

УДК 519.6:621.9

РАЗРАБОТКА ПРЕПРОЦЕССОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНООБРАБОТКИ В САЕ СИСТЕМЕ LS-DYNA

© 2014 А.Р. Гисметулин, И.В. Горбунов, И.В. Ефременков

Ульяновский государственный университет

Поступила в редакцию 04.09.2014

Статья посвящена повышению эффективности моделирования механической обработки резанием с помощью специализированного препроцессора, обеспечивающего автоматизированное построение модели.

Ключевые слова: *механическая обработка, численные методы, САЕ системы, LS-DYNA, гидродинамика сглаженных частиц, специализированный препроцессор*

Эффективность проектирования технологического процесса механической обработки можно повысить, используя моделирование процессов резания в пакетах программ для инженерных расчётов (САЕ системах). Большинство САЕ систем являются универсальными и не имеют в своём составе специальных шаблонов для моделирования механообработки. Создание таких шаблонов и инструментов для проектирования технологического процесса позволит получать данные о деформациях, напряжениях, температуре, распределении величин сил резания в зоне обработки.

В рамках проведенных исследований был создан программный инструмент, предназначенный для инженеров-технологов, который на основе вводимых параметров технологического процесса и математического моделирования позволяет получать результаты прочностного анализа, температуру в зоне обработки и другие показатели физических процессов, сопровождающих процесс резания, для оптимизации механической обработки.

САЕ системы состоят из 3-х компонентов: препроцессора, решателя, постпроцессора. В некоторых пакетах препроцессор и решатель обмениваются информацией о модели с помощью специальных файлов. Эта особенность позволила создать специализированный препроцессор, направленный на разработку моделей процесса резания.

Гисметулин Альберт Растемович, кандидат технических наук, доцент кафедры математического моделирования технических систем, директор научно-исследовательского центра CALS-технологий. E-mail: gismetulinar@yandex.ru

*Горбунов Игорь Вадимович, аспирант
Ефременков Иван Валерьевич, аспирант*

Процесс моделирования операций механообработки представляет собой решение термомеханической задачи стружкообразования. На основе исследований, проведенных сотрудниками центра CALS-технологий Ульяновского государственного университета [1] в качестве информационной среды моделирования была выбрана САЕ система LS-DYNA. В соответствии с опытом зарубежных коллег [2] в качестве численного метода, описывающего деформирование и разрушение заготовки в процессе обработки, был выбран гидродинамический метод сглаженных частиц (SPH). С учётом особенностей данного метода, предложенных методик и используемого решателя процесс создания модели стружкообразования был проведен в несколько этапов:

1. Создание и разбиение режущего инструмента (режущего клина) на конечные элементы и призматической заготовки на сглаженные частицы.

2. Задание материалов. В качестве модели материала инструмента была предложена модель RIGID. Его особенность состоит в том, что модель режущего инструмента в таком случае считается абсолютно жёсткой и не реагирует на какие-либо нагрузки. В расчётах, в которых анализируется поведение заготовки и стружки в зоне резания, использование такой модели даст преимущества в снижении затрат процессорного времени. Для заготовки была использована модель PLASTIC_KINEMATIC. Это распространённый тип материала, используемый для моделирования деформаций изотропных тел по методу Купера-Саймондса.

3. Задание перемещения инструмента и фиксации (лишение всех степеней свободы) заготовки. В модели резания заготовка фиксируется по

поверхности, соответствующей установочной базе, а движение инструмента принимается равномерным.

4. Задание контактного взаимодействия. В качестве контактного взаимодействия в процессе резания был использован тип CONTACT_AUTOMATIC_NODES_TO_SURFACE.

Это односторонний тип контакта, в котором только узлы slave-элемента (заготовки) проверяются на проникновение в master-элемент (режущий инструмент).

5. Задание настроек решателя (настройки контроля энергии, возникающей в процессе расчёта, поведения SPH элементов, времени выполнения решения, времени шага вычисления и т. д.).

6. Задание настроек вывода (настройка обновления выходных файлов, интервала записи бинарных значений, формата выводимых данных и т. д.).

Мы видим, что такая модель обладает большим количеством различных параметров (граничные условия заготовки, перемещение инструмента, контактное взаимодействие тел, настройки решателя и т. д.). В то же время набор этих параметров ограничен, и их выбор не зависит от вида механической обработки или начальных условий. Для создания модели по алгоритму, описанному выше препроцессор должен соответствовать следующим требованиям:

а) препроцессор должен создавать тело режущего инструмента из конечных элементов, а тело заготовки – из сглаженных частиц;

б) режущий инструмент и заготовка должны быть однозначно спозиционированы относительно друг друга;

в) на инструмент должно накладываться одностороннее движение;

г) заготовка должна быть зафиксирована;

д) между телами заготовки и режущего инструмента должно быть создано контактное взаимодействие;

е) моделям режущего инструмента и заготовки должны соответствовать определенные типы материалов.

Препроцессор для моделирования процессов резания позволяет создавать упрощённую термомеханическую модель стружкообразования на основе параметров инструмента, заготовки и условий обработки. Препроцессор представляет собой Windows приложение (рис. 1), написанное в среде Visual Studio 2012 на языке C#.NET. Выбранный язык обладает широкими возможностями в объектно-ориентированном программировании и в создании программ для многопроцессорных и распределённых систем. Препроцессор предназначен для создания входных данных решателя LS-DYNA с целью моделирования процесса стружкообразования.

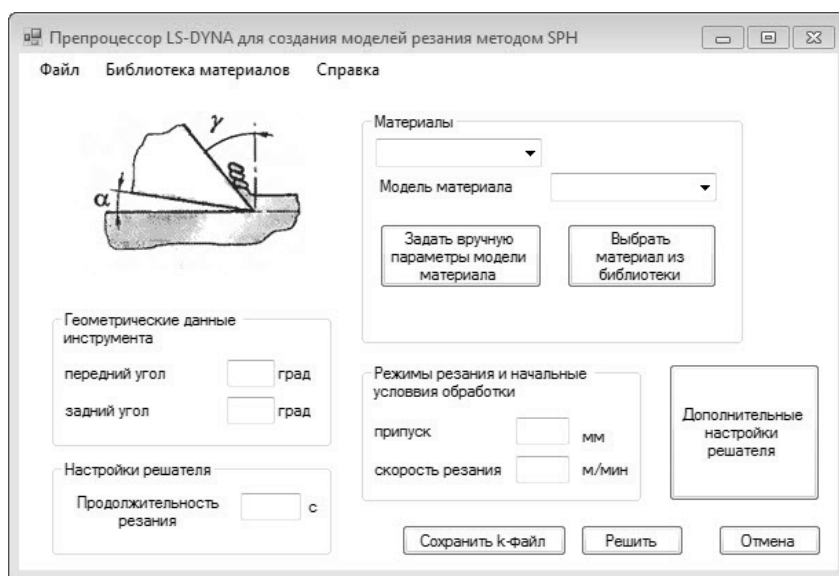


Рис. 1. Интерфейс препроцессора

Использование данного препроцессора в моделировании операций механообработки даёт следующие преимущества:

а) меньшее количество вводимых данных (пользователь вводит только те входные данные, которые меняются в зависимости от выбора

геометрических параметров режущего инструмента, материалов, режимов резания и др.);

б) технологическая направленность вводимых данных (пользователю не обязательно знать специфику решателя, способы задания граничных условий);

в) возможность создания и использования библиотеки материалов (пользователь может создавать и сохранять модели материалов со всеми физическими и химическими свойствами для использования в других моделях);

г) простота и удобность использования (для использования программы не обязательно обладать знаниями в области математического моделирования);

д) сокращение времени на процесс моделирования (большая часть параметров модели создаётся по умолчанию или выводится автоматически из введённых данных).

Эти преимущества достигаются за счёт следующих функциональных возможностей препроцессора:

а) создание режущего клина по величинам переднего и заднего углов;

б) создание и разбиение модели заготовки на SPH-частицы;

в) автоматическое создание контакта между поверхностью режущего клина и телом заготовки;

г) автоматическое формирование граничных условий неподвижности заготовки;

д) задание припуска и скорости движения инструмента;

е) возможность использования и редактирования библиотеки материалов;

ж) задание времени решения модели;

з) автоматическое создание необходимых настроек решателя;

и) экспорт созданного k-файла;

к) запуск решения созданной модели в LS-DYNA.

Препроцессор позволяет создавать модели резания в полуавтоматическом режиме. Пользователь вводит только данные по режимам обработки, геометрическим и физическим данным инструмента и заготовки. Также существует возможность автоматически создавать серию моделей, отличающихся друг от друга некоторыми входными параметрами. Если определить выходной критерий в моделях в качестве показателя эффективности процесса обработки, существует возможность создания средства оптимизации технологических параметров.

Моделирование физических процессов, сопровождающих резание материалов, является трудоёмкой вычислительной задачей. При этом распараллеливание процессов моделирования также не даёт существенного уменьшения времени из-за влияния каждого этапа расчёта в модели на последующие. Предложенная система оптимизации позволит эффективно распараллеливать вычисления – распараллеливаться будет не одна модель, а серия моделей – по модели на

каждое ядро процессора, процессор или вычислительный модуль. Это позволяет существенно сократить общее время решения моделей.

Существенное влияние на физику процесса резания оказывает геометрия режущего инструмента. Так как инструмент имеет сложную геометрию, создание его твердотельной модели требует высокой профессиональной подготовки [3] и применения отдельных CAD программ. Возникает актуальная задача автоматизации этого процесса для моделирования сложных видов обработки – сверления, фрезерования, нарезания резьбы. Была разработана методика автоматизированного создания твердотельной модели режущего инструмента, реализованная не пример спирального сверла в CAE системе ANSYS. В основе методики лежит параметризация модели средствами языка программирования Python в составе ANSYS.

Начальные данные вводятся в соответствующие ячейки заранее подготовленной таблицы в программе Excel (рис. 2). После ввода необходимых параметров, макрос, написанный на языке Visual Basic, запускает в фоновом режиме ANSYS для построения трёхмерной модели режущего инструмента по заданным параметрам. Была реализована и обратная связь – после решения модели в поле выходных параметров отображаются значения, которые берутся по завершению расчёта из программы Ansys.

Вводимые параметры сверла		
Угол 2φ	118	градусы
Диаметр сверла	10	мм
Длина сверла	140	мм
Задний угол	9	градусы
Угол подъема винтовой канавки	30	градусы
Выходные параметры		
Verification	0,000	
Создать		

Рис. 2. Форма с заполняемыми полями в Excel

Математическая формулировка построения сверла основывается на вводимых пользователем основных геометрических параметрах в таблицу: диаметр, задний угол, значение угла 2φ и другие. После запуска макрокоманды Excel генерирует командный скрипт – файл, содержащий в себе код на языке программирования Python, в который переносятся все введённые в форму значения. Файл содержит математические зависимости и системы уравнений необходимые

для построения эскиза поперечного сечения сверла [4] (рис. 3) на основе введенных параметров.

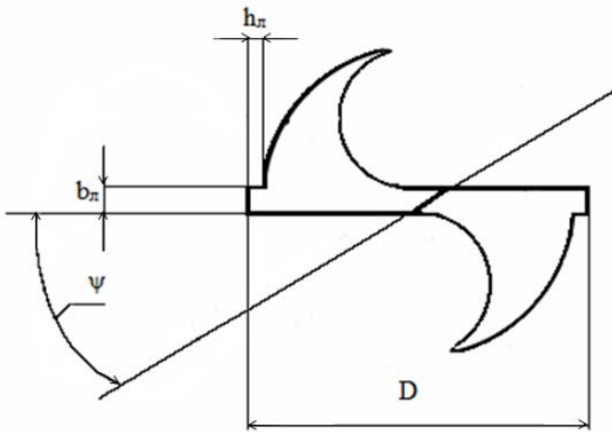


Рис. 3. Эскиз поперечного сечения сверла

Эскиз поперечного сечения сверла проектируется на основе постоянного обмена значениями между модулем Geometry в Ansys Workbench и программным кодом Python. Процесс построения осуществляется на основе алгоритма взаимодействия трёх составляющих: Excel, Ansys Workbench и программный код Python (рис. 4).

Весь алгоритм моделирования режущего инструмента состоит из последовательно выполняемых процессов, каждый из которых имеет схожую структуру алгоритма с построением эскиза поперечного сечения (рис. 5). В командном скрипте описан код замещения, который превращает эскиз в трёхмерную модель с помощью функции Sweep. На этом завершается пакет команд для модуля Geometry.

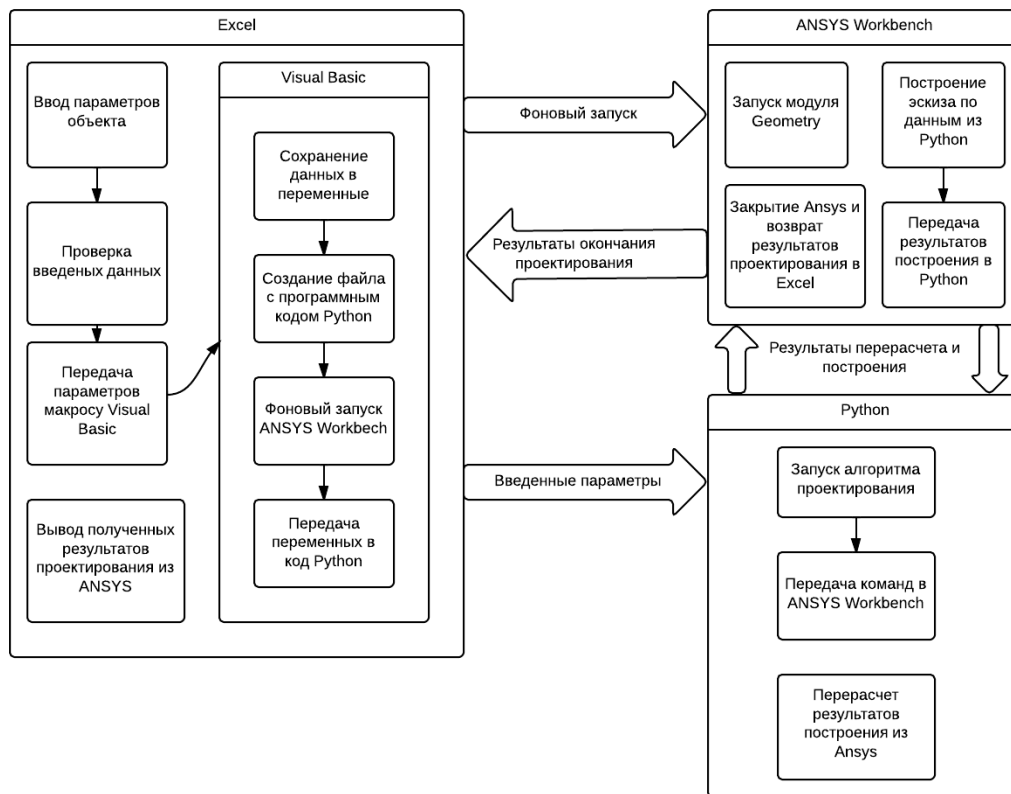


Рис. 4. Алгоритм проектирования эскиза поперечного сечения сверла



Рис. 5. Блок-схема алгоритма построения модели сверла

Выводы: представленный препроцессор позволяет создавать модели процесса стружкообразования для решателя LS-DYNA и даёт возможность подбирать оптимальные режимы резания, геометрию инструмента и другие условия механической обработки. С помощью данного средства и представленных методик можно создать программный комплекс на основе CAE системы для проектирования и автоматизации процесса технологической подготовки производства. С одной стороны такой инструмент будет обладать возможностью моделирования процесса механообработки и его оптимизации. С другой стороны будет адаптирован для производства – будет простым в освоении и использовании для инженеров-технологов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Горбунов, И.В. Особенности моделирования процессов механической обработки в CAE-системах / И.В. Горбунов, И.В. Ефременков, В.Л. Леонтьев, А.Р. Гисметулин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 4(4). С. 846-853.
2. Chieragatti, R. Modelling high speed machining with the sph method / R. Chieragatti, C. Espinosa, J.L. Lacome et al. // 10-th International LS-DYNA Users Conference.
3. Радзевич, С.П. Формообразование поверхностей деталей. Основы теории. Монография – К.: Растан, 2001. 592 с.
4. Гисметулин, А.Р. Проектирование режущего инструмента: методические указания / А.Р. Гисметулин, А.С. Кондратьева. – Ульяновск: УлГУ, 2003. 47 с.

DEVELOPMENT THE PREPROCESSOR FOR MACHINING SIMULATION IN CAE SYSTEM LS-DYNA

© 2014 A.R. Gismetulin, I.V. Gorbunov, I.V. Efremenkov

Ulyanovsk State University

The work is dedicated to increasing the effectiveness of machining simulation using a specialized preprocessor providing automated model formation.

Keywords: *machining, numerical methods, CAE systems, LS-DYNA, smoothed particle hydrodynamics, specialized preprocessor*

Albert Gismetulin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Technical Systems Mathematical Modeling Department, Director of the Scientific Research Center of CALS-technologies. E-mail: gismetulinar@yandex.ru
Igor Gorbunov, Post-graduate Student
Ivan Efremenkov, Post-graduate Student