



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра "Технология конструкционных материалов"

ПРАКТИКУМ по дисциплине

«Менеджмент качества в металлургии»

Авторы
Бацемакин М. Ю.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Методические указания предназначены для выполнения практических работ по дисциплине "Менеджмент качества в металлургии" студентами направления 22.03.02 Металлургия.

Авторы

Доц., к.т.н. Бацемакин М.Ю.



Оглавление

| | |
|--|-----------|
| Практическая работа № 1 "Термины и определения стальных труб для промышленных трубопроводов в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009" | 6 |
| 1.1. Цель работы..... | 6 |
| 1.2. Общие сведения..... | 6 |
| 1.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 11 |
| 1.4. Варианты заданий..... | 12 |
| 1.5. Контрольные вопросы..... | 13 |
| 1.6. Список литературы..... | 13 |
| | |
| Практическая работа № 2 "Обозначения и сокращения в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009" | 14 |
| 2.1. Цель работы..... | 14 |
| 2.2. Общие сведения..... | 14 |
| 2.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 16 |
| 2.4. Варианты заданий..... | 16 |
| 2.5. Контрольные вопросы..... | 17 |
| 2.6. Список литературы..... | 18 |
| | |
| Практическая работа № 3 "Классы прочности труб и состояние поставки" | 19 |
| 3.1. Цель работы..... | 19 |
| 3.2. Общие сведения..... | 19 |
| 3.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 30 |
| 3.4. Варианты заданий..... | 30 |
| 3.5. Контрольные вопросы..... | 35 |
| 3.6. Список литературы..... | 35 |
| | |
| Практическая работа № 4 "Изготовление стальных труб | 36 |

для промышленных трубопроводов в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009".....

| | |
|--|----|
| 4.1. Цель работы..... | 36 |
| 4.2. Общие сведения..... | 36 |
| 4.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 59 |
| 4.4. Варианты заданий..... | 59 |
| 4.5. Контрольные вопросы..... | 59 |
| 4.6. Список литературы..... | 60 |

Практическая работа № 5 "Определение твёрдости металлов по методу Виккерса".....

| | |
|--|----|
| 5.1. Цель работы..... | 61 |
| 5.2. Общие сведения..... | 61 |
| 5.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 63 |
| 5.4. Варианты заданий..... | 67 |
| 5.5. Контрольные вопросы..... | 68 |
| 5.6. Список литературы..... | 69 |

Практическая работа № 6 "Определение твёрдости металлов по методу Бринелля".....

| | |
|--|----|
| 6.1. Цель работы..... | 70 |
| 6.2. Общие сведения..... | 70 |
| 6.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 73 |
| 6.4. Варианты заданий..... | 74 |
| 6.5. Контрольные вопросы..... | 75 |
| 6.6. Список литературы..... | 76 |

Практическая работа № 7 "Определение твёрдости металлов по методу Роквелла".....

| | |
|--|----|
| 7.1. Цель работы..... | 77 |
| 7.2. Общие сведения..... | 77 |
| 7.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 81 |

| | |
|---|------------|
| 7.4. Варианты заданий..... | 82 |
| 7.5. Контрольные вопросы..... | 84 |
| 7.6. Список литературы..... | 85 |
| Практическая работа № 8 "Расчёт параметра стойкости против растрескивания и углеродного эквивалента трубных сталей"..... | 86 |
| 8.1. Цель работы..... | 86 |
| 8.2. Общие сведения..... | 86 |
| 8.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 94 |
| 8.4. Варианты заданий..... | 95 |
| 8.5. Контрольные вопросы..... | 102 |
| 8.6. Список литературы..... | 103 |
| Практическая работа № 9 "Расчёт расстояния на сплющивание между параллельными сплющивающимися плоскостями стальных труб для промысловых трубопроводов в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009"..... | 104 |
| 9.1. Цель работы..... | 104 |
| 9.2. Общие сведения..... | 104 |
| 9.3. Порядок и пример выполнения работы..... | 110 |
| 9.4. Варианты заданий..... | 112 |
| 9.5. Контрольные вопросы..... | 114 |
| 9.6. Список литературы..... | 115 |

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

"ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТОМ ГОСТ Р 53580 - 2009"

1. Цель работы

Ознакомить студентов с терминами и определениями стальных труб для промышленных трубопроводов.

2. Общие сведения

В стандарте ГОСТ Р 53580 - 2009 "Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия" применяются следующие термины с соответствующими определениями:

1. **Бесшовная труба БТ:** Труба без сварного шва, полученная по технологии формообразования в горячем состоянии, после которого может быть проведена холодная прокатка или отделка в холодном состоянии для получения нужной формы, размеров и свойств.

2 **Состояние после прокатки:** Состояние труб при поставке без использования какого-либо специального вида прокатки и/или термообработки.

3. **Класс прочности трубы:** Значение уровня прочности трубы.

4. **Дефект:** несовершенство размера или плотность залегающих несовершенств, выходящие за критерии приемки, установленные настоящим стандартом.

5. **Закалка и отпуск:** Термообработка, заключающаяся в закалочном упрочнении с последующим отпуском.

6. **Изготовитель:** Фирма, компания или корпорация, отвечающая за изготовление и маркировку продукции в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Примечание - Изготовителем может быть трубный завод или обрабатывающее предприятие.

7. **Калибровка прибора:** Настройка прибора для проведения неразрушающего контроля по арбитражному эталонному значению.

8. **Контроль:** Измерение, исследование, испытание, взвешивание или контроль эталоном одной или нескольких характеристик изделия и сравнение полученных результатов с установленными требованиями для определения соответствия.

9. **Контролируемая партия:** Заданное количество труб одного наружного диаметра и одной толщины стенки, изготовленных по одному производственному процессу и в одинаковых производственных условиях.

10. **Неразрушающий контроль:** Контроль труб для выявления несовершенств при помощи рентгенографии, ультразвуковой дефектоскопии или иного метода, указанного в настоящем стандарте, который не приводит к изменению, нагружению или разрушению материалов.

11. **Несовершенство:** Несплошность или неоднородность стенки изделия или его поверхности, определяемые методами контроля по настоящему стандарту.

12. **Обрабатывающее предприятие:** Фирма, компания или корпорация, которая эксплуатирует оборудование для термообработки или отделки труб, изготовленных трубным заводом.

13. **Окончательная холодная обработка:** Холодная обработка (обычно холодное волочение) с остаточной деформацией более 1,5%.

Примечание - Именно величина остаточной деформации отличает эту операцию от холодного экспандирования или калибровки в холодном состоянии.

14. **Подрез:** Канавка, проплавленная в основном металле у кромки лицевой поверхности сварного шва и не заполненная наплавленным металлом.

15. **Показание:** Данные, полученные при неразрушающем контроле.

16. **Потребитель:** Сторона, ответственная как за формулирование требований в заказе на поставку, так и за платеж по этому заказу.

17. **По согласованию:** Должно быть согласовано изготовителем и потребителем и указано в заказе на поставку.

18. **Прихваточный шов:** Прерывистый или непрерывный сварной шов, используемый для выравнивания

примыкающих кромок до момента выполнения окончательного сварного шва.

19. Прокатка с нормализацией: Прокатка, при которой окончательную деформацию проводят в определенном интервале температур, что позволяет достичь такого же состояния материала, как после нормализации, причем заданные механические свойства должны сохраняться даже после последующей нормализации.

20. Промежуточный класс прочности: Класс прочности между классами прочности, указанными в настоящем стандарте.

21. Расслоение: Внутреннее расслоение в металле, которое создает слои, обычно параллельные поверхности трубы.

22. Сварная труба: Труба КОС, КОСС, КОСП, ВЧС, ДСФ, ДСФС или ДСФП.

23. Труба КОС: Труба с одним или двумя продольными швами или одним спиральным швом, изготовленная сочетанием дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом, причем наплавленный валик шва дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа не удаляется полностью проходами сварки под флюсом.

24. Труба КОСС: Труба с одним спиральным швом, изготовленная сочетанием дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом, причем наплавленный валик шва дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа не удаляется полностью проходами сварки под флюсом.

25. Труба КОСП: Труба с одним или двумя продольными швами, изготовленная сочетанием дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом, причем наплавленный валик шва дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа не удаляется полностью проходами сварки под флюсом.

26. Труба ВЧС: Труба, изготовленная методом сварки током частотой 70 кГц и более.

27. Труба ДСФ: Труба с одним или двумя продольными швами или одним спиральным швом, изготовленная методом

электродуговой сварки под флюсом.

28. **Труба ДСФС:** Труба с одним спиральным швом, изготовленная методом электродуговой сварки под флюсом.

29. **Труба ДСФП:** Труба с одним или двумя продольными швами, изготовленная методом электродуговой сварки под флюсом.

30. **Составная труба (труба с кольцевым швом):** Два отрезка трубы, соединенные или сваренные вместе изготовителем.

31. **Состояние поставки:** Изготовление труб с соответствующей термообработкой.

32. **Стыковой шов соединения рулонного или листового проката:** Сварной шов, соединяющий кромки рулонного или листового проката.

33. **Тело трубы:** У бесшовных труб - вся труба; у сварных труб - вся труба, за исключением сварных швов и зоны термического влияния.

34. **Термомеханическое формообразование:** Процедура формообразования труб в горячем состоянии, при которой окончательная деформация выполняется в определенном интервале температур, что позволяет получить материал с определенными свойствами, которые невозможно обеспечить или воспроизвести только за счет термообработки; после такой деформации проводят охлаждение, иногда на более высокой скорости, с последующим отпуском или без отпуска, включая самоотпуск.

Примечание - Последующая термообработка при температуре выше 580 °С может понизить значения прочностных характеристик.

35. **Термомеханическая прокатка:** Процедура горячей прокатки рулонного или листового проката, при которой окончательная деформация выполняется в определенном интервале температур, что позволяет получить материал с определенными свойствами, которые невозможно обеспечить или воспроизвести только за счет термообработки; после такой деформации проводят охлаждение, иногда на более высокой скорости, с последующим отпуском или без отпуска, включая самоотпуск.

Примечание - Последующая термообработка при

температуре выше 580 °С может понизить значения прочностных характеристик.

36. **Трубный завод:** Фирма, компания или корпорация, которая эксплуатирует оборудование для изготовления труб.

37. **Условия эксплуатации:** Условия применения, указанные потребителем в заказе на поставку.

38. **Формоизменение с нормализацией:** Процедура формоизменения, при которой окончательную деформацию проводят в определенном интервале температур, что позволяет достичь такого же состояния материала, как после нормализации, причем заданные механические свойства должны сохраняться даже после последующей нормализации.

39. **Химический состав продукции:** Химический состав материала трубы, рулонного или листового проката.

40. **Холодноэкспандированная труба:** Труба, наружный диаметр которой был увеличен по всей длине при рабочей температуре стана путем приложения внутреннего гидростатического давления в закрытых штампах или при помощи механического устройства для внутреннего экспандирования.

41. **Холоднодеформированная труба:** Труба, наружный диаметр которой был окончательно увеличен или уменьшен на части ее длины или по всей длине при рабочей температуре стана после формоизменения.

42. **Холодное формообразование:** Процедура формообразования рулонного или листового проката в трубу без нагрева.

43. **Шов КОС:** Продольный или спиральный шов, полученный сочетанием дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом (причем наплавленный валик шва дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа не удаляется полностью проходами сварки под флюсом).

44. **Шов ВЧС:** Продольный шов, полученный методом электросварки.

45. **Шов ДСФ:** Продольный или спиральный шов, полученный методом электродуговой сварки под флюсом.

46. **Электросварка:** Способ получения сварного шва путем контактной электросварки сопротивлением, при

которой свариваемые кромки механически прижимают друг к другу, а тепло для сварки выделяется вследствие сопротивления приложенному или наведенному электрическому току.

47. Электродуговая сварка металлическим электродом в среде защитного газа: Технология сварки, при которой плавление и соединение металлов проводится за счет их нагрева электрической дугой или дугами между расходной электродной проволокой и заготовкой, при этом дуга и расплавленный металл защищаются подаваемым извне газом или газовой смесью.

48. Электродуговая сварка под флюсом: Технология сварки, при которой плавление и соединение металлов происходит за счет их нагрева электрической дугой или дугами между расходуемым металлическим электродом или электродами без покрытия и заготовкой, при этом дуга и расплавленный металл защищаются слоем гранулообразного флюса.

3. Порядок и пример выполнения работы

Даны термины: контроль, прихваточный шов, труба ДСФС, формоизменение с нормализацией, электродуговая сварка под флюсом.

Дать определение этих терминов в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 – 2009.

Контроль: Измерение, исследование, испытание, взвешивание или контроль эталоном одной или нескольких характеристик изделия и сравнение полученных результатов с установленными требованиями для определения соответствия.

Прихваточный шов: Прерывистый или непрерывный сварной шов, используемый для выравнивания примыкающих кромок до момента выполнения окончательного сварного шва.

Труба ДСФС: Труба с одним спиральным швом, изготовленная методом электродуговой сварки под флюсом.

Формоизменение с нормализацией: Процедура формоизменения, при которой окончательную деформацию проводят в определенном интервале температур, что

позволяет достичь такого же состояния материала, как после нормализации, причем заданные механические свойства должны сохраняться даже после последующей нормализации.

Электродуговая сварка под флюсом: Технология сварки, при которой плавление и соединение металлов происходит за счет их нагрева электрической дугой или дугами между расходуемым металлическим электродом или электродами без покрытия и заготовкой, при этом дуга и расплавленный металл защищаются слоем гранулообразного флюса.

1.4. Варианты заданий

| № Варианта | Термины в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009 |
|---------------------------|--|
| 1 | 2 |
| 1 | Труба ВЧС. |
| | Труба ДСФ. |
| | Труба ДСФС. |
| | Труба ДСФП. |
| | Составная труба (труба с кольцевым швом). |
| 2 | Расслоение. |
| | Сварная труба. |
| | Труба КОС. |
| | Труба КОСС. |
| 3 | Труба КОСП. |
| | Несовершенство. |
| | Обрабатывающее предприятие. |
| | Окончательная холодная обработка. |
| 4 | Подрез. |
| | Показание. |
| | Изготовитель. |
| | Калибровка прибора. |
| | Контроль. |
| 5 | Контролируемая партия. |
| | Неразрушающий контроль. |
| | Холодноэспандированная труба. |
| | Холоднодеформированная труба. |
| 6 | Холодное формообразование. |
| | Шов КОС. |
| | Потребитель. |
| | По согласованию. |
| | Прихваточный шов. |
| Прокатка с нормализацией. | Промежуточный класс прочности. |



| 1 | 2 |
|----|---|
| 7 | Стыковой шов соединения рулонного или листового проката. |
| | Тело трубы. |
| | Термомеханическое формообразование. |
| | Термомеханическая прокатка. |
| 8 | Бесшовная труба БТ. |
| | Состояние после прокатки. |
| | Класс прочности трубы. |
| | Дефект. |
| 9 | Закалка и отпуск. |
| | Электродуговая сварка под флюсом. |
| | Электродуговая сварка металлическим электродом в среде защитного газа |
| | Электросварка. |
| | Шов ДСФ. |
| 10 | Шов ВЧС. |
| | Трубный завод. |
| | Условия эксплуатации. |
| | Формоизменение с нормализацией. |
| | Химический состав продукции. |

1.5. Контрольные вопросы

1. Перечислить термины применяемые в стандарте ГОСТ Р 53580 - 2009?
2. Дать определение терминов в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 – 2009.
3. Изготовителем помимо фирмы, компании или корпорации также может быть кто?
4. Операция холодного экспандирования или калибровки в холодном состоянии отличается от какой операции?
5. При термомеханическом формообразовании выше температуры 580 °С могут снизиться какие характеристики?
6. При термомеханической прокатке выше температуре 580 °С могут снизиться какие характеристики?

1.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580 - 2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

"ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТОМ ГОСТ Р 53580 - 2009"

2.1. Цель работы

Ознакомить студентов с обозначениями и сокращениями в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009.

2.2. Общие сведения

В стандарте ГОСТ Р 53580 – 2009 приняты следующие обозначения:

a - длина торцевого шва рулонного или листового проката;

δ - относительное удлинение после разрыва, округленное до целого числа, %;

A_{gb} - размер оправки для испытания на направленный загиб;

A_L - площадь внутреннего поперечного сечения трубы, мм²;

A_P - площадь поперечного сечения стенки трубы, мм²;

A_R - площадь поперечного сечения торцевого прижима, мм²;

B - расстояние между плитами гибочного прессы или опорами при испытании на направленный загиб;

$C_{эkv}$ - углеродный эквивалент;

R_{cm} - параметр стойкости против растрескивания;

d - расчётный внутренний диаметр трубы, мм;

D - наружный диаметр трубы, мм;

D_a - обозначенный изготовителем наружный диаметр после деформации, мм;

D_b - обозначенный изготовителем наружный диаметр до деформации, мм;

f - частота, Гц (цикл в секунду);

K_V - работа удара полноразмерного образца с V - образным надрезом (CVN);

L - длина трубы, м;

P - давление гидростатического испытания, МПа;

- P_R - внутреннее давление на торцевой прижим, МПа;
 r - радиус;
 r_a - радиус оправки для испытания на направленный загиб;
 r_b - радиус гибочного пресса для испытания на направленный загиб;
 σ_B - предел прочности на растяжение;
 $\sigma_{T0,5}$ - предел текучести (суммарное удлинение 0,5%);
 S_r - коэффициент деформации;
 S - напряжение в окружном направлении для гидростатического испытания;
 t - толщина стенки трубы, мм;
 t_{min} - минимально допустимая толщина стенки трубы, мм;
 V_t - поперечная скорость распространения ультразвука, м/с;
 W - заданный наружный диаметр муфты;
 ε - деформация;
 λ - длина волны;
 ρ_1 - масса на единицу длины трубы с гладкими концами.
- В стандарте ГОСТ Р 53580 – 2009 приняты следующие сокращения:
- ВЧС - сварка труб в процессе изготовления током высокой частоты;
ДСФП - дуговая сварка под флюсом в процессе изготовления труб с продольным швом;
ДСФС - дуговая сварка под флюсом в процессе изготовления труб со спиральным швом;
КОСП - комбинированный метод сварки в процессе изготовления труб с продольным швом;
КОСС - комбинированный метод сварки в процессе изготовления труб со спиральным швом;
УТП - уровень требований к продукции;
СТОД - раскрытие в вершине трещины;
CVN - V - образный надрез;
EDI - электронный обмен данными;
HAZ - зона термического влияния;
HB - твёрдость по Бринеллю;
HIC - водородное растрескивание;
HRC - твёрдость по шкале С Роквелла;

HV - твёрдость по Виккерсу;
 IQI - эталон качества изображения;
 SSC - сульфидное растрескивание под напряжением;
 SWC - ступенчатое растрескивание;
 T2, T3 - тип рентгеновской плёнки.

2.3. Порядок и пример выполнения работы

Даны следующие обозначения и сокращения в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 – 2009 : A_p , d , K_v , r_a , S , ε , ДСФС, CVN, HRC, T2, T3.

Привести расшифровку этих обозначений и сокращений в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 – 2009.

A_p - площадь поперечного сечения стенки трубы, мм^2 ;

d - расчётный внутренний диаметр трубы, мм;

K_v - работа удара полноразмерного образца с V - образным надрезом (CVN);

r_a - радиус оправки для испытания на направленный загиб;

S - напряжение в окружном направлении для гидростатического испытания;

ε - деформация;

ДСФС - дуговая сварка под флюсом в процессе изготовления труб со спиральным швом;

CVN - V - образный надрез;

HRC - твёрдость по шкале С Роквелла;

T2, T3 - тип рентгеновской плёнки.

2.4. Варианты заданий

| № Варианта | Обозначения и сокращения в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009. |
|---------------|--|
| 1 | 2 |
| 1 | L |
| | P |
| | P_R |
| | r |
| | r_a |
| 2 | t |
| | t_{\min} |
| | V_t |
| | W |
| | ε |

| 1 | 2 |
|----------------|-------------------|
| 3 | a |
| | δ |
| | A _{gb} |
| | A _{Lr} |
| 4 | EDI |
| | HAZ |
| | HB |
| | HIC |
| 5 | КОСП |
| | КОСС |
| | УТП |
| | CTOD |
| 6 | AR |
| | B |
| | C _{ЭКВ} |
| | P _{cm} |
| 7 | d |
| | r _b |
| | σ _B |
| | σ _{T0,5} |
| 8 | S _r |
| | S |
| | HV |
| | IQI |
| 9 | SSC |
| | SWC |
| | T2, T3 |
| | λ |
| 10 | ρ ₁ |
| | ВЧС |
| | ДСФП |
| | ДСФС |
| | D |
| D _a | |
| D _b | |
| f | |
| K _v | |

2.5. Контрольные вопросы

1. Перечислить обозначения применяемые в стандарте ГОСТ Р 53580 - 2009?

2. Перечислить сокращения применяемые в стандарте ГОСТ Р 53580 - 2009?

3. Дать расшифровку обозначений в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 – 2009.

4. Дать расшифровку сокращений в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 – 2009.

2.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580 - 2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

"КЛАССЫ ПРОЧНОСТИ ТРУБ И СОСТОЯНИЕ ПОСТАВКИ"

3.1. Цель работы

Ознакомить студентов с определением классов прочности труб и состоянием их поставки.

3.2. Общие сведения

Классы прочности труб

В стандарт ГОСТ Р 53580-2009 "Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия." внесён ряд новых требований, которые отличают его от действующих стандартов в Российской Федерации, в частности:

- технические требования к трубной продукции сведены к двум уровням требований продукции УТП1 и УТП2, соответствующим различным уровням требований по химическому составу, механическим и коррозионным свойствам;

- взамен марок сталей введены классы прочности труб;

- класс прочности (КП) соответствует минимальному напряжению начала текучести при деформации 0,5%.

Классы прочности труб уровня УТП 1 и УТП 2 должны соответствовать таблице 1. Обозначение класса прочности представляет собой сочетание букв и цифр. Класс прочности идентифицирует уровень прочности труб и связан с химическим составом стали.

Таблица 1.

Классы прочности труб и состояние поставки

| УТП | Состояние поставки ¹⁾ | Класс прочности трубы ^{2), 3)} |
|----------|----------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |

| 1 | 2 | 3 |
|--------|---|----------|
| УТП 1 | В состоянии после прокатки, прокатки с нормализацией, нормализации или формообразования с нормализацией | КП 175 |
| | | КП 210 |
| | В состоянии после прокатки, прокатки с нормализацией, термомеханической прокатки, термомеханического формообразования, формообразования с нормализацией, нормализации, нормализации и отпуска или по согласованию закалки и отпуска - только для бесшовных труб | КП 245 |
| | В состоянии после прокатки, прокатки с нормализацией, термомеханической прокатки, термомеханического формообразования, формообразования с нормализацией, нормализации, нормализации и отпуска или закалки и отпуска | |
| | | КП 320 |
| | | КП 360 |
| | | КП 390 |
| | | КП 415 |
| КП 450 | | |
| КП 485 | | |
| УТП 2 | В состоянии после прокатки | КП 245 П |
| | | КП 290 П |
| | В состоянии после прокатки с нормализацией, формообразования с нормализацией, нормализации или нормализации и отпуска | КП 245 Н |
| | | КП 290 Н |
| | | КП 320 Н |
| | | КП 360 Н |
| | | КП 390 Н |
| | | КП415 Н |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|----------|
| УТП 2 | В состоянии после закалки и отпуска | КП 245 Т |
| | | КП 290 Т |
| | | КП 320 Т |
| | | КП 360 Т |
| | | КП 390 Т |
| | | КП 415 Т |
| | | КП 450 Т |
| | | КП 485 Т |
| УТП 2 | В состоянии после термомеханической прокатки или термомеханического формообразования | КП 245 М |
| | | КП 290 М |
| | | КП 320 М |
| | | КП 360 М |
| | | КП 390 М |
| | | КП 415 М |
| | | КП 450 М |
| | | КП 485 М |
| <p>¹⁾Состояние поставки определяет изготовитель для обеспечения требуемого уровня механических характеристик продукции.</p> <p>²⁾Промежуточные классы прочности устанавливаются по согласованию, но в формате, указанном в настоящей таблице.</p> <p>³⁾Буквы Т, Н, М у классов прочности труб обозначают состояние поставки.</p> | | |

Классы прочности труб уровня УТП 2 должны

соответствовать таблице 1. Класс прочности трубы дополнительно содержит буквы П, Н, Т или М, которые указывают на состояние поставки (таблица 2).

Таблица 2

Способы изготовления, допустимые для труб уровня УТП 2

| Тип трубы | Тип заготовки | Способ изготовления | Термообработка труб | Символ термообработки |
|--------------------|--|--|--|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| БТ | Непрерывнолитая, горячедеформированная или кованая | Нормализация при деформации | - | Н |
| | | Горячая деформация | Нормализация или нормализация и отпуск | Н |
| | | | Закалка с отпуском | Т |
| | | Горячая деформация и холодная деформация | Нормализация или нормализация и отпуск | Н |
| Закалка с отпуском | Т | | | |
| ВЧС | Рулонный прокат с нормализацией | | Нормализация шва | Н |
| | Рулон, изготовленный термомеханической обработкой | Холодное формообразование | Термообработка шва | М |
| | | | Термообработка шва и снятие напряжения (вся труба) | М |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|--|---|--|---|
| ВЧС | Горячекатаный или горячекатанно-нормализованный рулонный прокат | Холодное формообразование | Нормализация или нормализация и отпуск (вся труба) | Н |
| | | | Закалка и отпуск (вся труба) | Т |
| | | | Нормализация шва | Н |
| | | Холодное формообразование и горячее редуцирование при контролируемой температуре с результатом соответствующей нормализации | - | Н |
| | | Холодное формообразование и термомеханическая обработка | - | М |
| ДСФП или ДСФС | Рулонный или листовой прокат горячекатанно-нормализованный, с нормализацией или с нормализацией и отпуском | Холодное формообразование | - | Н |
| | Рулонный или листовой прокат, изготовленный термомеханической прокаткой | | | М |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|---|---|------------------------------------|---|
| ДСФП или ДСФС | Закалённый и отпущенный рулонный или листовой прокат | Холодное формообразова ние | Закалка и отпуск (вся труба) | T |
| | Рулонный или листовой прокат с термомеханической прокаткой, прокаткой с нормализацией, нормализацией или нормализацией и отпуском | | | T |
| | Рулонный или листовой прокат в состоянии после прокатки, термомеханической прокатки, прокатки с нормализацией, нормализации или нормализации и отпуска | Формовка при температуре нормализации | - | H |

Бесшовная труба БТ: Труба без сварного шва, полученная по технологии формообразования в горячем состоянии, после которого может быть проведена холодная прокатка или отделка в холодном состоянии для получения нужной формы, размеров и свойств.

Труба ВЧС: Труба, изготовленная методом сварки током частотой 70 кГц и более.

Труба ДСФП: Труба с одним или двумя продольными швами, изготовленная методом электродуговой сварки под флюсом.

Труба ДСФС: Труба с одним спиральным швом, изготовленная методом электродуговой сварки под флюсом.

ВЧС - сварка труб в процессе изготовления током высокой частоты;

ДСФП - дуговая сварка под флюсом в процессе

изготовления труб с продольным швом;

ДСФС - дуговая сварка под флюсом в процессе изготовления труб со спиральным швом;

Возможно использование труб УТП 2 с **особыми требованиями** к одному из особых требований относится процедура изготовления.

Процедура изготовления труб

Все трубы должны быть изготовлены в соответствии с процедурой изготовления, для этого необходимо провести аттестацию труб. В соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580-2009 "Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия".

Аттестация процедуры изготовления труб

Характеристики процедуры изготовления

До начала производства или по результатам выпуска первой производственной серии изготовитель должен сообщить потребителю сведения об основных характеристиках процесса производства труб, включая следующие сведения:

а) по всем трубам:

- 1) изготовитель стали;
- 2) способы производства и разливки стали;
- 3) заданный химический состав;
- 4) процедура гидростатического испытания;
- 5) процедуры неразрушающего контроля;

б) по сварным трубам:

1) способ изготовления рулонного или листового проката, включая способ термообработки (Н или Т), при применении;

2) процедуры неразрушающего контроля рулонного или листового проката;

3) процедуры формообразования трубы, включая подготовку кромок, контроль соосности и формы;

4) процедура термообработки трубы, включая термообработку сварного шва в процессе сварки, при применении;

5) требования к сварке, включая процедуру ремонтной сварки, вместе с протоколами предшествующей аттестации этой процедуры. Информация должна включать:

для труб ВЧС:

- результаты механических испытаний труб с термообработанным швом, изготовленных из полосы термомеханической прокатки (включая результаты контроля твердости зоны термического влияния);

- результаты металлографического исследования;

для труб ДСФ КОС:

- результаты механических испытаний (включая результаты контроля твердости зоны термического влияния);

- результаты анализа наплавленного металла;

в) по трубам БТ:

1) процедура формообразования труб;

2) процедура термообработки труб.

Аттестационные испытания процедуры изготовления

При аттестации процедуры изготовления в начале производства необходимо провести обязательные испытания (по стандарту **ГОСТ Р 53580-2009 "Трубы стальные для промысловых трубопроводов. Технические условия"** (таблица 17)), или испытания по применимости (таблица 3).

Таблица 3

Периодичность контроля

| Вид контроля | Тип трубы | Периодичность контроля |
|--|------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Контроль твёрдости труб наружным диаметром $D < 508$ мм | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от партии не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования ¹⁾ |
| Контроль твердости труб наружным диаметром $D \geq 508$ мм | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования ¹⁾ |
| Контроль твёрдости участков повышенной | ВЧС, ДСФП или ДСФС | Каждый участок повышенной твердости, обнаруженный на наружной или внутренней |

| | | |
|--|-------------------------|---|
| твёрдости сварных труб | | поверхности трубы |
| 1 | 2 | 3 |
| По согласованию, контроль твёрдости продольного спирального сварного шва труб ВЧС | ВЧС, ДСФП или ДСФС | Как указано в заказе на поставку |
| Диаметр и овальность труб наружным диаметром $D \leq 168$ мм | БТ, ДСФП ДСФС, ВЧС, или | Одно испытание от партии не более 100 труб |
| Диаметр и овальность труб наружным диаметром $D > 168$ мм | БТ, ДСФП ДСФС, ВЧС, или | Одно испытание от партии не более 20 труб |
| Неразрушающий контроль | БТ, ДСФП ДСФС, ВЧС, или | В соответствии с приложением Ж стандарта ГОСТ Р 53580-2009 "Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия" |
| Испытание на водородное растрескивание (НИС) | БТ, ДСФП ДСФС, ВЧС, или | Одно испытание от каждой их трех первых плавок, в дальнейшем одно испытание на партию не более чем от 10 плавок |
| По согласованию, испытание на сульфидное растрескивание под напряжением (SSC) | БТ, ДСФП ДСФС, ВЧС, или | Одно испытание от каждой трубы, отобранной для аттестации процедуры изготовления |
| 1) Коэффициент холодного экспандирования указывает изготовитель, и вычисляют по наружному диаметру или длине окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,02 требует формирования новой партии для контроля. | | |

Частота и объём испытаний должны быть указаны в

заказе на поставку.

Потребитель может потребовать представления данных о других свойствах, например свариваемости изделия.

Запрос потребителя о предоставлении данных о свариваемости для конкретных классов прочности стальных труб может потребовать проведения специальных испытаний на свариваемость. В таких случаях потребитель должен предоставить изготовителю сведения о технологиях и параметрах сварки, для которых необходимы данные о свариваемости.

Изготовитель может представить для утверждения потребителем доаттестационные данные прежнего производства.

По согласованию, должны проводиться испытания на прокаливаемость (валик на листовом прокате или валик на трубе). Параметры режима сварки и критерии приемки должны быть указаны в заказе на поставку.

Производство стали

Сталь ¹⁾ должна быть получена кислородно-конвертерным или электропечным методом и должна быть раскисленной.

¹⁾ Технология производства стали может включать различные переплавы и вторичные металлургические процессы.

Сталь должна быть подвергнута вакуумной дегазации для снижения содержания газов.

Плавка стали должна быть обработана для регулирования формы включений. Процедура контроля (в т.ч. металлографического контроля) может быть согласована между изготовителем и потребителем для оценки эффективного регулирования формы включений.

Изготовление бесшовных труб

Бесшовные трубы должны быть изготовлены из катаной, ковальной и непрерывнолитой заготовки. Если используют процесс окончательной холодной обработки, это должно быть указано в документе о приемке.

Изготовление сварных труб

Если не согласовано иное, то рулонный или листовой прокат для изготовления сварных труб должен быть прокатан из непрерывнолитых заготовок. Трубы должны быть типов

ДСФП, ДСФС или ВЧС.

У труб ВЧС стыкуемые кромки рулонного или листового проката перед сваркой должны быть обработаны фрезерованием или иным методом резания.

Рулонный или листовой прокат, используемый для производства сварных труб, после прокатки должен подвергаться визуальному контролю.

Визуальный контроль рулонного проката, используемого для производства труб, можно проводить в виде контроля размотанного рулонного проката или контроля кромок в рулоне.

По согласованию, рулонный и листовой прокат следует подвергать ультразвуковому контролю на расслоение в соответствии со **стандартом ГОСТ Р 53580-2009 "Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия"**, который можно проводить до или после резки рулонного или листового проката, или же готовую трубу подвергают контролю, включая ультразвуковой контроль, по всему телу трубы.

По согласованию, допускается поставка спирально-шовных труб, изготовленных из сваренного встык рулонного или листового проката, при условии, что стыковые швы расположены на расстоянии не менее 300 мм от торцов трубы и подвергнуты такому же неразрушающему контролю, которому, согласно **стандарта ГОСТ Р 53580-2009 "Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия"**, подвергают кромки рулонного или листового проката и основные сварные швы.

При сварке труб ДСФП и ДСФС прерывистые прихваточные швы допускаются только в том случае, когда потребитель согласился с их применением на основе данных, представленных изготовителем и подтверждающих обеспечение требуемых механических свойств как в месте расположения прихваточных швов, так и в промежутке между ними.

Состояние поставки

Если конкретное состояние поставки не указано в заказе на поставку, то состояние поставки труб УТП 1 по каждой заказанной позиции должен выбирать изготовитель.

Состояние поставки должно соответствовать требованиям таблиц 1 и 2.

В случае труб УТП 2 состояние поставки должно соответствовать требованиям заказа на поставку по классу прочности.

3.3. Порядок и пример выполнения работы

Зная марку стали, предел текучести или временное сопротивление, а также тип заготовки. Определить тип трубы, уровень требований продукции, класс прочности трубы и способ изготовления.

| Марка стали | Предел текучести σ_T , Н/мм ² | Временное сопротивление σ_B , Н/мм ² | Относительное удлинение δ_5 , % | Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² | Тип заготовки |
|-------------|---|--|--|--|--|
| 13Г2АФ | 360 | 630 | 20 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |

Марка стали 13Г2АФ относится к уровню требований продукции УТП 2.

Класс прочности КП 360 Н.

Тип трубы ДСФП - труба с одним продольным швом, изготовленная методом электродуговой сварки под флюсом.

Способ изготовления холодное формообразование.

3.4. Варианты заданий

| № Вар. | Марка стали | Предел текучести σ_T , Н/мм ² | Временное сопротивление σ_B , Н/мм ² | Относительное удлинение δ_5 , % | Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² | Тип заготовки |
|--------|-------------|---|--|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 12Г2С | 340 | 490 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| | 12Г2С | 340 | 490 | 20 | 39,2 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| | 09Г2С | 340 | 490 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - |

| | | | | | | |
|----------|----------------|----------|----------|----------|-----------------|--|
| | | | | | | нормализованный |
| | 17ГС | 350 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 17Г1С | 350 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, нормализованный |
| 2 | 17Г1С-У | 350 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, нормализованный, контролируемой прокатки |
| | 13ГС | 360 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, контролируемая проката |
| | 13ГС | 360 | 510 | 20 | 39,2 (-40°C) | Листовой прокат, контролируемая проката |
| | 08ГБЮ | 350 | 510 | 20 | 39,2 (-40°C) | Листовой прокат, контролируемая проката, термообработка |
| | 12ГСБ | 350 | 510 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемая проката, термообработка |
| 3 | 13Г1С-У | 360 | 510 | 20 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемая проката |
| | 13Г1С-У | 360 | 510 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 13Г2АФ | 360 | 630 | 20 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| | 13Г1С-У | 390 | 540 | 19 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |



| | | | | | | |
|--|----------------|-----|-----|----|-----------------|---|
| | 13Г1С-У | 390 | 540 | 19 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат контролируемый прокат |
|--|----------------|-----|-----|----|-----------------|---|

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|----------|-----|-----|----|-----------------|--|
| 4 | 09ГБЮ | 380 | 550 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат, термообработка |
| | 12Г2СБ | 380 | 550 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат, термообработка |
| | 09Г2ФБ | 430 | 550 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 13Г1СБ-У | 470 | 570 | 20 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 13Г1СБ-У | 470 | 570 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| 5 | 10Г2ФБЮ | 460 | 590 | 20 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 10Г2ФБЮ | 460 | 590 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемая проката |
| | 10Г2ФБЮ | 460 | 590 | 20 | 49,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 10Г2ФБ | 440 | 590 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 10Г2ФБ | 440 | 590 | 20 | 49,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| 6 | 10Г2СБ | 460 | 590 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемая прокат |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|----------------|-----|-----|----|-----------------|---|
| 6 | 10Г2СБ | 460 | 590 | 20 | 49,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 10Г2СФБ | 460 | 590 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат контролируемый прокат |
| | 10Г2СФБ | 460 | 590 | 20 | 49,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 12Г2С | 340 | 490 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| 7 | 12Г2С | 340 | 490 | 20 | 39,2 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| | 09Г2С | 340 | 490 | 20 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| | 13ГС | 360 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 13ГС | 360 | 510 | 20 | 39,2 (-40°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 17ГС | 350 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| 8 | 17Г1С | 350 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, горячекатанно - нормализованный |
| | 17Г1СУ | 350 | 510 | 20 | 29,4 (-40°C) | Листовой прокат, нормализованный, контролируемая прокатка |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|--------|-----|-----|----|-----------------------------|--|
| 8 | 08ГБЮ | 350 | 510 | 20 | 39,2 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат, термообработка |
| | 13ГС-У | 360 | 510 | 20 | 29,4 (-60°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат |
| | 12ГСБ | 350 | 510 | 20 | 39,2 (-80°C) | Листовой прокат, контролируемый прокат, термообработка |
| 9 | Д | 375 | 640 | 16 | 39 ¹⁾ (+20°C) | Горячедеформированная, нормализация |
| | ДБ | 375 | 640 | 16 | 39 (+20°C) | Горячедеформированная, нормализация |
| | 10Г2А | - | 420 | 22 | - | Горячедеформированная, нормализация |
| | 12Г2А | - | 490 | 20 | - | Горячедеформированная, отжиг |
| | 18Г2 | 315 | 490 | 19 | - | Горячедеформированная, нормализация |
| 10 | 32Г2 | 540 | 740 | 14 | 39 (+20°C) | Горячедеформированная, закалка с отпуском |
| | 36Г2С | 490 | 740 | 12 | - | Горячедеформированная, нормализация ²⁾ |
| | 37Г2С | 540 | 735 | 14 | 59 (+20°C) | Горячедеформированная, закалка с отпуском |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|-------------------------|-----|-----|----|---------------|--|
| 10 | 38ХНМ | 540 | 740 | 12 | 49 (+20°C) | Горячедеформированная, нормализация с отпуском |
| | 12Х2НВФ А (ЭИ712) | - | 490 | 18 | - | Горячедеформированная, отжиг |

¹⁾ Определяют по требованию заказчика.

²⁾ Допускается нормализация с высоким отпуском.

Знак "-" показатель не нормируют и не определяют.

3.5. Контрольные вопросы

1. Каким уровням требований продукции УТП 1 и УТП 2 должны соответствовать?
2. Классы прочности труб введены взамен чего?
3. Чему соответствует класс прочности (КП)?
4. Что идентифицирует класс прочности и с чем он связан?
5. Что означают буквы П, Н, Т, М у классов прочности труб?
6. Что означает термин бесшовная труба БТ?
7. Что означает термин труба ВЧС?
8. Что означает термин труба ДСФП?
9. Что означает термин труба ДСФС?
10. Что означает слово ВЧС?
11. Что означает слово ДСФП?
12. Что означает слово ДСФС?

3.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580 - 2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия.
2. ГОСТ Р 53932 – 2010 Заготовка трубная. Общие технические условия.
3. ТУ 14-3- 1573-96 Трубы стальные электросварные прямошовные диаметром 530-1020 мм с толщиной стенки до 32мм для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

“ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТОМ ГОСТ Р 53580 - 2009”

4.1. Цель работы

Ознакомить студентов с процессом изготовления стальных труб для промышленных трубопроводов.

4.2. Общие сведения

4.1. Изготовление

4.2. Процесс изготовления

4.2.1 Трубы, поставляемые по стандарту ГОСТ Р 53580 - 2009, должны изготавливаться в соответствии с требованиями и ограничениями, указанными в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Соответствие классов прочности труб типам труб

| Тип трубы | Класс прочности трубы уровня УТП 1 ¹⁾ | | | | Класс прочности трубы уровня УТП 2 ²⁾ |
|--------------------|--|----------|-----------|------------------------|---|
| | КП 175 ²⁾ | КП 210 | КП 245 | от КП 290 до КП 485 | от КП 245 до КП 555 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| БТ | Х | Х | Х | Х | Х |
| ВЧС | Х | Х | Х | Х | Х |
| ДСФП | | Х | Х | Х | Х |
| ДСФС ³⁾ | | Х | Х | Х | Х |
| КОСП | | Х | Х | Х | Х |

| | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| КОСС ³⁾ | | X | X | X | X |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ДСФП с двумя швами ⁴⁾ | | X | X | X | X |
| КОСП с двумя швами | | X | X | X | X |
| <p>¹⁾ По согласованию, поставляют трубы промежуточных классов прочности, но не выше КП 290.</p> <p>²⁾ Трубы класса прочности КП 175 изготавливают наружным диаметром $D \leq 140$ мм.</p> <p>³⁾ Трубы со спиральным швом изготавливают наружным диаметром $D \geq 114$ мм.</p> <p>⁴⁾ По согласованию, трубы с двумя швами изготавливают наружным диаметром $D \geq 914$ мм.</p> | | | | | |

Таблица 2

Способы изготовления, допустимые для труб уровня УТП 2

| Тип трубы | Тип заготовки | Способ изготовления | Термообработка труб | Символ термообработки |
|-----------|--|--|--|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| БТ | Непрерывнолитая, горячедеформированная или кованая | Нормализация при деформации | - | Н |
| | | Горячая деформация | Нормализация или нормализация и отпуск | Н |
| | | | Закалка с отпуском | Т |
| | | Горячая деформация и холодная деформация | Нормализация или нормализация и отпуск | Н |

| | | Горячая деформация и холодная деформация | Закалка с отпуском | Т |
|---------------|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ВЧС | Рулонный прокат с нормализацией | Холодное формообразование | Нормализация шва | Н |
| | Рулон, изготовленный термомеханической обработкой | | Термообработка шва | М |
| | | | Термообработка шва и снятие напряжения (вся труба) | М |
| | | | Нормализация или нормализация и отпуск (вся труба) | Н |
| | Горячекатаный или горячекатанно-нормализованный рулонный прокат | | Закалка и отпуск (вся труба) | Т |
| | | | Нормализация шва | Н |
| | | Холодное формообразование и горячее редуцирование при контролируемой температуре с результатом соответствующей нормализации | - | Н |
| | Холодное формообразование и термомеханическая обработка | - | М | |
| ДСФП или ДСФС | Рулонный или листовой прокат горячекатанно-нормализованный, с | Холодное формообразование | - | Н |



| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | нормализацией или нормализацией и отпуском | | | |
|--|---|--|--|--|

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|--|---------------------------------------|------------------------------|---|
| | Рулонный или листовой прокат, изготовленный термомеханической прокаткой | | | М |
| ДСФП или ДСФС | Закалённый и отпущенный рулонный или листовой прокат | Холодное формообразование | Закалка и отпуск (вся труба) | Т |
| | Рулонный или листовой прокат с термомеханической прокаткой, прокаткой с нормализацией, нормализацией или нормализацией и отпуском | | | Т |
| | Рулонный или листовой прокат в состоянии после прокатки, термомеханической прокатки, прокатки с нормализацией, нормализации или нормализации и отпуска | Формовка при температуре нормализации | - | Н |

4.3. Процессы, требующие уточнения

4.3.1 Конечные операции обработки, используемые при производстве трубы, влияющие на соответствие требованиям,

устанавливаемым настоящим стандартом (за исключением химического состава и размеров), требуют уточнения.

4.3.2 Уточнения требуют следующие процессы:

а) для бесшовных труб: режим окончательного нагрева, деформация в горячем состоянии, редуцирование с натяжением или, при применении, окончательная холодная обработка;

б) для термообработанных бесшовных труб: термообработка;

в) для электросварных труб: процесс изменения размеров и шовная сварка; при использовании, термообработка шва;

г) для термообработанных электросварных труб: шовная сварка и термообработка всего тела трубы.

4.4. Исходный материал

4.4.1 Заготовки, рулонный или листовой прокат, используемые в качестве исходного материала для производства труб, должны быть изготовлены из стали, полученной кислородно-конвертерным процессом, или электросталеплавильным процессом, или мартеновским процессом с обработкой в установке типа печь-ковш.

4.4.2 Для труб уровня УТП 2 сталь должна быть раскислена и произведена по технологии, обеспечивающей получение мелкого зерна.

4.4.3 На рулонном или листовом прокате труб уровня УТП 2, используемых для производства, не должно быть ремонтных сварных швов.

4.4.4 Ширина рулонного или листового проката спирально-шовных труб, используемых для производства, не должна быть менее 0,8 и более 3,0-кратного наружного диаметра трубы.

4.4.5 Любые смазочно-охлаждающие вещества, которые загрязняют зону разделки шва или прилегающие участки, должны быть удалены до выполнения продольных сварных швов на трубах ДСФП или КОСП или спиральных сварных швов на трубах ДСФС или КОСС.

4.5. Прихваточные сварные швы

4.5.1 Прихваточные сварные швы должны быть выполнены с использованием следующих способов сварки:

- а) полуавтоматической электродуговой сварки под флюсом;
- б) электродуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа;
- в) электродуговой сварки трубчатым электродом;
- г) электродуговой сварки покрытым металлическим электродом с низким содержанием водорода.

2.5.2 Прихваточные сварные швы должны быть:

- а) расплавлены и слиты с конечным сварным швом;
- б) удалены механической обработкой;
- в) обработаны в соответствии с (п. 4.6).

4.6. Устранение исправимых поверхностных несовершенств

4.6.1 Все исправимые поверхностные несовершенства должны быть удалены абразивной зачисткой.

4.6.2 Зачистка должна быть выполнена таким образом, чтобы зачищенная поверхность плавно переходила в контур трубы.

4.6.3 Полноту удаления несовершенств проверяют местным визуальным контролем, прибегая, при необходимости, к неразрушающему контролю. Толщина стенки в месте зачистки должна соответствовать требованиям (таблица 4), однако требования к минусовому предельному отклонению диаметра и овальности (таблица 3), на место зачистки не распространяются.

За исключением предусмотренного в пункте 4.6.3, допуски на диаметр и овальность должны соответствовать требованиям таблицы 3.

Таблица 3

Допуски на диаметр и овальность в миллиметрах

| Наружный диаметр D | Допуск на диаметр | | | | Допуск на овальность | |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Труба, кроме концов ¹⁾ | | Конец трубы ^{1), 2), 3)} | | Труба, кроме концов ¹⁾ | Конец трубы ^{1), 2), 3)} |
| | бесшовная | сварная | бесшовной | сварной | | |
| До 60 | От -0,4 до +1,6 | | От -0,4 до +1,6 | | Включено в допуск на диаметр | |
| От 60 до 168 включ. | ±0,0075 D | | | | 0,015 D | 0,015 D |
| Св. 168 до 600 включ. | ±0,0075 D | ±0,0075 D, но не более ±3,2 | ±0,0075 D ⁴⁾ | ±0,0075 D, но не более ±1,6 | | |
| Св. 600 | ±0,01 D | ±0,005 D, но не более ±4,0 | ±2,0 | ±1,6 | | |

¹⁾ Конец трубы - это участок длиной 100 мм от торца с каждой стороны трубы.
²⁾ Для бесшовных труб допуск применяют для толщины стенки $t \leq 25,0$ мм, допуск для труб с большей толщиной стенки должен быть согласован.
³⁾ Для труб наружным диаметром $D \geq 219$ мм может быть определен допуск на диаметр и овальность по расчетному внутреннему диаметру (наружный диаметр минус двойная толщина стенки) или по измеренному внутреннему диаметру, а не по наружному диаметру (п. 2.7.1).
⁴⁾ По требованию потребителя и по согласованию с изготовителем величина допуска может быть согласована.

4.7. Контроль размеров

4.7.1 По согласованию, для экспандированных труб наружным диаметром $D \geq 219$ мм и для неэкспандированных

труб для подтверждения соответствия предельным отклонениям по диаметру используют измерения внутреннего диаметра труб, а овальность следует определять как разность между наибольшим и наименьшим внутренними диаметрами, измеренными в одной плоскости поперечного сечения.

Допуск на толщину стенки должен соответствовать требованиям таблицы 4.

Таблица 4

Допуск на толщину стенки в миллиметрах

| Толщина стенки t | Допуск ¹⁾ |
|--|--|
| Бесшовные трубы ²⁾ | |
| До 4,0 включ. | +0,6 -0,5 |
| Св. 4,0 до 25,0 включ. | +0,150 t -0,125 t |
| От 25,0 | +3,7 или +0,1 t, в зависимости от того, что больше -3,0 или -0,1 t, в зависимости от того, что больше |
| Сварные трубы ^{3), 4)} | |
| До 5,0 включ. | ±0,5 |
| Св. 5,0 до 15,0 включ. | ±0,1 t |
| От 15,0 | ±1,5 |
| ¹⁾ Если в заказе на поставку указан меньший минусовой допуск на толщину стенки, чем допустимый допуск, указанный в настоящей таблице, плюсовой допуск должен быть увеличен настолько, чтобы сохранить поле допусков. ²⁾ Для труб наружным диаметром $D \geq 351$ мм и толщиной стенки $t \geq 25,0$ мм, толщина стенки локально может выходить за пределы плюсового допуска толщины стенки на дополнительные 0,05 t при условии, что не будет | |

4.8. Высота грата или валика/усиления сварного шва

4.8.1 Для труб ВЧС применяют следующие требования:

- а) наружный грат должен быть удален практически заподлицо;
- б) внутренний грат не должен выступать за контур трубы более чем на 1,5 мм;
- в) толщина стенки в месте удаления грата не должна быть

менее минимально допустимой толщины стенки;

г) глубина утонения, образующегося в результате удаления внутреннего грата, не должна превышать значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Максимально допустимая глубина утонения на трубах ВЧС в миллиметрах

| Толщина стенки t | Максимально допустимая глубина утонения ¹⁾ |
|---|---|
| До 4,0 включ. | 0,1 t |
| Св. 4,0 до 8,0 включ. | 0,4 |
| Св. 8,0 | 0,05 t |
| ¹⁾ Глубина утонения определяется как разность между толщиной стенки на расстоянии примерно 25 мм от линии сварного шва и минимальной толщиной стенки в месте удаления грата. | |

4.8.2 Для труб ДСФ и КОС применяют следующие требования:

а) выпуклые поверхности внутреннего и наружного валиков сварного шва, кроме зоны удаления, не должны находиться ниже прилегающей поверхности трубы;

б) переход между валиками сварного шва и прилегающей поверхностью трубы должен быть плавным;

в) внутренний валик сварного шва на расстоянии не менее 100 мм от каждого торца трубы должен быть удален настолько, чтобы он не выступал над прилегающей поверхностью трубы более чем на 0,5 мм. На остальной части трубы возвышение внутреннего валика сварного шва над прилегающей поверхностью трубы не должно превышать соответствующих значений, указанных в таблице 6;

Таблица 6

Максимально допустимая высота валика сварного шва для труб ДСФ и КОС (кроме концов трубы) в миллиметрах

| Толщина стенки t | Высота валика сварного шва ¹⁾ , не более | |
|--|---|-----------|
| | внутреннего | наружного |
| До 13,0 включ. | 3,5 | 3,5 |
| Св. 13,0 | 3,5 | 4,5 |
| ¹⁾ По своему усмотрению изготовитель может удалить валики сварных швов высотой, превышающей допустимую, до допустимой высоты. | | |

г) возвышение наружного валика сварного шва над прилегающей поверхностью трубы не должно превышать соответствующих значений, указанных в таблице 6;

д) по согласованию, наружный валик сварного шва на расстоянии не менее 150 мм от каждого торца трубы может быть удален настолько, чтобы он не выступал над прилегающей поверхностью трубы более чем на 0,5 мм.

4.9. Допуск на массу

4.9.1 За исключением предусмотренного в (п. 2.9.2), масса каждой отдельной трубы не должна отличаться от своей номинальной массы, рассчитанной путем умножения её длины на массу единицы длины (п. 2.9.3), более чем на:

а) плюс 10,0% или минус 5,0% - для труб класса прочности КП 175;

б) плюс 10,0% или минус 3,5% - для труб всех других классов прочности.

4.9.2 Смещение валиков сварных швов на трубах ДСФ и КОС

Смещение валиков сварных швов на трубах ДСФ (рисунок 1 а) и КОС (рисунок 1 б) не является основанием для отбраковки, если было обеспечено полное проплавление и

полное сплавление, что должно быть подтверждено результатами неразрушающего контроля (НК). Смещение валиков сварного шва не должно превышать 3 мм у труб толщиной стенки $t \leq 20$ мм или 4 мм - у труб толщиной стенки $t > 20$ мм.

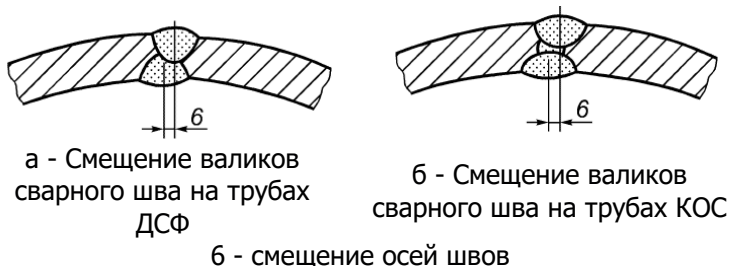


Рисунок 1 - Отклонения размеров сварного шва

4.9.3 Масса на единицу длины

Массу на единицу длины ρ_1 , кг/м, рассчитывают по следующей формуле:

$$\rho_1 = t \cdot (D - t) \cdot 0,02466, \quad (1)$$

где ρ_1 - масса на единицу длины трубы с гладкими концами; t - толщина стенки, указанная в заказе, мм; D - наружный диаметр, указанный в заказе, мм.

Примечание - Номинальная масса трубы представляет собой произведение её длины на массу единицы длины.

4.9.4. Если в заказе на поставку указано меньшее минусовое отклонение толщины стенки, чем соответствующее отклонение, указанное в таблице 4, плюсовое отклонение массы должно быть увеличено на процент, эквивалентный соответствующему процентному уменьшению минусового отклонения толщины стенки.

2.9.5 Для каждой позиции заказа общей массой 18 т. или более масса позиции заказа не должна отклоняться от своей номинальной массы, рассчитанной путем умножения общей длины труб в позиции заказа на массу единицы длины (п. 2.9.3), более чем на:

- а) минус 3,5% - для труб класса прочности КП 175;
- б) минус 1,75% - для труб всех других классов прочности.

4.10. Сварные швы на трубах КОС

При сварке труб КОС первый валик должен быть непрерывным и должен быть выполнен методом электродуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа, после чего сварка ведется методом электродуговой сварки под флюсом, причем должен быть сделан хотя бы один валик на внутренней поверхности трубы и хотя бы один валик на наружной поверхности трубы; при этом валик, выполненный электродуговой сваркой металлическим электродом в среде защитного газа, не удаляется полностью при электродуговой сварке под флюсом.

4.11. Сварные швы на трубах ДСФ

При сварке труб ДСФ электродуговой сваркой под флюсом хотя бы один валик должен быть выполнен на внутренней поверхности трубы и хотя бы один валик на наружной поверхности трубы.

4.12. Сварные швы на трубах с двумя швами

На трубах с двумя швами сварные швы должны отстоять примерно на 180° друг от друга.

4.13. Термообработка сварных швов ВЧС

4.13.1 Трубы ВЧС уровня УТП 1

У труб классов прочности выше КП 290 сварной шов и зона термического влияния должны быть подвергнуты нормализации, за исключением случая, когда по согласованию она заменяется альтернативной термообработкой. В случае такой замены изготовитель должен продемонстрировать эффективность выбранного метода по согласованной процедуре подтверждения. Такая процедура должна включать, как минимум, определение твердости, оценку

микроструктуры или механические испытания. У классов прочности КП 290 или ниже сварной шов подвергается аналогичной термообработке или такой обработке, которая обеспечивает отсутствие неотпущенного мартенсита.

4.13.1. Трубы ВЧС уровня УТП 2

Сварной шов и зона термического влияния труб всех классов прочности должны быть подвергнуты нормализации.

4.14. Холодная деформация и холодное экспандирование

4.14.1 Коэффициент деформации для холоднодеформированных труб не должен превышать 0,015, кроме случаев, когда трубы подвергаются в последующем нормализации или закалке и отпуску.

4.14.2 По согласованию, коэффициент деформации s_r для холодноэкспандированных труб должен быть не менее 0,003 и не более 0,015.

4.14.3 Если не согласовано иное, коэффициент деформации s_r следует рассчитывать по следующей формуле:

$$s_r = \frac{(D_a - D_b)}{D_b}, \quad (2).$$

где D_a – обозначенный изготовителем наружный диаметр после деформации, мм; D_b – обозначенный изготовителем наружный диаметр до деформации, мм; $(D_a - D_b)$ – абсолютная разность наружных диаметров, мм.

4.15. Стыковые сварные швы рулонного или листового проката

4.15.1 На готовой трубе с продольным швом не допускают стыковые сварные швы рулонного или листового проката.

2.15.2 На готовых спирально-шовных трубах допускают стыковку соединительных сварных швов рулонного или листового проката и спиральных сварных швов на расстоянии не менее чем 300 мм от торцов трубы.

4.15.3 По согласованию, на концах спирально-шовных труб допускают стыковые сварные швы рулонного или листового проката при условии разделения по окружности не менее чем на 150 мм стыковых сварных швов рулонного или листового проката и спирального шва на соответствующих концах труб.

4.15.4 Стыковые сварные швы рулонного или листового проката на готовых спирально-шовных трубах должны быть:

а) выполнены электродуговой сваркой под флюсом или сочетанием электродуговой сварки под флюсом и электродуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа;

б) проконтролированы по тем же критериям приемки, которые установлены для спиральных сварных швов.

4.16. Составные трубы

Не допускают поставку составных труб.

4.17. Термообработка

Термообработку проводят в соответствии с документированными процедурами изготовителя.

4.18. Прослеживаемость

Изготовитель должен разработать и следовать документированным процедурам для сохранения данных плавки и контролируемой партии каждой трубы. Такие процедуры должны предусматривать способы прослеживания любой отдельной трубы до соответствующей контролируемой партии и результатов химического анализа и механических испытаний.

Приложение 1

1. Изготовление труб
2. Процедура изготовления

Все трубы должны быть изготовлены в соответствии с процедурой изготовления, аттестованной в соответствии с приложением 2.

3. Производство стали

4. Сталь ¹⁾ должна быть получена кислородно-конвертерным или электропечным методом и должна быть раскислённой.

¹⁾ Технология производства стали может включать различные переплавы и вторичные металлургические процессы.

5. Сталь должна быть подвергнута вакуумной дегазации для снижения содержания газов.

6. Плавка стали должна быть обработана для регулирования формы включений. Процедура контроля (в т.ч. металлографического контроля) может быть согласована между изготовителем и потребителем для оценки эффективного регулирования формы включений.

7. Изготовление труб

8. Бесшовные трубы

Бесшовные трубы должны быть изготовлены из катаной, кованой и непрерывнолитой заготовки. Если используют процесс окончательной холодной обработки, это должно быть указано в документе о приемке.

9. Сварные трубы

10. Если не согласовано иное, то рулонный или листовой прокат для изготовления сварных труб должен быть прокатан из непрерывнолитых заготовок. Трубы должны быть типов ДСФП, ДСФС или ВЧС.

11. У труб ВЧС стыкуемые кромки рулонного или листового проката перед сваркой должны быть обработаны фрезерованием или иным методом резания.

12. Рулонный или листовой прокат, используемый для производства сварных труб, после прокатки должен подвергаться визуальному контролю.

Визуальный контроль рулонного проката, используемого для производства труб, можно проводить в виде контроля размотанного рулонного проката или контроля кромок в рулоне.

13. По согласованию, рулонный и листовой прокат следует подвергать ультразвуковому контролю на расслоение в соответствии с приложением Ж стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009, который можно проводить до или после резки рулонного

или листового проката, или же готовую трубу подвергают контролю, включая ультразвуковой контроль, по всему телу трубы.

14. По согласованию, допускается поставка спирально-шовных труб, изготовленных из сваренного встык рулонного или листового проката, при условии, что стыковые швы расположены на расстоянии не менее 300 мм от торцов трубы и подвергнуты такому же неразрушающему контролю, которому, согласно приложению Ж стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009, подвергают кромки рулонного или листового проката и основные сварные швы.

15. При сварке труб ДСФП и ДСФС прерывистые прихваточные швы допускаются только в том случае, когда потребитель согласился с их применением на основе данных, представленных изготовителем и подтверждающих обеспечение требуемых механических свойств как в месте расположения прихваточных швов, так и в промежутке между ними.

Приложение 2

Аттестация процедуры изготовления труб

1. В настоящем приложении установлены требования, относящиеся к аттестации процедуры изготовления труб при заказе.

2. В особых случаях, например при первой поставке или при поставке труб нового класса прочности, потребитель при заказе крупной партии может потребовать доказательства того, что технология производства труб полностью соответствует требованиям настоящего стандарта.

3. Соответствие процедуры изготовления труб установленным требованиям должно быть подтверждено предоставлением данных, характеризующих прежнее производство труб, или аттестацией в соответствии с 5 или 6.

4. Дополнительная информация, предоставляемая потребителем

Заказ на поставку должен содержать указание, какое из следующих положений применяют к конкретной позиции заказа:

- а) аттестация в соответствии с п. 5 или п. 6, или с п. 3;
- б) частота и объём испытаний (п. 6.2);
- в) испытание на прокаливаемость (валик на листе или валик на трубе) (6.5);
- г) параметры режима сварки и критерии приёмки по испытанию на прокаливаемость (п. 6.5).

5. Характеристики процедуры изготовления

До начала производства или по результатам выпуска первой производственной серии изготовитель должен сообщить потребителю сведения об основных характеристиках процесса производства труб, включая следующие сведения:

- а) по всем трубам:
 - 1) изготовитель стали;
 - 2) способы производства и разливки стали;
 - 3) заданный химический состав;
 - 4) процедура гидростатического испытания;
 - 5) процедуры неразрушающего контроля;
- б) по сварным трубам:
 - 1) способ изготовления рулонного или листового проката, включая способ термообработки (Н или Т), при применении;
 - 2) процедуры неразрушающего контроля рулонного или листового проката;
 - 3) процедуры формообразования трубы, включая подготовку кромок, контроль соосности и формы;
 - 4) процедура термообработки трубы, включая термообработку сварного шва в процессе сварки, при применении;
 - 5) требования к сварке, включая процедуру ремонтной сварки, вместе с протоколами предшествующей аттестации этой процедуры. Информация должна включать:

Для труб ВЧС:

- результаты механических испытаний труб с термообработанным швом, изготовленных из полосы термомеханической прокатки (включая результаты контроля твердости зоны термического влияния);
- результаты металлографического исследования;

Для труб ДСФ и КОС:

- результаты механических испытаний (включая

- результаты контроля твердости зоны термического влияния);
- результаты анализа наплавленного металла;
 - в) по трубам БТ:
 - 1) процедура формообразования труб;
 - 2) процедура термообработки труб.
6. Аттестационные испытания процедуры изготовления
- 6.1. При аттестации процедуры изготовления в начале производства необходимо провести обязательные испытания по таблице 7 или таблице 9 (по применимости).

Таблица 7

Периодичность контроля труб уровня УТП 2

| Вид контроля | Тип трубы | Периодичность контроля |
|---|------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Анализ плавки | Все трубы | Один анализ на плавку стали |
| Анализ продукции | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Два анализа на плавку стали (пробы отбирают от разных изделий) |
| Испытание на растяжение тела трубы | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Одно испытание на контролируруемую партию ¹⁾ труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования ²⁾ |
| Испытание на растяжение продольного или спирального сварного шва сварных труб наружным диаметром $D \geq 219$ мм | ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Одно испытание на контролируруемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования ^{2), 3), 4)} |
| Испытание на ударный изгиб образца с ∇ -образным надрезом (CVN) от тела труб наружным диаметром и толщиной стенки, как указано в таблице 8 | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Одно испытание на контролируемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования ²⁾ |
| По согласованию, испытание на ударный изгиб образца с ∇ -образным надрезом (CVN) | ВЧС | Одно испытание на контролируемую партию труб с |

| | | |
|--|------------------------------------|---|
| с продольным сварным швом от сварных труб наружным диаметром и толщиной стенки, указанными в таблице 8 | | одинаковым коэффициентом холодного расширения ^{2), 3)} |
| 1 | 2 | 3 |
| Испытание на ударный изгиб образца с \sqrt{r} -образным надрезом (CVN) с продольным или спиральным сварным швом от сварных труб наружным диаметром и толщиной стенки, указанными в таблице 8 | ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Одно испытание на контролирующую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного расширения ^{2), 3), 4)} |
| Испытание на ударный изгиб образца с \sqrt{r} -образным надрезом (CVN) со стыковым сварным швом рулонного или листового проката от сварных труб наружным диаметром и толщиной стенки, указанными в таблице 8 | ДСФС или КОСС | Одно испытание на контролирующую партию не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного расширения ^{2), 3), 5)} |
| Испытание на направленный изгиб продольного или спирального сварного шва сварных труб | ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Одно испытание на контролирующую партию не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного расширения ²⁾ |
| Испытание на направленный изгиб стыкового сварного шва рулонного или листового проката | ДСФС или КОСС | Одно испытание на контролирующую партию не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного расширения ^{2), 3), 5)} |
| Испытание сварной трубы на сплющивание | ВЧС | Как показано на рисунке 6 стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009 |
| Определение твёрдости участков повышенной твёрдости сварных труб холодного формообразования | ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Любой участок повышенной твердости размером более 50 мм в любом направлении |
| Гидростатическое испытание | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Каждая труба |



| 1 | 2 | 3 |
|--|------------------------------------|---|
| Макрографический контроль продольного или спирального сварного шва сварной трубы | ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Не менее одного испытания в смену плюс испытание при любом изменении размера труб в течение рабочей смены или, если применимы положения п. 10.2.5.3 стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009 , в начале производства труб каждого сочетания наружного диаметра и толщины стенки |
| Металлографический контроль (или, как вариант, определение твердости вместо металлографического исследования) продольного сварного шва сварной трубы | ВЧС | Не менее одного испытания в смену плюс испытание при любом изменении класса прочности, наружного диаметра или толщины стенки; плюс одно испытание в случае значительных отклонений от условий термообработки |
| Визуальный контроль | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Каждая труба, кроме случаев, оговоренных в п. 10.2.7.2 стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009 |
| Контроль диаметра и овальности труб | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Не менее одного испытания каждые 4 ч рабочей смены плюс испытание при любом изменении размера труб в течение рабочей смены |
| Измерение толщины стенки | Все трубы | Каждая труба (п. 10.2.8.5 стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009) |
| Взвешивание труб наружным диаметром $D < 141$ мм | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | Каждая труба или каждая партия, выбор остается на усмотрение изготовителя |
| Взвешивание труб наружным | БТ, ВЧС, | Каждая труба |



| | | |
|---------------------------|---------------------------------|--|
| диаметром $D \geq 141$ мм | ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | |
|---------------------------|---------------------------------|--|

| 1 | 2 | 3 |
|---|------------------------------------|--|
| Неразрушающий контроль | БТ, ВЧС, ДСФП, ДСФС, КОСП или КОСС | В соответствии с приложением Д стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009 |
| <p>¹⁾ Определение термина "контролируемая партия" – (см.п. 4.9 стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009).</p> <p>²⁾ Коэффициент холодного экспандирования устанавливает изготовитель и рассчитывают по обозначенному наружному диаметру или окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,002 требует формирования новой контролируемой партии.</p> <p>³⁾ Кроме того, не реже одного раза в неделю испытывают трубу, взятую с каждого сварочного агрегата.</p> <p>⁴⁾ Для труб с двумя швами оба продольных сварных шва в трубе, выбранной в качестве образца контролируемой партии, подлежат контролю.</p> <p>⁵⁾ Применяется только к готовым трубам со спиральным сварным швом, у которых есть стыковые сварные швы рулонного или листового проката.</p> | | |

Таблица 8

Соотношение размеров труб и требуемых образцов для испытаний на удар для труб УТП 2 В миллиметрах

| Наружный диаметр D | Толщина стенки t | | | |
|----------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Размер, ориентация и источник образцов с V - образным надрезом (CVN) | | | |
| | полного размера ¹⁾ | 3/4 ²⁾ | 2/3 ³⁾ | 1/2 ⁴⁾ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| От 114 до 141 | От 12,6 | От 11,7 до 12,6 | От 10,9 до 11,7 | От 10,1 до 10,9 |
| От 141 до 168 | От 11,9 | От 10,2 до 11,9 | От 9,4 до 10,2 | От 8,6 до 9,4 |
| От 168 до 219 | От 11,7 | От 9,3 до 11,7 | От 8,6 до 9,3 | От 7,6 до 8,6 |

| | | | | |
|--|----------|----------------|---------------|---------------|
| От 219 до 273 | От 11,4 | От 8,9 до 11,4 | От 8,1 до 8,9 | От 6,5 до 8,1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| От 273 до 325 | От 11,3 | От 8,7 до 11,3 | От 7,9 до 8,7 | От 6,2 до 7,9 |
| От 325 до 355 | От 11,1 | От 8,6 до 11,1 | От 7,8 до 8,6 | От 6,1 до 7,8 |
| От 355 до 406 | От 11,1 | От 8,6 до 11,1 | От 7,8 до 8,6 | От 6,1 до 7,8 |
| От 406 | От 11,0 | От 8,5 до 11,0 | От 7,7 до 8,5 | От 6,0 до 7,7 |
| <p>1) Полноразмерные образцы для испытаний из невыпрямленных проб, поперечных оси трубы или сварного шва, в зависимости от того, что применимо.</p> <p>2) Образцы размером 3/4 невыпрямленных проб, поперечных оси трубы или сварного шва, в зависимости от того, что применимо.</p> <p>3) Образцы размером 2/3 невыпрямленных проб, поперечных оси трубы или сварного шва, в зависимости от того, что применимо.</p> <p>4) Образцы размером 1/2 выпрямленных проб, поперечных оси трубы или сварного шва, в зависимости от того, что применимо.</p> | | | | |

Таблица 9

Периодичность контроля

| Вид контроля | Тип трубы | Периодичность контроля |
|--|------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Контроль твердости труб наружным диаметром $D < 508$ мм | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от партии не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования ¹⁾ |
| Контроль твердости труб наружным диаметром $D \geq 508$ мм | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного |

| | | |
|---|------------------------|---|
| | | экспандирования ¹⁾ |
| Контроль твердости участков повышенной твердости сварных труб | ВЧС, ДСФП или ДСФС | Каждый участок повышенной твердости, обнаруженный на наружной или внутренней поверхности трубы |
| 1 | 2 | 3 |
| По согласованию, контроль твердости продольного спирального сварного шва труб ВЧС | ВЧС, ДСФП или ДСФС | Как указано в заказе на поставку |
| Диаметр и овальность труб наружным диаметром $D \leq 168$ мм | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от партии не более 100 труб |
| Диаметр и овальность труб наружным диаметром $D > 168$ мм | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от партии не более 20 труб |
| Неразрушающий контроль | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | В соответствии с приложением Ж стандарта ГОСТ Р 53580 – 2009 |
| Испытание на водородное растрескивание (НИС) | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от каждой их трех первых плавков, в дальнейшем одно испытание на партию не более чем от 10 плавков |
| По согласованию, испытание на сульфидное растрескивание под напряжением (SSC) | БТ, ВЧС, ДСФП или ДСФС | Одно испытание от каждой трубы, отобранной для аттестации процедуры изготовления |
| ¹⁾ Коэффициент холодного экспандирования указывает изготовитель, и вычисляют по наружному диаметру или длине окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,02 требует формирования новой партии для контроля. | | |

6.2. Частота и объём испытаний должны быть указаны в заказе на поставку.

6.3. Потребитель может потребовать представления данных о других свойствах, например свариваемости изделия.

Примечание - Запрос потребителя о предоставлении данных о свариваемости для конкретных классов прочности стальных труб может потребовать проведения специальных испытаний на свариваемость. В таких случаях потребитель должен предоставить изготовителю сведения о технологиях и параметрах сварки, для которых необходимы данные о свариваемости.

6.4. Изготовитель может представить для утверждения потребителем доаттестационные данные прежнего производства.

6.5. По согласованию, должны проводиться испытания на прокаливаемость (валик на листовом прокате или валик на трубе). Параметры режима сварки и критерии приёмки должны быть указаны в заказе на поставку.

4.3. Порядок и пример выполнения работы

В соответствии с приведённой теорией полностью описать весь процесс изготовления труб стальных по стандарту ГОСТ Р 53580 – 2009.

4.4. Варианты заданий

В соответствии с приведённой теорией полностью описать весь процесс изготовления труб стальных по стандарту ГОСТ Р 53580 – 2009.

4.5. Контрольные вопросы

1. Какие сварные швы не допускаются на готовой трубе с продольным швом?

2. Допускается поставка составных труб или нет в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53580 - 2009?

3. Термообработка проводится в соответствии, с какими процедурами изготовителя?

4. Какого значения не должен превышать коэффициент деформации для холоднодеформированных труб?

5. Какому виду термообработки должны быть

подвергнуты сварной шов и зона термического влияния труб всех классов прочности?

6. Что такое номинальная масса трубы?
7. Какие требования применяют для труб ДСФ и КОС?
8. Какие требования применяют для труб ВЧС по высоте грата или валика/усиления сварного шва?

4.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580 - 2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

“ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЁРДОСТИ МЕТАЛЛОВ ПО МЕТОДУ ВИККЕРСА”

5.1. Цель работы

Ознакомить студентов с проведением расчёта твёрдости металлов по методу Виккерса.

5.2. Общие сведения

Из всех видов механических испытаний твёрдость определяют чаще всего. Это объясняется простотой и высокой надёжностью метода измерения твёрдости, а также тем, что испытание можно проводить на самом изделии, не вызывая его повреждений.

Твёрдостью называется свойство материала оказывать противодействие механическому проникновению в него более твёрдого постороннего тела.

По своей физической сущности твёрдость есть характеристика сопротивляемости материала местному пластическому деформированию. Поэтому показатель твёрдости связан с показателями прочности и пластичности материала и зависит от конкретных условий ведения испытаний.

Твёрдость является вторичной характеристикой прочностных свойств материала и находится в тесной взаимосвязи с ними. Определив твёрдость материала, можно косвенно судить и о его пределе прочности. Однако в большинстве случаев испытание на твёрдость проводится с целью контроля качества металла и его термообработки.

При определении механических свойств материала используют метод измерения твёрдости по Виккерсу.

Измерение твёрдости по Виккерсу происходит по ГОСТ 2999-75.

Данный метод используют для определения твёрдости деталей малой толщины и тонких поверхностных слоёв, имеющих высокую твёрдость.

Измерение твёрдости по Виккерсу основано на

вдавливании алмазного наконечника в форме правильной четырехгранной пирамиды в образец (изделие) под действием нагрузки F , приложенной в течение определенного времени, и измерении диагоналей отпечатка d_1 , d_2 , оставшихся на поверхности образца после снятия нагрузки.

Значения твёрдости, определённые по методу Виккерса, пересчитывают по таблицам или по эмпирическим формулам.

Твёрдость по Виккерсу (HV) вычисляют по формуле:

$$HV = \frac{0,102 \cdot 2F \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{F}{d^2}, \quad (1)$$

где F – нагрузка, Н.

$$HV = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{P}{d^2}. \quad (2)$$

где P – нагрузка, кгс;

α – угол между противоположными гранями пирамиды при вершине, равный 136° ;

d – среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

Для определения твёрдости по Виккерсу берут среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей (рис. 1). Разность диагоналей одного отпечатка не должна превышать 2% от меньшей из них.

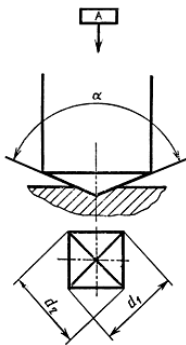


Рис. 1. Среднее арифметическое значение отпечатка длин обеих диагоналей.

Испытания проводят при температуре 20^{+15}_{-10} °С.

Продолжительность выдержки образцов под нагрузкой должна составлять 10-15 с.

Для определения твёрдости чёрных металлов и сплавов применяют нагрузки 49,03 Н (5 кгс); 98,07 Н (10 кгс); 196,1 Н (20 кгс); 294,2 Н (30 кгс); 490,3 Н (50 кгс); 980,7 Н (100 кгс);

Твёрдость по Виккерсу при условиях испытания $F=294,2$ Н (30 кгс) и времени выдержки под нагрузкой 10-15 с - обозначается цифрами, характеризующими величину твёрдости, и буквами HV. При других условиях испытания после букв HV указывается нагрузка и время выдержки.

Примеры обозначения: 500 HV - твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке $F=30$ кгс и времени выдержки 10-15 с;

220 HV 10/40 – твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке 98,07 (10 кгс) и времени выдержки 40 с.

Твёрдость по методу Виккерса выражается в кгс/мм² (значение твёрдости по методу Виккерса обычно даётся без указания размерности, например HV = 360). Для перевода твёрдости в систему СИ пользуются коэффициентом $k = 9,81 \cdot 10^{-6}$, на который умножают табличное значение твёрдости: $HV_{СИ} = HV \cdot k$, Па = $HV \cdot k \cdot 10^{-6}$ МПа (мега- паскалей).

5.3. Порядок и пример выполнения работы

Рассчитать твёрдость по методу Виккерса по эмпирическим формулам (1) или (2):

для нагрузки 49,03 Н (5 кгс) с диагональю отпечатка $d = 0,15$ мм и временем выдержки под нагрузкой 10с при температуре испытания 10°С;

для нагрузки 98,07 Н (10 кгс) с диагональю отпечатка $d = 0,41$ мм и временем выдержки под нагрузкой 15с, при температуре испытания 15°С;

для нагрузки 196,1 Н (20 кгс) с диагональю отпечатка $d = 0,18$ мм, и временем выдержки под нагрузкой 11с при температуре испытания 20°С;

для нагрузки 294,2 Н (30 кгс) с диагональю отпечатка $d = 1,71$ мм и временем выдержки под нагрузкой 12с, при температуре испытания 23°С;

для нагрузки 490,3 Н (50 кгс) с диагональю отпечатка $d = 1,3$ мм и временем выдержки под нагрузкой 30с при температуре испытания 31°C;

для нагрузки 980,7 Н (100 кгс) с диагональю отпечатка $d = 1,88$ мм и временем выдержки под нагрузкой 40с при температуре испытания 35°C.

После проведения расчётов привести обозначения твёрдости по Виккерсу.

Перевести твёрдость по Виккерсу в систему СИ.

1. Определим твёрдость по Виккерсу для нагрузки 49,03 Н (5 кгс) с диагональю отпечатка $d = 0,15$ мм и временем выдержки под нагрузкой 10с при температуре испытания 10°C;

Твёрдость по Виккерсу (HV) вычисляют по формуле (1) и (2):

$$HV = \frac{0,102 \cdot 2F \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{F}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{49,03}{0,15^2} = 412.$$

$$HV = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{5}{0,15^2} = 412.$$

где F – нагрузка, Н.

где P – нагрузка, кгс;

α - угол между противоположными гранями пирамиды при вершине, равный 136°;

d - среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

После расчётов приведём обозначения твёрдости по Виккерсу.

412 HV - твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке F = 5 кгс и времени выдержки 10 с.

Переведём твёрдость по Виккерсу в систему СИ.

$$HV_{СИ} = HV \cdot k, \text{ Па} = HV \cdot k \cdot 10^{-6} \text{ МПа} = 412 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 4041,72 \cdot 10^{-6} \text{ МПа}.$$

2. Определим твёрдость по Виккерсу для нагрузки 98,07 Н (10 кгс) с диагональю отпечатка $d = 0,41$ мм и временем выдержки под нагрузкой 15с, при температуре испытания

15°C;

$$HV = 0,189 \cdot \frac{F}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{98,07}{0,41^2} = 110,3.$$

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{10}{0,41^2} = 110,3.$$

После расчётов приведём обозначения твёрдости по Виккерсу.

110,3 HV - твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке $F=10$ кгс и времени выдержки 15 с.

Переведём твёрдость по Виккерсу в систему СИ.

$$HV_{СИ} = 110,3 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 1082,043 \cdot 10^{-6} \text{ МПа.}$$

3. Определим твёрдость по Виккерсу для нагрузки 196,1 Н (20 кгс) с диагональю отпечатка $d = 0,18$ мм, и временем выдержки под нагрузкой 11 с при температуре испытания 20°C;

$$HV = 0,189 \cdot \frac{F}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{196,1}{0,18^2} = 1145.$$

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{20}{0,18^2} = 1145.$$

После расчётов приведём обозначения твёрдости по Виккерсу.

1145 HV - твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке $F=20$ кгс и времени выдержки 11 с.

Переведём твёрдость по Виккерсу в систему СИ.

$$HV_{СИ} = 1145 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 11232,45 \cdot 10^{-6} \text{ МПа.}$$

4. Определим твёрдость по Виккерсу для нагрузки 294,2 Н (30 кгс) с диагональю отпечатка $d = 1,71$ мм и временем выдержки под нагрузкой 12 с, при температуре испытания 23°C;

$$HV = 0,189 \cdot \frac{F}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{294,2}{1,71^2} = 19,03.$$

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{30}{1,71^2} = 19,03.$$

После расчётов приведём обозначения твёрдости по Виккерсу.

19,03 HV - твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке $F=30$ кгс и времени выдержки 12 с.

Переведём твёрдость по Виккерсу в систему СИ.

$$HV_{СИ} = 19,03 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 186,6843 \cdot 10^{-6} \text{ МПа.}$$

5. Определим твёрдость по Виккерсу для нагрузки 490,3 Н (50 кгс) с диагональю отпечатка $d = 1,3$ мм и временем выдержки под нагрузкой 30с при температуре испытания 31°C;

$$HV = 0,189 \cdot \frac{F}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{490,3}{1,3^2} = 54,9.$$

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{50}{1,3^2} = 54,9.$$

После расчётов приведём обозначения твёрдости по Виккерсу.

54,9 HV 50/30 – твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке 490,3 (50 кгс) и времени выдержки 40 с.

Переведём твёрдость по Виккерсу в систему СИ.

$$HV_{СИ} = 54,9 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 538,569 \cdot 10^{-6} \text{ МПа.}$$

6. Определим твёрдость по Виккерсу для нагрузки 980,7 Н (100 кгс) с диагональю отпечатка $d = 1,88$ мм и временем выдержки под нагрузкой 40с при температуре испытания 35°C.

$$HV = 0,189 \cdot \frac{F}{d^2} = 0,189 \cdot \frac{980,7}{1,88^2} = 52,5.$$

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{100}{1,88^2} = 52,5.$$

После расчётов приведём обозначения твёрдости по Виккерсу.

52,5 HV 100/40 – твёрдость по Виккерсу, полученная при нагрузке 980,7 (100 кгс) и времени выдержки 40 с.

Переведём твёрдость по Виккерсу в систему СИ.

$$HV_{СИ} = 52,5 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 515,025 \cdot 10^{-6} \text{ МПа.}$$

5.4. Варианты заданий

| № Вар. | Нагрузка, Н (кгс) | Диагональ отпечатка d, мм | Время выдержки под нагрузкой, с | Температура испытания, T, °C |
|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,13 | 10 | 10 |
| | 98,07 (10); | 0,09 | 11 | 11 |
| | 196,1 (20); | 0,47 | 12 | 12 |
| | 294,2 (30); | 0,25 | 20 | 13 |
| | 490,3 (50); | 0,84 | 14 | 14 |
| 980,7 Н (100 кгс) | 1,35 | 15 | 15 | 15 |
| 2 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,34 | 10 | 16 |
| | 98,07 (10); | 0,21 | 11 | 17 |
| | 196,1 (20); | 0,67 | 12 | 18 |
| | 294,2 (30); | 0,43 | 30 | 19 |
| | 490,3 (50); | 0,97 | 14 | 20 |
| 980,7 Н (100 кгс) | 1,48 | 15 | 21 | 21 |
| 3 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,58 | 35 | 22 |
| | 98,07 (10); | 0,19 | 11 | 23 |
| | 196,1 (20); | 0,23 | 12 | 24 |
| | 294,2 (30); | 0,55 | 13 | 25 |
| | 490,3 (50); | 1,06 | 14 | 26 |
| 980,7 Н (100 кгс) | 0,97 | 15 | 27 | 27 |
| 4 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,17 | 10 | 28 |
| | 98,07 (10); | 0,55 | 11 | 29 |
| | 196,1 (20); | 0,39 | 12 | 30 |
| | 294,2 (30); | 0,62 | 13 | 31 |
| | 490,3 (50); | 1,17 | 40 | 32 |
| 980,7 Н (100 кгс) | 1,01 | 15 | 33 | 33 |
| 5 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,65 | 10 | 34 |
| | 98,07 (10); | 0,61 | 11 | 35 |
| | 196,1 (20); | 0,85 | 45 | 10 |
| | 294,2 (30); | 0,93 | 13 | 11 |
| | 490,3 (50); | 1,21 | 14 | 12 |
| 980,7 Н (100 кгс) | 0,99 | 15 | 13 | 13 |
| 6 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,90 | 10 | 14 |
| | 98,07 (10); | 0,71 | 25 | 15 |
| | 196,1 (20); | 0,53 | 12 | 16 |
| | 294,2 (30); | 1,01 | 13 | 17 |

| | | | | |
|----------|-------------------|----------|----------|----------|
| 7 | 490,3 (50); | 1,33 | 14 | 18 |
| | 980,7 Н (100 кгс) | 0,17 | 15 | 19 |
| | 49,03 Н (5 кгс) | 0,69 | 10 | 20 |
| | 98,07 (10); | 0,86 | 11 | 21 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | 196,1 (20); | 1,10 | 12 | 22 |
| | 294,2 (30); | 1,07 | 13 | 23 |
| | 490,3 (50); | 1,09 | 40 | 24 |
| | 980,7 Н (100 кгс) | 1,11 | 15 | 25 |
| 8 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,75 | 10 | 26 |
| | 98,07 (10); | 0,93 | 50 | 27 |
| | 196,1 (20); | 0,13 | 12 | 28 |
| | 294,2 (30); | 1,17 | 13 | 29 |
| | 490,3 (50); | 1,19 | 14 | 30 |
| | 980,7 Н (100 кгс) | 1,33 | 15 | 31 |
| 9 | 49,03 Н (5 кгс) | 0,88 | 10 | 32 |
| | 98,07 (10); | 1,01 | 11 | 33 |
| | 196,1 (20); | 0,32 | 12 | 34 |
| | 294,2 (30); | 1,77 | 13 | 35 |
| | 490,3 (50); | 1,14 | 14 | 20 |
| | 980,7 Н (100 кгс) | 1,22 | 35 | 25 |
| 10 | 49,03 Н (5 кгс) | 1,19 | 10 | 17 |
| | 98,07 (10); | 1,24 | 11 | 19 |
| | 196,1 (20); | 1,67 | 35 | 20 |
| | 294,2 (30); | 1,90 | 13 | 22 |
| | 490,3 (50); | 1,36 | 14 | 25 |
| | 980,7 Н (100 кгс) | 1,51 | 15 | 27 |

5.5. Контрольные вопросы

1. Дать определение, что понимается под твёрдостью?
2. На чём основано измерение твёрдости по Виккерсу?
3. При какой температуре проводят испытания?
4. Какая должна быть продолжительность выдержки образцов под нагрузкой?
5. Какие нагрузки для определения твёрдости чёрных металлов и сплавов применяются для измерения твёрдости по Виккерсу?
6. Как обозначается твёрдость по Виккерсу от прикладываемой нагрузки и времени выдержки под нагрузкой?
7. Как переводится твёрдость по Виккерсу (HV) в систему СИ?
8. Как определяются значения твёрдости, по методу



Виккерса?

5.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580-2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия
2. ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84, СТ СЭВ 471-88) Металлы. Методы испытаний на растяжение.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

“ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЁРДОСТИ МЕТАЛЛОВ ПО МЕТОДУ БРИНЕЛЛЯ”

6.1. Цель работы

Ознакомить студентов с проведением расчёта твёрдости металлов по методу Бринелля.

6.2. Общие сведения

При измерении твёрдости по Бринеллю используют стальной закалённый (либо твёрдосплавный) отполированный шарик диаметром D , который вдавливают в образец заданной силой F . Степень точности изготовления 20 по ГОСТ 3722-81 при шероховатости поверхности R_a не более 0,040 мкм. Если после испытания замечена пластическая деформация шарика, испытания не действительны. После снятия нагрузки в образце остаётся лунка (рис. 1), диаметр которой d измеряется на поверхности сферической лунки.

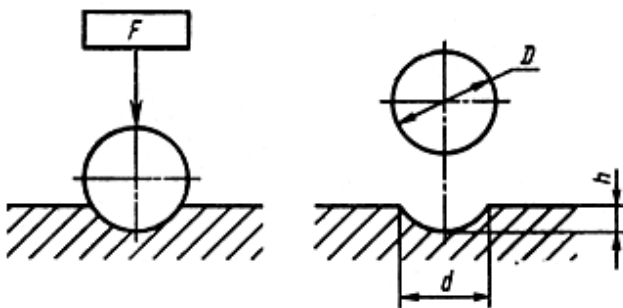


Рис.1 Схема отпечатка от сферического индикатора.

Используется шарик стальной диаметром 10,0; 5,0; 2,5; 2,0; 1,0 мм, который имеет твёрдость не менее 850 HV10 и шарик из твёрдого сплава диаметром 10,0; 5,0; 2,5; 2,0; 1,0 мм, который имеет твёрдость не менее 1500 HV10.

Диаметр шарика D и соответствующее усилие F выбирают таким образом, чтобы диаметр отпечатка находился в

пределах от 0,24 до 0,6D.

Время от начала приложения усилия до достижения им заданной величины должно составлять 2-8 с.

Расстояние между центром отпечатка и краем образца должно быть не менее 2,5 диаметров отпечатка d ; расстояние между центрами двух смежных отпечатков должно быть не менее четырех диаметров отпечатка; для металлов с твёрдостью до 35 HB (HBW) эти расстояния должны быть соответственно $3d$ и $6d$.

Толщина образца S должна не менее чем в 8 раз превышать глубину отпечатка h и определяется по формуле:

$$S \geq 8 \frac{0,102 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot HB(HBW)}, \quad (1)$$

где F – усилие выражено в Н;

$$S \geq 8 \frac{F}{\pi \cdot D \cdot HB(HBW)}, \quad (2)$$

F – усилие выражено в кгс;

D – диаметр шарика, мм;

S – толщина образца, мм;

HB – твёрдость по Бринеллю при применении стального шарика;

HBW – твёрдость по Бринеллю при применении шарика из твёрдого сплава.

Глубина отпечатка h вычисляется по формуле:

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}, \text{ мм} \quad (3)$$

где d – диаметр отпечатка.

Измерение твёрдости проводят при температуре 20_{-10}^{+15} °С.

При разногласиях в оценке качества металлопродукции измерение твёрдости проводят при температуре (23 ± 5) °С.

Усилие F в зависимости от значения отношения усилия к квадрату диаметра шарика K и диаметра шарика D устанавливают по таблице ГОСТ 9012-59 (ИСО 410-82, ИСО 6506-81).

Отношение усилия к квадрату диаметра шарика К можно рассчитать по формуле:

$$K = \frac{0,102 \cdot F}{D^2}, \frac{H}{\text{мм}^2}, \quad (4)$$

$$K = \left(\frac{F}{D^2} \right), \left(\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} \right) \quad (5)$$

Твёрдость по Бринеллю обозначают символом HB (HBW), которому предшествует числовое значение твёрдости из трех значащих цифр, и после символа указывают диаметр шарика, значение приложенного усилия (в кгс), продолжительность выдержки, если она отличается от 10 до 15 с.

Твёрдость по Бринеллю можно определять по таблицам или формулам.

Твёрдость по Бринеллю HB (HBW) численно равна отношению приложенного усилия F к площади сферического отпечатка A и рассчитывается по формулам:

$$HB (HBW) = \frac{0,102 \cdot F}{A} = \frac{0,102 \cdot 2F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (6)$$

где A - площадь поверхности сферического отпечатка, мм²;

когда усилие F выражено в Н;

$$HB (HBW) = \frac{F}{A} = \frac{2F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (7)$$

когда усилие F выражено в кгс.

Примеры обозначения:

250 HB 5/750 - твёрдость по Бринеллю 250, определенная при применении стального шарика диаметром 5 мм, при усилии 750 кгс (7355 Н) и продолжительности выдержки от 10 до 15 с;

575 HBW 2,5/187,5/30 - твёрдость по Бринеллю 575, определенная при применении шарика из твердого сплава диаметром 2,5 мм, при усилии 187,5 кгс (1839 Н) и

продолжительности выдержки 30 с.

При определении твёрдости стальным шариком или шариком из твёрдого сплава диаметром 10 мм при усилии 3000 кгс (29420 Н) и продолжительности выдержки от 10 до 15 с твёрдость по Бринеллю обозначают только числовым значением твёрдости и символом НВ или НВW: например, 185 НВ, 600 НВW.

6.3. Пример выполнения работы

Рассчитать толщину образца S , глубину отпечатка h , отношение усилия к квадрату диаметра шарика K , твёрдость по Бринеллю НВ (НВW) по формулам (1) - (7) и привести обозначение по Бринеллю:

При диаметре шарика $D = 10$ мм, испытательной нагрузке $F = 29430$ Н (3000 кгс) и $K = 30$. Диаметр отпечатка $d = 2,7$ мм. Время выдержки 13 с.

1. Толщину образца S определим по формуле (1) и (2):

$$S \geq 8 \cdot \frac{0,102 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot HB(HBW)} = 8 \cdot \frac{0,102 \cdot 29430}{3,14 \cdot 10 \cdot 514,8} = 1,48 \text{ мм};$$

$$S \geq 8 \cdot \frac{F}{\pi \cdot D \cdot HB(HBW)} = 8 \cdot \frac{3000}{3,14 \cdot 10 \cdot 514,5} = 1,48 \text{ мм}.$$

2. Глубину отпечатка, вычисляется по формуле (3):

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2} = \frac{10 - \sqrt{10^2 - 2,7^2}}{2} = 0,18 \text{ мм}.$$

3. Отношение усилия к квадрату диаметра шарика K вычислим по формуле (4) и (5):

$$K = \frac{0,102 \cdot F}{D^2} = \frac{0,102 \cdot 29430}{10^2} = 30 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2},$$

$$K = \frac{F}{D^2} = \frac{3000}{10^2} = 30 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

4. Твёрдость по Бринеллю НВ (НВW) рассчитаем по формулам (6) и (7):

$$HB (HBW) = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot 29430}{3,14 \cdot 10 \cdot (10 - \sqrt{10^2 - 2,7^2})} = 514,8.$$

$$HB (HBW) = \frac{2 \cdot 3000}{3,14 \cdot 10 \cdot (10 - \sqrt{10^2 - 2,7^2})} = 514,5.$$

5. После расчётов приведём обозначения твёрдости по Бринеллю.

514 HB.

6.4. Варианты заданий

| № Вар. | Нагрузка, Н (кгс) | Диаметр шарика, D | Диаметр отпечатка, d | Время выдержки под нагрузкой, с |
|----------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 14710 (1500) | 10 | 3,10 | 10 |
| | 7857 (750) | 5 | 1,8 | 11 |
| | 1840 (187,5) | 2,5 | 0,720 | 12 |
| | 1176 (120) | 2 | 0,580 | 13 |
| | 294 (30) | 1 | 0,410 | 14 |
| 2 | 9810 (1000) | 10 | 2,5 | 15 |
| | 2452 (250) | 5 | 1,2 | 15 |
| | 613 (62,5) | 2,5 | 0,920 | 20 |
| | 392 (40) | 2 | 0,780 | 25 |
| | 98 (10) | 1 | 0,250 | 10 |
| 3 | 4905 (500) | 10 | 3,6 | 11 |
| | 1226 (125) | 5 | 1,9 | 15 |
| | 306,5 (31,25) | 2,5 | 0,620 | 25 |
| | 196 (20) | 2 | 0,500 | 30 |
| | 49 (5) | 1 | 0,370 | 19 |
| 4 | 2450 (250) | 10 | 4,7 | 45 |
| | 613 (62,5) | 5 | 2,4 | 40 |
| | 153,2 (15,6) | 2,5 | 0,700 | 24 |
| | 98 (10) | 2 | 0,650 | 34 |
| | 24,5 (2,5) | 1 | 0,420 | 54 |
| 5 | 981 (100) | 10 | 3,9 | 58 |
| | 245 (25) | 5 | 1,5 | 43 |
| | 61,5 (6,25) | 2,5 | 0,770 | 25 |
| | 39,2 (4) | 2 | 0,740 | 29 |
| | 9,8 (1) | 1 | 0,580 | 30 |
| 6 | 14710 (1500) | 10 | 5,80 | 10 |
| | 7857 (750) | 5 | 2,00 | 11 |
| | 1840 (187,5) | 2,5 | 0,800 | 12 |
| | 1176 (120) | 2 | 0,740 | 13 |

| | 294 (30) | 1 | 0,340 | 14 |
|----------|---------------|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | 9810 (1000) | 10 | 4,70 | 15 |
| | 2452 (250) | 5 | 2,30 | 15 |
| | 613 (62,5) | 2,5 | 0,710 | 20 |
| | 392 (40) | 2 | 0,560 | 25 |
| | 98 (10) | 1 | 0,420 | 10 |
| 8 | 4905 (500) | 10 | 3,00 | 11 |
| | 1226 (125) | 5 | 1,70 | 15 |
| | 306,5 (31,25) | 2,5 | 1,140 | 25 |
| | 196 (20) | 2 | 0,790 | 30 |
| | 49 (5) | 1 | 0,290 | 19 |
| 9 | 2450 (250) | 10 | 4,40 | 45 |
| | 613 (62,5) | 5 | 3,00 | 40 |
| | 153,2 (15,6) | 2,5 | 1,220 | 24 |
| | 98 (10) | 2 | 1,180 | 34 |
| | 24,5 (2,5) | 1 | 0,530 | 54 |
| 10 | 981 (100) | 10 | 3,30 | 58 |
| | 245 (25) | 5 | 1,50 | 43 |
| | 61,5 (6,25) | 2,5 | 1,090 | 25 |
| | 39,2 (4) | 2 | 0,950 | 29 |
| | 9,8 (1) | 1 | 0,310 | 30 |

6.5. Контрольные вопросы

1. Что означают символы НВ (НВW)?
2. При какой температуре проводят испытания?
3. Какая должна быть продолжительность выдержки образцов под нагрузкой?
4. Какие нагрузки для определения твёрдости чёрных металлов и сплавов применяются для измерения твёрдости по Бринеллю?
5. Как обозначается твёрдость по Бринеллю, определенная при применении стального шарика, при усилии и продолжительности выдержки?
6. Каких диаметров используется стальной шарик и шарик из твёрдого сплава?
7. Какую твёрдость имеет стальной шарик и шарик из твёрдого сплава?
8. Как определяются значения твёрдости, по методу Бринелля?

6.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580-2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия
2. ГОСТ 9012-59 (ИСО 410-82, ИСО 6506-81) Металлы. Метод измерения твёрдости по Бринеллю.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

“ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЁРДОСТИ МЕТАЛЛОВ ПО МЕТОДУ РОКВЕЛЛА”

7.1. Цель работы

Ознакомить студентов с проведением расчёта твёрдости металлов по методу Роквелла.

7.2. Общие сведения

Измерение твёрдости по Роквеллу (ГОСТ 9013-59) (ИСО 6508-86) производится путём вдавливания в поверхность образца алмазного конуса (шкалы А, С, D) с углом при вершине 120° и радиусом сферической части 0,2 мм или полированных (с шероховатостью поверхности Ra не более 0,040 мкм по ГОСТ 2789) стальных шариков (шкалы В, Е, F, G, H, К) (твёрдостью $HV < 850$) диаметром 1,588 мм \pm 0,003 мм (1/16 дюйма) и 3,175 мм \pm 0,004 мм (1/8 дюйма) под действием последовательно прилагаемых усилий предварительного F_0 и основного F_1 усилий и в определении глубины внедрения наконечника после снятия основного усилия (F_1).

Шероховатость поверхности образца (или участки для измерения твёрдости изделия) Ra должна быть не более 2,5 мкм по ГОСТ 2789, если нет других указаний в нормативно-технической документации на металлопродукцию.

Образец должен быть подготовлен таким образом, чтобы не изменялись его свойства в результате механической или другой обработки, например, от нагрева или наклепа

Наконечник шариковый стальной. Номинальные диаметры шариков должны быть 1,588 мм (шкалы В, F, G) и 3,175 мм (шкалы Е, H, К) по ГОСТ 3722.

Измерение твёрдости проводят при температуре $(20_{-10}^{+15})^\circ\text{C}$. При разногласиях в результатах измерение твёрдости проводят при температуре $(23\pm 5)^\circ\text{C}$.

В методе Роквелла используют двух ступенчатое нагружение: глубина вдавливания отсчитывается не от исходной поверхности металла, а от уровня, достигнутого при наибольшем вдавливании предварительной нагрузкой F_0 .

(рис.1, и рис. 2). Под этой нагрузкой отсчётное устройство (индикатор) устанавливается на нуль шкалы чёрного цвета, после чего в течении 2-8 с добавляется основная нагрузка F_1 . Выдержка под полной нагрузкой $F = F_0 + F_1$ продолжается 1-3 с после окончания пластической деформации (после резкого замедления или остановки стрелки индикатора или изменения показаний цифрового отсчётного устройства). После плавного снятия основной нагрузки F_1 (предварительная F_0 остаётся) индикатор часового типа с ценой деления 0,002 мм показывает глубину вдавливания h_1 .

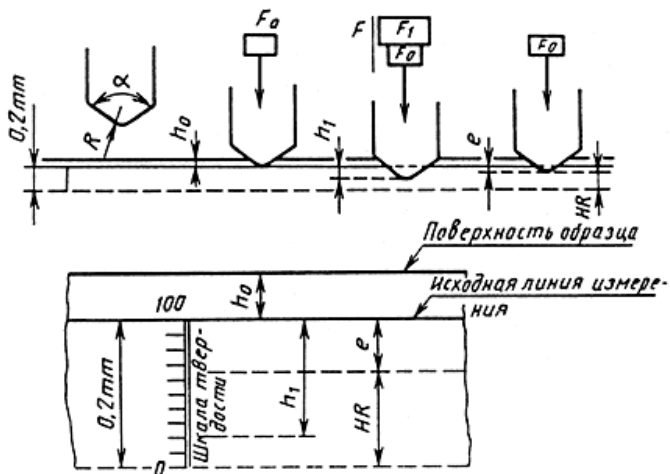


Рис. 1 Схема проведения измерения твёрдости при применении алмазного наконечника

Для металлов, при измерении твёрдости которых резкого замедления или остановки стрелки индикатора (или изменения показаний цифрового отсчётного устройства) не наблюдается, время выдержки под общим усилием F должно составлять от 10 до 15 с.

При наличии указаний в нормативно-технической документации на металлопродукцию указанное время выдержки может быть увеличено до 60 с.

Расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее четырех диаметров отпечатка (но не

менее 2 мм).

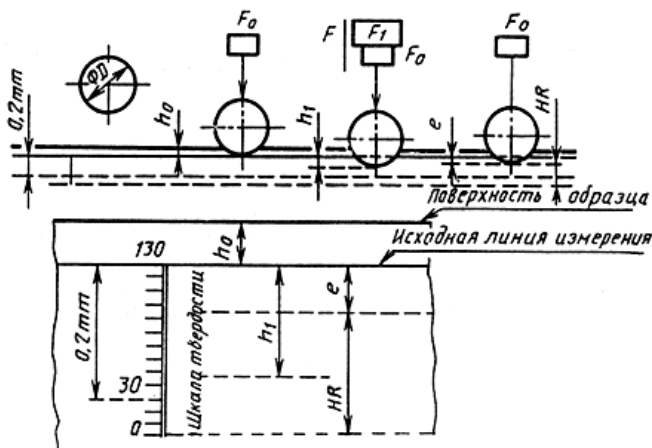


Рис. 2 Схема проведения измерения твёрдости при применении стального наконечника

Расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее 2,5 диаметра отпечатка (но не менее 1 мм).

На опорной поверхности образца (или изделия) не должно наблюдаться следов деформации от отпечатка.

Число твёрдости по Роквеллу определяется по шкале индикатора или показателя цифрового отсчётного устройства с округлением до 0,5 единицы твёрдости.

При определении твёрдости по Роквеллу, вводят шкалу глубин, принимая за одно её деление глубину, равную 0,002 мм. При испытании алмазным конусом предельная глубина внедрения составляет 0,2 мм. Или $0,2/0,002=100$ делений, при испытании стальным шариком – 0,26 мм, или $0,26/0,002=130$ делений.

Число твёрдости по Роквеллу всегда связано с глубиной h_1 линейно поэтому твёрдость можно выразить по формулам:

а) при измерении по шкале А, С и D

$$HV = 100 - \frac{h_1 - h_0}{0,002} = 100 - \frac{e}{0,002}, \quad (1)$$

б) при измерении по шкале В, Е, F, G, H, К

$$HB = 130 - \frac{h_1 - h_0}{0,002} = 130 - \frac{e}{0,002}. \quad (2)$$

где h_0 - глубина внедрения наконечника под действием предварительного усилия, мм;

h_1 - глубина внедрения наконечника под действием основного усилия, мм;

e - глубина внедрения наконечника после снятия основного усилия в единицах измерения 0,002 мм.

Твёрдость по Роквеллу обозначают символом HR с указанием шкалы твёрдости, которому предшествует числовое значение твёрдости из трёх значащих цифр. Например: 61,5 HRC - твёрдость по Роквеллу 61,5 единиц по шкале С.

Толщина образца (или изделия) должна не менее чем в 10 раз превышать глубину внедрения наконечника после снятия основного усилия (F_1) см. рис.3 и рис. 4.

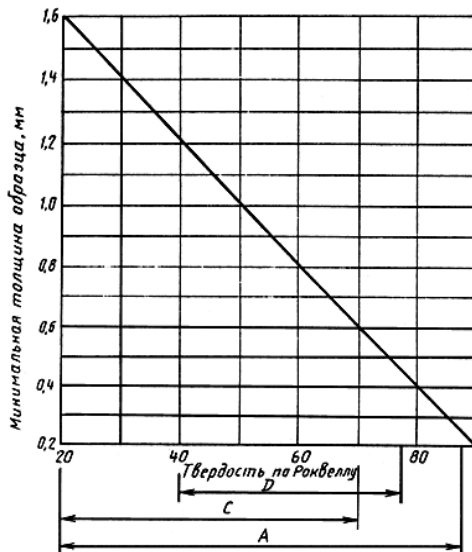


Рис. 3 Минимальная толщина образца в зависимости от шкалы и ожидаемой твёрдости при измерении твёрдости по шкалам А, С, D

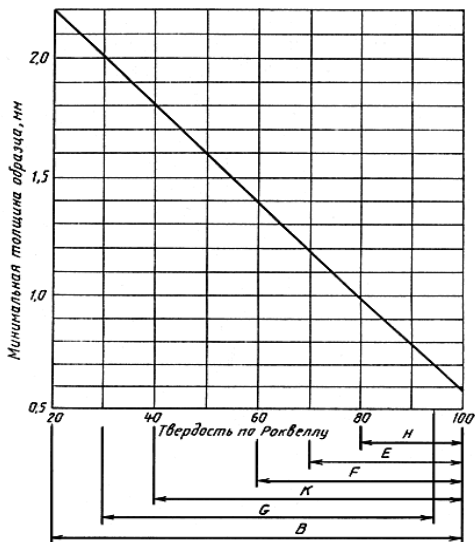


Рис. 4 Минимальная толщина образца в зависимости от шкалы и ожидаемой твердости при измерении твердости по шкалам В, Е, F, G, H, К

При измерении твердости на выпуклых цилиндрических и сферических поверхностях по шкалам А, В, С, D, F, G в результате измерения твердости должны быть введены поправки. Поправки прибавляются к полученным значениям твердости.

Значения поправок (ΔH) вычисляются по формуле:

$$\Delta H = 59 \cdot \frac{\left(1 - \frac{HR}{160}\right)^2}{d}, \quad (3)$$

где HR - значение твердости по Роквеллу, определенное на приборе (или рассчитанное по формуле);
d - диаметр сферы, мм.

7.3. Порядок и пример выполнения работы

Зная глубину внедрения наконечника е после снятия

основного усилия рассчитать твёрдость по Роквеллу, определить по графикам минимальную толщину образца S , рассчитать поправки ΔH для сферических поверхностей и привести обозначение по Роквеллу:

1. Твёрдость по Роквеллу рассчитаем по формулам (1) и (2):

$$HV = 100 - \frac{h_1 - h_0}{0,002} = 100 - \frac{e}{0,002} = 100 - \frac{0,16}{0,002} = 20.$$

$$HV = 130 - \frac{h_1 - h_0}{0,002} = 130 - \frac{e}{0,002} = 130 - \frac{0,22}{0,002} = 20.$$

2. Зная твёрдость, определим толщину образца по рис.1 и рис.2:

Для этого на рис.1 отмечаем точку 27 ед. твёрдости по шкале твёрдость по Роквеллу. Затем проводим прямую до пересечения с прямой на графике. От полученной точки на прямой графика проводим прямую на шкалу минимальная толщина образца. Так определим минимальную толщину образца.

Минимальная толщина образца будет равна $S = 1,43$ мм.

3. Рассчитаем поправки ΔH для сферических поверхностей по формуле:

$$\Delta H = 59 \cdot \frac{\left(1 - \frac{HR}{160}\right)^2}{d} = 59 \cdot \frac{\left(1 - \frac{60}{160}\right)^2}{15} = 1,5.$$

4. После расчётов приведём обозначения твёрдости по Роквеллу:

20 HRC - твёрдость по Роквеллу 20 единиц по шкале С.

7.4. Варианты заданий

| № Вар. | Глубина внедрения наконечника e , мм | Шкала твёрдости | Единицы твёрдости | Твёрдость по Роквеллу | Диаметр сферы d , мм |
|----------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,152 | A | 20 | 55 | 4 |
| | 0,2 | B | 30 | 60 | 6,5 |

| | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0,143 | C | 40 | 65 | 8 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,135 | D | 50 | 55 | 9,5 |
| | 0,111 | E | 60 | 60 | 11 |
| | 0,121 | F | 70 | 65 | 12,5 |
| | 0,2 | G | 80 | 55 | 15 |
| | 0,078 | H | 90 | 60 | 20 |
| | 0,179 | K | 100 | 65 | 25 |
| 2 | 0,127 | A | 25 | 55 | 4 |
| | 0,196 | B | 35 | 60 | 6,5 |
| | 0,118 | C | 45 | 65 | 8 |
| | 0,113 | D | 55 | 55 | 9,5 |
| | 0,112 | E | 65 | 60 | 11 |
| | 0,138 | F | 75 | 65 | 12,5 |
| | 0,191 | G | 85 | 55 | 15 |
| | 0,076 | H | 95 | 60 | 20 |
| 3 | 0,178 | K | 50 | 65 | 25 |
| | 0,156 | A | 35 | 55 | 4 |
| | 0,187 | B | 40 | 60 | 6,5 |
| | 0,149 | C | 60 | 65 | 8 |
| | 0,138 | D | 55 | 55 | 9,5 |
| | 0,113 | E | 75 | 60 | 11 |
| | 0,127 | F | 95 | 65 | 12,5 |
| | 0,193 | G | 60 | 55 | 15 |
| 4 | 0,073 | H | 90 | 60 | 20 |
| | 0,177 | K | 70 | 65 | 25 |
| | 0,129 | A | 75 | 55 | 4 |
| | 0,175 | B | 50 | 60 | 6,5 |
| | 0,115 | C | 30 | 65 | 8 |
| | 0,11 | D | 45 | 55 | 9,5 |
| | 0,114 | E | 90 | 60 | 11 |
| | 0,135 | F | 85 | 65 | 12,5 |
| 5 | 0,181 | G | 40 | 55 | 15 |
| | 0,088 | H | 85 | 60 | 20 |
| | 0,176 | K | 60 | 65 | 25 |
| | 0,151 | A | 80 | 55 | 4 |
| | 0,171 | B | 25 | 60 | 6,5 |
| | 0,142 | C | 70 | 65 | 8 |
| | 0,131 | D | 45 | 55 | 9,5 |
| | 0,115 | E | 85 | 60 | 11 |
| 6 | 0,132 | F | 70 | 65 | 12,5 |
| | 0,175 | G | 70 | 55 | 15 |
| | 0,087 | H | 80 | 60 | 20 |
| | 0,171 | K | 65 | 65 | 25 |
| | 0,154 | A | 30 | 55 | 4 |
| | 0,169 | B | 55 | 60 | 6,5 |
| | 0,144 | C | 40 | 65 | 8 |

| | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0,133 | D | 70 | 55 | 9,5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6 | 0,116 | E | 95 | 60 | 11 |
| | 0,133 | F | 80 | 65 | 12,5 |
| | 0,156 | G | 75 | 55 | 15 |
| | 0,083 | H | 95 | 60 | 20 |
| 7 | 0,175 | K | 65 | 65 | 25 |
| | 0,122 | A | 85 | 55 | 4 |
| | 0,153 | B | 100 | 60 | 6,5 |
| | 0,116 | C | 35 | 65 | 8 |
| | 0,114 | D | 40 | 55 | 9,5 |
| | 0,117 | E | 80 | 60 | 11 |
| | 0,124 | F | 70 | 65 | 12,5 |
| | 0,143 | G | 90 | 55 | 15 |
| | 0,072 | H | 100 | 60 | 20 |
| 8 | 0,174 | K | 85 | 65 | 25 |
| | 0,155 | A | 20 | 55 | 4 |
| | 0,151 | B | 25 | 60 | 6,5 |
| | 0,148 | C | 35 | 65 | 8 |
| | 0,139 | D | 45 | 55 | 9,5 |
| | 0,118 | E | 75 | 60 | 11 |
| | 0,123 | F | 70 | 65 | 12,5 |
| | 0,157 | G | 80 | 55 | 15 |
| 9 | 0,07 | H | 80 | 60 | 20 |
| | 0,173 | K | 40 | 65 | 25 |
| | 0,124 | A | 85 | 55 | 4 |
| | 0,147 | B | 95 | 60 | 6,5 |
| | 0,117 | C | 65 | 65 | 8 |
| | 0,118 | D | 75 | 55 | 9,5 |
| | 0,119 | E | 70 | 60 | 11 |
| | 0,131 | F | 75 | 65 | 12,5 |
| 10 | 0,148 | G | 80 | 55 | 15 |
| | 0,08 | H | 95 | 60 | 20 |
| | 0,172 | K | 60 | 65 | 25 |
| | 0,158 | A | 70 | 55 | 4 |
| | 0,138 | B | 30 | 60 | 6,5 |
| | 0,141 | C | 50 | 65 | 8 |
| | 0,14 | D | 60 | 55 | 9,5 |
| | 0,111 | E | 75 | 60 | 11 |
| | 0,129 | F | 67 | 65 | 12,5 |
| | 0,132 | G | 77 | 55 | 15 |
| | 0,09 | H | 83 | 60 | 20 |
| | 0,171 | K | 93 | 65 | 25 |

7.5. Контрольные вопросы

1. Какие шкалы твёрдости используется по методу Роквелла?
2. При какой температуре проводят испытания?
3. Какая должна быть продолжительность выдержки образцов под нагрузкой?
4. Как определяется расчётным путём твёрдость, по методу Роквелла?
5. При измерении твёрдости на выпуклых цилиндрических и сферических поверхностях по какой формуле вычисляются поправки?
6. Какой радиус сферической части имеет алмазный конус, и какой диаметр имеют стальные шарики?
7. Какую твёрдость имеет стальной шарик?
8. Как определяется расчётным путём твёрдость, по методу Роквелла?

7.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580-2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия
2. ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) Металлы. Метод измерения твёрдости по Роквеллу.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

“РАСЧЁТ ПАРАМЕТРА СТОЙКОСТИ ПРОТИВ РАСТРЕСКИВАНИЯ И УГЛЕРОДНОГО ЭКВИВАЛЕНТА ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ”

8.1. Цель работы

Ознакомить студентов с проведением расчёта параметра стойкости против растрескивания и углеродного эквивалента трубных сталей.

8.2. Общие сведения

Обозначение класса прочности (КП) представляет собой сочетание букв и цифр. Класс прочности идентифицирует уровень прочности труб и связан с химическим составом стали.

Химический состав труб стандартных классов прочности уровня требований продукции (УТП1) толщиной стенки $t \leq 25,0$ мм должен соответствовать требованиям таблицы 1, химический состав промежуточных классов прочности должен быть согласован, но при этом он не должен противоречить требованиям таблицы 1.

Таблица 1

Химический состав труб уровня требований продукции (УТП1) толщиной стенки $t \leq 25,0$ мм

| Класс прочности трубы | Массовая доля по результатам анализа плавки и продукции ¹⁾ , % | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------------------------|-------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | С, не более ²⁾ | Mn, не более ²⁾ | P | | S, не более | V, не более | Nb, не более | Ti, не более |
| | | | не менее | не более | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Бесшовные трубы | | | | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------|--------------------|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|----|
| КП 175 | 0,21 | 0,60 | - | 0,030 | 0,030 | - | - | - |
| КП 210 | 0,22 | 0,90 | - | 0,030 | 0,030 | - | - | - |
| КП 245 | 0,28 | 1,20 | - | 0,030 | 0,030 | 3, 4) | 3, 4) | 4) |
| КП 290 | 0,28 | 1,30 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 320 | 0,28 | 1,40 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 360 | 0,28 | 1,40 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 390 | 0,28 | 1,40 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 415 | 0,28 ⁵⁾ | 1,40 ⁵⁾ | - | 0,030 | 0,030 | 6) | 6) | 6) |
| КП 450 | 0,28 ⁵⁾ | 1,40 ⁵⁾ | - | 0,030 | 0,030 | 6) | 6) | 6) |
| КП 485 | 0,28 ⁵⁾ | 1,40 ⁵⁾ | - | 0,030 | 0,030 | 6) | 6) | 6) |
| Сварные трубы | | | | | | | | |
| КП 175 | 0,21 | 0,60 | - | 0,030 | 0,030 | - | - | - |
| КП 210 | 0,22 | 0,90 | - | 0,030 | 0,030 | - | - | - |
| КП 245 | 0,26 | 1,20 | - | 0,030 | 0,030 | 3, 4) | 3, 4) | 4) |
| КП 290 | 0,26 | 1,30 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 320 | 0,26 | 1,40 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 360 | 0,26 | 1,40 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 390 | 0,26 | 1,40 | - | 0,030 | 0,030 | 4) | 4) | 4) |
| КП 415 | 0,26 ⁵⁾ | 1,40 ⁵⁾ | - | 0,030 | 0,030 | 6) | 6) | 6) |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|--------------------|--------------------|---|-------|-------|----|----|----|
| КП 450 | 0,26 ⁵⁾ | 1,45 ⁵⁾ | - | 0,030 | 0,030 | 6) | 6) | 6) |
| КП 485 | 0,26 ⁵⁾ | 1,65 ⁵⁾ | - | 0,030 | 0,030 | 6) | 6) | 6) |

1) Не более: 0,50% - для меди, никеля, хрома; 0,15% - для молибдена. Для классов прочности до КП 360 включительно медь, хром и никель не следует добавлять преднамеренно.

2) Для каждого уменьшения массовой доли углерода на 0,01% ниже заданной максимальной массовой доли допускается увеличение массовой доли марганца на 0,05% по сравнению с заданной максимальной массовой долей, но не более 1,65% для классов прочности от КП 245 до КП 360 включительно; не более 1,75% для классов прочности от КП 360 до КП 485; и не более 2,00% для класса прочности КП 485.

3) Если не согласовано иное, суммарная массовая доля ниобия и ванадия должна быть менее 0,06%.

4) Суммарная массовая доля ниобия, ванадия и титана должна быть менее 0,15%.

5) Если не согласовано иное.

6) Если не согласовано иное, суммарная массовая доля ниобия, ванадия и титана должна быть менее 0,15%.

Примечание - Допускается увеличение массовой доли углерода до 0,24%.

Химический состав труб стандартных классов прочности уровня требований продукции (УТП2) толщиной стенки $t \leq 25,0$ мм должен соответствовать требованиям таблицы 2, химический состав промежуточных классов прочности должен быть согласован, но при этом он не должен противоречить требованиям таблицы 2.

Таблица 2

 Химический состав труб уровня требований продукции (УТП2) толщиной стенки $t \leq 25,0$ мм

| Класс прочности трубы | Массовая доля по результатам анализа плавки и продукции, %, не более | | | | | | | | | $C_{\text{экв}}^{(1)}$, %, не более | $p_{\text{ст}}^{(1)}$, %, не более |
|---------------------------|--|----------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|---|--|
| | C ²⁾ | Si | Mn ²⁾ | P | S | V | Nb | Ti | Другое | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Бесшовные и сварные трубы | | | | | | | | | | | |
| КП 245 П | 0,24 | 0,40 | 1,20 | 0,025 | 0,015 | 3) | 3) | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 290 П | 0,24 | 0,40 | 1,20 | 0,025 | 0,015 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 245 Н | 0,24 | 0,40 | 1,20 | 0,025 | 0,015 | 3) | 3) | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 290 Н | 0,24 | 0,40 | 1,20 | 0,025 | 0,015 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 320 Н | 0,24 | 0,40 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 4), 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 360 Н | 0,24 | 0,45 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 0,10 | 0,05 | 0,04 | 4), 5) | 0,43 | 0,25 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|-----------------|------|
| КП 390 Н | 0,24 | 0,45 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 0,10 ⁶⁾ | 0,05 | 0,04 | 4), 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 415 Н | 0,24 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,40 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 0,10 ⁶⁾ | 0,05 ⁶⁾ | 0,04 ⁶⁾ | 7), 8) | По согласованию | |
| КП 245 Т | 0,22 | 0,45 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 290 Т | 0,22 | 0,45 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 320 Т | 0,22 | 0,45 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 360 Т | 0,22 | 0,45 | 1,50 | 0,025 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 390 Т | 0,22 | 0,45 | 1,50 | 0,025 | 0,015 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 4), 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 415 Т | 0,22 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,70 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 8) | 0,43 | 0,25 |
| КП 450 Т | 0,22 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,70 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 8) | 0,43 | 0,25 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|------|------|------|---------|-----------------|------|
| КП 485 Т | 0,22 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,80 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 8) | 0,43 | 0,25 |
| КП 555 Т | 0,22 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,90 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 9), 10) | По согласованию | |
| Сварные трубы | | | | | | | | | | | |
| КП 245 М | 0,23 | 0,45 | 1,20 | 0,025 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 290 М | 0,23 | 0,45 | 1,30 | 0,025 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 320 М | 0,23 | 0,45 | 1,30 | 0,025 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 360 М | 0,22 | 0,45 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 4) | 4) | 4) | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 390 М | 0,22 | 0,45 | 1,40 | 0,025 | 0,015 | 4) | 4) | 4) | 5) | 0,43 | 0,25 |
| КП 415 М | 0,12 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,60 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 8) | 0,43 | 0,25 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|----|----|----|----|-------------------|------|
| КП 450 М | 0,12 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,60 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 8) | 0,43 | 0,25 |
| КП 485 М | 0,12 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,70 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 8) | 0,43 | 0,25 |
| КП 555 М | 0,12 ⁶⁾ | 0,45 ⁶⁾ | 1,85 ⁶⁾ | 0,025 | 0,015 | 7) | 7) | 7) | 9) | 0,4 ⁶⁾ | 0,25 |

1) По результатам анализа продукции. Для бесшовных труб толщиной стенки $t > 20,0$ мм предельное значение $C_{\text{экв}}$ и $P_{\text{см}}$ должно быть согласовано. Предельное значение $C_{\text{экв}}$ применяют, если массовая доля $C > 0,12\%$, а предельное значение $P_{\text{см}}$ применяют, если массовая доля $C < 0,12\%$.

2) Для каждого уменьшения массовой доли углерода на 0,01% ниже заданной максимальной массовой доли допускается увеличение массовой доли марганца на 0,05% по сравнению с заданной максимальной массовой долей, но не более 1,65% для классов прочности от КП 245 до КП 360 включительно; не более 1,75% для классов прочности от КП 360 до КП 485 включительно; не более 2,0% для классов прочности от КП 485.

3) Если не согласовано иное, суммарная массовая доля ниобия и ванадия должна быть менее 0,06%.

4) Если не согласовано иное, суммарная массовая доля ниобия, ванадия и титана должна быть менее 0,15%.

5) Если не согласовано иное, массовая доля должна быть: не более 0,50% - для меди, не более 0,30% - для никеля, не более 0,30% - для хрома, не более 0,15% - для молибдена.

6) Если не согласовано иное.

7) Если не согласовано иное, суммарная массовая доля ниобия, ванадия и титана должна быть менее 0,15%.

8) Если не согласовано иное, массовая доля должна быть: не более 0,50% - для меди, не более 0,50% - для никеля, не более 0,50% - для хрома, не более 0,50% - для молибдена.

9) Если не согласовано иное, массовая доля должна быть: не более 0,50% - для меди, не более 1,00% - для никеля, не

более 0,50% - для хрома, не более 0,50% - для молибдена.

¹⁰⁾ Не более 0,004% для бора.

Примечание - Допускается увеличение массовой доли углерода до 0,24%.

Для труб толщиной стенки $t > 25,0$ мм химический состав может быть выбран по таблицам 1 или 2. В противном случае химический состав должен быть согласован.

Для труб уровня УТП1, массовая доля углерода в которых по результатам анализа продукции не более 0,12%, параметр стойкости против растрескивания не должен превышать 0,25%, его рассчитывают по следующей формуле:

$$P_{cm} = C + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Si}{30} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B, \quad (1)$$

Если по результатам анализа плавки массовая доля бора менее 0,0005 %, то анализ продукции может не включать определение бора, и для расчета P_{cm} массовую долю бора можно считать равной нулю.

Для труб уровня УТП1, массовая доля углерода в которых по результатам анализа продукции более 0,12%, углеродный эквивалент не должен превышать 0,43%, его рассчитывают по следующей формуле:

$$C_{эв.} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V + Ti + Nb}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}, \quad (2)$$



где: C, Mn, Cr, Mo, V, Ti, Ni, Cu, Si, B, Nb – содержание в составе стали соответственно углерода, марганца, хрома, молибдена, ванадия, титана, никеля, меди, кремния, бора, ниобия, масс. %.

8.3. Порядок и пример выполнения работы

Зная марку стали рассчитать параметр стойкости против растрескивания $P_{см}$ и углеродный эквивалент $C_{экр.}$ трубных сталей.

Сталь 37ХГФ.

Химический состав стали: 0,35-0,41 % C; 0,50-0,80% Mn; 0,17-0,37% Si; 0,50-0,80% Cr; 0,25% Ni; 0,08-0,12% V; 0,08-0,14% Mo; 0,045% S; 0,045% P; 0,25% Cu.

1. Рассчитаем параметр стойкости против растрескивания $P_{см}$ по формуле:

$$P_{см.} = 0,35 + \frac{0,50 + 0,25 + 0,50}{20} + \frac{0,17}{30} + \frac{0,25}{60} + \frac{0,08}{15} + \frac{0,08}{10} + 5 \cdot 0 = 0,06\%.$$

2. Рассчитаем углеродный эквивалент $C_{экр.}$ по формуле:

$$C_{экр.} = 0,35 + \frac{0,50}{6} + \frac{0,50 + 0,08 + 0,08}{5} + \frac{0,25 + 0,25}{15} = 0,25\%.$$

8.4. Варианты заданий

| № Вар. | Марка стали | Массовая доля химических элементов, % | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------------|---------------------------------------|-----------|-----------|------|---|------|------|-----------|----------|-------|----|---------------|---------------|------|----|
| | | C | Mn | Si | V | W | Ti | Nb | Al | S | P | N | Cr | Ni | Cu | Mo |
| | | | | | | | | | | Не более | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 1 | 12Г2С | 0,10-0,15 | 1,30-1,65 | 0,40-0,60 | | | | | | 0,035 | 0,035 | | | | | |
| | 09Г2С | <0,12 | 1,30-1,70 | 0,50-0,80 | | | 0,03 | | 0,05 | 0,30 | 0,035 | | | | | |
| | 17ГС | 0,15-0,20 | 1,00-1,40 | 0,40-0,60 | 0,01 | | | 0,07 | | 0,035 | 0,035 | | | | | |
| | 17Г1С | 0,15-0,20 | 1,15-1,55 | 0,40-0,60 | 0,01 | | | | | 0,035 | 0,035 | | | | | |
| | Д | 0,41-0,48 | 0,60-0,90 | 0,17-0,37 | - | | | - | - | 0,045 | 0,045 | - | Не более 0,30 | Не более 0,30 | 0,25 | - |
| 2 | 17ГС | 0,15-0,20 | 1,00-1,40 | 0,40-0,60 | 0,08 | | 0,04 | 0,01 | 0,02-0,05 | 0,03 | 0,035 | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|-------------|-------------|-------------|-------|-------|----|---------------|---------------|------|----|
| 2 | 17Г1С | 0,15-0,20 | 1,15-1,55 | 0,40-0,60 | 0,08 | | 0,04 | | 0,02-0,05 | 0,03 | 0,035 | | | | | |
| | 17Г1СУ | <0,20 | <1,55 | <0,60 | | | | | <0,60 | 0,02 | 0,025 | | | | | |
| | 13ГС | 0,11-0,15 | 1,15-1,45 | 0,40-0,60 | | | 0,015-0,035 | | 0,02-0,05 | 0,015 | 0,025 | | | | | |
| | ДБ | 0,41-0,48 | 0,90-1,20 | 0,17-0,37 | - | | | - | - | 0,045 | 0,045 | - | Не более 0,30 | Не более 0,30 | 0,25 | - |
| 3 | 13ГС-У | 0,11-0,15 | 1,15-1,45 | 0,40-0,60 | | | 0,015-0,035 | | 0,02-0,05 | 0,008 | 0,025 | | | | | |
| | 08ГБЮ | 0,07-0,10 | 1,10-1,40 | <0,30 | | | | 0,035-0,055 | 0,02-0,05 | 0,006 | 0,025 | | | | | |
| | 13Г2АФ | 0,10-0,18 | 1,00-1,70 | 0,15-0,50 | 0,06-0,11 | | 0,005-0,01 | | 0,010-0,045 | 0,035 | 0,03 | | | | | |
| | 12ГСБ | 0,10-0,14 | 1,10-1,60 | 0,25-0,50 | <0,08 | | 0,005-0,020 | 0,030-0,050 | 0,01-0,06 | 0,02 | 0,02 | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-------|---|-------------|-------------|-----------|-------|-------|-------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| 3 | 10Г2А | 0,07-0,15 | 1,20-1,60 | 0,17-0,37 | - | | | - | - | 0,025 | 0,025 | - | Не более 0,25 | Не более 0,25 | 0,20 | - |
| | 38ХНМ | 0,33-0,43 | 0,75-1,05 | 0,17-0,37 | - | | | - | - | 0,040 | 0,045 | - | 0,40-0,70 | 0,40-0,70 | 0,30 | 0,30-0,40 |
| 4 | 12Г2СБ | 0,10-0,14 | 1,40-1,75 | 0,25-0,50 | <0,08 | | 0,005-0,020 | 0,040-0,070 | 0,01-0,06 | 0,02 | 0,025 | | | | | |
| | 13Г1С-У | 0,11-0,15 | 1,25-1,55 | 0,40-0,60 | | | 0,015-0,035 | | 0,02-0,05 | 0,007 | 0,025 | | | | | |
| | 09ГБЮ | 0,08-0,11 | 1,10-1,40 | <0,30 | | | | 0,060-0,080 | 0,20-0,05 | 0,006 | 0,025 | | | | | |
| | 09Г2ФБ | <0,13 | <1,70 | <0,35 | <0,09 | | 0,010-0,035 | <0,050 | 0,02-0,05 | 0,007 | 0,02 | | | | | |
| | 12Г2А | 0,12 | 2,00-2,40 | 0,17-0,37 | - | | | | - | - | 0,025 | 0,025 | - | Не более 0,25 | Не более 0,25 | 0,20 |
| 5 | 13Г1СБ-У | 0,1-0,15 | 1,30-1,60 | 0,40-0,60 | <0,04 | | 0,010-0,035 | <0,045 | 0,02-0,05 | 0,007 | 0,025 | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|----------------|-------------|-----------|-------|-------|----|---------------|---------------|------|----|
| 5 | 10Г2ФБЮ | 0,09-0,12 | 1,55-1,75 | 0,15-0,50 | 0,08-0,12 | | 0,010-0,035 | 0,020-0,040 | 0,02-0,05 | 0,006 | 0,02 | | | | | |
| | 10Г2ФБ | 0,09-0,12 | 1,55-1,75 | 0,15-0,35 | 0,09-0,12 | | 0,010-0,035 | 0,020-0,050 | 0,01-0,06 | 0,02 | 0,025 | | | | | |
| | 10Г2СБ | <0,13 | 1,30-1,80 | 0,25-0,50 | | | 0,005-0,002 | 0,030-0,050 | 0,01-0,06 | 0,02 | 0,025 | | | | | |
| | 18Г2 | 0,14-0,20 | 1,20-1,60 | 0,25-0,55 | - | | | - | - | 0,040 | 0,035 | - | Не более 0,30 | Не более 0,30 | 0,30 | - |
| 6 | 10Г2СФБ | <0,13 | 1,30-1,80 | 0,25-0,50 | <0,10 | | 0,005-0,020 | 0,030-0,050 | 0,01-0,06 | 0,04 | 0,035 | | | | | |
| | 08Г1НФБ | 0,06-0,11 | 1,00-1,40 | 0,20-0,40 | 0,05-0,10 | | Не более 0,030 | 0,040-0,060 | 0,02-0,06 | 0,01 | 0,02 | | | | | |
| | 09ГНФБ | 0,07-0,11 | 0,90-1,20 | 0,20-0,40 | 0,03-0,06 | | Не более 0,030 | 0,030-0,060 | 0,02-0,06 | 0,01 | 0,02 | | | | | |
| | 10 | 0,07-0,14 | 0,35-0,65 | 0,17-0,37 | | | | | | 0,04 | 0,035 | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|---|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|---------------|------|
| 6 | 32Г2 | 0,30-0,35 | 1,20-1,50 | 0,17-0,37 | - | | | - | - | 0,035 | 0,035 | - | He более 0,30 | He более 0,25 | 0,20 | - |
| | 12Х2НВФА (ЭИ712) | 0,08-0,15 | 0,30-0,70 | 0,17-0,37 | 0,18-0,28 | 1,00-1,40 | | - | - | 0,025 | 0,025 | - | 1,90-2,40 | 0,80-1,20 | 0,20 | - |
| 7 | 20 | 0,07-0,14 | 0,35-0,65 | 0,17-0,37 | | | | | | 0,05 | 0,045 | | | | | |
| | ст. 3 | 0,10-0,22 | 0,30-0,65 | 0,15-0,30 | | | <0,03 | | >0,02 | 0,05 | 0,04 | | | | | |
| | ст. 3 | <0,22 | <0,65 | 0,12-0,30 | | | <0,03 | | >0,02 | 0,05 | 0,04 | | | | | |
| | ст. 3 сп | 0,14-0,22 | 0,40-0,65 | 0,15-0,30 | | | | | | 0,05 | 0,04 | | | | | |
| | 36Г2С | 0,32-0,40 | 1,50-1,80 | 0,40-0,70 | - | | | | - | - | 0,035 | 0,035 | - | He более 0,25 | He более 0,25 | 0,20 |
| 8 | ст. 3 пс | 0,14-0,22 | 0,40-0,65 | 0,05-0,15 | | | | | | 0,05 | 0,04 | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|---|-----------|-----------|-------|-------|----|---------------|---------------|-----------|----|
| 8 | ст. 2 сп | 0,09-0,15 | 0,25-0,50 | 0,15-0,30 | | | | | | 0,05 | 0,04 | | | | | |
| | ст. 2 пс | 0,09-0,15 | 0,25-0,50 | 0,05-0,15 | | | | | | 0,035 | 0,04 | | | | | |
| | 20Ф | 0,22 | 0,65 | 0,17-0,37 | 0,04-0,15 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,018 | | | | | |
| | 37Г2С | 0,33-0,41 | 1,30-1,70 | 0,40-0,70 | - | | | - | - | 0,035 | 0,035 | - | He более 0,25 | He более 0,25 | 0,20 | - |
| | 10ПЛ | 0,07-0,14 | 0,35-0,65 | 0,17-0,37 | - | | | - | - | 0,040 | 0,035 | - | 0,20-0,50 | 0,20-0,50 | 0,15-0,35 | - |
| 9 | 20КСХ | 0,18-0,22 | 0,40-0,80 | 0,17-0,37 | | | | 0,03-0,06 | 0,02-0,05 | 0,009 | 0,02 | | | | | |
| | 13ХФА | 0,017 | 0,70 | 0,17-0,37 | 0,04-0,09 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,018 | | | | | |
| | 09ГСФ | 0,12 | 0,70 | 0,70 | 0,04-0,12 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,018 | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|---|---|-----------|-------|-------|-------|-----------|---------------|------|-----------|
| 9 | 13ХФА | 0,11-0,17 | 0,45-0,65 | 0,17-0,40 | 0,04-0,09 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,50-0,70 | 0,25 | 0,25 | - |
| | 08ХМФЧА | 0,06-0,15 | 0,45-0,65 | 0,17-0,40 | 0,04-0,10 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,50-0,70 | 0,25 | 0,25 | 0,10-0,20 |
| | 60ХФА | 0,55-0,65 | 0,50-0,80 | 0,17-0,37 | 0,10-0,20 | | | - | - | 0,030 | 0,035 | - | 0,80-1,10 | Не более 0,40 | 0,25 | - |
| 10 | 09ГСФ | 0,13 | 0,7 | 0,7 | 0,04-0,12 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,2 |
| | 13ХФА | 0,13 | 0,7 | 0,17-0,40 | 0,04-0,10 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,50-1,00 | 0,30 | 0,30 | 0,3 |
| | 09ГСФ | 0,13 | 0,7 | 0,7 | 0,04-0,12 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | - |
| | 13ХФА | 0,13 | 0,7 | 0,17-0,40 | 0,04-0,10 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,50-1,00 | 0,30 | 0,30 | - |
| | 08ХМФЧА | 0,13 | 0,6 | 0,17-0,40 | 0,06-0,10 | | | | 0,02-0,05 | 0,005 | 0,015 | 0,008 | 0,50-1,00 | 0,30 | 0,30 | 0,10-0,15 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 131 | 41 | 15 | 16 | 17 |
|----|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|---|---|----|-------|-------|-----|-----------|---------------|------|-----------|
| 10 | 37ХГФ | 0,35-0,41 | 0,50-0,80 | 0,17-0,37 | 0,08-0,12 | | | - | - | 0,045 | 0,045 | - | 0,50-0,80 | Не более 0,25 | 0,25 | 0,08-0,14 |
| | 20ПЛ | 0,17-0,24 | 0,35-0,65 | 0,17-0,37 | - | | | - | - | 0,040 | 0,035 | - | 0,20-0,50 | 0,20-0,50 | 0,30 | - |

8.5. Контрольные вопросы

1. Сколько процентов не должен превышать параметр стойкости против растрескивания R_{cm} ?
2. Сколько процентов не должен превышать углеродный эквивалент $C_{экв.}$?
3. Для какого уровня требований продукции труб рассчитывается параметр стойкости против растрескивания R_{cm} ?
4. Для какого уровня требований продукции труб рассчитывается углеродный эквивалент $C_{экв.}$?
5. При какой толщине стенки трубы может быть выбран её химический состав по ГОСТу?
6. При какой толщине стенки для бесшовных труб должно быть согласовано предельное значение $C_{экв.}$ и R_{cm} ?
7. При каком процентном значении бора для расчёта R_{cm} массовую долю бора можно считать равной нулю?
8. С чем связан класс прочности идентифицирующий уровень прочности труб?

8.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580 - 2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия.
2. ГОСТ Р 53932 - 2010 Заготовка трубная. Общие технические условия.
3. ТУ 14-3 - 1573 - 96 Трубы стальные электросварные прямошовные диаметром 530 - 1020 мм с толщиной стенки до 32мм для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

"РАСЧЁТ РАСТОЯНИЯ НА СПЛЮЩИВАНИЕ МЕЖДУ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ СПЛЮЩИВАЮЩИМИСЯ ПЛОСКОСТЯМИ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТОМ ГОСТ Р 53580 - 2009"

9.1. Цель работы

Ознакомить студентов с проведением расчёта расстояния на сплющивание между параллельными сплющивающимися плоскостями стальных труб для промышленных трубопроводов.

9.2. Общие сведения

При испытании на сплющивание используют следующие критерии приёмки:

а) трубы ВЧС класса прочности от КП 210 наружным диаметром $D < 325$ мм:

1) для труб класса прочности от КП 415 толщиной стенки $t \geq 12,7$ мм сварной шов не должен раскрываться, пока расстояние между плитами пресса не станет менее 66% исходного наружного диаметра. Для всех других сочетаний классов прочности трубы и толщины стенки сварной шов не должен раскрываться, пока расстояние между плитами пресса не станет менее 50% исходного наружного диаметра;

2) для труб с отношением $D / t > 10$ не должно быть трещин или разрывов, кроме как на сварном шве, пока расстояние между плитами пресса не станет менее 33% исходного наружного диаметра.

б) трубы ВЧС класса прочности КП 175:

1) сварной шов не должен раскрываться, пока расстояние между плитами пресса не станет менее 75% исходного наружного диаметра;

2) не должно быть никаких трещин или разрывов, кроме как на сварном шве, пока расстояние между плитами пресса не станет менее 60% исходного наружного диаметра.

Примечание - С каждой стороны линии плавления сварной шов должен заходить на расстояние 6,4 мм у труб

наружным диаметром $D < 60$ мм и на 13 мм у труб наружным диаметром $D \geq 60$ мм.

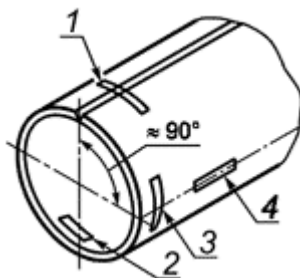
Отбор проб и изготовление образцов для испытаний сплющивание следует проводить в соответствии с применяемыми стандартами.

Пробы и образцы для разных видов испытаний следует отбирать из мест, показанных на рисунках 1 и 2, и в соответствии с указаниями в таблице 1 или 2.

Образцы для испытаний на сплющивание.

Образцы следует отбирать в соответствии с ГОСТ 8695, за исключением того, что длина каждого образца для испытаний должна быть более или равна 60 мм.

Небольшие поверхностные несовершенства могут быть удалены.

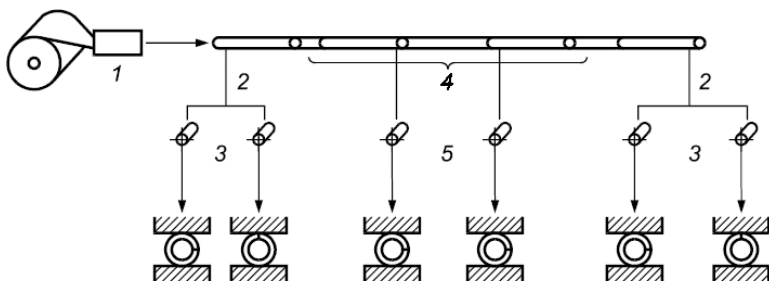


1 - W -поперечная проба по сварному шву; 2 - T180 - поперечная проба примерно в 180° от продольного сварного шва; 3 - T90 - поперечная проба примерно в 90° от продольного сварного шва; 4 - L90 - продольная проба примерно в 90° от продольного сварного шва:

а - Трубы ВЧС.

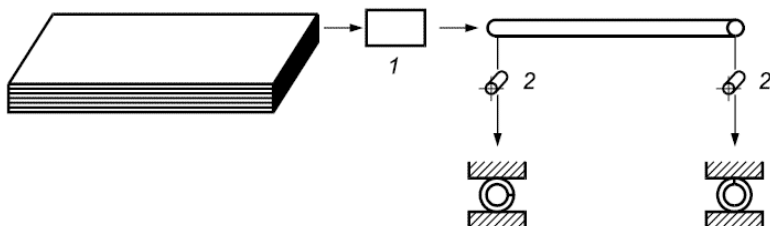
Рисунок 1 - Ориентация и расположение проб и образцов для испытаний.

Примечание - На двухшовной трубе поперечная проба 2 берется на втором сварном шве.



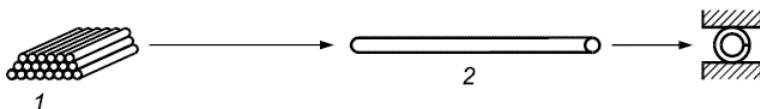
1 - сварка; 2 - конец рулона; 3 - два образца для испытаний с каждого конца рулона; 4 - остановка сварного шва; 5 - два образца для испытаний с каждой стороны от остановки сварного шва:

а - Трубы ВЧС класса прочности от КП 245 наружным диаметром $D < 323,9$ мм неэкспандированные, производимые кратными длинами.



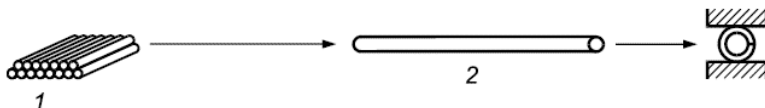
1 - сварка; 2 - два образца для испытаний с каждого конца трубы:

б - Трубы ВЧС класса прочности от КП 245 неэкспандированные, производимые отдельными длинами.



1 - контролируемая партия ≤ 50 т труб; 2 - один образец для испытаний от одного конца трубы:

в - Сварные трубы класса прочности КП 175 наружным диаметром $D \geq 73$ мм.



1 - контролируемая партия ≤ 100 труб; 2 - один образец для испытаний от одного конца трубы:

г - Трубы ВЧС класса прочности от КП 245 и более наружным диаметром $D < 325$ мм холодноэксандированные.

Рисунок 2 - Испытания на сплющивание.

Таблица 1.

Количество, ориентация и расположение образцов для механических испытаний труб уровня УТП 1

| Тип трубы | Расположение пробы | Вид испытания | Ориентация, расположение и количество образцов от пробы | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------|---|---------------|---------------|--------|
| | | | Наружный диаметр D, мм | | | |
| | | | до 219 | от 219 до 325 | от 325 до 508 | от 508 |
| ВЧС (рисунок 1 а) | Тело трубы и сварной шов | Сплющивание | Как показано на рисунке 2 | | | |

Таблица 2.

Количество, ориентация и расположение образцов для механических испытаний труб уровня УТП 2

| Тип трубы | Расположение пробы | Вид испытания | Ориентация, расположение и количество образцов от пробы | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------|---|---------------|---------------|--------|
| | | | Наружный диаметр D, мм | | | |
| | | | до 219 | от 219 до 325 | от 325 до 508 | от 508 |
| ВЧС (рисунок 1 а) | Тело трубы и сварной шов | Сплющивание | Как показано на рисунке 2 | | | |

Испытания на сплющивание

Испытания на сплющивание следует проводить в

соответствии с ГОСТ 8695.

Как показано на рисунке 2, из участков, соответствующих обоим концам рулона, отбирают по два образца для испытаний. По одному образцу от каждой стороны рулона подвергают испытанию так, чтобы сварной шов был в положении 6 или 12 ч, а два оставшихся образца испытывают так, чтобы сварной шов был в положении 3 или 9 ч.

Образцы для испытаний, отобранные из отрезаемых концов в местах остановки сварного шва, испытывают только в положении 3 или 9 ч.

1. Обозначения

При испытании на сплющивание предусматриваются следующие обозначения:

D – начальный наружный диаметр образца круглой трубы, мм;

a – толщина стенки образца, мм;

H – расстояние между параллельными сплющивающимися плоскостями в конце испытания, мм;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр образца, мм;

C – коэффициент для труб из стали марок 08Ю, 08кп, 08пс, 08, 10кп, Сталь 10, Ст2кп, равен 0,09, а для труб из остальных марок сталей равен 0,08.

Расстояние между сплющивающимися плоскостями H , мм рассчитывается по формуле:

$$H = \frac{(1 + C) \cdot a}{C + \frac{a}{D}}, \text{ мм} \quad (1)$$

2. Метод отбора образцов

Для испытания труб на сплющивание применяют образцы в виде отрезка трубы длиной 20-50 мм, а при разногласиях в оценке качества - длиной 1,5 $D_{вн}$, но не менее 10 мм и не более 100 мм.

Испытание может проводиться непосредственно на трубе с предварительным её надрезом перпендикулярно к продольной оси на глубину не менее 0,8 D (рис. 3).

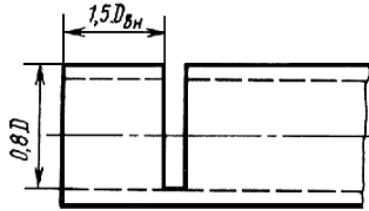


Рис. 3.

Плоскость реза должна быть перпендикулярна оси трубы. Заусенцы на краях образца должны быть удалены.

На образце допускается снимать поверхностные слои (внутренний и наружный), если это установлено в стандартах на конкретную продукцию.

3. Проведение испытаний

Для испытания образец помещают между двумя гладкими жесткими и параллельными плоскостями и плавно сплющивают его, сближая сжимающие плоскости до заданного расстояния H (рис. 4 и 5).

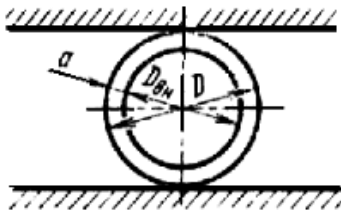


Рис. 4.



Рис. 5.

Ширина сжимающих плоскостей всегда должна быть больше, чем ширина образца после сплющивания.

Сварной шов при испытаниях располагается примерно под углом 90° к оси приложения нагрузки (рис. 6).

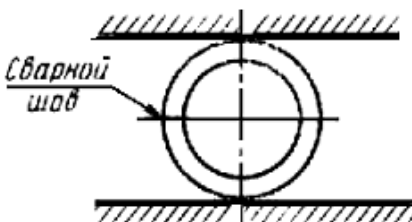


Рис.6.

Скорость сплющивания образца при разногласиях в оценке качества испытания должна быть не более 25 мм/мин.

4. Обработка результатов

Признаком того, что образец выдержал испытание, служит отсутствие после сближения сжимаемых поверхностей до величины H на внешней и внутренней поверхностях трещин или надрывов с металлическим блеском, определяемых визуально.

9.3. Порядок и пример выполнения работы

1. Рассчитать длину l образца отрезка трубы на сплющивание при разногласиях в оценке качества.

2. Рассчитать глубину надреза h на трубе перпендикулярно к продольной оси. Если испытания проводятся непосредственно на трубе.

3. Рассчитать расстояние между сплющивающимися плоскостями H , мм. Это, то расстояние между сплющивающимися плоскостями H , при котором на внешней и внутренней поверхностях образца нет трещин или надрывов с металлическим блеском, после визуального осмотра.

Исходные данные:

| Наружный диаметр труб D , мм | Толщина стенки a , мм | Внутренний диаметр труб $D_{вн}$, мм | Коэффициент для труб, C |
|-----------------------------------|----------------------------|--|---------------------------|
| 245,0 | 14,0 | 231 | 0,08 |

Выполнение.

1. Рассчитаем длину образца отрезка трубы на сплющивание:

$$l = 1,5 \cdot D_{\text{вн}} = 1,5 \cdot 231 = 346,5 \text{ мм.}$$

где l – длина образца отрезка трубы на сплющивание, мм;
 $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр образца, мм.

Длина образца на сплющивание составляет: $l = 346,5$ мм.

2. Рассчитаем глубину надреза на трубе перпендикулярно к продольной оси. Если испытания проводятся непосредственно на трубе.

$$h = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 245 = 196 \text{ мм.}$$

где h – глубину надреза на трубе, мм; D – начальный наружный диаметр образца круглой трубы, мм.

Глубина надреза на трубе составляет: $h = 196$ мм.

3. Рассчитаем расстояние между сплющивающимися плоскостями, при котором на внешней и внутренней поверхностях образца нет трещин или надрывов с металлическим блеском, после визуального осмотра.

$$H = \frac{(1 + C) \cdot a}{C + \frac{a}{D}} = \frac{(1 + 0,08) \cdot 14}{0,08 + \frac{14}{245}} = 110,25 \text{ мм.}$$

где D – начальный наружный диаметр образца круглой трубы, мм;

a – толщина стенки образца, мм;

H – расстояние между параллельными сплющивающимися плоскостями в конце испытания, мм;

C – коэффициент для труб.

Расстояние между сплющивающимися плоскостями на трубе, при котором, после визуального осмотра на внешней и внутренней поверхностях образца нет трещин или надрывов с металлическим блеском составит: $H = 110,25$ мм.

9.4. Варианты заданий

| № Варианта | Наружный диаметр труб D, мм | Толщина стенки а, мм | Внутренний диаметр труб D _{вн} , мм | Коэффициент для труб, С |
|------------|-----------------------------|----------------------|--|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 114,0 | 3,0 | 111 | 0,08 |
| | 121,0 | 3,0 | 118 | 0,09 |
| | 133,0 | 3,0 | 130 | 0,08 |
| | 140,0 | 3,0 | 137 | 0,09 |
| | 152,0 | 3,0 | 149 | 0,08 |
| | 159,0 | 3,0 | 156 | 0,09 |
| | 168,0 | 3,0 | 165 | 0,08 |
| | 219,0 | 3,0 | 216 | 0,09 |
| | 245 | 4,5 | 240,5 | 0,08 |
| 2 | 273 | 5,5 | 267,5 | 0,09 |
| | 159,0 | 3,2 | 155,8 | 0,08 |
| | 168,0 | 3,2 | 164,8 | 0,09 |
| | 219,0 | 3,2 | 215,8 | 0,08 |
| | 245 | 5,0 | 240 | 0,09 |
| | 273 | 6,0 | 267 | 0,08 |
| | 325 | 7,0 | 318 | 0,09 |
| | 377 | 7,0 | 370 | 0,08 |
| | 426 | 7,0 | 419 | 0,09 |
| 3 | 480 | 9,0 | 471 | 0,08 |
| | 530 | 12,0 | 518 | 0,09 |
| | 114,0 | 3,2 | 110,8 | 0,08 |
| | 121,0 | 3,2 | 117,8 | 0,09 |
| | 152,0 | 3,2 | 148,8 | 0,08 |
| | 159,0 | 3,5 | 155,5 | 0,09 |
| | 245 | 5,5 | 239,5 | 0,08 |
| | 273 | 7,0 | 266 | 0,09 |
| | 325 | 8,0 | 317 | 0,08 |
| 4 | 377 | 8,0 | 369 | 0,09 |
| | 480 | 10,10 | 469,9 | 0,08 |
| | 530 | 13,0 | 517 | 0,09 |
| | 133,0 | 3,2 | 129,8 | 0,08 |
| | 140,0 | 3,2 | 136,8 | 0,09 |
| | 168,0 | 3,8 | 164,2 | 0,08 |
| | 219,0 | 3,8 | 215,2 | 0,09 |
| | 245 | 6,0 | 239 | 0,08 |
| | 325 | 9,0 | 316 | 0,09 |
| 4 | 377 | 9,0 | 368 | 0,08 |
| | 426 | 8,0 | 418 | 0,09 |
| | 480 | 11,0 | 469 | 0,08 |
| | 530 | 14,0 | 516 | 0,09 |

Менеджмент качества в металлургии

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|-------|-------|-------|------|
| 5 | 114,0 | 3,5 | 110,5 | 0,08 |
| | 133,0 | 3,5 | 129,5 | 0,09 |
| | 152,0 | 3,5 | 148,5 | 0,08 |
| | 168,0 | 3,8 | 164,2 | 0,09 |
| | 245 | 7,0 | 238 | 0,08 |
| | 325 | 10,10 | 314,9 | 0,09 |
| | 377 | 10,10 | 366,9 | 0,08 |
| | 426 | 9,0 | 417 | 0,09 |
| | 480 | 11,0 | 469 | 0,08 |
| 6 | 530 | 15,0 | 515 | 0,09 |
| | 121,0 | 3,5 | 117,5 | 0,08 |
| | 140,0 | 3,5 | 136,5 | 0,09 |
| | 159,0 | 3,8 | 155,2 | 0,08 |
| | 219,0 | 3,8 | 215,2 | 0,09 |
| | 273 | 8,0 | 265 | 0,08 |
| | 325 | 11,0 | 314 | 0,09 |
| | 377 | 11,0 | 366 | 0,08 |
| | 426 | 10,10 | 415,9 | 0,09 |
| 7 | 480 | 12 | 468 | 0,08 |
| | 530 | 16,0 | 514 | 0,09 |
| | 114,0 | 3,8 | 110,2 | 0,08 |
| | 121,0 | 3,8 | 117,2 | 0,09 |
| | 133,0 | 3,8 | 129,2 | 0,08 |
| | 140,0 | 3,8 | 136,2 | 0,09 |
| | 152,0 | 3,8 | 148,2 | 0,08 |
| | 168,0 | 4,0 | 164 | 0,09 |
| | 245 | 8,0 | 237 | 0,08 |
| 8 | 325 | 12,0 | 313 | 0,09 |
| | 426 | 11,0 | 415 | 0,08 |
| | 530 | 17,0 | 513 | 0,09 |
| | 114,0 | 4,0 | 110 | 0,08 |
| | 121,0 | 4,0 | 117 | 0,09 |
| | 133,0 | 4,0 | 129 | 0,08 |
| | 140,0 | 4,0 | 136 | 0,09 |
| | 152,0 | 4,0 | 148 | 0,08 |
| | 159,0 | 4,0 | 155 | 0,09 |
| 9 | 219,0 | 4,0 | 215 | 0,08 |
| | 273 | 9,0 | 264 | 0,09 |
| | 377 | 12,0 | 366,5 | 0,08 |
| | 480 | 13,0 | 467 | 0,09 |
| | 114,0 | 4,5 | 109,5 | 0,08 |
| | 121,0 | 4,5 | 116,5 | 0,09 |
| | 152,0 | 4,5 | 147,5 | 0,08 |
| | 159,0 | 4,5 | 154,5 | 0,09 |
| | 245 | 9,0 | 236 | 0,08 |
| 273 | 10,10 | 262,9 | 0,09 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|-------|-------|-------|------|
| 9 | 325 | 13,0 | 312 | 0,08 |
| | 377 | 13,0 | 364 | 0,09 |
| | 426 | 13,0 | 413 | 0,08 |
| | 480 | 14,0 | 466 | 0,09 |
| 10 | 121,0 | 5,0 | 116 | 0,08 |
| | 140,0 | 4,5 | 135,5 | 0,09 |
| | 159,0 | 5,0 | 155 | 0,08 |
| | 219,0 | 4,5 | 214,5 | 0,09 |
| | 245 | 10,10 | 234,9 | 0,08 |
| | 273 | 11,0 | 262 | 0,09 |
| | 325 | 14,0 | 311 | 0,08 |
| | 377 | 14,0 | 363 | 0,09 |
| | 426 | 12,0 | 414 | 0,08 |
| | 480 | 15,0 | 465 | 0,09 |

9.5. Контрольные вопросы

1. Какие обозначения предусматриваются при испытании на сплющивание?

2. Какой длины применяют образцы в виде отрезка трубы для испытания труб на сплющивание?

3. Какую длину образцов в виде отрезка трубы при испытаниях труб на сплющивание применяют при разногласиях в оценке качества?

4. На какую глубину перпендикулярно к продольной оси делается надрез при испытаниях непосредственно на трубе?

5. Как должна располагаться плоскость реза по отношению к оси трубы?

6. Заусенцы на кромках образца должны быть удалены или нет?

7. Допускается ли снимать поверхностные слои на образце (внутренний и наружный)?

8. Под каким углом должен располагаться сварной шов при испытаниях на сжатие труб к оси приложения нагрузки?

9. Какая скорость сплющивания образца при разногласиях в оценке качества испытания должна быть?

10. Что служит признаком того, что образец выдержал испытание?

9.6. Список литературы

1. ГОСТ Р 53580 - 2009 Трубы стальные для промышленных трубопроводов. Технические условия.