

перемещений меняются местами, если сравнивать с рис.3г. Далее максимумы положительных и отрицательных перемещений смещаются снова к центру модели и процесс повторяется.

Результаты математического моделирования показывают, что мода колебаний определяет распределение перемещений узлов верхней грани модели. В реальной пьезоэлектрической пластине напыленной является верхняя грань (т.н. электрод), с которого снимается электрический потенциал. В рассмотренных примерах такой электрический потенциал (суммарное перемещение U_z) будет для поперечной волны на несколько порядков меньше, чем для волны продольной. Для отстройки от зависимостей и максимально эффективного использования пьезопреобразователей могут применяться различные конструкции, в том числе описанные в [2].

Список использованных источников

1. Сыч Т.В., Герасимов С.И., Кулешов В.К. Моделирование распространения ультразвуковой волны через сварной шов // Контроль. Диагностика – 2013 – № 13 – С. 203-206
2. Сыч Т.В., Герасимов С.И., Бехер С.А. Акустическая головка / Патент на полезную модель RUS 152495 10.12.2014

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СТРУКТУР

Хамматов А.Н., Белкин Д.С.

Томский политехнический университет

Несмотря на интенсивное развитие цифровой обработки изображений и широкий спектр программ для металлографического анализа, остаются актуальными методы металлографии, основанные на сравнении с эталонными шкалами. Одним из основных условий наблюдения в стандартах считается общее увеличение микроскопа, без дополнительных требований к его разрешающей способности или апертуре соответствующего объектива [1–10]. Именно это требование учитывает специалист при выборе оборудования. Обоснование дополнительных требований к оборудованию бывает затруднено при отсутствии этих требований в соответствующем стандарте.

Основное преимущество методов сравнения – оперативность (для анализа требуется несколько секунд). Кроме того, существуют различные при анализе, необходимо оценивать форму структурных составляющих, их распределение и сочетания, которые трудно описать количественно. Таким образом методы сравнения стали наиболее распространёнными в практике металлографии среди производственных лабораторий, несмотря на существенные недостатки. Основными недостатками метода сравнения являются низкая точность при количественной оценке и субъективное восприятие оператором (часто два оператора не могут сойтись во мнении).

В тоже время, одним из направлений развития микроскопической техники стало повышение эргономичности и оперативности смены настроек и увеличений. Так, использование сухих (не иммерсионных) оптических систем позволяет избежать затрат времени на очистку образца и объектива после анализа. При этом снижается числовая апертура объектива и, как следствие, разрешение микроскопа. Использование объективов с увеличенным рабочим расстоянием позволяет повысить оперативность смены увеличения без опасности повредить объект контроля и фронтальную линзу. Однако, увеличение рабочего расстояния часто так же достигается снижением числовой апертуры. Таким образом, всё чаще металлографические микроскопы выпускаются с максимальным увеличением в 1000^x , получаемом применением объективов с апертурой $N.A.=0,75\div 0,95$, что соответствует разрешающей способности соответственно $d=0,45\div 0,35$ мкм.

С другой стороны, для уменьшения стоимости микроскопа высокий коэффициент увеличения может достигаться сочетанием объектива $40\times$ с апертурой 0,65 и окуляром $25\times$. Разрешающая способность таких систем не превышает 0,5 мкм.

Использование вышеуказанных микроскопических систем оправдано при наблюдении относительно крупных структурных составляющих размером 0,5 мкм и более: (размер зерна, определение характера неметаллических включений, полосчатости структуры, соотношения структурных составляющих и т.п.). Однако, при оценке высокодисперсных структур, когда требуется увеличение в $1000\times$, оценка структуры посредством микроскопов с низкой разрешающей способностью затруднено при использовании количественных методов и вводит в заблуждение при оценке методом сравнения.

Классификация наиболее дисперсных структур сталей (перлит, сорбит и мартенсит), наблюдаемых в оптическом микроскопе, определяется по ГОСТ 8233-56 [5]. При этом дисперсность перлита порядка $0,2\div 0,4$ мкм относится к баллам 1, 2 и 3 (соответственно сорбитообразный, скрытопластинчатый и мелкопластинчатый перлит). Сорбитообразный перлит характеризуется тем, что отдельные частицы (пластинки, иглы, зерна) различить не удаётся. При этом предполагается использование объективов с апертурой 1,2 и более. Использование низкоапертурных объективов не позволяет различить структуры дисперсностью $0,4\div 0,3$ мкм и менее. Таким образом, структура пластинчатого перлита менее баллов 3 и 4 воспринимается соответствующей баллу 1 (рис.1).

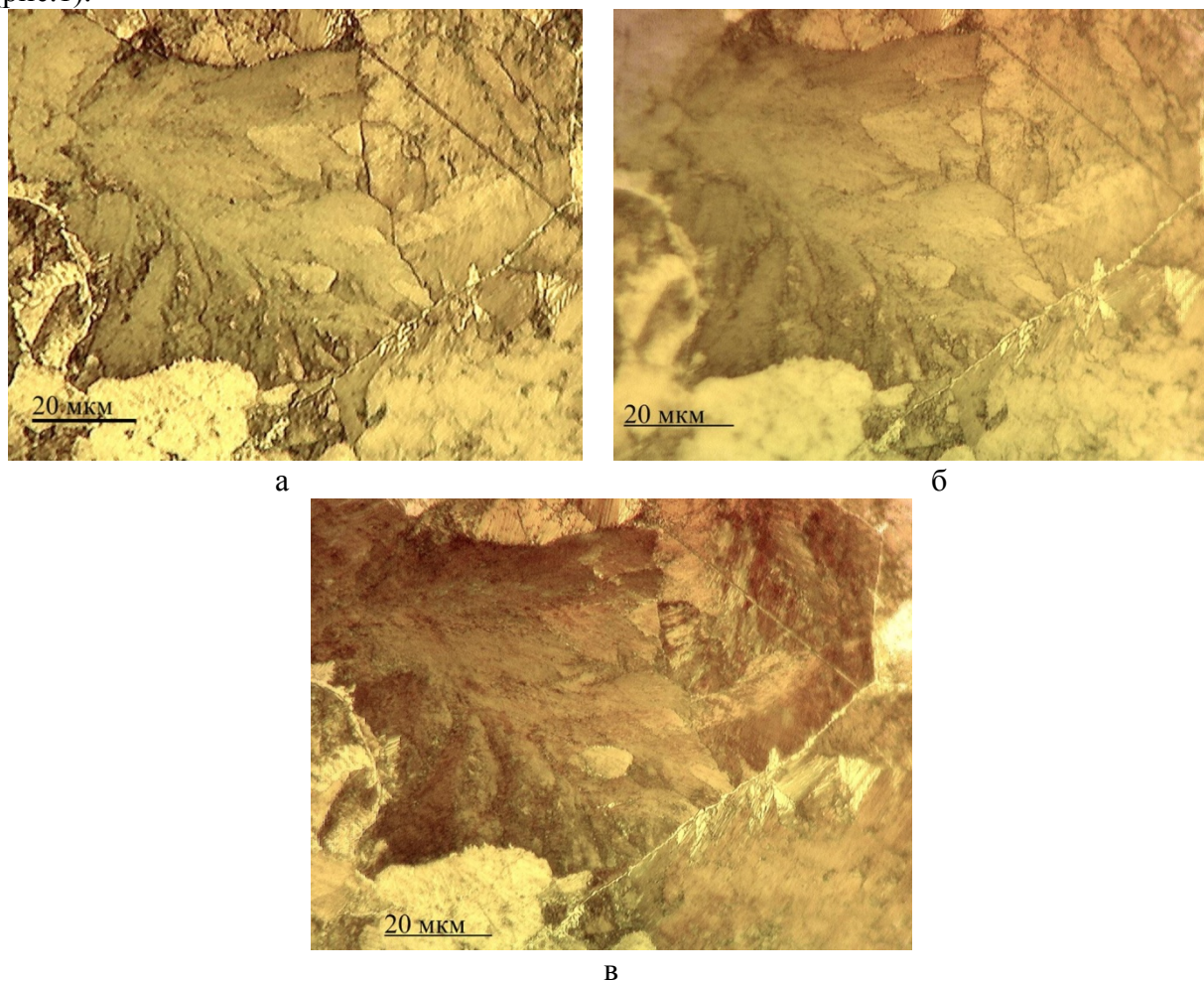


Рис. 1. Микрофотографии стали ШХ15, сделанные при помощи объективов $40\times$ (N.A.0,55) (а), $100\times$ (N.A.0,9) (б) и $10040\times$ (N.A.1,25) (в)

На рис.1 приведены фотографии одного и того же участка стали ШХ-15, сделанные при помощи микроскопа Olympus ВНМJ применением объективов 40^x с апертурой 0,55, 100^x с апертурами 0,9 и 1,25. В первых двух случаях (рис. 1 а и б) наблюдаются практически бесструктурные зерна (колонии перлита), которые можно трактовать как балл 1 по ГОСТ 8233-56. При использовании объектива с более высокой апертурой (рис. 1в) зерна приобретают волокнистую структуру, в некоторых местах становятся различимыми различимо пластинчатое строение перлита. Такую структуру нужно отнести к баллу 2 по ГОСТ 8233-56.

Данная ошибка может явиться причиной пропускания брака при контроле металлопродукции. Так по ТУ 14-15-254-91 не менее 30% структуры стальной канатной проволоки должно быть представлено пластинчатым перлитом первого балла.

Вывод.

В настоящей работе показана необходимость уточнения методики оценки высокодисперсных структур. В частности, необходимо внести предложение в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии об внесении изменения в ГОСТ 8233-56. Изменение должно содержать требования к разрешающей способности микроскопа или апертуре объектива при увеличении в 1000^x , либо таблицу соответствия минимальных значений апертуры различным коэффициентам увеличений.

Список использованных источников

1. «ГОСТ 1778-70 Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений».
2. «ГОСТ 3443-87 Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры».
3. «ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы определения величины зерна».
4. «ГОСТ 5640-68 Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты».
5. «ГОСТ 8233-56 Сталь. Эталоны микроструктуры».
6. «ГОСТ 9391-80 Сплавы твёрдые спечёные. Методы определения твёрдости и микроструктуры».
7. «ГОСТ 21073.1-75 Металлы цветные. Определение величины зерна методом сравнения со шкалой микроструктур».
8. «ГОСТ Р ИСО 4967-2009 Сталь. Определение содержания неметаллических включений. Металлографический метод с использованием эталонных шкал».
9. «ОСТ 34-70-690-84 Металл паросилового оборудования электростанций Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации».
10. «СТО 1723082.27.100.005-2008 Основные элементы котлов, турбин и трубопроводов ТЭС. Контроль состояния металла. Нормы и требования».
11. «ГОСТ 21022-75 Сталь хромистая для прецизионных подшипников».
12. «ГОСТ 801-78 Сталь подшипниковая. Технические условия».

АППАРАТУРА И МЕТОДИКИ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛИ И УГЛЕПЛАСТИКА

Чулков А.О., Вавилов В.П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Институт неразрушающего контроля

Введение

Необходимость обеспечения (повышения) качества продукции, в особенности, в высокотехнологичных отраслях промышленности (авиакосмической и военной технике,