

Після випробувань на вигин було проведено детальний фрактографічний аналіз структури зламів зразків сталі з урахуванням типів руйнування та параметрів елементів мікрорельєфу поверхні руйнування за характерними зонами зламів: зона втомної тріщини (біля надрізу); зона магістрального руйнування (рис. 1); зона долому.

В результаті, фрактографічними дослідженнями встановлено, що оптимальна структура броньової сталі з точки зору фазового складу, мінімальних параметрів елементів рельєфу поверхні руйнування, відсутності вторинних тріщин при максимальній об'ємній частці в'язкої складової (90%) формується при охолодженні металу зі швидкістю $W_{6/5}=3,8$ °C. Це пов'язано зі збільшенням кількості нижнього бейніту до 10...12%

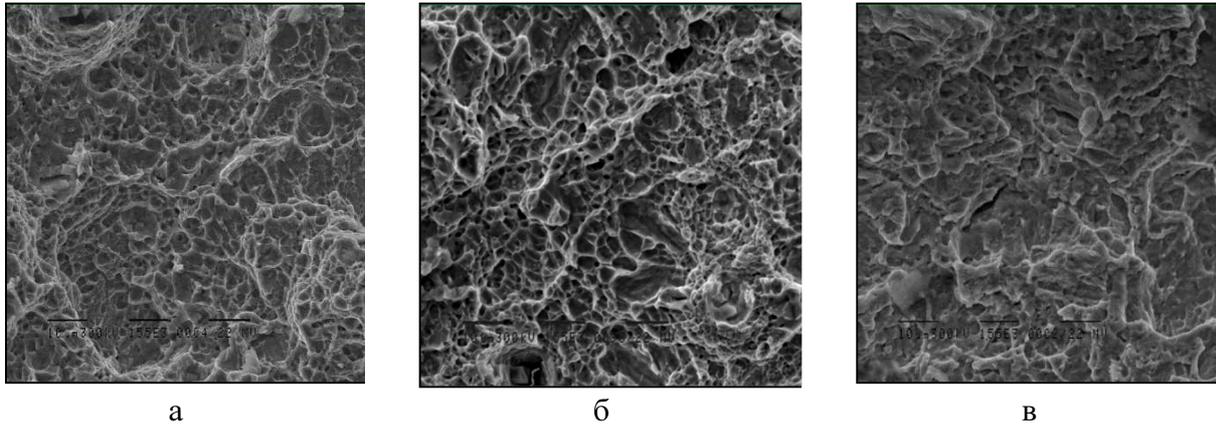


Рис. 1. – Характер руйнування в зоні магістрального розвитку тріщини броньової сталі (а - $W_{6/5}=3,8$ °C/c; б - $W_{6/5}=12$ °C/c; в - $W_{6/5}=21$ °C/c) $\times 1550$.

Список посилань

1. Скульский В.Ю. Особенности кинетики замедленного разрушения сварных соединений закаливающихся сталей (2009) Автоматическая сварка, 7, 14–20.
2. Гайворонский А.А., Саржевский В.А., Гордонный В.Г. (1997). Свариваемость среднеуглеродистой легированной стали 38Х2МЮА. Автоматическая сварка, 4, 20–24.
3. Костин В. А., Григоренко Г. М., Позняков В. Д.(2019) Особенности формирования структуры металла ЗТВ сварных соединений зарубежных специальных сталей. Сварочное производство, 12, 50-56.

УДК 621.791.72

Кушнарева О.С. канд. техн. наук
Бердникова Е.Н., канд. техн. наук, старший научн. сотрудник
Бернацкий А.В. канд. техн. наук
Кушнарева Т.Н. млад. научн. сотрудник
Алексеев И.И. млад. научн. сотрудник
Институт электросварки им. Е.О. Патона, olgakus@meta.ua

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ И ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

Одной из главных задач при изготовлении деталей машин и механизмов является обеспечение их служебных характеристик, что, как правило, зависит от условий их эксплуатации и от соответствующих свойств материалов, из которых эти детали изготовлены [1, 2]. Для конструкций с особыми свойствами их поверхностей, работоспособность и увеличение срока службы могут быть обеспечены за счет технологий упрочнения поверхностных слоев, к которым относятся современные лазерные и лазерно-плазменные способы их обработки [3]. Следует отметить, что в условиях использования этих технологий возникают проблемы, в значительной степени связанные с накоплением

локальных внутренних напряжений в обработанных поверхностях. Это является основной причиной снижения их трещиностойкости и, соответственно, служебных свойств всей конструкции [4].

В данной работе с помощью лазерного и лазерно-плазменного способов выполнено поверхностное легирование образцов, изготовленных из конструкционной стали 38ХНЗМФА на глубину до 2 мм. Для легирования были использованы смеси порошков, содержащие рэлит, хром, алюминий и кремний в определенных пропорциях.

Комплексные исследования, включающие в себя световую микроскопию (Versamet-2), аналитическую растровую электронную (СЭМ-515, фирмы PHILIPS, Ниделанды) и микродифракционную просвечивающую электронную микроскопию (JEM-200СХ, фирма JEOL, Япония), показали следующее. Легированные слои имеют четко выраженную кристаллическую структуру, направленную перпендикулярно линии сплавления. В случае лазерно-плазменной обработки кристаллиты имеют более протяженный ячеистый вид меньших размеров по сравнению с лазерным легированием. При сравнении образцов, полученных обоими способами поверхностного легирования установлено, что в случае лазерно-плазменного легирования структура и карбидные фазы диспергируются, при снижении плотности дислокаций от $\rho \sim 4 \times 10^9 \dots 1 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}$ (лазерное легирование, рис. 1, а) до $\rho \sim 8 \times 10^8 \dots 1 \times 10^9 \text{ см}^{-2}$ (рис. 1, б).

Выполненный комплекс экспериментальных исследований позволил провести аналитические оценки дифференцированного вклада различных структурно-фазовых составляющих и их параметров, формирующихся в исследуемых поверхностных слоях при различных режимах легирования, а также концентраций легирующих элементов в изменение наиболее значимых эксплуатационных характеристик обработанных поверхностей – прочности и трещиностойкости.

Установлено, что режимы лазерно-плазменного легирования способствуют увеличению прочностных характеристик (в среднем на 20 %) по сравнению с лазерным легированием. Наибольший вклад в упрочнение при оптимальном режиме обработки вносят фазовые выделения (27 %) и субструктура (25 %).

Режимами лазерно-плазменного легирования обеспечивается трещиностойкость обработанных легированных слоев, чему способствует равномерное и безградиентное распределение плотности дислокаций при отсутствии структурных условий формирования концентраторов внутренних напряжений - зон зарождения и распространения трещин.

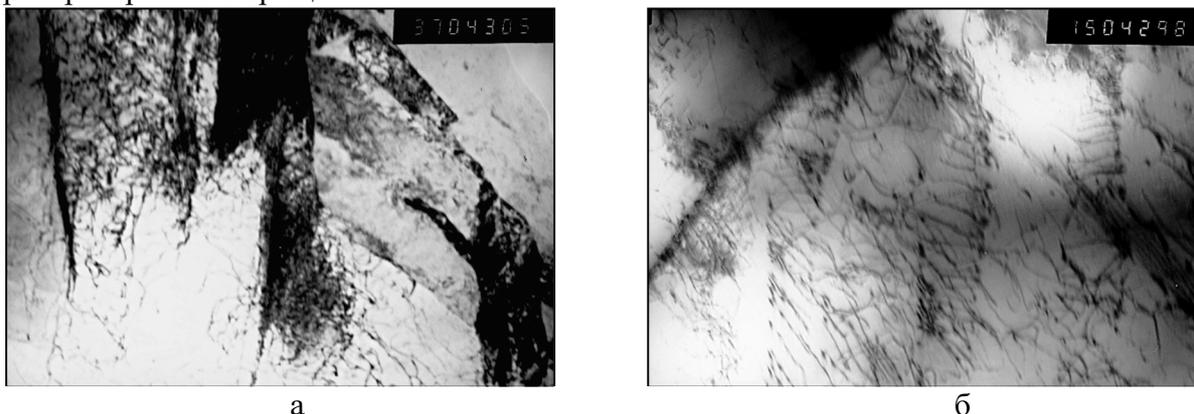


Рис. 1 – Тонкая структура легированных слоев: а - градиентное распределение дислокаций во внутренних объемах кристаллитов при лазерном легировании ($\times 37000$); б - равномерное распределение плотности дислокаций и фазовых выделений при лазерно-плазменном легировании ($\times 15000$)

Список ссылок

1. Курдюмов В.Я. Ремонт строительных машин методами сварки и наплавки / В.Я.Курдюмов, В.П. Рязанов - М.: Стройиздат, 1973. – 231 с.
2. Терегулов Н.Г. Лазерные технологии на машиностроительном заводе / Н.Г. Терегулов, Б.К. Соколов, Г. Варбанов, Б.С. Малышев, М.И. Неганов, Е.Ю. Ерофеев– Уфа, 1993. – 264 с.
3. Шелягин В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев. // Автомат. сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
4. Маркашова Л.И. Сварные соединения сложнолегированных алюминий-литиевых сплавов. Структура и эксплуатационные свойства / Л.И. Маркашова, О. С. Кушнарера // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сб. научн. тр. № 64, – Днепропетровск, ПГАСА, 2012. – С. 75 – 80.

УДК 621.81:621.337

Бердникова Е.Н., канд. техн. наук, старший научн. сотрудник
Кушнарера О.С. канд. техн. наук
Половецкий Е.В. канд. техн. наук, старший научн. сотрудник
Титков Е.П. млад. науч. сотрудник
Еремеева Л. Т. ведущ. инж-техн.

Институт электросварки им. Е.О. Патона, г. Киев, omberdnikova@gmail.com

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ДЕТОНАЦИОННОМ НАПЫЛЕНИИ

Актуальной задачей является повышение надежности и долговечности изделий, эксплуатационные характеристики, которых определяются свойствами их рабочих поверхностей и позволяют использовать их для работы в экстремальных условиях (высокие температура и давление, интенсивный износ трением, знакопеременные нагрузки и т.д.).

В работе проведены исследования структуры и свойств целого ряда композиционных покрытий (Al_2O_3-Al ; $ZrSiO_4$; $Ni-Cr-Si$; $WC-Co-Cr$; Cr_3C_2-NiCr ; $Cr_3C_2-TaC-NiCr$; Al_2O_3-Ti), нанесенных на различные материалы подложек (сталь, медь, алюминий, титан), полученных на различных режимах детонационного напыления [1 - 4].

Исследования структуры полученных покрытий (микротвердости, объемной доли пор, фазового состава, распределения дисперсных фаз, характера зеренной, субзеренной, дислокационной структур и др.) проводили на всех структурных уровнях (от зеренного до дислокационного) с применением комплексного методического подхода, включающего световую микроскопию (Versamet-2, Япония; Leco-M400, США), аналитическую растровую электронную микроскопию (Philips SEM-515, Нидерланды), рентгеноструктурный фазовый анализ (ДРОН-УМ1), а также просвечивающую микродифракционную электронную микроскопию (JEM-200CX, фирмы «JEOL» с ускоряющим напряжением 200кВ, Япония).

В результате исследования влияния используемых технологических режимов на структурно-фазовые изменения обрабатываемых поверхностей, показано следующее.

При различных режимах поверхностной обработки установлены существенные изменения:

- на 20...30% микротвёрдости обрабатываемых поверхностных слоев;
- состава, объемной доли (изменение в 1,5...2 раза), измельчения (от 0,2...1,1 мкм до 0,01...0,5 мкм) и распределения упрочняющих фаз;
- степени диспергирования (в 1,2...3 раза) зеренной и субзеренной структуры матричной основы;