

УДК 621.73.06-52

Коваленко О. А.
Боровик П. В.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ

Повышение качества готовой продукции листоштамповочного производства при выполнении разделительных операций во многом определяется стойкостью инструмента.

Для повышения стойкости разделительных штампов листовой штамповки широкое применение получили различные методы поверхностного упрочнения, при которых на поверхности создается слой с повышенной твердостью. Изменяется при этом и распределение напряжений на режущих кромках инструмента.

Известно, что для снижения технологических усилий при проведении операций вырубке и пробивки, а, следовательно, и для повышения стойкости разделительных штампов применяют штампы со скошенными режущими кромками пуансона или матрицы [1, 2]. Так при вырубке деталей пуансон изготавливается плоским, а скос делается на матрице (рис. 1, а, б). При пробивке матрица изготавливается плоской, а скос делается на пуансоне (рис. 1, в, г). Высота скоса и угол скоса находятся в зависимости от толщины штампуемого материала [1].

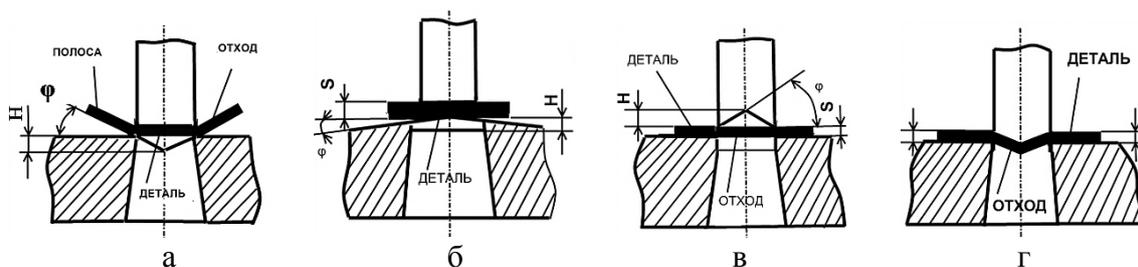


Рис. 1. Различные типы скоса режущих кромок:
 H – глубина или высота скоса; φ – угол скоса

В работах [3, 4] был проведен теоретический анализ влияния формы инструмента на напряженное состояние контактирующих поверхностей и энергосиловые параметры процесса разделения на базе метода конечных элементов. В работе [3] произведена оценка напряжений, возникающих в деформируемом материале, а в работе [4] величины напряжений на поверхности режущих кромок инструмента, изготовленного из стали У8А после термической обработки без нанесения упрочняющего слоя, а так же в случае поверхностного упрочнения электроискровым легированием. По данным работы [5], модуль нормальной упругости в поверхностном слое составляет примерно 315–350 ГПа (при микротвердости более 2000 Нц), тогда как в сердцевине модуль Юнга составляет примерно 210 ГПа. Логично предположить, что и распределение напряжений в слоях с различными механическими свойствами при выполнении разделительных операций будет существенно отличаться.

Установлено, что и форма режущих кромок разделительного инструмента и нанесение на них упрочняющего покрытия влияют на характер распределения напряжений в деформируемом материале и на режущих кромках инструмента. В тоже время очень важным является оценка влияния напряженно-деформированного состояния рабочих инструментов после нанесения упрочняющего слоя на характер износа и повышение их износостойкости в операциях листовой штамповки [6].

Целью данной работы является теоретический анализ на базе метода конечных элементов, энергосиловых параметров процесса листовой штамповки и особенностей нагружения инструмента с учетом его деформирования при нанесенном упрочненном слое.

Оценка исследуемых параметров проводилась с использованием разработанной конечно-элементной математической модели, описанной в работе [4]. Моделирование осуществляли с использованием программного комплекса Abaqus [7].

При проведении исследований анализ проводился для различных форм пуансона (рис. 2).

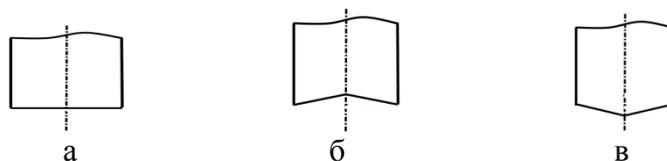


Рис. 2. Формы пуансонов, используемые при расчетах

По аналогии с работой [4] механические свойства материала инструмента моделировали с учетом нанесенного на поверхность режущих кромок упрочняющего покрытия методом электроискрового легирования с использованием ванадия в качестве электрода. При этом характеристики твердости и прочности в поверхностных слоях инструмента и в сердцевине существенно отличались.

Обработка результатов моделирования показала, что в ходе процесса резки металла происходит смещение (упругое формоизменение) определенных объемов материала режущих кромок (рис. 3) как матрицы, так и пуансона. Естественно это явление приводит и к перераспределению напряжений на различных участках, и, следовательно, в итоге должно сказаться и на стойкости инструмента.

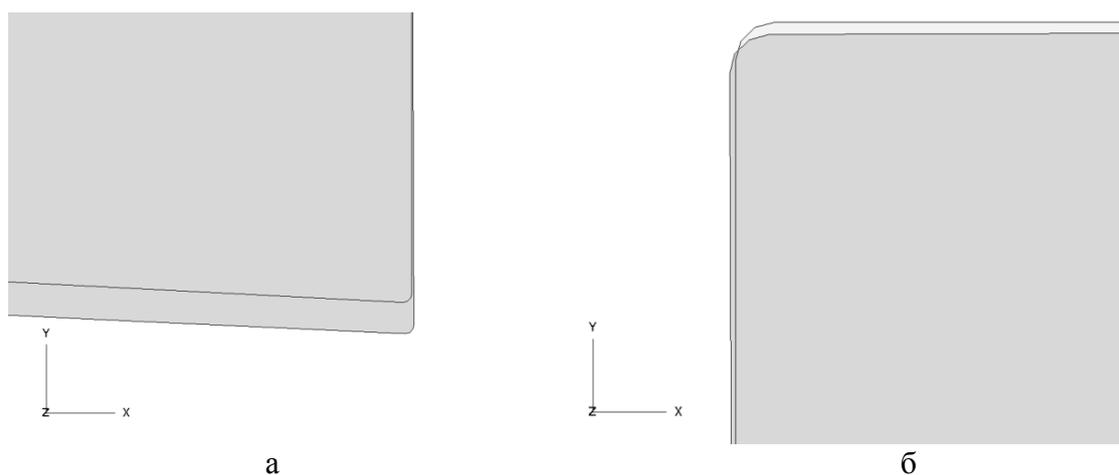


Рис. 3. Изменение формы пуансона (а) и матрицы (б) в процессе разделения металла

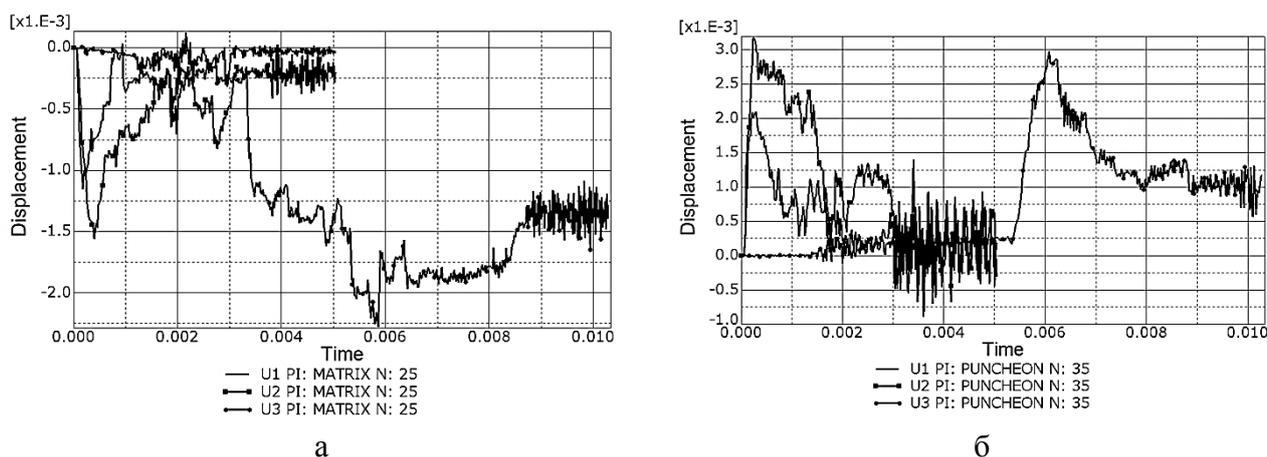
При различных формах пуансона смещения отличаются и по величине и по времени. Для оценки смещений и деформации использовали следующий принцип:

– для пуансона за начальную точку брали вершину режущей кромки и совершали обход по контуру против часовой стрелки (вверх), оценивая изменение формы на боковой поверхности;

– для матрицы за начальную точку так же принимали вершину режущей кромки и далее обход вели по часовой стрелке (вниз), оценивая изменение формы на боковой поверхности.

Максимальные величины смещений для форм пуансона (а) и (б) (см. рис. 2) приходятся на начальный момент внедрения пуансона в материал. При форме (в) смещение происходит через определенный промежуток времени, когда режущая кромка начинает контактировать с деформируемым материалом.

На рис. 4 приведены зависимости величины смещений материала режущей кромки матрицы и пуансона на различных этапах внедрения инструмента в штампуемый материал.



а

б

Рис. 4. Смещение (координата X) поверхностных слоев материала матрицы (а) и пуансона (б) на различных этапах деформации:

U1 – форма пуансона, соответствующая рис. 2, а; U2 – форма пуансона, соответствующая рис. 2, б; U3 – форма пуансона, соответствующая рис. 2, в

Участки рабочей поверхности инструмента, на которых происходит смещения, в процессе резки подвергаются дополнительному трению и находятся в более жестких условиях, что вполне согласуется с практическими данными по характеру износа рабочих инструментов. Следовательно, при скошенных формах пуансона износ может оказаться больше, чем при форме, соответствующей рис. 2, а. С другой стороны, скошенные кромки позволяют снизить технологические усилия при штамповке, путем создания высоких удельных усилий в месте разделения материала. Распределение сил на пуансоне при различных конфигурациях представлено на рис. 5. Силы, создающиеся при формах пуансона, соответствующих рис. 2, а и 2, б примерно одинаковы, а при форме, соответствующей рис. 2, в заметно ниже.

На данных рисунках приведены зависимости для точек соответствующих вершинам режущих кромок матрицы и пуансона, т. к. именно для этих точек смещения объемов максимальны. При анализе результатов расчета обращает на себя внимание тот факт, что минимальные смещения характерны для формы пуансона, соответствующей рис. 2, а. Для форм пуансона, соответствующих рис. 2, б и 2, в, смещения больше. Кроме того, смещение объемов материала на режущих кромках пуансона примерно в 2 раза больше, чем на режущих кромках матрицы. Величины смещений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты моделирования

Форма пуансона			
Максимальные смещения объемов материала на режущей кромке матрицы, мкм	1,2	1,5	2,25
Максимальные смещения объемов материала на режущей кромке пуансона, мкм	2,1	3,2	3,0

Работа, затраченная на разделение материала, существенно выше у формы пуансона, соответствующей рис. 2, в (рис. 6). Это объясняется тем, что при данной форме пуансона необходимы дополнительные затраты на предварительную деформацию заготовки.

Таким образом, с учетом полученных результатов, можно констатировать, что при совершенствовании формы рабочего инструмента операций листовой штамповки необходимо учитывать как энергосиловые параметры процесса, так и напряженно-деформированное состояние инструмента.

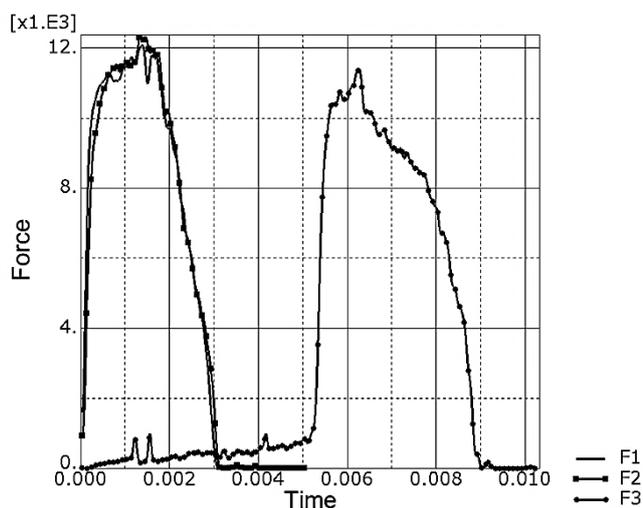


Рис. 5. Сила на пуансоне при различной конфигурации: время – с; сила – Н:

F1 – форма пуансона, соответствующая рис. 2, а; F2 – форма пуансона, соответствующая рис. 2, б; F3 – форма пуансона, соответствующая рис. 2, в

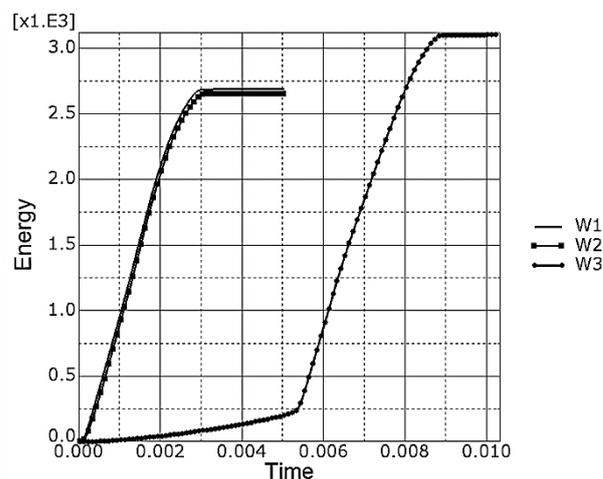


Рис. 6. Внешняя работа при различных конфигурациях пуансона: время – с; энергия мДж

ВЫВОДЫ

Изменение формы рабочего инструмента оказывает влияние на НДС рабочих поверхностей и в прилежащих областях инструмента. Под воздействием рабочих нагрузок в процессе листовой штамповки наблюдается упругая деформация рабочих инструментов, характер и величина которой зависят от их формы. При совершенствовании формы рабочего инструмента операций листовой штамповки необходимо учитывать как энергосиловые параметры процесса, так и напряженно-деформированное состояние инструмента.

Данное исследование не несет законченный характер, а может служить фундаментом для последующих исследований с целью оптимизации процесса по критериям повышения стойкости инструмента и снижения расхода энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романовский В. П. *Справочник по холодной штамповке* / В. П. Романовский. – Л. : Машиностроение, 1979. – 516 с.
2. Рудман Л. И. *Справочник конструктора штампов* / Л. И. Рудман. – М. : Машиностроение, 1988. – 495 с.
3. Луценко В. А. Конечно-элементное моделирование разделительных операций листовой штамповки / В. А. Луценко, П. В. Боровик, О. А. Коваленко // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр.* – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 3 (24). – С. 15–19.
4. Луценко В. А. Анализ напряженного состояния поверхности разделительного инструмента после упрочнения электроискровым легированием / В. А. Луценко, О. А. Коваленко, П. В. Боровик // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр.* – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 1 (26). – С. 227–231.
5. Киффер Р. *Твердые сплавы* / Р. Киффер, Ф. М. Бенезовский. – М. : Металлургия, 1971. – 388 с.
6. Тимоценко В. А. Повышение износостойкости разделительных штампов / В. А. Тимоценко // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 2000. – № 12. – С. 22–26.
7. ABAQUS, Version 6.7 Documentation. TESIS Ltd. 2007.

Коваленко О. А. – ст. преп. ДонГТУ;

Боровик П. В. – канд. техн. наук, доц. ДонГТУ.

ДонГТУ – Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

E-mail: borovikpv@mail.ru

Статья поступила в редакцию 25.01.2012 г.