

3. Типалин С.А., Филиппов Ю.К., Яковлев С.С., Проскуряков Н.Е. Художественная чеканка медалей / Учебное пособие –ТулГУ, 2014. – 53 с
4. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Технологичность штампованных листовых деталей / Учебное пособие. – М.: Университет машиностроения, 2015. 72 с.
5. Кохан Л.С., Шульгин А.В., Крутина Е.В., Морозов Ю.А. Изменение толщины стенок цилиндрических листовых изделий при вытяжке без прижима / Технология металлов. 2015. № 1. С. 8 – 11.
6. Астахов Ю.П., Кочергин С.А., Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Повышение эффективности изготовления лопаток моноколес / Технология машиностроения. 2013. № 5. С. 14 – 18.
7. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Косачев Н.В. Определение деформации слоев при осесимметричной формовке двухслойной заготовки / Известия МГТУ «ММИ». 2013 № 2 (16). Том 2. С. 58 – 62.
8. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Шаргунов М.В. Экспериментальное исследование осесимметричной формовки двухслойных заготовок с не отвержденным промежуточным слоем / Прогрессивные технологии и оборудование при обработке материалов давлением // Научные труды Всероссийского Соперания обрабатчиков давлением «Формирование механизмов совместной деятельности кафедр вузов России по подготовке специалистов, развитие научно-методической и издательской работы в области пластического формообразования деталей из поликристаллических и аморфных материалов. Ульяновск 2007. С. 43 – 46.
9. S.Tipalin, M.Petrov, B.Saprikin, N.Kosatchyov, N.Shpunkin, P.Petrov Numerical and experimental investigation of deep drawing of sandwich panels / Key Engineering Materials //Trans Tech Publications, Switzerland Vols. 611-612 (2014) pp 1627-1636.

Моделирование процесса неравномерной отбортовки

Типалина А.В., Филиппов Ю.К., Панфёров В.В., Кучковский Ю.П., Боронников Д.А.
Университет машиностроения
8 (495) 223-05-23 kiod@mami.ru

Аннотация. В технологических операциях листовой штамповки имеет место неравномерная отбортовка наружного и внутреннего контура. Неравномерная форма отверстия приводит к изменению процесса течения отбортованной кромки. На основании моделирования обобщены результаты исследований. В ходе моделирования выявлены проблемные участки для формы надреза у отбортованной детали.

Ключевые слова: неравномерная отбортовка, моделирование, коэффициент отбортовки, разрыв кромки, утонение материала

Технологическая операция отбортовки круглых отверстий является одним из хорошо изученных процессов листовой штамповки. Однако, как показала практика, изменение геометрических параметров инструмента [1, 2, 3], конфигурации штампуемой части заготовки [4, 5] или наличие неравномерности свойств обрабатываемого материала [6 – 10] приводят к существенным отличиям в протекаемом процессе.

Одним из способов нанесения надежного покрытия в цехах машиностроительного комплекса является использование металлической плитки, путем монтирования ее в бетонное покрытие пола. Данный вид покрытия является относительно недорогим и очень надежным, что подтверждается многолетней эксплуатацией подобных конструкций.

На Российском рынке также достаточно много производителей напольных топпингов, но следует отметить компанию «АвтоСпецМаш», которая успешно работает с 1998 года. Основная её специализация – это холодная штамповка из листового металла. Главным товаром

этой компании, пользующимся наибольшим спросом, является напольная плитка (топпинг), которая монтируется в бетон на полах предприятий.



Рисунок 1. Металлическая плитка, имеющаяся на современном рынке

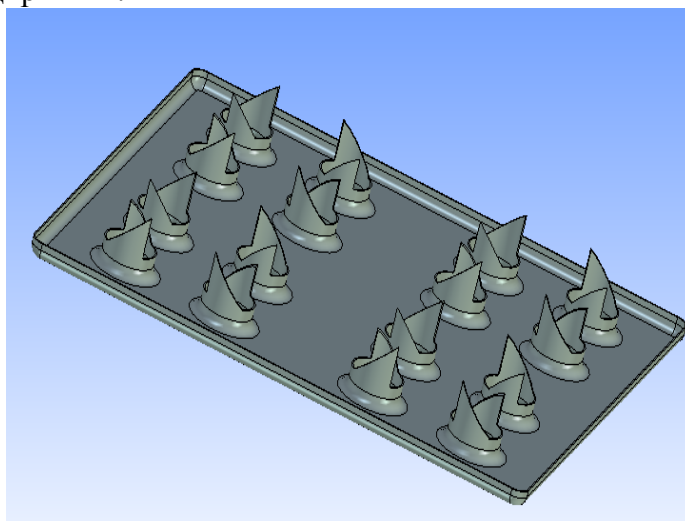


Рисунок 2. Компьютерная модель плитки

Плитка представляет собой деталь прямоугольной формы с загнутыми вниз краями и надрезанными отверстиями на плоскости всей заготовки. Некоторая площадь металла вокруг отверстия подвергается операции отбортовки для устранения острых краёв. Надрезанные, а не пробитые отверстия позволяют с помощью загнутой вниз части металла зафиксироваться на той или иной поверхности, а отбортовка отверстий повысить жёсткость всей конструкции.

Однако плитка, предлагаемая фирмой «АвтоСпецМаш», не пригодна для формирования временных площадок из-за трудностей ее демонтажа, что ограничивает сферу ее использования. Для создания временных ремонтных и технологических площадок наиболее удобны металлические конструкции, включающие следующие отличия:

- 1) форма надреза и отогнутых усиков не является в плане кругом, а представляет собой прямоугольник, треугольник или другие фигуры более сложной формы;
- 2) крепление к полу за счёт острых концов загнутых частей детали, а также за счёт острых кромок отогнутых вниз усиков;
- 3) предусмотрено крепление между соседними плитками для сбора в единую конструкцию.

Все перечисленное выше позволяет осуществлять укладку плитки как в бетон, так и на поверхность земли.

Целью представленной работы является моделирование технологического процесса производства напольной плитки в программе AutoForm. Также в данной работе проведены анализ и сравнение характеристик плиток с отверстиями разной формы. Разработанный технологический процесс включает в себя операцию отрезки, совмещенную операцию вытяжки, нарезки и отбортовки

Основные технологические операции, совмещенные в одном штампе, были промоделированы с помощью программного продукта AutoForm. Система обладает широкими возможностями для анализа процессов листовой штамповки тонкостенных деталей. Данная программа позволила оценить возможность формоизменения в сложных участках и подобрать необходимые геометрические параметры штампуемой детали.

Современные методы моделирования и специализированные программы позволяют значительно упростить разработку штамповой оснастки, позволяют вносить необходимые изменения в геометрию детали ещё на этапе проектирования и экономят значительные денежные и материальные ресурсы. При помощи математического моделирования возможно с достаточной точностью воспроизвести процесс отбортовки детали, а на основе его анализа сделать выводы о наличии опасных сечений, участков избыточного растяжения.

В работе использовались следующие программные продукты T-Flex CAD 3D v12.0.62.0 и AutoForm⁺ R5 v1.0.

Для математического моделирования была принята модель, показанная на рисунке 2.

В качестве вариантов предварительной надрезки материала были рассмотрены 3 варианта, представленные на рисунке 3. В ходе моделирования принималось во внимание не только хорошее протекание процесса деформации при надрезе и последующей отбортовке, но и простота изготовления инструмента и последующая его заточка.

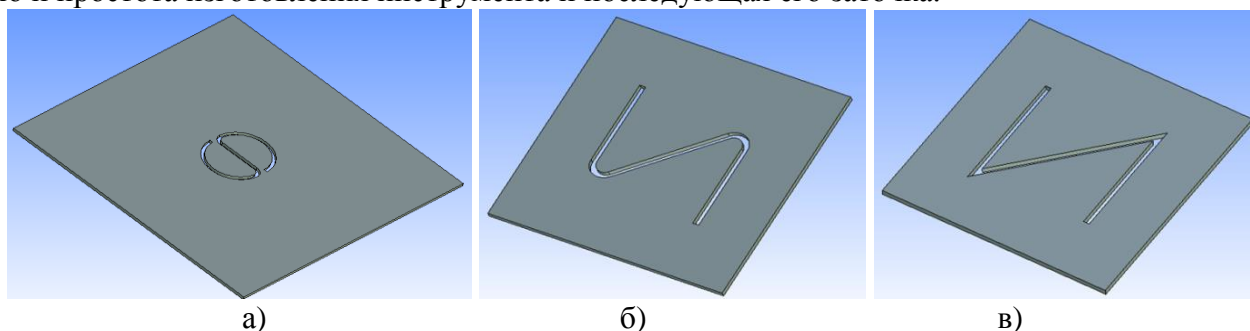


Рисунок 3. Варианты надрезки

В процессе моделирования для оптимального протекания процесса формоизменения подбирались следующие параметры:

- диаметр отбортованного отверстия;
- радиус торовой поверхности у основания борта.

Анализ формоизменения заготовок показал:

1. В процессе отбортовки целесообразно пользоваться параметром приведенного радиуса, который в случае зигзагообразного контура можно принимать равным расстоянию между наиболее удаленными точками надреза.
2. Деформация отбортовки с зигзагообразным контуром происходит в более благоприятных условиях, чем деформация круглого отверстия, или чем в случае, когда надрезаемый контур близок к этому (рисунок 3 а).

Действительно, при отбортовке детали в месте надрезки большим положительным фактором, облегчающим течение материала, является возможность его перетекания из свободных зон. В зависимости от размеров и конфигурации пуансона, выполняющего отбортовку отверстия, данный процесс может приближаться к гибке надрезаемой части [11, 12, 13], которая может привести к пружинению отгибаемой полки. При увеличении радиусов отбортованной части выполняется отбортовка. В ходе проведения моделирования считаем, что деформация не зависит от скорости протекания процесса [14].

В результате использования компьютерного моделирования удалось подобрать оптимальные параметры для формоизменения штампуемых деталей, не изготавливая экспериментальную оснастку.

В ходе моделирования принята геометрия инструмента, обеспечивающая наиболее простой вид надрезаемой линии (рисунок 3 в) и следующую геометрию инструмента для отбортовки: диаметр отбортованного отверстия 35 мм; радиус торовой поверхности 8 мм.

Результаты моделирования в программе AutoForm⁺ R5 v1.0 представлены на рисунках 4 и 5.

В результате моделирования процессов неравномерной отбортовки были сделаны следующие выводы.

1. Максимальное утонение (и возможные разрывы) происходит в местах с резкими изменениями направления разрезов.
2. Наименьшее утонения цилиндрическими пуансонами происходит на кромках с прямолинейными участками.
3. Чем меньше отношения наибольшей диагонали вырезаемого контура к диаметру цилин-

дрического отбортованного отверстия, тем в более благоприятных условиях протекает процесс деформирования кромки.

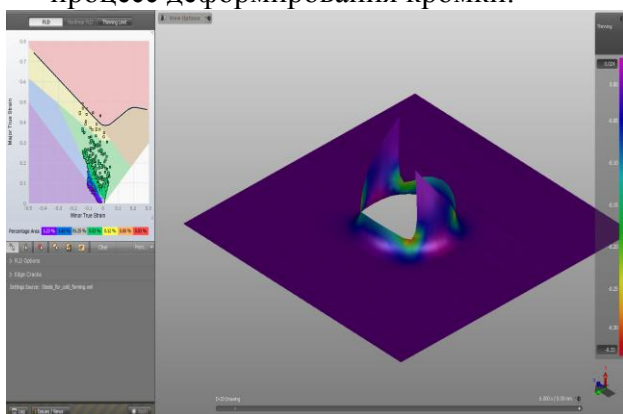


Рисунок 4. Утонение материала в процессе отбортовки

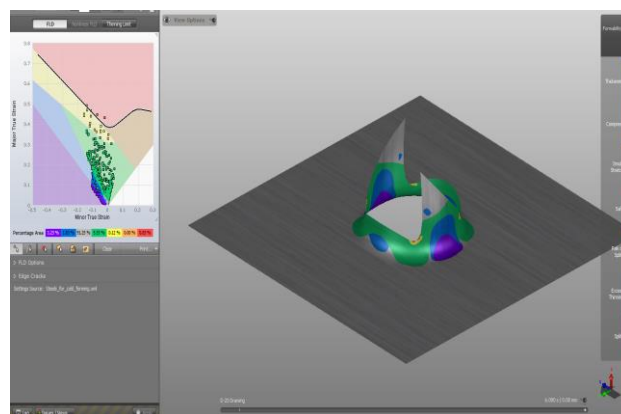


Рисунок 5. Штампуемость материала в процессе отбортовки

Литература

1. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Косачев Н.В. Определение деформации слоев при осесимметричной формовке двухслойной заготовки / Известия МГТУ «МАМИ» 2013 №2 (16) Том 2. С. 58 – 62.
2. M.Petrov, S.Tipalin, J.Best, P.Petrov, N.Kosatschjov, S.Guk. Umformen eines Verbundwerkstoffs aus Stahlblechen / Kondtruktion // Ingenieur-Werkstoffe 7/8-2012, S. 5 – 7.
3. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Технологичность штампованных листовых деталей / Учебное пособие. – М.: Университет машиностроения, 2015. – 72 с.
4. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Подготовительные работы. М., Машиностроение, 1974. – 320 с.
5. S.Tipalin, M.Petrov, B.Saprikin, N.Kosatchyov, N.Shpunkin, P.Petrov Numerical and experimental investigation of deep drawing of sandwich panels / Key Engineering Materials //Trans Tech Publications, Switzerland Vols. 611-612 (2014) pp 1627 – 1636.
6. Бондарь В.С., Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф. Изгиб и скручивание листа/М.Университет машиностроения, 2014. – 212 с.
7. Типалин С.А. Определение накопленной деформации в процессе выдавливания технологической канавки / Заготовительные производства в машиностроении, 2013 №8. С. 22-24.
8. Типалин С.А. Филиппов Ю.К., Яковлев С.С., Проскуряков Н.Е. Художественная чеканка медалей / Учебное пособие. –ТулГУ, 2014. – 53 с.
9. Филиппов Ю.К., Типалин С.А., Крутина Е.В. Металлы и сплавы для художественной чеканки // Учебное пособие. / М.: Университет машиностроения. 2013. 29 с.
10. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Исследование свойств многослойных листовых материалов / Заготовительные производства в машиностроении, 2013, № 1. С. 28-31.
11. Киселев Д.О., Сапрыкин Б.Ю, Типалин С.А. Пружинение многослойного материала при изгибе / Труды конференции: Юбилейная XXV Международная инновационно-ориентированная конференция (МИКМУС - 2013) 2013. С. 148 – 151.
12. Типалин С.А., Сапрыкин М.Ю. Пружинение многослойного материала / Известия МГТУ «МАМИ» 2013. № 2 (16). Том 2. С. 198 – 202.
13. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю. Экспериментальное определение угла пружинения многослойного материала / Заготовительные производства в машиностроении. № 5, 2014. С. 11 – 15.
14. Киселев Д.О., Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Типалина А.В. Влияние изменение скорости деформации на характер упрочнения материала / Известие МГТУ «МАМИ». № 4, 2014. т. 2. С. 14 – 17.