

СТРУКТУРНО - ФАЗОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГРАДИЕНТА В ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ

Козлов Э. В.*., Коваленко В. В., Иванов Ю. Ф.*.

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия
Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия
vikt.kowalencko@yandex.ru

Совсем недавно обязательное требование однородности структуры (почти любого изделия независимо от условий эксплуатации и характера нагрузки) представлялось очевидным и обоснованным. Однако во многих случаях наличие градиентной структуры позволяет материалу приобрести новые, ранее неизвестные свойства. Термин «градиентные структуры» возник, когда началось интенсивное количественное изучение таких структур. Оно стало возможным благодаря развитию специальных методов дифракционной электронной микроскопии. Появились количественные данные электронных микроскопических измерений параметров материала, закономерно меняющихся в объеме и на поверхности.

В зависимости от характера изменения параметров материала градиентные структуры делятся на непрерывные (плавное, монотонное изменение параметров), дискретные (скачкообразное изменение параметров) или смешанные (оба случая одновременно).

Ярким примером формирования дискретного градиента являются структуры цементации стали. Сущность процесса цементации заключается, во-первых, в длительном тепловом воздействии и, во-вторых, в ускоренной диффузии углерода вглубь материала. При заданных режимах термообработки проникновение углерода наблюдалось на глубины от сотен микрометров и до 1 мм.

Исследования поперечного сечения образцов науглероженной стали, выполненные методами металлографии травленого шлифа, выявили, прежде всего, две основные зоны материала: 1) зону со значительным пересыщением по углероду – зона фронтальной диффузии (зона интенсивной, или реакционной, диффузии углерода) и 2) более протяженную зону, в которой концентрация углерода постепенно приближается к исходной, - зона объемной диффузии (зона термического влияния и слабой диффузии углерода). При более детальном исследовании структурно-фазового состояния материала были выделены еще две зоны: 1) зона, в которой имеет место одновременно и реакционная, и объемная диффузия углерода, или, иначе говоря, промежуточная зона и 2) зона с сохранившейся исходной структурой перлита, которая присутствует в центральной части образца.

Таким образом, выявленное методами металлографии поперечного травленого шлифа зонное строение цементации стали однозначно свидетельствует о градиенте концентрации углерода в стали. Наличие четких границ между зонами указывает на дискретный характер данного градиента.

Более детальные послойные исследования цементованной стали, выполненные методами металлографии и электронной дифракционной микроскопии, выявили градиент фазового состава образца. С учетом результатов данных исследований образец был разделен условно на 7 слоев различной толщины: слой I (прилегающий к поверхности науглероживания) имеет толщину 20 мкм, II – 180 мкм, III – 100 мкм, IV – 600 мкм, V – 400 мкм, VI – 2150 мкм и VII (центральная часть образца).

Первый слой сформирован путем реакционной диффузии, он составляет первую зону. Методами микродифракционного фазового анализа установлено, что слой I сформирован исключительно кристаллитами (зернами) карбида на основе железа (θ -Fe₃C, ϵ -Fe₃C, Fe₂₀C₉).

Второй и третий слои являются промежуточными и формируют вторую зону. В них наряду с реакционной диффузией протекала и объемная диффузия атомов углерода. Выполненные фазовые исследования выявили присутствие в данных слоях (в слоях II – III) кристаллитов карбидной фазы, объемная доля которых ~50% (первую половину из них составляют частицы карбида на основе железа, вторую – специальные карбиды на основе хрома M₂₃C₆) и зерен α - и γ -фаз (твердых растворов на основе α - и γ -железа, металлическая фаза).

Ниже третьего слоя материал обладает хорошо выраженной зеренной структурой и состоит из смеси α - и γ -фаз и карбидов Fe₃C и M₂₃C₆. Здесь реакционная диффузия уже не имела места, а объемная диффузия углерода по кристаллической решетке с удалением от поверхности протекала с затуханием. Слои IV–VI составляют третью зону в структуре материала. Основной фазой в IV слое является аустенит – γ -твердый раствор на основе железа, также присутствуют α -фаза и карбиды железа (цементит) и хрома (M₂₃C₆). Слой V: основа – α -фаза, присутствуют γ -фаза, цементит и специальный карбид M₂₃C₆. Слой VI: основа – α -фаза, присутствуют цементит и специальный карбид M₂₃C₆. И, наконец, VII слой (центральная часть образца) – слой исходного материал. Здесь основа – α -фаза, присутствуют цементит и специальный карбид M₂₃C₆.

Таким образом, науглероживание стали 9ХФ сопровождается формированием градиентной структуры, характеризующейся закономерным изменением концентрации углерода и фазового состава стали по мере удаления от поверхности обработки. Зонное и слоевое строение материала свидетельствует о том, что выявленные на данном масштабном уровне градиенты могут быть отнесены к дискретному типу, при котором параметр, характеризующий состояние материала (к примеру, фазовый состав и объемная доля фаз), изменяется скачком.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ Al₂O₃ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕЗИРУЕМЫХ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА

Дутов А. Г., Игнатенко О. В., Комар В. А.

*ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», г. Минск, Беларусь,
Ignatenko@ifftp.bas-net.by*

Как известно, некоторые вводимые в реакционную шихту добавки [1] могут оказывать существенное влияние как на процессы алмазообразования, так и на свойства самих получаемых кристаллов. В частности, они могут изменять поверхностную энергию границы раздела зародыш алмаза – расплав и тем самым оказывать влияние на пересыщение системы, а также влиять на вязкость расплава и, следовательно, на растворимость углерода в расплаве металла. Кроме того, некоторые добавки являются дополнительными центрами кристаллизации.

В частности, оксид алюминия в условиях высоких давлений и температур может активно взаимодействовать с компонентами расплава шихты, образуя ряд соединений с марганцем, никелем и углеродом [2] и тем самым изменять количественный и качественный состав расплава. Этим он и привлек наше внимание.