

Новые виды трубной продукции и вопросы сварки для месторождений, содержащих CO₂

Симаков М.В., В.А. Егоров, К.Б. Конищев (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)
А.Б. Арабей (ПАО «Газпром»)



Шлейфовые трубопроводы Бованенковского НГКМ



Проблема: Появление питтинговой, язвенной и ручейковой коррозии на внутренней поверхности трубы. Может носить локальный характер.

Скорость общей коррозии достигает 2 мм/год, питтинги глубиной до 80% от толщины стенки.

Объекты: Бованенковское НГКМ (P_{CO_2} до 0,215 МПа), Чаяндинское НГКМ (P_{CO_2} до 0,24 МПа), Харасавэйское ГКМ (P_{CO_2} до 0,106 МПа), Киринское (P_{CO_2} до 0,81 МПа) и Южно-Киринское ГКМ (P_{CO_2} до 0,9 МПа),.

Способы защиты:

1. Ингибиторная защита труб из углеродистой стали.
2. Трубная продукция из коррозионностойких сталей:
 - сталь мартенситного класса (13Cr);
 - сталь аустенитно-ферритного класса (дуплексные стали 22Cr, 25Cr);
 - плакированные трубы.

Материальное исполнение труб	DN	Производство в РФ	! Преимущества / ! Недостатки	Применение ингибиторов
Углеродистые стали	30 -1400	ДА	! Низкая цена ! Технология сварки ! CO ₂ коррозия ! Ингибиторная защита	ДА
Плакированные трубы	426 - 1400	НЕТ	! Стойкость к CO ₂ ! Цена ! Технология сварки	НЕТ
Сталь мартенситного класса 13Cr	30 - 400	НЕТ	! Стойкость к CO ₂ ! Снижение металлоемкости на 15-30% ! Цена ! Ограничения по DN ! Технология сварки	НЕТ
Сталь аустенитно-ферритного класса (дуплексные стали 22Cr, 25Cr)	30 -1000	НЕТ	! Стойкость к CO ₂ ! Цена ! Технология сварки	НЕТ

НД - СТО Газпром 2-3.7-050-2006 (DNV-OS-F101)

Хорошая свариваемость:
Не требуется
предварительный подогрев

Стабилизирует аустенит

Высокая коррозионная
стойкость к углекислотной
коррозии

Марка стали	Химические элементы, %								
	C	N	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S
22Cr	≤0,030	0,14-0,20	21,0-23,0	4,50-6,50	2,50-3,50	≤2,00	≤1,00	≤0,030	≤0,020
25Cr	≤0,030	0,20-0,34	24,0-26,0	6,00-8,00	3,00-4,00	≤1,20	≤1,00	≤0,035	≤0,020

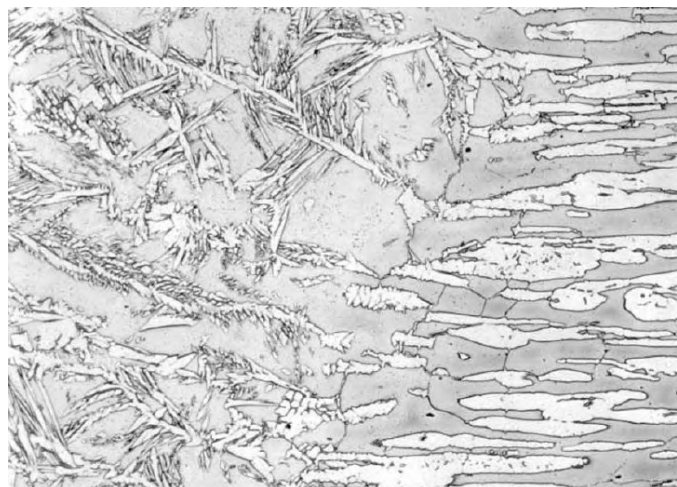
Снижение металлоемкости
на 10-30%

Механические свойства

Марка стали	σ _т , МПа	σ _в , МПа	σ _т / σ _в	HV10		KCV, Дж	
				ОМ	МШ, 3ТВ	ОМ	МШ, 3ТВ
22Cr	450	620	0,92	290	350	45	45
25Cr	550	750	0,92	330	350	45	45

1. Контроль металла

Место контроля	Содержание феррита	Включения	Коррозия 25Cr
Основной металл	35-55%	Контроль карбидных, нитритных и интерметаллических фаз	Стойкость к питтинговой коррозии. Потеря массы не более 4,0 г/м ²
Металл шва и ЗТВ (ПрШ, КШ)	35-65%		



Микроструктура сварного шва и ЗТВ стали 22Cr

2. Присадочный материал: **содержание Ni от 9 до 13% и азота 0,25%.**
3. Скорость остывания СШ: Уровень подводимого тепла в диапазоне **05-1,8 кДж/мм.**
4. Термообработка шва: В основном **не требуется**, но существует **неблагоприятный диапазон 350-950°C** с образованием вторичных выделений (снижение пластичности и коррозионной стойкости).
- Снятие напряжения возможно при отжиге в диапазоне 1020-1120 °C.**
5. Защита поверхности трубы и сварных кромок: **не допускается** контакт поверхности трубы и сварочных кромок с углеродистой сталью, цинком, медью.
6. Термическая резка: Только **плазменная дуговая резка**

НД - DNV-OS-F101-2007

Хорошая свариваемость:
Не требуется
предварительный подогрев

Высокая коррозионная
стойкость к углекислотной
коррозии

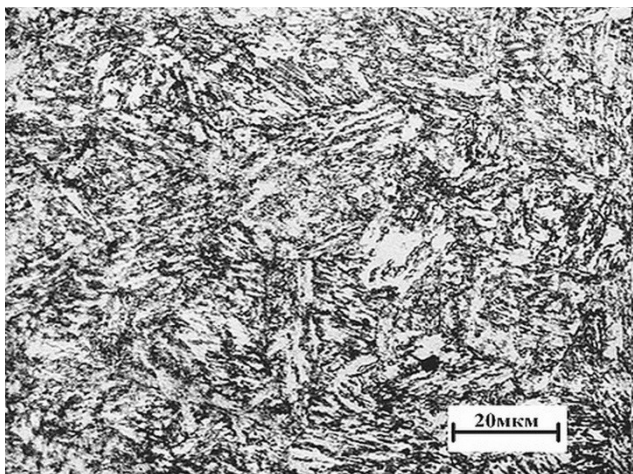
Марка стали	Химические элементы, %					
	C	Cr	Ni	Mo	P	S
13Cr	≤0,015	min 12,0	min 4,50	min 2,00	≤0,025	≤0,003

Снижение металлоемкости
на 15-30%

Механические свойства

Марка стали	σ _т , МПа	σ _в , МПа	σ _т / σ _в	HV10		KCV, Дж	
				ОМ	(МШ, ЗТВ)*	ОМ	(МШ, ЗТВ)*
13Cr	550	700	0,92	300	325	60	60

* - Кольцевой сварной шов



Микроструктура стали 13Cr

1. Контроль металла

Место контроля	Включения	Коррозия ($H_2S \leq 1,0 \text{ кПа}$)	Растрескивание
Металл трубы	Контроль карбидных, нитритных и интерметаллических фаз	Оценка стойкости к коррозионному растрескиванию под напряжением	межкристаллитное растрескивание под напряжением
Металл шва и ЗТВ (КШ)			

2. Присадочный материал: **корневой шов – дуплексные стали (Cr 19-24%, Ni 3-5%),
заполнение и облицовка – супер дуплексная сталь X80 (Cr 24-27%, Ni 6-8%)**

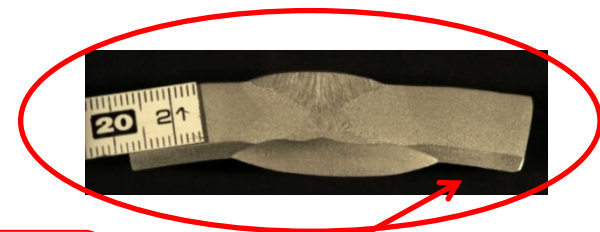
3. Термообработка шва: **Требуется**. Температура **600-650 °C** (5-10мин), охлаждение водой.

4. Защита поверхности трубы и сварных кромок: **не допускается** контакт поверхности трубы и сварочных кромок с углеродистой сталью, цинком, медью.

5. Термическая резка: Только **плазменная дуговая резка**



НД - СТО Газпром 2-3.7-050-2006 (DNV-OS-F101)



Высокая коррозионная
стойкость к углекислотной
коррозии

Коррозионностойкий
внутренний слой

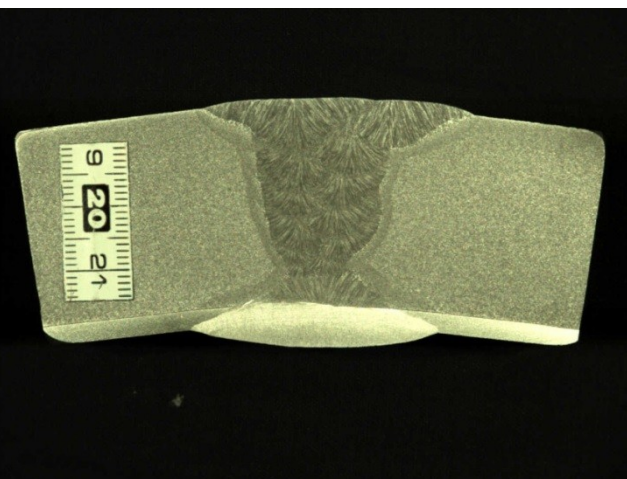
Марка стали		Химические элементы, %							
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
Основание	X42-X80	0,12	1,25-1,85	0,40-0,45	≤0,30	≤0,30	≤0,10	0,020	0,010
Плакировка	316L, 317L, 321	≤0,12	≤2,0	≤0,1	17-19	9-12	2,0-3,0	≤0,045	≤0,03

Механические свойства

Марка стали		σ _T , МПа	σ _B , МПа	σ _T / σ _B	HV10		KCV, Дж	
					OM, МШ	ЗТВ	OM	МШ, ЗТВ
Основание	X42-X80	290-555	415-625	0,92	270-300	300	30-56	
Плакировка	316L, 317L, 321	170-215	485-515	-	325	325	-	-

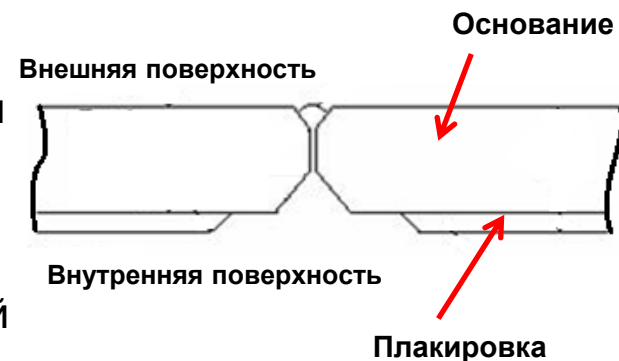
1. Контроль металла

Место контроля	Толщина	Сдвиг	Микроструктура корневой области
Основание	-	$\sigma_s \geq 140 \text{ МПа}$	Контроль карбидных, нитритных и интерметаллических фаз
Плакировка	$\geq 2,5 \text{ мм}$		



Сварное соединение плакированной трубы

3. Специальная подготовка разделки кромок
4. Присадочный материал: характеристики должны быть не ниже чем у материалов основания трубы и плакирующего слоя
5. Термообработка шва: **не требуется**.
6. Защита поверхности трубы и сварных кромок: **не допускается** загрязнение плакированного слоя углеродистой сталью, цинком, медью. При сварке основания плакированный слой должен быть удален.
7. Термическая резка: Только **плазменная дуговая резка**





Разработка и совершенствование технических требований к трубной продукции



Освоение производства трубной продукции на территории РФ



Разработка и совершенствование технических требований к технологиям сварки и неразрушающего контроля



Разработка новых методов диагностирования протяженных участков газопроводов



Разработка и совершенствование нормативных документов регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию



Техническое дооснащение строительных организаций

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ