

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ И
МЕХАНООБРАБОТКИ НА АО “УЛЬЯНОВСКИЙ НИАТ” В
ПРОГРАММЕ ANSYS/LS-DYNA**

Илюшкин М.В.¹, Баранов А.С.²

1 – к.т.н., зам. генерального директора по науке АО “Ульяновский НИАТ”

2 – нач. НИО-110 “Ульяновский НИАТ”

Моделирование процессов давно используется инженерами для изучения технологических процессов изготовления деталей. Моделирование технологических процессов в сфере ОМД и мехнообработки позволяет получить данные необходимые для создания новых высокоэффективных и экономичных технологических процессов.

Моделирование позволяет провести оптимизацию процесса с целью определения наилучших параметров процесса (схем деформирования, режимов обработки и т.п.).

Моделирование процессов формообразования и резки гнутых профилей широко используется на АО “Ульяновский НИАТ”. Для этого на предприятии имеется коммерческая версия программы LS-DYNA, а также проводится тестирование программы ANSYS/LS-DYNA.

При производстве стрингеров и шпангоутов для фюзеляжей летательных аппаратов широко используется метод “Стесненного изгиба”. В программе был исследован процесс формообразования гнутых профилей методом стесненного изгиба (рис. 1), где было изучено НДС в зоне сгиба и предварительно оценены величины утолщения от технологических параметров процесса.

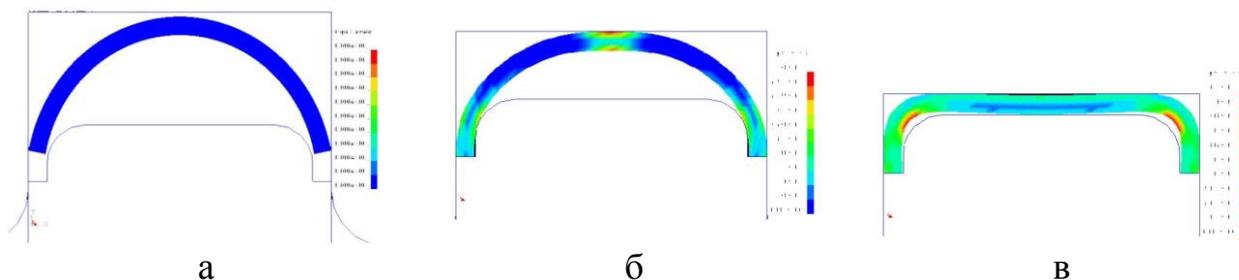


Рис. 1. Этапы формования части профиля Z-образного типа методом стесненного изгиба

Для адекватного моделирования процесса, требуется ввод правильных параметров моделей материала, поэтому для определения этих данных были проведены серии механических испытаний на одноосное растяжение (рис. 2).

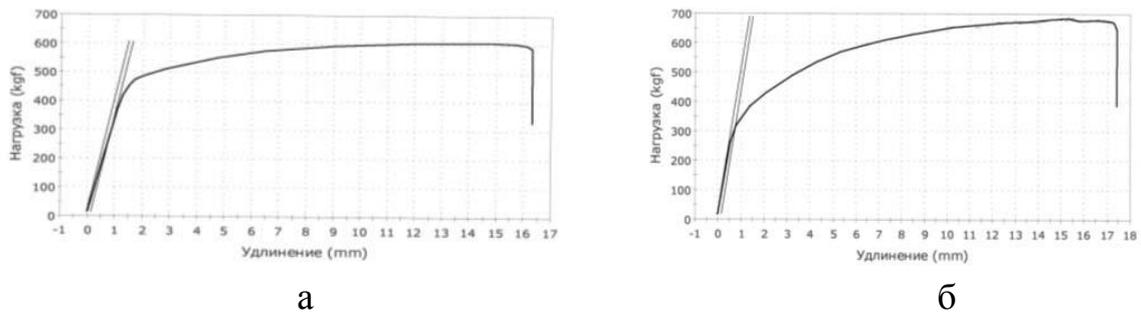


Рис. 2. Диаграммы после механических испытания на растяжение для металлов: а – B95AM, б – B1469

Результаты механических испытаний использовались для моделирования процесса получения профилей стрингер и шпангоут для фюзеляжа самолета МС-21 (рис. 3).

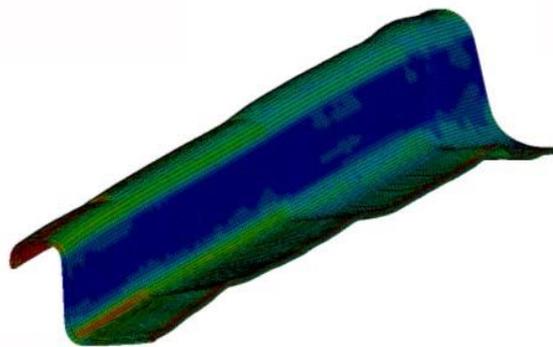


Рис. 3. Моделирование процесса изготовления профиля стрингер

В программе инженерного анализа ANSYS/LS-DYNA было проведено моделирование процесса изготовления профиля шпангоут с различной продольной кривизной. Анализ этих данных позволил установить НДС по сечению профиля, зависимость от величины продольного радиуса и установить критические значения кривизны, при которой возникает дефект кромкой волнистости.



Рис. 4. Моделирование процесса изготовления профиля шпангоут с продольной кривизной

Один из примеров моделирования представлен на рис. 5, где моделируется процесс резки круглой трубы в отрубном штампе. Целью моделирования был поиск рациональной формы ножа, обеспечивающей минимальное усилие резки [1].

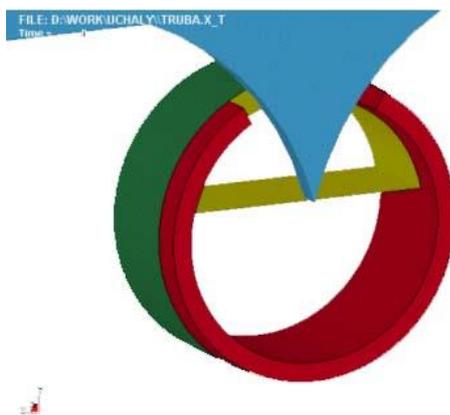


Рис. 5. Моделирование процесса резки круглой трубы в отрубном штампе

Другой пример моделирования представлен на рис. 6, где исследовался процесс формообразования гнутого профиля швеллерообразного типа. Целью моделирования, было в сравнении нескольких схем формообразования и выбор схемы обеспечивающей минимальную аксиальную деформацию по краям полков, превышение которой вызывает неустранимый дефект кромковой волнистости [2].

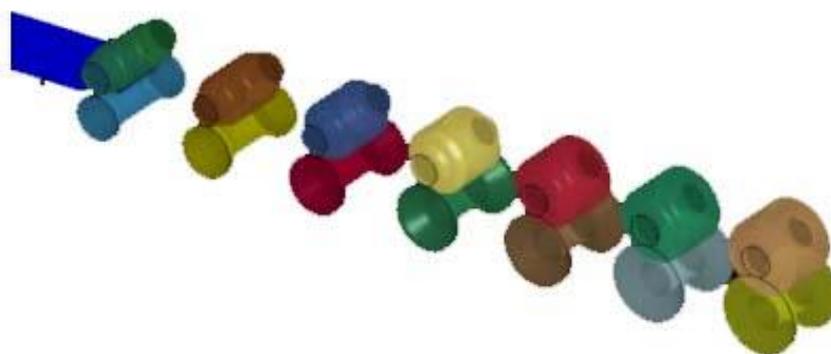


Рис. 6. Моделирование процесса формообразования гнутого профиля швеллерообразного типа

Еще один пример моделирования процесса формообразования гнутого профиля корытообразного типа из оцинкованной стали представлен на рис. 7, где целью было установить величины контактных давлений по уголковым зонам профиля. Превышение предельной величины контактных давлений вызывает сдир покрытия и уменьшение коррозионостойкости таких изделий. В данном моделировании также было рассмотрено несколько технологических схем с различными схемами формообразования радиусов [3].



Рис. 7. Моделирование процесса формообразования гнутого профиля корытообразного типа

Моделирование процессов формообразования несимметричных гнутых профилей позволяет установить величину скрутки гнутого профиля и скорректировать до изготовления реальной оснастки. Кроме этого, было установлено, появление дефекта кромковой волнистости по одной из полок несимметричного профиля (рис. 8), что также было подтверждено практическими исследованиями [4]. Обнаружение этого дефекта позволило еще на стадии проектирования принять меры к его устранению.

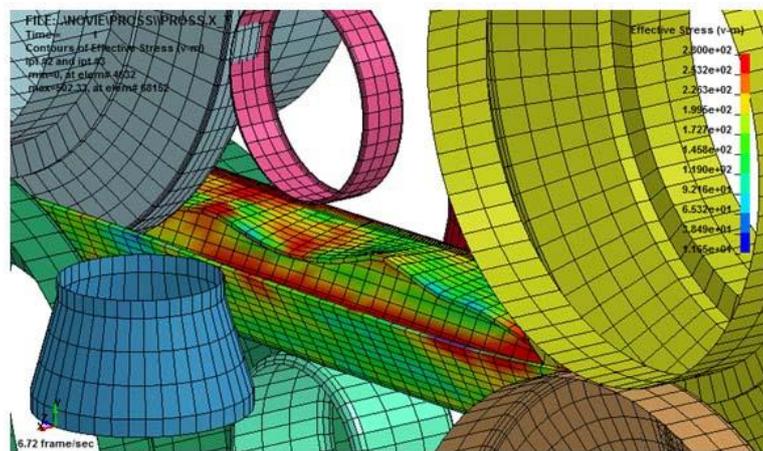


Рис. 8. Дефекты профиля несимметричного типа в процессе моделирования

Результаты моделирования приведенных схем и анализ с практически результатами позволил говорить, что тестируемое в АО “Ульяновский НИАТ” программа динамического анализа ANSYS/LS-DYNA хорошо подходит для исследования схем формообразования гнутых профилей и может быть применена для исследования ответственных процессов, например, для авиационной промышленности.

Также были исследованы другие процессы обработки металлов давлением с применением программы ANSYS/LS-DYNA. К таким исследованиям можно отнести формования изделия методом Incremental sheet forming (ISF),

который представляет собой серию незначительных деформаций посредством наконечника закрепленного в руке робота (ЧПУ). Использование данного метода позволяет получить как прямоугольные, так и конусные изделия из различных, в т.ч. и композиционных материалов. Моделирование позволяет выявить технологические режимы изготовления деталей методом ISF (рис. 9).

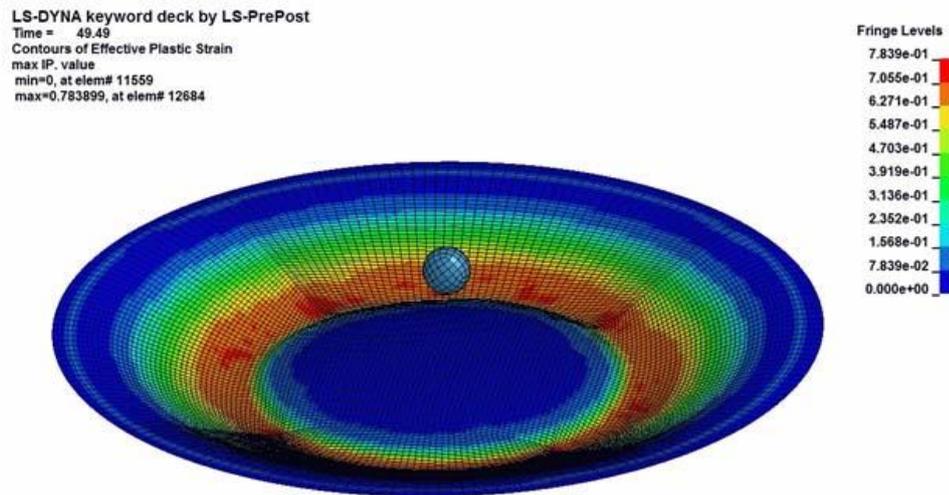


Рис. 9. Моделирование процесса изготовления детали методом ISF

В настоящее время для изучаемых процессов используются как базовый лагранжевый метод, так и более сложные методы: Ейлеровый SPH, EFG и др.

Интересная тематика инженерного анализа – объемная холодная и горячая штамповка. 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. 10).

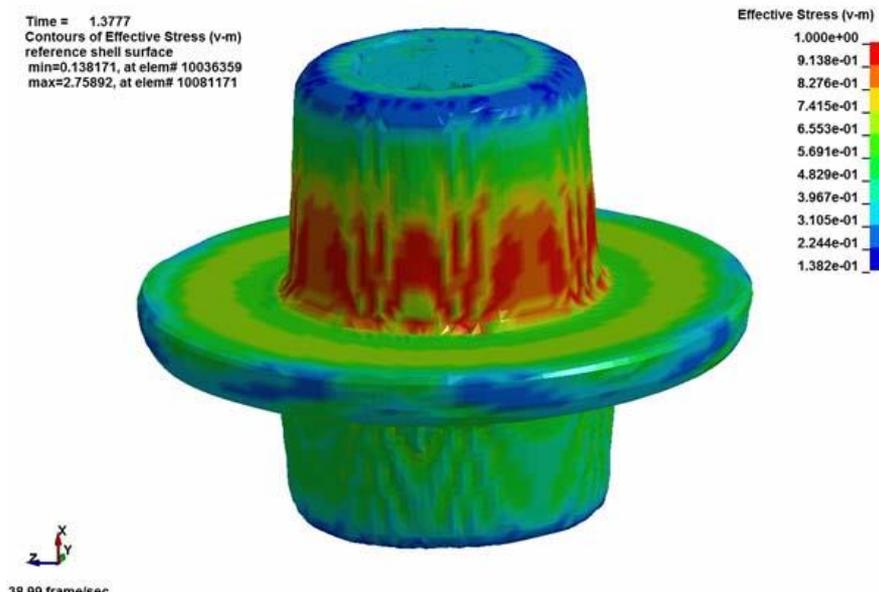


Рис. 10. Моделирование процесса изготовления детали горячей объемной штамповкой

Последнее время все чаще программы инженерного анализа используются и в процессах механообработки.

Программа динамического анализа ANSYS/LS-DYNA позволяет моделировать процессы фрезерования, точения, сверления, шлифования (рис. 11).

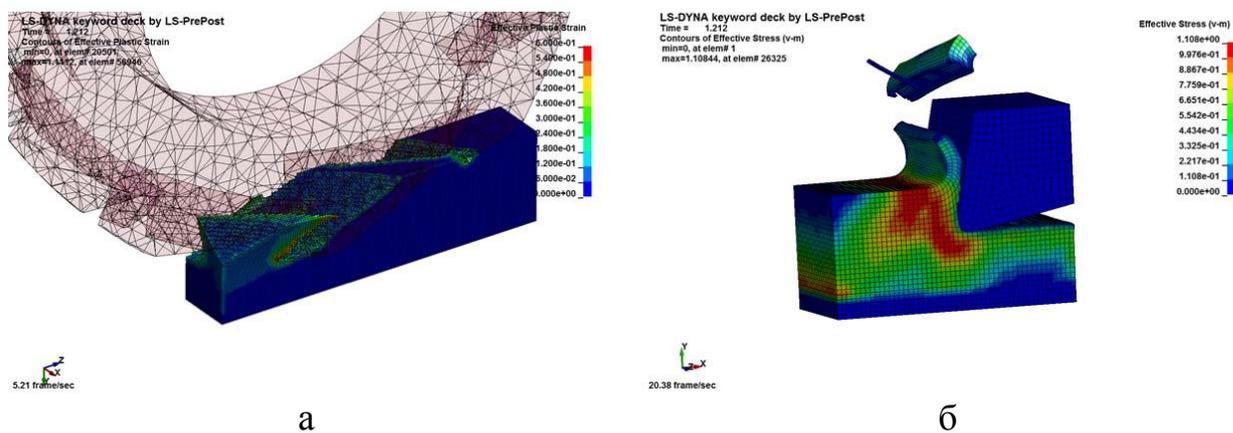


Рис. 11. Примеры моделирования процесса механообработки в программе ANSYS/LS-DYNA: а – фрезерование, б – точение

На кафедре ТЗШП при АО “Ульяновский НИАТ” было проведено тестовое моделирование процессов сверления металлических и композиционных материалов (рис. 12).

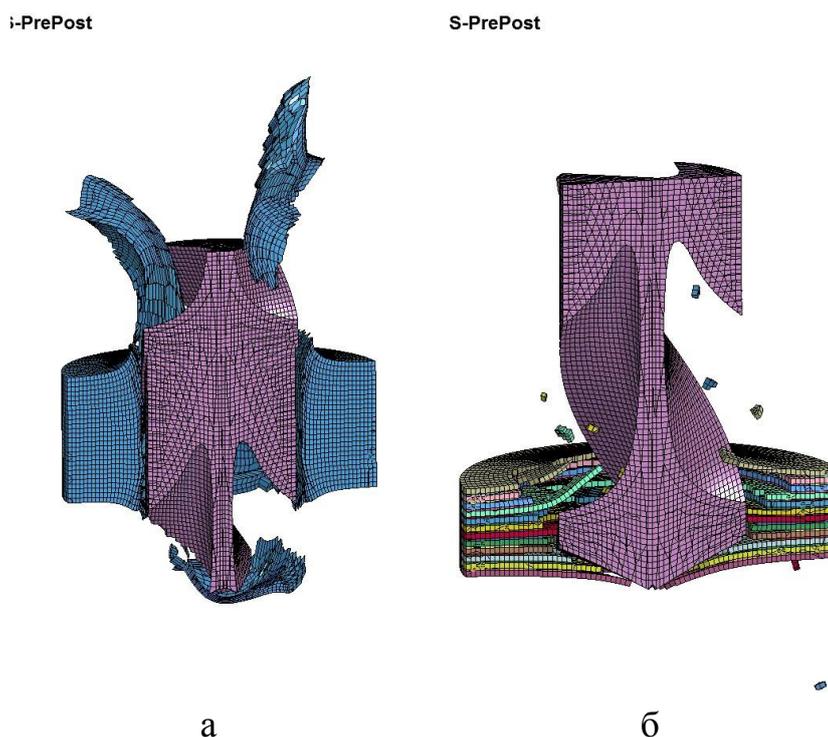


Рис. 12. Этапы моделирования процесса сверления сплава ВТ-6 (а) и композита М21/34%UD194/ИМА (б)

Программа позволяет оценить как величины энергосиловых параметров процесса, так и показать, что будет происходить с материалом при реальном процессе сверления. Все это позволяет использовать программы инженерного анализа для подбора режима сверления (подача, величина оборотов) при которых не будет происходить, к примеру, деламинация слоев композита и осуществляться качественное изготовление отверстий.

Выводы

Тестирование программы ANSYS/LS-DYNA показало преимущества используемого препроцессора ANSYS над препроцессором LS-PREPOST. Использование программы ANSYS WORKBENCH LS-DYNA позволяет значительно быстрее создавать рабочие модели (к файлы) для решателя LS-DYNA и позволяет быстрее и качественнее создавать конечно-элементные сетки для моделей. Среди недостатков можно отметить необходимость ручной “доводки” к-файлов, а также, на данный момент, отсутствия всех необходимых карт, например, при использовании методов отличных от Лагранжевого.

Наилучшим на данный момент считаем использование для стадии подготовки конечно-элементной модели программу ANSYS WORKBENCH LS-DYNA, далее редактирование и добавление необходимых карт через программу LS-PREPOST, запуск расчета в программе LS-DYNA и анализ результатов в программе LS-PREPOST.

Применение средств инженерного анализа, а именно программы ANSYS/LS-DYNA, позволяет с большой точностью моделировать практически все процессы ОМД и основные процессы механообработки, что позволяет сразу увидеть процесс, как бы он происходил в реальных условиях. Моделирование позволяет получить все необходимые данные по НДС и энергосиловым характеристикам процесса.

Библиографический список

1. Илюшкин М.В., Баранов А.С., Марковцев В.А. Отработка процесса рубки толстостенного профиля полузамкнутой формы // Формообразование гнутых профилей: теория и практика. (2012 г.): Сборник научных трудов / под науч. ред. д-ра техн. наук, профессора В.И. Филимонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – с. 75-79.
2. 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.

3. Илюшкин М.В., Марковцев В.А., Баранов А.С. Выбор способа формовки уголковых зон профиля корытного типа в роликах на основе анализа действующих контактных давлений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 12, № 1(2), 2010 – с. 362-365

4. Марковцев В.А., В.И. Филимонов, Илюшкин М.В., Баранов А.С., Волков А.А. Формообразование несимметричных профилей на профилировочных станках // Технология металлов.-2011.-№3.- с. 8-12.