

Расчет и проектирование сувенирного колокольчика с использованием моделирования

Филиппов Ю.К., Крутина Е.В., Филиппов К.Ю.
Университет машиностроения
8 (495) 223-05-23 kiod@mami.ru

Аннотация. В статье представлены подходы к вытяжке деталей конической формы с позиций анализа технологической деформируемости современных цветных металлов. Использование моделирования при исследовании процесса многопереходной листовой вытяжки изделий не только улучшает качество проектирования процессов, но и позволяет прогнозировать технологию и поведение металла заготовки до запуска деталей в производство. Для моделирования используется конечно-элементная система AUTOFORM. Приводятся исходные данные и результаты моделирования.

Ключевые слова: листовая штамповка, вытяжка конических деталей, утонение материала, моделирование вытяжки

Основными направлениями развития современной технологии обработки материалов являются направления, связанные с решением проблем повышения производительности, качества и эффективности труда, снижением расходов материалов и энергии. Решение этих проблем невозможно без применения прогрессивных способов обработки металлов давлением.

Колокольный звон служит не только для церковных целей, но и является выражением радости, грусти и торжества народа. Отсюда и появились различные виды колокольного звона.

История колокольного звона представлена историей колоколов различных стран. Существует огромное разнообразие церковных, пастушьих, ямщицких, кабинетных, дверных, пожарных, сувенирных колоколов и колокольчиков.

Например, ямщицкий колокольчик был сигнальным инструментом, определявшим безопасность передвижения, а также музыкальным инструментом, сопровождавшим пение ямщика. Он предопределял ритм движения лошадей, то подгоняя их, то давая им возможность в мерном шаге отдохнуть.

Колокольчик заблаговременно оповещал о приближении экипажа к станции и исполнял еще множество тех функций, без которых было бы невозможным нормальное существование путешественника в условиях русской дороги. На валдайских колокольчиках ставили столь любимые надписи: «Кого люблю, того и дарю», «Купи не скупись, ездй веселись», «С далеча весточку собою подавай», «Кто колокол купит, тот счастлив будет», «Звени, утешай, ехать поспешай», «Нет барыша, зато слава хороша»...

Колокола и колокольчики должны быть самые красивые и звучные! Колокольный звон при этом самым чистым и гармоничным. Звон колокольчика – это такой же отдел нашего искусства, как и наши народные песни и, особенно, наши старинные знаменные напевы. Наша "музыка будущего" имеет источники своей мощи именно здесь, в своих началах, в своей дорожке, в своих идеалах, давно обдуманых для нас простыми певцами, дьячками и звонарями.

Для создания колокольчика с заданными акустическими характеристиками необходимо найти его оптимальный внешний и внутренний профиль, обеспечивающий выполнение заданных параметров. Геометрическая форма колокола и колокольчика влияет на тональность звука, музыкальное сочетание и высокое качество звучания.

На основании анализа геометрических форм колоколов была разработана форма сувенирного колокольчика, соответствующая музыкальному сочетанию и высокому качеству звучания (рисунок 1).

Существовала технология изготовления колокольчиков методом раскатки по шаблону на токарно-револьверном станке. Основная отбраковка была связана с неудовлетворитель-

ным качеством наружной поверхности детали. На наружной поверхности изделия образуются дефекты, известные как «продольная волна» и «поперечная волна», вызванные нестабильностью при давилных работах на токарных станках, а также задиры и следы от реза.



Рисунок 1. Сувенирный колокольчик

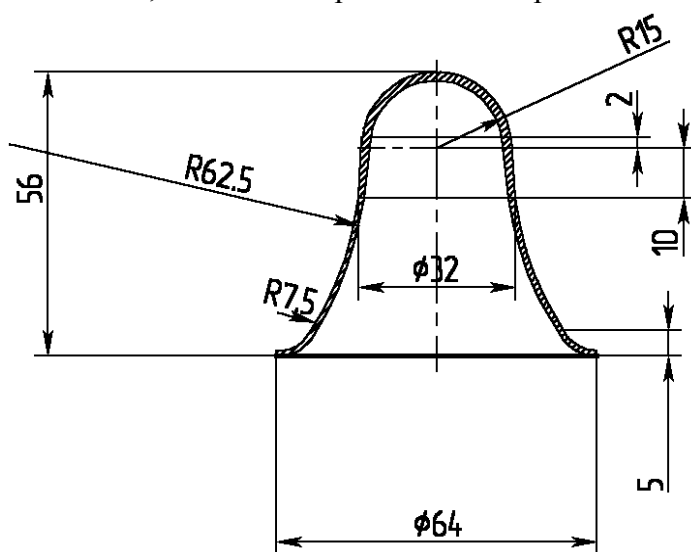


Рисунок 2. Чертеж колокольчика

Основными требованиями к процессу изготовления колокольчика являются возможность получения деталей без разрушения с обеспечением требуемого качества поверхности и приемлемые нагрузки на штамп. Основное внимание обращено на правильный выбор радиусов сопряжения дна, стенок и фланцев, соотношение размеров, характеризующих поперечное сечение и высоту вытягиваемой детали или при сложной форме детали – ее контура.

Значения минимально допустимых радиусов сопряжения, не вызывающих удлинения технологического процесса, приводятся различными авторами в широком диапазоне величин [1, 3]. Установить единую величину зазоров при различных случаях вытяжки невозможно, так как вытянутые детали сильно различаются по габаритам, степени точности и техническим условиям, а также по способу вытяжки (с прижимом, без прижима, с выворачиванием).

Листовая штамповка вытяжкой деталей типа стакан хорошо освоена и давно применяется для изготовления соответствующих изделий в промышленности. Основные требования, предъявляемые к технологии получения таких деталей вытяжкой – устойчивость, деформация без образования складок и разрывов. Как правило, эти задачи решаются при помощи вытяжки с прижимом фланца. Иное дело – штамповка детали колокольчика, получаемой последовательными операциями: вытяжкой с прижимом фланца, последующей протяжкой фланца и получением сложной геометрической формы. При этом наиболее сложным элементом технологии изготовления является получение предварительного конуса в детали с исключением неодинаковой толщины стенки вдоль образующей.

Разработка и проектирование технологического процесса штамповки колокольчика (рисунок 2) и определение формоизменения при последовательной штамповке изделия является целью настоящей работы.

При моделировании закладываем характеристики материала латуни. Большинство латуней имеет красивый золотисто-желтый цвет. Художественные латунные изделия, покрытые специальными бесцветными или слабо окрашенными спиртовыми лаками или нитролаками, приобретают и надолго сохраняют вид и блеск золота. Латунь применяют для изготовления уникальных декоративных предметов, а также для галантерейных и дешевых ювелирных изделий с последующим серебрением или золочением.

Большинство латуней хорошо прокатывается, штампуются и чеканятся. Латунь легко и прочно покрывается различными гальваническими покрытиями: никелем, серебром и золо-

том; хорошо принимает химические оксидировки и может быть тонирована в любые цвета. Температура плавления латуни 980 – 1000 °С.

По сравнению с чистой медью латуни более прочны и тверды, а некоторые из них, например латуни, содержащие около 30 % цинка (Л68), не уступают чистой меди и в отношении пластичности. Кроме того, латуни значительно дешевле меди (так как цинк дешевле, чем медь) и значительно красивее по цвету, чем красная медь.

Латуни с малым содержанием цинка (3 – 20 %, марки Л96, Л90 и Л85) называются том-паками; они отличаются красновато-желтым цветом и применяются для изготовления художественной посуды, а также в художественной эмалирной промышленности для изготовления нагрудных спортивных и юбилейных значков, дешевых ювелирных изделий.

При разработке и проектировании технологического процесса был исследован процесс вытяжки численным методом (AutoFORM), позволяющим оценивать физико-механическое состояние деформируемого металла в каждой точке очага деформации.

Задача сводится к определению формообразования и энергосиловых параметров при вытяжке детали с формой полости в виде цилиндра и конуса, чтобы обеспечить равномерное утонение стенки без волнообразного вида поверхности. На рисунке 4 представлены расчетные поля изменения толщины стенки вдоль образующей, для случая вытяжки конусной полости.

По результатам численных расчетов можно оценить характер изменения силовых параметров процесса вытяжки, а также величины утонения вдоль образующей в зависимости от геометрии инструмента (рисунок 2). Как следует из представленных на рисунке 3 диаграмм, оптимальные формообразующие и энергосиловые параметры деформирования будут в случае вытяжки конусной полости по технологии, представленной на рисунке 4.

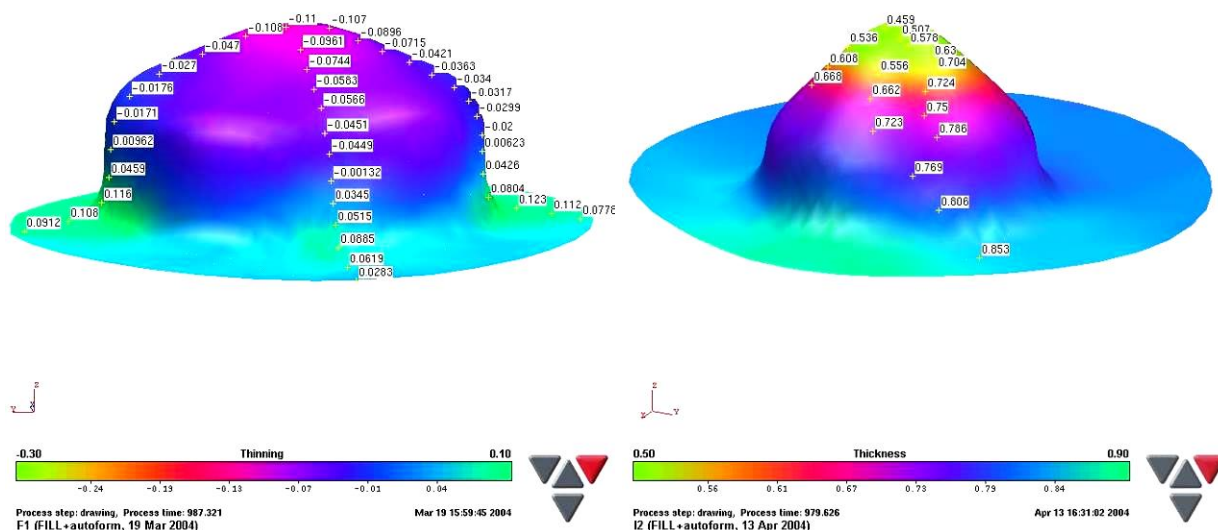


Рисунок 3. Расчетные поля изменения толщины стенки вдоль образующей для случая вытяжки полости

На основании расчетов был спроектирован технологический процесс.

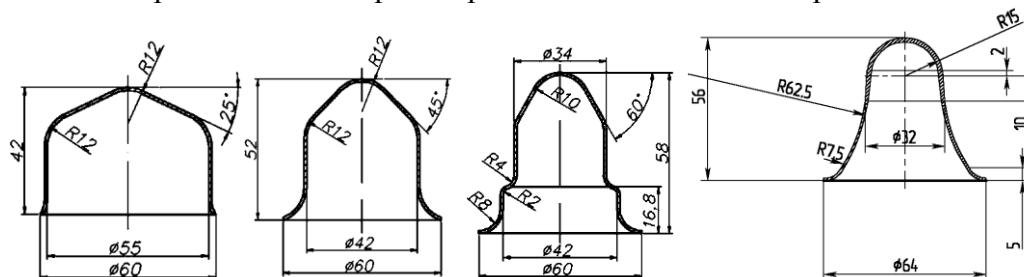


Рисунок 4. Технологический процесс штамповки детали колокольчик

Из ленты шириной $104_{-0,1}^{+0,1}$ мм вырубается заготовка $\varnothing 99_{-0,1}^{+0,1}$ мм; на первой, второй и третьей операциях осуществляется вытяжка заготовки под конус, после второй и третьей вытяжки производится отжиг латунных заготовок и в конце окончательная операция калибровки по заданным геометрическим размерам колокольчика.

Образцы были получены при вытяжке в специальной штамповой оснастке на гидравлическом прессе силой 1000 кН (П474А). Результаты замеров изменения толщины при штамповке колокольчика по переходам показаны на рисунке 5.

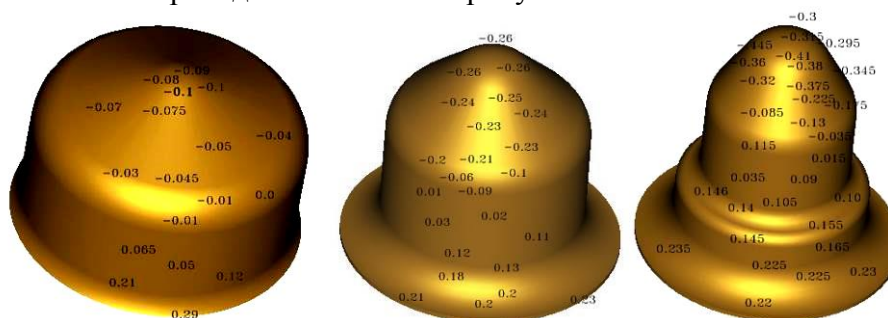


Рисунок 5а. Изменение толщины по переходам при вытяжке

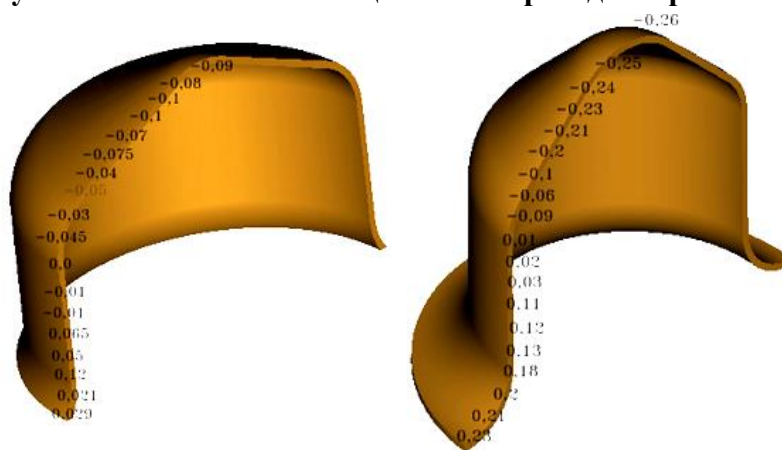


Рисунок 5б. Экспериментально полученные значения утонения

Выводы

Разработан эффективный технологический процесс производства сувенирного колокольчика из латуни Л 68 методом листовой штамповки с оценкой качества получаемой детали. Моделирование позволило сократить расходы при разработке технологического процесса изготовления колокольчика.

Литература

1. Соболев Я.А., Аверкиев А.Ю., Шпунькин Н.Ф., Феофанова А.Е. Ковка и штамповка / Справочник в 4-х томах / Москва, 2010. Том 4. Листовая штамповка (2-е издание, переработанное и дополненное).
2. Розен Г. М., Убрятов А. А., Петин А. А. Механизация и автоматизация листовой штамповки в автомобилестроении. Машиностроение, 1983.
3. Филиппов Ю.К., Игнатенко В.Н., Рагулин А.В. Экспериментальные исследования кинематики течения металла при комбинированном радиальном и обратном выдавливании осесимметричных деталей с фланцем в коническом инструменте // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением 2011, № 9. М., МГТУ "Станкин", 2011, С. 33 – 37.
4. Кохан Л.С., Шульгин А.В., Крутина Е.В., Морозов Ю.А. Изменение толщины стенок цилиндрических листовых изделий при вытяжке без прижима / Технология металлов. – М.: Наука и технологии, 2015. – вып. 1. – С. 8-11.

5. Кохан Л.С., Морозов Ю.А., Шульгин А.В. Изменение толщины стенок цилиндрических стаканов при вытяжке без прижима // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений: обзорно-аналитический и научно-технический журнал. – М.: РУДН, 2014. – вып. 5. – С. 9 – 13.
6. Бондарь В.С., Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф. Вязкопластический изгиб и скручивание листа М.: МГТУ «МАМИ», 2003. 168 с.
7. Типалин С.А. Определение накопленной деформации в процессе выдавливания технологической канавки / Заготовительные производства в машиностроении. 2013, № 8, с. 22 – 24.

Исследование процесса выдавливания холодной объемной штамповкой полых деталей типа «поршень» цилиндра тормозной системы автомобиля

Филиппов Ю.К., Типалин С.А., Петров М.А., Анфимов Ю.Н., Филиппов К.Ю.
Университет машиностроения
+7 /495/ 223-05-23, доб. 1282, e-mail: kiod@mami.ru

Аннотация. Исследованию подвергается процесс выдавливания полых детали типа поршень автомобильного тормозного цилиндра. Проводится моделирование процесса выдавливания детали с различной толщиной дна. Для моделирования используется конечно-элементная система Q-Form 2D. Приводятся исходные данные и результаты моделирования.

Ключевые слова: поршень тормозного цилиндра, моделирование, обратное выдавливание, толщина дна, технологический процесс.

Получение заготовок для поршней методами обработки давлением являются наиболее перспективными [1, 2, 3, 5, 7, 11]. В современном производстве, когда закупка экспериментального инструмента и оборудования становится крайне невыгодной, важнейшую роль играет теоретическое моделирование методом конечно-элементного анализа. Такой анализ показывает все интересующие инженера технологические характеристики при разработке новых процессов. Как показывает практика, при производстве изделий процесс, который был рассчитан на ЭВМ конечно-элементной системой, не отличается от действительного [4, 6, 8, 9, 10, 12].

Целью работы является разработка и исследование технологических процессов штамповки детали типа «поршень» с заданной конфигурацией и геометрическими размерами. В работе проводятся численные исследования процесса выдавливания полых деталей с различной толщиной дна в конечно-элементной системе Q-Form 3D.

На рисунке 1 представлена деталь «поршень тормозного цилиндра», а на рисунке 2 – существующий технологический процесс его изготовления. Как правило, детали такого типа изготавливаются для автомобильной промышленности, где потребность в них достигает 2 – 3 млн. штук в год. С целью обеспечения конкурентоспособности производственного процесса изготовления таких изделий необходимо снижать себестоимость за счет внедрения новых технических решений.

На рисунке 3 показан предлагаемый технологический процесс получения детали. На первом технологическом переходе начальное формообразование получает торцевая часть заготовки, а на втором переходе происходит окончательное формообразование внутренней поверхности и стенок детали. Конечный результат исследуемой технологии не выходит за рамки заданной геометрии и допускаемых размеров.

Конечно-элементный анализ проводился в программе QForm 3D. Искомой величиной является значение деформации и определение кинематики течения металла при равной толщине стенки и переменной толщине дна, причем сила деформирования должна оставаться минимальной. По результатам моделирования производится оценка физико-механического