

УДК 620.170:621.791

DOI: 10.17223/00213411/62/9/48

*Н.А. ПОПОВА<sup>1</sup>, А.Н. СМЕРНОВ<sup>2,3</sup>, Е.Л. НИКОНЕНКО<sup>1,4</sup>, Н.В. АБАБКОВ<sup>2,3</sup>, Н.А. КОНЕВА<sup>1</sup>***ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ В СВАРНОМ ШВЕ СТАЛИ 12Х18Н10Т**

Методом просвечивающей дифракционной электронной микроскопии на тонких фольгах проведено исследование структурно-фазового состояния зоны термического влияния сварного шва, выполненного ручной дуговой сваркой на стали аустенитного класса 12Х18Н10Т и затем подвергнутого пластической деформации. Механические испытания на квазистатическое активное растяжение проводились на универсальной испытательной машине Instron 1185 при комнатной температуре со скоростью  $1.7 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$  до степеней деформации 5 и 37 %. Исследования выполнялись в зоне термического влияния на расстоянии 1 мм от линии сплавления в сторону основного металла – зона основного металла и на расстоянии 0.5 мм в сторону наплавленного металла – зона наплавленного металла. Установлено, что сварка приводит к образованию  $\epsilon$ -мартенсита как в зоне основного, так и в зоне наплавленного металла, причем в зоне наплавленного металла превращение  $\gamma \rightarrow \epsilon$  проходит более интенсивно. Пластическая деформация в интервале  $\epsilon = 0\text{--}5\%$  во всей зоне термического влияния приводит к дальнейшему фазовому  $\gamma \rightarrow \epsilon$ -превращению. В зоне наплавленного металла это превращение также проходит более интенсивно. Дальнейшее повышение степени пластической деформации в интервале  $\epsilon = 5\text{--}37\%$  приводит к фазовому  $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha$ -превращению и упругопластическому искажению кристаллической решетки  $\alpha$ -фазы. При этом кристаллическая решетка  $\gamma$ -фазы по-прежнему имеет пластический изгиб. В целом, по всему объему материала в зоне термического влияния выполняются следующие условия: скалярная плотность дислокаций выше избыточной и внутренние напряжения сдвига выше дальнодействующих.

**Ключевые слова:** ручная дуговая сварка, зона основного металла, зона наплавленного металла, сталь, аустенит, микродвойники,  $\epsilon$ -мартенсит,  $\alpha$ -мартенсит, объемная доля, скалярная и избыточная плотность дислокаций, внутренние напряжения.

**Введение**

Известно, что сварные соединения в настоящее время являются элементами большинства конструкций. Из множества различных способов сварки, применяемых современной технологией, одним из самых распространенных способов до сих пор остается ручная дуговая сварка (РДС) плавящимися металлическими электродами, так как она может быть выполнена в любых труднодоступных местах, обеспечивая хорошее качество сварных швов. Поэтому задача увеличения качества сварных соединений и их надежности была и остается актуальной. Решение этой задачи базируется на знании процессов изменения структуры, фазового состава и механических свойств сварных швов в зависимости от условий работы сварных соединений. Это, прежде всего, зависит от качества стыков наплавленного и основного металлов, т.е. зоны термического влияния. Именно такие места являются наиболее опасными концентраторами напряжений, которые приводят к образованию трещин и различных дефектов [1, 2], что существенно снижает прочность и надежность сварного изделия. Прочность и надежность изделий со сварными швами зависит также и от состояния материала в самих швах. Поэтому знание структурно-фазового состояния материала сварного шва и стыков наплавленного и основного металлов (морфологии и состояния её дефектной субструктуры, фазового состава) позволит не только оценить прочностные свойства сварного изделия, но и даст возможность прогнозировать поведение шва в процессе его эксплуатации.

В различных отраслях промышленности благодаря хорошему сочетанию высокой прочности и пластичности широко применяются аустенитные нержавеющие стали. Однако в большинстве аустенитных сталей изменение химического состава [3–6], деформация [3–5, 7–12], а также термические [3, 8, 11] и термомеханические [12, 13] воздействия могут привести к перестройке кристаллической решетки, а именно: аустенит ( $\gamma$ -фаза, обладающая ГЦК-кристаллической решеткой) может превращаться в мартенсит. При этом могут образовываться два типа мартенсита:  $\epsilon$ -мартенсит, имеющий гексагональную плотноупакованную (ГПУ) кристаллическую решетку, и  $\alpha$ -мартенсит, имеющий объемноцентрированную (ОЦК) кристаллическую решетку. Оба типа мартенсита образуются бездиффузионным путем в такой последовательности: дв.  $\rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha$ , где дв. – механические (или деформационные) микродвойники, обладающие ГЦК-кристаллической решет-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>