

# ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ДИНАМІКИ, МІЦНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО УСТАТКУВАННЯ

УДК 621.9.048.6

М. В. Бойко, О. Т. Велика, С. Є. Ляковська  
Національний університет “Львівська політехніка”

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПУАНСОНА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ ШТАМПУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

© Бойко М. В., Велика О. Т., Ляковська С. Є., 2017

Проведено аналіз конструкції та креслення пуансона, який забезпечує гнучтя деталі у процесі її виготовлення штампуванням. Особливу увагу приділено аналізу варіанта пуансона, який у процесі зміни умов експлуатації, що призвело до зміни навантаження, руйнувався. Запропоновано конструкцію пуансона, яка витримує змінені умови роботи.

*Ключові слова: конструкція пуансона, штампування, метод скінченних елементів.*

## OPTIMIZATION OF PUNCHEON'S CONSTRUCTION OF THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT STAMP

The analysis of the design and drawing punch, which provides flexible parts during its production stamping. Special attention is paid to the analysis of the punch options, which are the process of changing operating conditions. The construction of the punch, which maintains altered conditions was offered.

*Key words: design of the punch, punching, finite element method.*

**Постановка проблеми.** Штампування – це один із найрозповсюдженіших способів отримання деталей з листового матеріалу. Матеріалом для листового штампування – це маловуглецеві сталі, пластичні леговані сталі, мідь, алюміній, титан тощо. Широке застосування листового штампування у промисловості має такі основні переваги, як: 1) висока продуктивність (до 30 ... 90 тис. деталей за зміну); 2) точність виготовлення деталей, що забезпечує їх взаємозамінність і виключає здебільшого таку механічну обробку; 3) сприятливі умови для автоматизації технологічного процесу.

Холодне листове штампування дає змогу отримати деталі складної форми, міцні і жорсткі, але легкі за масою конструкції деталей за невеликої витрати матеріалу, взаємозамінні деталі із високою точністю розмірів.

Операції листового штампування деталей за характером деформації поділяються на:

1) розділювальну операцію – операцію оброблення металу тиском, у результаті якої відбувається повне або часткове відокремлення однієї частини заготовки від іншої. До неї зараховують: а) розрізування – розділення заготовки на частини за незамкненим контуром зсуванням на спеціальних ножицях (гільйотинних) або у штампах; б) вирубвання – повне відокремлення виробу від вихідної заготовки за замкненим контуром зсуванням; в) пробивання – утворення у заготовці отвору або паза з вилученням частини металу у відходи; 2) формозмінювальну операцію – операцію оброблення металу тиском, у результаті якої змінюється форма заготовки пластичним

деформуванням, яка включає: гнуття – утворення чи зміну кутів між частинами заготовки або надання їй криволінійної форми; витягування – утворення порожнистого виробу з плоскої або порожнистої вихідної листової заготовки; обтискування у штампі – зменшення розмірів поперечного перетину частини порожнистої заготовки способом одночасної дії інструмента по усьому її периметру; відсортування – утворення борту по внутрішньому контуру заготовки чи виробу; рельєфне формування – утворення рельєфу у листовій заготовці через місцеві розтягування без зумовленої зміни товщини металу.

Інструментом для листового штампування є штамп, який складається з технологічних (робочих) і конструктивних деталей (пакета штампа). Перші безпосередньо забезпечують виконання технологічних операцій. До них належать пуансони, матриці, притискувачі, виштовхувачі, напрямні планки тощо. Другі використовуються для з'єднання деталей штампа у загальну конструкцію і закріплення штампа у пресі. Це верхня і нижня плити, хвостовик, напрямні колонки, скріплювальні деталі.

За технологічними ознаками штампи поділяються на штампи простої, суміщеної та послідовної дії. Штампи простої дії призначені для виконання однієї або кількох однойменних технологічних операцій на одній позиції за один хід рухомої частини штампа.

У штампі суміщеної дії за один хід рухомої частини штампа виконуються різнойменні технологічні операції або технологічні переходи, наприклад, вирубка та витяжка.

Штампи послідовної дії призначені для кількох технологічних операцій або технологічних переходів на кількох позиціях за відповідну кількість ходів рухомої частини штампа.

Пуансон – важлива деталь у штампі, який забезпечує формування конструктивних елементів у виробі під час штампування. У процесі роботи пуансон повинен витримувати силові навантаження, які виникають під час виготовлення виробу. Будь-який штамп має певний термін експлуатації. Його основні деталі – пуансон та матриця зношуються швидше, а термін експлуатації обмежений кількістю ударів. За зміни умов експлуатації штампа змінюються навантаження, що призводить до руйнування його основних деталей. Отже, виникає проблема покращення конструктивних параметрів пуансона, що забезпечить ефективну роботу за надмірного навантаження у процесі гнуття деталі. Необхідно оптимізувати існуючу конструкцію пуансона так, щоб задовольнити умови його експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В [1, 2] проведені розрахунки, використані для вирішення проблеми розроблення конструкції пуансона під час конструювання технологічної оснастки. Зокрема, у [2] подані результати розрахунків прямокутної матриці прес-форми на міцність і жорсткість. Дослідження оптимізації геометричних параметрів у процесі розрахунків деталей розглянуто у [3, 4].

**Формулювання мети досліджень.** Мета роботи – дослідити експлуатаційні властивості пуансона, виявити проблемні ділянки та усунути його деформації і руйнування у процесі зміни умов роботи; запропонувати зміни його конструкції, що дасть змогу ефективніше використовувати його у виробництві.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Під час виготовлення деталі “Гачок” (рис. 1) штампуванням на “Штампі послідовної дії” (рис. 2) у результаті зміни параметрів стрічкового матеріалу виникають зміни навантаження і, як результат, руйнується пуансон гнуття.

Деталь виготовляється за три технологічні переходи. На першому переході пробиваються два овальні отвори. На другому переході пробивається круглий отвір і на третьому переході виконується відрубання і гнуття деталі.

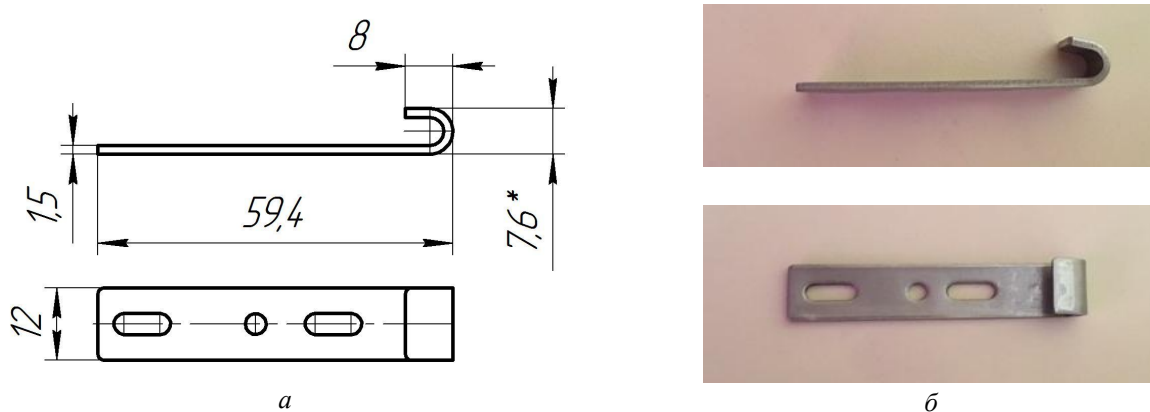


Рис. 1. Деталь типу "Гачок": а – робоче креслення; б – загальний вигляд

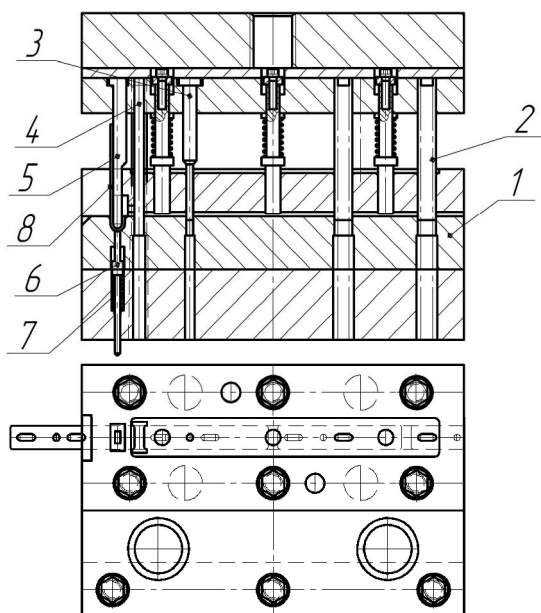


Рис. 2. Штамп послідовної дії для виготовлення деталі "Гачок":  
1 – матриця; 2 – овальний пуансон; 3 – круглий пуансон; 4 – розрубочний пуансон;  
5 – пуансон гнуття; 6 – виштовхувач; 7 – пружина виштовхувача; 8 – виріб

Процес пробивання отворів, відрубування і гнуття відбуваються під час переміщення штампа зверху-вниз (робочий хід) пуансонами 2, 3, 4, 5. Знімання виробу під час переміщення штампа знизу-верх (неробочий хід) забезпечується виштовхувачем 6 під дією пружини 7. Зусилля стисненої пружини розраховане за умови відповідної якості смуги. Через затуплення ножів, які виконують розкрій матеріалу, на краях смуги деталі з'являються заусениці, які змінюють товщину матеріалу і сприяють щільнішому запресуванню виробу у матрицю у зоні гнуття (згинання). У результаті цього істотно збільшується зусилля, необхідне для виштовхування деталі із матриці. На рис. 3 показано вигляд зруйнованих пуансонів.



Рис. 3. Зруйновані пуансони конструкції до модернізації

Модернізація конструкції системи виштовхування дала змогу збільшити навантаження на пуансон гнуття, який під дією зусиль (гнуття і стискання пружини) під час гнуття виробу, руйнувався.

В існуючій конструкції штампа використовувалась пружина марки 5S10064, яка у стисненому стані забезпечувала зусилля виштовхування  $N=595\text{H}$ , достатнє для випадку відсутності заусениць на заготовці. За зміни якості смуги заготовки для знімання деталі потрібне більше зусилля виштовхування, яке було здійснене у конструкції штампа заміною пружини марки 5S10064 на пружину марки 5S13076 із більшим зусиллям виштовхування  $N=960\text{H}$  (рис. 4).

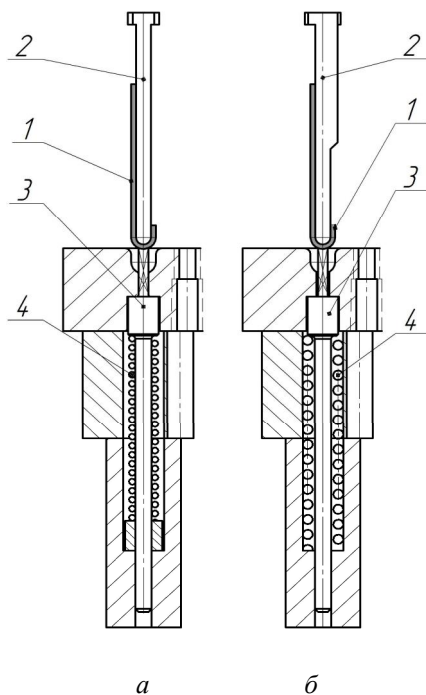


Рис. 4. Механізм виштовхування деталі: 1 – виріб “Гачок”;  
2 – пуансон (а – стара конструкція, пружина 5S10064,  
зусилля виштовхування  $N=595\text{H}$ ; б – нова конструкція, пружина марки 5S13076,  
зусилля виштовхування  $N=960\text{H}$ ); 3 – виштовхувач; 4 – пружина

Для забезпечення стійкості роботи пуансона у конструкції штампа, на основі проведеного аналізу проблемних ділянок пуансона розроблено нову конструкцію пуансона (рис. 5).

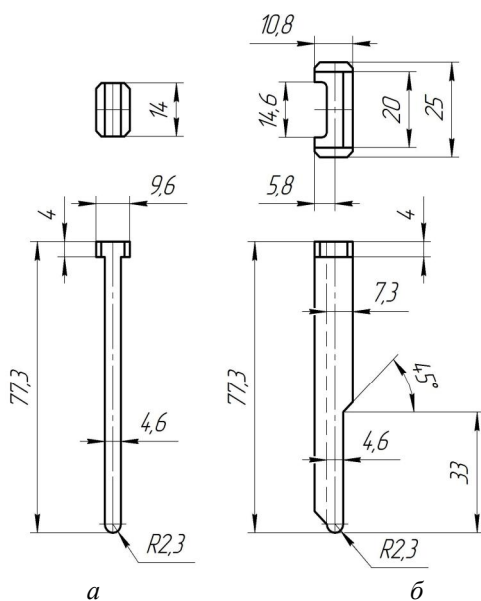


Рис. 5. Конструкція пуансонів: а – до модернізації; б – після модернізації

У програмному середовищі Solidworks створено 3D-модель модернізованого пуансона, прикладено необхідні зусилля та знайдено проблемні ділянки у конструкції під час навантаження, розраховано пуансон на міцність методом скінченних елементів (рис. 6).

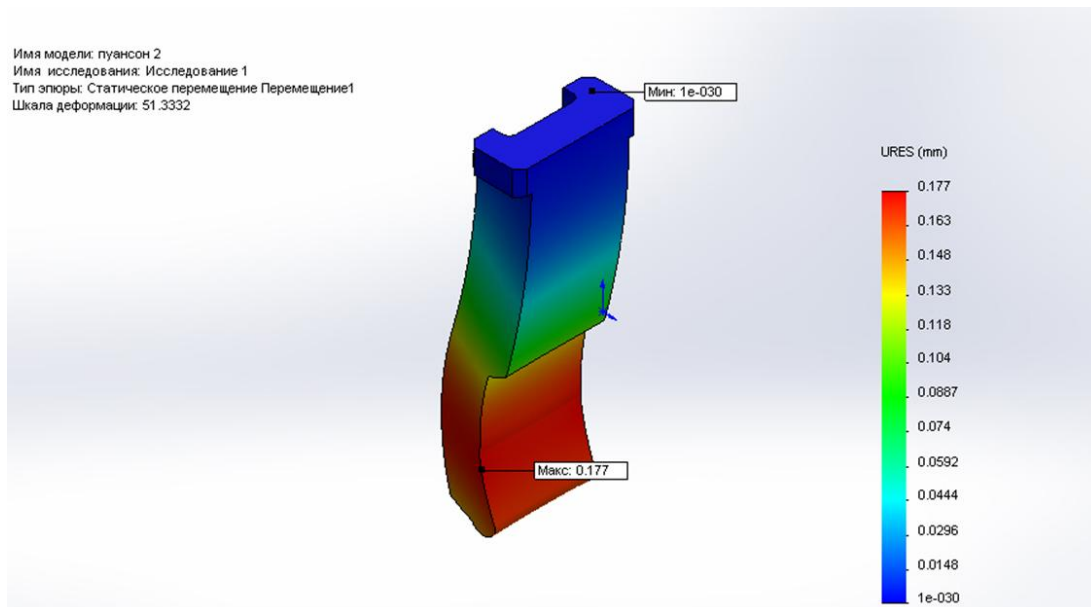


Рис. 6. Результати розрахунку на міцність 3D-моделі модернізованого пуансона

**Висновки.** Систематизоване і ґрунтовне володіння геометричними засобами забезпечує проведення якісного аналізу конструкції та побудови креслення пуансона, який забезпечує гнугття деталі під час її виготовлення штампуванням. Важливим етапом у виконанні розрахунків є аналіз і розрахунок конструкції методом скінченних елементів, оптимізація геометричних параметрів та раціональний вибір типу моделі пуансона, який витримує експлуатаційні навантаження.

Перспективними є подальші дослідження впливу форми пуансона на стійкість його роботи для інших типів вирубних штамтів.

1. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства у машиностроении / под ред. О. И. Семпкова: в 2-х т. – Т. 2. – Минск: Высшая школа, 1977. – 334 с. 2. Алямовский А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов. – СПб.: БХВ Петербург, 2006. – 799 с. 3. Велика О. Т. Розрахунок прямокутної матриці прес-форми на міцність і жорсткість / О. Т. Велика, В. Г. Топільницький, М. В. Бойко, Р.В. Лампіка // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Л.: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – Вип. 44. – С. 74–79. 4. Велика О. Т. Оптимізація геометричних параметрів під час розрахунків деталей у середовищі CAD/CAE AutoCADMechanical 2006 / О. Т. Велика, С. Є. Ляковська // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – № 729. – С.80–85.