

## СНИЖЕНИЕ РАСХОДНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТРУБ

*Б.В. Баричко, Я.И. Космацкий*

## DECREASING THE DISCHARGE COEFFICIENT IN MANUFACTURE OF PIPES

*B.V. Barichko, Ya.I. Kosmatsky*

Представлена постановка задачи на снижение расходного коэффициента при производстве труб по маршруту прессование - редуцирование. Проанализированы возможные способы устранения утолщения стенки на заднем участке. Получены аналитические зависимости для определения параметров пресс-иглы, позволяющие проектировать профилировку рабочего инструмента при изготовлении труб с устранением утолщения стенки на заднем участке.

*Ключевые слова: прессование металлов, редуцирование труб, параметры пресс-иглы, утолщение стенки трубы.*

Problem statement of decrease of discharge coefficient in manufacture of pipes on a pressing - reduction route is presented. Possible ways of elimination of wall thickening on the back part are analysed. Analytical dependences for determination of parameters of the press needle are received, allowing to project profiling of the working tool at manufacturing of pipes with elimination of wall thickening on the back part.

*Keywords: pressing of metals, reduction of pipes, parameters of the press needle, pipe wall thickening.*

Трубы небольших диаметров (менее 70 мм) неэкономично получать непосредственно на трубопрессовых агрегатах из-за снижения производительности установок или вообще невозможно по технологическим причинам (вследствие малого внутреннего диаметра).

Входя в состав трубопрессовых агрегатов, редуциционные станы позволяют значительно расширить сортамент выпускаемых труб. Редуциционные станы предназначены для уменьшения наружного диаметра трубы, при этом толщина стенки может увеличиваться, уменьшаться или оставаться неизменной.

При малых степенях редуцирования сопротивление продольному истечению оказывается больше сопротивления истечению внутрь, что вызывает утолщение стенки. С ростом величины деформации интенсивность утолщения стенки возрастает. Однако вместе с тем возрастает и сопротивление истечению внутрь трубы. При определённой величине редуцирования утолщение стенки достигает своего максимума и последующее увеличение степени редуцирования приводит к более интенсивному росту сопротивления истечения внутрь и в результате утолщение начинает уменьшаться.

При редуцировании с натяжением условия деформации концов труб отличаются от условий деформации середины трубы, когда процесс прокатки уже стабилизировался. В процессе заполне-

ния стана или при выходе трубы из стана концы трубы воспринимают лишь часть натяжения, а прокатка, например в первой клети до момента захода трубы во вторую клетку, проходит без натяжения. В результате концы труб всегда утолщаются, что является недостатком процесса редуцирования с натяжением [1]. Участок заднего конца трубы-изделия с утолщённой стенкой изображён на рис. 1.

Длина заднего участка трубы с утолщенной стенкой зависит от ряда параметров, изменяя которые можно уменьшить, а, возможно, и устранить этот участок.

Во-первых, скоростные режимы редуцирования. Индивидуальный привод валков каждой клети с тонкой регулировкой их скорости позволяет создавать разные режимы натяжения. Во-вторых, температура нагрева передельной трубы. Увеличение температуры нагрева заднего участка передельной трубы, на длине которого возможно утолщение стенки, приведёт к изменению условий деформации, таким образом компенсируя недостаток натяжения заднего участка трубы. В-третьих, прессование передельных труб с уменьшением толщины стенки на заднем участке, компенсируя при этом последующее её увеличение при редуцировании.

Уменьшение длины заднего участка трубы с утолщенной стенкой за счёт разработки необходимых скоростных режимов редуцирования требу-

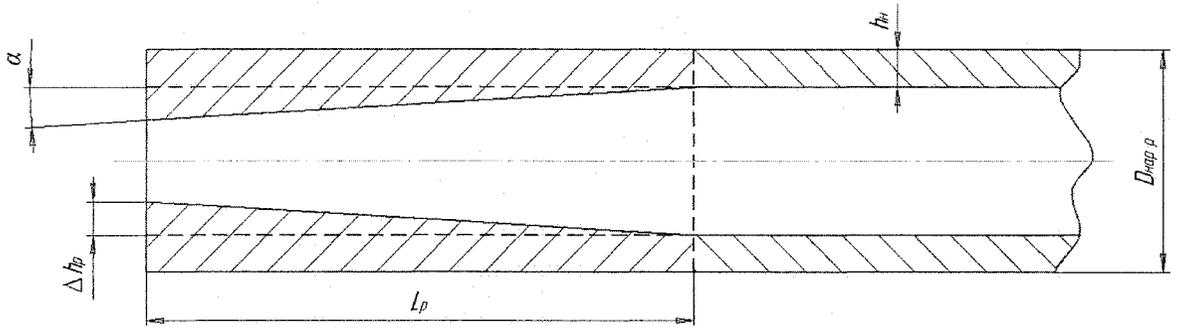


Рис. 1. Участок заднего конца редуцированной трубы с утолщенной стенкой:  $\Delta h_p$  – разница между номинальной толщиной стенки и максимальным значением толщины стенки, мм;  $\alpha$  – угол наклона внутренней поверхности утолщенного конца трубы к наружной, град;  $L_p$  – длина утолщённого заднего участка редуцированной трубы, мм;  $D_{нар\ p}$  – наружный диаметр редуцированной трубы, мм;  $h_n$  – номинальная толщина стенки трубы после редуцирования, мм

ет точного соблюдения скоростных параметров для того, чтобы прокатка протекала по расчётному режиму. Технологический процесс местного нагрева сложно осуществить, так как требуется стабильное положение переходной зоны, разделяющей температуру нагрева основной части трубы и повышенную температуру заднего участка с утолщенной стенкой [2].

Не изменяя этих параметров, можно устранить участок с утолщенной стенкой, изготавливая методом прямого прессования соответствующую передельную трубу. Для этого необходимо использовать пресс-иглу, которая будет иметь на рабочей части три участка: цилиндрический, обеспечивающий получение передельной трубы с номинальной стенкой; конический, обеспечивающий плавное уменьшение стенки на заднем конце прессованной трубы и цилиндрический участок. Схема предлагаемой конструкции пресс-иглы показана на рис. 2.

Увеличение толщины стенки на заднем участке редуцированной трубы-изделия описывается линейной зависимостью

$$h_p = aL_p + b, \quad (1)$$

где  $a, b$  – коэффициенты, зависящие от величины отклонения толщины стенки  $\Delta h_p$ , где  $a = -\frac{\Delta h_p}{L_p}$ ,

$$b = \Delta h_p + h_p.$$

Из рис. 1 видно, что разница между номинальной толщиной стенки и максимальным значением толщины стенки на заднем утолщенном участке трубы вычисляется по формуле

$$\Delta h_p = h_{max} - h_n, \quad (2)$$

где  $h_{max}$  – максимальная толщина стенки на заднем утолщенном участке трубы после редуцирования, мм;  $h_n$  – номинальная толщина стенки трубы после редуцирования, мм.

Коэффициент вытяжки после прессования на участке прессованной трубы с номинальной толщиной стенки

$$\lambda_{п1} = \frac{L_{01}}{L_{п1}} = \frac{D_k^2 - D_p^2}{D_m^2 - D_p^2}, \quad (3)$$

где  $L_{01}$  – длина участка трубы-полуфабриката, на котором после редуцирования труба имеет номи-

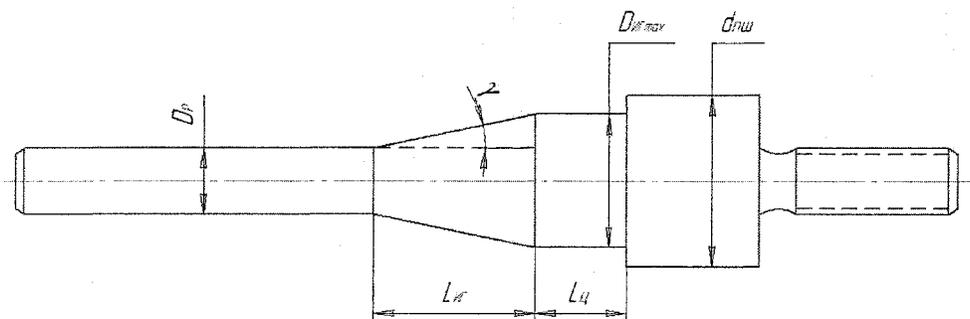


Рис. 2. Профилировка рабочей поверхности пресс-иглы:  $D_p$  – диаметр цилиндрического участка, обеспечивающего получение трубы с номинальной стенкой, мм;  $L_{к1}$  – длина конического участка иглы, обеспечивающего плавное уменьшение стенки на заднем конце прессованной трубы, мм;  $L_{ц1}$  – цилиндрический участок, мм;  $D_{иг\ max}$  – больший диаметр конического участка пресс-иглы, мм;  $d_{пш}$  – диаметр под пресс-шайбу, мм;  $\gamma$  – угол конусности конического участка, град

нальную толщину стенки, мм;  $L_{п1}$  - длина участка заготовки для прессования, на котором после редуцирования труба имеет номинальную толщину стенки, мм.

Коэффициент вытяжки после прессования на заднем участке прессованной трубы, на котором после редуцирования труба имеет утолщенную стенку,

$$\lambda_{п2} = \frac{L_{02}}{L_{п2}} = \frac{D_k^2 - D_p D_{иг\max}}{D_m^2 - D_p D_{иг\max}}, \quad (4)$$

где  $L_{02}$  - длина участка трубы-полуфабриката, на котором после редуцирования труба имеет утолщенную стенку, мм;  $L_{п2}$  - длина участка заготовки для прессования, на котором после редуцирования труба имеет утолщенную стенку, мм;  $D_k$  - внутренний диаметр контейнера, мм;  $D_m$  - калибрующий диаметр матрицы, мм;  $D_{иг}$  - наружный диаметр пресс-иглы, мм.

Тогда коэффициент вытяжки после прессования трубы-полуфабриката будет определяться как среднее геометрическое:

$$\lambda_{п} = \sqrt{\lambda_{п1} \lambda_{п2}}. \quad (5)$$

Длина утолщенного заднего участка трубы соответственно

$$L_p = \frac{\Delta h_p}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (6)$$

где  $\alpha$  - угол наклона внутренней поверхности утолщенного конца трубы к наружной, град.

Коэффициент вытяжки после редуцирования на утолщенном заднем участке редуцированной трубы

$$\lambda_p = \frac{L_p}{L_0} = \frac{\Delta h_p}{L_0 \operatorname{tg} \alpha}. \quad (7)$$

Используя зависимость для коэффициента вытяжки при редуцировании перейдем к длине заднего участка передельной трубы. Из выражения (7) получим зависимость для длины заднего участка передельной трубы, на котором после редуцирования наблюдается утолщение стенки:

$$L_0 = \frac{\Delta h_p}{\lambda_p \operatorname{tg} \alpha}. \quad (8)$$

Подставив выражение (8) в выражение (3), получим зависимость для диаметра конического

участка пресс-иглы, при котором толщина стенки на заднем утолщенном конце достигает своего максимального значения:

$$D_{иг\max} = \sqrt{\frac{\Delta h_p D_m^2 - \lambda_p L_{п1} D_k^2 \operatorname{tg} \alpha}{\Delta h_p - \lambda_p L_{п1} \operatorname{tg} \alpha}}. \quad (9)$$

Тогда выражение для максимального диаметра конического участка иглы, обеспечивающего устранение утолщенного заднего конца редуцированных труб, будет иметь вид

$$D_{иг} = \sqrt{\frac{\Delta h_p D_m^2 - \lambda_p L_{п1} D_k^2 \operatorname{tg} \alpha}{\Delta h_p - \lambda_p L_{п1} \operatorname{tg} \alpha}} + 2\Delta h_p, \quad (10)$$

где  $2\Delta h_p$  - величина, на которую изменяется внутренний диаметр редуцированных труб на заднем утолщенном конце, мм.

Из рис. 1 видно, что  $\operatorname{tg} \alpha = \Delta h_p / L_p$ , тогда выражение (10) будет иметь следующий вид:

$$D_{иг} = \sqrt{\frac{D_m^2 - D_k^2 / \sqrt{\lambda_{п1} \lambda_{п2}}}{1 - 1 / \sqrt{\lambda_{п1} \lambda_{п2}}} + 2\Delta h_p}. \quad (11)$$

Аналогично, подставив выражение (6) в выражение (3), получим зависимость длины конического участка иглы от изменения толщины стенки заднего утолщенного участка трубы:

$$L_{иг} = \frac{\Delta h_p}{\lambda_p \operatorname{tg} \alpha \sqrt{\lambda_{п1} \lambda_{п2}}}, \quad (12)$$

$$L_{иг} = \frac{L_p}{\lambda_p \sqrt{\lambda_{п1} \lambda_{п2}}}. \quad (13)$$

Таким образом, разработана методика расчета параметров процесса прессования и профилировки рабочего инструмента для получения передельных труб под последующее редуцирование, позволяющая устранить утолщение стенки на заднем конце готовых труб.

#### Литература

1. Шевакин, Ю.Ф. Производство труб / Ю.Ф. Шевакин, АЗ. Глейберг. - М.: Металлургия, 1968. - 440 с.
2. Горячее прессование труб и профилей / Ю.В. Манегин, А.Е. Притоманов, Т. Шпиттель, А. Кнаушнер. - М: Металлургия, 1980. -272 с.

Поступила в редакцию 17 сентября 2010 г.