

*До спеціалізованої вченої ради Д.05.052.03
Вінницького національного технічного
університету*

Відгук офіційного опонента
на дисертацію **Гуцалюка Олександра Володимировича**
«Вдосконалення процесу холодного редукування коротких циліндричних
заготовок методами технологічної механіки»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

Оцінка структури, змісту і завершеності дисертації

В результаті ознайомлення з рукописом дисертації встановлено, що вона складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Вона викладена на 143 сторінках машинописного тексту, з яких 110 сторінок основного тексту. Робота містить 63 рисунка і 9 таблиць. Список використаних джерел з 102 найменувань найменувань розміщено на 11 сторінках, додатки займають 11 сторінок.

Структура роботи відповідають вимогам, що пред'являють до кандидатських дисертацій та не викликає заперечень. Дисертація виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України та є завершеною науковою працею.

Експертиза змісту розділів дисертації

У **вступі** викладена актуальність дисертаційної роботи, сформульовані мета й задачі дослідження, наукова новизна й практична цінність отриманих результатів. Наведено особистий внесок здобувача у вирішення поставлених задач дослідження, відомості про апробацію роботи й публікацію основних результатів, в тому числі у джерелах, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних.

У **першому розділі** проведений аналіз існуючих способів холодної обробки тиском вісесиметричних заготовок та методів, що дозволяють прогнозувати руйнування та фізико-механічні властивості виробів. Проаналізовано сучасний рівень вивчення напружено-деформованого стану процесів холодного пластичного деформування вісесиметричних заготовок. Виявлено ряд невирішених задач, які пов'язані з оцінкою механіки осесиметричного деформування різних сплавів з метою отримання потрібних властивостей заготовок, а саме: пластичність, міцність, енергопоглинання та ін. На основі аналізу літературних джерел автор показав, що для отримання потрібних фізико-механічних властивостей

циліндричних заготовок із порошкових сплавів, необхідно використати процес охоплюючого деформування - редукування. В розділі зроблено акцент на методах оцінки деформовності, які дозволяють не тільки прогнозувати технологічні відмови але й набуті механічні властивості. Зроблено аналіз щодо необхідності вивчення впливу параметрів процесу деформування – куту нахилу матриці, величини обтиску, умов тертя в місці контакту метал-інструмент – на величину використаного ресурсу пластичності. Експериментальні дані, які наведені в літературному огляді показують, що накопичення пошкоджень в деформованих матеріалах, а також заліковування дефектів залежить від «напрямку деформування», тобто від знаку похідних функції показників напруженого стану. В зв'язку з цим потрібно дати оцінку точності різних критеріїв стосовно процесу редукування. Зазначено, що модифікований скалярний критерій В. А. Огороднікова, що враховує історію деформування та третій інваріант тензора напружень є найбільш загальним для оцінки деформовності монотонних процесів холодного формозмінювання, що характеризуються складними шляхами деформування та великою їх кривиною, до яких належить, зокрема, процес редукування. Зроблено наголос на необхідності вивчення механічних властивостей спеченого сплаву системи W-Ni-Fe, оскільки досліджуваний процес пропонується використати для технологічної обробки заготовок з цього матеріалу. Автор робить висновок про необхідність формування карти матеріалу цього сплаву, що має містити криву зміцнення, діаграму пластичності, тарувальні графіки твердість – інтенсивність напружень – інтенсивність деформацій. В результаті проведеного огляду також обґрунтована необхідність більш глибокого вивчення процесів редукування заготовок, які характеризуються відносно малою довжиною. За результатами літературного огляду сформульовані мета та задачі досліджень, наведені у вступі.

У **другому розділі** виконано вибір напрямів досліджень та досліджена карта сплаву системи W-Ni-Fe. Автор обґрунтовано дослідив і показав необхідність вивчення низки складових фізико-механічних властивостей матеріалів, що оброблюються редукуванням. З них сформована карта матеріалу. Зокрема, для сплаву системи W-Ni-Fe (вміст W- 89%, Ni – 7,5%, Fe – 3,5%) отримано криву текучості в координатах – інтенсивність напружень та інтенсивність деформацій для подальшого розрахунку напружено-деформованого стану в процесах редукування та в якості інформації при оцінці деформовності заготовок в процесі редукування. Крива текучості апроксимована двопараметричною степеневою функцією Людвіга з коефіцієнтами $A=1709$ МПа, $n=0,259$. Також отримана діаграма пластичності при плоскому напруженому стані в координа-

тах: накопичена інтенсивність деформації до моменту руйнування – показник напруженого стану. Показано, що в м'якій області, в якій переважно реалізується процес редукування, коефіцієнт чутливості пластичності до схеми напруженого стану рівний 0,3, що характеризується незначним ростом пластичності в зв'язку з «пом'якшенням» схеми напруженого стану. В жорсткій області коефіцієнт чутливості рівний 1,75, який вказує на інтенсивне зменшення пластичності зі збільшенням долі розтягувальних напружень, що важливо для деяких небезпечних точок з т.з. руйнування. Важливим параметром технологічної спадковості є твердість матеріалу після його обробки редукуванням. Тому автором побудовані тарувальні графіки твердість HV – інтенсивність напружень – інтенсивність деформацій. Показано, що залежність твердості HV від інтенсивності напружень σ ; практично лінійна, при цьому твердість зростає в 1,35 рази при зростанні напруження текучості в 2,7 рази. Зв'язок твердості HV від інтенсивності деформацій ϵ ; має степеневу залежність.

У третьому розділі вивчалась механіка процесу редукування заготовок із сплаву W-Ni-Fe. Для вивчення механіки процесу редукування використано експериментально-розрахункові методи визначення параметрів процесу деформування. Серед теоретичних методів дослідження напружено-деформованого стану та кінцевого формозмінювання автором обрано потужну комп'ютерну програму моделювання MCE – LS-DYNA. Аналіз результатів моделювання виконувався з врахуванням умови, що властивості реологічно подібних матеріалів не впливають на кінематику процесу. Під час досліджень встановлено, що механіка процесу редукування характеризується наявністю трьох по довжині ділянок. Автор зазначає, що довжина ділянок, які характеризують неусталену фазу процесу редукування, має бути мінімальною. В результаті регресійного аналізу автором отримані залежності, які дозволяють розрухувати величини деформацій в небезпечних зонах в залежності від основних параметрів процесу редукування – відносного натягу та кута матриці. Автором проаналізовано процес редукування з точки зору рівномірності розподілу деформацій по перерізу заготовки. Показано, що при зменшенні відносного обтиску та збільшенні величини кута нахилу матриці нерівномірність деформацій зменшується. Також автор обґрунтовує межі технологічних параметрів $\gamma = 3..7^\circ$ та $\delta = 0,02..0,1$, за яких дослідований процес може бути реалізованим без втрати стійкості заготовки, порушення нормального перебігу формозмінювання тощо. Зазначено, що найнебезпечніша з точки зору руйнування є вісь симетрії в місці контакту з пуансоном. З метою залобігання схоплювання та налипання металу заготовки на інструмент проаналізовано розподіл контактних напружень на основі епюр

напруженого стану. Зазначено, що максимальне значення контактного напруження знаходиться в таких межах від -200 МПа до -1200 МПа. Адаптуючи методику О. В. Грушко до процесу редукування розроблено залежності визначення величин компонент тензора напружень та енергосиових параметрів при обробці матеріалів, що зміцнюються за степеневою залежністю.

У четвертому розділі виконана оцінка деформовності процесу редукування за допомогою використання феноменологічних критеріїв руйнування з подальшим прогнозуванням технологічної спадковості, зокрема забезпечення належних механічних властивостей деформованих заготовок. Автором з'ясовано, що особливістю процесу редукування являється те, що для характерних ділянок деформованої заготовки властиві різні види шляхів деформування. В результаті автор дослідив ефективність застосування різних скалярних деформаційних критеріїв та обґрунтовано надав рекомендації щодо їх застосування. В області контакту заготовки з пуансоном на вісі реалізується просте навантаження ($\chi=0$, $d\eta/de_i=0$, $d^2\eta/de_i^2=0$), тому розрахунок використаного ресурсу пластичності необхідно здійснювати за критерієм Г. А. Смірнова-Аляєва Для зони 2, яка лежить на вісі заготовки в області стаціонарної ділянки, характерне складне навантаження з суттєвою кривиною шляхів деформування (0,5...4), величиною першої похідної (-12...12), нелінійним накопиченням пошкоджень за наявності значного гідростатичного тиску, тому розрахунок ресурсу пластичності необхідно здійснювати за критерієм В. А. Огороднікова Для зони 3, до якої належать приповерхневі шари, характерне складне деформування з малою кривиною шляху деформування, тому розрахунок використаного ресурсу пластичності необхідно здійснювати за критерієм В. Л. Колмогорова. В результаті аналізу деформовності автор отримав відносно просту інженерну залежність щодо визначення діаметр калібруючого отвору матриці. На основі отриманих автором рекомендацій розроблено конструкцію пристрою для здійснення процесу одно і багатоциклового редукування заготовок зі сплаву W-Ni-Fe (W- 89%, Ni – 7,5%, Fe – 3,5%) з початковим діаметром 13 мм та довжиною 60 мм. В результаті при $\gamma=3..7^\circ$ та $\delta=0,06..0,1$ були забезпечені необхідні показники технологічної спадковості, які виражаються в величині твердості після деформування ($HV=3400..4050$ МПа), нерівномірності розподілу деформацій ($m\geq 0,75$), середньому розмірі зерна деформованого сплаву 49,5..54,6 мкм, відносному видовженні після розриву та залишковій пластичності менше 10%, що реалізується при таких технологічних параметрах. Таким чином, автор надав науково-обґрунтовані рекомендації щодо підвищення ефективності процесу редукування заготовок, зокрема зі сплаву W-Ni-Fe, які в сукупності дають можливість ви-

значити його раціональні параметри, суттєве скорочення часу на технологічну підготовку та уникнення виробництва виробів з бракувальними ознаками.

У кожному розділі наведено висновки, а загальні висновки у повній мірі відбивають підсумок всієї роботи. У додатках наведена інформація про акти впровадження результатів дослідження у навчальний процес (Вінницький національний технічний університет) та в Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля, м. Київ. Текстова частина роботи добре проілюстрована розрахунковими схемами, графіками, фотографіями, довідковий та узагальнюючий матеріал наведений у таблицях.

На основі проведеної експертизи слід констатувати наявність наступних необхідних елементів у роботі.

Актуальність теми дисертації

В зв'язку з появою нових матеріалів в виробках певної номенклатури та вимог до них, наприклад, щодо механічних властивостей, виникає необхідність обробки цих матеріалів ефективними методами обробки тиском. Зважаючи на особливості технології отримання заготовок важкого сплаву системи W-Ni-Fe в Інституті Надтвердих Матеріалів ім. В. М. Бакуля була розвинута технологія їх холодної обробки тиском під назвою редукування. Даний спосіб забезпечує високу точність і якість виробів та є потенційно ефективним способом холодної формозміни коротких циліндричних заготовок з прогнозованими механічними характеристиками. Проте його практична ефективність в низці випадків може суттєво знижуватись через технологічний брак, що полягає в руйнуванні, втраті стійкості заготовки, невідповідність механічних властивостей виробу вимогам, які до них висуваються тощо. Також, оскільки заготовки мають відносно малу довжину, неможливо залишити без уваги зони несталості процесу, для яких на сьогодні взагалі не проводились дослідження щодо механіки їх формозміни. Зазвичай, процес прямого видавлювання, до якого відноситься редукування, вивчався з т.з. визначення енергосилових параметрів, кінцевої формозміни, пошуку ефективних мастил та вдалих конструкцій. Разом з тим, питання технологічної механіки, до яких відноситься гранична формозміна заготовок, формування фізико-механічних властивостей матеріалів, забезпечення технологічної спадковості на основі моделі (карти) матеріалу, щоб попередити бракування внаслідок руйнування металу недостатньо відображені в науково-технічній літературі. У зв'язку з викладеним, завдання подальшого розвитку і вдосконалення технологічних процесів редукування на основі формування карт матеріалів, розробки розрахункових моделей і практичних рекомендацій щодо вибору техноло-

гічних режимів з метою підвищення ефективності процесів редукування коротких циліндричних заготовок є актуальною науково-технологічною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами

Дисертаційну роботу виконано відповідно до Закону України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки" (Відомості Верховної Ради України, 2011 р., № 4, ст. 23; 2014 р., № 2-3, ст. 41) та постанови Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 942 "Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року" (зі змінами від 23 серпня 2016 р. № 556) за напрямком «Створення та застосування технологій отримання, зварювання, з'єднання, діагностики та оброблення конструкційних, функціональних і композиційних матеріалів». Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри опору матеріалів та прикладної механіки ВНТУ і наукової школи "Розвиток феноменологічної теорії руйнування матеріалів при великих пластичних деформаціях та розробка на цій основі нових та удосконалення існуючих технологій обробки металів тиском". Автор був виконавцем держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР) ВНТУ, передбачених планами Міністерства освіти і науки України та виконаних на кафедрі опору матеріалів та прикладної механіки (ОМГМ) ВНТУ: № держреєстрації 0112U001366; № держреєстрації 0114U003458; № держреєстрації 0116U004711; госпоговірної теми № держреєстрації 0117U005540; а також теми III-2-15 (тема виконувалась в Інституті надтвердих матеріалів ім. В. Н. Бакуля НАН України).

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Вирішення поставлених задач проводилося з використанням сучасних методик теоретичних розрахунків. У роботі застосовані фундаментальні положення механіки суцільних середовищ, механіки руйнування твердих тіл, теорії міцності і пластичності. Залучені методи комп'ютерного моделювання процесів формоутворення за допомогою пакету скінчено-елементного аналізу «LS DYNA». У роботі використовуються програма Statistica для статистичної обробки та аналітичної обробки експериментальних даних. Достовірність теоретичних розробок, запропонованих конструкцій, інструментів та технологій підтверджена експериментами, виконаними у лабораторних умовах. Вищевикладене дає змогу констатувати, що сформульовані у дисертаційній роботі основні наукові положення, моделі, алгоритми та висновки, а також практичні рекомендації і методики є достатньо обґрунтованими, достовірними і адекватними.

Наукова новизна результатів дисертації

Наукова новизна роботи вбачається в наступному:

- вперше побудовано шляхи деформування металу в характерних точках коротких заготовок в залежності від основних технологічних параметрів процесу редукування та обґрунтовано розташування небезпечних зон за ознакою вичерпання ресурсу пластичності металу;

- вперше сформовано карту матеріалу для сплаву системи W-Ni-Fe, яка складається з кривої течії, діаграми пластичності та графіка залежностей «твердість-напруження-деформації». Встановлені закономірності механіки процесу редукування коротких циліндричних заготовок, зокрема визначено напружено-деформований стан в процесі, величини контактних напружень та енергосилових характеристик в т. ч. для матеріалів з подібною реологією до дослідженого сплаву;

- отримав подальший розвиток метод оцінки деформовності металу заготовок в процесі холодного редукування, який відмінно від існуючих встановлює межі використання критеріїв деформовності в залежності від кривини шляху деформування, величини гідростатичного тиску і показника, що враховує вплив третього інваріанту тензора напружень;

- набув подальшого розвитку метод оцінювання технологічної спадковості для виробів, отриманих способами холодного формоутворення, який відмінно від існуючих полягає у визначенні величини таких параметрів: твердості виробу, нерівномірності розподілу деформацій та залишкової пластичності, що дозволяє визначити раціональні технологічні параметри холодного редукування коротких заготовок зі сплаву системи W-Ni-Fe.

Значення дисертаційного дослідження для науки й практики

Автором, на основі фундаментальних положень механіки суцільних середовищ, феноменологічної теорії деформовності, теорії пластичності та сучасних методів комп'ютерного моделювання запропоновано підвищення ефективності процесів холодного редукування на основі дослідження напружено-деформованого стану, деформовності, оцінки технологічної спадковості заготовок та удосконалення технологічних режимів редукування коротких заготовок.

В роботі виявлені особливості зміни фізико-механічних властивостей сплаву системи W-Ni-Fe(W- 89%, Ni – 7,5%, Fe – 3,5%.) при холодній пластичній деформації, отримано характеристики матеріалу, необхідні для аналізу процесів пластичної деформації, у вигляді кривої зміцнення, діаграми пластичності, тарувальних графіків «твердість HV – інтенсивність напружень – інтенсивність деформацій».

Надано методичні рекомендації щодо вибору феноменологічних критеріїв деформування при розрахунках використаного ресурсу пластичності для характерних зон заготовки в процесі її редукування.

Розроблена методика визначення технологічних параметрів процесу редукування, яка дозволяє отримати заготовки з прогнозованими властивостями без технологічних відмов при вивченні поведінки реологічно-подібних матеріалів; врахування впливу історії деформування; градієнта деформацій.

Результати роботи використані в Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля м. Київ у вигляді надання методик та рекомендацій щодо вдосконалення технологічного процесу та визначення його раціональних параметрів, що дає суттєве скорочення часу на технологічну підготовку (до 30%), зменшення кількості виробів з бракувальними ознаками і залежить від конкретних умов реалізації процесу (до 95%), а також в навчальний процес Вінницького національного технічного університету при викладанні дисциплін „Опір матеріалів” та „Механіка матеріалів і конструкцій” для студентів машинобудівних спеціальностей.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Отримані в дисертації на основі теоретичних і експериментальних досліджень нові результати дозволяють підвищити ступінь наукової обґрунтованості призначення технологічних параметрів в процесі редукування. Відомості про фізико-механічні властивості порошкового сплаву на основі вольфраму будуть корисні для технологів, які мають справу з його холодною обробкою тиском не обмежуючись прямим видавллюванням. Застосування отриманих результатів може бути спрямоване для потреб оборонної промисловості України, метизних та машинобудівних підприємств, а також для науково-дослідних організацій, які займаються розробкою і вдосконаленням подібних процесів обробки тиском.

Цовнота викладу наукових результатів у публікаціях автора.

Наукові результати, винесені на захист автором, викладені у 5 наукових працях, що входять до переліку фахових видань, затверджених МОН України, одній публікації у закордонному виданні (входить до наукометричної бази «Scopus»), 12 тезах доповідей у збірниках доповідей міжнародних наукових конференцій. Отримано 1 патент України на корисну модель. Статті містять всі необхідні складові частини, такі як: стан питання, формулювання мети роботи, наведення отриманих результатів та висновки по роботі. В авторефераті та дисертації визначений особистий внесок автора у кожному з власних праць, що свідчить про достатньо повне відображення сутності результатів дослідження у періодичних виданнях.

Апробація результатів дисертаційної роботи

Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювалися на міжнародних, всеукраїнських та галузевих науково-технічних конференціях: VI, VII, VIII, X міжнародна науково-технічна конференція (МНТК) «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти» (Київ-Херсон, 2015, 2016, 2017, 2019); X МНТК «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії» (Харків 2014); щорічних НТК ВНТУ (Вінниця 2012-2019); XIX МНТК «Досягнення і проблеми розвитку технологій і машин'обробки тиском» (Краматорськ 2016); Наукові семінари ВНТУ та КПІ (2019).

Таким чином, апробація результатів дисертаційної роботи є достатньою.

Відповідність структури, змісту й оформлення дисертації встановленим вимогам

Назва роботи відповідає обраній спеціальності й сутності розв'язуваної задачі. Мета роботи й завдання досліджень є логічно обґрунтованими. Структура роботи, обсяг її окремих частин відповідають вимогам, що висувають до кандидатських дисертацій в Україні. Дисертаційна робота має всі необхідні розділи, які достатньо повно розкривають проведені автором дослідження – від аналізу існуючих технічних рішень прямого видавлювання, теоретичних викладок щодо механіки процесу, досліджень фізико-механічних властивостей порошкових вольфрамових сплавів, розвитку теорії деформовності до надання конкретних рекомендацій щодо впровадження результатів у виробництво. Дисертація написана, в основному, грамотною технічною мовою та добре оформлена: кількість та якість ілюстративного матеріалу досить докладно пояснює основний текст. Наукові положення й результати роботи не суперечать сучасним науковим досягненням у галузі науки та техніки.

Автореферат дисертації відповідає змісту роботи і розкриває усі аспекти досліджень, виконаних автором.

Зауваження до дисертації та автореферату

1. Обробку матеріалів для досягнення їхніх механічних властивостей можна виконувати різними способами обробки тиском – куванням, пресуванням, прокаткою тощо. Бажано було приділити більше уваги щодо розкриття питання, чому саме запропонований варіант редукування є найкращим методом обробки сплавів на основі вольфраму.

2. При вивченні параметрів напружено-деформованого стану, енергосилових характеристик процесу редукування автором був використаний метод скінчених елементів. Проте, для вивчення процесів пресування і прямого видавлювання існує чимало відомих і добре перевірених практикою методів (верх-

ньої оцінки, метод балансів робіт, сумісного рішення рівнянь рівноваги та умов пластичності тощо), за допомогою яких здійснюють аналогічні розрахунки. На мій погляд, їх доцільно було б проаналізувати у літературному огляді роботи, а власні дослідження порівняти з дослідженнями, проведеними за допомогою відомих (вищенаведених) методів.

3. Незрозуміло, чому автор окремо вивчає розподіл нормальних напружень на контактній поверхні інструменту. Метод скінченних елементів і його реалізація в програмі LS-DYNA дає можливість виведення цієї інформації безпосередньо з файлу результатів розрахунку. Було б добре порівняти отримані автором результати аналітичного розрахунку із відповідним чисельним розв'язком.

4. Не розкрито, що є критерієм реологічної подібності матеріалів. Варто надати чіткі відомості або навести методичу щодо порівняння різних матеріалів за їхніми реологічними властивостями, адже відомо, що закони зміцнення можуть бути різними. Також не вказано чи здійснювалась перевірка коректності отриманих залежностей при визначенні параметрів напружено-деформованого стану реологічно подібних матеріалів.

5. Бажано було надати блок-схему чи алгоритм використання критеріїв деформовності для розрахунку використаного ресурсу пластичності в процесі редукування. Це суттєво полегшило б їх використання в програмних засобах автоматизованого розрахунку. Також це важливо для оцінки деформовності не тільки в редуванні, але й у відповідних дослідженнях будь-якого процесу холодної обробки тиском.

6. В дисертаційній роботі не вказується, на якому устаткуванні реалізується процес редукування. Також не вказані режими обробки, зокрема швидкість, та детальна конструкція штампового інструменту, що пристосовується до конкретного пресового устаткування.

7. В пункті 3 висновків другий та третій абзац дублюють наведену інформацію.

8. Некоректна фраза в авторефераті на стор. 15, останній абзац: «Для отримання інженерної залежності виразимо діаметр калібруючого отвору матриці за допомогою формули (13), отримуємо», і нижче вказана сама формула (13).

9. Використання термінів: «редукування», «технологічна механіка», «технологічна спадковість», «тарувальний графік», «карта матеріалу» тощо, має бути у відповідності до діючих стандартів. Не відображено, як саме відповідно до ДСТУ або стандартам інших держав називається сплав на основі вольфраму, що використовується.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Гуцалюка Олександра Володимировича «Вдосконалення процесу холодного редукування коротких циліндричних заготовок методами технологічної механіки» є самостійною завершеною працею на актуальну тему, у якій, на основі самостійно виконаних автором досліджень, отримані нові науково обґрунтовані теоретичні й експериментальні результати в галузі холодного об'ємного штампування та підготовчого виробництва, а саме отримання коротких заготовок з порошкових вольфрамів сплавів із забезпеченням необхідних фізико-механічних властивостей без бракувальних ознак виробів.

Автором, на основі фундаментальних положень механіки суцільних середовищ, феноменологічної теорії деформовності, теорії пластичності та сучасних методів комп'ютерного моделювання запропоновано підвищення ефективності процесів холодного редукування на основі дослідження напружено-деформованого стану, деформовності, оцінки технологічної спадковості заготовок та удосконалення технологічних режимів редукування коротких заготовок.

Оцінюю дану роботу, як таку, що відповідає вимогам п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, які висуваються до кандидатських дисертацій. Виявлені недоліки й зауваження, в цілому, не знижують загальної значимості роботи.

На підставі викладених вище положень можна зробити загальний висновок, що дисертаційна робота Гуцалюка О. В. відповідає вимогам, які висувають до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри обробки металів тиском
Державного вищого навчального закладу
«Приазовський державний технічний університет»,
доктор технічних наук, професор

 **Кухар Володимир Валентинович**

Лідис Кухар В.В.

ЗАСВІДЧУЮ
НАЧ. ЗАГАЛЬНОГО
ВІДДІЛУ

Зав. Т. О. З.

29.11.2016

