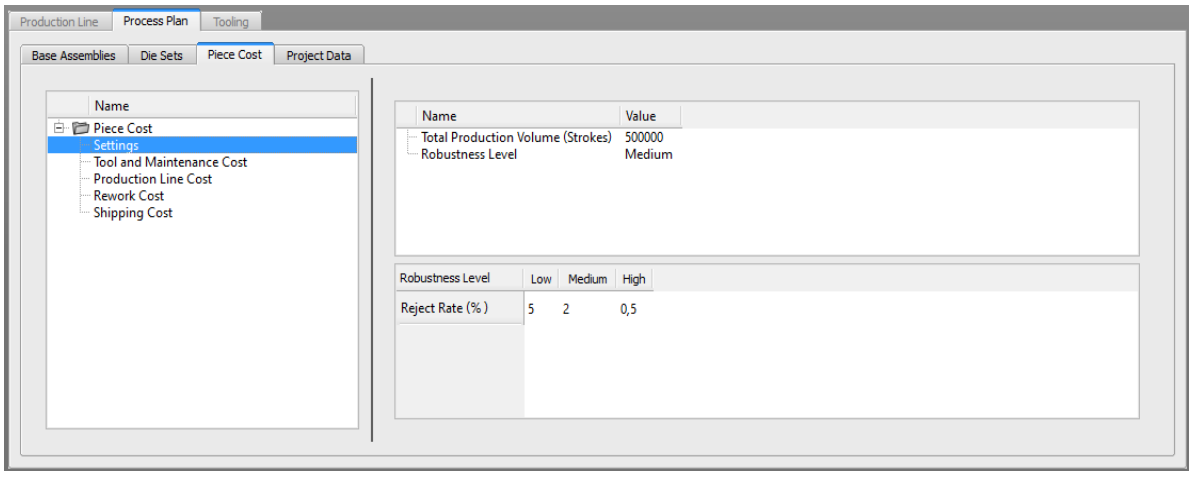


Рисунок 2.28 – Параметри собівартості деталі

Для використання відредагованої бази даних Process Plan Standard необхідно зберегти стандарт, використовуючи кнопку Save As і призначити ім'я стандарту, а також прописати шлях розташування стандарту (рисунок

2.29)

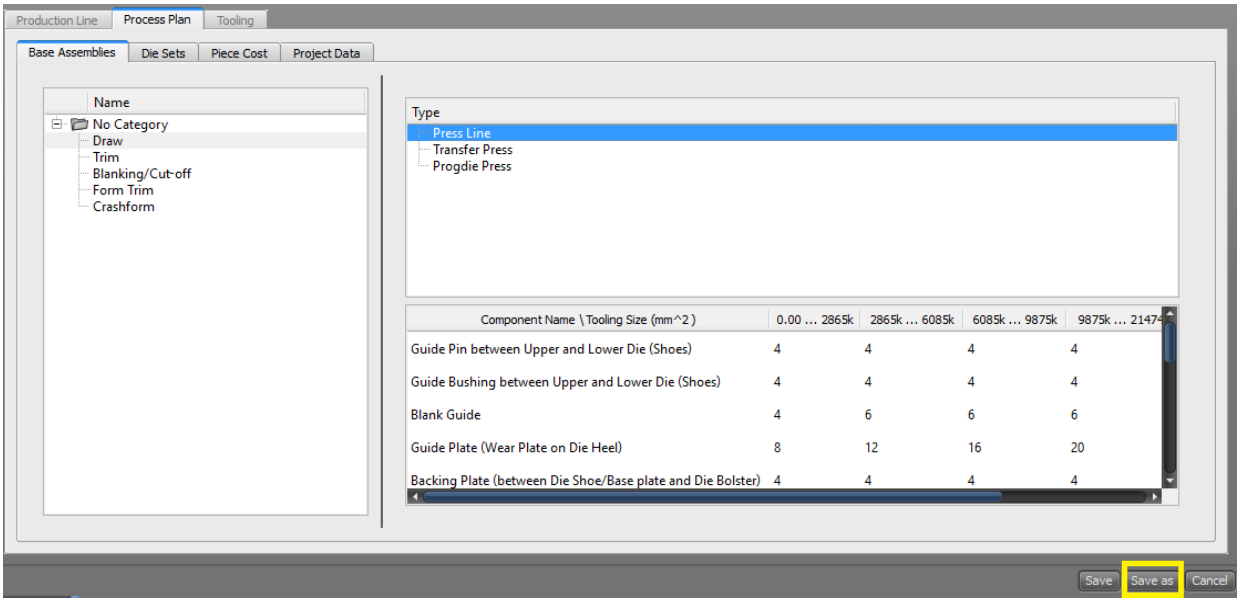


Рисунок 2.29 – Збереження відредагованого стандарту Process Plan

Редагування стандарту Press (рисунок 2.30) необхідно виконувати для точної оцінки виготовлення штампового оснащення та обліку витрат на обладнання. Витрати на обладнання складаються з вартості обслуговування, оренди приміщення, витрат на електроенергію, подачу мастила. Редагування виконується в основному меню з використанням кнопки New Press Standard. В Autoform представлено кілька типів пресів: Blanking Press - заготовочний, Transfer Press - багатопозиційний, Press Line - лінія пресів, Progdie Press - послідовний прес. Користувач підбирає тип преса залежно від типу ліній, встановлених на виробництві, завантаження обладнання, габаритів одержуваного виробу та багатьох інших виробничих факторів.

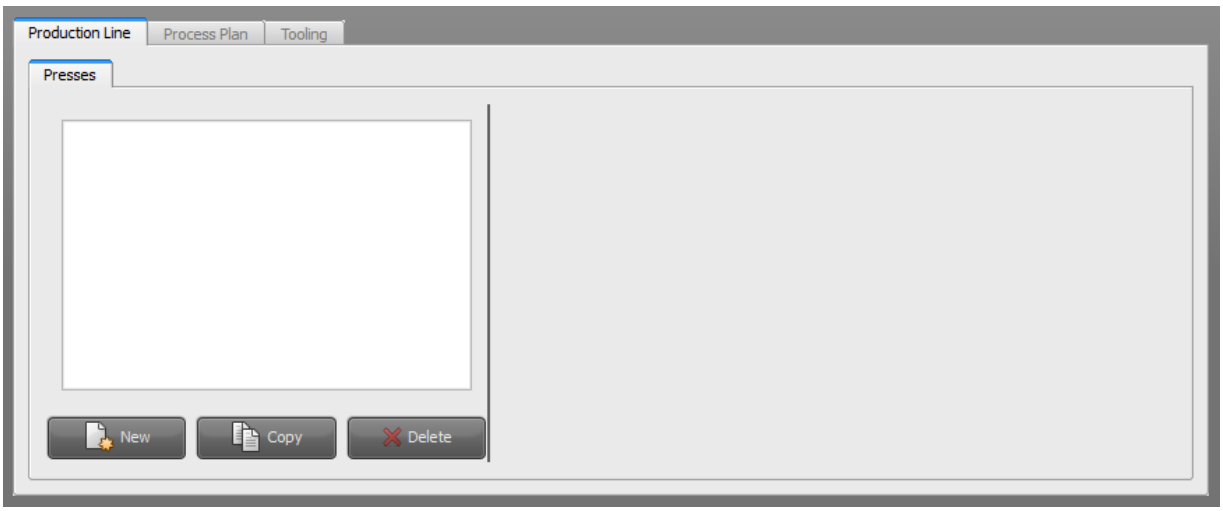


Рисунок 2.30 – Графічне вікно Press Standard

Оскільки операції листового штампування виконуються на різних пресах, необхідно для деталі створювати стандарт обладнання, на якому виконуються операції. Для цього необхідно створити стандарт, використовуючи кнопку New в стандарті обладнання і вибрати тип преса (рисунок 2.31).

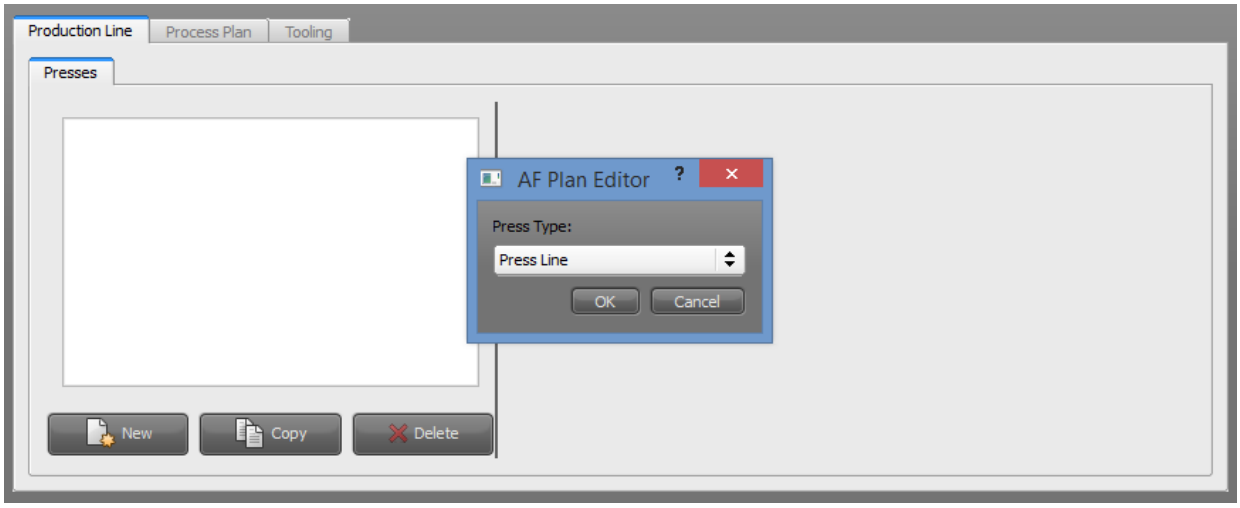


Рисунок 2.31 – Створення і випор типу преса

У вкладці, що відкрилася, необхідно внести всі значення і характеристики обладнання: тип преса, завод, матеріал деталі, номінальне зусилля, максимальну і мінімальну закриту висоту, хід ползуна, а також вибрати тип операції, яка виконується на даному пресі (рисунок 2.32).

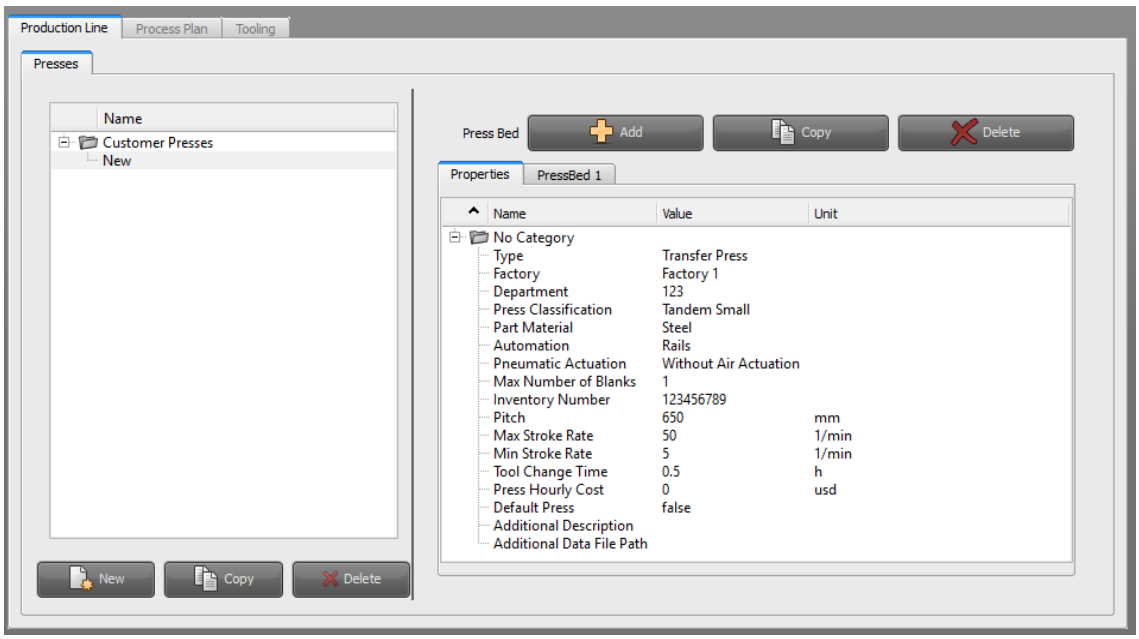


Рисунок 2.32 – Характеристики обладнання

Кількість і характеристика повзунів преса задається у вкладці PressBed, для того щоб додати повзун потрібно натиснути Add (рисунок 2.33)

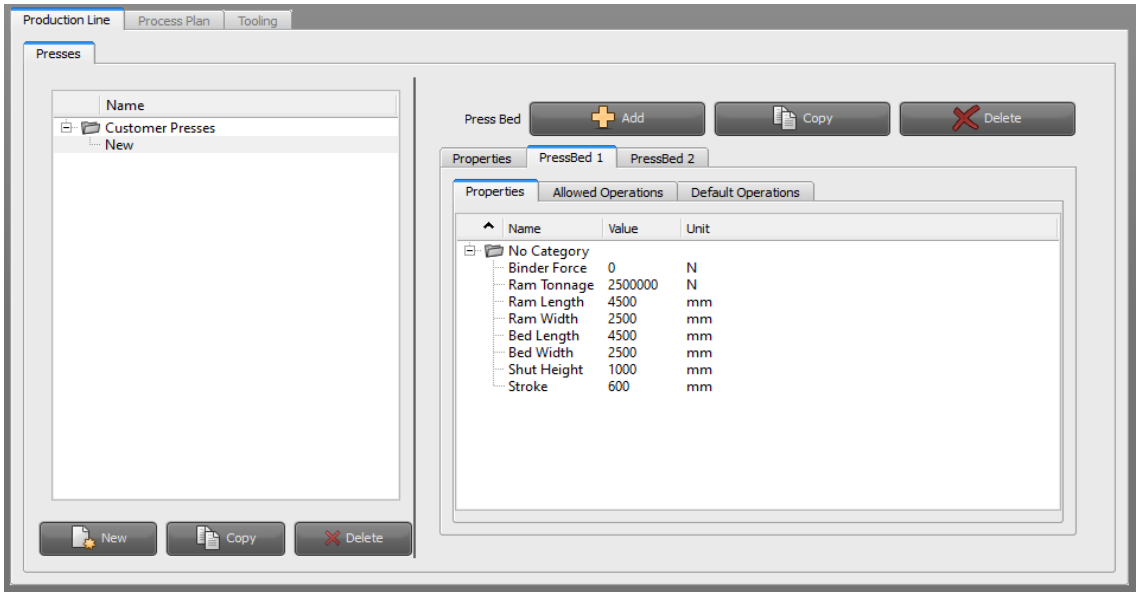


Рисунок 2.33 – Зовнішній і внутрішній повзунок

Для збереження відредагованого стандарту потрібно натиснути кнопку Save As і призначити ім'я стандарту, а також прописати шлях розташування стандарту.

Після того як користувач відредагував необхідні стандарти, необхідно виконати вивантаження даних стандартів в Autoform, дана процедура виконується через основне меню програми, використовуючи кнопку Standard

(рисунок 35). Потрібно виділити потрібний стандарт і натиснути кнопку Load/Set, користувач вивантажує відредаговані стандарти і вони вступають в силу.

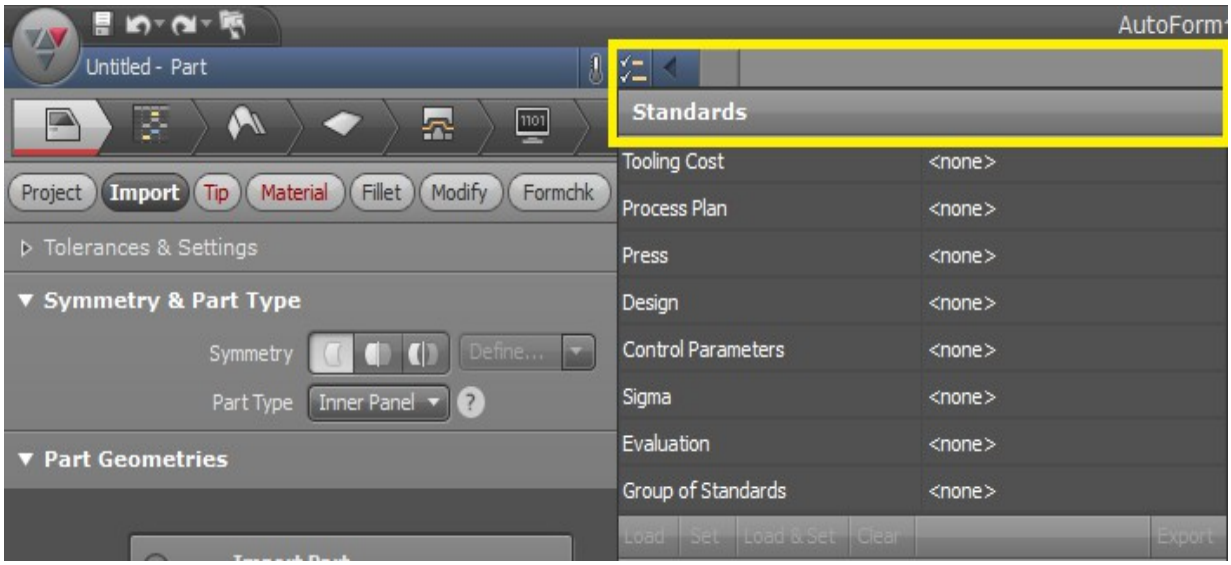


Рисунок 2.34 – Вивантаження стандартів

2.7. Висновки

Алгоритм визначення вартості штампувального оснащення на стадії раннього проектування та метод редагування стандартів є основою для проведення симуляції для операції «витяжка» з урахуванням вартості виготовлення штампувального оснащення на стадії раннього проектування, ґрунтуючись тільки на геометрії деталі. Для анализа структур стандартов Autoform:

1. Розроблено алгоритм визначення вартості штампового оснащення в Autoform (рисунок 2.34) і метод редагування стандартів в Autoform.

Алгоритм визначення вартості штампувального оснащення безпосередньо залежить від імпорту геометрії деталі, оскільки в модуль CostEstimator вбудовано основний критерій для оцінки вартості «Геометрія деталі», без якого неможливо виконати аналіз вартості штампувального оснащення.

2. Створено методику редагування стандартів, яка складається з

наступної послідовності дій:

1. Відкриття і виведення на екран бази стандартів Autoform;

2. Вибір з існуючих стандартів стандарту для редагування;

3. Створення нового (New) стандарту на базі існуючої бази стандартів Autoform;

4. Редагування параметрів стандарту;

5. Збереження відредагованого стандарту;

6. Завантаження в базу стандартів нового користувацького стандарту.

Алгоритм визначення вартості штампувального оснащення та метод редагування стандартів розкривають функціонал додатка CostEstimator програмного продукту AutoForm. Це допомагає точно спрогнозувати витрати на виробництво оснащення для штампованих деталей, що дозволяє оптимізувати процес виробництва та оцінювати витрати на стадіях планування.

2.8. Моделювання витяжних переходів і оснащення в Autoform

2.8.1. Методика розробки та аналізу технологічного процесу листового штампування в Autoform на базі CostEstimator

Створення технологічного процесу листового штампування в Autoform полягає в розробці упорядкованої послідовності технологічних операцій і налагоджень з метою виготовлення виробу. Цей програмний продукт дозволяє виконати оцінку вартості робочого інструменту на ранніх стадіях планування технологічного процесу і конструкції штампів. З AutoForm CostEstimator кожен конструктивний елемент виробу, який впливає на вартість технологічного оснащення, автоматично асоціюється з виробничою операцією, а також AutoForm володіє інтелектуальною методологією оцінки витрат операцій штампування. Оцінка витрат на виготовлення інструменту

для виготовлення деталей базується на CAD-даних деталі та упорядкованій послідовності технологічних операцій, що дозволяє більш послідовно, надійно і швидко виконати оцінку витрат.

Методика розробки та аналізу технологічного процесу листового штампування в Autoform на базі CostEstimator складається з таких етапів: створення проекту в Autoform. У функціоналі Part Stage прописується інформація про проект (Project),виконується імпорт геометрії деталі та робочого інструменту (Import), задаються допуски (Import), визначається центр положення штампа (Tip), з бібліотеки задається матеріал і товщина виробу (Material), при необхідності виконується згладжування гострих країв (Fillet), виконується перевірка штампуваності (Formchk);

- Використовуючи функціонал, Plan Stage вибирається обладнання створюються операції технологічного процесу для деталі, складається макет процесу, підключається модуль CostEstimator дляTooling і Piece Cost;

У функціоналі Die Face Stage користувач створює поверхні інструментів (Binder, Addendum, Punch, Die), проводить перевірку ліній обрізки та перевірку штампуваності обмеження відповідно до виробничої лінії та технологічного плану, визначеного на етапі планування;

У функціоналі Blank Stage користувач визначає розмір і форму заготовки самостійно або вивантажує існуючу геометрію заготовки, розробляє розкрій.

У функціоналі Process Stage визначаються технологічні параметри штампування та конструктивні особливості штампів для всіх операцій, які вказані в Plan Stage і передаються в вирішувач AutoForm-Incremental.

Підключаються стандарти користувача, які користувач створює до початку розробки технологічних процесів і штампів в AutoForm.

У функціоналі Simulation здійснюється розрахунок за допомогою методу кінцевих елементів моделювання штампування, перевірка штампуваності, а також показників якості та напружено-деформованого стану

розробленого процесу виготовлення виробу. Аналіз технологічного процесу листового штампування урахуванням вартості виконується у функціоналі Tooling, де проводиться детальний розрахунок вартості оснащення та відповідних витрат ресурсів. Першим етапом розробки нового технологічного процесу є створення нового проекту в основному меню, використовуючи опцію New. Функціонал Part Stage присвячений підготовці імпортованої геометрії для подальшої розробки технологічного процесу і штампів, техніко-економічного обґрунтування можливості штампування виробу на «ранньому» етапі проектування, а також визначення вихідних даних для формування технологічного плану. Функціонал Part Stage містить 7 основних опцій:

Опція Project - пропонує можливість створення файлу проекту, в який записують всю загальну інформацію та коментарі, пов'язані з проектом. (рисунок 2.35)

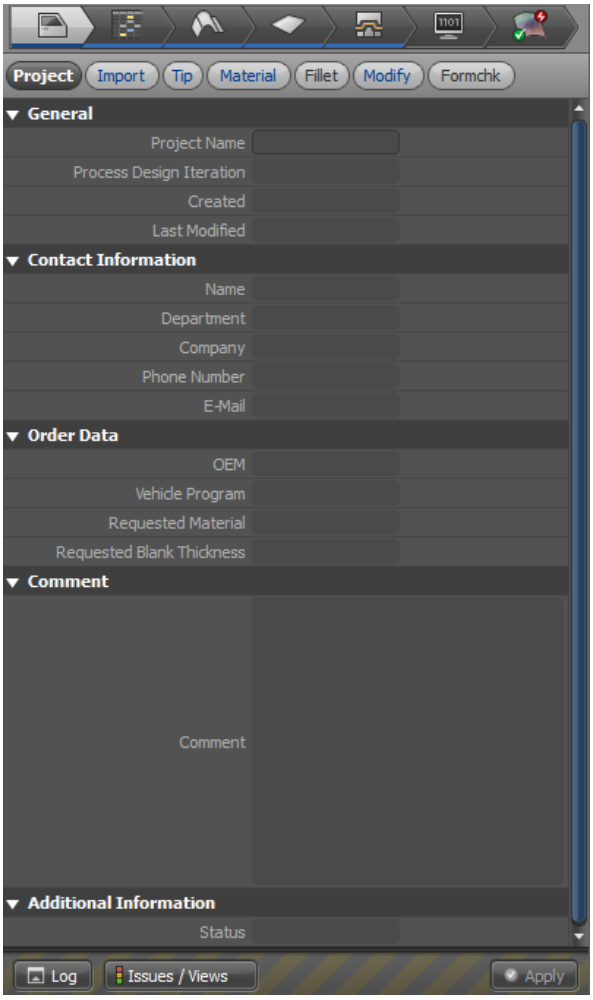


Рисунок 2.35 – Project

Опція Import – переносить всі геометричні дані, що використовуються як вихідні вхідні дані для проектування, включаючи геометрію деталі, інструменти / додаткові геометрії, криві, точки і системи координат, у створений файл за допомогою опції Project. Допуски та налаштування, що використовуються для проектування, також можна визначити в процесі виконання імпорту геометрії. (рисунок 2.36)

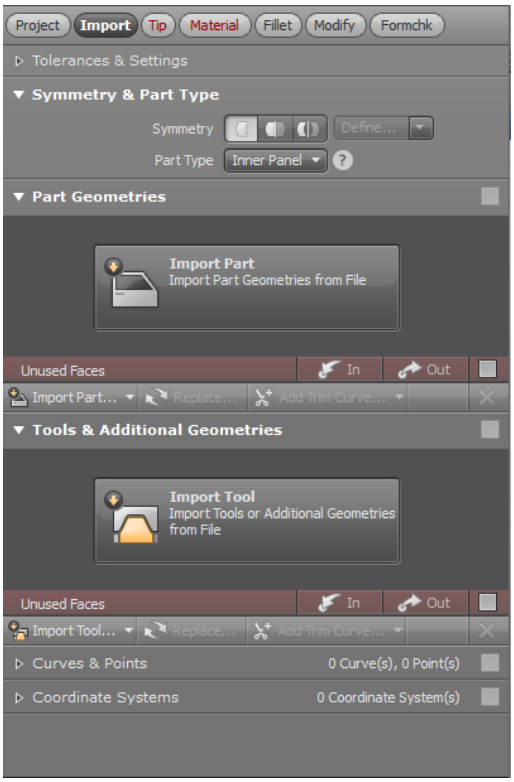


Рисунок 2.36 – Import

Опція Tip – дозволяє визначити положення системи координат виробу відносно системи координат преса. Провести візуалізацію поверхонь виробу при різному нахилі їх для всіх відносно центру штампа і осі z (рисунок 2.37).



Рисунок 2.37 – Tip

Опція Material – дозволяє внести в створений файл проекту фізико-механічні властивості заготовки з існуючих баз матеріалів. У цій опції вони можуть бути імпортовані та відредаговані. (рисунок 2.38)



Рисунок 2.38 – Material

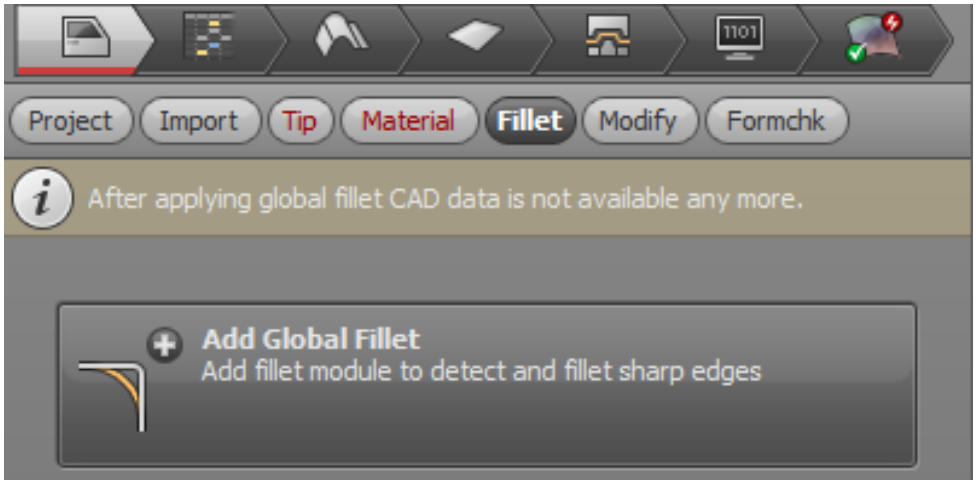


Рисунок 2.39 – Fillet

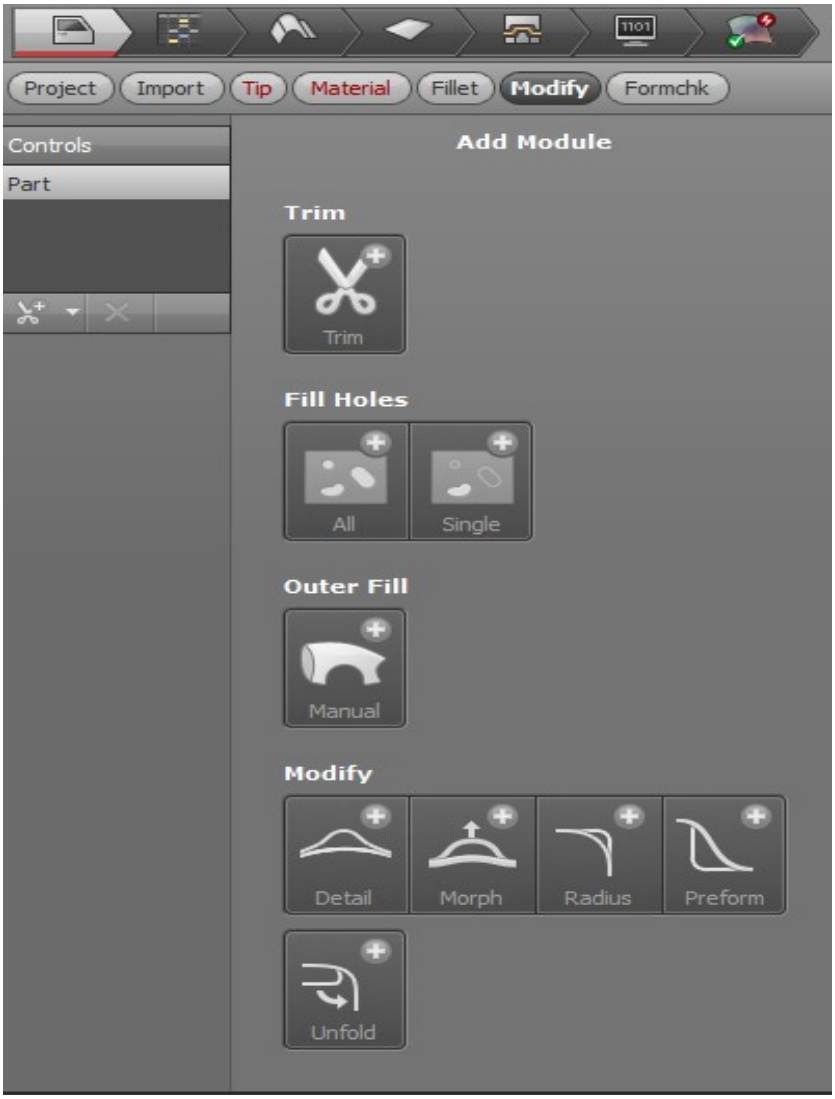


Рисунок 2.40 – Modify

Опція Modify – включає в себе 9 операцій, які дозволяють користувачеві уточнювати і змінювати імпортовану геометрію. При виклику компенсації для повністю імпортованих інструментів модуль компенсації буде автоматично доданий до списку (рисунок 2.40)

Formchk – опція, необхідна для встановлення на ранніх етапах проектування штампуваності, витягуваних Drawn Parts і схильних до згинання Bend Parts виробів (рисунок 2.41).

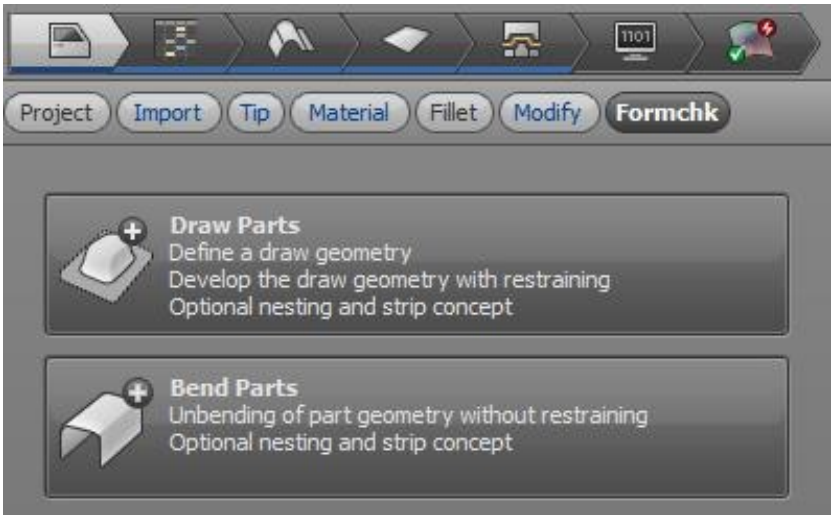


Рисунок 2.41 – Formchk

На етапі розробки технологічного процесу в модулі Plan Stage можна визначити послідовність процесу штампування для геометрії імпортованої деталі. Після вибору одного з п'яти наданих процесів користувач повинен призначити прес з бази даних пресів (стандартів). Залежно від обраного процесу при створенні плану автоматично створюється відповідна послідовність операцій. На наступному етапі можна визначити елементи деталі і призначити виробничу послідовність (стандарти обробки або так звані одиниці обробки) кожному елементу автоматично або вручну. Кожна операція і кожна одиниця обробки автоматично створюють відповідні операції та інструменти на наступних етапах. Таким чином, всі модулі є послідовними і надлишкової роботи можна уникнути. Функціонал Plan Stage складається з 5 основних опцій:

Опція Settings використовується для призначення параметрів налаштування для функціоналу Plan Stage. Ці налаштування необхідні для того, щоб визначити, які параметри автоплану активні і як вони будуть застосовуватися в новому технологічному процесі. Також призначаються технологічно обґрунтовані параметри, пов'язані з процесами пробивання і обрізки. Ці параметри і налаштування також доступні для призначення в стандарті Design Standard. Користувач може або працювати із завантаженим стандартом, або застосовувати налаштування через графічний інтерфейс, перезаписуючи завантажені або стандартні параметри за замовчуванням (рисунок 2.42).

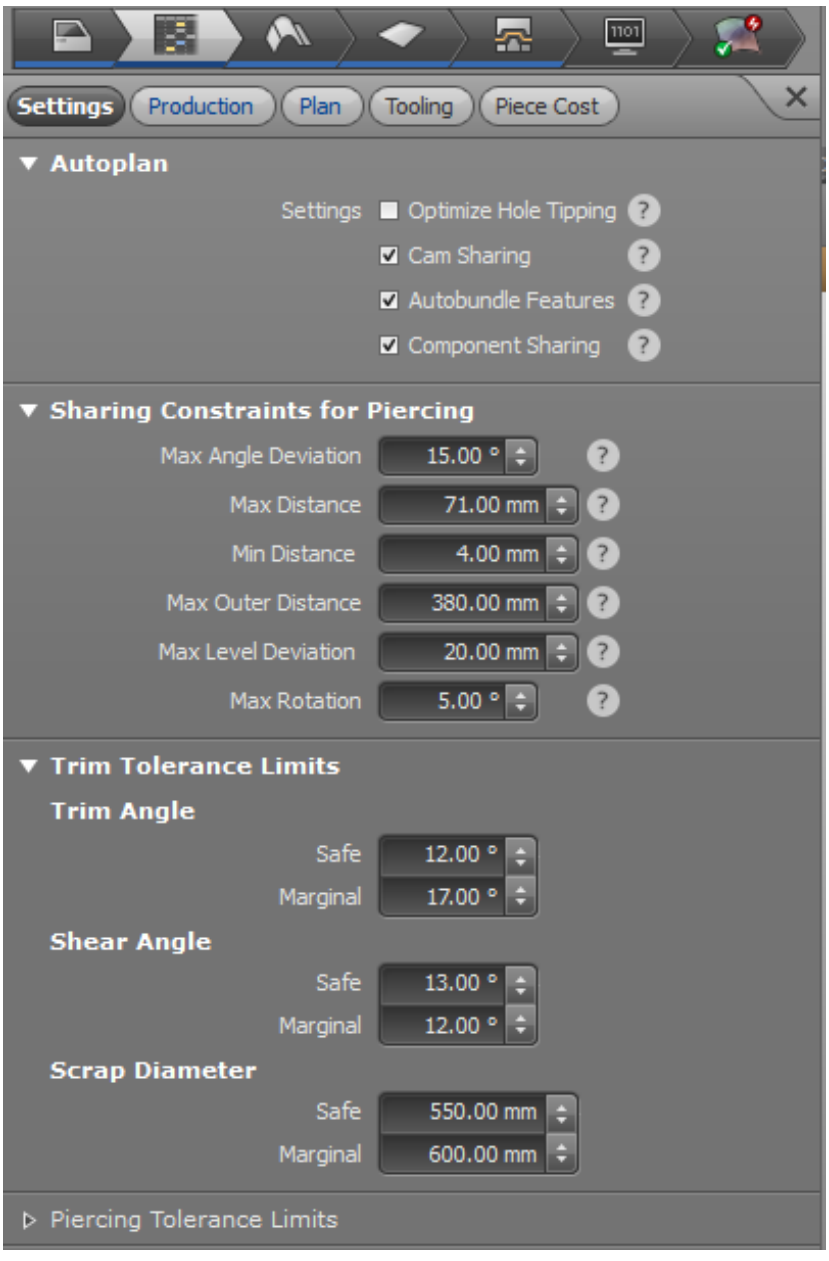


Рисунок 2.42 – Settings

2. Опція Production – використовується для визначення виробничого процесу та управління інформацією про технологічні послідовності операцій. Крім різних технологічних операцій на пресах доступні операції фланцювання, контролю та нагрівання заготовок (рисунок 2.43)

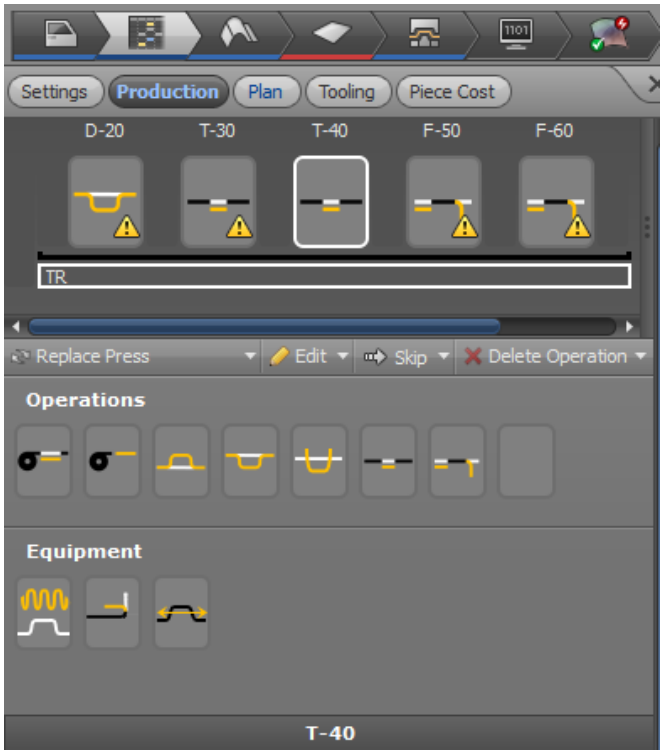


Рисунок 2.43 – Production

3. Опція Plan – визначає макет процесу для імпортованої геометрії. Така схема табличного процесу описує, що, як і де обробляється певний елемент деталі (рисунок 2.44)

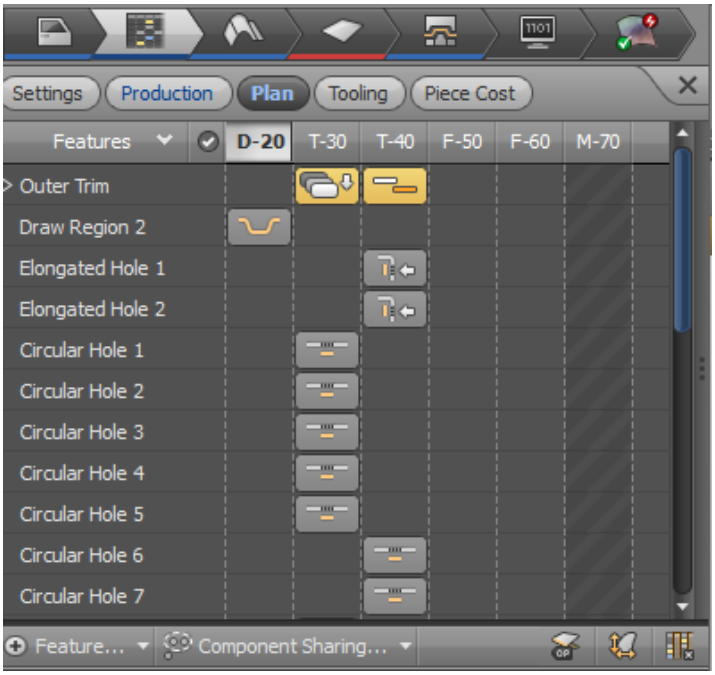


Рисунок 2.44 – Plan

4. Опція Tooling – виконує детальний розрахунок вартості оснащення та відповідних витрат ресурсів, а також іншу відповідну інформацію можна додати за допомогою кнопки Додати оснащення. Сторінка інструментів містить п'ять перемикачів виду: вхідні дані, огляд, компоненти, вартість, ресурси. (рисунок 2.45)



Рисунок 2.45 – Tooling

5. Опція Piece Cost – загальна вартість за штуку розраховується в рамках цього кроку. Ця вартість складається з декількох категорій: оснащення та

витрати на технічне обслуговування, вартість матеріалу, вартість виробничої лінії, вартість переробки, вартість логістики. (рисунок 2.46)

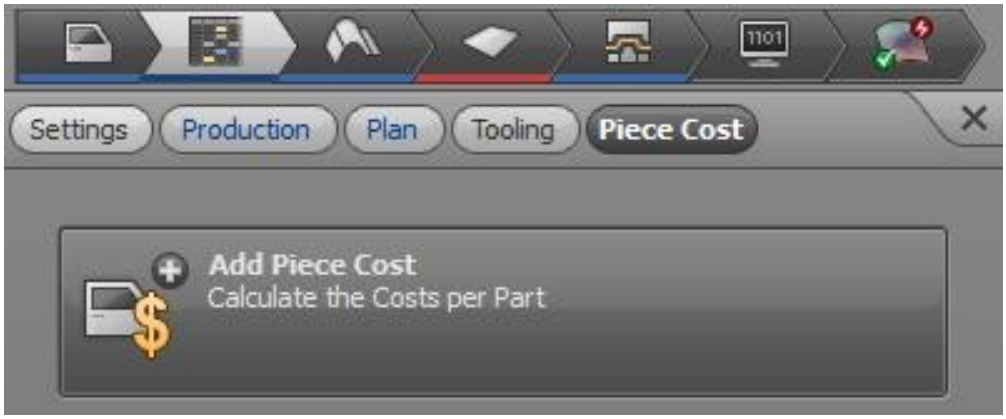


Рисунок 2.46 – Piece Cost

Функціонал Die Face Stage (рисунок 2.47) присвячений проектуванню геометрії штампувальних інструментів відповідно до виробничої лінії та технологічного процесу, які задані на етапі планування. Програмне забезпечення дозволяє швидко оцінити кілька альтернативних концепцій процесу. Операції та їх зміст автоматично запускаються зі стадії плану і не можуть бути істотно змінені на стадії штампування. Будь-яка зміна, виконана на стадії плану, негайно поширюється на стадію граней штампа і навпаки. Послідовність моделювання геометрії інструментів штампа операцій повинна бути виконана, починаючи з останньої операції (наприклад, формування) і повертаючись до першої (наприклад, витяжка). Ця процедура дозволяє скопіювати вибрані грані в геометрію інструменту в попередню операцію, в іншому випадку вони автоматично видаляються.

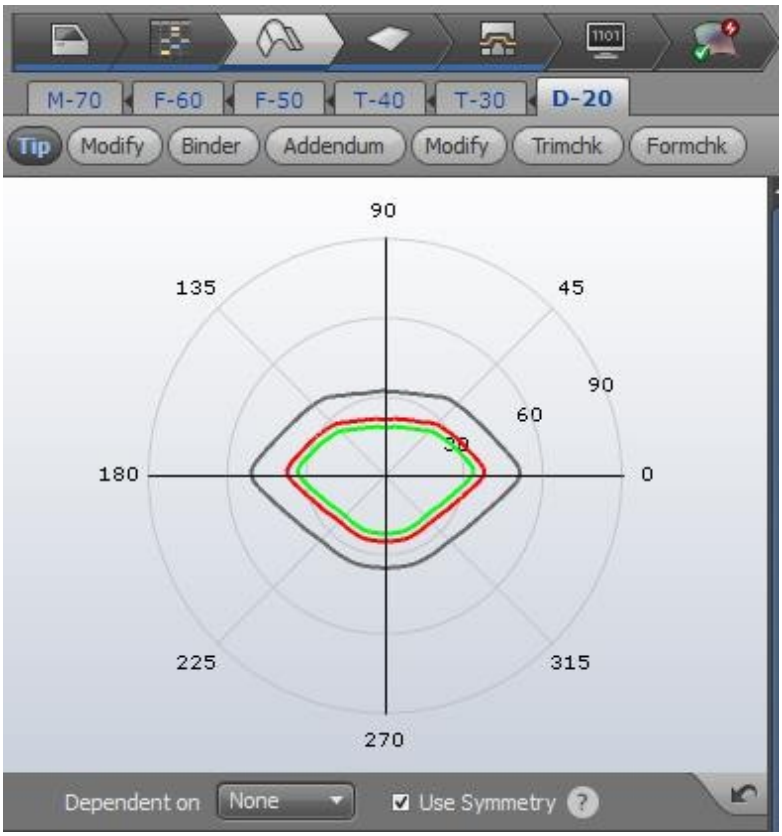


Рисунок 2.47 – Die Face Stage

Функціонал Blank Stage (рисунок 2.48) пропонує опції для: визначення заготовки (контур, кут нахилу заготовки, її положення, тип симетрії), вирізів заготовок, ліній зварювання, зон прокатки заготовок і зон заплат, а також обмежувальних ліній для моделювання; вкладеності та вбудовування контуру в розкрій (оптимізація за площею або ціною); огляду результатів (вага та ціни, вид заготовки та рулону).

Залежно від доступних вхідних даних користувач може вибрати один з чотирьох варіантів визначення заготовки: створення плоскої заготовки; створення заготовки для прогресивного штампа; створення попередньо деформованої заготовки, створення попередньо сформованої заготовки.

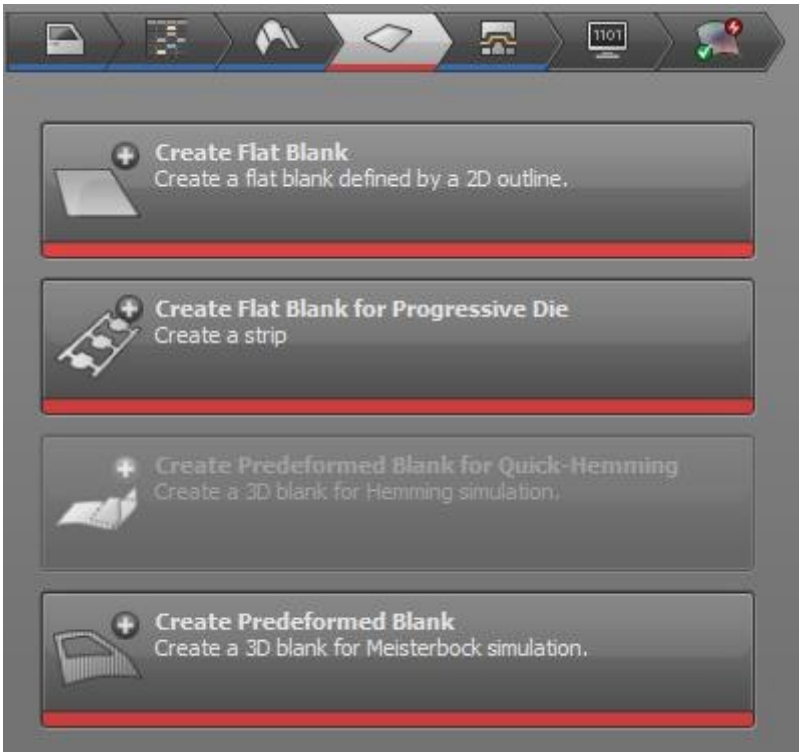


Рисунок 2.48 – Blank Stage

У функціоналі Process Stage всі вхідні дані для всіх операцій визначаються на цьому етапі і передаються в вирішувач AutoForm – Incremental. Це включає інформацію про кількість і послідовність кроків операції, геометрію інструменту, положення інструменту і кінематику.

Далі підключається функціонал Simulation для вирішення моделювання процесів листового штампування.

Для виконання аналізу технологічного процесу листового штампування в Autoform на базі CostEstimator, необхідно в функціоналі Plan Stage відкрити опцію Tooling, і програма автоматично виведе діаграми і таблиці з витратами по операціях.

В опції Tooling (рисунок 2.45) проводиться детальний розрахунок вартості оснащення та відповідних витрат ресурсів.

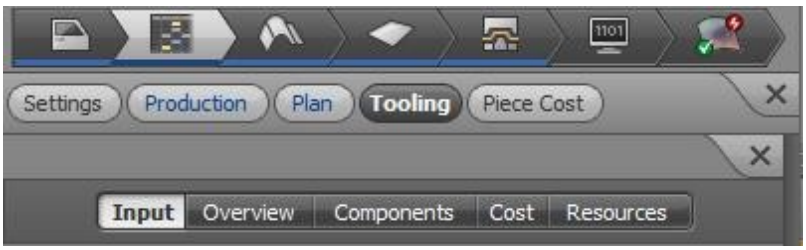


Рисунок 2.49 – Затраты в Tooling

У вкладці Input (вхідні дані) (рисунок 2.50) представлені наступні параметри

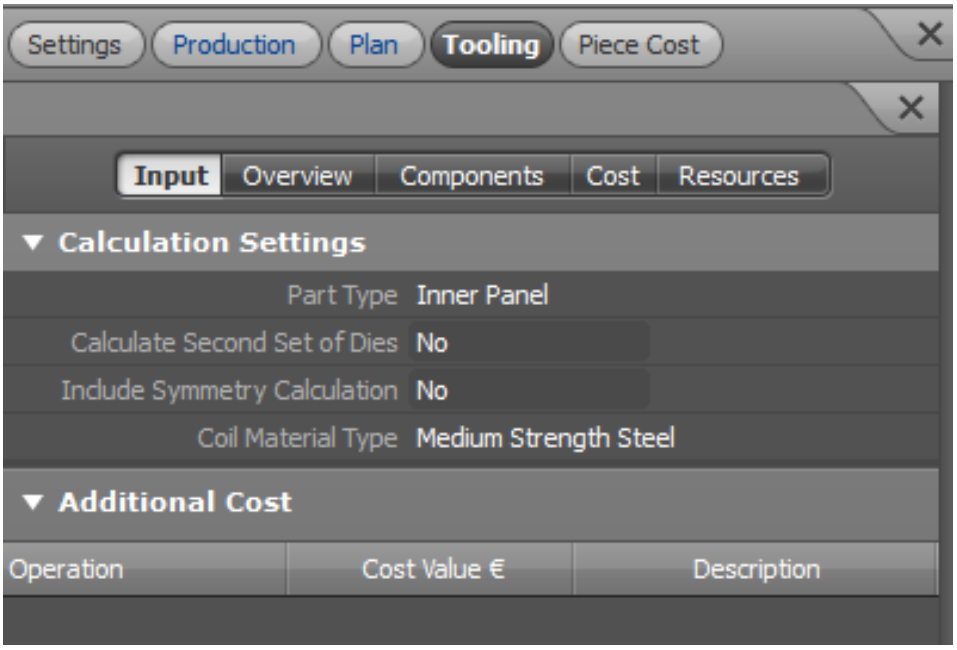


Рисунок 2.50– Input

1. Тип деталі (Part Type) впливає на розрахунок на рівні компонентів, а також на розрахунок механічної обробки. Тип деталі задається на етапі імпорту (симетрія і тип деталі) і може бути змінений тільки там.

2. Розрахунок другого комплекту штампів (Calculate Second Set of Dies), якщо опція включена, то для симетричної деталі автоматично розраховується другий набір штампів (якщо друга деталь відсутня в імпортованій геометрії), наприклад, визначивши технологічний план задньої двері зліва, ви можете включити набір штампів для відповідної задньої двері справа у вартість оснащення за допомогою цієї опції.

3. Розрахунок симетрії (Include Symmetry Calculation), якщо встановлено значення так, то деталь обчислюється як симетрична деталь. Це значення автоматично встановлюється залежно від параметра симетрії, обраного під час імпорту деталі. Але можна перевизначити налаштування, якщо, наприклад, була імпортована вся геометрія симетричної деталі (замість однієї половини геометрії).

4. Тип рулону матеріалу (Coil Material Type) залежно від міцності та щільності матеріалу для обраного матеріалу буде застосовано адекватний коефіцієнт доплати до загальної вартості за операцію.

5. Додаткові витрати (Additional Cost) користувач може ввести витрати, які не враховуються в рамках стандартного розрахунку. Додаткові витрати визначаються для кожної операції.

У вкладці Overview (рисунок 2.51) відображаються найбільш важливі відомості, що стосуються розрахунку витрат і плану процесу, перераховані на вкладці Overview tab. Вартість однієї операції (Cost per Operation) містить інформацію про загальну вартість і гістограму із зазначенням загальної вартості для кожної операції та набору штампів. Вартість за категоріями (Cost per Category) містить кругову діаграму розподілу загальних витрат за різними категоріями витрат і зведену інформацію про зміст кожної операції.

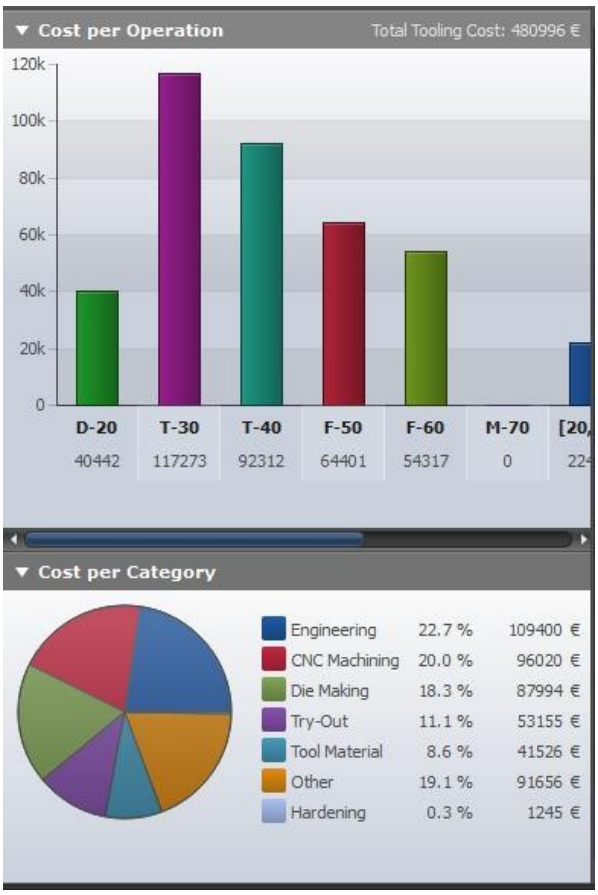


Рисунок 2.51 – Overview

У вкладці «Компоненти» (рисунок 2.52) представлений набір компонентів інструменту, пов'язаних з кожним етапом обробки, базовим вузлом і штампом. У вкладці перераховані всі компоненти інструменту, що розглядаються для розрахунку. Список сортується за операціями. Для кожної вибраної операції зі списку зліва спочатку перераховуються всі компоненти обробки, а потім компоненти для базової збірки. Базова збірка і компоненти набору штампів доступні і редагуються з етапу виробничої лінії. Доступ до компонентів обробки можна отримати з етапу плану процесу. Всі компоненти інструменту, які необхідні для відповідної дії інструменту, що визначається блоком обробки, пов'язані з блоком обробки. При виборі одиниці обробки на панелі план процесу і клацанні правою кнопкою миші/правка відкриється діалогове вікно на місці зі списком всіх доступних компонентів і докладними розрахунками для обраного компонента. У розділі Відомості перераховані споживання ресурсів і результуючі витрати для кожного етапу виробництва і

матеріалу. Кожен компонент має певні редаговані або видимі параметри (видимі значення є інформаційними, вони не впливають на розрахунок).

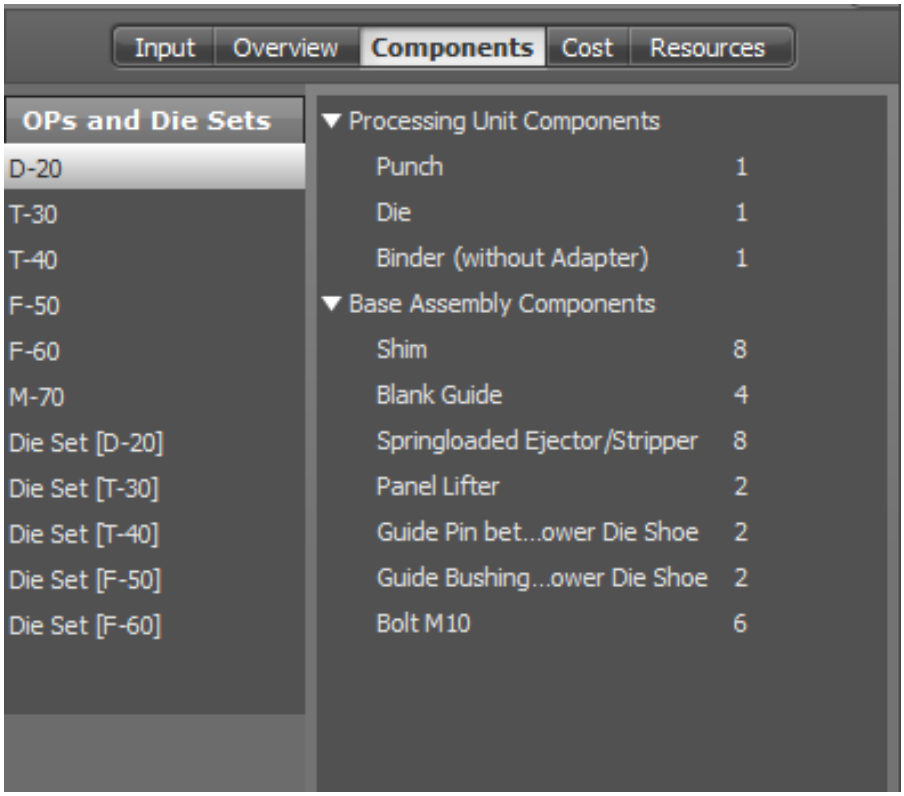


Рисунок 2.52 – Components

У вкладці Cost (рисунок 2.53) показано результат витрат на інструментальні засоби. Кожен рядок таблиці витрат відповідає виробничому етапу або матеріалу відповідно, а кожен стовпець - операції або штампу відповідно. Загальна вартість кожного етапу виробництва або матеріалу (сума в рядку), відповідно, і загальна вартість для кожної операції, а також загальна сума витрат на гартування і матеріал розраховуються для випуску продукції. Рядок додаткових витрат містить значення, додані на вкладці введення. Рядок доплати містить доплату за всі витрати в рамках однієї операції. Це матеріальна надбавка, визначена в стандарті Оснащення.

Input | Overview | Components | **Cost** | Resources

Item €	Total	D-20	T-30	T-40	F-50	F-6
▶ Engineering	109'400	14'356	24'728	19'146	15'272	1
▶ CNC Machining	96'020	10'021	23'659	16'449	16'589	1
▶ Die Making/...nufacturing	87'994	3'606	24'668	16'368	11'713	
▶ Die Tryout	53'155	4'246	19'446	12'904	10'249	
▶ Cast / Steel	38'522	4'629	4'198	3'477	3'546	
▶ Other Materials	3'005	77	746	743	528	
▶ Other Costs	82'225	2'714	17'089	21'084	4'824	1
▶ Hardening	1'245	-	440	332	417	
Additional Cost	-	-	-	-	-	
Surcharges	9'431	793	2'299	1'810	1'263	
Total	480'996	40'442	117'273	92'312	64'401	5

Рисунок 2.53 – Cost

Серед цих категорій - тридцять два етапи виробництва, п'ятнадцять типів матеріалів і чотири типи зміцнення (детальний список див. нижче). Витрати в графічному інтерфейсі представлені у вигляді округлених значень; в експорті витрат - неокруглені значення. За допомогою кнопки Show Kilo внизу можна переключити відображення значень на більш коротку нотацію з множником 1000 і назад (показати 1000).

У вкладці Resources (рисунок 2.54) у верхній частині таблиці ресурсів вказані розрахункові трудовитрати і години обробки. У розділі матеріалів нижче вказано кількість необхідного матеріалу в кг (за винятком готових компонентів/стандартних компонентів). Для зміцнення додатково вказується розрахункова кількість кілограмів (у разі гартування сталей або повного зміцнення відповідно) або в метрах (лазерне поверхневе зміцнення або індукційне зміцнення відповідно). Другий стовпець показує для кожного рядка одиницю виміру, в якій вона обчислюється.

Input | Overview | Components | Cost | **Resources**

Item	Unit	Total	D-20	T-30	T-40	F-5
▼ Engineering	h	1'675	225	373	286	
Process La...Simulation	h	53	11	11	11	
Full 3D Tool Design	h	914	107	208	164	
Styrofoam Pattern	h	307	58	44	27	
Full 2D a...ogramming	h	402	48	110	85	
▶ CNC Machining	h	1'282	137	330	221	
▶ Die Making/...nufacturing	h	1'467	60	411	273	
▶ Die Tryout	h	747	55	280	186	
▶ Cast / Steel	kg	26'050	1'714	2'590	2'230	
▶ Other Materials	-	-	-	-	-	
▶ Other Costs	-	82'225	2'714	17'089	21'084	
▶ Hardening	-	-	-	-	-	

Рисунок 2.54 – Resources

2.8.2 Методика призначення параметрів технологічного обладнання в стандартах Autoform

Для того щоб призначити параметри технологічного обладнання в Autoform, користувач повинен завантажити стандарт Press через основне меню. У базі даних стандартів Autoform використовуються чотири типи

технологічного обладнання: прес для вирубки заготовок, лінія пресів, багатопозиційний прес і прес для прогресивного штампування.

Першим етапом є створення стандарту залежно від типу обладнання. В основному меню стандарту Press необхідно натиснути кнопку New і у вікні, що відкрилося, вибрати тип обладнання (рисунок 2.55)

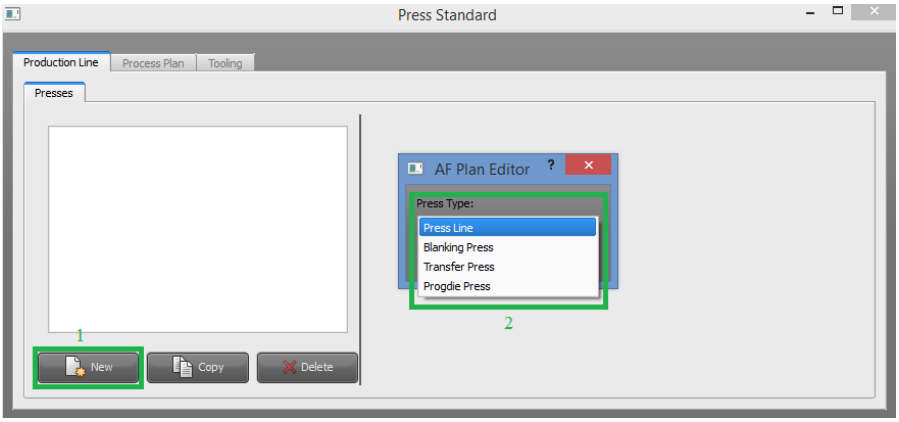


Рисунок 2.55 – Створення та вибір типу обладнання

Другим етапом у вікні, що відкрилося, користувач може задати ім'я обладнання в модулі Presses у вкладці Customer Presses (рисунок 2.56)

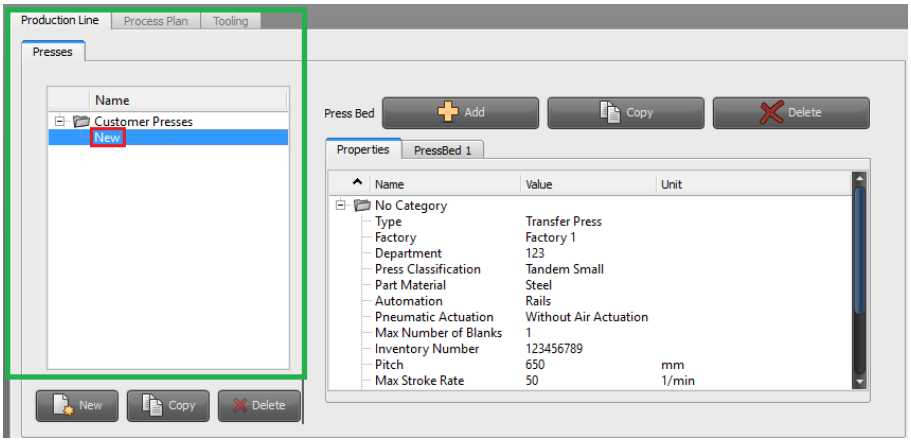


Рисунок 2.56 – Призначення імені обладнання

Третім етапом користувач редагує дані у властивостях преса, який використовується на заводі для виробництва потрібної користувачеві деталі. У властивостях користувач може внести дані про тип преса, завод, відділі, класифікації преса, матеріалі деталі, автоматизації, пневматичному приводі, максимальній кількості заготовок, інвентарному номері, кроці подачі, максимальній і мінімальній швидкості ходу, часі зміни інструменту, погодинній вартості витрат на прес (рисунок 2.57), редагування виконується подвійним натисканням на потрібний параметр і внесенням даних користувача.

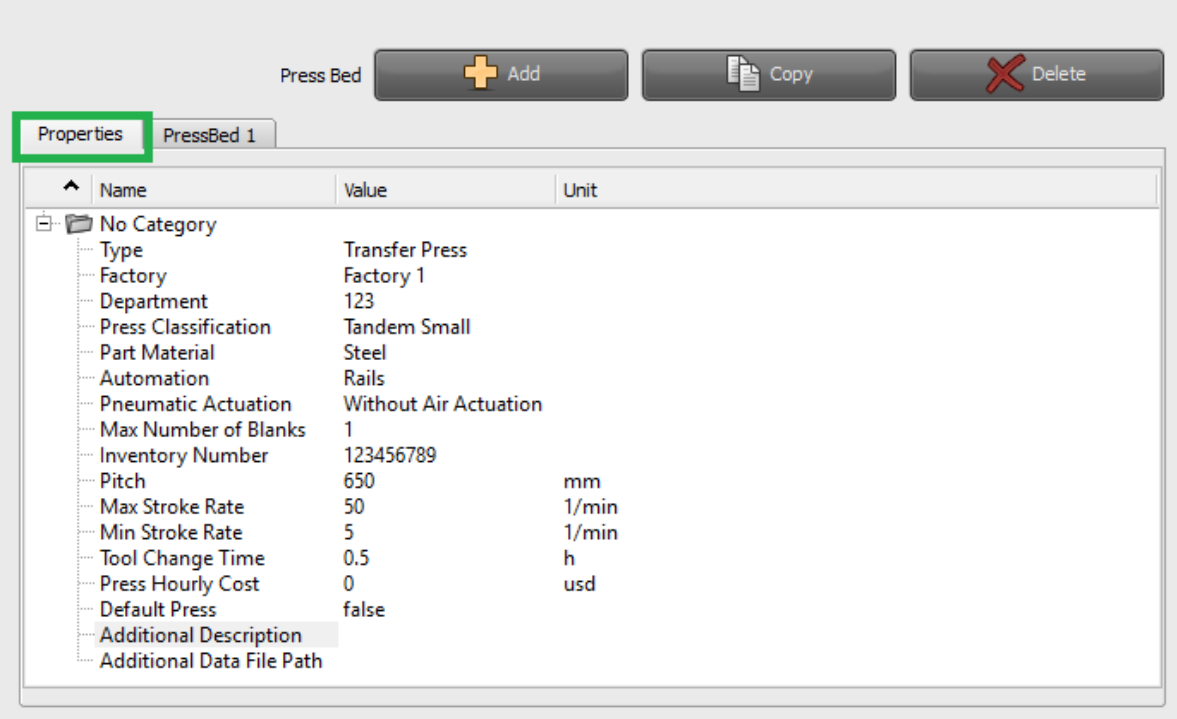


Рисунок 2.57 – Властивості преса в стандарті

Четвертим етапом користувач редагує властивості повзуна преса, для того щоб додати повзун необхідно натиснути кнопку Add. У вкладці Press Bed наведені наступні характеристики: зусилля притиску, зусилля на повзуні, ширина повзуна, довжина повзуна, ширина і довжина станини, закрита висота, хід (рисунок 2.58). Редагування параметрів виконується так само подвійним натисканням на потрібний параметр.

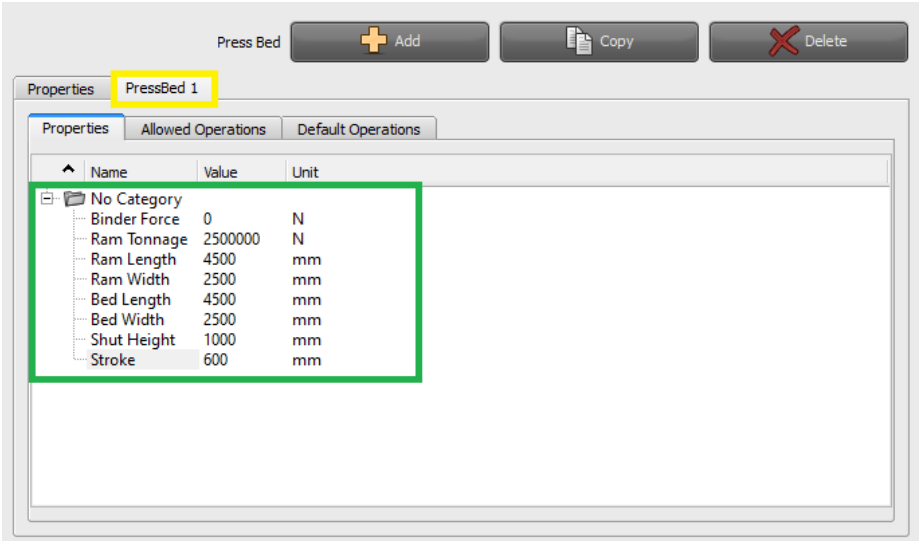


Рисунок 2.58 – Властивості повзуна преса

П'ятим етапом є внесення даних у вкладці Allowed Operations, в якій вказуються дозволені операції для обладнання. Список у лівій частині редактора (вкладка «Дозволені операції») показує призначені на даний момент дозволені операції; список праворуч показує всі доступні операції (рисунок 2.59)

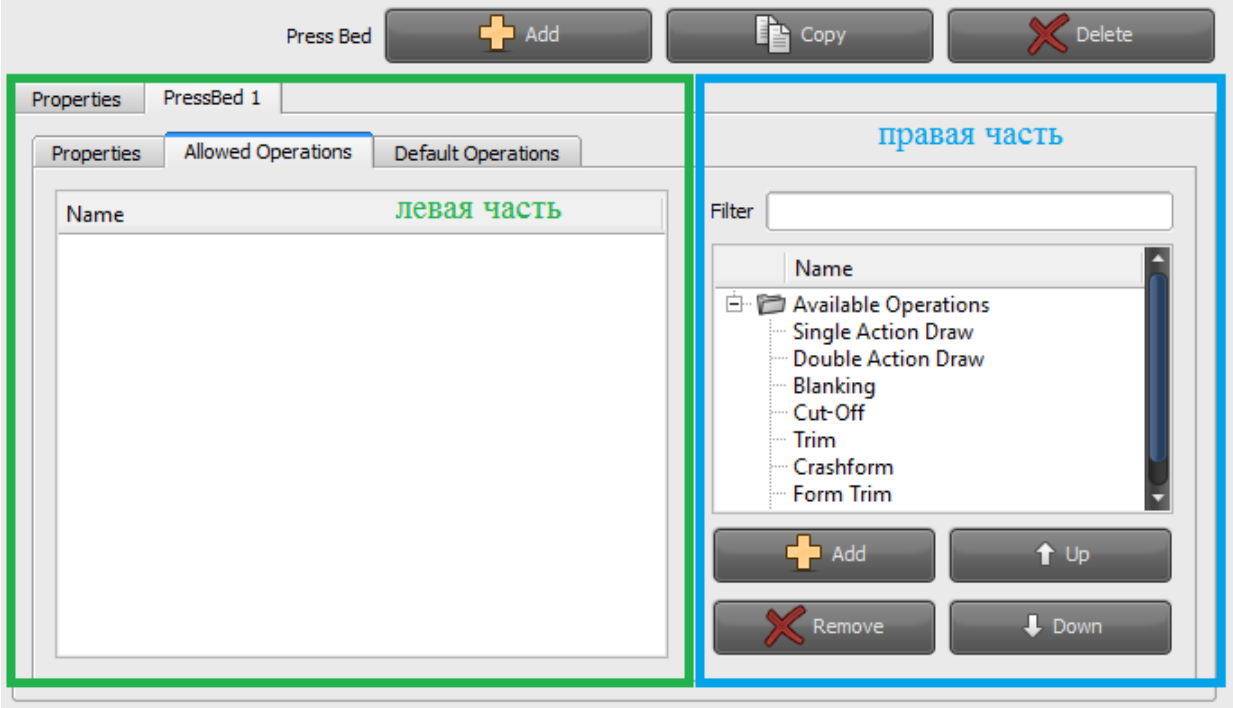


Рисунок 2.59 – Дозволені операції для обладнання

Додати необхідну операцію можна шляхом вибору операції в правому списку і натискання клавіші Add, після цього операція перейде в список дозволених операцій. Видалення операції здійснюється вибором операції в лівому списку і натисканням на Remove, після чого дана операція видаляється зі списку дозволених операцій. Up/ Down не відноситься до дозволених операцій, а використовується тільки для операцій за замовчуванням.

На шостому етапі користувач може внести зміни в операції за замовчуванням у вкладці Default Operations. Послідовність за замовчуванням визначається для кожного преса (не для преса), тобто для лінії пресів і заготовочних пресів повинна бути визначена тільки одна операція за замовчуванням для преса. Послідовність операцій для прогресивних пресів

може бути відрегульована на основі поточного кроку і розміру станини преса. Користувач може додати: шляхом вибору операції в правому списку і натиснувши на Add, після цього операція додається до списку операцій за замовчуванням, також користувач може видалити, вибравши операцію в лівому списку і натиснувши Remove, після чого операція видаляється зі списку операцій за замовчуванням. Up/ Down: шляхом вибору операції в лівому списку Up/ Down ця операція переміщується Up/ Down в послідовності операцій за замовчуванням.

Сьомим етапом є збереження відредагованого стандарту для технологічного обладнання, використовуючи кнопку Save As і прописуючи шлях збереження.

2.8.4 Висновки

1. Встановлено, що методика розробки та аналізу технологічного процесу листового штампування в Autoform на базі CostEstimator і методика призначення параметрів технологічного обладнання в стандартах Autoform, поряд з проектуванням геометрії та основних елементів штампувального оснащення для витяжних операцій, є фундаментом для оцінки витрат на виготовлення штампувального оснащення з точним прогнозуванням витрат ще до початку процесу проектування та виготовлення штампувального оснащення

2. Розроблено дві методики та описано проектування геометрії та оснащення елементів штампувального оснащення для витяжних операцій в AutoForm на базі модуля CostEstimator. Основа першої методики полягає в розробці та аналізі технологічного процесу листового штампування на базі CostEstimator. Суттю другої методики є призначення параметрів технологічного обладнання в стандартах програмного продукту Autoform.

3 ОБРОБКА І ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Моделювання витяжних переходів і оснащення в Autoform на базі CostEstimator для деталі «Панель підлоги задня»

3.1.1 Моделювання витяжного переходу та оснащення в Autoform для деталі «Панель підлоги задня»

Першим етапом моделювання витяжного переходу деталі «Панель підлоги задня» є імпорт геометрії деталі та робочого інструменту в Autoform. Цей процес виконується в модулі Part Stage з використанням опцій Import Part та Import Tools (рисунок 3.1).

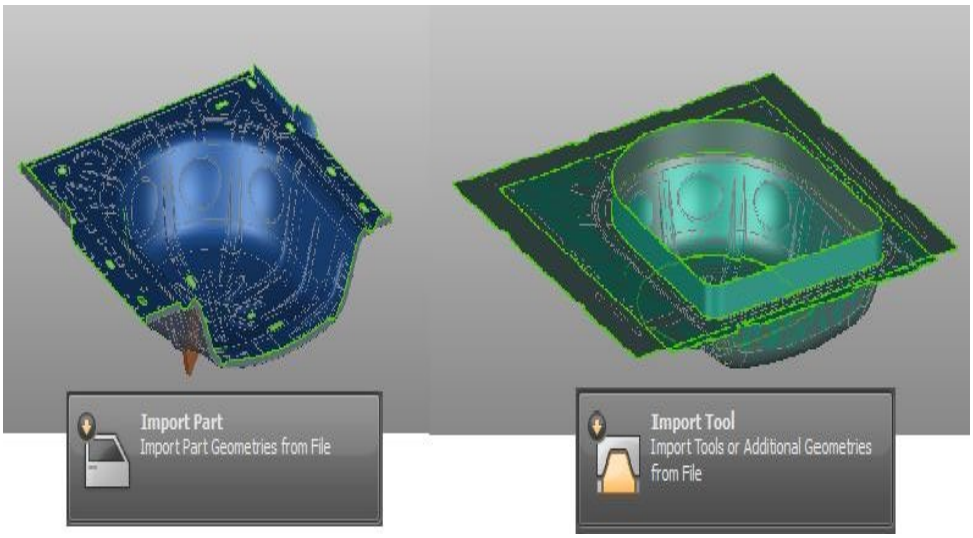


Рисунок 3.1 – Імпорт деталі та робочого оснащення в Autoform

Другим етапом є визначення умови нахилу (Tip) імпортованих геометрій і положення відносно центру штампа, даний етап виконується з використанням опції Manual Tipping (рисунок 3.2)

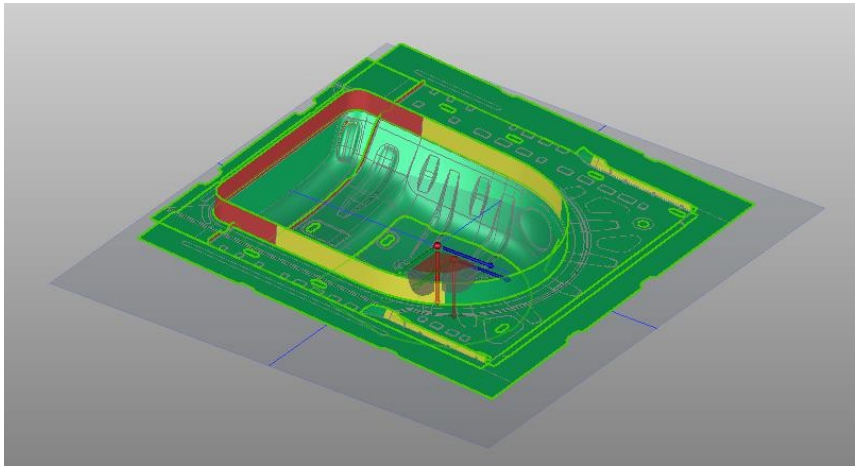


Рисунок 3.2 – Тір

Третім етапом є визначення матеріалу і товщини у вкладці Material, для вивантаження матеріалу необхідно вибрати опцію Add Material, з бібліотеки, що відкрилася, вказується матеріал Europe-> Steels for cold forming-> DC04 і задається товщина матеріалу, для даної деталі товщина становить 0,7 мм (рисунок 3.3).

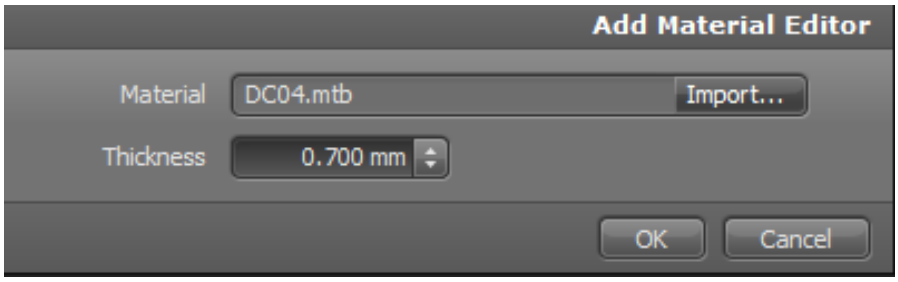


Рисунок 3.3 – Матеріал і товщина

Четвертим етапом моделювання витяжного переходу є визначення плану процесу в модулі Plan Stage. Для складання нового плану використовують функцію Create Plan. У вікні, що відкрилося, необхідно вибрати операцію Double Action Draw і вибрати обладнання, використовуючи функцію Replace Press. Операція витяжки для деталі «Панель підлоги задня» виконується на трансферному пресі (рисунок 3.4).

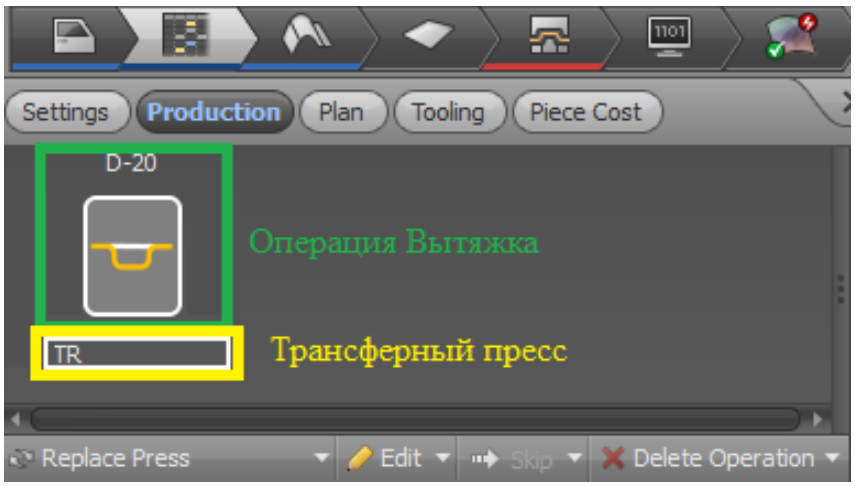


Рисунок 3.4 – Вибір операції та обладнання

П'ятим етапом є створення макета процесу у вкладці Plan. Для операції «Витяжка» у таблиці плану необхідно в комірці перетину рядка Draw Region 1 і стовпця D-20 подвійним клацанням вибрати операцію Drawing. (рисунок 3.5)



Рисунок 3.5 – Макет процесу

Шостим етапом є визначення геометрії заготовки, для цього необхідно використовувати модуль Blank Stage і вибрати опцію Create Flat Blank. Для деталі «Панель підлоги задня» використовується прямокутна заготовка розміром 980x1080 мм. У вкладці Outline потрібно вибрати опцію Edit, у вікні, що відкрилося, вибрати Sketch і внести розміри заготовки (рисунок 3.6). Позиціонування заготовки виконується відносно матриці.

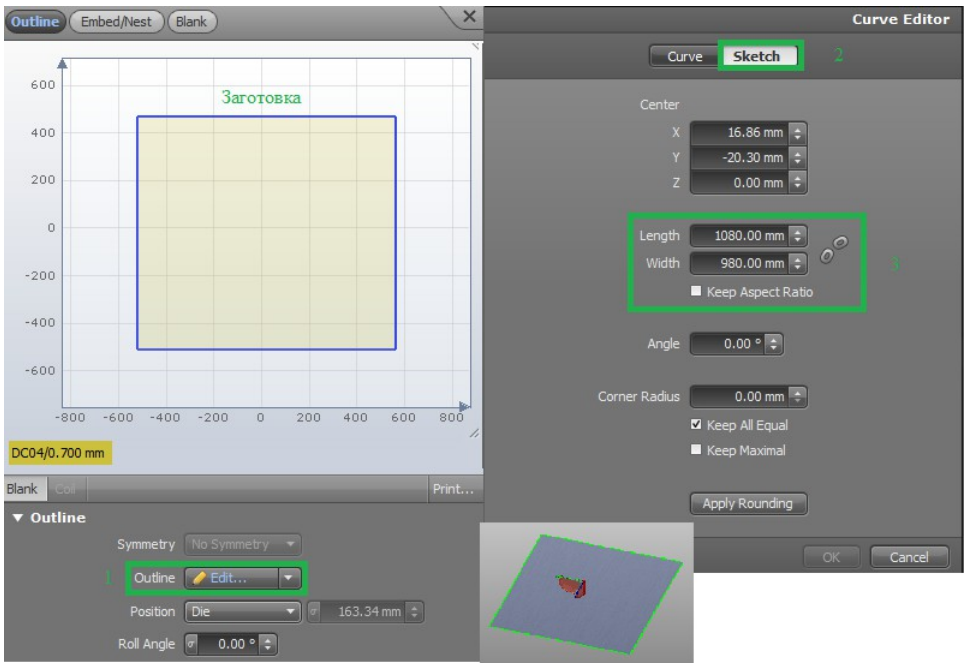


Рисунок 3.6 – Заготовка для панелі підлоги задньої

Сьомим етапом моделювання витяжного переходу є завдання параметрів інструменту в модулі Process Stage. Для Ram потрібно вибрати пуансон (Punch), для цього потрібно вибрати опцію Geometry -> Define і вибрати необхідне оснащення зі списку, також призначити рух Tool Contact -> Upper Side of Blank, а в Support Type вказати Rigid (рисунок 3.7).

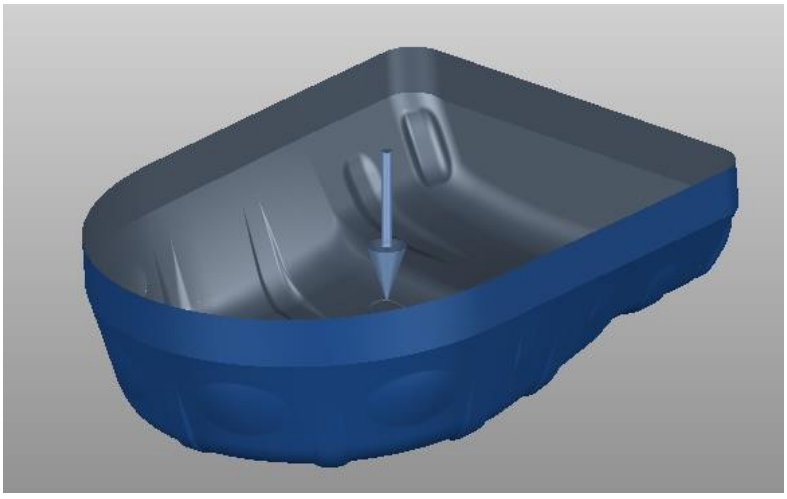


Рисунок 3.7 – Пуансон

Для Bed потрібно вибрати матрицю (Die) для цього потрібно вибрати опцію Geometry -> Define і вибрати необхідне оснащення зі списку,

далі призначити рух Tool Contact -> Lower Side of Blank, в Support Type вказати Rigid (рисунок 3.8)

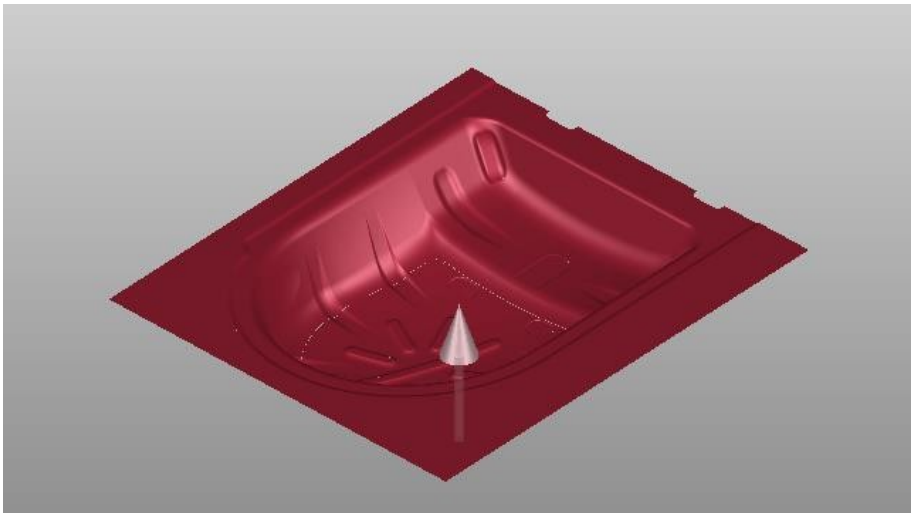


Рисунок 3.8 – Матриця

Для Binder Ram потрібно вибрати притиск (Binder) для цього потрібно вибрати опцію Geometry -> Define і вибрати необхідне оснащення зі списку, далі призначити рух Tool Contact -> Upper Side of Blank, в Support Type вказати Force Controlled щодо Die, далі вказати хід і зусилля для кожної операції ці значення свої (рисунок 3.9)

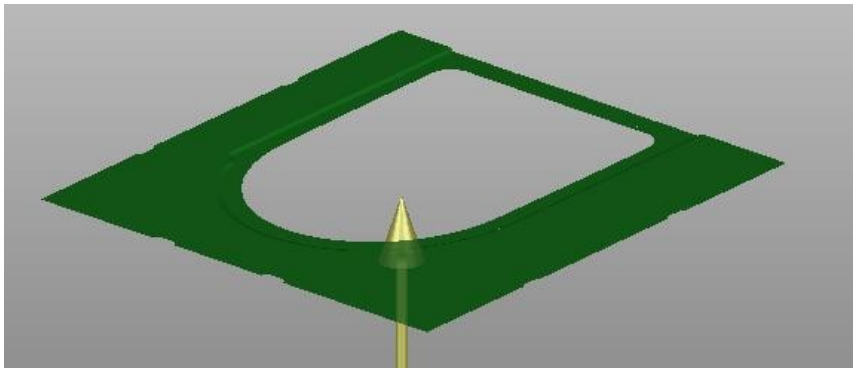


Рисунок 3.9 – Прижим

Восьмим етапом є запуск розрахунку симуляції в модулі Simulation, використовуючи кнопку Start у вкладці Start. (рисунок 3.10)

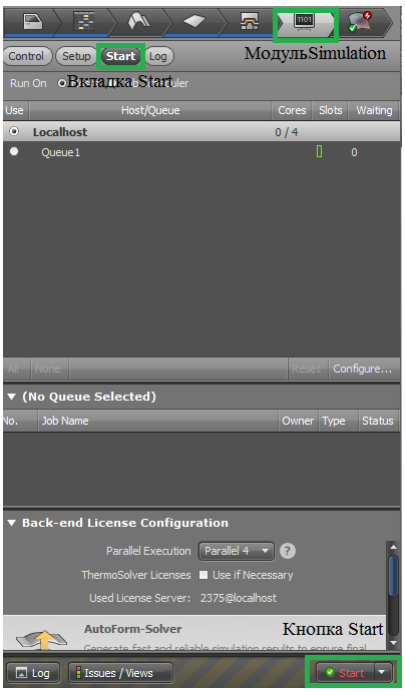


Рисунок 3.10 – Запуск розрахунку витяжної операції для деталі «Панель підлоги задня»

Завершальним етапом моделювання витяжного переходу та оснащення в Autoform для деталі «Панель підлоги задня» призначено перегляд результатів виконаної симуляції. (рисунок 3.11)

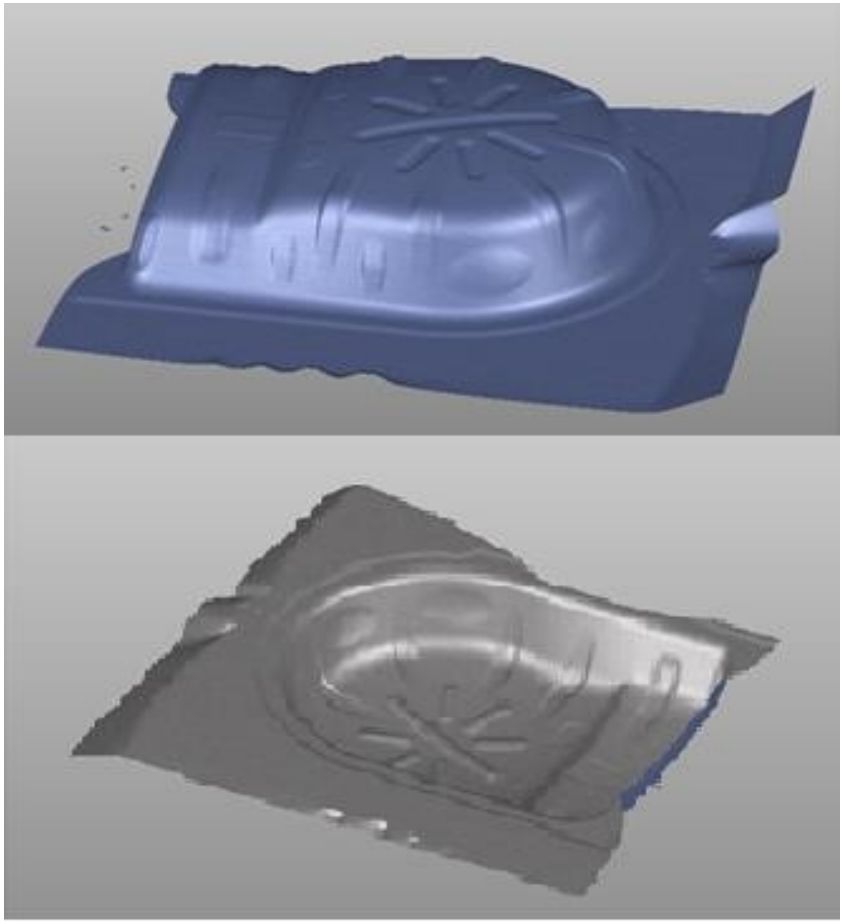


Рисунок 3.11 – Перший витяжний перехід деталі

Програмний комплекс Autoform дозволяє досить швидко проаналізувати штампуваність деталі та оптимізувати технологічний процес» [12, с. 1]. Перегляд результату симуляції виконується в модулі Evaluation Stage, в якому користувач може легко знайти відповідні змінні результату для оцінки різних критеріїв якості. Можливість здійснення технологічного процесу для операції

«Витяжка панелі підлоги задньої» оцінюється з використанням діаграми граничних деформацій (FLD - діаграма), яка відображає криву граничної зміни форми FLC (рисунок 3.12)

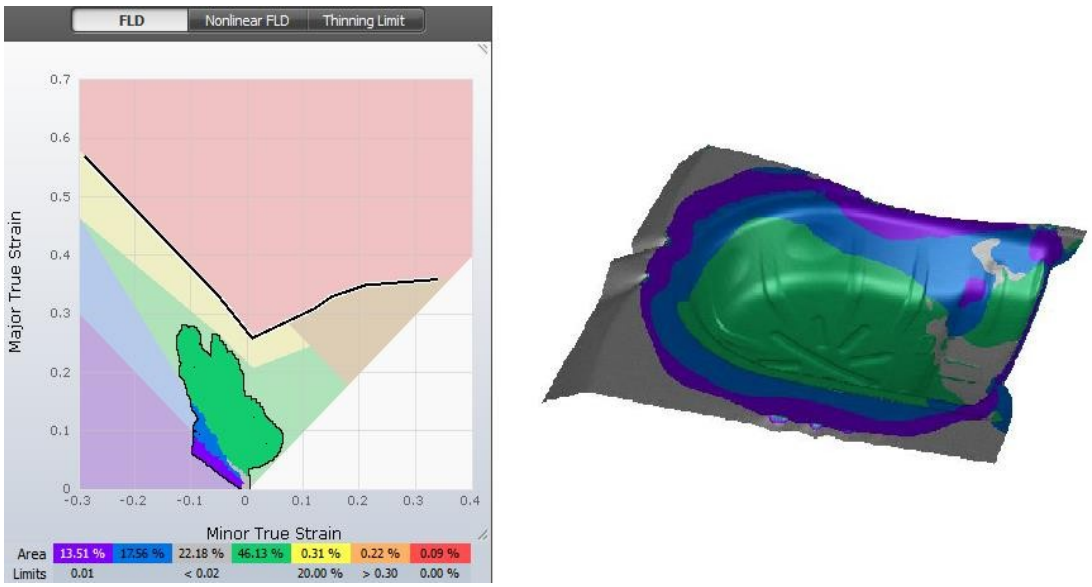


Рисунок 3.12 – FLD діаграма формоутворюючої операції

Значення деформацій знаходяться нижче кривої граничної зміни форми FLC, таким чином процес формоутворюючої операції «Витяжка панелі підлоги задньої» можливий без розривів і уточнень.

Першим етапом редагування стандарту Process Plan є вибір операції та типу обладнання, на якому виконується операція, таким чином для деталі «Панель підлоги задня» у вкладці Base Assemblies обрано операцію Draw та обладнання Transfer Press (рисунок 3.13)

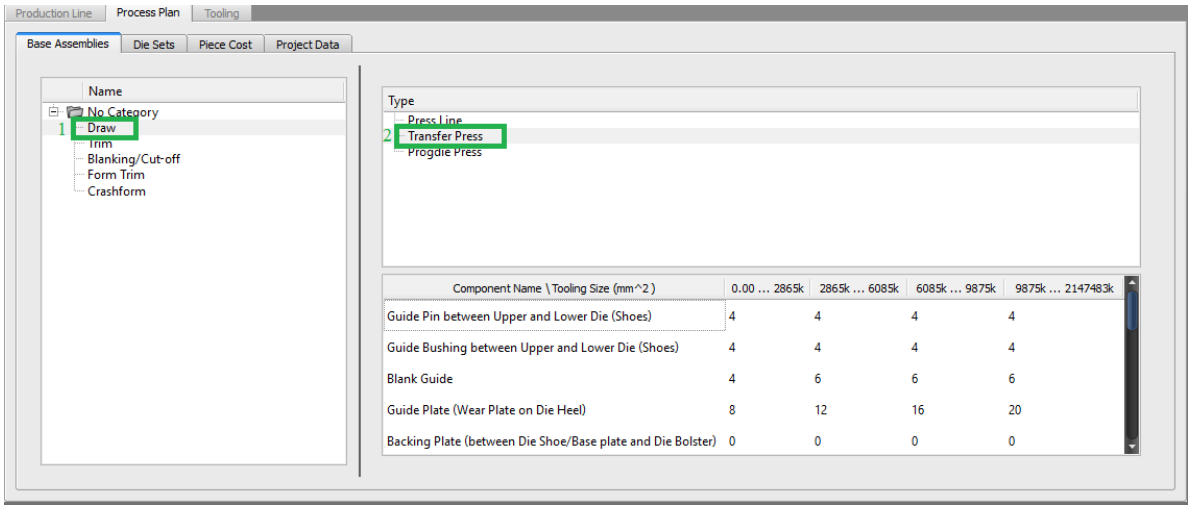


Рисунок 3.13 – Вибір операції та типу обладнання для панелі підлоги задньої частини

У вкладці Base Assemblies компоненти поділяються на компоненти

процесу і компоненти базової збірки. Компоненти процесу, такі як пуансон, матриця, притиск в програмному продукті Autoform розпізнаються автоматично, таким чином кількість компонентів процесу редагувати в стандарті Process Plan не потрібно. Для витяжного штампа деталі «Панель підлоги задня» підібрано кількість необхідних компонентів базової збірки залежно від розміру робочого оснащення (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 – Компоненти базової збірки витяжного штампа

Назва компонента	Кількість
Пуансон	1
Матриця	1
Прижим	1
Клин	8
Напрямна заготовки	4
Пружинний знімач	8
Захоплення з присосками	2
Колонка направляюча	4
Втулка направляюча	4
Болт М10	6

Кількість компонентів безпосередньо впливає на оцінку витрат виготовлення штампового оснащення для конкретної деталі. Після того як визначено кількість компонентів для базової збірки витяжного штампа панелі підлоги задньої, дані заносяться в інформаційну базу стандарту Process Plan. (рисунок 3.14)

Component Name \ Tooling Size (mm^2)	0.00 ... 2865k	2865k ... 6085k	6085k ... 9875k	9875k ... 2147483k
Guide Pin between Upper and Lower Die (Shoes)	4	4	4	4
Guide Bushing between Upper and Lower Die (Shoes)	4	4	4	4
Blank Guide	4	6	6	6
Guide Plate (Wear Plate on Die Heel)	8	12	16	20
Backing Plate (between Die Shoe/Base plate and Die Bolster)	0	0	0	0
Balance Block/Plate	0	0	0	0
Shim	8	8	8	8
Storage Gas Spring	2	2	2	2
Springloaded Ejector/Stripper	8	12	12	12
Panel Lifter	2	2	4	4
Fuse Protection	1	1	1	1
Guide Pin between Binder and Lower Die Shoe	2	2	2	2
Guide Bushing Between Binder and Lower Die Shoe	2	2	2	2
Bolt M10	6	0	0	0
Bolt M12	0	10	0	0
Bolt M16	0	0	24	0
Bolt M20	0	0	0	24
Bolt M24	0	0	0	0

Рисунок 3.14 – Компоненти базової збірки витяжного штампа панелі підлоги задньої

Після внесення змін до Base Assemblies, потрібно виконати редагування набору штампа у вкладці Die Set. Набір штампа являє собою інструмент і пристосування для кріплення основних робочих частин штампа, таких як пуансон, матриця. Кількість компонентів набору штампа встановлюється залежно від типу преса. Для листового штампування деталі

«Панель підлоги задня» використовується трансферний прес (багатопозиційний прес), тому редагування параметрів виконується для «Transfer Press». Так само, як і для базової збірки, в наборі штампа задається необхідна кількість компонентів для різних розмірів інструменту витяжного штампа (таблиця 3.2)

Таблиця 3.2– Компоненти набору витяжного штампа

Назва компонента	Кількість
Планка направляюча	8
Газова пружина (накопичувальна)	2
Запобіжний болт	2
Стопорний болт	4
Запобіжник	1
Колонка направляюча верхньої та нижньої половин штампа	4
Втулка направляюча верхньої та нижньої половин штампа	4
Направляюча колонка подушки	4
Втулка направляюча подушки	4
Ключ для центрування	1
Газова пружина подушки	12
Плита швидкого кріплення верхня	1
Плита швидкого кріплення нижня	1
Датчик положення деталі	2

Дані щодо кількості компонентів набору штампа вносяться до бази даних стандарту Process Plan, плити швидкого кріплення не враховуються в стандарті, оскільки програмний продукт Autoform автоматично вносить ці параметри під час оцінки вартості проектування штампа. У вкладці Die Set для розміру інструменту 0...2865k внесені значення кількості компонентів для витяжного штампа деталі «Панель підлоги задня». (рисунок 3.15)

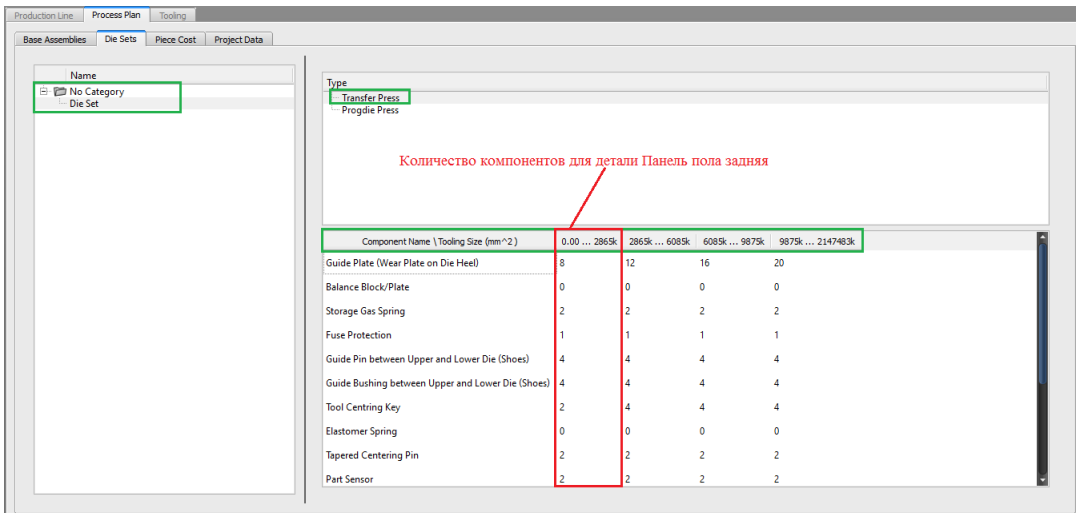


Рисунок 3.15– Компоненти набору витяжного штампа

Редагування опцій Piece Cost і Project Data в стандарті Process Plan виконувати не потрібно, оскільки опція Piece Cost відповідає за вартість деталі, а в опції Project Data представлені налаштування користувача. Дані опції не впливають на оцінку витрат виготовлення витяжного штампа для деталі типу «Панель підлоги задня» на етапі раннього проектування.

Після того як закінчено редагування стандарту Process Plan, користувач зберігає відредагований стандарт, використовуючи кнопку Save As, і прописує шлях збереження стандарту (рисунок 3.16).

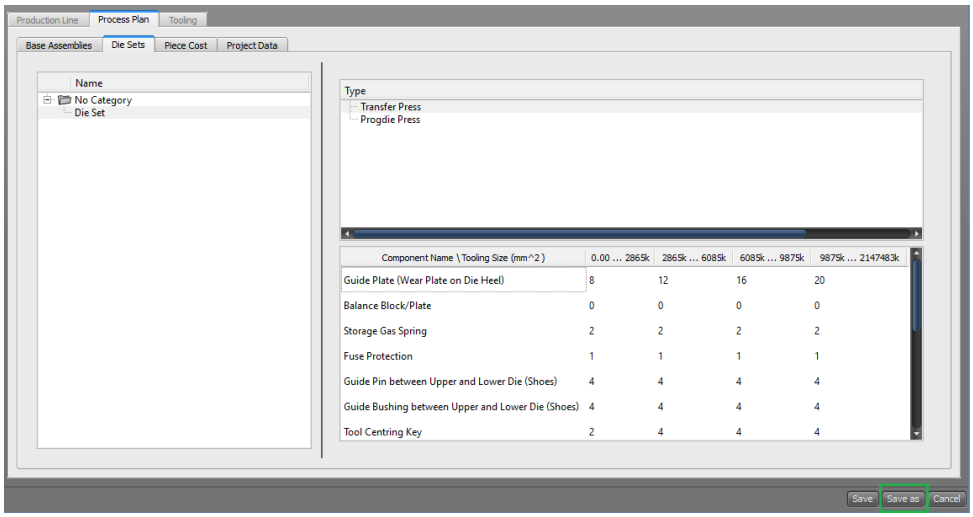


Рисунок 3.16 – Збереження Process Plan для деталі «Панель підлоги задня»

Завершальним етапом при створенні стандартів для процесу штампування деталі «Панель підлоги задня» є редагування стандарту Press. Витяжний перехід деталі «Панель підлоги задня» виконується на обладнанні Innocenti 1000, даний прес відноситься до трансферного типу обладнання. Таким чином, першим етапом при створенні стандарту Press для деталі «Панель підлоги задня» є вибір типу пресової лінії Transfer Press (рисунок 3.17)

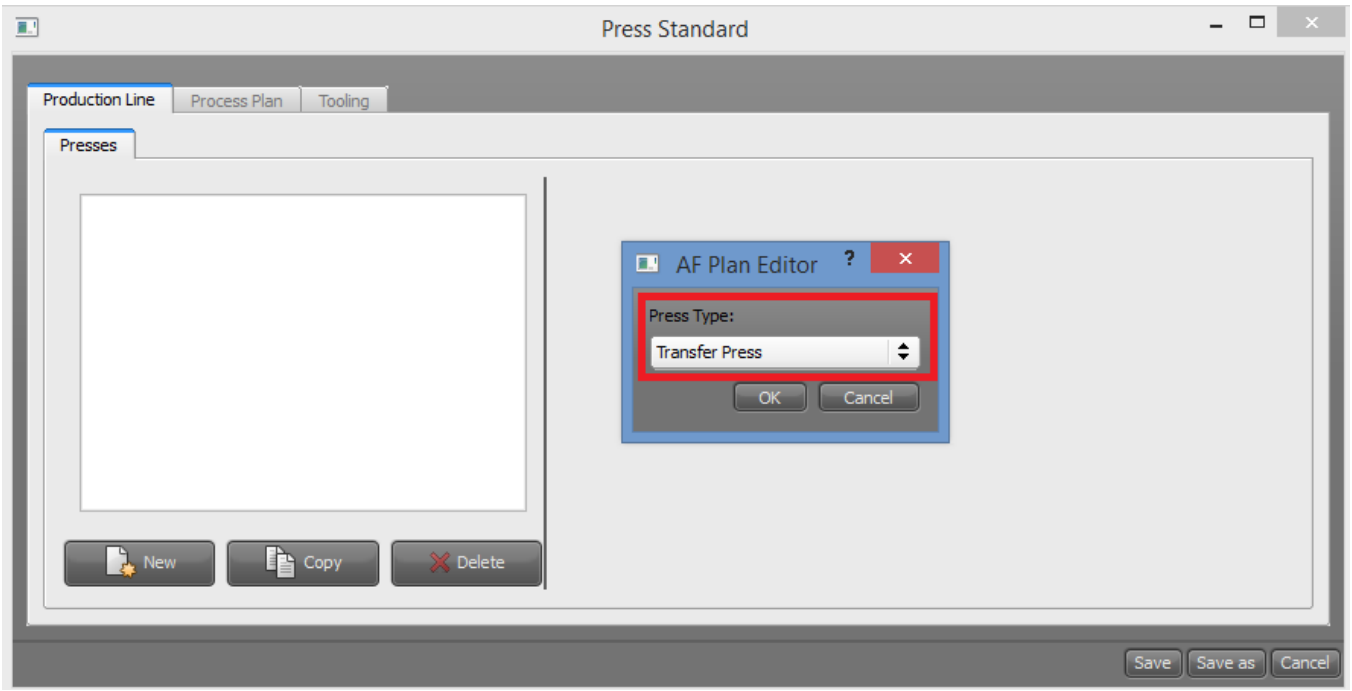


Рисунок 3.17 – Тип обладнання

«Штампи конструюються на основі таких даних: 1) креслення деталі з технічними вимогами, 2) технологічна карта на операцію штампування, 3) технічна характеристика преса» [17, с. 5].

Другим етапом є редагування імені обладнання, у вкладці Customer Presses задається ім'я Innocenti 1000 (рисунок 3.18).

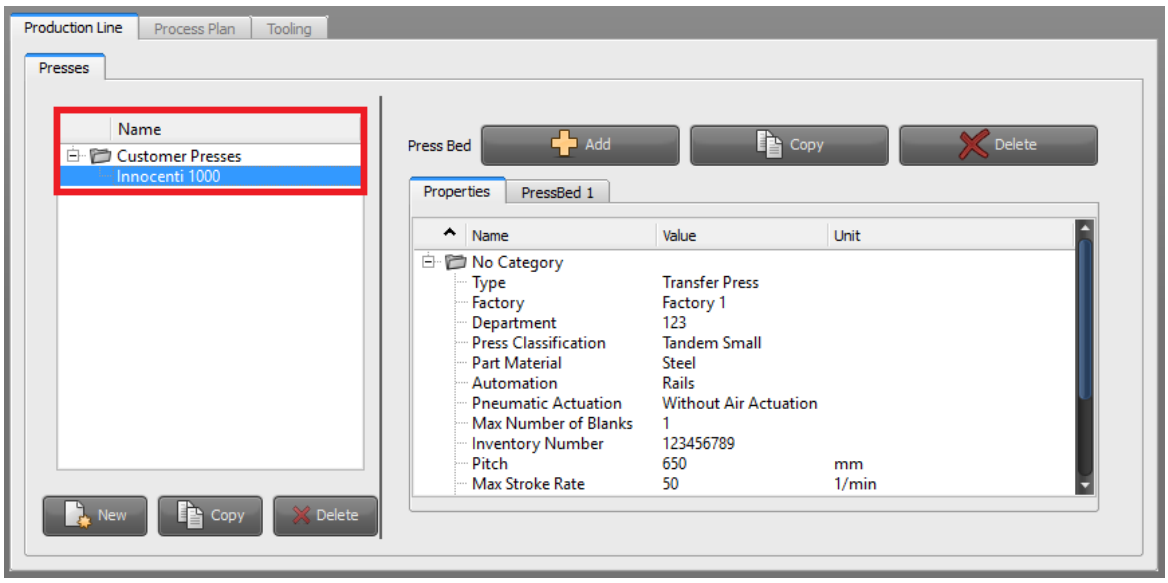


Рисунок 3.18 – Назва обладнання

Третім етапом виконано редагування параметрів Pitch, Max Stroke Rate, Min Stroke Rate, Tool Change Time у вкладці Properties для обладнання Innocenti 1000, що виконує витяжний перехід для отримання деталі «Панель підлоги задня» (рисунок 3.19)

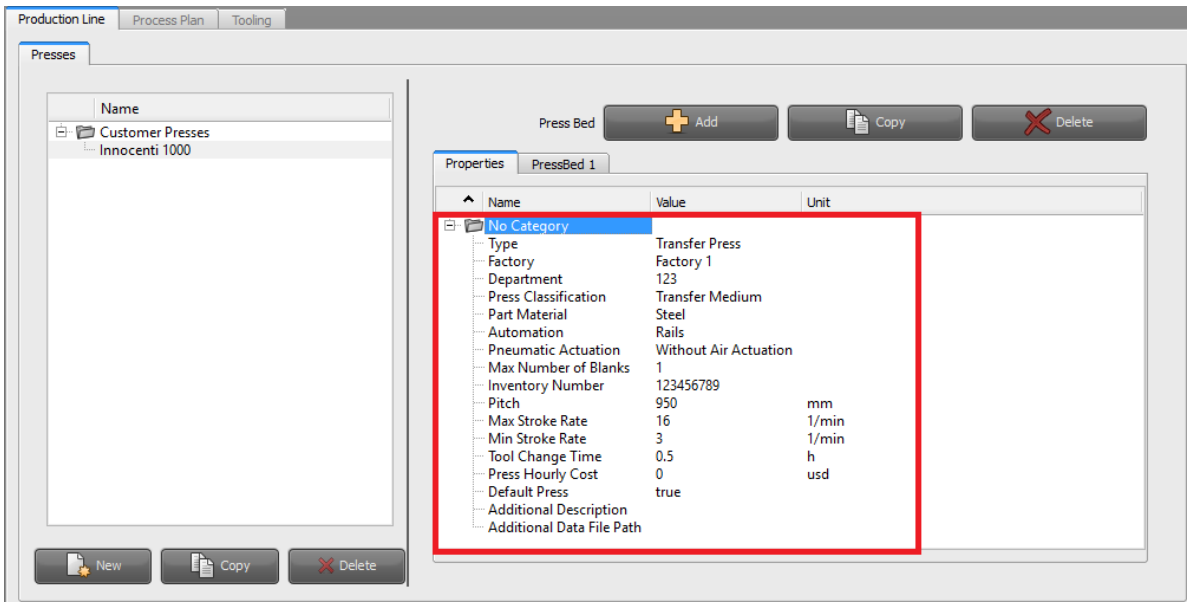


Рисунок 3.19 – Загальні властивості обладнання для витяжки

Четвертим етапом виконано редагування властивостей повзуна преса Innocenti 1000, таких як зусилля притиску, зусилля на повзуні, ширина

повзуна, довжина повзуна, ширина і довжина станини, закрита висота, хід. (рисунок 3.20)

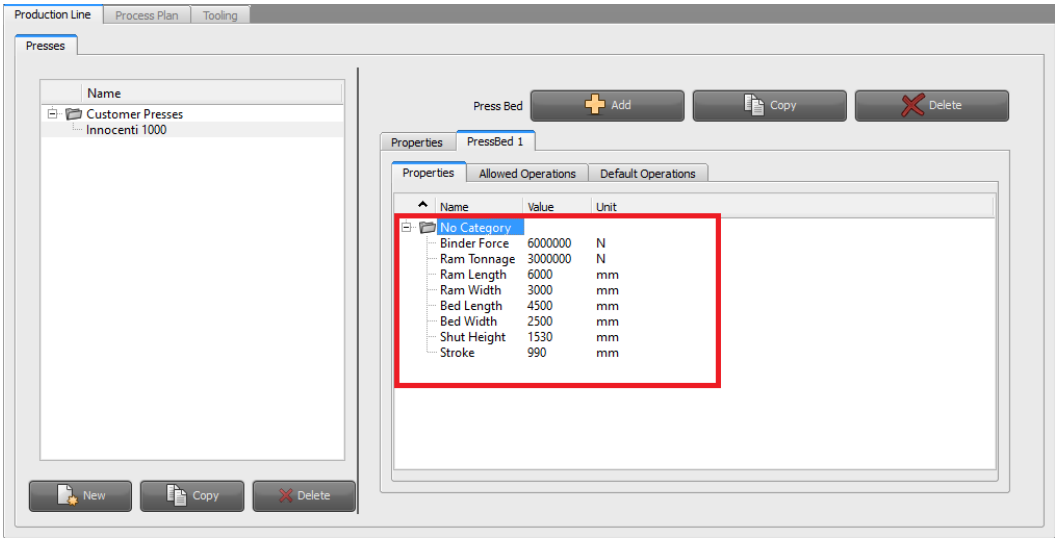


Рисунок 3.20 – Властивості повзуна преса Innocenti 1000

П'ятим етапом при створенні стандарту Press є додавання операції, яку можна виконати на обладнанні для деталі «Панель підлоги задня» (рисунок 3.21)

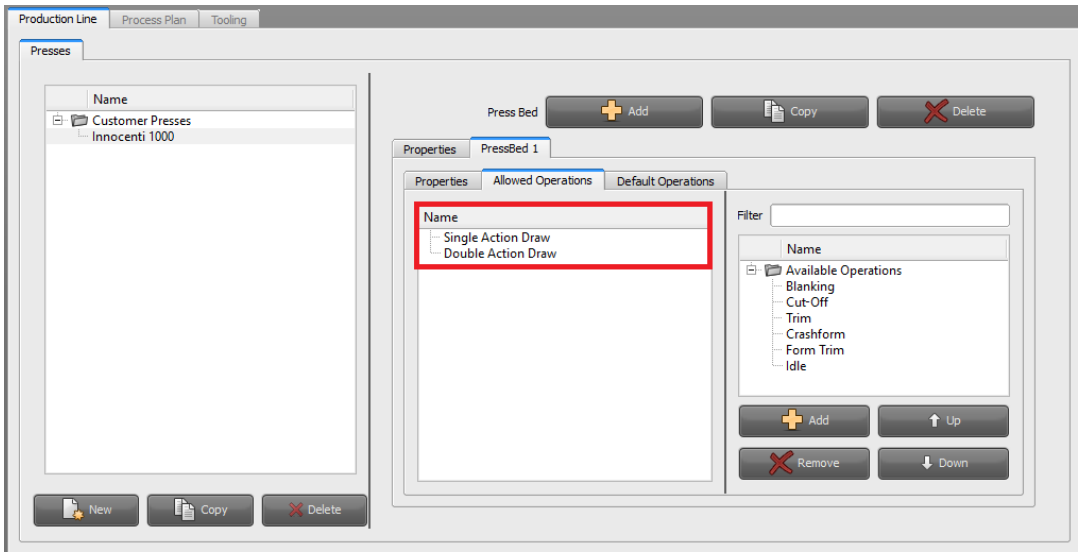


Рисунок 3.21 – Додавання операції для штампування панелі підлоги задньої Заключним шостим етапом є збереження відредагованого стандарту.

Після того як виконано створення трьох основних стандартів, таких як

Tooling Cost, Process Plan і Press, що відповідають за оцінку витрат для виготовлення витяжного штампа для деталі «Панель підлоги задня», необхідно вивантажити стандарти виконану раніше симуляцію без застосування стандартів. У вкладці Standards навпроти кожного стандарту вивантажити, відредаговані стандарти (рисунок 3.22)

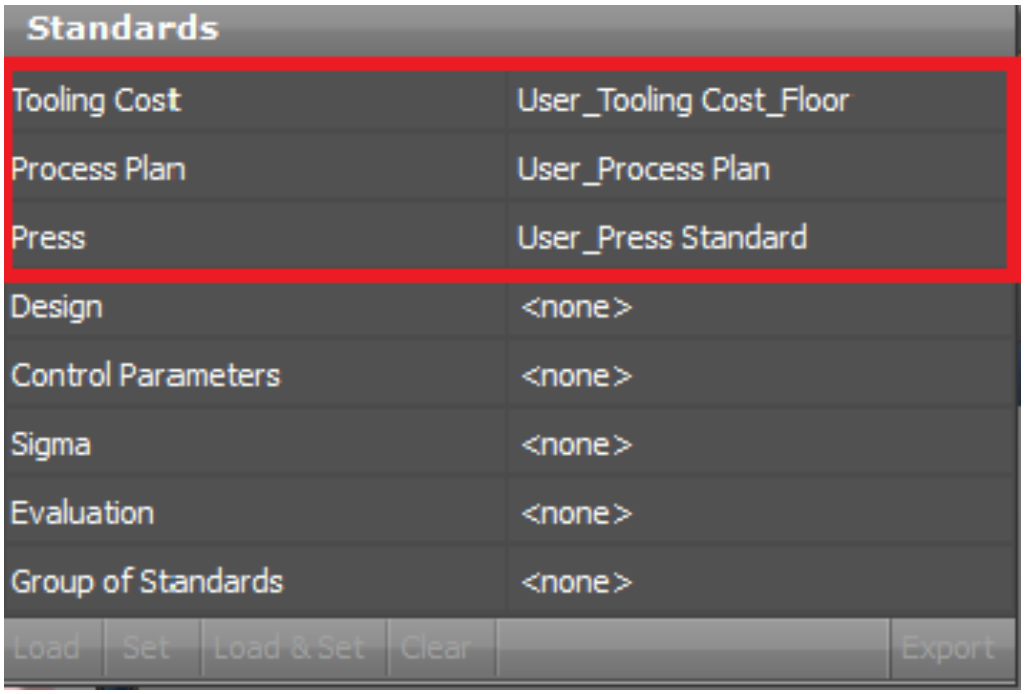


Рисунок 3.22 – Вивантаження стандартів для деталі «Панель підлоги задня»

Далі необхідно в графічному вікні Plan у вкладці Tooling натиснути кнопку Add Tooling для підключення модуля CostEstimator, після виконання даної дії модуль CostEstimator отримає дані зі створених стандартів і виведе витрати, необхідні для виготовлення штампа для витяжки деталі «Панель підлоги задня» (рисунок 100).



Рисунок 3.23 – Підключення модуля CostEstimator для «Панель підлоги задня»

3.2. Порівняння технологічних процесів листового штампування, виконаних з використанням і без використання модуля CostEstimator

Технологічна підготовка виробництва полягає в порівнянні варіантів технологічних процесів і виборі найкращого, з найбільш раціональним і економічним способом виробництва технологічного оснащення, яке задовольняє вимоги до якості. Використання модуля CostEstimator дозволяє виконати порівняння витрат на виготовлення оснащення для виробництва деталі, з використанням стандартів, вбудованих в AutoForm, і стандартів, які створює користувач. При аналізі витрат на виготовлення витяжного штампа для деталі «Панель підлоги задня» використовувалися два варіанти технологічних процесів: 1) технологічний процес користувача, заснований на стандартах, які створював користувач; 2) технологічний процес, побудований на базі даних програмного продукту AutoForm.

3.3 Висновки

1. Розроблено технологічний процес і штамп для операції витягування деталі «Панель підлоги задня» та проведено моделювання процесу витягування цієї деталі в CAE Autoform.

2. Для однієї з великих кузовних деталей «Панель підлоги задня» в CostEstimator Autoform створені стандарти планування, Tooling Cost, Process Plan, Press.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Визначення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечними виробничими травмами з різним ступенем тяжкості є ушкодження від механічних та електричних факторів. Ключовим фактором механічного травматизму є контакт людини з заготовкою та безпосередня робота зі штампом. Несправності електропроводки обладнання, відсутність або погане заземлення, або недбалість робітників - це все електричний травматизм.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори

№п/п	Виробничо-технологічна та/або експлуатаційно-технологічна операція, вид виконуваних робіт	Небезпечний та/або шкідливий виробничий фактор		Джерело небезпечного та/або шкідливого виробничого фактора
1	Завантаження заготовок і укладання в контейнер після обробки на пресі	Гострі краї, задирки та шорсткість на поверхні заготовки		Гострі краї, задирки заготовок
2	При виконанні операції на пресі	Високий рівень шуму та вібрації		Пресове та ковальське виробництво
3	Рух навантажувачів	Вихлопні гази, а також виділення технічних рідин		Рух транспорту, вібрація підлоги
4	У великому цеху	Мало освітлена робоча зона		Недостатність електроживлення на освітлювальні прилади

5	При виконанні операції з пресом	Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини		Електродвигуни пресів, електричний привід, дроти
6	При тривалому завантаженні та підготовці до операції заготовок	Нервово-психічні перевантаження		Монотонність праці
7	При тривалому завантаженні	Фізичні перевантаження		Статичне положення тіла

4.2 Заходи щодо розробки безпечних умов праці в цеху

Важливим аспектом підготовки співробітника до роботи вважається вивчення правил техніки безпеки, санітарії виробництва, гігієни праці, навчання нешкідливим методам ведення робіт. Навчання співробітників з питань безпеки праці слід проводити під час підготовки нових кадрів (новоприйнятих робітників, які не мають професії або змінюють професію). Вступний інструктаж проводять з усіма, хто влаштовується на роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи за даною професією або посадою, а також з повторним інструктажем (проведення всіх інструктажів чітко фіксується в журналі після проходження теорії техніки безпеки).Швидкість роботи обладнання не повинна перевищувати заданих параметрів. Зона роботи, в якій здійснюється штампування, оснащена спеціальними огорожами, що також знижує рівень шуму. Для зупинки роботи преса автомата при виникненні аварійної ситуації кожне робоче місце оснащене клавішею «СТОП». Оператори та інший обслуговуючий персонал повинні бути забезпечені спецодягом (комбінезон, сорочка), головними уборами (кепка) і бавовняними рукавичками. Кожен працівник перед початком робіт зобов'язаний перевірити особистий інструмент і переконатися в його справності, дозволяється користування тільки справним інструментом.

Таблиця 4.2 – Методи та засоби зниження негативного впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів

№ п/п	Небезпечний та / або шкідливий виробничий фактор	Організаційно-технічні методи та технічні засоби захисту, зниження, усунення небезпечного та / або шкідливого хвиробничого фактора	Засоби індивідуального захисту працівника
1	Робочі частини преса-автомата, гострі краї, задирки на заготовках, що не пройшли постобробку.	щити, що стоять з передньої та задньої частини штампа; –подача сигналу перед запуском кожної операції; – засіб запобіжного характеру, що попереджає про перевантаження системи; – пульт для ввімкнення тільки двома руками працівника преса; –прибрати безпосередній контакт із заготовкою, що обробляється в пресі.	–спецодяг співробітника (бавовняний); – будівельні рукавички; –головний убір (бавовняний);– захисні окуляри; –паста, яка не дозволяє маслу затримуватися на руках співробітника.
2	Високий рівень шуму і вібрації на місці виконання операції	– змащення тертьових частин преса; –заміна зубчастих передач на ремінні; – застосування подушок преса з підвищеною вібропоглинальною здатністю.	Звук навушники з придушенням шум.
3	Велика кількість пилу та газу на робочому місці біля преса	Циркулююча вентиляція повітря, поєднана з повітряною системою опалення	Респіратори, напівмаски

4	Недостатня освітленість робочої зони	Встановити велику кількість світлових приладів	Освітлювальні лампи

4.3 Пожежна безпека

Пожежі на великих підприємствах становлять велику небезпеку для співробітників і можуть завдати величезної матеріальної шкоди. Державна пожежна охорона Росії стежить за пожежною безпекою, оглядаючи діючі об'єкти, процеси. Гарантія відсутності пожеж на підприємстві може бути забезпечена заходами пожежної безпеки та активного пожежного захисту. Поняття пожежна безпека включає в себе: інструктаж з протипожежної техніки безпеки; при будівництві цехів використовувати вогнетривкі або вогнестійкі матеріали; робочі місця, що знаходяться безпосередньо в зоні потенційного виникнення пожежі, повинні бути обладнані системами пожежогасіння; постійний контроль за виконанням норм протипожежної безпеки.

Проектована ділянка відноситься до категорії Д. Виробництва, в яких обробляються негорючі речовини і матеріали.

У разі виникнення пожежі на ділянці, передбачені два шляхи евакуації, які знаходяться не далі п'ятдесяти метрів від можливого пожежонебезпечної ділянки. Ширина шляхів евакуації становить не менше 1 метра, а дверей – не менше 0,8 метра. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток становить не менше ширини сходинки сходів, висота проходу на шляхах евакуації – не менше 2 метрів.

Якщо на ділянці виникло загоряння з тих чи інших причин, робітники повинні дзвонити за телефоном 01 і вжити заходів первинного пожежогасіння, оснащеними на робочих місцях до прибуття пожежної команди. У

проектованій ділянці передбачені пожежні щити, пожежні колонки, вогнегасники ОУ – 2 і ОУ – 5 та інші засоби пожежогасіння.

Таблиця 4.3 – Ідентифікація класів та небезпечних факторів пожежі

п/п	Ділянка, підрозділ	Обладнання	Клас пожежі	Небезпечні фактори пожежі	Супутні прояви факторів пожежі
	Ділянка листового штампування	Прес «MW-1700»	B, D, E	–токсичні продукти горіння; –знижений вміст кисню; –підвищена температура навколишнього середовища; –тепловий потік; –дим.	Радіоактивні та токсичні речовини, що потрапили в навколишнє середовище з зруйнованих технологічних установок, уламків зруйнованих балок, стін тощо. Вплив вогнегасних речовин.

Таблиця 4.4 – Технічні засоби забезпечення пожежної безпеки

Первинні засоби пожежогасіння	Мобільні засоби пожежогасіння	Стаціонарні установки системи пожежогасіння	Засоби пожежної автоматики	Пожежне обладнання	Засоби індивідуального захисту та рятування людей під час пожежі	Пожежний інструмент	Пожежна сигналізація, зв'язок та оповіщення
Порошкові вогнегасники	Пожежні кари	Водяний бранспойд	Димчасті датчики	Рукави пожежні	СІЗ органів дихання та зору	Пожежні багри	Активні колонки, мегафон (орало)
Бочки з водою	Пожежні мотопомпи	Автоматичні газові системи пожежогасіння	Сповіщувачі пожежні	Пожежний інвентар	Вогнетривкі костюми	Пожежні сокири	Світлові покажчики «ВИХІД»
Кошма і повсть	Пожежні спец. засоби	Порошкові установки та системи пожежогасіння	Систем а передачі повідом-ень про пожежу	Колонка пожежна	Захисне спорядження	Розширювачі, домкрати та інші автоматичні установки	Світлові індикатори, стробоскопи

Таблиця 4.5 – Організаційні (організаційно-технічні) заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Найменування технологічного процесу, обладнання технічного об'єкта	Найменування видів реалізованих організаційних (організаційно-технічних) заходів	Висунуті вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки, реалізовані ефекти
Листове штамп ування	– навчання персоналу вимогам ПБ; –дотримання техніки безпеки; –дотримання послідовності та алгоритму технологічного процесу; –наявність первинних засобів пожежогасіння; –своєчасне прибирання промасленої ганчір'я з робочого місця; –обмеження вибухонебезпечних матеріалів і компонентів на робочому місці; –зберігання вибухонебезпечних матеріалів і компонентів у відповідності до вимог ПБ.	– кваліфікований персонал; –забезпечення захисту приміщень системами виявлення пожежі, оповіщення та евакуації; –наявність систем пожежогасіння.

4.4 Екологічна вплив об'єкта на навколишнє середовище та заходи з екологічної безпеки

При холодній штампуванні технологічний процес не справляє сильного впливу на навколишнє середовище. Основні заходи з екологічної безпеки повинні бути спрямовані на посилений контроль процесу утилізації використаних технологічних матеріалів.

Таблиця 4.6 – Ідентифікація екологічних факторів технічного об'єкта

Найменування технічного об'єкта, виробничо-технологічного процесу	Структурні складові технічного об'єкта, виробничо-технологічного процесу енергетичної установки, транспортного засобу тощо.	Негативний вплив технічного об'єкта на атмосферу	Негативний вплив технічного об'єкта на гідросферу	Негативний вплив технічного об'єкта на літосферу
Рух транспорту	Транспортний засіб на дизельному паливі	Загазованість повітря	–	–
Відходи виробництва та споживання	Промаслена ганчір'я, відпрацьоване масло	–	Забруднення водних джерел важкими металами і токсинами	Забруднення ґрунту, ґрунтових вод

Таблиця 4.7 – Розроблені організаційно-технічні заходи, щодо зниження негативного антропогенного впливу технічного об'єкта на навколишнє середовище

Найменування технічного об'єкта	Рух транспорту	Відходи виробництва та споживання	
		Промаслена ганчір'я	Відпрацьоване масло
Заходи щодо зниження негативного антропогенного впливу на атмосферу	Заміна транспортних засобів на дизельному паливі, транспорт на електричному акумуляторі	–	–
Заходи щодо зниження негативного антропогенного впливу на гідросферу	–	Повна утилізація (спалювання у спеціалізованих печах)	Повне або часткове відновлення якості відпрацьованих олив (регенерація) з метою їх повторного використання за прямим призначенням або для інших цілей
Заходи щодо зниження негативного антропогенного впливу на літосферу	–	Повна утилізація (спалювання в спеціалізованих печах)	Повне або часткове відновлення якості відпрацьованих олив (регенерація) з метою їх повторного використання за прямим призначенням або для інших цілей

4.5 Висновки

Розглянувши небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час штампування, з'ясовується, що потрібно бездоганно дотримуватися технологічних інструкцій та інструкцій з техніки безпеки. Головним шкідливим виробничим фактором є шум.

Щоб запобігти та зменшити професійні захворювання, необхідно проводити профілактичні заходи безпеки за всіма категоріями.

Розроблений технологічний процес виготовлення деталі є безпечним і відповідає вимогам екологічності, оскільки відповідає всім сучасним нормам

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему «Удосконалення технології виготовлення деталей операціями холодного штампування з метою зменшення собівартості продукції» для вдосконалення процесу проектування технології листового штампування, на основі розробки інформаційної бази стандартів САПР для оцінки вартості витяжного штампа на стадії раннього проектування та створення методики альтернативного проектування технології і великогабаритних штампів в CAE найвищої ефективності для деталі «Панель підлоги задня» були проаналізовані системи автоматизованого проектування технологічних процесів і штампів в CAE, призначених для аналізу процесу витягування в листовому штампуванні, розроблені елементи баз даних проектування технології та штампів в AutoForm для процесу витягування, а також розроблений технологічний процес витягування в системі інженерного аналізу AutoForm з урахуванням оцінки вартості проектування та виготовлення витяжного штампа.Дана робота має велике практичне значення для вдосконалення діючих і розробки нових технологічних процесів, спрямованих на отримання деталей методом листового штампування та визначення вартості виготовлення штампового оснащення на ранніх етапах проектування, ґрунтуючись на геометрії деталі.

Встановлено, що методика розробки та аналізу технологічного процесу листового штампування в Autoform на базі CostEstimator і методика призначення параметрів технологічного обладнання в стандартах Autoform, поряд з проектуванням геометрії та основних елементів штампувального оснащення для витяжних операцій є фундаментом для оцінки витрат на виготовлення штампувального оснащення з точним прогнозуванням витрат ще до початку процесу проектування та виготовлення штампувального оснащення.

Розроблено дві методики та описано проектування геометрії та оснащення елементів штампувального оснащення для витяжних операцій в AutoForm на базі модуля CostEstimator. Основа першої методики полягає в

розробці та аналізі технологічного процесу листового штампування на базі CostEstimator. Суть другої методики полягає у призначенні параметрів технологічного обладнання в стандартах програмного продукту Autoform.

Для однієї з великих кузовних деталей «Панель підлоги задня» в CostEstimator Autoform створено стандарт планування, Tooling Cost, Process Plan, Press .

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Liu X. F., Hu Y. H., Huang W. J. Research on Simulation Technology for Auto Panel in Drawing Forming Based on AutoForm. *Advanced Materials Research*. 2011. Vol. 291–294. P. 259–262.

2. Taware R., Rajmane V. Design and Forming Analysis of BIW Sheet Metal Component Using AutoForm Simulation Software. *International Journal of Research in Applied Mechanics and Technology (IJRAMT)*. 2021. 2. 4. P. 194–201.

3. Zhang H., Wei W., Long S., Zhou M., Li C. Optimization of Stamping Process Parameters for Sustainable Manufacturing: Numerical Simulation Based on AutoForm. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, No. 1. Art. 341.

4. Ling D., Williams D., Carleer B., Stippak M. Systematic Process Improvement of Stamping Processes. *Key Engineering Materials*. 2013. Vol. 549. P. 13–20.

5. Sheet Metal Forming Processes: Constitutive Modelling and Numerical Simulation / ed. by D. Banabic. Cluj-Napoca : Academia, 2009.

6. Pereira R. et al. A Review of Sheet Metal Forming Evaluation of Advanced High-Strength Steels (AHSS). *Materials*. 2024. Vol. 3. P. 57-63.

7. Mulidrán P. Інструментальне виробництво компанії Volkswagen — впровадження AutoForm-ProcessDesigner for CATIA. *Materials Working by Pressure*. 2023. № 2. С. 17-24.

8. AutoForm Engineering. AutoForm Forming R13 – Enhanced Simulation Reliability in Sheet Metal Forming. 2025. Vol. 2. P. 147-153.

9. Groza R. G., Shackelford J. F., Lavernia E. J., Powers M. T. Materials Processing Handbook. 2007. P. 229–237.

10. Бородій Ю., Садовський О., Холявік О., Сабол С. Розробка спеціалізованого обладнання для виготовлення деталей листовим штампуванням. *Технічні науки та технології*. 2024. № 2(2024). С. 32-47.

11. Дмитрієва І. С., Зеленський О. А., Станчиц Г. Ю. Проектування та оптимізація комп’ютерної моделі штампових плит: навч. посіб. Київ : КНУ, 2022. 179 с.

12. Тараненко М., Наріжний О. Керування параметрами ЕГ-навантаження для штампування листових деталей з мінімальним жолобленням. *Materials Working by Pressure*. 2022. № 4. С. 47-54.

13. Огороднiков В. А., Архіпова Т. Ф., Макаров В. А., Сухоруков С. І. Штамповка листових заготовок та створення безпечних конструкцій. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. № 2(2019). С. 58-70.

14. Фролов Е. А. Удосконалення операцій листового штампування шляхом оптимізації конструктивних параметрів компонувань в умовах багатономенклатурного виробництва : монографія. Полтава : ПолтНТУ, 2021, С. 634-689.

15. Бєлоконь К. В., Куріс Ю. В., Манідіна Є. А. Інформаційні технології в охороні праці : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 160 с.

16. Цифрова трансформація безпеки праці у виробництві: ергономіка, виробнича санітарія та вентиляція, електро- та пожежобезпека / К. В. Бєлоконь, Є. А. Манідіна, А. В. Вагін, В. Л. Ситий. Цифрова трансформація промислового менеджменту: теорія і практика : кол. монографія / за ред.: В. Г. Воронкової, Н. Г. Метеленко. Львів ; Торунь : Liha-Pres, 2023. С. 717-799.

17. Основи охорони праці : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА всіх спец. ден. та заоч. форм навчання / К. В. Бєлоконь, В. Г. Рижков, Ю. В. Куріс, Є. А. Манідіна ; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 180 с.

18. Манідіна Є. Забезпечення безпеки технологічних процесів та обладнання під час проєктування металургійних цехів. Формування сучасних концепцій менеджменту організацій та адміністрування в умовах цифровізації : матеріали міжнар. н.-практ. конф., присвяч. 25-річчю створення каф. менеджменту орг. та упр. проектами, 23-24 вересня 2021 року / ред.-упоряд. В. Г. Воронкова. Запоріжжя : Гельветика, 2021. С. 675-679.

19. Манідіна Є. А., Грідяєв В. В. Пожежна безпека : курс лекцій для здобувачів ступеня вищ. освіти бакалавра спец. 263 "Цив. безпека" освіт.-проф. програми "Охорона праці". Запоріжжя : ЗНУ, 2024. 313 с.