

Моделирование процесса рубки профиля различными формами ножей

В работе приведены результаты моделирования процесса рубки профилей замкнутого типа в штампах ножами различной формы. Выбрана оптимальная форма ножа, обеспечивающая минимальное искажение поперечного сечения профиля. Математическое моделирование выполнено с помощью программы LS-DYNA версии 971. Исследование выполнено в научных целях.

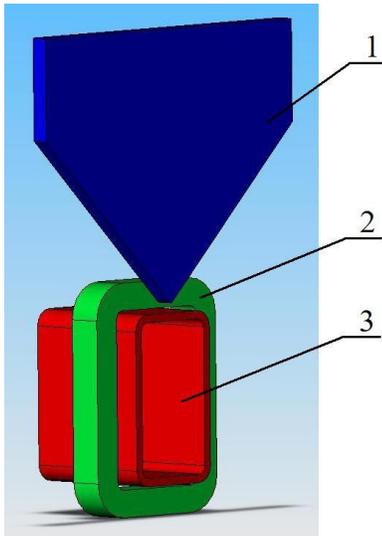


Рис. 1. Твёрдотельная модель штампа с профилем: 1 – нож, 2 – матрица, 3 – профиль (труба 15х25х1,2)

Конечно-элементная модель включала 9500 объёмных элементов и 500 оболочных элементов.

В качестве критерия разрушения был принят критерий превышения допустимой деформации: $\varepsilon_1 \geq \varepsilon_{np}$; где ε_1 – максимальная главная деформация; ε_{np} – главная деформация при разрушении.

Величина предельной деформации определялась из эксперимента на одноосное растяжение и для стали 08пс составляла 30%.

Для создания контактных поверхностей между инструментом и профилем использовали тип контакта Eroding surface-to-surface contact (ESTS), а так же Automatic general (AG) – для введения самоконтакта профиля.

Некоторые из результатов моделирования процесса рубки профилей замкнутого типа различными формами ножей приведены на рис. 3, 4. На рис. 3 приведена форма торца профиля и вырубленной части (отхода). На рис. 4 представлены этапы рубки профиля.

В результате выявлено, что наименьшее отклонение (1,8 мм), т.е. искажение формы торца профиля, имеет нож №3, а минимальное усилие отрезки 10 кН нож №4.

По результатам моделирования можно выделить следующие основные этапы рубки профиля:

- внедрение ножа в профиль, пластическое деформирование элементов профиля до момента разрушения;
- начало процесса отделения краевых отходов и отделение центрального отхода;
- внедрение пуансона в нижнюю горизонтальную часть профиля;
- полное отделение отходов.

В работе рассматривается процесс разделения (разрушения металла) между пуансоном – ножом и матрицей для профилей замкнутого типа (рис. 1). Особенностью данного процесса является использование отрубного штампа, который обычно не применяется для профилей замкнутого типа в связи с искажением его поперечного сечения.

Цель математического моделирования определить форму ножа, который в процессе рубки будет обеспечивать минимальное искажение поперечного сечения торца профиля.

В качестве объекта исследования был выбран профиль замкнутого типа – труба с размерами 15х25 мм и толщиной стенки 1,2 мм. Материал профиля – сталь 08пс, материал инструмента – инструментальная сталь. Было предложено несколько вариантов форм ножей, некоторые из которых типично применяют при отрубных операциях для профилей открытого поперечного сечения (рис. 2).

Размеры матрицы и профиля уменьшали до минимально возможной величины с целью уменьшения времени расчета при одновременном обеспечении достоверности результатов.

Модели последовательно передавались в препроцессор Ansys, где создавалась КЭ модель, и прикладывались нагрузки.

Пуансон и матрица задавались как абсолютно жесткие (Rigid) тела, конечно-элементная (КЭ) сетка задавалась только на их поверхности, используя тип элемента Shell 163.

Для модели материала профиля была использована пластическая кинематическая модель (*MAT_PLASTIC_KINEMATIC – третья модель материала программы LS-DYNA) с коэффициентом разрушения и типом КЭ – Solid 164 с одноточечной редуцированной схемой интегрирования по объёму с контролем Hourglass 4.

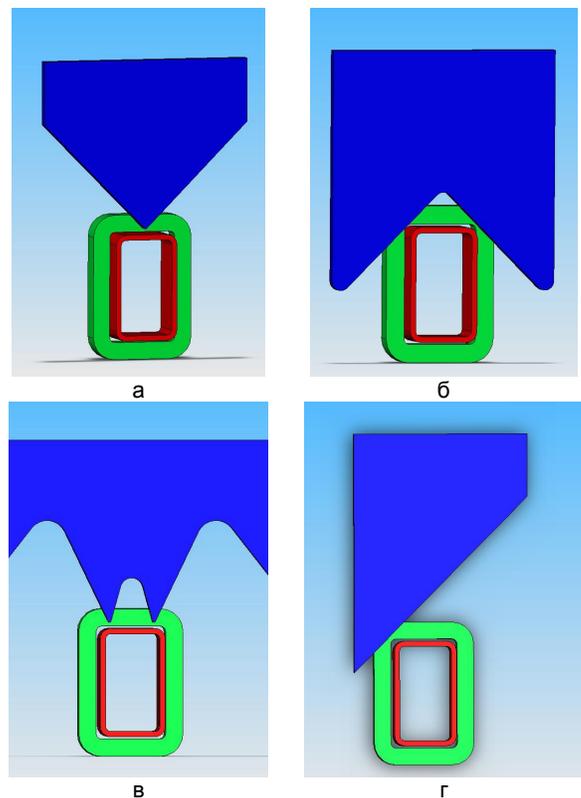


Рис. 2. Твёрдотельные модели и формы ножей для рубки профилей закрытого поперечного сечения (а-№1, б-№2, в-№3, г-№4)

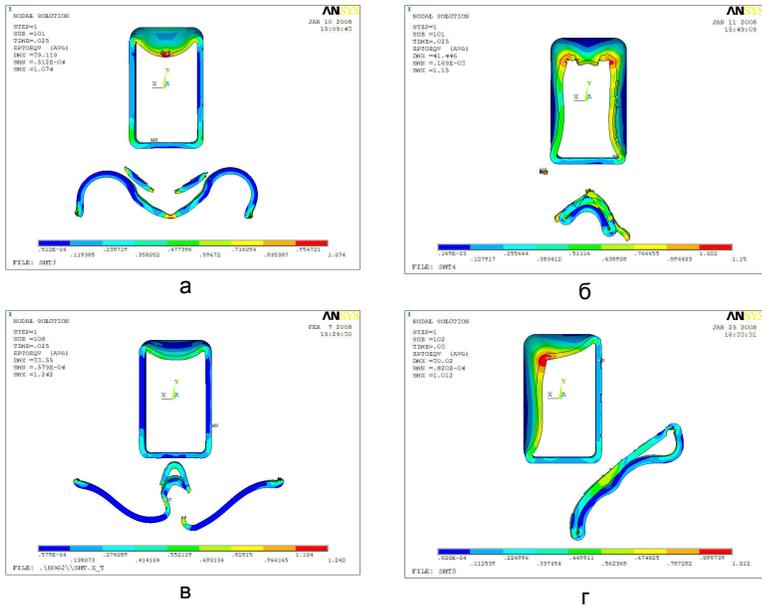


Рис. 3. Форма торца профиля и вырубленной части после рубки (а-№1, б-№2, в-№3, г-№4)

- форма вырубленной части (отход) профиля;
- величина давления в пневмосистеме при рубке профиля.

В испытании в зависимости от величины давления в системе были отмечены несколько положений ножа относительно профиля – прорубание верхней горизонтальной части, прорубание нижней горизонтальной части и др.

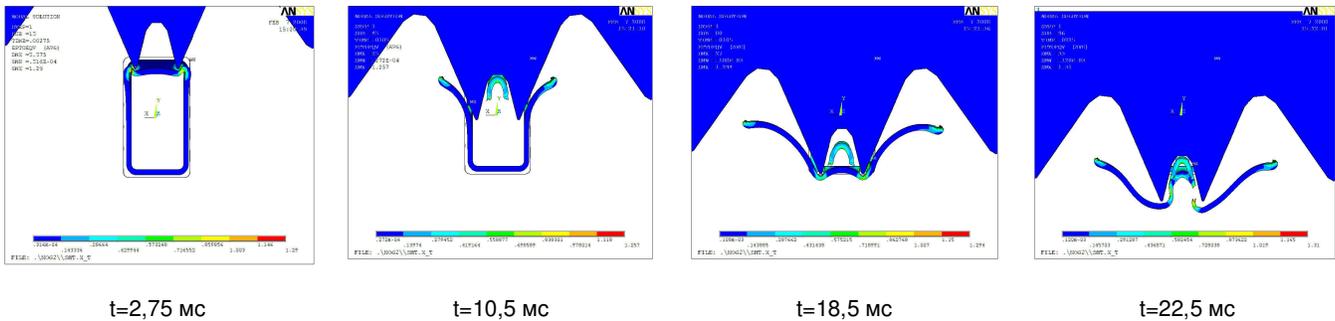


Рис. 4. Этапы рубки профиля ножом №3

Результаты практического испытания процесса рубки сравнивали с результатами моделирования процесса.

Было выявлено, что:

- форма сечения профиля и вырубленной части при моделировании и практическом испытании подобны (рис.5);
- величина усилий при моделировании и практическом испытании отличается не более чем на (15-20)%.

Результаты испытания позволяют говорить о правильном выборе исходной модели и возможностью использования программы LS-DYNA для исследования задач рубки профилей различного поперечного сечения с целью подбора рациональной формы ножа, с обеспечением минимального искажения торца профиля.

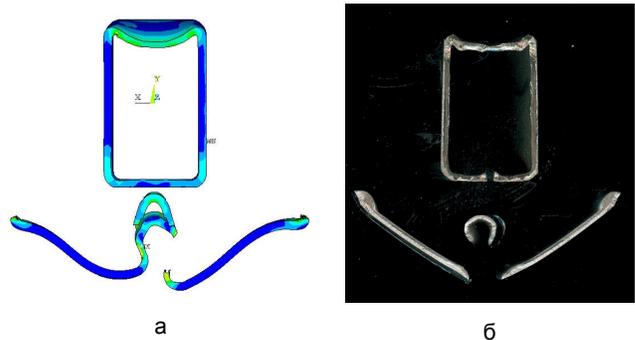


Рис. 5. Форма сечения профиля и вырубленной части (отхода) после процесса рубки при моделировании (а) и практически (б)

На основе проведенных исследований сделаны следующие выводы:

- в качестве оптимальной формы ножа для рубки профиля замкнутого типа использовать форму ножа №3;
- расчетное усилие рубки профиля можно использовать для выбора прессы по силовым характеристикам, например, выбор диаметра цилиндра для пневмопресса;
- наибольшей нагрузке будут подвергаться “усики” ножа, поэтому рекомендуется подбор оптимального радиуса скругления и толщины ножа;
- существует возможность попадания центрального отхода в зазор между пуансоном и матрицей при отрезке нижней части профиля, что может привести к преждевременному износу штампа (рекомендуется убирать его, например, пневмосудом).

Для апробации модели и сравнении результатов моделирования с практическими данными был изготовлен штамп с формой ножа №3. Для рубки использовался пневматический пресс с рабочим усилием 20 кН.

В процессе испытания контролю подлежали следующие параметры:

- сечение торца профиля после рубки;