

карбоборидах  $\text{Fe}_3(\text{C},\text{B})$  и  $\text{Fe}_{23}(\text{C},\text{B})_6$  и на дефектах кристаллического строения. Атомные доли атомов (В + С) в обоих позициях соизмеримы. В твердом растворе количество (В + С) значительно меньше.

По-прежнему, основное содержание бора и углерода находится в частицах, расположенных на границах зерен. Затем по количеству (В + С) идет борированный перлит, объем бездефектной части материала и т.д. Другими словами, распределение атомов бора и углерода, расположенных в карбоборидах, локализованных на различных дефектах и в атомах непосредственно на этих дефектах, соизмеримо для каждого типа дефекта. Чтобы это подтвердить, необходимо провести после режима карбоборирования однократный отжиг при температурах выделения карбоборидов ( $\sim 600 - 650^\circ\text{C}$  2-6 часов). После этого отжига большинство атомов с этих дефектов должно перейти во вновь образующиеся карбобориды.

После рассмотрения мест расположения атомов бора и углерода можно показать роль различных механизмов диффузии в процессе карбоборирования для каждого из слоев, выделенных в процессе исследования.

Процесс карбоборирования реализуется независимо от режима однократного нагрева или термоциклирования семью механизмами:

1. Реакционной диффузией по межфазным границам.
2. Диффузией по новым границам зерен.
3. Диффузией по старым границам зерен.
4. Диффузией вместе с мигрирующими границами.
5. Диффузией по субграницам.
6. Диффузией по дислокациям.
7. Диффузией в бездефектном объеме материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Guriev A.M., Kozlov E.V., Lygdenov B.D., Kirienko A.V., Chernyh E.V. Transition zone forming by different diffusion techniques in borating process of ferrite-perlite steels under the thermocyclic conditions. //Фундаментальные проблемы современного материаловедения. №2 2004 г. Барнаул.
2. Лыгденов Б.Д. Фазовые превращения в сталях с градиентными структурами, полученными методами химико-термической обработки: Дис... канд. техн. наук. 2004.

#### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОБЪЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТА ПРИ ИСТЕЧЕНИИ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА (ДИАМЕТР ДЕФЕКТНОГО ОТВЕРСТИЯ ОДИН ДЮЙМ)

Киселев С.Ю., Гендель Г.Л., Клейменов А.В.  
Волго-Уральский научно-исследовательский  
и проектный институт нефти и газа,  
Оренбург

Прогноз развития аварийных ситуаций и их последствий для окружающей среды и человека является одной из проблем обеспечения безопасности магистральных и промысловых продуктопроводов. Наибольшие трудности связаны с оценкой объема загряз-

ненного грунта при аварийном истечении нефтепродуктов через отверстия небольшого диаметра (до одного дюйма) подземных продуктопроводов, поскольку данный вид утечек характеризуется достаточной продолжительностью во времени до момента обнаружения.

Основной характеристикой грунта является пористость, которая определяет его способность к впитыванию жидкости, назовем эту способность *нефтеемкостью*. В зависимости от *нефтеемкости* отдельных элементарных объемов грунта и скорости поступления подпитывающей жидкости можно определить направление преобладающего распространения жидких углеводородов в грунте, что позволит определить предполагаемое место проявления нефтепродуктов на поверхности, оценить ареал распространения нефтепродуктов и, соответственно, объем загрязненного грунта. Еще одной важной характеристикой грунта является его пропускная способность, то есть характеристика того, насколько легко может двигаться в нем жидкость. При одной и той же пористости пропускная способность различных грунтов может оказаться совершенно разной.

Способность пористой среды пропускать жидкость характеризуется *проницаемостью*. Ее определение тесно связано с основным законом движения жидкости в пористой среде, называемом законом Дарси.

$$Q = \frac{k \times r \times g \times \Delta H \times S}{L \times \mu} \quad (1)$$

Здесь  $r$  - плотность жидкости,  $\mu$  - вязкость,  $g$  - ускорение силы тяжести,  $\Delta H$  - разность уровней,  $L$  - длина образца,  $S$  - площадь сечения образца,  $k$  - коэффициент пропорциональности, являющийся характеристикой пористой среды и не зависящий от размеров образца и свойств жидкости. Это характеристика и называется *проницаемостью* пористой среды, а формула (1) представляет собой современную запись закона Дарси в простейшей форме. Сравнивая размерности обеих частей уравнения (1), находим, что проницаемость  $k$  имеет размерность площади, то есть измеряется в  $\text{м}^2$ . В таких единицах проницаемость большинства природных пористых сред весьма мала. Так, проницаемость «хорошо» проницаемого песчаника порядка  $10^{-12} \text{ м}^2$  [1,2].

Методика по оценке объема загрязнения грунта при истечении жидких углеводородов из подземного трубопровода, с диаметром дефектного отверстия в один дюйм, основана на выше описанных характеристиках грунта. Для определения объемного распространения жидких углеводородов в толще грунта рассматриваемая область разбивается на элементарные объемы, имеющие форму куба, линейные размеры которых определяются точностью требуемых результатов и исходных данных.

Расход нефтепродуктов, поступающих через дефектное отверстие в грунт, определяется на основе «Методики определения ущерба окружающей природной среде ...» [3].

При моделировании процессов истечения жидких углеводородов, полученные системы уравнений ре-

шаются методом конечных элементов с разбиением расчетных областей на элементарные объемы.

Апробация методики по оценке объема загрязнения грунта при истечении жидких углеводородов из подземного трубопровода (диаметр дефектного отверстия один дюйм) проводилась на примере инцидента в районе 57 км конденсатопровода «Оренбург-Салават-Уфа-4 нитка», принадлежащего Управлению по эксплуатации соединительных продуктопроводов (УЭСП) ООО «Оренбурггазпром».

Картина распространения конденсата в почвогрунтах на месте рассматриваемого инцидента обусловлена нарушением сплошности коренного грунта в период строительства 3-ей и 4-ой ниток конденсатопровода. По этой причине конденсат в грунте распространялся неравномерно, а по наиболее проницаемым участкам, образованным при отрыве траншеи и последующей ее засыпке, расположение которых имеет хаотичный (очаговый) характер. Данное обстоятельство привело к тому, что распространение конденсата и его скопления рассредоточены, поэтому более тщательное и оперативное удаление из зоны инцидента загрязненного грунта потребовало также и удаления незагрязненного грунта, находящегося между этими скоплениями. Проведенное «шурфование» по контуру загрязнения с отбором проб грунта и его анализом на наличие углеводородов показало, что основная часть конденсата находится на глубине 4,0-5,5 м, площадь распространения очаговых скоплений конденсата – 1500 м<sup>2</sup>. Объем загрязненного грунта между 3-ей и 4-ой нитками конденсатопровода, т.е. в полосе протяженностью 40 м и шириной 35 м и глубиной до 5,5 м, подлежащий утилизации, составил около 7,7 тыс.м<sup>3</sup>.

При проведении расчета было принято, что коэффициент пористости грунта в интервале глубин от 0 до 1 м равен 0,35, от 1 до 5 м равен 0,25, а ниже – 0,1. В результате проведения расчета, объем загрязненного грунта составил около 6,1 тыс.м<sup>3</sup>, разница расчетного объема и объема фактически подверженного утилизации, составила около 26%. Причина расхождения, очевидно, связана с хаотичным рассредоточением скоплений конденсата из-за нарушения однородности коренного грунта в период укладки трубопровода, что привело к выемке вместе с загрязненным грунтом и незагрязненного.

В настоящее время разработчиками ведутся работы по усовершенствованию методики, планируется учет эффекта *суффозии*, т.е. выноса мелких частиц и внутреннего размыва в месте аварийного истечения под влиянием гидродинамического давления фильтрующей жидкости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочина Н.Н., Кочина П.Я., Николаевский В.Н. Мир подземных жидкостей. М.: ИФЗ, 1994. 112 с.
2. Басниев К.С., Власов А.М., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидравлика. М.: Недра, 1986. 303 с.
3. «Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных трубопроводах» (утв. Минтопэнерго России 1 ноября 1995 г. согласованно с Департаментом Государствен-

ного экологического контроля Минприроды России) – Уфа: ИПТЭР, 1995.

#### ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СТАЛИ 08КП ПОСЛЕ БОРИРОВАНИЯ

Лыгденов Б.Д., Грешилов А.Д., Мижитов А.Ц.  
Восточно-Сибирский государственный  
технологический университет,  
Улан-Удэ

Описан фазовый состав стали 08кп после борирования. В результате проведенных исследований установлено следующее:

1. В любой точке образца присутствуют зерна феррита -  $\alpha$ -фаза (твердый раствор атомов внедрения и замещения на основе  $FeB_{\alpha}$ ) разной степени легированности. Причем в переходной зоне образца и в основном металле она составляет основную часть материала.

2. Кроме  $\alpha$ -фазы присутствует пластинчатый перлит в виде зерен или прослоек по границам зерен  $\alpha$ -фазы. Перлит представляет собой чередование практически параллельных между собой пластин  $\alpha$ -фазы и карбида железа - цементита  $Fe_3C$ . Цементит имеет орторомбическую решетку.

3. Карбоцементит (борный цементит)  $Fe_3(C,B)$ , в котором часть углерода замещена бором. Разделение цементита  $Fe_3C$  и борированного цементита  $Fe_3(C,B)$  может быть выполнено по различию параметра решетки. Эта разница составляет:

$$\Delta a = +0.036 \text{ нм}, \Delta b = -0.0134 \text{ нм}, \Delta c = -0.0094 \text{ нм}.$$

Это достаточно, чтобы разделить дифракции  $Fe_3C$  и  $Fe_3(C,B)$  по данным электронной микроскопии.

Борный цементит присутствует в основном в переходной зоне. Карбоцементит  $Fe_3(C,B)$  присутствует как в виде отдельных частиц, так и в перлитных колониях. При этом перлитные колонии имеют вид частично разрушенных и "изъеденных" образований.

4. Карбоборид  $Fe_{23}(C,B)_6$  имеет кубическую решетку. Частицы  $Fe_{23}(C,B)_6$  имеют вытянутую форму, размер их меняется слабо и составляет в среднем 0,02 x 0,01 мкм. Располагаются они, как правило, в теле зерна  $\alpha$ -фазы на дислокациях или в виде скоплений.

5. Карбид бора  $B_4C$  - равновесная фаза тройной диаграммы  $Fe - B - C$ .  $B_4C$  имеет гексагональную решетку. Фаза  $B_4C$  присутствует в стали только на поверхности боридного слоя. Наличие этой фазы на поверхности образца определены по данным рентгеноструктурного анализа и присутствием на микрофракционной картине четких рефлексов.

6. Борид  $Fe_2B$  - фаза, имеющая тетрагональную решетку. По результатам исследований электронной микроскопии, она представляет собой зерна вытянутой формы. Плотность дислокаций внутри зерен фазы  $Fe_2B$  очень низкая ( $\sim 10^8 \text{ см}^{-2}$ ).

7. Борид  $FeB$  - фаза с орторомбической решеткой. Эта фаза присутствует в боридном слое в виде частиц округлой формы.