

# ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ ЗТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

М. Н. Сейдуров

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия

В работах [1-3] было установлено, что деформационное воздействие оказывает положительное влияние на расширение скоростного диапазона формирования промежуточных структур зернистой морфологии в околошовной зоне (ОШЗ) при допустимом уровне внутренних напряжений. Наименьшая склонность к формированию промежуточных структур зернистой морфологии проявлялась на участке перегрева ОШЗ в отсутствии деформационного воздействия. Следовательно, представлялось интересным, с практической точки зрения, дальнейшее изучение влияния этого фактора на процесс структурообразования в промежуточной области при степени пластического деформирования, значительно превышающей 1,5 – 3 %.

Исследования проводили с помощью экспериментальной установки при растяжении образцов-имитаторов из стали 24Х2НАч в ходе протекания фазовых превращений. Структуру и фазовый состав изучали с помощью световой (НЕОРНОТ-32) и просвечивающей электронной микроскопии (УЭМВ-100К, ЭМ-125 и ЭМ-125К), рентгеноструктурного анализа (ДРОН-2,0). Эксперименты проводили при степени предварительной горячей пластической деформации аустенита от 20 до 80 % с шагом 15 %.

На рисунке 1 приведены микроструктуры, полученные на образцах-имитаторах, испытавших различные объемы пластической деформации при аустенизации от температуры 1250 °С и охлажденные непрерывно со скоростью  $\omega_{6/5} = 3,8$  °С/с.

Установлено, что при заданных условиях и степени пластической деформации от 20 до 50 % структуры зернистой морфологии формируются без видимых изменений. При степени предварительной горячей пластической деформации в аустенитной области более 50 % изменяется структура стали.

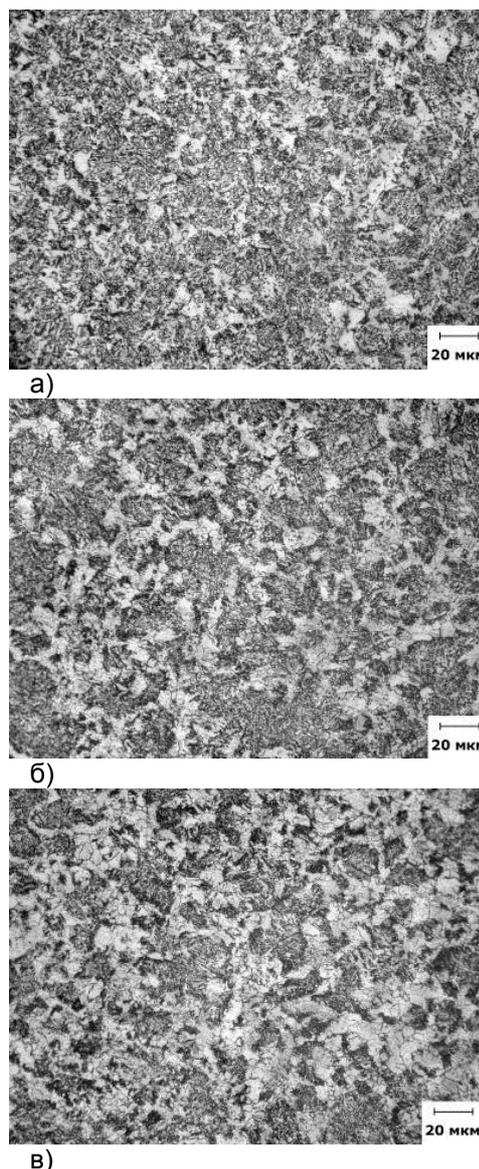


Рисунок 1 – Микроструктура участка перегрева ЗТВ стали 24Х2НАч со степенью деформации  $\varepsilon$ , %: а) 20; б) 50; в) 80

Степень деформации, составляющая 50 %, является, по-видимому, критической и приводит к появлению в структуре стали отдельных крупных зерен, в которых из-за более высокой устойчивости аустенита происходит превращение не в зернистый

## ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ ЗТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

бейнит и мезоферрит, а в верхний бейнит и структурно-свободный феррит. Пластическая деформация сопровождается упрочнением металла и повышением в нем напряжений выше условного предела текучести аустенита, в результате чего с ростом уровня деформирования происходит повышение твердости от HV = 283 до HV = 325.

Исходя из полученных результатов,

комплексные исследования процесса распада аустенита в промежуточной области от температур 860 и 1250 °С с построением диаграмм АРА и структурных диаграмм были проведены при наименьшей степени пластической деформации, составляющей 20 %.

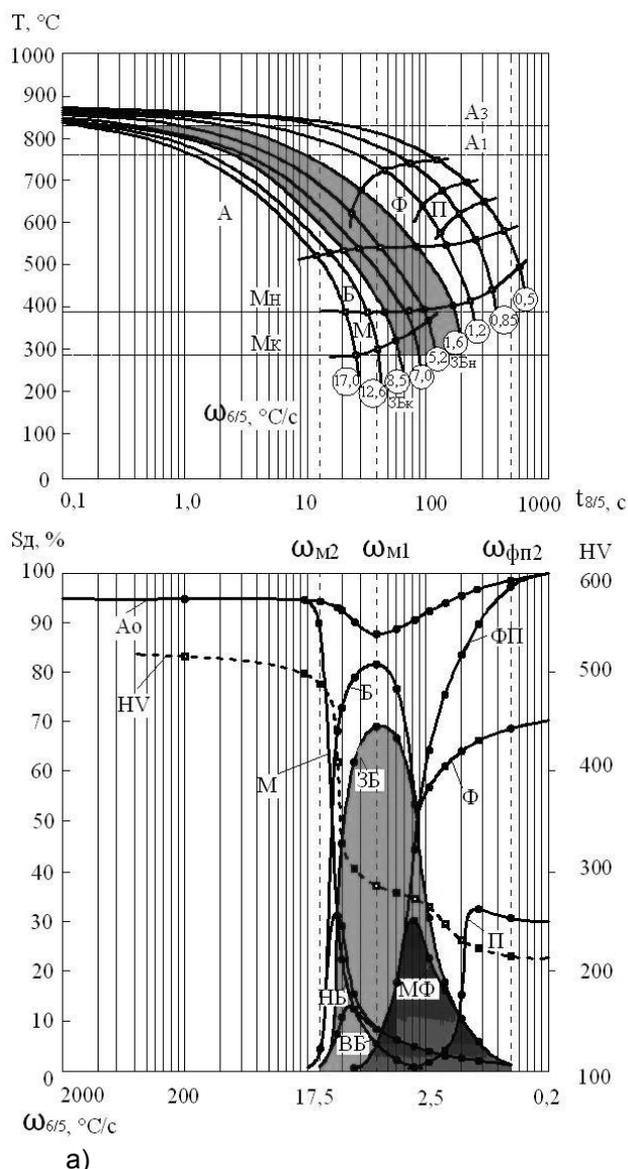


Рисунок 2 – Диаграмма АРА со структурной диаграммой (а) и микроструктура участка полной перекристаллизации ЗТВ стали 24Х2Н4с, охлажденного от температуры 860 °С, степени деформации  $\varepsilon = 20\%$  со скоростью  $\omega_{6/5}$ , °C/c: б) 5,2; в) 8,5; г) 12,6

Установлено, что при 20 % степени предварительного горячего пластического деформирования в аустенитной зоне происходит расширение скоростного диапазона формирования зернистого бейнита и мезоферрита в зоне полной перекристаллизации.

Благоприятными являются скорости охлаждения  $\omega_{6/5}$  от 1,6 до 8,5 °C/c (рисунок 2, а). Ферритная область приобрела большие размеры и сместилась вверх и влево, что способствовало образованию до 30 % мезоферрита, который на ряду с кар-

бидами типа  $Me_{23}C_6$  является основной составляющей промежуточных структур зернистой морфологии. Спектр структур образцов-имитаторов, подвергнутых 20 % пластической деформации от температуры аустенизации 860 °С, представлен на рисунке 2, б-г.

Отличительной особенностью структурообразования в высокотемпературной зоне при степени пластической деформации, составляющей 20 %, является форми-

рование промежуточных структур зернистой морфологии со значительной долей мезоферрита и минимальным количеством мартенсита при скоростях охлаждения  $\omega_{6/5}$  от 0,7 до 5,2 °С/с (рисунок 3, а). Структура образцов-имитаторов, подвергнутых 20 % пластической деформации от температуры аустенизации 1250 °С, представлена на рисунке 3, б-г.

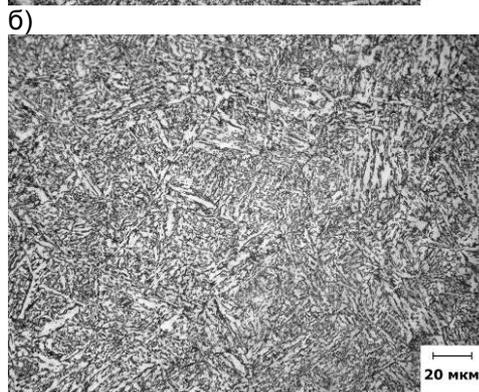
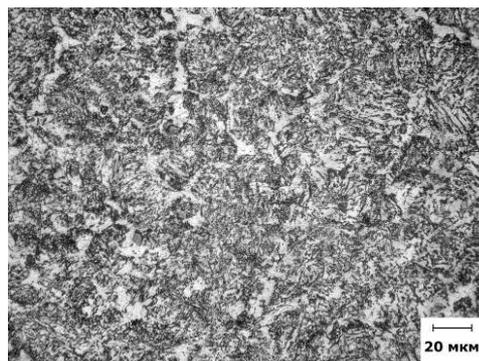
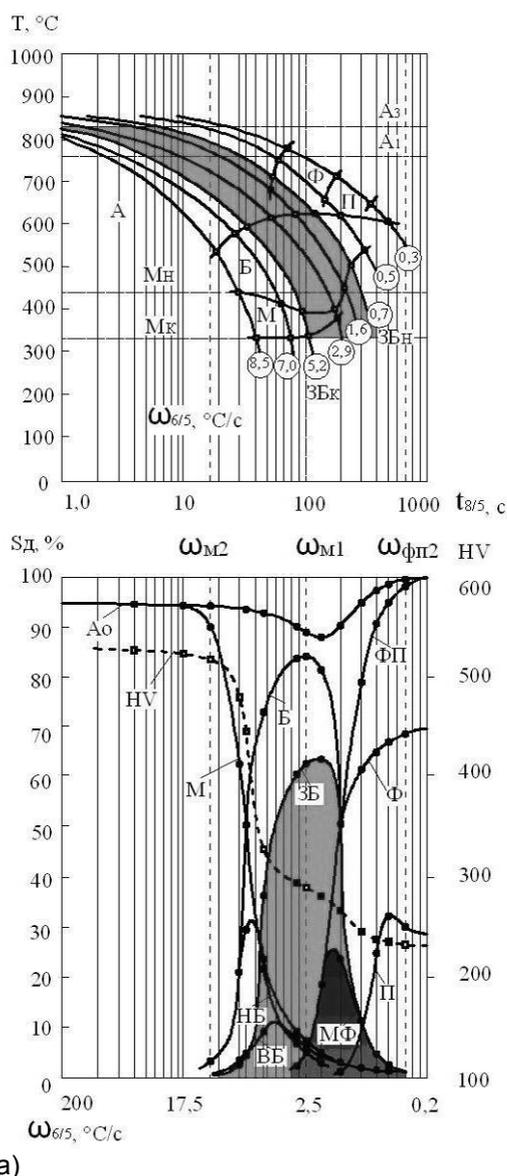


Рисунок 3 – Диаграмма АРА со структурной диаграммой (а) и микроструктура участка перегрева ЗТВ стали 24Х2НАч, охлажденного от температуры 1250 °С, степени деформации  $\epsilon = 20\%$  со скоростью  $\omega_{6/5}$ , °С/с: б) 5,2; в) 7,0; г) 8,5

Таким образом, предварительная горячая пластическая деформация в аустенитной области оказывает существенное влияние на фазовые превращения при непрерывном охлаждении а, следовательно, и

на формирование окончательной структуры. Пластическая деформация в аустенитной области, превышающая 50 %, приводит к частичному росту зерна и повышению устойчивости аустенита, формируется

## ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ ЗТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

верхний бейнит и структурно-свободный феррит.

Наличие в аустените структурных несовершенств, дефектов кристаллического строения и градиентов концентраций, вызванных горячей пластической деформацией меньшей степени (менее 50 %) обуславливает образование промежуточных структур зернистой морфологии и смещает область их формирования в сторону более высоких скоростей охлаждения и температур превращения. После горячей пластической деформации и непрерывного охлаждения в характерном для ОШЗ интервале скоростей объемная доля речного бейнита незначительна, преимущественно присутствуют мезоферрит и зернистый бейнит. Повышение скоростей охлаждения приводит к изменению морфологии образующегося бейнита с зернистой на игольчатую. Образование игольчатых структур во всем объеме исходного аустенитного зерна приводит к значительной неоднородности. Феррит выделяется вдоль бывших границ зерен аустенита.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чепрасов Д.П. Влияние термомеханических циклов на формирование зернистого бейнита в околошовной зоне при дуговой сварке стали 24Х2Н4С / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдуров, А.А. Иванайский // Ползуновский вестник. – 2008. – № 4. – С. 89-94.
2. Чепрасов Д.П. Особенности формирования бейнитных структур зернистой морфологии в ОШЗ сварных соединений из высокопрочных низколегированных сталей / Д.П. Чепрасов, Сварочное производство. – 2009. – № 7. – С. 7-11.
3. Сейдуров М.Н. Наноструктуры в проблемных участках сварных соединений из высокопрочных низколегированных сталей / М.Н. Сейдуров, А.А. Иванайский // Ползуновский альманах. – 2010. – № 1. – С. 143-145.