

Библиографический список
1. Заблонский К.И., Семенов Д.Л. Закономерности развития усталостных повреждений рабочих поверхностей зубьев эвольвентных зубчатых колес // Детали машин: Респ. межвед. науч.-техн. сб., 1981. – Вып. 33. – С. 21 – 22.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ФЛАНЦЕВОЙ ЧАСТИ ЗАГОТОВКИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВЫТЯЖКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

И.Е. Арутюнов, А.А. Шмидт

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк

Моделирование процессов вытяжки. В настоящее время одним из путей сокращения сроков проектирования и повышения качества технологических процессов листовой штамповки является математическое моделирование процесса пластического течения металла. Нестационарность процесса течения металла, разнообразие форм и размеров изделий требуют разработки специализированных математических моделей и их реализации на персональной ЭВМ.

Широкое распространение для моделирования пластического течения получил метод конечных элементов [1]. В работах [2, 3] описано применение метода конечных элементов для моделирования процесса вытяжки листового металла. В данном работе предлагается математическая модель, основанная на методе конечных элементов. Особенностью модели является возможность визуального представления процесса в реальном времени.

Представление заготовки в виде конечных элементов и метод моделирования. Модель детали в процессе вытяжки может быть представлена как совокупность участков с различным напряженно-деформированным состоянием (НДС). В работе рассмотрены особенности формоизменения и образования дефектов во фланцевой части осесимметричных деталей и наиболее опасных мест с точки зрения нарушения сплошности металла. Для расчета напряжений на фланце анизотропной заготовки применен метод конечных элементов (МКЭ). При этом он разбивается на плоские треугольные конечные элементы.

Для основных этапов, когда пластическая деформация охватывает фланец заготовки, получено следующее решение задачи. Принята модель плоского напряженного состояния с условием пластичности Мизеса. Процесс деформации разбивается на конечное число шагов. С учетом

граничного условия получены формула расчета приращения перемещения контура заготовки Δu_i после каждого i -го шага процесса и новый радиус фланца R_i . Величину приращения деформации $d\epsilon$, связанную с изменением толщины заготовки, определяем из условия несжимаемости.

Таким образом, можно рассчитать радиальное растягивающее напряжение на фланце. Рассматриваются два сечения, нормальных к поверхности заготовки. Одно сечение проходит через точку касания (отрыва) деформируемой заготовки и скругления матрицы в момент, когда величина хода пуансона меньше суммы радиусов скруглений матрицы, пуансона и толщины детали. Другое (опасное) проходит через точку касания (отрыва) заготовки и скругления пуансона. Учет влияния упрочнения, изгиба на скругленных кромках матрицы и пуансона и трения на кромке матрицы позволяет определить растягивающее напряжение в первом сечении. Из условия равенства сил, приложенных в этом сечении, и сил, приложенных в опасном сечении, можно определить максимальное радиальное напряжение. В результате получена формула определения максимального растягивающего напряжения в опасном сечении. На второй стадии вытяжки (до достижения максимального значения усилия вытяжки) и на третьей стадии (до выхода края заготовки из-под прижимного кольца) происходит спрямление элементов заготовки при сходе их со скругленной кромки матрицы и переход в стенку образующей детали. На заключительной, четвертой стадии вытяжки детали во фланца краевая часть заготовки деформируется без прижима, а максимальное напряжение плавно уменьшается до значения, близкого к нулю.

Напряженно-деформированное состояние. В результате решения системы уравнений с учетом граничных условий рассчитаны параметры НДС. Для определения упругопластических деформаций и напряжений в тех конечных элементах, которые при какой-то величине хода пуансона перешли в упругое состояние, МКЭ применен в сочетании с теорией пластичности Мизеса. Установлено, что при плоскостной анизотропии листовых материалов при вытяжке цилиндрической детали по сравнению с вытяжкой изотропного материала (при прочих равных условиях) помимо изменения напряженного состояния фланца заготовки изменяется также и кинематика перемещения точек фланца, что вызывает образование фестонов на стенке детали и уменьшение высоты стенки по наибольшей впадине.

Практическая реализация. Результатом работы является разработка специальной программы для персональной ЭВМ с возможностью визуализации процесса формоизменения металла при вытяжке. Программа позволяет задать основные параметры процесса (скорость и усилие вытяжки), геометрию инструмента (радиусы скругления пуансона и матрицы и др.) и геометрию

детали. После ввода исходных данных можно запустить анимацию процесса и наблюдать его течение.

Математическое моделирование процессов вытяжки осесимметричных деталей дополняет традиционные методики расчета и позволяет более точно определить параметры процесса и спроектировать штампы для вытяжки, оптимизировать количество операций и свести к минимуму себестоимость производства.

Библиографический список

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1986. – 688 с.
2. Жарков В.А., Математическое моделирование процессов вытяжки осесимметричных деталей // Кузнечно-штамповочное производство. – 1999. №7. – С. 8 – 14.
3. Жарков В.А., Математическое моделирование процессов вытяжки осесимметричных деталей // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000. №4. – С. 30 – 36.

МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ РАСКАТКИ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКА МУФТЫ ВЫКЛЮЧЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ

В.Б. Годунов, А.А. Королёв, В.В. Болкунов

Саратовский государственный технический университет,
г. Саратов

Кольца подшипника муфты выключения сцепления МВС-1 автомобилей ВАЗ получают штамповкой из материала 15 ХГЮА 2,25×233 ТУ 14-1-4331-87. Для повышения долговечности подшипника дорожки качения на кольцах целесообразно получать холодной раскаткой. Однако внедрение этого прогрессивного процесса сдерживается недостаточной его изученностью применительно к тонкостенным кольцам, какими являются кольца подшипника муфты.

Анализ механизма процесса выполнен на математической модели, при построении которой были приняты следующие допущения:

1. Радиальная толщина наружного и внутреннего колец мала по сравнению с их диаметрами, и, следовательно, эти кольца можно рассматривать как кривой брус малой кривизны. Поэтому деформация кольца в процессе раскатки подчиняется закону И.А. Биргера, Б.Ф. Шорра [1] и рассчитывается по формуле:

$$w = \frac{P \cdot r^2}{8 \cdot E \cdot J \cdot \sin^2(0,5 \cdot \theta)} \left(\theta + \sin \theta + \frac{8 \cdot \sin^2(0,5 \cdot \theta)}{\theta} \right) + \frac{P \cdot r}{8 \cdot E \cdot F \cdot \sin^2(0,5 \cdot \theta)} \cdot (\theta + \sin \theta), \quad (1)$$

где w – перемещение точки приложения силы относительно центра кольца, мм; P – сила, приложенная в точке, Н; r – средний радиус кольца, мм; θ – угловой шаг точек приложения силы, рад; E – модуль упругости материала кольца, Мпа; J – центральный момент инерции сечения кольца, мм⁴; F – площадь сечения кольца, мм².

2. Модуль упругости материала деталей в формуле (1) является постоянной величиной, не зависящей от нагрузки.

3. В работах [2–4] показано, что в зависимости от соотношения ширины площадки контакта и толщины кольца, подвергающегося пластической деформации, возможны две схемы образования линий скольжения. При небольшой толщине колец и значительной площадке контакта следует использовать схему, при которой пластическая деформация осуществляется по всему сечению кольца, и кольцо в процессе раскатки увеличивается в диаметре.

Удельную силу, действующую на контактную поверхность в процессе раскатки, определим по формуле [2]:

$$q = -\sigma_n \cdot \left(1 - \frac{f \cdot b}{h} \right), \quad (2)$$

где σ_n – нормальное контактное напряжение при отсутствии сил трения на поверхности контакта, МПа; f – коэффициент трения-скольжения поверхностей раскатника и заготовки; b – размер площадки контакта, мм; h – толщина кольца, мм.

Величина σ_n зависит от соотношения размера площадки контакта и толщины кольца. Из условия постоянства максимальных касательных напряжений значение пластической постоянной равно:

$$k = 0,5 \cdot \sigma_s, \quad (3)$$

где σ_s – предел текучести материала детали.

Среднее контактное напряжение с погрешностью до 10% аппроксимируется выражением

$$\sigma_n = \sigma_s \cdot \sqrt{\frac{h}{b}} \quad (4)$$