Моделирование процесса раскатки труб

. Хейн Вин Зо – к.т.н., (докторант)

в «МАТИ» - в Российском государственном технологическом университете им. К.Э. Циолковского.

Моделирование процесса раскатки труб

Хейн Вин Зо

Постановка задачи

В настоящее время к конструкциям самолетов и других изделий машиностроения предъявляются все более высокие эксплуатационные требования, а с другой стороны стоит задача снижения себестоимости продукции. Поэтому специалисты, работающие в этих областях, ведут работы по созданию новых материалов, по повышению технологичности конструкций, созданию новых технологических процессов, оснастки и оборудования.

Важной частью любой машины являются трубопроводные системы. Трубопроводы работают в условиях сложного нагружения. Они испытывают действия высоких давлений, пульсирующей нагрузки и гидравлических ударов. Поэтому к ним предъявляются высокие требования по механическим свойствам материала, качеству внешней и внутренней поверхностей, сохранению формы сечения, а также максимальному утонению стенок трубы.

При изготовлении трубопроводов используются различные технологические операции: раздача, обжим, гибка и др. Наибольшее распространение при изготовле¬нии различных соединительных элементов нашел процесс раздачи (и развальцовки) концевых участков труб.

В связи с применением высокопрочных и молопластичных материалов, эти традиционные технологии не позволяют получить качественные детали, а также имеют низкую экономическую эффективность. Поэтому исследования в этом направлении являются актуальными.

При изготовлении ряда трубчатых деталей (рис. 1) применение процесса раскатки для получения раструбов на концевых участках более предпочтительно (чем, например, применение раздачи, развальцовки и др.) с точки зрения достижения больших степеней формоизменения в результате повышения пластических свойств материала заготовки под действием сжимающих напряжений.

В данной статье предлагаются моделирование процесса раскатки концевых участков длинномерных трубчатых заготовок.

Процесс деформирования заключается в следующем. Исходную трубчатую заготовку l (рис. 2) помещают в зазор между оправкой 2 и давильным роликом 3. Под действием усилия Р стенка заготовки сжимается, а вращающа¬яся оправка 2 обеспечивает бесцентровое вращение заготовки l. По мере утонения стенки заготовки в очаге деформации 4 диаметр заготовки увеличивается.

Рис. 1. Детали, получаемые раскаткой

Для разработки математической модели процесса деформирования используем метод баланса работ [3], заключающийся в равенстве работ внешних и внутренних сил (без учета сил контактного трения). Работа внешних сил равна:

$$A_{внеш} = A_P + A_M \qquad (1)$$

где АР- работа, связанная с утонением стенки под действием силы Р; Ам - работа, связанная с вращением заготовки моментом М.

Подставив в уравнение (1) соответствующие силы п перемещения за один оборот детали, получим:

(2)

где s - величина утонения стенки заготовки за один оборот детали; - угол поворота оправки за один оборот детали.

Рис. 3.14. Схема процесса раскатки: 1 - заготовка; 2 – приводная оправка;
3 – давильная оправка; 4 - очаг деформации

Работа внутренних сил равна

, (3)

где - напряжение текучести; - интенсивность деформаций; V - объем продеформированного металла.

Для одного оборота детали уравнение запишется в сле¬дующем виде (через средние подынтегральные величины):

(4)

где - приращение интенсивности деформации за один оборот детали; l - длина очага деформации; R, s – текущие значения радиуса и толщины стенки в очаге деформации. Приравняв работу внешних и внутренних сил, получим:

(5)

Выражение (5) содержит два неизвестных параметра P и M.

Пренебрегая внеконтактной деформацией на коническом участке, определим усилие P со стороны давильного ролика (рис. 3) в предположении его пропорциональности проекции площади контакта:

(6)

где F - проекция площади контакта, расположенная перпенди¬кулярно действию радиального усилия P.

Известно, что определение площади контакта давильно¬го инструмента с заготовкой зависит от действия многих факторов и представляет собой сложную задачу, поэтому найдем площадь приближенно.

Если принять, что размеры вращающейся оправки rоп и давильного ролика rр (рис. 3) соизмеримы друг с другом, т.е. rоп rр, а радиус вращающейся заготовки R значительно больше, то проекция ширины зоны контакта h можно определить по формуле.

(7)

Разницу размеров rоп и rр можно учесть через их среднее значение rср=(rоп + rр)/2, тогда