

КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ МЕЗОФЕРИТА СТАЛИ 24Х2НАЧ ПРИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ*

Д.П. Чепрасов, Е.А. Иванайский, А.А. Иванайский, Ю.А. Филатов (г. Барнаул, Россия)

Для уточнения строения и кинетики образования промежуточных структур низкоуглеродистых низколегированных сталей была проведена ступенчато-изотермическая закалка образцов стали 24Х2НАч, фиксирующая структуру после определенного времени распада γ -фазы в промежуточной области.

Образцы для ступенчато-изотермической закалки имели прямоугольную форму и размеры 7,5x12x2 мм. Выбор малых размеров продиктован необходимостью снижения тепловой инерционности. После нагрева в соляной ванне до 880 °С и выдержки 10 мин образцы переносили в свинцовую ванну. Время, затрачиваемое на перенос, не превышало 1 секунды. Температуру в свинцовой ванне для каждой новой партии образцов понижали на 50 °С в диапазоне от 600 до 400 °С. Время выдержки каждого последующего образца партии увеличивали, и оно соответственно составляло 2; 4; 6; 8; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 120; 300; 600; 1200 секунд. После выдержки в свинцовой ванне образцы охлаждали в воде для перевода не распавшегося аустенита в мартенсит.

В процессе изотермической закалки аустенит, сохранившийся при температуре изотермической выдержки, превращается в мартенсит. Поэтому путем последующего микроструктурного исследования образцов довольно легко определить характер и количество выделившейся добейнитной α -фазы, как продукта изотермического распада аустенита. В случае, когда время выдержки было меньше инкубационного периода, при данной температуре, распад аустенита во время изотермической выдержки не начинался, и в структуре образца будет чистый мартенсит. Естественно, что в случае полного распада аустенита при изотермической выдержке участки мартенсита в структуре отсутствуют и все поле шлифа занимают продукты изотермического превращения.

На рисунке 1 представлена фотография микроструктуры образца подвергнутого ступенчато-изотермической закалке с выдержкой 20 секунд при температуре 550 °С.

*Работа выполнена при финансировании в виде гранта президента РФ на поддержку молодых российских ученых и ведущих научных школ Российской Федерации

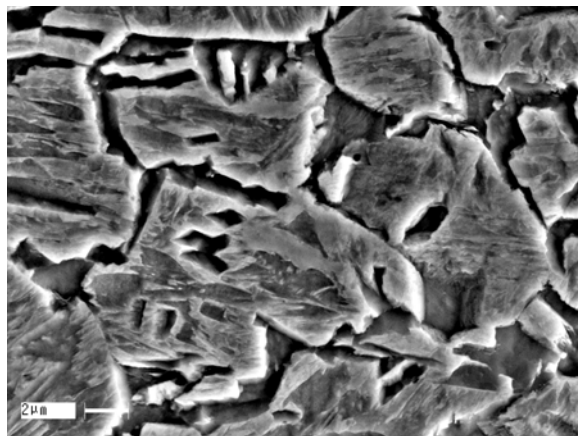


Рисунок 1 – Микроструктура стали 24Х2НАч. Изотермическая выдержка 20 секунд при температуре 550 °С

По ряду фотографий микрошлифов был определен процент распада аустенита, в зависимости от температуры изотермической выдержки во времени. Результаты расчета позволили построить кинетические кривые распада переохлажденного аустенита для данной стали (рисунок 2).

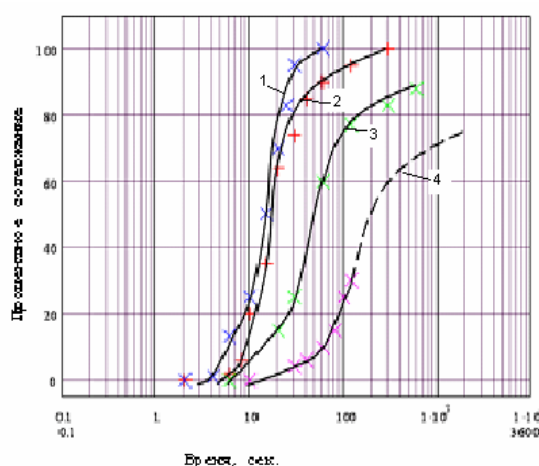


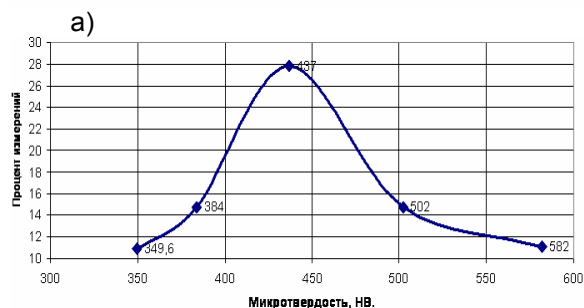
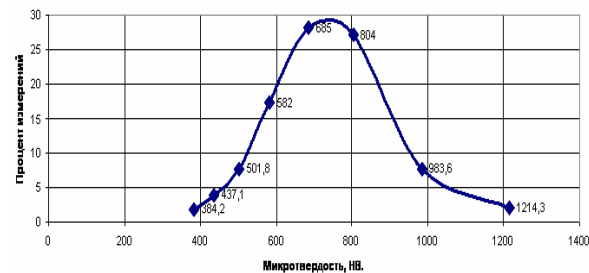
Рисунок 2 – Кинетические кривые распада переохлажденного аустенита стали 24Х2НАч. Кривые 1, 2, 3 и 4 соответствуют температуре изотермической выдержки образцов 400, 450, 500 и 550 °С

КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ МЕЗОФЕРРИТА СТАЛИ 24Х2НАЧ ПРИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Фазовые превращения протекают в условиях, когда система переходит к термодинамически более устойчивому состоянию с меньшей свободной энергией или термодинамическим потенциалом, то есть когда будет выигрыш в свободной энергии.

Снижение температуры с одной стороны увеличивает разность свободных энергий аустенита и мезоферрита, что ускоряет превращение, а с другой, - вызывает уменьшение скорости диффузии углерода. Суммарное действие обоих факторов приводит к тому, что в начале с увеличением переохлаждения скорость превращения возрастает, достигает при каком-то значении переохлаждения максимума и затем убывает. Максимум скорости превращения соответствует примерно тому времени, когда превратилось примерно 50% аустенита, что соответствует точкам перегиба на середине кинетических кривых.

ДюрOMETрическим методом образцы, исследовались с целью измерения твердости структурных составляющих. Так как твердость продуктов изотермического превращения отличается от твердости мартенсита, то по характеру изменения твердости образцов, сильно травящейся структурной составляющей, был сделан вывод, что она представляет собой добейнитную α - фазу (рисунок 3). Профессор Прусаков Б.А. считает целесообразным назвать эту структуру собственным именем - «мезоферрит».



б)

Рисунок 3 – Распределение микротвердости структурных составляющих: а) слабо травящейся структурной составляющей, б) сильно травящейся структурной составляющей

В зависимости от длительности изотермической выдержки удалось наметить моменты начала и конца распада переохлажденного аустенита и оценить количество образовавшихся продуктов (рисунок 4).

Конечно, такие определения являются весьма ориентировочными, так как наличие наряду с мартенситом небольшого количества более мягких продуктов превращения, точно так же, как и наличие небольшого количества мартенсита в продуктах изотермического превращения, очень мало отражается на изменении твердости стали. Поэтому при дюрOMETрическом исследовании величина инкубационного периода оказалась больше, а время полного распада аустенита, наоборот, меньше, чем при других методах исследования.

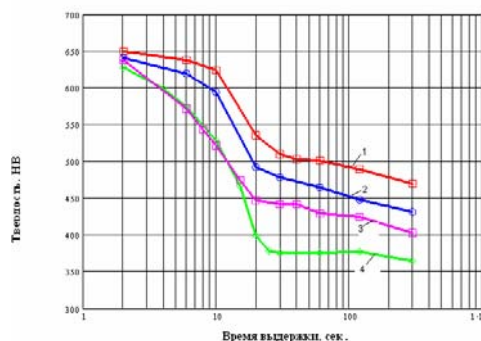


Рисунок 4 – Кривые измерения твердости образцов стали 24Х2НАЧ. Кривые 1, 2, 3 и 4 соответствуют температуре при изотермической выдержке образцов 550, 500, 450 и 400 °С

Особенно большая неточность дюрOMETрического метода наблюдается в тех случаях, когда твердость продуктов изотермического превращения близка к твердости мартенсита, что соответствует превращению аустенита при температуре (400°С), близкой к мартенситной точке ($M_n=380^{\circ}C$). Поэтому дюрOMETрический метод исследования имеет довольно ограниченное применение и мы его использовали в дополнение к структурному методу.

Исследование строения и кинетики образования структур зернистой морфологии, формирующихся в промежуточной области при изотермическом распаде аустенита, позволили сделать выводы, что превращение при 500 °С начинается с появления добейнитной α -фазы. Мезоферрит образуется преимущественно по границам аустенитных зерен, где зарождение центров новой фазы облегчено. Через 50 секунд изотермической

выдержки общее количество продуктов распада аустенита достигает 50-60 % . В некоторых редких участках начинает просматриваться фаза в виде отдельных или чередующихся пластин-игл. Последние более отчетливо видны после травления щелочным раствором пикрата натрия. Эти участки следует считать верхним бейнитом, однако в рассматриваемой структуре его еще мало. Основная часть структуры состоит из мезоферрита, образовавшегося в результате γ - α превращения, в процессе которого карбиды не выделялись, а углерод диффузионно перераспределялся от фронта фазовой перекристаллизации в непревращенный аустенит. Зерна мезоферрита в основном имеют полиэдрическую форму и различаются размерами в зависимости от времени образования. Они в одних участках примыкают друг к другу, в других выглядят как островковые включения, окруженные мартенситом, образовавшимся в процессе охлаждения. Следующие 50 секунд превращение идёт со значительно меньшей скоростью, что связано с увеличением концентрации углерода в непревращенном аустените и повышением его устойчивости. За этот отрезок времени распалось ещё примерно 20 % аустенита, превратившись в основном в верхний бейнит. Электронная микроскопия не выявила наличия глобулярных карбидов, характерных для зернистого бейнита. Появились признаки отпуска мезоферрита, образовавшегося на начальных стадиях распада. Он стал склонен к растравливанию с плохо выявляемыми границами зерен. Дальнейшие выдержки, незначительно увеличивая количество изотермически распавшегося аустенита, приводят к развитию отпускных процессов. В результате появляются мелкодисперсные глобулярные карбиды,

придающие структуре более однородный зернистый вид.

Образование мезоферрита наблюдается и при более низких температурах изотермического превращения, вплоть до температуры 450 °С. Количество аустенита, претерпевшего бескарбидный этап распада, с понижением температуры от 500 до 450 °С резко уменьшается, вследствие снижения диффузионной подвижности углерода. Количество верхнего бейнита в структуре соответственно растёт. Продукты превращения становятся дисперснее.

При температуре изотермической выдержки 400 °С распад аустенита начинается непосредственно с образования игольчатой микроструктуры, идентифицированной как нижний бейнит.

Наличие значительного количества зернистой добейнитной α -фазы мезоферрита обуславливает глобулярный характер структурам, формирующимся при изотермическом распаде аустенита в верхней части промежуточной области.

Выводы

1. Определена кинетика изотермического превращения аустенита стали 24Х2Н4С в промежуточной области, описаны образующиеся структуры, предложен механизм их формирования.

2. С течением времени при изотермической выдержке образование мезоферрита прекращается, и продуктом продолжающегося распада переохлажденного аустенита становится верхний бейнит.

3. В процессе изотермической выдержки часть аустенита сохраняется и при последующем охлаждении в воде превращается в мартенсит. Конечная структура состоит из мезоферрита, верхнего бейнита и мартенсита.