

УДК 621.73.06-52

Савченко О. К.  
Жукова О. А.**БОКОВОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ С ОТРОСТКАМИ**

Технологические процессы выдавливания отличаются разнообразием выполняемых вариантов и широкими возможностями в формообразовании сложнопрофилированных деталей. Развитие технологий выдавливания демонстрирует устойчивую тенденцию к увеличению объемов производства точных заготовок, расширению номенклатуры штампуемых деталей и вида материалов, а также подкреплению новых процессов формоизменения разработками специализированного технологического оборудования и оснастки. Холодное деформирование значительно повышает производительность труда, по сравнению с обработкой резанием, а также и с горячими процессами обработки металлов давлением, что связано с удобством применения средств механизации и автоматизации [1–3].

Холодное боковое выдавливание позволяет получить штамповкой детали сложных пространственных конфигураций с разными боковыми отроостками или оперением [4, 5].

Целью данной работы является изучение количества и толщины отроостков, силового и деформационного режима процесса бокового выдавливания деталей с наружными наклонными отроостками.

Для моделирования процесса использовался программный комплекс Deform-3D, в основе которого лежит метод конечных элементов [6]. С помощью данной программы был изучен процесс бокового выдавливания детали «хвостовик» с двумя, тремя и четырьмя отроостками в форме наклонных перьев. Также были определены накопленная степень деформации, сила деформирования на различных стадиях процесса. Проведено теоретическое исследование свинцовых и алюминиевых деталей с диаметром цилиндрической части 28 мм и диаметром хвостового оперения от 35 до 60 мм.

Исходными параметрами для расчета является:

– геометрия инструмента и заготовки, полученные с помощью программы Solid Works;

– скорость и направление движения инструмента ( $V = 1 \dots 3$  мм/с);

– коэффициент трения на границе заготовка-инструмент

– температурный режим ( $t = 20$  °С);

– характеристики деформируемого материала ( $\sigma_s = 115 \dots 153$  МПа)

Результаты моделирования течения металла при штамповке деталей типа «хвостовик» при различных количествах отроостков представлены на рис. 1–7.

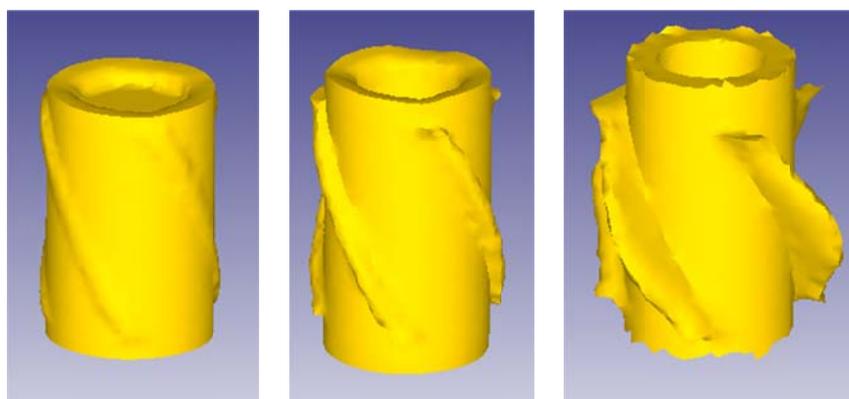
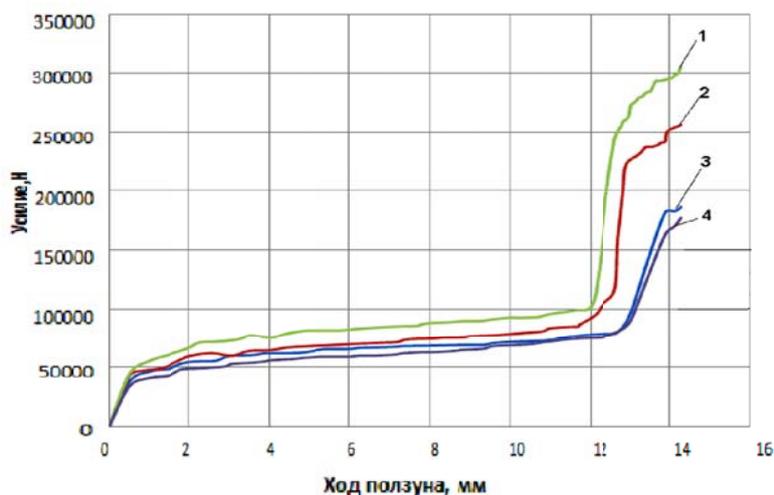


Рис. 1. Формоизменение на различных стадиях выдавливания детали «хвостовик» с четырьмя отроостками



1 – 1 мм                      3 – 3 мм  
 2 – 2 мм                      4 – 3 мм экспериментальный

Рис. 2. Графики зависимости усилия деформирования от хода инструмента при различной толщине отростка

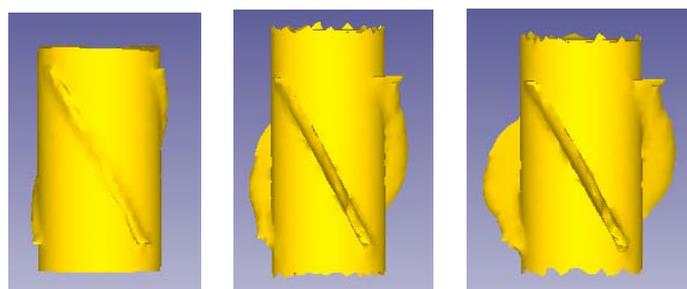
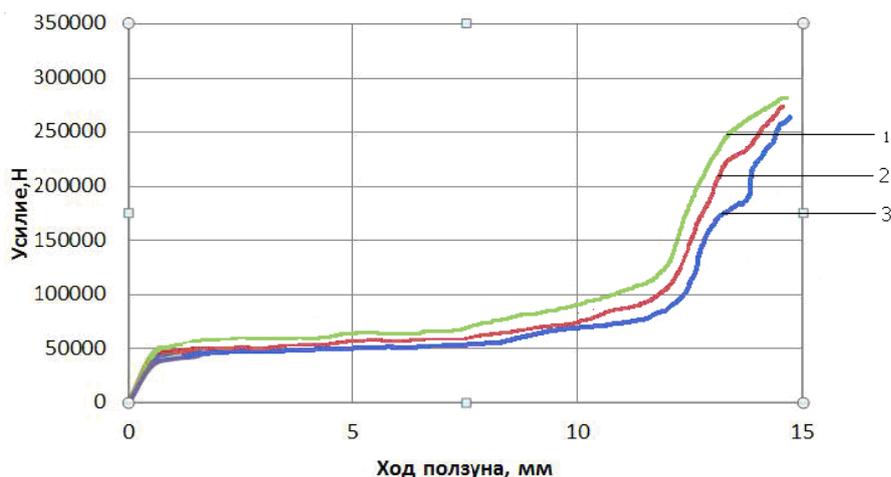


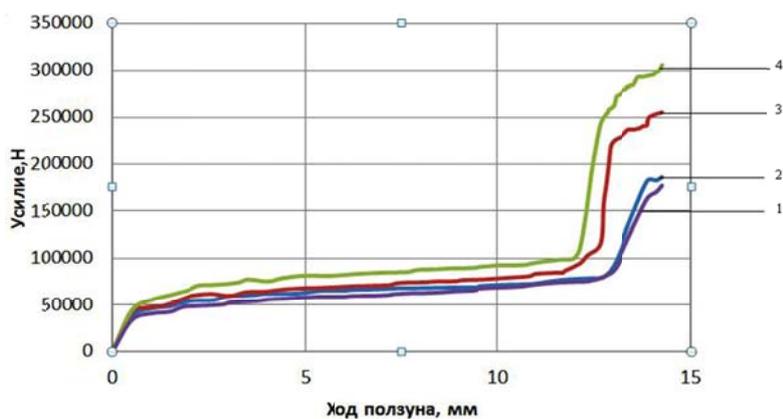
Рис. 3. Течение металла на различных стадиях получения оперения при различном ходе пуансона



1 – S = 1 мм                      2 – S = 2 мм                      3 – S = 3 мм

Рис. 4. Графики зависимости усилия от хода ползуна при различной толщине пера

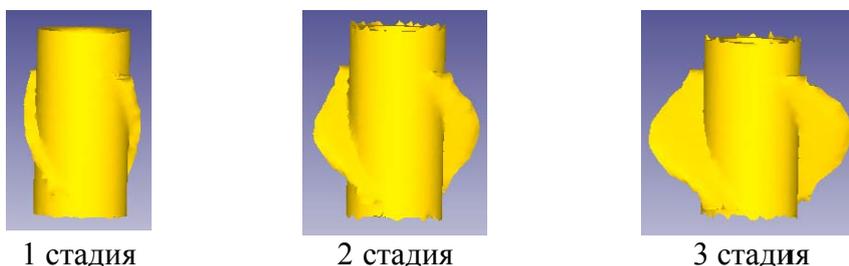
Из графиков, приведенных на рис. 4, можно сказать, что максимальное усилие будет при штамповке детали «хвостовик» с толщиной пера 1 мм и составляет 277 кН, что на 3 % больше штамповки детали с толщиной пера в два миллиметра и на 6 % больше с 3 мм.



1 – 6 перьев                      3 – 3 пера  
 2 – 4 пера                        4 – 2 пера

Рис. 5. Графики зависимости усилия деформирования от хода инструмента при различной толщине отрезка

Из графика, приведенного на рис. 5, видно, что процесс бокового выдавливания можно условно разделить на три стадии. Первая стадия – начало штамповки с небольшим возрастанием усилия до определенной величины, затем вторая стадия – выдавливание с практически неизменным усилием (формирование верхней и нижней полости), а также одновременное истечение металла в боковые наклонные полости. Третья стадия сопровождается резким увеличением усилия, которая наступает при сближении центральных оправок на критическую величину (толщина перемычки меньше половины диаметра оправок).

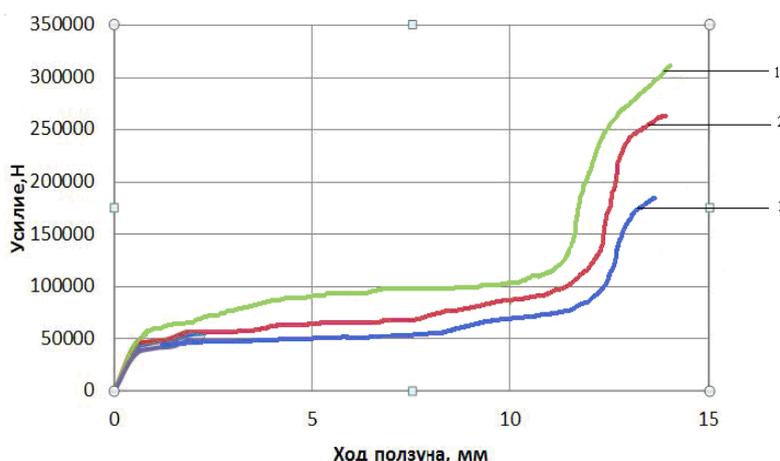


1 стадия

2 стадия

3 стадия

Рис. 6. Течение металла на стадиях получения оперения при различном ходе пуансона



1 – S = 1 мм                      2 – S = 2 мм                      3 – S = 3 мм

Рис. 7. Графики зависимости усилия деформирования от хода инструмента при различной толщине отрезка

Так же теоретически было исследовано влияние толщины отростка на силовой режим процесса и на напряженное состояние. Был исследован процесс бокового выдавливания деталей с различной толщиной пера ( $S = 3$  мм,  $S = 2$  мм,  $S = 1$  мм).

Целью экспериментальных исследований является качественный и количественный анализ деформированного состояния, проверка расчетных данных, полученных в результате теоретического анализа. Оценка особенностей формоизменения позволяют получить важные сведения, необходимые для прогнозирования качества штамповок, оценки деформируемости и степени использования запаса пластичности материала, а также для расчетов энергосилового режима процессов деформирования. На рис. 8 показаны детали типа «хвостовик» с четырьмя отростками.

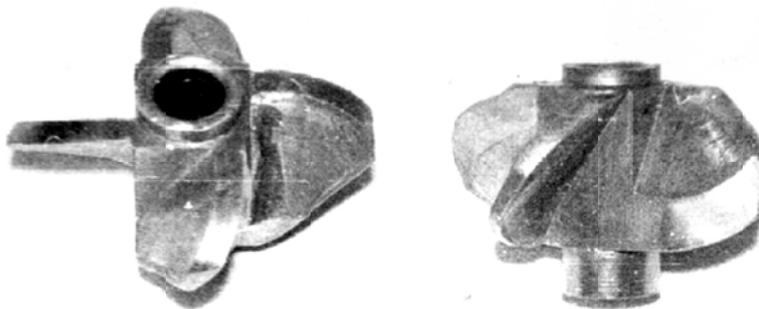


Рис. 8. Деталь типа «хвостовик» с отростками

### ВЫВОДЫ

Предложенный технологический процесс позволяет снизить массу деталей, увеличить коэффициент использования материала до 0,9, повысить производительность труда до 50 %, сократить сроки подготовки производства и трудоемкость изготовления изделий в 1,5...2 раза. Исследовано влияние количества отростков и их толщины на силовой режим выдавливания. Установлено, что при увеличении числа отростков с 2 до 6 усилие выдавливания снижается на 20 %, а при увеличении толщины отростка с 1 мм до 3 мм усилие выдавливания снижается на 10 %.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев И. С. *Технологические процессы холодного поперечного выдавливания* / И. С. Алиев // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1988. – № 6. – С. 1–4.
2. Алексеев Д. А. *Конечно-элементное моделирование контактного трения в процессах обработки металлов давлением* / Д. А. Алексеев, А. Н. Пасько // *Изв. ТулГУ. Технические науки*. – 2011. – Вып. 1. – С. 105–112.
3. Рыбин Ю. А. *Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением* / А. И. Рудской, А. М. Золотов. – Санкт-Петербург : Наука, 2004. – 643 с.
4. Пасько А. Н. *Холодная объемная штамповка осесимметричных заготовок* / А. Н. Пасько. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2004. – 252 с.
5. *Силовой режим процесса поперечного выдавливания и оптимизация формы инструмента* / О. К. Савченко, Ф. Э. Азадов, С. Л. Черняева [под ред. Л. Н. Соколова и др.] // *Совершенствование процессов и машин обработки металлов давлением : сборник научных статей*. – К. : УМК ВО, 1988. – С. 21–28.
6. Иванов К. М. *Метод конечных элементов в технологических задачах ОМД* / К. М. Иванов, В. С. Шевченко, Э. Е. Юргенсон. – СПб. : Изд-во ПИМаш, 2000. – 224 с.

Савченко О. К. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. ОМД ДГМА;  
Жукова О. А. – аспирант ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: [zhukova\\_omd@mail.ru](mailto:zhukova_omd@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 05.02.2013 г.