

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Коновалов С. Н. Разработка гибридной экспертной системы для противоаварийного управления сложными техническими системами / С. Н. Коновалов, В. В. Вычужанин. // *Материалы XXIII Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» ИСТ–2017, Нижний Новгород : НГТУ. – 2017. – С. 835–840.*
2. Коновалов С. Н. Метод дистанционного мониторинга и диагностики судовых технических систем / С. Н. Коновалов, В. В. Вычужанин // *Материалы IV Международной научно-практической конференции «Новые направления переоснащения, эксплуатации и ремонта судовых систем». – Измаил : ОНМА, 2015. – С. 100–102.*
3. Ярушикина Н. Г. Гибридные системы, основанные на мягких вычислениях: определение, архитектура, возможности / Н. Г. Ярушикина. // *Программные продукты и системы, ЗАО НИИ «Центрпрограммсистем». – 2002. – № 3. – С. 19–22.*
4. Козлова Т. Д. Реализация экспертной системы поддержки принятия решений для определения неисправностей технологической системы / Т. Д. Козлова, А. А. Игнатьев, Е. М. Самойлова // *Вестник СГТУ. – 2011. – № 2 (56). – С. 219–224.*
5. Михайлов М. Ю. Исследование и разработка технологии гибридных экспертных систем для противоаварийного управления объектами сложных ЭЭС : автореф. дис. канд. техн. наук : спец. 05.13.16 «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (энергетика)» / М. Ю. Михайлов. – Иркутск, 1994. – 19 с.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ У ПРЯМОКУТНИХ ДЕТАЛЯХ КУСКОВО-НЕОДНОРІДНОГО ПЕРЕТИНУ

Лупаренко О. В.

ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь

Широке застосування в машинобудуванні знаходять вироби та елементи конструкцій кусково-неоднорідної структури з різними фізико-механічними властивостями, з'єднані зварюванням або іншими технологіями. При виготовленні та експлуатації деталі піддаються впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, при цьому у всій структурі конструкції або в її окремих частинах можуть відбуватися процеси різної фізичної природи і, як наслідок, виникати певні дефекти будови.

Задача дослідження динамічної міцності деталей машинобудування складної внутрішньої структури зводиться до прогнозування надійної роботи на встановлений термін. Проте, експериментальним шляхом досягти цього практично неможливо. Особливий інтерес і велике наукове і практичне значення мають результати чисельно-аналітичних досліджень міцності таких неоднорідних деталей, що дозволяють виділити небезпечні зони їх перетину і врахувати особливості виникаючої в цих зонах локальної концентрації напружень.

Зокрема, враховуючи залежність крайових і граничних динамічних ефектів від значення параметра локальної особливості (ПЛО) по напруженням, можна дати рекомендації по підбору матеріалів, що становлять перетин, для кожного конкретного режиму навантаження деталі, а також оптимізувати геометричні параметри кусково-неоднорідного перетину.

В роботі проводиться чисельно-аналітичний аналіз змін значень ПЛО по напруженням залежно від параметрів жорсткості перетину.

Основний алгоритм, який застосовується для розв'язку задачі, це модифікований метод суперпозиції [1, 2]. Перетин кусково-неоднорідної пружної деталі займає в системі координат $\alpha_1 O \alpha_2$ область $D = G^{(1)} \cup G^{(2)}$, де області $D^{(m)}$ зварені одна з одною, у загальному випадку анізотропні, мають різні пружні сталі $C_{ij}^{(m)E}$ ($m = 1, 2$) та визначаються нерівностями:

$$D = \{(\alpha_1, \alpha_2) : -c \leq \alpha_1 \leq a; |\alpha_2| \leq b\},$$

$$G^{(1)} = \{(\alpha_1, \alpha_2) : |\alpha_1| \leq c; |\alpha_2| \leq b\}; G^{(2)} = \{(\alpha_1, \alpha_2) : \alpha_1 \in [-a, c] \cup [c, a]; |\alpha_2| \leq b\},$$

де α_1, α_2 – декартові координати, a, b, c – сталі.

Нехай на границі області задане нормальне самоврівноважене навантаження інтенсивності $q_1(\alpha_2)$ та $q_2(\alpha_1)$ відповідно, що гармонійно змінюється у часі з частотою ω . Передбачаються виконаними умови плоскої пружної деформації.

В ході розв'язування була отримана система однорідних рівнянь, які визначають характер особливостей характеристик хвильового поля в особливих точках перетину. Особливість цієї системи полягає в тому, що вона розпадається на дві частини, одна з яких дозволяє визначити ПЛО α в кутовій точці $B(1, \eta)$, $\eta = b/a$, а друга ПЛО α у внутрішній нерегулярній точці границі перетину $A(\delta, \eta)$, $\delta = c/a$. З умов існування нетривіального розв'язку системи однорідних рівнянь, в точці $A(\delta, \eta)$ отримано характеристичне рівняння, що визначає ПЛО α : $\Delta(\alpha, C_{ij}^{(1)}, C_{ij}^{(2)}) = 0$. При чисельному дослідженні цього рівняння були розглянуті різні випадки поєднань анізотропних властивостей матеріалів, що утворюють складний перетин і досліджені закономірності зміни значення ПЛО залежно від параметрів жорсткості перетину. У якості параметра, що характеризує жорсткість з'єднаних середовищ, обрано коефіцієнт $r_{21} = \frac{C_{66}^{(2)E}}{C_{66}^{(1)E}}$. Окремо було про-

ведено розрахунки значень ПЛО для випадків сполучення трансверсально ізотропних середовищ з ізотропними та ортотропними с ізотропними.

Так з проведеного аналізу випливає, що при поєднанні ізотропних і трансверсально ізотропних матеріалів значення параметра жорсткості r_{21} грає визначальну роль при обчисленні ПЛО. Саме: чим ближче значення цього параметра до одиниці, тим більше значення приймає найменший додатний корінь характеристичного рівняння. Так, наприклад, для сполучення **W-Co-W** $r_{21} = 2.154$, $\alpha = 0.947$, а для сполучення **Pb-Zn-Pb** $r_{21} = 0.098$, $\alpha = 0.751$. Крім того, для всіх розглянутих сполучень матеріалів завжди існує корінь $\alpha = 1$, але у випадку виникнення локальної концентрації напружень, цей корінь не є найменшим додатним коренем, існують корені $\alpha < 1$.

Збільшення числа незалежних пружних сталих у випадку ортотропного матеріалу однієї частини перетину значно зменшує вплив параметра жорсткості на значення ПЛО. Так, локальна концентрація напружень при сполученні склопластиків з ізотропними матеріалами не виникає для більшості розглянутих сполучень матеріалів. Значення ПЛО, менше одиниці, з'являється лише при дуже великих значеннях параметра жорсткості ($r_{21} \geq 16$). При аналізі сполучень акустичних кристалів з ізотропними матеріалами, значення параметра r_{21} надає значно більший вплив на ПЛО, однак цей вплив не є визначальним. Так для St-ніобіт Ва-Na-St $r_{21} = 1.066$, $\alpha = 0.994 < 1$, але для деяких сполучень матеріалів з більшим значенням r_{21} маємо значення $\alpha = 1$.

Таким чином, дослідження ПЛО дозволяє прогнозувати інтенсивність локальної концентрації напружень в небезпечних зонах перетину, що дозволяє вже на стадії проектування дати рекомендації по оптимальному підбору сполучення матеріалів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Белоконь А. В. Об одном методе решения задач теории упругости для тел конечных размеров / А. В. Белоконь // Докл. АН СССР. – 1977. – Т. 233. – № 1. – С. 56–59.
2. Вовк Л. П. Динамические задачи для тел сложной структуры / Л. П. Вовк. – Ростов-на-Дону : Ростовский гос. строит. ун-т, 2003. – 169 с.
3. Гринченко В. Т. Гармонические колебания и волны в упругих телах / В. Т. Гринченко, В. В. Мелешко. – Киев : Наук. думка, 1981. – 283 с.
4. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – М. : Наука, 1977. – 416 с.
5. Акустические кристаллы / А. А. Блистанов, В. С. Бондаренко, В. В. Чкалов и др. / Под ред. М. П. Шаскольской. – М. : Наука, 1982. – 632 с.

ЕКСПЕРТНА ОЦЕНКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСПЛАВОВ СИСТЕМЫ «МЕТАЛЛ-ШЛАК» В ГОРНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Тогобицкая Д. Н., Белькова А. И., Скачко А. С., Степаненко Д. А., Цюпа Н. А.
ИЧМ им. З. И. Некрасова НАН Украины, г. Днепр

В современных условиях совершенствование способов управления качеством чугуна связано с развитием и разработкой новых подходов к термодинамическому описанию процессов формирования и взаимодействия расплавов системы «чугун-шлак» в горне доменной печи.

Опыт внедрения разработанной в Институте черной металлургии автоматизированной системы контроля и управления шлаковым режимом доменной плавки (система «Шлак») в условиях заводов Украины показал необходимость развития методики моделирования процессов взаимодействия формируемых в горне доменной печи расплавов с целью повышения точности прогнозирования и контроля их химических составов в сложившихся сырьевых и технологических условиях.