

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Ярмоленко Олександра Сергійовича  
на тему «Підвищення продуктивності пластичного формоутворення з латуні  
вісесиметричних виробів із змінною товщиною стінки великої довжини»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 13 – Механічна інженерія  
за спеціальністю 131 Прикладна механіка

### **Актуальність теми дисертації.**

Дисертаційна робота Ярмоленко О.С. направлена на дослідження гарячих та холодних процесів пластичного деформування при виготовленні виробів артилерійського призначення. В роботі розглянуто процеси: гарячого осаджування та гарячого зворотного видавлювання, холодного витягування з потоншенням і обтиску при виготовленні деталей із латуні з тонкою стінкою змінної товщини, великої довжини та товстим дном. В сучасних умовах при виробництві даного типу виробів актуальним є скорочення кількості переходів для їх отримання.

Особливу увагу в дисертації приділено дослідженню скорочення кількості переходів витягування з потоншенням та отримання кінцевого виробу з необхідними формою, розмірами та механічними характеристиками в стінці та дні виробу. Для підвищення продуктивності процесу застосований метод витягування з прикладанням додаткового тягнучого зусилля за стінку напівфабрикату. В роботі були розроблені схеми процесів витягування з потоншенням стінки в яких використовується інструмент спеціального профілю для реалізації такого способу витягування. Це дозволяє розвантажити донну частину напівфабрикату, що надає можливість отримати готовий виріб при витягуванні з потоншенням за меншу кількість переходів та зменшити викривлення донної частини при витягуванні. Також розроблені схеми для підвищення продуктивності процесів обтиску з застосування інструменту з поверхнею спеціального профілю, для отримання виробів за один перехід, так як даний профіль інструменту забезпечує зменшення сил тертя при обтиску. Для отримання необхідних механічних характеристик в стінці та дні виробу було проведено дослідження зміцнення металу при гарячому та холодному пластичному деформуванні, підібрано форму і розміри напівфабрикатів на переходах витягування з потоншенням та обтиску та проведено моделювання цих процесів методом скінчених елементів з врахуванням зміцнення та пружних властивостей матеріалу.

Застосування результатів отриманих при дослідженні процесів виготовлення порожнистих напівфабрикатів великої довжини з тонкою стінкою забезпечить збільшення продуктивності виробництва, зменшення витрати на виробництво та економію металу, що призведе до зменшенню собівартості виробу. Тому задачі, які поставлені в дисертаційній роботі є актуальними.

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

Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів дисертації доводиться з використанням положень теорії пластичності при гарячій та холодній пластичній деформації; використовуючи метод скінчених елементів проводиться обґрунтування розроблених математичних моделей; отримані результати відповідають розв'язкам досліджень описаних в літературних джерелах, та їх теоретичним і експериментальним результатам. Враховуючи все це можна вважати отримані результати, є достовірними.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Вперше виконаний розрахунковий аналіз методом МСЕ переходів гарячого осаджування з подальшим видавлювання з роздачою порожнистих вісесиметричних напівфабрикатів із змінною товщиною стінки із латуні. Встановлено технологічні параметри процесів такі, як температури підігріву інструменту, швидкість переміщення інструменту, що забезпечує раціональне проходження процесів. Отриманні дані силових режимів, напружено-деформованого стану, розподілу питомих зусиль на інструменті та по формах і розмірах напівфабрикатів.

Вперше проведений розрахунковий аналіз з використанням МСЕ переходів холодного витягування з потоншенням через дві послідовно розташовані матриці та одну матрицю з використанням пуансонів спеціального профілю з отриманням стінки потрібної форми і необхідними механічними властивостями zdeформованого металу. Встановлені граничні можливості деформування при витягуванні з потоншенням на перших двох переходах та необхідний ступінь деформації на третьому переході для отримання заданих механічних характеристик в металі після виконання обтиску. Для переходів витягування виявлено силові режими, питомі зусилля, розподіли напружень і деформацій.

Вперше проведено моделювання МСЕ процесу холодного обтиску порожнистого виробу зі змінною товщиною стінки великої довжини з використанням матриці спеціального профілю та урахуванням отриманого зміцнення металу при витягуванні з потоншенням. Виявлено силові режими, форма і розміри виробу з розподілами напружень і деформацій у zdeформованому металі.

З використанням методу балансу потужностей і методу спільного вирішення наближених диференціальних рівнянь рівноваги вперше проведений аналіз витягування з потоншенням з прикладанням тягнучого зусилля за стінку заготовки, яке створюється пуансоном спеціального профілю. Отримано аналітичні залежності для визначення напружень та зусилля деформування з урахуванням дії сил тертя та зміцнення металу при холодному формоутворенні.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання 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 Ярмоленко Олександра Сергійовича 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 теорію і практику гарячого і холодного пластичного формоутворення.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ярмоленко Олександра Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, 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 / англійською мовою.

Дисертація складається з вступу, 7 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 257 сторінок.

У **вступі** автором зроблено обґрунтування актуальності проблеми, поставлена мета та завдання дослідження, зроблено опис об'єкту, предмету та методів дослідження. Також вказана наукова новизна та практичне значення результатів дослідження. Надана інформація про особистий внесок здобувача, апробацію результатів роботи та публікації.

У **першому розділі** приведено аналіз наявних теоретичних і експериментальних досліджень, що стосуються виготовлення порожнистих виробів зі змінною товщиною стінки, яке включає операції видавлювання порожнистих напівфабрикатів, витягування з потоншенням та обтиску. За результатами аналізу літературних джерел були поставлені задачі проведення досліджень.

У другому розділі наведено опис експериментального дослідження для визначення параметрів пластичного формоутворення, наведена методика аналізу процесів гарячого та холодного процесів формоутворення з використанням методу спільного розв'язку наближених рівнянь рівноваги з умовою пластичності. Викладені основні залежності методу скінченних елементів для визначення пружно-пластичного стану металу з використанням великих переміщень. Запропонована методика виконання та проведені експериментальні дослідження по отриманню порожнистого виробу необхідної форми із заданими механічними властивостями здеформованого металу.

В третьому розділі проведено дослідження з використанням методу скінченних елементів для моделювання процесів гарячого осаджування та подальшого гарячого зворотного видавлювання. Для даних процесів були встановлені швидкості деформування, температурні складові. Отримано зусилля деформування та розподіл питомих зусиль на контактуючих поверхнях деформуючого інструменту. Також отримано кінцеві форми і розміри напівфабрикатів.

В четвертому розділі було розглянуто комп'ютерне моделювання з використанням методу скінченних елементів трьох переходів витягування з потоншенням. Перша операція витягування з потоншенням відбувалася через дві матриці, друга та третя операції здійснюється через одну матрицю. Для скорочення кількості переходів було застосовано пуансон спеціального профілю, що забезпечує створення додаткового тягнучого зусилля за стінку напівфабрикату, зменшує навантаження на донну частину здеформованих заготовок. Після першого переходу проведено моделювання калібрування донної частини. Для операцій витягування з потоншенням та калібрування дна були встановлені зусилля деформування, напружено-деформований стан, кінцеву форму та розміри напівфабрикатів. На третій операції витягування з потоншенням в результаті моделювання було встановлено форму та розміри напівфабрикату, які забезпечують після наступного переходу обтиску отримання готового виробу з мінімальною механічною обробкою. Також проведений аналіз процесу витягування з потоншенням з використанням методу балансу потужностей і методу спільного вирішення наближених диференційних рівнянь рівноваги з умовою пластичності. Отримані аналітичні залежності для визначення напружень та зусилля деформування з урахування дії сил тертя та зміцнення металу.

У п'ятому розділі було проведено розрахунковий аналіз операції осаджування фланця з отриманням необхідної макроструктури в місці переходу фланцю у донну частину. Встановлено зусилля при осаджуванні, розподіл питомих зусиль на інструменті та напружено-деформований стан в осередку

деформації. Визначено форму та розміри напівфабрикату після проведення осаджування.

У шостому розділі проведено моделювання операції обтиску з використанням методу скінченних елементів та пружно-пластичної моделі металу. Визначено напружено-деформований стан, питомі зусилля на інструменті та розподіл інтенсивності пластичної деформації, за якою спрогнозовано напруження текучості металу по висоті стінки. З врахуванням пружної деформації отримано кінцеву форму та розміри порожнистого виробу зі стінкою змінної товщини по висоті.

В сьомому розділі на основі результатів проведених комп'ютерних моделювань розроблено штампове оснащення для гарячого осаджування та гарячого зворотного видавлювання, трьох переходів витягування з потоншенням, калібрування донної частини, осаджування фланця та обтиску.

У загальних висновках наведено основні результати, які отримано при проведенні досліджень в дисертації та їх використання на виробництві і навчальному процесі.

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 12 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 9 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 0 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 0 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 0 патентів на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосується наукових результатів дисертації; 0 патентів України на корисну модель; 0 одноосібних монографій, що рекомендовані до друку Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського та пройшли рецензування.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

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

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

1. В дисертаційній роботі використано циліндричну вихідну заготовку із латуні, яка потребує операції гарячого осаджування. Чи не варто було б використати заготовку квадратного перерізу, яка б центрувалася у

матриці по діагоналях. Заготовка мала б більшу висоту і забезпечувала більш інтенсивне пропрацювання структури металу пластичною деформацією у донній частині напівфабрикату при видавлюванні. Більш того, це дозволило б знизити силу прошивання.

2. Автором дисертації не розглянуто можливість виконання першого переходу витягування на оправці з потоншенням стінки в умовах гарячої чи напівгарячої деформації одразу після гарячого видавлювання без додаткового нагріву пустотілого напівфабрикату.
3. Операція калібрування донної частини виробу автором виділено в окремий перехід. Чому не було застосовано калібрування в кінці операції витягування на оправці з потоншенням стінки?
4. В дисертації описано, що перехід видавлювання здійснюється у нерухомій матриці. Можливо було б ефективнішим виконати операцію у матриці, яка має можливість рухатися?
5. Роздача фланця здійснюється окремим переходом. Чи можна було об'єднати операцію витягування з потоншенням на третьому переході і роздачу фланця?
6. В дисертації описується застосування інструменту спеціального профілю для покращення операцій витягування з потоншенням? Чи можливо застосувати інструмент спеціального профілю наприклад для операції обтиску?
7. В тексті присутні технічні помилки та описки.

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 Ярмоленко Олександра Сергійовича на тему «Підвищення продуктивності пластичного формоутворення з латуні вісесиметричних виробів із змінною товщиною стінки великої довжини» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для ІЗ – 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 Ярмоленко Олександр Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

**Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри  
«Автоматизація виробничих процесів»,  
Донбаської державної  
машинобудівної академії  
д.т.н., професор



Олег МАРКОВ

Підпис професора О.Є. Маркова  
засвідчують начальник відділу кадрів ДДМА  
Е. В. Грачова

М.



Ельвіра ГРАЧОВА

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року