

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Абхарі Пеймана

“ Розвиток наукових основ і удосконалення процесів точного об'ємного штампування на основі регулювання кінематики пластичного формозмінення”,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском

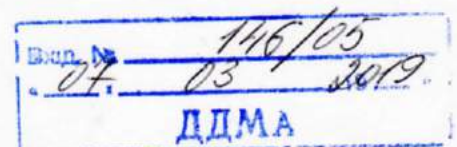
Актуальність теми дисертації.

Розвиток сучасного промислового потенціалу провідних промислових країн неможливий без випереджаючого рівня росту ефективності ресурсозберігаючих технологій. Одним із напрямків розвитку останніх є широке застосування прогресивних методів пластичної обробки металів, зокрема - точного об'ємного штампування, які забезпечують можливість одержання заготовок підвищеної точності та мінімізують об'єми відходів та подальшої їх механічної обробки.

Серед методів точного об'ємного штампування, які демонструють стійку тенденцію до розширення областей застосування та зростання обсягів продукції, що випускається, виділяються методи об'ємного штампування в закритих, роз'ємних і рухомих матрицях, технології поперечного та комбінованого видавлювання, в яких передбачено ефективне управління формоутворенням деталей за рахунок прогнозованого управління кінематикою пластичної формозміни і руху деформуючого інструменту.

Але, незважаючи на перспективність і ефективність таких технологій, освоєння нових процесів точного об'ємного штампування відстає від потреб виробництва внаслідок обмеженості інженерно-наукової бази в частині розробки методів оптимізації режимів обробки, оцінки впливу кінематичних параметрів на НДС заготовки, дефектоутворення і силового режиму процесу, що включає як активні сили деформування, так і реактивні сили розкриття матриць. Слід відзначити, що на даний час явно недостатньо систематичних досліджень у даному напрямку та розроблених на їх базі технологічних та конструктивних рекомендацій.

Вищевідзначене обумовлює безсумнівну **актуальність** рецензованої роботи, яка присвячена розв'язанню важливої науково-технічної проблеми підвищення ефективності процесів точного об'ємного штампування на базі розвитку наукових основ і удосконалення технологічних режимів та методів регулювання кінематики пластичного формозмінення, та створення нових способів деформування та розробки методик проектування процесів.



Зв'язок роботи з науковими програмами, планами.

Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку і планам наукової роботи Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА). Робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР), передбачених планами Міністерства освіти і науки України та виконаних на кафедрі ОМТ ДДМА (№ держ. реєстрації 0111U000174, 0115U004736, 0117U001164), а також в рамках спільних науково-дослідних робіт, проведених кафедрами ДДМА з промисловими підприємствами України.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність.

Висунуті у дисертації наукові положення та отримані висновки і рекомендації є достатньо обґрунтованими внаслідок того, що основні результати теоретичної частини роботи засновані на застосуванні добре відомих та розповсюджених методів скінченних елементів і енергетичного методу балансу потужностей, за допомогою яких розробляють сучасні комп'ютерні і імітаційні моделі процесів ОМТ. Достовірність результатів роботи забезпечена коректністю постановки задач і застосуванням сучасних методів комп'ютерного моделювання та лабораторного експерименту з використанням сучасного лабораторного устаткування та стандартних методів випробувань. Вона підтверджується також зіставленням отриманих результатів з відомими аналітичними й експериментальними даними, а також відповідністю результатам експериментальних досліджень, проведених із застосуванням статистико-математичної обробки даних.

Достовірність основних положень і методик підтверджена прикладами промислового використання та апробації технологічних методик і результатів технологічних розробок.

Наукова новизна одержаних результатів

Оцінюючи найважливіші здобутки дисертаційного дослідження, варто вказати на наступні основні результати, що мають вагому наукову новизну:

1. Вперше розроблено комплекс математичних моделей процесів точного штампування заготовок в закритих і роз'ємних матрицях та деталей різної конфігурації і встановлені залежності силового режиму та технологічних і конструктивних особливостей процесу формоутворення, які відрізняються врахуванням сил розкриття роз'ємних матриць, напружено-деформованого стану заготовки і використання яких дозволяє визначити технологічні режими з урахуванням кінематичних та геометричних параметрів процесу.

2. Вперше на основі методу скінченних елементів виявлені умови появи дефекту типу прострілів в порожнистих деталях з профільованою поверхнею та побудовані граничні криві для зон бездефектного деформування з урахуванням схеми закритого штампування та параметрів процесу, що дозволило запропонувати спосіб двоперехідного комбінованого деформування з усуненням дефектів форми деталей.

3. Отримали подальший розвиток на основі методу скінченних елементів закономірності формоутворення деталей з фланцем в процесах об'ємного штампування видавлюванням, які, на відміну від існуючих, враховують вплив кінематики подачі металу в приймальну порожнину матриці, що забезпечує зниження нерівномірності деформацій і регулювання силового режиму процесу.

4. Уточнені особливості формозмінення заготовок в процесах видавлювання трубчатих деталей типу втулок з масивним фланцем, які, на відміну від існуючих, засновані на керуванні течією металу за рахунок узгодження швидкостей переміщення пуансона і рухомої матриці, що дозволило підвищити якість та розширити номенклатуру отримуваних деталей.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому.

Дисертація складається зі вступу, семи розділів, списку використаних джерел та додатків. Загальний об'єм роботи 648 сторінок, в тому числі 274 сторінки основного тексту, 317 рисунків та 42 таблиці, список використаних джерел з 312 найменувань та 7 додатків, що включають і список опублікованих праць за темою дисертації і перелік науково-технічних конференцій.

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми та показано зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами. Сформульовано мету та задачі, що вирішені, окреслено об'єкт, предмет та методи досліджень. Відображена наукова новизна, практична цінність, апробація та публікації отриманих результатів з зазначенням особистого внеску здобувача.

В **першому розділі** проведено аналіз стану питання в галузі технологій і обладнання процесів точного об'ємного штампування та встановлені досягнення і проблеми. Освоєння процесів штампування в роз'ємних матрицях стримується недостатністю рекомендацій з розрахунку силового режиму деформування, а особливо сил розкриття матриць. Встановлено, що для розвитку технологічних процесів точного штампування видавлюванням у роз'ємних матрицях необхідне створення математичних моделей, які

дозволяють визначати силовий режим деформування і розкриття з урахуванням кінематики руху інструмента та пластичного формозмінення заготовки.

В **другому розділі** обґрунтовано та виконано вибір напрямку і методів дослідження процесів точного об'ємного штампування в роз'ємних матрицях для виготовлення точних виробів. Для теоретичного аналізу використано енергетичний метод (ЕМ) та його різновидність - метод верхньої оцінки (МВО), що засновані на балансі потужностей зовнішніх і внутрішніх сил на кінематично можливих полях швидкостей (КМПШ), які дозволяють визначати активні і реактивні силові характеристики процесу. Дані методи добре адаптовані до сучасних ПЕОМ. Визначення напружено-деформованого стану заготовки та сил розкриття інструмента виконано методом скінченних елементів (МСЕ). Для експериментальних робіт розроблена і виготовлена універсальнопереналагоджувана установка, яка дозволяє здійснювати видавлювання в рухомих і роз'ємних матрицях з регулюванням кінематики пластичного формозмінення.

Третій розділ дисертації присвячений дослідженню процесу закритої осадки для калібрування заготовок перед операціями ТОШ. Застосування операції осадки є досить поширеним. З позиції впливу на точність висотних розмірів штампованих поковок, операції осадки можна ділити на дві групи: операції, в яких деформування вихідних заготовок виконується з дозуванням об'єму заготовки та без дозування. Співставлені різні кінематичні схеми осадки і дана оцінка їх обмеженням і можливостям.

Четвертий розділ присвячений теоретичному та експериментальному дослідженню процесу закритого радіального видавлювання осесиметричних виробів з активним керуванням подачею металу в приймальну порожнину за рахунок регулювання кінематики пластичного формозмінення. Розглянуто можливості і параметри схем деформування з підсадженням і редукуванням заготовки в комбінації з радіальним видавлюванням. Уточнено умови появи дефектів типу утягнення та прийоми для їх усунення.

П'ятий розділ присвячений дослідженню процесів бокового видавлювання, які є перспективними для розвитку технології точного об'ємного штампування і отримання деталей більш складної конфігурації. Застосування кінематичних варіантів деформування дозволяє формувати відростки, які симетрично та несиметрично розташовані один відносно одного, відростки («пера»), що розташовані під кутом відносно до осі заготовки, а також отримати відростки з різною формою поперечного перерізу. Проаналізовано особливості напружено-деформованого стану та формозміни заготовки.

У **шостому розділі** проведено дослідження процесів суміщеного радіального та комбінованого видавлювання порожнистих деталей з фланцем. Для другої групи

порожнистих деталей розроблені удосконалені кінематичні схеми і діаграми параметрів процесу, які дозволяють запобігати дефекти типу прострілів. Досліджені способи, використання яких дозволяє отримати стаканів зі змінною товщиною стінки.

У **сьомому розділі** виконано узагальнення результатів теоретичних і експериментальних досліджень для їх підготовки до практичного використання. Розглянуто основні етапи проектування технологічних процесів точного об'ємного штампування та запропоновано технологічні рекомендації з проектування процесів деформування. Розроблено технологічні процеси штампування та кування поковок різних типів. Наведені технологічні рекомендації та проведений огляд процесів та штампів, рекомендованих до впровадження у виробництво. Підвищення ефективності нових технологій досягнуто за рахунок зниження матеріаломісткості і трудомісткості виробництва, розширення номенклатури і підвищення якості деталей.

Результати досліджень та розроблені на їх основі методи розрахунків, лабораторні установки та програми використовуються також в навчальному процесі ДДМА.

Висновки належним чином відображають основні результати дисертаційної роботи.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.

Основні результати та висновки дисертаційної роботи в повному обсязі висвітлено в 70 роботах, з яких 12 – у зарубіжних виданнях (11 статей опубліковано в наукових журналах, внесених до міжнародних наукометричних баз даних), 12 статей у наукових фахових виданнях України, 29 робіт – в матеріалах міжнародних конференцій. Матеріали досліджень і розробок опубліковані також в 4-х колективних монографіях. На нові технічні рішення отримано 3 патенти України.

Результати роботи також отримали досить ґрунтовну апробацію на цілому ряді міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах.

В той же час необхідно відзначити деякі **недоліки** рецензованої роботи, а саме:

1) На мій погляд, в постановочній частині дисертаційної роботи занадто докладно викладені основи використаних в дослідженнях теоретичних методів моделювання та статистичної обробки (зокрема - в розділах 1 та 2), що за стилем викладення більше нагадує стиль підручника, ніж наукову роботу такого рівня.

2) Цілий ряд загалом достатньо цікавих результатів, отриманих як числовим чи аналітичним методом дослідження, так і експериментальних даних, подаються лише як констатація факту без більш глибокого розкриття механізмів, які дозволили б пояснити фізичну природу того чи іншого виявленого ефекту. Так, одним з багатьох прикладів цього є встановлений та наведений ефект немонотонності залежності приведенного тиску від

геометрії інструменту, представлений у вигляді (стр. 236): «На рис. 4.37 видно, що зі збільшенням геометрії інструменту та контактного тертя до значення $r/R_0=1,25$ приведений тиск зменшується до значення 2,85 (крива 1); – 2,60 (крива 2); – 2,35 (крива 3). Потім приведений тиск збільшується, досягаючи значення 3,75 (крива 1); – 3,10 (крива 2); – 2,75 (крива 3) при $r/R_0=2,0$ ».

3) Використання параметру приведенного тиску p/σ_s не може вважатися достатньо обґрунтованим, так як в разі холодного (за відсутності рекристалізаційних процесів) деформування із високими показниками інтенсивності деформацій величина σ_s не є константою, а помітно збільшується із збільшенням накопиченої деформації в кожній локальній точці заготовки.

4) Для процесів холодного деформування металів важливе значення має вивчення напружено-деформованого і структурного стану зразка, що деформується, особливо у найбільш небезпечних пластичних зонах (п. 6.2). На мій погляд, робота значно виграла б в разі проведення досліджень з оцінки міри деформації в різних частинах заготовки не тільки числовими методами, а і методами металографічних досліджень та розподілу твердості по перерізу.

5) Робота суттєво виграла б також в разі більш широкого порівняння результатів, отриманих аналітичними методами, та методами числового моделювання (наприклад – для процесів радіального видавлювання (розділ 5). Те ж відноситься до порівняння результатів моделювання з отриманими експериментальними даними щодо порівняння кількісних показників. Виключенням може служити дані рис. 5.46, але з тексту роботи незрозуміло, за якими методиками моделювання отримані ці розрахункові дані. Крім того, на жаль в частині порівняльних даних розрахункових та експериментальних результатів автор обмежився практично лише силовими параметрами процесів за мінімального використання, зокрема, досить інформативного методу сіток, який дозволяє оцінити кінематика процесу деформування.

6) При використанні такого потужного методу, як метод скінченних елементів, що дозволив розраховувати напружено-деформований стан металу в складних схемах видавлювання, автор не завжди проводить оцінку деформівності заготовок в таких нових схемах, як радіальне видавлювання з редукуванням стрижня (п. 4.1.5, рис. 4.29), для якої характерна різнойменна схема напруженого стану, тобто розрахувати на основі отриманих даних ступінь витрати ресурсу пластичності і тим самим прогнозувати ймовірність підвищення пластичності металу.

7) На мій погляд дисертант дещо зловживає використанням аналітичних

залежностей, які використовуються для моделювання процесів деформування (наприклад – (6.1; 6.2; 6.24; тощо), без посилань на джерело їх запозичень або (в разі використання власних аналітичних залежностей) без пояснення логіки їх побудови.

8) З роботи не зрозуміло, які саме реологічні моделі матеріалів, що деформуються, використовувались для моделювання тих чи інших процесів об'ємного штампування, так як їх поведінка і підсумковий вплив на силові параметри (а можливо і на закономірності течії деформованого металу) перевірено тільки на алюмінієвих сплавах. Не ясно, чи використовувались власні криви зміцнення матеріалів.

9) Звертає на себе увагу дещо невдале використання термінології: «сила» – замість «зусилля», використання терміну «калібрування» для схеми практично вільного осаджування із значною радіальною течією металу (рис. 3.25); формулювання «зі збільшенням геометрії інструменту...» (стр. 236, тощо).

Наведені зауваження, втім, не впливають на загальну позитивну оцінку наукових та практичних результатів дисертаційної роботи.

На підставі вищенаведеного безумовно можна стверджувати, що дисертаційна робота Абхарі Пеймана є завершеним науковим дослідженням, в якому вирішена важлива науково-технічна проблема підвищення ефективності процесів точного об'ємного штампування на основі розвитку наукової бази, математичних моделей і удосконалення процесів деформування з регулюванням кінематики формозміни.

Автореферат повною мірою відображає зміст та основні положення дисертації, а робота загалом за своїм обсягом, актуальністю, науковим рівнем, новизною, а також достовірністю і практичною цінністю отриманих результатів повністю відповідає вимогам пп. 9, 11 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р.; її зміст відповідає паспорту спеціальності 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском, а автор дисертації – Абхарі Пейман, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за відповідною спеціальністю.

Офіційний опонент,
заступник директора ПІМ НАН України,
з наукової роботи, д.т.н.



Г. А. Баглюк