

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2\(44\)-69-75](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2(44)-69-75)

УДК 678.057

**Наталія Костянтинівна Злочевська¹, Антон Дмитрович Лавріненков²,
Ольга Віталіївна Холявік³, Олександра Костянтинівна Самоєнко⁴**

¹ кандидат технічних наук, доцент кафедри технології виробництва літальних апаратів
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)
E-mail: zlochevskaya.natali@gmail.com. **ORCID** <http://orcid.org/0000-0002-7252-9566>

² кандидат технічних наук, доцент кафедри технології виробництва літальних апаратів
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)
E-mail: masehito@gmail.com. **ORCID** <http://orcid.org/0000-0002-7252-9566>

³ кандидат технічних наук, доцент кафедри технології виробництва літальних апаратів
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)
E-mail: k_omd@ukr.net. **ORCID** <http://orcid.org/0000-0001-6539-4467>

⁴ магістр кафедри технології виробництва літальних апаратів
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)
E-mail: samoenko.sasha15@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0009-0001-9090-071X>

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ПРЕСФОРМ ДЛЯ ЛИТТЯ ПЛАСТМАС ПІД ТИСКОМ

Застосування сучасного програмного середовища дозволяє підвищити продуктивність процесу проєктування пресформ для лиття пластмас під тиском. Для розрахунку формуючих частин пресформа використовували програму середовища Solid Works Plastics. Чисельні розрахунки показали, що температура буде найбільша на ливнику, тому, що при заповненні деталі він буде охолоджуватися і відповідно температура матеріалу буде знижуватися. Аналіз ліній спаю показав, що вони утворюються на місці де сходяться два потоки пластика за рахунок швидкого охолодження, який пов'язаний з неоднорідністю пластика. Встановлено, що найкраще розташування точок вприску з трьох запропонованих варіантів, буде при литті в бокову поверхню деталі зі збігом з віссю бобишок. Встановлено, що ефективність лиття деталей під тиском відбувається за рахунок найменшого значення тиску і досягається надійність та точність лиття деталей при оптимальних енергозатратах.

Ключові слова: лиття під тиском, пресформа, точки вприску ліній спаю, розподіл температур.

Табл.: 1. Рис.: 3. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Сьогодні попит на виробництво пластикових виробів стрімко зростає, оскільки вони мають переваги, що відрізняють їх від конкурентних матеріалів, а саме є: легкими, міцним, дешевшим, зносостійким, антикорозійним та також володіють іншими особливостями. Найбільш універсальним методом виробництва пластикових деталей є лиття під тиском, цей метод має багато переваг, порівняно з іншими [1; 2]. Цей метод є простішим та більш надійним, а також, ще й досить ефективним. Також даний метод має переваги: висока продуктивність – швидке виробництво; комплексний підхід до проєктування пластикових деталей; скорочення відходів; зниження витрат на оплату праці тощо. Для виготовлення деталей різноманітної конфігурації литтям під тиском у масовому виробництві використовують пресформи.

Постановка проблеми. Проєктування пресформ включає етап аналізу технологічності деталі. На цьому етапі визначаються специфічні вимоги до геометричної форми виробу (кількість деталей в формі, тип ливникової системи, розташування точок вприску, розташування ліній спаю на деталі тощо). Невиконання цих вимог може привести до дефектів поверхні, зменшення механічної міцності, збільшення вартості виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конструкція пластикового виробу має значний вплив як на будову пресформи, так і на показники якості готової деталі. Водночас ці характеристики залежать і від технології виготовлення самої пресформи [3; 4]. Тому на всіх етапах розробки необхідно тісна взаємодія між конструкторами виробів, конструкторами означення та фахівцями, які займаються виготовленням оснащення.

Зокрема під час проєктування виробу конструктор може заздалегідь узгоджувати його конструкцію з вимогами майбутньої пресформи, співпрацюючи з конструктором оснащення. У свою чергу, конструктор пресформи погоджує особливості конструкції виробу з його розробником, уточнює місця, де на поверхні деталі допускається сліди від

інструменту (лінії роз'єму, випускні літники тощо), а також надає рекомендації щодо змін конструкцій виробу та нанесення розмірів. Одночасно він погоджує технічні питання з виробником пресформи, враховуючи їхні технологічні можливості [5-7].

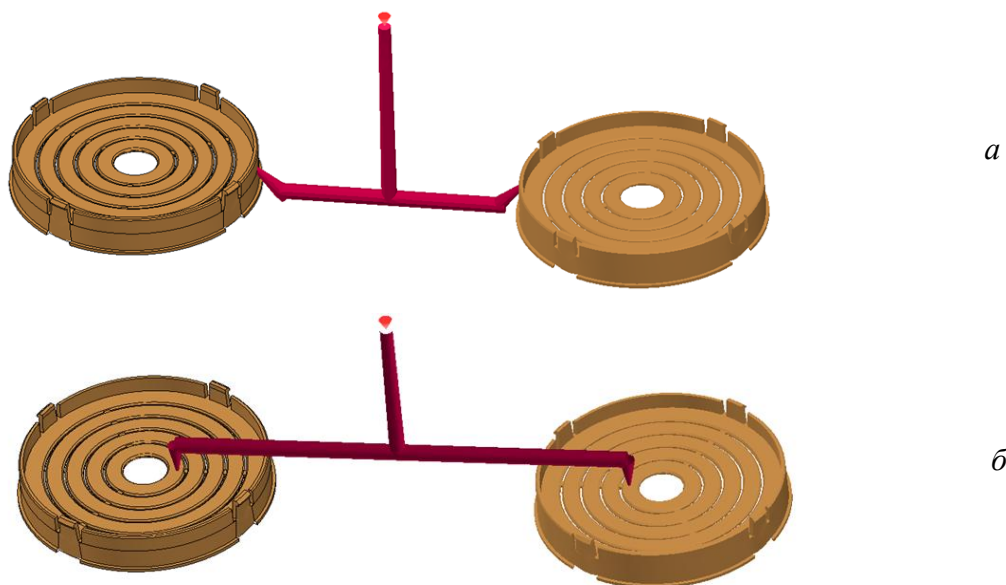
Раніше процес проектування деталей із пластмас включав послідовні етапи: визначення кінцевих вимог виробу; створення попереднього ескізу; попередній вибір матеріалу; конструювання виробу залежно від властивостей матеріалу; остаточний вибір матеріалів; зміна конструкції з врахуванням вимог виробництва; прототипування; конструювання та виготовлення оснащення; виробництво. Процес від проектування виробу до втілення його в виробництво займав дуже великий проміжок часу. Використання сучасного програмного середовища дозволяє значно скоротити тривалість виготовлення інструменту та отримання якісного виробу [8].

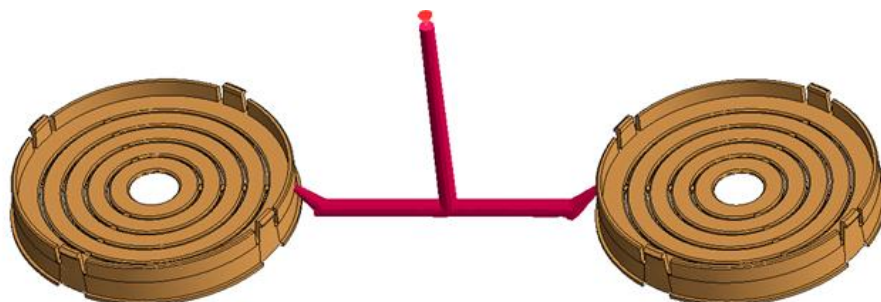
Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На цей час при проектування пресформ викликають певні складності з вибором оптимальних параметрів процесу. Недостатньо вивчені закономірності течії пластику, розподіл температури і тиску в залежності від розташування точок вприску, а також утворення ліній спаю.

Мета дослідження (статті). дослідити особливості проектування пресформ для лиття пластмас під тиском, визначити оптимальні параметри при яких отримаємо найякісніший виріб (без дефектів у вигляді ліній спаю на поверхні).

Виклад основного матеріалу. Для аналізу ливникової системи, а також для розрахунку формуючих частин та проектування самої пресформи використовувалось програмне середовище SolidWorks та SolidWorks Plastics. Вхідними даними є: матеріал деталі поліпропілен (PP) LF 3010; процедура аналізу – цільний, тобто сіткою твердого тіла результати будуть точніше (кількість елементів ≈ 55600 ; маса – 24.23 г; об'єм 22.78 см³); характеристика інжекції – з однією точкою вприску; максимально допустимий тиск – 100 МПа; швидкість потоку матеріалу (обмежена) – 400 мм/с [9; 10].

Для моделювання були вибрані наступні схеми розташування точки вприску на деталях представлених на рис 1.





6

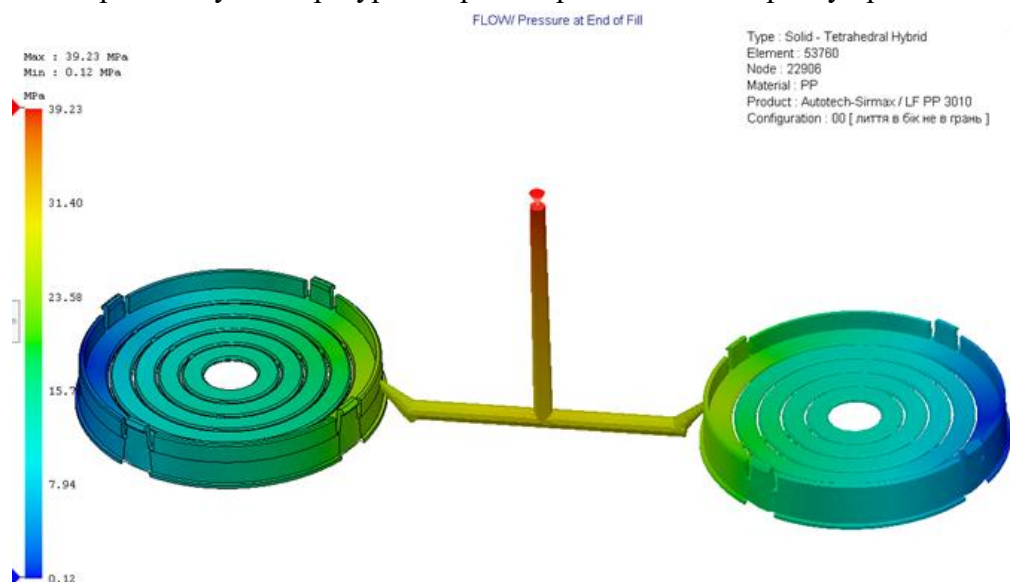
Рис.1. Схеми розташування точки вприску на деталях:
 а - лиття в бокову поверхню деталі; б - лиття біля центру деталі;
 в - лиття в бокову поверхню деталі із співпадінням із віссю бобишок

Для отримання якісного виробу потрібно врахувати коефіцієнт усадки. Зменшення розмірів деталі відбувається за рахунок охолодження її в прес-формі. Тому для матеріалу деталі PP (поліпропілену) коефіцієнт усадки становить 0,01...0,02 [3]. У програмному середовищі SolidWorks масштабуємо вилівку на 1,011, тому що при такому коефіцієнті найменше зміняться розміри деталі.

За результатами моделювання встановлено, що для різних схем розташування точки вприску для всіх варіантів найбільший тиск буде виникати на вході ливникового каналу. Аналіз результатів показав, що при першому варіанті максимальний тиск становить 39.23 МПа; при другому варіанті 42.16 МПа; при третьому варіанті 38.86 МПа.

Процес лиття під тиском відбувається у жорстких сталевих плитах, вони забезпечують високу точність і рівномірне заповнення вилівки. Тому саме вимагання і потреби високого тиску не потребується під час цього процесу. Найменший тиск вприску 38.86 МПа, де відбувається лиття деталей у бокову поверхню, яка збігається з віссю бобишки. За рахунок найменшого значення тиску досягається ефективність і надійність та точність лиття деталей при оптимальних енерговитратах.

Аналіз розподілу температур для трьох варіантів точок вприску представлено на рис. 2.



а

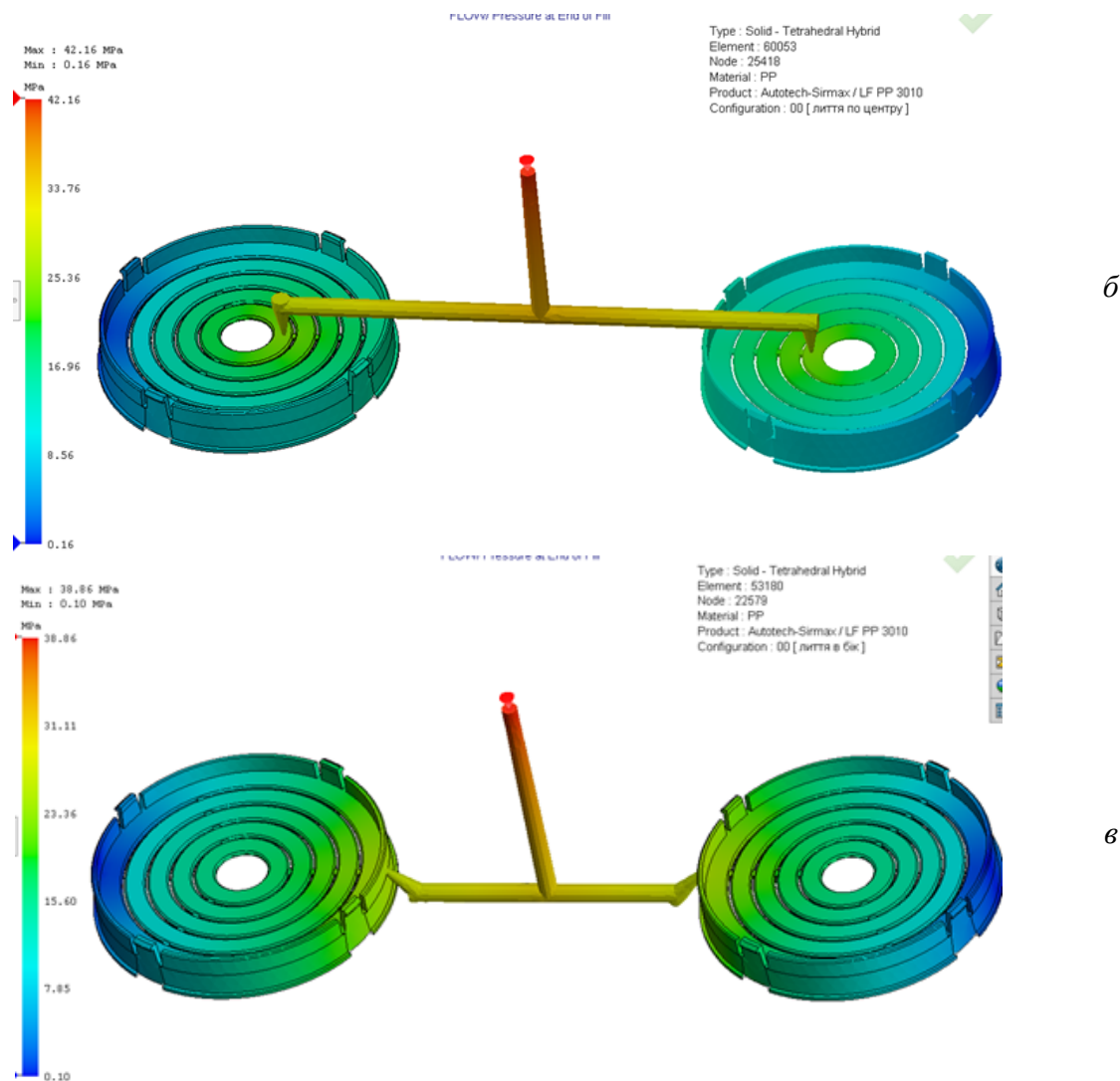


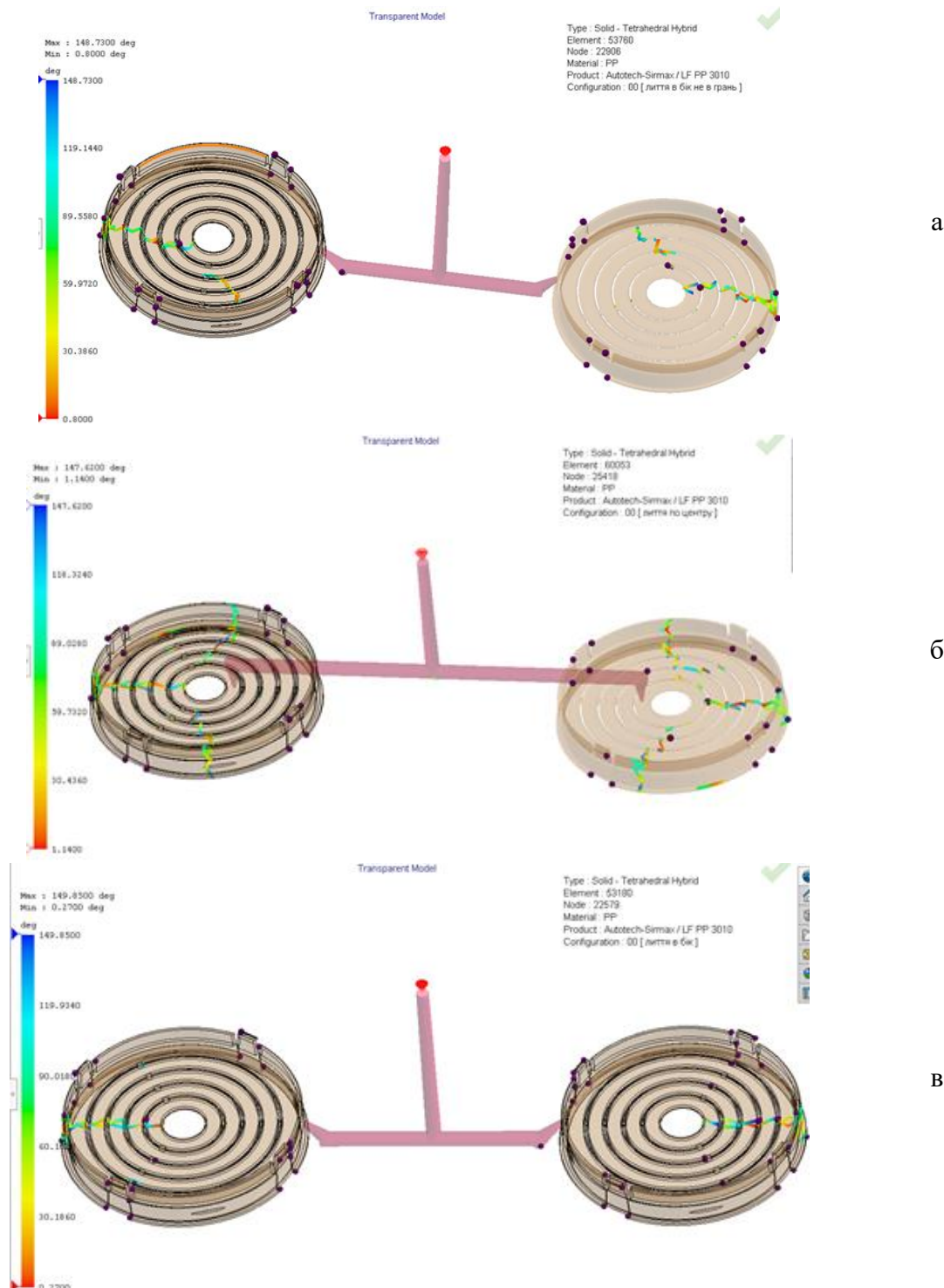
Рис. 2. Розподіл температур в залежності від схеми розташування точок вприску:
 а - $t_{max} = 211,79^{\circ}C$ та $t_{min} = 57,73^{\circ}C$; б - $t_{max} = 211,51^{\circ}C$ та $t_{min} = 59,84^{\circ}C$;
 в - $t_{max} = 211,71^{\circ}C$ та $t_{min} = 58,09^{\circ}C$

Джерело: розроблено авторами.

Аналіз температурного розподілу показує що найвищі показники температури фіксуються в ливниковій системі, через яку проходить гарячий поліпропілен. В процесі заповнення формувальної порожнини розплав охолоджується і його температура поступово знижується.

Показано що наприкінці циклу лиття по периметру деталі виникають локальні температурні зони в діапазоні $120...180^{\circ}C$ (рис. 2, а, б), при яких утворюються полоси, що погіршує зовнішній вигляд виробу та призводить до браку. Аналогічна температурна зона утворюється навпроти точки вприску (рис. 2, в) вона з'являється у місті зустрічі потоків розплаву де завершується заповнення форми.

За результатами дослідження трьох варіантів (рис. 3) оцінене розташування ліній спаю та залишків повітря. Показано, що лінії спаю утворились в точках стиску двох потоків розплаву внаслідок їхнього передчасного охолодження. В зонах з наявністю ліній спаю мають знижену міцність і є критичними при механічному навантаженні на деталь.



*Рис. 3. Схеми розташування ліній спаю та залишків повітря:
 а - лиття в бокову поверхню деталі; б - лиття біля центру деталі;
 в - лиття в бокову поверхню деталі зі збігом з віссю бобишок*

Джерело: розроблено авторами.

Результати аналізу свідчать, що за першого варіанту розміщення точки впрыску на кожній з деталей утворюється по дві лінії спаю (рис. 3, а). За другого варіанту зафіксовано появу трьох ліній спаю на кожній деталі (рис. 3, б), тоді як третій варіант забезпечує утворення лише однієї лінії спаю на виріб (рис. 3, в). Результати моделювання для трьох варіантів розташування точки впрыску зведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати моделювання для трьох варіантів розташування точки вприску

Розташування точки вприску	Тиск вприску	Розподіл температур	Лінії спаю та залишки повітря
1. Лиття в бокову поверхню деталі	max = 39,23 МПа	$t_{\max} = 211,79^{\circ}\text{C}$ та $t_{\min} = 57,73^{\circ}\text{C}$	2 лінії спаю; Залишки повітря можна вивести
2. Лиття біля центру деталі	max = 42,16 МПа	$t_{\max} = 211,51^{\circ}\text{C}$ та $t_{\min} = 59,84^{\circ}\text{C}$	3 лінії спаю; Залишки повітря можна вивести
3. Лиття в бокову поверхню деталі зі збігом із віссю бобишок	max = 38,86 МПа	$t_{\max} = 211,71^{\circ}\text{C}$ та $t_{\min} = 58,09^{\circ}\text{C}$	1 лінія спаю; Залишки повітря можна вивести

Джерело: розроблено авторами.

Аналіз показав, що для запобігання руйнуванню деталі під навантаженням необхідно мінімізувати утворення ліній спаю, які є головним чинником при виборі точок вприскування.

Оптимальним геометричним рішенням є лиття в бічну поверхню деталі зі збігом з віссю бобишок. За такого розташування мінімізується кількість ліній спаю, знижується тиск вприскування та формується сприятлива температурне поле без зон підвищеного теплового навантаження, що підвищує експлуатаційну якість деталі.

Висновки. Для запобігання руйнуванню деталі під навантаженням необхідна мінімізувати утворення ліній спаю, які є критичним чинником при виборі точок вприску.

Оптимальним геометричним рішенням є лиття в бічну поверхню деталі зі збігу з віссю бобишок. За такого розташування мінімізується кількість ліній спаю, знижується тиск вприскування та формується сприятлива температурне поле, що підвищує експлуатаційну якість деталі.

Практичне впровадження результатів проектування на приватному підприємстві доводить, що всі етапи проектування мають чітку практичну спрямованість і орієнтовані на реальне виробництво пластикових деталей.

Список використаних джерел

1. Bryce, D. M. (1999). *Plastic injection molding: Manufacturing startup and management (Vol. IV: Fundamentals of injection molding series)*. Society of Manufacturing Engineers.
2. Douglas M. Bryce. (1996). *Plastic Injection Molding...manufacturing process fundamentals, Volume I: Fundamentals of Injection Molding series*. Published by the Society of Manufacturing Engineers Dearborn, Michigan.
3. Компанія Квота. (2014, 19 березня). *Прес-форми та їх використання*. Kvota. <https://www.kvota.com.ua/statti/pres-formy/>.
4. Головне про прес-форми, їх конструкцію і класифікацію. (n.d.). *Квота*. <https://www.kvota.com.ua/statti/holovne-pro-pres-formy-yikh-konstruktsiyu-i-klasifikatsiyu/>.
5. Gastrow. (2006). *Der Spritzgießwerkzeugbau in 130 Beispielen* (6th ed.). Hanser.
6. Bryce, D. M. (1998). *Plastic injection molding: Mold design and construction fundamentals (Vol. III: Fundamentals of injection molding series)*. Society of Manufacturing Engineers.
7. Злочевська, Н. К., & Тітов, В. А. (2022). *Технології виготовлення деталей з гуми та пластмас. Основи проектування деталей*. КПІ ім. Ігоря Сікорського.
8. Osswald, T. A., Turng, L.-S., & Gramann, P. J. (2001). *Injection molding handbook*. Hanser Publishers.
9. Bryce, D. M. (1997). *Plastic injection molding: Material selection and product design fundamentals (Vol. II: Fundamentals of injection molding series)*. Society of Manufacturing Engineers.
10. Термопластавтомат. (n.d.). *Вікіпедія*. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Термопластавтомат/>

References

1. Bryce, D. M. (1999). *Plastic injection molding: Manufacturing startup and management (Vol. IV: Fundamentals of injection molding series)*. Society of Manufacturing Engineers.
2. Douglas M. Bryce. (1996). *Plastic Injection Molding...manufacturing process fundamentals, Volume I: Fundamentals of Injection Molding series*. Published by the Society of Manufacturing Engineers Dearborn, Michigan.

3. Pres-formy ta yikh vykorystannia [Moulds and their uses]. <https://www.kvota.com.ua/statti/pres-formy/>.
4. Holovne pro pres-formy, yikh konstruktsiiu i klasyfikatsiiu [Key points about moulds, their design and classification]. <https://archive.org/details/brycedouglasm.plasticinjectionmold-ingvolumeiiimolddesignandconstructionfundament>.
5. Gastrow. (2006). *Der Spritzgießwerkzeugbau in 130 Beispielen* (6th ed.). Hanser.
6. Bryce, D. M. (1998). *Plastic injection molding: Mold design and construction fundamentals (Vol. III: Fundamentals of injection molding series)*. Society of Manufacturing Engineers.
7. Zlochevska, N. K., & Titiv, V. A. (2022). *Osnovy proektuvannia detalei: Navchalnyi posibnyk. KPI im. Ihoria Sikorskoho [Fundamentals of Part Design: A Study Guide. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. Tim A. Osswald, Lih-Sheng Turng, Paul J. Gramann]*. Injection Molding Handbook, Hanser Publishers, Munich.
8. Osswald, T. A., Turng, L.-S., & Gramann, P. J. (2001). *Injection molding handbook*. Hanser Publishers.
9. Bryce, D. M. (1997). *Plastic injection molding: Material selection and product design fundamentals (Vol. II: Fundamentals of injection molding series)*. Society of Manufacturing Engineers.
10. Termoplastavtomat [Thermoforming machine]. (n.d.). <https://uk.wikipedia.org/wiki/Термопластавтомат>.

Дата першого надходження статті до видання: 17.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.03.2026

UDC 678.057

Nataliia Zlochevska¹, Anton Lavrinenkov², Olha Kholiavik³, Oleksandra Samoienko⁴

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)
E-mail: zlochevska.natali@gmail.com, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7252-9566>

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)
E-mail: masehito@gmail.com, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7252-9566>

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)
E-mail: k_omd@ukr.net, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6539-4467>

⁴Student
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)
E-mail: samoienko.sasha15@gmail.com, **ORCID:** <http://orcid.org/0009-0001-9090-071X>

FEATURES OF DESIGNING MOULDS FOR PLASTIC INJECTION MOLDING

When designing technological processes for manufacturing plastic parts, namely obtaining parts by injection molding, certain difficulties arose. Previously, the part design process included sequential stages: determining the final product requirements; creating a preliminary sketch; preliminary material selection; designing the product according to the material properties; final material selection; changing the design to take into account production requirements; prototyping; designing and manufacturing the forming tool; production. The process from product design to its implementation in production took a very long time. The use of a modern software environment allows you to significantly reduce the duration of tool manufacturing and obtain a high-quality product.

For better calculation of the forming parts of the mold, a software environment was used Solid Works Plastics.

Analysis of the calculations showed that the highest temperature will be directly at the sprue; as the part is filled, it will cool and the temperature of the material will decrease. Analysis of the seam lines and air residues showed that seam lines are formed at the point where two plastic flows converge due to the heterogeneity of the plastic, which cools faster. The best location of the injection points will be when casting into the side surface of the part with the coincidence of the axis of the bosses. It has been established that the efficiency of casting parts under pressure occurs due to the lowest pressure value and the reliability and accuracy of casting parts is achieved with optimal energy consumption.

The purpose of the article is to study the features of designing molds for plastic injection molding and determine the optimal parameters at which we will obtain the highest quality product.

At the moment, when designing molds, certain difficulties arise with the selection of optimal process parameters. The patterns of plastic flow, the distribution of temperature and pressure depending on the location of the injection points, as well as the formation of joint lines are not sufficiently studied.

Keywords: injection molding, mold, injection points, seam line, temperature distribution.

Table: 1. **Fig.:** 3. **Bibliography:** 10.