

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу А.Ю. Матюхіна “Моделювання процесів пластичної формозміни товстостінних порожнистих тіл обертання з використанням гармонійних функцій”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Актуальність роботи. Вирішенню проблеми моделювання пластичної формозміни тіл присвячена значна кількість публікацій. Можна вважати, що задача визначення напружено-деформованого стану тіл при їх пластичній формозміні досліджена досить повно лише у випадках сталої течії. Розв’язання цієї проблеми у випадках, коли поряд з актуальною формою тіла, необхідно задавати статичні і кінематичні параметри процесу одночасно, не можна вважати завершеним. До такого класу задач можна віднести дисертаційну роботу А.Ю. Матюхіна, яка присвячена моделюванню процесів пластичної формозміни товстостінних порожнистих тіл обертання, типу кілець, що широко застосовуються в металургійній та машинобудівній галузях.

Подана дисертаційна робота присвячена розвитку методик по визначенню напружено-деформованого стану товстостінних порожнистих тіл обертання з урахуванням впливу різноманітних факторів, які впливають на розвиток пластичної формозміни, зокрема коефіцієнта контактного тертя, фактора форми, вплив інструмента на внутрішню та зовнішню бічну поверхню деформованого зразка.

Зазначені обставини, а також практичне та теоретичне значення наукової задачі для отримання напружено-деформованого стану визначають актуальність поданої дисертаційної роботи та обраної теми дослідження.

Актуальність обраної теми дисертації підкреслюється також зв’язком з планами держбюджетних науково-дослідних робіт, які були виконані в Державному вищому навчальному закладі «Запорізький національний технічний університет».

Наукова новизна одержаних результатів. Наукову новизну результатів дисертаційного дослідження складають:

1. Поширення методу гармонійних функцій на визначення напружено-деформованого стану тіл обертання.
2. Побудова та розв'язання узагальненого рівняння в циліндричних координатах для визначення дотичних складових тензора напружень при осьовому навантаженні порожнистих виробів.
3. Визначення компонентів тензора напружень та компонентів тензора швидкостей деформацій для вісесиметричної задачі теорії пластичності за допомогою гармонійних функцій в аналітичному вигляді та побудова математичної моделі пластичного середовища.
4. Побудова аналітичних виразів для визначення напружень при різноманітних варіантах пластичної формозміни циліндричних порожнистих виробів в осьовому напрямку, з використанням гармонійних функцій.

Зв'язок дисертаційного дослідження з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження є складовою частиною державних бюджетних науково-дослідних робіт (№0113U002419 та № 0115U004904), що виконувалися відповідно до плану державних бюджетних науково-дослідних робіт Запорізького національного технічного університету.

Структура дисертації. Дисертаційна робота загальним об'ємом 176 сторінки машинописного тексту складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з 146 найменувань на 17 сторінках, 3 додатки з актами впровадження на 4 сторінках і включає 55 рисунки та 3 таблиці.

У вступі сформульована актуальність проблеми, визначено мету, основні задачі, їх новизну, теоретичне та практичне значення роботи.

У **першому розділі** на основі досліджень вітчизняних та закордонних опублікованих джерел подано аналітичний огляд сучасних методів побудови замкнених рішень задач теорії пластичності. Наведено аналіз впливу різних

факторів на напружено-деформованого стану метала при осьовому навантаженні.

У другому розділі розглянуто вирішення задач теорії пластичності з використанням гармонійних функцій в декартових координатах, а також наводяться основні експериментальні дослідження за темою дисертації.

Третій розділ присвячено постановці вісесиметричної задачі теорії пластичності в замкненому вигляді. Записано рівняння рівноваги в циліндричних координатах, яке є нелінійним диференціальним рівнянням в частинних похідних другого порядку гіперболічного типу. Аналітичне розв'язання даного рівняння дозволяє знайти функціональну залежність дотичного напруження від координат осередку деформації і при підстановці в рівняння рівноваги, визначити нормальні складові тензора напружень. Також в цьому розділі наводяться аналіз технологічних схем отримання товстостінних порожнистих тіл обертання та їх практичне застосування.

У четвертому розділі будується розв'язок узагальненого рівняння рівноваги, аналітичне визначення дотичних та нормальних складових тензора напружень, розв'язання кінематичної задачі та розробка математичної моделі пластичного середовища в умовах вісесиметричного напруженого стану. Доводиться, що поля напружень та поля швидкостей деформацій можуть бути описані однаковими блоками координатних гармонійних функцій, що дозволило пов'язати інтегральні характеристики напруженого та деформованого стану між собою.

У п'ятому розділі наводиться розв'язання прикладної задачі теорії пластичності для тіл обертання з використанням гармонійних функцій. Розглядається пластичне деформування товстостінного кругового порожнистого тіла в осьовому напрямку. Отримано вирази для визначення нормальних та дотичних напружень при різноманітніх варіантах пластичної течії, а саме при односторонній та двосторонній течії. Отримані залежності, що дозволяють визначити положення нейтрального перерізу при двосторонній течії металу.

Наводяться результати лабораторного експериментального дослідження впливу зовнішньої дії інструмента на бічну поверхню осаджуваного зразка, зміщення радіуса нейтральної поверхні, а також течії металу при двозонному та одностонному осередку деформування. Також наводяться співставлення отриманих теоретичних результатів, значень відносних середніх контактних напружень, з відомими теоретичними даними Сторожева М.В., Попова Е.А. (відносна похибка не перевищує 6%) та з результатами отриманих при моделюванні процесу пластичної формозміни методом скінченних елементів в програмному продукті Ansys (відносна похибка не перевищує 15%), що є досить непоганим результатом.

Обґрунтованість та достовірність одержаних результатів, наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації забезпечуються відповідністю встановлених в дисертації закономірностей фізичній природі пластичної течії, а також зіставленням одержаних рішень з відомими теоретичними даними та результатами чисельного розрахунку, отриманого з використанням пакету прикладних програм ANSYS.

Наукові положення дисертації, основні результати досліджень, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані та відображають особистий внесок здобувача в досягненні мети дослідження.

Теоретичне значення роботи полягає у можливості узагальнення та використання розроблених методик і алгоритмів для широкого кола задач вивчення напружено-деформованого стану деталей типу кілець при їх неоднорідній пластичній формозміні.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в розв'язанні широкого кола задач розрахунку напружено-деформованого стану деталей типу кілець, що враховує основні технологічні фактори, що викликають неоднорідність пластичної течії металу. Одержані автором наукові результати є важливим для розробки нових та вдосконаленню існуючих технологічних процесів виробництва товстостінних порожнистих виробів.

Практична цінність отриманих результатів підтверджена наведеним в додатках документом про впровадження результатів дисертації на авіадвигунобудівному підприємстві АТ «Мотор Січ». Результати дисертації також знайшли застосування у навчальному процесі кафедри «Обробка металів тиском» Запорізького національного технічного університету.

Серед зауважень, слід зазначити наступне:

1. У відповідності до рівнянь рівноваги відмінними від нуля є компоненти напружень $\sigma_\rho, \sigma_z, \sigma_\theta, \tau_{\rho z}$, але в інших рівняннях задачі відсутнє σ_θ . Крім того, відсутня швидкість деформації ξ_θ . Треба було надати додаткові пояснення до тих припущень, які застосовувались при виводі основних рівнянь.
2. Граничні умови звичайно формулюються у термінах напружень на частині поверхні тіла та переміщень на іншій частині. Можливі і змішані умови. В роботі застосовується поняття деформації зсуву на контакті. Що це таке і як воно пов'язано з переміщеннями. Тим більше, що на контакті вже задано дотичне напруження. Такі невідповідності потребують додаткових пояснень.
3. Наведені на стор. 137-138, рис.5.21, 5.23 графіки розподілу дотичних напружень при різноманітних факторах процесу пластичної течії, хоча надпис по осі ординат вказує на відносні нормальні напруження;
4. Наведені на стор. 63-65 рисунки з фотографіями елементів до підготовки експерименту мають незадовільну якість;
5. В результатах проведеного експериментального дослідження не наводяться силові параметри процесу пластичної формозміни зразків;

Висловлені зауваження і побажання, однак, не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

В цілому подана дисертація виконана на високому науковому рівні і є цілісною завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій одержані нові наукові результати, що у сукупності є ваговим внеском у розвиток

сучасних моделей та методів аналітичного визначення напружено-деформованого стану металу при його неоднорідній пластичній формозміні.

Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають меті та поставленим завданням.

Автореферат у повній мірі відображає основний зміст, результати та висновки дисертаційної роботи і є ідентичним положенням дисертації. Наведені в авторефераті та дисертації публікації повністю висвітлюють основні наукові результати дисертаційного дослідження. Оформлення дисертації і автореферату відповідають вимогам МОН України.

Враховуючи актуальність тематики, отримані результати та їх обґрунтованість, вважаю, що дисертаційна робота Митюхіна А.Ю. "Моделювання процесів пластичної формозміни гетерогенних порожнистих тіл обергання з використанням гармонійних функцій" відповідає вимогам МОН України та «Порядку присудження наукових ступенів» до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент:

Доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри «Теоретична та
прикладна механіка Дніпропетровського
національного університету ім. О. Гончара

Ю.А. Черняков

Підпис Ю.А. Чернякова засвідчую:

Вчений секретар Дніпропетровського
національного університету
імені Олеся Гончара,
доктор фізико-математичних наук, професор



Лобода В.В.

вх. №55 від 11.11.2016р.