

ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ОТКЛОНЕНИЯ ДИАМЕТРА ЗАГОТОВКИ В КАЧЕСТВЕ И ПРОЦЕССЕ ВОЛОЧЕНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ТРУБ

THE STUDY OF THE ROLE OF THE WORKPIECE DIAMETER VARIATIONS IN THE QUALITY AND PROCESS OF SHAPED TUBES DRAWING

Р.А. Окулов, аспирант

С.В. Паршин, научный руководитель, проф., д.т.н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Россия, г. Екатеринбург, индекс 620000.

E-mail: okulov.roman@gmail.com, т.: 89506316069.

Abstract

The work was cover the study of influence of diameter variations on geometric and energy-power parameters of shaped tube drawing. The object of study was process terms of cold sinking drawing of hexahedral shape tube from steel C 20. The study was curries out with help software for finite element method and was confirmed practical experiment. Results of theoretical and practical parts are agreed.

Современный рынок предъявляет производству высокие требования. К таковым относится требование к качеству продукции, соответствовать которому мешает широко спектр факторов. Начиная от износа рабочего инструмента или от химического состава сырья, заканчивая человеческим. Количество факторов спектра столь огромно, что вряд ли удастся осветить все нюансы и их роль в процессе производства. Среди этих факторов, не последнюю роль играет отклонение размеров заготовки. Как зависит геометрия продукции и энергосиловые показателями процесса от отклонения диаметра заготовки – является актуальным вопросом.

Значительный вклад в изучение качества трубной продукции внесли Столетний М.Ф. и Клемперт Е.Д. [1]. Они представили гистограммы отклонений размеров диаметра и толщины стенки и показали вероятностный характер. Но предшественникам не удалось установить как влияет отклонение.

В данной работе ставиться актуальная задача – определить как зависит форма трубы и энергосиловые характеристики самого процесса производства при волочении профильных труб от отклонения диаметра заготовки. Ответ на этот вопрос позволить дать ценные рекомендации производителям данной продукции и поможет избежать ряд нежелательных последствий.

Определим влияние отклонения диаметра заготовки на ряд параметров. Изучаемые параметры условно делятся на две группы: связанные с геометрией конечного продукта и связанные с энергосиловыми показателями самой операции производства. Среди геометрических параметров исследовали толщины стенки в центре грани и наружный прогиб граней. Среди энергосиловых параметров процесса изучили усилие волочения, работу усилия волочения, единицу массы смещаемого материала, энергоёмкость волочения.

Исследование роли материала выполнили с использованием программного обеспечения с целью определения искомых величин. Для определения интересующих параметров труб воспользовались программным пакетом DEFORM-3D, который использует в процессе расчета конечно элементные модели [2]. На рисунке 1 изображена схема исследуемого процесса.

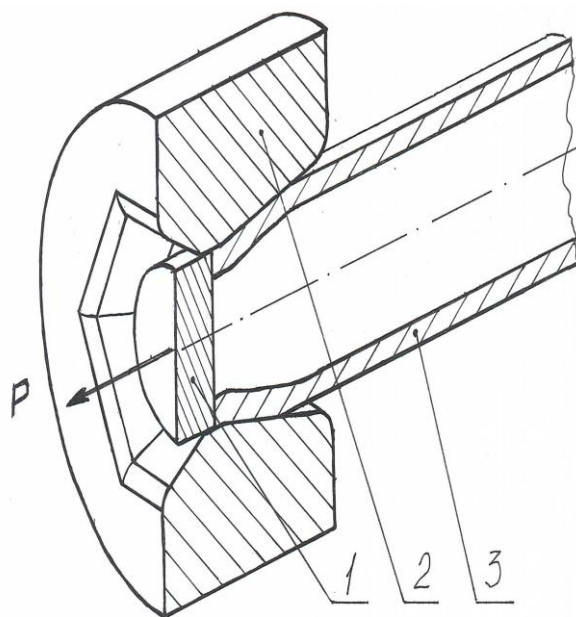


Рис. 1 – Схема математической модели процесса профилирования трубы
1 – тяга; 2 – волочильная фильера; 3 – труба.

За исследуемый процесс обработки приняли холодное безоправочное волочение профильной трубы из заготовки круглого сечения. После обработке поперечное сечение трубы принимает форму шестигранника. Скорость волочения 100 мм/с. Волочение производилось без противонапряжения. Заготовка представляет собой

круглую бесшовную холоднодеформированную трубу с толщиной стенки S 2 мм.

Для получения интересующего профиля трубы, заготовку круглого сечения протягивали в один переход через рабочий инструмент. Рабочий инструмент – волоочильная фильера с обжимным участком, в виде усеченной пирамиды. Угол наклона рабочей поверхности волоки составляет 10° . Размер элемента сетки разбиения равняется 0,14 мм. Коэффициент трения по Амонтону-Кулону приняли 0,1. Приняли сталь 20 за материал заготовки. Труба изготовлена в соответствии с ГОСТ 8734, материал по ГОСТ 8733.

Закон упрочнения для материала задали формулой [4]

$$\sigma = \sigma_{0,2} + g\Lambda^b,$$

где $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести; g и b – эмпирические коэффициенты.

Для стали 20 приняли: $\sigma_{0,2} = 280,3$ МПа; $g = 418,3$ МПа и $b = 0,39$.

Многочисленные исследования различных процессов изготовления труб показывают, что точность этого вида продукции зависит от большого количества факторов, влияние которых на конечную точность колеблется как вдоль одной трубы, так и для различных труб. При анализе партии труб, прокатанных, казалось бы, в неизменных производственных условиях, можно убедиться в том, что размеры труб отличаются друг от друга. Разброс размеров труб в партии возникает вследствие того, что факторы, которые влияют на размер, сами подвержены случайным колебаниям. Следовательно, распределения размеров трубы будет подчиняться закону Гаусса. Многочисленные измерения труб, полученных различными способами, как правило, подтверждают это предположение. На рисунке 2 приведены построенные для наружного диаметра труб типичные гистограммы с наложенными на них гауссовскими кривыми [1].

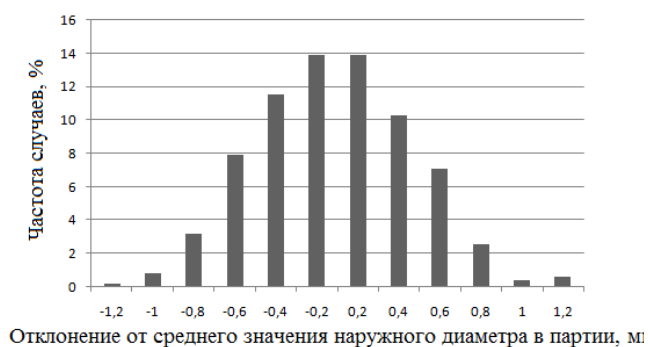


Рис. 2 – эмпирические гистограммы для отклонений размеров.

Для того чтобы можно было оценить влияние отклонения диаметра заготовки на исследуемые параметры, воспользовались варьированием диаметра в диапазоне от 5 мм до 50 мм. При этом исследуемые заготовки имели постоянную толщину стенки и сохраняли пропорцию вытяжки.

Искомые параметры разделили на две группы: связанные с геометрией конечного продукта и связанные с энергосиловыми показателями самой операции производства.

Предметом исследования геометрических параметров формы труб, были: H – толщина стенки в центре грани, мм; L – наружный прогиб граней, мм;

Предметом исследования энергосиловых параметров процесса обработки труб, являлись: P – усилие волочения, Н; W – работа усилия волочения, Дж; m – единица массы смещаемого материала, кг; E – энергоёмкость процесса волочения, Дж/кг. Численное значение величины энергоёмкости определяют [4]

$$E = \frac{W}{m},$$

Работа усилия волочения определена как

$$W = Pl\mu,$$

где l – единица перемещения при устоявшемся процессе, м;

Единица массы смещаемого материала определена

$$m = (S_0 - S_a)l\mu\rho,$$

где ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³;

μ – вытяжка, рассчитывается по формуле

$$\mu = \frac{S_0}{S_a},$$

где S_0 – площадь поперечного сечения заготовки до обработки, мм²;

S_a – площадь поперечного сечения после обработки, мм²;

Для того чтобы результаты получаемые в результате проведения математического эксперимента были более точными, были найдены средние значения пяти параллельно проведенных экспериментов. Результаты усреднены и на их основании построены зависимости на рисунках 3-6.

На рисунке 3 представлена зависимость толщины стенки H от изменения диаметра. Роль отклонений у труб малого диаметра существенней, чем при больших диаметрах. При значении диаметра 18 мм, толщина стенки трубы до обработки равна толщине после. При меньших значениях диаметра толщина стенки после обработки становится меньше, и на оборот.

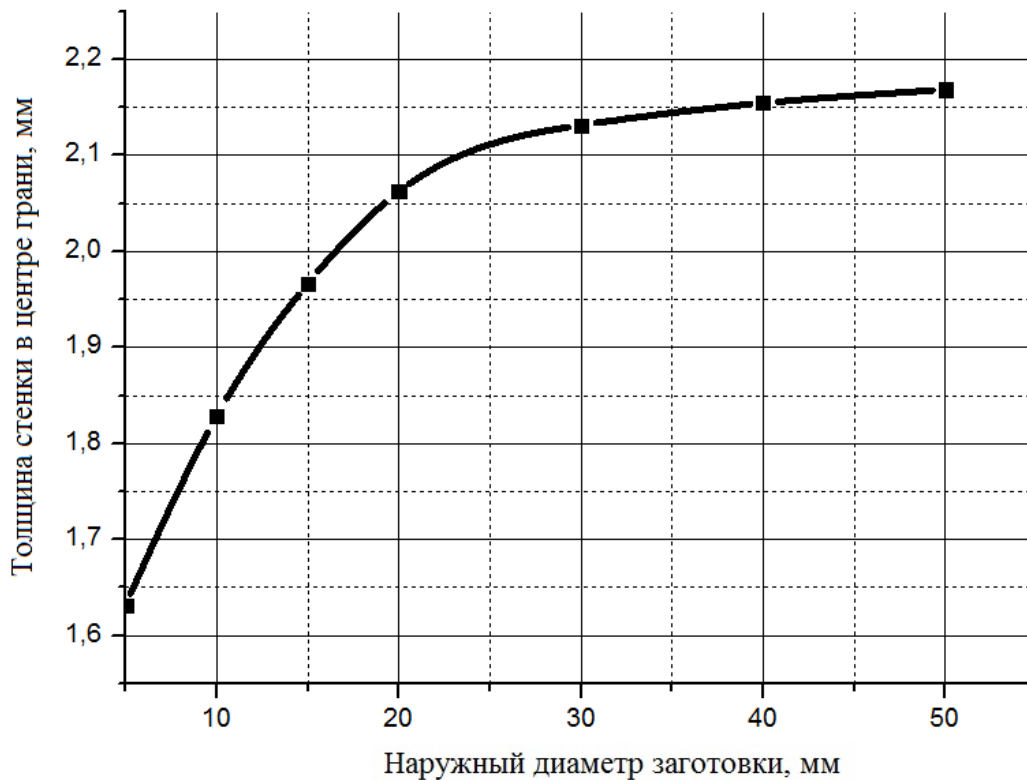


Рис. 3 – Влияние диаметра заготовки.

На рисунке 4 показано, что степень влияния на наружный прогиб стенки трубы в центре грани L отклонения диаметра увеличивается с ростом размеров трубы. Это объясняется тем, что более тонкостенные трубы менее устойчивы к

данной форме дефекта и рекомендуется применять другую технологию или рабочий инструмент с целью избегания достижения недопустимых значений прогиба грани

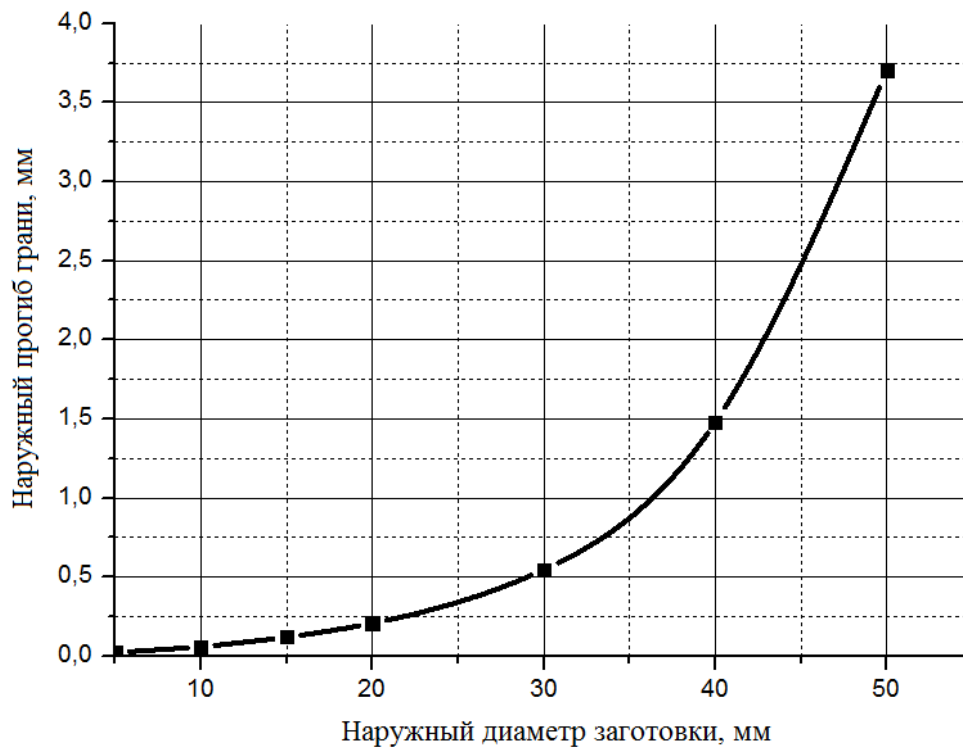


Рис. 4 – Влияние отклонения на наружный прогиб.

С ростом диаметра усилие волочения P возрастает по прямой линейной зависимости, следовательно, аналогичная зависимость работы усилия волочения W . Как видно из рисунка 5, на

обработку труб меньшего диаметра требуется меньше.

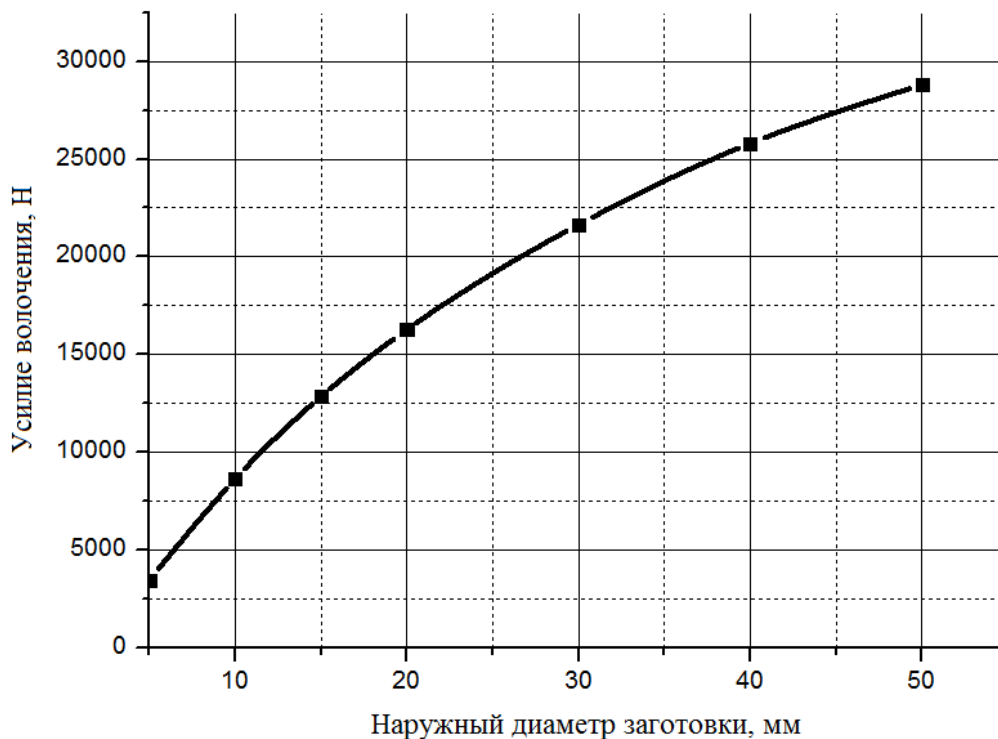


Рис. 5 – Влияние отклонения на усилие волочения.

Смещаемая масса на погонный метр m увеличивается с ростом диаметра заготовки. Энергоемкость процесса на погонный метр E

представлена на рисунке 6. С ростом диаметра энергоёмкость возрастает.

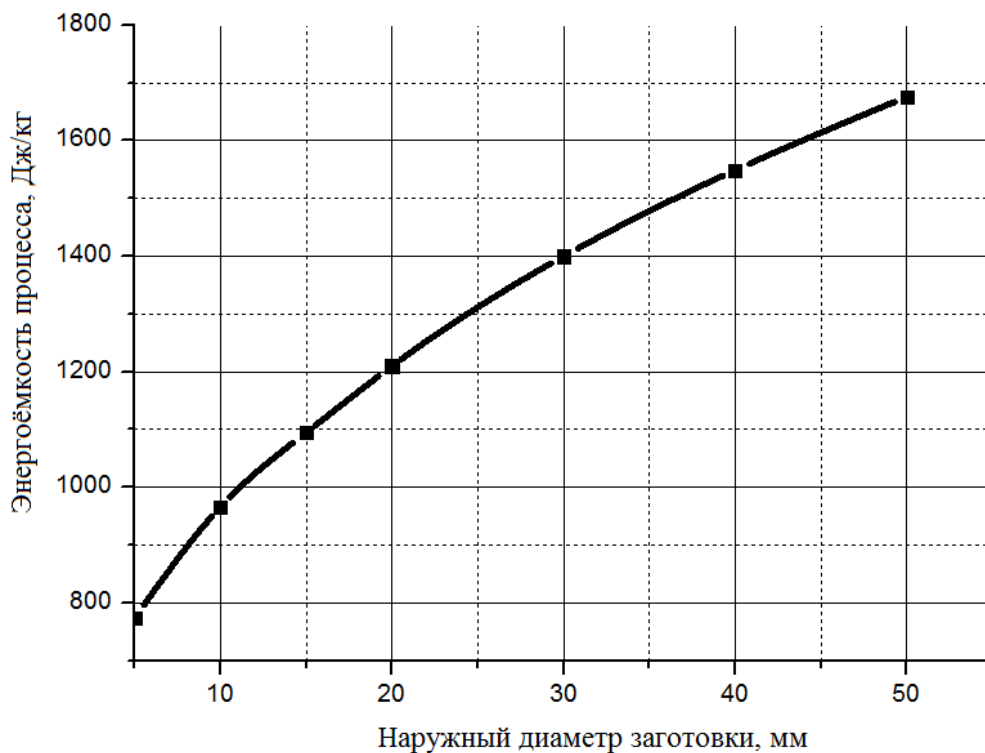


Рис. 6 – Влияние диаметра на энергоёмкость.

После теоретического эксперимента провели практический. За параметры исследуемого процесса приняли те же, что при постановке теоретического эксперимента. Волочили трубу диаметром 12 мм и толщиной стенки 2 мм.

В результате эксперимента были измерены геометрические параметры обработанной трубы и энергосиловые параметры процесса, а затем сравнены с результатами теоретической работы. Результаты сравнительного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение теоретических и практических данных

№ п/п	Параметр	Значение из эксперимента		Отклонение, %	
		Теоретич.	Практич.	Относит.	Абсолют.
1	H , мм	1,934	1,91	0,988	-1,257
2	L , мм	0,045	0,0461	1,024	2,386
3	P, H	8592	8626	1,004	0,394
4	W , Дж	9902	10144	1,024	2,386
5	m , кг	7,53	7,81	1,037	3,585
6	E , Дж/кг	1315	1298,848	0,988	-1,244

Результаты теоретического и практического эксперимента сходятся в допустимых пределах отклонений. Таким образом, можно сделать вывод о том, что теоретическая часть исследования соответствует реальному процессу.

Заключение

В результате выполненной работы было установлено влияние отклонения диаметра заготовки на форму труб и энергосиловые параметры процесса. При производстве труб малого диаметра отклонения оказывают существенное влияние на толщину стенки после обработки, его влияние уменьшается при производстве труб большего диаметра. И наоборот, при производстве труб малого диаметра отклонения оказывают влияние на прогиб грани в меньшей степени, а его влияние становится существенным при производстве труб большего диаметра. На энергосиловые параметры процесса волочения отклонение существенно не влияет и его можно не учитывать.

Проведена экспериментальная проверка математического эксперимента процесса волочения профильной трубы. Статистическая обработка результатов не выявила значимых различий в расчетных и экспериментальных данных.

Список литературы

1. Точность труб. Столетний М.В., Клемперт Е.Д. Изд-во «Металлургия», 1975. с. 240;
2. Орлов Г.А., Вагапов Е.Н., Чернышов Д.Ю., Попов Д.А. Некоторые технологические возможности роликового волочения труб // Производство проката. 2012. №4. с. 28-31;
3. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. М.: Металлургия, 1984, с. 144;
4. Окулов Р.А., Паршин В.С., Карамышев А.П. Энергоемкость обработки заклепочной проволоки из дюралюминия волочением и радиальным обжатием // Вестник машиностроения. 2012. №9. с. 80, 81.