

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Металорізальні верстати та інструменти

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка конструкції оснащення для гнуття за великим радіусом та її аналіз

(назва теми)

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи М-213м
ЛЕПЕТЕНКО В.О.

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Металорізальні верстати та системи

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ТАНЧЕНКО С.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ДЯДЯ С.І.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи.: 83 с., 65 рис., 18 табл., 2 дод, 15 джерел.

ПУАНСОН, ФРЕЗЕРУВАННЯ, МАТРИЦЯ, ГНУТТЯ, АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Представлена розроблена конструкція оснащення для гнуття за великим радіусом, що буде використовуватись на підприємстві по виробництві аграрної техніки.

Метою роботи раціоналізація технології виготовлення існуючої конструкції спеціального оснащення для гнуття листового матеріалу за великим радіусом.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що розроблено рекомендації щодо оптимізації технології виробництва спеціального оснащення за рахунок використання комп'ютерного моделювання та перевірки створеної конструкції в спеціалізованому програмному забезпеченні.

Практична цінність результатів роботи полягає в тому, що розроблена конструкція оснащення буде впроваджена в реальне виробництво. За рахунок оптимізації технології досягається підвищення ефективності виготовлення оснащення та якості кінцевої продукції.

ABSTRACT

Explanatory note: 83 p., 65 fig., 18 tables, 15 sources, 2 appendices.

PUNCH, MILLING, DIE, BENDING, MANUFACTURABILITY ANALYSIS, TECHNOLOGICAL PROCESS

The developed design of equipment for bending with a large radius, intended for use in an agricultural machinery manufacturing enterprise, is presented.

The aim of the work is to rationalize the manufacturing technology of the existing design of specialized equipment for bending sheet material with a large radius.

The scientific novelty of the work lies in the development of recommendations for optimizing the manufacturing technology of specialized equipment by utilizing computer modeling and testing the created design in specialized software.

The practical value of the results is that the developed equipment design will be implemented in real production. Through the optimization of the technology, the efficiency of equipment manufacturing and the quality of the final product are improved.

ЗМІСТ

	С.
Реферат	4
Вступ.....	7
1 Літературний огляд	8
1.1 Постановка проблеми.....	8
2 Огляд існуючих конструкцій і пристосувань для радіусного гнуття.....	13
3 Опис нової конструкції	22
3.1 Нове оснащення	22
3.2 Зварна конструкція оснащення	23
3.3 Виявлені недоліки зварної конструкції	24
4 Вирішення виявлених проблем	26
4.1 Оптимізація технології виготовлення оснащення.....	26
4.2 Заміна матеріалу оснащення	26
4.3 Додаткові елементи в конструкції	27
5 Розрахунки на міцність	29
5.1 Визначення необхідного зусилля для згинання	29
5.2 Порівняльне дослідження міцності конструкцій	29
5.4 Результати аналізів і порівняння.....	37
6 Матеріал і заготовки деталей.....	43
7 Аналіз конструкції деталей.....	45
8 Аналіз деталі на технологічність.....	47
9 Технологічний розділ.....	50
9.1 Розрахунок припусків на обробку.....	50
9.3 Вибір інструментів і режимів різання.....	55
9.4 Засоби контролю	58
9.5 Вибір фрезерного верстату.....	58
Висновки.....	63
Список джерел посилань	64
Додаток А	66
Додаток Б.....	76

ВСТУП

Процес гнуття металевих листів по великому радіусу є важливою технологією в сучасному виробництві, яка знаходить застосування в різних галузях промисловості.

Гнуття листового металу - важливий процес у виробництві металоконструкцій, мета якого - змінити геометрію металевого листа шляхом застосування сили, створюючи кутові або вигнуті елементи.

Радіусне згинання листового металу має безліч переваг перед іншими методами деформації. Основні позитивні сторони такої процедури:

- повністю зберігаються початкові властивості міцності заготовки (що виключено при різанні через зварні шви);
- великі радіуси забезпечують рівномірний розподіл напружень у матеріалі, що зменшує ризик тріщин та деформацій.
- естетична плавність.

Гнуття по великому радіусу часто застосовується у машинобудівних галузях, зокрема в автомобільній промисловості, будівництві, авіабудуванні, мебельній промисловості, або в побуті.

Гнуття по великому радіусу також має декілька суттєвих недоліків:

- потребує спеціального обладнання з інструментом, який створюється під конкретні задачі;
- забезпечення заданого радіусу по всій довжині вимагає ретельного контролю, особливо при роботі з великими листами;
- не всі метали однаково добре піддаються гнуттю по великому радіусу, іноді потрібна попередня термічна обробка.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Постановка проблеми

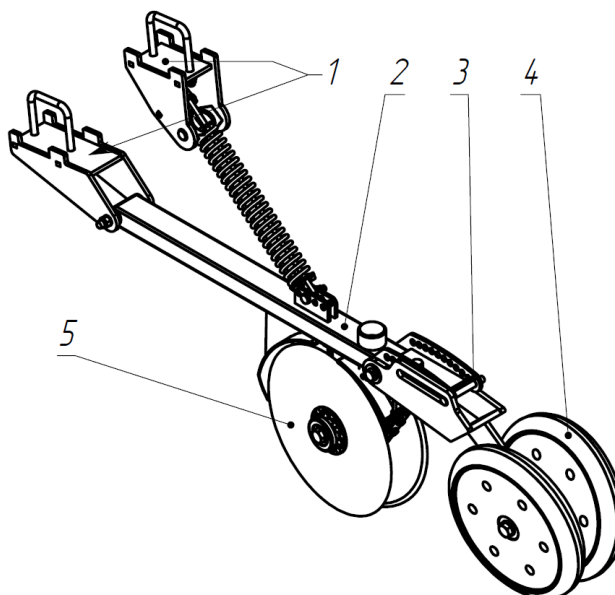
Існує виробниче питання виготовлення деталі типу «Щиток», який є складовою частиною конструкції корпусу сошника сіялки (рис. 1.1, 1.2, 1.3). Особливістю геометрії деталі є наявність великого радіусу $R=178$ мм (рис. 1.4). Для отримання даного радіусу використовується операція гнуття за великим радіусом з використанням згинального верстата Dener SMART XL SX30135 та наявної оснастки для кутового згинання за малими радіусами: матриці для кутового згинання (рис. 1.5), пунсон для кутового згинання (рис. 1.6).

Матриці для кутового згинання виготовлені зі Сталі 45, з плечем $L=14...70$ мм (рис. 1.7), радіусами $R= 2...8$ мм, і кутом $\alpha = 70 ... 90^\circ$. Такі розміри матриць не дозволяють швидко обробити деталь довжиною 285мм.

Пуансони для кутового згинання (рис. 1.8) виготовлені зі Сталі 45, з кутом $\alpha = 30 ... 90^\circ$ і радіусами $R = 0.5 ... 10$ мм. Такі пуансони використовуються для точкового прикладення навантаження, і не дозволяють швидко обробити деталь з радіусом 178мм.

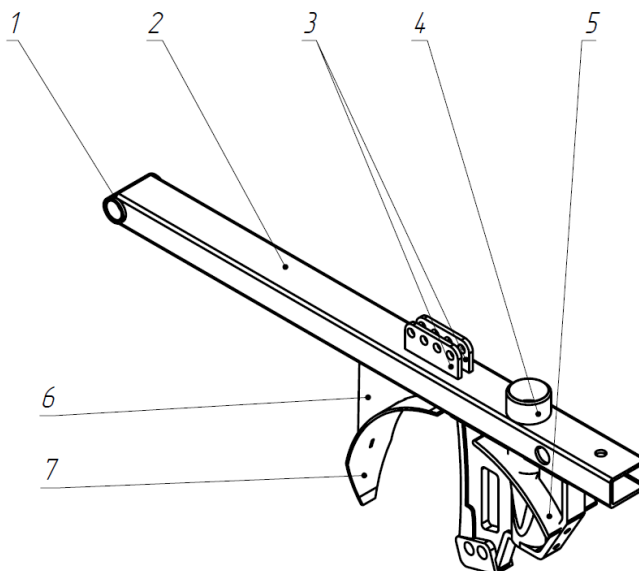
Враховуючи конструкції наявних матриць і пуансонів, виготовлення деталі виконувалось наступним чином: поверхня заготовки розділяється на 27 ділянок, на стику кожної ділянки проводиться згинання на малий кут за малим радіусом.

Отримана таким чином деталь має низьку точність, і лише приблизно відповідає тим розмірам, які передбачались конструктором, а на її виготовлення втрачається велика кількість часу (рис. 1.9).



1 – Кріплення до труб, 2 – Зварний корпус сошника, куди відноситься щиток, що роздивляється, 3 – Регулятор нахилу прикатувального колеса, 4 – Колесо подвійного прикатування.

Рисунок 1.1 – Загальний вид сошника



1 – Втулка, 2 – Труба, 3 – Кріплення пружини, 4 – Трубка змішувача, 5 – Лите кріплення висівних дисків і зерно провід, 6 – Ребро щитка, 7 – Щиток

Рисунок 1.2 – Загальний вид корпусу сошника

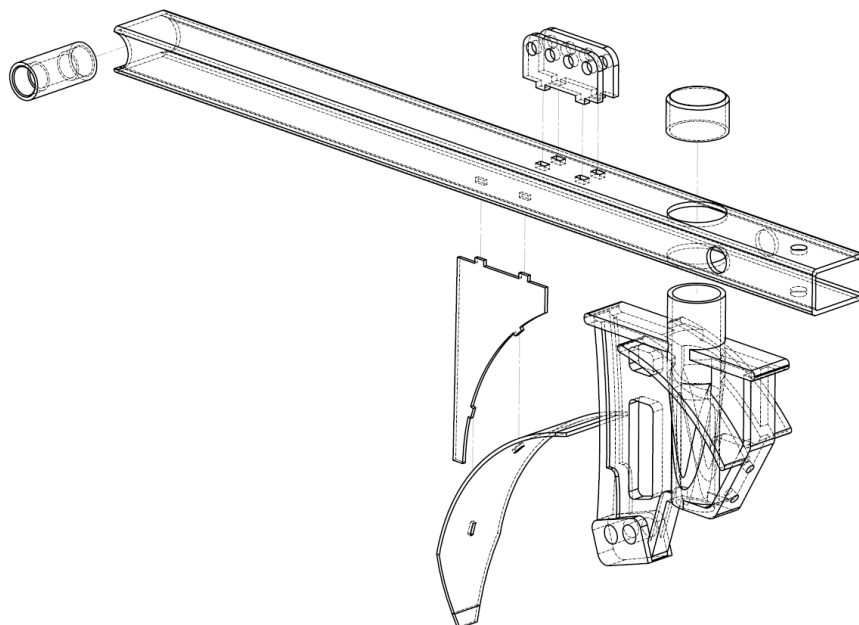


Рисунок 1.3 – Рознесений вид корпусу

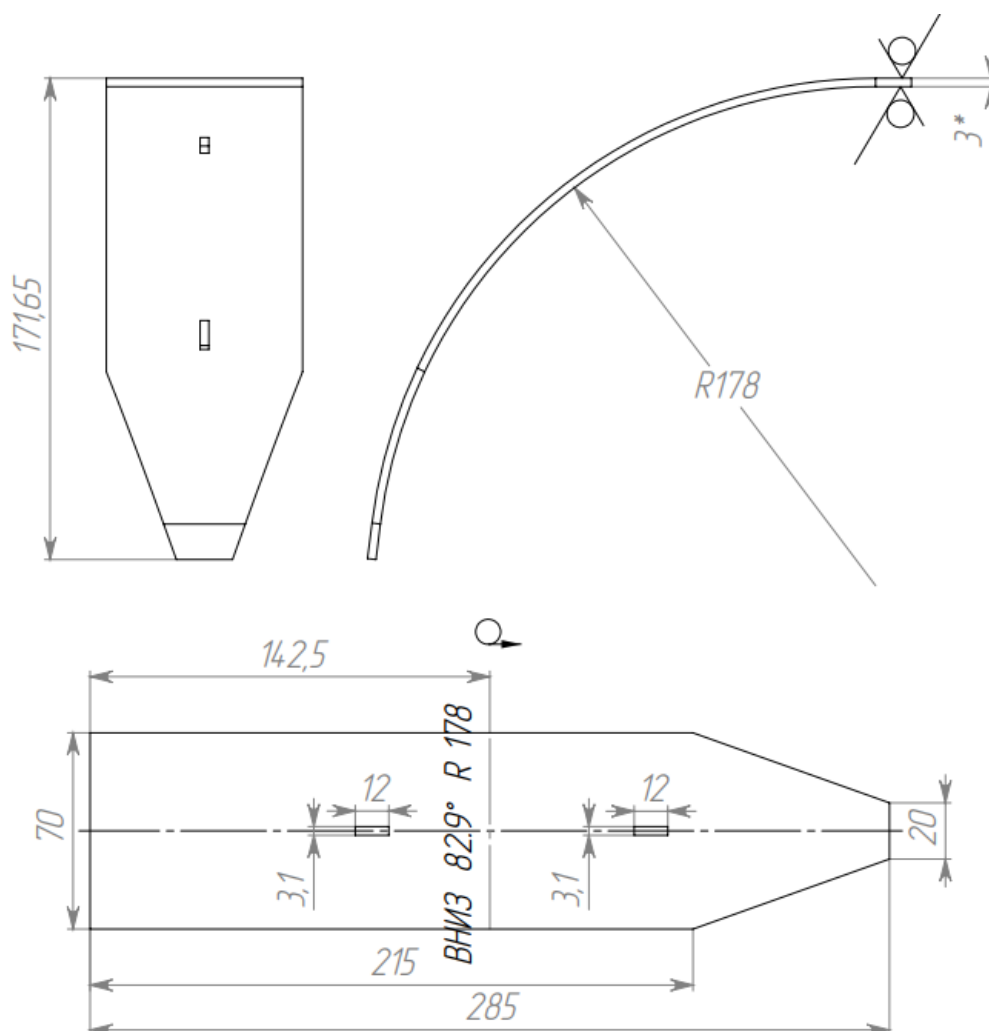


Рисунок 1.4 – Креслення деталі



Рисунок 1.5 – Матриці для кутового згинання листів за малим радіусом



Рисунок 1.6 – Пуансони для кутового згинання листів за малим радіусом

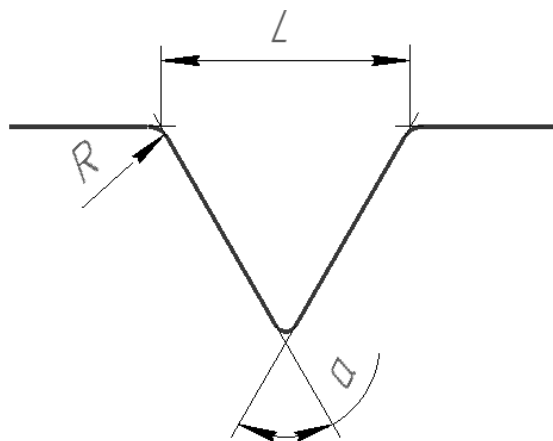


Рисунок 1.7 – Основні розміри матриць

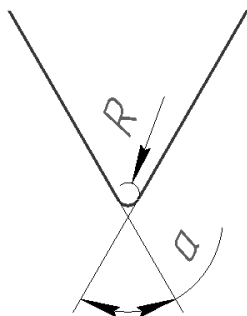


Рисунок 1.8 – Основні розміри пуансонів



Рисунок 1.9 – Деталь, виготовлена старим методом

На обробленій поверхні помітні сліди в тих місцях, де пуансон тиснув на заготовку. Після кожного згину оператор верстата вручну перекладає деталь для наступного згину, тому відстані між точками згину суттєво відрізняються.

Для усунення зазначених недоліків було видано завдання: розробити комплект інструментів, який дозволить виготовляти деталь на наявному верстаті, за значно менший час і з усуненням відомих недоліків старого методу виготовлення.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ І ПРИСТОСУВАНЬ ДЛЯ РАДІУСНОГО ГНУТТЯ

Відомо декілька способів обробки металевих листів тиском, які могли б стати в нагоді, але по деяким причинам не підходять в даній ситуації. Розглянемо декілька з них.

Відомий спосіб виготовлення макетів, зокрема із листового матеріалу (UA 102513 С2, 14.09.2009), згідно з яким спочатку формують лінію згинання перфорацією останньої лазерним випромінюванням. В подальшому згинають листовий матеріал по перфорованій лінії на необхідний кут.

В цьому способі виготовлення деталей з листового матеріалу шляхом згинання спочатку виконують розмітку "викрійку", по якій проводять перфорування лазером. Перфорують лазером за лінією перфорації, яка щонайменш на 75-90 % довжини ділить лист. При цьому перфорація і кожний її елемент виконаний у вигляді прорізів або у вигляді отворів.

Найкращий варіант виконання виконаний у вигляді прорізів (рис. 2.1, рис. 2.2), причому принаймні крайні повздовжні прорізи довжиною (L_2) мають з обох боків наскрізний поперечний проріз довжиною ($L_{\text{прорізу}}$), який утворює з краєм листа зовнішню перемичку довжиною ($L_{\text{зовн. перем.}}$). Після перфорації формують деталь - згинанням, а із декількох деталей формують виріб. Використовуючи раніш зазначений спосіб проводять також формування (складання) виробу, який виготовляється із листового матеріалу.

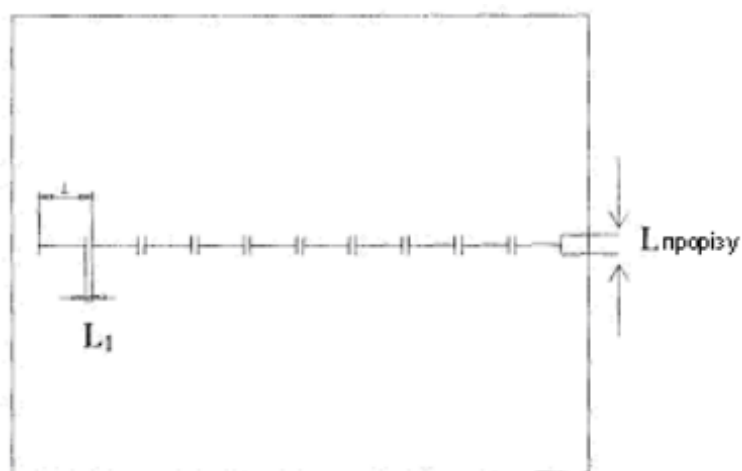


Рисунок 2.1 – Загальний вид листа, який згинається вздовж штрих пунктирної лінії

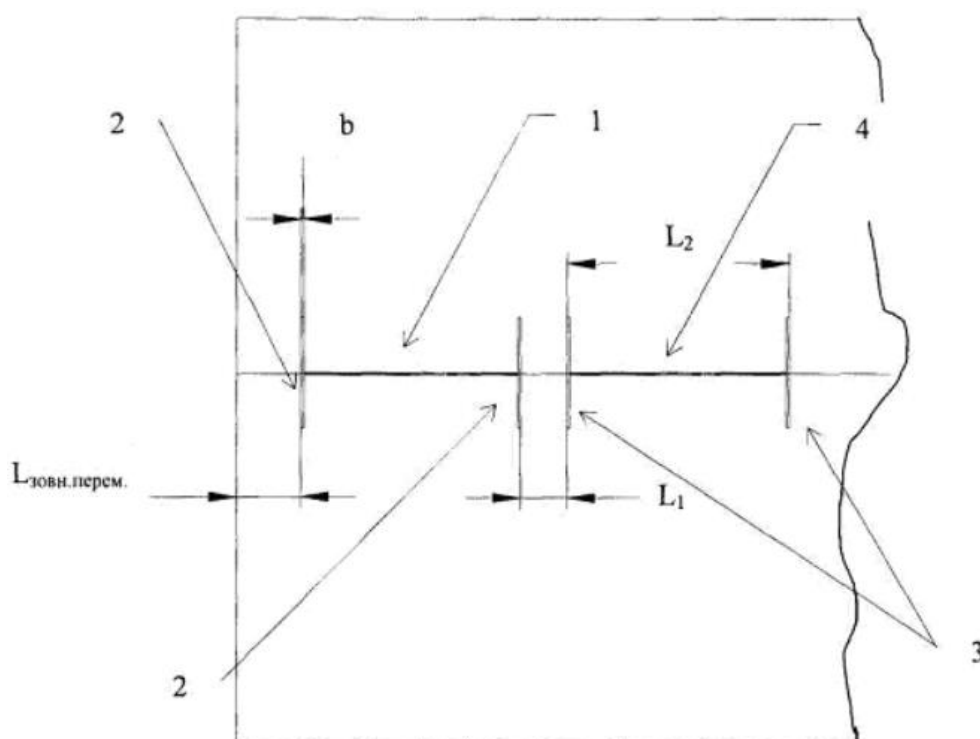


Рисунок 2.2 – Лицьовий вид частини перфорованого листа (розігнутого)

Передумови здійснення заявленого способу:

1. Використання лазерного різання (сфокусоване лазерне випромінювання) дозволяє різати практично будь-які метали і сплави, незалежно від їх

теплофізичних властивостей. При лазерному різанні відсутня механічна дія на оброблюваний матеріал, і тому виникають незначні деформації. Внаслідок цього можна здійснювати лазерне різання з високою точністю, у тому числі і матеріалів, що легко деформуються і нежорстких деталей. Завдяки великій потужності лазерного випромінювання забезпечується висока продуктивність процесу різання. При цьому досягається така висока якість різання, що в отриманих отворах можна нарізувати різьбу.

Точність лазерного різання досягає $\pm 0,1$ мм при повторюваності $\pm 0,05$ мм, причому якість різання стабільно висока, оскільки залежить тільки від постійності швидкості переміщення лазерного променя, параметри якої залишаються незмінними.

2. Згинання листового металу, зокрема на пресах, отримала свій розвиток при оснащенні устаткування електромеханічними приводами, датчиками положення і системами оперативного і програмованого управління. Точність гнуття складних профілів, деталей коробчатої форми 20 досягає $\pm 0,1$ мм, при підвищенні продуктивності праці в десятки разів. Стандартизований інструмент для гнуття (пуансон і матриця) дозволяють за один цикл проводити згинання деталей, що мають складну конфігурацію з десятками ліній гибів.

Як зрозуміло із п. 2, для згинання використовується дороге обладнання, яке обумовлює наявність кваліфікованого персоналу та використання лише металевих листів, тоді як заявлений винахід має зокрема таку суттєву відмінність, яка полягає в тому, що при невеликих розмірах оброблюваної деталі, згинання можливо здійснювати і руками, причому некваліфікованими робітниками при досить високій якості продукції. Інша перевага заявленого способу, виготовленого завдяки йому деталі та виробу (під цим поняттям розуміють декілька окремих деталей, що зчеплені між собою чи з'єднані механічним або хімічним чи термічним з'єднанням і, при цьому набувають необхідну технічну властивість) в тому, що останній можливо використати при макетуванні чи дрібносерійному виробництві (рис. 2.3).

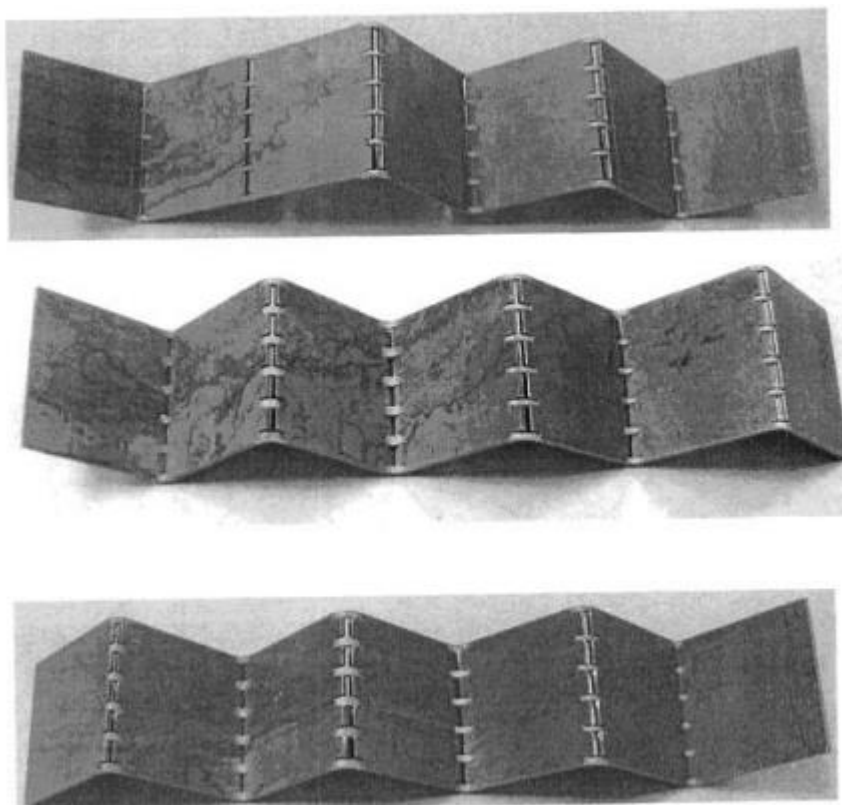


Рисунок 2.3 – Фотографії заготовок, виконаних із різними параметрами перфорації, які піддано згинанню вручну.

Основним недоліком, який обумовлює відмову від такого способу виготовлення деталі, є те, що у випадку гнуття листа за великим радіусом, доведеться робити на поверхні деталі велику кількість спеціальних вирізів, на що буде витрачено багато часу.

Крім того, вирізи в деталі, яка підлягає згинанню, суттєво знижують її міцність.

Перевага зниження необхідних для згинання зусиль, зазначена вище, не є пріоритетною, оскільки наявний згинальний верстат, який активно використовується на виробництві, дозволяє, за необхідності, прикладати великі зусилля, витримуючи високу точність згинання, в результаті чого перевага ручного згинання не є актуальною в даному випадку.

Відомий спосіб виготовлення гофрованих металевих оболонок за допомогою спеціального пристрою (UA 16335 U, 15.08.2006).

Цей патент описує мобільну установку для гнуття оболонок безпосередньо на будівництві з профлистів довжиною до 12-18м, з компенсуванням зусиль гнуття симетричною схемою, створення компактної установки з затиском листа розподіленими виштамповками.

Установка (рис. 2.4) містить профлист 1, раму 2, домкрат 3, тверду форму 4, що складається з двох частин, які з'єднані в нижній частині поворотним шарніром 5. Шарнір 5 переміщується вниз по двох направляючих 6, що мають прорізу.

Профлист 1 пересувається по ковзанках 7 у зону установки і затискається на двох кінцевих ділянках двома затисками 8 і формою гідроциліндрами 9.

Затиски 8 з'єднані з балкою 2 і стійками 10. У затисках 8 у верхньому профілі передбачені окремі кульові виступи II, а на формі 4 відповідні їм кульові западини 12, між якими жорстко затискається профлист 1. Готова оболонка позначена номером 13. Гідроциліндр 9 розташовується під формою 4 і затискає профлист 1 між нею і затиском 8.

Рама 2 складається з двох подовжніх і трьох поперечних сталевих балок. З'єднання балок і стійок рухливе. Стійки з'єднані з кінцями форми 4 затисками.

Положення шарніра 5 підбирається так, щоб нижня зона профлиста не розтягувалася, а максимальне розтягування було вгорі профлиста.

Тверда форма 4 складається з двох частин, з'єднаних посередині шарніром 5. На кінцях форми виконані затиски. Внутрішня частина форми точно повторює профіль профлиста і подовжній радіус оболонки. Ця частина складальна і дозволяє гнути оболонки з різними розмірами.

З'єднання напівформ виробляється в гребінку.

Гідроциліндри 9 затискають профлист 1 між затисками 8 і формою 4, де врозбїг розташовані кульові виштамповки.

Установка працює в такий спосіб. Гідроциліндри 9 затискають дві ділянки профлиста 1 до форми 4. Потім домкрат 3 піднімає середину форми 4. Шарніри 5

ковзають нагору в прорізах направляючих 6. Форма 4 поступово вирівнюється по радіусу, розтягує і згинає профлист 1.

Стійки рами 2 розходяться, форма 4 встановлюється опуклістю нагору і розтягує профлист, згинаючи його по довжині.

Потім гідроциліндри 9 і домкрат 3 повертаються в первісне положення, а профлист зрушується вперед і сполучаються виштамповки в правому затиску.

Далі процес повторюється.

Установка призначена для гнуття профлістів довжиною до 18м, доставлених на будмайданчик, а також може працювати в комбінації з профілюючою установкою на будмайданчику.

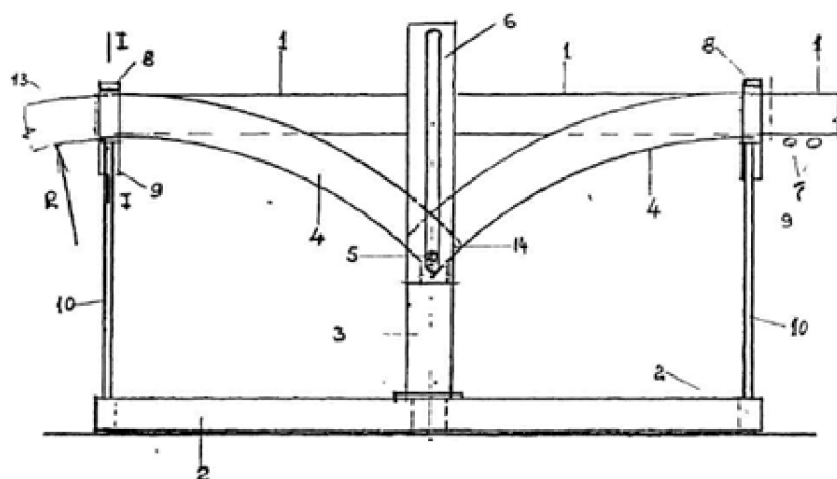


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд установки

Суттєвим недоліком, який обумовлює відмову від такого способу виготовлення деталі, є те, що в описаній конструкції не передбачені засоби контролю процесу згинання, що робить неможливим дотримання необхідних розмірів деталі.

Крім того, замість використання наявного згинального верстата, має бути виготовлена окрема, технологічно складна установка, що економічно не вигідно, і часозатратно.

Відомий спосіб виготовлення гнутих деталей з профільованого металу, використовуючи модифікований для гнуття деталей зі змінним радіусом кривизни трьохвалковий верстат з гідравлічним приводом натискного ролика (UA 36035 А, 16.04.2001).

Суть модифікації полягає в тому, що в пристрої, який містить станини, встановлені на ній вигинальні ролики та механізм гнуття, який складається з натискного ролика та привода, згідно з винаходом, механізм гнуття виконаний у вигляді V-подібного кронштейна, шарнірне закріпленого своєю основою на станині і обладнаного парою роликів, шарнірне встановлених на його кінцях, при цьому один з роликів кронштейна виконаний з можливістю взаємодії з вигинальним шаблоном, який являє з себе кулачок-копір з заданими радіусами гнуття та жорстко зв'язаний з приводом обертання, а інший ролик з натискним і виконаний з можливістю взаємодії з одним із вигинальних роликів, до того ж вісь обертання натискного та вигинального роликів жорстко зв'язані між собою за допомогою планки. Крім того, шарнір, що прикріплює натискний ролик на кінці V-подібного кронштейна, встановлений з можливістю зворотно-поступального переміщення в поздовжньому пазу, зробленого на кінці цього кронштейна і розташованого вздовж вісі, яка з'єднає центр натискного ролика і вісь обертання V-подібного кронштейна.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю суттєвих ознак заявленого винаходу та досягаємим технічним результатом полягає в тому, що з'являється можливість точного відстеження, процесу виготовлення деталі із радіусом гнуття, що змінюється поворотом натискного ролика відносно ведучого вигинального ролика за рахунок механічної передачі програми гнуття від кулачкового копіру через V-подібний кронштейн на натискний ролик.

Пристрій для гнуття профільованого металу (рис. 2.5) складається із станини 1, на якій розташовані опорні ролики 2 і 3, що мають привод обертання за рахунок твердо закріплених на спільних з роликами валах 4 та 5 шестернях 6 і 7, шестерні 8, яка передає обертання від шестерні 6 до ролика 9 через шестерню 10. Ведучий вигинальний ролик 9 жорстко зв'язаний з натискним роликом 11

планками 12. Також натискний ролик 11 зв'язаний з кінцем V-подібного кронштейна, 13, закріпленого на станині 1 на вісі 14 та маючого на іншому кінці ролик 15, що взаємодіє з кулачком-копіром 16, який отримає обертання через спільно закріплено на вісі 17 шестерні 18, що взаємодіє з шестернею 7. Пружина 19 забезпечує притиск V-подібного кронштейна 13 до кулачка-копіру 18.

Пристрій для гнуття профільованого метали працює таким чином. Заготовка подається перпендикулярно площині станини 1. Ролики 2 і 3 подають заготовки до пристрою приводом через шестерні 6 та 7 і не дають можливості сковзання заготовки під час захоплення її роликами 9 і 11 вигинальної пари. Натискний ролик 11, прокручуючись навколо вісі ведучого вигинального ролика 9 за рахунок планок 12 на певний кут відносно початкового положення, забезпечує необхідний радіус гнуття заготовки. Для зміни радіуса гниття під час виготовлення деталі натискний ролик 11 зв'язаний з V-подібним кронштейном 8, в якому є паз для зворотно-поступального руху вісі ролика 11, що забезпечує можливість руху ролика 1 і за радіусом відносно ролика 9. Рух V-подібного кронштейна 13 здійснюється відносно вісі 14 відстеженням роликом 15, який знаходиться на кінці V-подібного кронштейна, контуру кулачка-копіру 16. Для здійснення точного відстеження контура кулачка-копіра V-подібний кронштейн притискається пружиною 19.

Кінематична схема приводів роликів 2, 3, 9 та кулачка-копіра 16 зв'язана жорстко між собою шестірнями, до того ж шестерня 18 кулачка-копіра 16 підібрана так, щоб забезпечити точний масштаб. Кулачок-копір рухаючи V-подібний кронштейн 13 змінює розташування натискного ролика 11 відносно ведучого вигинального ролика 9, за рахунок чого зміниться радіус гнуття заготовки під час проходження крізь вигинальну пару.

Застосування пристрою дозволить робити гнуття профільованого металу із складним контуром змінним радіусом кривизни. При цьому пристрій для гнуття не складний, зручний в роботі та надійний в експлуатації.

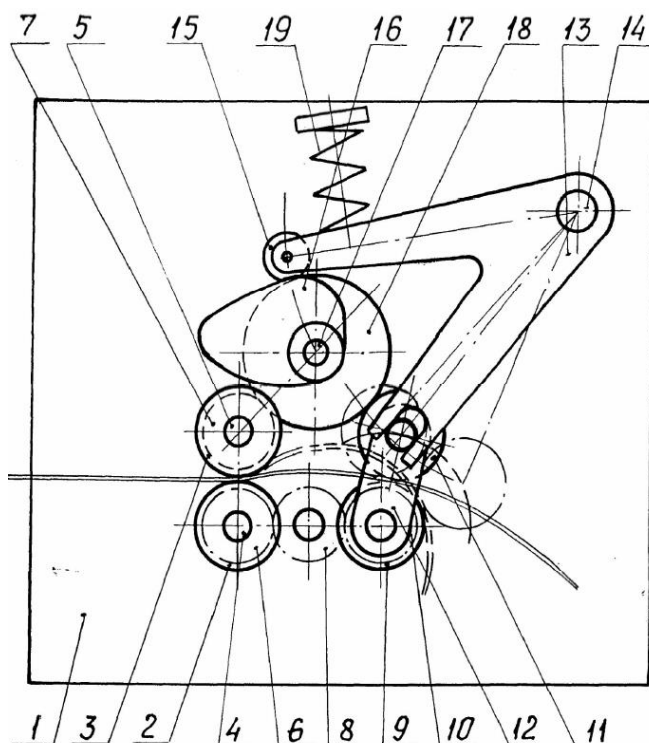


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд установки.

Суттєвим недоліком, який обумовлює відмову від такого способу виготовлення деталі, є висока складність конструкції приладу для згинання, виготовлення і наладка якого є що економічно не вигідним, і часозатратним.

2.1 Висновок по існуючим конструкціям і пристосуванням для радіусного гнуття

Вище було розглянуто три методи радіусного гнуття, але жоден з них не був визнаний доцільним з причин надмірної складності, та високої вартості.

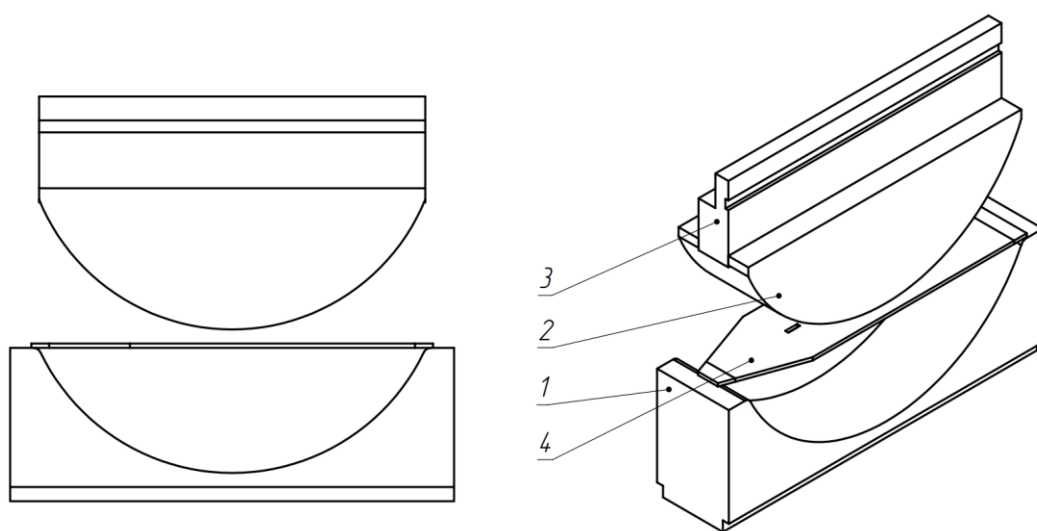
Отже, для вирішення поставленої задачі було вирішено розробляти власний метод виготовлення гнутих деталей шляхом виготовлення комплексу інструментів для згинального верстату Dener SMART XL SX30135, що дозволить згинати заготовку за одну дію, не враховуючи її встановлення у верстат.

3 ОПИС НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Нове оснащення

Для оптимізації виготовлення заданої деталі було розроблено спеціальне оснащення для згинального верстата (рис. 3.1).

Оснащення складається з трьох основних елементів: матриці (рис. 3.2), пуансону (рис. 3.3), і кріплення пуансону (рис. 3.4).



1 – матриця, 2 – пуансон, 3 – кріплення пуансону, 4 – заготовка

Рисунок 3.1 – Оснастка для згинального верстата:

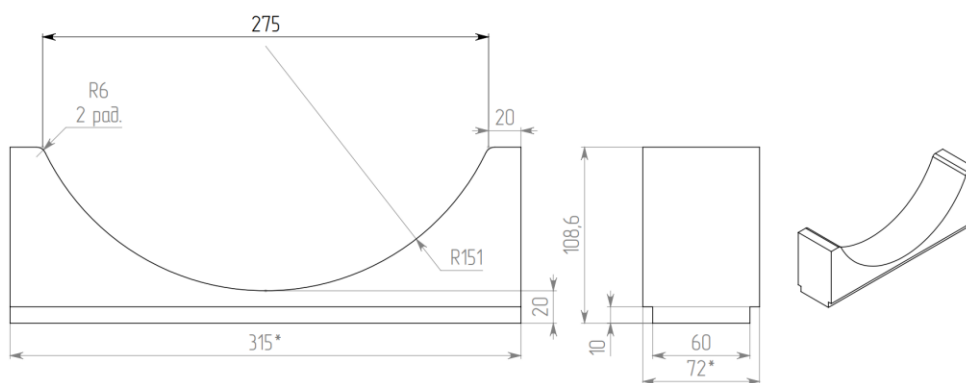


Рисунок 3.2 – Матриця

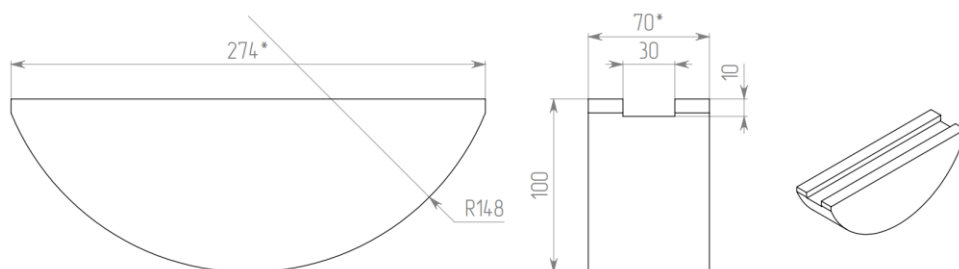


Рисунок 3.3 – Пуансон

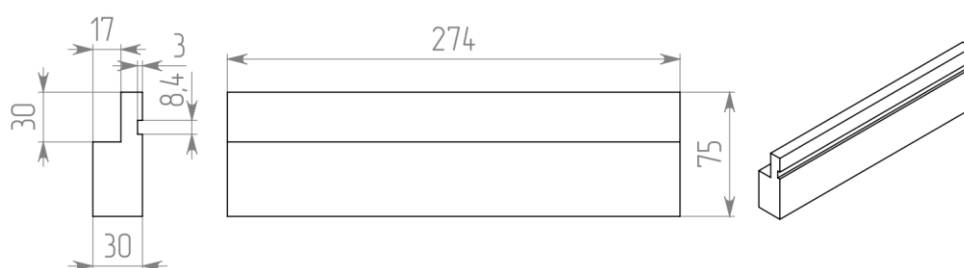


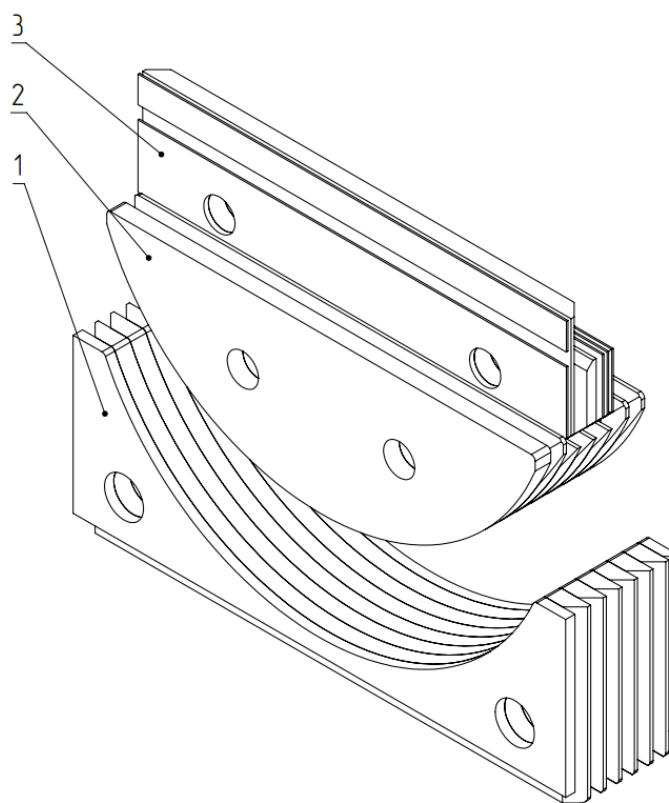
Рисунок 3.4 – Кріплення пуансону

3.2 Зварна конструкція оснащення

Першочергова конструкція нового оснащення передбачала використання зварної конструкції кожного елемента оснащення. Метод збірки передбачав розділення цільних елементів на тонкі листи які в подальшому зварювались в нахлест один до одного (рис. 3.5).

Так деталі матриця і деталь пуансон були поділені на 8 листів (6 листів товщиною 10 мм, 2 листи товщиною 6 мм), деталь кріплення пуансона була поділена на 7 листів різних товщин і форм, щоб повністю відтворити заплановану конструкцію. З кожного листа знімалась фаска для нахлестного зварювання.

В конструкції кожної деталі було передбачено технологічні отвори для болтів, завдяки яким елементи деталей стягувались один з одним для полегшення зварювання.



1 – Матриця, 2 – Пуансон, 3 – Кріплення пуансону

Рисунок 3.5 – Зварна конструкція оснащення

3.3 Виявлені недоліки зварної конструкції

Після деякого часу використання розробленої зварної конструкції оснащення, було виявлено певні недоліки такої конструкції.

Сталь 3 має недостатню міцність і твердість. Через це оснащення швидко зношується, особливо в точках контакту з деталлю, що згинається. Зварювальні шви можуть бути слабшими за цілісний матеріал, що створює ризик

розшарування чи утворення мікротріщин під час тривалої експлуатації. Крім того, робочі частини матриці і пуансону не були проварені, адже це, враховуючи якість зварювання, призвело б до суттєвих нерівностей робочих поверхонь інструменту і неможливості його використання. Це може призвести до розходження конструкції в подальшому.

Зварені листи фіксують між собою перед зварюванням, але це не гарантує точного розташування листів відносно один одного, в результаті чого робочі поверхні можуть мати нерівності та перекоси, які впливають на точність виробу.

Зварювання може призводити до локального нагрівання та появи внутрішніх напружень, які в майбутньому можуть викликати деформацію всієї конструкції.

Конструкція зі зварених листів має нижчу довговічність, оскільки зварювальні шви є потенційними точками напруги в яких під дією динамічних навантажень або вібрацій можуть виникати осередки руйнування. Це особливо актуально для інструмента, який піддається значному механічному навантаженню, що є актуальним для процесу гнуття.

Матеріал, з якого виготовлено інструмент, повинен мати вищу твердість, ніж заготовка, щоб забезпечити тривалу експлуатацію.

4 ВИРІШЕННЯ ВИЯВЛЕНИХ ПРОБЛЕМ

4.1 Оптимізація технології виготовлення оснащення

Виявлені недоліки зварної оснастки призвели до необхідності оптимізації технології виготовлення деталей оснащення. Було розроблено конструкцію оснащення яка передбачає використання цільних деталей які виготовляються методом фрезерування.

Фрезерування деталей оснащення призводить до високої міцності конструкції та стабільність розмірів, що підвищує якість оброблених заготовок.

Технологічні отвори для болтів на всіх елементах оснащення було виключено, що пришвидшує виготовлення деталей, за рахунок зменшення операції. Це також підвищило міцність елементів, так як отвори були концентраторами напруги.

4.2 Заміна матеріалу оснащення

Існуючий матеріал було замінено на Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Технологічні властивості: Сталь 45 застосовується для виготовлення деталей, що піддаються значним механічним навантаженням, таких як вали, шестерні, осі, які працюють в умовах з помірною абразивною зносостійкістю і при температурах до 200 °С, а також для деталей, що потребують високої міцності та твердої поверхні після термообробки.

За рахунок відмінності матеріалів заготовки та оснащення ми отримуємо наступні переваги:

- суттєво знижується знос інструменту;
- знижується ризик адгезії, тобто прилипання матеріалу заготовки до поверхонь інструмента. Це покращує якість згину та зменшує утворення задирів;

– на відміну від Сталі 3, Сталь 45 добре піддається термообробці, що дозволяє додатково підвищувати її механічні властивості.

4.3 Додаткові елементи в конструкції

Експлуатація оснащення показала, що точність виробу залежить від первинного розташування листа на матриці.

Для підвищення точності розташування листа було введено напрямні елементи (рис. 4.1, рис. 4.2), які повторюють форму заготовки. Це гарантує правильне розташування заготовки на матриці та повторюваність розмірів (рис. 4.3).

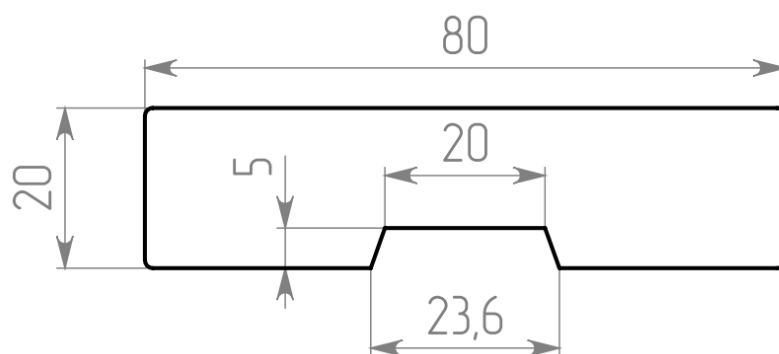


Рисунок 4.1 – Перша напрямна

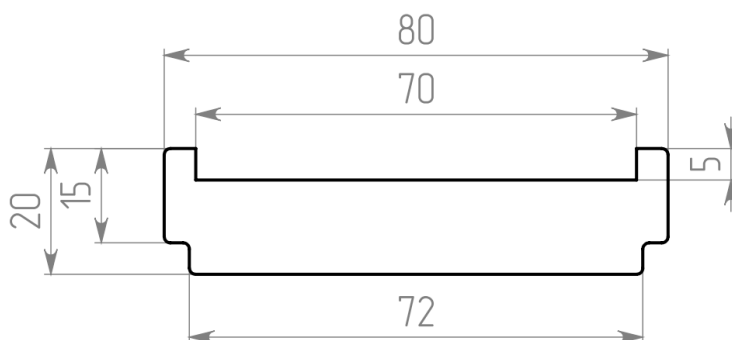
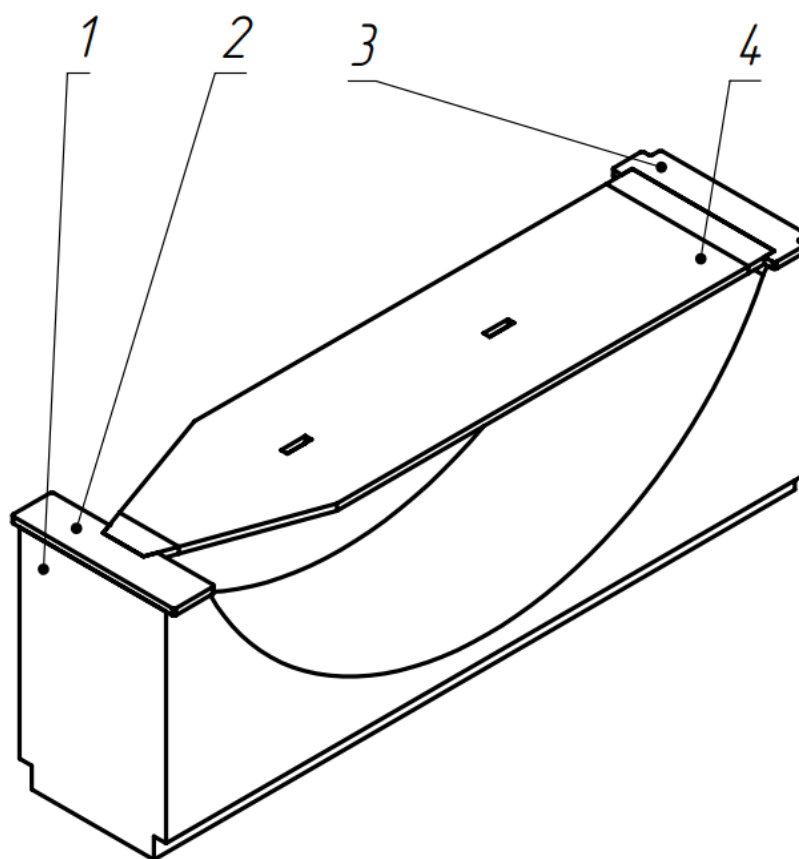


Рисунок 4.2 – Друга напрямна



1 – Матриця, 2, 3 – Напрямні, 4 – Заготовка

Рисунок 4.3 – Заготовка в початковому положенні

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

5.1 Визначення необхідного зусилля для згинання

Оскільки матриця має велике плече (275мм), товщина матеріалу заготовки невелика (3мм), а матеріал досить пластичний (Сталь 3), значних зусиль не очікується. Розрахую орієнтовне значення навантаження:

$$F = \frac{1,42 \cdot T \cdot S^2 \cdot L}{1000 \cdot V} \cdot 1000 \cdot 9,81, \quad (5.1.1)$$

де: S – товщина листа, мм;

V – ширина розкриття матриці (плече), мм;

T – межа міцності матеріалу, мм;

L – ширина листу, що згинається.

Коефіцієнт 1,42 емпіричний, введений для поправки на тертя між кромками матриці та заготовкою.

$$F = \frac{1,42 \cdot 45 \cdot 3^2 \cdot 70}{1000 \cdot 275} \cdot 1000 \cdot 9,81 = 1436 \text{ Н}$$

5.2 Порівняльне дослідження міцності конструкцій

Для проведення дослідження застосовувалося програмне забезпечення SOLIDWORKS із додатковим модулем SOLIDWORKS Simulation, який надає широкий інструментарій для інженерного аналізу. Для проведення розрахунків використовуємо статичний метод аналізу.

Для початку аналізу було створено тривимірні твердотільні моделі досліджуваних конструкцій із заданими геометричними параметрами. Для забезпечення точності розрахунків було задано властивості матеріалу конструкцій, такі як: модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, густина матеріалу тощо, використовуючи вбудовану базу даних програми (таблиця 5.1)

Таблиця 5.1 – Фізичні характеристики матеріалів Матриць

Властивість	Од. виміру	Матеріал	
		Сталь 3	Сталь 45
Модуль пружності	Н/м ²	$2,05 \cdot 10^{11}$	$2,04 \cdot 10^{11}$
Коефіцієнт Пуассона		0,29	0,30
Модуль зсуву	Н/м ²	$7,9 \cdot 10^{10}$	$7,8 \cdot 10^{10}$
Масова щільність	кг/м ³	7830	7826
Межа міцності при розтягуванні	Н/м ²	$4,4 \cdot 10^8$	$9,8 \cdot 10^8$
Межа плинності	Н/м ²	$2,25 \cdot 10^8$	$8,3 \cdot 10^8$
Коефіцієнт теплового розширення	/К	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Теплопровідність	Вт/(м·К)	88	48
Питома теплоємність	Дж/(кг·К)	461	473

Для порівняння міцності зварної і монолітної конструкції було обрано деталь Матриця.

Обидві конструкції було закріплено відповідно до реальних умов експлуатації. Було задано граничні умови — фіксовані вузли для імітації кріплення (рис. 5.1, рис. 5.2) та прикладені навантаження.

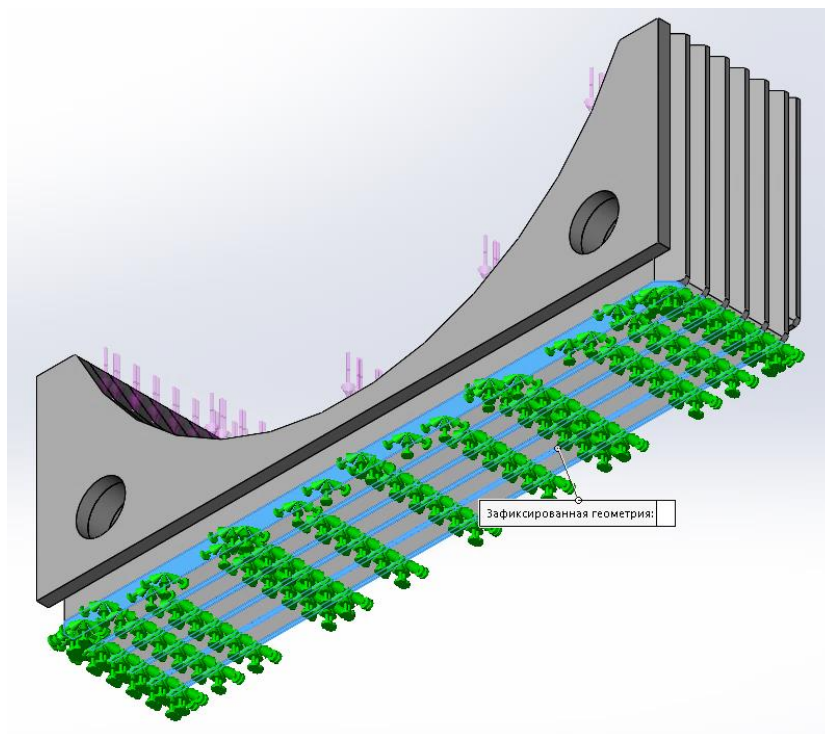


Рисунок 5.1 – Зафіксовані площини зварної Матриці

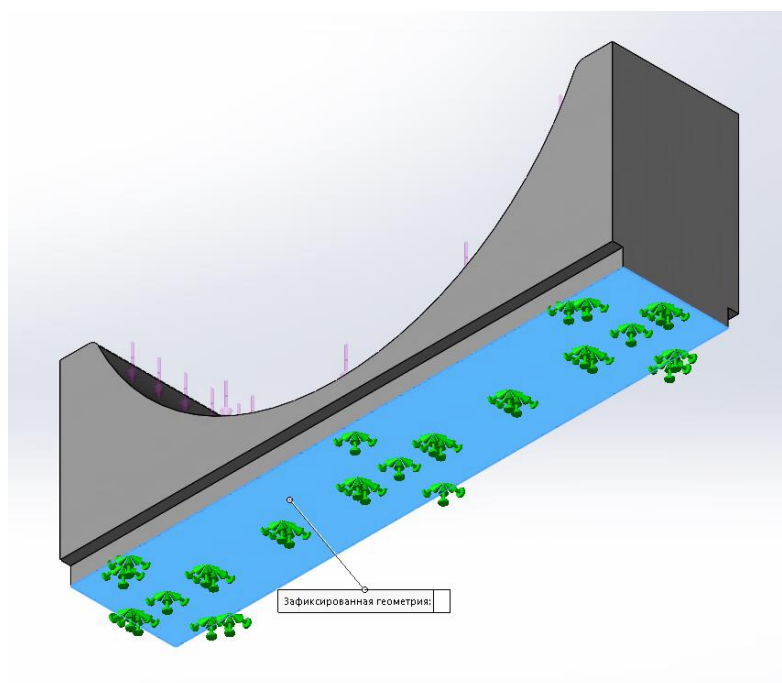


Рисунок 5.2 – Зафіксована площина монолітної Матриці

Оскільки необхідне зусилля для згинання заготовки, визначене в пункті 5.1, замале для наочного порівняння напружень двох різних конструкцій, прикладене до моделей навантаження було збільшено до 10 тон (98100 Н). Навантаження прикладається до робочих поверхонь матриць, напрямом навантаження – перпендикулярний основі матриці (рис. 5.3, рис. 5.4).

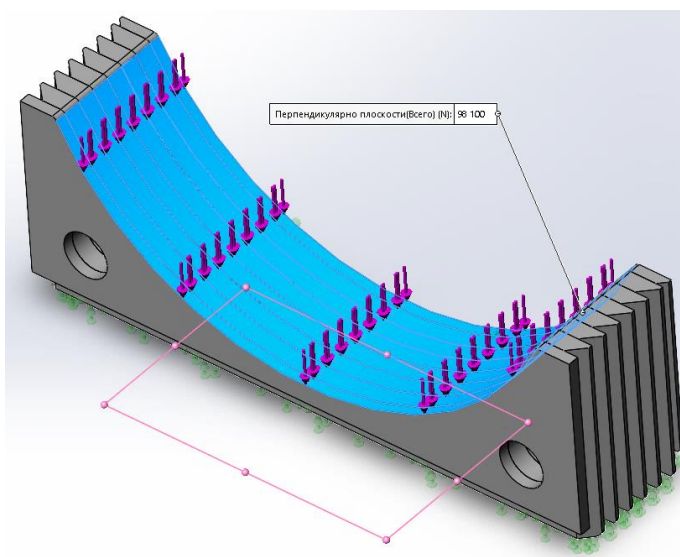


Рисунок 5.3 – Прикладене навантаження до зварної Матриці навантаження

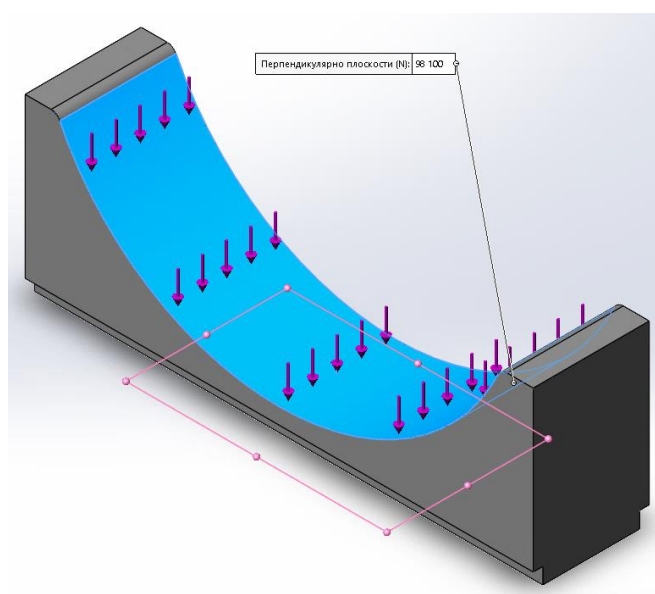


Рисунок 5.4 – Прикладене навантаження до монолітної Матриці навантаження

Для зварної Матриці була виконана додаткова операція – створення наборів контактів типу «Пов’язані» для тих поверхонь листів, які мають бути зварені між собою (рис. 5.5). Було створено 7 наборів контактів (для 8 листів).

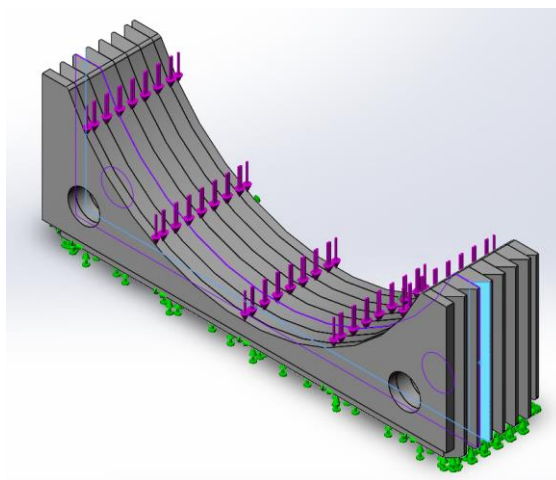


Рисунок 5.5 – Приклад вибраних поверхонь контакту

5.3 Аналіз МКЕ

Аналіз міцності проводився за допомогою методу кінцевих елементів (МКЕ). Цей метод базується на розбитті конструкції на велику кількість дрібних елементів, що утворюють скінченну сітку. Для кожного елемента вирішується система рівнянь, яка враховує вплив навантаження, закріплень і властивостей матеріалу. У результаті отримується розподіл напружень, деформацій і переміщень по всій конструкції.

Сітки кінцевих елементів (рис. 5.6, рис. 5.7) були автоматично згенеровані SOLIDWORKS Simulation. Для отримання більш точних результатів параметр Якість сітки було виставлено в положення Висока.

Параметри сіток наведені в таблицях 5.2 і 5.3.

Додатково було проведено аналіз монолітного Пуансону з привареним кріпленням. Сітка зображена на рис. 5.8, параметри сітки вказані в табл. 5.4.

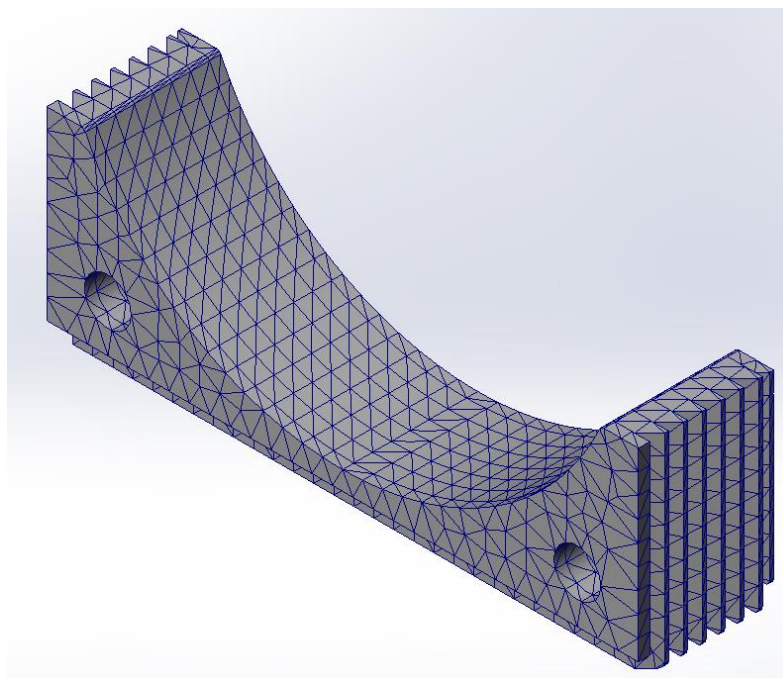


Рисунок 5.6 – Створена сітка зварної Матриці

Таблиця 5.2 – Параметри сітки для зварної Матриці

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття	Стандартна сітка
Автоматичне ущільнення сітки	Вимк
Увімкнуті автоцикли сітки	Вимк
Точки Якобіана для сітки високої якості	16 точок
Розмір елемента	10,9596 мм
Допуск	0,547978 мм
Якість сітки	Висока
Усього вузлів	17991
Усього елементів	8212
Максимальне співвідношення сторін	16,197
Відсоток елементів із співвідношенням сторін < 3	80,9
Відсоток елементів із співвідношенням сторін > 10	0,377

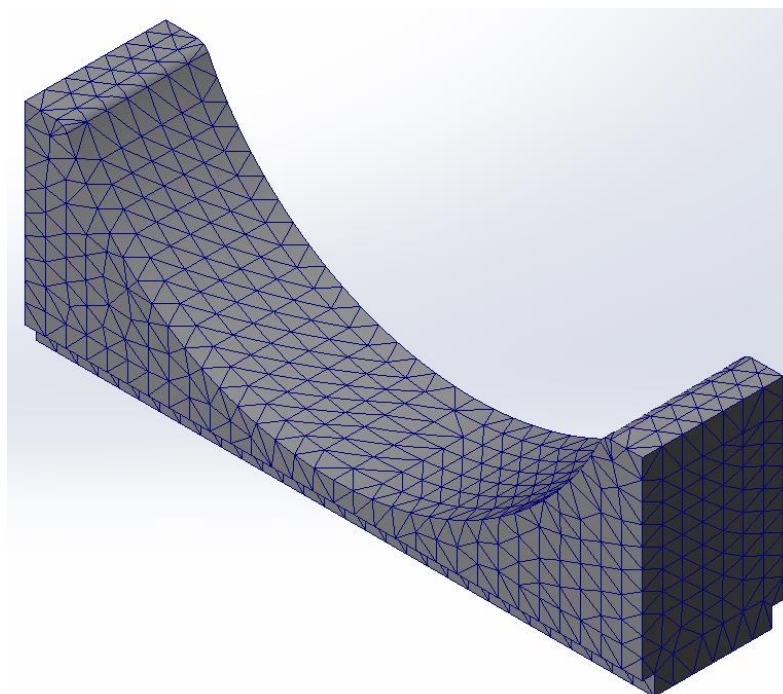


Рисунок 5.7 – Створена сітка монолітної Матриці

Таблиця 5.3 – Параметри сітки для монолітної Матриці

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття	Стандартна сітка
Автоматичне ущільнення сітки	Вимк
Увімкнути автоцикли сітки	Вимк
Точки Якобіана для сітки високої якості	16 точок
Розмір елемента	10,5195 мм
Допуск	0,525973 мм
Якість сітки	Висока
Усього вузлів	12154
Усього елементів	7618
Максимальне співвідношення сторін	4,7824
Відсоток елементів із співвідношенням сторін < 3	99,5
Відсоток елементів із співвідношенням сторін > 10	0

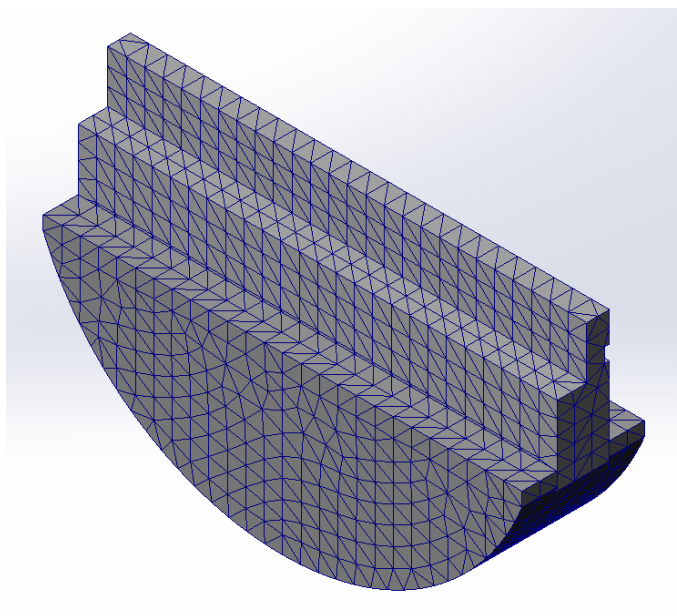


Рисунок 5.8– Створена сітка монолітного Пуансону з привареним кріпленням.

Таблиця 5.4 – Параметри сітки для монолітного Пуансону з привареним кріпленням.

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття	Стандартна сітка
Автоматичне ущільнення сітки	Вимк
Увімкнуті автоцикли сітки	Вимк
Точки Якобіана для сітки високої якості	16 точок
Розмір елемента	10,5195 мм
Допуск	0,525973 мм
Якість сітки	Висока
Усього вузлів	18878
Усього елементів	11839
Максимальне співвідношення сторін	6,7167
Відсоток елементів із співвідношенням сторін < 3	98
Відсоток елементів із співвідношенням сторін > 10	0

5.4 Результати аналізів і порівняння

Після завершення аналізів для обох конструкцій було створено епюри напружень (деформований вигляд на рис. 5.9 – 5.11, вигляд з ізометричними обмеженнями на рис. 5.12 – 5.14) і запасу міцності (рис. 5.15 – 5.17).

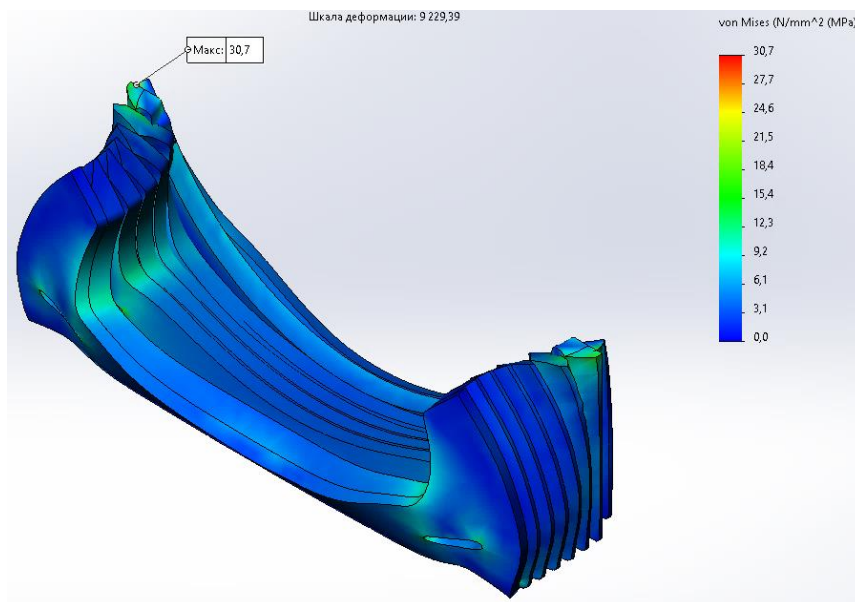


Рисунок 5.9 – Зварна Матриця в деформованому вигляді

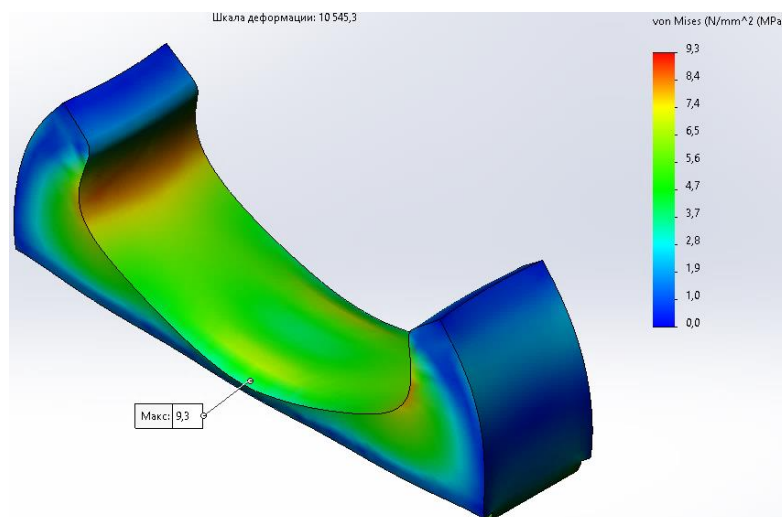


Рисунок 5.10 – Монолітна Матриця в деформованому вигляді

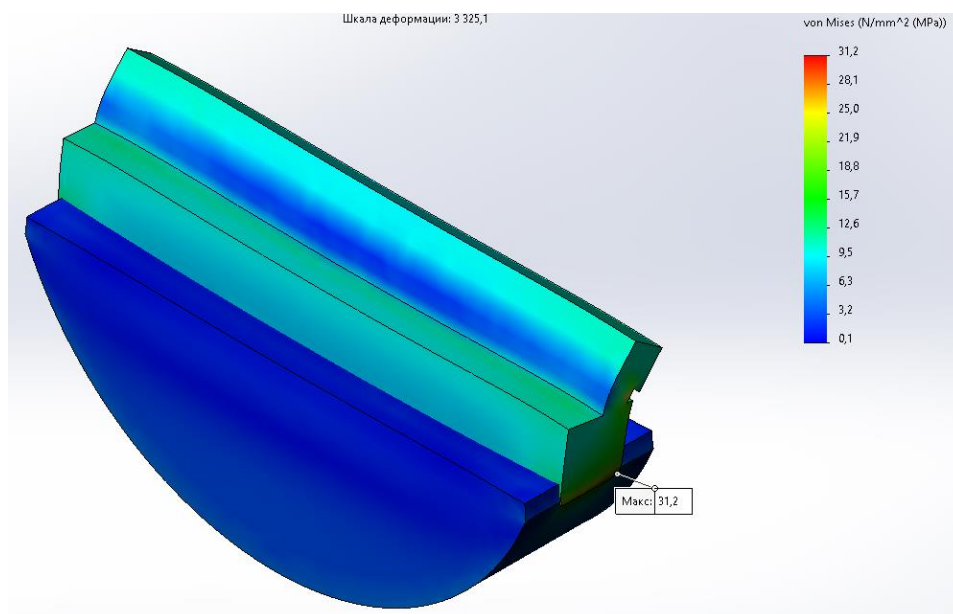


Рисунок 5.11 – Монолітний Пуансон з привареним кріпленням в деформованому вигляді

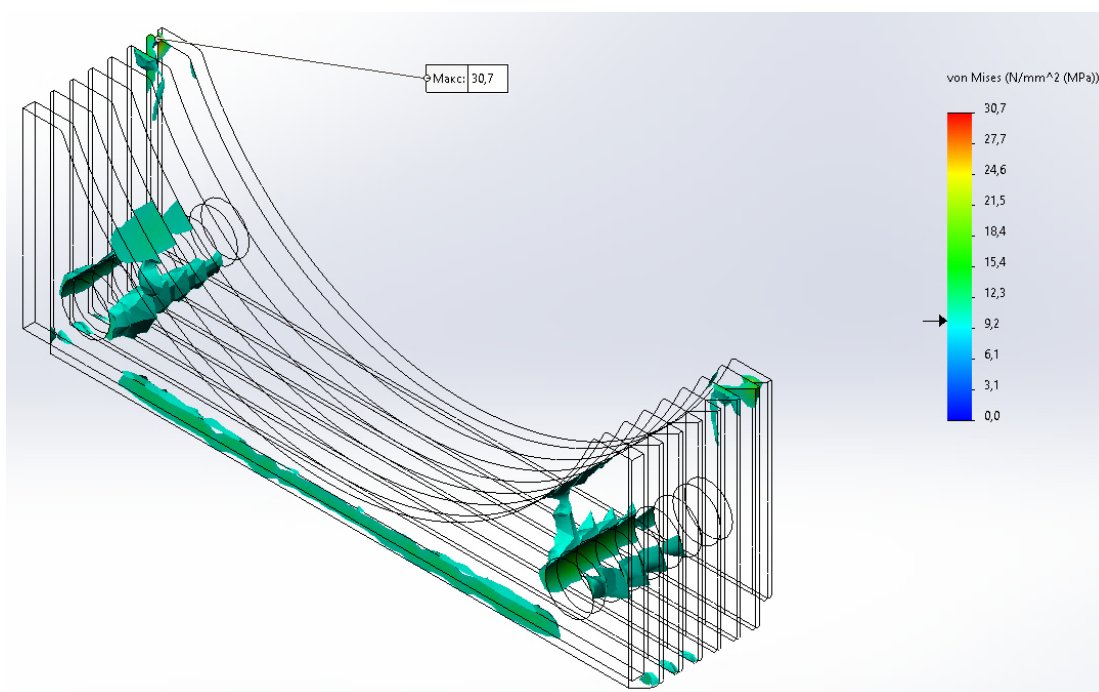


Рисунок 5.12 – Епюра зварної Матриці з ізометричним обмеженням напружень (третина від максимального напруження)

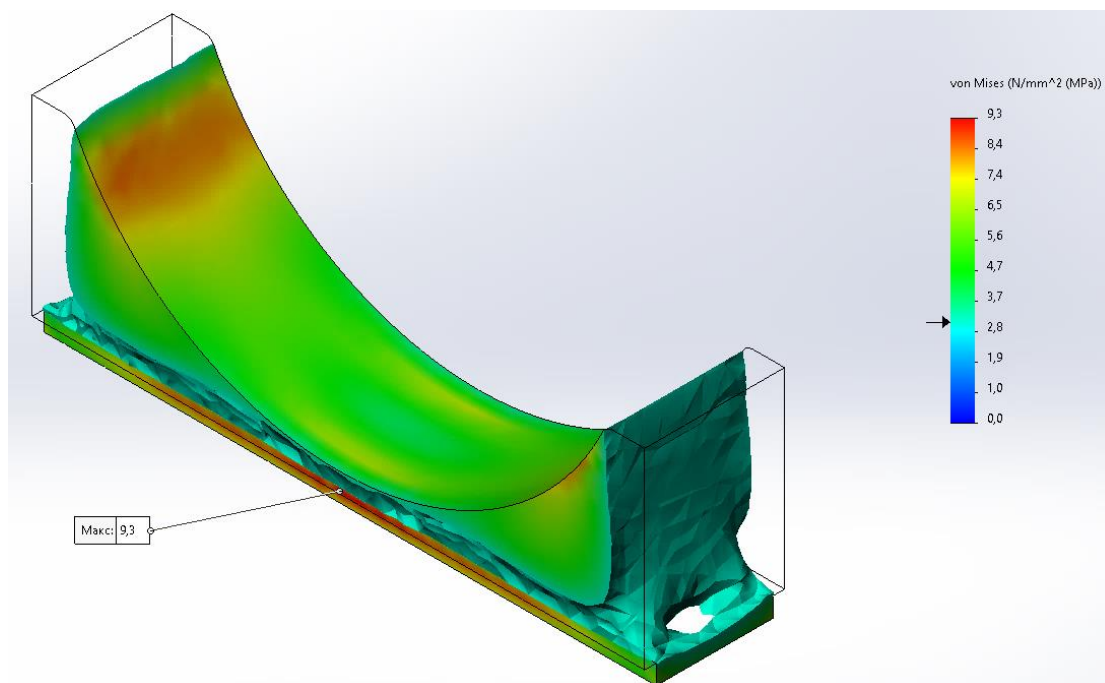


Рисунок 5.13 – Епюра монолітної Матриці з ізометричним обмеженням напружень (третина від максимального напруження)

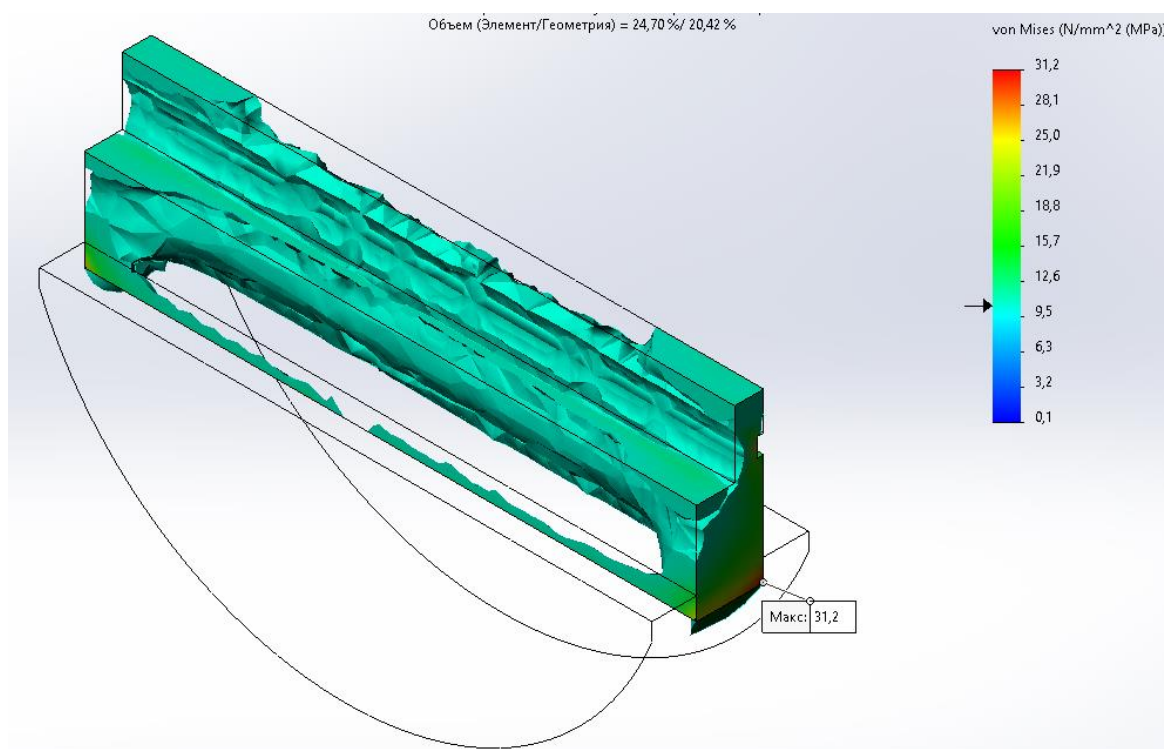


Рисунок 5.14 – Епюра монолітного Пуансона з привареним кріпленням з ізометричним обмеженням напружень (третина від максимального напруження)

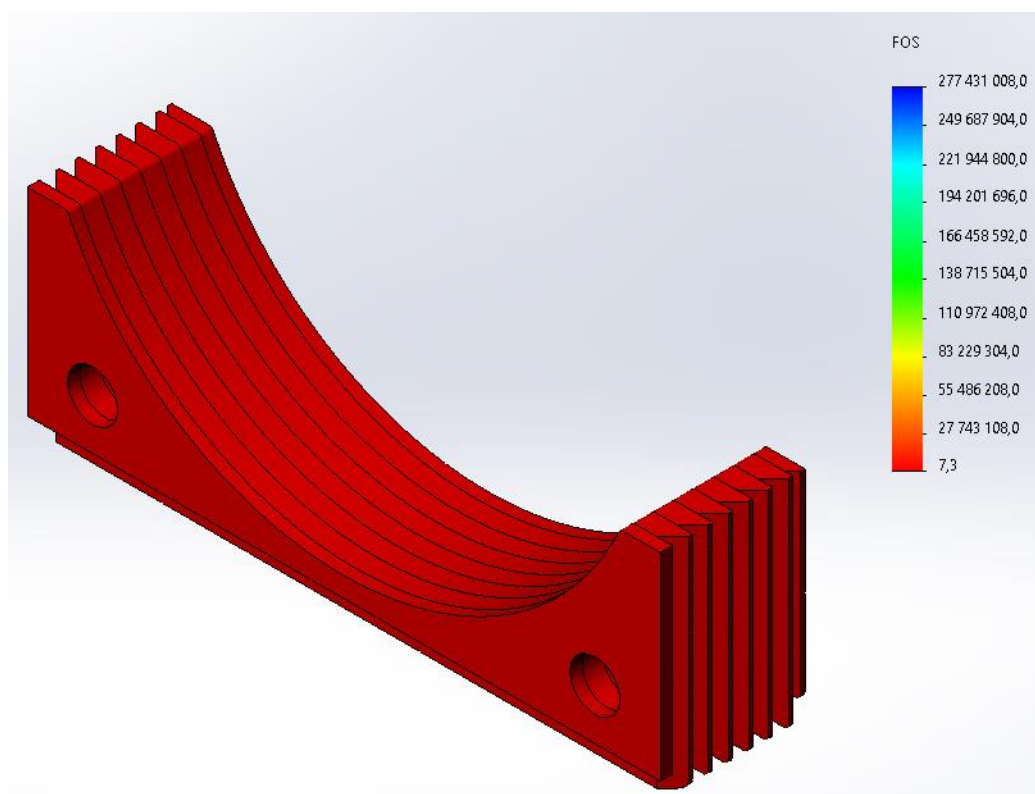


Рисунок 5.15 – Епюра запасу міцності зварної Матриці

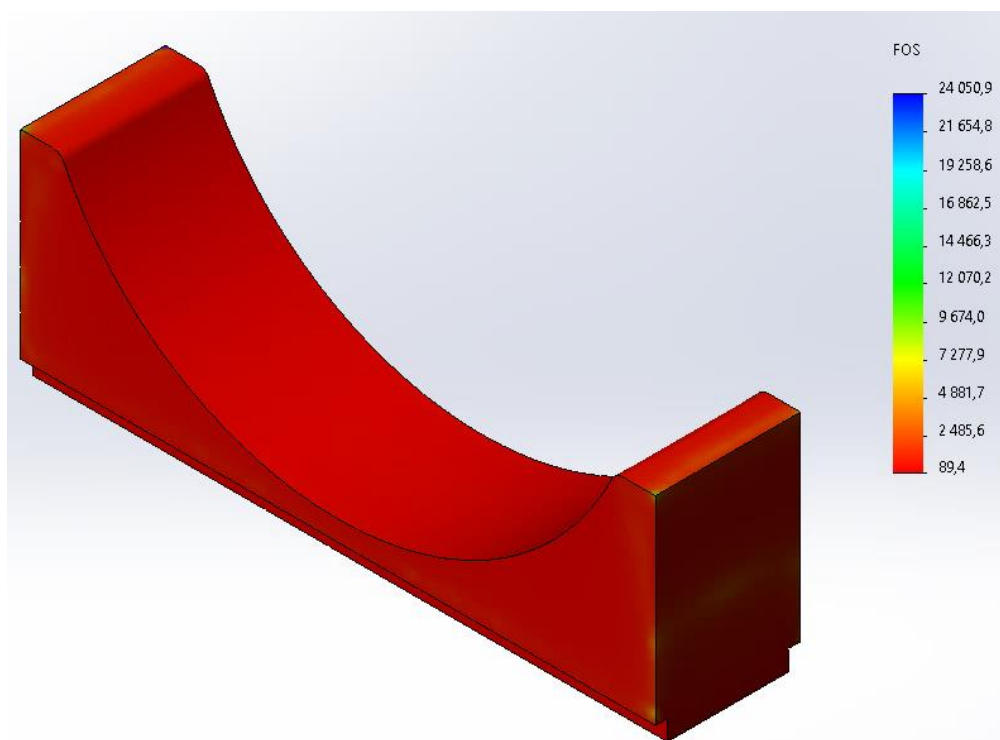


Рисунок 5.16 – Епюра запасу міцності монолітної Матриці

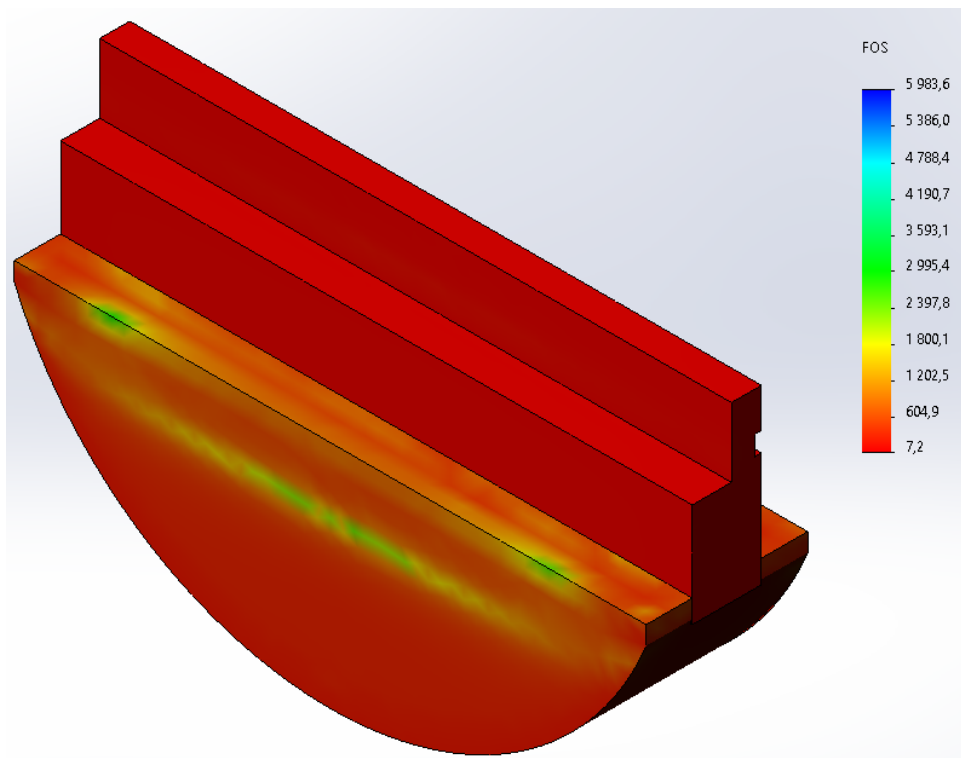


Рисунок 5.17 – Епюра запасу міцності монолітного Пуансону з привареним кріпленням

В демонстраційних цілях всі отримані під час аналізів деформації масштабуються в залежності від множника деформації, який SOLIDWORKS Simulation підбирає автоматично в залежності від найбільшого розміру моделі та обчислених деформацій. Такі перебільшені деформації вказують напрями деформування деталі під навантаженням.

З рисунків 5.8 і 5.9 добре видно, що зварна Матриця має схильність до розходження листів при великих навантаженнях. Монолітна конструкція не має такого недоліку.

З епюр на рисунках 5.10 і 5.11 видно, що в конструкції зварної матриці найбільші напруження виникають в основному на краях листів, а крім того отвори в листах виступають в якості концентратора напруження, що є суттєвим недоліком конструкції. В той же час з епюри монолітної матриці видно, що напруження рівномірно розподіляються по всій площі робочої поверхні. Завдяки цьому максимальні напруження в монолітній конструкції (9.3 МПа в даному

випадку) суттєво менші максимальних напружень в зварній конструкції (30.7 МПа в даному випадку). Аналогічно з мінімальним коефіцієнтом запасу міцності (89,4 у монолітної проти 7.3 у зварної Матриці).

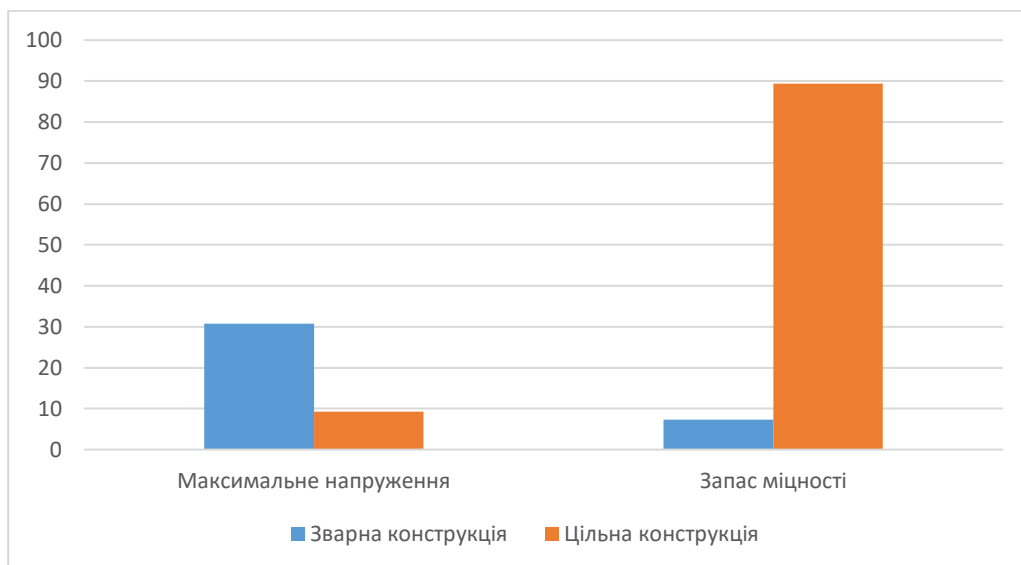


Рисунок 5.18 – Порівняльна діаграма характеристик міцності обох конструкцій

З епюр монолітного Пуансону з привареним кріпленням (рис. 5.14, рис. 5.17) видно, що напруження розподіляються по конструкції рівномірно.

Мінімальний коефіцієнт запасу міцності монолітного Пуансону з привареним кріпленням (рис. 5.17) при навантаженні в 98100 Н приймає значення в 7.2. Отже, конструкція надійна.

6 МАТЕРІАЛ І ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛЕЙ

Виходячи з умов виробництва, для якого планується виготовляти інструмент, матеріалом деталі є сталь конструкційна вуглецева, якісна Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Хімічний вміст матеріалу надається в таблиці 6.1, механічні властивості в таблиці 6.2.

Таблиця 6.1 – Хімічний склад Сталі 45 ГОСТ 1050-88

Марка сталі	Зміст елементів, %			
	Вуглець	Кремній	Марганець	Нікель
Сталь 45	0,42...0,5	0,17...0,37	0,5...0,8	До 0,3

Таблиця 6.2 – Механічні властивості Сталі 45 ГОСТ 1050-88

Марка сталі	σ_T	σ_B	δ	Ψ	НВ
Сталь 45	355	600	16	40	229

де: σ_T - границя текучості в кг/мм^2

σ_B - межа міцності в кг/мм^2

δ - відносне подовження в %;

Ψ - відносне звуження в %;

НВ - твердість вихідного матеріалу в МПа.

Технологічні властивості:

- Температура початку кування сталі 45 становить 1250°C , закінчення - 800°C , охолодження поковки – повітряне;
- Сталь 45 може бути чутлива до флокенів, особливо при термічній обробці;

- Зварюваність сталі 45 обмежена через схильність до утворення тріщин, потребує попереднього підігріву і наступного відпуску;
- Рекомендовані способи зварювання: РДС, АДС з попереднім підігрівом і наступним відпуском;

Сталь 45 застосовується для виготовлення деталей, що піддаються значним механічним навантаженням, таких як вали, шестерні, осі, які працюють в умовах з помірною абразивною зносостійкістю і при температурах до 200 °С, а також для деталей, що потребують високої міцності та твердої поверхні після термообробки.

Вибір заготовки:

Заготовка для деталі Матриця – прокатний лист зі сталі 45, товщиною 80 мм, розмірами 315х110мм.

Заготовка для деталі Пуансон – прокатний лист зі сталі 45, товщиною 70 мм, розмірами 274х102мм.

Заготовка для деталі Кріплення пуансону – прокатний лист зі сталі 45, товщиною 30 мм, розмірами 274х75мм.

7 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛЕЙ

Під конструктивним елементом деталі розуміють місцеві зміни форми або поверхні деталі для надання їй додаткових властивостей при виготовленні, складанні та експлуатації.

Розміри конструктивних елементів відносно форми та поверхні деталей невеликі і, в цілому, не змінюють їх.

Деталь Матриця по формі являє собою прямокутний паралелепіпед розміром 315x108,6x72 з вирізами.

Конструктивні елементи деталі:

- круглий виріз $R=151$;
- заокруглення $R=2.5$, 4шт;
- прямокутний виріз 10x6, 2шт.

Деталь Пуансон по формі являє собою прямокутний паралелепіпед з великим заокругленням, розміром 274x100x72, з прямокутним вирізом.

Конструктивні елементи деталі:

- круглий виріз $R=148$;
- прямокутний виріз 30x10.

Деталь Кріплення пуансону по формі являє собою прямокутний паралелепіпед розміром 274x75x30, з двома прямокутними вирізами.

Конструктивні елементи деталі:

- прямокутний виріз 30x17;
- прямокутний виріз 8.4x3.

Таблиця 7.1 – Аналіз розмірів та шорсткості поверхонь

Позначення поверхні деталі	Кількість поверхонь	Розмір, поле допуску і відхилення	Допуск Т (мкм)	Шорсткість Ra (мкм)
1	2	3	4	5
Поверхня торця 1	2	$L=108,6h11(-0,22)$	0,22	6,3
Зовнішня поверхня 2	1	$\varnothing 151h11(+0,25)$	0,25	6,3
Зовнішня поверхня 3	2	$L=60h11(-0,19)$	0,19	6,3

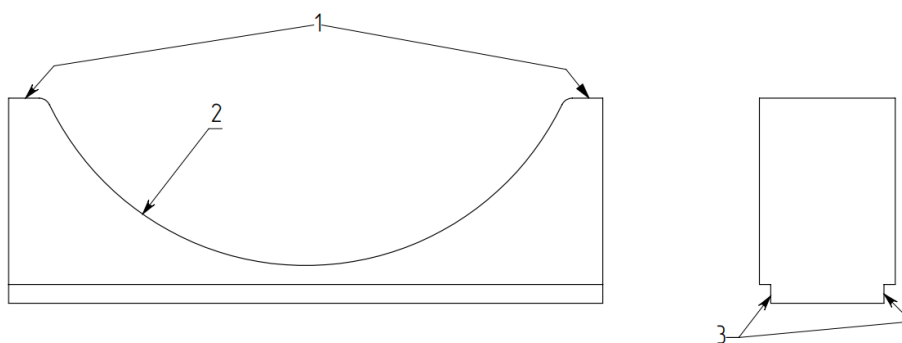


Рисунок 7.1 – Нумерація поверхонь деталі Матриця

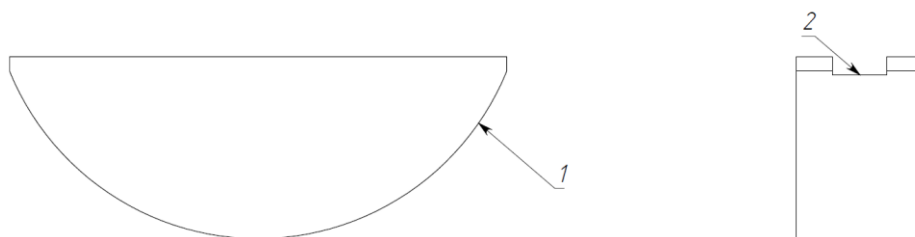


Рисунок 7.2 – Нумерація поверхонь деталі Пуансон

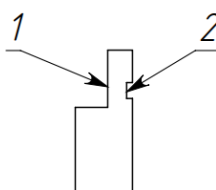


Рисунок 7.3 – Нумерація поверхонь деталі Кріплення пуансону

8 АНАЛІЗ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ

Аналіз конструкції деталі на технологічність оцінюється по якісним та кількісним показникам.

При аналізі деталі до її якісних показників відносять оброблюваність, форма елементів деталі, вагу і розміри деталі, допуски і відхилення.

У заданої деталі присутні такі якісні показники:

- оброблюваність матеріалу різання добра;
- всі поверхні доступні для обробки стандартними ріжучими інструментами;
- на деталі наявні поверхні правильної геометричної форми, які можна використовувати в якості бази;
- вага деталі та її габаритні розміри не потребують застосування спеціальних підйомних механізмів;
- допуски та граничні відхилення на розміри відповідають стандартним значенням.

Кількісну оцінку технологічності конструкції робимо за наступними показниками:

- коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_{э.}} = \frac{3}{3} = 1 \quad (8.1)$$

$Q_{э.}$ - кількість елементів деталі, з яких вона складається;

$Q_{y.e.}$ - кількість уніфікованих (стандартизованих) елементів деталі, що входять у $Q_{э.}$;

- коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{M_{\text{д.}}}{M_{\text{з.}}} = \frac{9,1}{19,5} = 0,47 \quad (8.2)$$

Мд. - маса деталі за даними креслення, кг;

Мз. - маса заготовки, кг;

- коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{т.о.}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср.}}} \quad (8.3)$$

Аср. - середній квалітет точності, обумовлений по формулі:

$$A_{\text{ср.}} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 17 \cdot n_{17}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{17}} \quad (8.4)$$

1, 2...17 - квалітет точності по якому виготовляється деталь;

$n_1, n_2 \dots n_{17}$ - кількість розмірів деталі, що виконується по відповідному квалітету.

У нашому випадку:

$$A_{\text{ср.}} = \frac{11 \cdot 3}{3} = 11$$

Тоді:

$$K_{\text{т.о.}} = 1 - \frac{1}{11} = 0,91$$

- коефіцієнт шорсткості обробки:

$$K_{ш.о.} = 1 - \frac{1}{B_{сер.}} \quad (8.5)$$

$B_{сер.}$ - середня шорсткість поверхонь деталі, що визначає значення параметра R_a у мкм. Визначається по формулі:

$$B_{сер.} = \frac{0,1 * n_1 + 0,2 * n_2 + \dots + 25 * n_9}{n_1 + n_2 + \dots + n_9} \quad (8.6)$$

0,1; 0,2...25 - параметри шорсткості поверхні за ДСТ 2789-73 відповідно з 3-го по 11-ий класи. Класи 1,2 і 12,13,14 не зазначені, тому що в нашій галузі зустрічаються рідко.

$n_1, n_2 \dots n_9$ - кількість поверхонь, що мають шорсткість, що відповідає даному числовому параметру R_a .

У нашому випадку:

$$B_{сер.} = \frac{6,3 \cdot 3}{3} = 6,3$$

Тоді:

$$K_{ш.о.} = 1 - \left(\frac{1}{6,3} \right) = 0,84$$

Таким чином конструкція деталі технологічна за всіма показниками.

9 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

9.1 Розрахунок припусків на обробку

Величина припусків на довжину деталізначається для обробки торців деталі. Загальні припуски та розміри заготовки приймаються табличним методом і наведені в таблицях 9.1 і 9.2.

Таблиця 9.1 – Загальні припуски на обробку деталі Матриця

Розмір деталі, мм	Квалітет точності	Шорсткість, Ra	Припуск на розміри, мм	Розмір заготовки, мм
108,6	H11	6.3	1,4	110

Таблиця 9.2 – Загальні припуски на обробку деталі Пуансон

Розмір деталі, мм	Квалітет точності	Шорсткість, Ra	Припуск на розміри, мм	Розмір заготовки, мм
100	H11	6.3	2	102

Таблиця 9.3 – Міжопераційні розміри деталі Матриця

Номер поверхні	Операція	Отриманий квалітет	Припуск
Поверхні 1 і 2	Фрезерування чорнове	H14	0,9
Поверхні 1 і 2	Фрезерування чистове	H11	0.5
Поверхні 3	Фрезерування чорнове	H14	9.5
Поверхні 3	Фрезерування чистове	H11	0.5

Таблиця 9.4 – Міжопераційні розміри деталі Пуансон

Номер поверхні	Операція	Отриманий квалітет	Припуск
Поверхня 1	Фрезерування чорнове	H14	1.5
Поверхня 1	Фрезерування чистове	H11	0.5
Поверхня 2	Фрезерування чорнове	H14	9.5
Поверхня 2	Фрезерування чистове	H11	0.5

Таблиця 9.5 – Міжопераційні розміри деталі Кріплення пуансону

Номер поверхні	Операція	Отриманий квалітет	Припуск
Поверхня 1	Фрезерування чорнове	H14	29.5
Поверхня 1	Фрезерування чистове	H11	0.5
Поверхня 2	Фрезерування чистове	H11	3

9.2 Маршрут обробки заготовки

Маршрутна технологія виготовлення деталі призначається з урахуванням вимог до одиничного виробництва.

Порядок технологічних операцій для обробки деталі Матриця:

Операція 005:

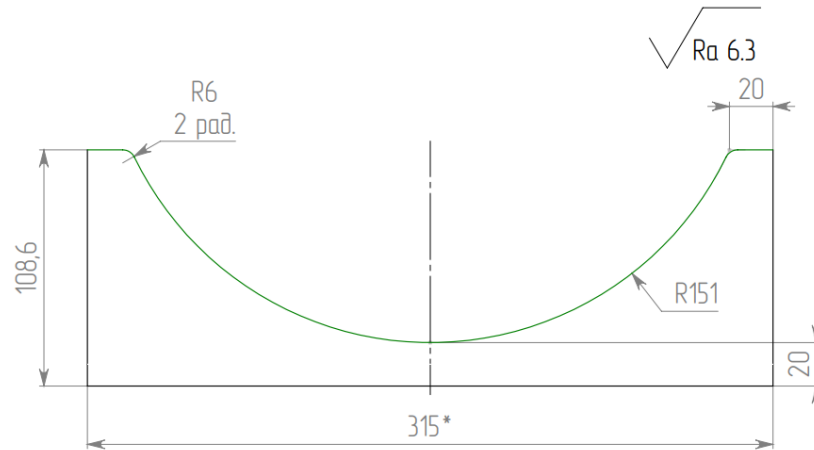
Фрезерувальна з ЧПК

Перехід 1:

Встановлення заготовки.

Перехід 2:

Чорнове та чистове фрезерування поверхонь 1 і 2

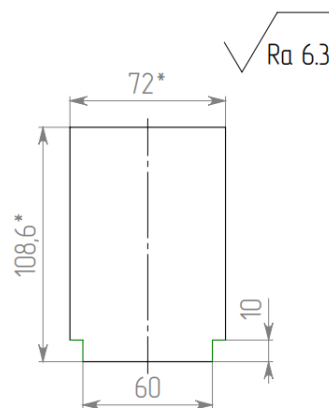


Перехід 3:

Переустановлення заготовки.

Перехід 4:

Чорнове та чистове фрезерування поверхонь 3



Операція 010:

Контроль

Порядок технологічних операцій для обробки деталі Пуансон:

Операція 005:

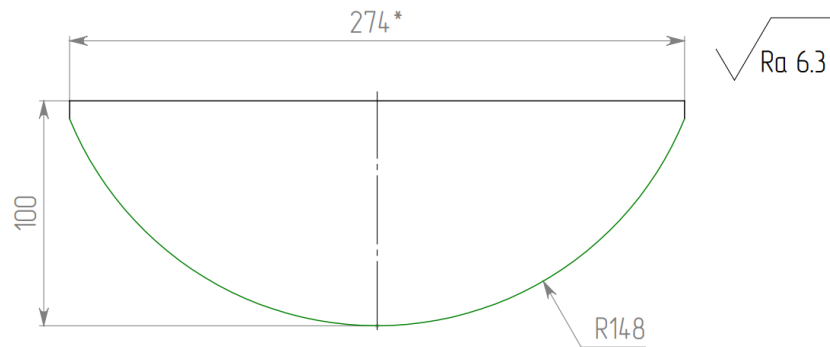
Фрезерувальна з ЧПК

Перехід 1:

Встановлення заготовки.

Перехід 2:

Чорнове та чистове фрезерування поверхні 1

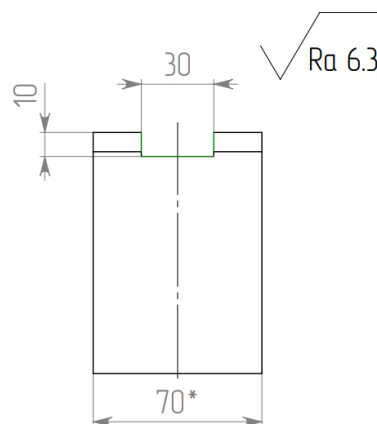


Перехід 3:

Переустановлення заготовки.

Перехід 4:

Чорнове та чистове фрезерування поверхні 2



Операція 010:

Контроль

Порядок технологічних операцій для обробки деталі Кріплення пуансону:

Операція 005:

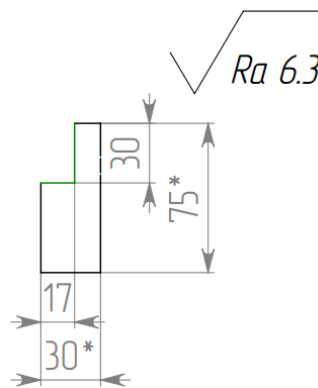
Фрезерувальна з ЧПК

Перехід 1:

Встановлення заготовки.

Перехід 2:

Чорнове та чистове фрезерування поверхні 1

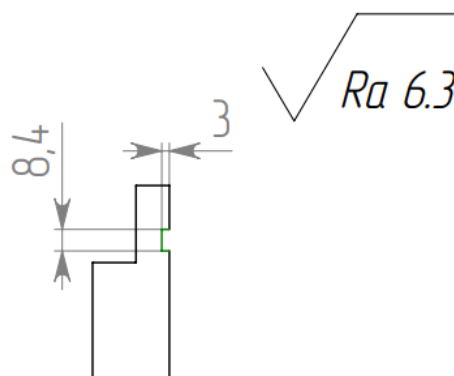


Перехід 3:

Переустановлення заготовки.

Перехід 4:

Чистове фрезерування поверхні 2



Операція 010:

Контроль

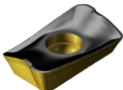
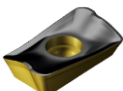
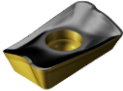
9.3 Вибір інструментів і режимів різання

Інструменти і режими різання обираються з електронного каталогу Sandvik Coromant [15] та ISCAR Ltd [16].

При виборі інструменту електронний каталог дозволяє одразу визначити і режими різання саме для того інструменту який буде використовуватися.

Результати підбору інструмента і обладнання наведені в таблицях 9.7, 9.8 відповідно. Режими різання для обробки деталей наведені в таблицях 9.9-9.11.

Таблиця 9.7– Інструменти для обробки деталі

№ операції	Деталь	№ переходу	Інструменти			
			Різальний інструмент	Зображення	Допоміжні інструменти	Зображення
005	Матриця	1 і 2	Фрезерувальна пластина R390-17 04 12E-PM 4340		Фреза R390-032EH25-17M	
	Пуансон	1	Фрезерувальна пластина R390-17 04 12E-PM 4340		Фреза R390-032EH25-17M	
		2	Фреза 1K335-0800-050-XD 1730		-	
	Кріплення пуансону	1	Фрезерувальна пластина R390-17 04 12E-PM 4340		Фреза R390-032EH25-17M	
		2	Фреза 1K335-0800-050-XD 1730		-	

Таблиця 9.8 – Обладнання для інструменту

№ операції	Деталь	№ переходу	Обладнання		
			№	Назва	Зображення
005	Матриця	1 і 2	1	Перехідник 392.140ЕН-40 25 051	
	Пуансон	1	1	Перехідник 392.140ЕН-40 25 051	
		2	1	Перехідник 930-ІВ40-Р-08-088	
	Кріплення пуансону	1	1	Перехідник 392.140ЕН-40 25 051	
		2	1	Перехідник 930-ІВ40-Р-08-088	

Таблиця 9.9 – Режими різання для обробки деталі Матриця

Перехід	Тип обробки	Режими різання				
		Швидкість різання, м/хв	Подача, мм/зуб	Кількість проходів	Глибина різання, мм	Стійкість, хв
1	Чорнова обробка	227	0,119	5	14,5	40
	Чистова обробка	236	0,119	5	14,5	40
2	Чорнова обробка	256	0,158	1	9,5	40
	Чистова обробка низу	256	0,194	1	0,5	30
	Чистова обробка стінки	263	0,293	1	10	35

Таблиця 9.10 – Режими різання для обробки деталі Пуансон

Перехід	Тип обробки	Режими різання				
		Швидкість різання, м/хв	Подача, мм/зуб	Кількість проходів	Глибина різання, мм	Стійкість, хв
1	Чорнова обробка	227	0,119	5	14	40
	Чистова обробка	236	0,119	5	14	40
2	Чорнова обробка	247	0,16	1	9,7	40
	Чистова обробка	247	0,169	1	0,3	35
	Чистова обробка стінки	302	0,317	1	10	30

Таблиця 9.11 – Режими різання для обробки деталі Кріплення пуансону

Перехід	Тип обробки	Режими різання				
		Швидкість різання, м/хв	Подача, мм/зуб	Кількість проходів	Глибина різання, мм	Стійкість, хв
1	Чорнова обробка	253	0,137	3	9,83	40
	Чистова обробка низу	253	0,167	1	0,5	30
	Чистова обробка стінки	263	0,293	3	10	35
2	Чистова обробка низу	247	0,169	1	3	36
	Чистова обробка стінки	302	0,16	1	3	30

9.4 Засоби контролю

Для контролю розмірів оброблених поверхонь деталі використовуються наступні прилади:

- штангенциркуль ШЦ-II -400-0,01-1 ГОСТ 166-89;
- мікрометричний глибиномір ГМ100-1 ГОСТ 7470-92;
- штангенрейсмас ШР-250-0,05 ГОСТ 164-90.

9.5 Вибір фрезерного верстату

Haas Super Mini Mill 2 являє собою універсальний верстат з числовим програмним управлінням (ЧПУ), що займає малу площу, проте пропонує велику

довжину переміщень по осях x , y і z (розмір робочої зони), яка становить відповідно 508, 406 і 356 мм. Верстат Super Mini Mill 2 у стандартній комплектації обладнаний шпинделем з конусом ISO 40 та частотою обертання 10 000 об/хв, векторним приводом потужністю 11,2 кВт, високошвидкісним пристроєм автоматичної зміни інструменту. Швидкість швидких переміщень досягає 30,5 м/хв. У стандартний набір також входять система охолодження та система жорсткого нарізування різьблення. Високопродуктивні опції для Super Mini Mill 2 включають шпиндель із частотою обертання 15 000 об/хв, бічне пристрій зміни інструменту на 24+1 гніздо, систему подачі МОР через шпиндель, чотири- та п'ятиосьові приводи тощо. Загальні технічні характеристики верстата наведені в таблиці 9.12.

Стандартні характеристики:

- Пристрій зміни інструмента з поворотним магазином на 20 гнізд
- Обдув вікна повітрям
- Комплект насосу МОР з баком на 151 літр
- Сенсорний екран керування
- Віддалений моніторинг HaasConnect
- Модуль раннього виявлення порушення енергопостачання
- Інтерфейс Ethernet
- Бездротове підключення для блоку керування Haas
- Жорстке нарізування різьби мітчиком
- Програмна пам'ять 1 Гб



Рисунок 9.1 – загальний вигляд верстата Haas Super Mini Mill 2

Таблиця 9.12 – Технічна характеристика верстата

Технічні характеристики верстата Haas Super Mini Mill 2	
Переміщення по осі X, мм	508
Переміщення по осі Y, мм	406
Переміщення по осі Z, мм	356
Відстань від переднього торця шпінделя до столу (макс.), мм	457
Максимальна потужність шпінделя, КВт	11,2
Максимальна швидкість шпінделя, об/хв	10000
Максимальний крутний момент, Н*м	23
Довжина столу, мм	1016
Ширина столу, мм	356
Максимальна вага на столі, кг	227
Швидкість подачі при різанні на максимальну глибину, м/хв	21,2
Швидкість прискорених переміщень, м/хв	30,5

Продовження таблиці 9.12

Максимальні осьові зусилля, Н	8896
Ємність магазину	20
Максимальний діаметр інструменту, мм	89
Максимальна вага інструменту, кг	5,4
Обсяг бака МОР, л	151
Маса, кг	2314

Верстат обладнаний 20-позиційним поворотним магазином Haas TC-20 який є стандартним для верстатів моделей СМ. Це стандартний пристрій зміни інструменту Haas типу поворотний магазин із конусом ISO 40. Він є економічним вибором для цехів, які намагаються мінімізувати витрати. Пристрій утримує 20 інструментів і має кришки, що зрушуюються, над кожною кишенею для запобігання попаданню стружки в пристрій зміни і її налипання на конусах інструментів. Проста конструкція та мінімальна кількість рухомих деталей цього пристрою зміни інструменту гарантують тривалий термін служби та надійне функціонування.



Рисунок 9.2 – 20-позиційна поворотний механізм TC-20

9.6 Створення керуючої програми

Для створення керуючої програми обрали програмне забезпечення Autodesk PowerMill.

Імпортуємо CAD-модель у форматі .sldprt, що була попередньо створена у програмі SOLIDWORKS.

У розділі «Налаштування траєкторії» обираємо пункт «Заготовка», тип «Модель», призначаємо відповідний деталі припуск і натискаємо «Обчислити».

У розділі «Налаштування траєкторії» обираємо пункт «Створити локальну СК», «ЛСК по трьом точкам», задаємо необхідне розташування осей, в залежності від необхідного напрямку обробки. Для кожної деталі створено по дві ЛСК.

У розділі «Установ» створюємо установи на основі створених ЛСК.

У розділі «Інструмент» обираємо тип інструменту, обраний в п. 9.3, задаємо його розміри.

У розділі «Групи елементів» обираємо «Пошук елементів», після чого автоматично розпізнані елементи будуть добавлені в розділ «Провідник».

У розділі «Провідник» обираємо розпізнані елементи і в контекстному меню обираємо «Обробити». Обираємо стратегію обробки, задаємо параметри і режими обробки. Створюємо траєкторії чорнової і чистової обробки для кожного елемента. У розділі «Симуляція» включаємо режим ViewMill та покроково спостерігаємо обробку.

Результати симуляції наведені в додатку А.

Після проведення симуляції обробки отримуємо готові коди керуючих програм. Коди наведено в додатку Б.

ВИСНОВКИ

Результат роботи, у вигляді розробленої конструкції спеціального оснащення, має практичну цінність.

Аналіз результатів експлуатації існуючого оснащення дав можливість виявити недоліки існуючої зварної конструкції, та на його основі розробити оптимальну технологію виробництва більш раціональної конструкції яка виготовляється методом фрезерування.

Нова технологія дає ряд переваг, таких як: швидкість виготовлення, точність робочих поверхонь, економічність, якість кінцевого продукту, доступність технології, рівномірне розподілення напружень.

Розрахунки на міцність показали збільшення запасу міцності нової конструкції у 12 разів, що забезпечує довговічність оснащення.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головко О. М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2008. 370 с.
2. Ніколаєв В. О. Теорія обробки металів тиском : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 110 с.
3. Середа Б.П. Обробка металів тиском. Навч. посібник. –Запоріжжя: Вид. ЗДІА, 2009. - 343 с.
4. Технологія машинобудування : Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навч. посіб. / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.; за ред. І.І. Юрчишина. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. – 527 с.
5. Методические рекомендации по курсовому проектированию / А. А. Николаев. – Запорожье: Машиностроительный институт, 1989. – 82 с.
6. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов / А. И. Кочергин. – Минск. Высшэйшая школа, 1991. – 382 с.
7. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учеб. Пособие для вузов/ А. И. Кочергин. – Мн.: Высш. Шк., 1991. – 382 с
8. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, В.А. Шкаберин. – 2-е изд., стер. – М. : ФЛИНТА, 2014. –355 с.
9. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т - 2 под ред Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
10. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов под ред Баранчикова. –М.: Машиностроение, 1990, 399 с.

11. Жуков Э.Л. Технология машиностроения. Часть II: Проектирование технологических процессов: учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский и др.; под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: СПбГПУ, 2003. — 498 с.
12. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Ануриев. В 3-х т. — 8 — е изд., перераб. и доп., Т. 2. — М.: Машиностроение, 2001 — 901 с.
13. Електронний каталог різального інструменту компанії Sandvik. URL: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/tools/coroplus-toolguide/tool-recommendation>
14. Електронний каталог різального інструменту компанії ISCAR. URL: <https://www.iscar.com/ITA>
15. Feature CAM. Feature Mill. Feature Mill3D. Feature Turn. Керівництво користувача / Delcam USA // 13-та редакція. — 275 E South Temple, Salt Lake City, UT84111. — 2005. -89с.

ДОДАТОК А

Симуляція обробки деталей

А.1 Обробка деталі Матриця

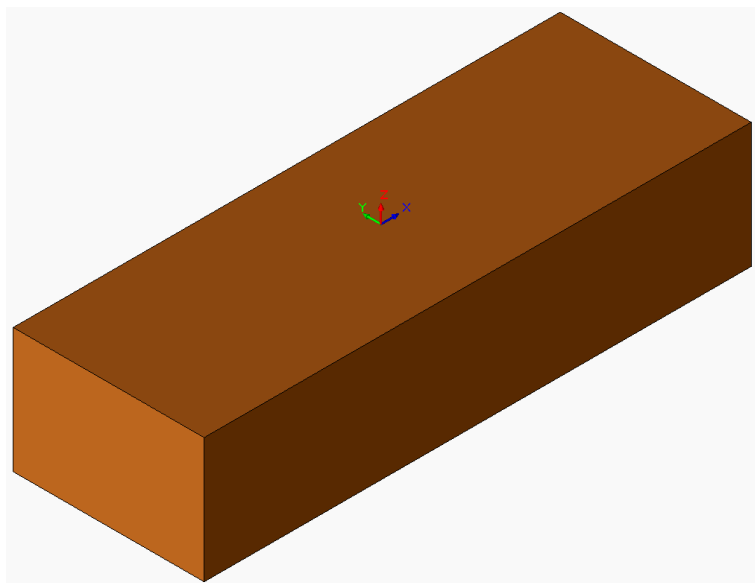


Рисунок А.1.1 – Заготовка деталі Матриця

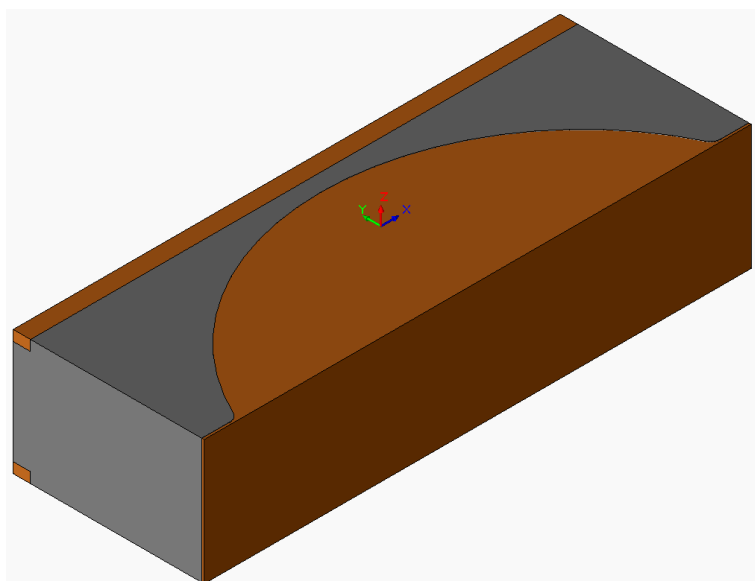


Рисунок А.1.2 – Модель деталі Матриця, накладена на заготовку

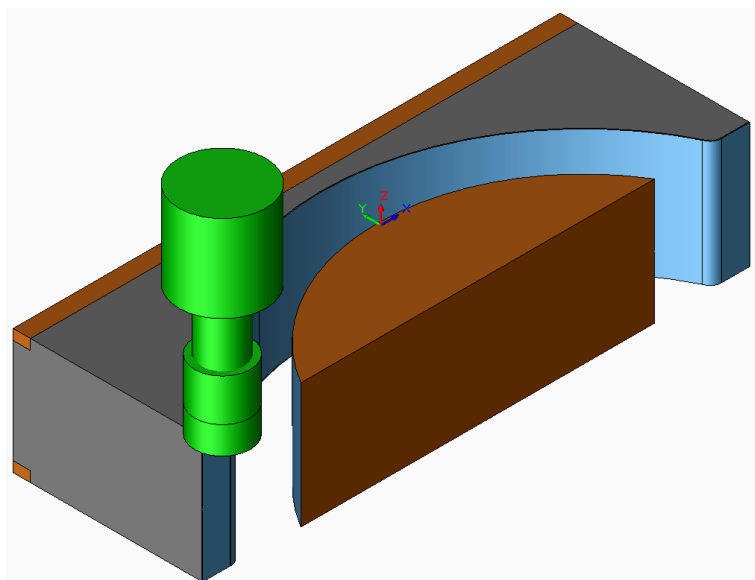


Рисунок А.1.3 – Чорнова обробка поверхонь 1 і 2 деталі Матриця

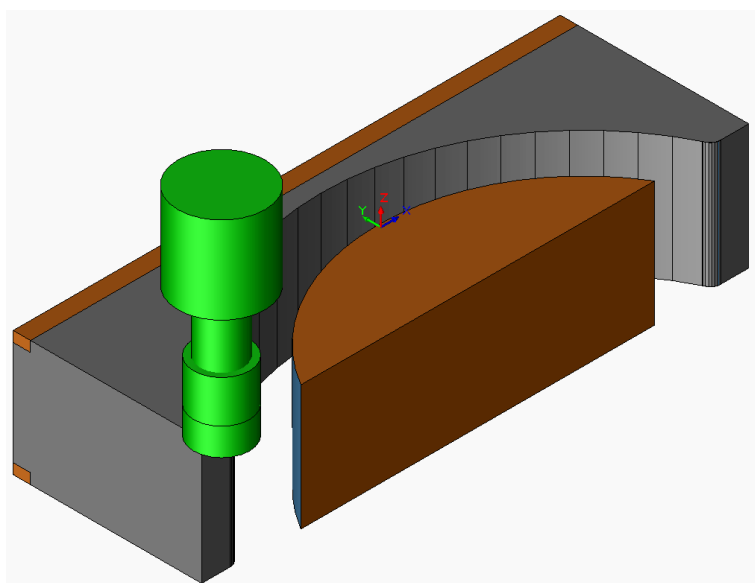


Рисунок А.1.4 – Чистова обробка поверхонь 1 і 2 деталі Матриця

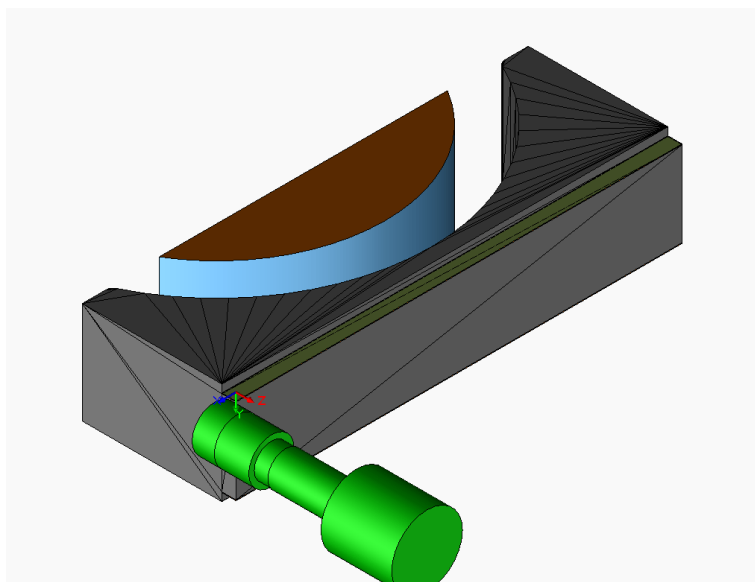


Рисунок А.1.5 – Чорнова обробка поверхонь 3 деталі Матриця

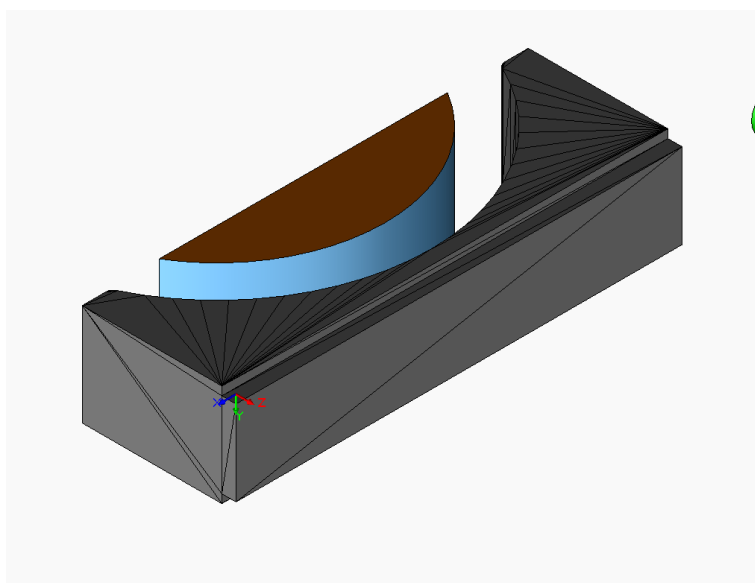


Рисунок А.1.6 – Чистова обробка поверхонь 3 деталі Матриця

А.2 Обробка деталі Пуансон

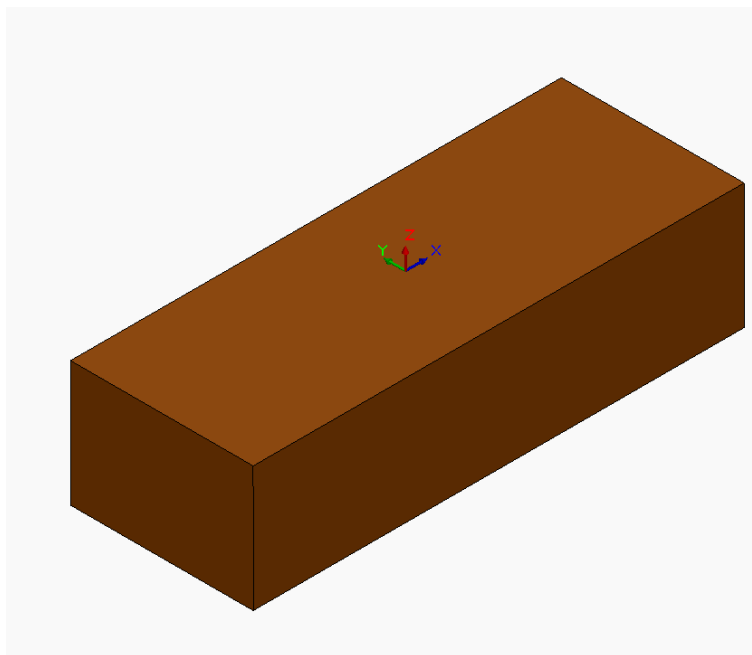


Рисунок А.2.1 – Заготовка деталі Пуансон

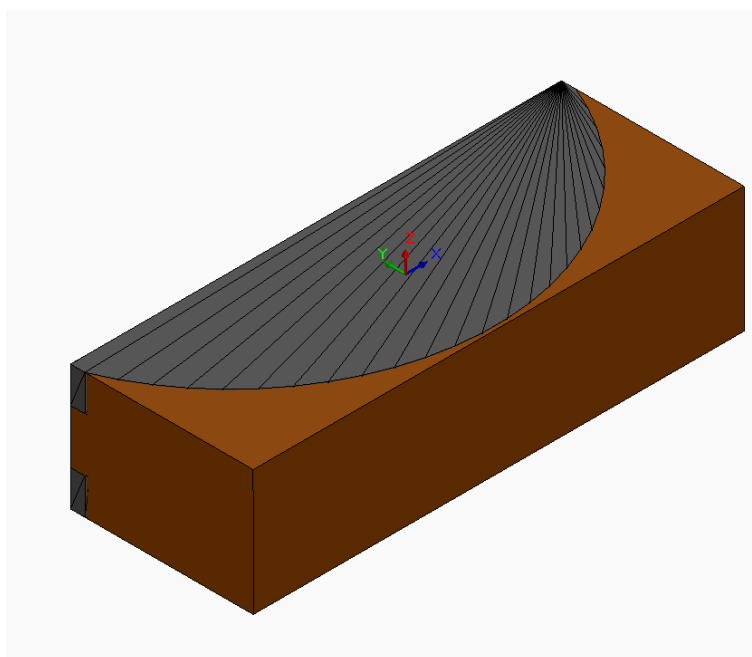


Рисунок А.2.2 – Модель деталі Пуансон, накладена на заготовку

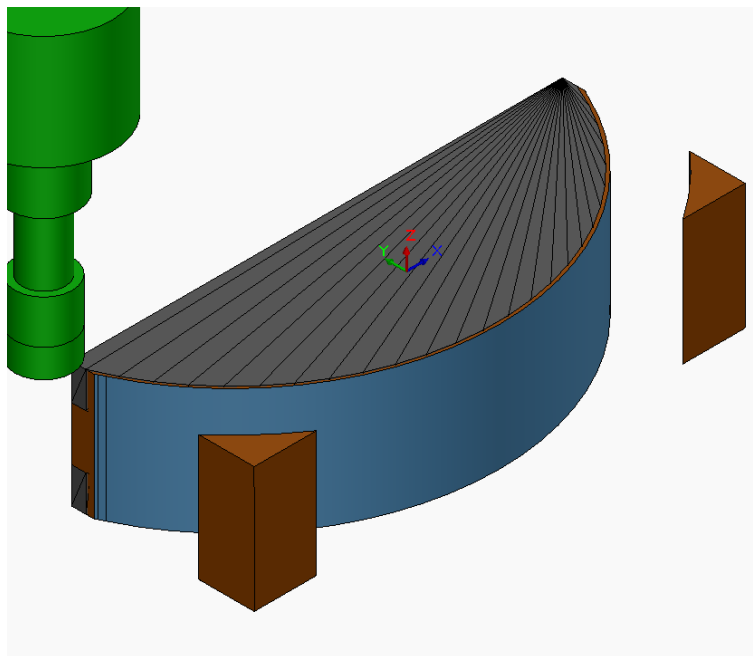


Рисунок А.2.3 – Чорнова обробка поверхні 1 деталі Пуансон

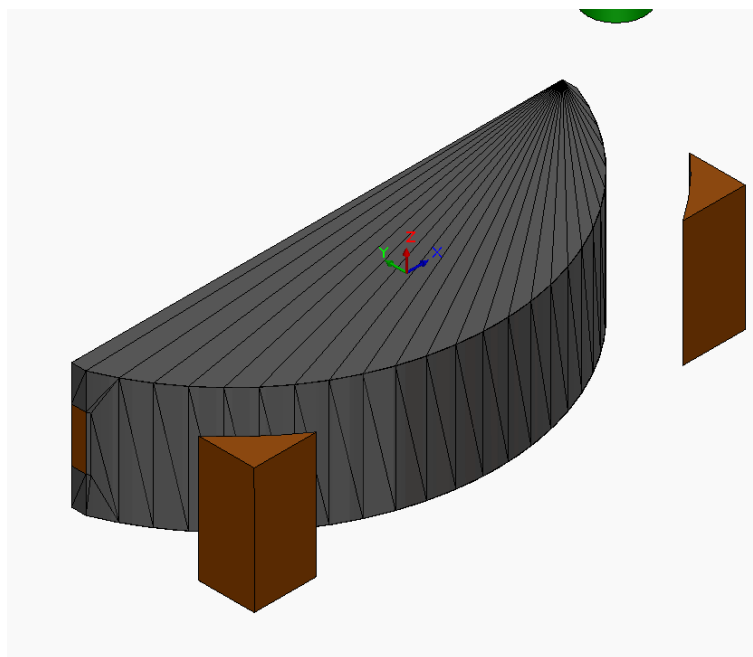


Рисунок А.2.4 – Чистова обробка поверхні 1 деталі Пуансон

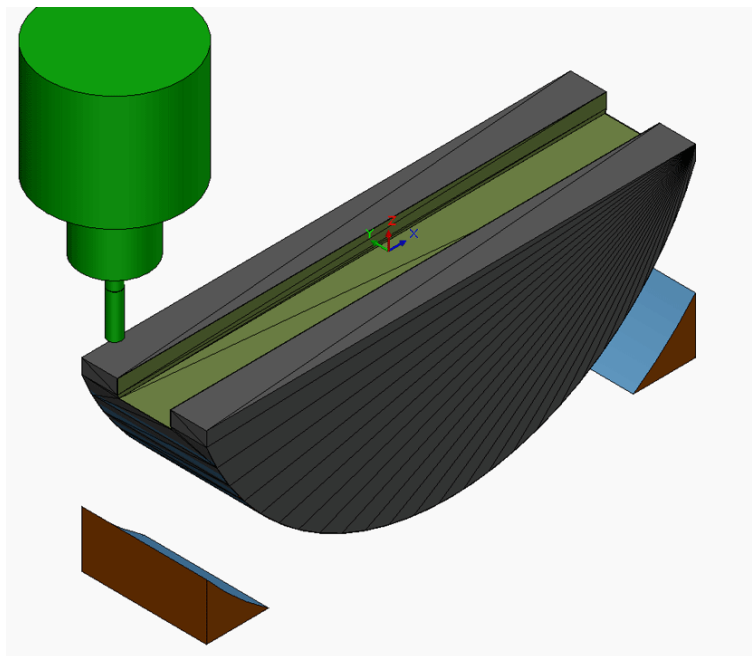


Рисунок А.2.5 – Чорнова обробка поверхні 2 деталі Пуансон

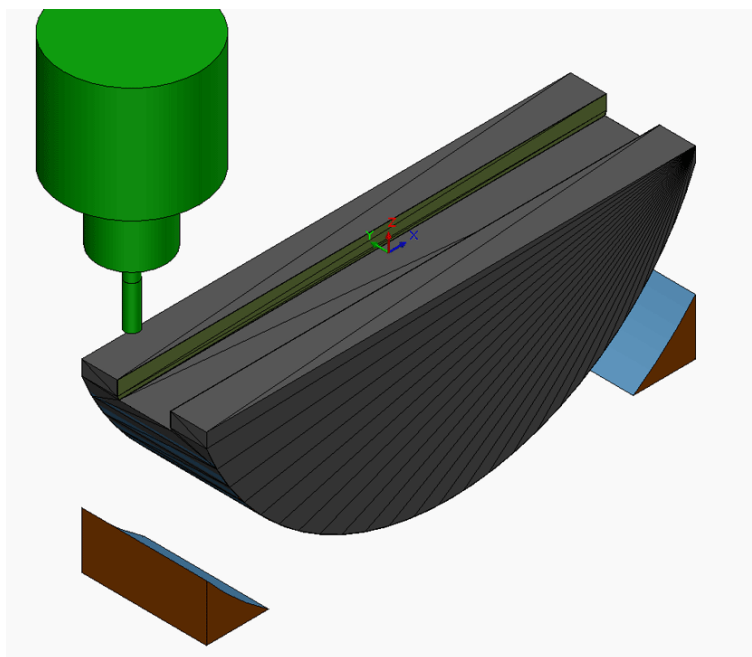


Рисунок А.2.6 – Чистова обробка поверхні 2 деталі Пуансон

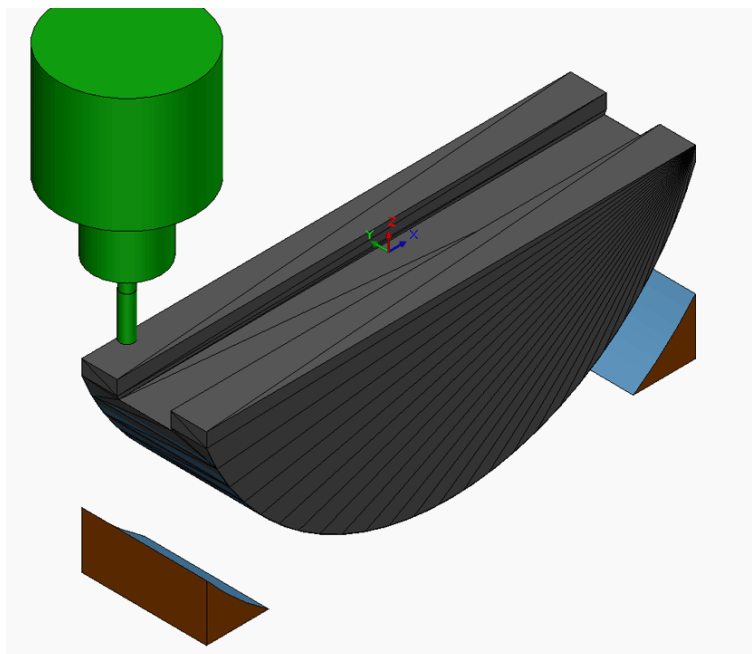


Рисунок А.2.7 – Чистова обробка стінок поверхні 2 деталі Пуансон

А.3 Обробка деталі Кріплення пуансону

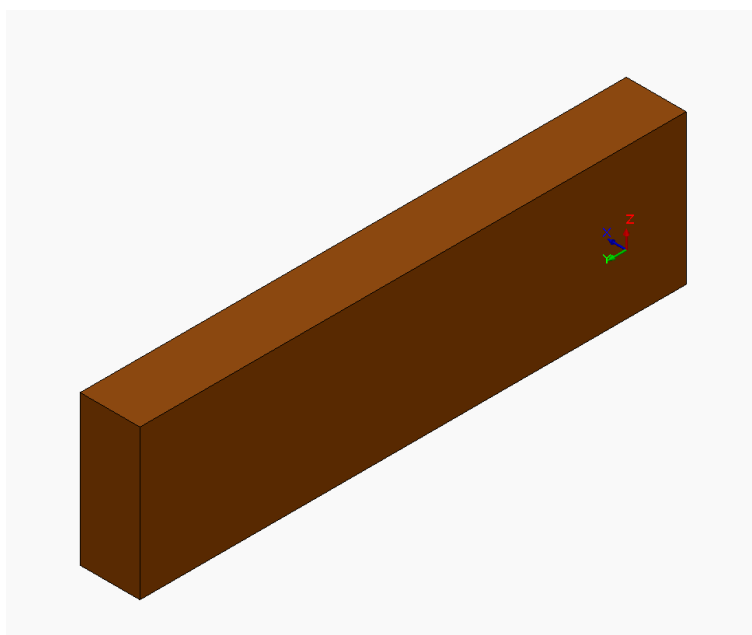


Рисунок А.3.1 – Заготовка деталі Кріплення пуансону

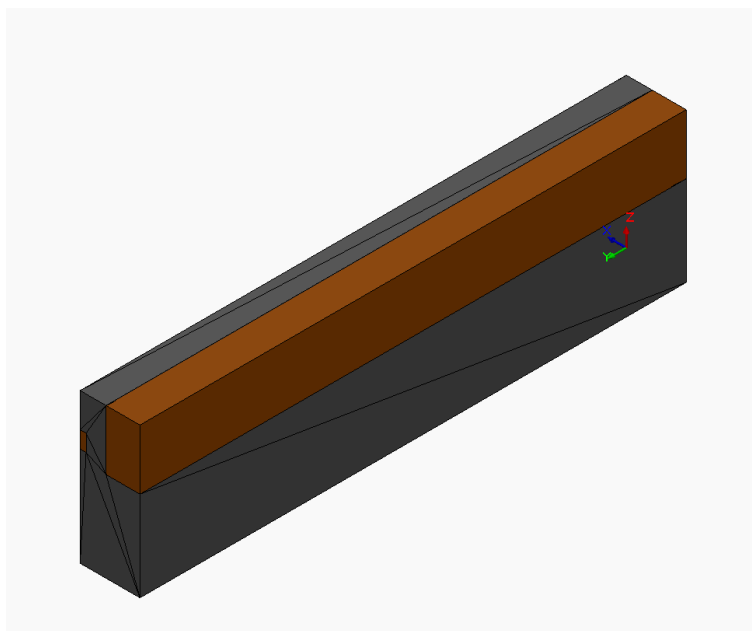


Рисунок А.3.2 – Модель деталі Кріплення пуансону, накладена на заготовку

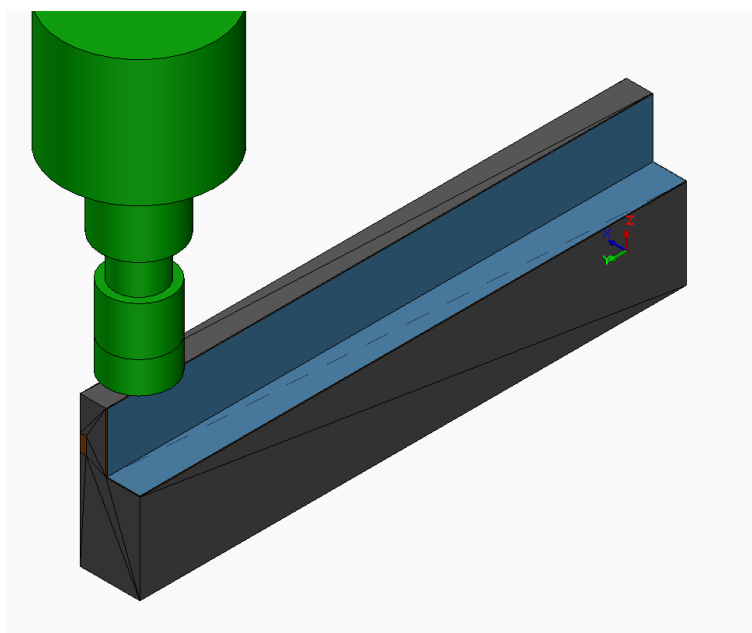


Рисунок А.3.3 – Чорнова обробка поверхні 1 деталі Кріплення пуансону

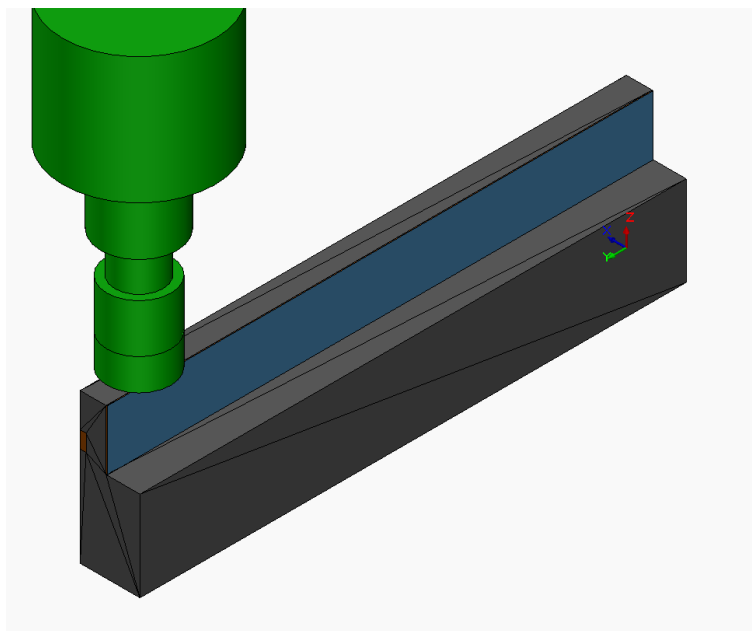


Рисунок А.3.4 – Чистова обробка поверхні 1 деталі Кріплення пуансону

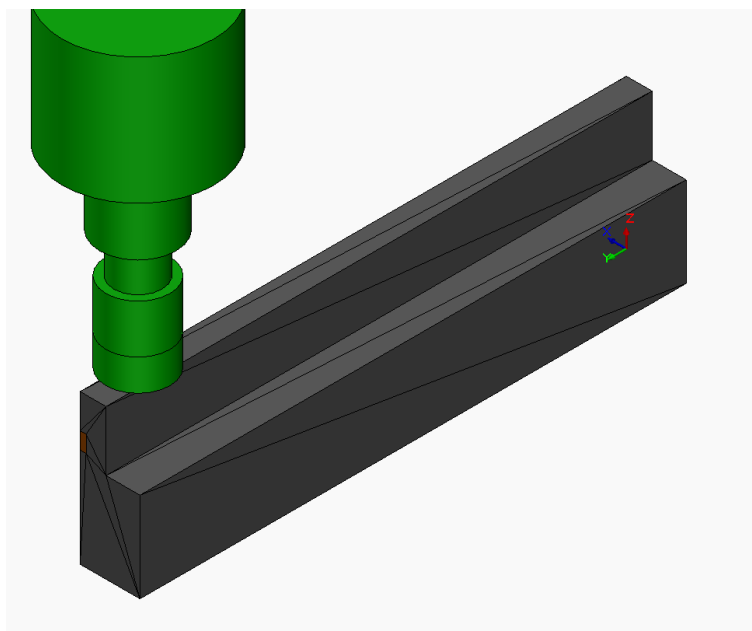


Рисунок А.3.5 – Чистова обробка стінок поверхні 1 деталі Кріплення
пуансону

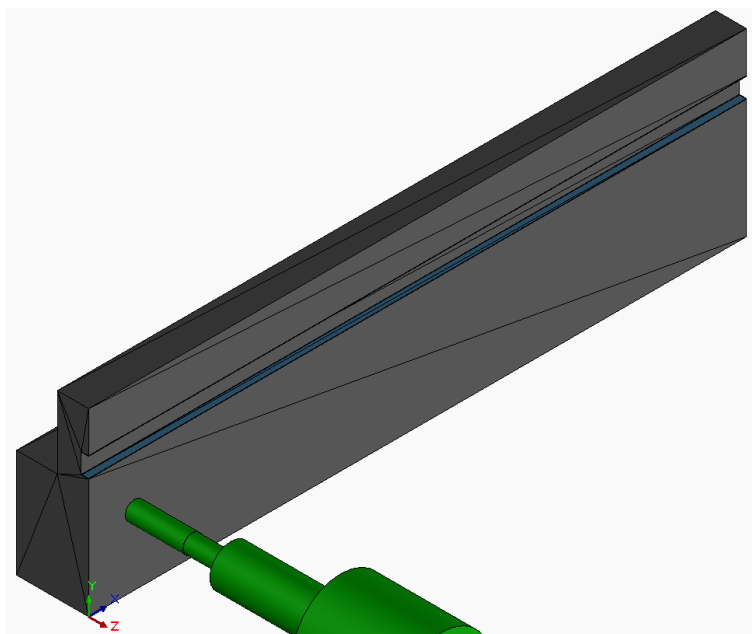


Рисунок А.3.6 – Чорнова обробка поверхні 2 деталі Кріплення пуансону

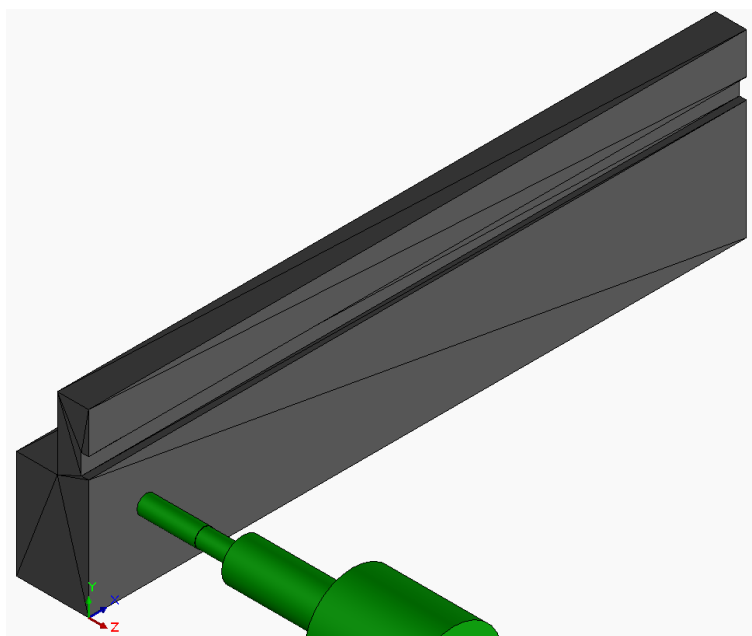


Рисунок А.3.7 – Чистова обробка поверхні 2 деталі Кріплення пуансону

ДОДАТОК Б

Код керуючих програм

Таблиця - Б.1 Код програми Матриця

%	N350 Z25.	N705 S415 M03
O00001	N355 S745	N710 G90 X-355. Y95.069
N5 G21 G17 G40 G80 G90	N360 G90 G54 X174.729 Y-83.	N715 G43 H02 Z2.5 M08
N10 T01 M06 (6MM CRB 2FL 19 LOC)	N365 Z3.	N720 G01 Z-9.75 F43.665
N15 G54 G90 G94	N370 G01 Z-16. F23.681	N725 X40.
N20 S415 M03	N375 G90 G41 X162.963 Y-71.233 D01 F71.042	N730 Z-10.
N25 G00 G90 X174.729 Y-83.5	N380 G03 X160.7 Y-70.296 I-2.263 J-2.263	N735 X-355.
N30 G43 H01 Z3. M08	N385 G01 X141.313 F94.723	N740 G00 Z2.5
N35 G01 Z-16. F7.913	N390 G02 X121.511 Y-57.882 I0 J22.	N745 G90 G54 X-355. Y82.5
N40 G90 G41 X162.963 Y-71.733 D01 F23.738	N395 G03 X-121.511 I-121.511 J-58.822	N750 G01 Z-9.75
N45 G03 X160.7 Y-70.796 I-2.263 J-2.263	N400 G02 X-141.313 Y-70.296 I-19.802 J9.586	N755 X40.
N50 G01 X141.313 F31.651	N405 G01 X-160.7	N760 Z-10.
N55 G02 X121.061 Y-58.1 I0 J22.5	N410 G03 X-162.963 Y-71.233 I0 J-3.2	N765 X-355.
N60 G03 X-121.061 I-121.061 J-58.604	N415 G40 G01 X-174.729 Y-83.	N770 Z-9.75
N65 G02 X-141.313 Y-70.796 I-20.252 J9.804	N420 G00 Z3.	N775 X40.
N70 G01 X-160.7	N425 G90 G54 X174.729 Y-83.	N780 Z-10.
N75 G03 X-162.963 Y-71.733 I0 J-3.2	N430 Z-13.	N785 X-355.
N80 G40 G01 X-174.729 Y-83.5	N435 G01 Z-30. F23.681	N790 G00 Z2.5
N85 G00 Z3.	N440 G90 G41 X162.963 Y-71.233 D01 F71.042	N795 Z25.
N90 G90 G54 X174.729 Y-83.5	N445 G03 X160.7 Y-70.296 I-2.263 J-2.263	N800 G90 G54 X40. Y-23.069
N95 Z-13.	N450 G01 X141.313 F94.723	N805 Z2.5
N100 G01 Z-30. F7.913	N455 G02 X121.511 Y-57.882 I0 J22.	N810 G01 Z-9.75
N105 G90 G41 X162.963 Y-71.733 D01 F23.738	N460 G03 X-121.511 I-121.511 J-58.822	N815 X-355.
N110 G03 X160.7 Y-70.796 I-2.263 J-2.263	N465 G02 X-141.313 Y-70.296 I-19.802 J9.586	N820 Z-10.
N115 G01 X141.313 F31.651	N470 G01 X-160.7	N825 X40.
N120 G02 X121.061 Y-58.1 I0 J22.5	N475 G03 X-162.963 Y-71.233 I0 J-3.2	N830 G00 Z2.5
N125 G03 X-121.061 I-121.061 J-58.604	N480 G40 G01 X-174.729 Y-83.	N835 G90 G54 X40. Y-10.5
N130 G02 X-141.313 Y-70.796 I-20.252 J9.804	N485 G00 Z3.	N840 G01 Z-9.75
N135 G01 X-160.7	N490 G90 G54 X174.729 Y-83.	N845 X-355.
N140 G03 X-162.963 Y-71.733 I0 J-3.2	N495 Z-27.	N850 Z-10.

N145 G40 G01 X-174.729 Y-83.5	N500 G01 Z-44. F23.681	N855 X40.
N150 G00 Z3.	N505 G90 G41 X162.963 Y-71.233 D01 F71.042	N860 Z-9.75
N155 G90 G54 X174.729 Y-83.5	N510 G03 X160.7 Y-70.296 I- 2.263 J-2.263	N865 X-355.
N160 Z-27.	N515 G01 X141.313 F94.723	N870 Z-10.
N165 G01 Z-44. F7.913	N520 G02 X121.511 Y-57.882 I0 J22.	N875 X40.
N170 G90 G41 X162.963 Y-71.733 D01 F23.738	N525 G03 X-121.511 I-121.511 J- 58.822	N880 G00 Z2.5
N175 G03 X160.7 Y-70.796 I- 2.263 J-2.263	N530 G02 X-141.313 Y-70.296 I- 19.802 J9.586	N885 Z25.
N180 G01 X141.313 F31.651	N535 G01 X-160.7	N890 G90 G54 X-355. Y94.587
N185 G02 X121.061 Y-58.1 I0 J22.5	N540 G03 X-162.963 Y-71.233 I0 J-3.2	N895 Z2.5
N190 G03 X-121.061 I-121.061 J- 58.604	N545 G40 G01 X-174.729 Y-83.	N900 G01 Z-10.
N195 G02 X-141.313 Y-70.796 I- 20.252 J9.804	N550 G00 Z3.	N905 X40. F47.477
N200 G01 X-160.7	N555 G90 G54 X174.729 Y-83.	N910 G00 Z2.5
N205 G03 X-162.963 Y-71.733 I0 J-3.2	N560 Z-41.	N915 G90 G54 X-355. Y82.
N210 G40 G01 X-174.729 Y-83.5	N565 G01 Z-58. F23.681	N920 G01 Z-10. F43.665
N215 G00 Z3.	N570 G90 G41 X162.963 Y-71.233 D01 F71.042	N925 X40. F47.477
N220 G90 G54 X174.729 Y-83.5	N575 G03 X160.7 Y-70.296 I- 2.263 J-2.263	N930 G00 Z2.5
N225 Z-41.	N580 G01 X141.313 F94.723	N935 G90 G54 X-355. Y82.
N230 G01 Z-58. F7.913	N585 G02 X121.511 Y-57.882 I0 J22.	N940 G01 Z-10. F43.665
N235 G90 G41 X162.963 Y-71.733 D01 F23.738	N590 G03 X-121.511 I-121.511 J- 58.822	N945 X40. F47.477
N240 G03 X160.7 Y-70.796 I- 2.263 J-2.263	N595 G02 X-141.313 Y-70.296 I- 19.802 J9.586	N950 G00 Z2.5
N245 G01 X141.313 F31.651	N600 G01 X-160.7	N955 Z25.
N250 G02 X121.061 Y-58.1 I0 J22.5	N605 G03 X-162.963 Y-71.233 I0 J-3.2	N960 G90 G54 X40. Y-22.587
N255 G03 X-121.061 I-121.061 J- 58.604	N610 G40 G01 X-174.729 Y-83.	N965 Z2.5
N260 G02 X-141.313 Y-70.796 I- 20.252 J9.804	N615 G00 Z3.	N970 G01 Z-10. F43.665
N265 G01 X-160.7	N620 G90 G54 X174.729 Y-83.	N975 X-355. F47.477
N270 G03 X-162.963 Y-71.733 I0 J-3.2	N625 Z-55.	N980 G00 Z2.5
N275 G40 G01 X-174.729 Y-83.5	N630 G01 Z-72. F23.681	N985 G90 G54 X40. Y-10.
N280 G00 Z3.	N635 G90 G41 X162.963 Y-71.233 D01 F71.042	N990 G01 Z-10. F43.665
N285 G90 G54 X174.729 Y-83.5	N640 G03 X160.7 Y-70.296 I- 2.263 J-2.263	N995 X-355. F47.477
N290 Z-55.	N645 G01 X141.313 F94.723	N1000 G00 Z2.5
N295 G01 Z-72. F7.913	N650 G02 X121.511 Y-57.882 I0 J22.	N1005 G90 G54 X40. Y-10.
N300 G90 G41 X162.963 Y-71.733 D01 F23.738	N655 G03 X-121.511 I-121.511 J- 58.822	N1010 G01 Z-10. F43.665
N305 G03 X160.7 Y-70.796 I- 2.263 J-2.263	N660 G02 X-141.313 Y-70.296 I- 19.802 J9.586	N1015 X-355. F47.477
N310 G01 X141.313 F31.651	N665 G01 X-160.7	N1020 G00 Z2.5
N315 G02 X121.061 Y-58.1 I0	N670 G03 X-162.963 Y-71.233 I0	N1025 G01 Z25. F500. M09

J22.5	J-3.2	
N320 G03 X-121.061 I-121.061 J-58.604	N675 G40 G01 X-174.729 Y-83.	N1030 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05
N325 G02 X-141.313 Y-70.796 I-20.252 J9.804	N680 G00 Z3.	N1035 G54 X0 Y0
N330 G01 X-160.7	N685 G01 Z25. F500. M09	N1040 M30
N335 G03 X-162.963 Y-71.733 I0 J-3.2	N690 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05	%
N340 G40 G01 X-174.729 Y-83.5	N695 T02 M06 (10MM CRB 2FL 22 LOC)	
N345 G00 Z3.	N700 G54 G90 G94	

Б.2 Код програми Пуансон

%	N710 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05	N1425 X-133.15
O00001	N715 T02 M06 (8MM CRB 2FL 20 LOC)	N1430 G00 Z2.5
N5 G21 G17 G40 G80 G90	N720 G54 G90 G94	N1435 G90 G54 X-133.15 Y1.15
N10 T01 M06 (20MM CRB 2FL 38 LOC)	N725 S2243 M03	N1440 Z-1.5
N15 G54 G90 G94	N730 G90 X-133.193 Y1.193	N1445 G01 Z-6.875 F49.864
N20 S415 M03	N735 G43 H02 Z2.5 M08	N1450 Y-1.15 F199.457
N25 G00 G90 X167.568 Y34.959	N740 G01 Z-4. F87.33	N1455 X133.15
N30 G43 H01 Z3. M08	N745 Y-1.193 F199.457	N1460 Y1.15
N35 G01 Z-14. F11.869	N750 X133.193	N1465 X-133.15
N40 G90 G41 X151.822 Y29.58 D01 F35.608	N755 Y1.193	N1470 Y4.35
N45 G03 X149.984 Y27.961 I1.034 J-3.028	N760 X-133.193	N1475 X-136.35
N50 G01 X148.574 Y25.089 F47.477	N765 Z-6.725 F87.33	N1480 Y-4.35
N55 G02 X-148.574 I-148.574 J72.91	N770 X133.193 F199.457	N1485 X136.35
N60 G01 X-149.984 Y27.961	N775 Y-1.193	N1490 Y4.35
N65 G03 X-151.822 Y29.58 I-2.873 J-1.41	N780 X-133.193	N1495 X-133.15
N70 G40 G01 X-167.568 Y34.959	N785 Y1.193	N1500 Y7.55
N75 G00 Z3.	N790 Z-9.45 F87.33	N1505 X-139.55
N80 G90 G54 X167.568 Y34.959	N795 Y-1.193 F199.457	N1510 Y-7.55
N85 Z-11.	N800 X133.193	N1515 X139.55
N90 G01 Z-28. F11.869	N805 Y1.193	N1520 Y7.55
N95 G90 G41 X151.822 Y29.58 D01 F35.608	N810 X-133.193	N1525 X-133.15
N100 G03 X149.984 Y27.961 I1.034 J-3.028	N815 Z-9.7 F87.33	N1530 Y10.75
N105 G01 X148.574 Y25.089 F47.477	N820 X133.193 F199.457	N1535 X-142.75
N110 G02 X-148.574 I-148.574 J72.91	N825 Y-1.193	N1540 Y-10.75
N115 G01 X-149.984 Y27.961	N830 X-133.193	N1545 X142.75
N120 G03 X-151.822 Y29.58 I-2.873 J-1.41	N835 Y1.193	N1550 Y10.75
N125 G40 G01 X-167.568 Y34.959	N840 G00 Z2.5	N1555 X-133.15
N130 G00 Z3.	N845 G90 G54 X-136.379 Y4.379	N1560 X-142.75
N135 G90 G54 X167.568 Y34.959	N850 G01 Z-4. F87.33	N1565 Y-10.75
N140 Z-25.	N855 Y-4.379 F199.457	N1570 X142.75
N145 G01 Z-42. F11.869	N860 X136.379	N1575 Y10.75
N150 G90 G41 X151.822 Y29.58 D01 F35.608	N865 Y4.379	N1580 X-133.15
N155 G03 X149.984 Y27.961 I1.034 J-3.028	N870 X-136.379	N1585 G00 Z2.5
N160 G01 X148.574 Y25.089 F47.477	N875 Z-6.725 F87.33	N1590 G90 G54 X-133.15 Y1.15
N165 G02 X-148.574 I-148.574 J72.91	N880 X136.379 F199.457	N1595 Z-4.375
N170 G01 X-149.984 Y27.961	N885 Y-4.379	N1600 G01 Z-9.75 F49.864

N175 G03 X-151.822 Y29.58 I-2.873 J-1.41	N890 X-136.379	N1605 Y-1.15 F199.457
N180 G40 G01 X-167.568 Y34.959	N895 Y4.379	N1610 X133.15
N185 G00 Z3.	N900 Z-9.45 F87.33	N1615 Y1.15
N190 G90 G54 X167.568 Y34.959	N905 Y-4.379 F199.457	N1620 X-133.15
N195 Z-39.	N910 X136.379	N1625 Y4.35
N200 G01 Z-56. F11.869	N915 Y4.379	N1630 X-136.35
N205 G90 G41 X151.822 Y29.58 D01 F35.608	N920 X-136.379	N1635 Y-4.35
N210 G03 X149.984 Y27.961 I1.034 J-3.028	N925 Z-9.7 F87.33	N1640 X136.35
N215 G01 X148.574 Y25.089 F47.477	N930 X136.379 F199.457	N1645 Y4.35
N220 G02 X-148.574 I-148.574 J72.91	N935 Y-4.379	N1650 X-133.15
N225 G01 X-149.984 Y27.961	N940 X-136.379	N1655 Y7.55
N230 G03 X-151.822 Y29.58 I-2.873 J-1.41	N945 Y4.379	N1660 X-139.55
N235 G40 G01 X-167.568 Y34.959	N950 G00 Z2.5	N1665 Y-7.55
N240 G00 Z3.	N955 G90 G54 X-139.564 Y7.564	N1670 X139.55
N245 G90 G54 X167.568 Y34.959	N960 G01 Z-4. F87.33	N1675 Y7.55
N250 Z-53.	N965 Y-7.564 F199.457	N1680 X-133.15
N255 G01 Z-70. F11.869	N970 X139.564	N1685 Y10.75
N260 G90 G41 X151.822 Y29.58 D01 F35.608	N975 Y7.564	N1690 X-142.75
N265 G03 X149.984 Y27.961 I1.034 J-3.028	N980 X-139.564	N1695 Y-10.75
N270 G01 X148.574 Y25.089 F47.477	N985 Z-6.725 F87.33	N1700 X142.75
N275 G02 X-148.574 I-148.574 J72.91	N990 X139.564 F199.457	N1705 Y10.75
N280 G01 X-149.984 Y27.961	N995 Y-7.564	N1710 X-133.15
N285 G03 X-151.822 Y29.58 I-2.873 J-1.41	N1000 X-139.564	N1715 X-142.75
N290 G40 G01 X-167.568 Y34.959	N1005 Y7.564	N1720 Y-10.75
N295 G00 Z3.	N1010 Z-9.45 F87.33	N1725 X142.75
N300 Z25.	N1015 Y-7.564 F199.457	N1730 Y10.75
N305 G90 G54 X135.771 Y78.704	N1020 X139.564	N1735 X-133.15
N310 Z3.	N1025 Y7.564	N1740 G00 Z2.5
N315 G01 Z-14. F11.869	N1030 X-139.564	N1745 G90 G54 X-133.15 Y1.15
N320 G90 G41 X147.537 Y66.937 D01 F35.608	N1035 Z-9.7 F87.33	N1750 Z-7.25
N325 G03 X149.8 Y66. I2.263 J2.263	N1040 X139.564 F199.457	N1755 G01 Z-10. F49.864
N330 G01 X153. F47.477	N1045 Y-7.564	N1760 Y-1.15 F199.457
N335 Y38.866	N1050 X-139.564	N1765 X133.15
N340 X151.811 Y35.956	N1055 Y7.564	N1770 Y1.15
N345 G02 X-151.811 I-151.811 J62.043	N1060 G00 Z2.5	N1775 X-133.15
N350 G01 X-153. Y38.866	N1065 G90 G54 X-142.75 Y10.75	N1780 Y4.35
N355 Y66.	N1070 G01 Z-4. F87.33	N1785 X-136.35
N360 X153.	N1075 Y-10.75 F199.457	N1790 Y-4.35
N365 Y62.8	N1080 X142.75	N1795 X136.35

N370 G03 X153.937 Y60.537 I3.2 J0	N1085 Y10.75	N1800 Y4.35
N375 G40 G01 X165.704 Y48.771	N1090 X-142.75	N1805 X-133.15
N380 G00 Z3.	N1095 Z-6.725 F87.33	N1810 Y7.55
N385 G90 G54 X135.771 Y78.704	N1100 X142.75 F199.457	N1815 X-139.55
N390 Z-11.	N1105 Y-10.75	N1820 Y-7.55
N395 G01 Z-28. F11.869	N1110 X-142.75	N1825 X139.55
N400 G90 G41 X147.537 Y66.937 D01 F35.608	N1115 Y10.75	N1830 Y7.55
N405 G03 X149.8 Y66. I2.263 J2.263	N1120 Z-9.45 F87.33	N1835 X-133.15
N410 G01 X153. F47.477	N1125 Y-10.75 F199.457	N1840 Y10.75
N415 Y38.866	N1130 X142.75	N1845 X-142.75
N420 X151.811 Y35.956	N1135 Y10.75	N1850 Y-10.75
N425 G02 X-151.811 I-151.811 J62.043	N1140 X-142.75	N1855 X142.75
N430 G01 X-153. Y38.866	N1145 Z-9.7 F87.33	N1860 Y10.75
N435 Y66.	N1150 X142.75 F199.457	N1865 X-133.15
N440 X153.	N1155 Y-10.75	N1870 X-142.75
N445 Y62.8	N1160 X-142.75	N1875 Y-10.75
N450 G03 X153.937 Y60.537 I3.2 J0	N1165 Y10.75	N1880 X142.75
N455 G40 G01 X165.704 Y48.771	N1170 Z-4. F87.33	N1885 Y10.75
N460 G00 Z3.	N1175 Y-10.75 F199.457	N1890 X-133.15
N465 G90 G54 X135.771 Y78.704	N1180 X142.75	N1895 G00 Z2.5
N470 Z-25.	N1185 Y10.75	N1900 Z25.
N475 G01 Z-42. F11.869	N1190 X-142.75	N1905 G90 G54 X-138.693 Y7.824
N480 G90 G41 X147.537 Y66.937 D01 F35.608	N1195 Z-6.725 F87.33	N1910 Z3.
N485 G03 X149.8 Y66. I2.263 J2.263	N1200 X142.75 F199.457	N1915 G01 Z-4. F49.864
N490 G01 X153. F47.477	N1205 Y-10.75	N1920 G90 G41 X-141.634 Y10.766 D02 F149.593
N495 Y38.866	N1210 X-142.75	N1925 G03 X-142.2 Y11. I-.566 J-.566
N500 X151.811 Y35.956	N1215 Y10.75	N1930 G01 X-143. F199.457
N505 G02 X-151.811 I-151.811 J62.043	N1220 Z-9.45 F87.33	N1935 Y-11.
N510 G01 X-153. Y38.866	N1225 Y-10.75 F199.457	N1940 X143.
N515 Y66.	N1230 X142.75	N1945 Y11.
N520 X153.	N1235 Y10.75	N1950 X-143.
N525 Y62.8	N1240 X-142.75	N1955 Y10.2
N530 G03 X153.937 Y60.537 I3.2 J0	N1245 Z-9.7 F87.33	N1960 G03 X-142.766 Y9.634 I.8 J0
N535 G40 G01 X165.704 Y48.771	N1250 X142.75 F199.457	N1965 G40 G01 X-139.824 Y6.693
N540 G00 Z3.	N1255 Y-10.75	N1970 G00 Z3.
N545 G90 G54 X135.771 Y78.704	N1260 X-142.75	N1975 G90 G54 X-138.693 Y7.824
N550 Z-39.	N1265 Y10.75	N1980 Z-1.
N555 G01 Z-56. F11.869	N1270 G00 Z2.5	N1985 G01 Z-7. F49.864
N560 G90 G41 X147.537 Y66.937 D01 F35.608	N1275 Z25.	N1990 G90 G41 X-141.634 Y10.766 D02 F149.593
N565 G03 X149.8 Y66. I2.263 J2.263	N1280 G90 G54 X-133.15 Y1.15	N1995 G03 X-142.2 Y11. I-.566 J-.566

N570 G01 X153. F47.477	N1285 Z2.5	N2000 G01 X-143. F199.457
N575 Y38.866	N1290 G01 Z-4. F49.864	N2005 Y-11.
N580 X151.811 Y35.956	N1295 Y-1.15 F199.457	N2010 X143.
N585 G02 X-151.811 I-151.811 J62.043	N1300 X133.15	N2015 Y11.
N590 G01 X-153. Y38.866	N1305 Y1.15	N2020 X-143.
N595 Y66.	N1310 X-133.15	N2025 Y10.2
N600 X153.	N1315 Y4.35	N2030 G03 X-142.766 Y9.634 I.8 J0
N605 Y62.8	N1320 X-136.35	N2035 G40 G01 X-139.824 Y6.693
N610 G03 X153.937 Y60.537 I3.2 J0	N1325 Y-4.35	N2040 G00 Z3.
N615 G40 G01 X165.704 Y48.771	N1330 X136.35	N2045 G90 G54 X-138.693 Y7.824
N620 G00 Z3.	N1335 Y4.35	N2050 Z-4.
N625 G90 G54 X135.771 Y78.704	N1340 X-133.15	N2055 G01 Z-10. F49.864
N630 Z-53.	N1345 Y7.55	N2060 G90 G41 X-141.634 Y10.766 D02 F149.593
N635 G01 Z-70. F11.869	N1350 X-139.55	N2065 G03 X-142.2 Y11. I-.566 J-.566
N640 G90 G41 X147.537 Y66.937 D01 F35.608	N1355 Y-7.55	N2070 G01 X-143. F199.457
N645 G03 X149.8 Y66. I2.263 J2.263	N1360 X139.55	N2075 Y-11.
N650 G01 X153. F47.477	N1365 Y7.55	N2080 X143.
N655 Y38.866	N1370 X-133.15	N2085 Y11.
N660 X151.811 Y35.956	N1375 Y10.75	N2090 X-143.
N665 G02 X-151.811 I-151.811 J62.043	N1380 X-142.75	N2095 Y10.2
N670 G01 X-153. Y38.866	N1385 Y-10.75	N2100 G03 X-142.766 Y9.634 I.8 J0
N675 Y66.	N1390 X142.75	N2105 G40 G01 X-139.824 Y6.693
N680 X153.	N1395 Y10.75	N2110 G00 Z3.
N685 Y62.8	N1400 X-133.15	N2115 G01 Z25. F500. M09
N690 G03 X153.937 Y60.537 I3.2 J0	N1405 X-142.75	N2120 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05
N695 G40 G01 X165.704 Y48.771	N1410 Y-10.75	N2125 G54 X0 Y0
N700 G00 Z3.	N1415 X142.75	N2130 M30
N705 G01 Z25. F500. M09	N1420 Y10.75	%

Б.3 Код програми Кріплення пуансону

%	N135 Y274. F47.477	N275 G43 H02 Z25. M08
O00001	N140 G00 Z78.	N280 Z3.
N5 G21 G17 G40 G80 G90	N145 Z100.	N285 G01 Z-3. F49.864
N10 T01 M06 (20MM CRB 2FL 38 LOC)	N150 G40 X-29.5 Y274.	N290 X-5.8 F199.457
N15 G54 G90 G94	N155 G90 G41 D01 X-29. Y0	N295 G00 Z3.
N20 S415 M03	N160 Z78.	N300 Z25.
N25 G90 G41 D01 G00 X-29.5 Y0	N165 G01 Z64.44 F11.869	N305 G40 X-5.8 Y53.8
N30 G43 H01 Z78. M08	N170 Y274. F47.477	N310 G90 G54 X-.474 Y53.766
N35 G01 Z64.44 F11.869	N175 G00 Z78.	N315 Z3.
N40 Y274. F47.477	N180 G40 X-29. Y274.	N320 G01 Z-3. F49.864
N45 G00 Z78.	N185 G90 G41 D01 X-29. Y0	N325 G90 G41 X-4.634 Y53.766 D02 F149.593
N50 G40 X-29.5 Y274.	N190 Z67.44	N330 G03 X-5.2 Y54. I-.566 J-.566
N55 G90 G41 D01 X-29.5 Y0	N195 G01 Z54.72 F11.869	N335 G01 X-6. F199.457
N60 Z67.44	N200 Y274. F47.477	N340 Y53.6
N65 G01 Z54.97 F11.869	N205 G00 Z78.	N345 X280.
N70 Y274. F47.477	N210 G40 X-29. Y274.	N350 Y54.
N75 G00 Z78.	N215 G90 G41 D01 X-29. Y0	N355 X-6.
N80 G40 X-29.5 Y274.	N220 Z57.72	N360 Y53.6
N85 G90 G41 D01 X-29.5 Y0	N225 G01 Z45. F11.869	N365 X-5.6
N90 Z57.97	N230 Y274. F47.477	N370 G03 X-5.034 Y53.834 I0 J.8
N95 G01 Z45.5 F11.869	N235 G00 Z78.	N375 G40 G01 X-.874
N100 Y274. F47.477	N240 G01 Z100. F500. M09	N380 G00 Z3.
N105 G00 Z78.	N245 G40 G00 X-29. Y274.	N385 G01 Z25. F500. M09
N110 Z100.	N250 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05	N390 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05
N115 G40 X-29.5 Y274.	N255 T02 M06 (8MM CRB 2FL 20 LOC)	N395 G54 X0 Y0
N120 G90 G41 D01 X-29.5 Y0	N260 G54 G90 G94	N400 M30
N125 Z78.	N265 S2243 M03	%
N130 G01 Z45. F11.869	N270 G90 G41 D02 X279.8 Y53.8	