**моделирование остаточного напряжённо-деформированного состояния упрочнённых деталей методом термоупругости**

Вакулюк В.С., Сазанов В.П., Каранаева О.В., Микушев Н.Н.

Самара, Россия

Необратимые линейные изменения тела при пластической деформации имеют много общего с температурной деформацией, так как связаны с изменениями объёма. Использование связи первоначальных деформаций с термоупругостью материала позволяет применять современные расчётные комплексы, реализующие метод конечных элементов в форме перемещений, при решении задач о распределениях остаточных напряжений в поверхностно упрочнённых деталях сложной формы.

В исследовании проведено сравнение результатов решения задачи по расчёту остаточных напряжений в сплошном цилиндре с постоянной первоначальной изотропной объёмной деформацией в поверхностном слое аналитическим [1] и численным методами. Для решения задачи численным методом был использован расчётный комплекс PATRAN \ NASTRAN [2]. Установлено, что оба метода дают одинаковые результаты, то есть метод термоупругости вполне может применяться для моделирования распределения остаточных напряжений в поверхностно упрочнённых деталях.

Применение метода термоупругости при конечно-элементном моделировании позволяет значительно расширить возможности исследования и практического определения распределения остаточных напряжений в деталях сложной геометрической формы, подвергаемых поверхностному пластическому деформированию совместно с образцами-свидетелями. Предлагаемый метод исследования основан на известном в теории и практике остаточных напряжений положении о том, что обрабатываемые методами ППД деталь и образец-свидетель простой формы, имеющий по отношению к детали определённые соотношения геометрических размеров, получают одинаковые первоначальные деформации.

На основании проведённого исследования предложен следующий порядок решения задач о распределении остаточных напряжений в поверхностно упрочнённой детали (совместно с образцом-свидетелем):

– определение распределения остаточных напряжений по толщине упрочнённого слоя для образца-свидетеля (механическим способом):

– определение на конечно-элементной модели образца-свидетеля первоначальных деформаций в виде температурных расширений по направлениям осей системы координат (при известном соотношении между их компонентами для данного технологического процесса упрочнения);

– расчёт распределения остаточных напряжений на конечно-элементной модели детали по полученным первоначальным деформациям.

Полученные данным методом результаты расчётов распределения остаточных напряжений в поверхностно упрочнённой детали позволяют в дальнейшем решить следующие важные задачи:

– прогнозирования приращения предела выносливости за счёт упрочнения [4];

– выбора наиболее оптимальных режимов технологического процесса упрочнения.

*Литература*

1. *И.А. Биргер. Остаточные напряжения. М.: Машгиз. 1963, 232 с.*
2. *В.Ф. Павлов, А.К. Столяров, В.С. Вакулюк, В.А. Кирпичёв. Расчёт остаточных напряжений в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям. Самара: Изд-во СНЦ РАН. 2008, 124 с.*
3. *В.П. Сазанов, А.В. Чирков, В.А. Самойлов, Ю.С. Ларионова. Моделирование перераспределения остаточных напряжений в упрочнённых цилиндрических образцах при опережающем поверхностном пластическом деформировании. Вестник СГАУ. 2011, №3 (27), Ч. 3, с. 171 – 174.*
4. *В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.С. Вакулюк. Прогнозирование сопротивления усталости упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. Самара: Изд-во СНЦ РАН. 2012, 125 с.*