

УДК 621.981

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕЗКИ СДВИГОМ ПРОФИЛЕЙ СЛОЖНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕННОГО КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Баранов А. С.¹, Илюшкин М. В.², Марковцев В. А.³

1 – нач. НИО-110 АО «Ульяновский НИАТ»

2 – к.т.н., зам. генерального директора по науке АО «Ульяновский НИАТ»

3 – генеральный директор АО «Ульяновский НИАТ»

Применяемые в настоящее время методы изготовления гнутых профилей устарели и не отвечают требованиям, предъявляемым к технологии и оборудованию. А именно компактность, мобильность, быстропереоснащаемость такого оборудования и малый срок окупаемости данной технологии и оборудования.

Поэтому разработка новой технологии, которая отвечала бы этим требованиям, является актуальной задачей в настоящее время.

Процесс резания, особенно для профилей сложного поперечного сечения является одним из важных процессов в обработке металлов давлением, в котором есть немало тонкостей. Все эти особенности позволяет учесть программа динамического анализа LS-DYNA, которую использует АО «Ульяновский НИАТ».

Математическое моделирование процессов формообразования позволяет показать поведение деформируемой заготовки на стадии проектирования технологической или конструкторской оснастки [1]. 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. На базе этих результатов разработчику легче принимать правильные решения при проектировании рациональной или оптимальной технологической или конструкторской оснастки.

В настоящее время в автомобильной промышленности все чаще применяются профили сложного поперечного сечения, применяемые в различных механизмах и узлах автомобиля. Одним из таких изделий является сборочный узел направляющих салазок регулировки передних сидений автомобиля (в данном случае речь идет об автомобиле Chevrolet NIVA), который является объектом исследования в этой статье. Данный узел состоит

из 2-х профилей различного поперечного сечения: заготовки стойки ползуна (Т-образный профиль) (подвижный элемент, перемещающийся в продольном направлении на шариках определенного диаметра) и направляющая внутренних салазок (С-образный профиль) рис. 1.



Рис. 1. Сборочный узел направляющих салазок регулировки передних сидения для автомобиля

Одним из важных вопросов качественной сборки и работы изделия является сохранение поперечного сечения на всей длине детали ($L = 289$ мм – для профиля Т-образного типа, $L = 311$ мм, 389 мм, 436 мм – для С-образного типа). При резке детали в требуемый размер нарушается сечение в зоне реза (отклонение составляет $0,5-1$ мм как по вертикальным, так и по горизонтальным полкам), что приводит к сложности при сборке. Следует отметить, что важной особенностью при проектировании штамповой оснастки является правильный выбор ножа, которым осуществляется резка. В данном случае речь идет об отрубном устройстве со стандартным типом штампа: входная полуматрица – нож – выходная полуматрица.

На стадии проектирования рассматривались по 3 варианта ножей для каждого типа рассматриваемых профилей (рис. 2):

1. Т-образный профиль:
 - а) нож со смещенным центром реза,
 - б) нож конусный копьевидный,
 - в) нож конусный.
2. С-образный профиль:
 - г) нож специальной формы Тип 1 (внутренняя режущая кромка),
 - д) нож специальной формы Тип 2 (наружная режущая кромка),
 - е) нож конусный переменный.

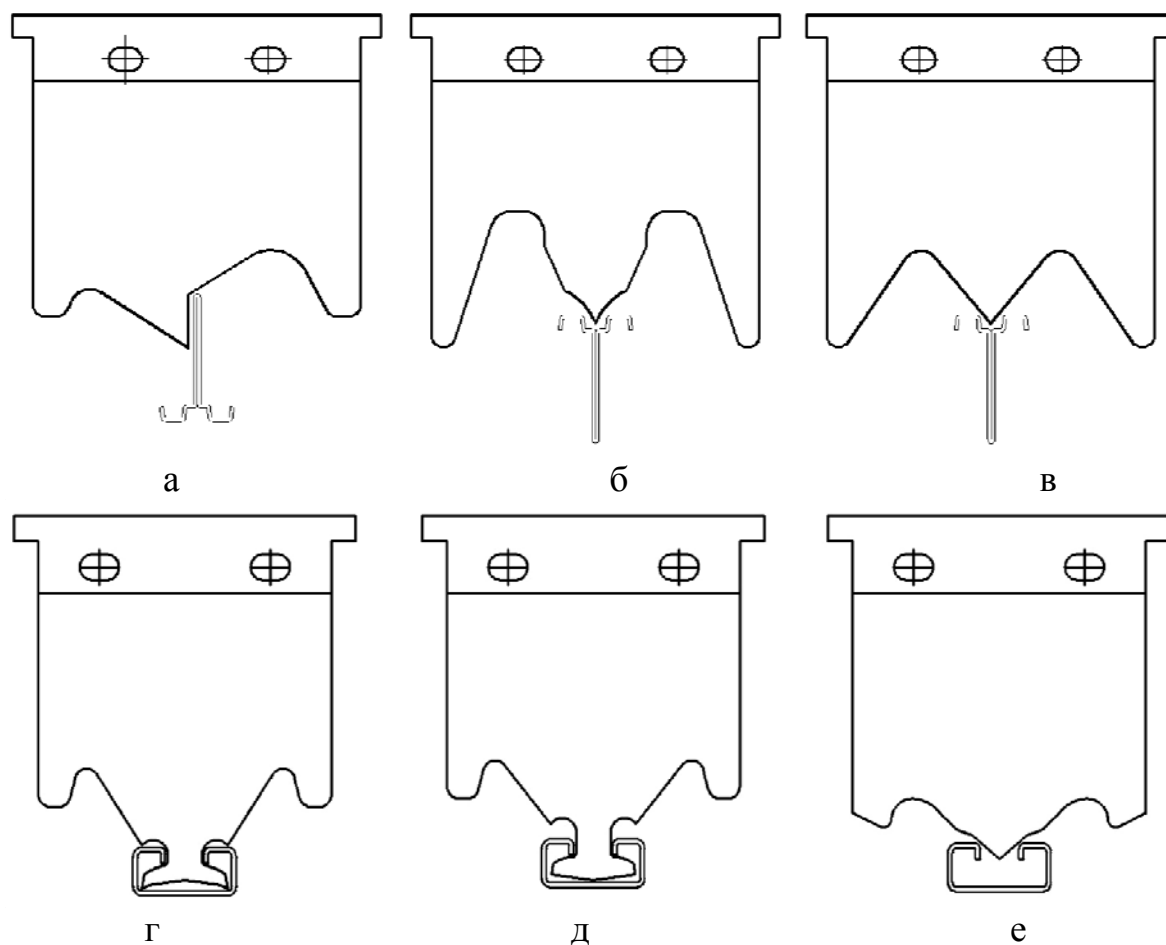


Рис. 2. Варианты ножей для резки в штампе стандартным способом:
а – нож со смещенным центром реза, б – нож конусный копьевидный,
в – нож конусный, г – нож специальной формы Тип
(внутренняя режущая кромка), д – нож специальной
формы Тип 2 (наружная режущая кромка),
е – нож конусный переменный

Для определения оптимального типа ножа воспользовались методом конечных элементов в программе динамического анализа LS-DYNA.

Промоделировав все шесть представленных типов ножей, наиболее оптимальным является нож конусный копьевидный (рис. 2б) – для профиля Т-образного типа, т.к. происходит более плавный рез с наименьшим заусенцем в радиусных и торцевых зонах, усилие при этом составляет порядка 25-30 кН, отслоение по элементу двойной толщины не более 0,3-0,4 мм и нож конусный переменный (рис. 2е) – для профиля С-образного типа.

По результатам моделирования было изготовлено отрубное устройство, с установленным штампом для профиля Т-образного типа, представленное на рис. 3.

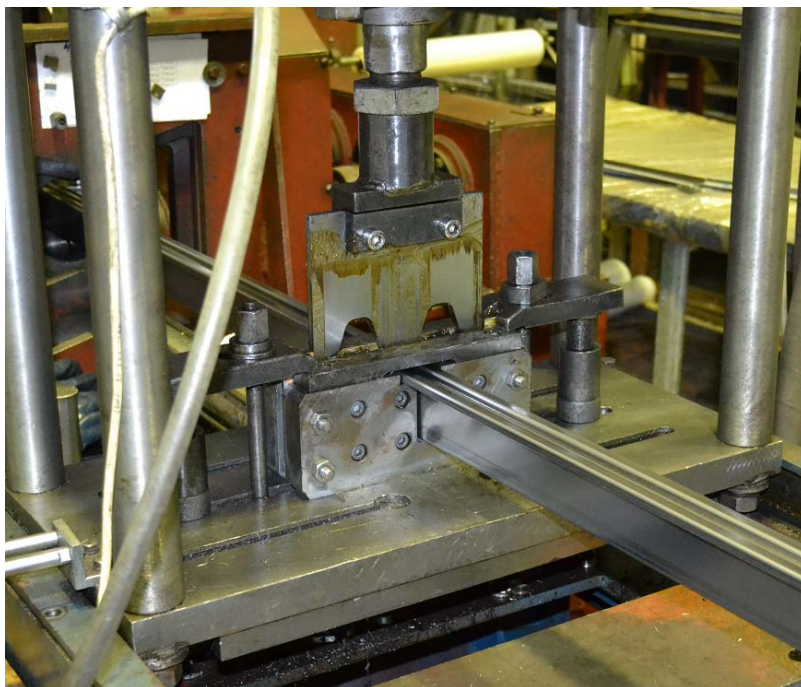


Рис. 3. Общий вид отрубного устройства со стандартным типом штампа

По данному штампу провели практическое испытание. На рис. 4а. представлен нож, изготовленный по результатам моделирования и подвергшийся испытаниям. В процессе длительной эксплуатации (осуществили порядка 3-3,5 тыс. ударов) стали проявляться риски и вмятины на ноже, износ режущей кромки и притупление копьевидного элемента. Соответственно на профиле появились заусенцы в торцевой части, изменение формы, как по горизонтальным полкам, так и в зоне ЭДТ (отслоение составило 0,8-1 мм) (рис. 4в). Потребовалась повторная шлифовка рабочей поверхности ножа, а также заточка копьевидного элемента. Данные операции проводили несколько раз. В результате, после 15 тыс. ударов нож пришел в негодность вследствие критического износа рабочих элементов (рис. 4б).



а



б



в

Рис. 4. Практические испытания по результатам моделирования: а – испытуемый нож, б – нож после 15 тыс. ударов, в – сечение профиля после резки в штампе стандартным способом

Аналогичным способом проводили испытания со штампом профиля для С-образного типа, где выявлены похожие дефекты как на ноже по зонам режущей кромки, так и на торцевой части профиля. Стойкость ножа составила порядка 25 тыс. ударов до момента выхода его из строя.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Задиры и отслоения в зоне реза на профиле,
 2. Изменения размеров в торцевой части профиля,
 3. Заусенцы в зоне реза по отбортовкам профиля,
 4. Раскрытие элемента двойной толщины за счет пружинения (для профиля Т-образного типа),
 5. Наклеп на ножах,
 6. Малая стойкость ножей (3-3,5 тыс. ударов до первой шлифовки).
- При этом максимальное количество ударов составляет 15 тыс. – для Т-образного типа и 25 тыс. для С-образного типа,
7. Наличие отхода материала (длина 5-10 мм).

На основании вышеизложенного было предложено разработать штамп, позволяющий устранить дефекты, которые выявлены в процессе реза стандартным отрубным устройством, повысить стойкость матриц, исключить отход материала, получить качественный срез профиля. Одним из вариантов может служить штамп, осуществляющий рез сдвигом одной матрицы относительно другой, т.е. схема имеет вид: входная полуматрица – выходная полуматрица.

Одним из немаловажных вопросов является выбор угла реза в соотношении с усилием, при котором произойдет срез заготовки, а так же качеством ее торцевой поверхности. В стандартном типе штампа рез осуществляется поэлементно, отделяя один элемент за другим. В нашем случае происходит одновременная резка всех имеющихся элементов в целом. По теоретическим расчетам усилие реза должно составлять $F = 100$ кН при угле реза 45° для профиля Т-образного типа.

Для проверки адекватности предлагаемого типа штампа моделировали процесс реза под различными углами, а именно 0° , 15° , 30° , 45° , 90° . На рис. 5. представлен график распределения усилий резки под различными углами положения профиля. В результате оптимальный угол реза в соотношении с качеством торца профиля и его сечения составил 45° (рис. 5). При таком положении профиля усилие реза составляет $F = 85$ кН, на торцевой поверхности отсутствуют заусенцы, отслоения по ЭДТ и сечение остается постоянным на всей поверхности детали. Для профиля С-образного типа наиболее оптимальный угол реза в соотношении усилия и качества поверхности торца составил также 45° . При этом усилие, необходимое для осуществления процесса резки составляет $F = 57$ кН (рис. 6).

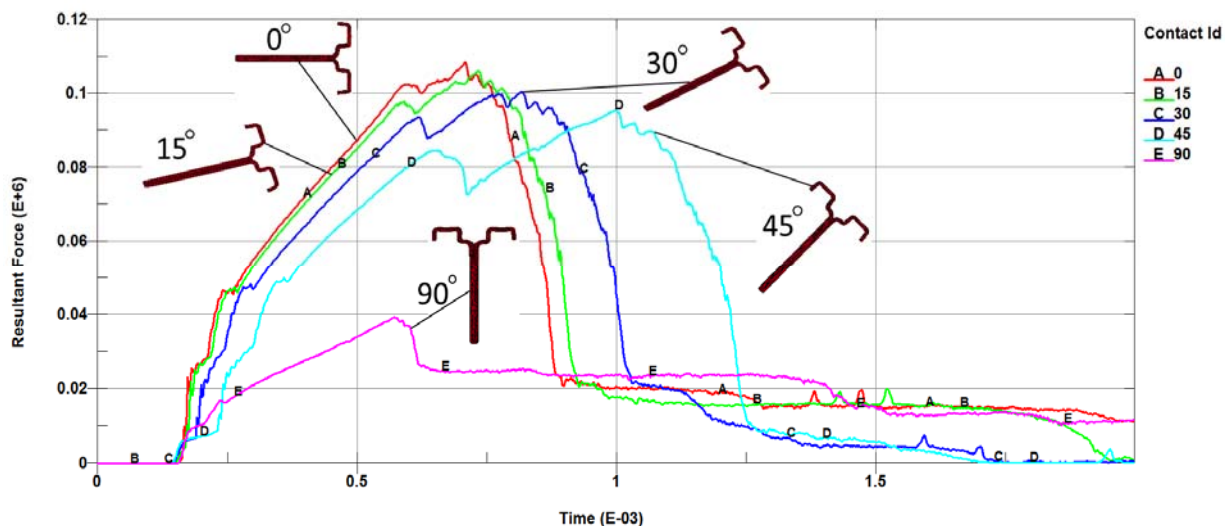


Рис. 5. График распределения усилий резки под различными углами положения профиля Т-образного типа

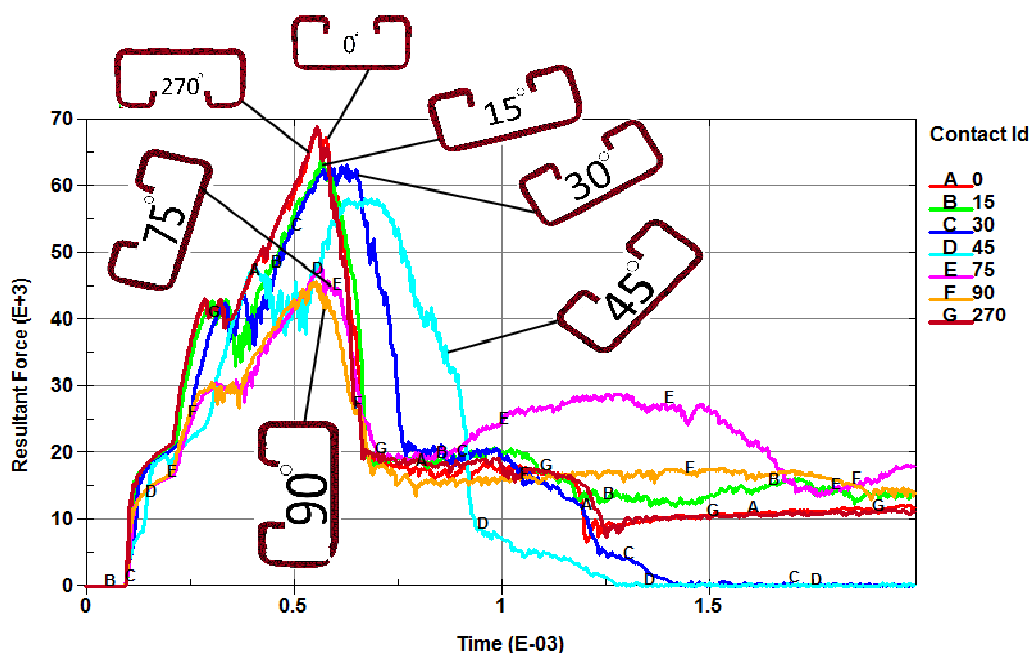
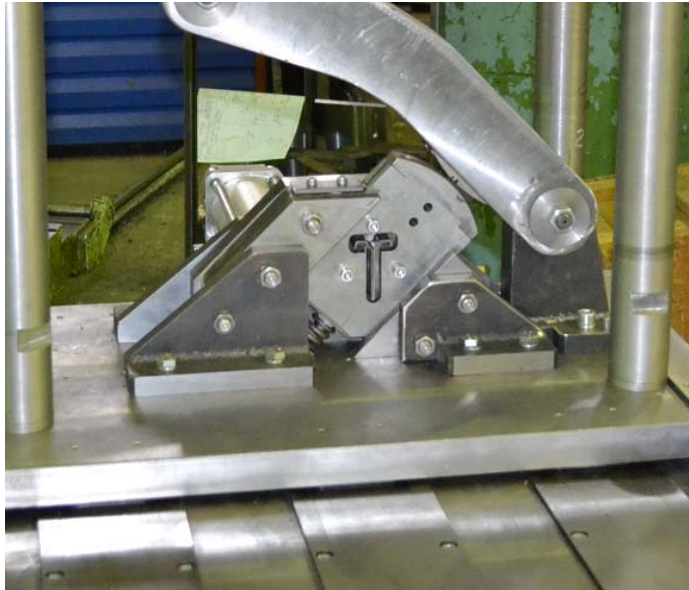


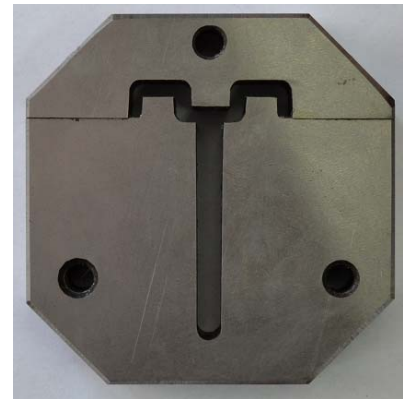
Рис. 6. График распределения усилий резки под различными углами положения профиля С-образного типа

По результатам моделирования было изготовлено отрубное устройство с предлагаемым типом штампа со сдвигом, представленное на рис. 7а и матрица (входная, выходная) рис.7б.

В процессе практического испытания акцентировали внимание на качество поверхности отрезаемой детали. На рис. 7в представлено фото образца профиля, полученного после резки штампом со сдвигом Т-образного типа.



а



б



г



в

Рис. 6. Практические испытания штампа со сдвигом:
а – штамп для резки со сдвигом Т-образного типа, б – нож,
в – сечение профиля после резки,
г – штамп для резки со сдвигом С-образного типа

В процессе длительной работы штампа со сдвигом (осуществили порядка 150 тыс. ударов до первой шлифовки) качество реза осталось неизменным. Сечение профиля остается постоянным на всей длине. На данный момент изготовлено порядка 250 тыс. деталей (профиль Т-образного типа) и 180 тыс. деталей (профиль С-образного типа). Такие дефекты как при резке стандартным штампом не проявлялись. Следует отметить, что стойкость матриц возросла в 40-50 раз, что существенно снизит стоимость штампового инструмента.

Выводы

Результаты моделирования приведенных типов штампов и анализ с практическими результатами позволил говорить, что применяемое в АО «Ульяновский НИАТ» программа динамического анализа LS-DYNA хорошо подходит для исследования схем роликовой и штамповой оснастки и может быть применена для исследования ответственных процессов, например для авиационной промышленности [2, 3].

По результатам конечно-элементного моделирования разработано и внедрено в производство отрубное устройство со штампом сдвигом, позволяющий осуществлять качественный срез детали «заготовка стойки ползуна» и «направляющей внутренних салазок», с сохранением размеров поперечного сечения на всей длине изделия.

Увеличенная стойкость штампового инструмента позволяет существенно снизить себестоимость готовых изделий.

Отсутствие таких дефектов как задиры и отслоения в зоне реза, изменения размеров в торцевой части, заусенцы по отбортовкам профиля, раскрытие элемента двойной толщины за счет пружинения.

Данный тип штампа можно использовать и для других профилей сложного поперечного сечения, требующих высокое качество поверхности.

Список литературы

1. Илюшкин М. В., Марковцев В. А., Баранов А. С. Математическое моделирование в программе LS-DYNA процесса изготовления гнутых перфорированных профилей на автоматизированной линии на базе станка ГПС // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП-2010 года) : материалы 7-й Всероссийской научно-техн. конф.-Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 53-57.

2. Лапин В. В., Баранов А. С., Филимонов С. В. Особенности обработки технологии изготовления в роликах Т-образного профиля типа // 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. 40-46.

3. Марковцев В. А., Илюшкин М. В., Баранов А. С. Математическое моделирование процесса изготовления профиля из листовых заготовок с малыми относительными радиусами зон сгиба // 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. 64-70.