

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЮ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА СТАЛЕЙ 08X18N10T И 20X13 ПРИ УСТАЛОСТИ

Бессонов Д.А., Воробьев С.В., Горбунов С.В., Иванов Ю.Ф.*, Коновалов С.В.,
Белоусова Я.В., Громов В.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет. Новокузнецк, Россия.
gromov@physics.sibsiu.ru

**Институт сильноточной электроники СО РАН. Томск, Россия*
yufi@mail2000.ru

В работе выполнено исследование влияния электронно-пучковой обработки на структуру, фазовый состав и дефектную субструктуру сталей 08X18N10T и 20X13 и их изменение при многоцикловой усталости.

Установлено, что электронно-пучковая обработка стали 08X18N10T сопровождается существенным преобразованием структуры поверхностного слоя, заключающемся: в формировании ячеек дендритной кристаллизации; в полном растворении частиц исходной карбидной фазы; в снижении среднего размера зерен (в 1,5...2 раза); в выделении наноразмерных частиц второй фазы.

Показано, что фазовый состав (размеры и плотность частиц карбидной фазы) и состояние дефектной субструктуры (скалярная плотность дислокаций, ширина изгибных экстинкционных контуров и плотность концентраторов внутренних напряжений, плотность микродвойников и размеры областей разориентации) закономерным образом изменяются по мере удаления от поверхности облучения, что свидетельствует о формировании в стали градиентного структурно-фазового состояния. Установлено, что при электронно-пучковой обработке формируется прочный подповерхностный слой.

Установлено, что разрушение стали 08X18N10T, не обработанной электронным пучком в условиях многоцикловой усталости ($N \sim 1,8 \cdot 10^5$ циклов) обусловлено: формированием пиковых значений внутренних полей напряжений близи границы раздела карбид / матрица.

Многоцикловые усталостные испытания стали 08X18N10T, подвергнутой предварительной электронно-пучковой обработке при плотности энергии пучка электронов 15 Дж/см^2 , приводящей к увеличению в 1,5 раза усталостной долговечности, сопровождаются формированием многослойной структуры. В структуре лицевой поверхности образца выявлены кристаллы ϵ -мартенсита, вдоль границ раздела которых наблюдаются микротрещины.

Электронно-пучковая обработка стали в режиме плавления поверхностного слоя способствовала увеличению в $\sim 3,5$ раза усталостной долговечности модифицированной электронным пучком стали 08X18N10T. Показано, что многоциклово-усталостные испытания стали 08X18N10T, подвергнутой предварительной электронно-пучковой обработке, сопровождаются формированием градиентной структуры.

Установлено, что причинами повышения усталостной долговечности, инициированной электронно-пучковой обработкой стали является измельчение зеренной и субзеренной структуры, растворение частиц карбидной фазы в поверхностном слое.

Показано, что обработка поверхности предварительно закаленной стали 20X13 высокоинтенсивным электронным пучком субмиллисекундной длительности воздействия приводит к существенному увеличению усталостной долговечности материала в $\sim 1,9$ раза: измельчению зеренной и субзеренной (формирование структуры ячеистой кристаллизации субмикронных размеров) структуры поверхностного слоя; некоторому снижению концентрации хрома в поверхностном слое.

Высокоинтенсивная электронно-пучковая обработка в режиме оплавления поверхности предварительно закаленной стали 20Х13 приводит к формированию градиентной многофазной структуры. Слой, формирующийся в результате высокоскоростной кристаллизации (поверхностный слой толщиной не менее 5 мкм), характеризуется формированием зеренно-субзеренной структуры с размером зерен ~3 мкм и наличием областей с многофазной структурой, формирующихся в результате контактного плавления стали вдоль границы раздела карбид $M_{23}C_6$ / матрица. В слое, расположенном на глубине ~20 мкм (зона термического влияния), выявлено формирование структуры с высоким уровнем внутренних напряжений. Показано, что релаксация полей напряжений сопровождается фрагментацией мартенситной структуры и образованием микротрещин, располагающихся вдоль границы раздела карбид / матрица.

При анализе поверхности разрушения выявлено формирование многослойной структуры, обнаружены микротрещины, расположенные в слое термического влияния. Проведены исследования методами дифракционной электронной микроскопии структуры и фазового состава поверхностного слоя образцов стали, разрушенных в результате усталостных испытаний. В слое, расположенном на глубине ~20 мкм, выявлено формирование субзеренной и полосовой структуры с высокой плотностью концентраторов полей внутренних напряжений. Установлено, что концентраторы с максимальной амплитудой полей внутренних напряжений формируются у границы раздела частица карбидной фазы – α -матрица. Это позволило высказать предположение, что основной причиной повышения усталостной долговечности стали 20Х13 является растворение при электронно-пучковой обработке присутствующих в приповерхностном слое глобулярных частиц карбидов типа $M_{23}C_6$.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 г.г.» (гос. контракт №02.740.11.0538).

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И ДИСЛОКАЦИОННОЙ СУБСТРУКТУРЫ СТАЛИ Э76Ф ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

**Гришунин В.А., Воробьев С.В., Столбоушкина О.А., Комиссарова И.А.,
Иванов Ю.Ф.*, Коновалов С.В., Громов В.Е.**

Сибирский государственный индустриальный университет. Новокузнецк, Россия.

gromov@physics.sibsiu.ru

**Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия*

yufi@mail2000.ru

Целью работы являлось исследование структурно-фазового состояния и выявление закономерностей модификации поверхностного слоя рельсовой стали Э76Ф, подвергнутой обработке высокоинтенсивным электронным пучком.

В качестве материала исследования была выбрана рельсовая сталь Э76Ф. Образцы имели форму параллелепипеда размерами 8х12х16 мм³. Перед испытаниями образцы были поделены на четыре партии.

Первая партия образцов не облучалась, а остальные облучали электронным пучком на установке «СОЛО», разработанной и сконструированной в ИСЭ СО РАН (г. Томск) при фиксированных параметрах: длительность импульса воздействия пучка электронов $\tau = 50$ мкс; количество импульсов воздействия $N = 3$ имп.; частота следования импульсов $f = 0,3$ с⁻¹; давление остаточного газа (аргон) в рабочей камере ~0,02 Па. Переменным пара-