

ОЦЕНКА СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ УЧАСТКОВ ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

© 2022 г. Александр Викторович Гончар^{1*}, М.С. Аносов^{2**}, Д.А.Рябов^{2***}

¹ – *Институт проблем машиностроения РАН филиал ФГБНУ «ФИЦ ИПФ РАН», 603024 г. Н. Новгород, улица Белинского, 85*

² – *Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 603950 г. Н. Новгород, улица Минина, 24*

* - *avg-ndt@mail.ru*; ** - *anosov-maksim@list.ru*; *** - *ryabovdm1996@gmail.com*

Большое количество изделий машиностроения получено с использованием сварки. В зоне термического влияния после сварки наблюдается значительный градиент физико-механических характеристик материала, вследствие особенностей формирования в ней микроструктуры материала. Зона термического влияния (ЗТВ) сварки является наиболее слабым местом в конструкционном материале. В связи с этим, в процессе эксплуатации конструкции, необходимо иметь данные о фактическом состоянии материала в различных участках ЗТВ и остаточном ресурсе материала. Одним из наиболее информативных методов оценки структурного состояния является метод оптического наблюдения и контроля наиболее нагруженных участков в конструкции с использованием количественных параметров микроструктуры. Целью исследования является оценка структурных изменений при механических испытаниях участков ЗТВ сварного соединения.

Для исследования процесса статического и усталостного нагружения различных участков ЗТВ сварных соединений в качестве материала для исследования выбрана сталь марки Ст3, широко применяемая для изготовления сварных конструкций. Образцы для испытаний были получены из различных участков ЗТВ, а именно из участка перегрева и нормализации, где наблюдается соответственно наибольший и наименьший размер зерна. Для цифровой обработки изображений микроструктуры рабочей зоны в процессе испытаний образца была разработана программа в среде MATLAB [1]. Программа позволяет проводить расчет концентрации образовавшихся в процессе испытаний дефектов и полос скольжения (n) (мм^{-2}), а также их относительной площади Sотн. в процентном соотношении к площади анализируемого изображения.

Наибольший интерес представляет анализ эволюции микроструктур в процессе упругопластического циклического деформирования различных участков ЗТВ Ст3. Микроструктуры рабочей зоны образца в исходном состоянии и в момент появления магистральной трещины показаны на рис. 1 для анализируемых участков. При усталостном нагружении, уже на начальном этапе, наблюдается образование большого

количества полос скольжения и микротрещин, анализ которых проводили с использованием указанных количественных показателей микроструктуры (рис. 2).

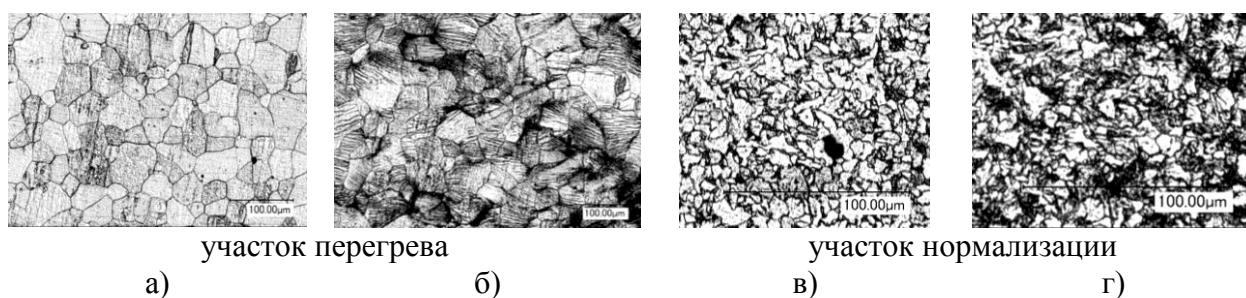


Рис. 1 Структурные изменения в процессе усталостного нагружения участка перегрева и участка нормализации ЗТВ при различной наработке образца в исходном состоянии (а, в) и в момент образования макротрещины (б, г) ($\sigma_{\max} = 250$ МПа) (x500)

Образование макротрещины наблюдается при наработке порядка 0,85 и 0,7 для участка перегрева и нормализации ЗТВ соответственно.

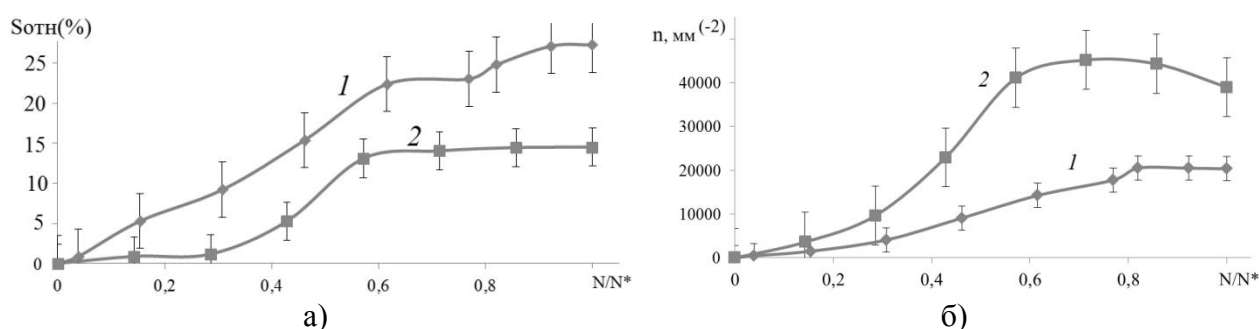


Рис. 2 Зависимость относительной площади $S_{отн}$. (а) и удельного количества n (б) дефектов и полос скольжения в изображении микроструктуры от наработки образца на участках перегрева (1) и нормализации (2) ЗТВ

При усталостном нагружении различных участков ЗТВ наблюдается монотонное увеличение общего количества и относительной площади полос скольжения и микродефектов в структуре ст. 3 (рис. 2), вплоть до образования магистральной трещины. После появления магистральной трещины $S_{отн}$ практически не изменяется, а удельное количество дефектов и полос скольжения в структуре снижается, прежде всего, за счет слияния отдельных дефектов и полос скольжения в процессе роста усталостной трещины.

Таким образом, рассчитанные количественные показатели могут быть использованы в качестве информативных параметров для оценки структурной поврежденности и наработки материала в различных участках ЗТВ сварного соединения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 21-79-10395.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gonchar A.V., Andreeva O.V., Anosov M.S.* Study of fatigue failure of construction steels by using modern methods of digital processing of microstructural images. *Materials Today: Proceedings. ICMTMTE 2020. 2021.* С. 1701-1705.