

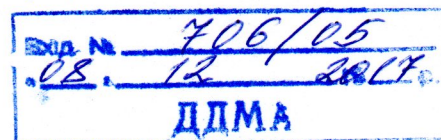
## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Малій Христини Василівни «Удосконалення процесів виготовлення стрижневих деталей з фланцем на основі застосування способів радіально-поздовжнього видавлювання», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

### Актуальність теми дисертації

В сучасних умовах жорсткої конкуренції машинобудівне виробництво вимагає створення ефективних технологій для отримання точних деталей складної форми з максимальним коефіцієнтом використання матеріалів та з високими експлуатаційними характеристиками.

Холодне об'ємне штампування відноситься до тих сучасних технологій обробки тиском, які не тільки дозволяють виготовляти деталі зі складною геометрією, а й економити енергетичні та матеріальні ресурси, забезпечувати високу якість виробів. В номенклатурі деталей, які отримують холодним об'ємним штампуванням, досить значне місце займають вироби зі стрижнями та фланцями (деталі типу штуцерів, конвекторів, перехідників тощо). Використання традиційних технологій виготовлення деталей холодним об'ємним штампуванням, які базуються на використанні операції висадки, пов'язане з проблемами стійкості заготовки, навантажень на інструмент та ступеня граничної деформації. Тому застосування радіально-поздовжнього видавлювання для виготовлення осесиметричних деталей зі стрижнями та фланцями є доволі перспективною технологією. Радіально-поздовжнє видавлювання відноситься до процесів комбінованого видавлювання з декількома ступенями свободи течії металу. Наявність останніх дозволяє за рівних інших умов знизити технологічне зусилля. Формозмінення заготовки в таких процесах відбувається згідно з принципом мінімуму повної енергії деформації та закону найменшого спротиву. Процеси радіально-поздовжнього видавлювання з декількома ступенями течії металу досить складні для теоретичного аналізу, також є певні питання з вирішенням проблем дефектоутворення та зниження неоднорідності механічних характеристик за перетином штамповки. Вирішення задач визначення енергосилових параметрів, кінцевої та граничної формозміни потребує створення або удосконалення відповідних методик та математичних моделей. В залежності від конфігурації виробів з елементами типу фланець і стрижень їх можна отримувати за схемами радіально-прямого та радіально-зворотного видавлювання. Але використання цих схем до тепер стримувалось відсутністю теоретичних залежностей і математичних моделей, які б враховували найбільш важливі чинники, що впливають на си-



лові характеристики та визначають характер формозмінення, дозволяють впливати на нього, а також рекомендацій щодо оцінки технологічних режимів і можливостей використання цих процесів.

Тому тема дисертаційної роботи Малій Христини Василівни, спрямованої на удосконалення процесів виготовлення стрижневих деталей з фланцем на основі застосування способів комбінованого радіально-поздовжнього видавлювання, є актуальною.

### **Зв'язок з державними та галузевими науковими програмами**

Дисертаційна робота виконувалась у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, передбачених планами Міністерства освіти і науки України, на кафедрі ОМТ Донбаської державної машинобудівної академії (роботи 0115U003123, 0111U006174, 0113U000608), а також в рамках договірних науково-дослідних робіт. У всіх роботах авторка була виконавцем.

### **Структура і зміст дисертації**

Дисертація викладена на 244 сторінках. Вона містить в собі анотації із переліком праць, вступ, 6 розділів, загальні висновки, список використаних джерел загалом із 185 найменувань. Об'єм основного тексту дисертації складає 113 сторінок друкованого тексту. Дисертація містить 22 таблиці та 109 рисунків на 73 сторінках, а також 6 додатків.

### **Достовірність та обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих в дисертації**

Найбільш важливими та суттєвими висновками роботи є висновки 1-2, 4, 6-9.

В них викладено результати виконаних досліджень, які складають: виконано аналіз стану питання дослідження і застосування у виробництві процесів отримання стрижневих деталей з фланцем, який показав перспективність технологій ХОШ; отримано залежності енергосилових параметрів для осесиметричної задачі радіально-прямого видавлювання від геометрії процесу на основі енергетичного методу (балансу потужностей) з застосуванням, як прямолінійних, так і модулів з непаралельною течією, встановлено, що зміна відносної висоти фланцю  $\bar{h}$  від 0,21 до 0,51, при інших рівних параметрах деталі, призводить до зменшення приведенного тиску від 3,0 до 2,45; зміна відносного радіуса стрижня  $\bar{R} = 0,34 \dots 0,66$  – зниження приведенного тиску від 2,4 до 2,1; на основі енергетичного методу для способу радіально-зворотного видавлювання прийнята схема з роз'єднаним осередком деформування та проведена мінімізація зусилля процесу з урахуванням параметру  $\lambda$  – коефіцієнту, що враховує рівність потужностей на межі розподілу осередків деформування, та  $\bar{t}$  – відносної висоти жорсткої зони, визначено, що збільшення відносного радіуса стрижня  $\bar{R}$  від 0,25 до 0,75 призводить до зни-

ження швидкості руху жорсткої зони і  $\lambda$  змінюється від 0,42 до 0,22, а збільшення відносної висоти фланцю  $\bar{h}$  від 0,25 до 0,45, при збереженні інших параметрів процесу, зумовлює збільшення коефіцієнту  $\lambda$  від 0,38 до 0,45, з'ясовано, що для радіально-зворотного видавлювання із співвідношенням висоти фланцю до радіусу стрижня  $\frac{h}{R} \geq 0,6$  формування стрижня відбувається за рахунок прошивки заготовки, і кінцева висота напівфабрикату залишається незмінною, а в деяких випадках і зменшується; комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану заготовки при комбінованому радіально-прямому видавлюванні дозволило виявити в осередку деформування небезпечні зони з інтенсивними зсувними деформаціями, оцінка витрати ресурсу пластичності показала, що при досягненні в процесі деформування значення граничного ступеня деформації  $e_{\max} = 0,94$  виникає небезпека відділення фланцю; експериментальне дослідження показало правомірність використання кожної з розроблених схем комбінованого деформування, що дозволяє якісно прогнозувати силовий режим і формоутворення заготовки в процесі комбінованого деформування, теоретичні розрахунки енергосилових показників виявились більші за експериментальні дані на 10–12%, експериментальний аналіз деформованого стану на основі методу ділильних сіток підтвердив особливості розташування зон деформування при аналізі процесу радіально-поздовжнього видавлювання; за результатами теоретичних і експериментальних досліджень напружено-деформованого стану за схемами радіально-поздовжнього видавлювання встановлені закономірності розподілу параметрів напружено-деформованого стану та виділені зони з низьким ступенем деформації, визначено, що корпус деталі лишається непропрацьованим, що обумовлює неоднорідність механічних властивостей виробів, запропоновано спосіб, який за рахунок знакозмінної деформації забезпечує підвищення рівномірності розподілу ступеня деформування за перерізом деталі; розроблено технологічні рекомендації для проектування процесів і штамів комбінованого радіально-прямого і радіально-зворотного видавлювання стрижневих деталей з фланцем на основі створеної бази розрахункових схем і програмних продуктів, що забезпечує зниження витрат і часу на конструкторсько-технологічну підготовку виробництва, методичні матеріали, рекомендації з проектування штампового оснащення і технологічного процесу штампування порожнистих деталей з фланцями передані для освоєння на підприємство АТ «Мотор Січ», результати теоретичних і експериментальних досліджень і відповідні програми використовуються студентами спеціальності ОМТ при виконанні проектних та практичних робіт.

Основні теоретичні результати роботи базуються на використанні енергетичного методу (методу балансу потужностей) та методу скінчених елементів і знаходяться у відповідності з відомими положеннями та математичним апаратом теорії пластичності та теорії холодного об'ємного штампування. Розроблені автором підходи до аналізу процесів радіально-поздовжнього видавлювання піддані співставленню, як з відомими теоретичними рішеннями, так і з результатами експериментальних досліджень. Експериментальні

дослідження проводили у лабораторних умовах на універсальному пресовому обладнанні з використанням спеціально виготовленого оснащення для комбінованого видавлювання. При їх проведенні застосовували метод фізичного моделювання для вимірювання технологічних сил і метод ділільних сіток для визначення деформованого стану заготовок. Для обробки отриманих результатів експериментальних досліджень використовувалися методи математичної статистики. Отримані рішення успішно пройшли перевірку і в цілому, на думку опонента, їх можна вважати достовірними.

Результати досліджень у вигляді технологічних рекомендацій з комбінованого видавлювання передані для промислового освоєння на АТ «Мотор Січ», також вони використовуються в початковому процесі.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Серед положень, які представлені в дисертації, науковою новизною відрізняються наступні.

1. Вперше на основі методу скінчених елементів встановлено вплив параметрів стрижневих деталей з фланцем на послідовність формозміни заготовки та приріст розмірів деталі при осесиметричному радіально-поздовжньому видавлюванні, що дозволило підвищити точність прогнозування формоутворення деталей в процесах деформування з декілька ступенями свободи течії матеріалу.

2. Уточнено аналітичні залежності для розрахунку параметрів силового режиму та формоутворення стрижневих деталей з фланцем за схемами радіально-прямого та радіально-зворотного видавлювання, що відрізняються від існуючих врахуванням реальної конфігурації деталі за допомогою осесиметричних кінематичних модулів з непаралельною течією металу.

3. Вперше на основі результатів аналізу напружено-деформованого стану методом скінчених елементів виявлено в осередку деформування небезпечні зони з інтенсивними зсувними деформаціями, для яких виконана оцінка витрати ресурсу пластичності, що дає змогу визначити граничні ступені деформації і технологічні можливості способу радіально-прямого видавлювання.

4. Отримали подальший розвиток закономірності формозміни заготовки за оцінкою її деформованого стану в процесах радіально-поздовжнього видавлювання деталей типу корпус з осьовим стрижнем і фланцем, що дозволили запропонувати спосіб покращення пропрацювання металу у корпусі за рахунок знакозмінної деформації.

### **Практична цінність результатів дисертації**

Практична цінність отриманих в роботі результатів складається в наступному.

1. На основі розроблених залежностей і встановлених закономірностей силового і деформаційного режимів комбінованого радіально-поздовжнього



видавлювання розроблено методики проектування технологічних процесів радіально-прямого та радіально-зворотного видавлювання стрижневих деталей з фланцем, що дозволяють підвищити продуктивність і точність одержуваної деталі за рахунок зменшення кількості технологічних переходів.

2. На основі математичних моделей розроблено програмне забезпечення, що дозволяє визначити приведений тиск і формозміну в процесах радіально-поздовжнього видавлювання з урахуванням геометрії процесу, схеми та умов деформування.

3. Запропоновано спосіб отримання деталей зі стрижнем з підвищеними показниками пропрацьованості застійної зони корпусу заготовки на основі регулювання кінематики руху інструменту і знакозмінної деформації.

4. Запропоновано конструкції штампів для реалізації процесів комбінованого радіально-поздовжнього видавлювання з використанням роз'ємних матриць. Отримані технологічні рекомендації з комбінованого видавлювання передані для промислового освоєння. Результати теоретичних і експериментальних досліджень використовуються навчальному процесі на кафедрі ОМТ ДДМА.

### **Ідентичність автореферату змісту дисертації**

Зміст автореферату в основному відповідає положенням дисертації.

### **Апробація роботи**

Матеріали і основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 26 роботах за науковою тематикою, з них 1 стаття в зарубіжному виданні колективної монографії, 1 стаття в зарубіжному виданні, що включене до наукометричних баз, 8 статей в 8 фахових збірниках (з яких 4 статі у виданнях, що входять до наукометричних баз), 11 робіт – у збірниках за матеріалами НТК, 1 патент України на корисну модель.

Робота пройшла достатню апробацію. Основні результати дисертації доповідалися на міжнародних науково-технічних конференціях: «Досягнення і проблеми розвитку технологій і машин обробки тиском», м. Краматорськ, 2013–2016 рр.; «Прогресивні методи і технологічне оснащення процесів обробки металів тиском», м. Санкт-Петербург, 2014 р.; «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку», м. Краматорськ, 2014, 2016 рр.; «New technologies and achievements in metallurgy, material engineering and production engineering», Czestochowa, 2015; «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском в машинобудуванні та металургії», м. Харків, 2015–2016 рр.; «Актуальні задачі сучасних технологій», м. Тернопіль, 2015 р.; «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти», м. Київ – Херсон, 2015 – 2016 рр.; «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», м. Одеса – Київ, 2016 р., на всеукраїнських науково-практичних конференціях «Сучасні технології промислового комплексу», м. Херсон, 2015 р.; «Сучасні тенденції розвитку машинобудування та транспор-

ту», м. Кременчук, 2016 р., а також на щорічних наукових конференціях ДДМА (2013 – 2016 рр.) і об'єднаному науковому семінарі з ОМТ ДДМА (2017 р.).

### Оцінка оформлення автореферату і дисертації

Автореферат та дисертаційна робота добре оформлені та ілюстровані. Дисертаційна робота написана чіткою і лаконічною мовою. В дисертації є ряд редакційних неточностей, але загальна кількість таких помилок незначна.

### Зауваження до дисертації

1. Заголовок для першого розділу роботи слід було дати у наступному вигляді: «Аналіз способів отримання стрижневих деталей з фланцем в процесі холодного штампування».

2. У меті роботи авторка згадує процеси точного об'ємного штампування. На думку опонента відносити у повній мірі процеси, що розглядаються у роботі, до точних не варто, тому що, наприклад, забезпечити одночасну відповідність форми і розмірів стрижня та фланця штамповки форми та розмірам відповідних елементів деталі за таких схем штампування дуже складно, про це свідчать і результати моделювання методом скінчених елементів та експерименту, виконані в роботі.

3. У першому розділі та в роботі взагалі авторка чомусь оминає розгляд варіантів закритого штампування.

4. В переліку методів досліджень, які використані в роботі, згадується енергетичний метод верхньої оцінки, але в подальшому в роботі використовується класичний енергетичний метод.

5. На стор. 116 авторка декларує стосовно радіально-прямого видавлювання, що «... прогнозування поетапного формозмінення заготовки дозволяє оцінити можливість отримання розмірів готової продукції відповідно до вимог та скорегувати процес протікання комбінованого деформування у випадку відхилення від відповідних розмірів». Не зрозуміло за рахунок яких параметрів пропонується керувати формозміненням у процесах видавлювання, що розглядаються у роботі, адже, наприклад, висота фланцю та діаметр стрижня визначаються геометрією деталі.

6. Незрозуміло, чому моделювання методом скінчених елементів для радіально-прямого видавлювання виконано лише для схеми з модулями з паралельною течією.

7. Не зрозуміло чи є незалежними один від одного параметрами відносна висота осередку деформації  $\bar{t}$  та параметр  $\lambda$ , який характеризує швидкість жорсткої зони між осередками деформації, при радіально-зворотному видавлюванні.

8. У розділах 2 та 5, присвячених відповідно методам дослідження та експериментам, не наведено інформацію щодо методики та засобів вимірювання ділильної сітки, а також оцінка похибки результатів таких вимірювань.

## Висновок

Зауваження, зроблені при розгляді матеріалів дисертації, не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Дисертацію виконано на достатньо високому рівні і вона є завершеною науково-дослідною роботою, одержані в ній наукові результати вносять значний вклад в підвищення ефективності отримання у машинобудівному виробництві стрижневих деталей з фланцем точним об'ємним штампуванням на основі застосування способів комбінованого радіально-поздовжнього видавлювання.

Дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, зокрема – п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій, а її авторка, **Малій Христина Василівна**, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент,  
доцент кафедри  
обробки металів тиском  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»,  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник

В.М. Левченко



Підпис Левченко В.М.  
СВІДЧУЮ:  
...СЕКРЕТАР  
...НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
...ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"  
...Заковоротний О.Ю.  
" 04 " 12 20 17 р.