**Гринкевич Володимир Олександрович. Методи прямого вирішення крайових задач обробки металів тиском та удосконалення технології кування і штампування : дис... д-ра техн. наук: 05.03.05 / Національна металургійна академія України. - Д., 2005**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Гринкевич В.О. Методи прямого вирішення крайових задач обробки металів тиском та удосконалення технології кування і штампування. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском. – Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, 2005.  Дисертація присвячена розробці нових методів вирішення крайових задач обробки металів тиском, що дозволяють визначати кінематичний і напружено-деформований стан металу в будь-якій заданій точці зони пластичної деформації при скороченні кількості або виключенні послідовних наближень, в тому числі, в режимі реального часу формозміни металу. Розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення компонентів напруженого стану в довільних точках границі зони пластичної деформації без вихідних даних про його реологічні властивості по відомим із експерименту компонентам вектора швидкості плину металу. Розроблено метод вирішення крайових задач обробки металів тиском, що дозволяє визначати невідомі компоненти векторів швидкості плину металу і напруження у довільній точці границі зони пластичної деформації за умови коректного завдання граничних умов крайової задачі. Обґрунтовано та розроблено удосконалену технологію виробництва залізничних коліс малого діаметра, технологію виготовлення особливо малих залізничних коліс, а також технологію штампування деталей авіаційних двигунів. | |
| |  | | --- | | У дисертації виконані нові науково обґрунтовані розробки в області процесів обробки металів тиском, що забезпечують вирішення важливої наукової проблеми ***створення нових методів вирішення крайових задач обробки металів тиском, зокрема, кування і об'ємного штампування, що дозволяють на основі нових теоретичних положень цілком визначати кінематичний і напружено-деформований стан металу в будь-якій заданій точці зони пластичної деформації при скороченні або виключенні послідовних наближень та збереженні необхідної точності розрахунків, що забезпечують одержання результатів у режимі реального часу формозміни металу.***  ***1. Аналіз літературних джерел показав, що розробка методів вирішення крайових задач пластичного деформування, що поєднують точність сучасних чисельних методів зі швидкістю, достатньою для систем керування процесами вільного кування в режимі реального часу, а також для проведення експрес-аналізу процесів об'ємного штампування, є актуальною.***  ***2. Вперше встановлено, що крайові задачі пластичного деформування в пружно-пластичній постановці можуть бути приведені до інтегрального (граничного) рівняння, що лінійне щодо невідомих параметрів напружено–деформованого стану і, отже, у ряді випадків може бути вирішено за один крок (без застосування ітераційних процедур).***  Сформульована і доведена лінеаризована форма теореми взаємності робіт, узагальнена на процеси пружно-пластичної деформації.  Розроблено інтегральний метод прямого вирішення, що при кінцево-елементній (гранично-елементній) дискретизації вихідних інтегральних рівнянь і коректно заданих граничних умовах дозволяє одержати рішення крайової задачі, одного разу сформувавши і вирішивши систему лінійних алгебраїчних рівнянь.  ***3. Розроблено модифікацію методу гідродинамічних наближень – дискретний метод змінної в'язкості, що передбачає виконання всього двох ітерацій.***  Розроблений метод дозволяє в кілька разів зменшити час одержання результатів вирішення крайової задачі обробки тиском, зокрема, вільного кування при збереженні прийнятної точності за кінцевою формозміною.  ***4. Теоретично встановлено, що для крайової жорстко-пластичної задачі з коректно заданими граничними умовами існує система рівнянь, лінійна щодо невідомих даної задачі. Також встановлено, що якщо граничні умови крайової жорстко-пластичної задачі задані коректно, то вихідна система рівнянь в остаточному підсумку перетвориться в систему лінійних алгебраїчних рівнянь, вирішення якої дасть розподіл фіктивних поверхневих і об'ємних навантажень без застосування будь-яких ітераційних процедур, тобто прямим перерахуванням.***  Сформульовано і доведено відповідну теорему.  Система рівнянь розробленого експериментально-розрахункового методу не містить характеристик, що відносяться до властивостей середовища, що деформується. Це дозволяє формулювати і вирішувати крайові задачі ОМТ без заздалегідь відомої інформації про реологічні властивості середовища, що деформується.  Розроблений експериментально-розрахунковий метод вирішення крайових задач обробки металів тиском успішно застосовано для визначення контактних напружень за відомими із експерименту по осадці і прокатці зразків з муаровими і координатними сітками полям вектора швидкості.  ***5. Точність методу визначення рівня сил контактного тертя за допомогою осадки кільцевих зразків в остаточному підсумку визначається точністю теоретичного рішення, що покладено в основу побудови визначальної діаграми даного методу.***  Показано, що такі фактори, як тип реологічної залежності, температура і швидкість деформації істотно впливають на формозміну кільцевих зразків. Тому доцільно будувати діаграми для визначених груп матеріалів, інтервалів температур і швидкостей деформації. Метод осадки кільцевих зразків є ефективним у діапазоні малих і середніх значень показника тертя .  Достовірність даних висновків підтверджена результатами серії обчислювальних експериментів автора та їхнім співставленням з експериментальними і розрахунковими даними інших авторів.  ***6. Підтверджено, що пластична деформація на гарячому розділовому шарі є ефективним засобом зниження зусилля деформування, поліпшення заповнення металом штампувальних рівчаків і прокатних калібрів, а також підвищення стійкості деформуючого інструмента.***  Достовірність даного висновку заснована на численних промислових експериментах, проведених автором в умовах ковальсько-пресового цеху Казанського моторобудівного виробничого об'єднання (Російська Федерація); довідка від 05.12.2005 р.  ***7. Встановлено, що компоненти фіктивних навантажень, прикладених до заданої точки границі пластично деформованого тіла, можуть визначатися безпосередньо, тобто без вирішення відповідної крайової задачі.***  Сформульовано і доведено відповідну теорему.  За допомогою обчислювальних експериментів визначено вплив кількості граничних елементів на точність визначення компонентів фіктивних навантажень.  ***8. Встановлено, що за певних умов невідомі компоненти векторів швидкості і напруження можуть бути визначені безпосередньо в точці границі пластично деформованого тіла.*** ***Встановлено також, що для визначення невідомих компонентів векторів швидкості і напруження безпосередньо в заданій точці границі пластично деформованого тіла достатньо коректно задати його геометрію, лінійно-в’язкі властивості і граничні умови крайової задачі.***  Сформульовані і доведені відповідні теореми.  ***9. Розроблено дискретний метод прямого вирішення, що дозволяє одержувати рішення крайових задач пластичного деформування безпосередньо в точці границі, без вирішення відповідної крайової задачі, в режимі реального часу формозміни металу.***  Ефективність розробленого методу підтверджується результатами ряду обчислювальних експериментів. Показано, що даний метод забезпечує достатню точність одержуваних результатів (середня похибка не перевищує 10%) при дуже високій швидкості рішення (менше однієї секунди). Це дозволяє використовувати його в системах програмного (комп'ютерного) керування процесами обробки металів тиском, зокрема, протягання валів великої маси.  ***10. За допомогою комп'ютерного моделювання кувальних і штампувальних операцій при виготовленні залізничних коліс малого діаметру ( 815 мм) в умовах колесопрокатного цеху ОАО “НТЗ” удосконалена технологія виробництва даного виробу, зокрема, істотно зменшені існуючі припуски на механічну обробку.***  Зменшення припусків, а отже, і маси вихідної заготівки з 397 до 360 кг, тобто на 9.3%, дозволило одержати необхідні розміри чорнового виробу. Крім того, використання комп'ютерного моделювання кувальних і штампувальних операцій дозволяє знизити кількість дослідних штампувань залізничних коліс у середньому на 50%. Економічний ефект від зменшення припуску на механічну обробку (на вказаному виробі) та зменшення дослідних штампувань склав 45281 грн. (акт від 15.12.2005 р.).  ***11. Розроблено технологічну схему кування особливо малих залізничних коліс (з діаметром катання 350-400 мм) в умовах ковальсько-пресового цеху ОАО “Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання ім. М. В. Фрунзе” (м. Суми). Розроблена технологія забезпечує гарне пророблення металу, зокрема, на поверхні катання; довідка від 13.11.2005 р.***  ***12. Розроблене програмне забезпечення використане також при розробці технологічної інструкції з проведення ковальського прошивання в умовах ВАТ “Дніпропрес” (м. Дніпропетровськ); довідка від 05.12.2005 р.***  ***13. Розроблені теоретичні положення використовуються в навчальному процесі при читанні лекцій у рамках курсів “Теорія процесів кування” і “Чисельні методи розрахунків процесів обробки металів тиском” на факультеті матеріалознавства та інженерної фізики Ченстоховского технічного університету (м. Ченстохова, Польща), довідка від 21.10.2005 р.; при читанні лекцій за курсом “Основи теорії обробки металів тиском” студентам кафедри обробки металів тиском НМетАУ; довідка від 05.12.2005 р.***  Особистий внесок автора в працях, що опубліковані в співавторстві.  [1] - розробка дискретного методу перемінної в’язкості, аналіз методів зважених похибок; [2] - розробка комплексної математичної моделі аналізу двовимірних процесів гарячої пластичної деформації, проведення обчислювальних експериментів; [10] - аналіз сучасних тенденцій розвитку методів комп’ютерного моделювання процесів ОМТ; [11] - ідея та алгоритм експериментально-розрахункового методу вирішення крайових задач ОМТ; [12] - планування обчислювального експерименту; [13] - розробка програмного забезпечення; [14] - планування обчислювального експерименту та розробка програмного забезпечення; [17] - планування та проведення обчислювального експерименту; [18] - проведення обчислювального експерименту, аналіз результатів та розробка програмного забезпечення; [20] - розробка технологічної схеми виробництва залізничних коліс особливо малого діаметру, проведення обчислювального експерименту та розробка програмного забезпечення; [21] - планування та проведення обчислювального експерименту, аналіз отриманих результатів; [23, 24] - розробка загального алгоритму експериментально-розрахункового методу вирішення крайових задач ОМТ, проведення обчислювального експерименту; [25] - організація та проведення промислового експерименту; [26, 27] - планування експерименту, аналіз результатів. | |