

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Хропоста Вячеслава Івановича на тему:

«Геометричні аспекти деформування деталей

із врахуванням їх форми і властивостей матеріалу»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Актуальність теми дисертації

При деформації металу можуть виникати пластичні, пружні і абсолютно пружні деформації. Процеси пластичної деформації металевих заготовок, зокрема, прокатки, є одним із найважливіших напрямів сучасного машинобудування та металообробки. Такий спосіб виготовлення деталей має низку переваг: високу продуктивність, мінімальні втрати матеріалу, покращення механічних властивостей завдяки зміцненню структури металу, а також можливість отримання заготовок складної форми без додаткової механічної обробки. Аналітичний опис пластичної деформації – це поєднання механіки суцільного середовища, експериментальних даних та математичних моделей, що дозволяють передбачити поведінку матеріалу при складних навантаженнях.

Пружна і абсолютно пружна деформація деталей дозволяє багаторазово змінювати їх форму без пошкодження. Це явище широко використовується в автомобільних амортизаторах, вимірювальних приладах, пружинах, сільськогосподарських знаряддях. При цьому важливо знати зміну форми деталі під дією прикладених сил. При незначних прогинах деталі використовується лінійна теорія згину, однак значному деформуванню потрібно використовувати нелінійну теорію із визначенням кривини пружної осі деталі після деформації.

З огляду на потребу у зниженні енергозатрат, підвищенні ефективності виробництва та якості готової продукції, актуальність застосування методів деформації постійно зростає. Сучасні дослідження спрямовані на удосконалення технологій пластичної та пружної деформації та їх розрахунку. Отже, виготовлення деталей деформацією металевих заготовок залишається актуальним у контексті розвитку високотехнологічного виробництва.

Ступінь обґрунтованості наукових положень,

висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації щодо теоретичних основ та практичних аспектів деформації металевих деталей є обґрунтованими та достовірними, що підтверджується високим методичним рівнем проведених досліджень, а також логічною та послідовною реалізацією всіх етапів роботи. Сформульована мета дослідження повністю узгоджується з актуальністю теми та її науково-практичною значущістю. Більше того, мета

і поставлені завдання логічно впливають із назви дисертації. Об'єкт, предмет і застосовані методи дослідження відповідають основним напрямам проведеної роботи.

Отже, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані на основі результатів дослідження, відзначаються високим рівнем обґрунтованості.

Достовірність основних наукових положень, висновків проведених наукових досліджень та одержаних результатів

Основні наукові положення та висновки, сформульовані аспірантом, ґрунтуються на застосуванні сучасних дослідницьких методів і відповідних наукових джерел. Теоретичні засади, узагальнення та висновки, подані в дисертації, побудовані на основі математичних моделей деформації металевих виробів. Для опису процесів згинання листового металу використано положення диференціальної геометрії, а моделювання абсолютно пружного згинання деталей спирається на положення опору матеріалів. Отримані результати підтверджені як аналітичними методами, так і графічними побудовами. Таким чином, основні наукові положення, висновки та результати дослідження В. І. Хропостя можна вважати достовірними.

Роботу виконано в рамках науково-дослідних та ініціативних тем кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України, що мають відповідні номери державної реєстрації. Це підкреслює актуальність обраної теми та комплексний підхід до пошуку шляхів її вирішення.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження

Наукова новизна одержаних результатів містить закономірності пластичної деформації як металевих заготовок у вигляді прокату, так і пружного та абсолютно пружного згинання готових деталей. Автором здійснено математичний опис цих процесів. Основними науковими результатами є отримання залежностей пластичної деформації прямолінійного прокату трапецеїдального поперечного перерізу у плоске кільце із заданим внутрішнім радіусом, а також плоского кільця у конічний диск із урахуванням його товщини; розрахунок пружної осі деталі із заданою початковою кривиною при її абсолютно пружному згинанні під дією прикладеної сили; виготовлення конічних деталей із плоских заготовок прокаткою між конічними валками із розділенням кривини основи конуса на нормальну і геодезичну складові.

Оцінка структури та змісту роботи

Дисертація включає анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатки.

У **вступі** автор підкреслює актуальність дослідження зв'язку між процесом деформації матеріалу та його геометричними параметрами. Він зазначає, що хоча існують

численні дослідження в цій області, багато аспектів залишаються недостатньо вивченими. Це особливо стосується теорії згинання листового матеріалу, як розгортних, так і нерозгортних поверхонь. Хропост В. І. ставить перед собою мету виявити особливості деформації металевих деталей та використати ці знання для вирішення практичних задач.

У **першому розділі** автор проводить детальний огляд існуючих методів деформації металевих заготовок. Він розглядає три основні випадки згинання металевої смуги: пластичне згинання, пружне згинання та абсолютно пружне згинання. Хропост В. І. аналізує кожний з цих випадків, наводячи приклади та пояснюючи теоретичні основи. Особливу увагу він приділяє абсолютно пружному згинанню, яке є найбільш точним з точки зору теорії опору матеріалів. Автор також розглядає лінійний елемент або першу квадратичну форму поверхні, що є основою для аналізу згинання поверхонь. Він пояснює, як за допомогою цієї форми можна описати деформацію поверхонь та знайти їх розгортки. Хропост В. І. підкреслює, що незмінність геодезичної кривини лінії на поверхні при її згинанні є ключовим моментом для розуміння процесу деформації.

У **другому розділі** автор зосереджується на пластичній деформації матеріалу з урахуванням його властивостей, форми та об'єму. Він розглядає формування смуги із трапецеїдальним поперечним перерізом у кільце прокаткою між конічними валками. Хропост В. І. пропонує математичну модель для опису цього процесу та наводить приклади розрахунків.

Особливу увагу автор приділяє урахуванню товщини листового матеріалу при згинанні плоского кільця у конічну поверхню. Він розробляє модель, яка дозволяє знайти кут загострення заготовки, щоб після її згинання конічний диск набув заданого кута загострення. Ця модель базується на припущенні, що довжина загостреної крайки не змінюється під час згинання, а дві поверхні, що проходять через цю крайку, не змінюють своєї площі.

У **третьому розділі** автор розглядає пружне та абсолютно пружне згинання металевих виробів. Він аналізує пружне згинання листового металу за допомогою валків у конічну поверхню та пропонує методи налаштування валків для виготовлення конічних деталей із урахуванням пружинення заготовки. Хропост В. І. також розглядає абсолютно пружне згинання консольно закріплених прямолінійних і криволінійних стержнів і смуг. Він наводить приклади розрахунків та пояснює, як можна використати теорію опору матеріалів для опису цих процесів.

У **четвертому розділі** автор зосереджується на згинанні лінійчатих поверхонь на основі теорії їх внутрішньої геометрії. Він розглядає аналітичний опис неперервного згинання відсіку розгортної поверхні та пропонує методи побудови наближеної розгортки витка нерозгортної гвинтової поверхні. Хропост В. І. підкреслює, що класична теорія

згинання поверхонь диференціальної геометрії може бути застосована для вирішення практичних задач. Він наводить приклади, як нерозгортну поверхню гвинтоподібного ножа можна замінити поверхнею розгортного гелікоїда, що спрощує процес деформації.

У **висновках** автор підсумовує основні результати своїх досліджень. Він підкреслює, що розроблені ним методи та моделі дозволяють більш точно описувати процеси деформації металевих деталей та знаходити оптимальні рішення для виготовлення виробів з мінімальними пластичними деформаціями.

Практичне значення одержаних результатів дослідження

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що вони є значним внеском у галузь прикладної механіки та механічної інженерії. Автор розглянув різні варіанти деформації металевих виробів, включаючи пружне та абсолютно пружне згинання, а також згинання плоских заготовок у готові вироби. Робота містить глибокий аналіз теоретичних основ та практичних аспектів деформації металевих деталей. У ній розглянуто нові методи та моделі для опису цих процесів. Робота містить багато прикладів та розрахунків, що робить її цінним джерелом для науковців та інженерів.

Повнота відображення наукових положень, висновків і рекомендацій, в опублікованих наукових працях

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертації, у повному обсязі відображені в опублікованих працях, що відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України. Основні результати дисертаційного дослідження представлені у 25 наукових публікаціях, з яких 8 статей у періодичних наукових виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України та/або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 6 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, а також 11 тез наукових доповідей.

Апробація результатів досліджень, повнота їх викладення в опублікованих працях

Основні результати дисертаційного дослідження було представлено та обговорені на таких наукових заходах: XIX Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Житомир, 16–18 жовтня 2022 року); X Міжнародній науково-практичній конференції «Крамаровські читання» (м. Київ, 23–24 лютого 2023 року); XXV Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання» (онлайн, 6–9 червня 2023 року); XVII та XVIII Міжнародних науково-технічних конференціях «Обуховські читання» (м. Київ, 2023, 2024 роки); XI, XII, XIII Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Прикладна геометрія, інженерна графіка та об'єкти інтелектуальної власності» (м. Київ, 2022, 2023, 2024 роки).

Дотримання принципів академічної доброчесності

Ознайомлення з дисертацією В. І. Хропостя дає підстави стверджувати, що в ній дотримано принципів академічної доброчесності. У випадках запозичення ідей, положень чи фактів з інших джерел, автор коректно посилається на них, зазначаючи імена відповідних авторів та їхні праці, що відповідає чинному законодавству у сфері авторського права та суміжних прав.

Зауваження, побажання та дискусійні положення

Високо оцінюючи наукові результати, досягнуті В. І. Хропостом, а також визнаючи безперечну теоретичну новизну, глибину опрацювання теми та практичну значущість дисертації, вважаємо за доцільне висловити низку зауважень і побажань, а також звернути увагу на окремі дискусійні моменти, що потребують додаткового роз'яснення:

1. Не у всіх випадках деформування автор враховує товщину матеріалу. Наприклад, при пластичному деформуванні прямолінійного прокату або згинанні плоского кільця у конічний диск товщина матеріалу враховується. Коли йдеться про знаходження наближених або точних розгортки гвинтових поверхонь і гвинтоподібного ножа товщина поверхні ігнорується, тобто вона вважається рівною нулеві.

2. При пружному згинанні металевих листів не враховується модуль пружності Юнга і форма його поперечного перерізу, а при абсолютно пружному згинанні інших деталей – враховується. Не зовсім зрозумілим є різний підхід до розв'язання подібних між собою задач.

3. Автором виведені параметричні рівняння згинання розгортного гелікоїда, із яких можна отримати розгортку витка. Достовірність отриманих рівнянь підтверджується незмінністю першої квадратичної форми поверхні при її згинанні. Це вірний результат з точки зору диференціальної геометрії, в якій поверхня не має товщини. В подальшому ці результати автор застосовує для розрахунку розгортки гвинтоподібного ножа, який має значну товщину.

4. При деформуванні прямолінійного профілю як між циліндричними, так і між конічними валками не вказано на вид прокатки: гаряча чи холодна. Різниця між ними полягає у структурі металу після прокатки, тобто вид прокатки має суттєве значення. У роботі про це нічого не сказано.

5. Зауваження щодо оформлення дисертації. У тексті дисертації відсутні посилання на позиції 62–71 у списку використаних джерел. Крім того, в тексті трапляються некоректні посилання на номери формул і рисунків. Наприклад, на с. 32 зроблено посилання на формулу (2) замість (1.2); на с. 35 посилання на формулу (1) замість (1.5); на с. 43 посилання на рис. 1.0 замість рис. 1.5.

Висновок. Загалом, висловлені зауваження та побажання не змінюють позитивної оцінки дисертації В. І. Хропост. Представлене дослідження на тему: «Геометричні аспекти деформування деталей із врахуванням їх форми і властивостей матеріалу» є завершеною науковою працею, яка за своєю актуальністю, змістом, обґрунтованістю наукових досліджень, достовірністю, науковою новизною, якістю оформлення, повнотою викладення, теоретичним та практичним значенням отриманих результатів відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України № 261 від 23 березня 2016 року, наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», а також Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року. Таким чином, автор дисертації, Хропост Вячеслав Іванович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційний опонент доцент кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кандидат технічних наук, доцент Петро ЯБЛОНСЬКИЙ