

**ВІДГУК  
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

на дисертаційну роботу  
Шкіри Олексія Віталійовича

«Удосконалення технологічних процесів штампування деталей з фланцем та відростком на основі використання способів комбінованого видавлювання»,  
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

***Оцінка структури, змісту і завершеності дисертації***

Представлена дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 184 найменувань та 7 додатків. Вона викладена на 125 стор. основного машинописного тексту, містить 111 рисунків і 18 таблиць.

Структура роботи і розбиття по розділах (в дисертації по главах) відповідає в цілому необхідним вимогам і не викликає заперечень. У **першому розділі** виконаний критичний аналіз існуючих процесів точного об'ємного штампування видавлюванням і напрямків їх вдосконалення. Слід зазначити широке охоплення останніх вітчизняних і зарубіжних публікацій в цій галузі. В результаті зроблено висновок про необхідність вдосконалення процесів точного об'ємного штампування на основі розробки і застосування нових, комбінованих способів видавлювання, створення наукових основ і практичних рекомендацій з проектування технологій і оснащення для виготовлення деталей методом комбінованого тристороннього видавлювання. **Другий розділ** присвячений вибору методів теоретичного аналізу процесів видавлювання і розробці методики і лабораторних установок для експериментального дослідження процесів комбінованого тристороннього видавлювання. У **третьому розділі** розглянуті питання теоретичного аналізу процесів комбінованого тристороннього видавлювання деталей з фланцем і відростком. Енергетичним методом балансу

Вхід. №	619/05
16	11 2016
ДДМА	

потужностей з використанням модульного підходу виконано моделювання силового режиму для схем видавлювання з прямолінійними та трапецеїдальними модулями. Методом скінчених елементів проведено ряд досліджень, що дозволив оцінити силовий режим, напружено-деформований стан, деформовність, формозміну при комбінованому тристоронньому видавлюванні. У **четвертому розділі** розглянуто результати експериментальних досліджень, присвячених дослідженню силового режиму процесу тристороннього видавлювання і перевірці адекватності результатів теоретичного аналізу. Детально експериментально розглянуті питання утворення відхилень форми деталей з фланцем і відростком і можливі дефекти. У цьому ж розділі наведені результати дослідження деформованого стану заготовок, проведеного методом ділільних сіток, і оцінки технологічних можливостей процесів тристороннього видавлювання. **П'ятий розділ** присвячений створенню методики і рекомендацій з проектування нових технологій, перспективам створення нових способів видавлювання і розширення їх можливостей і практичного використання розроблених технологій і штампів.

У кожному розділі дано висновки, а загальні **висновки** достатньо повно підводять підсумок всієї роботи. У **додатках** наведено низку результатів, що доповнюють матеріали основних розділів, а також акти використання результатів дисертаційної роботи.

### *Актуальність теми дисертації*

Пріоритетними напрямками розвитку процесів обробки металів тиском (ОМТ) в металургії і машинобудуванні є освоєння принципово нових технологічних способів формозміни, нових видів металопродукції, що мають високу конкурентоспроможність завдяки регламентованій якості виробів, суттєвого підвищення продуктивності, а також заощадження енергетичних і матеріальних ресурсів. Одним з таких наукоємних технологічних методів отримання високоточних деталей є точне об'ємне штампування

видавлюванням, що відрізняється високим рівнем технологічних навантажень і вимагає підвищеної пластичності від матеріалу вихідної заготовки. У зв'язку з цим перед дослідниками процесів ОМТ з'являються технологічні завдання більш високого рівня, пов'язані з розрахунком полів швидкостей, напружень і деформацій, оптимізацією технологічних режимів і, особливо, силового режиму, оцінкою технологічних можливостей нових способів формоутворення і прогнозування формозмінювання заготовки, деформовності тощо.

Можливості класичних аналітичних і сучасних чисельних методів теоретичного аналізу проблем, що виникають при розробці технологій ОМТ, в даний час реалізовані для спрощених схем одно- та двосторонньої течії. Що стосується задач пластичного формозмінювання з декількома напрямками течії металу (комбіновані і поєднані схеми видавлювання), то в цій області технологічні розрахунки представляють все ще значні труднощі і впровадження технологій ведеться шляхом проб і помилок.

Зважаючи на викладене, тема дисертації, метою якої є підвищення ефективності процесів холодного об'ємного штампування деталей з фланцем і відростком на основі розробки і застосування технологічних способів комбінованого тристороннього видавлювання, а також нових розрахункових залежностей і практичних рекомендацій, є актуальною і перспективною.

### ***Зв'язок роботи з науковими програмами, планами***

Робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР), передбачених планами МОН України та виконаних на кафедрі ОМТ ДДМА, а також в рамках договірних НДР з низкою підприємств (автор брав участь у всіх темах як виконавець).

### ***Ступінь обґрунтованості і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій***

Найбільш важливі наукові положення і результати роботи викладені в загальних висновках дисертації (п. 2, 3, 5).

Основні результати теоретичної частини роботи засновані на застосуванні енергетичного методу і методу скінченних елементів, які є поширеними методами теоретичних досліджень, за допомогою яких розробляються сучасні імітаційні моделі процесів ОМТ. При постановці задач аналізу силового і деформаційних режимів автор використовував низку експериментальних даних (відомості про границі і форму осередку деформації, величини напружень тертя, кінематичні схеми подачі металу в порожнину), що створило можливість для врахування реальних граничних умов при моделюванні процесів. В результаті виконаних досліджень отримані уточнені моделі нових технологічних способів деформування. Виявлено можливості теоретичного опису закономірностей розвитку силового режиму за допомогою кінематичних модулів, що дозволяють оперативно врахувати реальні форми видавлюваних деталей. Розглянуто можливості та закономірності формоутворення тристороннього видавлювання. На цій підставі знайдені шляхи удосконалення процесів видавлювання деталей з фланцем і відростком і розроблені практичні рекомендації, технології та штампи для виготовлення точним штампуванням деталей, які не потребують доопрацювання.

У більшості випадків отримані рішення успішно пройшли досліду перевірку, для чого автор проводив власні експериментальні дослідження. Це дозволяє вважати достовірними розроблені розрахункові моделі. Достовірність основних положень і методика підтверджена і прикладами промислового використання та апробації технологічних методик і результатів технічних розробок.

### ***Новизна результатів дисертації***

До нових наукових результатів, отриманих в ході досліджень за темою дисертації, можна віднести наступні:

– отримав подальший розвиток розрахунковий апарат щодо визначення енергосилових параметрів та особливостей механіки формозмінювання в процесах видавлювання, який спрямований на дослідження процесу

тристороннього комбінованого видавлювання, на основі методів енергетичного балансу потужностей, скінчених елементів та планування експерименту;

– отримав подальший розвиток розрахунковий апарат щодо оцінювання деформовності в процесах комбінованого тристороннього видавлювання, які характеризуються складним навантаженням в умовах високого гідростатичного тиску;

– удосконалено підходи щодо проектування технологічних процесів комбінованого тристороннього видавлювання, зокрема за рахунок вибору науково обґрунтованих раціональних параметрів процесу, які забезпечать заданий ступінь нерівномірності наклепу, технологічну безвідмовність та очікуваний силовий режим формозмінювання.

### ***Значимість результатів роботи для науки і практики***

Головне значення наукових результатів, отриманих здобувачем, полягає в розробці розрахункового апарату, що дозволяє з достатньою вірогідністю прогнозувати енергосилові параметри в процесах холодного об'ємного деформування в яких реалізується високий рівень накопичених деформацій. Цінними для науки є дослідження кінцевого формозмінювання, що виконані із залученням енергетичного методу і методу скінчених елементів, і які є важливі для аналізу поточного силового режиму і накопичення деформації в процесі видавлювання, а також для прогнозування властивостей та показників якості металопродукції.

Практичне значення мають нові технічні рішення в області розробки способів і технологій і штампового оснащення холодного видавлювання, що розширюють технологічні можливості процесів штампування і забезпечують підвищення точності і якості виробів. Розроблено новий спосіб отримання деталей зі зворотно поступальною течією матеріалу в зону відростка, що забезпечує рівномірність деформованого стану по перетину заготовки.

Практична цінність роботи показана на прикладах розробки низки технологій комбінованого видавлювання деталей з фланцем і відростком. Наведені результати доводять можливість застосування розроблених автором методів, які реалізовані у вигляді розрахункових методик для вирішення досить складних технологічних завдань, що виникають на виробництві.

### ***Ступінь застосування і рекомендації щодо використання результатів дисертації***

Результати роботи прийняті до практичного використання і апробовані на підприємстві АТ «Мотор Січ», що підтверджено актом впровадження. Методи аналізу, технологічні методики і апаратура дослідження використовуються і в навчальному процесі ДДМА. Для використання в промисловості, зокрема в умовах автомобільної і приладобудівної промисловості, можна рекомендувати методики розрахунку технологічних режимів, складання маршрутних технологій і вибору найбільш раціонального в силовому режимі варіанту процесу холодного видавлювання порожнистих деталей, розроблені в дисертації. Нові способи і штампи для отримання деталей без відходів і доробок можуть бути рекомендовані для використання на підприємствах машинобудування як в Україні так і за її межами.

У наукових колективах може бути широко використаний комплекс аналітичних залежностей за розрахунком силових параметрів і формозміни металу в процесах деформування за схемами комбінованої течії, заснованих на застосуванні уніфікованих кінематичних модулів. Розроблені і використані автором кінематичні блоки можна рекомендувати дослідникам, що працюють над вирішенням практичних завдань ОМТ за допомогою енергетичного методу.

### ***Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих роботах***

Матеріали дисертації досить повно відображені в 6 публікаціях в провідних за фахом науково-технічних журналах і збірниках України. 1 стаття опублікована в закордонному журналі. Всього опублікованих праць –

14. Отримано також 1 патент на винахід. У статтях містяться всі необхідні складові частини, такі як: стан питання, формулювання мети роботи, виклад отриманих результатів і висновки по роботі.

### ***Апробація роботи***

Результати роботи пройшли досить хорошу апробацію, вони повідомлені і обговорені на 17 всеукраїнських і міжнародних конференціях за профілем дисертації, а також на наукових семінарах ДДМА.

### ***Ідентичність автореферату змісту дисертації***

Автореферат повністю відповідає змісту і основним положенням дисертації.

### ***Зауваження***

1. Автор вказує, що розрахунок використаного ресурсу пластичності виконано за допомогою критерію В. А. Огороднікова, проте залежність (2.30) запропонована І. О. Сиваком, яка за змістом ідентична критерію В.Л. Колмогорова. Проте з додатка Г слідує, що розрахунки використаного ресурсу пластичності ведуться за критерієм Г. А. Смірнова-Аляєва (як відношення накопиченої інтенсивності деформацій до граничної при відповідному показникові напруженого стану).

Відсутній критичний аналіз щодо вибору залежності (2.30), оскільки використання критеріїв деформовності залежить від виду шляху навантаження, його кривини, порядку гідростатичного тиску (див. роботи В. А. Огороднікова, Л. І. Алієвої, О. В. Грушко).

2. В підрозділі 5.3 наводяться дані про вплив макрозсувів на мікроструктуру сталі 40Х після гарячого протягування, проте висновки, що ті ж самі ефекти будуть спостерігатись і для процесу холодного комбінованого видавлювання є сумнівними, адже ці процеси відрізняються

як схемами напружено-деформованого стану так і особливостями реології металу у відповідних умовах.

3. Залежність поверхні граничних деформацій для сплаву АД1, що відмічена на стор. 126 наведена без коментаря автора, яким чином вона отримана. Отримання графіків на рис. 2.8 варто проілюструвати зі зразками, що випробовувались.

4. В підрозділі 4.1 вказується, що розрахунки компонент тензора деформацій по методу сіток проводилось за формулами розділу 2, проте в цьому розділі необхідні залежності не наведені.

5. В розділі 2 стверджується, що проведено аналіз відомих теоретичних методів, за яким обрано МСЕ та інші (стор. 56). Але по суті сам аналіз, який мав би мати ознаки критичного і порівняльного відсутній.

6. Деякі висновки по розділах носять характер анотацій чи є декларативними (наприклад, висновки по розділу 3, п. 3). Висновки до розділу 1 : п.2 – фраза „выводит исследователя на новый уровень” невдала і неконкретна; в п.3 та п.4 (останнє речення) – порушена стилістика і конструкція речень.

7. По тексту автореферату та дисертації зустрічаються невдалі чи некоректні терміни: „напруга”, а має бути „напруження”; ступінь витрати (було російською „расхода”) ресурсу пластичності, а треба ступінь використання (російською „использования”) ресурсу пластичності. Жорстко-пластичний матеріал – невдалий термін, краще – ідеально пластичний матеріал, або пружно-пластичний матеріал, що не зміцнюється.

### ***Зауваження по структурі роботи***

1. Анотації до розділів 2–5 не потрібні, оскільки по суті це повтор очевидних деклараційних тверджень, які вже були відмічені у вступі та першому розділі.

2. Незрозуміло, для чого автор наводить в основному тексті пункт „Планування експерименту...” (стор. 62) з викладенням очевидних формул, в



тому числі математичної статистики. Їх варто було винести в додатки або послатись на відповідні джерела, наприклад [136].

3. В основних розділах дослідження присутні посилання на інших авторів. Наприклад, в підрозділі 5.1 подана інформація в основному стосується неавторських розробок, отже її варто було б перенести в оглядову частину.

### ***Зауваження з оформлення роботи***

1. На стор. 76. наведена степенева апроксимація. Необхідно було послатись на першоджерело та дати номер формулі. Тут ступінь деформації позначена як „e”, а мало б бути  $e_u$ , інтенсивність напружень  $\sigma_u$  позначена як  $\sigma_s$ . Має місце повтор цих формул на стор. 76 та 110.

2. Пункти в підрозділах варто було пронумерувати, а не виділяти курсивом (наприклад, в підрозділі 2.2).

3. У тексті зустрічаються посилання на малюнки та таблиці, які знаходяться не на поточній чи наступній за посиланням сторінці, а на подальших сторінках (наприклад, рис. 1.1, 1.5, 1.6, 1.9–1.11, табл. 2.1, 2.2, 2.3). Мають місце нерозшифровані позначення на деяких рисунках (наприклад, рис. 1.8, 1.27–1.30, 1.32).

### ***Завершальна оцінка дисертаційної роботи***

Зауваження, які зроблені при аналізі матеріалів дисертації, незначно знижують її загальну високу оцінку.

Дисертація є завершеною науковою працею. Отримані в ній науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати в сукупності вносять помітний внесок у розвиток методів розрахунку нових технологічних процесів і оснащення для холодного точного об'ємного деформування складно профільованих виробів. Цим забезпечено вирішення важливого завдання розвитку наукової галузі «процеси і машини обробки тиском» в

напрямку підвищення ефективності розробки і освоєння нових конкурентоспроможних промислових технологій.

Це дозволяє оцінити роботу, яка відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів и присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» і чинним нормативним документам, які висуваються до кандидатських дисертацій.

Автор дисертації Шкіра Олексій Віталійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси і машини обробки тиском.

Офіційний опонент,  
професор кафедри опору матеріалів  
і прикладної механіки  
Вінницького національного технічного  
університету,  
доктор технічних наук, професор



О. В. Грушко

*Підпис проф. Грушка О. В. засвідчую*

