

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАКАЛКИ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь*

Введение. Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов термообработки металлических изделий различных отраслей техники связано с большими трудностями, ввиду большого количества влияющих факторов и необходимости применения разрушающих методов контроля. Поэтому наиболее часто исследование и диагностика технологических процессов термообработки проводится методом "проб и ошибок", что требует больших материальных и временных затрат [1]. В этой связи одним из эффективных направлений решения данной проблемы является применение методов компьютерного моделирования, с помощью которых возможно получение максимального объема информации об изучаемом процессе при минимуме дорогостоящих экспериментальных исследований [2 - 5]. Наиболее перспективным при решении выше перечисленных задач является применение математических моделей, построенных на основе метода конечных элементов (МКЭ). Преимущества МКЭ заключается в том, что он позволяет рассчитывать детали сложной и неправильной формы с детализацией наиболее критичных мест изделия путем увеличения количества элементов разбиения в этих местах и довольно прост в реализации на ЭВМ. Однако большинство программных комплексов (NASTRAN, ANSYS, MARC, DEFORM и др.) успешно используют данный метод, являются универсальными, не учитывают множество особенностей процессов термообработки, и отличаются сложностью в практическом применении.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы было создание оригинальных математических моделей и программных средств, учитывающих релаксационные процессы при термообработке с достаточно простым и удобным для практического использования интерфейсом.

Комплексная математическая модель процессов термообработки. Разработана на основе законов термодинамики, теплопереноса, механики сплошных сред и теории фазовых превращений [2, 3]. Модель предусматривает взаимосвязанное описание теплофизических и динамических процессов, протекающих при термообработке изделий и определяющих температурные поля, поля напряжений и деформаций и твердость с учетом релаксации напряжений за счет пластических деформаций, образования трещин и фазовых превращений. Кроме этого был принят принцип геометрического соответствия модели реальной детали, т. е. использование трехмерного моделирования.

Программный комплекс. Разработанный программный комплекс (рис. 1) состоит из препроцессора, процессора, постпроцессора (рис. 2), а также внешней базы данных (БД) свойств материалов основных марок сталей (рис. 3).

Как видно из рис. 1. ПРЕПРОЦЕССОР выполняет следующие функции:

- построение геометрии модели (импорт графических файлов, проверка замкнутости поверхностей, разбивка на конечные элементы (КЭ) по поверхности и объему с заданием количества элементов, проверка правильной ориентации нормалей к КЭ);
- задание или ввод из базы данных (БД) механических, теплофизических и межфазных свойств материалов и термокинетических диаграмм (ТКД) с использованием экспертной системы на базе нейроаппроксимаций);
- задание начальных и граничных условий (температурные и механические);

- задание условий процесса (общее количество инкрементов, номер периодически сохраняемого инкремента, общее время процесса);
- запуск расчета (проверка правильности построения КЭ модели, визуализация хода расчета (мониторинг) и сообщение об ошибках).

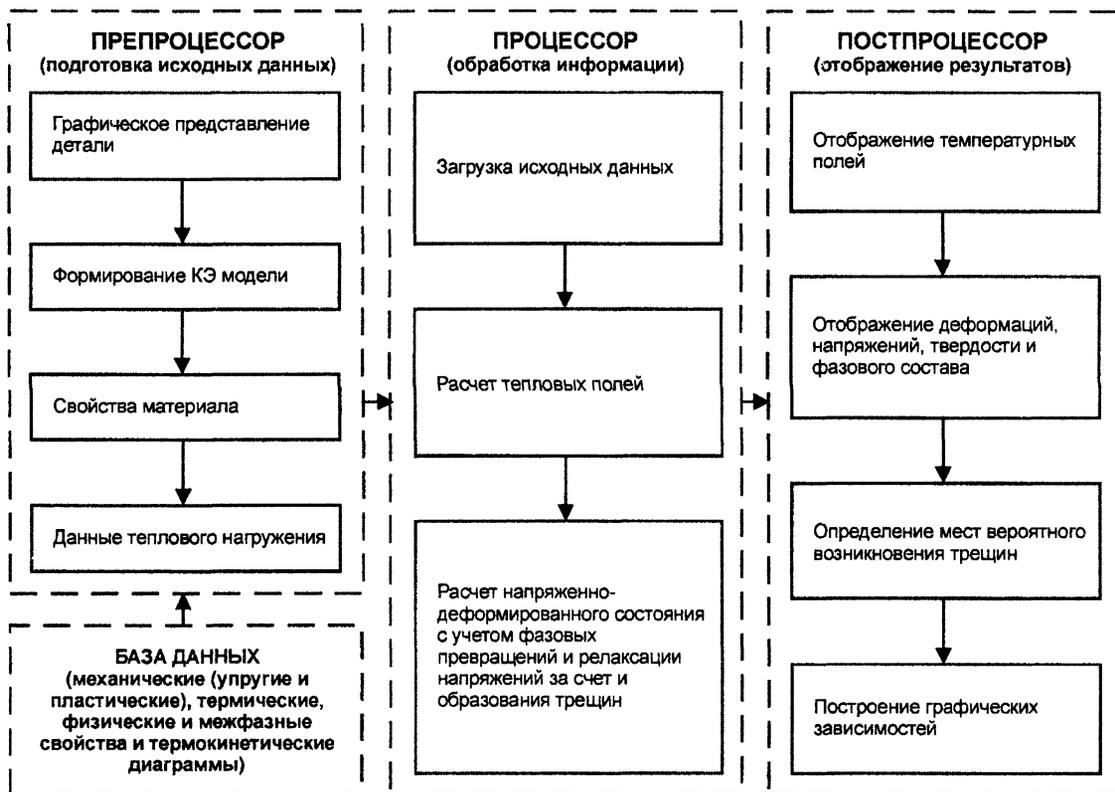


Рис. 1. Укрупненная структура программного комплекса

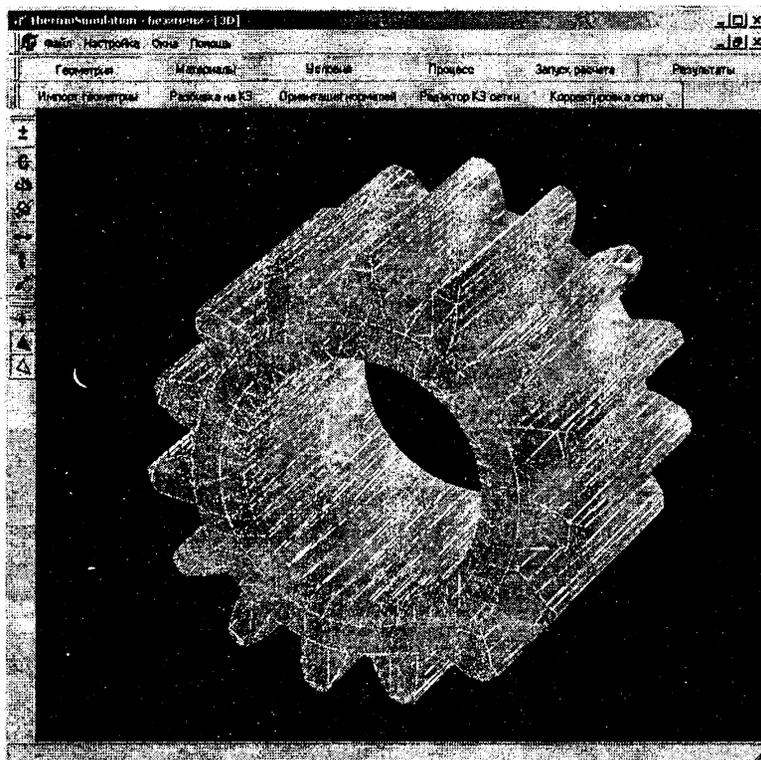


Рис. 1.3. Интерфейс пре- и постпроцессора

ПОСТПРОЦЕССОР обеспечивает:

- отображение и манипулирование результатами расчета (история и распределение температур, деформаций, напряжений, фазового состава и твердости).
- ПРОЦЕССОР (расчетное ядро программного комплекса) осуществляет:
- загрузку исходных данных для расчета (препроцессорного файла определенного формата данных);
 - расчет тепловых полей (решение уравнения теплопроводности методом конечных элементов с определенными начальными и граничными условиями). При этом учитываются фазовые превращения, происходящие в материале, путем аппроксимации ТКД.

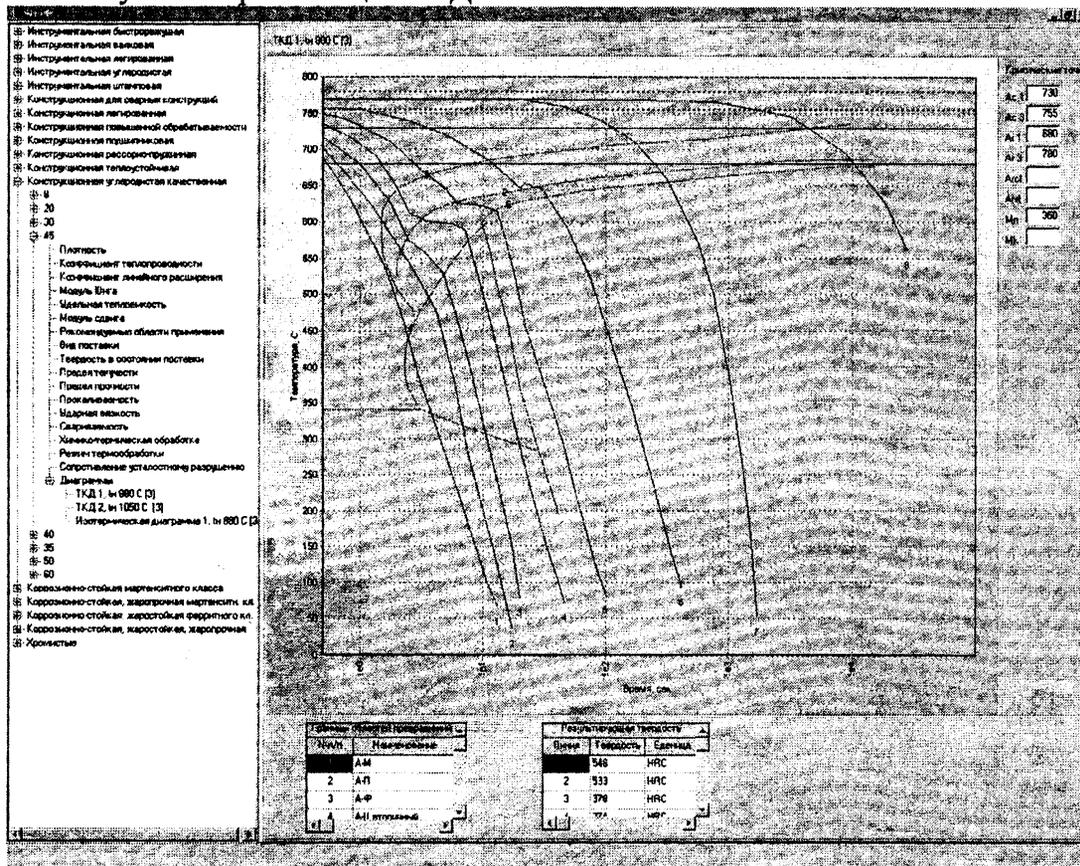


Рис. 3. Интерфейс программной оболочки для наполнения и просмотра БД

- расчет напряженно-деформированного состояния (расчет деформаций и напряжений, вызванных изменением температуры и фазового состава). Учитывается релаксация напряжений за счет пластичности и трещинообразования. Расчет пластичности реализован на основании уравнений пластичности Мизеса.
- расчет фазового состава и твердости (аппроксимация экспериментальных данных в зависимости от скорости изменения температуры).

БД обеспечивает доступ к численным значениям характеристик как в режиме справочника в диалоге с пользователем, так и по запросу из прикладной программы.

БД работает под управлением сервера баз данных InterBase фирмы Borland, который обеспечивает эффективное хранение и многопользовательский доступ к данным. Важным достоинством InterBase является наличие типа данных BLOB (Binary Large Object – большой двоичный объект), который очень эффективен при хранении больших массивов числовых данных, таких как границы областей фазовых превращений и линии кривых охлаждения на изотермических и термокинетических диаграммах распада переохлажденного аустенита.

Программа для наполнения и редактирования БД разработана в среде программирования Borland C++ Builder. Разработка осуществлялась совместно с институтом тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАНБ.

В качестве источников для наполнения БД использовались существующие стандарты, а также справочная литература [6].

Прекомпилятор и посткомпилятор разработаны в среде программирования Borland Delphi и представляет собой единое программное средство. Borland Delphi была выбрана по причине удобства создания графических интерфейсных приложений и взаимодействия с InterBase. Процессор разработан в среде программирования Microsoft Visual C++ и представляет в свою очередь помимо вычислительного ядра набор различных вспомогательных функциональных модулей. Microsoft Visual C++ была выбрана по причине оптимальности компилятора с точки зрения скорости выполнения кода.

В настоящее время осуществляется отладка программных средств и экспериментальная верификация разработанных моделей. Внедрение разработки планируется на Минском автомобильном заводе в 1 квартале 2003 г. Данная работа проводится по заданию ГНТП "Приборы, средства измерений и техническая диагностика".

Литература. 1. Гурченко П. С. Упрочнение при индукционном нагреве и управляемом охлаждении. – Г.: ИММФ НАНБ, 1999. – 236 с., ил. 2. Компьютерное моделирование технологических систем: Учеб. пособие / С. П. Кундас, Т. А. Кашко. В 2 ч. Ч. 1. – Мн.: БГУИР, 2002. – 168 с.: ил. 3. Кундас С. П., Юршевич Ю. Ф., Лемзиков А. В., Тонконогов Б. А. Компьютерное моделирование и диагностика процессов закалки / Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: Сб. науч. трудов. // Под ред. Астапчика С. А., Витязя П. А. – Минск, Технопринт, ПГУ, 2001. – с. 511 - 515. 4. Кундас С. П., Юршевич Ю. Ф., Тонконогов Б. А. Комплексная модель процессов термообработки // Известия Белорусской инженерной академии, 2001. №1(11)/3. С.184–186. 5. Кундас С. П., Юршевич Ю. Ф., Буйкевич Г. Л., Тонконогов Б. А. Моделирование процессов термообработки с учетом релаксации напряжений // Известия Белорусской инженерной академии, 2001. №1(11)/2.

УДК 519:527:669.27

О.И. Чичко, С.Г. Лихоузов

О КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕЧЕНИЯ РАСПЛАВА В ТРЕХМЕРНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Современные компьютерные методы моделирования находят все более широкое применение в промышленных технологиях литейного производства. В частности, одной из наиболее сложных проблем является моделирование течения расплава в песчано-глинистых формах. Эта проблема связана со сложной пространственной конфигурацией литниковых систем, которая определяет скоростные и температурные потоки металла. В БНТУ разрабатывается компьютерная система «ПроЛит», позволяющая моделировать процессы течения расплавов в сложных пространственных структурах. [1, 2]

Математическое ядро системы «ПроЛит» основано на клеточно-автоматных принципах моделирования, включающих дифференциальные уравнения Навье-Стокса, Фурье-Киргофа, уравнение неразрывности, уравнение состояния. В настоящее время