

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОКАТКЕ ТРУБ НА КОРОТКОЙ ОПРАВКЕ

На трубопрокатном агрегате ТПА – 140 ОАО «Синарский трубный завод» прокатывают трубы из углеродистых и легированных марок стали ответственного назначения: бурильные, обсадные, для энергомашиностроения диаметром от 73 до 168 мм толщиной стенки от 5 до 20 мм.

Отличительной особенностью производства труб на ТПА – 140 является ограничение на дополнительную деформацию. Коэффициент вытяжки на СПП-1 (стан продольной прокатки труб) находится в пределах  $1,16 \div 1,5$ , а на СПП-2 –  $1,07 \div 1,15$  [1]. Применение больших обжатий вызывает появление продольной риски на внутренней поверхности трубы. До настоящего времени нет однозначного мнения о причинах появления данного дефекта, и отсутствует объективный и достоверный анализ причин его появления. Рекомендации по предотвращению образования риски не однозначны и противоречивы.

В работе выполнено исследование формоизменения трубы при прокатке на короткой оправке и высказаны рекомендации по рациональной калибровке рабочих валков стана и режимам прокатки в соответствии с выдвинутой моделью образования дефекта. Новая калибровка валков позволит уменьшить число труб с риской на внутренней поверхности.

Исследование формоизменения трубы выполнялось с использованием программного комплекса «DEFORM-3D». По рекомендации разработчиков программы и с учетом практических данных о прокатке труб на стане СПП [3], начальные условия включали сведения о температуре трубы  $\Theta = 1200^\circ\text{C}$ , температуре валков и оправки  $\Theta = 150^\circ\text{C}$ , температура воздуха  $\Theta = 20^\circ\text{C}$ . Теплоотдача от заготовки к инструменту была задана коэффици-

ентом теплопередачи  $\alpha = 5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$ . В твердотельной модели была определена

дискретизация с использованием конечных элементов в форме тетраэдра. Количество их составляло 350 000. На поверхности инструмента граничные условия были заданы следующим образом: нормальная составляющая скорости частиц металла  $V_{n|S_s} = 0$ ; закон трения был задан по Зибелю

$\tau_{|S_s} = \psi \tau_s$ . Показатель сил трения на валке был принят равным  $\psi = 0,7$ , а

на оправке  $\psi = 0,2$ . Передний и задний концы прокатываемой трубы свободны от нагрузки, следовательно, во входном и выходном сечениях очага деформации нормальные напряжения равны нулю:  $\sigma_{xx}|_{S_f} = 0$ . Скорость вращения валков на СПП-1 и СПП-2 принята равной 125 об/мин. Диаметр заготовки (гильзы), получаемой на прошивном стане, принят в вычислительном эксперименте одинаковым во всех экспериментах  $D_2 = 166$  мм, а толщина стенки гильзы различная  $S_2 = 10, 11, 12, 13$  и  $14$  мм. Диаметр и толщина стенки трубы во всех опытах после прокатки в СПП-1 составляли  $D_{СПП-1} = 160$  мм и  $S_{СПП-1} = 7$  мм, после СПП-2 -  $D_{СПП-2} = 156$  и  $S_{СПП-2} = 5,6$ . Диаметр оправки  $D_{опр1} = 146$  мм и  $D_{опр2} = 145$  мм. Таким образом, коэффициент вытяжки в первом проходе принимал значение: 1,46; 1,6; 1,73; 1,86; 1,99. Во втором проходе коэффициент вытяжки был постоянным во всех опытах и равным 1,10. Исследование формоизменения металла выполнено для двух вариантов калибровки рабочих валков: круглая и шестигранная. При моделировании процесса прокатки использовались действующие в цехе Т-2 калибровки валков. Угол выпуска для обеих калибровок был равен  $\varphi = 30^\circ$ . Исследование формоизменения металла заключалось в установлении закономерностей влияния коэффициента вытяжки на безразмерные параметры, характеризующие деформацию

трубы в выпуске калибра:  $\frac{S_{вып}}{S_{верш}}$ ;  $\frac{\delta}{S_{вып}}$ ;  $\frac{C}{S_{вып}}$ , а также на угол нейтрального сечения  $\alpha$ . Угол нейтрального сечения определяет разделение потоков металла к вершине и к выпуску калибра. Здесь  $S_{вып}$  – толщина стенки трубы в выпуске калибра;  $S_{верш}$  – толщина стенки трубы в вершине калибра  $\delta$  – величина зазора между оправкой и внутренней поверхности трубы;  $C$  – протяженность свободной поверхности оправки (рис. 1).

На рис. 2 представлены результаты выполненных расчетов формоизменения металла в выпуске калибра при прокатке трубы в первом проходе (СПП-1) с использованием шестигранных и круглых калибров. На рис. 2 видно, что с увеличением коэффициента вытяжки толщина стенки в выпуске калибра увеличивается. Также следует отметить, что при моделировании прокатки в валках с шестигранной калибровкой толщина стенки трубы в выпуске и вершине калибра при коэффициенте вытяжки 1,46 отличается на 24 %, а при коэффициенте

вытяжки 1,99 – на 42 %. При моделировании прокатки в валках с круглой калибровкой толщина стенки трубы в выпуске и вершине калибра при коэффициенте вытяжки 1,46 отличается на 27 %, а при коэффициенте вытяжки 1,99 – на 46 %. Таким образом, при прокатке в валках с шестигранной калибровкой утолщение стенки в выпуске калибра происходит менее интенсивно, чем при прокатке в валках с круглой калибровкой. Величины зазора между оправкой и внутренней поверхностью трубы  $\delta$  и протяженности свободной поверхности оправки  $C$  в зоне выпуска с увеличением коэффициента вытяжки существенно уменьшаются. Характер этих зависимостей способствует тому, что даже при небольших обжатиях трубы во втором проходе (СПП-2) в вершине калибра создаются неблагоприятные условия для удержания смазки на контактной поверхности трубы и оправки (рис. 3). На рис. 3 стрелками показаны направления выдавливания смазки.

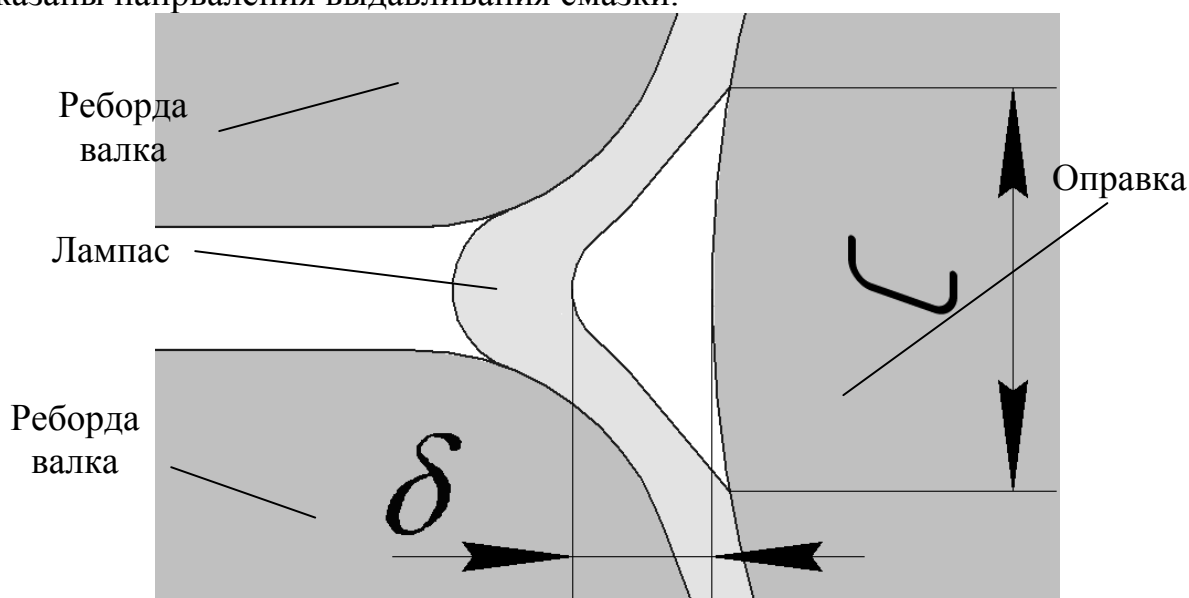
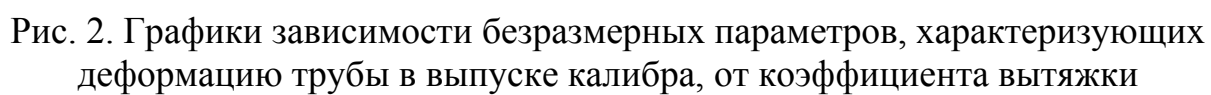


Рис. 1. Схема для определения параметров  $\delta$  и  $C$

Выдавливание смазки приводит к налипанию металла на оправку и образованию продольной риски на внутренней поверхности трубы. На рис. 4 видно, что с ростом коэффициента вытяжки от 1,46 до 1,99 угол нейтрального сечения  $\alpha$  уменьшается при прокатке в валках с круглой калибровкой от  $41^\circ$  до  $32^\circ$ , а при прокатке в шестигранных калибрах – от  $37^\circ$  до  $29^\circ$ .





### Список использованных источников

1. *Швейкин В.В.* Производство труб на установках с автоматическим станом : учеб. пособие. Вып. 2. Свердловск, 1978. 109 с.
2. *Ваткин Я.Л., Чекмарев А.П.* Основы прокатки труб в круглых калибрах. М., 1962.
3. *Данилов А.Ф., Глейберг А.З., Балакин В.Г.* Горячая прокатка и прессование труб. Изд. 3-е, дополн. и перераб. М.: Изд-во Металлургия, 1972. 576 с.