

**МЕТОДИКА И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ СКВОЗНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМООБРАБОТКИ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ В СОСТАВЕ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ**

А. В. Лемзиков, С. П. Кундас, С. Н. Мельников

*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Минск
Международный государственный экологический университет
им. А. Д. Сахарова, Минск*

Моделирование поведения термически обработанной детали в условиях нагрузки в составе сборочной единицы представляет значительный практический интерес, т.к. позволяет определить влияние режимов обработки на надежность полученной конструкции. Применение компьютерного моделирования при выборе указанных режимов термической обработки позволяет сократить затраты ресурсов на проведении натуральных экспериментов, повысить качество получаемой продукции.

Авторами предложена методика, позволяющая осуществить сквозное моделирование процессов эксплуатации деталей в составе сборочных единиц с учетом результатов термической обработки, а также разработаны для этих целей соответствующие программные средства.

Методика включает анализ процесса закалки деталей в разработанном авторами программном комплексе ThermoSim 2 [1] с последующей передачей данных и моделированием процесса эксплуатации сборочной единицы в программном комплексе LS-DYNA. Так как при этом используются разные программные средства, то требуется перенести распределение напряженно-деформированного состояния, полученное путем моделирования закалки с использованием тетраэдральной конечно-элементной сетки (сетка А), на конечно-элементную сетку, состоящую из восьмиугольных элементов (сетка Б).

Предложена методика переноса результатов, которая состоит из следующих этапов:

1. В случае необходимости производится достроение сетки А на основании информации о симметрии исследуемой детали.
2. С использованием опорных точек производится совмещение конечно-элементных сеток А и Б в пространстве.

3. Для каждого узла сетки Б производится интерполяция компонентов тензора напряжений по значениям узлов сетки А.

4. Полученные значения тензора напряжений используются в качестве начального напряженного состояния при моделировании механической задачи.

Алгоритм, реализующий указанную методику, разработан в рамках программного комплекса ThermoSim 2. Исследование предложенного подхода осуществлялось путем моделирования процесса закалки и эксплуатации сателлита главной пары автобуса МАЗ [2].

На первом этапе моделирования была получена трехмерная модель исследуемой системы (рис. 1). В рамках исследования изучалось влияние процесса закалки только на сателлит главной передачи.

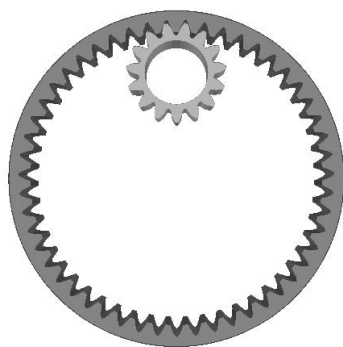


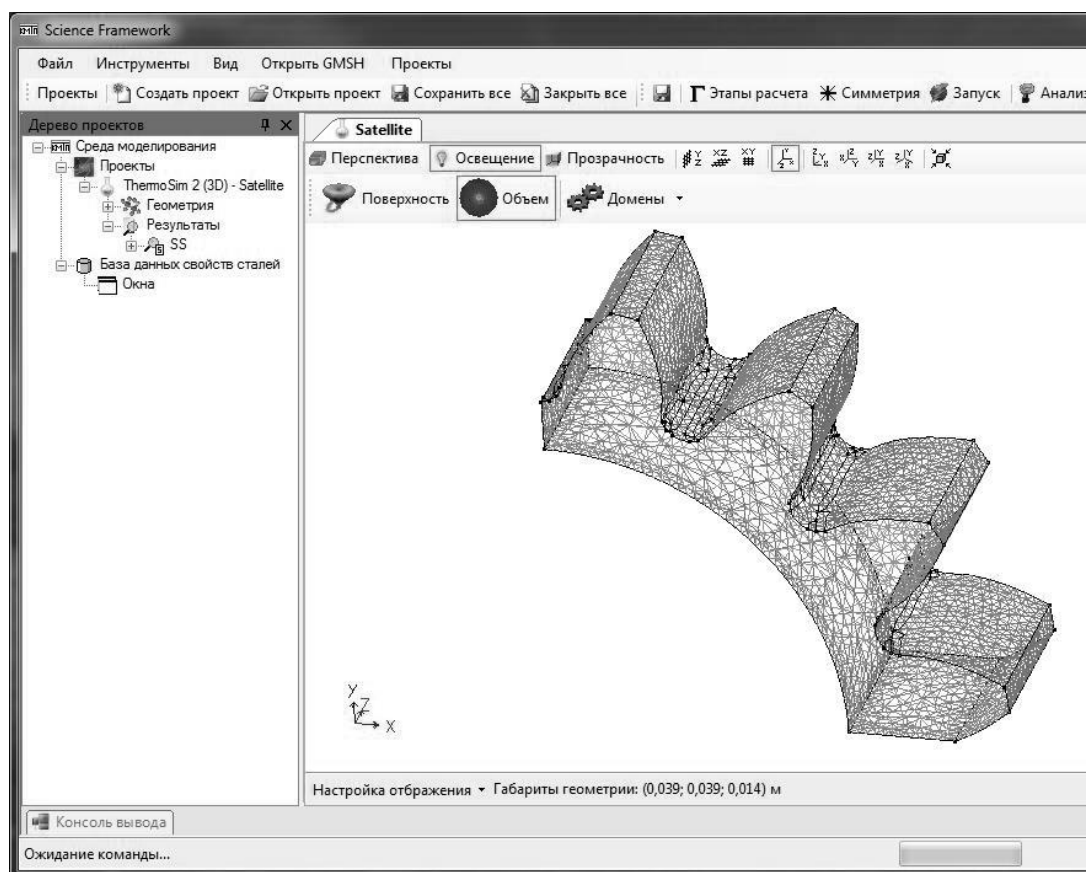
Рис. 1. Трехмерная модель исследуемой системы

Для моделирования закалки в программном комплексе ThermoSim была построена (рис. 2, а) конечно-элементная модель (в качестве конечных элементов выступали тетраэдры). В результате решения трехмерной совместной тепловой и НДС задачи были получены распределения компонент тензора напряжений в детали (рис. 2, б, в).

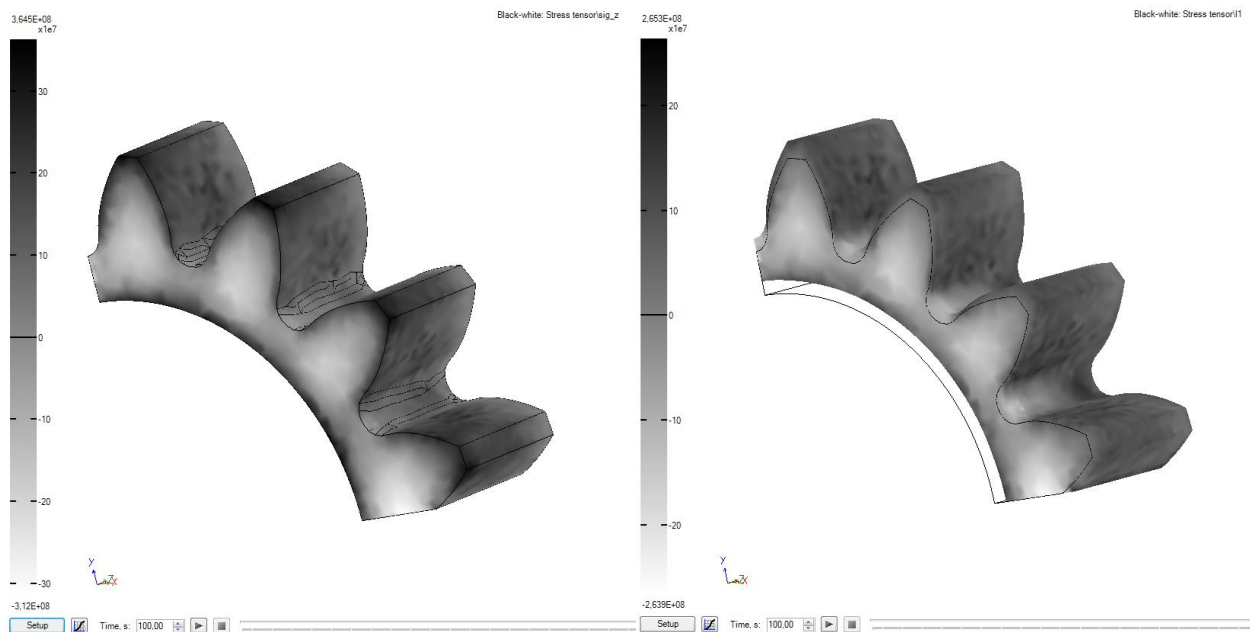
Для сокращения вычислительной сложности использовалась восьмая часть полной геометрии детали с учетом граничных условий симметрии (тепловой поток через плоскости симметрии равен нулю).

Полученное распределение компонент тензора напряжений переносилось на полную конечно-элементную сетку, состоящую из восьмиугольных (HEX) элементов для последующего использования в качестве начальных условий при моделировании контактной задачи в программном комплексе LS-DYNA.

В процессе решения контактной задачи было получено распределение напряжений и деформаций в сателлите, учитывающее начальное напряженно-деформированное состояние (рис. 3).



a



б

в

Рис. 2. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния:
a – исходная конечно-элементная сетка; *б* – *Z*-компонента тензора напряжений;
в – II инвариант тензора напряжений и деформация (x10)

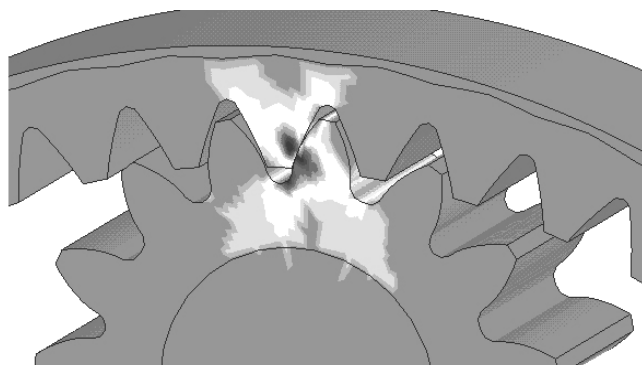


Рис. 3. Распределение напряжений после моделирования контактной задачи в LS-DYNA

В результате исследования было определено, что предложенный подход и разработанные программные средства позволяют решать поставленную задачу – осуществлять сквозное моделирование процессов закалки и последующей эксплуатации стальных деталей.

Литература

1. Кундас, С.П. Применение компьютерного моделирования для оптимизации процессов индукционной закалки / С.П. Кундас, А.В. Лемзиков, Д.Г. Иванов // Вестник БрГТУ. Сер. Машиностроение. – 2007. – № 4. – С. 10 – 13.
2. Моделирование закалки шестерен главной пары автомобилей МАЗ / А.В. Лемзиков [и др.] // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: материалы 10-й Междунар. научно-техн. конф., Минск, 12 – 14 сент. 2012 г. – С. 273 – 275.

УДК 621.892

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МОДИФИКАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В. А. Струк, Е. В. Овчинников, Г. А. Костюкович, П. С. Сластенов,
Е. И. Эйсымонт**

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы», Гродно
ОАО «Белкард», Гродно*

Эффективность функционирования современного машиностроительного комплекса в значительной мере определяется применением энерго-, ресурсосберегающих материалов и технологий. К числу таких материалов