

## Современные программные средства, применяемые для проектирования процессов термообработки

Студент гр.104213 Малинкович В.А.  
Научный руководитель – Мельниченко В.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

**Целью данной работы** являлся анализ программных средства компьютерного проектирования, применяемых в машиностроении и возможность их применения для процессов термической обработки металлов и сплавов.

**В ходе работы** был проведен обзор наиболее популярных систем компьютерного проектирования отечественной и зарубежной разработки. Наиболее доскональному анализу были подвергнуты CAE (Computer Aided Engineering) системы проектирования, как наиболее подходящие для прикладного применения при проектировании процессов термообработки.

CAE-системы автоматизированного анализа и оптимизации технологических процессов, позволяющие подобрать материал в зависимости от требуемых свойств и спрогнозировать свойства в зависимости от обработки материала. Примерами данных систем являются: SYSWELD, MSIT Workplace, ПроТерм, Dynamic Designer, PartAdviser, MSC. NASTRAN, ANSYS, MSC. MARC, THERMOSIM и другие.

Полезность анализируемых программных комплексов оценивалась по следующим критериям:

1. Функциональные возможности применения.
2. Требуемая подготовка системы для работы.
3. Требуемая подготовка специалиста для работы с системой.
4. Сопоставимость финансовых затрат с полезным эффектом от использования системы.

При анализе CAE систем, как универсальных, так и специализированных, наибольший интерес вызвали среди универсальных систем - система ANSYS, среди специализированных - система THERMOSIM.

Отличительными особенностями ANSYS являются высокая универсальность, то есть возможность моделирования различных физических процессов и явлений и открытость, то есть модифицируемость и дополняемость. ANSYS позволяет решать задачи прочности, теплофизики, гидрогазодинамики, электромагнетизма совместно с расчетом усталостных характеристик и процедурами оптимизации. Более того, путем использования в программе специализированных конечных элементов, имеющих помимо перемещений и поворотов в узлах также и степени свободы по температуре, напряжению и так далее и переключения типа элемента (например, с электромагнитного на прочностной) реализованы большие возможности проведения связанного анализа.

Широкие возможности представляются также препроцессором. На разработанной модели пользователь может удалять несущественные мелкие детали, достраивать определенные детали, проводить сгущение / разрежение сетки и другие важнейшие операции, без которых, порой, дальнейшее решение будет совершенно некорректно или вообще не сможет быть достигнуто. Построение поверхностной, твердотельной и каркасной геометрии и внесение изменений осуществляется средствами собственного геометрического моделиера.

Описанный подход объединяет преимущества обоих методов и позволяет численно моделировать процессы формирования материалов, анализа аварийных столкновений и ударов при конечных деформациях, нелинейном поведении материала и контактном взаимодействии большого числа тел. С использованием этой функции перехода могут быть решены задачи динамического поведения предварительно напряженных конструкций и задачи исследования разгрузки конструкций, подвергнутых большим деформациям.

Следует отметить, что ANSYS – единственная конечно-элементная система с таким полным охватом явлений различной физической природы: прочность, теплофизика, гидрогазодинамика и электромагнетизм с возможностью решения связанных задач, объединяющих все перечисленные виды.

Однако, для решения задач термообработки требуется создание дополнительных моделей и написание подпрограмм пользователя, учитывающих кинетику фазовых превращений и расчет твердости. ANSYS также не содержит сведений о фазовых составляющих сталей и сплавов. Данная задача решается, но весьма трудоемка. Также проблемой является стоимость лицензионного программного комплекса, которая находится порядка 20 000 у.е.

Программный комплекс THERMOSIM, разработанный БГУИР (Минск) предназначен для моделирования процессов термообработки деталей сложной конфигурации и диагностики технологических процессов термообработки деталей приборо- и машиностроения. В результате расчета пользователь получает распределения полей: температур, фазового состава, деформаций, напряжений, твердости. Наибольший интерес данный программный комплекс представляет по той причине, что при прочих равных возможностях обладает удобным интерфейсом и приемлемой стоимостью.

По распределению напряжений можно судить о превышении пределов текучести и прочности и, как следствие, возможности образования трещин.

Основное назначение (функция) программного комплекса заключается в оптимизации технологического процесса термообработки с целью:

- избежания появления трещин в результате превышения пределов текучести и прочности;
- экономии электроэнергии на предприятии путем определения минимального;
- времени закалки, необходимого для достижения заданных свойств закаливаемой детали.

Оптимизация технологического процесса термообработки для заданного материала заключается в оптимизации картины распределения напряжений путем корректировки режима термообработки (определенных начальных параметров):

- температуры нагрева;
- скорости охлаждения (среды охлаждения);
- термокинетической диаграммы для определенного химического состава и т. д.

Пользователь также имеет возможность сделать вывод о необходимости изменения геометрии модели детали с целью избежания концентраторов напряжений (острых кромок, резких переходов из большого объема в малый, просечек и т. д.).

**В результате работы** были проанализированы наиболее применяемые системы САЕ проектирования, рассмотрены возможности и условия их применения. В рамках ознакомления с программным комплексом Thermosim был смоделирован процесс термической обработки детали валшестерни изготовленной из стали 45 и подвергнутой закалке с температуры 850 градусов Цельсия в воду с температурой 20 градусов Цельсия, что, после сравнения с лабораторными данными, дало возможность говорить о высокой адекватности получаемых результатов.