

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО БЕЙНИТА В СТАЛИ 08ХФА

Выбойщик М.А.¹, Иоффе А.В.², Грузков И.В.², Федотова А.В.²

¹Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, Россия,

²ООО «ИТ-Сервис», г. Самара, Россия.

gruzkov@its-samara.com

Бейнитные структуры, обладающие уникальным сочетанием высоких прочностных и пластических свойств, являются базовым структурным состоянием трубных сталей. Необходимо решение вопроса повышения коррозионной стойкости бейнитных структур в агрессивных нефтепромысловых средах.

Цель работы: получить представления о связи структурного состояния низкоуглеродистых бескарбидных бейнитов с их механическими свойствами и коррозионной стойкостью в нефтепромысловых средах.

Исследования проводили на стали 08ХФА, содержащей 0,09% С, 0,52% Cr и 0,088% V. После закалки в воду из аустенитного состояния с 930 °С структура стали представлена разнонаправленными бейнитными зёрнами, окружёнными небольшим количеством избыточного феррита, преимущественно расположенного по границам бывшего аустенитного зерна. Бейнит состоит из реек бейнитного феррита и тонких прослоек остаточного аустенита. Средняя ширина реек составляет ≈ 400 нм, аустенитных прослоек ≈ 40 нм. Количество остаточного аустенита ≈ 1%.

Закалённую сталь 08ХФА подвергали последующему отпуску (30 минут) при температурах 200 °С, 300 °С, 400 °С, 500 °С, 600 °С и 700 °С. После каждой температуры отпуска исследовали структурное состояние и определяли его свойства.

Использовали следующие методы исследований:

- металлографический анализ, включающий электронную сканирующую микроскопию (микроскоп марки XL-30 фирмы «Philips» и методика EBSD определения углов разориентации между зёрнами), электронную микроскопию на просвет (микроскоп марки УМВ-100Л) и дифракционный анализ;

- рентгеноструктурный анализ (дифрактометр Shimadzu Maxima XRD-7000S). Определяли фазовый состав напряжений 3-го рода и плотность дислокаций;

- метод внутреннего трения, по высоте релаксационных пиков Снука и Снука-Кёстера. Определяли концентрацию углерода в твёрдом растворе и на дислокациях;

- механические свойства: испытания на твёрдость (ГОСТ 9013), испытания на одноосное растяжение (ГОСТ 1497), испытания на ударную вязкость (ГОСТ 9454);

- водородное растрескивание (NACE TM 0284), СКРН под напряжением (NACE TM 0177); стойкость к углекислотной коррозии.

Полученные результаты позволили описать последовательность и механизмы превращений бескарбидного бейнита низкоуглеродистых сталей в процессе отпуска:

1. В закалённом состоянии углерод располагается в прослойках непревращённого аустенита и в бейнитном феррите, концентрируясь на дислокациях.
2. Отпуск при 200 °С приводит к распаду прослоек остаточного аустенита.
3. При отпуске 300 °С появляются первые выделения игольчатого цементита.
4. В интервале 400-500 °С начинаются процессы полигонизации, снижается количество малоугловых границ. Увеличиваются размеры и сфероидизация частиц. Появляются цепочки карбидных включений по границам бейнитных реек.
5. С температуры отпуска 600 °С интенсивно развиваются процессы рекристаллизации. Начинаются карбидные реакции замещения цементита на специальные карбиды. Концентрация углерода в твёрдом растворе резко возрастает.
6. При отпуске выше 700 °С первичная рекристаллизация сопровождается вторичной и интенсивно увеличивается размер ферритных зёрен.