

## 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 изготовлении различных соединительных элементов нашел процесс раздачи (и развальцовки) концевых участков труб.

□ В связи с применением высокопрочных и моллопластичных 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 1 (рис. 2) помещают в зазор между оправкой 2 и давилным роликом 3. Под действием усилия  $P$  стенка заготовки сжимается, а вращающаяся оправка 2 обеспечивает бесцентровое вращение заготовки 1. 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:

$$A_{\text{внеш}} = A_P + A_M \quad (1)$$

где  $A_P$  - работа, связанная с утонением стенки под действием силы  $P$ ;  $A_M$  - работа, связанная с вращением заготовки моментом  $M$ .

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

(2)

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

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

Работа внутренних сил равна

, (3)

где  $\sigma$  - напряжение текучести;  $\epsilon$  - интенсивность деформаций;  $V$  - объем продеформированного металла.

□ Для одного оборота детали уравнение запишется в следующем виде (через средние подынтегральные величины):

$$(4)$$

где  $\epsilon$  - 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 давящего ролика (рис. 3) в предположении его пропорциональности проекции площади контакта:

$$(6)$$

где  $F$  - проекция площади контакта, расположенная перпендикулярно действию радиального усилия  $P$ .

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

□ Если принять, что размеры вращающейся оправки  $r_{оп}$  и давящего ролика  $r_r$  (рис. 3) соизмеримы друг с другом, т.е.  $r_{оп} \approx r_r$ , а радиус вращающейся заготовки  $R$  значительно больше, то проекция ширины зоны контакта  $h$  можно определить по формуле.

$$(7)$$

□ Разницу размеров  $r_{оп}$  и  $r_r$  можно учесть через их среднее значение  $r_{ср} = (r_{оп} + r_r)/2$ , тогда