

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу Ситника Станіслава Володимировича  
на тему: «Підвищення продуктивності та зниження витрат металу  
при штампуванні із маловуглецевої сталі заготовок гільз для снарядів  
середнього калібру»

в галузі знань 13 - Механічна інженерія  
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

### **Актуальність теми дисертації.**

Тема дисертації Ситника Станіслава Володимировича є актуальною в напрямку підвищення продуктивності та заощадження ресурсів при використанні технологічних процесів для виготовлення тонкостінних порожнистих виробів з маловуглецевої сталі. Дуже важливим є підвищення продуктивності та заощадження ресурсів для виготовлення виробів з високою тонкою стінкою змінної товщини та з товстим дном, що містять виступи більші за діаметр стінки виробу, з необхідними розмірами та механічними характеристиками. При їх виготовленні застосовують процеси осаджування, видавлювання, витягування з потоншенням та обтиску. Тому актуальною задачею є розгляд традиційних процесів формоутворення виробів з використанням штампів.

При застосуванні існуючих процесів формоутворення заготовок гільз для снарядів середнього калібру важко отримати підвищення продуктивності процесів виготовлення та забезпечити заощадження ресурсів, так як традиційні процеси виготовлення подібних виробів потребують значної кількості переходів штампування.

Виготовлення заготовок для вказаних виробів можливе способами холодної та гарячої обробки тиском. Застосування методів гарячої обробки тиском дають можливість виготовити з незначним зусиллям напівфабрикати, що мають наближену форму для подальших операцій витягування з потоншенням, що важливо для отримання необхідних розмірів стінки і фізико-механічних характеристик виробів. Саме тому вивчення вказаних процесів та застосування їх для вдосконалення існуючих на сьогодні технологічних процесів є актуальною задачею.

На даний момент дуже важливим є швидке впровадження у виробництво технологій виготовлення вказаних виробів. Але розробка технологій для штампування заготовок гільз із маловуглецевої сталі є непростю задачею, так як при цьому потрібно врахувати такі фактори, як силові режими формоутворення, геометричну форму початкової заготовки та проміжних напівфабрикатів, спосіб отримання початкової заготовки і характеристики напружено-деформованого стану (НДС) у стінці виробу та у донній частині заради досягнення потрібних механічних характеристик. Це в свою чергу вимагає часу на розрахунки та перевірку отриманих результатів експериментальними дослідженнями.

Для зменшення витрат часу на дослідження процесу та розроблення технології виготовлення деталей подібного виду доцільно використовувати комп'ютерне моделювання.

Темою дослідження є підвищення продуктивності та зниження витрат металу під час процесу формоутворення таких виробів за рахунок скорочення кількості переходів штампування та використання вихідної заготовки квадратного перерізу. Це в свою чергу зменшило витрати металу у відхід, зменшило час на виготовлення виробів та зменшило їх собівартість. Для розв'язку поставленої задачі у дисертаційній роботі виконано як теоретичні дослідження комп'ютерним моделюванням методом скінченних елементів, так і експериментальні дослідження на виробництві. Даний підхід дозволив розробити технологію виготовлення порожнистих вісесиметричних виробів з дном та стінкою змінної товщини. Крім того, у дисертаційній роботі спроектовано штампове оснащення для виготовлення вказаних виробів з потрібними механічними характеристиками в стінці та в донній частині виробу.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше за допомогою методу скінченних елементів проведено розрахунковий аналіз переходів гарячого осаджування та подальшого зворотного видавлювання круглих порожнистих напівфабрикатів із заготовки квадратного перерізу з маловуглецевої сталі. Для проектування робочого інструменту проаналізовано розподіл нормальних напружень на контактуючих поверхнях напівфабрикату з деформуючим інструментом та встановлено температуру підігріву деформуючого інструменту та швидкість деформування, які забезпечують пластичне формоутворення в умовах гарячої деформації. Визначено початкову температуру нагріву заготовок і температурний розподіл в них в кінці процесу деформування. Визначено енерго-силові режими деформування і зусилля вилучення деформованих заготовок із штампів, розподіли питомих зусиль на пуансонах, матрицях і виштовхувачах. Встановлено кінцеві форми та розміри напівфабрикатів з розподілами напружень і деформацій. Виявлено, що зворотне видавлювання заготовок квадратного перерізу без попереднього осаджування кутових зон призводить до формоутворення виступів на верхньому торці порожнистого виробу, що негативно впливає на подальші операції витягування з потоншенням, а введення додаткової операції торцювання виступів призведе до значних витрат металу у відхід, що є неприпустимим у масовому виробництві.

2. Вперше проведено моделювання методом скінченних елементів процесів кінцевого переходу обтиску з одночасним осаджуванням фланців на донній частині заготовок гільзи з урахуванням накопичених деформацій в напівфабрикатах після витягування з потоншенням. Встановлено зусилля

деформування, розподіли інтенсивності деформації та кінцеві форми і розміри заготовки гільзи. Доведено, що із виступу на донній частині, який було сформовано при переході гарячого зворотного видавлювання можливо отримати фланець необхідної форми та розмірів заготовок.

3. З використанням методу скінченних елементів проведено розрахунковий аналіз подальших переходів штампування напівфабрикатів після операції зворотного видавлювання, а саме: гарячого та холодного витягування з потоншенням з отриманням напівфабрикатів потрібної форми для виконання кінцевого переходу обтиску з необхідним пропрацюванням структури металу пластичною деформацією та досягненням заданих механічних властивостей по висоті стінки гільзи і піддону. Встановлено залежності зусиль витягування від переміщень пуансонів, форми і розміри напівфабрикатів після витягування та розподіли інтенсивності деформацій для оцінки пропрацювання структури металу пластичною деформацією.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі технології виробництва літальних апаратів КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР №2318п «Розробка інноваційних технологій штампування гільз для артилерійських снарядів для промислових підприємств України», а також господарсько-договірної науково-дослідної роботи № Дндч/0201.01/1200.02/127/2022 «Дослідна партія гільзи та корпусу у кількості 12 шт. кожної» під керівництвом д.т.н., професора Калюжного Володимира Леонідовича.

Таким чином, в дисертаційній роботі поставлено наукове завдання підвищення продуктивності процесів витягування з потоншенням для отримання порожнистих вісесиметричних виробів зі змінною товщиною стінки по висоті за рахунок скорочення кількості переходів виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ситника С.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 - Прикладна механіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Прикладна механіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ситника Станіслава Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіїляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

## **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертація складається з багатьох пунктів, що охарактеризують послідовність такої дисертації. Таким чином вона структурована і дає можливість іншим дослідникам зрозуміти крок за кроком проведення досліджень. Графічний матеріал, який був представлений як власними фотографіями, скріншотами досліджень і розрахунків, так і загальноприйнятими ілюстраціями подає матеріал зручно і стисло.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел та 9 додатків. Матеріал дисертаційної роботи представлений на 265 сторінках, в тому числі 223 сторінки основного тексту, список використаних джерел з 192 найменувань та 9 додатків на 16 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, описано стан розробки даної тематики у вітчизняній та зарубіжній науці, наведені зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, мета та завдання дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, а також наукова та практична новизна отриманих результатів. Описано особистий внесок здобувача та представлена інформація щодо апробації результатів дисертації та публікацій.

У першому розділі проведено аналіз існуючих технологій, що застосовуються для виготовлення заготовок для артилерійських снарядів різного калібру. Також у першому розділі розглянуто теоретичні та експериментальні методи дослідження по штампуванню порожнистих виробів зі змінним профілем стінки та дном великої товщини, загальні способи формоутворення порожнистих виробів. Наведено висновки до розділу та поставлені задачі.

У другому розділі досліджено гаряче зворотне видавлювання з роздачою порожнистого напівфабрикату із заготовок квадратного перерізу та з заготовок круглої форми, гаряче осаджування заготовки квадратного перерізу, гаряче зворотне видавлювання з роздачою порожнистого виробу із попередньо осаджуваного напівфабрикату квадратного перерізу, Теоретичний аналіз процесів гарячого формоутворення порожнистих виробів за допомогою аналітичних розрахунків: методу верхньої оцінки, інженерного методу, методу балансу потужностей. Також у другому розділі наведено висновки по розділу.

У третьому розділі дисертаційної роботи наведено аналіз методом скінченних елементів процесу витягування з потоншенням порожнистого виробу. У даному розділі досліджено аналітичні розрахунки процесу витягування з потоншенням, гаряче витягування з потоншенням порожнистого виробу через дві послідовно розташовані матриці, вирівнювання донної частини отриманого виробу після операції витягування з потоншенням через дві послідовно розташовані матриці, холодне витягування з потоншенням порожнистого вісесиметричного виробу через одну матрицю. Наведено висновки по даному розділу.

## **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертація складається з багатьох пунктів, що охарактеризують послідовність такої дисертації. Таким чином вона структурована і дає можливість іншим дослідникам зрозуміти крок за кроком проведення досліджень. Графічний матеріал, який був представлений як власними фотографіями, скріншотами досліджень і розрахунків, так і загальноприйнятими ілюстраціями подає матеріал зручно і стисло.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел та 9 додатків. Матеріал дисертаційної роботи представлений на 265 сторінках, в тому числі 223 сторінки основного тексту, список використаних джерел з 192 найменувань та 9 додатків на 16 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, описано стан розробки даної тематики у вітчизняній та зарубіжній науці, наведені зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, мета та завдання дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, а також наукова та практична новизна отриманих результатів. Описано особистий внесок здобувача та представлена інформація щодо апробації результатів дисертації та публікацій.

У першому розділі проведено аналіз існуючих технологій, що застосовуються для виготовлення заготовок для артилерійських снарядів різного калібру. Також у першому розділі розглянуто теоретичні та експериментальні методи дослідження по штампуванню порожнистих виробів зі змінним профілем стінки та дном великої товщини, загальні способи формоутворення порожнистих виробів. Наведено висновки до розділу та поставлені задачі.

У другому розділі досліджено гаряче зворотне видавлювання з роздачою порожнистого напівфабрикату із заготовок квадратного перерізу та з заготовок круглої форми, гаряче осаджування заготовки квадратного перерізу, гаряче зворотне видавлювання з роздачою порожнистого виробу із попередньо осаджуваного напівфабрикату квадратного перерізу, Теоретичний аналіз процесів гарячого формоутворення порожнистих виробів за допомогою аналітичних розрахунків: методу верхньої оцінки, інженерного методу, методу балансу потужностей. Також у другому розділі наведено висновки по розділу.

У третьому розділі дисертаційної роботи наведено аналіз методом скінченних елементів процесу витягування з потоншенням порожнистого виробу. У даному розділі досліджено аналітичні розрахунки процесу витягування з потоншенням, гаряче витягування з потоншенням порожнистого виробу через дві послідовно розташовані матриці, вирівнювання донної частини отриманого виробу після операції витягування з потоншенням через дві послідовно розташовані матриці, холодне витягування з потоншенням порожнистого вісесиметричного виробу через одну матрицю. Наведено висновки по даному розділу.

У четвертому розділі представлено аналіз методом скінченних елементів процесу обтиску і осаджування. У даному розділі розглянуто схему процесу обтиску і осаджування порожнистого напівфабрикату, силові режими та питомі зусилля процесу обтиску та осаджування, напружено-деформований стан процесу обтиску та осаджування, виконано оцінку критерію руйнування процесу обтиску і осаджування. Крім того, наведені висновки по розділу.

У п'ятому розділі досліджено технологію отримання артилерійської гільзи для 125 мм танкового пострілу із заготовки круглого перерізу, визначено форму та розміри готового виробу та визначення форми та розмірів вихідної заготовки, розглянуті операції гарячого зворотного видавлювання напівфабрикату та гарячого витягування з потоншенням напівфабрикату, холодного витягування з потоншенням напівфабрикату, гарячого осаджування фланця напівфабрикату. В кінці розділу наведено висновки по розділу.

У шостому розділі представлена технологія отримання артилерійської гільзи для 125 мм танкового пострілу із заготовки квадратного перерізу. У розділі розглянуто форму та розміри готового виробу та визначення форми та розмірів вихідної заготовки, досліджено операції гарячого осаджування напівфабрикату, гарячого видавлювання з роздачою круглого порожнистого напівфабрикату, гарячого витягування з потоншенням круглого порожнистого напівфабрикату через дві послідовно розташовані матриці, гарячого осаджування фланця. У кінці розділу наведено висновки по розділу.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, включених до переліку наукових фахових видань України, а також опубліковані у 4 тезах доповідей Міжнародних науково-технічних конференціях.

Крім того, результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

У літературному огляді присутній аналіз, як теоретичних методів, так і експериментальних методів, так і теоретичних та експериментальних методів дослідження по штампуванню порожнистих виробів зі змінним профілем стінки та дном великої товщини та теоретичні дослідження, які варто було б назвати теоретично-експериментальними методами.

В роботі варто зменшити кількість переходів, виключивши операцію вирівнювання донної частини.

На кресленнях штампів, що наведені у додатках, присутні незначні графічні помилки. Крім того, у тексті дисертації присутні одруківки і орфографічні помилки.

Вказані зауваження не знижують позитивної оцінки роботи, і можуть розглядатись як рекомендації для подальшої праці.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ситника Станіслава Володимировича на тему «Підвищення продуктивності та зниження витрат металу при штампуванні із маловуглецевої сталі заготовок гільз для снарядів середнього калібру» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність практичних та теоретичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 – Механічна інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Ситник Станіслав Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

### **Рецензент:**

Доцент кафедри технології  
виробництва літальних апаратів  
навчально-наукового  
механіко-машинобудівного інституту  
Національного технічного  
університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

