

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ РАЗНОСТЕННОСТИ ТРУБ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ НА САМОУСТАНОВЛИВАЮЩЕЙСЯ ОПРАВКЕ

Паршин С.В.
Спиридонов В.А.
Мамелин М.И.

ГОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина»
г. Екатеринбург

После прокатки труб на редуционном стане на их внутренней поверхности возникает дефект, который получил название граненость. Данный дефект является неравномерным изменением толщины стенки в поперечном сечении трубы и проявляется в виде граней на внутренней поверхности трубы. Количество этих граней и их тип зависит от нескольких факторов, таких как: количеством валков в клети и количеством самих клетей, прокатка с натяжением и без натяжения, а также отношением толщины стенки к диаметру трубы.

Внутренний контур поперечного сечения трубы главным образом будет зависеть от количества рабочих валков в клети и от количества клетей в стане. Относительная толщина стенки трубы также оказывает серьезное влияние на форму внутреннего контура. На рис. 1 показана форма поперечного сечения толстостенной трубы после редуцирования на стане с двухвалковыми рабочими клетями. Здесь хорошо видно четырехгранную форму контура внутренней поверхности трубы. На рис. 2 – тонкостенная труба с трехвалкового стана. В поперечном сечении характерный шестигранник. Количество граней может быть различным, оно пропорционально количеству рабочих валков в клети, так для редуцирования на двухвалковом стане соответствует восьмигранная форма внутреннего сечения (рис. 3).

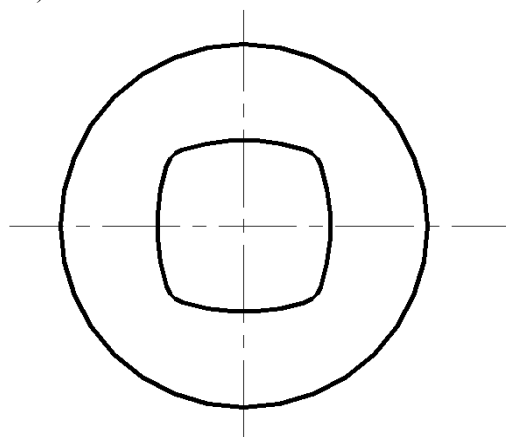


Рис. 1 – Форма толстостенной трубы после редуцирования на стане с двухвалковыми рабочими клетями.

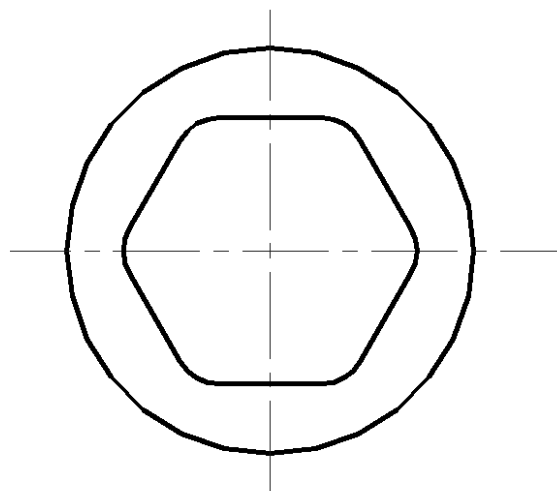


Рис. 2 – Шестигранная форма внутренней поверхности трубы после редуцирования на стане с трехвалковыми рабочими клетями.

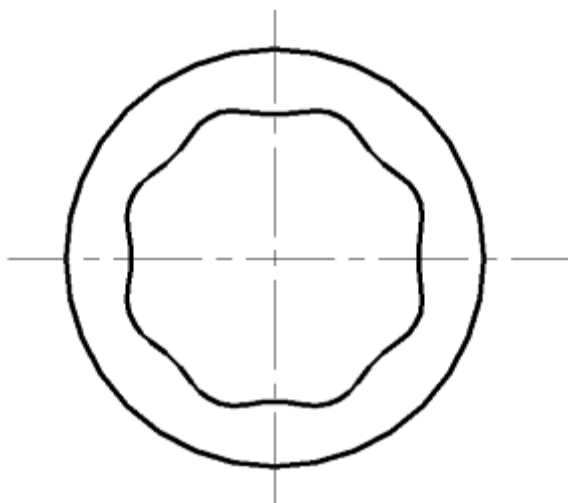


Рис. 3 – Форма внутренней поверхности трубы после редуцирования на стане с двухвалковыми рабочими клетями.

Величину поперечной разностенности при прокатке в одном калибре можно определить как разницу между максимальным и минимальным утолщением стенки. Максимальное утолщение стенки будет у реборд калибра – ΔS_p , а минимальное утолщение стенки будет в вершине калибра – ΔS_b .

Утолщение средней стенки ΔS_i прямо пропорционально частной деформации трубы m_i :

$$\Delta S_i = k \cdot m_i \cdot S_{i-1},$$

где k – коэффициент пропорциональности (для двухвалковых калибров $k=0,0053$);
 S_i – толщина стенки в i -м калибре.

Тогда для утолщений стенки у реборд калибра и в его вершине получим следующие выражения:

$$\Delta S_{pi} = k_p \cdot m_i \cdot S_{i-1};$$

$$\Delta S_{vi} = k_v \cdot m_i \cdot S_{i-1}.$$

Отсюда разность в утолщении стенки трубы в ребордах и в вершинах в данном калибре можно определить из выражения:

$$\Delta S_{pi} - \Delta S_{vi} = (k_p - k_v) \cdot m_i \cdot S_{i-1}.$$

Аналогично в $(i+1)$ -м калибре:

$$\Delta S_{pi+1} - \Delta S_{vi+1} = (k_p - k_v) \cdot m_{i+1} \cdot S_i.$$

Учитывая, что S_i/S_{i-1} близко к единице, то с допустимой точностью можно записать соотношение этих величин в смежных калибрах:

$$\frac{\Delta S_{pi+1} - \Delta S_{vi+1}}{\Delta S_{pi} - \Delta S_{vi}} = \frac{m_{i+1}}{m_i}.$$

Таким образом, из вышесказанного видно, что величина разностенности при образовании граней будет возрастать с увеличением деформации, а количество граней зависит от относительной толщины стенки. Прокатка с натяжением будет давать снижение разностенности, но полностью его не устраним. В качестве одного из способов полного устранения гранености на трубах после редуцирования можно предложить последующее их волочение на оправке.

Исследование поведения граненых труб при их волочении на самоустанавливающейся оправке можно провести с помощью прикладных компьютерных программ, использующий метод конечных элементов (МКЭ). Такие исследования помогут увидеть поведение металла в очаге деформации, оценить ресурс пластичности, рассмотреть поврежденность металла, как на вершинах граней, так и на впадинах. При волочении граненой трубы на оправке, с целью получения идеально круглой формы внутренней поверхности трубы в поперечном сечении, естественно вытяжка будет различной по поперечному сечению трубы: степень деформации и напряжения на верши-

нах граней будут повышенные. В результате этих исследований можно будет получить данные по выбору оптимальных параметров процесса, устраняющего граненость, и соответственно получения труб, удовлетворяющим ГОСТу по размерам и точности.

Помимо всего прочего компьютерное моделирование процесса с помощью МКЭ также позволит исследовать влияние геометрии трубоволоочильного инструмента на точность труб. Соответственно станет возможным определение оптимальной геометрии инструмента, в частности, для устранения гранености.

Для компьютерного моделирования процесса был выбран прикладной пакет, реализующий метод конечных элементов, Deform 3D. На его базе был смоделирован процесс волочения трубы на самоустанавливающейся оправке. Геометрия инструмента и заготовки были созданы с помощью пакета SolidWorks, более подходящего для геометрического моделирования.

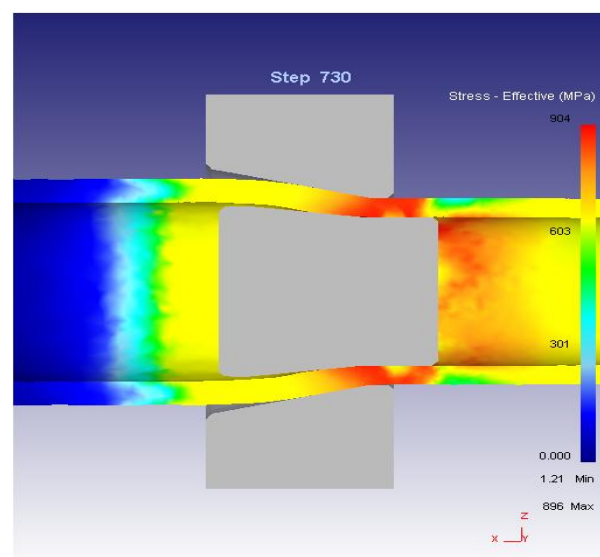


Рис. 4. Очаг деформации с изображением напряжений, полученный с помощью МКЭ.

Процесс был смоделирован по известному маршруту волочения (46х4,75 – 38х3,9) (Рис. 4). Конечно-элементная модель включает в себя деформируемую трубу, инструмент-волоку и оправку. Материал трубы – сталь 45. Материал трубы приняли упруго-пластическим, а деформируемый материал – абсолютно жестким. Коэффициент трения был принят постоянным по всей контактной поверхности по закону Кулона и равным 0,07. После замера геометрических характеристик сечения готовой трубы математической модели, и реального темплетта очага деформации, взятого для этого маршрута, сделали вывод об адекватности модели, полученной в пакете DEFORM-3D.

Полученная модель может быть использована для дальнейших исследований по прогнозированию исправления поперечной разностенности при волочении труб на самоустанавливающейся оправке