

УДК 651.43

РОЗРАХУНКОВИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ДЕФОРМАЦІЙ І НАПРУЖЕНЬ ЗВАРЮВАННЯ

Калінін Є.І., д.т.н., доцент, Панасовський В.О., студент
(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)

В даний час не існує єдиного методу визначення деформацій і напружень, які виникають в процесі зварювання, а в розрахунках використовуються різні схематизовані уявлення. Більш точні кількісні співвідношення при розрахунку зварювальних деформацій і напружень можуть бути отримані на основі апарату теорії пластичності в умовах змінних температур.

Використана теорія неізотермічної пластичної плинності безумовного поділу пластичної деформації на миттєві і повзучості. Для практичного застосування цієї теорії в розрахунках деформацій і напружень зварювання розроблений експериментальний метод визначення реологічних характеристик металів з урахуванням складних термомеханічних і фізичних процесів, що відбуваються при зварюванні. Згідно з цим сформульована пружно-пластична задача з заданими температурами, розв'язок якої зводиться до вирішення системи нелінійних диференціальних рівнянь з крайовими умовами.

Аналітичний розв'язок такого завдання можливий лише для окремих випадків при введенні істотних спрощень, тому слід орієнтуватися на чисельні методи розрахунку з використанням ПК.

В даний час не існує апробованого чисельного методу безпосереднього розв'язку крайової задачі інтегруванням нелінійних диференціальних рівнянь пружно-пластичного деформування. Внаслідок цього розробляються методи розв'язків, що засновані на представленні нелінійної крайової задачі у вигляді уточненої, в процесі ітерацій, лінійної задачі або на прямому розв'язанні завдання варіаційними методами.

Відповідно до першого принципу знаходять практичне застосування методи пружних розв'язків, в яких задачі теорії пластичності вирішується у вигляді послідовно уточнених задач теорії пружності з деякими додатковими умовами. Досвід вирішування задач про деформації і напруження зварювання з використанням методів пружних розв'язків показує низьку збіжність ітераційного процесу уточнення.

Наближені варіаційні методи в теоріях пластичності засновані на екстремальних принципах. Однак ефективних варіаційних методів розв'язку задач теорії пластичної плинності на основі екстремальних принципів не розроблено. Постановка задачі теорії пластичної плинності у вигляді варіаційної представляється перспективною і привертає увагу можливістю прямої побудови розв'язку без інтегрування диференціальних рівнянь.

У розробленому чисельному методі задача про деформації і напруження зварювання представлена у вигляді задачі пружно-пластичного деформованого

тіла в умовах змінних температур. Використовується теорія неізотермічної пластичної плинності з ізотропним зміцненням.

Чисельний метод розв'язку сформульованого завдання полягає в наступному. Поле переміщень, деформацій і напружень представляється його значеннями в обраній кінцевій множині точок всередині даної області, які назвемо вузловими точками.

Для безперервних функцій швидкостей переміщень використовуємо поліноміальну апроксимацію через значення їх в вузлових точках, що забезпечує виконання умов нерозривності середовища. Швидкості деформацій отримуємо диференціюванням апроксимуючого полінома.

Апробація розробленого методу і оцінка обчислювальних похибок виконана розв'язком завдання з вісесиметричним температурним полем, що змінюється в часі. Зіставлення з результатами розв'язку аналогічної задачі методами пружних розв'язків показало, що розроблений метод в декілька разів ефективніше.

Обчислювальна схема легко модифікується для вирішення задач з граничними умовами загального вигляду, коли на граничному контурі задані постійні або змінювані в часі переміщення і зовнішні навантаження. Для схеми плоскої деформації та об'ємного навантаженого стану змінюються лише рівняння зв'язку між швидкостями навантажень і деформаціями.

У розробленому розрахунковому методі не накладаються обмеження на функцію поверхні пластичності, що визначає миттєві значення межі плинності, за винятком умови регулярності поверхні.

Принципова розрахункова схема залишається без змін при введенні довільної гіпотези анізотропного зміцнення, в яких ефекти анізотропії визначаються напруженим і деформованим станом і не залежать від швидкостей навантажень і деформацій.

Список літератури:

1. Калінін Є.І., Поляшенко С.О. Розв'язок статичної плоскої задачі теорії пружності для неоднорідних ізотропних тіл. Математичне моделювання, №2(39), 2018, С. 102-111.

2. Калінін Є.І., Коротій В.О., Романченко В.М. Власні поперечні коливання стрижня з врахуванням його відносної довжини та піддатливості вузла кріплення. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, №14, 2018, С. 89-98.

3. Іванов В.І., Калінін Є.І., Дейнека Є.П., Скитин А.С. Підвищення надійності системи методом селекції її елементів. Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ, Вип. 163, 2015, С.142-146.

4. Калінін Є.І., Романченко В.М. Оцінка міцності при дії локального навантаження на попередньо напружену безмоментну оболонку. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, №5, 2016, С. 167-172.