

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТВОДОВ ХОЛОДНОГО ГНУТЬЯ С УВЕЛИЧЕННЫМИ УГЛАМИ ИЗГИБА ИЗ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

*Задубровская О.А., Гаврилов Д.А., Пошибаев П.В.*

*ООО «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта»,  
г. Москва*

**Ключевые слова:** отводы холодного гнутья, трубы, угол изгиба, механические свойства, трубогибочный станок.

**Аннотация.** Приведены экспериментальные исследования возможности изготовления отводов с увеличенными углами изгиба из труб 720x8 мм и 1020x17 мм на трубогибочном оборудовании современного производства, а также результаты испытаний образцов металла недеформированной и деформированной зон полученных отводов.

## PRODUCTION OF COLD BENDING BENDS WITH INCREASED BENDING ANGLES FROM LARGE DIAMETER PIPES

*Zadubrovskaya O.A., Gavrilov D.A., Poshibaev P.V.*

*Pipeline Transport Institute, LLC, Moscow*

**Keywords:** branches of cold bending, pipes, bending angle, bending radius, mechanical properties, pipe bending machine.

**Abstract.** Experimental studies of the possibility of manufacturing bends with increased bending angles from pipes 720x8 mm and 1020x17 mm on pipe bending equipment of modern production, and the results of testing metal samples of undeformed and deformed zones of the obtained bends are presented

Для осуществления поворота трассы магистральных трубопроводов в различных плоскостях применяются отводы холодного гнутья (далее - ГО), которые являются простыми в изготовлении и тем самым экономически выгодными. По сравнению с другими видами отводов (горячегнутые, крутоизогнутые) самым главным недостатком ГО являются меньшие углы поворота [1].

Суммарный угол и минимально допустимый радиус гибки ГО ограничен требованиями ГОСТ 24950. Так для отвода из трубы диаметром от 720 до 1020мм суммарный угол ограничен  $9^\circ$ , а минимальный радиус гибки на любом участке должен составлять не менее 40 DN (где DN – номинальный диаметр отвода).

Однако известны работы по исследованию напряжённно-деформированного состояния труб при холодном гнутье, в которых путём математического моделирования [2] или же путём экспериментальных исследований [3, 4] показана возможность получения отводов из труб диаметром 1420 мм классом прочности К60, Х70 со значительно уменьшенным относительно требований ГОСТ 24950 радиусомгиба и большими углами изгиба с сохранением геометрических параметров отвода и без образования гофр.

С учётом изложенного, представляло интерес изучения возможности изготовления ГО из труб-заготовок классом прочности K56 с увеличенными относительно требований стандарта угламигиба, а также проведение оценки влияния упрочнения при холодной деформации на изменение механических свойств металла в деформированных зонахгиба.

Изготовление ГО проводилось на трубогибочном станке производства АО "Кропоткинский машиностроительный завод" ГТ1022. В качестве труб-заготовок были использованы две трубы 720x8 мм и две трубы 1020x17 мм классом прочности K56. При этом три трубы были изготовлены из листового проката в состоянии поставки после контролируемой прокатки, а одна труба - из листового проката после высокого отпуска. При изготовлении учитывалась длина исходных труб-заготовок.

По результатам экспериментальной гибки из труб 720x8 мм и 1020x17 мм были получены отводы с суммарным углом, превышающим требование ГОСТ 24950 (более 9° С), однако гибка отводов на больший угол сопровождалась уменьшением радиуса изгиба, допустимого требованиями стандарта (40 DN).

С целью оценки изменения физико-механических свойств металла полученных экспериментальных отводов относительно исходных труб-заготовок были проведены механические испытания (на растяжение и ударный изгиб).

Результаты испытаний на растяжение показали, что временное сопротивление, предел текучести, относительное удлинение растянутой, сжатой и недеформируемой зон отводов соответствует требованиям ГОСТ 24950. Изменение значений предела текучести на растянутом участке составило не более  $\pm 5\%$ , на сжатом участке – от 7,5 до 12,5 %, изменение временного сопротивления на изогнутых участках составило не более  $\pm 2,5\%$ , изменение относительного удлинения на изогнутых участках – не более  $\pm 12,5\%$ .

Результаты испытаний на ударный изгиб также показали, что ударная вязкость полученных отводов соответствует требованиям ГОСТ 24950. Средние значения ударной вязкости  $KCV^{-20}$  металла на изогнутых и прямых участках отводов из листового проката в состоянии поставки после контролируемой прокатки составили: для отвода диаметром 1020x17 мм – от 180 до 200 Дж/см<sup>2</sup>, для отводов диаметром 720x8 мм – от 150 до 170 Дж/см<sup>2</sup>. Лучшие результаты на ударный изгиб были получены при испытании металла отвода диаметром 1020x17 мм, изготовленного из листового проката в состоянии поставки после высокого отпуска – от 250 до 290 Дж/см<sup>2</sup>. Доля вязкой составляющей всех отводов составила 100% при температуре испытания минус 20 °С.

Также был определён температурный порог хладноломкости металла на различных участках отводов. При одновременно наиболее высокой ударной вязкости  $KCV$  самый низкий порог хладноломкости (ниже минус 80 °С) имел металл отвода 1020x17 мм, изготовленный из листа в состоянии поставки после высокого отпуска, в то время как для отводов из листов контролируемой прокатки порог хладноломкости составил минус 50 – 60 °С.

По результатам проведённых экспериментальных исследований была подтверждена возможность изготовления из труб российского производства класса прочности K56 отводов холодного гнутья с увеличенными углами изгиба.

Полученные экспериментальные отводы обеспечивали удовлетворительные геометрические параметры, не происходило образование гофр, механические свойства соответствовали требованиям ГОСТ 24950. Использование таких отводов целесообразно при строительстве магистральных трубопроводов с целью снижения общего количества отводов, уменьшения объема работ и затрат на строительство.

#### **Список литературы**

1. Определение оптимальных технологических параметров при изготовлении отводов холодного гнутья / С.В. Нефёдов и др. // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2017. № 2. С. 45-49.
2. Применение труб с высокой деформационной способностью при изготовлении методом холодного изгиба криволинейных отводов с большим углом / Н. Судзуки и др. // Газовая промышленность. № 4. С. 66-71.
3. Изменение свойств труб класса прочности К60 с повышенной деформационной способностью при изготовлении отводов холодного гнутья / И.П. Шабалов и др. / Инновации и импортозамещение в трубной промышленности: труды XXII Международной научно-практической конференции "Трубы – 2016". – Челябинск: РосНИТИ, 2016. – С. 52-52.
4. Влияние нагрева и деформации на свойства металла высокодеформируемых труб при изготовлении холодногнутых отводов / И.П. Шабалов и др. // Металлург. 2016. № 10. С. 63-71.

#### Сведения об авторах:

*Задубровская Ольга Александровна* – в.н.с., ООО "НИИ Транснефть", г.Москва;

*Гаврилов Дмитрий Анатольевич* – к.х.н., с.н.с., ООО "НИИ Транснефть", г.Москва;

*Пошибаев Павел Владимирович* – заведующий лабораторией, ООО "НИИ Транснефть", г. Москва.