

Безносиков Д.И.,

студент

3 курс, «Нефтегазовый факультет»

Институт геологии, нефтегазодобычи и трубопроводного транспорта

Россия, г. Ухта

РАСЧЕТ ДОПУСТИМОГО СМЕЩЕНИЯ КРОМОК КОЛЬЦЕВЫХ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация: Наличие смещения кромок в кольцевом соединении приводит к стеканию расплавленного металла с превышающей кромки, образованию наплыва и, как следствие, к снижению прочностных свойств сварного стыкового соединения.

Abstract: The presence of edge displacement in the annular joint leads to the outflow of molten metal from the exceeding edge, the formation of an influx and, as a consequence, to a decrease in the strength properties of the welded butt joint.

Ключевые слова: магистральный газопровод, смещение кромок, грунт, кольцевой стык.

Keywords: main gas pipeline, edge offset, soil, ring joint.

Смещение кромок - неправильное положение сваренных кромок друг относительно друга (несовпадение уровней расположения свариваемых (сваренных) деталей в стыковых сварных соединениях).

Допустимые смещения кромок на кольцевые швы технологических и магистральных трубопроводов даются в соответствующих стандартах и строительных нормах и правилах. Так, например, для технологических трубопроводов они не должны превышать 35 % от толщины стенки, но не более 3 мм.

Смещение кромок в кольцевых сопряжениях зависит от степени отклонения диаметров сопрягаемых элементов от номинального, т.е. формируется за счет погрешности диаметров.

Исходные данные приведены в таблице 1

Вариант	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Марка стали	Категория	Давление, МПа	Угол скоса кромки	Ширина сварного шва, мм
2	1220	10,8	13ГС	IV	5,4	30	4

Таблица 1 – Исходные данные к расчету

Расчетная часть:

Сварные соединения магистральных газопроводов должны быть выполнены дуговой односторонней сваркой без подварки или с подваркой корневого слоя шва или двухсторонней сваркой. Сварные швы должны быть многослойными, без конструктивного непровара.

Для прямолинейных участков подземных и наземных в насыпи магистральных газопроводов, находящихся в проектном положении (отсутствует просадки и пучение грунта), допустимо следующее смягчение требований к смещению кромок кольцевых стыковых сварных соединений.

Протяженность смещения не превышает $1/6$ периметра сварного соединения и сварное соединение не имеет других недопустимых дефектов

Для кольцевых стыковых сварных соединений газопроводов с подваркой корня шва, удовлетворяющих всем нормам оценки качества кроме смещения кромок, оценку допустимого смещения кромок Δ следует выполнять по формулам

$$\Delta = \min(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3), \quad (1)$$

$$\Delta_1 = \left(\frac{m}{0,9 \cdot k_H} \sigma_{0,2} - \sigma_{пр} \right) \cdot \frac{S}{3 \cdot \sigma_{пр}}, \quad (2)$$

$$\Delta_2 = \left(\frac{m}{0,9 \cdot k_H} \sigma_{0,2} - \frac{p \cdot R}{S} \right) \cdot \frac{S}{3 \cdot \nu \cdot \sigma_{пр}}, \quad (3)$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot S, \quad (4)$$

где $\sigma_{пр}$ – продольное напряжение в трубопроводе, МПа:

$$\sigma_{пр} = \frac{\nu \cdot p \cdot R}{S} + 72, \quad (5)$$

m – коэффициент условия работы трубопровода по СП 36.13330.2012 (для категории IV $m = 0,990$);

k_H – коэффициент надёжности по назначению трубопровода по СП 36.13330.2012 (для $D_H = 1220$ мм при $p = 5,4$ МПа, $k_H = 1,155$);

$\sigma_{0,2}$ – предел текучести основного металла трубы, исходя из ТУ (для марки стали 13ГС $\sigma_{0,2} = 323$ Н/мм²);

p – максимальное проектное или фактическое давление газа, МПа;

R – радиус трубопровода, мм:

$$R = (D_H - S)/2, \quad (6)$$

S – толщина стенки трубы, мм,

ν – коэффициент Пуассона, $\nu = 0,3$.

$$R = \frac{(1220 - 10,8)}{2} = \frac{1209,2}{2} = 604,6 \text{ мм}$$

$$\sigma_{пр} = \frac{0,3 \cdot 5,4 \cdot 604,6}{10,8} + 72 = 162,69 \text{ МПа}$$

$$\Delta_1 = \left(\frac{0,990}{0,9 \cdot 1,155} 323 - 162,69 \right) \cdot \frac{10,8}{3 \cdot 162,69} = 3,21 \text{ мм}$$

$$\Delta_2 = \left(\frac{0,990}{0,9 \cdot 1,155} 323 - \frac{5,4 \cdot 604,6}{10,8} \right) \cdot \frac{10,8}{3 \cdot 0,3 \cdot 604,6} = 0,11 \text{ мм}$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot 10,8 = 2,7 \text{ мм}$$

$$\Delta = \min(3,21 \text{ мм}; 0,11 \text{ мм}; 2,7 \text{ мм}) = 0,11 \text{ мм}$$

Для кольцевых стыковых сварных соединений газопроводов без подварки корня шва, удовлетворяющих всем нормам оценки качества кроме смещения кромок, оценку допустимого смещения кромок Δ следует выполнять по формулам:

$$\Delta = \min(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3), \quad (7)$$

$$\Delta_1 = \left(\frac{m}{0,9 \cdot k_H} \sigma_{0,2} \cdot \alpha_H - \sigma_{np} \right) \cdot \frac{S}{3 \cdot \sigma_{np}}, \quad (8)$$

$$\Delta_2 = \left(\frac{m}{0,9 \cdot k_H} \sigma_{0,2} - \frac{p \cdot R}{S} \right) \cdot \frac{S}{3 \cdot v \cdot \sigma_{np}}, \quad (9)$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot S, \quad (10)$$

α – угол скоса кромки в сварном стыке, °С:

$$\alpha_H = \frac{\cos(\alpha + \arctg(\frac{\Delta_1}{b}))}{\cos \alpha}, \quad (11)$$

где b – ширина сварного шва, измеренная по наружной поверхности трубы, мм.

$$\alpha_H = \frac{\cos 30}{\cos 30} = 1$$

$$\Delta_1 = \left(\frac{0,990}{0,9 \cdot 1,155} 323 \cdot 1 - 162,69 \right) \cdot \frac{10,8}{3 \cdot 162,69} = 3,21 \text{ мм}$$

$$\alpha_H = \frac{\cos(30 + \arctg(\frac{3,21}{4}))}{\cos 30} = 0,42$$

$$\Delta_1 = \left(\frac{0,990}{0,9 \cdot 1,155} 323 \cdot 0,42 - 162,69 \right) \cdot \frac{10,8}{3 \cdot 162,69} = -0,74 \text{ мм}$$

$$\Delta_2 = \left(\frac{0,990}{0,9 \cdot 1,155} 323 - \frac{5,4 \cdot 604,6}{10,8} \right) \cdot \frac{10,8}{3 \cdot 0,3 \cdot 604,6} = 0,11 \text{ мм}$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot 10,8 = 2,7 \text{ мм}$$

$$\Delta = \min(-0,74 \text{ мм}; 0,11 \text{ мм}; 2,7 \text{ мм}) = 0,11 \text{ мм}$$

Вывод:

Выполнена оценка смещения кромок для прямолинейных участков подземных и наземных в насыпи магистральных газопроводов, находящихся

в проектом положении. Расчёт выполняется 3 раза для кольцевых стыковых сварных соединений газопроводов с подваркой корня шва и для кольцевых сварных соединений газопроводов без данного вида подварки. Допустимым смещением кромок является наименьший из трёх полученных результатов. Для кольцевых стыковых сварных соединений газопроводов с подваркой корня шва $\Delta = 0,11$ мм, а без подварки $\Delta = 0,11$ мм.

Библиографический список:

1. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. / Госстрой. – М.: ФАУ «ФЦС», 2013. – 93с.
2. ГОСТ 10705-80. Трубы стальные электросварные. Технические условия. (С измен. 1,2,3,4,5,6) - М.: Стандартиформ, 2008.
3. СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
4. Диагностика объектов транспорта газа и нефти. Решение типовых задач [Текст]: метод. указания / Е. В. Исупова. – Ухта: УГТУ, 2017. – 30 с.
5. СТО Газпром 2-2.2-115-2007. Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа включительно.