

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-2-27>

УДК 514.18

Є. А. Гавриленко, д-р техн. наук

О. Є. Мацулевич, канд. техн. наук

Г. В. Антонова, ст. викладач

М. В. Супрун, асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: yevhen.havrylenko@tsatu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4501-445X

ORCID: 0000-0001-5553-709X

ORCID: 0000-0002-0357-6086

ORCID: 0009-0000-5903-1336

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ САМ/САД-СИСТЕМ DELCAM ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРЕСОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ

Анотація. Комп'ютерне моделювання виробів із полімерних матеріалів і проектування прес-форми для їх виготовлення ґрунтується на застосуванні сучасних систем автоматизованого проектування та забезпечує високу продуктивність і якість виготовлення виробів із полімерних матеріалів шляхом застосування технології лиття під тиском.

У роботі розглянуто можливості вдосконалення проектування ливарного оснащення за допомогою використання САД/CAM-систем фірми Delcam і верстатів із ЧПУ. Це дає можливість підвищити якість продукції, що досягається шляхом зменшення похибок базування через багаторазові перестановки. У разі використання цієї технології зменшується трудомісткість деталі, а отже, її собівартість.

Метою цієї роботи було сконструювати прес-форму для лиття під тиском і, крім того, розробити керуючу програму в середовищі PowerMILL для фрезерної обробки її компонентів.

Ключові слова: ливарне оснащення, прес-форма, кронштейн, матриця, чорнове фрезерування, чистове фрезерування, візуалізація.

Постановка проблеми й аналіз попередніх досліджень. У сфері виробництва полімерних побутових виробів автоматизація та оптимізація робочого процесу є критичними для виживання на ринку. Основна мета таких заходів – досягнення конкурентних переваг через гарантування якості, зменшення собівартості, скорочення термінів виконання замовлень і забезпечення гнучкості для виготовлення продукції різної конфігурації та розмірів.

Формулювання цілей статті. Для забезпечення виконання цих вимог найбільш вигідним є застосування автоматизованих систем проектування як самого виробу, так і технологічного оснащення (прес-форм) для його виготовлення.

Комплекс програмних продуктів (PowerSHAPE, PowerMILL, ArtCAM, FeatureCAM, Exchange, Toolmaker) ефективно застосовується в процесі розробки та виробництва всіх типів прес-форм для пластикових виробів. Ці програми є невіддільною частиною виробництва, забезпечуючи підтримку на всіх етапах: від імпорту САД-моделі замовника до контролю точності готових компонентів оснащення та тестових деталей.

Основна частина. Проектування ливарного оснащення починається з побудови моделі деталі.

Вихідним об'єктом для виконання цієї роботи є готова пластмасова деталь. Виконуємо необхідні наміри і за ними робимо робоче креслення відповідно до ЕСКД (рис. 1).

На початковому етапі було встановлено систему координат, що ідентична тій, яка використовується в програмному забезпеченні.

Побудова моделі стартувала зі створення перерізу центральної частини (рис. 2) та його подальшого дублювання (рис. 3).

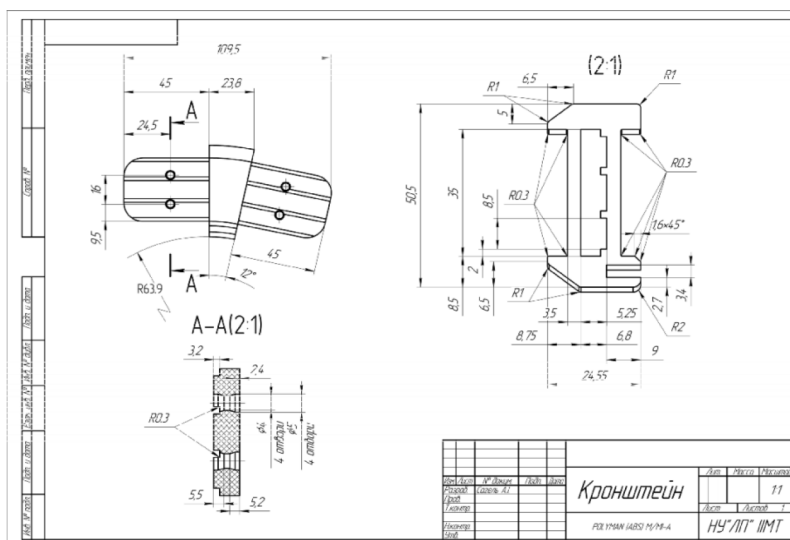


Рис. 1. Робочий кресленик кронштейна

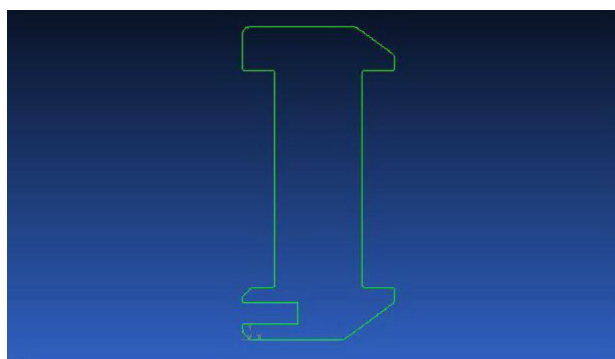


Рис. 2. Контур центральної частини

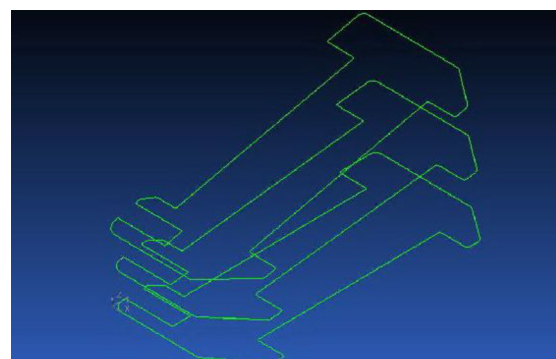


Рис. 3. Поворот контуру з копіюванням

Маючи 3 контури, ми використовували інструмент «Автоповерхня» й отримали поверхню центральної частини моделі (рис. 4).

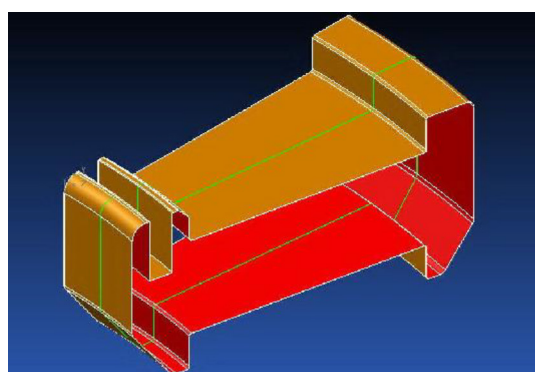


Рис. 4. Поверхня центральної частини деталі

Побудова бічного профілю потребувала попереднього введення нової системи координат. Отримавши необхідний другий контур, ми виконали створення бічної поверхні для центральної секції моделі (рис. 5).

Для побудови лівого крила моделі були створені контури, які обмежують його бічну поверхню (рис. 6).

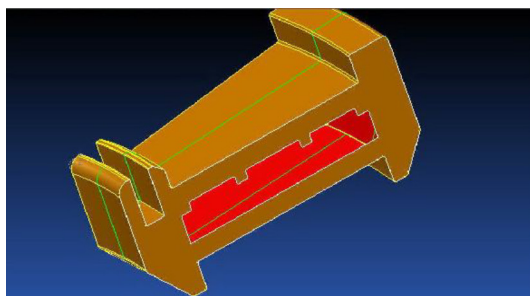


Рис. 5. Бічна поверхня центральної частини моделі

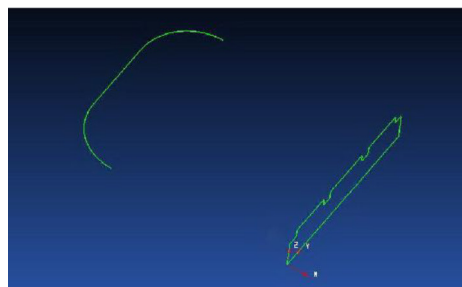


Рис. 6. Контури, які обмежують бічну поверхню моделі

За допомогою інструмента «Поверхня витягуванням» створили поверхню лівого крила й обмежувальну його поверхню. Використовуючи інструмент «Перетин поверхонь», ми отримали криву по лінії їх перетину (рис. 7 та рис. 8).

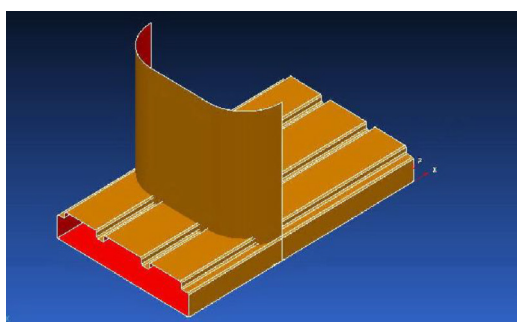


Рис. 7. Поверхня лівого крила



Рис. 8. Обмежувача поверхня

Далі ми редагуємо поверхню крила за допомогою інструмента «Обмежити об'єктом», вказуючи обмежувальним об'єктом створену нами лінію перетину (рис. 9). Потім, вибравши криву перетину, ми створюємо автоповерхню (рис. 10).

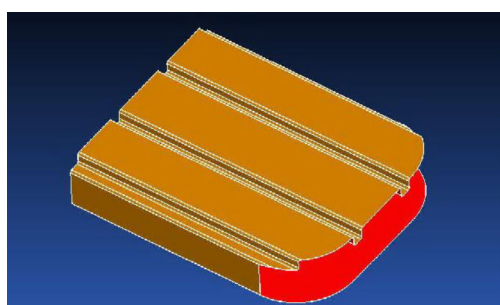


Рис. 9. Редагована поверхня лівого крила

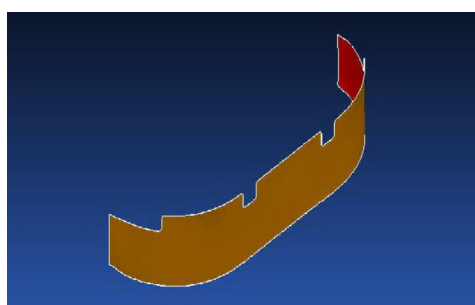


Рис. 10. Створена автоповерхня

Наступним нашим кроком стала побудова отворів. Для цього побудували профіль отвору й використали інструмент «Поверхня обертання» для створення поверхні отвору (рис. 11 та рис. 12). Далі ми використовуємо інструмент «Обмежити об'єктом», редагуємо поверхню отвору (рис. 13).

Наступне крило моделі ми побудували, використовуючи початкову систему координат та інструмент «Дзеркальне відображення» (рис. 14). Для перегляду результату використовували «Фото реалістичне відображення» моделі (рис. 15).

Працюючи з CAD-системою POWERSHAPE, потрібно відзначити її переваги:

- простий і зрозумілий інтерфейс;
- великий арсенал засобів для маніпуляцій з поверхнями;



Рис. 11. Твірна поверхні

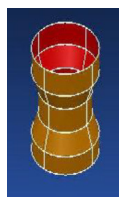


Рис. 12. Фантом поверхні отвору

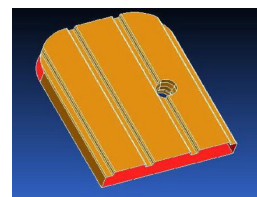


Рис.13 Відредагована поверхня отвору

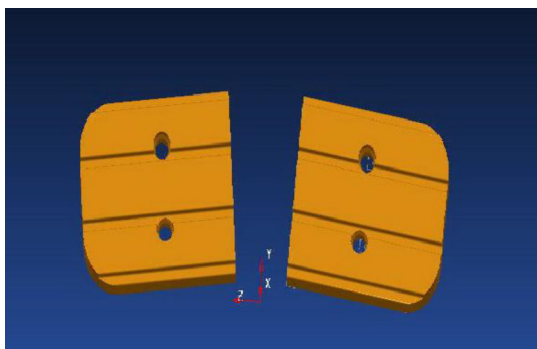


Рис. 14. Дзеркальне відображення лівого крила

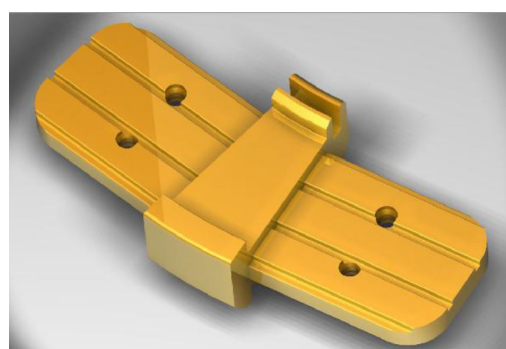


Рис. 15. Фото реалістичне відображення

- ефективне редагування поверхневих елементів;
- підтримка гібридного моделювання (одночасна робота з твердотільними та поверхневими об'єктами).

На подальшому етапі проєктування потрібно вибрати площину розкриття для кронштейна.

Основні вимоги до цього вибору:

- залишення деталі в рухомій частині прес-форми після її розкриття;
- збереження форми та розмірів деталі в процесі її вилучення з оснащення.

Площину розкриття показано на рис. 16.

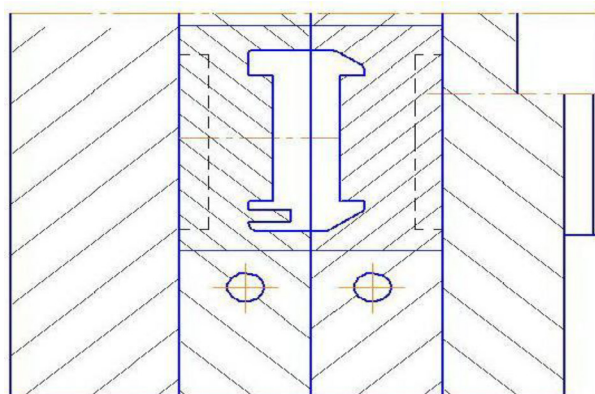


Рис.16. Площина розкриття для кронштейна

Конфігурація деталі потребує формування зовнішнього її контуру в рухомій і нерухомій матриці, тому для виштовхування деталі з прес-форми доцільно застосувати штовхачі. Для забезпечення плавного виштовхування деталі ми застосовуємо 8 штовхачів (рис. 17).

Моделювання матриці у PowerShape може здійснюватися за допомогою опції Toolmaker або шляхом традиційного проєктування. Незважаючи на переваги Toolmaker, для виконання цієї роботи було вибрано класичний метод.

Побудова нерухомої матриці почалася зі створення її профілю (рис. 18). Потім за допомогою копіювання елементів було згенеровано каркас цілої матриці (рис. 19).

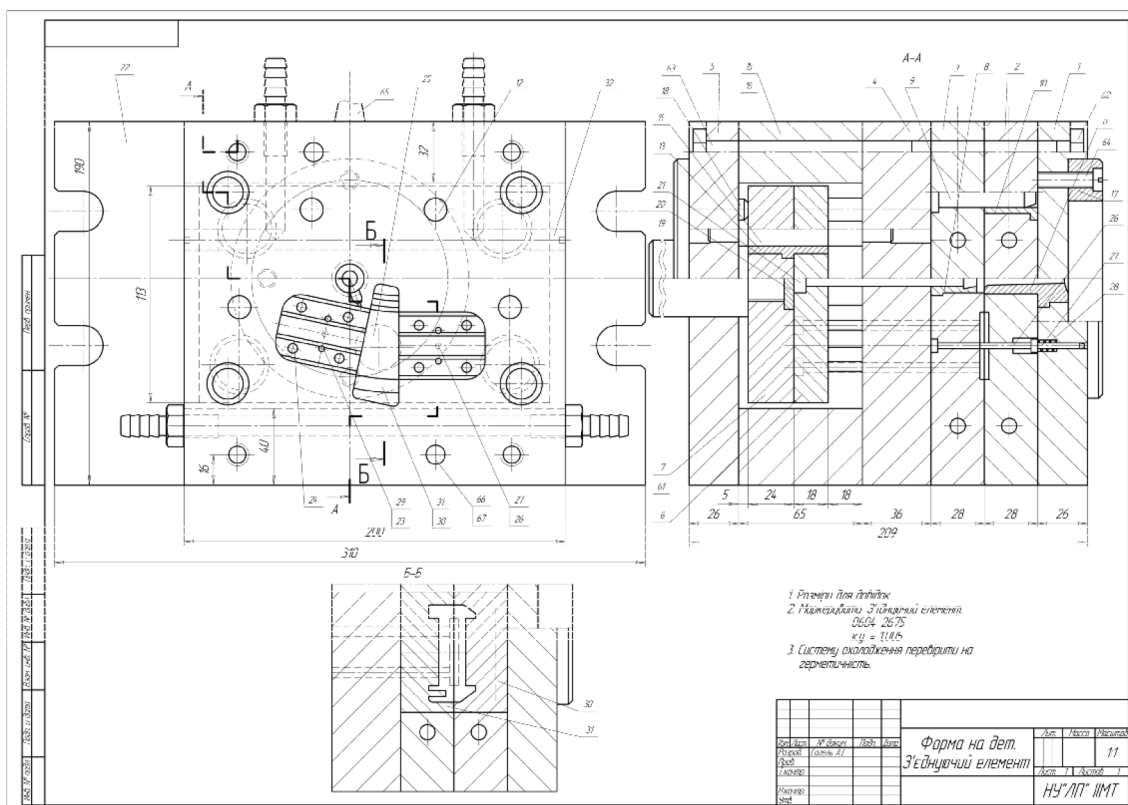


Рис. 17. Кресленик пресформи для виготовлення кронштейну

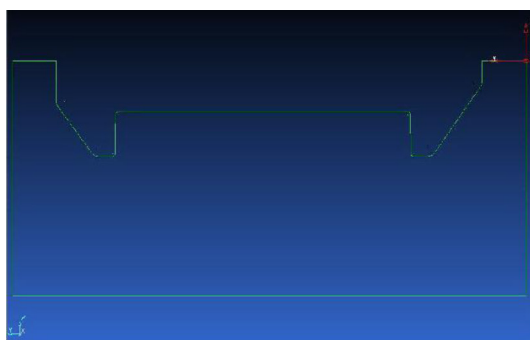


Рис. 18. Профіль матриці

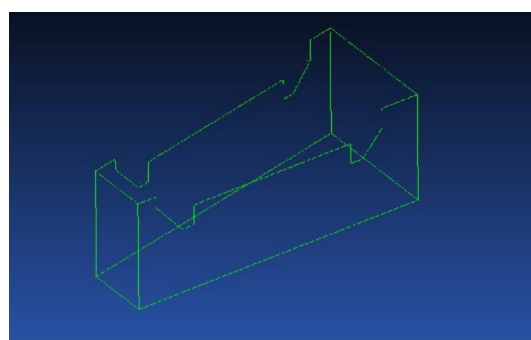


Рис. 19. Згенерований каркас цілої матриці

Подальше моделювання передбачало створення профілю верхньої секції матриці, після чого інструмент «Автоповерхня» дав змогу створити поверхневу модель (рис. 20). Роботу було завершено додаванням фаски на вертикальних крайніх гранях і побудовою бічного бурта (рис. 21). Рухома матриця була створена аналогічним чином, але на основі відмінного початкового профілю (рис. 22).

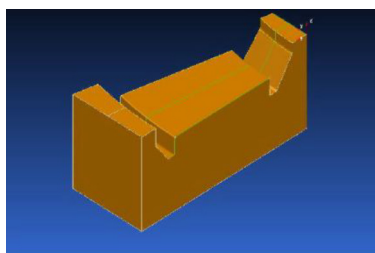


Рис. 20. Поверхнева модель матриці

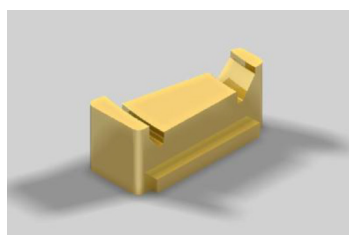


Рис. 21. Нерухома матриця

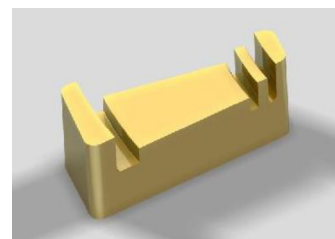


Рис. 22. Рухома матриця

Процес механічної обробки реалізовано за допомогою САМ-системи POWERMILL.

Перед початком розробки керуючих програм потрібно виконати такі операції:

- завантаження моделі в САМ-систему;
- визначення геометрії вихідної заготовки;
- встановлення настановних (базових) параметрів заготовки;
- підбір різальних інструментів;
- формування стратегій фрезерування;
- генерація та експорт результатів обробки.

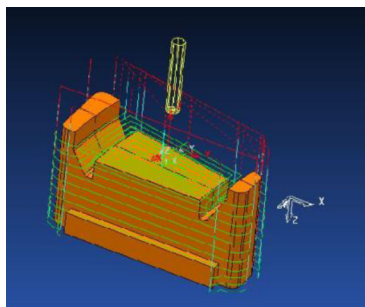


Рис. 23. Чорнове фрезерування

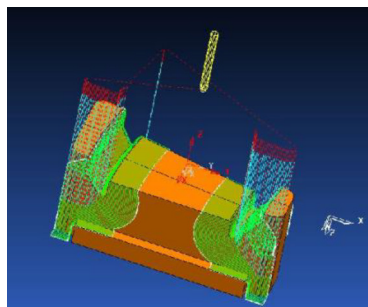


Рис. 24. Чистове фрезерування

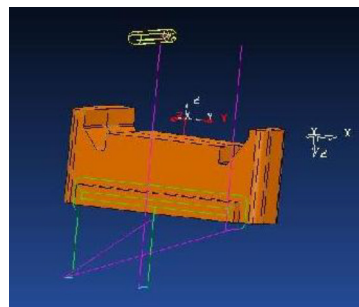


Рис.25 Остаточна чистова обробка

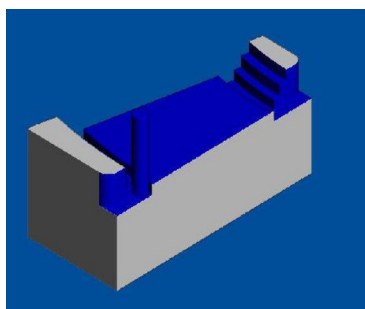


Рис. 26. Візуалізація процесу обробки за першою траєкторією

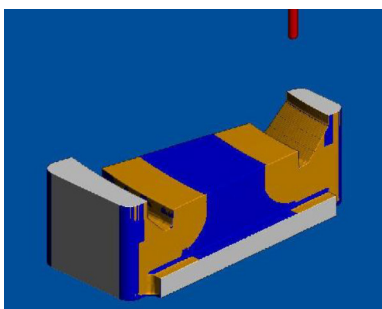


Рис. 27. Візуалізація процесу обробки за другою траєкторією

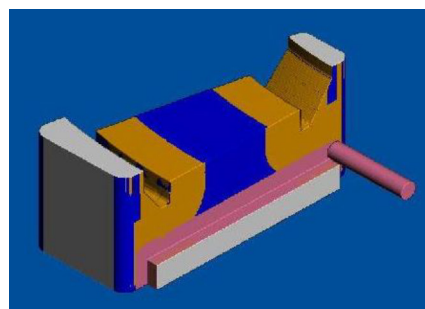


Рис. 28. Візуалізація процесу обробки за третьою траєкторією

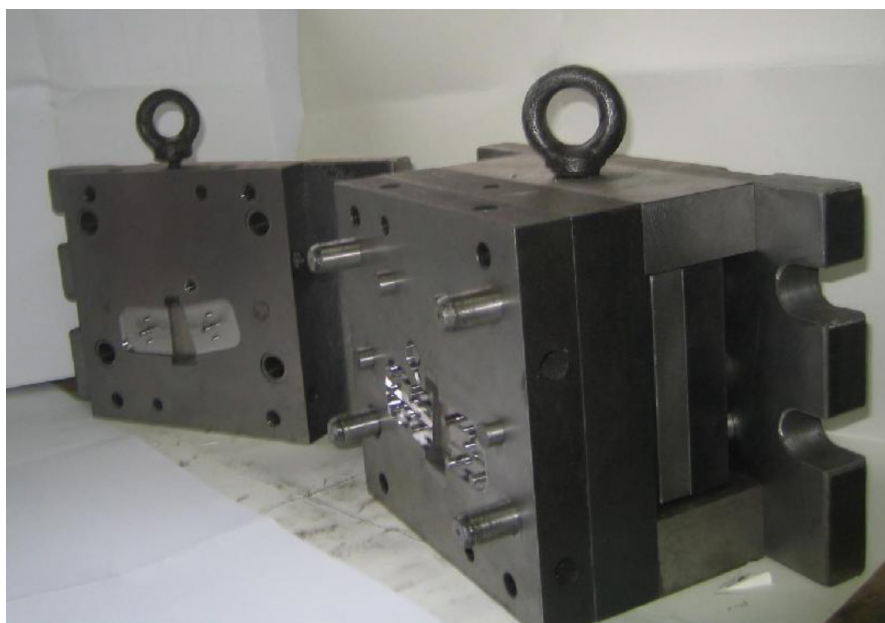


Рис. 29. Матриця прес-форми

Тривісний цикл обробки нерухокої матриці поділено на такі фази:

1. Чорнове фрезерування (кінцева фреза, рис. 23).
2. Чистове фрезерування (кульова фреза, рис. 24).
3. Остаточна чистова обробка (кінцева фреза, рис. 25).

Використавши модуль ViewMill, ми зробили візуалізацію процесу обробки (рис. 26, рис. 27 та рис. 28) (різними кольорами позначено обробку за різними траєкторіями).

Проведені дослідження дозволили створити матрицю прес-форми (рис. 29).

Висновки. За результатами дослідження було підтверджено, що комплекс CAM/CAD-систем Delcam є ефективним інструментом для оптимізації виробництва пресованих виробів. Практична цінність роботи полягає в тому, що її викладення були застосовані в процесі виробництва деталей.

Список використаних джерел

1. Мацулевич О. Є., Дереза О. О., Тетервак І. Р. Використання CAD-системи UNIGRAPHICS для технологічної підготовки виробництва корпусних деталей. *Удосконалення освітньо-виховного процесу в закладі вищої освіти : збірник науково-методичних праць ТДАТУ*. 2023. Вип. 26. С. 166–175.
2. Мацулевич О. Є. Застосування спеціалізованої PLM-системи Technologi CS при розробці автоматизованої системи ведення конструкторсько-технологічних баз даних підприємства сільськогосподарського машинобудування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24, том 1. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-13
3. Програмування автоматизованих процесів обробки деталей : навчально-методичний посібник. Лабораторний практикум / Ю. О. Дмитрієв, О. Є. Мацулевич, Є. А. Гавриленко, Ю. В. Холодняк, Г. В. Антонова (протокол № 8 від 28.04.2022), Мелітополь, 2022. 170 с.
4. Мацулевич О. Є., Щербина В. М., Залевський С. В. Автоматизація процесу геометричного моделювання робочих поверхонь насадок для фонтанів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 8. Т. 1. С. 55–68.
5. Мацулевич О. Є., Зінов'єва О. Г. Розв'язання задач аналізу тренд-сезонних часових рядів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19 (2). С. 264–270.
6. Вершков О. О., Мацулевич О. Є., Тетервак І. Р., Супрун М. В. Моделювання кулачків зубозаточувальних верстатів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 25, т. 2. С. 106–110.
7. Мацулевич О. Є., Вершков О. О., Чаплінський А. П., Супрун М. В. Моделювання зубного мосту в пакеті програм DENTCAD. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 25, т. 2. С. 134–140.
8. Alrefo I. F., Rawashdeh M. O., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O. Designing the functional surfaces of camshaft cams of internal combustion engines. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2024. Vol. 3. P. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/072>
9. Alrefo I. F., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O., Miroshnyk O. Designing the working surfaces of rotary planetary mechanisms. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2023. Vol. 4. P. 82–88. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/082>
10. Дереза О. А., Антонова Г. В., Тетервак І. А., Валієва К. М. Аналітичні дослідження методики інтелектуального аналізу даних. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Запоріжжя, 29–31 травня 2023 р.)* Запоріжжя : ТДАТУ, 2023. С. 147–153.
11. Гавриленко Є. А., Холодняк Ю. В., Мірошніченко М. Ю. Алгоритм моделювання одновимірних об'єктів за заданими умовами. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, том 1. № 22.
12. Івженко О. В., Антонова Г. В. Реверс інжиніринг та виготовлення складної тривимірної поверхні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, том 1. № 23.
13. Михайленко О. Ю., Антонова Г. В. Технологія формоутворення елементів каркасу динамічної поверхні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, том 2. № 26.



14. Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А. Розв'язання позиційних задач при моделюванні монотонних кривих ліній. *Сучасні проблеми моделювання*. 2022. Вип. 24. С. 173–181.
15. Вершков О. О., Бондаренко Л. Ю., Антонова Г. В., Тетервак І. Р. Аналіз дослідної експлуатації програмного модулю розрахунку норм часу обробки деталей сільськогосподарської техніки. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології : матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф.* (Запоріжжя, 12–19 грудня 2022 р.) Запоріжжя : ТДАТУ, 2022. С. 94–100.
16. Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А. Моделювання кривих ліній з заданою точністю. *Інноваційні технології в агропромисловому комплексі : матеріали II Всеукраїн. наук.-практ. інтернет-конференції*. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. С. 28–31.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2025

Стаття прийнята 08.11.2025

Статтю опубліковано 22.12.2025



Ye. Havrylenko, O. Matsulevych, G. Antonova, M. Suprun
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING DELCAM SAM/CAD SYSTEMS FOR THE PRODUCTIO OF PRESSED PARTS

Summary

The modern market actively uses plastic products due to their lightness, strength, and cost-effectiveness. The most common method of manufacturing them is injection molding (which accounts for more than a third of the total volume). This process is used for serial and mass production and is inextricably linked to the development of molds. To ensure competitiveness and manufacturability, especially when working with complex products, it is necessary to use CNC machines and automated design systems.

Difficulties arise when ensuring the operational requirements for the product and the technological requirements for the design of casting equipment. To solve this problem, in our opinion, it is necessary to involve specialists who simultaneously possess the skills of automated design of casting equipment and the skills of creating design projects. This will make it possible to significantly reduce the time required for design work.

Computer modeling of polymer products and designing molds for their manufacture is based on the use of modern computer-aided design systems and ensures high productivity and quality of polymer products through the use of injection molding technology.

This work considers the possibilities of improving the design of molding equipment using Delcam CAD/CAM systems and CNC machines. In the project, processing was carried out on a three-axis CNC machine. This allows for improved product quality, achieved by reducing positioning errors through multiple repositioning. The use of this technology reduces the labor intensity of the part and, accordingly, its cost.

The aim of this work was to design a mold for die casting and, in addition, to develop a control program in the PowerMILL environment for milling its components.

Keywords: casting equipment, mold, bracket, die, rough milling, finish milling, visualization.