

Илюшкин М.В., Марковцев В.А., Баранов А.С.

## Применение программы инженерного анализа ANSYS/LS-DYNA для моделирования процессов металлообработки

АО “Ульяновский НИИТ”, базовая кафедра “Технологии ЗПП” УлГТУ

Программа ANSYS/LS-DYNA предназначена для моделирования различных динамических процессов. Широкое применение программа нашла при анализе процессов удара, столкновения, а также при разработке процессов механообработки и обработки металлов давлением.

Применение программы можно рассмотреть на примере подготовки и выполнения расчетов при разработке нового гибочного инструмента для изготовления гнутого профиля (рис. 1).

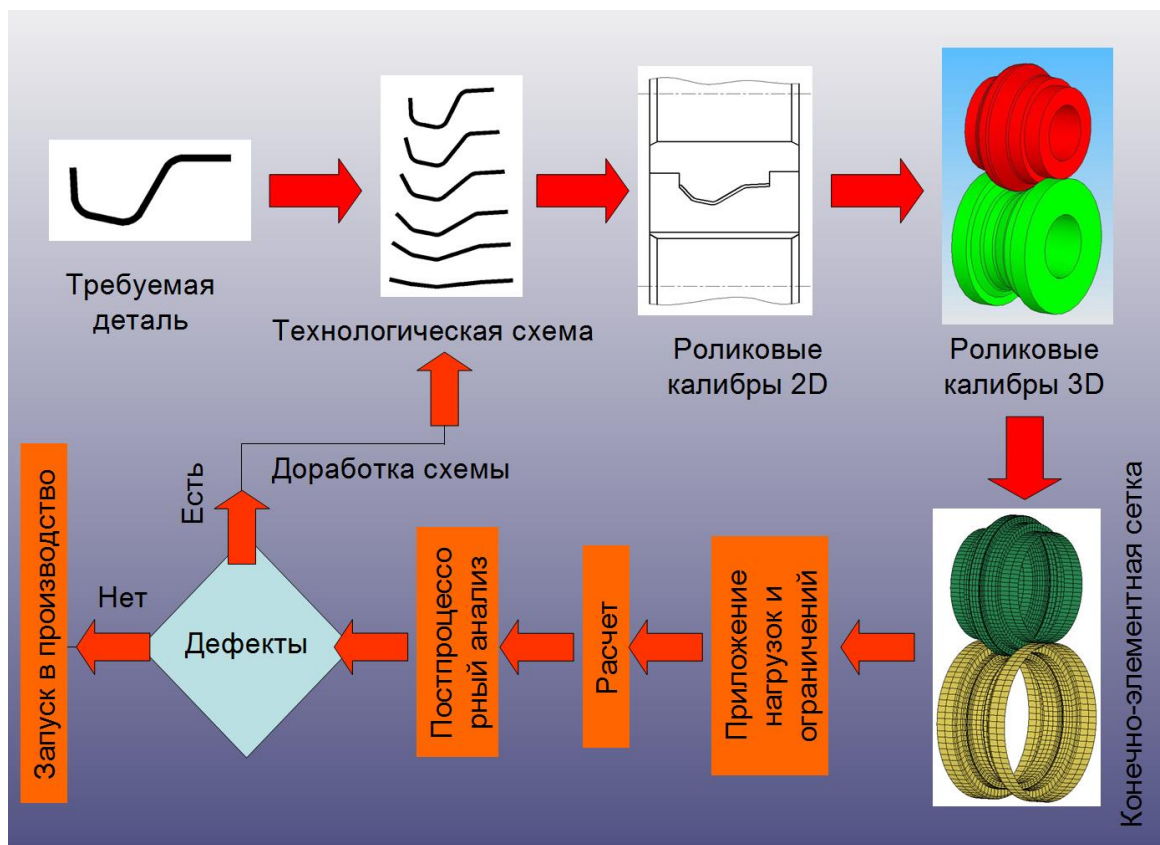


Рис. 1. Этапы подготовки и выполнения расчетов при разработке нового гибочного инструмента

Вначале по заданному чертежу детали разрабатывается технологическая схема, после этого разрабатывается инструмент в 2D или 3D видах. Далее наносится конечно-элементная сетка, прикладываются нагрузки и вводятся все необходимые параметры для выполнения моделирования. После этого производится сам расчет. По окончании расчета выполняется постпроцессорный анализ. Преимущество компьютерного моделирования в том, что программа покажет в виртуальной модели то, как это было бы при выполнении реального практического эксперимента. В случае возникновения при моделировании дефектов, или несоответствие заданному чертежу производят корректировку технологической схемы, формы формирующих роликов или режимов обработки, после чего все этапы расчета повторяют. Количество этих расчетов может быть достаточно большим, и в результате получается бездефектный технологический процесс и технологическая оснастка, удовлетворяющая заданным параметрам.

Программу ANSYS/LS-DYNA широко применяют при моделировании процессов механообработки и ОМД [2]. Это процессы точения, сверления, фрезерования, шлифования, а также практически все процессы обработки металлов давлением.

На рис. 2 представлены результаты моделирования процесса точения стальной заготовки. Были получены результаты по напряженно-деформированному состоянию, как самой заготовки, так и инструмента, форма отхода и энергосиловые параметры процесса. При исследовании данного процесса были использованы различные методы конечно-элементного моделирования: лагранжевый метод (FEM), метод гидродинамических частиц (SPH), метод Галеркина (EFG) и эйлеровый метод (ALE). Используемая упруго-пластическая модель позволила с достаточной точностью учесть пластическую составляющую металла, а также тепловые и скоростные эффекты. Кроме этого модель позволила учесть накопление поврежденности и разрушения элементов модели по различным критериям.

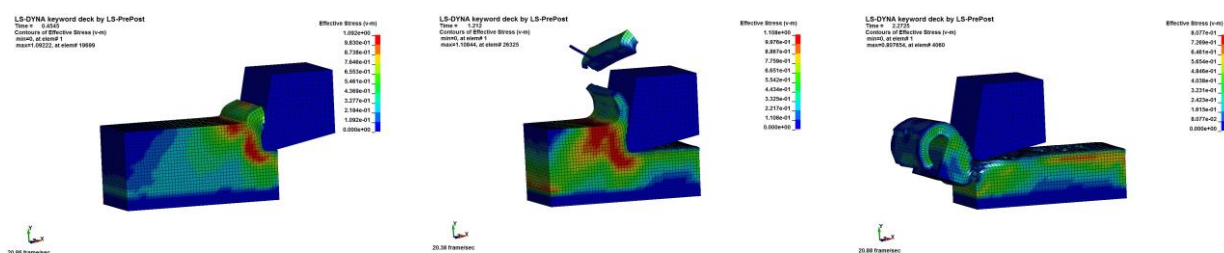


Рис. 2. Результаты моделирования процесса точения

Моделирование позволяет с достаточной точностью предсказать поведение металла при обработке резанием [3], а выбор рационального метода моделирования (FEM, SPG, EFG, ALE) связан со сложностью модели и требуемой точности решения.

В АО “Ульяновский НИАТ” и на кафедре “Технологии ЗПП” также исследовались процессы сверления (рис. 3) и фрезерования (рис. 4). Исследования позволили определить напряженно-деформированное состояние по заготовке, форму отхода, нагрев заготовки. Кроме стандартных стальных и титановых материалов также исследовались слоистые композиты. При этом основной вопрос был связан с подбором режимов сверления для отсутствия деламинации слоев композита. В настоящее время на кафедре ведутся работы по доработке когезионной модели слоистого композита, позволяющей более точно моделировать данный процесс. Кроме того, когезионная модель материала позволяет моделировать и различного вида высокопрочные и деформируемые покрытия на листовых материалах и инструменте, как для процессов механообработки, так и ОМД.

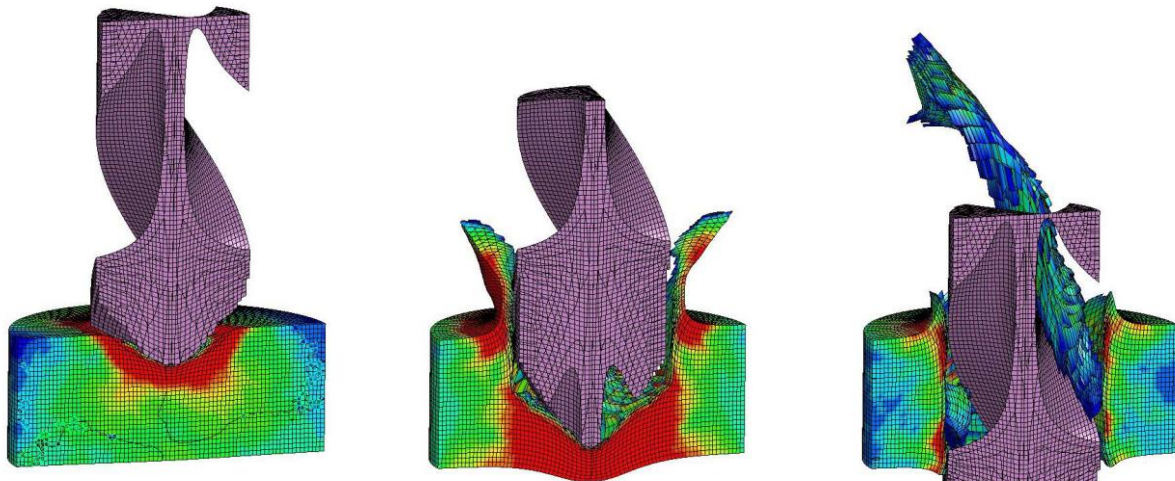


Рис. 3. Результаты моделирования процесса сверления

Адекватность результатов моделирования подтверждается практически и теоретическими исследованиями, при условии применения в программе всех необходимых параметров и точных моделей материала заготовки. Для этого проводят необходимые испытания материала.

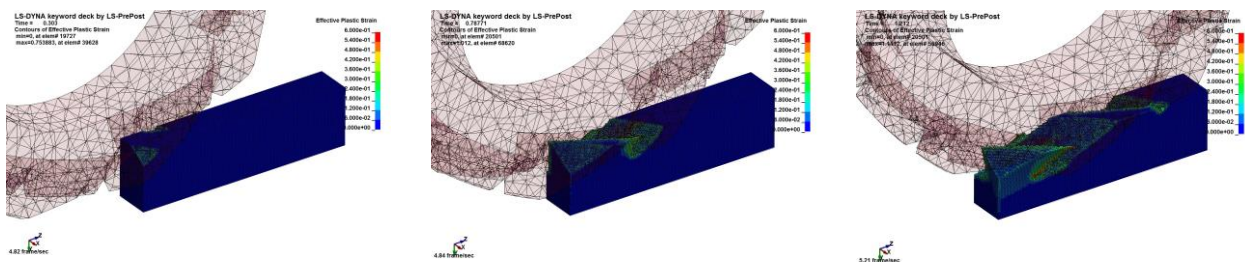


Рис. 4. Результаты моделирования процесса фрезерования

В программе были проведены научные исследования различных процессов обработки металлов давлением. К новому процессу обработки листовых материалов можно отнести процесс формования изделия методом Incremental sheet forming (ISF) (рис. 5) который представляет собой серию небольших деформаций посредством воздействия шарообразного наконечника. Использование данного метода позволяет получать листовые изделия больших размеров из

различных материалов. Моделирование позволяет выявить технологические режимы изготовления деталей данным методом и, таким образом, сократить время на выпуск данного изделия.

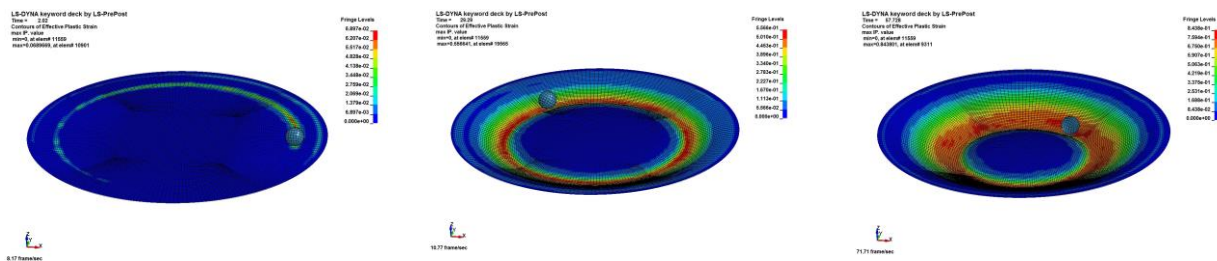


Рис. 5. Результаты моделирования процесса изготовления конусной детали методом ISF

На АО “Ульяновский НИАТ” программа LS-DYNA широко применяется для моделирования технологических процессов изготовления гнутых профилей. Моделирование позволяет предсказать поведение листовой заготовки при деформировании в формующих роликах и показать дефекты в случае их возникновения, что позволяет на стадии проектирования скорректировать формующую оснастку для получения качественных профилей. На рис. 6 приведен процесс моделирования профиля швеллерного типа. Для предварительного анализа рассматривались две технологические схемы, с различными углами подгибки [1]. Цель данных исследований - выбор схемы обеспечивающей равномерные усилия подгибки, минимальные продольные деформации по краям полок профиля, с целью предотвращения возникновения дефекта кромковой волнистости.



Рис. 6. Результаты моделирования процесса изготовления гнутого профиля швеллерного типа

Относительно новая, осваиваемая совместно с кафедрой МиОМД УЛГТУ тематика связана с моделированием в программе ANSYS/LS-DYNA объемной холодной и горячей штамповки, а также прессования порошков. Моделирование позволяет находить оптимальные формы технологической оснастки (величины технологических уклонов, радиусов скругления и т.п.), а также параметров материалов заготовки и инструмента, обеспечивающих бездефектный процесс изготовления (рис. 7).

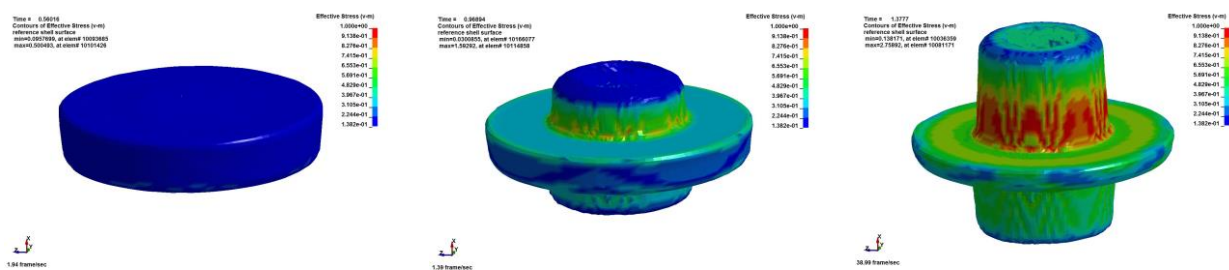


Рис. 7. Результаты моделирования процесса объемной штамповки

Применение программы динамического моделирования ANSYS/LS-DYNA позволяет с большой точностью моделировать процессы металлообработки – процессы ОМД и механообработки, которое позволяет сразу увидеть процесс, как бы он происходил в реальных условиях. В процессе моделирования можно получить все необходимые данные по энергосиловым параметрам и НДС как заготовки так и инструмента. При наличии дефектов их можно увидеть их еще на стадии проектирования технологического процесса. Все это, позволяет на стадии проектирования устранить все возникающие дефекты и, таким образом, разработать рациональный вариант обработки или формообразования деталей.

## Список литературы



1. Илюшкин М.В., Марковцев В.А., Филимонов В.И. Влияние остаточных деформаций на дефект кромковой волнистости полок // Формообразование гнутых профилей: теория и практика. (2013 г.): Сборник научных трудов / под науч. ред. д-ра техн. наук, профессора В.И. Филимонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – с. 35-46.
2. Илюшкин М.В., Моделирование технологических процессов для авиационной промышленности средствами инженерного анализа: ОМД и механообработка // I Всероссийская научно-производственная конференция, приуроченная ко Дню науки (г. Ульяновск, 10 февраля 2016 г.): сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2016. – с. 33-41.
3. Криворучко Д.В. Основы 3D-моделирования процессов механической обработки методом конечных элементов: Учебное пособие/ Д.В. Криворучко, В.О. Залого, В.Г. Корбач. – Сумы: Изд-во СумДУ, 2009. – 208 с.