

УДК: 539.3

Вовк Л.П., Кисель Е.С., Матвеев В.А.

**ЛОКАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ
В ОСОБЫХ ТОЧКАХ НЕОДНОРОДНОЙ ТЕРМОУПРУГОЙ ОБЛАСТИ**

Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ

„Донецкий национальный технический университет”

Горловка, Кирова 51

UDC: 539.3

Vovk L.P., Kisel' E.S., Matveev V.A.

**LOCAL STRESS CONCENTRATIONS AT A SINGULAR POINT
INHOMOGENEOUS THERMOELASTIC REGION**

State Technical University

"Donetsk National Technical University"

Gorlovka, Kirova 51, 84646

В данной работе был проведён численный анализ зависимости локальной концентрации напряжений в особых точках неоднородной термоупругой прямоугольной области от физических характеристик материалов, образующих данную область. Рассматривается зависимость явления краевого и граничного резонанса от физических характеристик материалов составного сечения.

Ключевые слова: термоупругая прямоугольная область; краевой резонанс; граничный резонанс; собственные частоты.

In this work, numerical analysis was carried out according to the local stress concentration at the singular points of the inhomogeneous thermoelastic rectangular area on the physical characteristics of the materials forming the field. The dependence of the boundary conditions and the boundary of the resonance on the physical characteristics of the materials of the composite section.

Keywords: rectangular thermoelastic area; regional resonance; eigenfrequencies.

В связи с этим можно утверждать, что независимо от выбранного критерия прочности он обязательно должен учитывать именно максимальные

напряжения, возникающие в зонах ЛКН (локальной концентрации напряжений). Поскольку наличие ЛКН может быть причиной выхода детали из строя, то качественное и количественное определение степени концентрации всегда важным и актуальным вопросом.

Сравнение и обобщение большого числа разработанных методов решения связанных задач термоупругости позволяет говорить о серьезных математических трудностях, вызванных учетом взаимосвязи тепловых и механических полей, что побуждает к поиску новые и совершенствованию существующих методов решения граничных задач связанной термоупругости.

На основе существующих математических аналогий в механике деформируемого твердого тела, разработанных ранее и изложенных в научных трудах отечественных и зарубежных авторов [1-4], рассматривается численное решение задачи динамической термоупругой деформации составных тел, сечение которых содержит сингулярные точки.

Результаты экспериментальных исследований [1] показывают, что наиболее уязвимыми в плане прочности участками составных областей являются границы соединений составных частей области, обладающие различными термомеханическими свойствами.

Аналитические расчёты и численное моделирование показывают, что распределение напряжений в неоднородном сечении подтверждает результаты исследования распределения энергии [5].

Рассмотрены аналогичные сечения с наплавками при $\delta_2 = 0,17$ для сочетания материалов Ti-Pb-Ti и Pb-Ti-Pb. Сечение представляет собой прямоугольную область G с «жёсткими»/«мягкими» наплавками (рис. 1). На найденных 15-ти собственных частотах проанализируем распределение напряжений и, соответственно, проявление эффектов граничного и краевого резонанса.

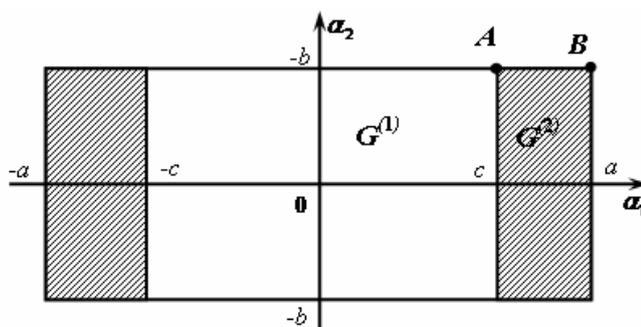


Рис. 1 Исследуемая область G

На интенсивность и локализацию и, часто, ПЛО (параметры локальной особенности) напряжений существенное влияние оказывает сочетание материалов.

Для области с сочетанием материалов Ti-Pb-Ti (с «жесткими» наплавками) интенсивность напряжений гораздо выше на границах области при приближении к угловой точке В, что обосновывает выраженный краевой резонанс. Так на рис. 2 изображено распределение напряжений σ_x вдоль верхней границы сечения $(x; \eta)$ для восьмой собственной частоты (часть области G , расположенная в 1-ой координатной четверти). Очевидно, что σ_x принимает максимальное значение в точке В.

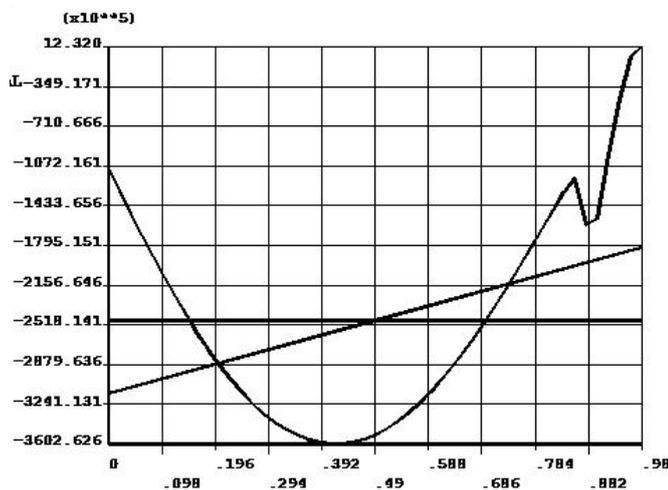


Рис. 2 Графическая зависимость значений σ_x для 8-ой собственной частоты ($L = 3,25$), (Ti-Pb-Ti)

Рассматривая сечение Pb-Ti-Pb (с «мягкими» внешними наплавками), отметим, что интенсивность напряжений гораздо выше на границе раздела центральной «мягкой» и более «жесткой» области – наплавки, особенно при

приближении к точке А, что обосновывает выраженный граничный резонанс. Подтверждением данного факта можно считать данные рис. 3-4, на которых изображено распределение напряжений σ_x вдоль границы стыка двух различных материалов для девятой, десятой и двенадцатой собственных частот. Очевидно, что σ_x принимает максимальное значение в точке А. Причём, данное явление наблюдается практически на всех частотах в большей или меньшей степени.

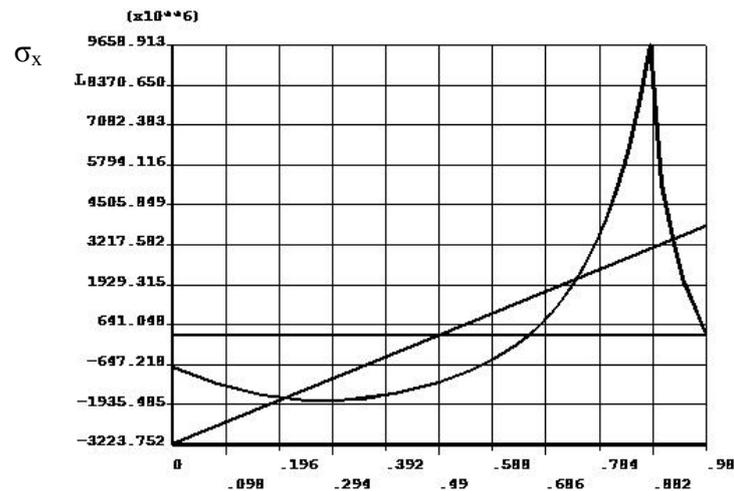


Рис. 3 Графическая зависимость значений σ_x для 9-ой собственной частоты ($L = 3,25$), (Pb-Ti-Pb)

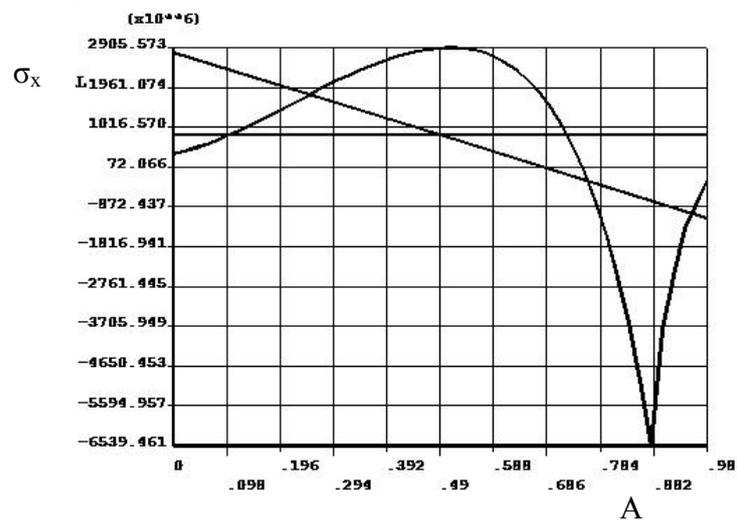


Рис. 4 Графическая зависимость значений σ_x для 10-ой собственной частоты ($L = 3,25$), (Pb-Ti-Pb)

Уровень σ_y поперечных напряжений изменяется аналогично уровню продольных, однако уровень σ_y значительно ниже уровня σ_x на соответствующих частотах.

Таким образом, интенсивность локальной концентрации напряжений в особых точках сечения напрямую зависит от размера площади сечения, занимаемой более «жестким» материалом. В случае, если узкие наплавки более «мягкие», то имеем признаки граничного резонанса, если же «жесткие» – слабо выраженный краевой резонанс.

Таким образом, анализ влияния сочетаний материалов и размеров наплавки на интенсивность тонких динамических эффектов в условиях динамических и температурных нагрузок на элементы конструкций, позволяет оптимизировать их геометрические параметры сечения с целью улучшения прочностных характеристик неоднородных деталей. В частности, проведенные исследования могут стать основой для разработки практических рекомендаций по снижению уровня термоупругих напряжений в элементах машиностроительных конструкций.

Литература:

1. Белоконь А.В. Об одном методе решения задач теории упругости для тел конечных размеров // Докл. АН СССР. – 1977. – Т. 233. – №1. – С. 56-59.
2. Вовк Л.П., Кисіль К.С. Розв'язання крайових задач термопружних областей з негладкою границею. // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2009. – Том 14. – №4. – С.176-180.
3. Вовк Л.П., Кисель Е.С. Асимптотический метод исследования краевых задач теории термоупругости в областях с негладкой границей. – Материалы X-й Международной научно-практической конференции «Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике». – 26 февраля 2010г. – Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ). – 2010. – С.4-6.
4. Соболев Б.В., Вовк Л.П., Кисель Е.С. Обобщение метода суперпозиции решения краевых задач теории термоупругости для тел с нерегулярной границей // «Инновация, экология и ресурсосберегающие технологии на предприятиях машиностроения, авиастроения, транспорта и сельского

хозяйства» Труды IX Международной научно-технической конференции.
– Ростов н/Д: ИЦ ДГТУ, 2010 – С. 465-469.

5. Кисіль К.С., Граков И.С. Анализ распределения энергии в особых областях прямоугольного сечения для разных форм колебаний. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2013». – Выпуск 2. Том 2. Одесса: Черноморье, 2013.

Статья отправлена: 10.12.2013г.

© Вовк Л.П., Кисель Е.С., Матвеев В.А.