

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ LS-DYNA ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГНУТЫХ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ НА БАЗЕ СТАНКА ГПС

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

ОАО «Ульяновский научно-исследовательский институт авиационной технологии и организации производства, Ульяновск

В статье рассматривается возможность применения математического моделирования для автоматизации процессов изготовления гнутых профилей. Рассматриваются модели перфорации, формовки и отрубки гнутых профилей. Приводится практическое апробирование данных моделей. Рекомендуется применение программы LS-DYNA для моделирования, как отдельных процессов изготовления деталей, так и для их автоматизации.

Ключевые слова: гнутый профиль, математическое моделирование, LS-DYNA.

ВВЕДЕНИЕ

Математическое моделирование процессов формообразования позволяет показать поведение деформируемой заготовки на стадии проектирования технологической или конструкторской оснастки. Однако для полного соответствия с реальным процессом должны быть заданы соответствующие модели материала заготовки, силовые параметры и ограничения. В данном случае математическое моделирование используется для моделирования процессов изготовления гнутых профилей и позволяет визуально показать, что будет происходить с заготовкой при заданной схеме формообразования в калибрах роликовой или штамповочной оснастки. Если в результате моделирования результаты будут не удовлетворительные, то разработчик может изменить предложенную им ранее технологию или конструкцию согласно данным, которые покажет моделирование. Например, если при моделировании будет образовываться дефект кромковой волнистости полок профиля, то технолог должен откорректировать схему формообразования профиля или форму роликовых калибров. Кроме того, программы математического моделирования дают значительный набор различных параметров процесса (например, НДС, контактные и энергетические параметры и т.д.), анализируя которые разработчик более глубоко понимает процессы, происходящие при деформировании материала. На базе этих результатов разработчику легче принимать правильные решения при проектировании рациональной или оптимальной технологической или конструкторской оснастки.

ОАО «Ульяновский НИИТ» при разработке формирующей и штамповочной оснастки для изготовления гнутых профилей использует программу динамического анализа LS-DYNA. Ранее в данной программе были промоделированы как процессы формообразования гнутых профилей, так и различные штамповочные операции. Следующий шаг – это моделирование

в программе LS-DYNA автоматизированных процессов изготовления гнутых профилей.

В настоящее время производители гнутых профилей используют автоматизированные линии на базе различных профилегибочных станков. В ОАО «Ульяновский НИИТ» таким станком является модель ГПС. Кроме профилегибочного станка в линии присутствуют дополнительные устройства такие как: размотчик рулона, устройства перфорации, устройства отрубки, устройства приемки и складирования и др. Моделирование процессов в комплексе с использованием нескольких технологических операций позволит выявить нестыковки между различными устройствами автоматизированной линии и виртуально покажет весь процесс. Поэтому математическое моделирование всего процесса изготовления гнутого профиля в настоящее время является важной и актуальной задачей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Математическое моделирование процессов изготовления гнутых профилей в программе LS-DYNA включают в себя следующие необходимые операции:

- создание 3D модели в программе твердотельного моделирования (Компас 3D, Solid works и т.п.);
- нанесение конечно-элементной сетки с использованием собственного препроцессора LS-PREPOST или любого другого подходящего препроцессора;
- определение силовых параметров, ограничений и т.п.;
- выполнение решения в решателе LS-DYNA;
- анализ выполненного решения (постпроцессорная обработка).

После анализа проведенного моделирования технологи могут откорректировать технологический процесс, а конструкторы роликовую и штамповую оснастку.

В нашем случае модель автоматизированной линии по изготовлению гнутых перфорированных про-

филей необходимой длины включало в себя следующие элементы (рис. 1): заготовку 1, устройство перфорации 2, формующее устройство 3 и устройство отрубki 4, которое имело возможность перемещаться вдоль всей линии, таким образом, моделируя поведение летучего штампа.

Линия работала следующим образом: заготовка 1 проходила через роликовый перфоратор 2, где на ней пробивались отверстия необходимой формы, далее заготовка поступала в формующее устройство 3, где происходила формовка необходимого профиля. Далее профиль поступал в устройство отрубki 4, особенностью которого являлось то, что рубка осуществлялась на ходу, т.е. без остановки движения профиля. Для этого применяли модель летучего штампа: при внедрении ножа отрубного устройства 4 в профиль все устройство начинало движение в направлении перемещения профиля, нож во время движения опускался вниз, отрубал профиль и поднимался обратно. После того как нож выходил из профиля, все устройство возвращалось в исходное состояние.

Математическое моделирование процесса позволяет на каждом этапе предоставить разработчику всю необходимую информацию по деформированию профиля, т.е. провести полные исследования на каждой стадии изготовления гнутого профиля.

Программа LS-DYNA позволяет определить все необходимые параметры в каждом конечном элементе по мере прохождения заготовки. Это позволяет более глубоко изучить процессы, происходящие при перфорации, формовке и отрубке профиля.

Особенностью предложенной автоматизированной линии является применение новых технологий и конструкций, разработанных ранее в ОАО “Ульяновский НИИТ”, позволяющих минимизировать как количество используемых переходов, так и усовершенствовать схемы деформирования на каждой стадии изготовления профиля. Не в малой степени этому способствует применению программы LS-DYNA.

Устройство роторное 2 применялось для пробивки в заготовке отверстий необходимой формы. При этом особенностью его конструкции являлось использование вместо нижнего ролика плоской матрицы. Такая конструкция позволила удерживать заготовку от накручивания на нижний ролик. Преимущество такого перфоратора в синхронизации с формующей оснасткой, поскольку верхний ролик с пуансонами расположен на том же валу, что и формующие ролики и имеют одинаковые диаметры, поэтому и линейные скорости у них одинаковы. Шаг перфорации мог регулироваться в зависимости от количества расположенных на верхнем ролике пуансонов.

Формующее устройство – гибочно-прокатный стан 3 (рис. 1) содержал 8 пар роликовой оснастки. При этом технологическая схема формовки спроектирована по методу интенсивного деформирования, разработанному ранее в ОАО “Ульяновский НИИТ”. Применение данного метода позволило значительно уменьшить количество используемых переходов. В нашем случае это 8 переходов, что имело явное преимущество по сравнению с зарубежными аналогами, где аналогичный профиль изготавливался за 14 переходов.

Важно отметить, что интенсификация процесса вызывает повышенные продольные деформации, которые могут проявляться в виде дефекта кромковой волнистости на готовом профиле. Для исключения данного дефекта в методе интенсивного деформирования могут использоваться как особые схемы воздействия на элементы профиля для исключения данного дефекта, так и введение дополнительных межклетевых устройств.

Моделирование процесса формовки в программе LS-DYNA выявило образование дефекта кромковой волнистости на последних переходах (рис. 2). Для предотвращения данного дефекта были введены специальные устройства, позволяющие перераспределить деформацию на несколько переходов. Данный подход позволил предотвратить дефекты профиля еще на стадии разработки технологической оснастки.

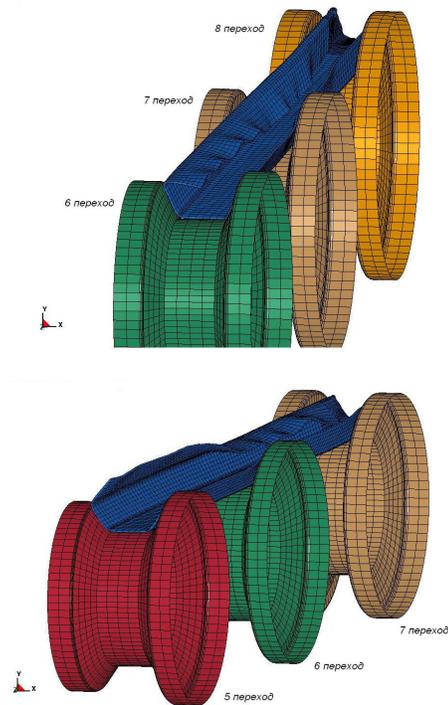


Рис.2. Модель роликовой оснастки и образование дефекта кромковой волнистости на профиле

Поскольку профиль изготавливается из непрерывной ленты, то возникали задачи его рубки на определенную длину. В данном случае профиль разделялся в отрубном штампе, состоящий из матрицы и пуансона. Основной проблемой при проектировании отрубного устройства является выбор оптимальной формы ножа. Для этой задачи также может быть привлечена программа математического моделирования. В программе LS-DYNA был смоделирован процесс рубки профиля пуансонами различной формы и выбран наиболее оптимальный, позволяющий качественно отрубить профиль при минимальном приложенном давлении, что было достигнуто за счет равномерного распределения усилия от начала до конца рубки.

Как правило, для проверки результатов моделирования проводят экспериментальные исследования или

практические испытания на специально изготовленной оснастке. В нашем случае испытания проводились для всех 3-х операций изготовления гнутого профиля (перфорация, формовки и отрубки).

Экспериментальная проверка процесса перфорации на изготовленном устройстве (рис. 3) показал хорошую сходимость с результатами моделирования. В частности форма вырубленной части и форма отхода совпадали.

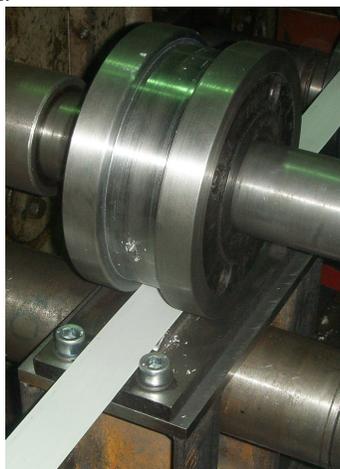


Рис. 3. Устройство перфорации

Процесс изготовления гнутого профиля в металле по экспериментальной схеме также показал хорошую сходимость с результатами моделирования. В частности возникновения гофрообразования аналогичное как при моделировании так и на практике. (рис. 4).

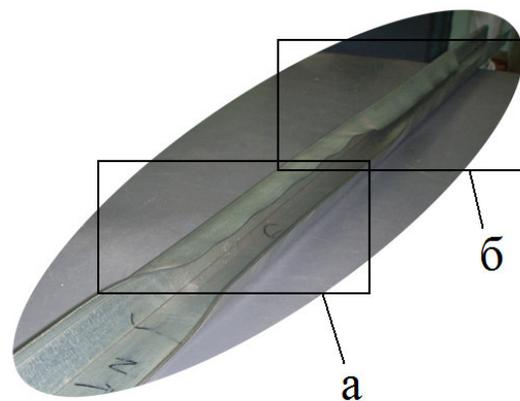


Рис. 4. Дефект кромковой волнистости на практике: а – 5-6 переходы, б – 6-8 переходы

Практическое испытание процесса рубки готового профиля также аналогично математическому моделированию [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в программе LS-DYNA может быть смоделирован не только отдельный технологический процесс изготовления профиля, но и вся автоматизированная линия в комплексе, включающая в себе деформирование заготовки в устройстве перфорации, формовки и отрубки.

Следующим шагом может стать включение в автоматизированную линию таких устройств как: устройство приемки и складирования, а также устройств контроля и правки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Илюшкин М.В., Марковцев В.А., Лазарев И.И. Выбор оптимальной формы ножа для рубки профилей замкнутого типа в штампах с помощью программы ANSYS/LS-DYNA // Заготовительные производства в машиностроении.-2009.-№1.- с. 29-31.

Илюшкин Максим Валерьевич – зам. ген. директора по науке, ОАО “Ульяновский НИИТ”, тел. (8422)521610, e-mail: fzbt@mail.ru.

Марковцев Владимир Анатольевич – И.О. ген. директора, ОАО “Ульяновский НИИТ”, тел. (8422)550282, e-mail: niat@mv.ru.

Баранов Александр Сергеевич – нач. сектора обработки, ОАО “Ульяновский НИИТ”, тел. (8422)521610, e-mail: niat@mv.ru.

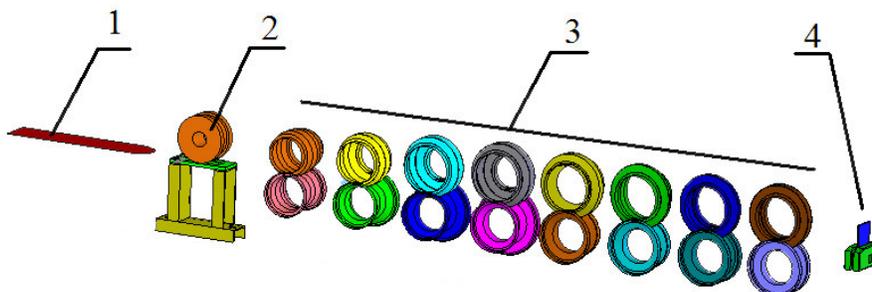


Рис. 1. Модель автоматизированной линии изготовления гнутого профиля: 1 – заготовка, 2 – устройство перфорации, 3 – формующее устройство, 4 – устройство отрубки