

Сравнение расчетных и экспериментальных результатов (рис. 2) показывает, что расчетная модель достаточно корректно отображает картину получаемых остаточных напряжений.

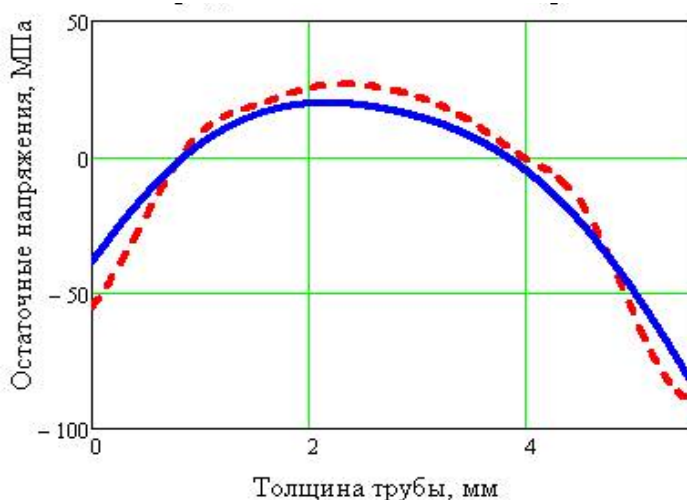


Рис. 2. Сравнение экспериментальных и расчетных результатов распределения тангенциальных остаточных напряжений по толщине стенки трубы, сталь 10:

— экспериментальный метод;
- - - расчетный метод

Работа выполнена при поддержке Государственного контракта П2316 ФЦП «Кадры».

Список литературы

1. Пат. № 2299251 РФ. Способ термической обработки труб / В.И. Пузенко, А.М. Николаев, М.А. Выбойщик, Е.А. Николаев, А.И. Утриванов, Г.В. Егорова, Р.Н. Быков, В.П. Ольберг // заявл. 19.01.2006; опубл. 20.05.2007, Бюл. 2007/14. – 6 с.
2. Кенис, М.С. Новое в оценке температурно-напряженного поля: Монография / М.С. Кенис, Ю.П. Самарин, Б.Ф. Трахтенберг // – М.: Машиностроение, 2002. – 349 с. ISBN.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ХРОМОМ И МОЛИБДЕНОМ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБ

Иоффе А. В., Выбойщик М. А.*, Тетюева Т. В., Борисенкова Е. А., Князькин С. А.

ООО «Самарский научно-технический центр»

** – Тольяттинский государственный университет, Россия,*

motom@yandex.ru

В настоящее время транспортируемые среды на нефтяных месторождениях характеризуются наличием растворенных CO_2 и H_2S , соответственно карбонатная и сероводородная коррозии являются основными причинами разрушения труб. В средах с повышенной коррозионной активностью трубы и оборудование на нефтяных месторождениях выходят из строя в течение одного - двух лет. Для повышения эксплуатационной стойкости насосно-компрессорных труб необходимо решить вопросы рационального легирования стали для производства труб и подобрать режимы термической обработки, обеспечивающие наряду с комплексом механических (прочностных и вязко-пластических) свойств, хладостойкость и стойкость к сульфидной и углекислотной коррозии.

В качестве объектов исследований использовали стали с различным содержанием хрома и молибдена. Химический состав исследуемых сталей приведен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав исследуемых сталей

Марка стали	Содержание элементов, % (масс.)								
	C	Si	Mn	Al	V	Cr	Mo	S	P
15X5M	0,14	0,38	0,39	0,020	0,040	4,62	0,46	0,006	0,011
10X2M	0,09	0,30	0,46	0,022	-	2,25	0,66	0,005	0,007
13XФА	0,13	0,27	0,52	0,042	0,048	0,57	0,02	0,007	0,013
20X13	0,21	0,41	0,69	-	-	12,7	-	0,010	0,012
Сталь20	0,20	0,25	0,55	0,039	0,006	>0,01	-	0,003	0,004

Использовали следующие методы исследований: металлографический анализ, включающий световую микроскопию, растровую электронную микроскопию и электронную микроскопию на просвет; механические испытания на статическое растяжение и ударную вязкость; локальный химический анализ; фазовый рентгеноструктурный анализ; коррозионные испытания на стойкость к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением (СКРН) по стандарту NACE TM 0177 с определением коэффициента интенсивности напряжений в вершине коррозионной трещины (K_{Isc}) и порогового напряжения σ_{th} и испытания на стойкость к углекислотной коррозии.



Рис. 1. Зависимость коррозионной стойкости исследуемых сталей от содержания Cr (углекислотная коррозия)

дисперсности карбидной фазы при термической обработке. Для каждого из выбранных режимов (табл.2) методами электронной сканирующей и просвечивающей микроскопии и методом локального дифракционного анализа исследовали структуру матрицы, состав, форму и размеры частиц карбидной фазы, также определяли механические и коррозионные свойства (табл.2). Это позволило проследить трансформацию структуры и свойств с ростом температуры отпуска и после двукратного отпуска.

Результаты испытаний стойкости исследуемых сталей к углекислотной коррозии и СКРН (рис.1) показали что стали 15X5M и 20X13 наиболее стойкие к углекислотной коррозии. Однако, сталь 20X13 среди исследуемых сталей наименее стойкая к СКРН и имеет наименьшие значения ударной вязкости.

Сталь 15X5M выбрана базовой по составу, обеспечившему высокую коррозионную стойкость в CO₂-содержащих средах. Дальнейшее повышение механических свойств и стойкости к СКРН стали 15X5M обеспечили на основе получения определенного состава и

Таблица 2. Коррозионная стойкость стали 15X5М после термической обработки

Термическая обработка	K_{1ssc} , МПа·м ^{1/2}	σ_{th} , относительно $\sigma_{0,2}$	Скорость коррозии, мм/год, в средах	
			H ₂ S	CO ₂
Нормализация + отпуск 690°C	16,0	0,55	-	-
Нормализация + отпуск 710°C	21,0	0,6	-	-
Нормализация + отпуск 730°C	20,0	0,6	0,30	0,48
Нормализация + отпуск 770°C	29,0	0,75	0,30	0,45
Нормализация + отпуск 790°C	30,3	0,8	0,30	0,30
Нормализация + отпуск 790°C + отпуск 670°C	31,2	0,8	0,20	0,2
Сталь 20	-	-	0,50	1,68

После термической обработки по режиму: нормализация + отпуск 790° + отпуск 670 ° прочностные свойства повысились и соответствовали группе L80 стандарта API 5CT, также повысились и коррозионные свойства (табл. 2). Сформировалась структура, состоящая из рекристаллизованных зерен феррита и карбидов типа Me₂₃C₆ и Mo₂C. Карбиды Me₂₃C₆ размером ~0,1-0,3 мкм имеют зернистую и стержневидную форму. Карбиды Mo₂C имеют гексагональную решетку и представляют собой плоские иглы длиной ~0,15 мкм и толщиной 0,05 мкм. Карбиды равномерно расположены в ферритных зернах. Наличие карбидов Mo₂C привело к повышению прочностных свойств и стойкости стали к СКРН. Дисперсные карбиды Mo₂C являются дополнительными ловушками водорода, снижающими его локальную концентрацию.

Насосно-компрессорные трубы из стали 15X5М после термической обработки по разработанному режиму (нормализация 900°C + отпуск 790°C + отпуск 670°C) поставлены на натурные испытания.

Работа выполнена при поддержке Государственного контракта П2316 ФЦП «Кадры».

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРРОЗИОННОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НЕФТЕПРОВОДНЫХ ТРУБ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Иоффе А. В., Выбойщик М. А.*, Тетюева Т. В., Борисенкова Е. А., Князькин С. А.

ООО «Самарский научно-технический центр»

** Тольяттинский государственный университет, Россия,*

motom@yandex.ru

Перед нефтяными компаниями остро стоит задача выбора марок сталей труб, обладающих повышенной долговечностью в определенных условиях. Это связано с постоянным ростом воздействия коррозионно-активных компонентов перекачиваемых сред с увеличением их обводненности, содержания CO₂ (углекислого газа), H₂S (сероводорода) и СВБ (сульфат восстанавливающих бактерий). Выбрать материал для эксплуатации в жестких условиях системы нефтевыброса без проведения предварительных полноценных испытаний весьма сложно. Наиболее доступным и достоверным способом определения коррозионной стойкости и долговечности труб в реальных промысловых условиях является проведение испытаний катушек-имитаторов, смонтированных